Wakacyjna gratka: 4 Quizy z podstaw elektroniki
Sprawdź swoją wiedzę i zamów bezpłatną prenumeratę próbną z dostępem do archiwów

ELEKTRONIKA dla wszystkich

nr 8/2023 (331) • sierpień • www.elportal.pl

DIY PLUS tylko dla prenumeratorów

Przedwzmacniacz stereo z miniaturową lampą NuTube

Nowa japońska lampa Nutube GP1 odmieniła oblicze lampowego sprzętu audio zasilanego bateryjnie (napięcie anodowe zaledwie 6...12 V). Jest to projekt odpowiedni dla początkujących elektroników, uczniów i studentów – idealny na pracę dyplomową.

PROJEKTY dla elektroników

- Elastyczny cyfrowy sterownik oświetlenia (2). Sterowanie całością
- Symetryczne wejście i tłumik do SuperKodeka USB (2)
- Czujnik CO_2 z sygnalizacją świetlną współpracujący z siecią Sigfox

DIY dla wszystkich

- Kamera ESP32 z zegarem czasu rzeczywistego i z czujnikiem ruchu
- Alarm na złodzieja pojazdu – z powiadomieniem GSM
- Mały i podręczny monitor zdrowia z funkcją Internetu Rzeczy

TUTORIALE

- Zakłócenia i szumy
- Niskoszumny zasilacz do Theremina (1)
- Wprowadzenie do technologii montażu powierzchniowego (3)
- Praktyczny kurs op-ampów
- Porady laboratoryjne: Tłumienie zakłóceń układów
- Edukacja w EdW dla szkół i uczelni: Wykład 9. Źródła prądowe
- Pokój Nauczycielski

ISSN 1425-1698 Indeks 33362X
9 771425 169238 08
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

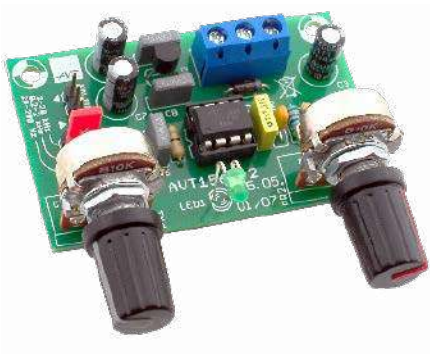
Najbardziej popularne kity AVT

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

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

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

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

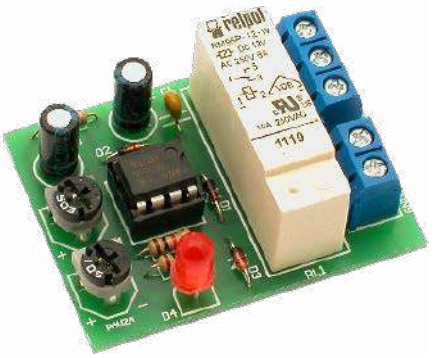


AVT1569 Generator akustyczny 20 Hz...20 kHz
https://sklep.avt.pl/avt1569.html

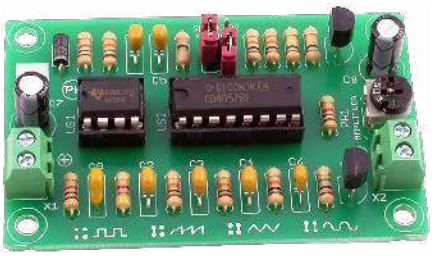
AVT1023 Przedwzmacniacz gramofonowy o charakterystyce RIAA
https://sklep.avt.pl/avt1023.html

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

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

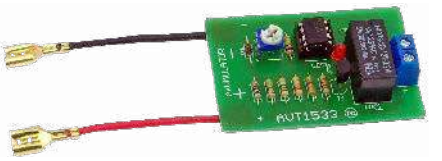


AVT1459 Uniwersalny układ czasowy
https://sklep.avt.pl/avt1459.html



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

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



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

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

Pełna oferta na: sklep.avt.pl

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

eprasa.pl 9025c8ced7

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

Nie dotyczy wydań z ostatnich 24 miesięcy.

na start do 6* wydań gratis

po 5 latach nieprzerwanej prenumeraty do 12* wydań gratis

DIY PLUS
tylko dla prenumeratorów

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

* Cena prenumeraty rocznej **na start** wynosi 185,90 zł. Przy zamówieniu prenumeraty dwuletniej za 304,20 zł oszczędność wynosi równowartość sześciu wydań „Elektroniki dla Wszystkich”.
Przedłużasz prenumeratę? Aby otrzymać zniżkę lojalnościową, przedłuż prenumeratę po zalogowaniu się do swojego panelu na **www.ulubionykiosk.pl**, gdzie znajdziesz atrakcyjną ofertę prenumeraty, która uwzględnia przysługujące Ci zniżki za lojalność. Po 5 latach nieprzerwanej prenumeraty otrzymasz **rabat 50%** na prenumeratę dwuletnią.
Oferta dotyczy prenumeraty drukowanej.

Wszystkie opcje prenumeraty i e-prenumeraty znajdziesz na stronie www.UlubionyKiosk.pl

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

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

eprasa.pl 9025c8ced7

ELEKTRONIKA dla wszystkich

sierpień 2023 • 8 (331)

8

Projekty dla elektroników:

Projekt „Retro", czyli powrót do przyszłości...

Przedwzmacniacz stereo z miniaturową lampą NuTube 8

Elastyczny cyfrowy sterownik oświetlenia, część 2. Sterowanie całością ... 20

Symetryczne wejście i tłumik do SuperKodeka USB, część 2 30

Czujnik CO_2 z sygnalizacją świetlną współpracujący z siecią Sigfox 39

Tutoriale:

Chirurgia obwodowa: Zakłócenia i szumy 48

Audio OUT: Niskoszumny zasilacz do Theremina, część 1 52

Głos praktyka: Praktyczne techniki przekształcania pomysłów w projekty:

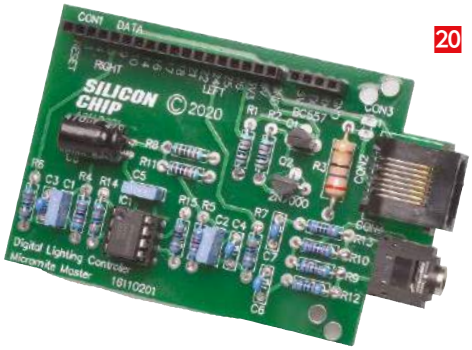
Wprowadzenie do technologii montażu powierzchniowego, część 3 57

Praktyczny kurs op-ampów 61

Porady laboratoryjne: Tłumienie zakłóceń układów 68

Edukacja w EdW dla szkół i uczelni: Wykład 9. Źródła prądowe 75

Pokój Nauczycielski 82



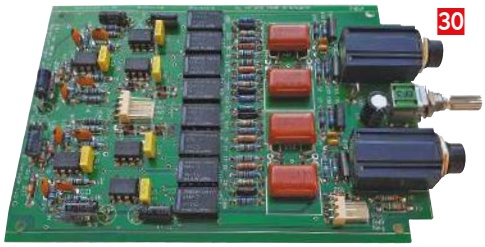
20

DIY dla wszystkich:

Kamera ESP32 z zegarem czasu rzeczywistego i z czujnikiem ruchu 85

Alarm na złodzieja pojazdu – z powiadomieniem GSM 87

Mały i podręczny monitor zdrowia z funkcją Internetu Rzeczy 89

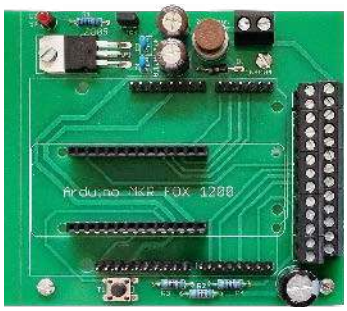


30

DIY PLUS

Źródło światła LED w pętli zamkniętej z czujnikiem światła OPT101 i op-ampem mocy OPA569 91

Wzmocniony, izolowany wzmacniacz current-sense z precyzyjnym wejściem ±250 mV, wyjściem różnicowym i zintegrowanym konwerterem DC/DC 91



39

Rubryki stałe:

Prenumerata 3

Od wydawcy 5

Poczta 6

eprasa.pl 9025c8ced7

A za miesiąc we wrześniowym EdW

- **Kieszonkowy generator audio DDS stabilizowany kwarcem**
  Kompaktowy, zasilany bateryjnie przyrząd testowy jest bardzo przydatny, jeśli musisz dużo podróżować. Ten niewielki generator sygnału o częstotliwości audio, składający się z mniej niż dwudziestu niedrogich części, zmieści się w kieszeni koszuli, zapewniając superdokładną częstotliwość sygnału sinusoidalnego, kiedy i gdzie jej potrzebujesz. Pasuje nawet do odlotowej obudowy wydrukowanej w technice 3D. Ten generator jest również przydatny na stole warsztatowym.
- **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 dwóch oddzielnych akumulatorów. Oba progi zabezpieczenia są w pełni regulowane. Dopuszczalny prąd obciążenia wynosi kilka amperów na akumulator, przy poborze przez układ zaledwie kilku mikroamperów, gdy jest wyłączony.
- **Elastyczny cyfrowy sterownik oświetlenia, część 3**
  W kulturze wielu krajów już od września zaczyna się instalowanie Bożonarodzeniowych dekoracji świetlnych. Też jesteśmy do tego przygotowani. Oto część trzecia projektu, który wywołał ogromne zainteresowanie. Teraz mamy skompletowaną dokumentację. Czas zabrać się do budowy sterownika, który sprawi, że nasza świąteczna dekoracja świetlna wszystkich zachwyci.
- **Kolejny projekt z Elektora – niespodzianka, zaskakujący temat projektu.**
- Plus zwykła porcja intrygujących projektów DIY.
- Plus wiele artykułów w Twoich ulubionych cyklach Tutoriali.

W kioskach od 1 września

Wakacyjna gratka

Wakacje. Lato. Piękna pogoda.

Kto by chciał zajmować się elektroniką w takich okolicznościach przyrody? Proponuję więc kilka luźnych, ale ważnych tematów.

Podczas wygrzewania się w słońcu naszła mnie refleksja – jak ogromne ilości energii słonecznej mamy do swojej dyspozycji? W jakim stopniu potrafimy ją wykorzystać w Polsce? Sprawdziłem dane i najpierw zaskoczyły mnie one pozytywnie. Okazuje się, że udział OZE (Odnawialnych Źródeł Energii) w energetyce elektrycznej w Polsce wynosi już 39%. Wow! W Niemczech jest 46%, a przecież to światowy czempion w tej dziedzinie. Czyżbyśmy już ścigali się z Niemcami? Nieprawdopodobne, ale przecież dosłownie w ostatnich kilku latach zrobiliśmy kolosalny postęp w fotowoltaice. Według ostatnich danych łączna moc zainstalowanych paneli fotowoltaicznych w naszym kraju wynosi 13,5 GW, co stanowi aż 22% mocy wszystkich źródeł energii elektrycznej (62 GW). Rzeczywiście, jadąc po polskich drogach niekiedy widzi się niemal na każdym dachu panele fotowoltaiczne. Moje poczucie dumy i satysfakcji trochę przygasło, gdy przypomniałem sobie, że moc i energia to całkiem różne parametry. Panele nie pracują całą dobę na pełną moc. Zadałem więc sobie pytanie – jaki jest udział fotowoltaiki w produkcji energii elektrycznej w Polsce? Odpowiedź – 5%. To też cieszy, ale wiosny nie czyni, a jeśli uwzględnimy, że rozwój farm wiatrowych w ostatnich 8 latach został w Polsce zatrzymany, to brak powodów do dumy z tempa transformacji energetycznej w naszym kraju.

Ach ta AI! Temat sztucznej inteligencji przykuwa uwagę opinii społecznej na całym świecie. A to dopiero początek. Prognozuje się, że w roku 2030 wartość wnoszona przez AI do gospodarki światowej wyniesie 15,7 bilionów USD – to więcej niż obecne PKB łącznie Chin i Indii. Jeśli gospodarkę będzie tworzyć AI, to jaka rola przypadnie człowiekowi? Czy już niebawem czeka nas systemowe bezrobocie i tzw. pensja obywatelska, gdy każdy obywatel, niezależnie od swojej sytuacji materialnej, otrzymuje od państwa określoną kwotę pieniędzy, za którą nie jest wymagane jakiekolwiek świadczenie pracy?

Na razie AI nie wypiera, tylko wspiera człowieka. Tak się złożyło, że czerwiec przeleżałem na łóżku szpitalnym i w kontaktach z młodymi lekarzami okazywało się, że w rozwiązywaniu trudnych problemów diagnostycznych wspierają się pomocą Chata GPT. Naturalnie, bez skrępowania. To tylko wsparcie. Nic nie zastąpi wiedzy, doświadczenia i intuicji lekarza. Czy na pewno? Tak jest dzisiaj. A jutro? A dokąd prowadzi spotęgowanie możliwości mózgu człowieka przez podłączenie do niego bezpośrednio AI? Startup Neuralink (oczywiście, należy do Elona Muska) opracował chip, którego matrycę 96 polimerowych nici (na każdej po 32 elektrody) podłącza się do mózgu tworząc interfejs mózgu z AI. Przewaga intelektualna takiego nadczłowieka nade mną będzie taka, jak obecnie moja przewaga nad chomikiem.

Czytelnik napisał do nas list (na następnej stronie), w którym zachwyca się jak łatwo teraz być hobbystą. Nie trzeba znać elektroniki, wystarczą proste umiejętności programowania Arduino, czy Raspberry Pi. Nie podzielam tego zachwytu. To wspaniale, że każdy może zaprojektować komputer, który potrafi włączyć lampkę, ale elektronik hobbysta to trochę inne zwierzę. Bezrefleksyjne zapalanie lampki to frajda dla majsterkowicza, nazywanego w literaturze angielski **makerem**. Hobbystę elektronika napędza ciekawość „jak to działa?". Niekiedy nawet na poziomie elektronów i dziur. To jest pasja motywowana ciekawością świata elektroniki. Tacy są w większości nasi Czytelnicy. Piszą do nas jak wielką frajdę daje im lektura szczegółowo opisanych projektów, nawet jeśli nie zamierzają teraz tych projektów realizować. Zachwycają się tutorialami Josa Verstratena i autorów z PE. Lubimy i szanujemy makerów (dla nich jest rubryka „DIY dla wszystkich"), ale naszą misją jest służenie pasjonatom elektroniki. Takich czytelników mamy kilkanaście tysięcy i ich liczba ostatnio rośnie. Ciągle rodzą się i dorastają ludzie ciekawi jak działa elektronika. Chcemy ich wszystkich przyciągnąć do lektury EdW, dlatego ogłaszamy „Wakacyjną gratkę", tj. bezpłatną próbną prenumeratę e-wydań EdW. Sprawdź też swoją wiedzę w zakresie podstaw elektroniki, rozwiązując 4 Quizy. Prenumerata da ci dostęp do wydań archiwalnych EdW, w których znajdziesz mnóstwo materiałów edukacyjnych.

Wiesław Marciniak

eprasa.pl 9025c8ced7

Poczta

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.

Ruch hobbystyczny

Od 40 lat pasjonuję się elektroniką, choć z zawodu jestem chemikiem. W latach dziewięćdziesiątych na świecie, a u nas jakieś 10–15 lat później hobby elektroniczne zaczęło trochę obumierać. Kiedyś samodzielne wykonanie amatorskiego sprzętu radiowego, audio-video, czy zegara miało nawet sens ekonomiczny, bo było tańsze od zakupu w sklepie. Później rynek został zalany tanimi gadżetami elektronicznymi, z którymi kosztowo produkty amatorskie nie miały szans rywalizować. I 5–10 lat temu sytuacja się całkowicie odmieniła. Jak łatwo teraz można uprawiać hobby elektroniczne, dzięki programowalnym komputerkom Arduino i Raspberry Pi. Odżył ruch hobbistyczny, na dziesiątkach stron internetowych publikowane są tysiące projektów...

Zdzisław Nowakowski

Red. Opinię redakcyjną na ten temat zawiera wstępniak do tego numeru.

Wydanie elektroniczne

(...) Wydaje się, że drukowanie papierowego magazynu w obecnych czasach to anachronizm. Nikt już nie kupuje gazet w kioskach. Wszyscy czytają w smartfonie. Czy myślicie o tym, żeby zrezygnować z wydań papierowych EdW, szczególnie po horrendalnych zwyżkach cen papieru? Przecież wiele gazet ma obecnie wyłącznie wydania elektroniczne.

K.Z.

Red. W istocie, kilka lat temu wydawało się, że „paper is dead”, ale rzeczywistość okazała się bardziej złożona. Jeśli chodzi o branżowe magazyny techniczne, to te o charakterze czysto informacyjnym w zdecydowanej większości zrezygnowały z wydań papierowych i funkcjonują na bardzo niskich budżetach, przy znikomych kosztach redakcyjnych, serwując darmowy kontent. Gazeta wydawana wyłącznie w internecie nie jest w stanie zarobić na zakup unikalnych materiałów autorskich. Dlatego czasopisma z unikalnym kontentem nie rezygnują z wydań papierowych, dzięki czemu mają zasięgi liczone w tysiącach czytelników, a nie setkach, jak to zwykle bywa dla e-czasopism. W czołowych na świecie magazynach dla pasjonatów elektroniki, z którymi współpracujemy („Elektor”, „Silicon Chip”, „Practical Electronics”), takie dyskusje odbyły się 2–3 lata temu i żaden z tych tytułów nie zrezygnował z wydania papierowego. Zresztą dotyczy to szerzej wszelkich magazynów „special interest” z unikalnym kontentem, których wydania papierowe doświadczają nawet ostatnio „odbicia”, czyli zauważalnych wzrostów sprzedaży nakładów papierowych. W USA obserwuje się taką tendencję od 3–4 lat. W naszym wydawnictwie analizy sprzedaży kilkudziesięciu tytułów „special interest” (zobacz na www.ulubionykiosk.pl) pokazują, że sprzedaż w pierwszym półroczu tego roku wzrosła przeciętnie o 10% w porównaniu z pierwszym półroczem ubiegłego roku. Pogłoski o śmierci magazynów papierowych okazały się nieco przesadzone.

Wakacyjna Gratka
4 Quizy z podstaw elektroniki (str. 47, 56, 67, 81).
Sprawdź swoją wiedzę i zamów bezpłatną prenumeratę próbną z dostępem do archiwów na https://ulubionykiosk.pl/prenumerata

Patronat AVT

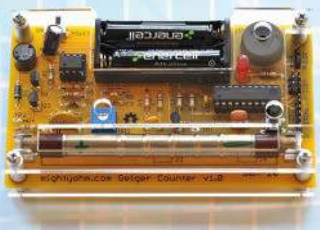
Poniżej prezentujemy listę szkół biorących udział w programie PATRONAT AVT, który jest całkowicie bezpłatny, a szkoły objęte tym patronatem korzystają z różnych benefitów, takich jak bezpłatne prenumeraty, darmowe pakiety próbne kitów AVT, itp. Szkoły, które dopiero teraz dowiadują się o naszej akcji 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 9025c8ced7

Elektor Bestsellers

SAVE UP TO 26% NOW!



www.elektor.com/sale/deals

Elektor SUMMER SALE

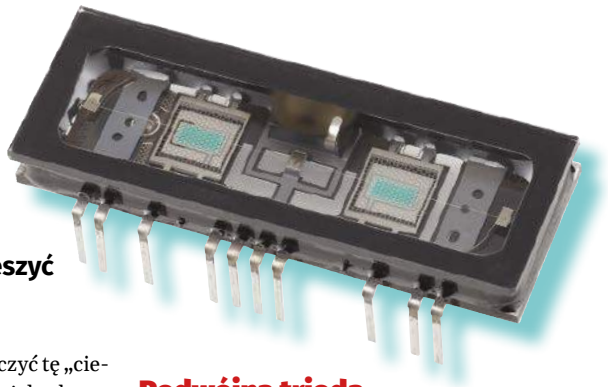
elektor
design > share > earn

eprasa.pl 9025c8ced7

Projekt „Retro", czyli powrót do przyszłości...

Przedwzmacniacz stereo z miniaturową lampą NuTube

Lampy elektronowe (w nomenklaturze anglosaskiej: valve = zawory; w amerykańskiej: tube = rury) to stary melonik czy raczej elegancki cylinder, nieprawda? Już nie, to nie tak! Korg i Noritake Itron z Japonii wypuściły niedawno podwójną triodę Nutube 6P1. Jej niesamowitą cechą jest bardzo szeroki zakres napięć roboczych, od zaledwie kilku woltów do 200 V, oraz skromny pobór mocy. To sprawia, że idealnie nadaje się do przedwzmacniacza stereo zasilanego bateryjnie. Będziesz cieszyć się dźwiękiem i zieloną, seledynową poświatą w stylu retro!



Czy należysz do osób, które po prostu „kochają" nostalgiczne brzmienie lamp, zarówno we wzmacniaczach mocy, jak i przedwzmacniaczach? Ale układy lampowe są stosunkowo drogie, a zwykle wymagane zasilacze anodowe wysokiego napięcia sprawiają, że zbudowanie przedwzmacniacza lampowego jest trochę uciążliwe. Od Red. EdW: W obecnym stanie techniki można pominąć problemy z zasilaczami układów lampowych dzięki przetwornicom impulsowym i konwerterom DC-DC, choć oczywiście takie 100 µF pod napięciem 300 V jest nadal bardzo niebezpiecznym elementem.

Jednak przynajmniej ta część nie jest już prawdziwa w przypadku podwójnej triody Nutube 6P1 firmy Korg. Działa doskonale przy napięciu anodowym wynoszącym zaledwie 6...12 V, a wymagania dotyczące mocy i napięcia żarzenia są również skromne.

Tak więc zbudowanie przedwzmacniacza z jej użyciem to drobiazg. **Jest to projekt odpowiedni dla początkujących elektroników, a nawet uczniów szkół, ponieważ nie ma w nim niebezpiecznych napięć (w rzeczywistości choćby tylko z tego powodu przewidujemy, że będzie to bardzo popularny projekt studencki, aż do „pracy dyplomowej" włącznie).**

Nawet jeśli wcześniej budowałeś układy lampowe z zasilaczami wysokiego napięcia, sądzimy, że niezwykła konstrukcja podwójnej triody Nutube 6P1 będzie dla Ciebie fascynująca.

Zadbaliśmy o ten projekt, aby mieścił się w bardzo atrakcyjnie (i profesjonalnie) wyglądającej obudowie z wytłaczanego aluminium, z wejściami i wyjściami z tyłu oraz włącznikiem i pokrętłem głośności z przodu. I oczywiście zostawiliśmy okienko w przezroczystym panelu przednim, abyś mógł zobaczyć tę „ciepłą" (lub jak kto woli: „zimną") zielonkawą poświatę lampy.

Jednym z fascynujących aspektów Nutube jest to, że została zaprojektowana i zbudowana podobnie do próżniowego wyświetlacza fluorescencyjnego (VFD). Tak więc blask anod wygląda jak dwa zielone kwadraty, podobne do dużych pikseli VFD.

Jej parametry też są całkiem niezłe. Poziomy zniekształceń, przy zachowaniu staranności podczas kalibracji, wynoszą w szerokim zakresie częstotliwości poniżej 0,1%. Zobacz panel parametrów, **rysunki 2** i **3** oraz **rysunek 12**, aby zorientować się, jak dobrze działa.

Ten przedwzmacniacz Nutube może być zasilany napięciem stałym od 7 V do 18 V, przy niewielkim poborze prądu. Może być również zasilany baterią 9 V umieszczoną w obudowie.

Jeśli chcesz mieć możliwość przełączania między źródłami sygnału, możesz połączyć ten przedwzmacniacz Nutube z sześciodrożnym stereofonicznym przełącznikiem wejść audio z pilotem, Silicon Chip, który opisaliśmy we wrześniu 2019 r. (www.siliconchip.com.au/Article/11917).

Podwójna trioda Nutube 6P1

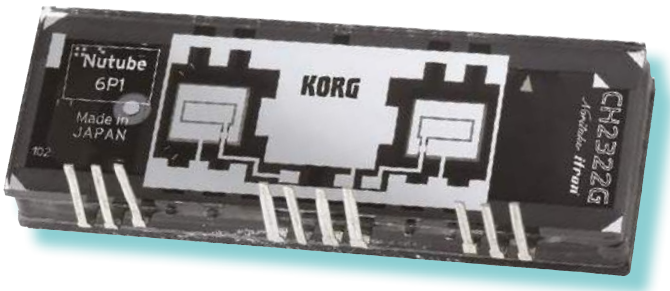
Korg opracował Nutube 6P1 we współpracy z japońską firmą Noritake Itron. Choć jest to trioda z bezpośrednio żarzoną katodą, siatką i anodą, jej konstrukcja bardziej przypomina próżniowy wyświetlacz fluorescencyjny (VFD) niż tradycyjną lampę elektronową.

Dwie triody Nutube zamknięte są w prostokątnej szklanej obudowie. Każda trioda jest efektywnie pojedynczym pikselem VFD. Wewnętrzna konstrukcja składa się z bezpośrednio żarzonej katody w postaci cienkiego drutu biegnącego z przodu, pod którą umieszczona jest metalowa siatka. Za siatką znajduje się płaska anoda, pokryta luminoforem, który świeci, gdy katoda jest podgrzewana. Zobacz szczegóły na precyzyjnym zdjęciu wnętrza lampy – tu załączone zdjęcie z materiałów reklamowych.

Drut katody (pozioma cienka kreska) jest naciągnięty pomiędzy dwoma zaciskami, wskutek czego może on drgać podobnie jak struna instrumentu muzycznego – w końcu

Parametry
- Zasilanie: 7...18 V DC; pobór prądu 29 mA @ 9 V DC
- Wzmocnienie: do 15 dB przy maksymalnym ustawieniu głośności
- Zniekształcenia: około 0,07% przy napięciu wyjściowym 200 mV RMS w zakresie od 20 Hz do 5 kHz (patrz rysunki 1 i 2)
- Pasmo przenoszenia: 20 Hz...20 kHz, +0...0,6 dB; –3 dB przy około 7 Hz i 80 kHz (patrz rysunek 3)
- Separacja kanałów: typowo >45 dB (patrz rysunek 4)
- Stosunek sygnału do szumu: 83 dB w odniesieniu do 270 mV na wejściu, 2 V na wyjściu, w paśmie 20 Hz...22 kHz
- Maksymalny poziom wyjściowy: 2 V RMS przy zasilaniu 9 V; 2,8 V RMS przy zasilaniu 12 V

eprasa.pl 9025c8ced7



Tak, to naprawdę lampa elektronowa z żarzoną katodą (lub rura, jak mówią Amerykanie). Ale ta lampa Nutube 6P1, pokazana tutaj od spodu, jest zupełnie inna niż jakakolwiek, z którymi się wcześniej spotykałeś. Na początek te zielone okna (patrz obok) naprawdę świecą na zielono! My określilibyśmy ten kolor jako seledyn

Charakterystyka
- Stereofoniczny przedwzmacniacz lampowy
- Zbudowany na podwójnej triodzie Korg „Nutube" 6P1
- Widoczna luminescencja anody
- Do 30 000 godzin życia lampy Nutube
- Bezpieczne zasilanie niskonapięciowe (7...18 V DC)
- Niskie zużycie energii
- Zasilanie bateryjne lub z zasilacza wtyczkowego
- Wbudowana regulacja głośności
- Wewnętrzna regulacja balansu i poziomu zniekształceń
- Wyeliminowany hałas włączania i wyłączania
- Zabezpieczenie przed odwrotną polaryzacją zasilania
- Nie są potrzebne żadne transformatory
- Wejścia i wyjścia są zgodne w fazie

Nutube jest przecież sprzedawana przez producenta instrumentów muzycznych.

Wibracje te wcale nie są pożądaną cechą, ponieważ mogą być źródłem mikrofonowania – kiedy dźwięk zewnętrzny może sprzęgać się z włóknem katody, a to zmienia (lub moduluje) sygnał audio wzmacniany w triodzie. W rezultacie te drgania są słyszalne na wyjściu dźwiękowym.

Mikrofonowanie można zminimalizować stosując odpowiednie zabiegi konstrukcyjne. Obejmuje to ochronę Nutube przed wibracjami otaczającego powietrza, poprzez zastosowanie elastycznego okablowania i tłumiącego drgania mocowania, najczęściej na elastycznych elementach gumowego zawieszenia. Podpowiedź – możesz zobaczyć, jak chroniony jest przed wibracjami moduł czytnika laserowego w odtwarzaczach CD/DVD i zastosować podobne rozwiązanie. Mimo wszystko pukanie palcem w obudowę podczas pracy przedwzmacniacza nie jest najlepszym pomysłem. Na portalach aukcyjnych oferowane są profesjonalne mocowania zabezpieczające lampę przed mikrofonowaniem, za około połowę ceny samej lampy. Do ich zakupu zachęcają rozpaczliwe posty osób, którym mikrofonowanie 6P1 obrzydziło życie.

Podczas pracy Nutube pobiera bardzo mały prąd żarzenia katody, każda sekcja wymaga zaledwie 17 mA. Całkowita moc grzałki dla dwóch triod wynosi około 25 mW. Prąd siatki i anody wynosi około 38 μA.

Nutube najlepiej pracuje z napięciem anodowym pomiędzy 5 V a 30 V, a krzywe charakterystyk (**rysunek 1**) pokazują, że w tym zakresie napięć, potencjał siatki musi być dodatni względem katody.

Jest to zasadnicza różnica w stosunku do tradycyjnej triody, gdzie napięcia anodowe są znacznie wyższe, a napięcie siatki jest praktycznie zawsze ujemne w stosunku do katody.

Punkt pracy Nutube typowo ustawiany jest tak, aby zniekształcenia każdej triody były minimalne i aby nie została przekroczona maksymalna moc rozpraszana w lampie. Aby to osiągnąć, nasza konstrukcja zawiera dwa potencjometry nastawne do regulacji napięcia siatki każdej triody.

Istnieją trzy sposoby na dokonanie tych regulacji. Jednym z nich jest ustawienie potencjometrów tak, aby anoda Nutube świeciła możliwie najjaśniej w każdym kanale, co generalnie daje dobre osiągi.

Inną metodą jest użycie źródła sygnału i multimetru do regulacji napięcia siatki w celu uzyskania maksymalnego poziomu sygnału wyjściowego, lub jeszcze lepiej, poprzez obserwację poziomu zniekształceń i ustawienie każdego potencjometru w celu uzyskania pożądanego rezultatu.

Do wyświetlania przebiegów akustycznych i pomiaru zniekształceń można wykorzystać ogólnodostępne oprogramowanie komputerowe. Pozwala to na łatwe ustawienie akceptowalnej zawartości zniekształceń. Opisujemy w panelu w dalszej części artykułu, jakie oprogramowanie jest potrzebne i jak z niego korzystać.

Parametry przedwzmacniacza

Rysunek 2 przedstawia w procentach całkowity poziom zniekształceń harmonicznych plus szumu (THD+N), wykreślony w funkcji częstotliwości, a **rysunek 3** w funkcji poziomu wyjściowego. Jak widać na rysunku 3, parametry są najlepsze przy poziomie wyjściowym w zakresie 100...400 mV RMS.

Jest to typowy poziom, który można wprowadzić do wzmacniacza stereo o mocy 100 W (lub mniej więcej podobnej), aby uzyskać rozsądną głośność odsłuchu. Taki wzmacniacz generalnie miałby pełną moc przy czułości w zakresie 1...2 V RMS.

Poniżej wartości wyjściowej 100 mV RMS szum zaczyna dominować nad wartością THD. Innymi słowy, parametry przedwzmacniacza przy niższych poziomach głośności są ograniczone przez jego ostateczny stosunek sygnału do szumu (SNR – Signal to Noise Ratio) wynoszący 83 dB. Powyżej 400 mV RMS dominują zniekształcenia nieliniowości triody.

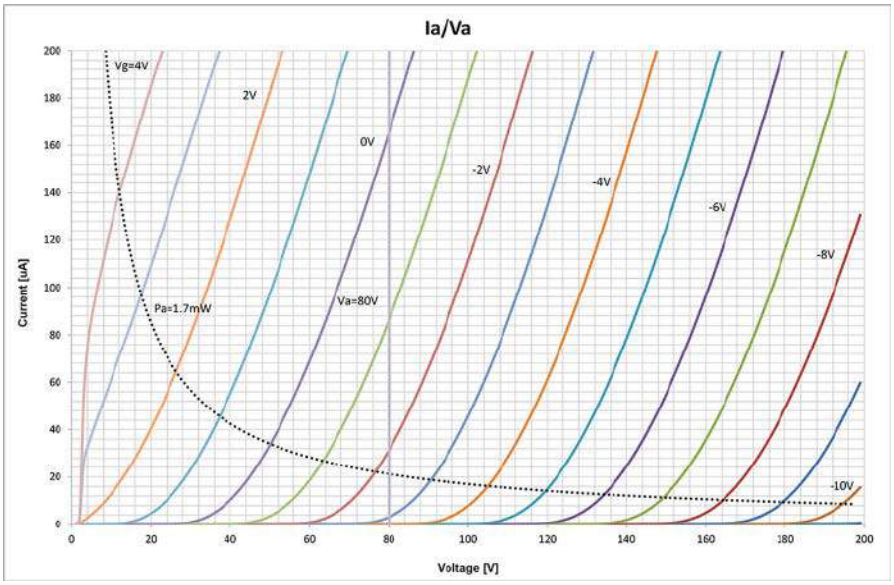
Wzrost zniekształceń wraz z częstotliwością jest łagodny, przy czym THD+N wzrasta tylko o około 50% pomiędzy 1 kHz a 10 kHz. Pomiar pokazany na czerwono na rysunku 2 dotyczy pasma ultradźwiękowego (80 kHz) zaprezentowanego w celu pomiaru wyższych harmonicznych częstotliwości testowych.

Niebieski przebieg daje najbardziej realistyczny pomiar do około 10 kHz, potem spada

Materiały dodatkowe dostępne są na stronie Silicon Chip: https://tiny.pl/c7jjb
Materiały dodatkowe są również dostępne na stronie edw.elportal.pl: https://tiny.pl/c7jls

Jest mały – zaledwie 115×50×125 mm – i wbudowany w tę elegancką wytłaczaną obudowę firmy Jaycar, naprawdę wygląda super. Parametry też nie są takie sobie!

eprasa.pl 9025c8ced7



Rysunek 1. Linie charakterystyk triody Nutube przedstawiające zależność między napięciem anody (oś pozioma) i prądem anodowym (oś pionowa), wykreślone dla wybranych napięć siatki (względem katody – etykiety na krzywych). Obszar poniżej czarnej przerywanej linii to zakres bezpiecznej ciągłej pracy ze względu na dopuszczalną moc rozpraszaną w lampie

z powodu tłumienia filtra 22 kHz odcinającego wyższe harmoniczne.

Możesz porównać rysunki 2 i 3 z rysunkiem 12, który pokazują analizę widmową zniekształceń przy 1 kHz i napięciu wyjściowym około 250 mV.

Jak widać na rysunku 12, ta metoda odczytu zniekształceń daje prawie taki sam wynik, jak system Audio Precision użyty do wygenerowania rysunków 2 i 3.

Rysunek 4 pokazuje, że przedwzmacniacz ma bardzo płaską charakterystykę, bez pików i wahań poziomu. Spadek wzmocnienia jest znacznie mniejszy niż 1 dB przy 20 Hz na początku pasma i jeszcze niższy – jakiś ułamek decybela – przy 20 kHz na końcu pasma. Ten wykres ma rozszerzony zakres przenoszonych częstotliwości do 10...100 000 Hz, więc możesz zorientować się w rzeczywistych punktach spadku charakterystyki o 3 dB.

Rysunek 5 przedstawia separację kanałów. Pomiar przeprowadzono poprzez podanie sygnału do prawego kanału, monitorowanie poziomu wyjściowego lewego kanału i przemiatanie sygnałem testowym w słyszalnym zakresie częstotliwości. Kanały są następnie zamieniane i test jest powtarzany.

Jak widać, jest większe przenikanie sygnału z kanału prawego do lewego, niż odwrotnie, a wartości separacji nie są specjalnie imponujące, na poziomie jakichś 45...68 dB.

Jest to jednak więcej niż wystarczające dla systemu stereo (ale nie dla odtwarzania dwóch różnych kanałów dźwiękowych), a dźwięki przesunięte całkowicie w lewo lub w prawo nadal wydawać się będą dochodzące z tylko jednego głośnika.

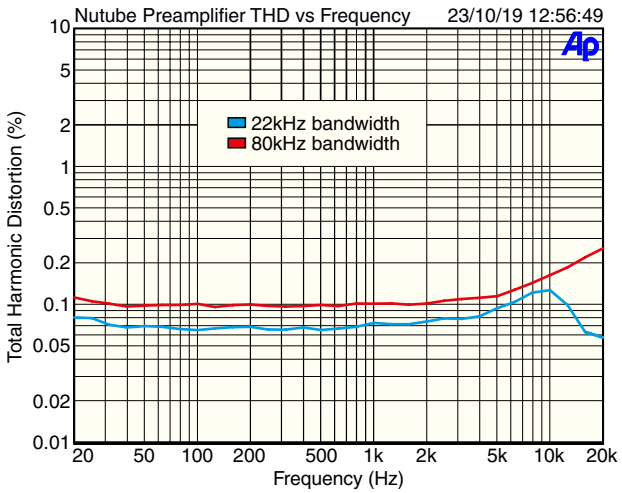
Rysunek 6 to oscylogram sygnału testowego 1000 Hz na wyjściu przedwzmacniacza (na górze, żółty przebieg) przy około 200 mV, z poziomem zniekształceń harmonicznych ~0,07% zaprezentowanym poniżej, na przebiegu niebieskim. Widać, z analizy częstotliwości, że jest to przede wszystkim trzecia harmoniczna równa 3 kHz, z pewną domieszką drugiej harmonicznej 2 kHz.

Rysunek 7 pokazuje znacznie wyższe zniekształcenia występujące na wyjściu, jeśli trioda znajduje się daleko od jej optymalnego punktu pracy. To około 0,3% THD+N, z czego większość to druga harmoniczna 2 kHz.

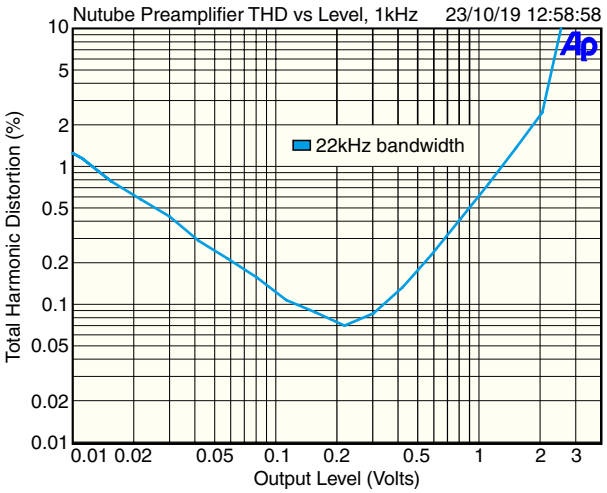
Rysunek 8 przedstawia szum przedwzmacniacza, przy braku sygnału wejściowego. Jest to dość typowy szerokopasmowy sygnał białego szumu.

Opis układu

Pełny schemat ideowy pokazano na rysunku 9. Jedna z triod w Nutubie zapewnia wzmocnienie dla lewego kanału (V1a), natomiast druga trioda wykorzystywana jest w prawym kanale (V1b). Obie triody pracują jako wzmacniacze ze wspólną katodą, w których katody (dla sygnału akustycznego)



Rysunek 2. Wykres sumy zniekształceń harmonicznych i szumu (THD+N), w funkcji częstotliwości sygnału. Pomiary te zostały wykonane przy wzmocnieniu zbliżonym do jedności, z wejściem/wyjściem na poziomie około 200 mV RMS i z dwoma filtrami o różnej szerokości pasma. Niebieska krzywa (20 Hz...22 kHz) przedstawia zniekształcenia i szumy, które są słyszalne dla ludzkiego ucha, podczas gdy czerwona krzywa (20 Hz...80 kHz) obejmuje wyższe harmoniczne



Rysunek 3. Wykres zniekształceń w funkcji poziomu wyjściowego. Ten wykres pokazuje, że poziom wyjściowy jest najbardziej krytycznym czynnikiem decydującym o zawartości zniekształceń przedwzmacniacza. Przy niskich poziomach zaczyna się pojawiać szum, podczas gdy przy wysokich poziomach kształt sygnału zostaje „zdeformowany", co znacznie zwiększa zniekształcenia. Obszar środkowy, w którym zniekształcenia są najniższe, to zakres, w którym przedwzmacniacz będzie generalnie używany.

eprasa.pl 9025c8ced7

są na potencjale masy. Sygnały podawane są na siatki, a uzyskane wzmocnione sygnały pojawiają się na odpowiedniej anodzie.

Obciążenia anodowe to rezystory 330 kΩ idące do szyny zasilania, z filtrami dolnoprzepustowymi 150 Ω/100 μF, zapobiegającymi docieraniu zakłóceń zasilania do anod.

Triody Nutube mają stosunkowo niskie impedancje wejściowe siatki i wysokie impedancje wyjściowe na anodach, więc na wejściach i wyjściach zastosowano bufory ze wzmacniaczy operacyjnych. Układy IC1a i IC2a zapewniają, że siatki są sterowane ze źródeł o niskich impedancjach. IC1b i IC2b minimalizują obciążenie anod, ponieważ mają bardzo wysokie impedancje wejściowe 600 MΩ, czyli efektywnie równolegle z rezystorami 1 MΩ (formalnie 998 kΩ).

Te wzmacniacze operacyjne mają bardzo niskie szumy

$$\frac{3,3nV}{\sqrt{Hz}}$$

i zniekształcenia (0,00006% @ 1 kHz i 3 V RMS) przy pracy ze wzmocnieniem jednostkowym. Dlatego też Op-Ampy nie mają wpływu na brzmienie sygnałów. Właściwości triod Nutube dominują nad wszelkimi innymi efektami dźwiękowymi, w tym nad wnoszonymi przez wzmacniacze operacyjne.

Opiszemy teraz bardziej szczegółowo ścieżkę sygnału, ale tylko dla lewego kanału, ponieważ oba kanały są niemal identyczne. Sygnał wejściowy doprowadzany jest przez gniazdo RCA CON1a i przechodzi przez rezystor tłumiący 100 Ω oraz koralik ferrytowy (FB1). Te, w połączeniu z kondensatorem 100 pF, znacznie ograniczają sygnały RF wchodzące do układu, co mogłoby skutkować niepożądanym wykrywaniem i odbieraniem częstotliwości radiowych.

Sygnał jest sprzężony zmiennoprądowo, poprzez kondensator 470 nF blokujący napięcie stałe, z regulatorem głośności VR1a o rezystancji 50 kΩ. Kondensator 470 nF usuwa wszelkie napięcia stałe, które mogą być obecne na wejściu, aby zapobiec trzaskom potencjometrów, a także tłumi częstotliwości subsoniczne poniżej około 7 Hz. Sygnał jest następnie sprzężony zmiennoprądowo, poprzez suwak potencjometru VR1a, z nieodwracającym wejściem (końcówka 3) bufora na Op-Ampie IC1, poprzez kondensator 100 nF.

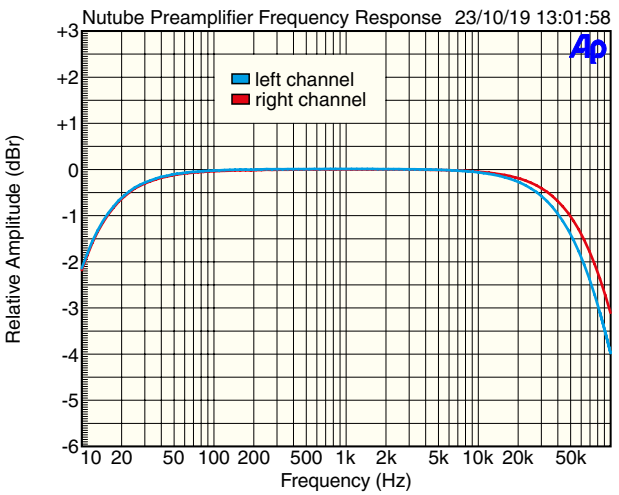
Ze względu na prostotę układu Op-Ampy zasilamy pojedynczym napięciem. Aby zapobiec obcinaniu sygnału akustycznego, tworzymy szynę wirtualnej masy o potencjale równym połowie napięcia zasilania (Supply/2). Do tego potencjału podciągamy linię sygnału wejściowego, za pomocą rezystora 1 MΩ połączonego z tą wirtualną masą. Prąd płynący przez rezystor 1 MΩ do wejścia 3 układu IC1a podnosi dodatkowo potencjał tego wejścia o ok. 0,5 V powyżej potencjału połowy napięcia zasilającego. Ponieważ napięcie zasilania z baterii 6F22 wynosi 9 V (w stanie zużytym spada do 7,2 V, czyli w najgorszym razie Supply/2=3,6 V), nawet przy sygnałach akustycznych o poziomie linii ich szczyty nie zbliżają się do potencjału masy lub szyny zasilania, co zapobiega ich obcinaniu.

Wyjście 1 układu IC1a zasila sygnałem akustycznym siatkę triody V1a (G1) poprzez kondensator sprzęgający 10 μF. Siatka ta jest polaryzowana prądem stałym przez rezystor 33 kΩ z napięciem ustawianym za pomocą potencjometru nastawnego VR2. Regulujemy nim punkt pracy, a tym samym poziom zniekształceń wytwarzanych przez V1a.

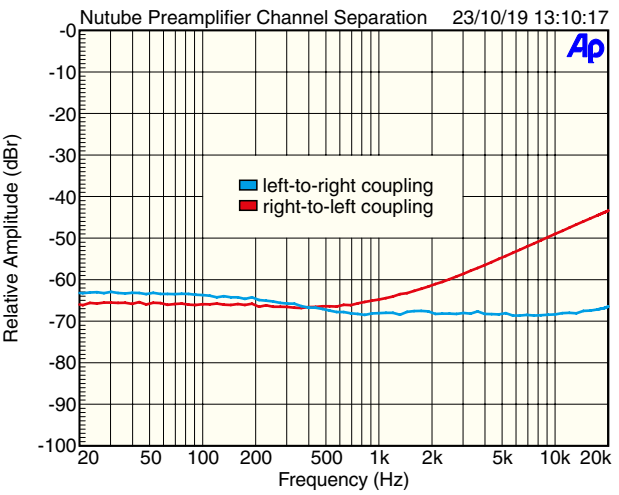
Obciążenie anody triody V1a stanowi rezystor 330 kΩ, który łączy się z zasilaniem Vaa (opcjonalnie 6 V) przez rezystor odprzęgający 150 Ω. To, które zasilanie jest używane, zależy od położenia zworki JP1. Gdy do zasilania używana jest bateria 9 V, wybór stałego napięcia 6 V zapobiega wahaniom napięć anody podczas rozładowywania baterii. W przypadku korzystania z zewnętrznego regulowanego źródła zasilania zostanie wybrane ustawienie Vaa.

Wzmocniony sygnał anodowy o wysokiej impedancji jest ponownie sprzężony zmiennoprądowo, poprzez kondensator 100 nF, z wejściem nieodwracającym 5 bufora IC1b. Wejście 5 IC1b jest również spolaryzowane do potencjału połowy napięcia zasilania (Vaa) przez rezystor 1 MΩ do szyny Supply/2, analogicznie jak w przypadku bufora IC1a. Ten rezystor 1 MΩ, mimo wysokiej wartości, stanowi znaczące obciążenie anody V1a dla przebiegów akustycznych, zmniejszając poziom sygnału na anodzie Nutube do 75% poziomu sygnału w przypadku braku obciążenia. Jest to nieuniknione w obwodach o tak wysokich impedancjach wyjściowych.

Należy zauważyć, że sygnał na anodzie triody jest odwrócony w fazie w porównaniu do sygnału doprowadzanego do siatki. W niektórych

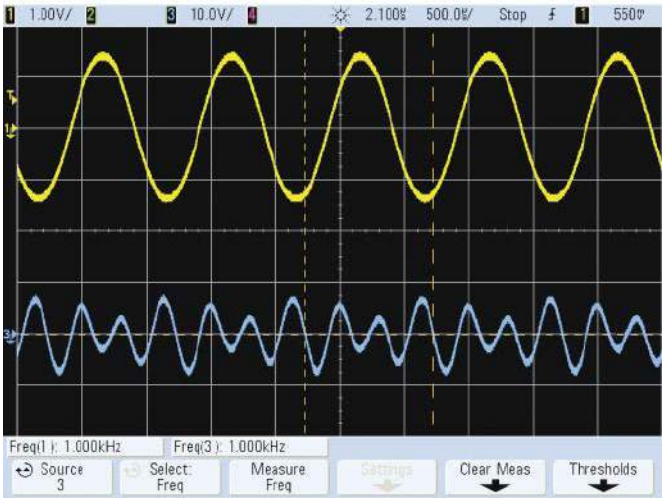


Rysunek 4. Pasmo przenoszenia przedwzmacniacza jest godne pochwały. Ten wykres sięga od 10 Hz do 100 kHz, dzięki czemu można zobaczyć spadek charakterystyki na obu krańcach. Niewielka różnica między odpowiedzią dwóch kanałów powyżej 10 kHz jest prawdopodobnie spowodowana nieco odmiennymi polaryzacjami siatek; celowo wysterowaliśmy siatki lamp w obu kanałach nieco inaczej, aby zobaczyć różnicę w poziomie zniekształceń.

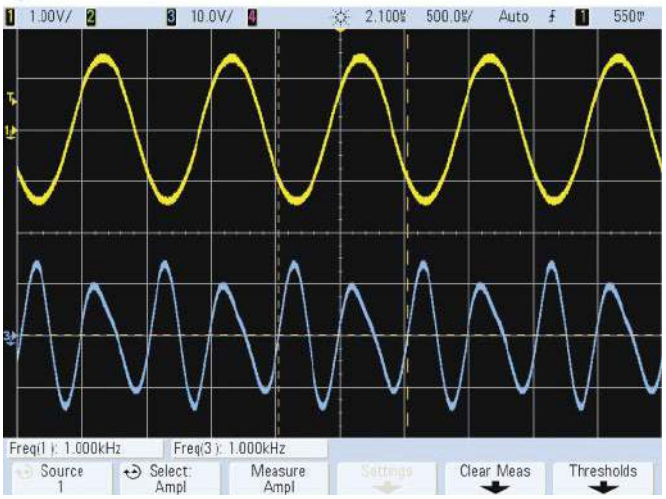


Rysunek 5. Pokazuje separację kanałów przedwzmacniacza. Do około 2 kHz tłumienie przesłuchu jest całkiem przyzwoite, ponad 60 dB separacji między kanałami. Głównym problemem związanym ze sprzężeniem sygnału z jednego kanału do drugiego jest to, że wprowadza ono zniekształcenia; jednak, ponieważ nie jest to urządzenie o bardzo niskich zniekształceniach, nie stanowi to większego problemu. Włączyliśmy ten wykres głównie dla pełnego scharakteryzowania przedwzmacniacza. Jeśli zamierzasz kręcić nosem, możesz wziąć sobie dane katalogowe, uważanego za najlepszy, stereodekodera LA3450.

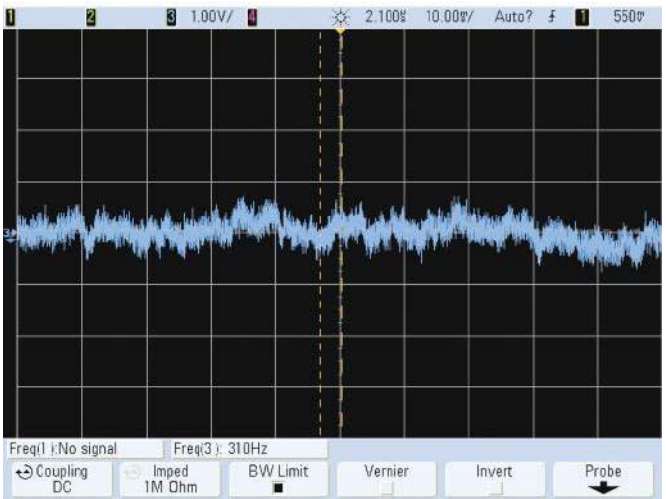
eprasa.pl 9025c8ced7



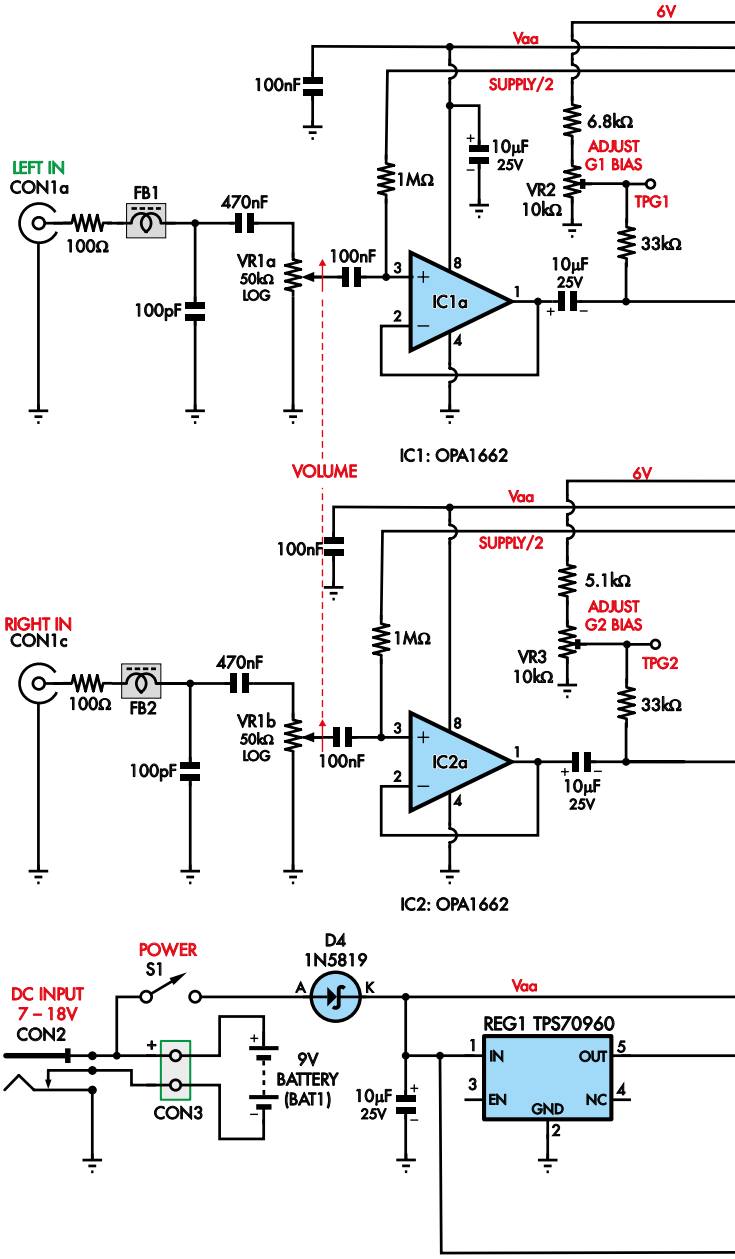
Rysunek 6. Oscylogram sygnału wyjściowego układu z polaryzacją siatki dostosowaną do najmniejszych zniekształceń. Żółty przebieg to sygnał wyjściowy, natomiast niebieski to sygnał zniekształceń (tj. żółty przebieg z usuniętym sygnałem wejściowym). Najbardziej widoczna jest trzecia, a następnie druga harmoniczna



Rysunek 7. Ten oscylogram jest taki sam jak na rysunku 6, ale polaryzacja siatki została ustawiona daleko od optimum. Poziom zniekształceń harmonicznych wzrósł do około 0,3%, przy czym druga harmoniczna jest teraz dominującym sygnałem zniekształceń



Rysunek 8. Oscylogram przebiegu na wyjściu przedwzmacniacza bez sygnału wejściowego (szum). Niektóre urządzenia generują więcej dźwięków o wysokiej lub niskiej częstotliwości. W tym przypadku sygnał wyjściowy wydaje się dość zbliżony do szumu białego

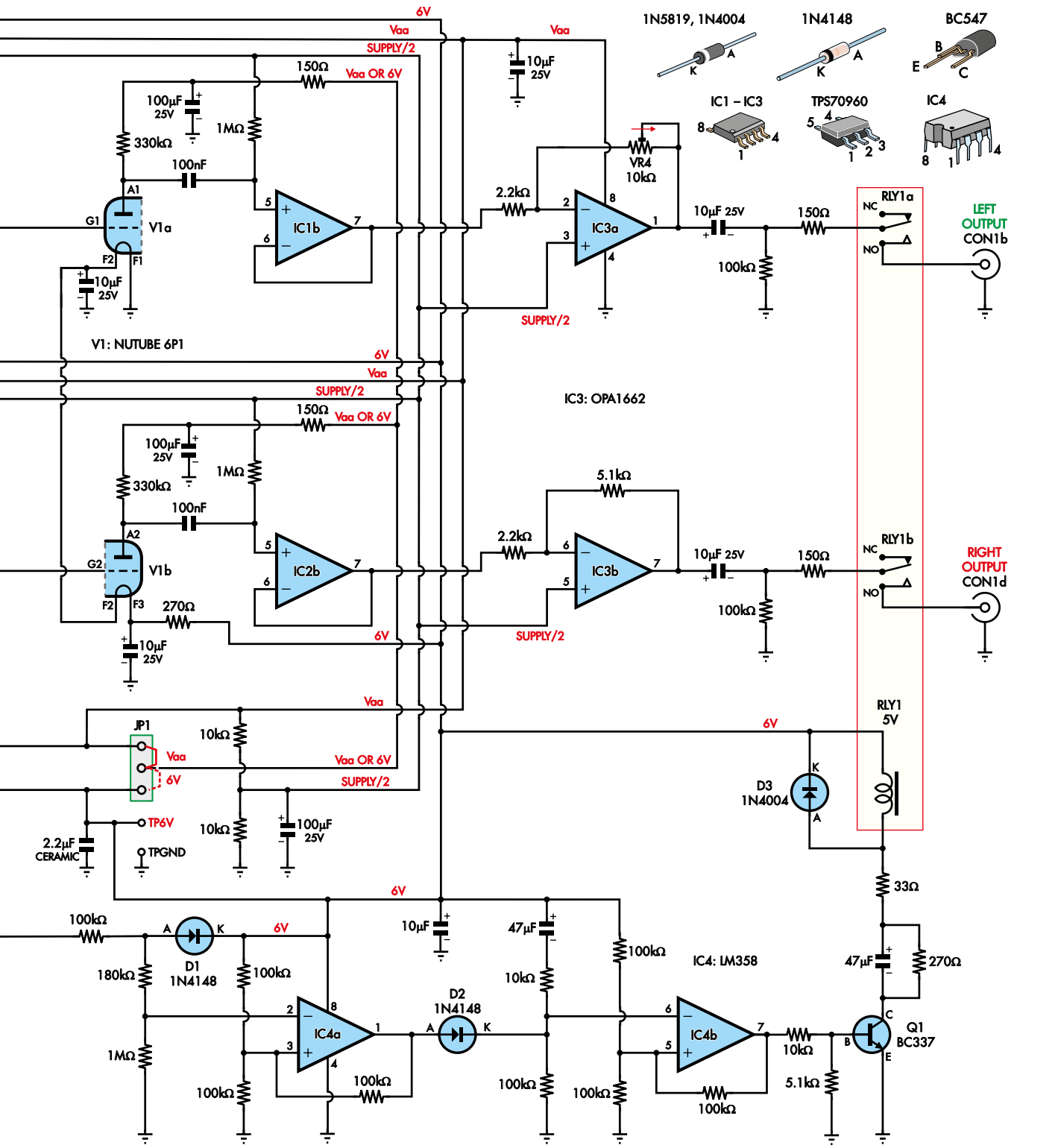


Rysunek 9. Schemat ideowy przedwzmacniacza. Sygnały wejściowe z CON1a i CON1c przechodzą przez filtry RF i potencjometr regulacji głośności VR1, zanim zostaną skierowane do buforowych wzmacniaczy operacyjnych IC1a i IC2a o bardzo niskich zniekształceniach. Podają one sygnały do siatek V1a i V1b, podczas gdy VR2 i VR3 pozwalają na regulację napięcia polaryzacji siatek. Odwrócone w fazie sygnały wyjściowe na anodach V1a i V1b są sprzężone zmiennoprądowo z wejściami buforowych wzmacniaczy operacyjnych IC1b i IC2b. Sygnały są następnie ponownie odwracane w fazie przez wzmacniacze operacyjne IC3a i IC3b przed podaniem ich na wyjścia przez styki przekaźnika RLY1. VR4 umożliwia dopasowanie wzmocnienia obu kanałów. IC4 steruje cewką RLY1 w taki sposób, że włącza się ona po około pięciu sekundach od włączenia zasilania i wyłącza się natychmiast po odłączeniu zasilania, eliminując kliknięcia i stuki

przypadkach ważne jest zachowanie fazy sygnałów audio między wejściami i wyjściami. Tak więc sygnał wyjściowy z triody jest ponownie odwracany w fazie przez wzmacniacz operacyjny IC3a, podłączony jako wzmacniacz odwracający.

Dołączyliśmy rezystor nastawny VR4, aby można było regulować wzmocnienie inwertera IC3a. Wzmocnienie IC3b w prawym kanale jest ustalone na −2,3 razy (−5,1 kΩ : 2,2 kΩ), więc wzmocnienie dla

eprasa.pl 9025c8ced7



STEREOFONICZNY PRZEDWZMACNIACZ LAMPOWY NUTUBE

IC3a jest zwykle ustawione na podobnym poziomie. Wzmocnienie może wymagać niewielkiej korekty w lewym kanale, aby uzyskać równe wzmocnienia dla obu wyjść, ze względu na różnice wzmocnienia między dwiema triodami przy podobnych poziomach polaryzacji.

Na koniec sygnał z IC3a jest sprzężony zmiennoprądowo z wyjściem poprzez kondensator 10 µF w celu usunięcia napięcia stałego i sprowadzony do potencjału 0 V za pomocą rezystora 100 kΩ. Wyjście jest zasilane przez rezystor izolujący 150 Ω, aby zapobiec oscylacjom układu IC3a w przypadku podłączenia długich przewodów o dużej pojemności całkowitej.

Aby zapobiec szumom podczas włączania i wyłączania zasilania, sygnał wyjściowy przechodzi do gniazd wyjściowych RCA przez parę styków przekaźnika, które są rozwarte, gdy zasilanie jest wyłączone. Po włączeniu zasilania przekaźnik, po ustabilizowaniu się całego układu,

eprasa.pl 9025c8ced7

jest włączany, aby umożliwić przejście sygnału do zacisków wyjściowych,. Po wyłączeniu zasilania przekaźnik jest natychmiast wyłączany. Odcina to sygnał akustyczny podczas spadku napięcia zasilania.

Prąd żarzenia

Podobnie jak tradycyjne lampy elektronowe, Nutube mają żarzone katody. Są to katody żarzone bezpośrednio, w postaci cienkiego drucika. Są one połączone z zaciskami F1 i F2 dla V1a oraz z zaciskami F2 i F3 dla V1b. Tak więc zacisk F2 jest wspólny dla obu triod, co spotykamy również w „dorosłych" podwójnych triodach, np. popularnych ECC8x.

Istnieją dwa sposoby zasilania katod. Jednym z nich jest doprowadzenie prądu do zacisków F1 i F3 przez oddzielne rezystory i podłączenie wspólnego zacisku F2 do masy. W tym przypadku rezystory są dobrane tak, aby przez każdą katodę przepływał prąd 17 mA, co daje całkowity prąd żarzenia równy 34 mA.

Ale w naszym obwodzie łączymy włókna szeregowo, więc ten sam prąd 17 mA przepływa przez każde włókno, dając całkowity prąd 17 mA, ale przy dwukrotnie wyższym napięciu na zaciskach F1 i F3. Jest to bardziej wydajny sposób żarzenia i oszczędza energię podczas korzystania z baterii.

W naszym obwodzie F1 jest uziemiony, F2 pozostawiony jako nie podłączony, a prąd jest dostarczany przez rezystor 270 Ω z szyny 6 V do zacisku F3 ((6 V–0,7–0,7); 270 Ω=17 mA). Należy zauważyć, że F2 i F3 są zmostkowane do masy dla sygnałów akustycznych za pomocą kondensatorów 10 μF. Zmniejsza to szum w obwodzie.

Jest jeszcze jedna dodatkowa uwaga, gdy włókna są połączone szeregowo. Ponieważ Nutube mają żarzenie bezpośrednie, katoda V1b będzie na potencjale o 0,7 V wyższym niż katoda V1a, ze względu na spadek napięcia na katodzie V2, zanim prąd dotrze do V1. Zmienia to wymagania dotyczące napięcia polaryzacji na siatce (G2) dla V1b w porównaniu z G1 dla V1a.

Dodatkowo napięcie wymagane dla G2 ma zapewniony szerszy zakres regulacji potencjometrem nastawnym VR3 ze względu na rezystor o mniejszej wartości łączący go z zasilaniem 6 V, w porównaniu z rezystorem w siatce VR2 (5,1 kΩ vs 6,8 kΩ).

Należy zauważyć, że napięcia polaryzacji siatek pochodzące z VR2 i VR3, odnoszą się do wyjścia regulatora 6 V REG1. Jest to napięcie stabilizowane, więc napięcie polaryzacji siatek nie zmienia się wraz ze zmianami napięcia zasilania.

Zasilanie

Gdy do gniazda DC CON2 nie jest włożona żadna wtyczka DC, wewnętrzna bateria 9 V zasila układ poprzez normalnie zamknięty przełącznik CON2 łączący ujemny zacisk baterii z masą. Gdy włożona jest wtyczka zasilająca, wówczas zasilanie pochodzi z wejścia DC, a minus baterii jest odłączony.

Przełącznik zasilania S1 łączy zasilanie z resztą układu, czy to z baterii czy z zewnętrznego źródła, podczas gdy dioda D4 zapewnia ochronę przed odwrotną polaryzacją.

REG1 jest regulatorem 6 V o niskim spadku napięcia (LDO) i niskim prądzie spoczynkowym. Jest on dołączony w celu utrzymania stałego napięcia siatek dla Nutube, niezależnie od sposobu zasilania i stopnia rozładowania baterii. Linia 6 V zasila również przekaźnik RLY1.

Wejście REG1 jest zbocznikowane kondensatorem 10 μF, podczas gdy kondensator ceramiczny 2.2 μF filtruje wyjście. Ten kondensator wyjściowy wymaga niskiego ESR (efektywna rezystancja szeregowa), aby zapewnić stabilność na wyjściu regulatora.

Szyna wirtualnej masy jest utworzona przez dwa rezystory 10 kΩ połączone szeregowo, pomiędzy masą a zasilaniem Vaa układu IC1 (i oczywiście IC2 oraz IC3). Jest ona bocznikowana kondensatorem 100 μF w celu zmniejszenia szumów i obniżenia impedancji szyny.

Opóźnione załączanie wyjść

Jak wspomniano wcześniej, styki przekaźników w lewym i prawym kanale podają sygnały na wyjściu jakiś czas po włączeniu zasilania i szybko je rozłączają po wyłączeniu zasilania. To przełączanie sygnałów zapewniają IC4, Q1, RLY1 i elementy towarzyszące.

IC4a i IC4b to połówki podwójnego wzmacniacza operacyjnego LM358 pracującego z pojedynczym zasilaniem i niską mocą. Są one używane jako komparatory z histerezą. Histereza jest zapewniona przez rezystory 100 kΩ pomiędzy ich wyjściami a nieodwracającymi wejściami. Nominalny próg komparatora na tych wejściach jest ustawiony na około 2 V, gdy wyjście jest w stanie niskim; i na 4 V, gdy wyjście jest w stanie wysokim.

Tak więc w każdym przypadku wyjście przechodzi w stan wysoki, gdy napięcie na wejściu

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 01112191 i wymiarach 98×114 mm
1 zestaw etykiet na panel przedni i tylny (patrz tekst)
1 obudowa z tłoczonego aluminium z przezroczystymi panelami końcowymi, 115×51×119 mm [Jaycar HB6294]
1 podwójna trioda Korg Nutube 6P1 (V1) [patrz ramka]
1 przekaźnik 1 A DPDT 5 V (RLY1) [Altronics S4147]
1 przełącznik subminiaturowy SPDT (S1) [Altronics S1421]
1 zespół podwójnych stereofonicznych poziomych gniazd RCA montowanych na PCB (CON1) [Altronics P0211]
1 gniazdo zasilania DC do montażu na PCB (CON2) [Jaycar PS0520, Altronics P0621A]
1 wtyk 403-2 prosty do druku (CON3) [Jaycar HM3412, Altronics P5492]
1 gniazdo 402-2 (pasujące do CON3) ze stykami [Jaycar HM3402, Altronics P5472 + P5470A x 2]
1 3-szpilkowy odcinek listwy kołkowej prostej, raster 2,54 mm, ze zworką (JP1)
2 koraliki ferrytowe o długości 5 mm i średnicy zewnętrznej 4 mm (FB1, FB2) [Altronics L5250A, Jaycar LF1250]
1 bateria 9 V (np. 6LR61)
1 klips do baterii 9 V z wyprowadzeniami
1 pokrętło o średnicy 13...16 mm pasujące do VR1
1 podstawka IC DIL8 (opcja)
1 opaska kablowa 100 mm
4 poliamidowe kołki dystansowe z gwintem M3 o długości 15 mm
2 śruby poliamidowe/poliwęglanowe M3×25 z łbem walcowym
4 wkręty M3×6
2 nakrętki sześciokątne M3
1 wkręt samogwintujący nr 4×8 mm (do gniazd RCA)
1 przewód przyłączeniowy o długości 90 mm o średniej obciążalności
1 końcówka oczkowa do lutowania
4 kołki PC

Półprzewodniki:
3 podwójne wzmacniacze operacyjne OPA1662AID, SOIC-8 (IC1-IC3) [RS Components 825-8424].
1 podwójny wzmacniacz operacyjny LM358, DIP-8 (IC4)
1 regulator napięcia LDO TPS70960DBVT 6 V, SOT-23-5 (REG1) [RS Components 900-9876]
1 tranzystor NPN BC337 (Q1)
2 diody 1N4148 (D1, D2)
1 dioda 1N4004 1 A (D3)
1 dioda Schottky'ego 1N5819 1 A (D4)

Kondensatory:
3 kondensatory elektrolityczne 100 μF 25 V PC
2 kondensatory elektrolityczne 47 μF 16 V PC
10 kondensatorów elektrolitycznych 10 μF 25 V PC
1 kondensator ceramiczny 2,2 μF X7R SMD 0805 [RS Components 6911170]
2 kondensatory foliowe 470 nF MKT
6 kondensatorów foliowych 100 nF MKT
2 kondensatory ceramiczne 100 pF

Rezystory: (wszystkie 0,25 W, 1% metalizowane)
5 szt. 1 MΩ 2 szt. 330 kΩ 1 szt. 180 kΩ 10 szt. 100 kΩ 2 szt. 33 kΩ
4 szt. 10 kΩ 1 szt. 6,8 kΩ 3 szt. 5,1 kΩ 2 szt. 2,2 kΩ 2 szt. 270 Ω
4 szt. 150 Ω 2 szt. 100 Ω 1 szt. 33 Ω
1 podwójny potencjometr logarytmiczny 50 kΩ 9 mm do montażu na PCB (VR1) [Jaycar RP8760]
2 potencjometry nastawne 10 kΩ poziome 5 mm (VR2,VR3)
1 potencjometr nastawny wieloobrotowy 10 kΩ z regulacją na górze 3296W (VR4)

eprasa.pl 9025c8ced7

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

odwracającym spadnie poniżej 2 V, a następnie poziom na wyjściu ponownie spada do niskiego, gdy napięcie na wejściu odwracającym wzrośnie powyżej około 3,5 V (można byłoby oczekiwać progu 4 V, ale wyjście LM358 nie może zatrzaskiwać się do szyny dodatniej). Innymi słowy, histereza wynosi około 1,5 V.

RLY1 jest początkowo wyłączony. Po włączeniu zasilania za pomocą przełącznika S1 dzieje się naraz kilka rzeczy. Po pierwsze, zasilanie jest dostarczane przez D1 do obwodów przedwzmacniacza, w tym REG1, V1 i IC1–IC4. Kondensatory sprzęgające zasilania i sygnału zaczynają się ładować do swoich warunków pracy.

W tym samym czasie wejście odwracające 2 komparatora IC4a jest w stanie wysokim, blisko wejściowego napięcia zasilania, poprzez rezystory 100 kΩ i 180 kΩ podłączone do przełącznika S1. Dioda D1 zapobiega przyłożeniu do tego wejścia napięcia większego niż 6,5 V.

Rezystory 180 kΩ i 1 MΩ tworzą dzielnik napięcia, tak że ich wspólny punkt przyjmuje poziom około 5,5 V, gdy na anodzie D4 jest napięcie wyższe niż 6,5 V.

To jest napięcie powyżej napięcia wejścia 3, więc poziom na wyjściu IC4a spada, do blisko 0 V. Wejście 3 ma zatem poziom około 2 V. Dioda D2 jest spolaryzowana zaporowo, a wejście 6, wejście odwracające układu IC4b, jest początkowo utrzymywane w stanie wysokim, bliskim 6 V, z powodu początkowego rozładowania kondensatora 47 µF i braku napięcia na nim. Rezystor 10 kΩ połączony szeregowo z kondensatorem zmniejsza początkowo napięcie na wejściu 6 do około 5,7 V.

Jest to napięcie wyższe o 4 V od napięcia na wejściu nieodwracającym, końcówce 5, więc wyjście IC4b będzie na poziomie niskim. Wejście 5 będzie miało potencjał 2 V. Niski stan wyjścia IC4b oznacza, że tranzystor NPN Q1 jest zablokowany, a przekaźnik RLY1 wyłączony. Styki przekaźnika będą otwarte, więc żaden dźwięk nie przejdzie na wyjścia.

Ponieważ kondensator 47 µF ładuje się przez rezystory 10 kΩ i 100 kΩ, po około pięciu sekundach napięcie na wejściu 6 spadnie poniżej napięcia na wejściu 5 (2 V). Wyjście IC4b przechodzi wtedy w stan wysoki, wysterowując tranzystor Q1 i włączając RLY1. Sygnały audio są następnie podłączane do gniazd wyjściowych lewego i prawego kanału.

Zwróć uwagę na kondensator 47 µF z równoległym rezystorem 270 Ω i szeregowym rezystorem 33 Ω między kolektorem tranzystora Q1 a cewką RLY1. Rezystor 33 Ω jest dołączony, aby cewka przekaźnika o napięciu znamionowym 5 V była początkowo zasilana napięciem 5 V, a nie pełnym napięciem 6 V z szyny zasilania.

Następnie, gdy kondensator 47 µF ładuje się, napięcie na cewce przekaźnika zmniejsza się, aż zamiast tego jest on zasilany prądem przez rezystor 270 Ω. Zmniejsza to napięcie i prąd cewki przekaźnika, oszczędzając energię, ale nadal utrzymując zamknięte styki przekaźnika.

Rezystor o wartości 270 Ω powoduje, że prąd pobierany przez cewkę przekaźnika spada z początkowych 30 mA do około 12,8 mA, wydłużając żywotność baterii.

Gdy zasilanie jest wyłączone przez S1, napięcie na wejściu 2 IC4a natychmiast spada do 0 V. To napięcie jest poniżej napięcia wejścia 3, więc wyjście IC4a jest na wysokim poziomie. Dioda D2 przewodzi i podciąga potencjał wejścia 6 IC4b powyżej progu wejścia 5, więc wyjście IC4b natychmiast przechodzi w stan niski. Q1 wyłącza się, a styki przekaźnika otwierają się. Wszystko to dzieje się na długo przed tym, zanim kondensatory zasilające w obwodzie zasilania wykażą znaczny spadek napięcia. Tak więc sygnały wyjściowe są odcinane, zanim w obwodzie cokolwiek może się źle zachowywać.

Rezystor 10 kΩ pomiędzy diodą D2 a kondensatorem 47 µF jest po to, aby wejście 6 IC4b mogło być od razu ustawione w stan wysoki, bez konieczności czekania na rozładowanie się kondensatora 47 µF.

Budowa

Przedwzmacniacz stereofoniczny Nutube zbudowany jest z użyciem dwustronnej płytki drukowanej oznaczonej kodem 01112191, o wymiarach 98×114 mm. Umieszczono ją w obudowie z tłoczonego aluminium o wymiarach 115×51×119 mm, z przezroczystymi panelami końcowymi. Rysunek 10 przedstawia szczegóły montażu PCB.

Zacznij od wlutowania elementów montowanych powierzchniowo. Używane są one zwykle, gdy te same podzespoły nie są dostępne w obudowach do montażu przewlekanego. Nie są one trudne do lutowania przy użyciu lutownicy o precyzyjnym grocie.

Konieczne jest dobre widzenie z bliska, więc być może będziesz musiał użyć soczewki powiększającej lub okularów, aby widzieć wystarczająco dobrze. Te części to IC1, IC2 i IC3, REG1 i związany z nim kondensator ceramiczny 2,2 µF.

Upewnij się przed lutowaniem, że każdy element jest prawidłowo zorientowany, tj. obrócony jak pokazano na rysunku 10. Kondensator ceramiczny nie jest spolaryzowany.

Dla każdego podzespołu, najpierw przylutuj jeden styk, sprawdź wyrównanie i ponownie dostosuj położenie komponentów poprzez ponowne podgrzanie złącza lutowniczego, jeśli to konieczne, przed przylutowaniem pozostałych końcówek.

Jeśli któreś ze styków zostaną zwarte lutem, można użyć miedzianej plecionki lutowniczej z topnikiem, aby usunąć mostek lutowniczy. Zauważ jednak, że styki 1 i 2 oraz styki 6 i 7 zarówno IC1 jak i IC2 łączą się ze sobą na płytce drukowanej, więc mostek lutowniczy pomiędzy tymi końcówkami jest dopuszczalny, ale PCB wygląda nieprofesjonalnie.

Kontynuuj budowę, instalując rezystory (użyj DMM do sprawdzenia wartości), a następnie dwa koraliki ferrytowe. Przez każdy koralik przeprowadzony jest odcinek drutu (z końcówek rezystorów), następnie wygięty w dół o 90° po obu stronach wyprowadzenia dopasowanego do płytki PCB. Wciśnij każdy koralik do końca, tak, aby przylegał do płytki przed przylutowaniem jego końcówek.

Następnie zamontuj diody D1–D4. Zwróć uwagę na prawidłową orientację każdej z nich, jak pokazano na schemacie montażowym, i upewnij się, że każda jest we właściwej pozycji (tzn. nie pomieszaj różnych typów) przed przylutowaniem.

Następnie zamontuj podstawkę IC dla IC4. Upewnij się, że jest osadzona równo z płytką drukowaną i że jest prawidłowo zorientowana. Najlepiej jest najpierw przylutować dwa przeciwległe wyprowadzenia podstawki po przekątnej, a następnie sprawdzić, czy jest ona osadzona równo z płytką przed przylutowaniem pozostałych styków.

Możesz pominąć podstawkę i przylutować IC4 bezpośrednio do płytki. Poprawia to długoterminową niezawodność, ale znacznie utrudnia ew. zamianę lub wymianę IC4, gdyby było to konieczne.

Wlutuj teraz kondensatory foliowe MKT i dwa kondensatory ceramiczne 100 pF, a następnie kondensatory elektrolityczne. Spolaryzowane elektrolity muszą być zorientowane dłuższymi przewodami do pola oznaczonego znakiem „+”.

Teraz zainstaluj dwa jednoobrotowe potencjometry nastawne, VR2 i VR3. Mogą być one oznaczone symbolem 103, a nie 10 kΩ. Następnie zamontuj potencjometr wieloobrotowy VR4. Ustaw go tak, aby suwak regulacyjny był przesunięty w lewo, jak pokazano. Może być również oznaczony jako 103 zamiast 10 kΩ.

Następnym krokiem jest dopasowanie Q1 poprzez nieznaczne podgięcie jego wyprowadzeń, aby pasowały do układu otworów na płytce drukowanej. Zainstaluj również kołki PC dla punktów pomiarowych: GND, TPG1, TPG2 i TP6V. Trójstykowy odcinek listwy kołkowej służy jako złącze JP1,

eprasa.pl 9025c8ced7

a dwustykowy wtyk 403-2 jako złącze do przewodu baterii. Następnie zamontuj RLY1, CON1, CON2 i przełącznik S1.

Potencjometr VR1 jest montowany i lutowany na miejscu oraz mocowany do płytki drukowanej za pomocą opaski kablowej wokół korpusu. To powstrzymuje siłę działającą na obrotową oś przed zerwaniem połączeń lutowanych lub oderwaniem ścieżek od płytki.

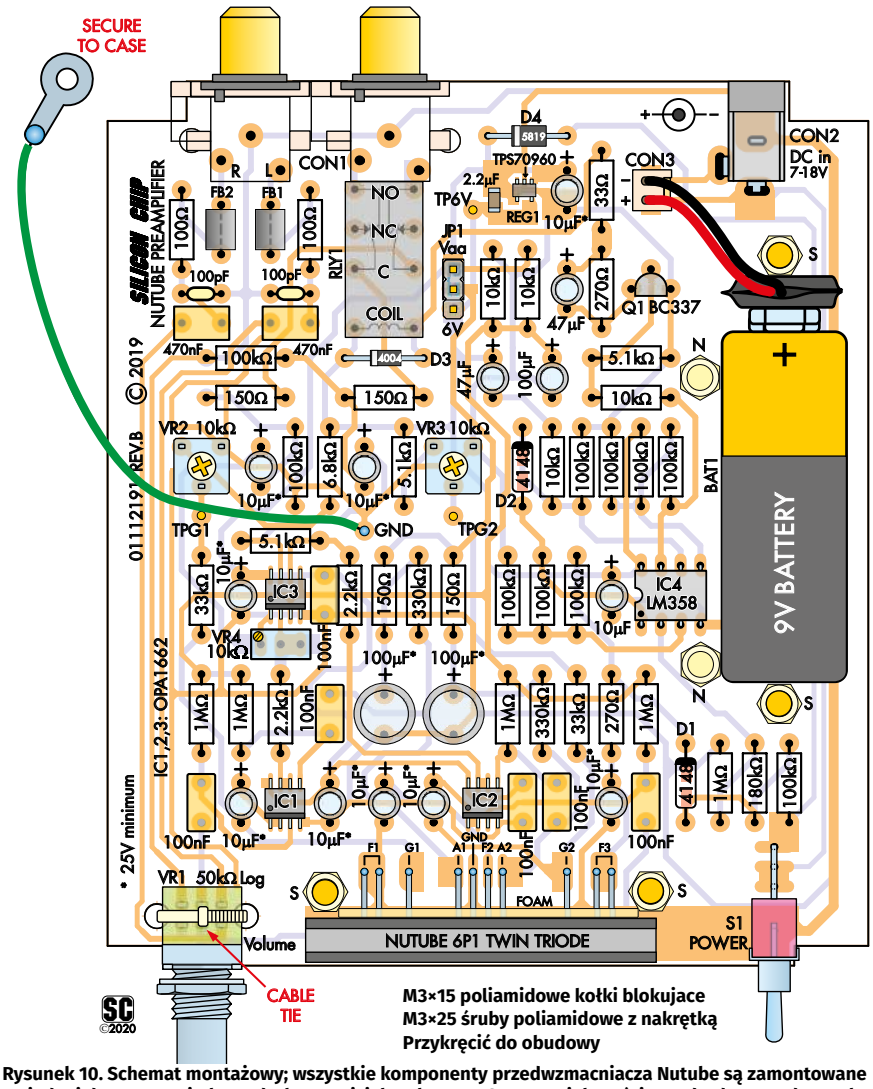
Przeprowadź opaskę przez otwory w płytce drukowanej po obu stronach obudowy i zaciśnij ją pod spodem.

Lampa Nutube V1 jest montowana tak, że przednia szyba jest pionowa, a jej wyprowadzenia są przylutowane do górnych pól lutowniczych na płytce drukowanej, podobnie jak podzespoły do montażu powierzchniowego. Kołki F1 i F3 na końcach Nutube wykorzystują dwa sąsiednie wyprowadzenia lampy. Oprócz przewodów lampa jest wsparta przez dwa gwintowane poliamidowe kołki dystansowe o długości 15 mm, po jednym z każdej strony podzespołu, które utrzymują kawałek pianki z tyłu Nutube.

Przymocuj te elementy dystansowe do płytki drukowanej za pomocą krótkich śrub M3 wprowadzanych od spodu płytki drukowanej.

Później umieścimy piankę między kołkami a Nutube, zapobiegając nadmiernemu zginaniu przewodów. Dopasuj również po jednym poliamidowym kołku dystansowym 15 mm na każdym końcu obrysu baterii na płytce drukowanej.

Boki baterii są mocowane za pomocą dwóch poliamidowych lub poliwęglanowych śrub M3×25 przełożonych od spodu płytki drukowanej i zabezpieczonych nakrętkami M3.



Rysunek 10. Schemat montażowy; wszystkie komponenty przedwzmacniacza Nutube są zamontowane na jednej dwustronnej płytce drukowanej, jak pokazano. Są to w większości standardowe podzespoły, ale IC1-IC3 i REG1 są dostępne tylko w obudowach SMD. Nutube (V1) jest w obudowie typu SIL z wyprowadzeniami zagiętymi pod kątem prostym, które są lutowane powierzchniowo do styków na górze płytki. Całość wsuwa się do wytłaczanej aluminiowej obudowy

Okablowanie

Zaciśnij i/lub przylutuj przewody baterii do styków gniazda 402-2 po uprzednim przycięciu tych przewodów na długość 60 mm. Następnie włóż te styki do obudowy gniazda, upewniając się, że czerwony i czarny przewód znajdują się we właściwych pozycjach, zgodnie z oznaczeniem na płytce drukowanej.

Aby zapobiec wprowadzaniu szumu do obwodu w przypadku dotknięcia obudowy, wymagany jest również przewód uziemiający. Łączy on metalową obudowę z zaciskiem GND na płytce. Przylutuj go do oczkowej końcówki lutowniczej na jednym końcu i kołka GND na płytce na drugim. Sugerujemy użycie rurki termokurczliwej na zacisku końcówki oczkowej i kołku PC dla GND.

Po zmontowaniu obudowy końcówka lutownicza jest zamocowana śrubą mocującą zaślepkę do obudowy w górnym rogu, obok gniazd RCA.

Uruchamianie i testowanie

Jeśli planujesz użyć baterii do zasilania, ustaw zworkę JP1w pozycji 6 V. W ten sposób wszelkie zmiany napięcia baterii nie wpłyną na napięcie anody. Jeśli używasz zasilacza wtyczkowego DC, JP1 ustaw w pozycji Vaa.

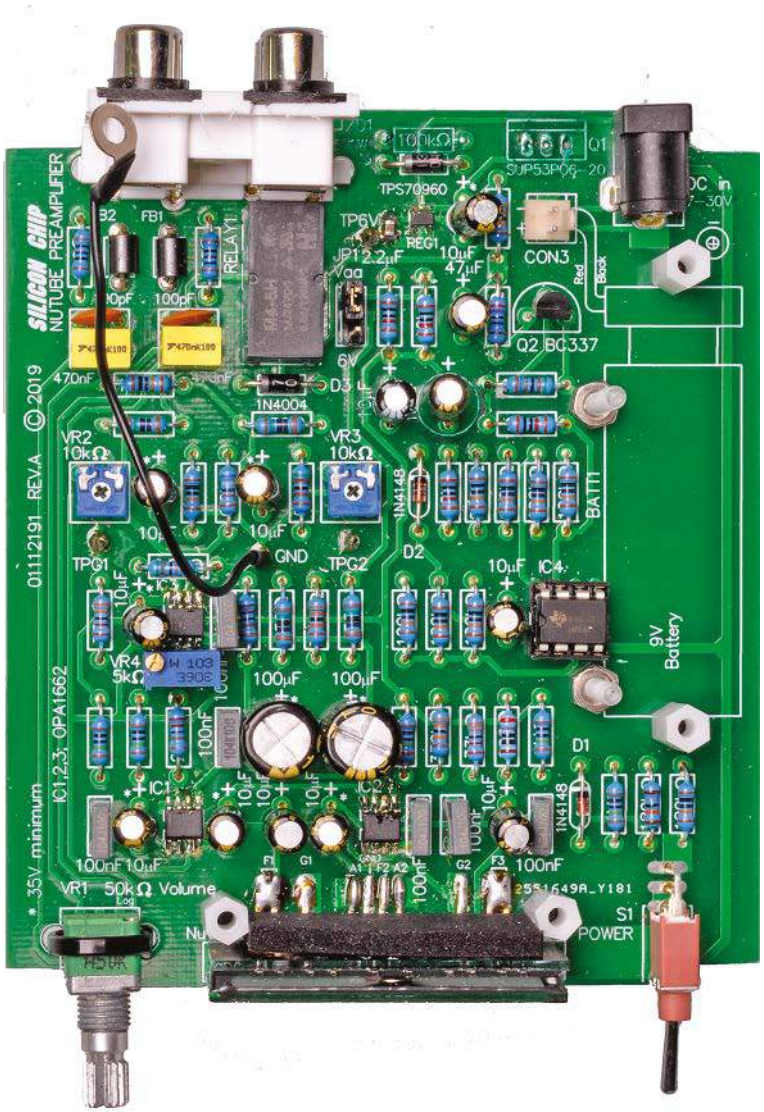
Początkowo ustaw VR2 i VR3 na środku. Zasil obwód z zasilacza 7...18 V DC. Sprawdź, czy napięcie w punkcie TP 6 V wynosi od 5,88 do 6,12 V. Sprawdź również, czy przekaźnik włącza się po około pięciu sekundach; powinieneś usłyszeć kliknięcie.

Wyreguluj VR2 tak, aby lewa anoda Nutube świeciła najjaśniej. Podobnie wyreguluj VR3 tak, aby prawa anoda Nutube świeciła najjaśniej. Jeśli używasz zasilacza o napięciu powyżej 12 V, upewnij się, że napięcia siatek są mniejsze niż 2,5 V; w przeciwnym razie zostanie przekroczona maksymalna moc rozpraszana w lampie. Napięcie siatki dla każdej triody można zmierzyć na TPG1 i TPG2, w stosunku do masy na kołku PC GND.

VR4 dopasowuje wzmocnienie lewego kanału (IC3a) tak, aby poziom sygnału na jego wyjściu odpowiadał poziomowi sygnału na wyjściu kanału prawego. Możesz to zrobić na słuch stosując dowolny monofoniczny sygnał dźwiękowy na wejściu. Do dokładniejszej regulacji potrzebny jest generator sygnału. Możesz użyć standardowego sprzętowego generatora sygnału akustycznego lub oprogramowania komputerowego.

Potrzebne będą również odpowiednie przewody do podłączenia generatora do wejść RCA. Do podłączenia do komputera zwykle potrzebny jest przewód stereo z wtykami RCA na jednym końcu i wtykiem stereo typu jack 3,5 mm na drugim. Przewody do sprzętowego generatora sygnału będą wymagały wtyków RCA na jednym końcu

eprasa.pl 9025c8ced7



To zdjęcie pokazuje ukończoną płytkę PCB – użyj go w połączeniu ze schematem montażowym znajdującym się na sąsiedniej stronie. Luźny przewód widoczny na tym zdjęciu uziemia płytkę PCB do aluminiowej obudowy, aby zminimalizować przydźwięk

i złącza do generatora, takiego jak wtyk BNC, na drugim końcu.

Doprowadź sygnał 1 kHz o wartości około 1 V RMS do wejścia prawego kanału przedwzmacniacza (czerwone gniazdo wejściowe). Monitoruj wyjście prawego kanału za pomocą multimetru ustawionego na pomiar napięcia AC w zakresie akustycznym.

Ustaw regulator głośności, aby otrzymać sygnał o poziomie około 500 mV na wyjściu. Wyreguluj VR3 na maksymalny sygnał, ale podczas wykonywania tej czynności reguluj głośność tak, aby poziom wyjściowy nie przekraczał około 500 mV. Jest to wymagane, aby sygnał nie został obcięty. Po znalezieniu maksymalnego poziomu zanotuj odczyt poziomu.

Teraz zastosuj ten sam sygnał w lewym kanale (białe gniazdo RCA) i zmierz wyjście lewego kanału. Nie zmieniaj ustawienia głośności, ale może być konieczne ustawienie VR4 na odpowiedni poziom, niewiele większy niż 500 mV. Dostosuj VR2 dla maksymalnego sygnału, jak poprzednio. Teraz wyreguluj VR4 tak, aby zmierzony poziom był taki sam, jak zmierzony już w prawym kanale.

Jeśli chcesz dokładniej ustawić polaryzację siatek, możesz użyć oprogramowania analizatora widma. Analizator widma pokaże widmo częstotliwości przedwzmacniacza, w tym częstotliwość podstawową i harmoniczne.

Z idealnym przedwzmacniaczem, bez zniekształceń, na wyjściu zobaczysz tylko częstotliwość testową.

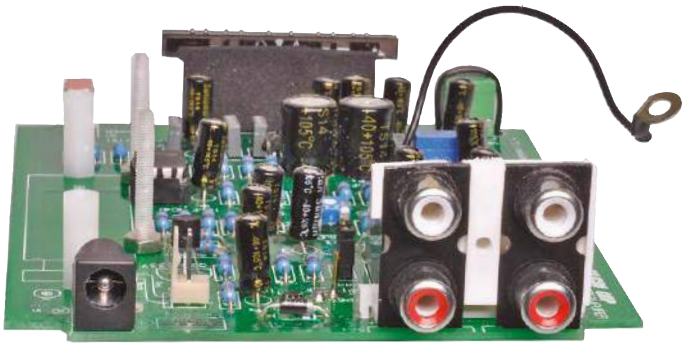
Jednak w prawdziwym przedwzmacniaczu dojdą szumy i zniekształcenia. Będzie to widoczne w analizatorze widma jako inne sygnały ponad poziomem szumów.

Zazwyczaj zniekształcenia będą miały drugą, trzecią, czwartą, piątą harmoniczną itp. Dla sygnału 1 kHz sygnał podstawowy (pierwsza harmoniczna) będzie widoczny jako maksimum przy 1 kHz, druga harmoniczna przy 2 kHz, trzecia harmoniczna przy 3 kHz, czwarta harmoniczna przy 4 kHz itd. Miejmy nadzieję, że będą one na znacząco niższym poziomie niż sygnał testowy i nie wszystkie harmoniczne będą obecne.

Gdy to zobaczysz, możesz dostosować polaryzację siatki, aby uzyskać minimalne zniekształcenia. Jeśli masz taką potrzebę, możesz również ustawić punkt pracy siatki do uzyskania maksymalnego poziomu zniekształceń, może na coś Ci się to przyda!

Montaż końcowy

Płyta PCB przedwzmacniacza Nutube jest umieszczona w aluminiowej obudowie o wymiarach 115×51×119 mm z przezroczystymi panelami końcowymi.



Więcej widoków ukończonej płytki drukowanej z przodu (po lewej) i z tyłu (powyżej). Żadne zdjęcie nie pokazuje baterii 9 V na swoim miejscu, ale wsporniki i śruby są na to przygotowane

eprasa.pl 9025c8ced7

Darmowe oprogramowanie do generowania i analizy sygnałów audio

Jeśli chcesz mieć generator sygnału audio działający na komputerze, możesz skorzystać z darmowego oprogramowania Audacity (https://tiny.pl/ct112). Jest ono dostępne dla systemów operacyjnych Windows, MacOS, GNU/Linux i innych. Pobierz i zainstaluj wersję, która pasuje do systemu operacyjnego na Twoim komputerze. Po zainstalowaniu i uruchomieniu wybierz Generate -> Tone, a następnie ustaw przebieg na sinusoidalny, częstotliwość na 1 kHz i głośność na maksymalną (tj. ustaw wartość poziomu na jeden). Możesz również ustawić czas trwania, przez który ton jest generowany. Naciśnij przycisk odtwarzania, aby rozpocząć odtwarzanie dźwięku.

Inną dobrą, łatwą w użyciu opcją jest WaveGene. Do analizy widma można użyć WaveGene w połączeniu z WaveSpectra (https://tiny.pl/ct11n).

Patrz instrukcja konfiguracji na stronie: https://tiny.pl/ct11k

Użyliśmy Visual Analyser PC, dostępnego pod adresem https://tiny.pl/ct11s, głównie dlatego, że pozwala on zobaczyć rzeczywisty zmierzony przebieg jako podgląd pełnej skali lub wycinka sygnału testowego, wraz z widmem wyjściowym.

Gdy już zainstalujesz generator sygnału i oprogramowanie analizatora widma, warto wykorzystać je do analizy działania komputerowego interfejsu dźwiękowego (karty dźwiękowej). Można to zrobić za pomocą kabla z wtyczkami jack 3,5 mm stereo na każdym końcu, z jednym końcem podłączonym do wejścia dźwięku i jednym do wyjścia dźwięku.

Aby to zrobić za pomocą Visual Analyser, na głównym ekranie wybierz „tryb pływających okien" („floating windows mode"), a następnie: Scope, Spectrum i Wave muszą być otwarte z górnego paska narzędzi.

Wybierz sygnał sinusoidalny 1 kHz dla generatora Wave, wybierz Interlock (który powoduje, że oba kanały A i B zmieniają się razem) dla poziomów wyjściowych i podnieś poziom wyjściowy na generatorze sygnału. Następnie naciśnij przycisk on/off znajdujący się poniżej suwaka poziomu wyjściowego.

Przycisk on/off u góry po lewej stronie ekranu głównego również musi być wybrany, aby analizator mierzył sygnał. Oba te elementy będą pokazywać „off", gdy sygnał jest generowany i mierzony. W wyborze kanału w ustawieniach głównych można wybrać widok kanału A (lewy), kanału B (prawy), lub obu.

W menu głównym wybraliśmy okno FFT (szybkiej transformacji Fouriera) z 16 384 próbkami i częstotliwość próbkowania 44,1 kHz. Wzmocnienie wyjściowe (regulacja wzdłuż górnego rzędu po prawej) zostało ustawione nieco poniżej maksimum, co pozwoliło uzyskać najniższy poziom zniekształceń 0,0626%.

W naszym przypadku szumy są przeważnie co najmniej 80 dB poniżej użytecznego poziomu sygnału (patrz **rysunek 11**). To wskazuje, że nie jest to szczególnie dobra karta dźwiękowa, ale wystarczająco dobra, aby ocenić zniekształcenia przedwzmacniacza Nutube.

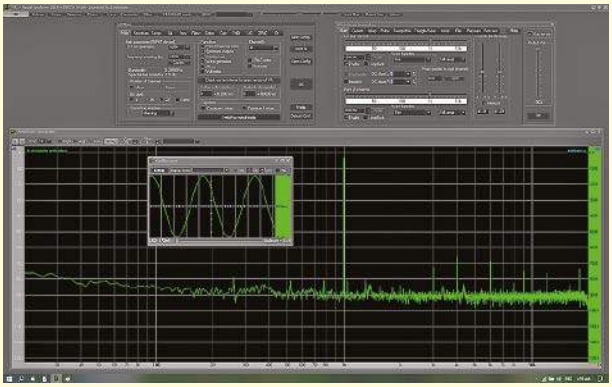
Teraz przedwzmacniacz Nutube może być podłączony pomiędzy wejściem i wyjściem dźwiękowym komputera. Dostosuj poziom sygnału za pomocą regulatora głośności i/lub poziomu generatora sygnału tak, aby przebieg nie był obcięty (tzn. aby szczyty sinusoidy nie były płaskie), a zamiast tego pokazywał czystą sinusoidę.

W menu głównym można wybrać lewy kanał (A) i wyregulować potencjometr nastawny VR2, aby uzyskać najniższy odczyt zniekształceń, z minimalną ilością harmonicznych – patrz **rysunek 12**. Pokazuje on przebieg jako czystą sinusoidę, z analizatorem pokazującym sygnał testowy 1 kHz na poziomie 0 dB i drugą harmoniczną (2 kHz) na poziomie około –70 dB. Trzecia, czwarta i szósta harmoniczna są na podobnym poziomie.

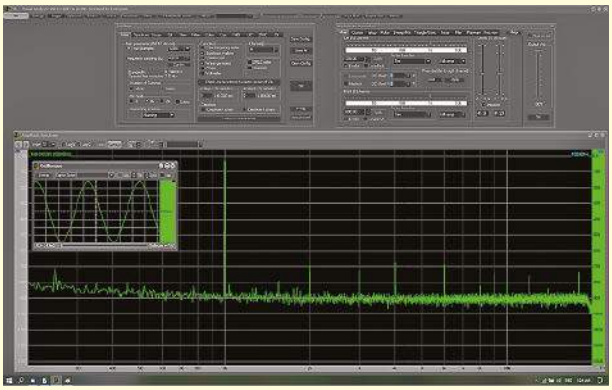
Po zakończeniu regulacji VR2, wybierz prawy kanał (B) i wyreguluj VR3, aby uzyskać najniższy odczyt zniekształceń.

Następnie można wyregulować VR4 podczas podglądu w kanale A analizatora, tak, aby poziom sygnału był taki sam jak w kanale B.

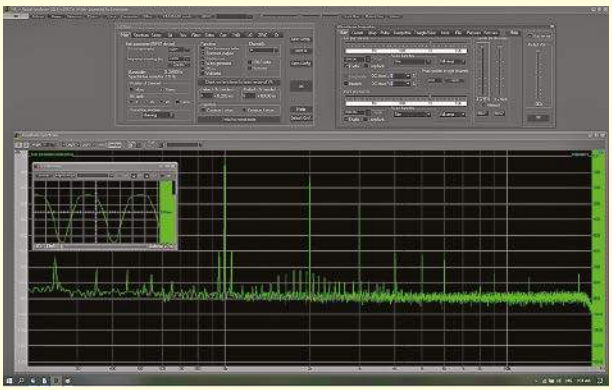
Na **rysunku 13** pokazano przebieg i widmo przy nieprawidłowym ustawieniu polaryzacji siatki (za pomocą VR2). Górna połowa przebiegu sinusoidalnego jest bardzo zaokrąglona, a druga harmoniczna jest tylko 10 dB poniżej poziomu sygnału testowego. Odczyt zawartości zniekształceń wynosi około 30%.



Rysunek 11. Zrzut ekranu darmowego programu Visual Analyser PC wykonującego test zamkniętej pętli („loopback"), z wyjściem karty dźwiękowej podawanym bezpośrednio na jej wejście. Pozwala to na analizę zniekształceń występujących w systemie. W tym przypadku odczyt wynosi 0,0626% THD+N przy 1 kHz. Dlatego nie uzyskamy niższego odczytu niż ten, gdy mierzymy parametry zewnętrznych urządzeń, takich jak przedwzmacniacz Nutube



Rysunek 12. Teraz podłączyliśmy przedwzmacniacz Nutube w pętli pomiędzy wyjściem i wejściem karty dźwiękowej, używając dwóch stereofonicznych przewodów z wtykiem jack (do karty dźwiękowej) na jednym i czerwono-białymi wtykami RCA (do gniazd RCA) na drugim końcu. Poziomy wyjściowe zostały ustawione na 41% pełnej skali, co odpowiada około 250 mV RMS, odczyt zniekształceń wzrósł tylko nieznacznie, do 0,07%, ponieważ zniekształcenia przedwzmacniacza Nutube i karty dźwiękowej są podobne



Rysunek 13. Tutaj jest ten sam test co na rysunku 12, ale regulacja napięcia polaryzacji siatki triody jest całkowicie błędna. W oknie „Oscyloskopu" widać mocno zniekształconą sinusoidę, z wieloma harmonicznymi w głównym oknie analizatora widma. Odczyt THD wynosi 30%. Jest to mniej więcej tak źle, jak tylko się da; bardziej realistycznie, nieznacznie źle ustawione napięcie polaryzacji siatki może prowadzić do zniekształceń w zakresie 0,1...1%

eprasa.pl 9025c8ced7

Gdzie można kupić podwójną triodę NuTube 6P1?

Niestety, informacje podane w oryginalnym artykule są nieaktualne. Strona (https://tiny.pl/ct116) w wyszukiwaniach nie pokazuje w ogóle lampy Nutube 6P1, strona archiwalna, np.: https://tiny.pl/ct11v otwiera się z informacją, że produkt jest definitywnie wycofany. Dotyczy to również polskiego kanału dystrybucji, o którym wspominają kity Nutube (tylko PCB) oferowane w sklepie AVT.

Aktualnie dostępne są (ale jak długo?) dwa kanały:

- sklep z częściami dla audiofili w USA:

https://tiny.pl/ct11b oferujący wraz z dostawą lampę za nieco mniej jak 400 PLN – zależy od kursu walut (po uwzględnieniu podatku VAT, przesyłki, itd.). Warto poczytać opinie osób, które zbudowały przedwzmacniacze z NuTube.

- nieco droższy portal aukcyjny eBay, też dla dostawy z USA.

Gotową płytkę PCB po prostu wsuwa się w wytłaczaną obudowę, tak że oś potencjometru i przełącznik znajdują się na przednim panelu. Nie ma potrzeby przykręcania płytki PCB, ponieważ jest ona trzymana mocno w slocie przez przednią i tylną część obudowy

Jeśli nie używasz baterii do zasilania, odłącz zacisk baterii od CON3, aby zapobiec zwarciu styków z częścią obwodu.

Panele końcowe zawierają piankę o grubości 3 mm, która może służyć jako wyściółka dla lampy Nutube. Elementy końcowe wymagają jedynie umieszczenia tej pianki w zewnętrznym obramowaniu, gdzie panele końcowe łączą się z aluminiowym korpusem.

Elementy środkowe zakrywające okno i elementy w kształcie krążków do narożnych otworów zabezpieczających nie są wymagane w obudowie.

Wytnij kawałek pianki o wymiarach 38×17 mm i umieść go za Nutube. Jest on utrzymywany między dwoma 15-milimetrowej wysokości kołkami dystansowymi z tyłu lampy.

Należy zauważyć, że obudowa ma określoną orientację górną i dolną zarówno dla profili aluminiowych, jak i paneli końcowych. Panele przedni i tylny mają nieco inny profil na górnej i dolnej krawędzi. Podczas gdy górna krawędź jest prosta, dolna krawędź jest nieco przetłoczona, poniżej lewego i prawego otworu narożnego. Pasuje to do takiego samego kształtu na profilu aluminiowym.

Z przodu należy wywiercić otwory na potencjometr głośności i włącznik zasilania, a z tyłu na gniazda zasilania DC i RCA. Wymagane lokalizacje otworów w panelu przednim i tylnym są pokazane na grafice etykiety na **rysunku 14**. Można je również pobrać jako pliki PDF ze strony internetowej Silicon Chip.

Niewielka część wzdłuż górnej krawędzi plastikowej obudowy gniazd RCA musi zostać odcięta lub spiłowana, ponieważ jest nieco za wysoka, aby zmieścić się w obudowie. Należy usunąć mniej niż 1 mm.

Etykiety można umieścić po wewnętrznej stronie paneli, wycinając je wokół zewnętrznego obwodu każdej etykiety. Możesz też wyciąć po mniejszym wewnętrznym obwodzie, aby etykiety mogły być przymocowane na zewnątrz elementów końcowych.

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

Jeżeli etykieta panelu ma znajdować się wewnątrz panelu końcowego, można zastosować etykietę papierową. W przypadku panelu przedniego środkowe okno będzie musiało zostać wycięte nożem modelarskim, aby odsłonić Nutube.

Gniazda RCA należy przymocować do panelu tylnego za pomocą wkrętu samogwintującego, tak, aby tylna krawędź płytki dotykała wewnętrznej strony panelu tylnego.

Następnie możesz wsunąć płytkę drukowaną do obudowy w drugi slot od dołu. Nie zapomnij przymocować końcówki oczkowej GND do górnej śruby narożnej z tyłu obok gniazd RCA. Drut od końcówki musi być skierowany ukośnie do wewnątrz, aby nie blokował krawędzi zaślepki.

Dodatkowo warstwa anodowana na aluminium jest dobrym izolatorem. Należy ją zeskrobać w miejscu, w którym końcówka oczkowa styka się z otworem na śrubę, aby zapewnić dobry kontakt z metalem.

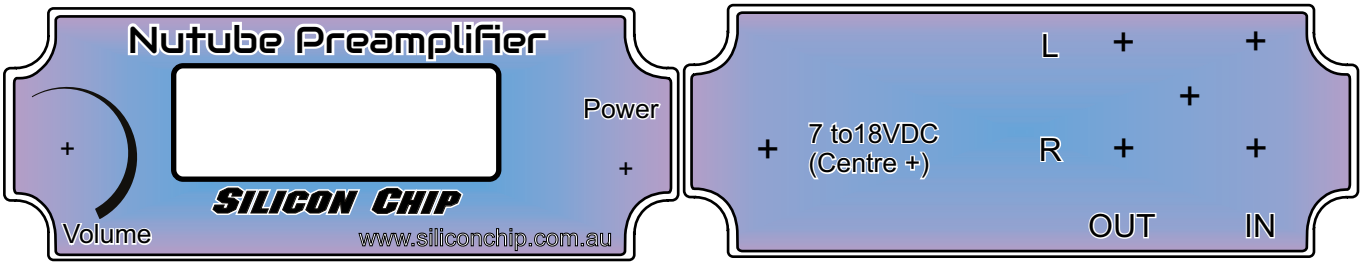
Wreszcie gumowe nóżki dostarczone z obudową można teraz przykleić do podstawy za pomocą taśmy dwustronnie samoprzylepnej.

Od Red. EdW: W numerze styczniowym EdW z tego roku, na stronach 8...20, opisaliśmy inną konstrukcję korzystającą z tej samej lampy NuTube 6P1, a mianowicie układ celowo wprowadzający zniekształcenia w torze wzmacniacza gitarowego. ■

John Clarke

Adaptacja do wydania polskiego – Andrzej Nowicki

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



Rysunek 14. Grafika 1:1 ozdobnej etykiety przedniego i tylnego panelu może być również użyta jako szablon. Lampa V1 wymaga wycięcia 43×15 mm; regulacja głośności otworu 10 mm, a wyłącznik zasilania otworu 5 mm. Na tylnym panelu, gniazda RCA wymagają otworów 10 mm, tam gdzie pokazano, z otworem 3 mm pod śrubę mocującą pośrodku; gniazdo DC wymaga otworu 5 mm. Grafiki można również pobrać z siliconchip.com.au

eprasa.pl 9025c8ced7

Materiały dodatkowe dostępne są na stronie Silicon Chip: https://tiny.pl/cmpgt
Materiały dodatkowe są również dostępne na stronie edw.elportal.pl: https://tiny.pl/cmpgr

Elastyczny cyfrowy sterownik oświetlenia, część 2. Sterowanie całością

Nasz nowy cyfrowy sterownik świateł to doskonały sposób na regulację oświetlenia Bożonarodzeniowego, oraz do wielu innych zastosowań. W zeszłym miesiącu opisaliśmy czterokanałową jednostkę podrzędną, która zmienia aktualną jasność lamp. Teraz wyjaśnimy kilka różnych sposobów sterowania jedną lub większą ilością jednostek podrzędnych – wykonawczych.

W pierwszym artykule z tej serii opisaliśmy kontynuację naszego odnoszącego ogromne sukcesy Cyfrowego Sterownika Oświetlenia opracowanego przez SC w 2010 roku.

Nowe urządzenie ma kilka znaczących zalet. Może sterować dwukrotnie większą liczbą źródeł światła (64 w porównaniu do 32) oraz taśmami LED RGB. Daje również więcej opcji sterowania pokazem świetlnym, w tym za pomocą Arduino, Micromite lub komputera. Umożliwia dodanie dźwięku do pokazu świetlnego.

Nowa jednostka podrzędna wykorzystuje również technikę ściemniania poprzez obcinanie zbocza opadającego przebiegu sieciowego, bazującą na MOSFET-ach, dzięki czemu jest kompatybilna z nowszymi lampami LED i innymi energooszczędnymi. Odbiera szeregowe dane sterowania przez transoptor, zatem interfejs jest prosty i bezpieczny.

Oznacza to, że możesz sterować światłami bezpośrednio z komputera, używając niewiele więcej niż małego adaptera szeregowego USB, takiego jak popularne typy zbudowane na CP2102.

W związku z tym zaprojektowaliśmy małą przejściówkę z gniazdem do modułu CP2102 na jednym końcu i gniazdem Ethernet Cat. 5e na drugim, dzięki czemu jest to niezwykle łatwe.

Napisaliśmy również oprogramowanie komputerowe, które może być używane do uruchamiania Cyfrowego Sterownika Oświetlenia za pomocą tego adaptera, stworzone w wieloplatformowym języku programowania „Processing". Udostępniamy kilka przykładowych programów, aby zademonstrować ich różne możliwości.

Zaprojektowaliśmy również płytkę PCB dla samodzielnego sterownika głównego wykorzystującego moduł Micromite. Chociaż mamy do czynienia ze sprzętem Micromite V3 BackPack, programujemy go w C (a nie w natywnym BASIC-u Micromite-a), aby poprawić parametry i niektóre dodatkowe funkcje potrzebne do tej roli. Opiszemy również jednostkę główną korzystającą z Arduino.

Protokół komunikacyjny

Protokół szeregowy, którego używamy do komunikacji między jednostkami podrzędnymi a jednostką nadrzędną cyfrowego sterownika oświetlenia, jest wzorowany na DMX-512. Przesyła on dane szeregowe z szybkością

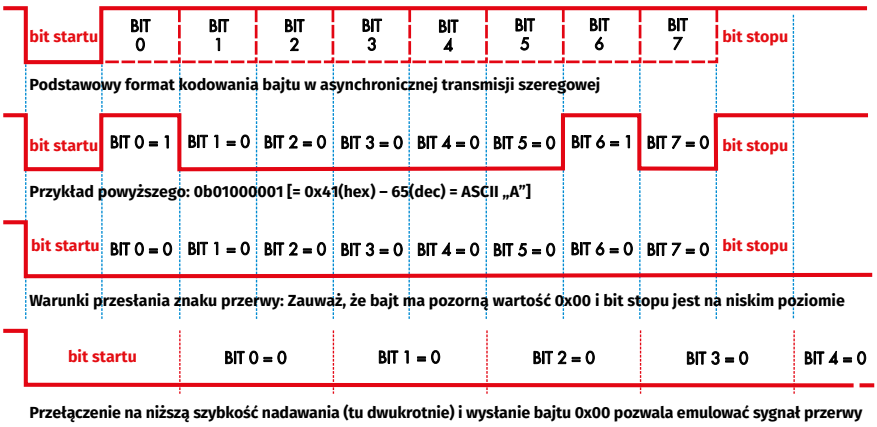
eprasa.pl 9025c8ced7

250 000 bodów przy użyciu symetrycznej (różnicowej) transmisji RS-485.

Nasz system działa natomiast z szybkością 38 400 bodów i transmisją asymetryczną. Poziomy napięć sygnałów odpowiadają standardowym stanom logicznym, dzięki czemu system jest kompatybilny z praktycznie każdym mikrosterownikiem lub komputerem.

8-bitowe surowe dane szeregowe dają 256 poziomów jasności dla każdego regulowanego źródła światła. Na poziomie binarnym dane są praktycznie nie do odróżnienia od danych używanych w protokole DMX-512 (patrz https://en.wikipedia.org/wiki/DMX512).

Różną się tylko elektryczną częścią transmisji, tzn. poziomami napięciowymi sygnałów.



Rysunek 9. Szeregowy sygnał przerwy jest niezbędny do synchronizacji danych między jednostką nadrzędną a jednostkami podrzędnymi. Wysyłanie danych szeregowych sygnału (znaku) przerwy nie jest tak proste, jak w przypadku zwykłych danych szeregowych, ale ogólnie istnieje sposób, aby to zrobić

Jedna prosta sztuczka

Protokół DMX-512 (a co za tym idzie, nasz) funkcjonuje w ten sposób, że urządzenia otrzymują szeregowy znak „przerwy” („break”) w celu synchronizacji z głównym sterownikiem.

Dzieje się tak, gdy sygnał szeregowy znajduje się na poziomie logicznego zera przez cały bajt danych (osiem bitów) plus bit stopu. Ponieważ odbiornik nie widzi bitu stopu, zakłada, że wystąpił błąd ramki (nadajnik nie wysłał poprawnie danych w ramkach) – patrz **rysunek 9**.

Aby zagwarantować, że znak przerwy zostanie odebrany poprawnie, większość nadajników wyśle około 13 bitowych sygnałów o poziomie zerowych w czasie odpowiadającym transmisji 13 bitów. DMX-512 wymaga 23 taktów zegarowych na niskim poziomie, po których następują co najmniej trzy takty zegarowe na wysokim poziomie (tzw. „mark after break”, co można rozumieć jako „znak po przerwie”). Ponieważ transmisja znaku przerwy nie odpowiada przesyłaniu normalnych, typowych danych, potrzebujemy również specjalnego sposobu jego wysłania. Wyjaśnimy trzy różne opcje.

Przerwanie sprzętowe

Niektóre urządzenia, zwłaszcza urządzenia takie jak konwertery szeregowe USB, mogą wysyłać znak przerwy automatycznie. Wymaga to specjalnego polecenia, a oprogramowanie sterujące musi być w stanie je wykonać.

Podczas naszych testów odkryliśmy, że TeraTerm (popularny program terminala szeregowego w Windows) może wysłać znak przerwy za pomocą kombinacji klawiszy Alt-B. W połączeniu z konwerterem CP2102 USB-Serial Port byliśmy w stanie z powodzeniem wysyłać polecenia do jednostek podrzędnych, naciskając Alt-B (aby wysłać przerwę), a następnie Alt-@ (aby wysłać bajt 0x00), a następnie dane.

Technika ta, chociaż przydatna, nie jest dostępna na każdym sprzęcie ani za pośrednictwem interfejsu oprogramowania w języku programowania „Processing”, więc zbadaliśmy inne opcje.

Szybkość transmisji

Dobrze znaną sztuczką nadania znaku przerwy w sprzęcie szeregowym ze zmienną szybkością przesyłania jest wysyłanie starannie spreparowanych danych z mniejszą szybkością transmisji. Przykład można zobaczyć na samym dole rysunku 9. Tutaj bajt o wartości zerowej przy wolniejszej (dwukrotnie) szybkości transmisji pojawia się dla odbiornika pracującego z większą szybkością transmisji jako wystąpienie znaku przerwy.

To właśnie zrobiliśmy dla stworzonego przez nas programu w języku „Processing”. Przełączamy się z 38 400 bodów na 9600 bodów i przesyłamy bajt 0xC0 [C0(hex) = 11000000(bin), transmisja od najmłodszego bitu]. Przy 38 400 bodach odpowiada to 28 bitom (jeden bit startu i sześć bitów danych razy cztery, czyli czterokrotnie rozciągniętych w czasie) na poziomie niskim, po których następuje 12 bitów (dwa bity danych plus jeden bit stopu razy cztery) na poziomie wysokim, co spełnia kryteria wystąpienia znaku przerwy i „znaku po przerwie” („mark-after-break”) w protokole DMX-512.

Bit-banging, czyli wszystko programowo

Bit-banging to technika komunikacji szeregowej, w której cały proces komunikacji jest obsługiwany przez oprogramowanie zamiast dedykowanego sprzętu. Aby przesyłać dane, technika ta obejmuje użycie oprogramowania do kodowania danych w sygnały i impulsy, które są wykorzystywane do manipulowania stanem końcówek We/Wy mikrosterownika, który służy jako wyjście Tx do wysyłania danych do urządzenia docelowego. Aby odebrać dane, technika polega na próbkowaniu stanu wejścia Rx w określonych odstępach czasu, które są determinowane przez szybkość transmisji w bodach. Oprogramowanie ustawia wszystkie parametry potrzebne do nawiazania tej komunikacji, w tym synchronizację, taktowanie, poziomy, itp., o których zwykle decyduje dedykowany sprzęt, gdy nie jest używane „uderzenie bitowe”.

(Po lewej) Micromite Master składa się z płytki bazowej Micromite V3 z 3,5-calowym ekranem dotykowym LCD (nie pokazana) połączonej z tą dodatkową płytką

(Poniżej) Prostsza opcja umożliwiającą sterowanie jednostkami podrzędnymi z komputera. Mała płytka drukowana po prawej łączy się z adapterem USB-Serial Port CP2102 po lewej

eprasa.pl 9025c8ced7

Ostatnia technika (której używamy w naszym kodzie Arduino i Micromite) polega na przejęciu kontroli nad końcówką wyjścia szeregowego i ręcznym utrzymywaniu go w stanie niskim przez odpowiedni czas. Nie jest to opcja dostępna w języku „Processing", ponieważ nie mamy w nim bezpośredniego manipulowania sprzętem. Mimo to jest to dość łatwe w przypadku wielu mikrosterowników, w których możliwe jest bezpośrednie sterowanie końcówkami I/O.

Nasza jednostka główna Micromite wykorzystuje wariant tego rozwiązania. Ponieważ częstotliwość transmisji 38 400 Hz jest zbliżona do wielu częstotliwości próbkowania dźwięku, nadzorujemy zarówno dane audio, jak i dane szeregowe za pomocą przerwania, które jest wyzwalane 38 400 razy na sekundę.

Przerwanie bezpośrednio steruje końcówką wyjścia danych szeregowych, tworząc warunek przerwy poprzez odliczenie wystarczającej liczby bitów o poziomie niskim i wysokim, a następnie danych szeregowych.

Jest to więc w rzeczywistości programowe rozwiązanie interfejsu szeregowego, w którym zaimplementowano również przerwę.

Sprzęt sterujący

Nasz najbardziej podstawowy projekt sterownika to płytka PCB adaptera do CP2102, która łączy niedrogi adapter USB/Serial Port CP2102 z kablem Ethernet Cat. 5e.

W zeszłym miesiącu pokazaliśmy, że do testowania można po prostu użyć kabla testowego Cat. 5e z modułem Arduino Uno lub podobnym. Ale jeśli próbujesz obsługiwać wiele urządzeń podrzędnych, szybki transoptor 6N137 w jednostkach podrzędnych wymaga znaczącej ilości prądu do prawidłowego działania – co najmniej 5 mA. Rezystor szeregowy 220 Ω każdego urządzenia podrzędnego zapewnia, że transoptor będzie działać nawet przy sygnale o poziomie 3,3 V.

Jednak w bardziej typowych warunkach i przy zasilaniu 5 V jednostka podrzędna może pobierać do 16 mA. Wiele mikrosterowników może dostarczać tylko 20 mA na wyjściu, więc prawdopodobnie będziesz w stanie bezpośrednio sterować tylko dwoma lub trzema jednostkami podrzędnymi.

Nawet wtedy wyjście mikrosterownika będzie znacząco obciążone.

Nasz adapter do CP2102 zawiera obwód prądowy, który może dostarczać około 200 mA na wyjściu, dzięki czemu może sterować większą liczbą jednostek podrzędnych; właściwie do 16. Ma również dogodne gniazdo RJ45, więc od razu można podłączyć gotowe przewody Cat. 5e. Jego schemat ideowy pokazano na **rysunku 10**.

CON1 to sześciostykowe jednorzędowe żeńskie gniazdo kątowe, które odpowiada najpopularniejszemu typowi modułu CP2102. Moduł CP2102 można albo przylutować do tej płytki, albo podłączyć przez gniazdo. Ten układ jest przeznaczony do pracy z wersjami modułu CP2102 o napięciu 3,3 V, ale powinien działać również z wersjami 5 V (nie testowaliśmy tego).

Sygnał szeregowy z komputera (po konwersji) jest doprowadzony do bazy tranzystora PNP Q1 przez rezystor 10 kΩ.

Kiedy TX jest w stanie wysokim, czyli w stanie bezczynności, prąd bazy nie płynie, a drugi rezystor 10 kΩ polaryzuje kolektor Q1 do potencjału masy. Kiedy TX jest w stanie niskim, Q1 przewodzi, a napięcie na kolektorze Q1 rośnie do +3,3 V. Tak więc sygnał wyjściowy jest odwrócony.

N-kanałowy MOSFET Q2 tworzy drugi inwerter. W stanie spoczynku (TX na poziomie wysokim) jest wyłączony, ponieważ jego bramka jest utrzymywana w stanie niskim przez rezystor 10 kΩ. Kiedy TX spada do niskiego poziomu, Q2 włącza się, obniżając potencjał drenu i umożliwiając przepływ prądu przez linie DATA+/DATA– z szyny 5 V.

Rezystor 27 Ω 1 W chroni tranzystor Q2 przed zwarciem na stykach DATA+ i DATA–, jednocześnie zapewniając, że wszystkie jednostki podrzędne otrzymają prąd o wystarczającym natężeniu, jeśli nawet podłączono pełen zestaw 16 sztuk.

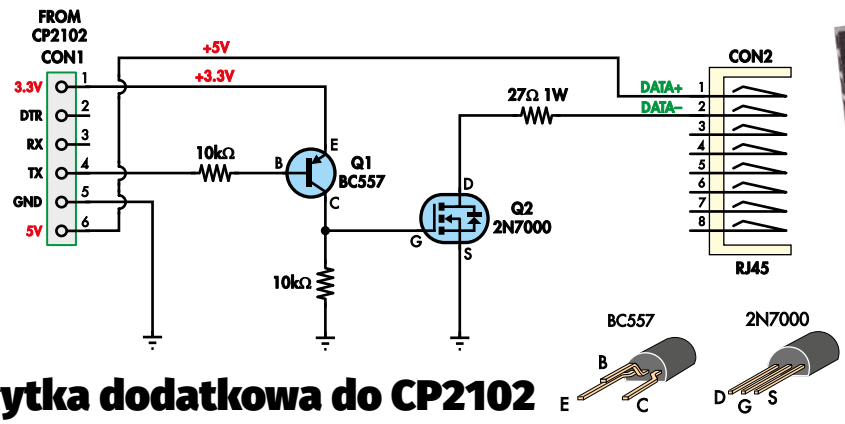
Nie dodaliśmy żadnych kondensatorów, ponieważ taki adapter jest zwykle podłączany do portu USB komputera, a specyfikacje USB mówią, że maksymalna pojemność magistrali nie powinna przekraczać 10 µF. Ponieważ moduł CP2102 ma już na płytce kondensator 10 µF, nie możemy dodać nic więcej. Ale nawet wspomniane 10 µF pomoże ustabilizować szynę 5 V w naszym module.

Możesz także użyć tej karty konwertera z innymi źródłami sygnałów szeregowych. Muszą być one na poziomie logicznym (a więc nie może to być RS-232 lub RS-485), ale mogą wykorzystywać poziomy sygnałów 5 V lub 3,3 V. W przypadku korzystania z sygnałów 5 V, styk „1" złącza CON1 powinien być podłączony do źródła 5 V, a nie 3,3 V.

W ten sposób możesz używać tego sprzętu z płytką Arduino do sterowania wieloma jednostkami podrzędnymi. Obejrzyj Rysunek 13, aby zobaczyć przykład, jak to zrobić. Może go również zasilać Micromite 3,3 V, używając okablowania podobnego do adaptera CP2102 USB-Serial Port.

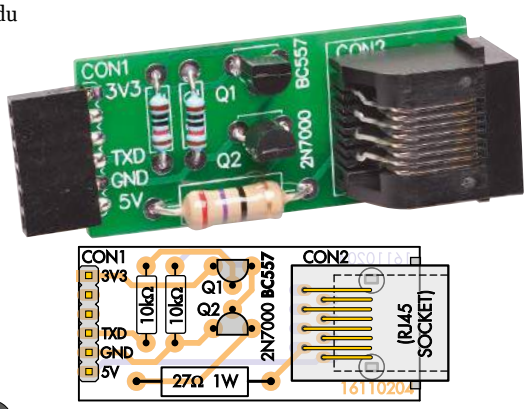
Budowa adaptera do CP2102

Odnosząc się do schematu montażowego PCB (**rysunek 11**), zacznij od zamontowania dwóch rezystorów 10 kΩ, a następnie większego rezystora 27 Ω 1 W. Umieść tranzystor Q2 obok. Sprawdź, czy jest to typ 2N7000 i ustaw go tak, aby pasował do nadruku na płytce PCB. W razie potrzeby podegnij jego wyprowadzenia. Zrób to samo



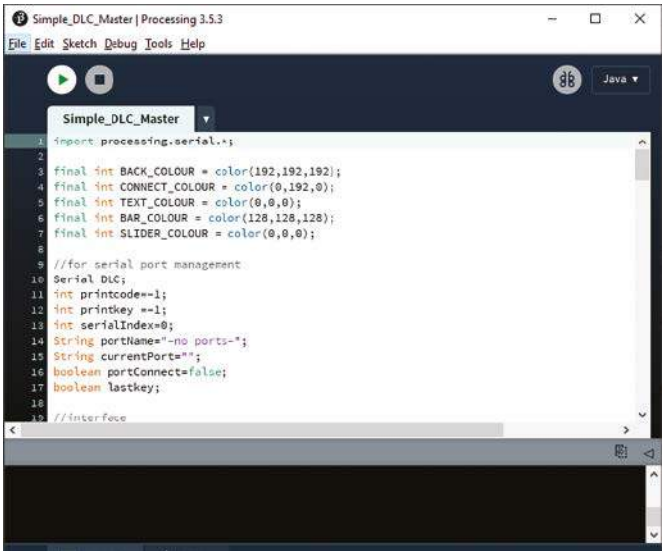
Płytka dodatkowa do CP2102

Rysunek 10. Schemat ideowy interfejsu do płytki CP2102 jest prosty, ale pozwala komputerowi sterować pełnym zestawem do 16 jednostek podrzędnych (sterowanie 64 zestawami świateł!). W takiej konfiguracji MOSFET Q2 może dostarczyć prądu o natężeniu do 200 mA do sterowania 16 optoizolatorami

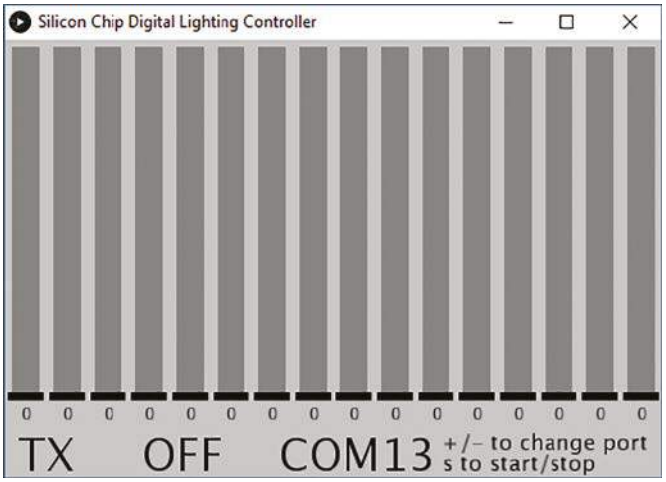


Rysunek 11. Płyta adaptera USB jest łatwa do wykonania dzięki wykorzystaniu pokazanego na poprzedniej stronie modułowi USB-Serial Port. Wystarczy dopasować kilka części, jak pokazano tutaj na schemacie montażowym, i już można podłączyć komputer do jednostek podrzędnych sterowania oświetleniem

eprasa.pl 9025c8ced7



Ekran nr 1. Tworzenie sekwencji sterowania jest łatwe do nauczenia się i jest podobne do Arduino IDE. Napisanie własnego oprogramowania jest tak proste, jak zapisanie wartości do tablicy, która jest następnie automatycznie wysyłana do urządzeń podrzędnych



Ekran nr 2. Program Digital Lighting Controller Processing umożliwia sterowanie lampami za pomocą suwaków. Możesz użyć naszego przykładowego kodu do stworzenia własnych sekwencji i oprogramowania sterującego

dla Q1 i przytnij przylutowane przewody obu tranzystorów.

Umieść gniazdo RJ45 (CON2) na miejscu i upewnij się, że przylega płasko do płytki drukowanej. Zatrzaski powinny pomóc utrzymać gniazdo na miejscu. Przylutuj dwa kołki krańcowe i upewnij się, że złącze nadal przylega płasko i wg zarysu przed lutowaniem pozostałych styków.

Jak wspomniano, możesz chcieć przylutować płytkę PCB bezpośrednio do adaptera szeregowego USB CP2102. W takim przypadku zalecamy przylutowanie listwy kołkowej w miejsce CON1, a następnie przylutowanie adaptera szeregowego USB CP2102 do górnej części tych kołków.

Alternatywnie, ponieważ większość adapterów CP2102 USB-Serial Port jest wyposażona (lub przynajmniej dostarczana) z listwami kołkowymi, można zmontować płytkę adaptera CP2102 z jednorzędowym gniazdem żeńskim. Jest ono przylutowane do górnej części płytki drukowanej (jak widać na zdjęciu), a następnie wygięte, aby ustawić płasko z listwą kołkową adaptera USB-Serial Port CP2102.

Od Red. EdW: od razu zalecamy montaż gniazda kątowego.

Odpowiednie rurki termokurczliwe nałożone na cały zespół zapewnią ochronę i izolację. Ale dopóki nie przetestujesz dokładnie adaptera i nie sprawdzisz, że działa, nie rób tego.

Po zmontowaniu całego urządzenia podłącz jego wtyczkę USB do komputera i poprowadź kabel Ethernet Cat. 5e z adaptera CP2102 do pierwszego urządzenia podrzędnego cyfrowego sterownika oświetlenia. Lampka COM na jednostce podrzędnej nie powinna się jeszcze świecić; jeśli tak, może to oznaczać problem z połączeniami. Nie musisz jeszcze podłączać żadnych lamp, ponieważ diody LED na przednim panelu będą dostarczać informacje zwrotne, ale możesz, jeśli chcesz.

Testowanie

Większość aktualnych systemów operacyjnych ma wbudowaną obsługę tych urządzeń i zostaną one automatycznie rozpoznana po podłączeniu. Jeśli tak się nie stanie, możesz pobrać sterowniki ze strony siliconchip.com.au/link/ab59

Jeśli masz program terminala, takiego jak TeraTerm, możesz go użyć do komunikacji z jednostką podrzędną cyfrowego sterownika oświetlenia. Otwórz połączenie z odpowiednim portem szeregowym (np. portem COM w systemie Windows) i ustaw szybkość transmisji na 38 400.

Następnie wyślij znak przerwy za pomocą Alt-B, a następnie bajt 0x00 za pomocą Ctrl-2 (tak samo jak Ctrl-@, ale nie ma potrzeby naciskania Shift). Kolejne niezerowe bajty danych powinny spowodować zapalenie się diod CH0-CH3 na podłączonym urządzeniu podrzędnym (w zależności od ustawionego adresu). Możesz nacisnąć klawisz tyldy (~), ponieważ ma on stosunkowo wysoką wartość ASCII równą 126.

Inne programy terminalowe mogą działać podobnie, ale ich nie testowaliśmy.

Oprogramowanie do sterowania komputerem

Napisaliśmy kilka przykładowych programów w języku „Processing" do współpracy z adapterem CP2102. Użyliśmy tego języka programowania z kilku powodów: jest on ogólnodostępny, typu open-source i dostępny w systemach Windows, Mac i Linux, a nawet jest wariant na Androida. Jest to zatem doskonały wybór do tworzenia oprogramowania, które może być używane na wielu komputerach. Jego podstawą jest język Java.

Jak wspomnieliśmy wcześniej, Arduino IDE również korzysta z „Processing". Więc jeśli miałeś doświadczenie z Arduino, powinieneś czuć się jak w domu. Używamy „Processing" w wersji 3.5.3 w systemie Windows 10, chociaż przetestowaliśmy nasze programy na Raspberry Pi z uruchomionym „Processing" 3.4. Możesz je pobrać z https://processing.org/download/

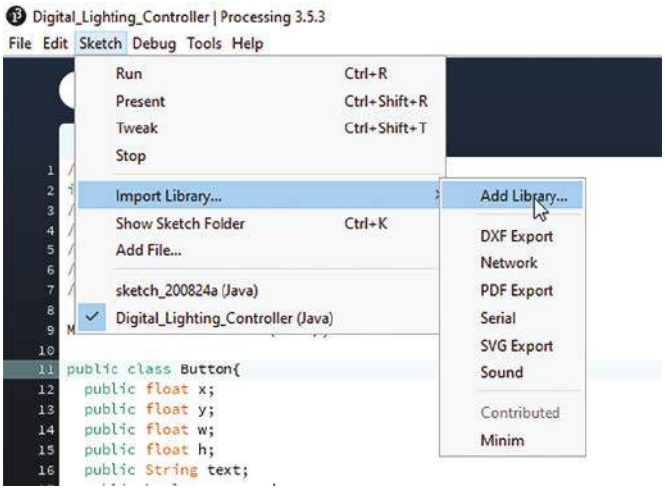
Po zainstalowaniu możesz także wyeksportować samodzielną aplikację na swoją platformę (musisz mieć również zainstalowaną Javę, aby uruchomić samodzielną aplikację).

Po zainstalowaniu otwórz szkic programu z naszego pakietu do pobrania („Simple_DLC_Master"), używając opcji Menu: „Plik" → „Otwórz". Powinieneś zobaczyć kilka pierwszych wierszy kodu, jak pokazano na zrzucie ekranowym Nr 1. Następnie uruchom go za pomocą Ctrl-R lub naciskając zieloną strzałkę odtwarzania.

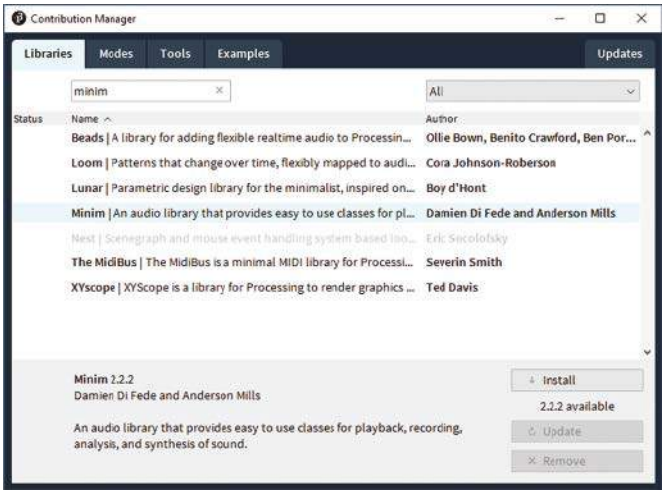
Ten prosty program umożliwia podstawowe sterowanie maksymalnie 16 kanałami lamp – patrz **ekran nr 2**.

Port szeregowy (port COM w systemie Windows) wybiera się naciskając „+" lub „–", a następnie naciskając „s", aby rozpocząć połączenie. Nazwa portu COM zaświeci się na zielono, a lampka COM na jednostce podrzędnej powinna zacząć migać wraz z ikoną „TX" w aplikacji. Jeśli nie świeci się na zielono, port szeregowy może być niedostępny lub może być używany przez inny program.

eprasa.pl 9025c8ced7



Ekran nr 3. Używamy biblioteki „minim" języka „Processing" do odtwarzania dźwięku, abyśmy mogli zsynchronizować wyświetlanie światła z dźwiękiem. System bibliotek działa podobnie do bibliotek Arduino, choć interfejs jest nieco inny



Ekran nr 4. Wyszukaj „minim" na ekranie „Contribution Manager"; właściwy element jest tutaj podświetlony. Jest to jedyne dodatkowe oprogramowanie potrzebne do pracy z naszym przykładowym kodem

Kliknięcie suwaków zmienia poziomy wyjściowe, a tym samym jasność podłączonych lamp. Możesz nacisnąć przycisk „OFF", aby natychmiast wyłączyć wszystkie światła.

Jeśli to wszystko działa dobrze, oznacza to, że Twój cyfrowy system sterowania oświetleniem jest kompletny i funkcjonalny. Możesz chcieć użyć tego programu jako podstawy dla własnego niestandardowego sterownika, ale wciąż mamy kilka dodatkowych opcji do pokazania.

Światła i dźwięk

Napisaliśmy również w „Processing" program, który emuluje podstawowe funkcje jednostki nadrzędnej używanej ze starym Cyfrowym Sterownikiem Oświetlenia 2010. Możesz więc użyć istniejącego, starszego, oprogramowania do generowania sekwencji świetlnych (wraz z muzyką) do uruchomienia na naszym nowszym sprzęcie Digital Lighting Controller. To oprogramowanie jest zawarte w pakiecie do pobrania dla tego projektu.

Starsze oprogramowanie było ograniczone (przez format plików, które generuje) do sterowania 32 kanałami, więc i ten program też ma to ograniczenie. Ale możesz użyć naszego oprogramowania, z pewnymi modyfikacjami, jako podstawy systemu, który synchronizuje dźwięk i światło dla ponad 32 kanałów.

Szkic nazywa się „Digital_Lighting Controller" i korzysta z zewnętrznej biblioteki, aby zapewnić niektóre funkcje; w tym przypadku odtwarzanie dźwięku. Bibliotekę można dodać w „Processing" IDE, klikając: „Szkic" → „Importuj bibliotekę..." → „Dodaj bibliotekę..." (patrz **ekran nr 3**); Następnie wpisz słowo „minim" w oknie wyszukiwania; tak nazywa się biblioteka. Właściwa biblioteka jest pokazana na **ekranie nr 4**.

Kliknij ten element, a następnie kliknij „Zainstaluj". Otwórz szkic i uruchom go. Powinno pojawić się okno, jak pokazano na **ekranie nr 5**. Na górze ekranu znajdują się przyciski sterowania, poniżej stan pierwszych 32 kanałów wyjściowych, a na dole ekranu szczegóły dotyczące aktualnie odtwarzanego pliku.

Dołączyliśmy kilka sekwencji demonstracyjnych, ale nie mogliśmy dołączyć muzyki ze względu na prawa autorskie – szczegółowe informacje można znaleźć w pliku tekstowym towarzyszącym sekwencjom demonstracyjnym. Oryginalne pliki muzyczne są nadal dostępne online, ale należy je przekonwertować na format PCM (nieskompresowany) WAV, na przykład za pomocą oprogramowania takiego jak Audacity (do pobrania za darmo).

Więcej informacji na temat korzystania z oryginalnego oprogramowania Christmas Light Controller można znaleźć w numerze SC z grudnia 2010 r., zaczynając od strony 66 (siliconchip.com.au/Article/391). W tamtym wydaniu jest siedem stron wyjaśniających, jak działa oprogramowanie do sekwencjonowania, więc warto je przeczytać, jeśli planujesz z niego korzystać.

Oprogramowanie może tworzyć dwa typy plików. Te z rozszerzeniem LSN są po prostu sekwencjami świetlnymi i będą odtwarzane samodzielnie. Te z rozszerzeniem LSQ są podobne, ale musi im towarzyszyć plik WAV o tej samej nazwie, który będzie odtwarzany w tym samym czasie.

W naszym oprogramowaniu do przetwarzania użyj przycisku „Otwórz", aby wybrać plik typu LSN lub LSQ. Następnie kliknij przycisk „W górę" lub „W dół", aby przewijać dostępne porty szeregowe i znaleźć adapter CP2102. Na koniec kliknij nazwę portu COM, aby się z nim połączyć.

W tym momencie lampka COM na jednostkach podrzędnych powinna zacząć migać. Teraz kliknij przycisk „Play", aby rozpocząć odtwarzanie sekwencji. Kontrolki w oknie programu powinny migać w takt świateł podłączonych do jednostek podrzędnych (ekran nr 5), a z komputera będzie odtwarzana muzyka. Przyciski „Pauza" i „Zatrzymaj" działają zgodnie z oczekiwaniami.

Samodzielny sterownik Micromite

Przygotowaliśmy również oprogramowanie testowe dla platform Micromite i Arduino. Programy te są proste, ale stanowią dobry początek na start dla tych, którzy chcą zaprojektować własny sterownik, zwłaszcza do sterowania więcej jak 32 kanałami oświetleniowymi.

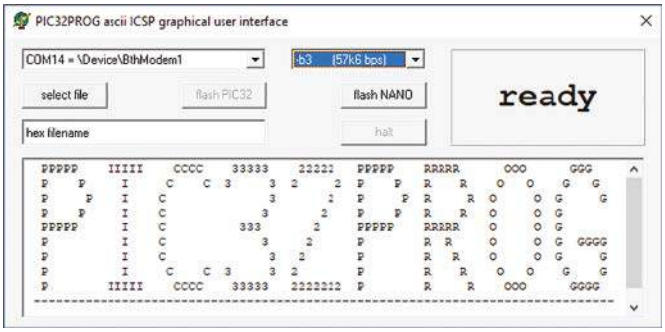
Jeśli wolisz samodzielną nadrzędną jednostkę sterującą, bez konieczności używania komputera, zaprojektowaliśmy również małe pudełko wykorzystujące moduł Micromite. Jednostka ta może wykonywać tę samą pracę, co opisane powyżej oprogramowanie komputerowe, bez absorbowania komputera. Podobnie jak starszy projekt oparty na dsPIC, odczytuje dane z karty SD i generuje stereofoniczny dźwięk na wyjściu audio oraz dane szeregowe do sterowania lampami.

Chociaż mówimy, że zawiera Micromite, ze względu na wymaganą moc obliczeniową nie było możliwe wykonanie tego w języku BASIC (tj. przy użyciu MMBasic). Na szczęście łatwo jest zaprogramować sprzęt Micromite w języku C i kodzie skompilowanym przy użyciu oprogramowania MPLAB X firmy Microchip.

Do zbudowania naszego „Nadzorcy Micromite'u" będziesz potrzebować modułu Micromite V3 Back-Pack. Są tego dwa powody. Po pierwsze, V3 BackPack jest jedynym, który

eprasa.pl 9025c8ced7

Ekran nr 5. Nasze oprogramowanie demonstracyjne odtwarza pliki sekwencyjne wygenerowane przez oryginalne oprogramowanie Digital Lighting Controller z 2010 roku. Ma kontrolki naśladowania lamp, dzięki czemu można łatwo sprawdzić, czy wszystko działa zgodnie z oczekiwaniami

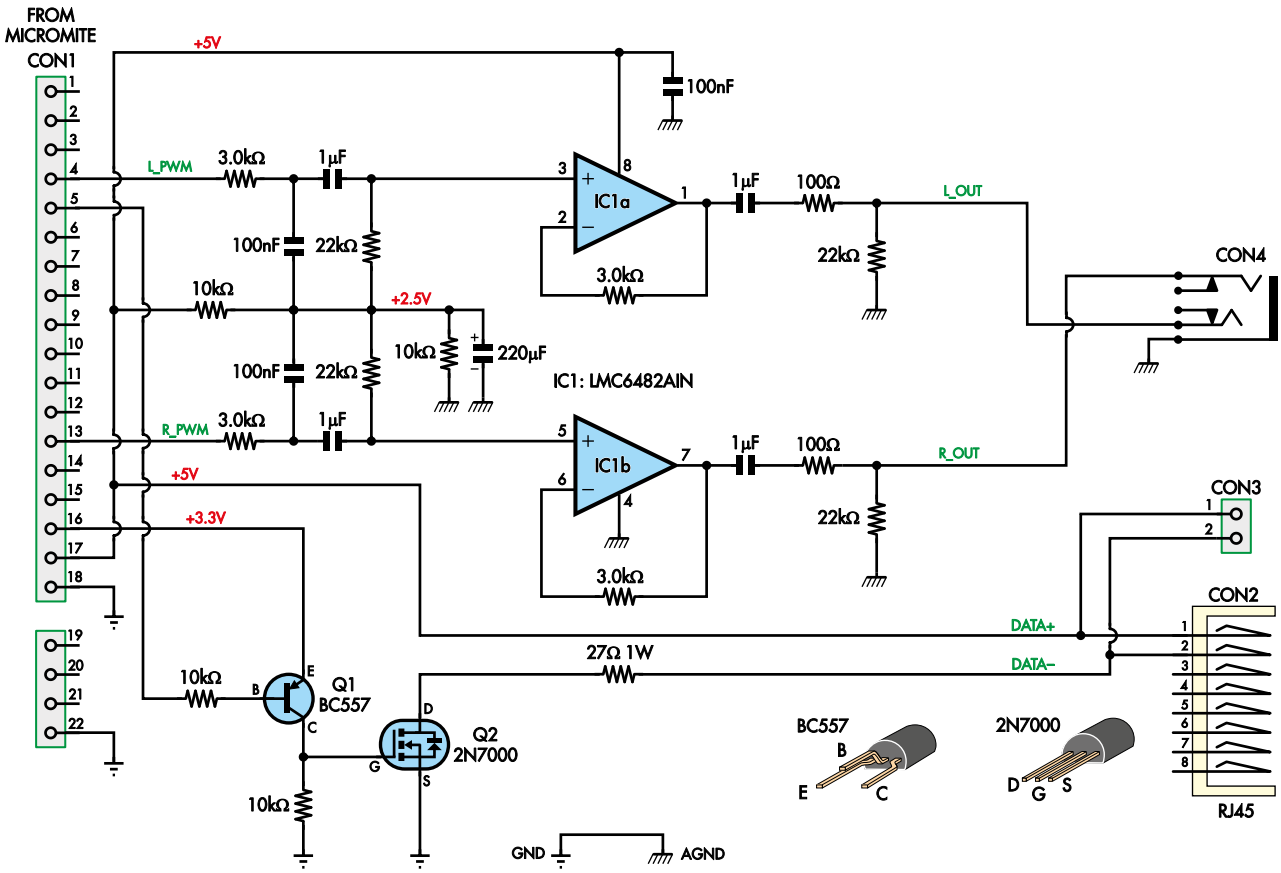


Ekran nr 6. Graficzny interfejs użytkownika GUI PIC32PROG to najprostszy sposób programowania mikrosterownika PIC dla tego projektu. Można go również użyć do przywrócenia interpretera MMBasic, na wypadek gdybyś kiedykolwiek tego potrzebował

ma gniazdo karty SD podłączone z powrotem do mikrosterownika.

Po drugie, V3 BackPack obsługuje większy 3,5-calowy ekran dotykowy LCD ILI9488. Ma on rozdzielczość 480×320 pikseli i wykorzystujemy go do wyświetlania większej ilości informacji, niż byłoby to możliwe na mniejszych wyświetlaczach o przekątnej 2,8 cala.

Więcej informacji na temat budowy pakietu V3 BackPack możesz znaleźć w wydaniu SC z sierpnia 2019 r. (siliconchip.com.au/Article/11764). Ale budowa jest dość łatwa, oczywista i sprzedajemy kompletny zestaw tego modułu (siliconchip.com.au/Shop/20/5082). Więc nie powinieneś mieć problemów z jego zbudowaniem, nawet jeśli nie masz tego numeru SC; nie ma potrzeby dodawania żadnych opcjonalnych komponentów.



Płytka nadrzędna sterownika świateł – rozszerzenie modułu Micromite

Rysunek 12. Płyta główna przystawki do Micromite (tu schemat ideowy) zawiera ten sam obwód sterownika, co adapter do CP2102, plus obwód wzmacniacza operacyjnego do przesyłania dźwięku z PIC32 do gniazda stereo typu jack 3,5 mm

eprasa.pl 9025c8ced7

Ponieważ karta SD używa styku 4, upewnij się, że nie zainstalowano układu pamięci, który zakłócałby działanie karty SD.

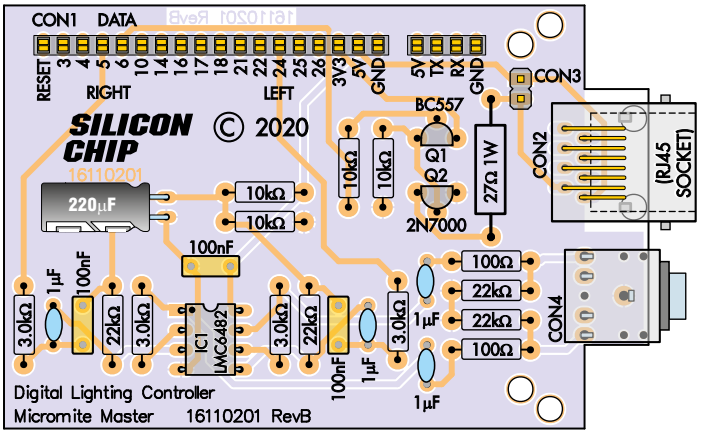
Będziesz także musiał zrobić małą dodatkową płytkę; jej schemat ideowy pokazano na **rysunku 12**. Zapewnia ona dodatkowe interfejsy sprzętowe, w tym do podrzędnego sterownika oświetlenia. Ta część obwodu jest identyczna z obwodem adaptera do CP2102 pokazanym na rysunku 10. Do celów testowych jest również dostępne wyjście szeregowe na złączu szpilkowym CON3.

Płytka zawiera także stereofoniczne wyjście audio na gniazdo słuchawkowe jack 3,5 mm. Micromite wytwarza sygnały audio jako sygnał PWM (*Pulse Width Modulation* – modulacja szerokości impulsów) na stykach 5 (lewy kanał) i 24 (prawy kanał) złącza I/O CON1. Para rezystorów 10 kΩ zapewnia poziom środkowy 2,5 V szyny zasilania 5 V w celu ponownej polaryzacji tych sygnałów. Sygnał akustyczny jest usuwany z szyny +2,5 V przez kondensator 220 µF zwierający go do masy. Odtąd będziemy śledzić lewy kanał, ponieważ prawy działa identycznie.

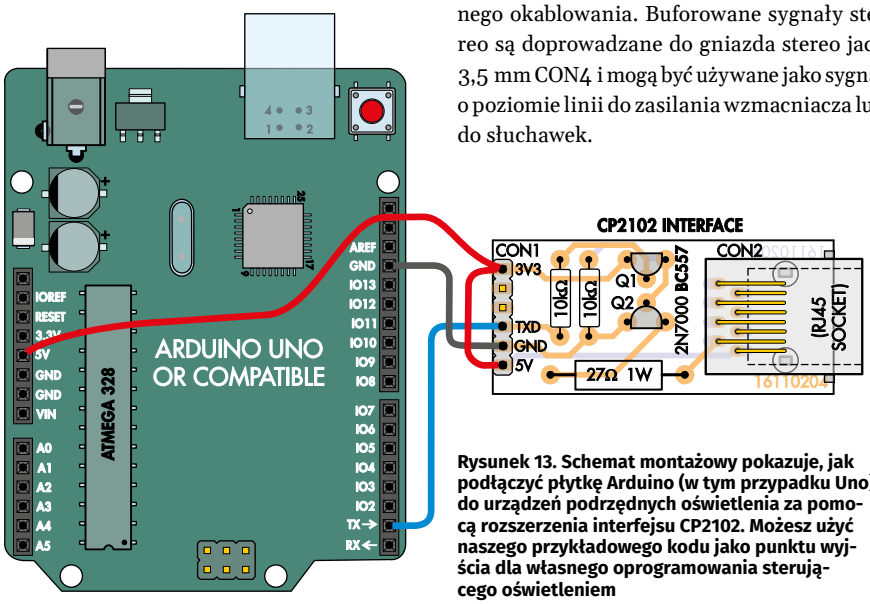
Sygnał PWM jest filtrowany dolnoprzepustowo przez szeregowy rezystor 3 kΩ i kondensator 100 nF podłączony do szyny 2,5 V, w celu usunięcia modulacji PWM i harmonicznych. Otrzymany sygnał akustyczny jest następnie sprzężony zmiennoprądowo z wejściem nieodwracającym 3 wzmacniacza operacyjnego IC1, z równoczesną polaryzacją (przesunięciem napięciowym do wirtualnej masy) do potencjału 2,5 V. Nasz prototyp wykorzystuje układ LM-C6482AIN, ale pomyślnie przetestowaliśmy również MCP6272 o niższym napięciu zasilania.

Układ IC1 jest skonfigurowany na wzmocnienie jednostkowe (jako bufor) przez sprzężenie zwrotne z wyjścia 1 do odwracającego wejścia 2 przez rezystor 3 kΩ. Ponieważ używamy Micromite 3,3 V, wahania sygnału wyjściowego wynoszą najwyżej 3,3 V i nie powinny zbliżać się za bardzo do potencjału szyn 0 V i 5 V wzmacniacza operacyjnego. Mimo to preferowany jest wzmacniacz operacyjny z dopuszczalną amplitudą sygnału wejściowego typu „od szyny do szyny" („rail-to-rail") ze względu na niski margines bezpieczeństwa. Wg Texas Instruments https://tiny.pl/ctkhx Op-Amp zasilany napięciem 5 V może współpracować jako bufor z sygnałem o maksymalnej wartości międzyszczytowej Vss 3,8 V.

Wyjście ze wzmacniacza operacyjnego jest ponownie sprzężone zmiennoprądowo przez kondensator 1 µF i sprowadzone do potencjału masy obwodu rezystorem 22 kΩ. Rezystor szeregowy 100 Ω izoluje wyjście od zewnętrznego okablowania. Buforowane sygnały stereo są doprowadzane do gniazda stereo jack 3,5 mm CON4 i mogą być używane jako sygnał o poziomie linii do zasilania wzmacniacza lub do słuchawek.



Rysunek 14. Jak rysunek 12, ale schemat montażowy. Ta dodatkowa płytka rozszerzenia Micromite może być podłączona do głównego modułu Micromite V3 BackPack za pomocą gniazd żeńskich, jak pokazano tutaj. Alternatywnie można przylutować listwę kołkową do tej płytki, a gniazdo żeńskie do BackPack-a. Pozostała część konstrukcji jest prosta; zauważ tylko poziomy montaż kondensatora elektrolitycznego (brak miejsca!) i upewnij się, że jest ustawiony prawidłowo. Sprawdź także orientację IC1 i nie pomyl Q1 z Q2



Rysunek 13. Schemat montażowy pokazuje, jak podłączyć płytkę Arduino (w tym przypadku Uno) do urządzeń podrzędnych oświetlenia za pomocą rozszerzenia interfejsu CP2102. Możesz użyć naszego przykładowego kodu jako punktu wyjścia dla własnego oprogramowania sterującego oświetleniem

Oprogramowanie PIC32

Jak wspomnieliśmy, język BASIC jest zbyt wolny, aby obsłużyć zarówno dane audio, jak i dane sterujące. Ale nasze rozwiązanie (napisane w C) powinno nadal wyglądać znajomo dla tych, którzy korzystają z graficznych możliwości Micromite BackPack-a.

Po włączeniu, podczas skanowania karty SD, pokazuje się ekran powitalny. Moduł wyszukuje pliki sekwencji (z rozszerzeniami LSN lub LSQ) i wyświetla liczbę znalezionych. W przypadku wystąpienia błędu (na przykład nie włożono karty) wyświetlany jest kod błędu i komunikat. Do wykonania miękkiego restartu mikrosterownika może być następnie użyty przycisk „Reset", który wykasuje błąd.

Sygnał sterujący (na gnieździe RJ45 CON2) jest wysyłany przez cały czas pracy urządzenia, więc powinieneś zobaczyć, jak świeci się kontrolka COM podłączonych urządzeń podrzędnych. Po zakończeniu skanowania zostaną wyświetlone dwie opcje.

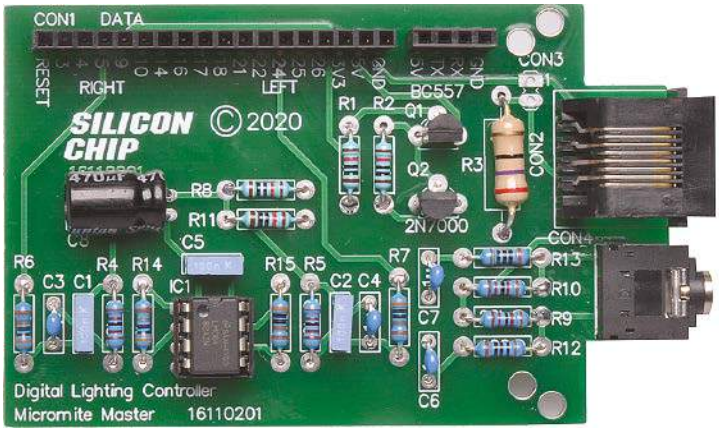
Pierwsza to „Tryb testowy". Jej wybór powoduje przejście do ekranu (nie pokazanego) z 16 suwakami i trzema przyciskami. Przycisk „Przełącz" („Toggle") po lewej stronie umożliwia przełączanie między czterema grupami po 16 suwaków, aby umożliwić sterowanie dowolnym z 64 wyjść lamp. Manipulacja dowolnym suwakiem dostosuje jasność tej lampy do naszych zamierzeń.

Przycisk „Tone" przełącza wyjście fali sinusoidalnej 600 Hz na gniazdo audio CON4. Dźwięk jest odtwarzany przez krótką chwilę po wyłączeniu z powodu buforowania (bufory RAM dla danych audio i sterujących, łącznie 28 kB).

„Exit" powoduje powrót do strony głównej.

Jeśli wszystko jest w porządku, drugi przycisk oznaczony „Continue" prowadzi do strony

eprasa.pl 9025c8ced7



Ta dodatkowa płytka PCB zamienia moduł Micromite V3 w sterownik zdolny do odtwarzania dźwięku WAV i obsługiwania jednostek podrzędnych naszego cyfrowego sterownika oświetlenia.

ze sterowaniem odtwarzania. Ekran odtwarzania pokazuje informacje o aktualnie wybranej sekwencji, w tym czas jej trwania oraz informacje o dowolnym powiązanym pliku WAV.

Naciśnięcie „Play" rozpoczyna odtwarzanie sekwencji. Można ją wstrzymać przyciskiem „Pause", który zaświeci się, gdy jest aktywny. Przycisku odtwarzania można również użyć do wznowienia po przerwie.

Przycisk „Loop" („Pętla") przełącza między „Loop off" („Pętla wyłączona"), „Loop one" („Zapętlenie jednego pliku") i „Loop all" („Wszystko w pętli"). Przyciski „Next" i „Previous" umożliwiają ręczne przechodzenie między sekwencjami. Jeśli utwór jest odtwarzany, przycisk „Previous" powoduje skok do początku bieżącego utworu, a po zatrzymaniu lub wstrzymaniu odtwarzania przejście do poprzedniego utworu.

Podsumowując, ten kod główny Micromite zapewnia podobne funkcje do oryginalnego nadrzędnego cyfrowego sterownika oświetlenia, ale jest bardziej intuicyjny w obsłudze i ma dodatkowe funkcje trybu testowego.

Działanie oprogramowania

Oprogramowanie rozpoczyna działanie od zainicjowania ekranu LCD, karty SD i innych urządzeń peryferyjnych wejścia/wyjścia oraz uruchomienia przerwania czasowego.

Przerwanie czasowe 38 400 Hz zarządza kilkoma rzeczami. Główne zadania to przesunięcie danych szeregowych w celu sterowania podłączonymi urządzeniami podrzędnymi oraz odtwarzanie danych audio.

Cykle pracy urządzenia, poprzez generowanie znaku przerwania, umożliwiają wysłanie po nim 65 bajtów danych. Na koniec każdego cyklu (który trwa około 17 ms) oprogramowanie sprawdza również, jeśli dane sekwencji wymagają zmiany poziomu jasności którejkolwiek lampy.

Inna część procedury przerwania przetwarza dane z buforów audio o wielkości 56×512 bajtów, które w rzeczywistości są surowymi danymi WAV. Dokonywana jest kompensacja różnicy między częstotliwością odtwarzania (38 400 Hz) a częstotliwością próbkowania dźwięku, niezależnie od tego, czy format próbki jest 8-bitowy czy 16-bitowy, stereo czy mono.

Gdy jakiś bufor zostanie opróżniony, jest oznaczany jako pusty i przetwarzany jest następny. Główna pętla ponownie ładuje zawartość karty SD do pustych buforów. Dzieje się to tak, że peryferia SPI (*Serial Peripheral Interface* – szeregowy interfejs urządzeń peryferyjnych) nie zostają zatrzymane przez procedurę przerwania, która spowodowałaby uszkodzenie danych, gdyby nie była zarządzana bardzo ostrożnie.

Bufor 28 kB umożliwia odtwarzanie dźwięku przez około 1/6 sekundy w jakości CD. Kiedy wszystkie bufory są puste, odtwarzanie zostaje zatrzymane. Dane sekwencji są zarządzane w podobny sposób, chociaż ich rozmiar nie jest proporcjonalny do długości odtwarzania.

Ton testowy ma częstotliwość 600 Hz, ponieważ 512-bajtowe bufory są wypełnione ośmioma 64-okresowymi próbkami danych sinusoidalnych. Korzystanie z pełnych cykli sinusoidalnych oznacza, że oprogramowanie nie musi śledzić, jaka część sinusoidy jest wytwarzana; po prostu wypełnia każdy blok tymi samymi danymi za każdym razem.

Projekty z interfejsem graficznym zawsze poświęcają na to dużo zasobów, a duża część kodu służy do wyświetlania danych na ekranie LCD. Podczas odtwarzania jest to ograniczone do minimum, aby zmniejszyć obciążenie procesora, gdy pracuje on najciężej.

Budowa

Zakładamy, że już zbudowałeś Micromite V3 BackPack i masz części montażowe do 3,5-calowego ekranu LCD. Pamiętaj, że jeśli zamówisz zestaw Micromite V3 BackPack ze sklepu internetowego Silicon Chip (Cat SC5082), masz możliwość zamówienia chipa zaprogramowanego dla tego projektu.

Dodatkowa płytka PCB jest dość prosta, więc jej zbudowanie zajmie prawdopodobnie mniej

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

Moduł adaptera do CP2102
1 płytka drukowana o kodzie 16110204 i wymiarach 45×20.5 mm
1 konwerter CP2102 USB-Serial Port [SILICON CHIP ONLINE SHOP SC3543, Sklep AVT ARD-7566]
1 6-stykowe żeńskie jednorzędowe gniazdo kątowe (CON1) LUB
1 6-stykowa listwa kołkowa (CON1) – patrz tekst
1 gniazdo RJ45 kątowe do druku (CON2) [Altronics P1448]
1 tranzystor PNP BC557, TO-92 (Q1)
1 N-kanałowy MOSFET 2N7000, TO-92 (Q2)
2 rezystory 10 kΩ ¼ W lub ½ W
1 rezystor 27 Ω 1 W
1 odcinek długości 10 cm rurki termokurczliwej o średnicy 25 mm (opcjonalnie; idealnie nadaje się przezroczysta)

Moduł główny rozszerzenia Micromite
1 Micromite V3 BackPack z 3,5 calowym dotykowym ekranem LCD (zestaw nr kat. SC5082, zaprogramowany 1611020B.HEX)
1 kabel USB Typ-A do Mini-B
1 dwustronna płytka drukowana o kodzie 16110201 i wymiarach 86×55 mm
1 obudowa UB3 Jiffy box [Jaycar HB6013, Altronics H0203]
6 poliamidowych podkładek dystansowych z gwintem M3x12
2 śruby M3×25
6 śrub M3×5
1 18-szpilkowa jednorzędowa listwa kołkowa (CON1)
1 18-stykowe jednorzędowe gniazdo żeńskie (CON1) (opcja)
1 gniazdo RJ45 kątowe do druku (CON2) [Altronics P1448]
1 odcinek 2-szpilkowy listwy kołkowej (CON3; opcjonalnie)
1 gniazdo stereo jack 3,5mm do druku (CON4) [Altronics P0094].

Półprzewodniki:
1 Op-Amp LMC6482AIN lub MCP6272 dual rail-to-rail, DIP-8 (IC1)
1 tranzystor PNP BC557, TO-92 (Q1)
1 N-kanałowy MOSFET 2N7000, TO-92 (Q2)

Kondensatory:
1 kondensator elektrolityczny 220 µF 16 V
4 kondensatory ceramiczne 1 µF
3 kondensatory 100 nF MKT

Rezystory: (wszystkie ¼ W 1% metalizowane, z wyjątkiem zaznaczonych)
4 szt 22 kΩ 4 szt. 10 kΩ 4 szt. 3 kΩ 2 szt. 100 Ω 1 szt. 27 Ω/1 W 5%

Dostępność modułu IRM-02-5
Od zeszłego miesiąca wielu sprzedawców wyprzedało moduł Meanwell IRM-02-05. Modułu tego użyliśmy do zasilania naszych jednostek podrzędnych. Digi-key spodziewał się więcej zapasów około końca października, ale również mogą być szybciej sprzedane. Nie ma natomiast żadnego problemu z zakupem u dystrybutorów na polskim rynku

eprasa.pl 9025c8ced7

czasu niż zmontowanie BackPack-a. Zapoznaj się z jej schematem montażowym, na **rysunku 14**, podczas budowy.

Zacznij od zamontowania mniejszych rezystorów tam, gdzie pokazano. Użyj multimetru, aby sprawdzić wartości, jeśli nie masz pewności co do pasków kolorów. Kolejno wlutuj większy rezystor 1 W blisko CON2.

Następnie zamontuj kondensatory ceramiczne 1 µF, ponieważ są one małe i mają niski profil. Nie są spolaryzowane, więc można je zamontować w dowolny sposób. Postępuj podobnie z kondensatorami 100 nF MKT.

Pojedynczy kondensator elektrolityczny należy montować w pozycji horyzontalnej, przylegający bokiem do PCB. Zegnij jego wyprowadzenia zwracając uwagę na ich polaryzację (dłuższy przewód = dodatni) i przylutuj do płytki drukowanej.

Następnie wlutuj tranzystory, uważając, aby ich nie pomylić. BC557 (PNP) znajduje się w górnej części płytki drukowanej, a pod nim N-kanałowy MOSFET. Pamiętaj, aby wyrównać je z ich konturami; może być konieczne wygięcie wyprowadzeń, aby pasowały do ich pól lutowniczych.

Zwykły układ złącza dla Micromite to 18-szpilkowa męska listwa kołkowa lutowana do PCB Micromite BackPack-a, natomiast żeńskie gniazdo jednorzędowe do PCB płytki podłączonej poniżej, chociaż odwrotne usytuowanie złączy też będzie działać doskonale. Może to być konieczne, jeśli wcześniej wmontowałeś żeńskie gniazdo do Micromite BackPack-a, tak jak zrobiliśmy to z naszym Micromite RCL Box (SC, czerwiec i lipiec 2020 r.; siliconchip.com.au/Series/345).

Zamontuj złącza, upewniając się, że oba przylegają w całości do PCB. Możesz tymczasowo złożyć płytki razem za pomocą gwintowanych kołków dystansowych 12 mm i śrub do metalu Zamontowaliśmy również na naszych płytkach rozszerzeń czterostykowe jednorzędowe gniazdo żeńskie, ale nie jest to bezwzględnie konieczne, ponieważ płytka drukowana jednostki nadrzędnej nie ma odpowiedniej listwy kołkowej.

Przylutuj układ IC1 na miejscu, zwracając uwagę na orientację wycięcia przy końcówce 1. Użyliśmy gniazda, abyśmy mogli wypróbować różne wzmacniacze operacyjne, ale bardziej niezawodne wyniki uzyskasz, przylutowując ten układ bezpośrednio do płytki drukowanej.

Na koniec dodaj gniazda: CON2 (jack stereo 3,5 mm) i CON4 (RJ45). Złącze CON3 (dwuszpilkowa listwa kołkowa danych szeregowych) jest całkowicie opcjonalne. Mocno dociśnij każde złącze do płytki drukowanej. W szczególności gniazdo RJ45 nie ma za dużo miejsca nad nim, więc musi przylegać płasko do PCB. Przylutuj jeden styk na miejscu i sprawdź, czy każde złącze jest nadal płaskie przed lutowaniem pozostałych styków.

Podłącz płytkę drukowaną pod spodem Micromite BackPack-a w celu testowania i programowania. Większość nowoczesnych systemów operacyjnych ma już sterowniki dla interfejsu Microbridge USB, ale jeśli nie, instrukcje można znaleźć w oryginalnym artykule opisu Micromite BackPack-a.

Programowanie PIC

Jeśli nie kupiłeś wstępnie zaprogramowanego mikrosterownika lub pełnego zestawu, PIC32 w BackPack-u musi być zaprogramowany za pomocą pliku HEX. Ponieważ nie używamy BASIC-a, nie możemy użyć zwykłej metody przesyłania MMBasic, ale możesz użyć wbudowanego Microbridge IC przez USB, co jest najprostszą metodą.

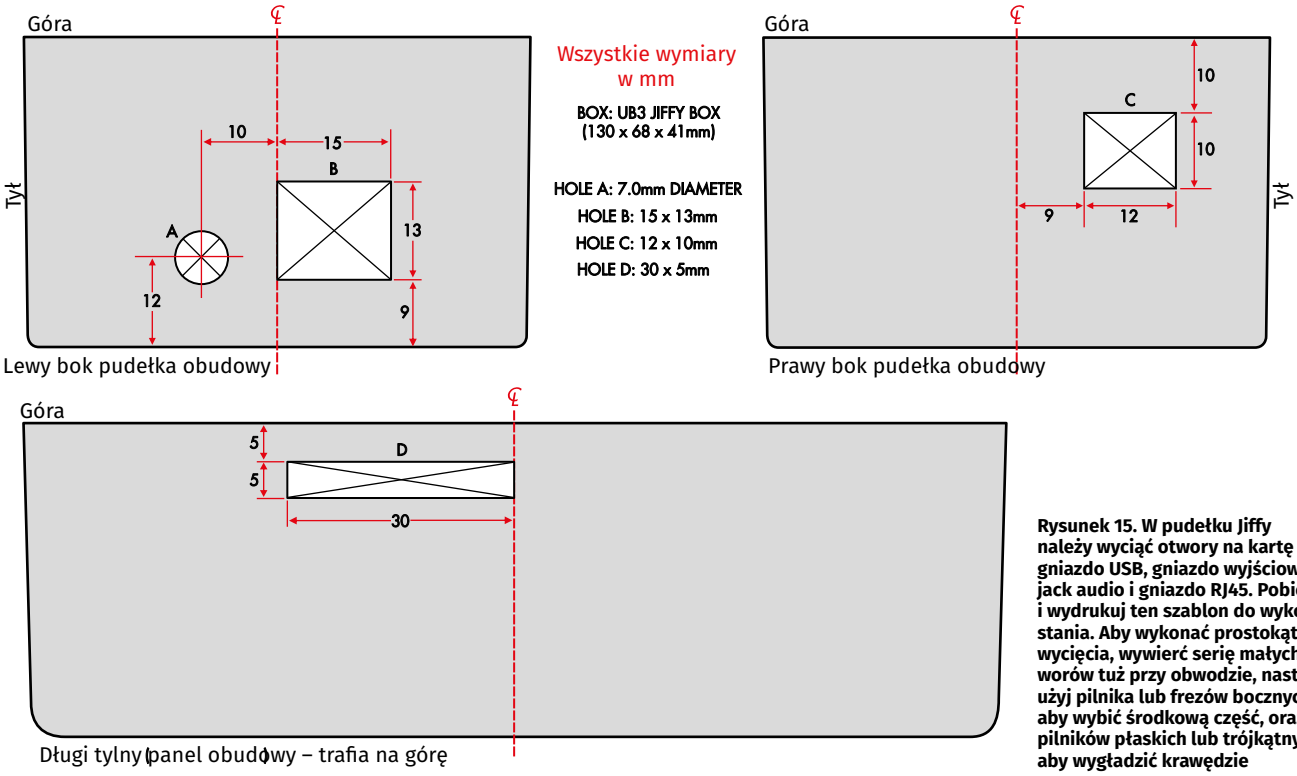
Alternatywnie, jeśli masz programator PIC, taki jak PICkit 3, PICkit 4 lub Snap, możesz zaprogramować chip za jego pomocą. Do złącza ICSP w BackPack-u dopasowaliśmy kątową złączkę, aby nie uszkodziła płytek powyżej lub poniżej. Ale wystawała wystawała zbyt daleko, zawadzając o obudowę. Aby rozwiązać ten problem, po prostu skróciliśmy nieco nasze szpilki (o około 1 mm) za pomocą cążek bocznych.

Programowanie poprzez Microbridge

Wcześniej opisaliśmy, jak używać Microbridge do załadowania pliku HEX do PIC32 w Micromite Back-Pack-u za pomocą wiersza poleceń.

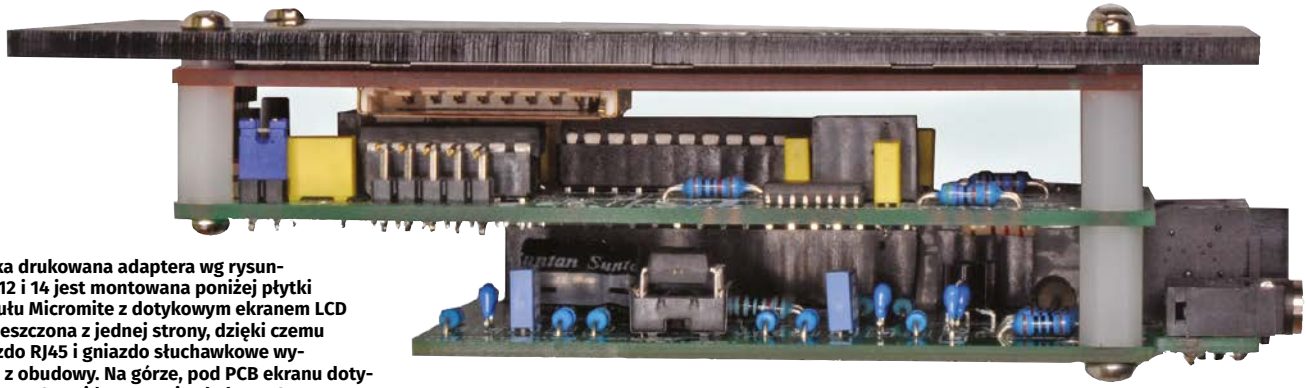
Ale jest też dostępny program Windows GUI o nazwie „P32P GUI" (patrz Ekran Nr 6). Można go pobrać z forum Back Shed pod adresem https://tiny.pl/ctkxc

Wyodrębnij program z pliku ZIP i uruchom go. Wybierz plik HEX (16110201.HEX, dostępny



Rysunek 15. W pudełku Jiffy należy wyciąć otwory na kartę SD, gniazdo USB, gniazdo wyjściowe jack audio i gniazdo RJ45. Pobierz i wydrukuj ten szablon do wykorzystania. Aby wykonać prostokątne wycięcia, wywierć serię małych otworów tuż przy obwodzie, następnie użyj pilnika lub frezów bocznych, aby wybić środkową część, oraz pilników płaskich lub trójkątnych, aby wygładzić krawędzie

eprasa.pl 9025c8ced7



Płytka drukowana adaptera wg rysunków 12 i 14 jest montowana poniżej płytki modułu Micromite z dotykowym ekranem LCD i umieszczona z jednej strony, dzięki czemu gniazdo RJ45 i gniazdo słuchawkowe wystają z obudowy. Na górze, pod PCB ekranu dotykowego LCD, widoczne gniazdo karty SD

na naszej stronie internetowej) za pomocą przycisku „Wybierz plik", a następnie naciśnij przycisk na płytce PCB Micromite BackPack-a; dioda na BackPack-u powinna się zaświecić, wskazując, że jest gotowy do programowania. Następnie naciśnij przycisk „Flash PIC32", aby rozpocząć proces. Po zakończeniu na wyświetlaczu LCD powinien pojawić się ekran główny.

Programowanie PICkit-a

Podczas gdy PICkit 3 i PICkit 4 (ale nie Snap) mogą zasilać elektrycznie układ podczas programowania, najlepiej jest zasilać go z gniazda USB, jeśli podłączony jest ekran LCD, ponieważ jego podświetlenie wymaga znacznego prądu.

W Microchip IPE wybierz „PIC-32MX170F256B" jako obiekt, kliknij „Zastosuj", a następnie „Połącz". Wyszukaj plik HEX, a następnie kliknij „Program". Wyświetlacz LCD powinien włączyć się wraz z ekranem powitalnym.

Działanie

Bez włożonej karty SD funkcjonuje tylko ekran „Test". Podłącz kabel RJ45 do jednostki podrzędnej, a także podłącz głośniki lub słuchawki do gniazda jack 3,5 mm. Sprawdź, czy słychać dźwięk testowy i czy urządzenie podrzędne reaguje na polecenia.

Istnieją również dane wyjściowe debugowania z szybkością 38 400 bodów na adapterze szeregowym USB (Microbridge), które można przeglądać za pomocą programu terminala szeregowego, takiego jak TeraTerm.

Możesz skopiować przykładowe pliki LSQ z naszego pakietu oprogramowania na kartę SD; nawet bez plików WAV będziesz mógł zainicjować odtwarzanie sekwencji lamp. Użyj oprogramowania Digital Lighting Sequencer (pierwotnie napisanego dla Sterownika Oświetlenia 2010), aby wygenerować niestandardowe sekwencje.

Finalizacja budowy jednostki głównej

Aby skompletować stos płytek, usuń dwa kołki dystansowe znajdujące się najbliżej głównego (14-szpilkowego) złącza LCD. Wkręć dwie śruby M3×25 przez akrylowy panel przedni, podkładki i płytkę PCB ekranu LCD, a następnie zabezpiecz istniejącymi kołkami dystansowymi 12 mm. Zobacz to na ostatniej fotografii.

Płytka PCB Micromite BackPack-a jest następnie mocowana dwoma kolejnymi kołkami dystansowymi 12 mm na śrubach 25 mm z jednej strony i kołkami dystansowymi 12 mm z krótkim śrubami M3 na drugim końcu.

Na koniec przymocuj nową płytkę PCB jednostki głównej do najniższych kołków dystansowych za pomocą krótkich wkrętów do metalu.

Cięcie obudowy

Rysunek 15 przedstawia wymagane otwory w pudełku Jiffy jednostki głównej. Zwróć uwagę, że PCB BackPack-a jest odwrócone w porównaniu do innych naszych projektów, tak, że gniazdo karty SD znajduje się na górze.

Tak więc gniazda: RJ45 i jack 3,5 mm znajdują się po lewej stronie, a gniazdo USB po prawej. Sprawdź to dokładnie przed rozpoczęciem cięcia.

Wkładanie płytki do obudowy może być kłopotliwe. Spróbuj umieścić lewą stronę akrylowego panelu przedniego na miejscu, a następnie obróć prawy koniec w dół, aby umieścić gniazda w odpowiednich otworach. Jeśli są dokładnie dopasowane, być może trzeba będzie nieco powiększyć otwory.

Następnie wystarczy przymocować panel akrylowy do pudełka UB3 Jiffy za pomocą dostarczonych śrub, aby zakończyć montaż (lub użyć nieco dłuższych wkrętów samogwintujących, jeśli uznasz, że te dostarczone są trochę za krótkie). Każdy zasilacz USB powinien być w stanie zasilić urządzenie.

Wniosek

Wiele przedstawionych tutaj opcji pokazuje, jak elastyczny może być nowy cyfrowy sterownik oświetlenia.

Uważamy, że wiele osób będzie chciało skorzystać z możliwości sterowania lampami zasilanymi z sieci za pomocą tak prostego interfejsu i włączenia naszego projektu do istniejących instalacji oświetleniowych, w tym z adresowalnymi paskami LED, zwłaszcza w przypadku korzystania z modułu Arduino.

W międzyczasie spodziewamy się, że wiele osób będzie używać naszych jednostek podrzędnych z własnymi, niestandardowymi układami sterującymi.

Nie możemy się doczekać, aby zobaczyć, jaką iluminofonię możesz stworzyć, używając naszego nowego elastycznego cyfrowego sterownika oświetlenia jako punktu wyjścia! ■

Tim Blythman

Adaptacja do wydania polskiego – Andrzej Nowicki

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

Wakacyjna Gratka – 4 Quizy z podstaw elektroniki (str. 47, 56, 67, 81).
Sprawdź swoją wiedzę i zamów bezpłatną prenumeratę próbną z dostępem do archiwów na https://ulubionykiosk.pl/prenumerata

eprasa.pl 9025c8ced7

Jak opisano w zeszłym miesiącu, ta dodatkowa płytka do SuperKodeka USB zapewnia dwa symetryczne wejścia z czterema poziomami tłumienia: 0 dB, –10 dB, –20 dB i –40 dB. Będzie pasować do samego SuperKodeka (zmieści się w tej samej obudowie), tworząc elegancki, wszechstronny instrument do nagrywania, odtwarzania i pomiarów. A teraz zabierzmy się do budowy!

Materiały dodatkowe dostępne są na stronie Silicon Chip: https://tiny.pl/cmpgm
Materiały dodatkowe są również dostępne na stronie edw.elportal.pl: https://tiny.pl/cmpgg

Symetryczne wejście i tłumik do SuperKodeka USB, część 2

Wszystkie komponenty pokazane i opisane na schemacie w zeszłym miesiącu mieszczą się na jednej płytce drukowanej, którą można zmontować dość szybko i prosto. Okablowanie do połączenia dwóch płytek również nie jest zbyt trudne do wykonania, składa się z jednego ekranowanego kabla stereo i jednego trójżyłowego przewodu zasilającego DC. Niestety, panele na końcach obudowy muszą być wiercone inaczej niż opisano dla oryginalnego SuperKodeka.

Pierwszym krokiem podczas montażu jest wlutowanie wszystkich głównych elementów do płytki drukowanej. Przed złożeniem, jeśli masz dokładny miernik rezystancji (tzn. co najmniej 4½ cyfry), możesz zmierzyć rezystory z tolerancją 0,1% i znaleźć najlepiej dopasowane zestawy spośród zakupionych.

Jest to jednak opcjonalne. Tak długo, jak mieszczą się one w określonych tolerancjach, parametry Twojego urządzenia powinna być zbliżone do parametrów naszego prototypu; jeśli masz szczęście, mogą je nawet przewyższyć.

Montaż PCB

Dołożyliśmy starań, aby użyć tylko elementów do montażu przewlekanego, w celu ułatwienia konstrukcji, i stworzyliśmy miejsce na przełączanie tłumików rezystancyjnych przekaźnikami zamiast przełącznika obrotowego.

Przed rozpoczęciem budowy musisz określić pożądaną dla Ciebie impedancję wejściową. Przejrzyj artykuł z zeszłego miesiąca, a następnie zapoznaj się z listą części, aby zobaczyć, które części będą potrzebne do wybranej wersji.

Płytka dodatkowa ma kod 01106202 i wymiary 99,5×141,5 mm. Przed budową należy zapoznać się ze schematem montażowym na **rysunku 9**.

Zacznij od zamontowania elementów niskoprofilowych: koralików ferrytowych FB1–FB4 i wszystkich rezystorów. Upewnij się, że te o tolerancji 0,1% trafiają do określonych lokalizacji.

Wskazówka: jeśli możesz dopasować rezystory między „gorącymi" i „zimnymi" ścieżkami każdego kanału, uzyskasz użyteczną poprawę dokładności i współbieżności tłumienia w obu kanałach, ale może to być niemożliwe i zależeć od zakupionych rezystorów i dokładności omomierza.

Jeśli twoje koraliki ferrytowe otrzymałeś luzem, przeprowadź przez każdy kawałek drutu odciętego np. z końcówek rezystora. Przyciśnij je mocno do PCB i przylutuj; dobrze jest użyć kropli neutralnie utwardzanego kitu silikonowego lub kleju momentalnego, aby zapobiec ich przesuwaniu się i grzechotaniu.

Następnie zamontuj wszystkie diody Zenera oraz diody 1N4148. Uważaj, aby skierować paski katod każdej diody, jak pokazano na rysunku 9, ponieważ nie wszystkie są zorientowane w tę samą stronę.

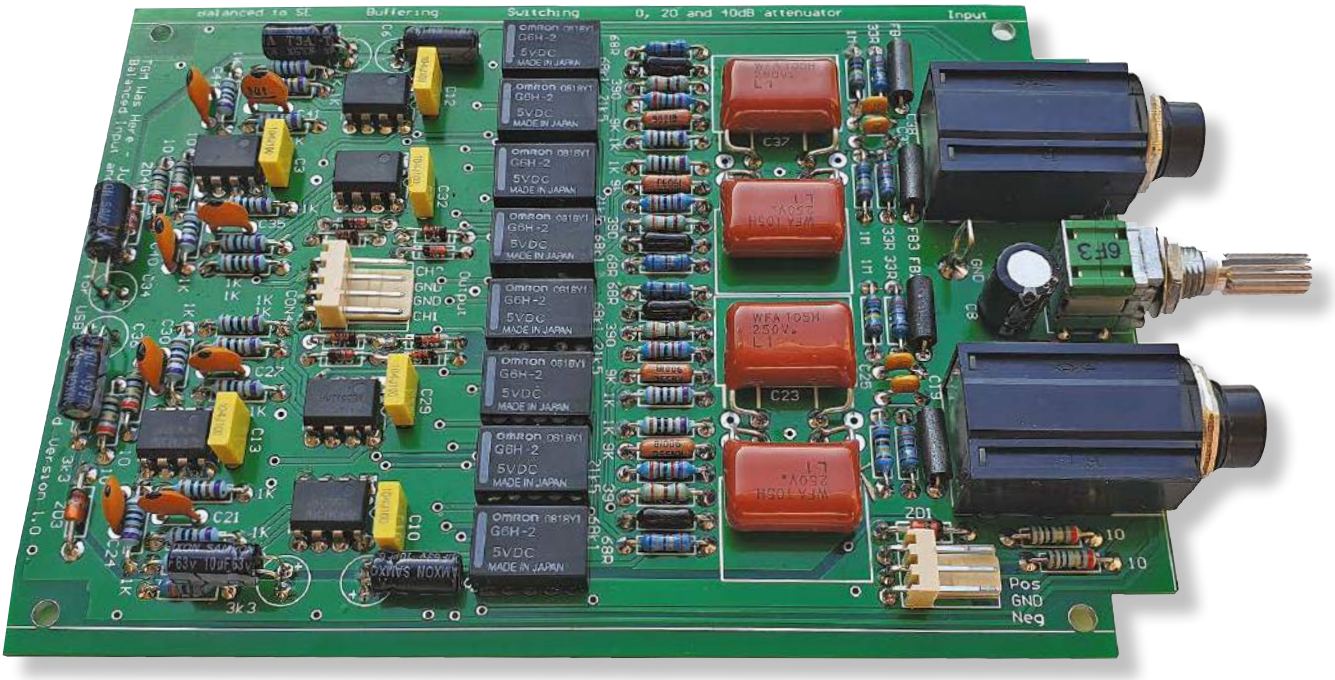
Wybraliśmy napięcie diod Zenera ZD3 i ZD4 jako 3,9 V, ale każda wartość od 3,3 V do około 4,7 V będzie poprawna, ponieważ ustalają one po prostu napięcie ochronne.

Teraz zainstaluj kondensatory elektrolityczne, które również są spolaryzowane; ich dłuższe końcówki muszą trafiać do pól oznaczone symbolami „+". Kondensatory foliowe 10 µF muszą być montowane na PCB na płasko, jak pokazano na poniższym zdjęciu, lub dobrane jako typy o bardzo małej wysokości. To ważne, bo będziemy wciskać tę płytkę do obudowy z modułem interfejsu USB oraz przetwornikami ADC i DAC.

Następnie zamontuj pozostałe kondensatory (foliowe i ceramiczne). Pamiętaj, aby użyć jako sprzęgających kondensatorów foliowych 10 µF, jeśli wybrałeś rezystory dla impedancji wejściowej 10 kΩ; lub kondensatorów foliowych 1 µF dla impedancji wejściowej 100 kΩ. Te kondensatory również należy ułożyć na płasko, aby zrobić miejsce dla podzespołów z drugiej płytki.

Następnie przylutuj sześć scalonych OpAmp-ów NE5532 i osiem przekaźników. Orientacje układów scalonych i przekaźników są krytyczne. Wszystkie przekaźniki są ustawione stykiem 1 z dala od złączy

eprasa.pl 9025c8ced7



wejściowych, podczas gdy wszystkie wzmacniacze operacyjne mają styk 1 skierowany w stronę wejść.

Możesz montować układy scalone na podstawkach (precyzyjnych dobrej firmy!), ale wolimy tego nie robić, ponieważ styki mogą się z czasem utleniać, co prowadzi do słabszego kontaktu. Jeśli używasz podstawek, przylutuj je zgodnie z pokazaną orientacją, a następnie dopasuj wyprowadzenia układu scalonego i ostrożnie wepchnij je do końca w podstawkę.

Następnie zamontuj wtyki CON3 i CON4, a potem przełącznik tłumienia.

Dwa zorientowane wtyki kątowe: 403-3 i 403-4 można przylutować od góry, ale dobrym pomysłem jest również przylutowanie ich styków od dołu. Następnie przylutuj oba gniazda TRS 6,35 mm (inaczej: jack stereo 6,35).

Użyj tylko określonych w specyfikacji typów o niskim profilu, dobrze dopasowanych do PCB.

Twoja dodatkowa płytka powinna być teraz gotowa. Trzy płytki tworzące całość urządzenia są połączone kilkoma kablami, które zaraz opiszemy.

Wykonanie kabli wewnętrznych

Wyjście płyty tłumika z wejściami symetrycznymi (Balanced Input Attenuator) jest połączone z płytą karty dźwiękowej USB za pomocą ekranowanego kabla o długości 180 mm.

Od Red. Edw: Sposób wykonania podobnego kabla opisaliśmy dokładnie również w 3-ciej części artykułu o budowie SuperKodeka USB, w lipcowym numerze EdW z tego roku. Aby oszczędzić Ci wertowania numerów, opis powtarzamy z małymi modyfikacjami.

Należy wykonać kabel, wykorzystując dwa kierunkowe gniazda 402-4 i pasujące do nich metalowe styki, 18-centymetrowy odcinek podwójnego kabla ekranowanego o przekroju „8" oraz kilka rurek termokurczliwych. W rezultacie otrzymamy kabel z dwoma czterostykowym gniazdami 402-4 na obu końcach.

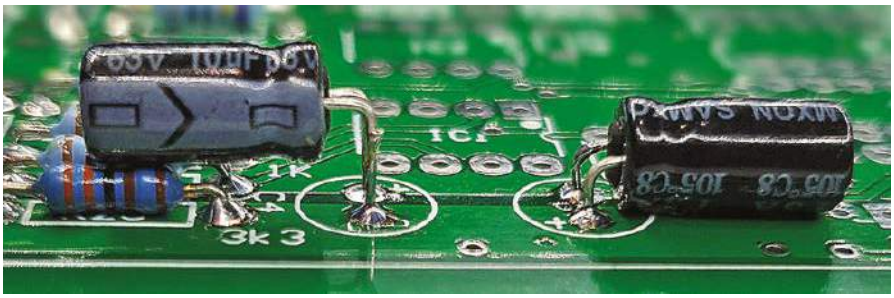
Na obu końcach zacznij od rozdzielenia dwóch kabli koncentrycznych, a następnie usuń 18...20 mm zewnętrznej powłoki każdego z nich, odsłaniając oplot ekranu. Oddziel wewnętrzny przewód od oplotu i odizoluj jego koniec na odcinku około 5 mm. Skręcić żyły oplotu każdego kabla w oddzielną gołą wiązkę.

Następnie utnij dwa odcinki rurki termokurczliwej, jeden o średnicy około 3 mm, a drugi 5 mm. Nasuń kawałek 5 mm na oplot ekranujący i żyłę centralną. Nie obkurczaj go jeszcze.

Nasuń odcinek rurki termokurczliwej 3 mm na skręcony ekran; powinno wystawać 4...5 mm skręconych drucików. Obkurcz rurkę. Nasuń 5 mm koszulkę termokurczliwą na ok. 3 mm miejsca, gdzie oplot i przewód wewnętrzny są rozdzielone, a następnie obkurcz ją.

Użyj gołych końcówek przewodów oplotu do ich zaciśnięcia w końcówkach styków. Należy odciąć nadmiar drutu oplotu, tak, aby zacisk odciążający (z tyłu styku) przeszedł nad oplotem i uległ zaciśnięciu na izolacji z rurki termokurczliwej, z około 3 mm gołego drutu w głównym zacisku, jak pokazano na fotografii w zeszłym miesiącu.

Zaciśnij odcinek oplotu wg schematu – goły skręt drutów miedzianych w głównym zacisku, druciki w izolacji z rurki termokurczliwej w zacisku odciążającym styku – za pomocą dedykowanych szczypiec. Da Ci to pewność, że zaciskanie nie spowoduje rozpłaszczenia zacisków na tyle szeroko, że styk nie będzie pasował do plastikowej obudowy. Takie niechlujne zaciski otrzymasz próbując zacisnąć styki narzędziami „zastępczymi", np. kombinerkami. Następnie użyj niewielkiej ilości lutu do wzmocnienia głównego zacisku, uważając, aby nie spłynął on na sprężynę złącza. Przy zaciskaniu



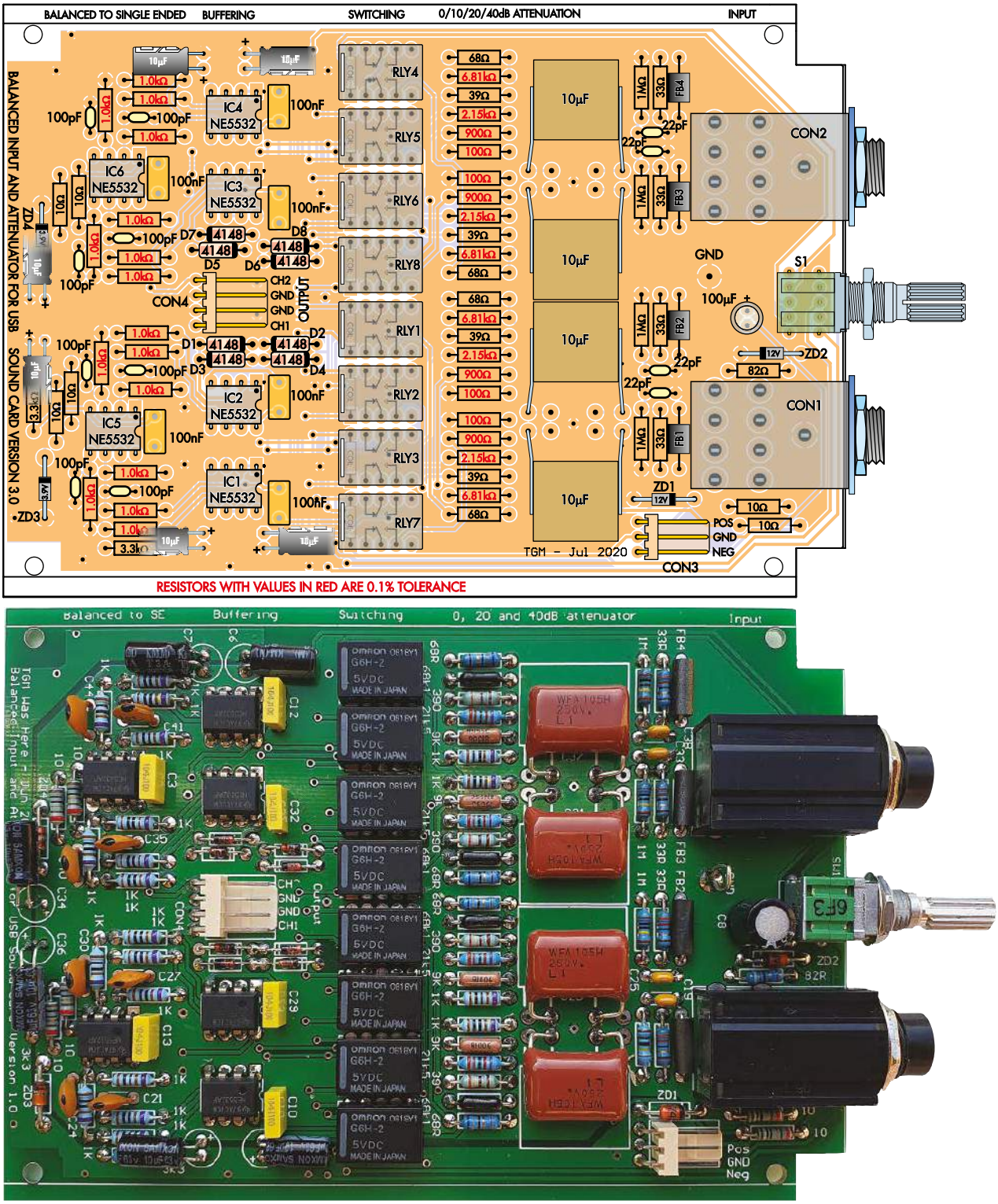
Ponieważ płyta jest ciasno dopasowana do obudowy SuperKodeka, niektóre elektrolity muszą być instalowane poziomo, jak tu pokazano. Mogą one leżeć umieszczone poziomo nad innymi komponentami

eprasa.pl 9025c8ced7

przewodów dedykowanymi szczypcami ta dodatkowa czynność jest zbyteczna.

Następnie każdą wewnętrzną żyłę zaciśnij (i ew. przylutuj) w kolejnym styku jak wyżej. Zrób to w identyczny sposób – goły przewód miedziany w głównym zacisku, przewód w izolacji w zacisku odciążającym styku – za pomocą dedykowanych szczypiec.

Jeżeli nie masz w żaden sposób dostępu do dedykowanych szczypiec, po prostu wlutuj gołe końcówki przewodów w zaciski główne.



Rysunek 9. Użyj tego schematu montażowego PCB i poniższego zdjęcia jako przewodnika podczas budowy, aby zobaczyć, gdzie są zamontowane na płytce elementy. Zwróć uwagę na orientację układów IC1–IC6, przekaźników RLY1–RLY8 oraz wszystkich kondensatorów elektrolitycznych i diod. Pozostałe części albo pasują tylko w jednym położeniu, albo nie ma ono znaczenia. Pamiętaj, aby przyciąć wszystkie lutowane wyprowadzenia blisko spodu płytki drukowanej, aby zapobiec ich późniejszemu zwarciu z obudową. Możesz zauważyć, że na tym zdjęciu brakuje diod D5–D8 – zostały pominięte w prototypie, aby sprawdzić, czy nie mają wpływu na parametry (nie miały!), ale zostały później dodane. Czytelnicy powinni zmieścić wszystkie osiem diod (D1–D8) tak jak na powyższym schemacie montażowym

eprasa.pl 9025c8ced7

Kabel wyjściowy sygnału powinien mieć długość 180 mm i być wykonany z podwójnego ekranowanego kabla koncentrycznego. Środkowe dwa styki to ekran

Kabel zasilający i gniazdo podłączenia zasilania do płytki tłumika. Gniazdo trafi do wtyku na płytce tłumika stroną pokazaną na fotografii w stronę PCB (obrócone o 180°)

Następnie zaciśnij zaciski odciążenia na koszulce termokurczliwej wokół oplotu (lub na izolacji przewodu centralnego) kombinerkami lub podobnymi szczypcami.

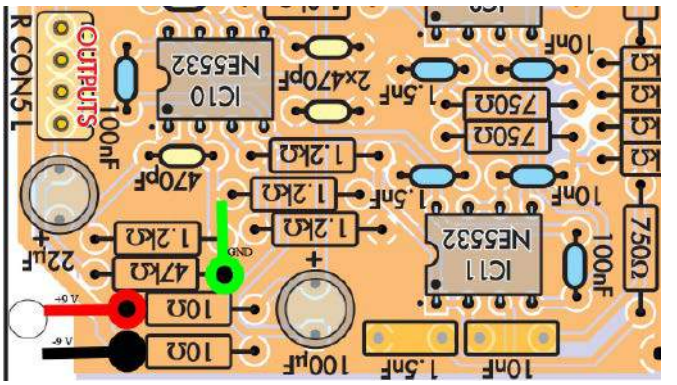
Teraz należy wcisnąć styki do obudowy gniazda 402-4. Oba oploty ekranujące wchodzą w środkowe otwory, a przewody lewego i prawego sygnału na zewnątrz. Poczujesz i/lub usłyszysz kliknięcie, gdy będą one prawidłowo osadzone, ale uważaj, bo pasują tylko w jednym z czterech możliwych położeń, gdy sprężynka na boku styku skierowana jest do boku oprawki z wycięciami, po przeciwnej stronie blokady położenia.

Przygotowanie płyty SuperKodeka

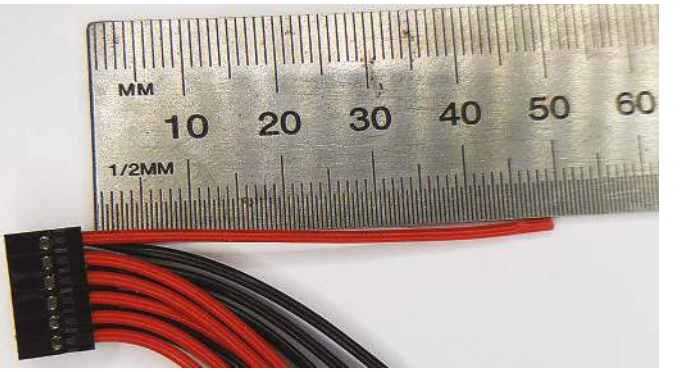
Jeśli jeszcze nie zbudowałeś karty dźwiękowej USB, zgodnie z serią artykułów w ostatnich trzech numerach EdW z maja-lipca 2023 r., zrób to teraz. Pamiętaj jednak podczas budowy, że są dwie rzeczy, które musisz zrobić nieco inaczej:

1. Nie montuj dwóch gniazd 6×2-stykowych o rozstawie 2,0 mm z tyłu płyty SuperKodeka. Zamiast tego będziemy lutować w tych miejscach przewody idące do złącza, aby umożliwić zamontowanie MCHStreamera nad płytą karty dźwiękowej USB.
2. Budując tę płytkę, musisz upewnić się, że regulator napięcia REG8, który nie jest zamontowany na radiatorze, jest zagięty prosto w dół na płytkę drukowaną, w przeciwnym razie może zewrzeć się z płytką tłumika.

Musimy przylutować kabel zasilający do głównej płytki PCB SuperKodeka, jak na fotografii. Spróbuj owinąć przewody wokół wyprowadzeń rezystorów i zachowaj porządek!



Od Red. EdW: Fragment schematu montażowego SuperKodeka odpowiadający wielkością i położeniem poprzedniej fotografii. Oznaczenia nie pozostawiają żadnych wątpliwości, gdzie należy lutować przewody zasilające tłumika



MCHStreamer jest dostarczany z dwoma okablowanymi gniazdami. Przytnij przewody na długość 50 mm, jak pokazano. Muszą być one tak krótkie, jak to tylko możliwe. Uwaga! Zamawiając MCHStreamer upewnij się, czy zostanie dostarczony z dodatkami: okablowanymi gniazdami jak na fotografii, czy też z wysokimi gniazdami żeńskimi z kołkowymi końcówkami lutowniczymi do PCB. W informacjach internetowych można spotkać obie opcje, natomiast nigdy nie są dostarczane oba dodatki na raz

Po skompletowaniu płytki karty dźwiękowej USB (bez złączy do MCHStreamera), następnym krokiem jest przylutowanie do niej kabla zasilającego, który zostanie podłączony do płyty tłumika i zasili ją.

Aby to zrobić, weź po 100 mm przewodu przyłączeniowego o średniej obciążalności prądowej w czerwonej, zielonej i czarnej izolacji i przymocuj je do zaciskanych styków, analogicznie jak opisano wyżej, a następnie wepchnij je do obudowy gniazda 402-3, jak pokazano na następnym zdjęciu. Przewody rozmieszczone są jak na fotografii, patrząc od strony blokady gniazda. Przewód czerwony to zasilanie +9 V, przewód czarny to zasilanie −9 V, a przewód zielony to masa. Skręć wszystkie przewody ze sobą.

Wsuń cały kabel w koszulkę termokurczliwą, tak aby wystawało około 3 cm każdego przewodu, a następnie zdejmij izolację z około 5 mm każdego przewodu i pocynuj końce. Te gołe końce przylutuj następnie do wyprowadzeń rezystorów na płytce drukowanej SuperKodeka. Na poniższym zdjęciu widać, dokąd trafiają.

Sprawdź, czy przewody znalazły się na właściwych miejscach! Czarny przewód biegnie do końca rezystora 10 Ω położonego w samym rogu,

Po podłączeniu do dwóch żeńskich gniazd 2×6 MCHStreamer powinien być usytuowany tak, jak pokazano powyżej. Połączenia powinny być pewne, ale bez naprężeń. Uwaga. Fotografia zrobiona od tyłu, przy zdjętym spodnim panelu obudowy, z obudową „do góry nogami”

eprasa.pl 9025c8ced7

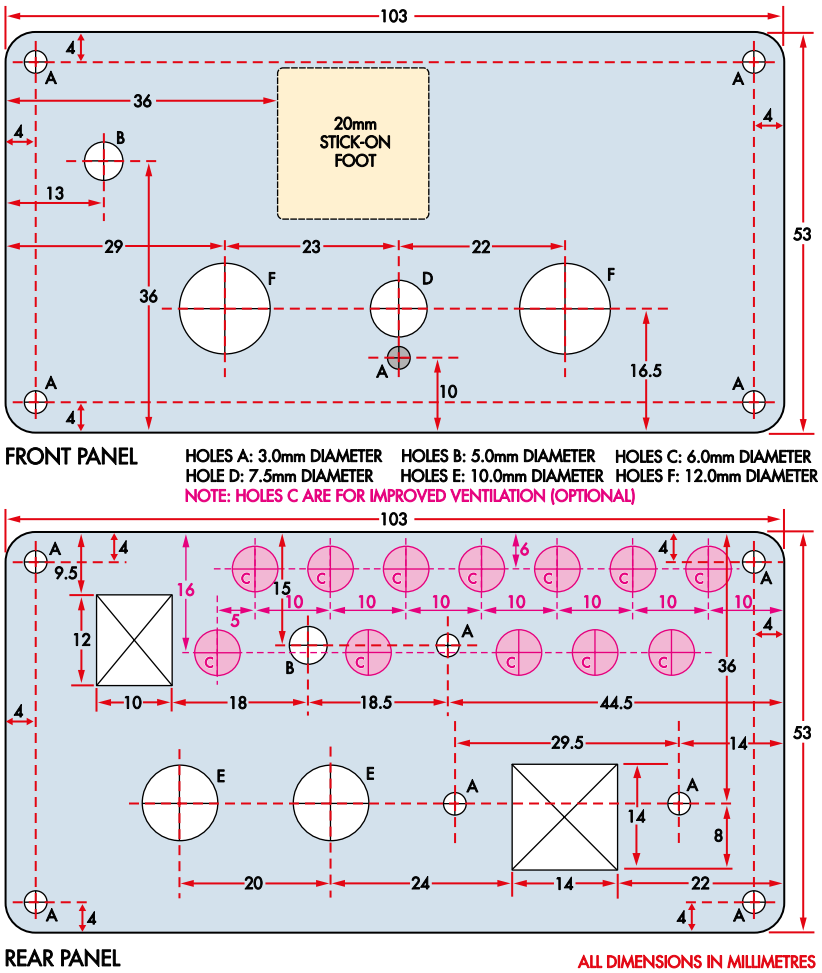
do wyprowadzenia znajdującego się najbliżej krawędzi płytki; czerwony przewód idzie do analogicznego końca sąsiedniego rezystora 10 Ω; zielony do końca sąsiedniego rezystora 47 kΩ, do wyprowadzenia, które znajduje się najdalej od krawędzi płytki.

Aby uniknąć katastrofalnej pomyłki, Red. EdW dodała fragment schematu montażowego SuperKodeka USB, zbliżony rozmiarem i zorientowany jak fragment pokazany na wzmiankowanej fotografii. Rysunek ten jednoznacznie identyfikuje miejsca lutowania przewodów zasilających.

Gdy to zrobisz, dokładnie sprawdź, czy przewody znajdują się w odpowiednich miejscach w plastikowej obudowie gniazda na drugim końcu; w przeciwnym razie, delikatnie mówiąc, wystąpią problemy podczas późniejszego podłączania.

Podłączanie MCHStreamera

Następnym krokiem jest podłączenie MCHStreamera do płytki SuperKodeka, ale robimy to inaczej niż w przypadku samodzielnego urządzenia SuperKodek USB. W przeciwnym razie niemożliwe jest zamontowanie płytki tłumika z symetrycznymi wejściami w tej samej obudowie. Zamiast podłączać moduł MCHStreamera bezpośrednio do płyty SuperKodeka od dołu,



Rysunek 10. Pokazuje rozmiary i kształt panelu przedniego i tylnego (panel przedni na górze) oraz miejsca, w których należy wyciąć lub wywiercić w nich otwory. „Otwór" 3 mm (szary) pod otworem 7,5 mm musi być nawiercony tylko częściowo od wewnętrznej strony panelu przedniego. Otwory wentylacyjne pokazane na czerwono są opcjonalne, ale pomagają utrzymać rozsądną temperaturę elementów wewnętrznych w wyższych temperaturach otoczenia, dlatego są zalecane. Zauważ, że gniazda RCA montowane na panelu tylnym to gniazda wyjściowe; w przeciwieństwie do samego SuperKodeka, po dołączeniu tłumika z wejściami symetrycznymi, sygnał analogowy może być doprowadzony tylko tymi wejściami (gniazda jack 6,35 mm na panelu przednim). Otwory „A" w narożach paneli są już wykonane w panelach fabrycznych

Kiedy wlutujesz przewody idące od złącza MCHStreamera do płytki SuperKodeka, rzędy przewodów czerwonych i czarnych powinny się skrzyżować, jak na fotografii

podłącza się go nad SuperKodekiem za pomocą dwóch 12-stykowych gniazd, które łączą się z płytą za pomocą wiązek 12 luźnych przewodów.

Gniazda z dołączonymi przewodami powinny być dostarczone razem z MCHStreamerem. Aby je przygotować, zmierz i przytnij wolne końce przewodów na długość 50 mm (5 cm), jak pokazano na zdjęciu.

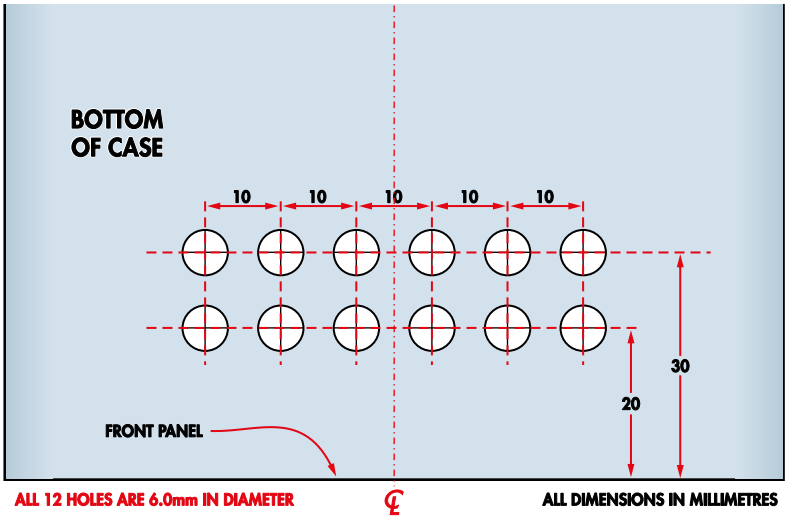
Przytnij wszystkie dołączone przewody na tę samą długość, odizoluj, skręć i starannie pocynuj 5 mm miedzianych drucików na końcach. Należy pamiętać, że chociaż dostarczone gniazda mają czarne przewody po jednej stronie i czerwone po drugiej, można je podłączyć w obu kierunkach, a chociaż po jednej stronie znajduje się bolec uziemienia, większość z nich przenosi sygnały. Nie ma więc znaczenia, w którą stronę je przylutujesz.

Najlepszym podejściem do wlutowania ich do dwunastu pól lutowniczych na płytce drukowanej jest ustawienie złącza pionowo nad płytką i patrząc z góry, przylutowanie wewnętrznego rzędu przewodów do zewnętrznego rzędu otworów w płytce drukowanej; następnie lutuje się zewnętrzny rząd przewodów w wewnętrznych otworach płytki drukowanej. Po podłączeniu gniazd do górnej części Streamera MCH, spowoduje to zamianę wewnętrznych i zewnętrznych rzędów przewodów, jak pokazano na poniższych zdjęciach.

Po przylutowaniu dwóch kabli podłącz oba gniazda do dwurzędowych listew szpilkowych MCHStreamera i złóż obie płytki, jak pokazano na zdjęciu. Zestaw jest nieco ciasny, ale zmieści się w obudowie.

Na tym etapie warto sprawdzić obie płytki PCB, aby upewnić się, że starannie przyciąłeś wszystkie końcówki komponentów. Jeśli zostawiłeś coś długiego, wystającego, może przeszkadzać i być może spowodować zwarcie z obudową po włożeniu. Pod kartą dźwiękową

eprasa.pl 9025c8ced7



Rysunek 11. Jeśli wywierciłeś otwory wentylacyjne na tylnym panelu, powinieneś również, jak tu pokazano, wywiercić kilka otworów od przedniej strony dolnego panelu. Umożliwiają one zasysanie chłodnego powietrza poprzez konwekcję. Przepływa ono wzdłuż obudowy i chłodzi dwie płytki przed wyjściem przez otwory w górnej części panelu tylnego

USB jest wystarczająco dużo miejsca, aby pomieścić końcówki podzespołów o normalnej długości; nie powinieneś mieć żadnych problemów, pod warunkiem, że zachowałeś staranność podczas montażu.

Testowanie

Przed włożeniem wszystkiego do obudowy dobrze jest się upewnić, że wszystko działa. Jeśli jeszcze nie testowałeś osobno karty SuperKodeka USB, zrób to zgodnie z instrukcjami zawartymi w trzecim artykule o SuperKodeku (patrz lipcowy numer EdW z tego roku). Będzie to również wymagało zainstalowania sterowników MCHStreamera i uruchomienia oprogramowania na komputerze.

Wyłącz zasilanie płytki SuperKodeka i podłącz złącze zasilania idące z płytki SuperKodeka do trzystykowego wtyku 403-3 na płycie tłumika (CON3). Następnie użyj przygotowanego wcześniej kabla ekranowanego z gniazdami 402-4 na obu końcach, aby podłączyć wyjście audio tłumika (CON4) do wejścia audio karty dźwiękowej USB (również CON4).

W przypadku wyjść SuperKodeka przygotuj podwójny ekranowany kabel do lutowania do gniazd RCA na jednym końcu i 4-stykowym zorientowanym gniazdem 402-4 na drugim, zgodnie z ostatnim artykułem o budowie SuperKodeka, z lipcowego numeru EdW (jeśli jeszcze tego nie zrobiłeś). Podłącz gniazdo do CON5. Zanim przejdziesz dalej, upewnij się, że cały zestaw spoczywa na nieprzewodzącej powierzchni i nic nie może zwierać się z czymkolwiek.

Teraz byłby dobry moment, aby sprawdzić za pomocą testera ciągłości, czy szyny +9V i –9V na dwóch płytach są połączone we właściwy sposób i nie są zamienione. Sprawdź ciągłość 0 V między płytami w tym samym czasie. Następnie, po podłączeniu MCHStreamera do karty dźwiękowej USB, podłącz zasilanie 12 V, aby zasilić cały zespół.

Zakładając, że zestaw pomyślnie przejdzie „test dymu", sprawdź, czy wszystkie napięcia na szynie zasilającej są nadal prawidłowe. Przetestowałeś je już zapewnie z samym SuperKodekiem, ale usterka na płycie tłumika może spowodować, że teraz napięcia zasilające będą niewłaściwe. Zakładając, że wszystko jest w porządku, sprawdź, czy przekaźniki tłumika działają; za każdym razem, gdy przełącznik S1 jest przekręcany, powinien generować przyjemne kliknięcie przekaźników.

Następnie podłącz całe urządzenie do komputera i powtórz test wyjścia, który przeprowadziłeś wcześniej. Sprawdź, czy karta dźwiękowa USB generuje sygnał podczas odtwarzania dźwięku lub muzyki podłączonej do wejść tłumika. Jeśli to nie zadziała, sprawdź, czy nie ma żadnych usterek na płycie tłumika z wejściami symetrycznymi i dokładnie sprawdź okablowanie. Nie zmieniliśmy nic w tej części karty dźwiękowej USB, więc nadal powinna działać poprawnie.

Teraz uruchom oprogramowanie do nagrywania lub analizy (w przypadku podstawowych testów będzie działać Audacity). Ustaw tłumik wejściowy na 0 dB, przyłóż sygnał audio o wartości nie większej niż 1 V RMS do jednego z wejść zbalansowanych (np. za pomocą generatora testowego) i sprawdź, czy jest on odbierany bez zniekształceń we właściwym kanale (lewym lub prawym).

Jeśli nie masz generatora testowego, możesz podłączyć kilka kabli, aby zapętlić wyjścia karty dźwiękowej USB z powrotem do symetrycznych wejść tłumika i odtworzyć dźwięk testowy, np. z komputera. Jeśli to zrobisz, pamiętaj, aby ustawić poziom wyjściowy nie wyższy niż –8 dB, aby uniknąć przeciążenia wejść.

Jeśli to działa, przełącz ustawienie na –10 dB i sprawdź, czy poziom na wejściu SuperKodeka odpowiednio spada. Jeśli poziom sygnału generatora testowego można regulować, zwiększ go maksymalnie do 3 V RMS i potwierdź, że otrzymujesz bez zniekształceń sygnały wejściowe o niemal pełnej amplitudzie. Możesz także przetestować ustawienia –20 dB i –40 dB i sprawdzić, czy poziom wejściowy odpowiednio spada, ale sygnał pozostaje bez zniekształceń.

Wiercenie panelu przedniego i tylnego

Jak wspomniano wcześniej, używamy tej samej obudowy, która była używana do podstawowej karty dźwiękowej USB. Ponieważ jednak musieliśmy zmieścić dodatkową płytkę, płytki są montowane do przedniego i tylnego panelu

Modyfikowanie gotowego SuperKodeka

Jeśli zbudowałeś już kartę dźwiękową SuperKodek USB i przylutowałeś wysokie gniazda żeńskie z tyłu płytki drukowanej, nadal możesz dodać tłumik z wejściami symetrycznymi, ale jest to trudne. Usunięcie dwóch gniazd montowanych przelotowo na spodzie nie jest tak proste, jak to się wydaje. Zrobiliśmy to w naszym prototypie, ale pamiętaj, że ta procedura jest przeznaczona dla zaawansowanych konstruktorów, którzy chcą poczuć dreszczyk emocji! Będziesz potrzebował opalarki nastawionej na około 290°C, szczypiec i pewnej ręki. Ustaw kartę dźwiękową USB na krawędzi i chwyć szczypcami pierwsze złącze 12-stykowe. Podgrzej stronę lutowania (czyli od strony pozostałych elementów SuperKodeka) tego złącza opalarką z odległości około 10 mm i delikatnie poruszaj złączem szczypcami. Obserwuj połączenia lutowane i dostosuj ogrzewanie, aż zobaczysz, że niektóre, a następnie wszystkie końcówki poruszają się w otworach płytki drukowanej. W tym momencie delikatnie wyciągnij złącze, kontynuując ogrzewanie, upewniając się, że wszystkie styki mogą swobodnie wyjść. Nie używaj siły! Następnie użyj odsysacza do lutu, aby oczyścić otwory, gotowe teraz na przewody złącza MCHStreamera. Oczywiście wygodniej zrobisz to używając stacji lutowniczej na gorące powietrze; być może znajdziesz w jej wyposażeniu końcówkę, która pozwoli Ci podgrzewać TYLKO styki usuwanego gniazda.

eprasa.pl 9025c8ced7

MCHStreamer jest mocowany do tylnego panelu za pomocą zestawu tulei izolacyjnych na śrubach M3, podkładek izolacyjnych oraz izolacyjnej ramki gniazda USB. Nie zapomnij o tym! Widok od spodu i od tyłu

Montaż jest ciasny, ale przy zalecanych długościach kabli, tłumik wysuwa się na tyle, aby umożliwić podłączenie złączy sygnałów wyjściowych i przewodów zasilających. Uważaj jednak, aby kable nie zaczepiały się o części na płycie głównej SuperKodeka. Zdjęcie przedstawia urządzenie od przodu w normalnej pozycji

w inny sposób. Zmienione szczegóły wiercenia przedstawiono na **rysunku 10**.

Możesz skopiować/wydrukować wzór i użyć jako szablonu lub zmierzyć linijką i zaznaczyć położenie otworów na panelach.

Jeśli już wywierciłeś panele dla podstawowej karty dźwiękowej USB, nie jest trudno wyciąć i zrobić nowe panele z blachy aluminiowej o odpowiedniej grubości. Wysokiej jakości wykończenie można uzyskać szlifując papierem ściernym o gradacji 400 po wykonaniu otworów, a następnie spryskując panele czarną farbą o satynowym wykończeniu.

Dotnij i wykończ metalowe panele, jak pokazano na rysunku 10. „Otwór" o średnicy 3 mm pod otworem przełącznika na przednim panelu (o średnicy 7,5 mm) nie musi być przewiercany; służy do przytrzymywania kołka blokującego na przełączniku.

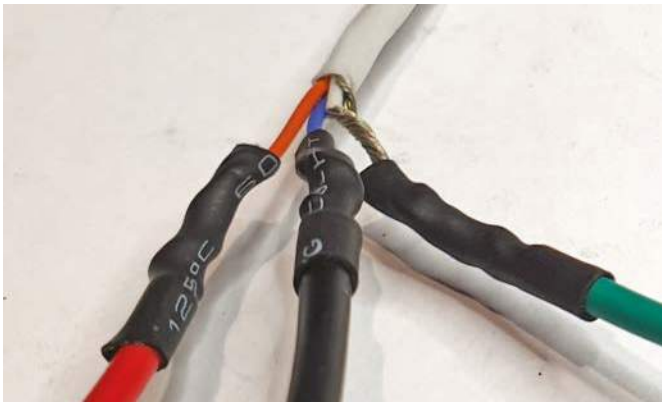
Zwróć uwagę na serię zaznaczonych na czerwono otworów na tylnym panelu; służą one do odprowadzania gorącego powietrza i pomagają obniżyć temperaturę roboczą elementów wewnętrznych o około 5°C. Są one konieczne ze względu na dodatkowe rozpraszanie ciepła wewnątrz spowodowane przez płytkę tłumika oraz ciaśniejszą zabudowę.

Możesz zrezygnować z ich wiercenia, jeśli nigdy nie zamierzasz używać urządzenia w wyższych temperaturach otoczenia (tj. jeśli zawsze będzie używane w klimatyzowanym pomieszczeniu). Ale ponieważ znajdują się na tylnym panelu, nie rzucają się w oczy i generalnie lepiej jest utrzymywać komponenty tak chłodne, jak to tylko możliwe.

Podobnie przygotowaliśmy schemat rozwiercenia spodniego panelu obudowy (**rysunek 11**), który pokazuje położenie kilku dodatkowych otworów w tej płytce. W połączeniu z otworami na tylnym panelu zapewniają one chłodzenie konwekcyjne w celu obniżenia wewnętrznej temperatury. Jeśli zamierzasz wywiercić jeden zestaw otworów, powinieneś wywiercić oba, w przeciwnym razie nie będą one skuteczne.

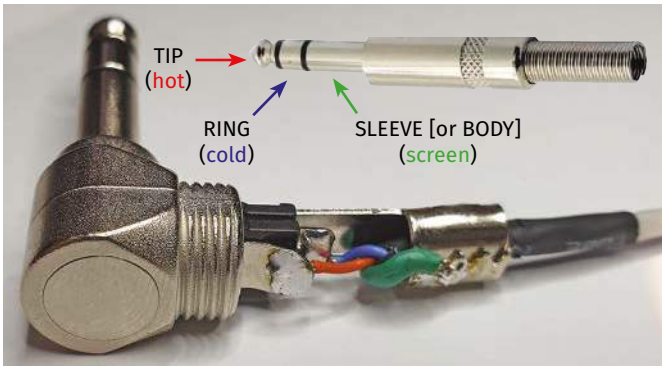
Po zakończeniu przyklej gumową stopkę na panelu przednim, jak pokazano na rysunku 10, aby upewnić się, że karta dźwiękowa USB jest dobrze dociśnięta do panelu tylnego. Ścinamy fazę górnej części stopki, aby mieć pewność, że gumowa stopka całkowicie wepchnie płytkę drukowaną do końca obudowy. Następnie wykonaj montaż testowy

Widok podczas montażu ze zdjętym panelem dolnym. Następnie wsuwamy płytkę tłumika w najniższe sloty (na fotografii najwyższe), elementami w kierunku płytki głównej na samej górze (na fotografii widoczna na dole)



Najpierw rozdziel przewody na „gorący", „zimny" i ekran, przylutuj odcinki przewodów w kolorowej izolacji, a następnie zaizoluj dwiema warstwami rurki termokurczliwej, najpierw miejsca lutowania, a potem cała wiązkę, aby uzyskać solidny przewód pomiarowy.

eprasa.pl 9025c8ced7



Połączenia do wtyczki stereo jack 6,35 mm. Użyliśmy standardu nazewnictwa „TRS", chociaż często można zobaczyć zamiast niego „TRB". To nie ma znaczenia: tuleja JEST ekranem! Druciki ekranu przed przylutowaniem do zacisku wtyczki zaizolowaliśmy kawałkiem zielonej rurki termokurczliwej

i upewnij się, że wszystko pasuje. Przyzwyczaj się, że złożenie wszystkiego razem może wymagać nieco gimnastyki i delikatnego użycia siły.

Montaż końcowy

Montaż jest dość prosty. Wysuń dolny panel z obudowy i wsuń kartę dźwiękową USB do górnych prowadnic, tak aby komponenty były skierowane w stronę spodu obudowy. MCHStreamer powinien być już podłączony do karty dźwiękowej USB. Zauważ, że prawie WSZYSTKIE fotografie pokazujące wnętrze zmontowanego urządzenia zrobione są z usuniętym panelem dolnym, stanowiącym część spodu obudowy, z obudową ustawioną „do góry nogami" Zajrzyj do I części artykułu, fotografia obok Rysunku 7 da Ci w miarę dobrą orientację, jak to wszystko powinno wyglądać. Skoro płytka SuperKodeka wsunięta jest w najwyższe prowadnice, płytka MCHStreamera jednym bokiem powinna trafić w piąty slot od góry (pamiętaj o odwróceniu „do góry nogami" prezentowanych w artykule fotografii!). MCHStreamer będzie utrzymywany w tym slocie po przykręceniu go do panelu tylnego, a następnie panelu tylnego do obudowy.

Przymocuj MCHStreamer do tylnego panelu. Musi on być odizolowany od obudowy Super-Kodeka. Optymalizuje to skuteczność izolacji galwanicznej i poprawia tłumienie szumów.

Programy testowe dla Twojego komputera

Użyliśmy programu AudioTester 3.0 do testowania wielu różnych urządzeń audio. Jest ono dostępne jako oprogramowanie typu shareware oraz w opcji płatnej subskrypcji. Jest ono dobre, ale nie idealne. Musisz wybrać interfejs ASIO do odtwarzania i nagrywania, a także 192 kHz dla częstotliwości próbkowania. Można je pobrać ze strony https://tiny.pl/ctjv4.

Jednym z problemów, które zauważyliśmy w przypadku AudioTestera, jest to, że jego odczyty THD+N wydają się nieprawidłowe, szczególnie w przypadku sygnałów testowych znacznie poniżej lub powyżej 1 kHz. Wolimy używać go do pomiaru tylko THD i oddzielnie tylko SNR, a następnie obliczyć odczyt THD+N jako sumę RMS tych dwóch wartości.

Wygląda na to, że oprogramowanie dobrze radzi sobie z obliczaniem THD, ale musisz uważać, aby użyć sygnału testowego, który nie jest zbyt odległy od maksimum, jakie może przenieść urządzenie. W przeciwnym razie wynikowe harmoniczne mogą być tak niskie, że są niemierzalne lub mocno zależne od poziomów pomiarowych oprogramowania (skwantowane), a odczyt zniekształceń jest sztucznie niski.

Jedną z alternatyw, z której korzystaliśmy, ale nie tak często, jest ARTA. Wydaje się, że wielu osobom podoba się to oprogramowanie. Można go pobrać ze strony www.artalabs.hr

Można to osiągnąć, stosując tulejki izolacyjne TO-220 na śrubach M3, które mocują MCHStreamer przez panel tylny do gwintowanych wsporników po obu stronach gniazda USB, oraz umieszczając podkładki z włókna szklanego lub podkładki Thermopad TO220 po wewnętrznej stronie tylnego panelu, między nim a tymi wspornikami USBStreamera.

Tuleja i podkładka izolująca mają zapewniać izolację od panelu tylnego, zgodnie z opisem w artykule dotyczącym karty dźwiękowej USB (EdW, lipiec 2023 r.). Upewnij się, że izolacyjna ramka gniazda USB jest na swoim miejscu (pominięta na zdjęciu). Teraz możesz przykręcić czterema śrubami tylny panel do obudowy.

Następnie podłącz złącza wyjściowe RCA zgodnie z opisem w artykule dotyczącym karty dźwiękowej USB. Ponownie upewnij się, że są odizolowane od obudowy.

Zamocuj śrubę uziemiającą i końcówki lutownicze zgodnie z opisem w III cz. artykułu dotyczącym karty dźwiękowej USB, a następnie przylutuj kondensator 10 nF między końcówką lutowniczą uziemienia a masą gniazda wyjściowego RCA. Podłącz 18-centymetrowy kabel, łączący wejście karty dźwiękowej USB i wyjście tłumika, do wtyku CON4 na płycie SuperKodeka. Teraz umieść tłumik w dolnym, najniższym slocie obudowy (na większości fotografii najwyższym), z komponentami skierowanymi w stronę karty dźwiękowej USB, czyli do góry.

Wsuwając płytkę tłumika, wyciągnij kabel zasilający (przylutowany do SuperKodeka) i kabel audio, które biegną między kartami, i podłącz je do wtyku zasilania tłumika i jego złącza wyjściowego audio. Będziesz musiał zrobić to tak, aby kable nie zaklinowały się między płytkami i nie uległy uszkodzeniu. Zaufaj nam; wszystko będzie pasować!

Upewniając się, że gumowa stopka jest przyklejona do panelu przedniego, jak pokazano na rysunku 10, wciśnij plastikową ramkę panelu przedniego na miejsce. Następnie wsuń w sloty dolny panel obudowy. Potem przełóż oba gniazda jack 6,35 mm i oś przełącznika zakresów tłumienia poprzez panel przedni od jego wewnętrznej strony. Umieść panel przedni w plastikowej ramce, a następnie przykręć

REKLAMA

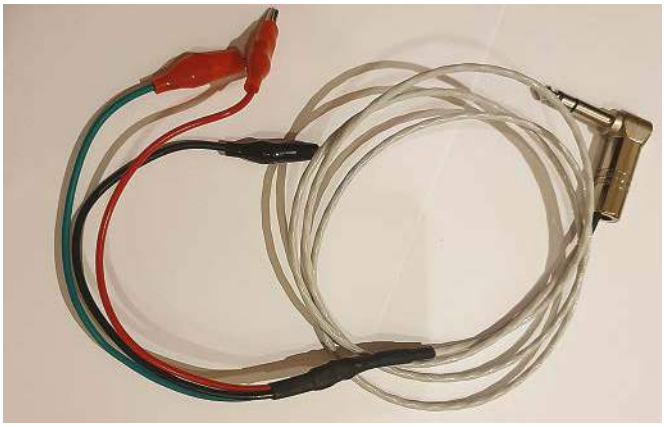
KEY PRODUCENT AUTOMATYKI GRZEWCZEJ
11-200 Bartoszyce ul. Bohaterów Warszawy 67 pwkey@onet.pl
tel. (89)7635050 fax (89)7635051

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 9025c8ced7

Zaizolowaliśmy krótkimi odcinkami rurki termokurczliwej miejsca lutowania przewodów do krokodylków. W tym momencie gumowe osłonki zacisków znajdowały się już na przewodach, z tyłu zacisków. Ich rozwarcie przez zaciśnięcie na listwie ułatwia nasunięcie osłonek na krokodylki



Nasz gotowy kabel pomiarowy. Tak, przy lutowaniu prototypu okazało się, że zabrakło nam zielonych osłonek krokodylków, ale przynajmniej przewód jest zielony!

gniazda jack i oś przełącznika za pomocą dostarczonych zestawów montażowych Teraz możesz przymocować panel czterema śrubami do obudowy.

W tym momencie wszystko powinno być skończone i gotowe do pracy!

Wykonanie kilku przewodów pomiarowych

Jeśli budujesz przede wszystkim moduł tłumika z symetrycznymi wejściami, aby móc nagrywać ze sprzętu z analogicznymi wyjściami, prawdopodobnie masz już odpowiednie kable. Może być konieczne zakupienie (lub wykonanie) niektórych kabli przejściowych typu XLR na jack (TRS), aby umożliwić podłączenie sprzętu z wyjściami XLR do wejść. Są one łatwo dostępne i zwykle niezbyt drogie; na przykład Altronics Cat P0750.

Jednak do testowania sprzętu audio i zniekształceń prawdopodobnie będziesz potrzebować zestawu kabli z krokodylkami na jednym końcu i wtykami jack 6,35 mm (TRS) na drugim. Zapewnia to w razie potrzeby maksymalną elastyczność podłączania końcówek różnych komponentów sprzętu audio.

Proces budowania kabli pozostawia wiele Twoim potrzebom i wyobraźni. Pokażemy nasze podejście, ale nie jest to bynajmniej jedyny sposób.

Użyliśmy kątowych, 90-stopniowych wtyków „stereo" jack 6,35 mm, aby kable nie zawadzały podczas manipulacji przełącznikiem tłumienia.

Gotowy kabel przedstawiliśmy na ostatniej fotografii. Użyliśmy podwójnego kabla z ekranowanymi przewodami w kolorze czerwonym („gorący") i niebieskim („zimny") i w zewnętrznej koszulce ochronnej. Z jednej strony kabel wlutowaliśmy do kątowej wtyczki jack 6,35 mm, lutując styki wtyczki z odpowiednio oznaczonymi kolorami przewodami kabla i jego ekranem. Na załączonej fotografii pokazaliśmy przypisanie styków wtyczki do poszczególnych sygnałów.

Na drugim końcu ekranowanego kabla, jak to widać na kolejnej fotografii, oddzieliliśmy ekran od przewodów i skręciliśmy go w jedną goła wiązkę. Przewód „gorący", „zimny" i ekran przylutowaliśmy do kawałków pojedynczych przewodów z izolacją w kolorze czerwonym („gorący"), czarnym („zimny") i zielonym (ekran). Miejsce lutowania zabezpieczyliśmy koszulkami termokurczliwymi.

Następnym krokiem jest podłączenie zacisków krokodylkowych do przewodów w kolorze czerwonym, czarnym i zielonym. Zrób to tak, jak jest Ci to wygodnie. Sugerujemy użycie zacisków z fabrycznymi gumowymi osłonkami izolacyjnymi. Ponieważ mają one paskudną tendencję do zsuwania się w najmniej oczekiwanym momencie, miejsca lutowania przewodów do zacisków warto jest zabezpieczyć dodatkowo odcinkami rurki termokurczliwej o niewielkiej średnicy (są pokazane na przedostatniej fotografii).

Oczywiście, zamiast wtyczki kątowej możesz użyć, jeśli Ci to odpowiada, wtyczek prostych jack 6,35 mm, aczkolwiek zajmują one nieco więcej miejsca i mogą przeszkadzać.

Sprawdź połączenia krokodylków z końcówką, pierścieniem i tuleją wtyku jack oraz brak zwarć pomiędzy nimi. Końcówka wtyku jest „gorąca" (czerwona), pierścień jest „zimny" (czarny), a tuleja jest ekranem (zielona).

Jeśli zamierzasz używać tego kabla do testowania wzmacniaczy, w niektórych przypadkach złącza i kabel będą miały pełne napięcie wyjściowe wzmacniacza. Upewnij się, że wszystkie połączenia są zabezpieczone i nie grozi zwarcie. ☠ **W żadnym wypadku nie należy używać tych przewodów pod napięciem sieciowym!** ☠

Testy końcowe

Po złożeniu całej obudowy podłącz urządzenie z powrotem do komputera włącz jego zasilanie i sprawdź, czy wszystko nadal działa jak poprzednio. Jeśli tak nie jest, być może masz gdzieś zwarcie lub zapomniałeś podłączyć coś z powrotem, kiedy wkładałeś to wszystko do obudowy.

Jeśli nagrywasz z profesjonalnego źródła dźwięku, podłącz je, ustaw poziom tłumika na –10 dB – i gotowe. ■

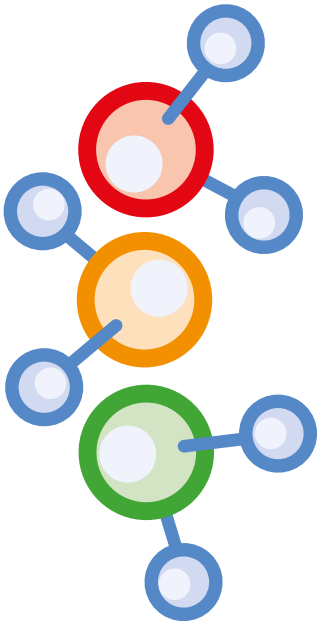
Phil Prosser

Adaptacja do wydania polskiego – Andrzej Nowicki

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

REKLAMA

eprasa.pl 9025c8ced7



Czujnik CO_2 z sygnalizacją świetlną współpracujący z siecią Sigfox

W Elektorze prezentowaliśmy już szereg mierników stężenia CO_2. Prawie wszystkie z nich mają interfejs Wi-Fi, dzięki czemu możesz sprawdzać odczyty z dowolnego miejsca na świecie. Opisana sygnalizacja świetlna stężenia CO_2 jest inna; łączy się z IoT za pomocą sieci Sigfox. Daje to czujnikowi znacznie większy zasięg i pozwala działać tam, gdzie nie ma dostępu do sieci Wi-Fi.

Różne badania wykazały, że jakość powietrza spada w niewentylowanych przestrzeniach publicznych, wysokie stężenie CO_2 koreluje także z wyższym poziomem wirusów w powietrzu, którym oddychamy. Ważne jest, aby utrzymywać dobry przepływ powietrza i zmniejszyć ryzyko przenoszenia wirusów rozprzestrzeniających się drogą powietrzną. Moduły czujników CO_2 są powszechnie dostępne i mogą być używane ze sterownikiem do ciągłego monitorowania powietrza, którym oddychamy. Następnie mogą być generowane ostrzeżenia i komunikaty alarmowe, gdy poziom mierzonego stężenia przekroczy zadaną wartość progową.

Powyższe jest zadaniem standardowego systemu sygnalizacji świetlnej poziomu CO_2. Zapewnia on wizualny, a czasem także akustyczny alarm, gdy potrzeba więcej świeżego powietrza. Stężenie CO_2 jest wskazywane przez czerwony, żółty lub zielony sygnalizator LED. W dobie IoT większość tych systemów ma również interfejs Wi-Fi, dzięki czemu dane pomiarowe można przesyłać do platformy w chmurze i wyświetlać na stronie internetowej, którą można przeglądać z dowolnego miejsca na świecie.

Opisany tutaj system sygnalizacji świetlnej CO_2 łączy się z Internetem za pomocą sieci radiowej Sigfox, a nie Wi-Fi. Sigfox szczególnie dobrze nadaje się do tego zastosowania, ponieważ wystarczy przesyłać niewielkie ilości danych, a doskonały zasięg radiowy uzyskany przez tę sieć zapewnia nam maksymalną elastyczność przy lokalizacji czujnika. Sieć Sigfox zazwyczaj wymaga tylko kilku stacji bazowych, aby pokryć całe miasto, a zasięg w wielu krajach na całym świecie jest już bardzo dobry.

Od Red. EdW: W Polsce dotyczy to tylko kilku większych miast.

To sprawia, że system sygnalizacji świetlnej CO_2 idealnie nadaje się do pracy tam, gdzie nie ma dostępu do sieci Wi-Fi.

Sprzęt

Budowa sprzętu dla sygnalizacji świetlnej stężenia CO_2 w powietrzu jest dość łatwa. Obecnie istnieje szeroka gama bardzo wydajnych płytek mikrokontrolerów dostępnych od ręki od Arduino, które można wykorzystać w tym projekcie. Jedną z takich płytek, która zawiera funkcję komunikacji Sigfox, jest płytka Arduino MKR FOX1200, którą wcześniej przedstawiliśmy w serii artykułów Elektor „Sigfox and the IoT" [5].

Alternatywnie, jeśli nie potrzebujesz łączności IoT i chcesz tylko lokalnie wyświetlać wyniki pomiarów CO_2, możesz użyć standardowego Arduino Uno, które również podłącza się do przedstawionej tutaj płyty głównej. **Rysunek 1** przedstawia schemat obwodu pokazujący, w jaki sposób IC3 (Arduino Uno R3) lub IC1 (Arduino MKR FOX1200) łączą się z płytą główną.

Płytka mikrokontrolera rejestruje zmierzone wartości (stężenie CO_2, temperaturę i wilgotność powietrza) z czujnika typu SCD30 w regularnych (regulowanych) odstępach czasu oraz wyświetla te wartości na 1,3" wyświetlaczu OLED. Sygnalizator świetlny składa się z wielokolorowego wyświetlacza matrycowego LED NeoPixel.

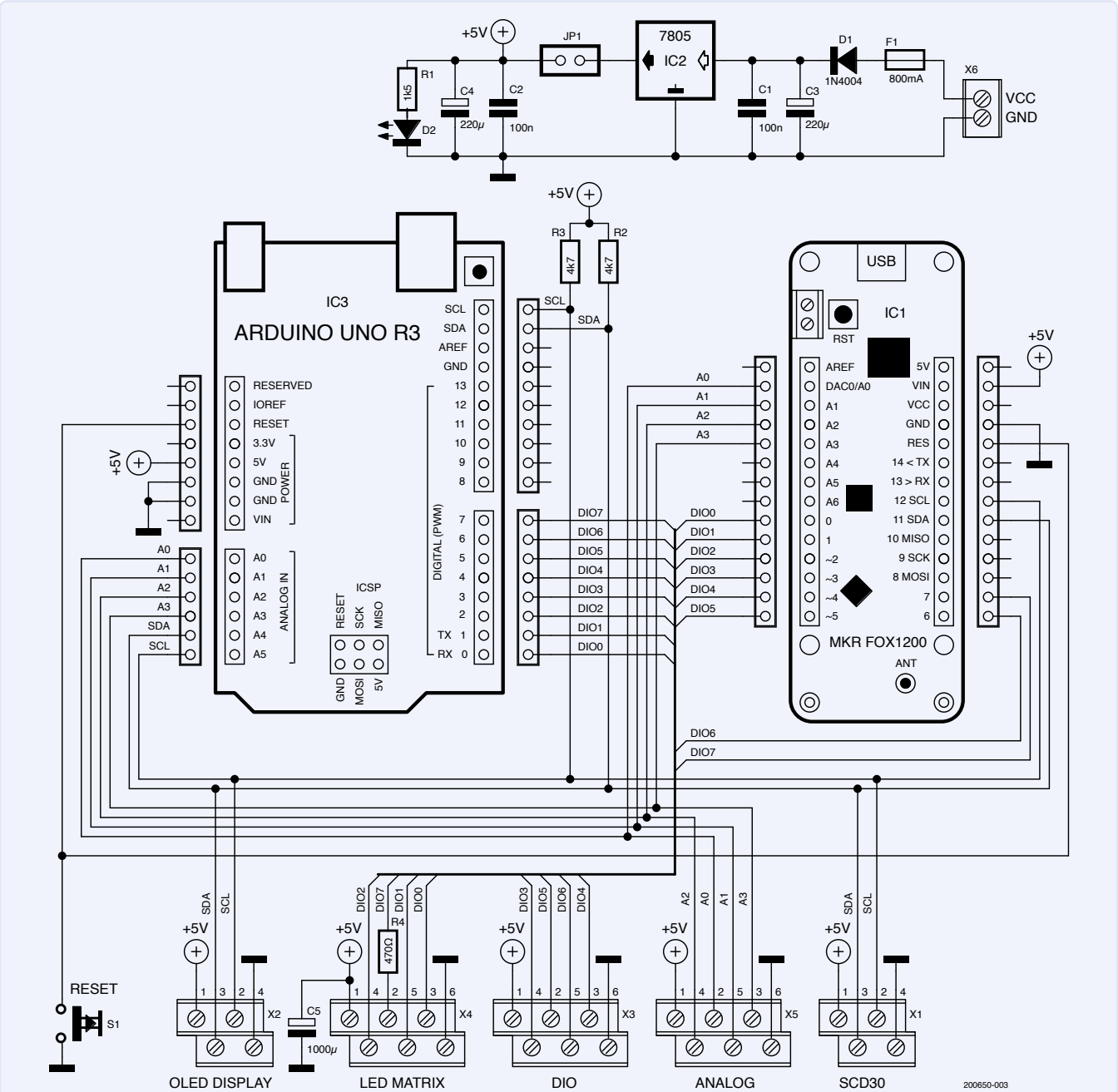
Czujnik CO2 typu SCD30 [1] wykorzystuje magistralę I^2C (sygnały SDA, SCL oraz +5 V i GND) i łączy się za pomocą oszczędzającej miejsce dwupoziomowej listwy zaciskowej X1. W razie potrzeby do linii SDA i SCL można podłączyć rezystory podciągające 4,7 kΩ. Wyświetlacz OLED [2] łączy się również poprzez magistralę I^2C przez dwupoziomową listwę zaciskową X2. Oprócz podłączenia zasilania potrzebujemy tylko jednej końcówki portu cyfrowego do obsługi matrycowego wyświetlacza LED NeoPixel [4]. Wykorzystywany jest tutaj pin DIO7, a wyświetlacz łączy się za pomocą dwupoziomowej listwy zaciskowej X4. Wyświetlacze NeoPixel z różną liczbą diod LED mogą być zasilane z tego pojedynczego styku portu.

Dodatkowe czujniki/elementy wykonawcze można podłączyć do nieużywanych złączy cyfrowych/analogowych X3, X4 i X5. Złącza te mogą być wykorzystane do zapewnienia przyszłych dodatkowych funkcji systemu, na przykład do włączania jednostek klimatyzacyjnych lub uruchamiania wentylacji, gdy zmierzone wartości przekroczą wartości progowe.

Od Red. EdW: Uwaga: płytka Arduino MKR FOX1200 mimo zasilania jej z 5 V ma wejścia TYLKO dla napięć do 3,3 V. Podanie na nie napięcia np. 5 V spowoduje uszkodzenie mikrokontrolera!!!

Rysunek 2 przedstawia zmontowaną płytkę drukowaną, do której podłączony jest moduł Arduino MKR FOX1200 lub płytka Arduino Uno (stroną elementów do dołu) w odpowiednie rzędy złączy. **Tylko jedna z tych płyt powinna być montowana na płycie głównej w danym momencie. Nie próbuj montować obu płyt, używając przedłużaczy.** Układ płytki, plan montażu, wykaz części oraz zastosowane oprogramowanie układowe Arduino można pobrać ze strony

eprasa.pl 9025c8ced7



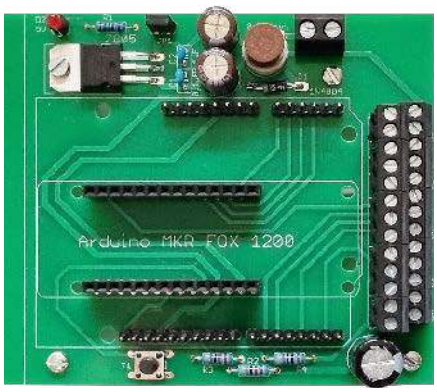
Rysunek 1. Schemat obwodu sygnalizacji świetlnej stężenia CO_2 przedstawiający podłączenia Arduino Uno i płyty MKR FOX1200

projektu Elektor [3]. Płaską antenę Sigfox można zamocować za pomocą dwustronnej taśmy samoprzylepnej. **Rysunek 3** przedstawia zmontowane obie wersje.

Zasilacz

Jedną z ważnych kwestii podczas korzystania z diod NeoPixels jest ich zapotrzebowanie na moc. W najgorszym przypadku, gdy wszystkie trzy pojedyncze diody LED w jednym NeoPixelu zostaną ustawione na maksymalną intensywność o wartości 255, aby wytworzyć najjaśniejsze białe światło, to każdy element LED pobierze 20 mA, więc pojedynczy NeoPixel wymaga 60 mA. Matryca złożona z 16 NeoPixeli wymaga 16×60 mA=960 mA! To więcej, niż może dostarczyć stabilizator napięcia 5 V SMD (bez radiatora) zamontowany na płycie Arduino. Zasilanie matrycy z płyty Arduino spowodowałoby przeciążenie stabilizatora, który może się wyłączyć lub w najgorszym przypadku uwolnić „wewnętrzny" dym.

W normalnych warunkach pracy prawdopodobnie nie będziesz tak mocno wysterowywał NeoPixel'a, ale możesz liczyć na średni pobór prądu od 25 do 30 mA na NeoPixel, w zależności od ogólnego wyświetlanego koloru.

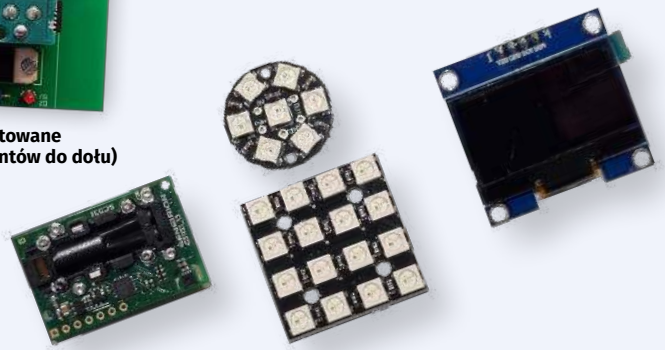


Rysunek 2. Gotowa główna płytka drukowana wskaźnika stężenia CO_2

eprasa.pl 9025c8ced7

Rysunek 3a. Arduino MKR FOX 1200 zamontowane na płycie głównej

Rysunek 3b. Arduino Uno zamontowane na płycie głównej (stroną elementów do dołu)



Rysunek 3c. Moduł czujnika CO_2 (po lewej) i różne wyświetlacze

Z matrycą LED 4×4 nadal potrzebujesz od 400 do 480 mA, co znowu będzie zbyt dużym obciążeniem dla wbudowanego stabilizatora napięcia Arduino.

Dlatego podczas korzystania z wyświetlaczy NeoPixel należy przestrzegać następujących zasad:

- Zainstaluj kondensator elektrolityczny bezpośrednio przy zasilaczu NeoPixel'i w celu złagodzenia wahań napięcia zasilania podczas przełączania diod LED. Użyj kondensatora w zakresie od 470 µF do 1000 µF w przypadku mniejszych wyświetlaczy. Wartość użyta w tym projekcie (C5) wynosi 1000 µF.
  - Zainstaluj rezystor o niskiej wartości szeregowo z przewodem sterującym wyświetlacza, aby zredukować zakłócenia. Zastosowana tutaj wartość (R4) wynosi 470 Ω.
  - Wymagane będzie zewnętrzne regulowane źródło zasilania z wysokiej jakości stabilizatorem napięcia (ewentualnie nawet chłodzonym) oraz z odpowiednimi kondensatorami filtrującymi (tutaj używamy konwencjonalnego regulatora liniowego 7805 na płycie głównej zasilanego z zasilacza sieciowego 9 V/1 A). Można tu również zastosować stabilizatory impulsowe DC/DC, które oferują lepszą wydajność i są niewiele droższe.

W żadnym wypadku nie należy używać niechłodzonego stabilizatora napięcia SMD na płycie Arduino, ponieważ szybko mogą wystąpić awarie z powodu przegrzania, szczególnie jeśli używasz nieoryginalnej płyty.

Matryca wyświetlacza NeoPixel LED powinna być tylko tak duża, jak to jest absolutnie konieczne i nie powinna pracować z maksymalną jasnością. Jasność zastosowanego tu okrągłego 7-elementowego wyświetlacza NeoPixel jest sterowana przez oprogramowanie w zakresie od 4 do 16 z 255 możliwych poziomów.

Jeśli system pracuje bez wyświetlacza NeoPixel, do celów testowych lub innych, a całkowity pobór mocy nie jest zbyt wysoki, zasilanie można łatwo zapewnić za pomocą wbudowanego stabilizatora napięcia SMD Arduino. W takim przypadku zworka JP1 na płycie głównej musi zostać usunięta, aby 7805 nie został zasilony od strony wyjścia.

Dodaj potrzebne biblioteki do Arduino IDE

Oprogramowanie sygnalizacji świetlnej stężenia CO_2 wymaga dodatkowych bibliotek do obsługi zewnętrznych komponentów, takich jak czujnik SCD30, wyświetlacz OLED 1,3" oraz matryca LED NeoPixel. Do pracy w sieci Sigfox z płytą MKR FOX1200 wymagane będą również dwie dodatkowe biblioteki oraz opcjonalna biblioteka dla wbudowanego zegara czasu rzeczywistego (RTC) mikrokontrolera SAMD21.

Biblioteka czujników CO_2 – SCD30

Aby zainstalować bibliotekę sterowników SparkFun dla czujnika SCD30, przejdź do **Tools → Manage Libraries** w Arduino IDE, a następnie poszukaj **SCD30** w prawym górnym rogu. Zostaną wymienione dwie najpopularniejsze biblioteki **SCD30**, jedna z Adafruit i jedna ze SparkFun. Jak pokazano na **rysunku 4**, użyjemy biblioteki SparkFun.

Po instalacji biblioteka jest automatycznie integrowana z naszym programem w IDE poprzez **Sketch → Include Library → ... SparkFun SCD30 Arduino Library**. Możesz uzyskać szczegółowy opis biblioteki, klikając na **More Info** widoczne w lewym dolnym rogu rysunku 4.

Biblioteka wyświetlaczy OLED o przekątnej 1,3 cala

Niezwykle potężna i wszechstronna biblioteka **U8g2** zbudowana przez Oli Krausa jest używana do obsługi 1,3-calowego wyświetlacza OLED o rozdzielczości 128*64 pikseli. Ten kompletny pakiet oprogramowania składa się w rzeczywistości z czterech oddzielnych bibliotek:

U8g2: Biblioteka dla aplikacji wyświetlających wykorzystujących dużą liczbę funkcji graficznych i zestawów znaków.

U8x8: Biblioteka dla prostych, czysto tekstowych aplikacji wyświetlających ze zmniejszonym zakresem zestawów znaków.

MUIU8g2: Specjalne funkcje do realizacji interaktywnych, graficznych, monochromatycznych interfejsów użytkownika (MUI).

U8log: Funkcje do emulacji terminala, podobne do funkcji monitora szeregowego Arduino IDE.

Biblioteka sterownika **U8g2** dla wyświetlacza OLED jest również instalowana w Arduino IDE za pomocą **Tools → Manage Libraries ...**; następnie poszukaj **u8g2** w prawym górnym rogu (**rysunek 5**).

Po instalacji trzy podstawowe biblioteki są automatycznie integrowane z naszym programem przy użyciu programu **Sketch\ Include Library\... U8g2**.

```
#include <MUIU8g2.h> // usuń
#include <U8g2lib.h> // usuń
#include <U8x8lib.h>
```

W projekcie potrzebujemy tylko tekstowej biblioteki **U8x8lib**, więc można usunąć instrukcje `#include` odnoszące się do pozostałych dwóch bibliotek.

Zaletą pakietu bibliotek **U8g** jest między innymi duża liczba obsługiwanych typów wyświetlaczy, na którą składają się:

- wyświetlacze LCD i OLED obsługujące grafikę,
- różne rozdzielczości,

eprasa.pl 9025c8ced7

- sterowanie przez różne magistrale: I²C/SPI w implementacji sprzętowej lub programowej, magistrale równoległe zgodne ze specyfikacją mikroprocesorów 8080 i 6800,
- różne elementy sterownika.

Chociaż niewątpliwie przydatne jest posiadanie nadmiaru obsługiwanych wyświetlaczy, upewnij się, że wybrałeś właściwy, w przeciwnym razie napotkasz problem z jego sterowaniem. Na **rysunku 6** widać tylko wycinek niezliczonej ilości obsługiwanych typów wyświetlaczy, które zostały oznaczone komentarzami.

Dlatego warto najpierw spojrzeć na jeden z gotowych przykładów, które zostały zainstalowane wraz z biblioteką w Arduino IDE — na przykład **HelloWorld** można znaleźć w **File → Examples → U8g2 → U8x8**. Uważaj, aby wybrać tylko przykłady dla biblioteki **U8x8**!

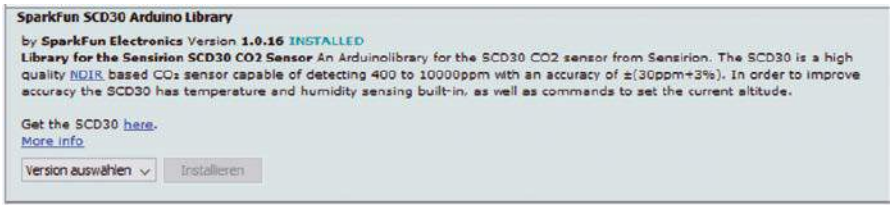
Z długiej listy w tym szkicu HelloWorld musimy wyszukać używany przez nas wyświetlacz (OLED). Włączasz go, usuwając znacznik komentarza //. W naszym przypadku kopiujemy odpowiednią (bez znaków //) linię nr 64 odpowiedniego konstruktora wyświetlacza do linii 119 [3] naszego szkicu sygnalizacji świetlnej stężenia CO_2:

```
U8X8_SH1106_128X64_NONAME_HW_I²C
u8x8(/* reset=*/ U8X8_PIN_NONE);
```

który rozkłada się na:

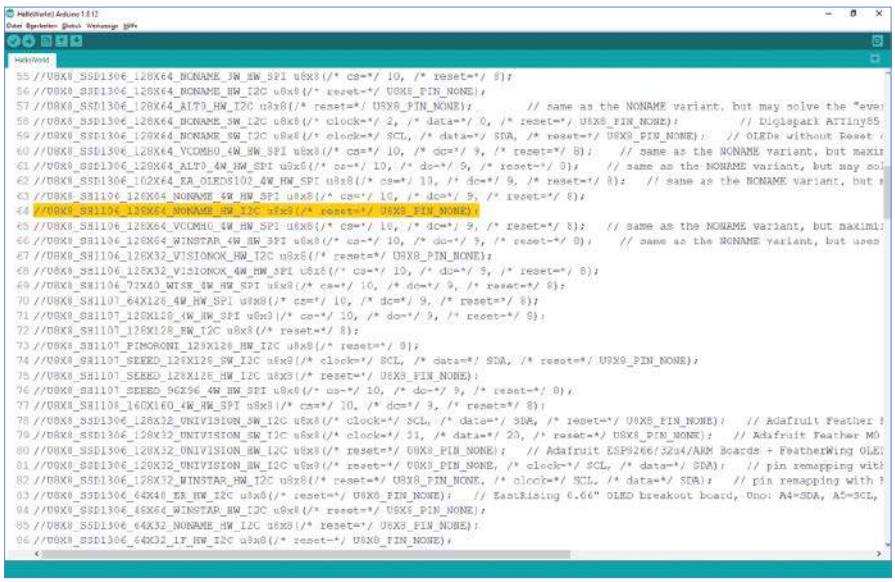
- Biblioteka sterowników: `U8X8`
- Kontroler wyświetlacza: `SH1106`
- Wyświetl liczbę pikseli XY: `128×64`
- Producent wyświetlacza: `NONAME` (używamy ogólnego, niemarkowego wyświetlacza)
- Metoda interfejsu sprzętowego: `I²C`
- Nazwa utworzonego obiektu do odniesienia w programie: `u8x8`
- Wyrażenie w nawiasach: pin reset wyświetlacza nie jest używany.

Szczegółowy opis biblioteki można uzyskać, klikając opcję **More Info** w lewym dolnym rogu rysunku 5.



Rysunek 4. Wybierz bibliotekę SCD30 ze SparkFun

Rysunek 5. Wybierz bibliotekę U8g2 do sterowania 1,3-calowym wyświetlaczem OLED



Rysunek 6. Usuń znaki komentarza w linii właściwego typu wyświetlacza U8x8

Biblioteka NeoPixel-LED

Opracowana przez firmę Adafruit koncepcja diod NeoPixel umożliwia konstruowanie dużych, kolorowych pasków LED, pól, okręgów i innych kształtów złożonych z pojedynczych elementów LED RGB. Wszystkie elementy NeoPixel są połączone łańcuchowo i sterowane za pomocą jednej cyfrowej linii I/O. Kontroler LED WS2812 umożliwia sterowanie każdą z trzech różnokolorowych diod LED (czerwonej, zielonej, niebieskiej) z programowalną 8-bitową rozdzielczością, dzięki czemu można wytworzyć prawie dowolną kombinację kolorów.

Zaletą tworzenia oprogramowania dla dowolnej wielkości aplikacji NeoPixel jest to, że istnieje bardzo wygodna biblioteka Arduino firmy Adafruit zapewniająca jej sterowanie. Biblioteka ta, jest również zawarta w pakiecie programu Arduino i jest instalowana za pomocą menedżera bibliotek, który już znasz (wyszukaj neopixel), jak pokazano na **rysunku 7**. Po instalacji biblioteka jest automatycznie integrowana z naszym programem za pomocą opcji **Sketch → Include Libraries → Adafruit NeoPixel**. Tutaj również możesz znaleźć szczegółowy opis biblioteki, klikając link **More Info**.

Biblioteka zegara RTC mikrokontrolera SAMD

Mikrokontroler SAMD21 na płycie MKR FOX1200 ma wbudowany zegar czasu rzeczywistego (RTC), który może być używany jako źródło czasu i daty w całym systemie. Wymaga to dodania baterii podtrzymującej, aby RTC nie tracił ciągłości upływu czasu za każdym razem, gdy główne napięcie zasilania jest wyłączane. Zdecydowaliśmy się nie włączać tej baterii do projektu sygnalizacji świetlnej stężenia CO_2, ale odpowiedni mały obwód można łatwo podłączyć do płyty MKR FOX1200.

Jeśli chcesz użyć tego RTC, istnieje oczywiście do tego wygodna biblioteka sterowników, którą można zainstalować jak zwykle za pomocą menedżera bibliotek (wyszukaj rtc, **rysunek 8**). Jak zwykle szczegółowy opis tej biblioteki znajduje się w sekcji More Info. Biblioteka jest zintegrowana za pomocą Sketch → Include Library → RTCZero.

Biblioteka MKR FOX1200 obsługi sieci Sigfox

Teraz dochodzimy do podłączenia sygnalizacji świetlnej stężenia CO2 do Internetu Rzeczy (IoT) za pomocą płytki mikrokontrolera

eprasa.pl 9025c8ced7

Arduino MKR FOX1200, który komunikuje się z siecią Sigfox. Aby uzyskać więcej informacji o Sigfox, spójrz na czteroczęściowe wprowadzenie w Elektorze [5].

Za pomocą sieci Sigfox zmierzone wartości CO_2 są przesyłane bezprzewodowo do Internetu, gdzie można uzyskać do nich dostęp i wyświetlić je w dowolnym miejscu na świecie za pomocą komputera PC, laptopa, tabletu lub smartfona.

Tutaj ponownie możemy skorzystać ze wszystkich gotowych funkcji w bibliotece Sigfox dostępnych w pakiecie programu Arduino. Biblioteka jest instalowana za pośrednictwem menedżera bibliotek, tak jak zrobiliśmy to z innymi (wyszukaj sigfox, **rysunek 9**).

Teraz użyj **Sketch → Include Library → Arduino Sigfox** dla MKR FOX 1200, aby ją zainstalować. Kliknij **More Info**, aby dowiedzieć się więcej o dostępnych funkcjach Sigfox.

Istotne fragmenty opatrzonego adnotacjami programu Arduino (dla płyty MKR FOX1200) przedstawiono na **listingu 1**. Cały program w języku niemieckim i angielskim [3] jest szczegółowo udokumentowany oraz zawiera kilka procedur wyjścia szeregowego wstawianych w wielu miejscach w celu debugowania (dla monitora szeregowego w Arduino IDE). Gdy jesteś zadowolony, że wszystko działa tak, jak powinno, te sekcje kodu można oznaczyć jako komentarz lub usunąć.

Możesz dowolnie przypisać progi dla mierzonych poziomów stężenia CO_2 i powiązany kolor sygnalizacji świetlnej. Nasze sugerowane progi to:

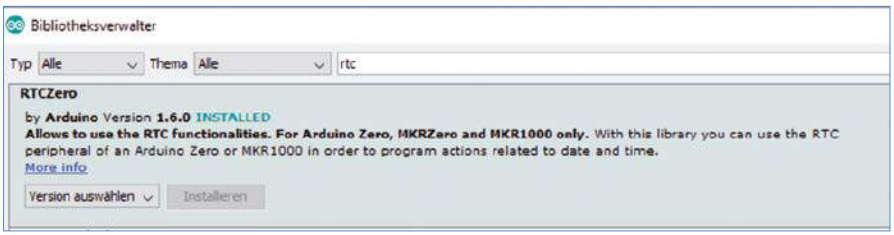
- 0 do 1000 ppm: nasycona zieleń
- 1001 do 2000 ppm: żółty
- 2001 do 5000 ppm: pomarańczowy
- 5001 do 12000 ppm: nasycona czerwień.

Obsługa przy użyciu sieci Sigfox

W artykułach [5] szczegółowo pokazaliśmy, w jaki sposób realizowana jest parametryzacja i działanie modułu MKR FOX1200 w sieci Sigfox. Tutaj możemy ograniczyć się do krótkiego opisu zasady i niezbędnych kroków. Zaczynamy od przeglądu sieci Sigfox (**rysunek 10**).

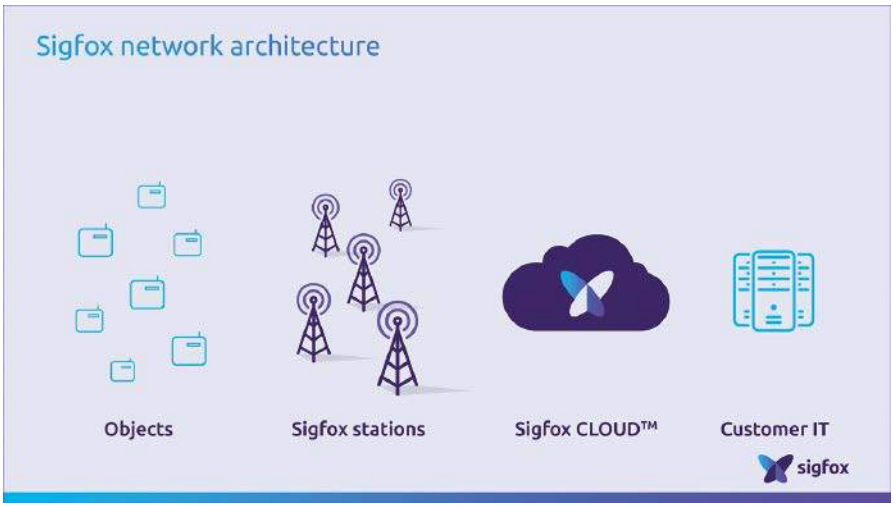
Obiekty Sigfox, podobnie jak nasze urządzenie do pomiaru stężenia CO_2 lub inna tablica czujników, wysyłają swoje telegramy jako rozgłoszenie zgodnie z zasadą „wyślij i zapomnij", w nielicencjonowanym pasmie ISM 868 MHz. Oprócz identyfikacji (ID nadawcy) każdy telegram zawiera pole danych użytkownika o maksymalnym rozmiarze 12 bajtów, zwane ładunkiem. Podczas każdej transmisji użytkownik może przesłać maksymalnie 12 bajtów danych pomiarowych, statusowych

Rysunek 7. Zainstaluj bibliotekę Adafruit NeoPixel



Rysunek 8. Wybierz bibliotekę zegara RTC dla mikrokontrolera SAMD21

Rysunek 9. Wybierz bibliotekę obsługi Sigfox dla płytki mikrokontrolera MKR FOX1200



Rysunek 10. Podstawowa struktura sieci Sigfox (źródło. Sigfox)

Rysunek 11. Portal Sigfox (Sigfox-Backend)

eprasa.pl 9025c8ced7

Listing 1. Fragment szkicu programu Arduino

```
void loop()
{
unsigned char i;
char text[15];
while(1)                                                    // pętla bez końca
{
/* Czujnik SCD30 wykonuje pomiar automatycznie co 2 sekundy.
Jeżeli dane są dostępne to są odczytywane I umieszczane w zmiennych */

if (AirSensor.dataAvailable())                              // Sprawdzenie czy nowe dane są dostępne
{                                                           // Jeżeli tak, to odczytaj 3 zmierzone wartości
   co2 = AirSensor.getCO2();
   temperatur = AirSensor.getTemperature();
   luftfeuchte = AirSensor.getHumidity();

         mess_zae = mess_zae + 1;                           // Zwiększ licznik wykonanych pomiarów

// Wypisz wartości na monitorze szeregowym
   Serial.print("Measurement-Nr: ");
   Serial.print(mess_zae);  Serial.print(" // ");
// Wypisz czas
   print2digits(rtc.getHours());     Serial.print(":");
   print2digits(rtc.getMinutes());  Serial.print(":");
   print2digits(rtc.getSeconds()); Serial.println();
// wypisz pomiary
   Serial.println("CO2: " + String(co2) + " ppm");
   Serial.println("Temp: " + String(temperatur-temp_cor) + " °C");
   Serial.println("Hum: " + String(luftfeuchte) + " %rh");
   Serial.println();
// Przetwarzanie odczytu CO2 dla potrzeb wyświetlacza Neopixel 'LED
switch(co2)
{
   case 0 ... 1000: pixels.fill(gruen_satt,0,7);            // zielony
             pixels.show();
             break;
   case 1001 ... 2000: pixels.fill(gelb_1,0,7);             // żółty
             pixels.show();
             break;
   case 2001 ... 5000: pixels.fill(orange_1,0,7);           // pomarańczowy
             pixels.show();
             break;
   case 5001 ...12000: pixels.fill(rot_satt,0,7);           // czerwony
             pixels.show();
             break;
}
// Wyświetlenie zmierzonych wartości na wyświetlaczu OLED
// Wartość CO2
   u8x8.setCursor(6,2);
   sprintf(text,"%5d",co2);                                 // funkcja sprintf działa tylko z wartościami całkowitymi
   u8x8.print(text);
// usunięcie fantomów
   u8x8.setCursor(11,2);
   u8x8.print(" ppm");
// Wyświelenie wartości temperatury wartość temperatury = liczba rzeczywista
   oled_float(6,4,temperatur-temp_cor,1);

// Wyświetlenie wartości wilgotności  wartość wilgotności =  liczba rzeczywista
   oled_float(6,6,luftfeuchte,1);

// Czasy oczekiwania pomiędzy pomiarami oraz transmisjami Sigfox
   delay(w_zeit * 60000);                                   // (w_zeit * 1 Minuta) czas między pomiarami
   min_zae = min_zae + w_zeit;                              // llość minut do natępnej transmisji Sigfox

if (min_zae == SF_zyk)                                      // Teraz wysyłamy telegram Sigfox
{
   SF_send_data();
   min_zae = 0;                                             // Zerowanie licznika minut
} } } }
/*** Wysyłanie danych przez Sigfox ***/
void SF_send_data(void)
{
   Serial.print("Sigfox – Start ... \n");
// Wpisanie zmierzonych wartości do struktury danych
   SF_Ampel.CO2 = co2;
   SF_Ampel.Temp = temperatur;
   SF_Ampel.Feucht = luftfeuchte;                           // wilgotność

// Jeżeli wymagane jest debugowanie
/*  Serial.println();
   Serial.print("CO2: ");    Serial.println(SF_Ampel.CO2);
   Serial.print("Temp: ");   Serial.println(SF_Ampel.Temp);
```


eprasa.pl 9025c8ced7

```
    Serial.print("Feucht: "); Serial.println(SF_Ampel.Feucht);
    Serial.println();
*/
// Aktywacja modemu I sprawdzenie błędów
if (!SigFox.begin())                                    // Inicjalizacja modemu
{
    Serial.println("Sigfox modem not found! – Continue with RESET!");
    while (1);                                          // martwa pętla, w oczekiwaniu na RESET
}
else
{
    Serial.println("Sigfox modem initialization OK!");
}
// Włącz LED debugowania LED i wyłącz tryby uśpienia
    SigFox.debug();
// Kasowanie wszystkich aktywnych przerwań
    SigFox.status();
// Przesył danych przez Sigfox
    SigFox.beginPacket();                               // Przygotowanie do wysłania pakietu
// Wysłanie struktury zmiennych do Sigfox backend
    SigFox.write((char*)&SF_Ampel, sizeof(SF_Ampel));
// Sprawdzenie błędów: Jeżeli endPacket() zwraca 'true': to błąd
    SF_error = SigFox.endPacket()
    if(SF_error > 0) {
        Serial.println("Sigfox-Error !!"); }
    SigFox.end();                                       // Koniec obsługi Sigfox
    Serial.println("Sigfox – End .... !\n");
}
```

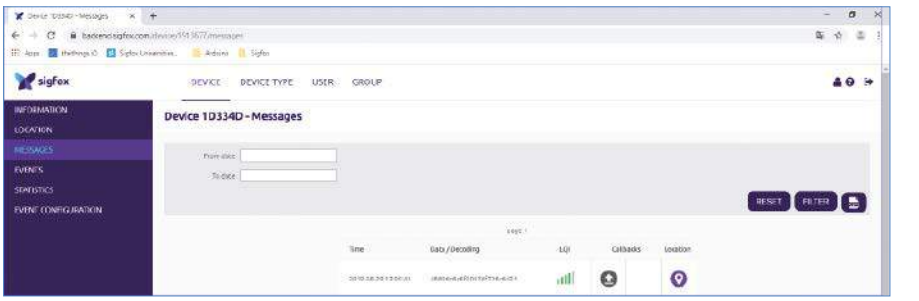
lub innych. Ponieważ sieć Sigfox pracuje w nielicencjonowanym paśmie ISM, aby zachować zgodność z regulacjami prawnymi, każdy obiekt może wykonać maksymalnie 140 transmisji dziennie. Dzięki temu nasza płytka MKR FOX1200 może wysyłać średnio jeden telegram co jedenaście minut.

W zależności od pokrycia, transmisje te są następnie odbierane przez wszystkie stacje bazowe Sigfox (stacje Sigfox) w zasięgu emisji. Te stacje bazowe przesyłają wszystkie otrzymane dane przez Internet lub połączenie GSM do chmury Sigfox, z której użytkownik może je pobrać i dalej je analizować w swojej aplikacji do przetwarzania danych (Customer IT).

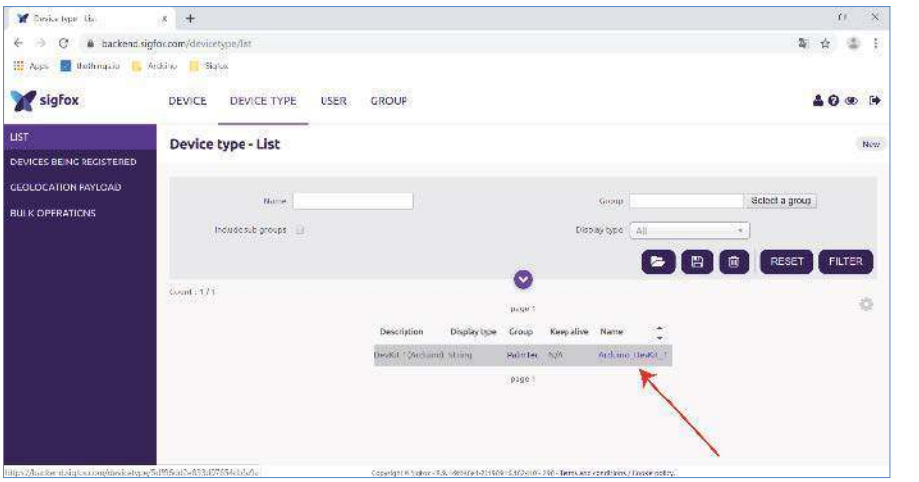
Interfejs konfiguracji konta użytkownika nazywa się Sigfox Backend. To tutaj rejestrowane są obiekty (urządzenia) Sigfox, przydzielane są grupy i konfigurowane jest przekazywanie danych do działu IT klienta (poprzez funkcję Callback).

Najpierw należy odczytać unikalny identyfikator urządzenia Sigfox i PAC z urządzenia Sigfox za pomocą małego szkicu Arduino [3]. Te dwa parametry są wymagane do zarejestrowania urządzenia Sigfox w chmurze pod adresem [6].

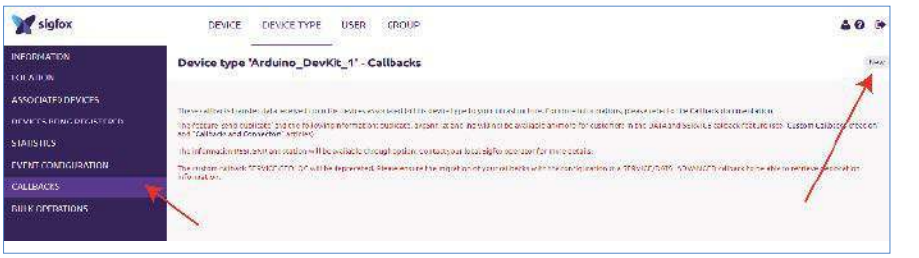
Podczas pracy telegramy są dostępne na całym świecie. Logujesz się do backendu Sigfox [7] za pomocą swojego adresu e-mail i wybranego hasła, co prowadzi do strony startowej portalu Sigfox (backend Sigfox) na **rysunku 11**. Tutaj klikasz kartę Device, aby wyświetlić listę, pojawią się aktywne urządzenia Sigfox. Jeśli następnie klikniesz pole Id urządzenia, to przejdziesz do strony informacyjnej tego urządzenia. Teraz kliknij



Rysunek 12. Okno komunikatów urządzenia

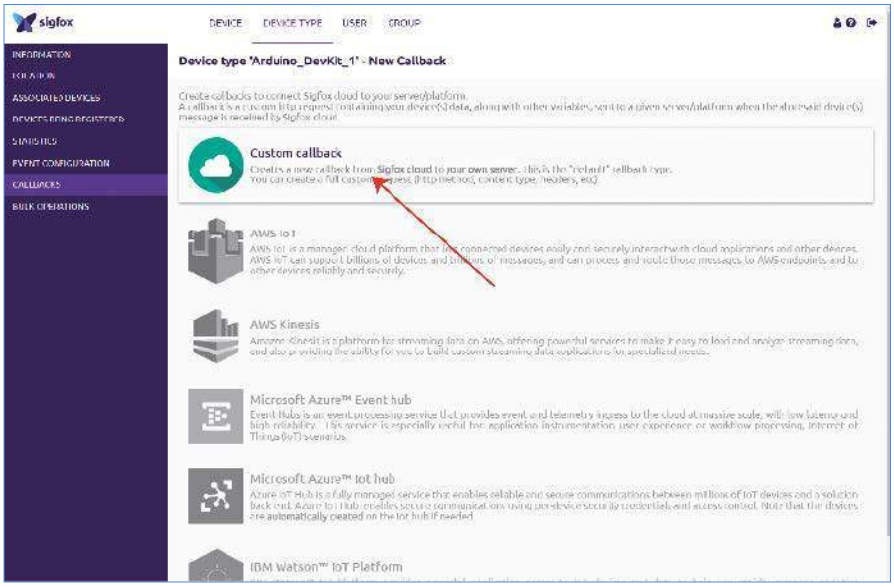


Rysunek 13. Wybierz żądany typ urządzenia



Rysunek 14. Okno funkcji Callback

eprasa.pl 9025c8ced7



Rysunek 15. Duży wybór różnych typów funkcji Callback

MESSAGES po lewej stronie i przejdź do okna, w którym wymienione są wszystkie telegramy, które backend Sigfox otrzymał z tego urządzenia (**rysunek 12**).

Tworzenie funkcji Callback w Sigfox Backend

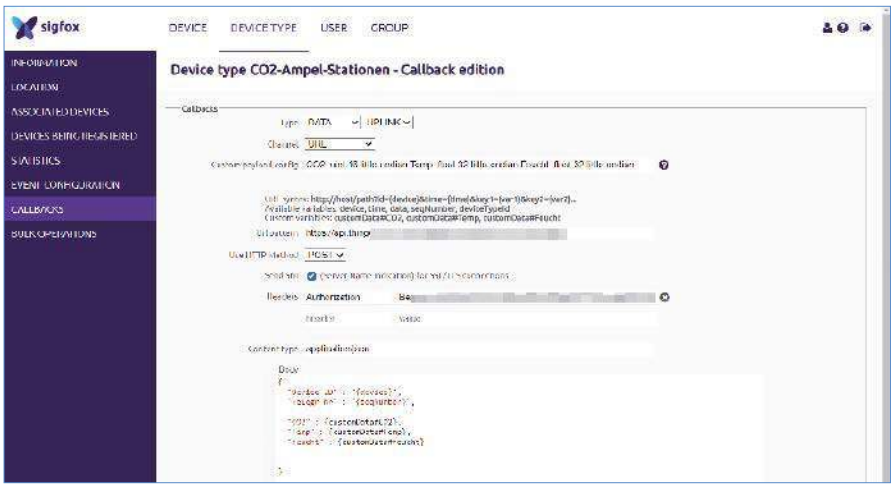
Surowe dane nie mają szczególnego znaczenia. Gdy tylko MKR FOX 1200 wyśle dane do Backend'u Sigfox, to chcemy, aby były one automatycznie przekazywane do programu pulpitu nawigacyjnego thinger.io. Backend Sigfox oferuje w tym celu funkcję Callback.

Użycie tej funkcji, to nic innego jak automatyczne przekierowanie do pożądanego odbiorcy, które następuje natychmiast po otrzymaniu danych przez backend Sigfox z urządzenia Sigfox — na przykład z naszego modułu MKR FOX1200. Tworzenie i konfigurowanie wywołania zwrotnego zostało szczegółowo omówione w trzeciej części serii artykułów [5], więc tutaj ograniczymy się do tego, co najważniejsze.

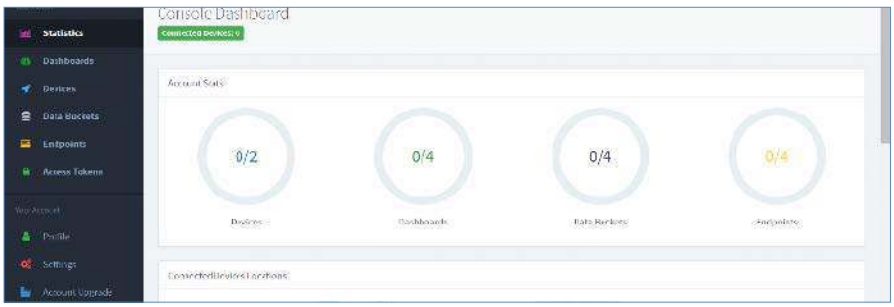
Aby utworzyć wywołanie zwrotne, kliknij zakładkę Device Type na stronie głównej Sigfox Backend i na liście, która się pojawi (z tylko jednym wpisem) kliknij na nazwę typu urządzenia, w naszym przypadku Arduino_DevKit_1 (**rysunek 13**). Na stronie przeglądu typu urządzenia kliknij Callback i na liście po lewej stronie (**rysunek 14**), a w tym oknie w prawym górnym rogu kliknij mały przycisk New. Pojawi się lista ze wszystkimi możliwymi typami wywołań zwrotnych dla najpopularniejszych typów programów Dashboard/Cloud (**rysunek 15**). Tutaj wybierasz Custom Callback.

W oknie, które się teraz pojawi (**rysunek 16**), skonfigurowane jest funkcja Callback do wysyłania danych z Sigfox-Backend do thinger.io.

Za pomocą tej funkcji, backend Sigfox zawsze wysyła zmienne `Device-ID`, `Telegr-Nr`, `CO2`, `Temp` i `Feucht` (wilgotność) wraz z ich wartościami do programu Dashboard natychmiast po odebraniu telegramu z układu sygnalizacji świetlnej stężenia CO_2.



Rysunek 16. Konfiguracja funkcji Callback



Rysunek 17. Statystyki konta na pulpicie nawigacyjnym konsoli

Zbuduj pulpit nawigacyjny za pomocą Thinger.io

Thinger.io to platforma wizualizacji IoT typu open source, za pomocą której można szybko i łatwo stworzyć przejrzystą oraz opisową reprezentację danych. W przypadku mniejszych projektów można z niego korzystać bezpłatnie. Wartości są wizualizowane na pulpicie nawigacyjnym, który może być również publicznie dostępny dla przeglądarek internetowych.

Tylko kilka prostych kroków jest koniecznych, zanim będziesz mógł opracować dostosowany Pulpit:

- Utwórz darmowe konto użytkownika na thinger.io.
- Utwórz kontener danych (Data Bucket) na thinger.io, aby przechowywać zmierzone wartości wysyłane z chmury Sigfox.
- Zdefiniuj punkt dostępowy (Token) dla chmury Sigfox i utwórz uwierzytelnianie odbioru (Access Token) w thinger.io, aby chmura Sigfox otrzymała pozwolenie na przesyłanie danych do thinger.io.
- Skonfiguruj wywołanie zwrotne w chmurze Sigfox, aby przesyłać dane z chmury Sigfox do Data Bucket w thinger.io przez Internet.
- Zaprojektuj schludny pulpit nawigacyjny na stronie thinger.io, aby wizualizować dane.

Tutaj również odwołujemy się do [5], który zawiera bardziej szczegółowy opis poszczególnych kroków. Po utworzeniu

eprasa.pl 9025c8ced7

Rysunek 18. Pulpit nawigacyjny sygnalizacji świetlnej poziomu CO_2 Od góry. stężenie CO_2 w powietrzu, temperatura powietrza i jego wilgotność

darmowego konta na thinger.io [8] logujemy się i przechodzimy do ekranu głównego, który jest punktem wyjścia do wszystkich dalszych działań (**rysunek 17**).

Aby utworzyć pulpit nawigacyjny, kliknij element Dashboards po lewej stronie, a następnie kliknij przycisk Add Dashboard w oknie, które się pojawi.

Dostępna jest duża liczba, dowolnie konfigurowalnych, widżetów(komponentówinterfejsu użytkownika) do indywidualnego projektowania pulpitu nawigacyjnego, na przykład wykresy pokazujące wartości pomiarów w czasie, diagramy pierścieniowe, wykresy słupkowe, wyświetlacze analogowe, mapy Google do wyświetlania lokalizacji, obrazów, wyświetlacze tekstu, diody LED i zegar.

Rysunek 18 przedstawia przykład pulpitu nawigacyjnego zaprojektowanego za pomocą thinger.io dla naszej sygnalizacji świetlnej CO_2. Zmierzone wartości prezentowane są w formie wykresu czasowego. Oprócz tych danych można wyświetlić czas, numer telegramu i inne informacje.

Dostęp do pulpitu nawigacyjnego, na całym świecie, jest możliwy za pomocą kilku kliknięć myszką, dzięki czemu każdy, kto otrzyma link, może następnie się z nim zapoznać i sprawdzić aktualne wartości.

Peter Groppe, Frank Schleking, Bernd vom Berg

PRZYDATNE LINKI SIECIOWE
[1] Czujnik CO_2 typu SCD30: https://bit.ly/34XbL5o
[2] Wyświetlacz OLED 1.3„: https://bit.ly/3fEP7AX
[3] Strona projektu Elektora: www.elektormagazine.com/200650-01
[4] Informacja o wyświetlaczach LED NeoPixel: https://bit.ly/3qf1Y2k
[5] Frank Schleking, Bernd vom Berg, „Sigfox and the IoT (1)", ElektorMag 11-12/2019 (części 2 do 4 są w następnych 3 numerach): www.elektormagazine.com/magazine/elektor-114/56832
[6] Podaj dane swojej płytki: https://www.sigfox.com/
[7] Strona logowania Sigfox backend: https://backend.sigfox.com/auth/login
[8] Tworzenie pulpitu sterującego z użyciem thinger.io: www.thinger.io
[14] ESPHome OTA Installation: https://bit.ly/3JIlps9

Pytania lub komentarze?
Masz jakieś pytania techniczne lub uwagi do tego artykułu? Skontaktuj się z redakcją Elektora pod adresem editor@elektor.com lub z redakcją EdW edw@elportal.pl

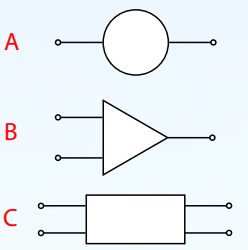
Od Red. EdW: Realizacja praktyczna tego projektu może być utrudniona ze względu na ostatnie perturbacje biznesowe związane z siecią Sigfox. Być może sytuacja firmy, do której należy obecnie Sigfox, unormuje się w najbliższym czasie i obecne trudności ustąpią.

Wakacyjny Quiz 01 – Wzmacniacze Operacyjne

Rozwiąż na www.elportal.pl/quizy i zamów bezpłatną prenumeratę EdW z dostępem do wydań archiwalnych na www.ulubionykiosk.pl/prenumerata

1. Czym jest wzmacniacz operacyjny?
- ☐ Urządzeniem wzmacniającym sygnały audio
- ☐ Elementem zasilającym urządzenia elektroniczne
- ☐ Wzmacniaczem z wejściem symetrycznym o bardzo dużej impedancji wejściowej i bardzo dużym wzmocnieniem.

2. Jaki jest symbol wzmacniacza operacyjnego w schematach elektronicznych?
- ☐ A
- ☐ B
- ☐ C



3. Co oznacza skrót OP w nazwie wzmacniacza operacyjnego?
- ☐ Wzmacniacz operacyjny
- ☐ Optymalne parametry
- ☐ Operacyjny przetwornik

4. Jakim skrótem nazywa się wzmacniacz operacyjny w literaturze angielskiej?
- ☐ Operator
- ☐ Op-amp
- ☐ Operamp

5. Jakie są główne zastosowania wzmacniaczy operacyjnych?
- ☐ Zasilanie LED, silników i serwomechanizmów
- ☐ Elementy składowe mikroprocesorów
- ☐ Wzmacnianie, generowanie i przetwarzanie sygnałów

6. Ile wynosi impedancja wejściowa wzmacniacza operacyjnego?
- ☐ Od kilku omów do kilku kiloomów
- ☐ Od kilku kiloomów do kilku megaomów
- ☐ Od kilku megaomów do kilkuset gigaomów

7. Ile wynosi wzmocnienie napięciowe wzmacniacza operacyjnego bez sprzężenia zwrotnego?
- ☐ Od kilu do kilkuset razy
- ☐ Od kilkuset do kilu tysięcy razy
- ☐ Od tysięcy do milionów razy

8. Czym jest sprzężenie zwrotne dla wzmacniacza operacyjnego?
- ☐ Sygnałem podawanym na wejście wzmacniacza operacyjnego
- ☐ Obwodem pomiędzy wyjściem a wejściem wzmacniacza operacyjnego
- ☐ Sygnałem podawanym na wyjście wzmacniacza operacyjnego

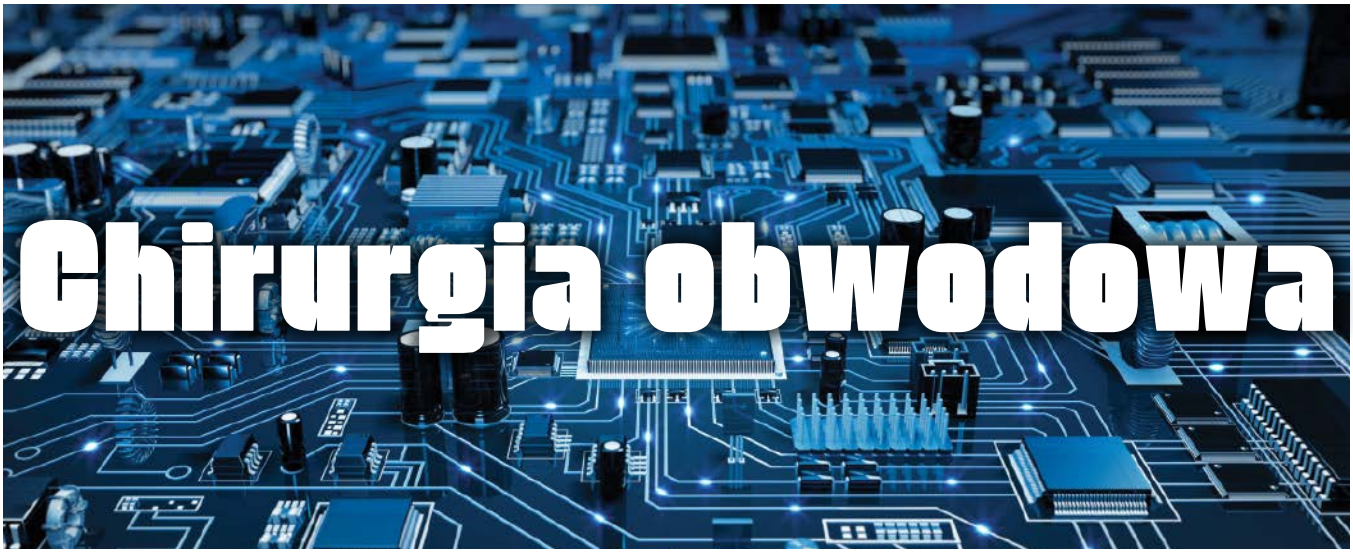
9. Jakie są typowe źródła zasilania wzmacniaczy operacyjnych?
- ☐ Symetryczne źródła zasilania
- ☐ Baterie litowe
- ☐ Akumulatory kwasowo-ołowiowe

10. Co to jest „pasmo przenoszenia" wzmacniacza operacyjnego?
- ☐ Maksymalna wartość prądu, jaka może być dostarczona przez wzmacniacz operacyjny
- ☐ Zakres częstotliwości sygnałów, w którym wzmacniacz operacyjny działa z odpowiednim wzmocnieniem
- ☐ Iloczyn wzmocnienia napięciowego razy wzmocnienie prądowe

11. Co to jest „współczynnik tłumienia sygnału wspólnego" wzmacniacza operacyjnego?
- ☐ Miara zdolności wzmacniacza operacyjnego do redukcji sygnałów współbieżnych na obu wejściach symetrycznych
- ☐ Stosunek wzmocnienia napięciowego do wzmocnienia prądowego
- ☐ Zdolność wzmacniacza operacyjnego do tłumienia sygnałów dużej częstotliwości

12. Jakim akronimem oznacza się „współczynnik tłumienia sygnału wspólnego"?
- ☐ OACA
- ☐ CMRR
- ☐ RRCM

eprasa.pl 9025c8ced7



Zakłócenia i szumy

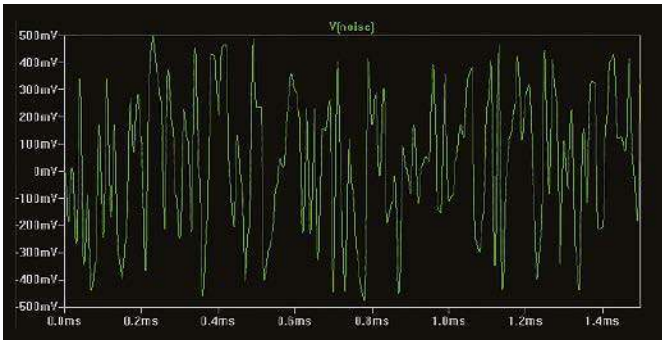
Ostatnio Michael Lamontagne zamieścił pytanie na forum EEWeb dotyczące problemu możliwości zaistnienia pętli uziemienia podczas pomiaru obwodu ze wzmacniaczem operacyjnym za pomocą oscyloskopu. Zamiast szczegółowo przyjrzeć się temu konkretnemu przypadkowi (częściowo ponieważ nie jesteśmy wystarczająco pewni, jak dokładnie wszystko został podłączone), przyjrzymy się pokrótce niechcianym sygnałom w ogólności, w szczególności szumom i zakłóceniom.

Szumy i zakłócenia

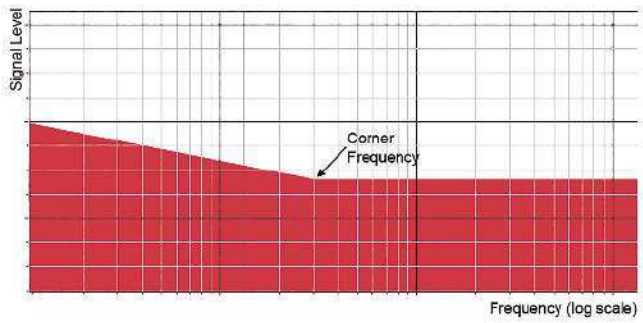
Często mówi się o niepożądanych sygnałach obecnych w układach elektronicznych jako o „szumie", chociaż możemy być bardziej precyzyjni w naszej terminologii. W systemie audio może to dać odczuć swoją obecność jako syk, buczenie, brzęczenie i trzaski. W systemach czujnikowych ogranicza to pomiary sygnałów o niskich poziomach i pogarsza ich dokładność. Szum może już być obecny jako część sygnału wejściowego (np. może pochodzić z czujnika wraz z pożądanym sygnałem użytecznym) lub może być wprowadzony przez zespół obwodów (np. wzmacniacz) używanych do przetwarzania sygnału. Na przykład, wszystkie rezystory generują przypadkowy szum elektryczny – nie można temu zapobiec, to jest częścią ich podstawowej fizyki działania. Obwody również wytwarzają nielosowe niechciane zmiany w sygnałach – zniekształcenia, których nie będziemy rozpatrywać w tym artykule. Mogą również nadejść niepożądane sygnały z zewnątrz lub z innego miejsca w systemie, sprzężone lub odebrane nieumyślnie i dodane do przetwarzanego sygnału – to jest często nazywane „interferencją", aby odróżnić to od przypadkowego szumu. Przesłuch to interferencja między wieloma kanałami lub ścieżkami sygnału.

Szum przypadkowy

Szum przypadkowy powoduje chwilowe odbieganie wartości sygnału od swojej „prawdziwej" wartości, z malejącym prawdopodobieństwem dla większych odchyleń. Specyficzna matematyczna funkcja prawdopodobieństwa zależy od rodzaju szumu, ale może być dobrze znanym rozkładem Gaussa (zwanym też normalnym), znanym wszystkim statystykom. Istnieje cała różnorodność rodzajów szumu przypadkowego generowanego w obwodach elektronicznych; obejmuje to szum termiczny, szum śrutowy, szum migotania i szum lawinowy. Ten generowany szum jest zasadniczo spowodowany dyskretną naturą elektryczności na poziomie atomowym – ładunek elektryczny w obwodach jest przenoszony w pakietach o ustalonej wielkości (np. elektrony).

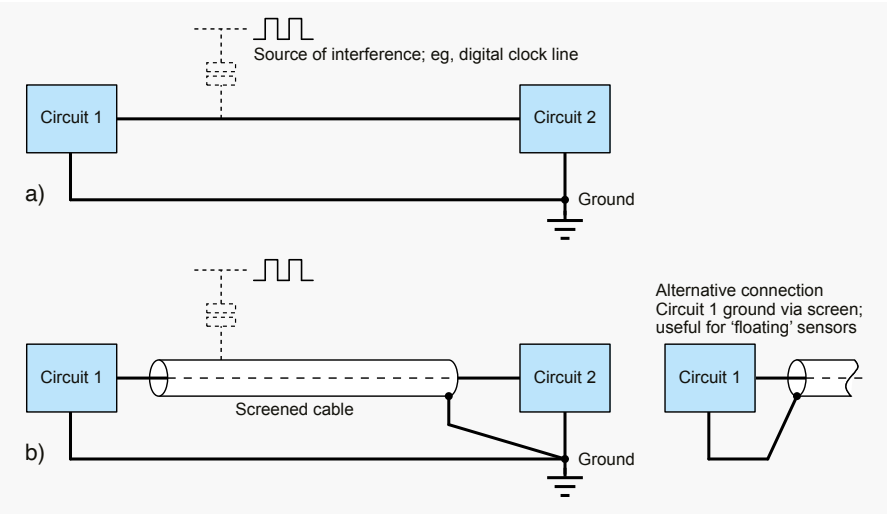


Rysunek 1. Sygnał losowy (szum)



Rysunek 2. Typowe widmo szumów wzmacniacza

eprasa.pl 9025c8ced7



Rysunek 3. Zakłócenia sprzężone pojemnościowo

Przebieg na **rysunku 1** pokazuje losową zmianę napięcia w czasie. Daje nam to prosty wgląd w to, jak „wygląda" szum, ale ogólnie, wykreślanie zaszumionych sygnałów losowych w funkcji czasu nie jest specjalnie przydatne. Kiedy mamy do czynienia z szumem, często trzeba spojrzeć na widmo sygnału – zmienność poziomu sygnału w funkcji częstotliwości. Niepożądane sygnały mogą wyglądać jak przypadkowy szum (np. na oscyloskopie), ale w rzeczywistości mogą się znacznie różnić swoimi cechami. Na przykład szum w zasilaczu obwodu cyfrowego może wyglądać losowo, ale spojrzenie na widmo pokaże, że pewne częstotliwości, związane z zegarami systemowymi będą dominujące. Czysty szum losowy ma płynną ciągłość widma – na przykład to pokazane na **rysunku 2**.

Szum losowy można sklasyfikować ze względu na jego kształt widma. Szum biały ma taką samą moc w całym zakresie widma częstotliwości (f), podczas gdy szum 1/f (określany jako szum różowy) maleje proporcjonalnie do częstotliwości. Dla szumu 1/f jest taka sama wartość mocy szumów w paśmie powiedzmy 100 Hz do 1 kHz, jak i w paśmie od 1 kHz do 10 kHz, podczas gdy dla szumu białego byłoby 10 razy więcej mocy w paśmie od 1 kHz do 10 kHz niż 100 Hz do 1 kHz, ponieważ jest 10-krotnie większy.

Wzmacniacze (i inne obwody) zazwyczaj wykazują mieszankę różowego i białego szumu z różowym jako dominującym przy niskich częstotliwościach. Częstotliwość, z jaką dominujący składnik szumu zmienia się z różowego na biały nazywany jest częstotliwością załamania lub graniczną (patrz rysunek 2).

Fakt, że elementy w dowolnym obwodzie elektronicznym lub systemie generują szum losowy oznacza, że zawsze jest określony jego poziom, nawet przy braku sygnału. Nazywa się to szumem tła, co jest ważne, ponieważ obwód nie może sensownie przetwarzać sygnałów wejściowych, które są mniejsze niż poziom szumów. Jako szum tła odnosi się do szumu w obwodzie, który różni się od szumu w sygnale wejściowym. Jeśli właściwości wymaganego sygnału są znane, to istnieją techniki, które pozwalają wydobywać sygnały, które są mniejsze niż szum obecny w sygnale.

Często ważna jest różnica między sygnałem a szumem; jest wyrażana jako „stosunek sygnału do szumu" (SNR), zwykle w decybelach (dB) i na podstawie stosunku mocy szumu (stąd wyrazy u^2 w równaniu). Większe wartości oznaczają lepszą jakość.

$$SNR_{dB} = 10\log_{10}(\frac{u_s^2}{u_n^2}) = 20\log_{10}(\frac{u_s}{u_n})$$

Tutaj u_s jest wartością skuteczną napięcia sygnału, a u_n wartością skuteczną napięcia szumu. Używając lub podając wartości SNR, należy podać szerokość pasma (uwzględniając zakres częstotliwości sygnału i szumu), ponieważ moc szumu zależy od częstotliwości, a może on występować daleko poza zakresem częstotliwości sygnału będącego przedmiotem zainteresowania.

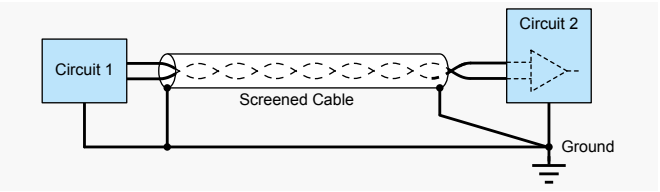
Zakłócenia

Sygnały zewnętrzne mogą dostać się do twojego obwodu poprzez sprzężenie elektrostatyczne, elektromagnetyczne i magnetyczne. W sprzężeniu elektrostatycznym część obwodu o wysokiej impedancji działa jak jedna okładzina kondensatora; w sprzężeniu magnetycznym pętla elektryczna w twoim obwodzie działa jak uzwojenie wtórne transformatora, a w sprzężeniu elektromagnetycznym części twojego obwodu działają jak anteny. Sygnały szumu sieci zasilającej (przy 50/60 Hz) i zakłócenia o częstotliwości radiowej z innych systemów elektronicznych, takich jak telefony i komputery, to oczywiste przykłady zewnętrznych zakłóceń. Ilość szumów zewnętrznych, na jakie narażony jest obwód, będzie się znacznie różnić w zależności od jego lokalizacji. Problem będzie się nasilać w pobliżu takich instalacji czy urządzeń, jak linie energetyczne, maszyny elektryczne i nadajniki, takie jak telefony komórkowe.

Sygnały w jednej części obwodu mogą przedostawać się do innych części obwodu, gdzie powodują problemy. Typowym tego przykładem jest zegar sekcji cyfrowej mieszanego obwodu analogowo-cyfrowego przechodzący do sekcji analogowej przez linie zasilające lub przez sprzężenie pojemnościowe w punktach o wysokiej impedancji. Staranne projektowanie i budowa obwodów może znacznie ograniczyć te problemy.

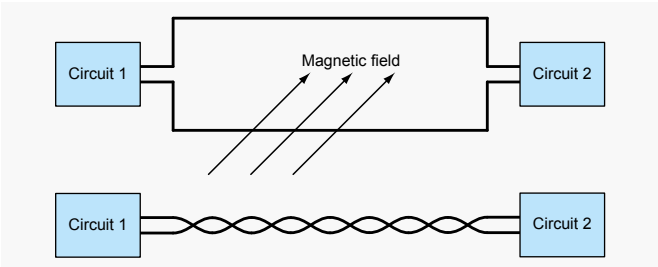
Zakłócenia pojemnościowe (patrz **rysunek 3**) można zredukować za pomocą ekranowania, które skutecznie uziemia pojemność sprzęgającą ze źródłem zakłóceń. Ekranowanie jest realizowane za pomocą kabla koncentrycznego (ekranowanego) służącego do połączenia (na przykład) czujnika z obwodem oraz poprzez zamknięcie wrażliwych obwodów w uziemionej skrzynce ekranującej. Źródło zakłóceń można również ekranować, aby zmniejszyć jego wpływ na inne obwody. Wybór miejsca uziemienia kabla ekranowanego może mieć wpływ na skuteczność obwodu ze względu na możliwość tworzenia pętli uziemienia, jeśli ekran/ścieżka powrotna sygnału jest uziemiona na obu końcach (więcej na ten temat nieco później). W przypadku sygnałów różnicowych możemy również zastosować przewody ekranowane – dwa przewody sygnałowe tworzą skrętkę i są osłonięte ekranem (patrz **rysunek 4**). Tutaj uziemienie na obu końcach jest mniejszym potencjalnym problemem, ponieważ ekran nie przenosi sygnału.

Zakłócenia magnetyczne są gorsze, gdy w obwodzie występują fizycznie duże pętle (patrz **rysunek 5**), ale można je zmniejszyć, unikając ich – w przypadku kabli skuteczne jest stosowanie skręconych par przewodów. W przypadku płytek drukowanych użyj

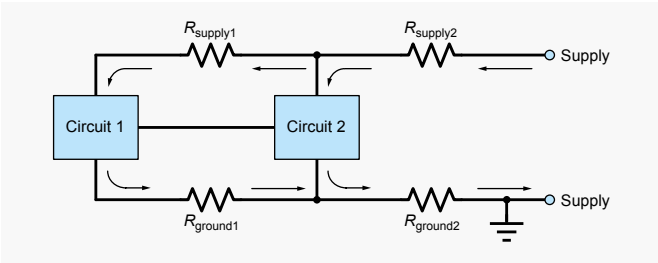


Rysunek 4. Ekranowany sygnał różnicowy

eprasa.pl 9025c8ced7



Rysunek 5. Duże pętle przewodów (schemat górny) sprawiają, że obwód jest podatny na napięcia generowane przez pola magnetyczne. Zmniejszenie rozmiaru pętli (dolny schemat) pomaga zwalczyć ten problem

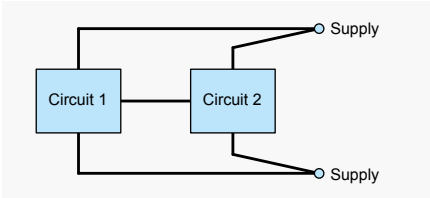


Rysunek 6. Rezystancja przewodów zasilających powoduje zmiany napięcia i zakłócenia spowodowane prądami zasilającymi

„płaszczyzny uziemienia" po jednej stronie płytki, a w przypadku kabli taśmowych każdy sygnał może być powiązany z sąsiednim przewodem masy. Obwody mogą być ekranowane przed polami magnetycznymi, ale nie jest to tak powszechnie stosowane jak ekranowanie sprzężenia pojemnościowego, ponieważ wymaga specjalnych materiałów o wysokiej przenikalności magnetycznej, takich jak Mumetal Od Red. EdW: Stop o bardzo dużej przenikalności magnetycznej, w jednej z wersji składający się z 77% niklu, 16% żelaza oraz 5% miedzi i 2% molibdenu lub chromu. Materiały te są drogie, a ponieważ muszą być dość grube, to ekranowanie może być niewygodne.

Zasilacze mogą być znaczącym źródłem niepożądanych sygnałów. Obwód na **rysunku 6** ilustruje, w jaki sposób rezystancja zasilania prowadzi do błędów lub zakłóceń. Prąd zasilania pobierany przez obwód powoduje spadki napięcia w okablowaniu zasilającym; więc na przykład napięcie „masy" w każdym podobwodzie nie będzie w rzeczywistości takie samo (mierzone z tego samego punktu odniesienia). Rysunek 6 to uproszczenie – każda gałąź przewodu zasilającego będzie miała rezystancję i tym samym spowoduje spadki napięcia.

Spadki napięcia zasilającego i grupowego mogą powodować problemy, jeśli staramy się dokładnie przetwarzać sygnały napięciowe. Jeśli prądy zasilania są stałe, wówczas błąd będzie przesunięciem (błąd DC), ale napięcie masy niekoniecznie jest stałe; gdy zmienia się prąd zasilania jednego podobwodu, napięcie zasilania spada, a tym samym napięcie błędu w tym i innych podobwodach zmienia się (czasami nazywa się to „odbiciem masy"). Ten problem może być bardzo znaczący, na przykład, gdy jeden podukład ma cyfrowy sygnał zegarowy, który jest doprowadzany przez zasilanie do czułego wzmacniacza. Taka sytuacja może wystąpić również w okablowaniu sieciowym – wzdłuż przewodów zasilających urządzenia oraz okablowania pomiędzy gniazdami zasilającymi. Rozwiązaniem problemu zakłóceń zasilania i uziemienia jest oddzielne prowadzenie połączeń do jednego punktu, zamiast stosowania tego samego przewodu od punktu do punktu dla wszystkich połączeń (patrz **rysunek 7**). Podejście to stosuje się zarówno do okablowania wewnątrz obudowy przyrządu, jak i do połączeń zasilania w układzie scalonym. Może to być trudniejsze do osiągnięcia w przypadku okablowania sieciowego, ponieważ nie można go łatwo zmienić, a może to być bardzo niebezpieczne.



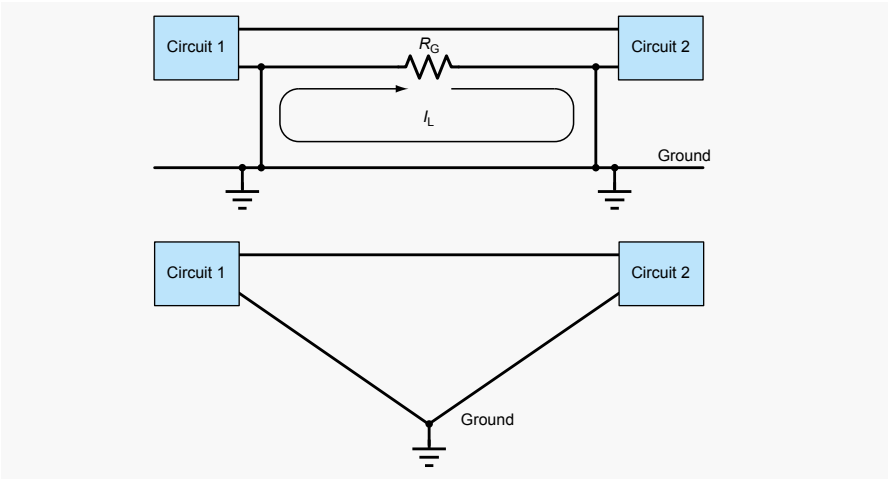
Rysunek 7. Okablowanie zasilania obniżające szumy

Pętle uziemienia

Kiedy dwa obwody, podobwody, instrumenty lub inne urządzenia są uziemione w dwóch oddzielnych punktach na „szynie uziemiającej", mamy sytuację znaną jako pętla masy (lub pętla ziemi) – patrz **rysunek 8**. Szyna uziemiająca może być ścieżką na płytce drukowanej, obudową sprzętu, okablowaniem punkt-punkt lub uziemieniem sieci podłączonym do różnych gniazd — wiele osób cierpi z powodu niepotrzebnego przydźwięku w swoich systemach Hi-Fi z powodu pętli uziemienia!

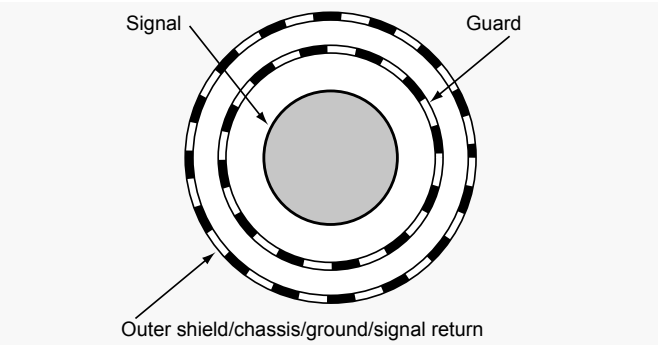
Pętla uziemienia wychwytuje zakłócenia magnetyczne, prawdopodobnie szum sieciowy i może również działać jak antena wychwytująca zakłócenia o częstotliwości radiowej (RFI). Duże pętle pogorszą problem. Pętle uziemienia stanowią szczególny problem, gdy dwa lub więcej systemów zasilanych z sieci (takich jak przyrządy laboratoryjne i obwody czujników) jest oddzielnie uziemionych i połączonych ze sobą. Możliwe jest również, że prądy upływowe sieci powodują przepływ prądów w obwodach masy (np. w ekranach) połączeń łączących urządzenia. Prądy upływowe mogą przepływać przez pojemności pasożytnicze i uziemienie sprzętu, na przykład w transformatorach i filtrach przeciwzakłóceniowych. Zakłócenie powoduje przepływ prądu IL w pętli uziemienia, co z kolei powoduje dodatkowy spadek napięcia (ILRG) na rezystancji (RG) połączenia uziemienia między urządzeniami lub podobwodami.

Rozwiązaniem problemu pętli uziemienia jest uniknięcie ich poprzez zastosowanie pojedynczego punktu uziemienia (rysunek 8). Zastosowanie sygnałów różnicowych, łączenie ekranów tylko na jednym końcu, stosowanie połączeń uziemiających o bardzo niskiej rezystancji między obwodami (zmniejszenie RG) oraz izolacja sygnału za pomocą

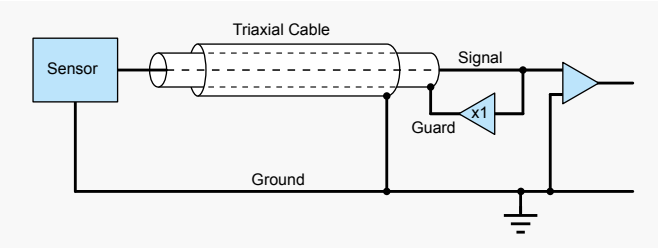


Rysunek 8. Pętle masy: prądy indukowane w pętlach masy powodują spadki napięcia, które wprowadzają zakłócenia (schemat górny). Użycie wspólnego punktu uziemienia może wyeliminować pętlę (dolny schemat)

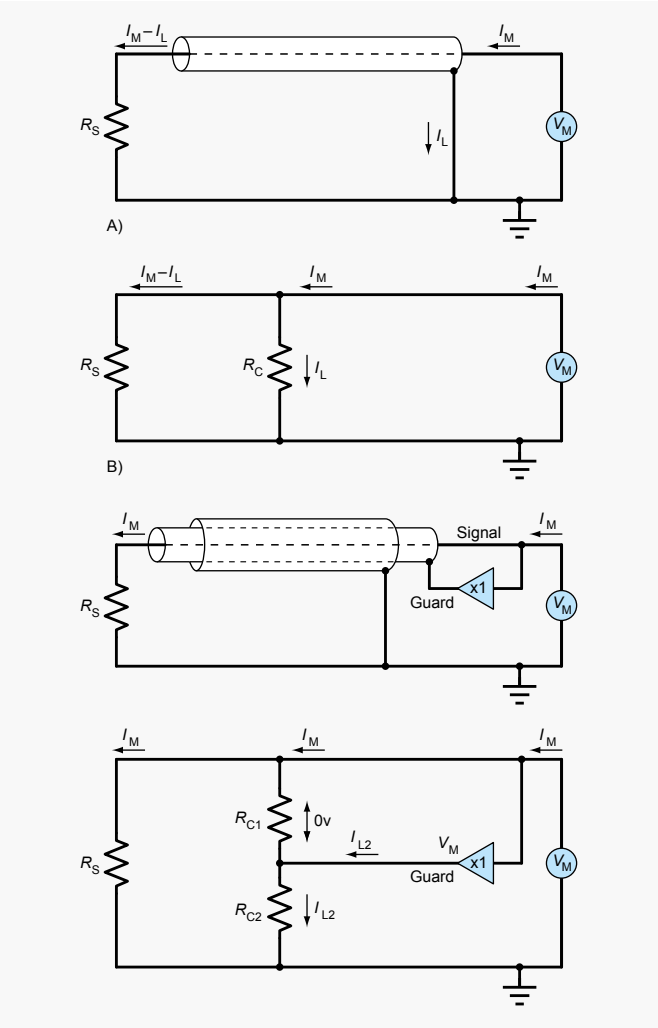
eprasa.pl 9025c8ced7



Rysunek 9. Złącze trójosiowe stosowane z kablami trójosiowymi do połączeń chronionych



Rysunek 10. Podwójnie ekranowane połączenie sygnałowe



Rysunek 11. Pomiar rezystancji ekranu: a) układ z pojedynczym ekranem, b) obwód zastępczy układu, c) układ z podwójnym ekranem, d) obwód zastępczy układu z podwójnym ekranowaniem

transformatorów lub optoizolatorów również pomagają zminimalizować problemy z pętlą uziemienia. Transformatory izolujące zasilanie mogą również pomóc w okablowaniu sieciowym. Ponownie warto podkreślić, że niektóre potencjalne „rozwiązania" związane z okablowaniem sieciowym, takie jak odłączenie uziemienia, mogą być śmiertelnie groźne.

Ekranowanie sygnału

Ochrona sygnału dotyczy maksymalnego wykorzystania ekranowanych połączeń kablowych, szczególnie w przypadku podłączania sygnałów o bardzo niskim poziomie ze źródeł o wysokiej impedancji do obwodów o wysokiej precyzji. W takich przypadkach efekty, takie jak prądy upływu w kablach i pojemność kabla, mogą powodować znaczne błędy. Ochrona sygnału wykorzystuje kable o podwójnym ekranie i złącza (patrz **rysunek 9**), które mają wewnętrzny przewodnik przenoszący interesujący sygnał i dwie warstwy ekranu. Wewnętrzny ekran jest podłączony do sygnału o napięciu równym sygnałowi dostarczanemu przez wzmacniacz o wzmocnieniu jednostkowym (patrz **rysunek 10**). Oznacza to, że różnica napięcia między przewodem sygnałowym a ekranem wewnętrznym jest zerowa, więc prądy upływowe (i efekty pojemnościowe) są zminimalizowane. Zewnętrzny ekran jest zwykle uziemiony i zapewnia ochronę przed zakłóceniami dla sygnału strażnika (w wewnętrznym ekranie).

Jako przykład działania ochronnego rozważmy schemat na **rysunku 11a**, dla którego równoważny obwód pokazano na **rysunku 11b**. Tutaj próbujemy zmierzyć rezystancję czujnika (RS), który ma bardzo dużą wartość rezystancji i dlatego upływ przez rezystancję izolacji kabla RC jest znaczny. Stosujemy UM i mierzymy IM – to powinno dać wartość RS jako UM/IM, ale faktycznie daje nam to równoległe połączenie RS i RC ze względu na prąd upływu IL. Zastosowanie osłony (**rysunek 11c** i **rysunek 11d**) oznacza, że napięcie na RC1 między przewodem wewnętrznym a osłoną wynosi zero, a zatem nie płynie prąd upływowy. Wzmacniacz buforowy bez problemu dostarcza prąd upływowy IL2 do uziemienia i nie zakłóca to pomiaru.

Wibracje i chemia

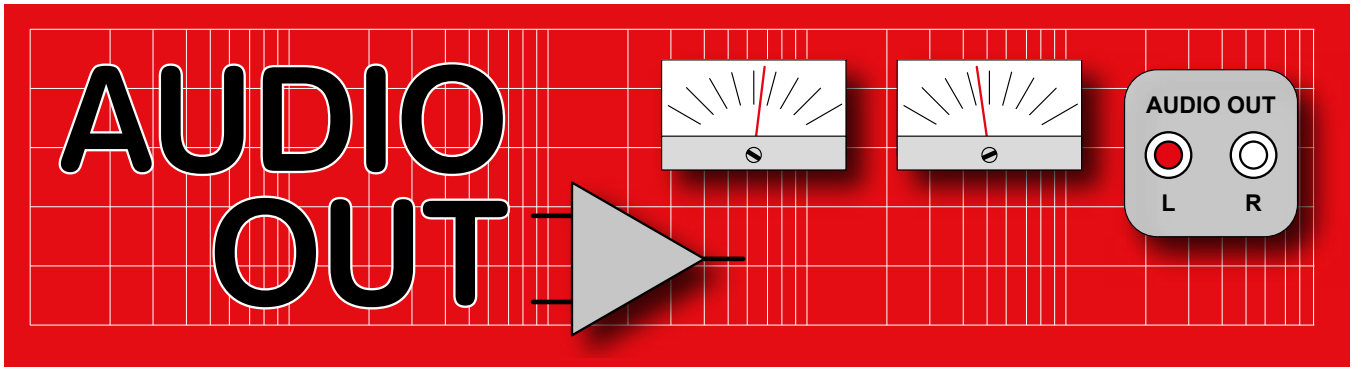
Systemy przetwarzające sygnały niskiego poziomu są również podatne na różne rodzaje zakłóceń i błędów innych niż sygnały sprzężone elektrycznie czy magnetycznie, w tym efekty mechaniczne i elektrochemiczne. Ruch i wibracje kabli mogą wytwarzać prąd elektryczny poprzez efekt tryboelektryczny – ładunki powstające w wyniku tarcia między przewodnikiem a izolatorem. W sytuacjach, w których może to stanowić szczególny problem, dostępne są kable o niskim poziomie szumów. Upewnienie się, że kable są dobrze podparte i nie są narażone na wibracje lub duże wahania temperatury, pomaga zredukować ten efekt w przypadku każdego kabla. Ruch może również generować niepożądane sygnały poprzez efekt piezoelektryczny, który występuje, gdy izolatory poddawane są naprężeniom mechanicznym. Niepożądane sygnały spowodowane ruchem i naprężeniami mechanicznymi są czasami nazywane efektami mikrofonowania, ponieważ jeśli sygnał jest słuchany, ruch (na przykład) kabla będzie słyszalny.

Baterie wytwarzają prąd elektryczny poprzez efekty elektrochemiczne. Podobne procesy mogą wystąpić, jeśli na płytkach drukowanych i zaciskach znajdują się zanieczyszczenia. Wahania wilgotności mogą wpływać na systemy czujników o bardzo wysokich impedancjach. Zanieczyszczenia (obchodzenie się z kablami i złączami) mogą również zmniejszać rezystancję izolacji, prowadząc do błędów. ■

Ian Bell

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

eprasa.pl 9025c8ced7



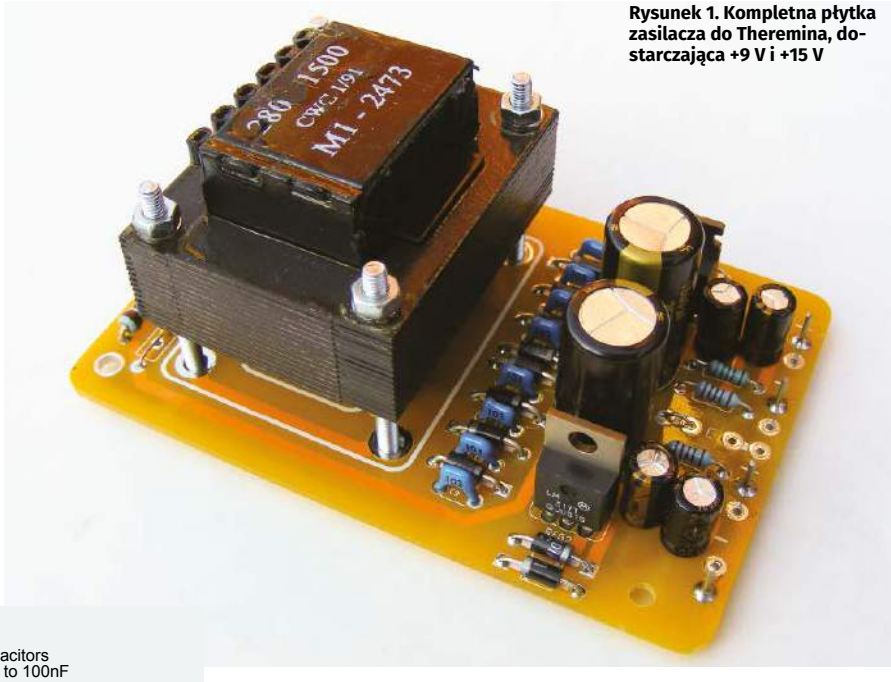
Niskoszumny zasilacz do Theremina, część 1

O nie, tylko nie kolejny zasilacz! Słyszę, jak mówisz. „Można je przecież kupić przez Internet za pięć funciaków, a ja mam takich 20, w kuchennej szufladzie". To jest prawda, jeśli te hałaśliwe, nieuziemione czarne plastikowe „brodawki" naścienne przeznaczone na wysypisko, są tym co chcesz. Podłącz taki zasilacz do Theremina, radia AM lub przedwzmacniacza Hi-Fi, a ich osiągi ulegną pogorszeniu. Thereminy wygenerują okropny brzęczący dźwięk o częstotliwości 50 Hz, ponieważ zakłócenia elektromagnetyczne (EMI) związane z siecią elektryczną, z tanich zasilaczy modulują wysokość tonu. Jeszcze gorzej jest, jeśli zasilacz jest konstrukcją impulsową.

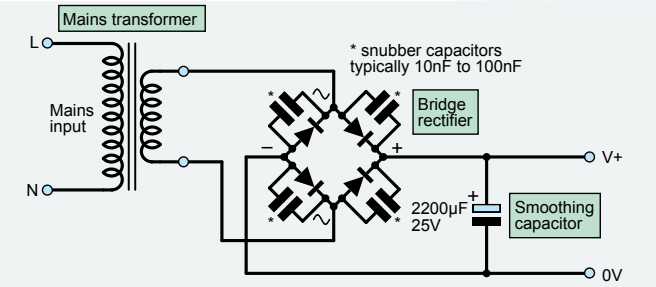
Wiele zasilaczy tego typu ma kondensatory typu Y o wartości 4,7 nF podłączone od wejścia sieciowego do linii 0 V, co gwarantuje, że Thereminy będą idealnie dopasowane. W przypadku większości urządzeń elektronicznych – takich jak komputery PC, telewizory czy drukarki – emisje w.cz. (o częstotliwości radiowej) zasilacza, nie mają znaczenia. Przepisy europejskie (CE, zwane cynicznie „chińskim eksportem") nie przejmują się zakłóceniami emitowanymi w zakresie poniżej 1 MHz. To jeden z powodów, dla których jest tak wielu rozczarowanych inżynierów od dźwięku i odbiorników radiowych niskich częstotliwości.

Konstrukcje o niskim poziomie zakłóceń

Jest jedno wyjście z tej nędzy modulacyjnej, a mianowicie budowanie własnych zasilaczy.



Rysunek 1. Kompletna płytka zasilacza do Theremina, dostarczająca +9 V i +15 V

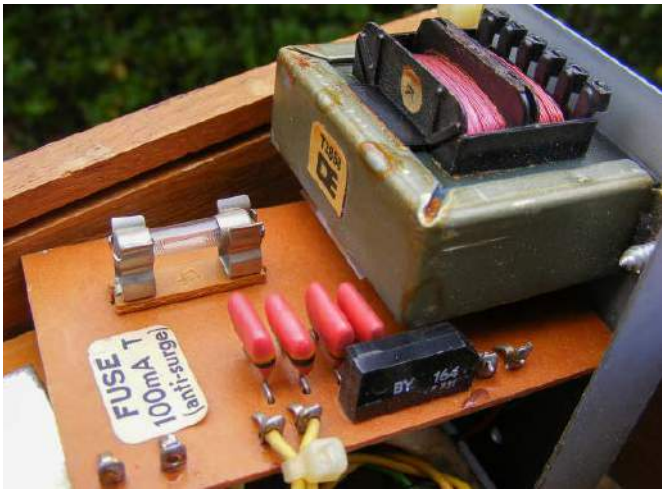


Rysunek 2. Kondensatory tłumiące podłączone do diod w mostku prostowniczym, tłumią impulsy przełączania

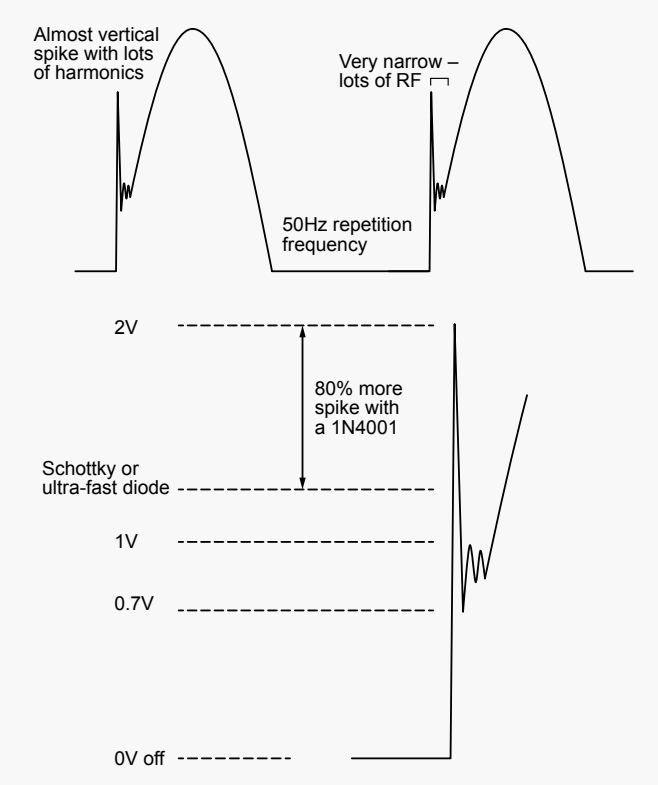
W ciszy obecnego lock-downu, wyjątkowo niski poziom szumow tego projektu, pokazanego na **rysunku 1**, będzie jeszcze bardziej zauważalny.

Najprostszym sposobem zmniejszenia wpływu EMI jest odległość, ponieważ pola podlegają prawu odwrotnych kwadratów (podwójna odległość – intensywność spada czterokrotnie (tj. dwa do kwadratu)). Chociaż nie lubię zewnętrznych zasilaczy, to nic nie zastąpi odległości jako sposobu zmniejszenia wpływu zakłóceń. Jeśli budujesz drogi

eprasa.pl 9025c8ced7



Rysunek 3. Przykład kondensatorów tłumiących ze starego radia firmy Roberts – są one niezbędne do czystego odbioru AM (fale długie/średnie)

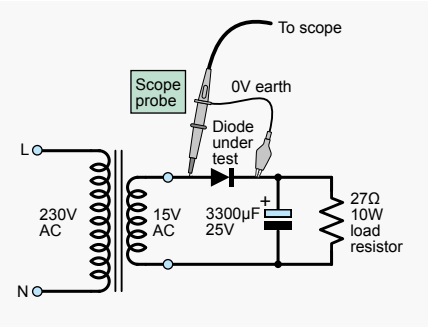


Rysunek 6. Ilustracja impulsów powstających przy przełączaniu diody

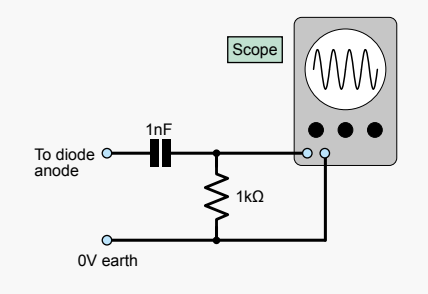
sprzęt audio/muzyczny, w którym wymaga się wewnętrznego zasilacza, to użycie ekranowanego transformatora toroidalnego jest praktycznie obowiązkowe. W przypadku Theremina umieszczonego w dużym lub długim pudełku często możliwe jest umieszczenie zasilacza oddzielnie.

W dół do ziemi

Aby zapewnić maksymalny zakres gry, Theremin powinien być uziemiony, aby zamknąć obwód pojemnościowy między dłonią a anteną. Większość zasilaczy ściennych w ogóle nie ma uziemienia; często posiadają, łatwo łamiący się plastikowy kołek w pozycji uziemienia we wtyczce (dotyczy to realiów brytyjskich). W Wielkiej Brytanii uniemożliwia to podłączanie ich do gniazdka sieciowego, co skutkuje większą ilością e-odpadów. Mój zasilacz jest – oczywiście! – uziemiony przez odpowiednie trójbolcowe gniazdo i wtyczkę sieciową.



Rysunek 4. Prosty zasilacz półfalowy używany do porównywania impulsów powstających przy przełączaniu diody prostowniczej



Rysunek 5. Filtr górnoprzepustowy na zaciskach sondy oscyloskopu odcinający 50 Hz AC („szum sieci")

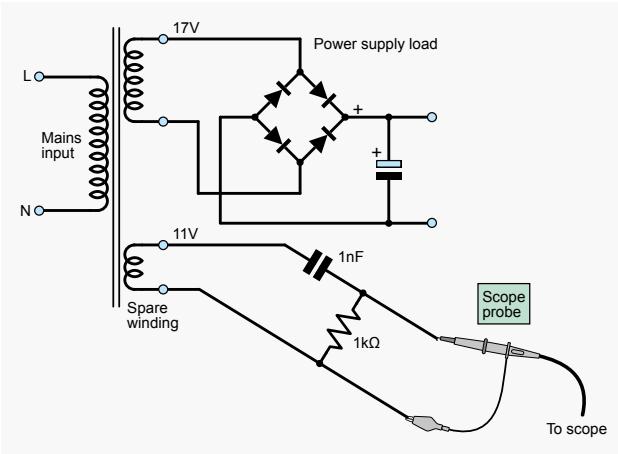
Prostowniki

W dawnych czasach odbiorników AM, diody mostka prostowniczego w zasilaczu zawsze miały podłączone równolegle kondensatory tłumiące o pojemności od około 10 nF do 100 nF (**rysunek 2**), aby zatrzymać to, co było znane jako „buczenie modulacyjne". Są one pokazane w stołowym zestawie radiowym firmy Roberts Radio Co, typu RM30 z 1978 roku na **rysunku 3**. Były one potrzebne do stłumienia zakłóceń w. cz, wytwarzanych przez ostry impuls powstający gdy dioda się wyłączała. Zawsze dodawałem nawykowo te kondensatory we wszystkich budowanych urządzeniach. Na potrzeby tego artykułu postanowiłem przeprowadzić małe śledztwo. Skoki te są wytwarzane przez zmagazynowany ładunek z rekombinacji dziur i elektronów na złączu diodowym. Efekt ten jest szczególnie wyraźny w przypadku starych powolnych diod krzemowych, takich jak dobra stara 1N4001.

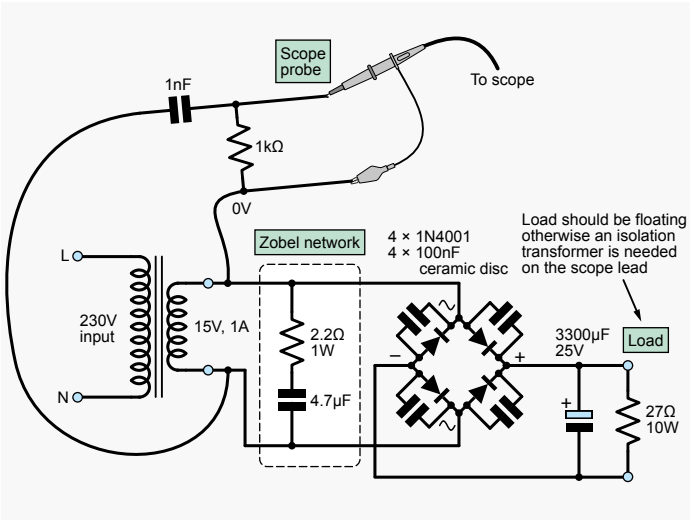
Problem ten jest szczególnie poważny w przypadku prostowania półfalowego, ponieważ transformator nie ma obciążenia przez pół cyklu, w czasie którego może „dzwonić" on bez tłumienia. Aby zbadać skoki, początkowo użyłem obwodu prostownika półfalowego pokazanego na **rysunku 4**, ponieważ potrzebuje on tylko jednej diody. Do eksperymentów łatwiej jest zmieniać jedną diodę niż cztery w prostowniku pełnookresowym. Ponadto w przypadku prostownika pełnookresowego dioda wyłączająca jest tłumiona w momencie załączenia drugiej diody, dzięki czemu efekt trwa krócej. Dobrym pomysłem, patrząc na tego typu rzeczy, jest umieszczenie filtra górnoprzepustowego składającego się z kondensatora 10 nF i rezystora 1 kΩ (fg3dB≈16 kHz) na wejściu sondy oscyloskopu, aby zablokować sygnał o częstotliwości 50 Hz, tak jak pokazano na **rysunku 5**. Wąski impuls z niską częstotliwością powtarzania wymykał się fotografowaniu na oscyloskopie analogowym, dlatego został narysowany na **rysunku 6**. Musiałem użyć transformatora izolującego na wejściu oscyloskopu, aby uniknąć prądów doziemnych w układzie z prostownikiem mostkowym, aby przyjrzeć się zakłóceniom. Jest to łatwiejsze, jeśli transformator ma podwójne uzwojenie wtórne, ponieważ oscyloskop można wtedy podłączyć do pływającego, nieużywanego uzwojenia. W ten sposób transformator sieciowy staje się własnym transformatorem separacyjnym, jak pokazano na **rysunku 7**.

Nowsze szybkie diody, takie jak UF4001 (UF oznacza ultraszybki), diody z miękką regeneracją (soft recovery) i diody

eprasa.pl 9025c8ced7



Rysunek 7. Zwykle potrzebny jest transformator izolujący, aby zobaczyć impulsy przełączania w obwodach mostkowych. Jeśli jednak transformator ma dodatkowe uzwojenie wtórne, może to zapewnić izolowane wyjście pomiarowe



Rysunek 9. Dodanie obwodu Zobla do wtórnego uzwojenia transformatora

Schottky'ego dają czterokrotnie mniejszy skok, a co za tym idzie, mniej szumów w. cz. Nadal potrzebna jest pojemność tłumiąca, choć o mniejszej wartości, w celu dalszej redukcji zakłóceń.

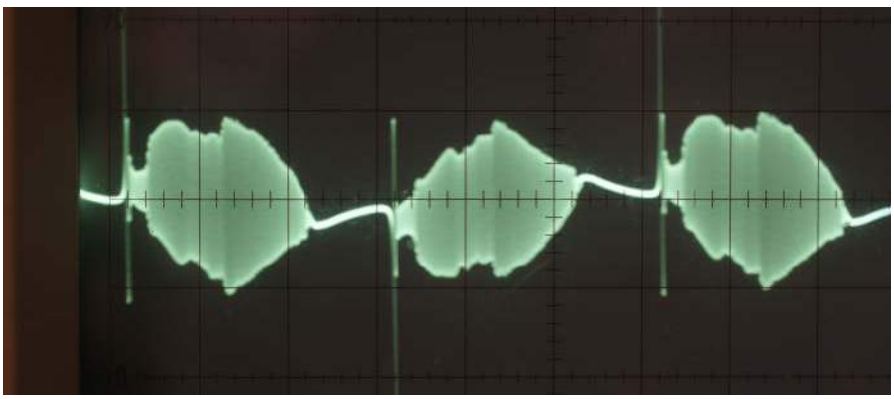
Jeśli chodzi o tłumienie tych skoków, zaskakująco tanie, „p" (paskudne) kondensatory mogą być bardzo skuteczne, ponieważ mają wysokie straty. Tak więc te wyśmiewane dalekowschdnie ceramiczne kondensatory dyskowe z warstwą barierową działają bardzo dobrze. Wielowarstwowe typy ceramiczne X7R i Y5V są również dobre. Kondensatory z folii z tworzywa sztucznego mogą wymagać rezystora szeregowego od 2,2 Ω do 100 Ω, aby zapewnić określone straty. Kondensatory powinny być podłączone równolegle do diod, aby zminimalizować indukcyjność i obszar pętli promieniowania.

Nowy szum w bloku

Przełączanie diod wzbudza również rezonans wytwarzany przez indukcyjność rozproszenia transformatora i pojemność uzwojeń (**rysunek 8**). Ma on znacznie niższą częstotliwość, zwykle od 10 kHz do 80 kHz i może być łatwo stłumione przez układ Zobla (szeregowy obwód RC) podłączony równolegle do uzwojenia wtórnego, tak jak pokazano to na **rysunku 9**. Nie wpływa to na radia i Thereminy, ale może wpływać na dźwięk, jeśli używanych jest wiele zasilaczy, powodując brzęczenie z powodu zdudnienia między ich odpowiednimi częstotliwościami. Typowe wartości to 1 Ω d o 100 Ω i 1 μF do 10 μF.

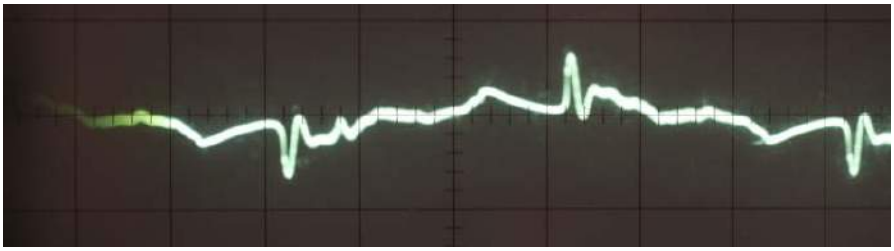
Szalony obwód

Dodanie kondensatorów tłumiących skoki bez rezystorów tłumiących zwiększa rezonanse tego transformatora. Efekt skutecznego tłumienia, uzyskany przez dodanie sieci Zobla, można zobaczyć na oscylogramie na **rysunku 10**. Z przyjemnością odkryłem, że w przypadku jednego transformatora dodanie obwodu Zobla zmniejszyło również zawartość wysokich częstotliwości w szumie mechanicznym. Używając opisanego tutaj transformatora, Zobel był skuteczny dla obu szyn, gdy był podłączony tylko do jednego uzwojenia. Dzieje się tak, ponieważ uzwojenia są silnie magnetycznie sprzężone. Stwierdzono, że sieć o elementach 2,2 Ω i 10 μF jest najbardziej efektywna, gdy jest połączona z obwodem wtórnym o niższym napięciu 11 V. Kondensator musi być niespolaryzowany i dlatego jest fizycznie duży. Można zastosować niespolaryzowany kondensator elektrolityczny, taki jak stosowany w obwodach zwrotnic głośnikowych. Ponieważ prąd płynący przez ten kondensator jest dość duży i wynosi 38 mA, można by pomyśleć, że jest to strata energii. Ponieważ jednak prąd jest przesunięty w fazie o 90° w stosunku do napięcia, rzeczywista strata mocy jest dość mała. Prąd ten można dobrze wykorzystać do zasilania diody LED, unikając wydzielania ciepła przez normalny rezystor redukcyjny, używając obwodu na **rysunku 11**. Ktoś mi ostatnio powiedział, że to typowa konstrukcja szalonego Jake'a! Zawsze lubię umieszczać taki jeden w każdym artykule, w przeciwnym razie równie dobrze zamiast niego mógłbyś czytać jakiś podręcznik. Ten konkretnie obwód Zobla jest opcjonalny, ponieważ nie jest bezwzględnie potrzebny w przypadku Theremina, ale jest opłacalny w studiach dźwiękowych, w których używanych jest wiele zasilaczy. Najlepszy jest kondensator foliowy, ale kondensator niespolaryzowany można też wykonać z dwóch ustawionych tyłem do siebie kondensatorów elektrolitycznych – Ca i Cb na rysunku 11. Uwaga połączenie szeregowe zmniejsza wypadkową wartość o połowę. Typy aluminiowe są tutaj najlepszym wyborem, ponieważ wysoki prąd tętnienia nie wysuszy ich z czasem. Trzeci kondensator C3, o wartości sześciokrotnie większej niż kondensator niespolaryzowany, działa jako pojemnościowy dzielnik napięcia. To na nim odkłada się kilka woltów, aby zasilić diodę LED. Utrzymuje również efekt obejścia dla wysokich częstotliwości.

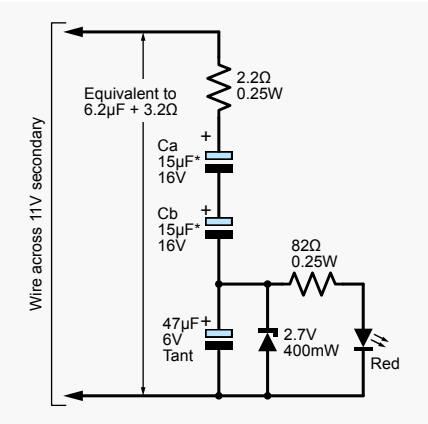


Rysunek 8. Przebieg za filtrem górnoprzepustowym z obwodu prostownika z mostkiem nietłumionym. Zwróć uwagę na „wybuchy" rezonansowe i skoki 400 mVpk-pk (100 mV/dz) Częstotliwość powtarzania 100 Hz

eprasa.pl 9025c8ced7

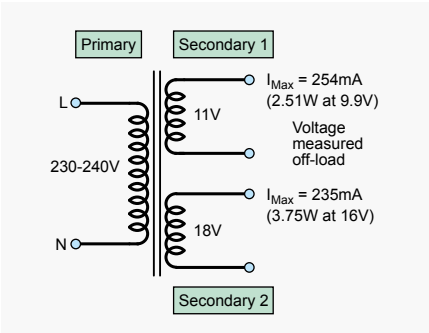


Rysunek 10. Efekt dodania obwodu Zobla – zjawiska rezonansowe są tłumione do 80 mVpk-pk i zmniejszane są skoki



Rysunek 11. Szalony obwód? Włączenie diody LED do sieci Zobla. Pozwala to uniknąć zastosowania grzejącego się rezystora ograniczającego prąd

Dioda Zenera stabilizuje napięcie na poziomie 2,7 V, aby zasilać diodę LED przez rezystor R2 ograniczający prąd. W cyklach ujemnych Zener działa jak normalna dioda, ograniczając napięcie wsteczne do 0,7 V. Oznacza to, że można użyć zwykłego kondensatora spolaryzowanego. Ponieważ większość prądu go omija, nadaje się do tego kondansator tantalowy. R1 ustawia tłumienie i ogranicza wszelkie prądy udarowe przy włączaniu.



Rysunek 12. Podany transformator ma dwa uzwojenia wtórne

Transformator w ofercie specjalnej!

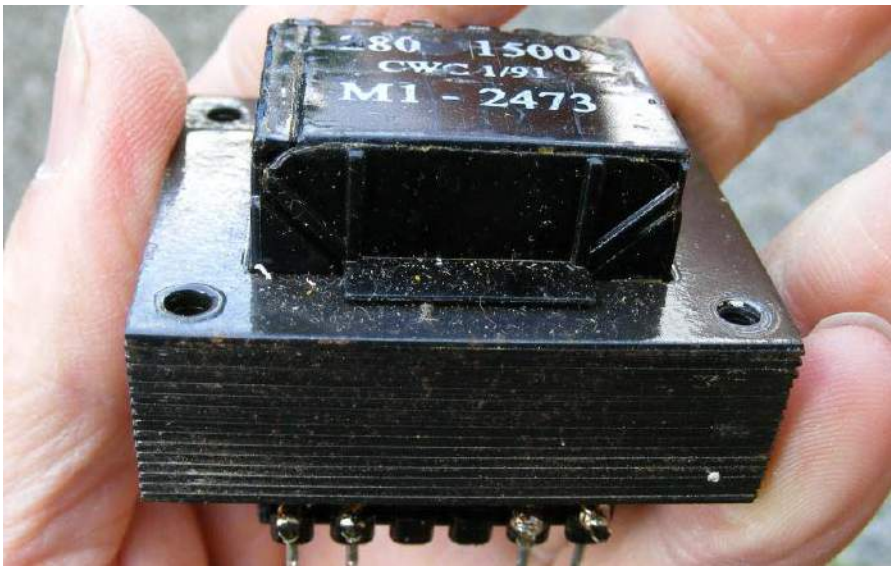
Jeśli jest jedna rzecz, której nienawidzę, to jest to złomowanie doskonale brzmiących komponentów. Kupiłem cały ładunek transformatorów sieciowych w cenie złomu, które były wyrzucane, ponieważ nie miały wbudowanego wyłącznika termicznego. Wyrzucam do kosza więcej transformatorów z powodu przypadkowych awarii tych bezpieczników termicznych (które często są osadzone wewnątrz uzwojeń a więc są praktycznie niereperowalne) niż z jakiejkolwiek innej przyczyny. Zawsze upieram się przy zewnętrznych zabezpieczeniach, ktore można wymienić. Ruch „Prawo do naprawy" zyskuje na popularności i miejmy nadzieję, że takie praktyki jak wbudowane bezpieczniki zostaną zakazane. Transformatorów tych nam nie zabraknie, ponieważ projektant PCB Mike Grindle i ja mamy ich na stanie ponad 200 sztuk. A nawet jeśli się nam skończą, to Mike szybko zmodyfikuje płytkę PCB pod nowy transformator.

Zastosowany transformator ma dwa uzwojenia wtórne o różnych napięciach, jak pokazano na **rysunku 12**. Płytka ma więc zapewnione dwa oddzielne obwody zasilania. Alternatywnie, dwa uzwojenia wtórne można połączyć szeregowo, aby uzyskać pojedyncze zasilanie o wyższym napięciu. Sam transformator pokazano na **rysunku 13**.

Możliwe jest połączenie dwóch dodatnich źródeł zasilania w celu uzyskania dwuszynowego zasilania plus i minus z centralną masą, jak pokazano na **rysunku 14**. Nie jest to tak dobre rozwiązanie, jak właściwe zasilanie dwuszynowe z ujemnym stabilizatorem napięcia. Odniesienie 0 V może skakać, jeśli zbyt duży prąd przepływa z „szyny ujemnej" do masy. Dzieje się tak, ponieważ impedancja wyjściowa regulatora jest połączona szeregowo z linią masy. W ten sposób pierwotnie zasilano wczesne obwody wzmacniacza operacyjnego; po prostu zaprojektowaliśmy go tak, aby prąd nigdy nie był odprowadzany do masy. Zawsze projektowano tak, aby przejść z jednej szyny na drugą. Jest to nadal dobra praktyka, chyba że obwód masy jest nadprzewodzący.

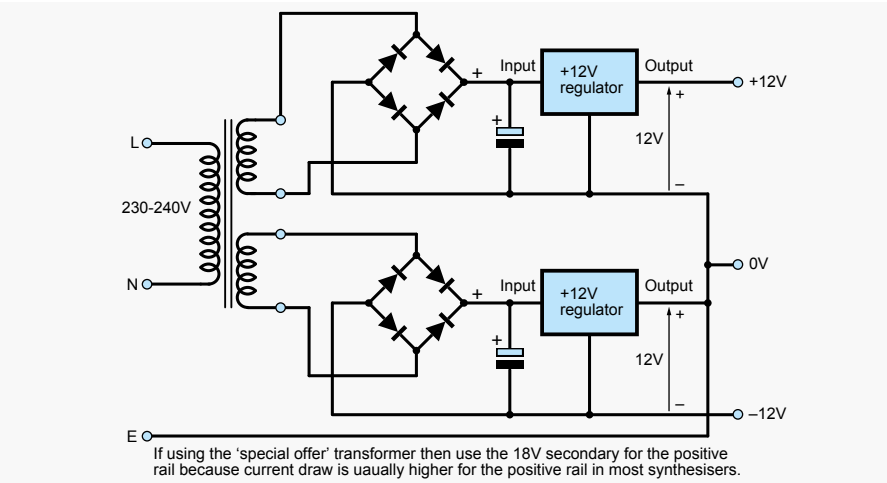
Specyfikacja transformatora

Używając nadwyżek komponentów bez pisemnej specyfikacji (takich jak ten), ważne jest, aby dokonać pewnych pomiarów. Pierwszym aspektem, który należy wziąć pod uwagę, jest fizyczny rozmiar transformatora, który daje pewne wskazówki dotyczące mocy znamionowej. Jest ona zwykle określana dla transformatorów w woltoamperach (VA), a nie watach (W), ponieważ prąd jest pulsujący podczas zasilania prostownika z filtrem pojemnościowym. Większość małych transformatorów sieciowych jest zbudowana ze standardowych rozmiarów blach transformatorowych, więc patrząc na katalogi Danbury i Vigortronix ustaliłem, że było to około 8 VA. Małe transformatory, takie jak ten, generalnie mają współczynnik regulacji (o ile spada napięcie przy prądzie pełnego obciążenia) wynoszący 22%, więc prąd znamionowy uzwojeń wtórnych można określić, obciążając je dużymi rezystorami drutowymi, aż do osiągnięcia oczekiwanego napięcia. Wreszcie, transformator powinien pozostać włączony przez długi czas



Rysunek 13. Te znakomite transformatory miały trafić do śmietnika – nie ma w nich nic złego i idealnie nadają się do naszego zasilacza Theremina

eprasa.pl 9025c8ced7



Rysunek 14. Połączenie dwóch dodatnich regulatorów w celu uzyskania zasilacza symetrycznego

przy szacowanym pełnym obciążeniu, aby upewnić się, że nie nagrzeje się on zbytnio. Powyżej około 70°C to jest już za gorąco; jeśli w powietrzu unosi się zapach spalonego lakieru poliuretanowego, to zdecydowanie czas go wyłączyć.

Wyniki pomiarów posiadanego transformatora:

- Wymiary (mm): 47×36×40 (szer. × dł. × wys.)
- Ciężar (g): 250
- Napięcia bez obciążenia: 18 V i 11 V.
- Napięcia pod obciążeniem (przy maksymalnym prądzie):
- Uzw. 1: 16 V przy 235 mA, obciążenie 68 Ω
- Uzw. 2: 9,9 V 254 mA, obciążenie 39 Ω.

Z uzwojeniami wtórnymi połączonymi szeregowo, uzyskano 26 V przy obciążeniu 240 mA, wzrost temperatury wyniósł 45°C powyżej temperatury otoczenia.

Od Red. EdW: Opisany transformator nie ma bezpośredniego odpowiednika katalogowego. Zbliżony do niego, to TS 10/36 o parametrach uzwojeń: 21.6 V/270 mA i 10.3 V/480 mA. W przypadku jego użycia wymagane by było zastosowanie diod Schottky'ego w mostku prostowniczym. Transformator należy przyłączyć do odpowiednich punktów na płytce drukowanej.

W następnym miesiącu

To już koniec tego odcinka. Jak widać, nawet proste zasilacze potrafią być skomplikowane, a raczej wymagają staranności i przemyślenia na etapie projektowania. W przyszłym miesiącu zbudujemy układ zasilacza. ■

Jake Rothman

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

Wakacyjny Quiz 02 – Tranzystory

Rozwiąż na www.elportal.pl/quizy i zamów bezpłatną prenumeratę EdW z dostępem do wydań archiwalnych na www.ulubionykiosk.pl/prenumerata

1. Czym jest tranzystor?
- ☐ Przenośnym odbiornikiem radiowym
- ☐ Elementem półprzewodnikowym służącym do przełączania i wzmacniania
- ☐ Elementem do magazynowania energii

2. Jakie są główne rodzaje tranzystorów?
- ☐ Tranzystory NPN i PNP
- ☐ Tranzystory analogowe i cyfrowe
- ☐ Tranzystory bipolarne i unipolarne

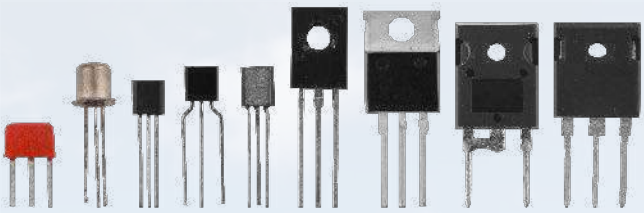
3. Jakie są dwa złącza tranzystora bipolarnego?
- ☐ emiter – kolektor, baza – kolektor
- ☐ emiter – baza, kolektor – emiter
- ☐ emiter – baza, kolektor – baza

4. Jakie są trzy podstawowe konfiguracje pracy tranzystora bipolarnego w układach wzmacniających?
- ☐ bazowa, emiterowa, kolektorowa
- ☐ z otwartym kolektorem, emiterem lub bazą
- ☐ WE, WB, WC

5. Co oznaczają skróty NPN i PNP w tranzystorach bipolarnych?
- ☐ Typ przewodnictwa (p lub n) warstw emitera – bazy – kolektora
- ☐ NPN – Negatywny Polarny Napięcie
  PNP – Pozytywny Polarny Napięcie
- ☐ NPN – Napięcie Polarny Napięcie
  PNP – Polarny Negatywny Polarny

6. Jaki jest najważniejszy parametr tranzystora bipolarnego?
- ☐ Wzmocnienie napięciowe
- ☐ Wzmocnienie prądowe
- ☐ Pojemność wejściowa

7. Co to jest tranzystor epiplanarny?
- ☐ Tranzystor wytwarzany w technologii planarnej z epitaksją
- ☐ Tranzystor planarny w kształcie litery П
- ☐ Tranzystor w technologii przedplanarnej



8. Jakie są podstawowe rodzaje tranzystorów unipolarnych?
- ☐ Tranzystory z kanałem N
- ☐ Tranzystory z kanałem P
- ☐ Tranzystory polowe złączowe (JFET) i tranzystory z izolowaną bramką (IGFET)

9. Jaki jest podstawowy rodzaj tranzystorów IGFET?
- ☐ BiFET
- ☐ MOSFET
- ☐ DMOS

10. Na jakie dwa rodzaje dzieli się tranzystory MOSFET?
- ☐ z kanałem zubożonym i kanałem wzbogaconym
- ☐ krzemowe i germanowe
- ☐ analogowe i cyfrowe

11. Co to jest napięcie progowe UT tranzystora MOSFET?
- ☐ Napięcie, którego przekroczenie powoduje przebicie
- ☐ Napięcie bramka – źródło, którego przekroczenie powoduje powstanie kanału przewodzącego
- ☐ Napięcie bramka – źródło, które powoduje zablokowanie tranzystora

12. Czym jest transkonduktancja gm tranzystora unipolarnego?
- ☐ Miarą zależności napięcia drenu od prądu bramki
- ☐ Miarą zależności napięcia bramki od prądu bramki
- ☐ Miarą zależności przyrostów prądu drenu od małych przyrostów napięcia bramka – źródło

eprasa.pl 9025c8ced7

Wprowadzenie do technologii montażu powierzchniowego, część 3

W poprzednim odcinku przyjrzeliśmy się, jak wybierać komponenty SMD (surface-mount device) do projektów. Zaczęliśmy od najprostszych elementów biernych, takich jak rezystory i kondensatory. W ostatnim odcinku tego cyklu artykułów przejdziemy do bardziej skomplikowanego zadania, jakim jest wybór układów scalonych i tranzystorów.

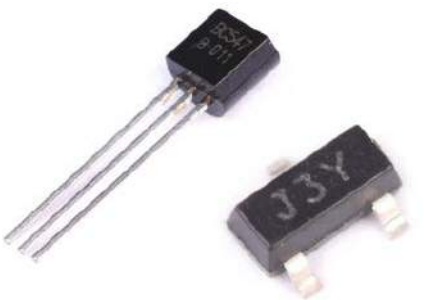
Po pierwsze, obalmy powszechny mit. SMD nie są „inne" od elementów przewlekanych; w większości przypadków elektronika wewnątrz komponentu, ten kawałek krzemu, na którym zbudowany jest układ scalony, czy tranzystor, jest identyczny. Różnica polega po prostu na obudowie, w jakiej są dostarczane, oraz na końcówkach, które łączą ten kawałek krzemu ze światem zewnętrznym. Możesz zapytać: „Dlaczego mają różne rozmiary obudów?". Jest kilka powodów.

Obudowy

Komponenty przewlekane są popularnym wyborem dla inżynierów od dziesięcioleci, ponieważ są logicznym ulepszeniem wcześniejszych technologii opartych na rozwiązaniach okablowania punkt-punkt z ery lamp elektronowych. W miarę obniżania napięć roboczych w układach z setek woltów (przy użyciu lamp) do 12 V lub niższych w nowoczesnych układach tranzystorowych, wielkość obudów komponentów mogła być zmniejszona; jednym z powodów było to, że układy nie wymagały dużych szerokości ścieżek i odstępów w celu uniknięcia przebicia napięciowego. Tak jak ulepszenia w technologii półprzewodników przyniosły niższe napięcia robocze, tak samo zmniejszyły pobór prądu, przynajmniej w przypadku urządzeń cyfrowych. Kilka szczególnych elementów półprzewodnikowych nadal przełącza wysokie napięcia i duże prądy, ale są one rzadko stosowane w praktyce hobbysty.

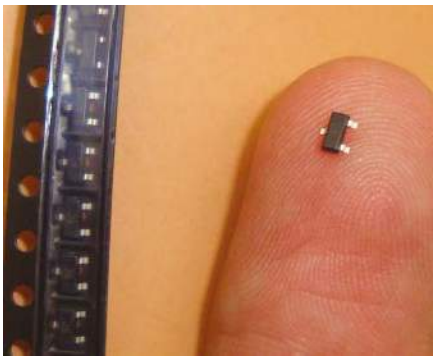
Obniżenie napięcia i poboru prądu przez elementy spowodowało również zmniejszenie średnicy przewodów łączących powierzchnię krzemu z pinami w obudowie elementu. Skoro obwody, do których podłączane są te elementy mają cienkie ścieżki, to również obudowy, w których umieszczane są te elementy, mogą być małe. **Rysunek 1** pokazuje dla przykładu – BC547 w znanej obudowie TO92, a także w obudowie SMD SOT23. Ten sam element, ale połączenia z końcówkami obudowy są różne. Jak widać na **rysunku 2**, oba zdjęcia obudów z rysunku 1 nie są pokazane w tej samej skali! Oba te tranzystory są nadal produkowane w dużych ilościach i na oba jest duże zapotrzebowanie.

Dlaczego więc znacznie mniejszy i tańszy wariant SMD nie sprawił, że starszy element w wersji przewlekanej nie stał się przestarzały, tak jak lampy elektronowe? Komponenty przewlekane nadal mają duży udział w globalnym przemyśle elektronicznym. Stare projekty produktów wykorzystujące komponenty przewlekane nadal działają, nadal są wartościowe, więc po co zmieniać? Przykłady obejmują automaty biletowe na stacjach kolejowych, elektroniczne bramki dostępu i systemy alarmów przeciwpożarowych, aby wymienić tylko kilka. Jak mówi powiedzenie: „Jeśli coś nie jest zepsute, nie zmieniaj tego!" i na całym świecie jest wiele systemów elektronicznych, które zostały zaprojektowane 30 lat temu i nadal mają wartość użytkową.



Rysunek 1. Dwa warianty tego samego tranzystora BC547, ale w bardzo różnych skalach

Istnieją pewne szczególne przypadki, w których komponenty przewlekane wciąż dominują w nowoczesnych projektach. Głównym



Rysunek 2. Tranzystor SMD w rzeczywistych wymiarach

eprasa.pl 9025c8ced7

przykładem są systemy wysokoenergetyczne, gdzie tranzystory przełączające bardzo duże prądy, takie jak regulatory ogrzewania, wymagają grubych przewodów do przepuszczania dużych prądów. Jednak dla większości projektów hobbystycznych, obsługa bardzo dużych prądów rzadko jest wymogiem projektowym.

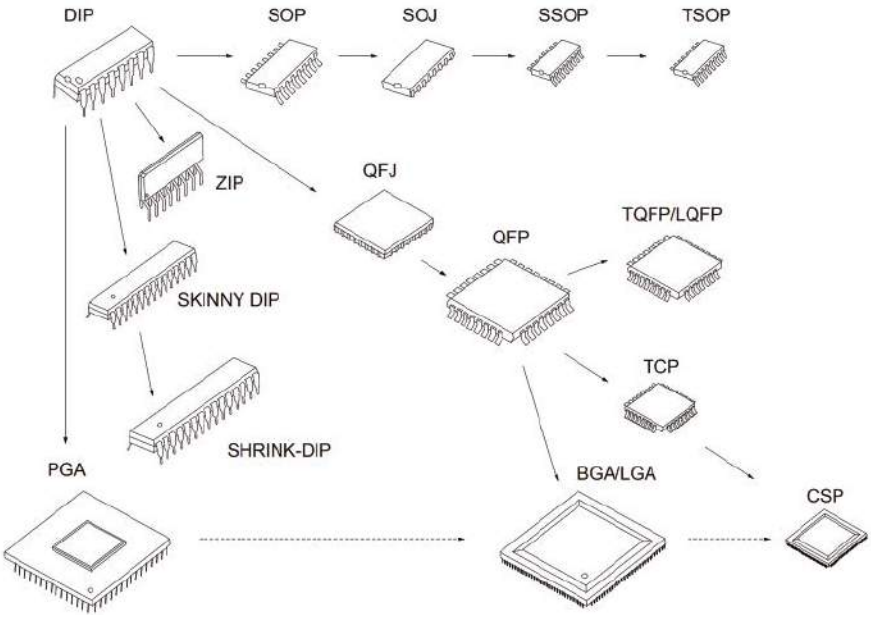
Zapotrzebowanie na SMD

Przejście na komponenty SMD było napędzane przez rynek elektroniki użytkowej, a konkretnie urządzeń audio, komputerowych i komunikacyjnych, gdzie bardzo duże prądy nie są istotnym czynnikiem (oczywiście z wyłączeniem układów wzmacniaczy mocy), a sama ilość potencjalnej sprzedaży napędzała badania, zarówno akademickie, jak i w ramach przemysłu, w celu poprawy efektywności produkcji elektroniki, gdzie efektywność mierzy się nie tylko kosztem, ale także niezawodnością, rozmiarem, wagą oraz łatwością i szybkością produkcji.

Te badania i innowacje spowodowały potrzebę szybkiego umieszczania elementów na płytkach PCB. Istniały już maszyny, które mogły umieszczać elementy zakończone przewodami na płytce PCB, odcinać przewody i przepuszczać te płytki przez wannę lutowniczą. Technologia opracowana w celu umieszczania elementów zakończonych drutem na płytkach PCB jest niesamowita. Obejrzyj film na YouTube, aby zobaczyć ją w praktyce: https://youtu.be/ZFy0b-Jw4Ec.

Jednak sprytne urządzenia do montażu elementów w otworach przelotowych są stosunkowo powolne i podatne na błędy, a popyt na produkcję urządzeń elektronicznych wzrasta, zatem możliwość przejścia na obudowy komponentów, które można łatwiej umieszczać maszynowo, stała się celem na skalę światową. Międzynarodowe standardy i współpraca szybko doprowadziły nas do miejsca, w którym jesteśmy teraz, z nowymi typami obudów – bez przewodów – i nowymi maszynami produkcyjnymi do ich obsługi.

Rysunek 4. Płytki SMD breakout są nowym przyjacielem hobbystów!



Rysunek 3. Trendy w zakresie obudów IC od klasycznych DIP do różnych odmian SMD (rysunek: Microchip)

Osobiście uważam, że to połączenie międzynarodowej współpracy z zapotrzebowaniem konsumentów sprawiło, że przejście na produkcję SMD było możliwe w tak krótkim czasie. Zaledwie kilka dekad.

Ogólny trend w dziedzinie obudów IC można zobaczyć na **rysunku 3**. Komponenty w dolnym rzędzie są poza zasięgiem zwykłych zastosowań hobbystycznych, ponieważ wymagają drogich 4-warstwowych lub więcej płytek PCB, drogich narzędzi projektowych CAD i dużego doświadczenia. Są to zazwyczaj urządzenia wysoce specjalistyczne, więc unikając ich nie tracimy wiele.

Podczas gdy komponenty przewlekane zostały uzupełnione przez elementy do montażu powierzchniowego i nadal są dostępne w obu typach obudów, niektóre nowe elementy są dostępne tylko w wersji SMD. Dzieje się tak dlatego, że montaż powierzchniowy zapewnia wyjątkowe korzyści. Krótsze długości wyprowadzeń oznaczają, że elementy mogą pracować z wyższymi częstotliwościami, co może być korzystne dla części radiowych o wysokiej częstotliwości lub szybkich mikrokontrolerów. Niektóre elementy są przeznaczone do konkretnych zastosowań – jak smartfony czy komputery osobiste – więc nie ma sensu oferować ich w starszych rodzajach obudów. Z drugiej strony, w przypadku regulatora napięcia może mieć sens oferowanie części w obu rodzajach obudowy, ale w przypadku czegoś takiego jak chip aparatu fotograficznego lub układ pamięci Flash, docelowe zastosowania nie obejmują starych technik produkcji.

Tak więc, gdy na rynku pojawiają się interesujące układy scalone, naszym wyborem jako hobbystów jest albo nauczenie się nowych technik lutowania, albo poleganie na takich firmach jak Adafruit czy Sparkfun, które produkują małe, proste płytki „plug-in", na których nie ma nic poza układem scalonym i jego niezbędnymi elementami. Jeśli nie masz zbyt dużo miejsca w swoim projekcie, to takie podejście jest jak najbardziej uzasadnione – jest wielu dostawców z dalekiego wschodu, którzy udostępniają takie płytki „break-out" na eBayu właśnie w tym celu. **Rysunek 4** pokazuje typową płytkę dostępną w firmie Sparkfun. Tylko układ scalony i dwa kondensatory, ale z 0,1-calową listwą nagłówkową SIL pozwalającą na umieszczenie jej na zwykłej płytce eksperymentalnej. Dwa otwory montażowe pozwalają na zamocowanie jej w obudowie projektu.

Niezależnie od obudowy, pewne rzeczy nigdy się nie zmieniają. Niezależnie od tego, czy kupujesz układ scalony, czy płytkę drukowaną, wciąż stajesz przed tym samym problemem – czy ten element jest odpowiedni dla Twojego projektu i czy będzie łatwo współpracować z innymi komponentami? Aby to ocenić, będziesz musiał zagłębić się w arkusz danych producenta.

Datasheets

Karty katalogowe mają dość standardowy format, zawierają podobne informacje nawet w przypadku różnych typów technologii komponentów. Informacje te można podsumować jako:

eprasa.pl 9025c8ced7

- przegląd funkcji,
- zestawienie wariantów elementów,
- wartości bezwzględnie maksymalne,
- szczegółowy opis działania,
- układ aplikacyjny odniesienia,
- charakterystyka AC/DC,
- temperatura – zawsze ma wpływ,
- specyfikacje obudowy komponentu,
- specyfikacje opakowań wysyłkowych.

Niektóre z tych sekcji są oczywiste. Zainteresujmy się sekcjami, które są mniej oczywiste.

Warianty elementów

W tej sekcji wyszczególniono różne produkowane warianty elementu, które są dostępne. W przypadku mikrokontrolerów może to być rozmiar pamięci, liczba pinów I/O, a nawet maksymalna częstotliwość pracy. Nierzadko zdarza się, że niektóre funkcje wymienione w arkuszu danych nie są dostępne w wariantach o mniejszej liczbie pinów, więc należy zachować ostrożność przy wyborze obudowy. Każdy wariant elementu będzie miał unikalny kod zamówienia, który będzie podany w karcie katalogowej.

Absolutne wartości maksymalne

Parametry te wymieniają napięcia, częstotliwości i zakres temperatur, poza którymi jest niemal pewne, że element ulegnie zniszczeniu lub nie będzie funkcjonować. Mikrokontroler 5 V może mieć absolutnie maksymalne napięcie pracy 6,5 V. Nigdy nie projektuj swojego urządzenia pod kątem eksploatacji dla wartości maksymalnych zawartych w tej części arkusza danych.

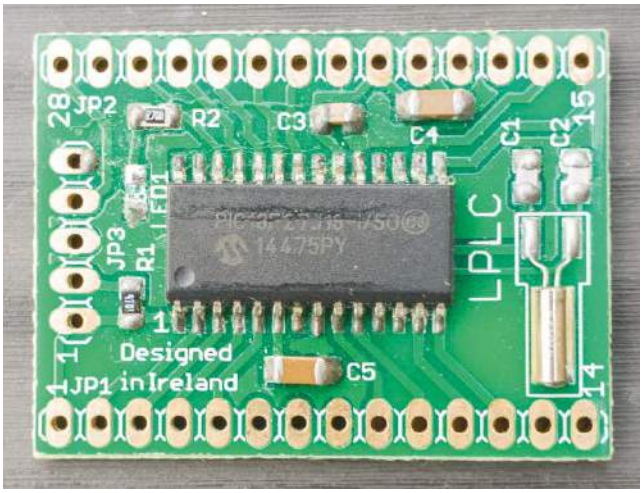
Charakterystyka AC/DC

W tej części producent podaje przykłady, jak będą wyglądały parametry pracy podczas użytkowania elementu. Będzie to m.in. pobór prądu i maksymalna prędkość pracy, zwykle podawane przy różnych napięciach i temperaturach. Ta sekcja jest krytyczna dla zrozumienia, na przykład, jakiej wielkości baterii lub zasilacza będziesz potrzebował do zasilania swojego układu.

Przegląd funkcji

To jest mięso arkusza danych; jest to sekcja, z którą musisz być w pełni zaznajomiony przed wyborem elementów do swojego układu. To jak długa jest ta sekcja zależy od złożoności komponentu. Na końcu tego artykułu wymieniliśmy przekrój arkuszy danych elementów, począwszy od siedmiostronicowego arkusza danych tranzystora, poprzez 40-stronicowy arkusz danych wzmacniacza operacyjnego LM358, aż do 600-stronicowej (!) specyfikacji mikrokontrolera.

20 lat temu trzeba by było dokładnie znać każdą stronę tego 600-stronicowego dokumentu, ale w ostatnich czasach branża poszła w kierunku uproszczenia pracy projektanta. Karty katalogowe zazwyczaj zawierają przykładowy układ aplikacyjny, który niezmiennie staje się punktem wyjścia dla projektantów. W przypadku prostych układów często tworzy to kompletny projekt elektryczny dla Twojego projektu. Nie jest też rzadkością, że podany jest zalecany projekt PCB, zwłaszcza dla układów scalonych mocy, audio lub RF. Gdy podany jest zalecany projekt PCB, należy zawsze stosować się do niego tak ściśle, jak to możliwe; z naszego doświadczenia wynika, że określenie „obowiązkowy" byłoby lepsze niż „zalecany".



Rysunek 5. Ręcznie umieszczone elementy SMD i ręczne lutowanie

Bardziej skomplikowane układy scalone będą miały oddzielne noty aplikacyjne, które zapewniają projektowanie kompletnych produktów referencyjnych, całkowicie dozwolonych do skopiowania w profesjonalnych projektach. Twoim obowiązkiem jest upewnienie się, że układ działa w twojej rzeczywistej aplikacji, ale często 90% pracy projektowej jest wykonywane dla Ciebie, w tym kod źródłowy dla oprogramowania do korzystania ze złożonych obudów peryferyjnych układu scalonego, ponownie z przykładowymi projektami produktów, bezpłatnie do użytku.

Ostatnia uwaga dotycząca arkuszy danych: niektóre komponenty są „generyczne", co oznacza, że są produkowane przez różnych producentów, więc należy uważać, aby przeczytać arkusz danych rzeczywistego producenta elementu, którego używasz. Stabilizatory napięcia, timery 555 i wzmacniacze operacyjne 358 to tylko kilka przykładów układów dostarczanych przez różnych producentów. Subtelne różnice, na przykład w szczytowym napięciu roboczym lub poborze prądu spoczynkowego, są normalne i mogą mieć wpływ na Twój projekt, więc pamiętaj, aby spojrzeć na właściwą kartę katalogową producenta.

Montaż PCB z SMD

Ogólnie rzecz biorąc, podczas tworzenia płytki PCB z elementami SMD będziesz używał programu CAD. Na przykład do projektowania płytki można użyć popularnych (i darmowych) aplikacji, takich jak EagleCAD lub KiCAD. Narzędzia te dostarczają standardowych bibliotek komponentów, ale należy pamiętać, że istnieje wiele różnych rozmiarów padów dostępnych dla danego rozmiaru komponentów, takich jak rezystory i kondensatory 0805. Istnieją normy ISO, które definiują duże,

REKLAMA

eprasa.pl 9025c8ced7

średnie i małe rozmiary – oczywiście są to pojęcia względne! Dostawca komponentów zawsze będzie miał swoje własne specyficzne zalecenia projektowe w arkuszu danych.

W przypadku projektów o dużej gęstości komponentów oraz w celu zminimalizowania ryzyka niepowodzenia w lutowaniu, projektant zazwyczaj stosuje się do zaleceń dostawcy komponentów. Omówi on proponowany układ projektu z firmą montującą PCB, z której zamierza skorzystać, aby zapewnić, że projekt najlepiej wykorzystuje maszyny, które będą używane do lutowania komponentów. Jako hobbyści nie jesteśmy zobowiązani do skupiania się na wysokonakładowej produkcji naszych projektów; chcemy, aby były one tak łatwe do ręcznego lutowania, jak to tylko możliwe. Mając to na uwadze, należy stosować takie rozmieszczenie elementów, które pozostawia odsłoniętą miedź na podkładce, co ułatwia dostęp do niej za pomocą lutownicy. **Rysunek 5** pokazuje płytkę zaprojektowaną przez autora, która została zmontowana ręcznie. Zwróć uwagę na dużą ilość lutu na podkładkach C5; ręczne lutowanie tego elementu zajęło zaledwie kilka sekund.

Rysunek 5 podkreśla jeszcze jeden ważny punkt w projektach płytek wykorzystujących rozmieszczenie elementów SMD. Kondensatory otaczające układ scalony znajdują się blisko niego, tak jak to jest wymagane. Mogłyby być znacznie bliżej, ale gdyby były, utrudniłoby to lutowanie do pinów układu scalonego bez powodowania zwarć. Nawet przy takiej konstrukcji trzeba było najpierw ręcznie umieścić IC, aby kondensatory nie ograniczały dostępu do niego lutownicą.

Organizacja elementów podczas montażu jest kluczowa. Jedynie rezystory są dostarczane z wyraźnym oznaczeniem wartości, kondensatory w większości nie. Na **rysunku 6** widać autora przygotowującego się do montażu kilku identycznych płytek PCB. Części są montowane w „partiach" elementów, aby zminimalizować bałagan na stole warsztatowym; każdy element umieszczony jest w pojemniku, wyraźnie oznaczony. Pęseta jest używana do wybierania elementów z każdego pojemnika, umieszczania ich na płytce PCB i lutowania. Jeśli jakiś element zostanie upuszczony, nie trać czasu na szukanie go – wybierz inny!

W przypadku montażu powierzchniowego, gdy potrzebna jest pomoc wzrokowa, najlepszym rozwiązaniem jest położenie płytki płasko pod mikroskopem lub lupą i przymocowanie jej w miejscu za pomocą taśmy maskującej lub blue-tack. Podczas montażu kilku płytek o tym samym wzorze zazwyczaj uciekamy się do zbudowania prostego przyrządu z drewna balsa. Przyrząd ten jest przyklejany na miejscu, a płytka drukowana wkładana do wgłębienia. Działa to bardzo dobrze, jest tanie i łatwe do wykonania. Ścianki szablonu są przyklejone na miejscu za pomocą super-glue, więc szablon może być wykonany w ciągu kilku minut.

Rysunek 6. Organizacja ma kluczowe znaczenie przy montażu PCB z elementami SMD

Wybór zaawansowany

Gdy przechodzisz od projektów hobbystycznych do profesjonalnego projektowania płytek i tworzenia produktów, pojawiają się dodatkowe wymagania. Ważne jest, aby zrozumieć, czy część, którą wybierasz, spełnia standardy krajów, w których będziesz sprzedawać produkt – na przykład, czy komponent jest bezołowiowy (zgodny z ROHS), czy jest dostępny w szpulach, a jeśli tak, to czy te szpule będą pasować do maszyn Twojego producenta? Wszystkie te informacje są dostępne w arkuszu danych lub dokumentach, do których arkusz danych się odnosi.

Szpule komponentów są zawsze dostarczane w hermetycznych opakowaniach. Jeśli komponent SMD jest wystawiony na działanie powietrza, wilgoć może wkraść się do wnętrza obudowy i potencjalnie zniszczyć komponent podczas gwałtownego podgrzewania w piecu do lutowania SMD. Stopień wrażliwości na wnikanie wilgoci jest związany z konstrukcją obudowy elementu i jest zawsze podany w arkuszu danych. Z reguły nigdy nie otwieramy zapieczętowanych opakowań komponentów przeznaczonych dla naszego producenta!

Podsumowanie

Trendem w przemyśle jest kontynuacja produkcji małych, blisko zmontowanych układów scalonych, które nadal będą stanowić wyzwanie dla hobbystów. Na szczęście globalny rynek hobbystów jest na tyle duży, że dla producentów elektroniki opłacalne jest dostarczanie płytek break-out dla szerokiej gamy egzotycznych układów scalonych, więc my hobbyści nie będziemy wykluczeni z korzystania z najnowszych osiągnięć technologii układów scalonych. ■

Mike Hibbett

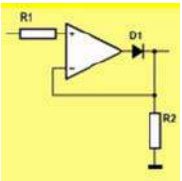
Odniesienia do kart katalogowych
1. https://tiny.pl/cxwrg
2. https://tiny.pl/cxwr7
3. https://tiny.pl/cxwr9
4. https://tiny.pl/cxwrw

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

eprasa.pl 9025c8ced7

Praktyczny kurs op-ampów

17. Idealna dioda



Dioda nie ma liniowej charakterystyki I/U. Jej opór wewnętrzny zależy od napięcia na elemencie. Włączenie diody do sprzężenia zwrotnego op-ampa tworzy diodę idealną. Obwód, który idealnie nadaje się do prostowania bardzo małych napięć zmiennych.

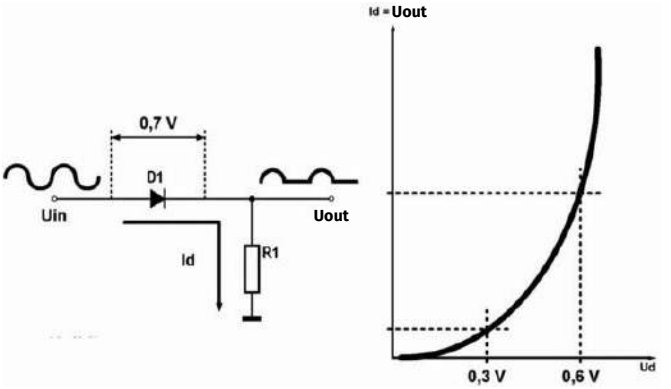
Prostowanie napięć zmiennych

Dotychczas zajmowaliśmy się zastosowaniami op-ampa jako wzmacniacza, generatora sygnału, komparatora i detektora. Teraz przybliżymy Ci ważny obszar zastosowań współczesnych opampów: prostowanie i wszystko, co z nim związane.

Zabieramy się za prostowanie!

Ogólnie rzecz biorąc, prostowanie oznacza przekształcanie napięcia zmiennego w napięcie stałe. Można to zrobić na różne sposoby. Wszystkie metody mają swoje konkretne zastosowania, które poznamy w kolejnych eksperymentach.

Kto mówi prostowanie, myśli o diodzie. Dioda to rzeczywiście element elektroniczny, który idealnie nadaje się do prostowania napięć zmiennych. Dioda jest rodzajem zaworu: jeśli katoda jest bardziej ujemna niż anoda, element przewodzi. Jeśli napięcie się odwróci, dioda nie przewodzi. Dioda jest więc rodzajem przełącznika, który otwiera się lub zamyka w zależności od biegunowości przyłożonego napięcia. Na rysunku poniżej przedstawiono najprostszą wersję prostownika. Do anody diody jest doprowadzony sygnał wejściowy Uin. Wraz z rezystorem obciążenia R1 dioda tworzy obwód szeregowy pomiędzy wejściem a masą. Na styku tych dwóch elementów uzyskujemy napięcie wyjściowe.



Dioda jako prostownik, doskonała do prostowania dużych napięć (© 2017 Jos Verstraten)

Działanie obwodu

Jeżeli napięcie wejściowe jest dodatnie, to dioda przewodzi. Rzeczywiście, anoda jest wtedy dodatnia w stosunku do katody i przez obwód

płynie prąd Id. Prąd ten daje spadek napięcia na rezystorze R1, który jest napięciem wyjściowym prostownika. Kiedy napięcie wejściowe staje się ujemne, dioda nie przewodzi. Nie płynie prąd, nie powstaje napięcie na R1, napięcie wyjściowe wynosi zero. Tak więc na wyjściu pojawiają się tylko dodatnie połówki napięcia wejściowego.

Niedoskonała dioda

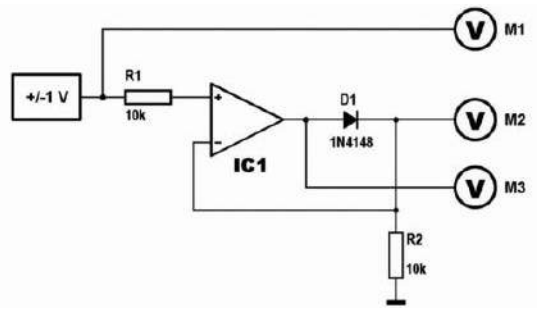
Dioda nie jest jednak idealnym przełącznikiem. W odcinku „Op-amp jako wzmacniacz nieliniowy" zmierzyłeś charakterystykę prądowo-napięciową diody i okazało się, że jest ona nieliniowa. W rzeczywistości, dla małych napięć dodatnich, nie ma prawdziwego przewodzenia. Dioda ma bardzo duży opór wewnętrzny i ten opór tworzy z R1 dzielnik napięcia. Ri diody jest znacznie większe niż R1, więc prawie żadne z małych dodatnich napięć wejściowych nie pojawia się na wyjściu. W miarę wzrostu napięcia wejściowego Ri diody maleje. Dopiero przy napięciu około 1 V można powiedzieć, że napięcie wyjściowe jest wprost proporcjonalne do napięcia wejściowego. Ponadto na przewodzącej diodzie jest spadek napięcia około 0,7 V, więc nigdy nie może być mowy o odzyskaniu niezniekształconego napięcia wejściowego na wyjściu.

Do zastosowań w prostownikach zasilaczy dioda jest idealna. Napięcia prostowane są duże, spadek napięcia na diodzie co prawda zmniejsza nieco sprawność prostownika, ale uznajemy to za oczywiste.

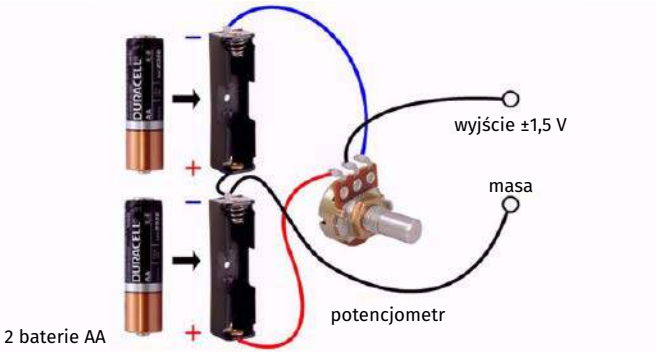
Op-amp jako idealna dioda

Prostowanie małych napięć AC

Inaczej wygląda sytuacja, gdy na przykład chcemy wyprostować napięcie wyjściowe przedwzmacniacza o niskiej częstotliwości (rząd wielkości 100 mV) do wysterowania dB-metru lub tłumika szumów. Wtedy nie da się nic zrobić ze schematem z rysunku powyżej. Wtedy włącza się op-ampa, zbawcę wszystkich potrzeb! Schemat idealnej diody jest narysowany na rysunku poniżej i powinieneś go zbudować w takiej postaci w swoim eksperymencie.



Op-amp, pracujący jako idealna dioda (© 2017 Jos Verstraten)



W ten niedrogi sposób można uzyskać niezbędne regulowane napięcie wejściowe ±1 V (© 2017 Jos Verstraten)

eprasa.pl 9025c8ced7

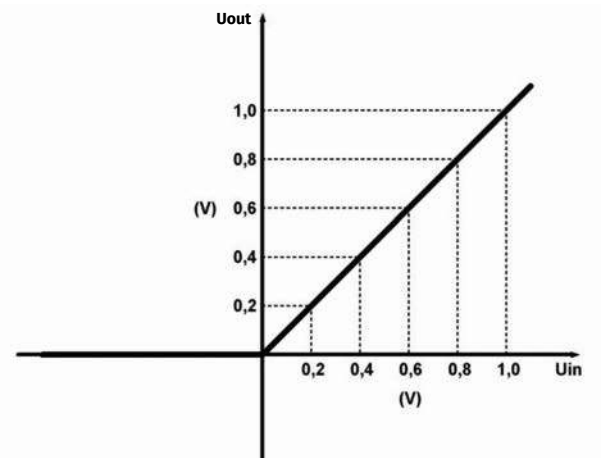
Napięcie wejściowe

Na wejściu powinieneś mieć do dyspozycji napięcia z zakresu od +1 V do –1 V. Możesz ponownie użyć dwóch baterii 1,5 V, zmostkowanych potencjometrem 10 kΩ.

Wyniki pomiarów

Będziesz oczywiście mierzył, co osiągniesz z tego napięcia wejściowego na wyjściu.

Jeśli będziesz zwiększał napięcie wejściowe w krokach co 0,1 V od –1 V do +1 V, zauważysz, że dla ujemnych napięć wejściowych nie pojawia się żadne napięcie wyjściowe, a dla dodatnich napięć wejściowych na wyjściu mierzona jest taka sama wielkość jak na wejściu. Idealna dioda jest więc rzeczywistością! Brak napięcia na wyjściu dla ujemnych napięć wejściowych, pełne sprzężenie zwrotne (z dokładnością do miliwoltów) dla dodatnich wartości napięcia wejściowego! Wyniki swoich pomiarów mógłbyś nanieść na wykresie, jak na rysunku poniżej.



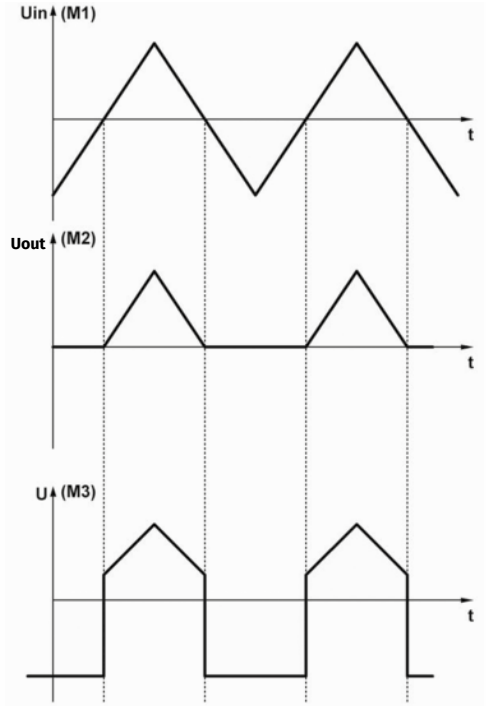
Na podstawie pomiarów można sporządzić taki wykres (© 2017 Jos Verstraten)

Dziwne zjawisko

Teraz powtórz eksperymenty, ale zmierz napięcie w punkcie pomiarowym M3, czyli na wyjściu op-ampa. Tam nagle zobaczysz, że przy ujemnym napięciu wejściowym następuje skok napięcia do –10 V, patrz wykresy poniżej. Jak do tego dochodzi, wynika z wyjaśnienia działania układu.

Działanie układu

Dodatnie napięcie wejściowe powoduje powstanie dodatniego napięcia na nieodwracającym wejściu op-ampa. Wyjście zatem również staje się dodatnie, anoda D1 staje się dodatnia w stosunku do katody, dioda przewodzi. Ujemne wejście op-ampa jest podłączone do katody. Op-amp, jak zawsze, zniweluje różnicę napięć między dwoma wejściami. Jeśli na wejściu dodatnim jest napięcie +2 V, to wejście ujemne również



Napięcia w poszczególnych punktach układu przedstawione graficznie (© 2017 Jos Verstraten)

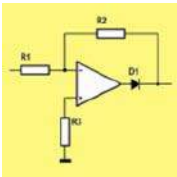
będzie dążyło do tego potencjału. Wyjście podąża za wejściem, op-amp działa właściwie jako bufor.

Teraz ustaw ujemne napięcie wejściowe. Wejście nieodwracające staje się ujemne, wyjście op-ampa podąża za nim. Jednakże dioda teraz nie przewodzi. Napięcie wyjściowe układu pozostaje zerowe. Ale nieprzewodząca dioda przerywa sprzężenie zwrotne między wyjściem a wejściem odwracającym. Op-amp jest wtedy przełączany jako komparator. Małe ujemne napięcie na wejściu nieodwracającym jest wzmacniane tysiące razy i na wyjściu op-ampa ustala się napięcie bliskie ujemnemu zasilaniu.

Ograniczenie częstotliwości

Te znaczne skoki napięcia na wyjściu op-ampa oznaczają, że zakres częstotliwości tej idealnej diody jest raczej ograniczony. W końcu op-amp nie przełącza się z –12 V na +1 V nieskończenie szybko, to wymaga czasu. Jeśli więc do wejścia tego układu przyłożyć coraz większą częstotliwość, to przy pewnej częstotliwości napięcie na wyjściu op-ampa całkowicie nie będzie nadążać. Op-amp nie będzie już wtedy w stanie przełączyć swojego wyjścia z dużej wartości ujemnej z powrotem na małą wartość dodatnią w ograniczonym czasie. Układ przestaje wtedy działać. Dalej przedstawimy jednak układy, które nie mają tej wady. ■

18. Prostownik dwupołówkowy



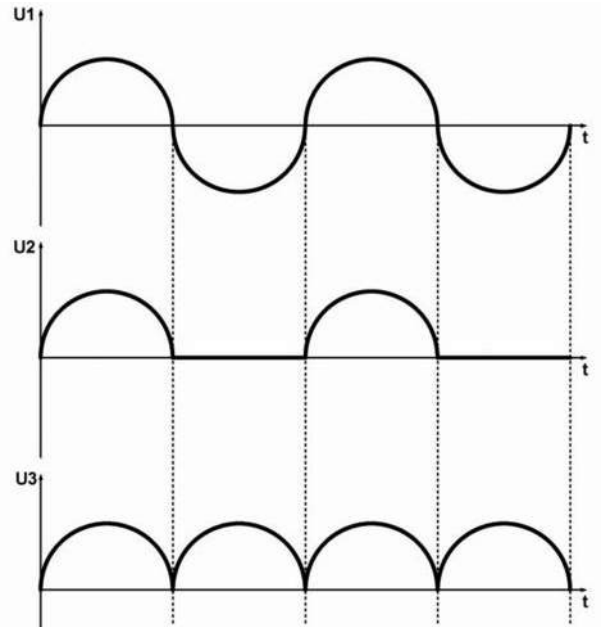
„Idealna dioda" opisana w poprzednim odcinku kursu może przenosić dodatnie napięcie wejściowe z dokładnością do miliwoltów, ale nie robi nic z ujemnymi napięciami wejściowymi. Niezbyt praktyczne i stąd w tym odcinku rozszerzamy idealną diodę w naprawdę użyteczny prostownik.

Zasada prostowania dwupołówkowego

Idealna dioda z poprzedniego odcinka kursu przepuszcza dodatnie połówki przyłożonego napięcia zmiennego i nie przepuszcza połówki ujemne. Nie jest to zbyt ekonomiczny sposób działania i stąd zaprojektowano prostowniki, które przenoszą zarówno dodatnie jak i ujemne połówki sygnału wejściowego. Zazwyczaj tego typu prostowniki, dobrze znane z układów zasilających, są nazywane „prostownikami

eprasa.pl 9025c8ced7

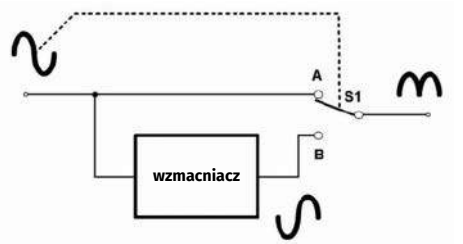
dwupołówkowymi". Właściwie jednak powinniśmy mówić o prostowniku „pełnookresowym". Nazwa „dwupołówkowy" jest jednak tak dobrze ugruntowana, że nadal jej używamy. Poniższy rysunek pokazuje różnicę pomiędzy napięciem wyjściowym U2 idealnej diody z poprzedniego odcinka, a napięciem wyjściowym U3 układu omawianego w tym odcinku.



Porównanie napięcia wyjściowego idealnej diody i prostownika dwupołówkowego (© 2017 Jos Verstraten)

Zasada prostowania dwupołówkowego

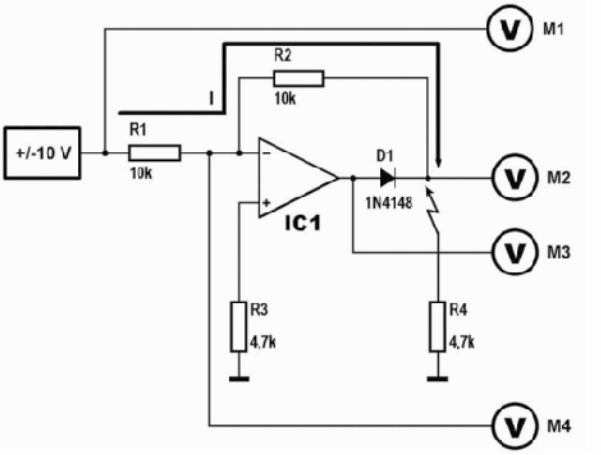
Zasadę działania układu ilustruje poniższy rysunek. Inwerter elektroniczny przełącza wyjście albo bezpośrednio na napięcie wejściowe, albo na wyjście wzmacniacza odwracającego o współczynniku wzmocnienia dokładnie –1. Układ przełącza się przy przejściu napięcia wejściowego przez zero. Dla dodatniej połówki sygnału wejściowego przełącznik znajduje się w pozycji A. Sygnał wejściowy pojawia się bezpośrednio na wyjściu. Dla ujemnego sygnału wejściowego przełącznik przełącza się do pozycji B i do wyjścia podłącza się wyjście wzmacniacza odwracającego. Spowodowało to zamianę ujemnego sygnału wejściowego na równie duży sygnał dodatni.



Zasada działania układu (© 2017 Jos Verstraten)

Schemat tego układu

Praktyczny schemat został przedstawiony na poniższym rysunku. Rozpoznasz podstawowy układ wzmacniacza odwracającego: rezystor R1 między wejściem układu a wejściem odwracającym op-ampa, równie duży rezystor między wyjściem a wspomnianym wejściem. Tylko teraz między wyjściem op-ampa a wyjściem układu jest dodatkowa dioda. Oczywiście dioda ta służy jako inwerter elektroniczny,

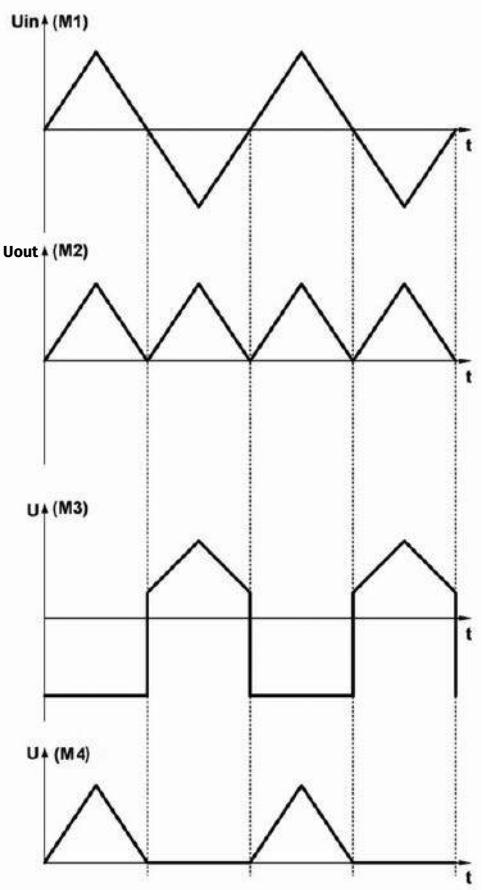


Schemat ideowy prostownika dwupołówkowego (© 2017 Jos Verstraten)

łącząc wejście bezpośrednio z wyjściem lub włączając pomiędzy nimi wzmacniacz odwracający.

Działanie układu

Działanie układu omówimy na podstawie wykresów na poniższym rysunku. Załóżmy, że na wejście podajemy napięcie dodatnie. Jest to wejście odwracające, więc na wyjściu op-ampu pojawi się napięcie ujemne i dioda nie będzie przewodzić. Jeżeli na wejście układu przyłożymy napięcie ujemne, to wejście odwracające stanie się ujemne. W związku z tym wyjście op-ampa staje się dodatnie i dioda zaczyna przewodzić. Rezystor sprzężenia zwrotnego R2 zapewnia teraz, że napięcie na wejściu odwracającym staje się równe napięciu na wejściu nieodwracającym (zero woltów). Układ działa teraz jak zwykły wzmacniacz odwracający,



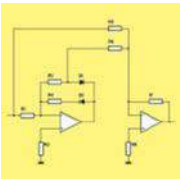
Działanie układu wyjaśnione graficznie (© 2017 Jos Verstraten)

eprasa.pl 9025c8ced7

napięcie wyjściowe jest absolutnie takie samo jak napięcie wejściowe, ale o przeciwnej polaryzacji. Krótko mówiąc, teraz napięcie na wyjściu jest również dodatnie. Prostowanie w pełnym okresie jest faktem!

Ten układ jest bardzo prosty, a mimo to nieczęsto widuje się go w praktycznych zastosowaniach. Wynika to z bardzo przykrej cechy. Jak już napisano, dioda wyłącza op-amp dla dodatnich napięć wejściowych. Dwa rezystory R1 i R2 łączą wtedy wejście z wyjściem. Jeśli chcesz zbudować precyzyjny prostownik, to na tych rezystorach nie powinno odkładać się żadne napięcie. Przecież wtedy napięcie wyjściowe stałoby się mniejsze od napięcia wejściowego, a tego na pewno nie chcemy. Jednak prostownik jest zawsze obciążony przez następny obwód. Zatem przez obciążenie, które można zasymulować podłączeniem rezystora R4, płynie prąd I od wejścia przez R1 i R2. ■

19. Dokładny prostownik



Jeśli chcesz jak najlepiej wyprostować napięcie zmienne, układ omówiony w tym odcinku kursu jest idealny. To prawda, będziesz potrzebował dwóch op-ampów i kilku rezystorów 1%, ale układ działa z niespotykaną dokładnością i ma szerokie pasmo przenoszenia.

Zasada działania prostownika precyzyjnego

Wady poprzedniego układu

Prostownik dwupołówkowy z poprzedniego odcinka kursu ma wadę, która jest dokuczliwa w obwodach praktycznych. Op-amp pracuje w pętli otwartej przez pół okresu sygnału wejściowego. Napięcie na wyjściu jest wtedy bliskie napięciu zasilania. Po przejściu napięcia wejściowego przez zero op-amp natychmiast zaczyna podążać za sygnałem wejściowym. To „natychmiast" to właśnie miejsce, w którym leży trudność. Nic w elektronice nie dzieje się bezzwłocznie, w tym także przełączanie wyjścia op-ampa z potężnego –10 V na +0,5 V. Trwa to pewien czas, określony właściwościami zastosowanego op-ampa. Dla niskich częstotliwości sygnału wejściowego nie stanowi to problemu. Przełączanie zajmuje wtedy znikomy przedział czasu, zaledwie kilka procent całkowitego czasu trwania okresu. Wraz ze wzrostem częstotliwości sygnału wejściowego rośnie procentowy udział czasu przełączania z pętli otwartej na zamkniętą w całkowitym czasie trwania jednego okresu i nie jest już pomijalny. Prostownik nie będzie już pracował prawidłowo. Stąd poszukiwania układu, w którym op-amp nigdy nie pracuje w pętli otwartej i który ponadto można obciążyć bez wpływu na dokładność.

Dokładna alternatywa

Prostownik pełnookresowy omówiony w tym odcinku wykorzystuje dwa op-ampy i jest bardzo dokładnym przetwornikiem napięcia AC na napięcie DC. Tak dokładny, że można go również wykorzystać jako prostownik cyfrowych mierników uniwersalnych, które mierzą napięcie z dokładnością do kilku dziesiątych procenta i w szerokim zakresie częstotliwości.

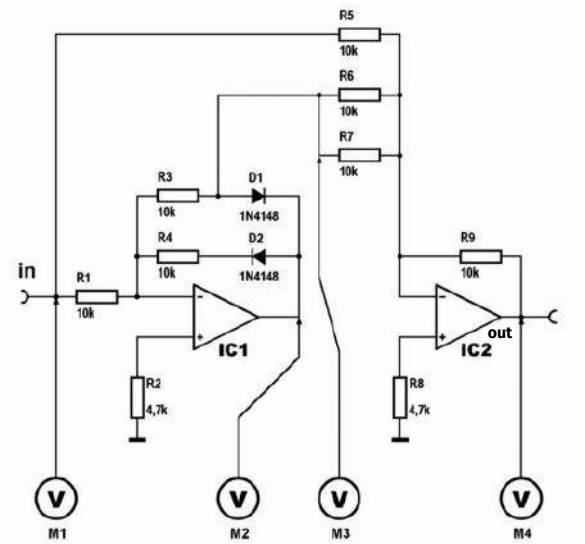
Schemat układu

Schemat układu jest przedstawiony na poniższym rysunku. Wokół op-ampa IC1 częściowo rozpoznasz poprzedni układ. R1, R3 i D1 tworzą omówiony już układ, który przetwarza dodatnie półokresy na ujemne sygnały wyjściowe. Pracy op-ampa w otwartej pętli unika się przez dodanie dodatkowego obwodu sprzężenia zwrotnego R4–D2. Jeśli napięcie wejściowe stanie się ujemne, to choć D1 nie przewodzi, to D2 będzie przewodzić, nadal tworząc pętlę sprzężenia zwrotnego między wyjściem a wejściem op-ampa.

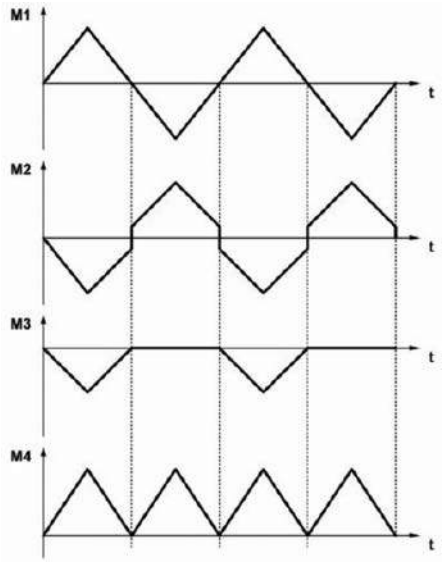
Drugi op-amp IC 2 to nic innego jak omówiony wcześniej mieszacz odwracający. Sumuje on sygnały w punktach M1 i M3. Stosunek rezystancji R5, połączonych równolegle R6 i R7 oraz R9 zapewnia ładny wyprostowany sygnał na wyjściu.

Działanie układu

Na rysunku poniżej pokazano napięcia w różnych punktach układu, gdy na wejście przyłożymy napięcie trójkątne. Widać teraz, że IC1 rzeczywiście pracuje w warunkach komfortowych. Nagły duży skok napięcia na jedno z napięć zasilających teraz już nie występuje. Jest to zasługa podwójnego sprzężenia zwrotnego i, jak już napisano, przyczynia się do lepszej pracy układu przy wysokich częstotliwościach.



Schemat ideowy dokładnego prostownika (© 2017 Jos Verstraten)



Sygnały w głównych punktach układu (© 2017 Jos Verstraten)

eprasa.pl 9025c8ced7

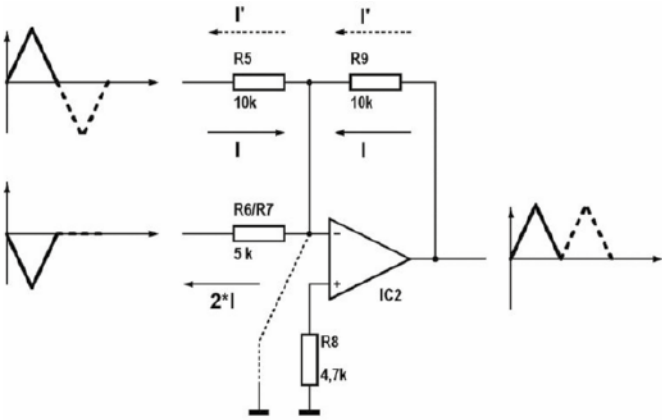
sklep.semicon.com.pl
■ Montaż elektroniki ■ Szablony SMT ■ Moduły laserowe
■ Konwerting materiałów ■ Chemia dla elektroniki ■ Podzespoły
■ Komponenty elektroniczne ■ Narzędzia
SEMICON®

Działanie układu

Szczegółowe działanie układu najlepiej prześledzić na poniższym rysunku.

Wystarczy przypomnieć trochę poprzedniej wiedzy:

- Prąd płynie zawsze od + do –, z kierunku przepływu prądu przez rezystor można określić biegunowość spadku napięcia przez ten rezystor.
- W odwracającym wzmacniaczu mieszającym odwracające wejście op-ampa znajduje się praktycznie na potencjale masy, napięcie w tym punkcie wynosi zero.
- Rezystancja wejściowa dla wejścia odwracającego jest bardzo duża, prąd płynący do lub z op-ampa jest pomijalnie mały.
- Rezystory pomiędzy dwoma wejściami i wejściem odwracającym oraz rezystor sprzężenia zwrotnego są w stosunku jak 1 do 0,5 do 1 (stąd rezystory R6 i R7 połączone równolegle).



Szczegółowe działanie układu w konfiguracji drugiego op-ampa (© 2017 Jos Verstraten)

Sytuacja 1: dodatnie napięcie na wejściu

(Prądy i napięcia są narysowane ciągłą linią na powyższym rysunku).

To napięcie, dzięki działaniu układu IC1, pojawia się równie duże, ale ujemne w punkcie M3. Przez rezystor R5 płynie pewien prąd I w narysowanym kierunku, czyli w stronę op-ampa. Przez rezystor R6/R7 płynie w przeciwnym kierunku dwukrotnie większy prąd. Na styku wszystkich rezystorów (wejście odwracające) wpływa prąd I, a wychodzi prąd 2 I.

Brakuje zatem prądu wpływającego I, który może być dostarczony tylko przez rezystor sprzężenia zwrotnego R9. Przez R9 płynie prąd w narysowanym kierunku, co oznacza, że na wyjściu op-ampa panuje dodatnie napięcie. Ponieważ R9 i R5 są tej samej wielkości, spadki napięć na obu rezystorach również muszą być równe. Na R5 jest podawane napięcie wejściowe, więc to samo napięcie mierzysz również na R9. Na wejściu odwracającym jest zero woltów, możesz stwierdzić, że napięcie wyjściowe jest równe napięciu wejściowemu. Dodatnie napięcie na wejściu jest zamieniane na dokładnie takie samo napięcie na wyjściu.

Sytuacja 2: ujemne napięcie na wejściu

(Prądy i napięcia są narysowane linią przerywaną na powyższym rysunku).

W punkcie M3 nie ma teraz żadnego napięcia, ponieważ dioda D1 nie przewodzi i wejście odwracające układu IC1 ma zerowe napięcie. Zatem przez rezystor R6/R7 nie płynie teraz żaden prąd. Przez R5 płynie prąd, którego „przedłużeniem" jest prąd płynący przez R9, który wytwarza spadek napięcia na tym rezystorze, dokładnie równy napięciu na dodatnim wejściu.

Ujemne napięcie na wejściu jest zamieniane na równie duże, ale dodatnie napięcie na wyjściu, co wyjaśnia działanie idealnego prostownika.

Wszystko zależy od rezystorów

Dokładność działania układu zależy od dokładnych stosunków rezystancji.

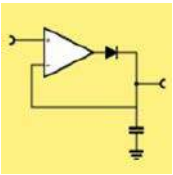
$$R1 = R3 = R5 = R9$$

oraz

$$R6/R7 = ½\ R1$$

Zastosowanie rezystorów o wartości 1% jest absolutnie konieczne! ■

20. Detektor szczytowy



Jeśli chcesz zmierzyć wielkość piku w sygnale napięcia zmiennego, możesz użyć detektora szczytowego. Układy takie są szeroko stosowane w miernikach VU w studiach dźwiękowych, gdzie zapewniają, że żaden instrument nie zostanie nagrany ze zniekształceniami typu overdrive.

Zasada działania detektora szczytowego

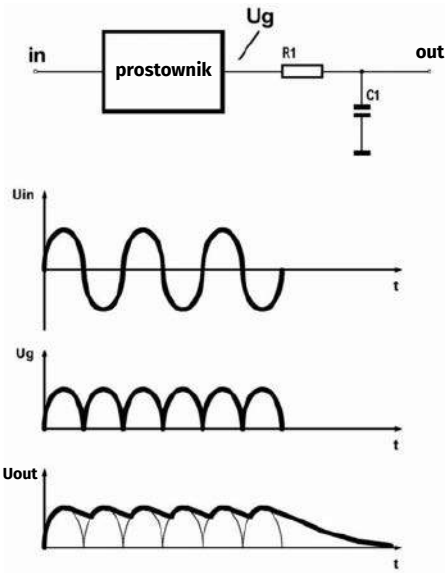
Prostowniki wygładzające z kondensatorem

Prostowniki opisane w dwóch poprzednich odcinkach przetwarzają napięcie zmienne na pulsujące napięcie stałe. Takie napięcie niekoniecznie nadaje się do dalszego użycia. W końcu często będziesz chciał zmierzyć wielkość napięcia przemiennego i wtedy potrzebujesz napięcia, które jest jak najbardziej gładkie. Możesz to osiągnąć, umieszczając kondensator na wyjściu prostownika. Kondensator ten ładuje się do wartości szczytowej przy każdym półokresie napięcia wejściowego i powoli rozładowuje się ponownie pomiędzy dwoma półokresami. Rezultatem jest wygładzony sygnał, aczkolwiek ze znacznym tętnieniem. Można dodatkowo zmniejszyć to tętnienie, wygładzając sygnał wyjściowy prostownika za pomocą obwodu RC. Wówczas na kondensatorze powstaje napięcie stałe, którego wielkość odpowiada średniej wartości napięcia przemiennego. Jak pokazuje poniższy rysunek, obwód ten dość szybko reaguje na zmiany na wejściu. Jeśli sygnał AC spadnie, napięcie stałe na wyjściu dość szybko zejdzie do zera ze względu na rozładowanie kondensatora C1 przez rezystor R1 i bardzo niską impedancję wyjściową op-ampa. Ta szybka reakcja jest również potrzebna w tym przypadku, bo oczywiście nie chcesz czekać pół godziny na wyniki pomiaru napięcia AC.

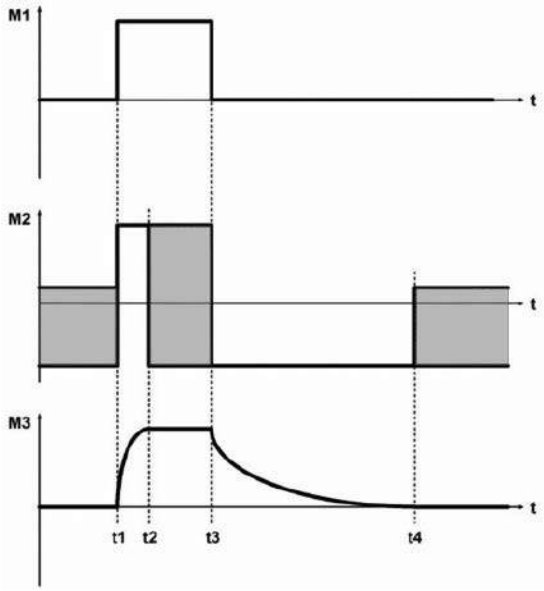
Detektor szczytowy

Można też pomyśleć o zastosowaniach, w których chcemy jak najdłużej utrzymać napięcie na kondensatorze. Na przykład rozważ miernik VU, który nie musi wyświetlać średniej wartości sygnału, ale szczytowe wartości sygnału. W takim przypadku możesz uciec się do tzw. detektora szczytowego, którego najprostszy schemat pokazano na poniższym rysunku. Układ ten poprzez przewodzącą diodę D1 sprzęga dodatni sygnał wyjściowy z powrotem do wejścia odwracającego i wyłącza op-amp dla ujemnych napięć wyjściowych. Układ jest już nam znany z działania idealnej diody.

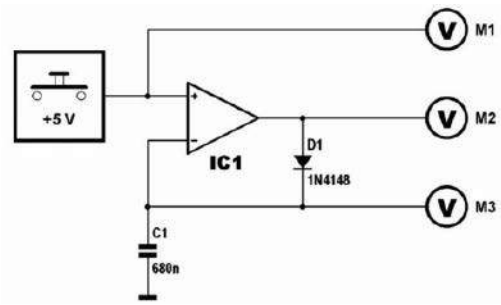
eprasa.pl 9025c8ced7



Obwód RC przekształca wyprostowane napięcie AC w mierzalne napięcie napięcie stałe DC (© 2017 Jos Verstraten)



Napięcia w kluczowych punktach obwodu (© 2017 Jos Verstraten)



Podstawowy schemat detektora szczytowego (© 2017 Jos Verstraten)

Działanie obwodu

Z wykresów na poniższym rysunku można zrozumieć działanie obwodu. Jeśli brak napięcia na wejściu, innymi słowy, jeśli na wejściu będzie zero woltów, napięcie wyjściowe op-ampa nie będzie dokładnie przewidywalne. Wyjście może być na poziomie ujemnego zasilania lub może być mierzalne niewielkie napięcie dodatnie. To wszystko zależy od offsetu op-ampa. Stąd na wykresach ten obszar jest zacieniony. Tak czy inaczej, na wejściu układu, rozgałęziającym się od wejścia odwracającego jest zero watów. Przy nasyceniu wyjścia op-ampa na poziomie ujemnego napięcia zasilania, dioda D1 nie przewodzi; przy dodatnim napięciu wyjściowym, napięcie przewodzenia diody spowoduje, że wejście odwracające będzie miało taki sam potencjał jak wejście nieodwracające: zero woltów.

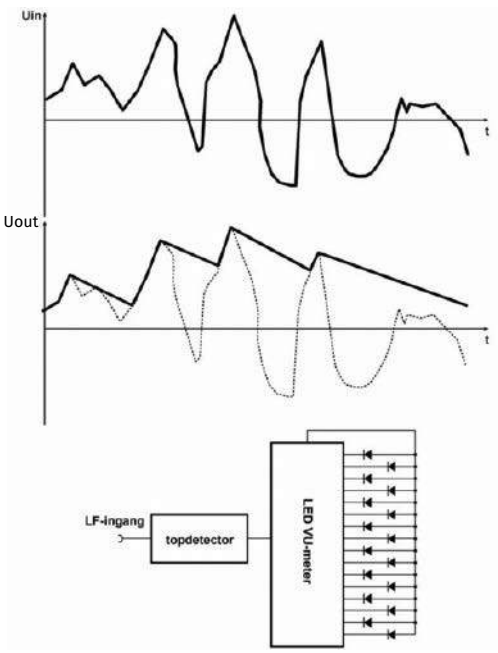
Na wejściu podajemy impulsowe napięcie +5 V. Przy pojawieniu się tego dodatniego impulsu wejściowego powstaje początkowo duża różnica napięć między oboma wejściami. Wyjście reaguje wzrostem w kierunku dodatniego napięcia zasilania. Dioda D1 zaczyna przewodzić, kondensator C1 jest ładowany poprzez niską impedancję wyjściową op-ampa. Napięcie wyjściowe op-ampa wzrasta więc dość szybko do wartości szczytowej impulsu wejściowego. W czasie t2 napięcie na wyjściu jest równe napięciu wejściowemu. Komparator odwraca się. Tak długo, jak długo będzie obecny impuls wejściowy, wyjście op-ampa będzie zawsze przełączać się pomiędzy dodatnim i ujemnym napięciem zasilania. Dzieje się tak dlatego, że kondensator jest rozładowywany, a ponadto każde małe tętnienie napięcia wejściowego powoduje odwrócenie różnicy napięć między dwoma wejściami.

Po opadnięciu impulsu wejściowego napięcie na wejściu odwracającym jest większe od napięcia na wejściu nieodwracającym. Wyjście nasyca się na poziomie ujemnego napięcia zasilania, dioda D1 nie przewodzi. Kondensator C1 zaczyna się teraz bardzo powoli rozładowywać poprzez własną rezystancję upływu tego elementu i wysoką impedancję wejściową op-ampa. Nawet przy stosunkowo niskiej wartości C1, potrzeba kilkudziesięciu sekund, aby napięcie spadło do zera. Tak więc z tym prostym układem można zbudować bardzo czuły miernik VU.

Zastosowania detektorów szczytowych

Miernik LED VU

W elektronice muzycznej ważne jest, aby wiedzieć, jak duże są szczyty w sygnale audio. Możesz podłączyć miernik LED do wyjścia detektora szczytowego, patrz rysunek poniżej.



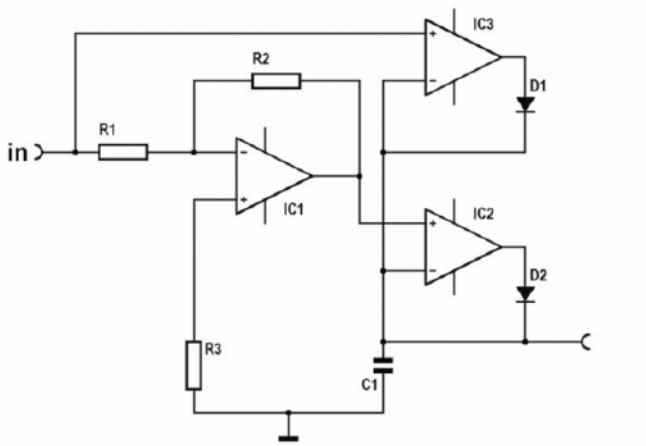
Działanie miernika VU na detektorze szczytowym (© 2017 Jos Verstraten)

eprasa.pl 9025c8ced7

Te elektroniczne mierniki, ze względu na ich bezwładną odpowiedź na napięcie wejściowe, są oczywiście idealne do budowy mierników VU. Na wejście układu możesz podać napięcie LF, na przykład napięcie wyjściowe instrumentu muzycznego. Detektor szczytowy będzie podążał za progresją (dodatniego) napięcia wejściowego i powoli ustępował po osiągnięciu szczytu. Krótki szczyt napięcia, który bez detektora szczytowego nie byłby nawet widoczny na odczycie, jest teraz niejako poszerzony, dzięki czemu uzyskujesz przyjemny odczyt maksymalnego sygnału wyjściowego instrumentu muzycznego i możesz dostosować swoją instalację (np. konsoletę mikserską) do nieznieksztalconego zapisu największego szczytu.

Wada układu

Omówiony układ ma jedną zasadniczą wadę, a jest nią to, że reaguje tylko na dodatnie piki. Stąd prawdziwe mierniki szczytowe wyposażone są w dwa detektory szczytowe, które przetwarzają zarówno dodatnie jak i ujemne szczyty napięcia. Najprostszy schemat takiego rozbudowanego układu jest przedstawiony na poniższym rysunku. Op-ampy IC2 i IC3 są dwoma detektorami szczytowymi. Potrzebny jest tylko jeden kondensator C1; detektor, który ma do obsłużenia największe napięcie wejściowe, będzie ładował ten kondensator. IC1 to nic innego jak wzmacniacz odwracający ×1. Odwraca on sygnał wejściowy. Dodatni pik pojawia się więc na wyjściu równie duży, ale o ujemnej polaryzacji. IC2 otrzymuje bezpośrednio sygnał wejściowy układu i przetwarza piki dodatnie. Ujemne szczyty są odwracane przez IC1 i sterują drugim detektorem szczytowym na IC3. ■

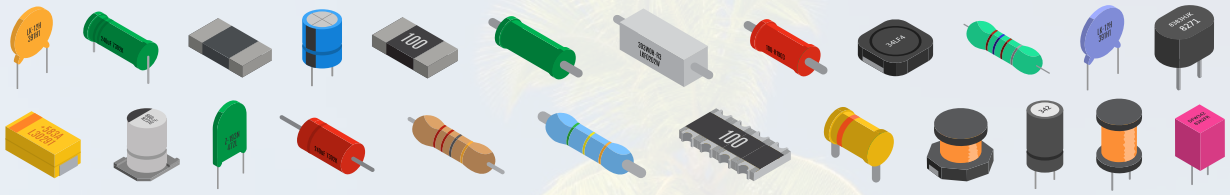


Układ, który reaguje zarówno na dodatnie jak i ujemne szczyty (© 2017 Jos Verstraten)

Jos Verstraten

Wakacyjny Quiz 03 – Elementy bierne R, L, C

Rozwiąż na www.elportal.pl/quizy i zamów bezpłatną prenumeratę EdW z dostępem do wydań archiwalnych na www.ulubionykiosk.pl/prenumerata



1. Co to jest rezystor?
- ☐ Element magazynujący energię
- ☐ Element wzmacniający słabe sygnały
- ☐ Element ograniczający przepływ prądu

2. Jakie są jednostki mierzenia rezystancji?
- ☐ Ohmy (Ω)
- ☐ Farady (F)
- ☐ Henry (H)

3. Jaki zakres wartości rezystancji obejmuje typowy szereg rezystorów stosowanych w projektach elektronicznych?
- ☐ Od kilku omów do kilku kiloomów
- ☐ Od kilku omów do kilku megaomów
- ☐ Od kilku kiloomów do kilku gigaomów

4. Na jakim zjawisku fizycznym oparte jest działanie cewki?
- ☐ Magazynowanie energii w polu magnetycznym
- ☐ Wzmacnianie energii sygnału elektrycznego
- ☐ Osłabianie energii sygnału elektrycznego

5. Jakie są jednostki mierzenia indukcyjności?
- ☐ Farady (F)
- ☐ Ohmy (Ω)
- ☐ Henry (H)

6. Jaki zakres wartości indukcyjności obejmują typowe cewki stosowane w projektach elektronicznych?
- ☐ Od nanohenrów do mikrohenrów
- ☐ Od mikrohenrów do milihenrów
- ☐ Od kilku do kilkuset henrów

7. Na jakim zjawisku fizycznym oparte jest działanie kondensatora?
- ☐ Magazynowanie ładunku elektrycznego
- ☐ Ograniczanie przepływu prądu
- ☐ Wzmacnianie sygnału elektrycznego

8. Co oznacza wartość pojemności kondensatora?
- ☐ Miarę rezystancji kondensatora
- ☐ Miarę zdolności do magazynowania ładunku
- ☐ Miarę wydajności prądowej kondensatora

9. Jaki zakres wartości pojemności obejmują typowe kondensatory stosowane w projektach elektronicznych?
- ☐ Od kilku do kilkuset faradów
- ☐ Od milifaradów do kilku faradów
- ☐ Od pikofaradów do mikrofaradów

10. Co to jest reaktancja cewki (X_L)?
- ☐ Zdolność cewki do magazynowania energii w polu magnetycznym
- ☐ Opór cewki dla prądu zmiennego
- ☐ Pojemność cewki

11. Co to jest wartość tolerancji rezystora?
- ☐ Maksymalna różnica między wartością rzeczywistą a oznaczoną wartością rezystancji
- ☐ Maksymalne napięcie pracy rezystora
- ☐ Maksymalna temperatura pracy rezystora

12. Najczęściej stosowane rezystory w projektach elektronicznych mają tolerancję o wartości?
- ☐ 1%
- ☐ 5%
- ☐ 20%

eprasa.pl 9025c8ced7

Tłumienie zakłóceń układów

Na rynku pojawia się coraz więcej urządzeń, które potrafią przekazywać sygnały zakłócające do napięcia sieciowego. Z drugiej strony pojawia się coraz więcej układów niezwykle wrażliwych na sygnały zakłócające. Dlatego dobre zabezpieczenie przed zakłóceniami jest obowiązkiem!

O awariach i ich przyczynach

Zakłócające układy i urządzenia

W dzisiejszych czasach w domu znajduje się wiele urządzeń elektronicznych, które powodują wiele zakłóceń. Możesz z grubsza podzielić te urządzenia na sześć grup:

- Najnowocześniejsze urządzenia z tyrystorami i triakami, na przykład ściemniacze światła i elektroniczne sterowanie silnikami i ogrzewaniem.
- Prostowniki dużych mocy, w których napięcie wyjściowe jest regulowane za pomocą tyrystorów.
- Generatory wysokiej częstotliwości z szybkimi tranzystorami mocy, stosowane w generatorach ultradźwiękowych w przemyśle.
- Zasilacze stabilizowane działające na zasadzie przełączania.
- Urządzenia zawierające silniki, które włączają się i wyłączają w losowych momentach.

Urządzenia zasilane z sieci 230 V bez transformatora, takie jak ściemnialne lampy energooszczędne i LED.

Elektronika zastosowana w takich układach i urządzeniach powoduje powstawanie napięć zakłócających w sieci prądu przemiennego. Te napięcia zakłócające objawiają się w postaci sygnałów o wysokiej częstotliwości dochodzącej do 20 MHz. Amplituda tych sygnałów jest czasami 1000 razy większa od oficjalnie dozwolonych wartości. Szczególnie krytyczny jest zakres częstotliwości między 150 kHz a 20 MHz. Linie energetyczne zachowują się jak idealne anteny drutowe dla tych częstotliwości, które emitują w przestrzeń duże pole elektromagnetyczne o wspomnianych częstotliwościach. To promieniowanie elektromagnetyczne może być wychwytywane przez inne przewody przenoszące sygnały i może nakładać się na sygnały przenoszone przez te przewody. Rezultatem może być niepożądane mieszanie sygnału,

Środki tłumienia zakłóceń

Zasadniczo istnieją dwa bardzo różne sposoby eliminacji wpływu sygnałów zakłócających o wysokiej częstotliwości.

- Jest rzeczą oczywistą, że najpierw należy rozwiązać problem u źródła, co oznacza, że należy zainstalować obwody tłumiące przy każdym potencjalnym źródle zakłóceń. Nazywa się je filtrami wyjściowymi, ponieważ zapobiegają one wydostawaniu się sygnałów zakłócających z urządzeń i przenikaniu do sieci.
- Drugim sposobem jest zapobieganie docieraniu sygnałów zakłócających do urządzeń wrażliwych na zakłócenia. Można to zrobić, instalując filtry w przewodach sieciowych takich urządzeń. Oczywiste, że takie filtry nazywane są filtrami wejściowymi.

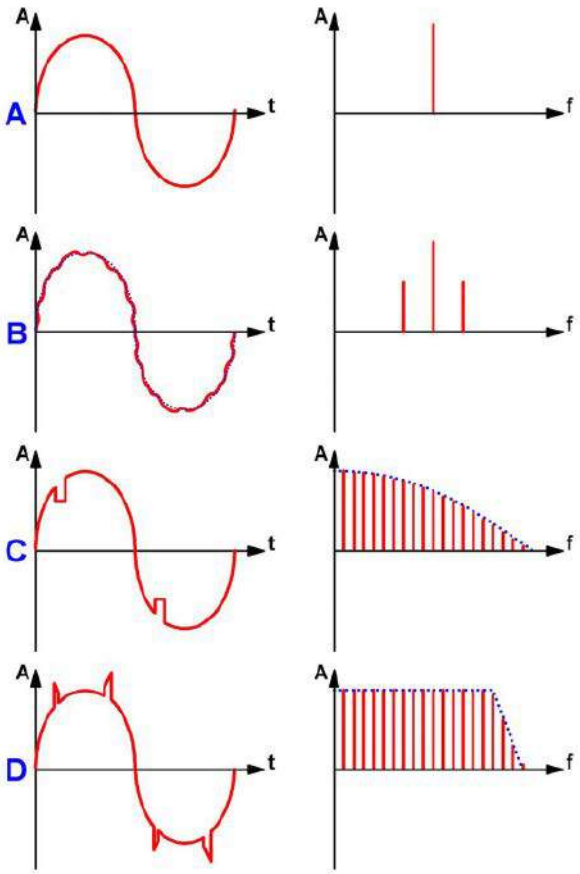
Pochodzenie sygnałów interferencyjnych

Sygnały interferencyjne o wysokiej częstotliwości powstają w wyniku uniwersalnego prawa fizycznego, które ma zastosowanie do wszystkich zjawisk falowych. Prawo to zostało zbadane i opisane matematycznie przez Fouriera. Prawo Fouriera mówi, że każde zjawisko fali okresowej składa się z pewnej liczby fal sinusoidalnych lub cosinusoidalnych, których częstotliwości są równe wielokrotności częstotliwości podstawowej zjawiska fali okresowej. Fale te nazywane są „harmonicznymi sygnału podstawowego". Rozkład tych fal nazywany jest „widmem częstotliwościowym sygnału podstawowego".

Kilka przykładów

Teorię Fouriera wyjaśnia na kilku przykładów, które przedstawiono na poniższym rysunku. Lewe wykresy przedstawiają szereg okresowych zjawisk falowych. Wykresy przedstawiają przebieg amplitudy A w funkcji czasu t. Prawe wykresy przedstawiają widmo częstotliwości sygnałów. W tym widmie sygnały harmoniczne, z których składa się sygnał podstawowy, są reprezentowane przez pionowe linie na osi częstotliwości f. Wysokość linii reprezentuje amplitudę A różnych składowych harmonicznych.

- W przykładzie A mamy czysty sygnał sinusoidalny. Widmo częstotliwości składa się tylko z jednej linii. Położenie tej linii na osi poziomej w naturalny sposób odpowiada częstotliwości sygnału sinusoidalnego.
- Przykład B pokazuje sygnał sinusoidalny, który jest zanieczyszczony innym sygnałem sinusoidalnym o znacznie wyższej częstotliwości. Ten sygnał pojawia się jako mała zmarszczka na powierzchni zatoki. Widmo częstotliwościowe pokazuje, że ten sygnał składa się z trzech linii widmowych, z których dwie leżą po obu stronach linii podstawowej i mają dość dużą amplitudę.



Cztery przykłady rozkładu widmowego sygnałów okresowych (© 2017 Jos Verstraten)

eprasa.pl 9025c8ced7

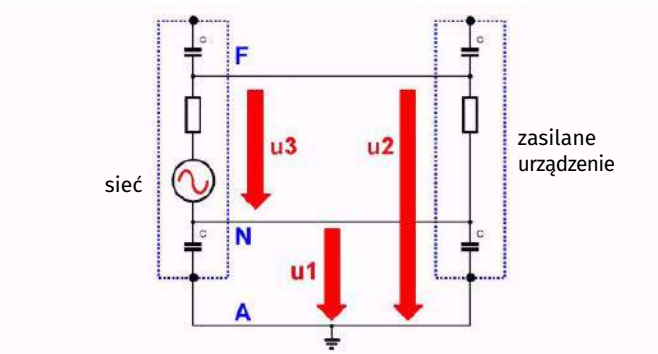
- W przykładzie C mamy sygnał sinusoidalny zanieczyszczony dwoma ostrymi spadkami na okres. Takie zakłócenie może wystąpić na napięciu sieciowym, na przykład, jeśli co pół cyklu włączysz duże obciążenie za pomocą triaka. Ze względu na duży prąd rozruchowy, napięcie sieciowe na krótko „załamie się", powodując te typowe spadki. Analiza Fouriera pokazuje teraz wiele linii, z których tylko kilka jest narysowanych. W rzeczywistości linie widmowe są tak blisko siebie, że wydają się tworzyć ciągły obszar. Najważniejszą rzeczą do wywnioskowania z analizy Fouriera jest to, że amplituda harmonicznych powoli maleje wraz ze wzrostem ich częstotliwości.
- Przykład D pokazuje sinusoidę zanieczyszczoną sygnałami o wąskich szczytach. Taka usterka może wystąpić na przykład, jeśli okresowo włączasz i wyłączasz obciążenie indukcyjne, takie jak silnik. Duża indukcyjność własna uzwojeń silnika generuje wtedy za każdym razem dość wysokie napięcie wsteczne, które nakłada się na napięcie sieciowe. Po raz kolejny analiza harmonicznych pokazuje, że sygnał ten zawiera bardzo dużo harmonicznych, które utrzymują dużą amplitudę aż do zakresu MHz.

Rodzaje napięć zakłócających

W sieci napięcia przemiennego występują dwa rodzaje napięć zakłócających o wysokiej częstotliwości:

- Jako symetryczne napięcia zakłócające.
- Jako asymetryczne napięcia zakłócające.

Różnicę między tymi dwoma źródłami zakłóceń wyjaśniono na poniższym rysunku. Sieci prądu przemiennego nigdy nie można oddzielić od ziemi. W końcu jest to ważna część obwodu pierwotnego w większości urządzeń. Jak pokazano na rysunku, uziemienie jest bezpośrednio połączone z metalową obudową uziemionego sprzętu. Jednak obwody zakłócanego urządzenia są zamknięte w tej obudowie. W rezultacie możesz zmierzyć określoną pojemność C między wszystkimi punktami tych obwodów i obudową. W końcu z definicji można podejrzewać istnienie pojemności między każdymi dwoma punktami przewodzącymi!



Różnica między symetrycznymi i asymetrycznymi napięciami zakłócającymi (© 2017 Jos Verstraten)

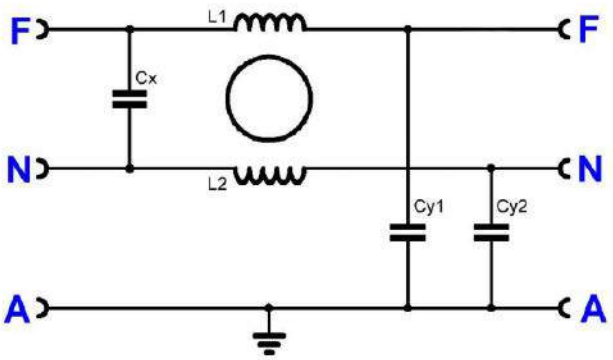
Te pasożytnicze pojemności są ważnymi elementami w przekazywaniu sygnałów zakłócających ze źródła zakłóceń do urządzenia. W końcu pojemności pasożytnicze zapewniają bezpośrednie połączenie między źródłem zakłóceń z jednej strony a urządzeniem podatnym na zakłócenia z drugiej strony. Fakt, że to bezpośrednie połączenie zawiera dwie pojemności szeregowe, nie ma większego znaczenia dla sygnałów interferencyjnych o wysokiej częstotliwości. W końcu te pojemności mają dość niską impedancję dla tych wysokich częstotliwości. Pomiędzy fazą F a przewodem neutralnym N sieci napięcia przemiennego występują symetryczne sygnały zakłócające. Między fazą a ziemią oraz między przewodem neutralnym a ziemią występują asymetryczne sygnały zakłócające. W literaturze anglojęzycznej zakłócenia symetryczne nazywane są „różnicowymi" a zakłócenia asymetryczne „wspólnymi".

Przewody uziemiające

Drugim ważnym czynnikiem jest to, że długi przewód uziemiający, podłączony z jednej strony do uziemienia, może działać jako idealna antena dla przepływających przez niego prądów zakłócających o wysokiej częstotliwości. Dlatego podczas tłumienia zakłóceń należy nie tylko tłumić symetryczne napięcia zakłócające między fazą a przewodem neutralnym, ale także zwracać uwagę na redukcję sygnałów asymetrycznych.

Podstawowy obwód filtra przeciwzakłóceniowego

Na podstawie znanych dotychczas ogólnych danych można łatwo zaproponować ogólny schemat uniwersalnego filtra przeciwzakłóceniowego. Ten idealny schemat przedstawiono na poniższym rysunku. Lewa strona filtra jest podłączona do sieci, czyli do źródła zakłóceń, prawa strona jest podłączona do zasilania sieciowego urządzenia wrażliwego na zakłócenia. Kondensator Cx włączony między fazę a przewód neutralny tłumi symetryczne sygnały zakłócające. Pomiędzy fazą a masą oraz przewodem neutralnym a masą znajdują się filtry LC, które działają jako filtry dolnoprzepustowe.



Ogólny i idealny schemat filtra tłumiącego (© 2017 Jos Verstraten)

Zakłócenia od triaków i tyrystorów

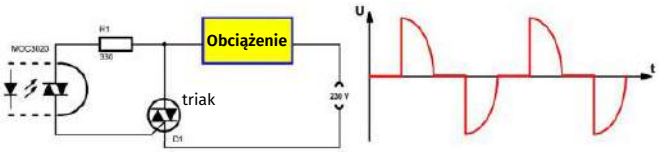
Większość awarii w środowisku „zrób to sam" jest spowodowana przez sprzęt, w którym tyrystor lub triak został włączony między napięciem sieciowym a obciążeniem. Powinieneś pomyśleć o ściemniaczach światła i silnikach wentylatorów, które są sterowane elektronicznie. Widmo zakłóceń w takich obwodach ma typowy przebieg, spowodowany zasadą sterowania z odcięciem fazy, z jaką pracuje ten sprzęt. Zasada sterowania odcinaniem fazy jest pokazana na poniższym rysunku. Podstawową właściwością takiego obwodu jest to, że obciążenie i triak (lub tyrystor) są połączone szeregowo między dwoma zaciskami sieci prądu przemiennego. Tyrystor lub triak jest zapalany przez wysłanie małego prądu z sieci do ich bramki, przez układ sterowania. W tym momencie tyrystor lub triak zaczyna przewodzić, a napięcie na elemencie spada do około 0,7 V. Moment włączenia elektronicznego przełącznika określa moc pobieraną w obciążeniu. Jeśli triak lub tyrystor nie przewodzi, na obciążeniu nie ma napięcia. Jeśli przełącznik elektroniczny zacznie przewodzić, oznacza to, że na obciążeniu występuje pełne napięcie sieciowe. W tym drugim przypadku obciążenie będzie oczywiście pobierać prąd z sieci. Ten niesinusoidalny prąd płynący przez triak, obciążenie i sieć AC określa moc pobieraną w obciążeniu i jest przyczyną sygnałów zakłócających.

Kąt przewodzenia

Po prawej stronie narysowany jest przebieg napięcia na obciążeniu. W pokazanym przykładzie triak przewodzi dokładnie przez połowę pełnego półcyklu. Mówimy, że kąt przewodzenia jest równy

eprasa.pl 9025c8ced7

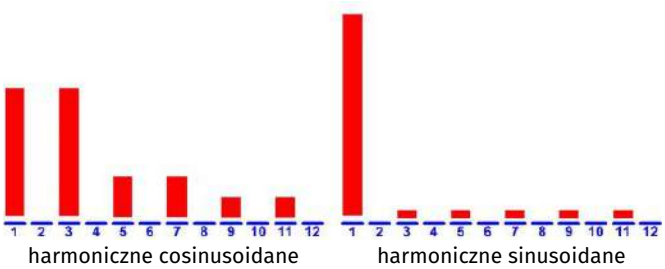
90°. Kąt przewodzenia można oczywiście zmieniać w zakresie od 0° do 180°. Ta zmiana pozwala ustawić moc generowaną w odbiorniku od zera do wartości maksymalnej.



Działanie obwodu tyrystorowego lub triakowego (© 2017 Jos Verstraten)

Widmo częstotliwości

Narysowany przebieg prądu płynącego przez obciążenie można podzielić na składowe według wzorów Fouriera. Natężenie prądu początkowo składa się z dwóch składowych, reprezentowanych na wykresach przez 1. Te dwie składowe mają taką samą częstotliwość jak napięcie sieciowe, tj. 50 Hz, ale są przesunięte w fazie o 90° względem siebie. Dlatego jeden składnik nazywany jest składową sinusoidalną (w fazie z napięciem sieciowym), a drugi składową kosinusoidalną (przesunięty w fazie o 90° w stosunku do napięcia sieciowego). Jeśli pamiętasz cokolwiek z lekcji matematyki, od razu zrozumiesz, dlaczego te składowe nazywają się „sinus" i „cosinus"! Ponadto prąd składa się z wielu składowych o wielokrotnościach częstotliwości sieci, które na wykresach są określane odpowiednio jako 3, 5, 7 itd. Jest jasne, że składowa 3 ma częstotliwość równą trzykrotności napięcia sieciowego, tj. 150 Hz. Składowe sinusoidalne tych wyższych harmonicznych są dość słabe, ale amplituda prądów cosinusoidalnych jest dość duża. Na rysunku pokazano tylko amplitudy prądów do jedenastej harmonicznej włącznie. Nie oznacza to, że prąd nie zawiera wyższych harmonicznych! Można obliczyć (a także zmierzyć), że prądy o częstotliwościach dobrze mieszczących się w zakresie MHz przepływają przez dowolny obwód z odcięciem fazy!



Analiza Fouriera prądu płynącego przez obciążenie (© 2017 Jos Verstraten)

Wpływ kąta otwarcia

Kąt otwarcia sterowania fazą częściowo określa wielkość sygnałów zakłóceń harmonicznych. Przy kątach otwarcia 0° i 180° (całkowite zablokowanie i pełne przewodzenie triaka) oczywiście nie wystąpią prądy harmoniczne. W pierwszym przypadku w ogóle nie płynie prąd, w drugim przypadku prąd jest czysto sinusoidalny. Należy odpowiedzieć na pytanie, w jaki sposób kąt otwarcia obwodu wpływa na amplitudy harmonicznych. Badania pokazują, że:

- Harmoniczne są najsilniejsze dla kątów otwarcia między 40° a 140°.
- Amplitudy harmonicznych są symetryczne względem kąta otwarcia 90°.
- Dla małych i dużych kątów otwarcia wszystkie harmoniczne mają w przybliżeniu taką samą wartość.
- Wraz ze wzrostem liczby harmonicznych amplituda harmonicznych staje się mniej zależna od kąta otwarcia.

Wnioski

Z tych danych jasno wynika, że szczególnie wyższe harmoniczne, które powodują najwięcej zakłóceń, można bardzo dobrze odfiltrować za pomocą pasywnego filtra dolnoprzepustowego. W końcu wielkość tych harmonicznych jest dość stała w szerokim zakresie kąta otwarcia, więc dość łatwo jest obliczyć, w jakim stopniu dany filtr tłumi te harmoniczne.

Filtry przeciwzakłóceniowe na wyjściu

Wprowadzenie

Budowa filtra przeciwzakłóceniowego używanego jako filtr wyjściowy zależy od kilku czynników:

- Przede wszystkim oczywiście oczekiwanej (i ewentualnie obliczonej) amplitudy sygnałów zakłócających.
- Po drugie, stopień, w jakim chcesz stłumić sygnały zakłócające.
- Po trzecie pod względem rodzaju obciążenia, obciążenia czysto rezystancyjne, takie jak żarówki, wymagają innych filtrów niż obciążenia o dużej indukcyjności, takie jak silniki.

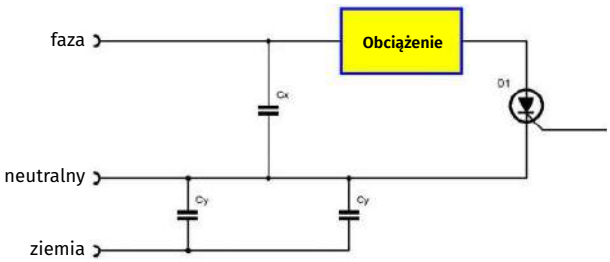
Amplituda sygnałów zakłócających jest w dużej mierze zależna od mocy przełączanej przez sterowanie fazowe. Ściemniacz światła, który steruje lampą halogenową o mocy 100 W, będzie generował mniej sygnałów zakłócających niż sterownik oświetlenia, który kontroluje reflektory o mocy 2000 W w dyskotece lub teatrze.

Rodzaj obciążenia odgrywa ważną rolę w budowie filtra. Silniki posiadają cewki, które w niektórych przypadkach mogą być włączane jako część filtra przeciwzakłóceniowego. Zwłaszcza jeśli mamy do czynienia z dużymi mocami, ta konstrukcja pozwala zaoszczędzić jedną lub nawet dwie bardzo drogie i duże cewki tłumiące.

Czysto pojemnościowy filtr przeciwzakłóceniowy

Jeśli masz do czynienia z małymi, czysto rezystancyjnymi obciążeniami, możesz zbudować filtr przeciwzakłóceniowy zgodnie z poniższym rysunkiem z trzema kondensatorami. Kondensator Cx tłumi symetryczne sygnały zakłócające, dwa kondensatory Cy zapewniają redukcję asymetrycznych sygnałów zakłócających. Wartości kondensatorów Cy nie można zwiększać do nieskończoności. Są one włączone między fazą a ziemią oraz między przewodem neutralnym a ziemią. Pełne napięcie sieciowe znajduje się między fazą a ziemią. W związku z tym przez kondensator popłynie pewien prąd, a jeśli ten prąd stanie się zbyt duży, bezpiecznik różnicowoprądowy wyłączy się. W praktyce nie można przekroczyć 2,2 nF. Ze względów symetrycznych należy również użyć drugiego Cy o tej samej wartości.

Wartość Cx jest również związana z pewnym maksimum. Jeśli dasz kondensator zbyt duży, po włączeniu napięcia sieciowego popłynie przez niego bardzo duży prąd szczytowy. W rezultacie może dojść do wyłączenia czułych bezpieczników automatycznych. Ale jest drugie niebezpieczeństwo! Kondensator jest wbudowany w tłumione urządzenie. To urządzenie w większości przypadków będzie podłączone do gniazdka ściennego z przewodem zasilającym i wtyczką sieciową. Po wyjęciu wtyczki z gniazdka naładowany kondensator Cx



Czysto pojemnościowy filtr przeciwzakłóceniowy może być stosowany przy małych, czysto rezystancyjnych obciążeniach (© 2017 Jos Verstraten)

eprasa.pl 9025c8ced7

znajduje się między dwoma bolcami wtyczki sieciowej. Przypadkowe dotknięcie tych bolców może spowodować szok! Stąd w praktyce mamy wartość kondensatora Cx ograniczoną do 220 nF.

Niezbędne cewki

Aby stłumić zakłócenia pochodzące od dużych obciążeń rezystancyjnych i indukcyjnych, nie można już używać filtra czysto pojemnościowego. W takim przypadku należy zastosować cewki tłumiące. Istnieją różne typy cewek tłumiących, z których każdy ma określony zakres zastosowania:

- Nasycone cewki tłumiące.
- Kompensowane prądowo cewki tłumiące.
- Cewki z rdzeniem prętowym.
- Cewki uziemiające.

Wyjaśnimy zastosowania tych cewek oraz przedstawione zostaną praktyczne obwody tłumiące. Praktyczne obwody są najczęściej wyposażone w cewki tłumiące Schaffnera. Jest to jeden z największych i najbardziej znanych producentów obwodów tłumiących, a cewki Schaffnera są łatwo dostępne.

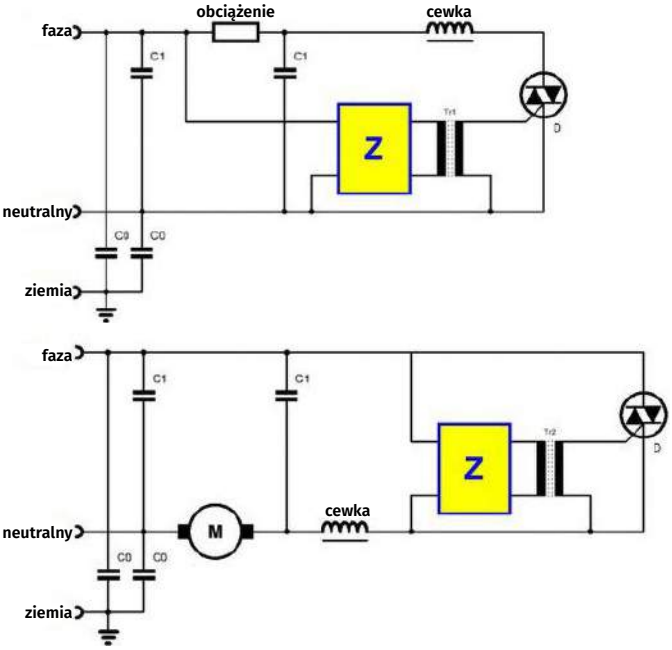
Nasycone cewki tłumiące

Charakterystyka

Nasycone cewki tłumiące są nawinięte na żelazny rdzeń. Mają dużą indukcyjność po włączeniu (prąd równy zeru). Jednakże, gdy prąd wzrośnie do swojej normalnej wartości, rdzenie cewek są nasycone, co powoduje, że indukcyjność jest mała. Cewki te są zawsze połączone szeregowo z tyrystorem lub triakiem. W rezultacie wysoka indukcyjność początkowa przeciwdziała nagłemu pojawieniu się prądu. W związku z tym wzrost prądu od zera do wartości maksymalnej zajmie nieco więcej czasu, znacznie zmniejszając udział bardzo wysokich składowych harmonicznych. Oczywiste, że sam ten fakt powoduje silne zmniejszenie sygnałów zakłócających. Ale oczywiście nie stosuje się tych cewek samodzielnie, tylko w połączeniu z kondensatorami.

Praktyczne obwody

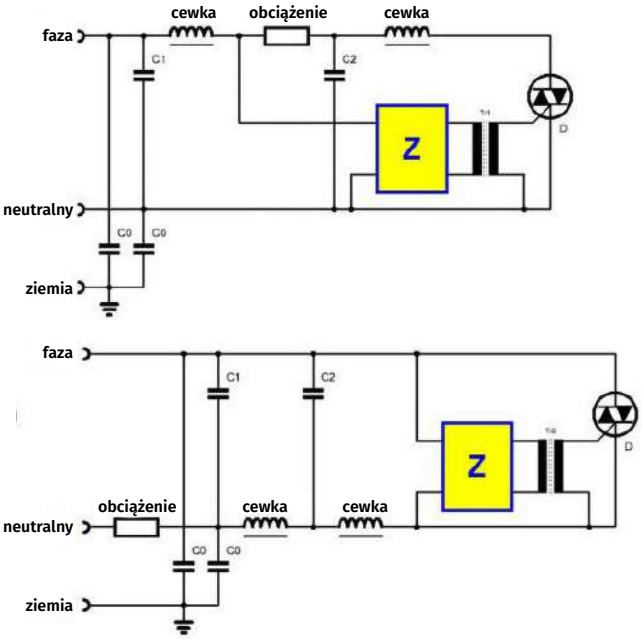
Poniższy rysunek po lewej stronie pokazuje przykład obwodu tłumiącego z nasyconą cewką tłumiącą i związanymi kondensatorami. Ten obwód jest odpowiedni do tłumienia zakłóceń z obciążeń rezystancyjnych, takich jak reflektory teatralne lub elementy grzejne. Blok Z reprezentuje obwód zapłonu triaka. Wartość kondensatorów C0 wynosi 2,2 nF. Dotyczy to również wszystkich innych praktycznych schematów. Wartość kondensatorów C1 zależy od rodzaju zastosowanej cewki. Schemat po prawej stronie może służyć do tłumienia zakłóceń powodowanych przez obciążenia indukcyjne, takie jak silniki. Indukcyjność cewki silnika jest teraz wykorzystywana jako druga cewka tłumiąca, dzięki czemu powstają dwa obwody LC.



Praktyczne obwody z nasyconymi cewkami tłumiącymi (© 2017 Jos Verstraten)

Podwójnie nasycone cewki tłumiące

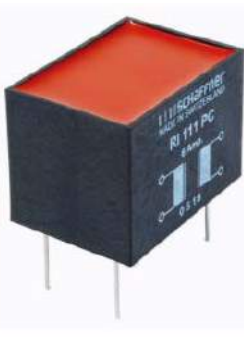
Oprócz pojedynczych cewek tłumiących nasyconych, Schaffner dostarcza również cewki podwójne o identycznych właściwościach. Możesz go używać w środowiskach, w których stawiane są bardzo wysokie wymagania dotyczące tłumienia zakłóceń w obwodach. Z dwóch cewek i czterech kondensatorów można, zgodnie z poniższymi schematami, zbudować filtry tłumiące, które przy 150 kHz tłumią więcej niż 70 dB.



Dostępne typy

W poniższej tabeli zestawiono nasycone cewki tłumiące firmy Schaffner z ich maksymalnym prądem i rezystancją wewnętrzną. Typy z sufiksem PC to wersje PCB, które można wlutować bezpośrednio w płytkę PCB.

Choke type	Nominal current A@40°C	Circuit symbol	R[1] mΩ/path	Weight approx. g
RI 109 PC	2		280	65
RI 110 PC	3		148	120
RI 111 PC	6		42	170
RI 13	25		10	1320
RI 207 PC	0.8		1325	50
RI 208 PC	2		275	40
RI 229 PC	2		265	30
RI 230 PC	3		160	50
RI 210 PC	3		160	65
RI 231 PC	5		62	80
RI 211 PC	6		43	70
RI 221 PC	8		34	175
RI 401 PC	1.5		620	15
RI 403 PC	3		105	30
RI 406 PC	6		53	55
RI 410 PC	10		28	95
RI 222	15		21	330
RI 415	15		8	205
RI 425	25		3.5	325



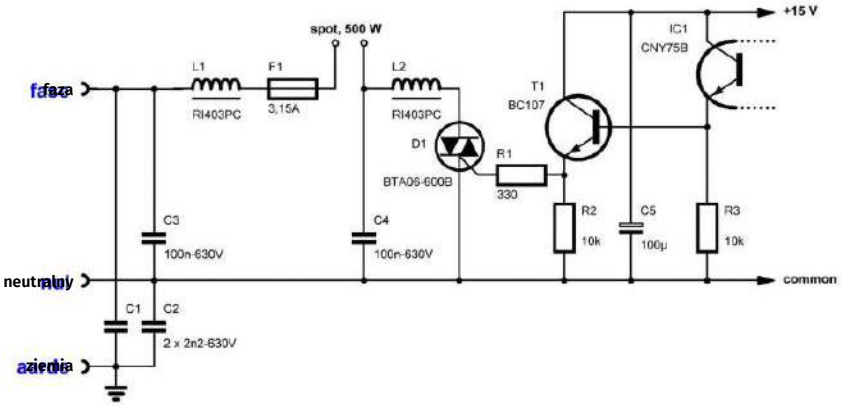
Nasycone cewki tłumiące Schaffnera (© Schaffner)

Praktyczny schemat

Poniższy rysunek pokazuje przykład obwodu, który sprawdził się w praktyce. Ten obwód został zaprojektowany do zasilania

eprasa.pl 9025c8ced7

reflektorów teatralnych o mocy 500 W. Ciekawą rzeczą w tym schemacie jest sposób sterowania bramką triaka. Prąd bramki otrzymuje się przez wtórnik emiterowy ze światłoczułego tranzystora w sprzęgaczu optycznym IC1. **Napięcie +15 V, którym zasilany jest ten obwód zapłonowy, musi być całkowicie odseparowane od napięcia zasilania obwodu pierwotnego!** Obwód pierwotny oznacza tutaj diodę LED ze sprzęgacza optycznego i oczywiście wszystkie obwody generujące impulsy sterujące dla tej diody LED. To +15 V musi zatem być generowane z małego, oddzielnego transformatora zasilającego, który jest używany tylko do zasilania fototranzystora i wtórnika emiterowego tego jednego stopnia lub, w systemach złożonych, wszystkich wtórnych stopni 230 V AC .



Praktyczne zastosowanie nasyconych cewek tłumiących w ściemniaczu światła (© 2017 Jos Verstraten)

Cewki z kompensacją prądu

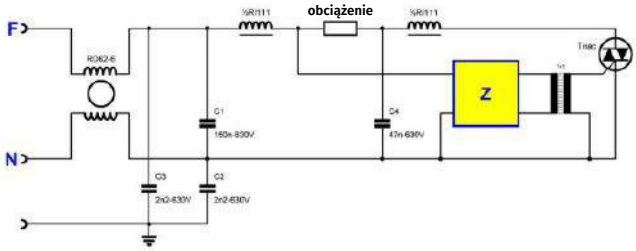
Działanie

Cewki tłumiące z kompensacją prądową składają się z rdzenia pierścieniowego, na którym zamontowane są dwa identyczne uzwojenia. Służą do tłumienia asymetrycznych sygnałów zakłócających, które powstają między fazą a ziemią oraz między przewodem neutralnym a ziemią. Cewki te są zawsze zawarte między fazą a przewodem neutralnym sieci zasilającej i zakończone dwoma małymi kondensatorami do masy. Dwie cewki są nawinięte na rdzeniu toroidalnym w taki sposób, że pola magnetyczne generowane przez napięcie sieciowe 50 Hz kompensują się wzajemnie. Cewka nie ma zatem żadnej funkcji dla napięcia sieciowego. Pełna indukcyjność działa tylko na asymetryczne napięcia zakłócające, które występują między fazą a ziemią oraz między przewodem neutralnym a ziemią.

Aplikacje

Kompensowane prądowo cewki tłumiące stosowane są:

- W obwodach ze sterowaniem odcinającym fazę, gdzie obwody tłumiące z nasyconymi cewkami tłumiącymi nie dają wystarczającego efektu.
- Podczas tłumienia silnie zanieczyszczających obwodów, takich jak generatory ultradźwiękowe i zasilacze impulsowe dużej mocy.



Przykład cewki z kompensacją prądową i praktyczny schemat (© 2017 Jos Verstraten)

Przykład wykonania i schemat praktyczny

Poniższy rysunek przedstawia przykład obwodu, w którym zastosowano kompensowane prądowo cewki tłumiące w połączeniu z już opisanymi obwodami tłumiącymi.

Dostępne typy

Firma Schaffner dostarcza kilkadziesiąt tłumików z kompensacją prądową serii RN i RD. Te cewki tłumiące można stosować do prądów o natężeniu 64 A. Omówienie szczegółów tych elementów w tym artykule byłoby zbyt daleko idące.

Cewki z rdzeniem prętowym

Działanie

Cewki z rdzeniem prętowym, jak sama nazwa wskazuje, składają się z jednej cewki nawiniętej na rdzeń w kształcie pręta. Cewki z rdzeniem prętowym charakteryzują się stałą indukcyjnością. Rdzenie są więc zaprojektowane w taki sposób, że nawet przy maksymalnym obciążeniu nie dochodzi do nasycenia materiału rdzenia.

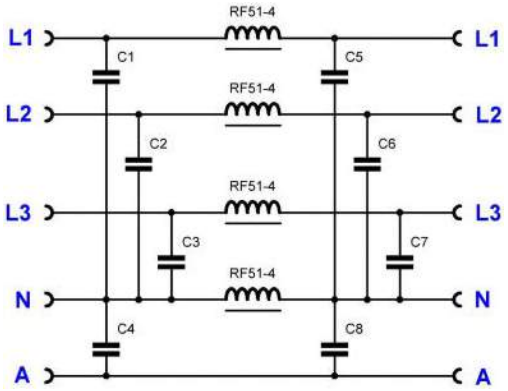
Zastosowania

Te cewki są używane głównie:

- W trudnych warunkach przemysłowych do tłumienia zakłóceń odbiorników trójfazowych, takich jak ciężkie silniki.
- W obwodach, w których zakłócenia powodowane są głównie przez napięcia symetryczne.

Przykładowy obwód

Na poniższym rysunku przedstawiono obwód przeciwzakłóceniowy jako przykład zastosowania cewek z rdzeniem prętowym, które można zastosować do skutecznego tłumienia zakłóceń obciążenia trójfazowego z przewodem neutralnym. Cewki są włączone szeregowo z przewodami trójfazowymi i szeregowo ze wspólnym przewodem neutralnym. Każda cewka zakończona jest kondensatorem do wspólnego zera, przy czym kondensatory są również podłączone do masy na wejściu.



Standardowy obwód do tłumienia zakłóceń obciążenia trójfazowego z przewodem neutralnym (© 2017 Jos Verstraten)

Dostępne cewki z rdzeniem prętowym

Firma Schaffner ma w swoim asortymencie cewki z rdzeniem prętowym, które można wykorzystać do wykonywania wszystkich możliwych prac związanych z tłumieniem zakłóceń. Poniższa tabela pokazuje, że cewki są dostępne do maksymalnego prądu 150 A! Cewki te są zamknięte w prostokątnej obudowie z tylko dwoma końcówkami, dzięki czemu nie jest konieczne podawanie informacji o wyprowadzeniach.

eprasa.pl 9025c8ced7

Choke type	Nominal current A@40°C	Inductance L* mH	Circuit symbol	R† mΩ	Weight approx. g
RF 51-4	4	2.4 (2)		310	250
RF 61-16	16	1.2 (1.2)		40	1300
RF 71-35	35	0.58 (0.35)		12	2720
RF 71-75	75	0.1 (0.06)		2	2800
RF 81-75	75	0.42 (0.3)		3.7	9060
RF 81-150	150	0.1 (0.08)		0.95	9400
RF 101-150	150	0.28 (0.22)		2.25	22000
RF 201-0.2/02	0.2	92 (90)		34000	30
RF 201-0.5/02	0.5	18.5 (18)		6300	32
RF 201-1/02	1	4.6 (4.4)		1900	35
RF 201-2/02	2	1.3 (0.84)		500	27
RF 201-0.2/07	0.2	92 (90)		34000	32
RF 201-0.5/07	0.5	18.5 (18)		6300	34
RF 201-1/07	1	4.6 (4.4)		1900	30
RF 201-2/07	2	1.3 (0.84)		520	30
RF 201-6/07	6	0.13 (0.08)		68	29
RF 211-0.5/02	0.5	50 (47)		10200	75
RF 211-1/02	1	13.6 (12.5)		3000	70
RF 211-2/02	2	3.8 (3.3)		820	70
RF 211-4/02	4	0.92 (0.68)		202	74
RF 211-6/02	6	0.39 (0.33)		100	75
RF 211-10/02	10	0.15 (0.1)		42	70
RF 211-0.5/14	0.5	50 (47)		10200	72
RF 211-1/14	1	13.6 (12.5)		3000	71
RF 211-2/14	2	3.8 (3.3)		820	74
RF 211-4/14	4	0.92 (0.68)		202	74
RF 211-6/14	6	0.39 (0.33)		90	76
RF 211-10/14	10	0.15 (0.1)		33	73

Przegląd cewek z rdzeniem prętowym Schaffnera (© 2017 Jos Verstraten)

Cewki uziemiające

Działanie

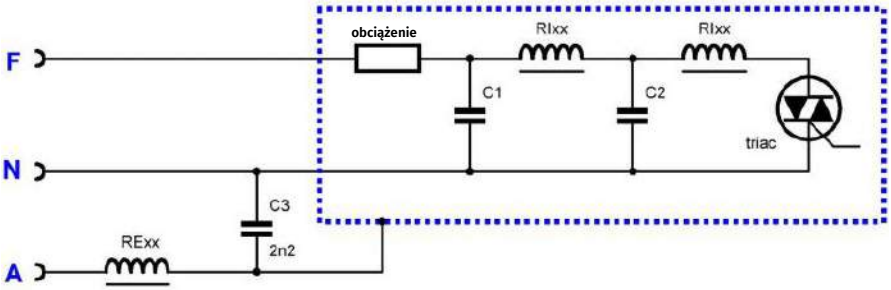
Cewki uziemiające są włączone bezpośrednio w szereg z uziemieniem urządzenia i zapewniają dodatkowe tłumienie asymetrycznych prądów zakłócających, które mogłyby przepływać przez uziemienie. Istnieją dwa typy, a mianowicie typ specjalnie zaprojektowany do tłumienia sygnałów zakłócających o niskiej częstotliwości i typ specjalnie zaprojektowany do tłumienia sygnałów zakłócających o wysokiej częstotliwości. Cechą charakterystyczną cewek uziemiających jest to, że muszą być one nawinięte z drutu o takiej samej średnicy, jak zalecają obowiązujące normy dotyczące uziemienia.

Typy niskoczęstotliwościowe

Te cewki tłumiące mogą być stosowane w obwodach sterowania fazą i są wtedy włączane między uziemienie obudowy urządzenia a uziemienie sieci zasilającej. Oczywiście obudowa nie może być już bezpośrednio połączona z ziemią! Typy te charakteryzują się własną częstotliwością rezonansową, która wynosi około 300 kHz.

Przykład

Przykład zastosowania takich cewek tłumiących pokazano na poniższym rysunku. Schaffner oczywiście dostarcza również takie cewki. Ale teraz te typy nie charakteryzują się maksymalnym prądem, ale przekrojem drutu, z którego są uzwojone. W ten sposób zawsze można użyć cewki o takiej samej średnicy, jak zalecają lokalne normy dotyczące uziemienia.



Korzystanie z cewki uziemiającej (© 2017 Jos Verstraten)

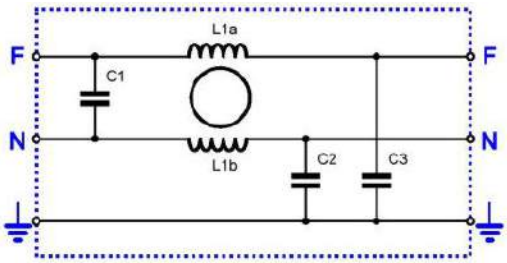
Filtry wejściowe

Wprowadzenie

Jak stwierdzono wcześniej, nie zawsze można wyeliminować niekorzystne skutki sygnałów zakłócających u źródła. Dlatego bardzo ważne jest wyposażenie wrażliwych na zakłócenia urządzeń w filtry wejściowe. Filtry te tłumią sygnały zakłócające odbierane z sieci i zapewniają, że urządzenie jest w jak najmniejszym stopniu zakłócane. Istnieją oczywiście również różne konfiguracje w dziedzinie filtrów wejściowych, z których każda ma określone właściwości tłumiące. **Jednak te filtry nie nadają się do majsterkowania.** Kupujesz je gotowe, wbudowane w specjalną modułową obudowę lub nawet w przyłącze sieciowe. W tym drugim przypadku bezpiecznik sieciowy jest często zintegrowany z filtrem.

Filtry w połączeniach sieciowych

Schaffner dostarcza filtry wejściowe do urządzeń, które są uziemione, jak również do urządzeń, które nie mają uziemienia. Ponadto dostępne są typy z przyłączami lutowanymi, ale także z wtykami typu faston. Standardowy schemat takiego filtra sieciowego z uziemieniem pokazano na poniższym rysunku. Filtr składa się z kompensowanej prądowo cewki tłumiącej oraz standardowych kondensatorów związanych z taką cewką.



Schemat filtra wejściowego i przykład takiego filtra (© 2017 Jos Verstraten)

Dostępne typy

Filtry tego typu oferowane są przez firmę Schaffner w ramach serii o kodzie FN322 dla filtrów z uziemieniem oraz FN302 dla filtrów bez uziemienia.

Uwagi końcowe

Montaż jest ważny

Zasadniczo dobre tłumienie sprzętu sprowadza się do doboru odpowiednich cewek i kondensatorów. Ale nadal musisz wziąć pod uwagę pewne rzeczy. Na przykład logiczne będzie, że filtr działa prawidłowo tylko wtedy, gdy zapewniona jest najlepsza możliwa separacja między okablowaniem wejściowym i wyjściowym. Jeśli są one zbyt blisko siebie, napięcia zakłócające o wysokiej częstotliwości nadal będą mogły przenikać od wejścia do wyjścia przez pasożytnicze pojemności między przewodami, co nie jest zamierzone. Ponadto pole elektromagnetyczne wokół zakłócających przewodów może indukować niewielkie napięcia w pozostałych przewodach. Ta niepożądana sytuacja została przedstawiona po lewej stronie na poniższym rysunku.

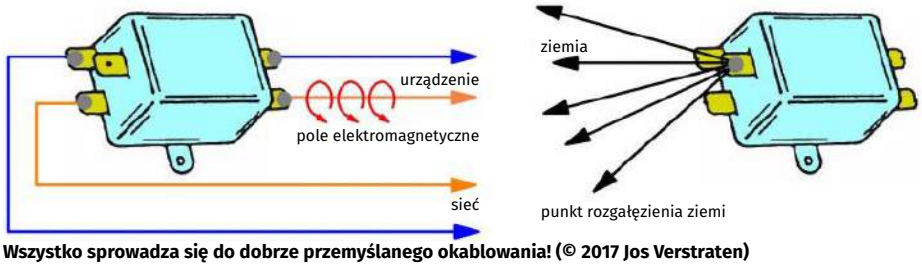
Drugim punktem, o który należy zadbać podczas instalowania filtrów, jest dobre uziemienie całego systemu. Przewód uziemiający wychodzący z sieci jest podłączony bezpośrednio do punktu uziemienia filtra, chyba że w systemie zastosowano cewkę

eprasa.pl 9025c8ced7

uziemiającą. Wewnętrzne uziemienie tego centralnego punktu uziemienia ma kształt gwiazdy, patrz rysunek po prawej stronie.

Kondensatory

Kondensatory używane w filtrach tłumiących są narażone na wysokie napięcie przemienne i są dość wrażliwe. Można używać tylko elementów bardzo dobrej jakości! Z punktu widzenia kosztów można by pomyśleć, że kondensatory wysokonapięciowe typu ceramicznego to dobry wybór. Jednak tak nie jest! Kondensatory te są bardzo słabo odporne na krótkie skoki napięcia i mogą się przepalić lub w inny sposób ulec uszkodzeniu. Jedyną użyteczną technologią są tak zwane „samonaprawiające się metalizowane kondensatory papierowe". Są one doskonale zdolne do prawie całkowitej regeneracji po niewielkiej awarii spowodowanej szczytowym napięciem. Napięcie przebicia zastosowanych kondensatorów musi być co najmniej równe 450 V. Zaleca się nawet stosowanie typów o napięciu przebicia 630 V. ■



Wszystko sprowadza się do dobrze przemyślanego okablowania! (© 2017 Jos Verstraten)

Jos Verstraten

REKLAMA

Sięgnij po archiwalne wydania
ELEKTRONIKI dla WSZYSTKICH

Prenumeratorzy mają bezpłatny dostęp do e-wydań archiwalnych EdW starszych niż 24 miesiące.

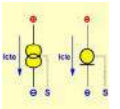
Przesyłka GRATIS

Zamów wygodnie na
www.UlubionyKiosk.pl

eprasa.pl 9025c8ced7

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

Wprowadzenie do źródeł prądowych



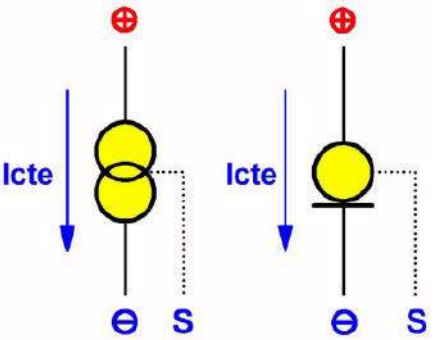
Źródło prądowe zapewnia stały prąd wyjściowy, który jest określony przez wewnętrzne parametry układu lub określony zewnętrznie przez przyłożenie napięcia, albo podanie kodu cyfrowego do układu scalonego.

Główna właściwość źródła prądowego

Jak sama nazwa wskazuje, źródła prądowe dostarczają stały prąd do obciążenia. Istnieją źródła prądowe, które dostarczają stały, wewnętrznie ustalony prąd, ale można również znaleźć obwody, które generują prąd regulowany zewnętrznie. Jednak nawet wtedy wielkość prądu zależy tylko od warunków ustawienia i jest niezależna od wielkości rezystancji obciążenia lub napięcia zasilania układu scalonego.

Symbol źródła zasilania

Na poniższym rysunku przedstawiono dwa najczęściej używane symbole źródła zasilania. Linia przerywana występuje tylko wtedy, gdy wielkość prądu wyjściowego jest regulowana zewnętrznie.



Symbole źródła prądowego (© 2020 Jos Verstraten)

Charakterystyka źródła prądowego

Główną cechą źródła prądowego jest to, że dostarczany prąd jest niezależny od napięcia na źródle prądu. Jest to pokazane na poniższej charakterystyce. Taka charakterystyka daje zależność między prądem płynącym przez źródło prądowe a napięciem przyłożonym na źródło prądowe. Prąd pozostaje stały pomiędzy pewnym napięciem minimalnym Umin a pewnym napięciem maksymalnym Umax .

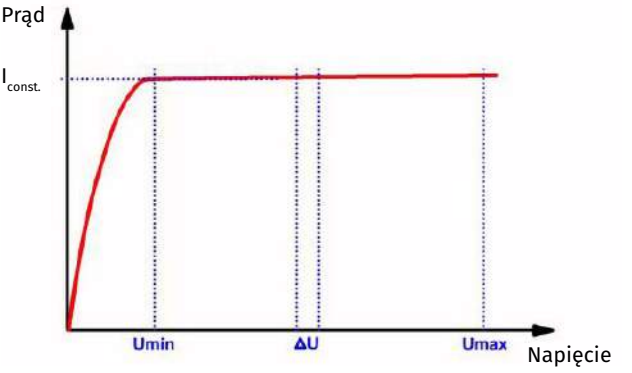
Rezystancja wewnętrzna źródła prądowego

Niewielka zmiana napięcia ΔU na elemencie nie powoduje zmiany prądu. Z tego można wywnioskować, że rezystancja wewnętrzna źródła prądowego jest nieskończona. Opór ten wyraża wzór:

$$R = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

Jeżeli ΔI jest równe zeru, to R musi być nieskończenie duże. W końcu dzielenie przez zero zawsze daje nieskończenie duży wynik.

Oczywiście dotyczy to tylko czysto teoretycznego założenia, że ΔI rzeczywiście wynosi 0. W praktyce ΔU nadal będzie skutkowało niewielkim przyrostem prądu ΔI, tak że w praktyce rezystancja wewnętrzna nie jest nieskończenie duża, ale nadal mieści się w zakresie MΩ.



Charakterystyka źródła prądowego (© 2020 Jos Verstraten)

eprasa.pl 9025c8ced7

Rodzaje źródeł zasilania

Trzy zasady

Źródła prądowe można podzielić ze względu na ich podstawową zasadę działania na:

- Tranzystory FET połączone wewnętrznie jako źródło prądu stałego, zwane również diodami Nortona.
- Stabilizatory prądu w formie układów scalonych.
- Cyfrowo programowalne przełączniki prądu, których prąd wyjściowy zależy od kodu binarnego na pinach programowania obwodu. Obwody te są stosowane w przetwornikach analogowo-cyfrowych i cyfrowo-analogowych.

Dalej krótko omówimy różne rodzaje źródeł zasilania.

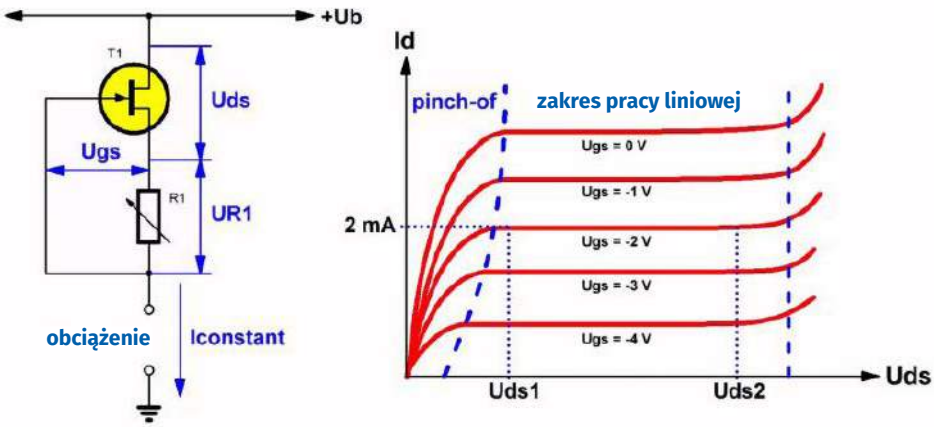
FET jako źródło prądowe: dioda Nortona

Charakterystyka wyjściowa tranzystora polowego, przedstawiona na poniższym rysunku, przypomina charakterystykę źródła prądowego. Jeśli napięcie dren-źródło przekroczy próg odcięcia U ds1 , tranzystor FET będzie zachowywał się jak źródło prądu stałego. Wartość prądu zależy tylko od napięcia między bramką a źródłem.

Ten sam rysunek pokazuje schemat, na którym oparte są wszystkie źródła prądowe FET. Niezbędne napięcie bramka-źródło jest podawane przez włączenie rezystora szeregowo ze źródłem. Bramka jest podłączona do dolnej końcówki tego rezystora, dzięki czemu spadek napięcia UR1 na rezystorze staje się równy ustawionemu napięciu Ugs. Wartość rezystora określa wielkość Ugs, a tym samym wartość prądu stałego, który płynie przez FET.

Jedynym warunkiem jest to, że napięcie dren-źródło jest większe niż próg Uds1. *Ta wartość jest określana jako „napięcie odcięcia”* w specyfikacjach tranzystora FET .

Źródła zasilania oparte na tranzystorach FET są czasami określane jako diody Nortona.



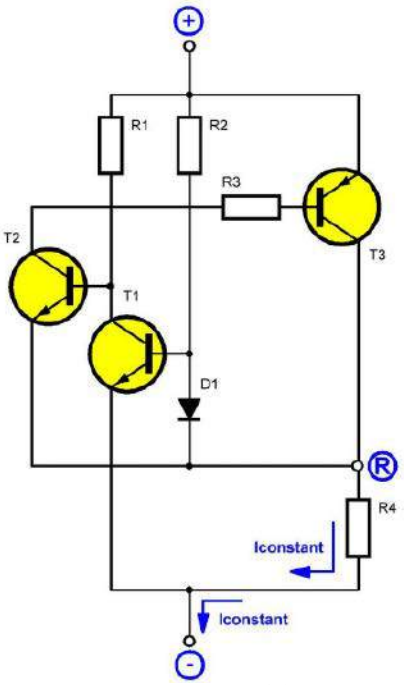
FET jako źródło prądu stałego (© 2020 Jos Verstraten)

Scalony stabilizator prądu

Scalone stabilizatory prądu, takie jak LM334, w dużym uproszczeniu działają zgodnie ze schematem na poniższym rysunku. Rezystor R4 umieszczony między węzłem (R) i (–) określa wielkość prądu. Dioda krzemowa D1 jest podstawą układu sterującego, który utrzymuje stały prąd. Gdyby prąd I dostarczany przez obwód miał wzrosnąć, napięcie na emiterze T1 zmniejszyłoby się. Wówczas T1 staje się bardziej przewodzący, napięcie na jego kolektorze spada. Napięcie baza-emiter T2 maleje, zatem tranzystor T2 będzie mniej przewodził. Napięcie na jego kolektorze wzrasta, tranzystor T3 będzie pobierał mniej prądu bazowego, a zatem będzie mniej przewodził. Równoważna rezystancja tego tranzystora wzrasta, przeciwdziałając pierwotnemu wzrostowi prądu wyjściowego.

Zmieniając wartość rezystora R4 można ustawić inną wartość prądu stałego.

Wadą tego obwodu jest to, że jest on bardzo zależny od temperatury. W końcu różnica napięć między bazą a emiterem T1, który steruje układem sterowania, zależy po części od napięcia na diodzie Si, które jak wiadomo jest bardzo zależne od temperatury. Możesz użyć takiego źródła zasilania jako czujnika temperatury bez specjalnych środków!



Podstawowy schemat scalonego źródła prądowego (© 2020 Jos Verstraten)

Programowalne źródło prądowe

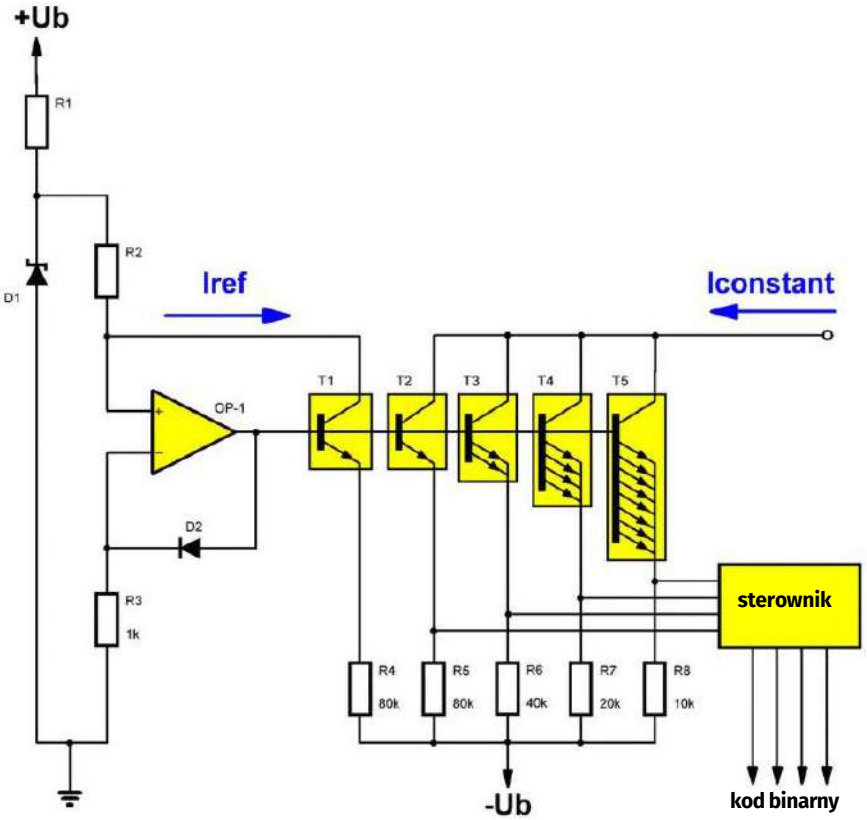
Wewnętrzny schemat programowalnego źródła prądowego pokazano na poniższym rysunku. Schemat układu scalonego składa się z trzech części:

- Bardzo dokładne źródło prądowe ze wzmacniaczem operacyjnym OP-1 i tranzystorem T1 jako elementami aktywnymi.
- Cztery wzmacniacze prądu na tranzystorach od T2 do T5, które wzmacniają dokładny prąd T1 do 1×, 2×, 4× i 8× podstawowej wartości źródła prądowego.
- Sterownik z czterema przełącznikami logicznymi, które przełączają prądy czterech wzmacniaczy prądowych na wyjście prądowe, na polecenie kodu binarnego na czterech wejściach sterujących.

Tranzystor wewnętrzny T1 jest zawarty w precyzyjnym źródle prądu. W przykładowym układzie źródło to składa się ze wzmacniacza operacyjnego i diody Zenera. Obwód ten dostarcza bardzo dokładny prąd Iref, na przykład 125 µA, do kolektora T1. Wzmacniacz operacyjny reguluje napięcie na bazie T1 w taki sposób, aby prąd kolektora tego tranzystora zrównał się z prądem odniesienia Iref, który jest wyprowadzany z napięcia Zenera przez rezystor R2.

eprasa.pl 9025c8ced7

Baza T1 jest bezpośrednio połączona z bazami tranzystorów od T2 do T5. Ta linia jest nazywana *wspólną linią bazową*. Pięć tranzystorów od T1 do T5 jest zaprojektowanych w taki sposób, że mają całkowicie identyczne właściwości. Pomiędzy odpowiednimi emiterami a ujemnym zasilaniem znajdują się rezystory ważone, których stosunek wynosi 1/2/4/8. Ponadto największy z tych rezystorów jest równy wartości rezystora emiterowego T1. W przykładowym obwodzie rezystancja emitera R4 T1 wynosi 80 kΩ, więc wartości pozostałych rezystorów emitera są równe 80 kΩ, 40 kΩ, 20 kΩ i 10 kΩ.



Podstawowy schemat programowalnego źródła prądowego (© 2020 Jos Verstraten)

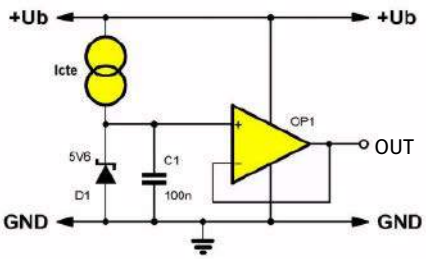
Ponieważ wszystkie tranzystory mają to samo napięcie bazowe i równe napięcia baza-emiter, na wszystkich tych rezystorach będą równe napięcia. W rezultacie przez tranzystory płyną prądy równe 1·Iref , 2·Iref, 4·Iref i 8·Iref. Tak więc prąd 125 μA przepływa przez T2, 250 μA przepływa przez T3, T4 dostarcza 500 μA, a T5 dostarcza 1 mA. Należy zauważyć, że ten stosunek prądu zależy tylko od dokładności rezystorów i że I ref zależy od prądu, który wpływa do kolektora T1. Kolektory czterech wzmacniaczy prądowych są podłączone do pinu wyjściowego układu scalonego. Całkowity prąd wszystkich przewodzących tranzystorów przepłynie zatem przez to połączenie.

Przewodnictwo tranzystorów jest kontrolowane przez obwód sterujący, który przetwarza sygnały TTL na wejściach sterujących „kodu binarnego" na sygnały włączające lub wyłączające przełączniki zasilania.

Zastosowania źródła prądowego

Regulacja diody Zenera

Jeśli nie regulujesz diody Zenera za pomocą rezystora, ale za pomocą źródła prądu stałego, na diodzie Zenera powstaje bardzo stabilne i stałe napięcie. Ponadto, jeśli używasz diody Zenera 5,6 V, dryf temperatury jest minimalny. W końcu taka dioda Zenera ma współczynnik temperaturowy tylko +0,2 mV/°C.



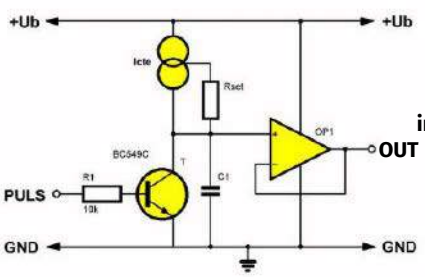
Generowanie bardzo stabilnego napięcia Zenera (© 2020 Jos Verstraten)

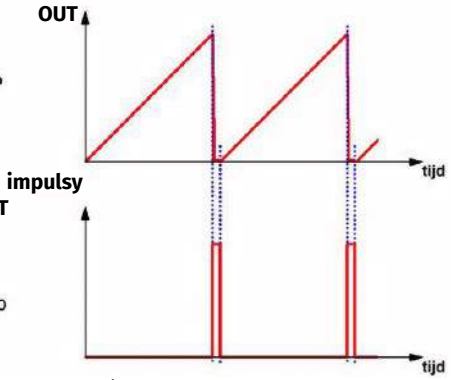
Proste generatory piłokształtne

Poniższy rysunek przedstawia bardzo prosty generator piłokształtny ze źródłem prądowym LM334, w którym napięcie piłokształtne jest wytwarzane przez liniowe ładowanie kondensatora C1 stałym prądem LM334 i rozładowywanie go przez krótkie włączanie przewodzącego tranzystora T1. Op-amp OP1 zapewnia obciążenie kondensatora C1 bardzo dużą rezystancją, dzięki czemu liniowy proces ładowania nie jest zakłócany przez niepożądane rozładowanie kondensatora.

Proste mierniki temperatury Kelvina

Niektóre scalone źródła prądowe mają duży, ale liniowy współczynnik temperaturowy. Można to wykorzystać przy projektowaniu bardzo prostych termometrów. Problem polega na tym, że te mierniki mają skalę skalibrowaną w stopniach Kelvina. W temperaturze 20°C obwody te zapewniają napięcie

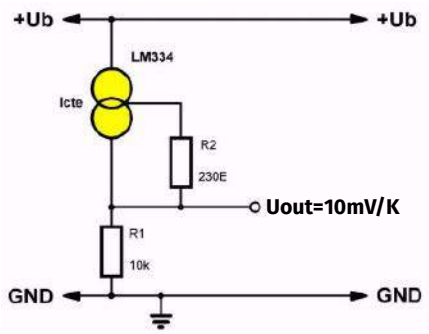




Generowanie napięcia piłokształtnego (© 2020 Jos Verstraten)

eprasa.pl 9025c8ced7

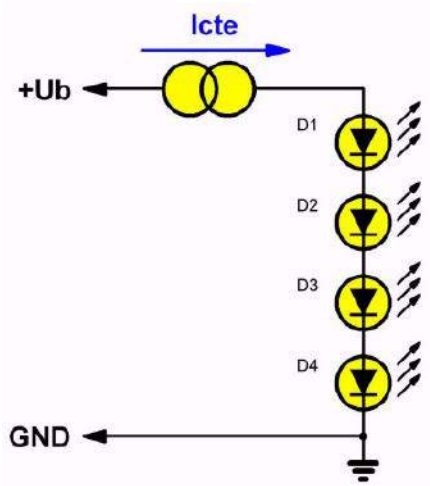
np. 293,15 mV lub 2,9315 V. Za pomocą wzmacniacza operacyjnego, włączonego jako wzmacniacz różnicowy, można oczywiście uzyskać stałe napięcie wyskalowane w stopniach Celsjusza.



Prosty termometr ze skalą Kelvina (© 2020 Jos Verstraten)

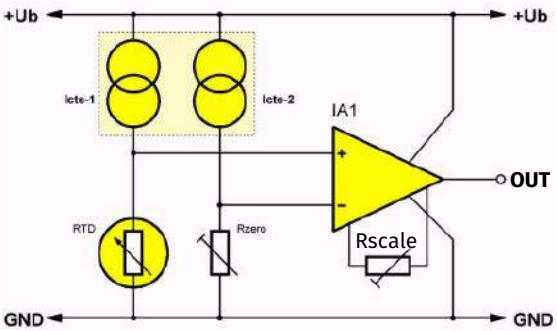
Sterowniki diody LED

LED to źródła światła, które nie są sterowane napięciem, ale prądem. Oznacza to, że nie można regulować strumienia świetlnego, zmieniając napięcie na diodzie LED, ale trzeba kontrolować prąd przez nią przepływający. Dlatego źródła prądowe nadają się idealnie do sterowania diod LED. Zwłaszcza w warunkach, w których napięcie zasilania może się znacznie zmieniać, ale nadal wymagane jest stałe natężenie światła, użycie źródła prądowego jest koniecznością.



Źródło prądowe zasila szereg diod LED (© 2020 Jos Verstraten)

Wiele źródeł prądowych zostało wprowadzonych na rynek z myślą o jednym celu: zasilaniu diod LED ze zmiennego napięcia zasilania. Podstawowy schemat przedstawiono na poniższym rysunku i nie wymaga on dalszych wyjaśnień. To, na co powinieneś zwrócić uwagę, to minimalne napięcie, które musi być na źródle prądowym, aby układ scalony działał poprawnie. Załóżmy, że ten parametr wynosi 4,0 V i chcesz zasilić cztery czerwone diody LED. Na czerwoną diodę LED przypada średnio 1,8 V. Na cztery diody LED przypada napięcie 7,2 V. Minimalne napięcie zasilania +U b musi więc wynosić 11,2 V.



Dwa identyczne źródła prądowe określają układ włączenia czujnika RTD (© 2020 Jos Verstraten)

Konfigurowanie czujnika RTD

Czujnik RTD to „rezystancyjny detektor temperatury" lub rezystor używany do pomiaru temperatury . Jednym z najbardziej znanych RTD jest oczywiście Pt100, który można kupić w dziesiątkach różnych wersji, które wszystkie działają na tej samej zasadzie. W większości przypadków trzeba przeliczyć rezystancję zależną od temperatury takiego czujnika na skalibrowane napięcie stałe, które wynosi np. −0,5 V przy temperaturze −50°C i +1,5 V przy temperaturze +150°C. Do tego zadania możesz użyć dwóch źródeł prądowych, które zasilają RTD prądem zgodnie z poniższym schematem. Ze względu na wysoką czułość układu zaleca się nie stosować wzmacniacza operacyjnego jako wzmacniacza różnicowego, ale wzmacniacza instrumentalnego IA1. R zero ustawia punkt zerowy, R scale ustawia współczynnik skali.

Dwa źródła prądu Icte -1 i Icte -2 muszą mieć jak najbardziej identyczne charakterystyki i muszą być połączone termicznie.

Tanie źródła zasilania do eksperymentowania

Uwaga. Wszystkie dane o cenach należy traktować jako orientacyjne.

Wstęp

W ofercie rynkowej znajdują się dziesiątki źródeł zasilania i diod Nortona. Nie sposób omówić to wszystko. Dokonaliśmy dość losowego wyboru przyjmując, żeby omawiane typy były łatwo dostępne i niezbyt drogie w zwykłym handlu specjalistycznym.

Seria CLxxM35 firmy Diotec Semiconductor

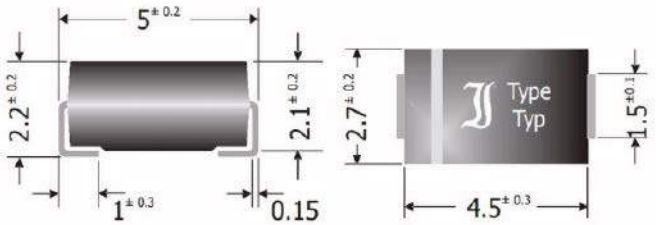
Ta seria diod Nortona w obudowie DO-214AC składa się z trzech elementów o następujących prądach:

- **CL15M35:** 12 mA ~15 mA ~17 mA
- **CL20M35:** 17 mA ~20 mA ~23 mA
- **CL40M35:** 34 mA ~40 mA ~46 mA

Trzy liczby określają minimalny, typowy i maksymalny prąd przepływający przez diody.

Inne specyfikacje tych diod to:

- **Producent:** Diotec Semiconductor
- **Cena:** 0,30 €
- **Napięcie zasilania:** maks. 90 V
- **Napięcie wsteczne:** typowo 0,5 V
- **Moc:** maks. 1 W
- **Współczynnik temperaturowy:** $-26 \cdot 10^{-4}$/°C typowo



Obudowa diod Nortona CLxxM35 (© Diotec Semiconductor)

W poniższym przykładzie CL20M35 jest używany w lampie LED zasilanej z sieci. Zestaw 75 standardowych białych diod LED połączonych szeregowo o napięciu roboczym 3,2 V jest zasilany z wyprostowanego napięcia sieci 230 V. Kondensator nieelektrolityczny C1 o pojemności 2,2 µF, 400 V tłumi migotanie diod.

eprasa.pl 9025c8ced7

Seria CLxx firmy Supertex Inc.

Ta seria źródeł prądowych obejmuje kilka elementów, z których omówimy dwa. Są to źródła kompensowane temperaturowo, a każdy chip jest indywidualnie dostosowywany do maksymalnej tolerancji prądu wynoszącej zaledwie ±10%. Te źródła prądowe zostały opracowane specjalnie do zasilania diod LED. Cechą tej serii chipów jest to, że można bez problemu łączyć równolegle identyczne układy, aby zwiększyć całkowitą dostarczaną moc.

Prądy i maksymalne napięcia obu układów:

- **CL2:** 20 mA ~90 V
- **CL220:** 25 mA ~220 V

Te układy scalone są oferowane w różnych obudowach, które pokazano na poniższym rysunku. Końcówka VA jest biegunem dodatnim, zaś VB ujemnym.

Pozostałe specyfikacje:

- **Producent:** Supertex inc.
- **Cena docelowa CL2:** 0,37 €
- **Cena docelowa CL220:** 0,99 € **Seria J55x firmy InterFET** Ta seria diod Nortona w obudowie TO-92 składa się z trzech elementów o następujących prądach: – **J553:** 0,18 mA ~0, 5 mA ~0,75 mA - **J554:** 0,6 mA ~1,0 mA ~1,6 mA – **J555:** 1,4 mA ~2,0 mA ~2,6 mA Trzy liczby określają minimalny, typowy i maksymalny prąd przepływający przez diody. Inne specyfikacje tych diod to: – **Producent:** InterFET – **Sugerowana cena:** 3,20 € – **Minimalne napięcie na chipie:** 0,75 V
- **Maksymalne napięcie na chipie:** 50 V
- **Rezystancja dynamiczna J553:** typowo 13 MΩ
- **Rezystancja dynamiczna J554:** typowo 5,0 MΩ
- **Rezystancja dynamiczna J555:** typowo 1,8 MΩ

PSSI2021SAY firmy NXP

Pod łatwą do zapamiętania nazwą PSSI2021SAY, były dział półprzewodników firmy Philips, obecnie nazywany Nexperia, opracował źródło prądowe, którego prąd można ustawić w zakresie od 15 µA do 50 mA za pomocą pojedynczego rezystora. Maksymalne napięcie na elemencie wynosi 75 V. Wyprowadzenia oraz wewnętrzny schemat tego układu umieszczonego w obudowie SOT353 przedstawiono na poniższym rysunku.

Pozostałe dane techniczne:

- **Producent:** Nexperia (dawniej NXP)
- **Cena:** 0,21 €
- **Maksymalne napięcie na chipie:** 75 V
- **Napięcie wsteczne na chipie:** maks. 0,5 V
- **Moc:** maks. 335 mW
- **Prąd wyjściowy bez rezystora zewnętrznego (+Ub=12 V):** 10 ~15 ~20 µA
- **Prąd wyjściowy:** maks. 50 mA
- **Prąd zasilania (+Ub=12 V):** maks. 370 µA
- **Prąd zasilania (+Ub=75 V):** maks. 2,2 mA
- **Rezystancja wewnętrzna:** typowo 48 kΩ
- **Współczynnik temperaturowy:** 0,15%/°C

Prąd wyjściowy jest określony wzorem:

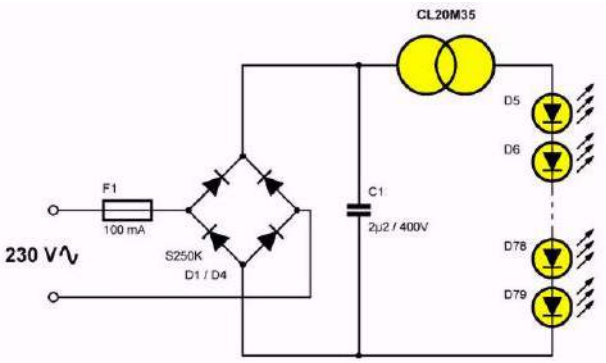
$$I_{out} = \frac{0,617}{R_{ext}} + 15\mu A$$

R ext to rezystancja, którą podłączasz między stykami 4 i 5.

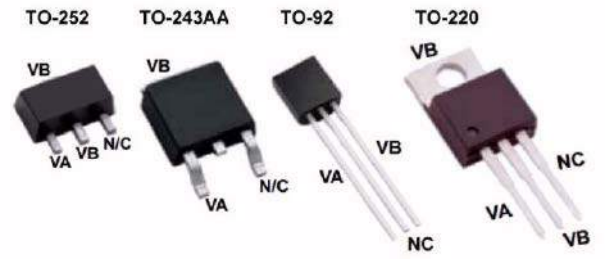
Standardowy obwód zasilania diody LED pokazano na poniższym rysunku z PSSI2021SAY.

Linear's LT3092

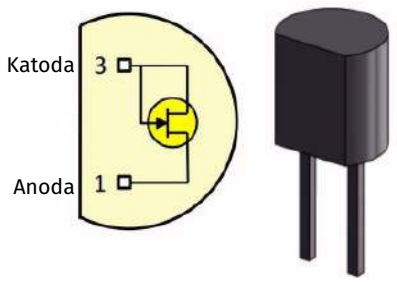
Ten układ scalony, obecnie sprzedawany przez Analog Devices, jest regulowanym źródłem prądu od 0,5 mA do 200 mA i napięciem zasilania od 1,2 V do 40 V. Prąd jest określany przez stosunek między dwoma rezystorami. Na poniższym rysunku pokazano wewnętrzny schemat i dane wyprowadzeń obu obudów.



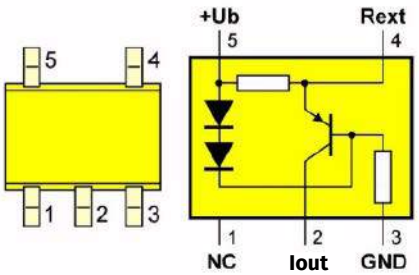
Lampa LED 230 V z CL20M35 (© 220 Jos Verstraten)



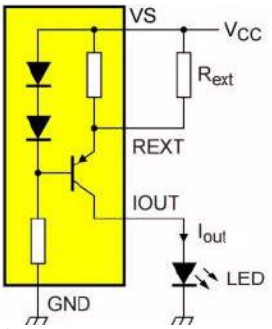
Obudowy CL2 i CL220 (© Supertex Inc.)



Obudowa i schemat wewnętrzny elementów serii J55x (© InterFET)



Wyprowadzenia i schemat PSSI2021SAY firmy NXP (© Nexperia)



Zasilanie diody LED za pomocą PSSI2021SAY (© Nexperia)

eprasa.pl 9025c8ced7

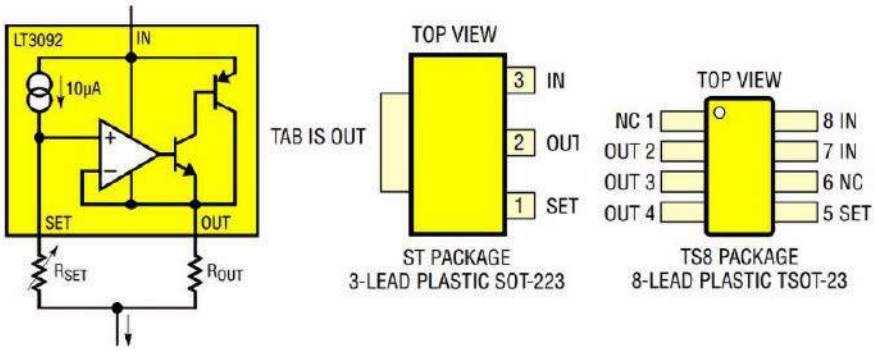
Główne dane techniczne LT3092 to:

- **Producent:** Linear
- **Cena:** 4,48 €
- **Minimalne napięcie zasilania:** 1,2 V
- **Maksymalne napięcie zasilania:** 40 V
- **Minimalny prąd wyjściowy:** 0,5 mA
- **Maksymalny prąd wyjściowy:** 200 mA
- **Wewnętrzne referencyjne źródło prądowe:** typowo 10,0 µA

Prąd wyjściowy obliczany jest według wzoru:

$$I_{out} = \frac{10\mu A \cdot R_{SET}}{R_{out}} + 10\mu A$$

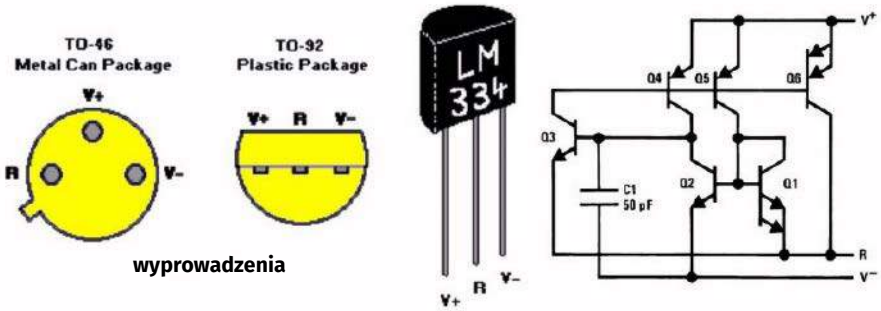
Należy dobrać wartość R SET tak, aby na tym rezystorze spadało napięcie co najmniej 200 mV.



Wyprowadzenia i wewnętrzny schemat LT3092 firmy Linear (© Układy analogowe)

The National Semiconductor LM334

To źródło prądowe może dostarczać prąd w zakresie od 1 µA do 10 mA przy napięciu zasilania od 1 V do 40 V. Prąd jest określany przez jeden rezystor R SET między pinami R i V–. Ciekawą rzeczą w tym układzie jest to, że prąd zależy nie tylko od tej rezystancji, ale także od temperatury chipa. Jest to zależność bardzo liniowa w zakresie od –50°C do +125°C, więc układ ten jest bardzo przydatny do budowy miernika temperatury.



Dane wyprowadzeń i schemat wewnętrzny LM334 z NatSemi (© NatSemi)

Główne specyfikacje LM334 to:

- **Producent:** National Semiconductor
- **Cena:** 1,07 €
- **Minimalne napięcie zasilania:** 1,0 V
- **Maksymalne napięcie zasilania:** 40 V
- **Minimalny prąd wyjściowy:** 1 µA
- **Maksymalny prąd wyjściowy:** 10 mA
- **Współczynnik temperaturowy:** 0,33 %/°C

Na poniższym rysunku jest przedstawiony podstawowy układ włączenia LM334. Wartość prądu wyjściowego I SET określa wzór:

$$I_{SET} = \frac{227\mu V \cdot K}{R_{SET}}$$

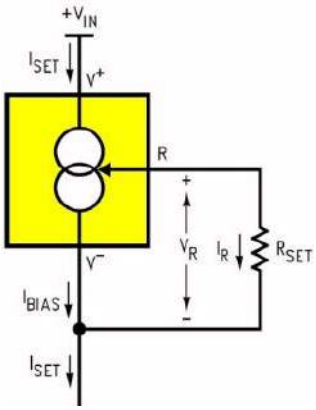
W tym wzorze należy zatem wprowadzić temperaturę chipa w stopniach Kelvina, a nie w stopniach Celsjusza. Przeliczasz temperaturę ze stopni Celsjusza na kelwiny, dodając liczbę 273,15 do wartości w stopniach Celsjusza.

Jeśli ustawisz prąd I SET na wartość większą niż 100 µA, musisz wziąć pod uwagę wzrost temperatury wewnętrznej w chipie. Przy prądzie 1 mA wzrost napięcia o 1 V między V+ i V– powoduje wzrost temperatury o około 0,4°C.

Dodając jeden rezystor i jedną diodę krzemową, kompensujesz zależny od temperatury prąd wyjściowy LM334. Schemat przedstawiono na poniższym rysunku. Rezystory R1 i R2 są obliczane przy użyciu następujących wzorów:

$$R2 = 10 \cdot R1$$

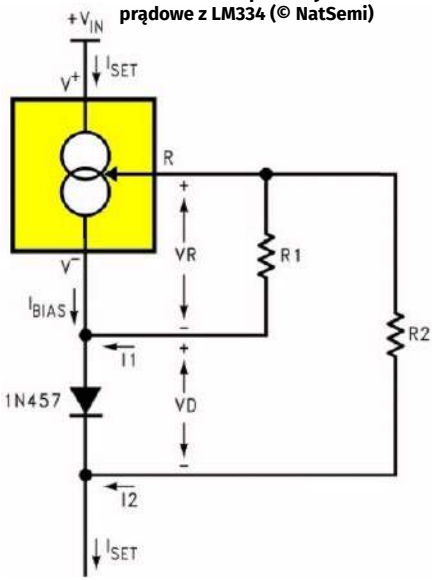
$$R1 = \frac{0,134V}{I_{SET}}$$



Zależne od temperatury źródło prądowe z LM334 (© NatSemi)

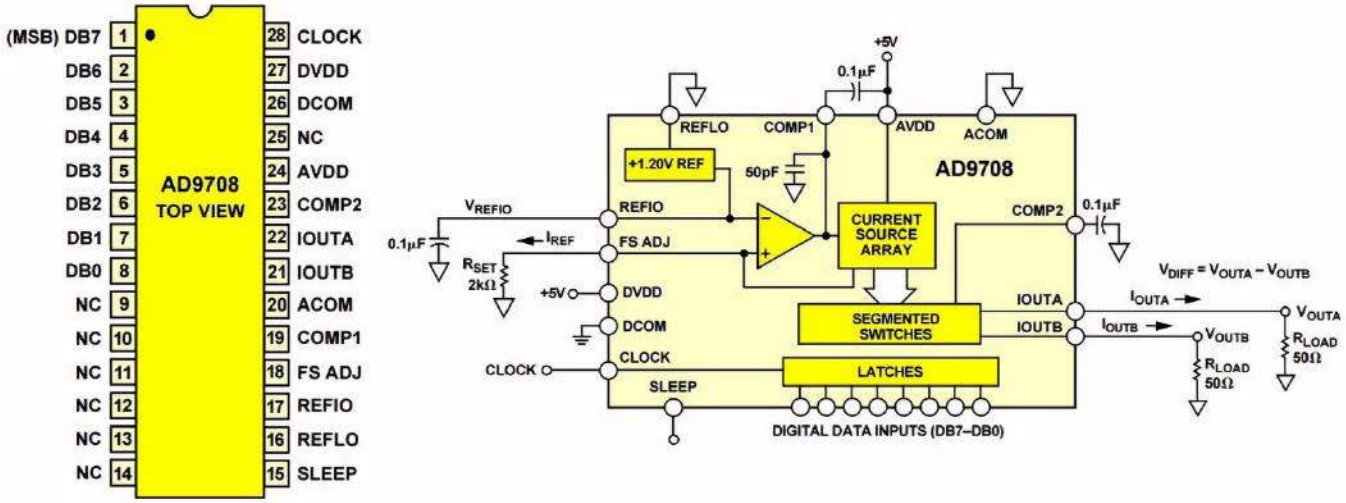
AD9708 firmy Analog Devices

Na zakończenie tego wykładu o źródłach prądowych kilka informacji o binarnym programowalnym źródle prądowym firmy Analog Devices. AD9708 to ośmiobitowy przetwornik cyfrowo-analogowy, który zapewnia dwa komplementarne prądy



Źródło prądowe LM334 z kompensacją temperaturową (© NatSemi)

eprasa.pl 9025c8ced7



Wewnętrzny schemat blokowy i wyprowadzenia AD9708 (© Układy analogowe)

wyjściowe od 2 mA do 20 mA w pełnej skali. Oznacza to, że wyjście I OUTA dostarcza ten prąd, gdy wszystkie bity danych to „H", a wyjście I OUTB dostarcza ten prąd, gdy wszystkie bity danych to „L". W razie potrzeby prądy te można przekształcić w napięcie wyjściowe, łącząc wyjścia prądowe z rezystorem uziemiającym. Maksymalna wartość napięć wyjściowych wynosi 1,25 V. Wartość prądów wyjściowych określa jeden rezystor R SET, który jest włączony między pinem układu scalonego i masą. Kod cyfrowy na wejściach DB0 do DB7 jest ładowany do układu na dodatnim zboczu sygnału zegara. Układ scalony jest zasilany pojedynczym napięciem, które wynosi co najmniej +2,7 V, a maksymalnie +5,5 V.

Możesz wyłączyć układ przez aktywne wejście high SLEEP.

Cena AD9708 to 7,23 €. ■

Jos Verstraten

Wakacyjny Quiz 04 – Układy cyfrowe

Rozwiąż na www.elportal.pl/quizy i zamów bezpłatną prenumeratę EdW z dostępem do wydań archiwalnych na www.ulubionykiosk.pl/prenumerata

1. Jakie są podstawowe wartości systemu binarnego stosowanego w układach cyfrowych?
- ☐ 0 i 1
- ☐ + i –
- ☐ Prąd i napięcie

2. Co to jest bramka logiczna?
- ☐ Element otwierający drogę dla prądu
- ☐ Podstawowa „cegiełka" układów cyfrowych, wykonująca określoną operację logiczną
- ☐ Element generujący sygnał cyfrowy

3. Co to jest algebra Boole'a?
- ☐ Algebra działań na liczbach całkowitych
- ☐ Dwuelementowa algebra wartości logicznych
- ☐ Algebra działań na liczbach zespolonych

4. Jakie są podstawowe bramki logiczne?
- ☐ Elementy R, L, C i diody
- ☐ Tranzystory i wzmacniacze operacyjne
- ☐ NOT, AND, OR

5. Co oznacza skrót FPGA?
- ☐ Field-Programmable Gate Array
- ☐ Full Potential Gain Amplifier
- ☐ Fast Processing Gate Amplifier

6. Jakie są podstawowe operacje w układach cyfrowych?
- ☐ Mnożenie, dzielenie, pierwiastkowanie
- ☐ Dodawanie i mnożenie
- ☐ NOT, AND, OR

7. Jakie są podstawowe rodzaje układów scalonych pamięci?
- ☐ Rejestry
- ☐ Liczniki
- ☐ RAM (Random Access Memory) i ROM (Read Only Memory)

8. Co oznacza skrótMCU?
- ☐ Multiple Computing Units
- ☐ Microcontroller Unit
- ☐ Memory Computer Unit

9. Co to jest przetwornik ADC?
- ☐ Układ przetwarzający sygnał analogowy na sygnał cyfrowy
- ☐ Układ wykonujący operacje logiczne na danych
- ☐ Układ generujący sygnał analogowy na podstawie danych cyfrowych

10. Co to jest układ kombinacyjny?
- ☐ Układ cyfrowy tworzący kombinacje liczb
- ☐ Układ cyfrowy, w którym stany wyjść zależą wyłącznie od stanu wejść
- ☐ Układ, który wzmacnia sygnały cyfrowe

11. Co to jest układ sekwencyjny?
- ☐ Układ cyfrowy, którego stanu wyjść zależy od stanu wejść aktualnego i poprzedniego
- ☐ Układ cyfrowy generujący sekwencję liczb
- ☐ Układ cyfrowy wykonujący sekwencje operacji logicznych

12. Co to jest licznik binarny?
- ☐ Układ odmierzający czas
- ☐ Układ zliczający operacje logiczne
- ☐ Układ wykonujący sekwencyjne zliczanie w systemie dwójkowym

eprasa.pl 9025c8ced7

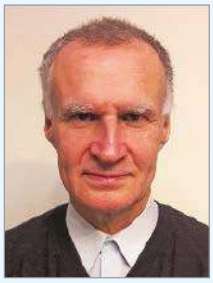
Uczmy się na cudzych błędach

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.

Zdalne sterowanie bez baterii. A może działać latami

Każde urządzenie elektroniczne potrzebuje zasilania. Pilot zdalnego sterowania nie jest wyjątkiem, a baterie w pilotach telewizorów, set top boxów, klimatyzatorów, wentylatorów umocowanych na suficie i wielu innych urządzeń liczone są w milionach. W skali świata to ogromne ilości odpadów chemicznych trudnych do utylizacji, a liczba zużytych baterii z roku na rok rośnie.

Bieżący projekt pozyskuje darmową energię z otoczenia. To wystarczy dla zasilania pilota i żadne baterie nie są potrzebne. To pozwoli na eliminację ton chemicznych odpadów każdego roku. Prototyp wykonany przez autora pokazano na **rysunku 1**.

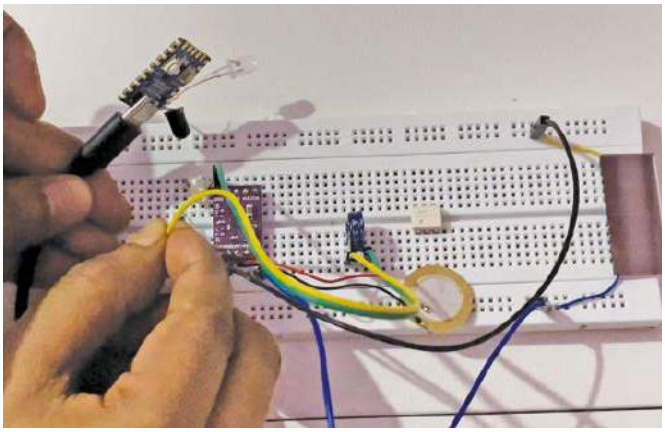
Schemat układu i jego działanie

Schemat urządzenia należy podzielić na dwie części: nadajnik i odbiornik. **Rysunek 2** pokazuje schemat nadajnika.

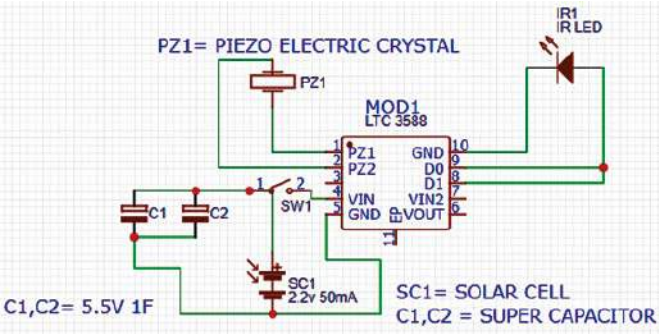
Praca nadajnika bazuje na module MOD1 zawierającym układ scalony LTC3588. To „energy harvesting modul". Dodatkowymi elementami są: dwa superkondensatory o pojemności jednego farada każdy (C1 i C2), niewielki panel solarny 2,2 V/50 mA (SC1), przetwornik piezoelektryczny (PZ1) oraz podczerwona dioda LED (IR1). Piezoelektryk podłączono między wyprowadzenia PZ1 i PZ2 układu scalonego LTC3588. Panel FV podłączono między masę i wyprowadzenie zasilania VIN. Wyjście stanowi dioda Infra-Red LED, którą włączono między masę i pin D0 US.

Schemat ideowy odbiornika pokazuje **rysunek 3**, na którym dla wygody powtórzono też schemat nadajnika. Odbiornik bazuje na module MOD2, na wejście którego podłączono odbiornik podczerwonej diody LED TSOP4538 (IR2). Trzecim i zarazem ostatnim elementem odbiornika jest dioda LED1. Nadajnik emituje sygnał za pośrednictwem IR1, który odbierany jest przez IR2. Dla niezakłóconej transmisji koniecznym jest aby obie diody „się widziały". Odbiornik TSOP4538 zawiera jedynie 3 wyprowadzenia i należy je podłączyć do: masy, +5 V i pinu 29 modułu MOD2. Na **rysunku 4** widzimy program inicjalizacji odbiornika, który należy załadować do mikrokontrolera na MOD2. W poniższej tabelce zebrano wykaz wszystkich elementów projektu.

Piękno tego projektu zawiera się w jego prostocie. Każdorazowe naciśnięcie dowolnego przycisku pilota wymaga niewielkiej siły (pracy, energii), która jest odzyskana na podładowanie superkondensatora, którego napięcie posłuży jako zasilanie elektroniki. Głównym źródłem zasilania jest więc praca mechaniczna, aczkolwiek wspomagana małym panelem solarnym FV, który też powiększa ładunek na kondensatorze. Głównym odbiornikiem

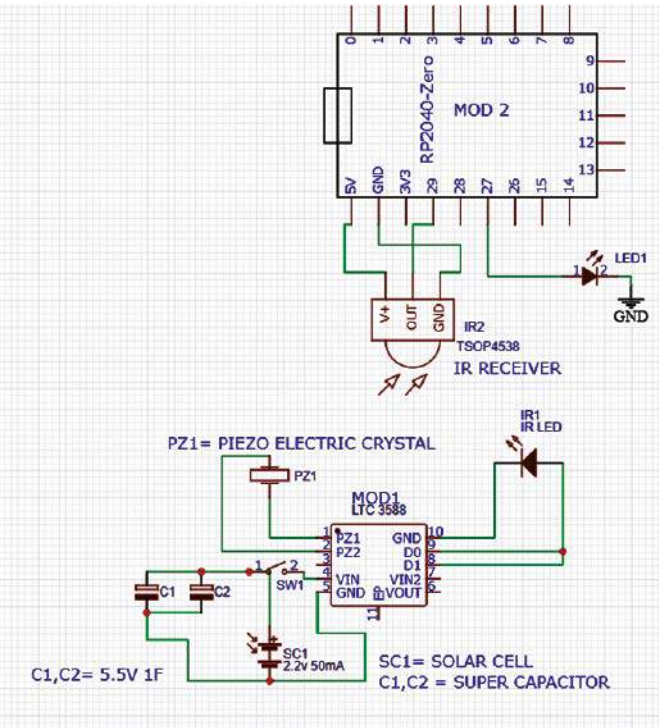


Rysunek 1. Prototyp autora na płytce uniwersalnej



Rysunek 2. Schemat ideowy nadajnika

eprasa.pl 9025c8ced7



Rysunek 3. Schemat odbiornika i nadajnika

```
1  void setup() {
2    // initialize the LED pin as an output:
3    pinMode(29, 0);
4    // initialize the pushbutton pin as an input:
5    pinMode(27, 1);
6  }
7  void loop() {
8    if (analogRead(29)>= 10) {//// you can cahnage the
9    //funcrtion or even read the hex value and set
10   //the function to be perform when the signal is recived
11     digitalWrite(27, HIGH);
12   } else {
13     digitalWrite(29, LOW);
14   }
15 }
```

Rysunek 4. Kod programu receivera

energii elektrycznej tak skrupulatnie pozyskanej jest dioda nadawcza IR LED.

Software

Pracę odbiornika można przetestować przy pomocy programu, który napisano dla Arduino. Szkic można ściągnąć pod nazwą batteryless.ino. W celu kompilacji i załadowania programu do MOD2 należy wykorzystać oprogramowanie Arduino IDE. W tym zakresie procedura jest standardowa. Należy jedynie poprawnie wpisać typ płytki MOD2 – RP2040.

Konstrukcja układu i przetestowanie jego działania

Prace montażowe sprowadzają się do zmontowania układu wg schematu na rysunku 3. Kod źródłowy zawarty w programie batteryless.ino należy załadować zgodnie z opisem zamieszczonym wyżej. Odbiornik z nadajnikiem należy zestawić tak, aby IR1 w nadajniku oświetlała odbiornik IR2. Przed testowaniem układu, ściśnij kilkakrotnie piezoelement. Początkowo energii tej może być niewiele, dlatego zaleca się aby solar FV był też podłączony.

Praca układu jest niezwykle prosta. Optyczną sygnalizacją poprawności działania powinno być mruganie diody LED1 odpowiadające każdorazowej emisji sygnału z nadajnika.

Tak złożony układ powinien pracować latami, mimo że nie zawiera bateryjki zasilającej. Solar FV stanowi zasilanie opcjonalne, aczkolwiek wykonany przez autora projekt pracuje poprawnie także w pomieszczeniu gdy wyłączono oświetlenie. Wystarczy kilkakrotne naprężenie piezoelektryka. ■

Ashwini Kumar Sinha

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY", sierpień 2022 (efymag.com)

Uwagi i poprawki

Ten DIY jest ciekawym układem, jednak jego działanie w oparciu o zamieszczony schemat może budzić wiele wątpliwości. W opisie działania i konstrukcji brakuje tak ważnych informacji jak zamontować w pilocie piezoelektryk, aby „produkował" niezbędną energię. Wydaje się to trudne, a także budzi wątpliwość skuteczność takiego rozwiązania. Po co odbiornik z MOD2? Wydaje się, że zastosowano go jedynie w celu przetestowania pracy transmitera. Ale MOD1 też nie jest w istocie nadajnikiem. Moduł z LTC3588 ma jedynie służyć jako „bateria". Czyli zasilać jakiś nadajnik. Bliższa analiza aplikacji LTC3588 ujawnia, iż błędów jest tu więcej.

Układ scalony LTC3588 firmy Linear Technology to faktycznie *Energy Harvesting Power Supply* w zakresie mikro-watowych mocy. Czerpie energię „z niczego" dostarczając stabilizowanego napięcia na wyjściu. „Z niczego" należało wziąć w cudzysłów, bo perpetuum mobile oczywiście nie istnieje.

Predysponowanym źródłem energii jest przetwornik piezoelektryczny, czyli pozyskanie energii elektrycznej z postaci mechanicznej. Ale niekoniecznie. LTC3588 można zastosować w aplikacji „podkradającej" także inne formy energii z otoczenia. A więc światła, termopary lub nawet podkradać energię pola elektrycznego w pobliżu lampy fluorescencyjnej. Oczywistym jest, iż moce są na poziomie nano-, co najwyżej mikro-watów, ale w wielu aplikacjach to wystarczy. Urządzenia o tak małym zapotrzebowaniu na moc mogą pracować wiecznie bez żadnej baterii. I pilot „remote controle" też pewnie zmieści się w tej kategorii, o ile będziemy go wystarczająco często „molestować", aby energię „z niczego" pozyskać.

Jak wynika ze schematu na rysunku 2, głównym źródłem są wibracje piezoelementu, a źródłem alternatywnym jest maleńkie fotoogniwo. Naprężenia piezoelektryka generują zwykle dość duże napięcie, które może być źródłem maleńkiego prądu. Wyprowadzenia 1 i 2 (PZ1 i PZ2) układu LTC3588 podłączone są na wejście mostka Graetza. A więc, klasyczny prostownik napięcia przemiennego na prąd „jednokierunkowy". Ten prąd należy skrupulatnie zbierać, bo każdy nanoamper jest cenny, i ładunek akumulować na..., oczywiście jakimś kondensatorze. Czym większy tym lepiej, szczególnie jeśli przerwy w dostarczaniu (podkradaniu) energii są stosunkowo długie. W czasie przerw energię trzeba

eprasa.pl 9025c8ced7

bardzo szanować, a więc źródła nie obciążać. Konstruktorzy układu scalonego to przewidzieli, LTC3588 zadowala się nanoamperami. Można mieć wątpliwości lub okazać zdziwienie, czy ta forma *energy harvestingu* zda egzamin dla zasilania pilota zdalnego sterowania, ale z drugiej strony należałoby wierzyć, że autor projektu to sprawdził.

Jednak dalsza analiza schematu z rysunku 2 i 3 skłania, iż budzące się wątpliwości nie są rozwiane, a wręcz przeciwnie – się piętrzą.

Tak właściwie, jedynym poprawnie podłączonym elementem jest piezoelektryk. PZ1 i PZ2 to wejście prostownika dwupołówkowego, a jego wyjście jest na pinie 4. I tu należy oczekiwać rezerwuaru energii/ładunku, czyli kondensatora o sporej pojemności. I taki jest. A więc w czym problem? Autor zastosował dwa superkondensatory o ogromnej pojemności jednego farada każdy. Cechą piezoelektryków jest spore napięcie, a maleńki prąd. To źródło (bardzo)wysokoimpedancyjne. Dlatego wskazane jest, aby zbierać energię na możliwie wysokim poziomie potencjału. LTC3588 przewiduje napięcie do 20 V, choć oferuje wyjście na poziomie 1,8 V do 3,6 V. Ale (niemal) bezstratna transformacja energii elektrycznej z wysokiego napięcia na niskie o odpowiednio większym prądzie, nie jest problemem. I nie trzeba odwoływać się do sławnej i historycznej argumentacji Nikoli Tesli z 19-go wieku. Obecnie, przetwornice impulsowe DC/DC radzą sobie z tym bardzo dobrze. I taki *step down converter* w układzie scalonym LTC3588 się znajduje.

Ale, czy supercapacitor na wyprowadzeniu VIN to dobre rozwiązanie? Energia na kondensatorze jest wprost proporcjonalna do pojemności, ale i do kwadratu napięcia. Dwa farady to bardzo dużo, ale superkondensatory cechuje niewielkie dopuszczalne napięcie. Tu, ze schematu odczytujemy – 5,5 V. To nie mało jak na superkondensator, ale należałoby go widzieć raczej na wyjściu, nie na wejściu przetwornicy. Tu, przetwornica step down jest w ogóle nie wykorzystana! I to jest zdziwienie numer dwa.

Alternatywnym, dodatkowym źródłem *energy harvestingu* jest maleńkie fotoogniwo. Ze schematu odczytujemy 2,2 V/50 mA. Trudno mieć coś przeciwko takiemu rozwiązaniu. Ale nie tak podłączonemu. Podładowywanie supercapacitora OK, ale dioda nie pozwalająca na wsteczny odpływ ładunku wydaje się konieczna.

Największe zdziwienie budzi wykorzystanie wyprowadzeń D0 i D1 (n.8 i 9). Aplikacja schematu z rysunku 2 i 3 najwyraźniej zakłada, że to wyjście. Tymczasem, D0 i D1 to binarne wejście programujące jedną z czterech wartości UWY? Napięcia wyjściowego przetworniczki step down, której zadaniem, poza przetwarzaniem energii napięcia stałego w dół i prądu w górę, jest stabilizacja UWY. Tu na poziome 1,8 V, 2,5 V, 3,3 V lub 3,6 V. Także wyprowadzenie 10, do którego autor projektu podłączył diodę IR-LED nie jest masą. To też wyjście, POWER_GOOD? Swoją drogą, bardzo pożądane w aplikacji energy harvestingu, gdzie poprawność pozyskanego napięcia jest co najmniej – bardzo niepewna. Masa, to wyprowadzenie 11 US, czyli „Exposed Pad". W istocie, to jedenaste wyprowadzenie obudowy dziesięcionóżkowej. Na schemacie projektu widzimy je jako nie podłączone.

Ostatnim z grubych błędów jest aplikacja nóżki 5. Schemat ideowy opisuje ją jako GND, co jest zgodne z zamierzeniem jako potencjał odniesienia wejściowego napięcia harvestingu. Ale katalog układu scalonego LTC3588 wyraźnie podaje, iż pin 5 to SW. Czyli węzeł kluczujący przetworniczki step down. Węzeł, który ma pracować na zewnętrzną indukcyjność, za którą dopiero tworzone jest wyjściowe napięcie stałe DC z przedziału 1,8 V do 3,6 V. I aczkolwiek wartość tą programują wejścia D0 i D1, to feedback kontrolujący UWY też jest potrzebny. I do tego przewidziano nóżkę 6, która tu „wisi w powietrzu"!

Co o tym myśleć? Błędów jest na tyle dużo, że można mieć wątpliwości, czy autor w ogóle nie pomylił układu scalonego! Ale z drugiej strony, za dużo się jednak zgadza! I układ scalony LTC3588 jest przewidziany do energy harvestingu.

To zupełnie nowa branża elektroniki, bardzo dynamicznie rozwijająca się w ostatnich latach. Od kilowatów panali FV na dachach domów, po megawaty na farmach słonecznych lub wiatrakach. Ale jeszcze ciekawszym zastosowaniem darmowej energii są aplikacje w zakresie mikrowatów. Wszelkiego rodzaju trudno dostępnych czujników, gdzie wymiana baterii nawet co kilka lub kilkanaście lat, byłaby sporym problemem. Aplikacje tego rodzaju rosną jak grzyby po deszczu. Z jednej strony dzięki temu, że wiele układów zadowala się rzeczywiście bardzo skromną mocą. A układy scalone CMOS (które są wszędzie), potrafią pracować z „*quiescent current*" na poziomie nanoamperów. Z drugiej strony, właśnie dzięki takim konstrukcjom jak układ scalony LTC3588 – bardzo sprytnego harvestingu energii „z niczego". Z wibracji czy drgań np. mostu, do którego jakiś czujnik tensometryczny jest przymocowany. Ze światła, wiatru lub wszechobecnych otaczających nas fal elektromagnetycznych. W tym świetle pokazany tu projekt należy uznać za bardzo ciekawy. Aczkolwiek, czy zastąpi on baterie w pilocie twojego telewizora? To chyba jest przykład niezbyt trafiony. A błędy w tym DIY są może bardziej pouczające, niż byłby sprawnie działający układ zgodnie z zamierzeniami projektu.

REKLAMA

Publikujemy dla projektantów i programistów elektroniki. Odwiedź

ELPORTAL.pl

Znajdziesz nas również na Facebooku: facebook.com/ElportalPL

eprasa.pl 9025c8ced7

Kamera ESP32 z zegarem czasu rzeczywistego i z czujnikiem ruchu

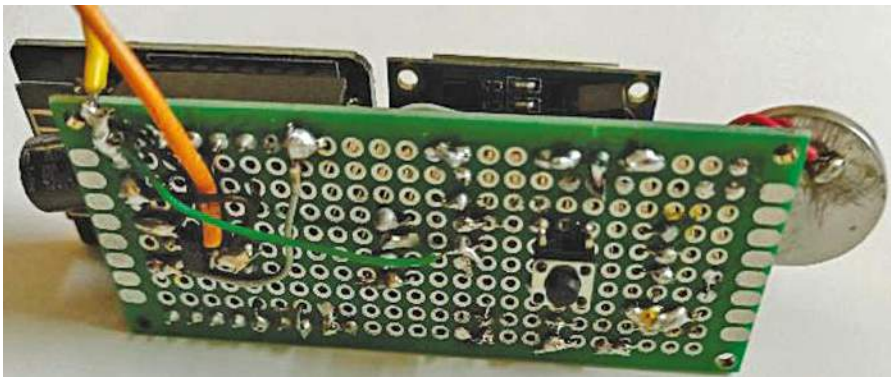
W „Electronics For You" z lutego 2023 publikowaliśmy projekt kamery opartej na module mikrokontrolera ESP32, w którym strumień wideo można było przesłać za pośrednictwem sieci Wi-Fi. Ten projekt jest kontynuacją i rozwinięciem poprzedniego. Układ wzbogacono o zegar czasu rzeczywistego, co pozwala na programowanie czasu nagrania, które można rejestrować na dołączonej do modułu kamery karcie pamięci SD. Kolejnym krokiem jest wzbogacenie projektu o detektor ruchu. Kamera zarejestruje obrazy po wykryciu ruchu, co uczyni z niej monitoring w zakresie ochrony i bezpieczeństwa.

Prototyp wykonany przez autora pokazuje zdjęcie na **rysunku 1**, a spis potrzebnych elementów zebrano w ramce. Schemat kamery wyposażonej w zegar czasu rzeczywistego pokazano na **rysunku 2**. Poza kluczowymi elementami, którymi są kamera ESP32 i zegar DS3231, na schemacie uwidoczniono wyświetlacz graficzny OLED oraz stabilizator zasilający LM1117. W procesie programowania modułu ESP32 potrzebny będzie także programator, który pozwoli na konwersję danych ze złącza szeregowego USB na FTDI. Płytkę takiego programatora wraz ze schematem połączeń z modułem ESP32-CAM pokazano na **rysunku 3**.

Programowa część projektu

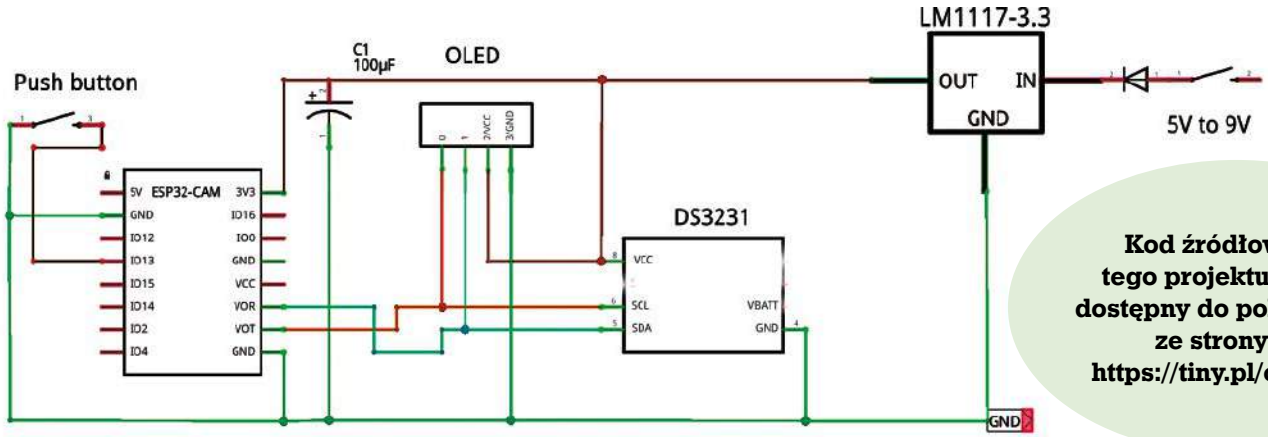
Kamera ESP nie jest wyposażona w interfejs, który rozumie standard protokołu USB. Dlatego w celu wpisania szkicu będącego kodem źródłowym programu niezbędny jest dodatkowy moduł, który dokona konwersji danych z poziomu protokołu USB będącego na wyposażeniu każdego komputera. Na schemacie z rysunku 3 uwidoczniono także przełącznik podłączony do pinu zerowego wejścia/wyjścia GPIO0. W trybie programowania przełącznik ten powinien być ustawiony do pozycji zwierającej pin IO0 do masy. Ponadto, należy nacisnąć przycisk resetu, w który wyposażono układ kamery RTC. Przycisk resetu można zwolnić po kilku sekundach od momentu rozpoczęcia procesu programowania modułu kamery.

Aby umożliwić pracę kamery zgodnie z zadeklarowanym timingiem czasu rzeczywistego, wyposażono ją w dodatkowy moduł zegara RTC. Komunikacja odbywa się dwuprzewodową magistralą szeregową zgodnie ze standardem I²C. Obsługa tej magistrali wymaga, aby w kodzie źródłowym zawrzeć oprogramowanie obsługujące ten protokół. Transmisja szeregowa pozwala na oszczędność hardware-u za cenę rozbudowy programu. Mimo to, z uwagi na wykorzystanie karty pamięci w standardzie SD w celu rejestracji sekwencji wideo, większość wyprowadzeń wejścia/wyjścia ogólnego przeznaczenia GPIO w jakie wyposażony jest moduł kamery ESP32-CAM,



Rysunek 1. Prototyp autora zmontowany na płytce uniwersalnej

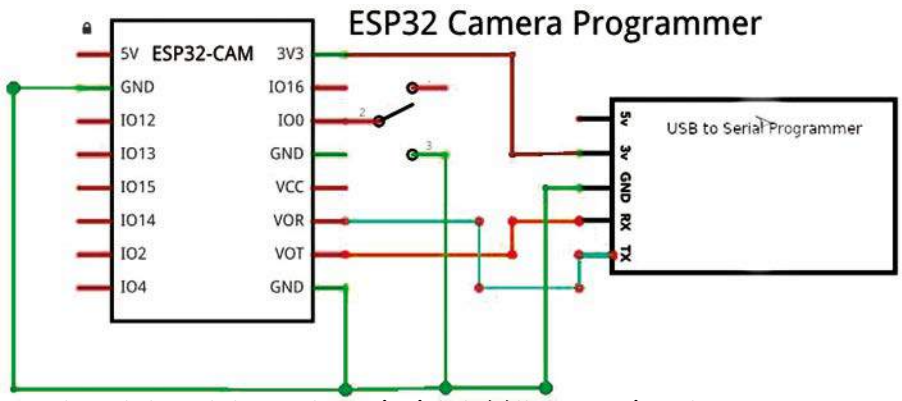
Wykaz elementów, kupuj w sklep.avt.pl (W-wa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):
ESP32 z kamerą (MOD1) – 1 szt.
Wyświetlacz OLED 2,44 cm (0,96 cala) (MOD2) – 1 szt.
Zegar RTC I²C: DS3231 lub DS1307 – 1 szt.
Chip konwertera USB na szeregowe FTDI – 1 szt.
LM1117: stabilizator 3,3 V – 1 szt.
Czujka ruchu PIR – 1 szt.
Transoptor: 1 szt.
Tranzystor: BC547 – 1 szt.
Rezystor: 10 kΩ – 2 szt.
Kondensator: 100 μF – 1 szt.



Kod źródłowy tego projektu jest dostępny do pobrania ze strony https://tiny.pl/cxgcf

Rysunek 2. Schemat kamery ESP32 wyposażonej w zegar czasu rzeczywistego

eprasa.pl 9025c8ced7



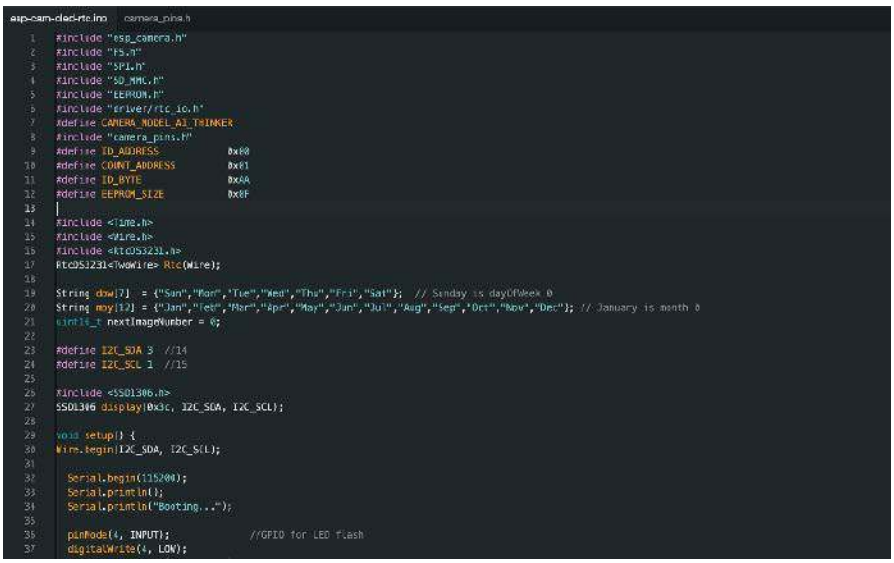
Rysunek 3. Dodatkowa płytka pozwala na wpisanie kodu źródłowego z poziomu złącza USB

jest już zajęta. A w bieżącej aplikacji istnieje dalsza potrzeba w zakresie GPIO.

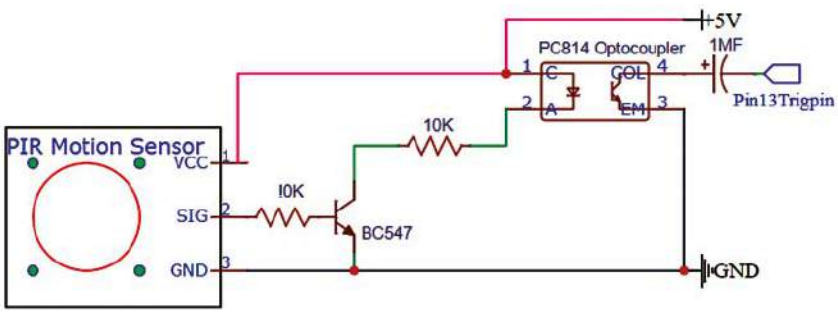
Pin 4 zaadaptowano dla włączenia podświetlenia. Moduł ESP32 jest wyposażony w bardzo jasną, białą diodę LED, którą można w tym celu wykorzystać. Pin 13 wykorzystano jako wejście wyzwalające nagrywania sekwencji wideo, które może pochodzić np. z czujki ruchu. Obraz zostanie zapisany na karcie SD, a w nazwie pliku zostanie ujęty czas odczytany z zegara czasu rzeczywistego.

W przypadku zasilania bateryjnego, bardzo istotną kwestią jest oszczędność energii. Mikrokontroler ESP32 wyposażono w kilka trybów uśpienia. Bezczynność pozwala na wykorzystanie głębokiego stanu uśpienia, z którego układ jest budzony w reakcji na sygnał wyzwalający na pinie 13-tym. Tu aktywny jest stan niski, który może być krótkim impulsem. Na rysunku 2 w roli sygnału wyzwalającego pokazano przycisk „push button", który może być zastąpiony innym sygnałem aktywnym.

Dalsza rozbudowa funkcjonalności kamery, to dołożenie obwodu z czujką ruchu. Ten fragment schematu pokazano na **rysunku 5**, a **rysunek 4** zawiera zrzut ekranu fragmentu kodu źródłowego. Tak wykonana kamera może pracować w systemie monitoringu ochrony obiektów. W obwodzie wyzwalania i budzenia kamery autor zastosował transoptor w celu izolacji galwanicznej tych dwóch obwodów. Można tu zastosować także niewielki przekaźnik, choć zwykle izolacja potencjałów nie jest potrzebna.



Rysunek 4. Zrzut ekranu z fragmentem kodu źródłowego



Rysunek 5. Schemat połączenia między kamerą i czujką ruchu

Od Red. EdW: Wtedy można pin 13 kamery połączyć bezpośrednio z kolektorem tranzystora BC547. Jeśli natomiast chcemy zastosować izolację kamery i obwodu PIR, konieczna jest też izolacja mas obu obwodów. W obwodzie pokazanym na rysunku 5 izolacji nadal nie ma i stosowanie transoptora nie ma sensu! Także problematyczna jest obecność kondensatora w obwodzie kolektora transoptora. Wydaje się, że zwykle nie jest on potrzebny, a włączony jak na rysunku 5 tylko pogorszy sytuację. Jeśli natomiast zastosować kondensator jak na schemacie, to należy dodać też rezystor między pin 4 transoptora i zasilanie po izolowanej stronie kamery.

Kłopotliwa sytuacja z izolacją między sygnałem wyzwalającym PIR a trigger kamery może wynikać z innego poziomu zasilania. ESP32 zadowala się niskim zasilaniem 3,3 V a czujka PIR może wymagać 5 V. Szczególnie problem może wystąpić gdy chcemy kamerę zasilić bateryjnie. Jednak także wtedy izolacja galwaniczna wydaje się nie być konieczna. Jeśli natomiast z jakichkolwiek powodów chcemy izolować oba fragmenty schematu z rysunku 2 i 5, to należałoby rozłączyć masę PIR od emitera PC814, a kondensator 1 µF w kolektorze także usunąć.

Po zmontowaniu układu wg zamieszczonego schematu, należy podłączyć zasilanie i kartę SD umieścić w slocie dla niej przewidzianym. W układzie wg rysunku 2 należy nacisnąć przycisk podłączony do wejścia IO13. W przypadku zainstalowania czujki ruchu, należy ją uruchomić (wykonując przed nią ruch) i kamera powinna rozpocząć nagrywanie. Sekwencję nagranych obrazów można obejrzeć na komputerze lub na telefonie otwierając z karty SD folder utworzony przez mikrokontroler na ESP32. ■

Somnath Bera

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY", marzec 2023 (efymag.com)

eprasa.pl 9025c8ced7

Alarm na złodzieja pojazdu – z powiadomieniem GSM

Ten projekt jest prostym powiadomieniem GSM w zastosowaniu jako alert w reakcji na „jakieś zdarzenie". W tym przypadku przewidziano, aby system wysłał ostrzegawczy SMS na zdefiniowany numer telefonu komórkowego w przypadku próby kradzieży pojazdu.

Definiując inaczej „zdarzenie" układ ten może mieć szersze zastosowanie. W projekcie wykorzystano mikrokontroler na płytce Arduino Nano oraz moduł GSM SIM800L.

Opis układu i jego działanie

Wykorzystane podzespoły widzimy na **rysunku 1**, a schemat układu pokazano na **rysunku 2**.

Schemat poza modułami Arduino i nadajnikiem GSM zawiera raptem parę elementów oraz 5-cio woltowy zasilacz o wydajności prądowej 2 A. 5 V to nominalne zasilanie dla Arduino, SIM800L zasila napięcie obniżone do 4,3 V. Oprócz zmontowania hardware-u wg zamieszczonego schematu, należy wgrać program (szkic) do mikrokontrolera na Arduino. Kolejnym krokiem jest podłączenie zasilania i sprawdzenie czy układ działa zgodnie z założeniami. Niezbędna jest także karta SIM, która pozwoli na korzystanie z sieci telefonii komórkowej. Na module GSM SIM800L przewidziano slot dla karty w rozmiarze „mikro". Karta SIM powinna zarejestrować się automatycznie i po włączeniu zasilania switchem S1 układ powinien połączyć się z siecią domową w przeciągu kilku sekund. Na modemie SIM800L zainstalowano diodę LED dla wskazania, czy proces ten przebiegł pomyślnie. Jeśli nastąpi poprawne połączenie, dioda ta powinna mrugać raz na dwie do trzech sekund (nie powinna świecić ciągle).

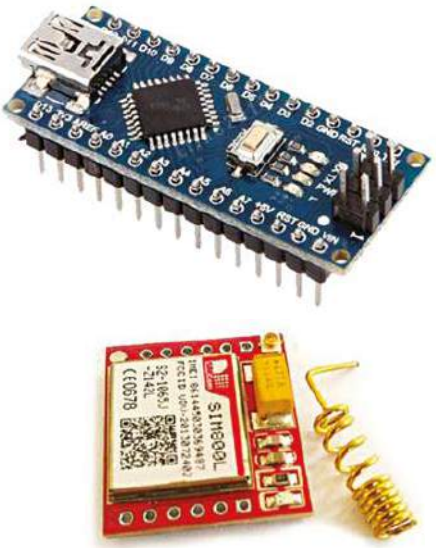
W celu przepisania kodu źródłowego programu z komputera do Arduino, wykorzystujemy typowy kabel USB (mikro-USB od strony Arduino). Szkic programu jest dostępny pod nazwą GSMsecurity.ino. Po przepisaniu kodu, kabel USB można usunąć i podłączyć zasilacz 5 V/2 A. W projekcie przewidziano dwie dodatkowe diody LED. LED1 sygnalizuje obecność zasilania, LED2 podłączono do wyjścia D12 Arduino Nano i jej wykorzystanie przewidziano w programie jako Status systemu. Wśród niewielu elementów interfejsu między Arduino i modemem GSM są: rezystory R1 do R5, dioda D1 i kondensator C1. R1 i R2 ograniczają prąd diod odpowiednio LED1 i LED2. R3 do R5 można nazwać (nieco górnolotnie) prostym translatorem poziomów logicznych między oboma współpracującymi modułami. Dioda D1 obniża o 0,7 V zasilanie 5-cio woltowe zgodnie z wymogami modemu GSM, a C1 to kondensator elektrolityczny filtrujący to zasilanie.

Wyzwolenie alarmu przewidziano na wejściu D9 Arduino. Aktywny jest stan niski i może pochodzić z dowolnego źródła. Tu przewidziano wejście na złączu CON2. Sekwencją zdarzeń (w reakcji na niski stan D9) jest wysłanie alertu informacji na wpisany w układzie numer telefonu komórkowego. Konkretne zastosowanie układu będzie zależało od tego, jak wygenerujemy impuls wyzwalający. Tu przewidziano, iż układ poinformuje o próbie kradzieży pojazdu, aczkolwiek zastosowanie może być znacznie szersze.

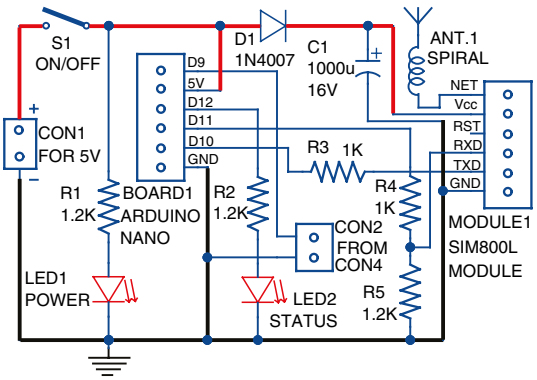
Oprogramowanie

Program napisano w języku Arduino (C). Szkic o nazwie GSMsecurity.ino należy skompilować i przepisać do Arduino Nano w tradycyjny sposób wykorzystując oprogramowanie Arduino IDE. Dostępna jest bogata biblioteka opcji, jak np. autorstwa Christiana Steib pod adresem steibkhriz@gmail.com. Aczkolwiek szkic GSMserurity.ino działa w tej aplikacji poprawnie bez dodatkowych bibliotek.

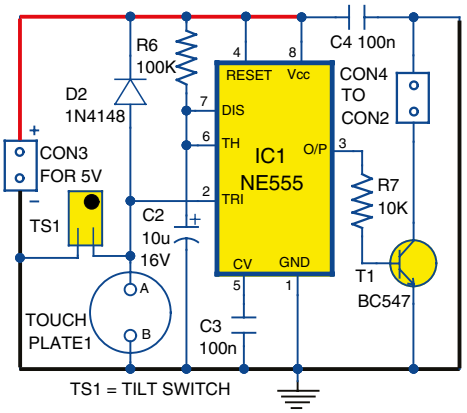
Komunikacja między modułami Arduino i SIM800L odbywa się z wykorzystaniem standardowych komend AT i program obsługi zawarty jest w bibliotece SoftwareSerial Library. Wykorzystanie szkicu programu obsługi tak utworzonego systemu alarmowego nie wymaga sięgania do tych szczegółów. W programie trzeba zmienić jedynie numer telefonu komórkowego na właściwy, na który mają przychodzić alerty powiadomienia.



Rysunek 1. Płytka Arduino Nano i modem SIM800L

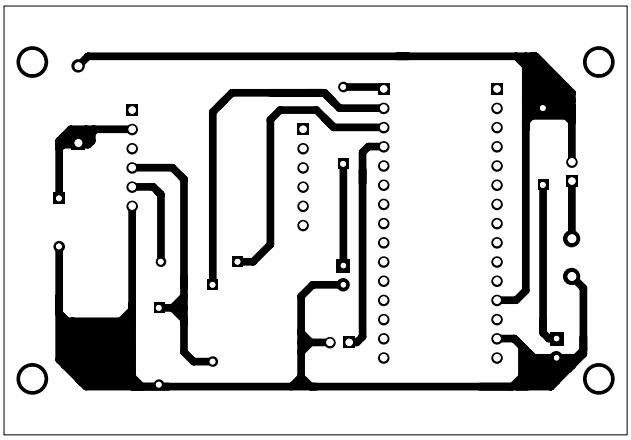


Rysunek 2. Schemat ideowy „GSM security switcha"

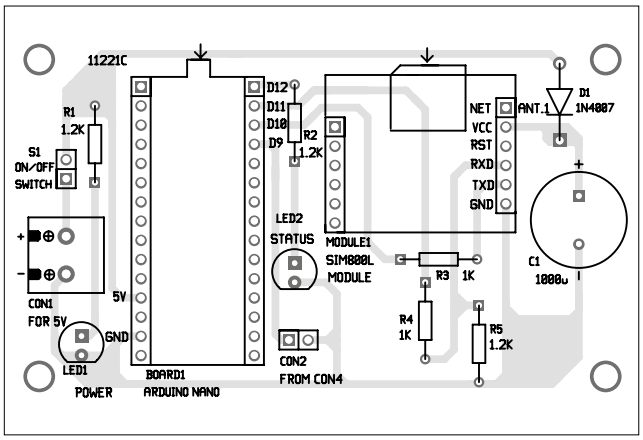


Rysunek 3. Schemat ideowy przystawki z czujnikami

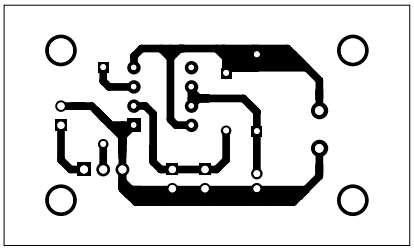
eprasa.pl 9025c8ced7



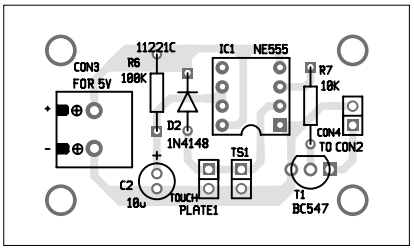
Rysunek 4. Projekt płytki PCB „GSM security switcha" w skali 1:1



Rysunek 5. Schemat montażowy elementów na płytce PCB



Rysunek 6. Płytka PCB przystawki z czujnikami „touch/tilt" (w skali 1:1)



Rysunek 7. Ułożenie elementów na płytce z rysunku 6

Interfejs układu z czujnikiem wyzwalania alarmu

Na wejście CON2 można podłączyć czujnik dowolnego typu, który ma wyjście aktywne stanem niskim. Tu jest pole do popisu dla szerokiego zastosowania systemu. Można np. kontrolować temperaturę w jakimś procesie, przekroczenie bariery optycznej utworzonej niedostrzegalnym promieniem lasera, lub wiele innych podobnych aplikacji. W przypadku wielu sensorów pożądane lub konieczne może być „wyczyszczenie" impulsu. I tu zastosowano tego typu „front end". Na **rysunku 3** pokazano schemat przystawki z wykorzystaniem timera 555. Pracuje on tu w typowej konfiguracji monoflopa. Czas wyznacza dwójnik R6-C2 o stałej czasowej 1 sekunda. I na tym poziomie jest impuls generowany na wyjściu 3 timera. Tu stan aktywny jest wysoki. Dlatego zastosowano tranzystor T1, którego kolektor podaje już sygnał na złącze CON4, które należy połączyć bezpośrednio z CON2 na właściwym module „GSM security switcha". Należy jednak zwrócić uwagę, że przystawka z rysunku 3 ma osobne zasilanie, choć tej samej wartości +5 V. Przystawkę należy umieścić w newralgicznym miejscu pojazdu, jeśli wykorzystamy czujnik dotykowy „touch plate". Tu zastosowano jeszcze drugi czujnik „tilt sensor", który ma zareagować „grawitacyjnie", czyli na pochylenie lub wstrząsy, które wydają się nieuniknione przy próbie kradzieży.

Kod źródłowy tego projektu jest dostępny do pobrania ze strony https://tiny.pl/ctkzg

Konstrukcja i testowanie urządzenia

Na **rysunku 4** pokazano projekt płytki PCB. Można go wprost wykorzystać, w drukowanej wersji EdW powinien on być naturalnych rozmiarów 1:1. Na **rysunku 5** pokazano schemat montażowy ułożenia elementów.

Wpierw należy wykonać czynności softwareowe, czyli załadowanie kodu źródłowego do Arduino. Następnie Arduino Nano można wlutować w płytkę PCB. Należy nie zapomnieć o antenie, która jest na wyposażeniu modułu GSM SIM800L. Na końcu należy podłączyć zasilacz 5 V/2 A do złącza CON1.

Sprawdzenia poprawności działania dokonujemy ściągając do niskiego stanu wejście D9 Arduino. Treść SMS-a, który powinien pojawić się na zadeklarowanym telefonie komórkowym, będzie zgodna z tym jaką treść wpisaliśmy w programie. Treść ma mniejsze znaczenie, to instrukcja ostrzegawcza, że „coś się dzieje" z pojazdem w którym czujnik umieściliśmy.

Projekt druku przystawki wg schematu z rysunku 3 pokazano na **rysunku 6**. Ułożenie elementów na tej płytce pokazuje **rysunek 7**.

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

Półprzewodniki:
Board1: Arduino Nano
Module1: moduł SIM800L
IC1: timer NE555
T1: tranzystor npn BC547
D1: dioda prostownicza 1N4007
D2: dioda 1N4148
LED1, LED2: dioda LED 5 mm

Rezystory: (wszystkie 0,25 W, ±5%)
R1, R2, R5: 1,2 kΩ
R3, R4: 1 kΩ
R6: 100 kΩ
R10: 10 kΩ

Kondensatory:
C1: 1000 µF/16 V elektrolityczny
C2: 10 µF/16 V elektrolityczny
C3, C4: 100 nF ceramiczny

Pozostałe:
TS1: „Tilt switch" lub „Touch plate"
CON1, CON3: złącze 2-pinowe
CON2, CON4: dowolne złącze 2-pinowe
S1: przełącznik on/off

Ponadto:
aktywna karta SIM
kabel mikro-USB dla Arduino
płytki PCB

Na płytce przewidziano dwojakiego rodzaju switch-czujnik TS1 i TOUCH PLATE1. Można zamontować jeden z nich lub obydwa. Zasilanie +5 V podłączamy do złącza CON3, a CON4 łączymy z CON2 na płytce głównej. To połączenie można wykonać dowolnym dwużyłowym kabelkiem. Wyzwolenie czujnika powinno uruchomić przerzutnik monostabilny w układzie scalonym IC1. Wyjście 3 przyjmie stan wysoki i złącze kolektor-emiter T1 zwiera D9 na Arduino do masy. To wyzwala „GSM switch", który wysyła alert SMS na zaprogramowany numer telefonu.

Ten test sprawdzi, iż projekt jest gotowy do użycia. Umieść „strażnika" w samochodzie lub w dowolnym innym miejscu gdzie będzie chronił twoich „kosztowności". ■

T.K. Hareendran

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY", grudzień 2019 (efymag.com)

eprasa.pl 9025c8ced7

Mały i podręczny monitor zdrowia z funkcją Internetu Rzeczy

Ciągłe monitorowanie „parametrów zdrowia" (24 godziny/7 dni w tygodniu) jest praktycznie możliwe jedynie w warunkach szpitalnych. Jeśli zachodzi taka potrzeba, w warunkach domowych przeszkodą są rozmiary urządzeń mogących na bieżąco monitorować parametry zdrowia. Często natomiast pożądanym jest, aby takie parametry jak ciśnienie, częstotliwość bicia serca czy temperaturę ciała monitorować w warunkach codziennej aktywności. Ten projekt pokonuje te trudności.

Urządzenie jest niewielkich rozmiarów, co pozwala mieć je niemal na stałe przyklejone lub inaczej umocowane na swoim ciele. Ponadto, funkcja Internetu Rzeczy pozwala odczytać monitorowane parametry za pośrednictwem sieci Wi-Fi. Monitorowane parametry zależą od zastosowanych czujników i w najprostszym przypadku będzie to temperatura i częstotliwość uderzeń serca. Odczyt jest możliwy na telefonie, tablecie czy na komputerze. Na dowolnym urządzeniu mogącym się komunikować za pośrednictwem sieci Internetu. Proponowany tu monitor pracuje bez ograniczeń w czasie rzeczywistym, a dane mogą być bez przeszkód wykonany przez kwalifikowany personel medyczny.

Schemat układu i jego działanie

Schemat układu składa się z dwóch części, co pokazano na **rysunku 2**. Lewa część rysunku jest jedynie ładowarką akumulatorka i wykorzystuje specjalizowany układ scalony MCP73812T. Zasilanie pochodzi z dowolnego zasilacza czy ładowarki pięciowoltowej wyposażonej w złącze mikro-USB. Sercem układu jest moduł „health sensor" (pulsoksymetr) o oznaczeniu MAX301002. W układzie wykorzystano także moduł mikrokontrolera potrafiący komunikować się z Internetem.

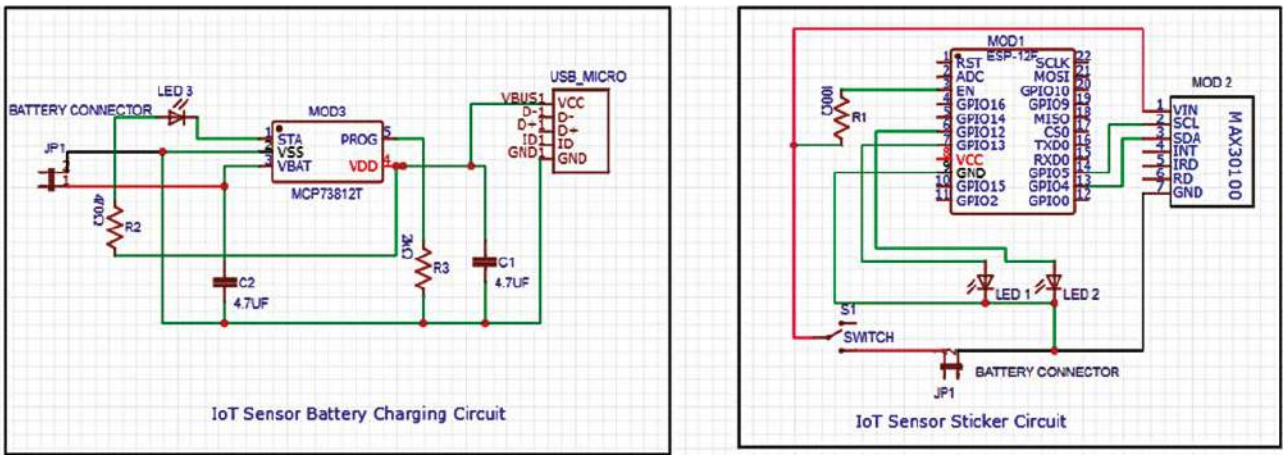
Mimo złożonych funkcji realizowanych przez układ, jego montaż jest łatwy dzięki wykorzystaniu specjalizowanych modułów. Po zmontowaniu układu zgodnie ze schematem na rysunku 2, należy naładować baterię podłączając ją do złącza JP1 w lewej części schematu. Prawa i właściwa część schematu wyposażona jest w to samo złącze JP1, a moduły MOD1 i MOD2 zasilane są po zwarciu styków wyłącznika S1. Podłączając baterię należy zwrócić uwagę na polaryzację. Biegun dodatni łączymy z pinem 1 złącza, który dalej połączony jest ze switchem S1. Biegun ujemny powinien być połączony z masą GND obu modułów.

Rysunek 1. Zdjęcie prototypu wykonanego przez autora

Programowa część projektu

Mikrokontroler trzeba zaprogramować odpowiednio przygotowanym kodem źródłowym i można do tego wykorzystać oprogramowanie Arduino IDE. Należy wybrać płytkę ESP8266 (gdyż taki mikrokontroler jest na module ESP12F) i z biblioteki menadżera zainstalować ESP-DASH a także bibliotekę Sparkfun Max301x. Do kodu źródłowego programu należy dołączyć biblioteki Max3015 i ESP-DASH. W celu połączenia z Internetem możesz wykorzystać dowolny Wi-Fi Hot Spot lub Wi-Fi domowe. W każdym przypadku należy wpisać poprawną nazwę SSID oraz hasło. W obrębie mieszkania wystarczy łączność z „Home Wi-Fi", ale chcąc być w pełni mobilnym należy wykorzystać „dane komórkowe" w twoim telefonie.

Dane będące wynikiem pomiarów „Health monitora" będą wyświetlane na telefonie jeśli utworzysz kartę w sieci „web page UI" nadając jej



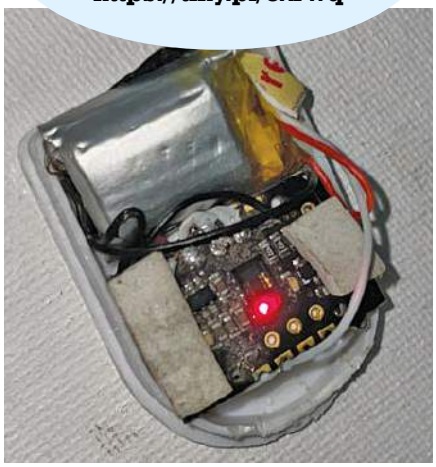
Rysunek 2. Schemat urządzenia: lewa część – ładowarka akumulatora; część prawa – zasadnicza część schematu zawierająca sensor oraz moduł komunikacji IoT (Od Red. EdW: Na schemacie w prawej części jest błąd. Należy uzupełnić połączenie pinu 8 Vcc modułu MOD1 z linią zasilania za wyłącznikiem S1)

eprasa.pl 9025c8ced7

Kod źródłowy tego projektu jest dostępny do pobrania ze strony https://tiny.pl/cxrwq

```
healthtest.ino
1  #include <Wire.h>
2
3  #include "MAX30105.h"
4
5  #include "heartRate.h"
6  #include <Arduino.h>
7  #if defined(ESP8266)
8    /* ESP8266 Dependencies */
9    #include <ESP8266WiFi.h>
10   #include <ESPAsyncTCP.h>
11   #include <ESPAsyncWebServer.h>
12 #elif defined(ESP32)
13   /* ESP32 Dependencies */
14   #include <WiFi.h>
15   #include <AsyncTCP.h>
16   #include <ESPAsyncWebServer.h>
17 #endif
18 #include <ESPDash.h>
19
20 /* Your WiFi Credentials */
21 const char* ssid = "Jio-Fiber-4G"; // SSID
22 const char* password = "1234567890"; // Pa
23
24 /* Start Webserver */
25 AsyncWebServer server(80);
26
27 /* Attach ESP-DASH to AsyncWebServer */
28 ESPDash dashboard(&server);
```

Rysunek 3. Fragment kodu z ustawieniami nazwy sieci Wi-Fi SSID i serwera ESP



Rysunek 5. Prototyp autora – urządzenie wraz z baterią

jakąś nazwę. W przypadku prototypu wykonanego przez autora wyświetlana jest bieżąca częstotliwość bicia serca, średnia wartość w zaznaczonym okresie oraz wynik pomiaru temperatury ciała. Kartę z takimi danymi należy utworzyć w bibliotece ESP-DASH.

Dane z sensora do mikrokontrolera przesyłane są szeregowo z wykorzystaniem standardu dwuprzewodowej magistrali I^2C. Mikroprocesor musi być zaprogramowany stosownie dla odczytu danych magistralą utworzoną na liniach GPIO4 i GPIO5. Kod źródłowy programu, który należy wpisać do ESP utworzono pod nazwą healthtest.ino. Można go wpisać wykorzystując oprogramowanie Arduino IDE. Mikrokontroler ESP nie jest wyposażony w złącze USB i należy wykorzystać konwerter USB na FTDI. W Arduino IDE należy ustawić wykorzystywany port komunikacji i wybrać typ płytki ESP8266.

```
healthtest.ino
81  void loop()
82  {
83    long irValue = particleSensor.getIR();
84
85    if (checkForBeat(irValue) == true)
86    {
87      //We sensed a beat!
88      long delta = millis() - lastBeat;
89      lastBeat = millis();
90      digitalWrite(2,1);
91
92      beatsPerMinute = 60 / (delta / 1000.0);
93
94      if (beatsPerMinute < 255 && beatsPerMinute > 20)
95      {
96        rates[rateSpot++] = (byte)beatsPerMinute; //Store this reading in the array
97        rateSpot %= RATE_SIZE; //Wrap variable
98
99        //Take average of readings
100       beatAvg = 0;
101       for (byte x = 0 ; x < RATE_SIZE ; x++)
102         beatAvg += rates[x];
103       beatAvg /= RATE_SIZE;
104     }
105     digitalWrite(2,0);
106
107   }
108   float temperature = particleSensor.readTemperature();
109
110   Serial.print("temperatureC=");
111   Serial.print(temperature, 4);
112
113   Serial.print("IR=");
114   Serial.print(irValue);
115   Serial.print(", BPM=");
116   Serial.print(beatsPerMinute);
117   Serial.print(", Avg BPM=");
118   Serial.print(beatAvg);
119
120   Serial.println();
```

Rysunek 4. Wycinek kodu źródłowego ustalającego jak będą wyświetlane dane na urządzeniu mobilnym połączonym z siecią Internetu

Rysunek 6. Gotowe urządzenie na przedramieniu autora

Konstrukcja i testowanie układu

Po wpisaniu kodu źródłowego do mikrokontrolera należy zmontować układ zgodnie z zamieszczonym schematem. Na końcu należy podłączyć baterię/akumulatorek. Urządzenie należy przymocować z użyciem opaski lub plastra medycznego. **Rysunki 5** i **6** pokazują jak poradził sobie z tym autor. Zalecana lokalizacja „health monitora" jest na przedramieniu lub w górnej części ramienia. Przełącznik S1 należy ustawić w pozycję ON, lecz wcześniej należy naładować akumulatorek z wykorzystaniem ładowarki, którą jako osobny fragment projektu pokazano na schemacie ideowym – rysunek 2.

Chwilę może potrwać aż układ połączy się z siecią i wtedy w przeglądarce należy wybrać właściwy adres IP. Na **rysunku 7** pokazano szatę graficzną zobrazowania danych na telefonie lub innym urządzeniu połączonym z Internetem IoT.

Bonus

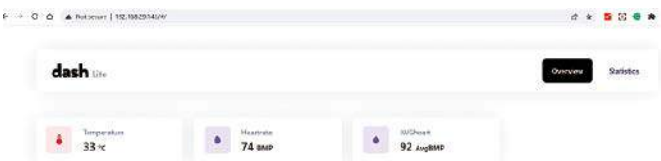
Pod adresem https://tiny.pl/cxr7h dostępny jest projekt o szerszych możliwościach wyświetlanych informacji wraz z projektem płytki PCB, które spełnią wymagania rozwiązania niekoniecznie prototypowego. ■

Ashwini Kumar Sinha

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY", grudzień 2022 (efymag.com)

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

ESP12F (MOD1) – Wi-Fi MCU SMD chip – 1 szt.
MAX301002 (MOD2) – moduł pulsoksymetru – 1 szt.
MCP73812T (MOD3) – SMD chip ładowarki jednego ogniwa AKU – 1 szt.
LED1, LED2, LED3 – dioda LED SMD – 3 szt.
Kondensator 4,7 µF (C1, C2) – kondensator SMD – 2 szt.
Rezystor 100 Ω (R1) – rezystor SMD – 1 szt.
Rezystor 470 Ω (R2) – rezystor SMD – 1 szt.
Rezystor 2 kΩ (R3) – rezystor SMD – 1 szt.
(Płaski) przełącznik switch S1 – miniaturowy jednobiegunowy (SPST) switch – 1 szt.
Złącze dwupinowe (męskie) – 1 szt.
Bateria 3,3 V – akumulatorek LiPo – 1 szt.
Dodatkowa uwaga: Dla załadowania kodu źródłowego do mikrokontrolera ESP12F potrzebna będzie też płytka konwertera standardu USB na FTDI



Rysunek 7. Graficzny wystrój zobrazowania danych „health monitora"

eprasa.pl 9025c8ced7

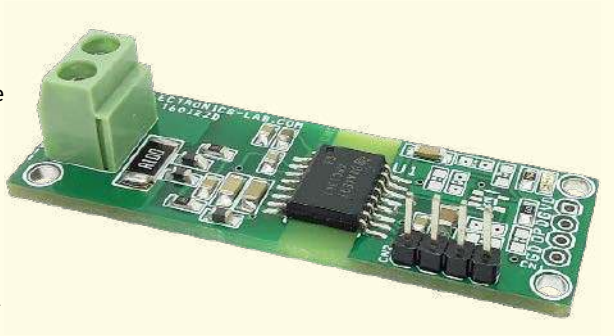
Przedstawiamy początkowe fragmenty dwóch projektów ze zbioru kilkudziesięciu projektów dostępnych wyłącznie dla prenumeratorów EdW w rubryce DIY PLUS na **www.elportal.pl**. W rubryce DIY PLUS zamieszczamy aktualnie najciekawsze projekty publikowane w Internecie w formule open source. Prenumeratorów EdW zapraszamy do zapoznania się na **www.elportal.pl** z niezwykle inspirującymi zasobami rubryki DIY PLUS.

Źródło światła LED w pętli zamkniętej z czujnikiem światła OPT101 i op-ampem mocy OPA569

Prezentowany projekt to precyzyjny sterownik LED z zamkniętą pętlą, który zapewnia bardzo dokładne stałe światło i może być wykorzystany w fotografii, badaniach naukowych i innych zastosowaniach wymagających takiego źródła światła. Projekt składa się z czujnika światła OPT101 oraz OPA569 power OPAMP. OPT101 konwertuje światło na napięcie, a OPA569 służy jako regulowane liniowe źródło prądu, które kontroluje przepływ prądu przez diodę LED mocy. Montaż diody Power LED i czujnika OPT101 pokazano na rysunku poniżej. Ograniczenie nadprądowe diody LED jest ustawione na 1A za pomocą rezystora R4. LM336 zapewnia dokładne odniesienie napięcia do OPAMP, które wynosi 0,5V. Układ pracuje w pętli zamkniętej. Przy włączeniu zasilania, światło diody LED odbija się od czujnika, a OPT101 podaje na wyjście napięcie, gdy poziom światła pada na czujnik, to napięcie jest podawane do op-ampa, a op-amp porównuje napięcie wejściowe z OPT101 i napięcie referencyjne 0.5V. W przypadku błędu op-amp steruje prądem diody LED tak, aby dopasować rozbieżność między wyjściem a wejściem. W ten sposób utrzymywany jest poziom oświetlenia i to stały. Ważne jest, aby czujnik miał odpowiednią obudowę, aby światło zewnętrzne/otoczenie nie padało na czujnik, inaczej nie będzie utrzymywane stałe oświetlenie.

Dokończenie artykułu na stronie: https://tiny.pl/c7dds

Wzmocniony, izolowany wzmacniacz current-sense z precyzyjnym wejściem ±250 mV, wyjściem różnicowym i zintegrowanym konwerterem DC/DC



Ten izolowany układ dwukierunkowego wykrywania prądu z pojedynczym zasilaniem może dokładnie mierzyć prądy obciążenia od –2 A do 2 A. Liniowy zakres wejścia wynosi od –250 mV do 250 mV z różnicowym zakresem wyjścia od –2,05 V do 2,05 V. Wzmocnienie układu jest stałe na poziomie 8,2 V/V. Projekt oparty jest na układzie AMC3301, który ma w pełni zintegrowany, izolowany konwerter DC/DC, pozwalający na pracę przy jednym zasilaniu z niskiej strony urządzenia. Zintegrowany konwerter DC-DC pozwala zaoszczędzić sporo miejsca na płytce. Wzmocniona pojemnościowa bariera izolacyjna jest certyfikowana zgodnie z VDE V 0884-11 i UL1577 i obsługuje napięcie robocze do 1,2 kVRMS. Bariera izolacyjna oddziela części systemu, które pracują na różnych poziomach napięcia wspólnego i chroni stronę niskiego napięcia przed niebezpiecznymi napięciami i uszkodzeniami. Wyjście jest w pełni odizolowane od wejścia i zoptymalizowane pod kątem interfejsu wysokonapięciowego. Projekt zapewnia wyjście różnicowe dla łatwego interfejsu z ADC. Zasilanie robocze 5 V DC.

Dokończenie artykułu na stronie: https://tiny.pl/c7ddv

Niektóre projekty aktualnie dostępne tylko dla prenumeratorów EdW w rubryce DIY PLUS na www.elportal.pl:

1. Półprzewodnikowy przekaźnik mocy DC z prądowym sprzężeniem zwrotnym
1. Wyłącznik nadprądowy – przekaźnik wyłączający nadprądowy
1. Uniwersalny konwerter napięcia AC – wyjście 18 V DC z wejścia 85...265 V AC
1. Moduł procesora echa głosu – urządzenie opóźniające do efektów dźwiękowych, echo, reverb
2. Najlepszy sposób na próbkowanie dźwięku za pomocą ESP32
1. Choinka z Arduino i pikselowymi diodami
2. RPi – stacja pogodowa IoT
3. Niskobudżetowy monitor jakości powietrza IoT oparty o RaspberryPi 4
4. Automatyczny system ogrodniczy z NodeMCU i Blynk, ArduFarmBot 2
5. TinyML – Rozpoznawanie ruchu przy pomocy Raspberry Pi Pico
6. Wzmacniacz piezoelektryczny do gitary i skrzypiec
7. Wysokowydajny i niezawodny sterownik bipolarnego silnika krokowego
8. Sterownik silnika prądu stałego z wykorzystaniem przekaźnika i mosfetu – interfejs Arduino
9. Przedwzmacniacz do mikrofonu MEMS
10. Super prosty czuły wykrywacz metali
11. Stymulator czaszkowy Arduino (Bio-BrainTuner)
12. Generator sygnałów AD9833
13. Obserwacja charakterystyk tranzystora
14. Wyświetlacz EKG z użyciem Arduino
15. Łatwy do zbudowania robot kroczący
16. Sonarowy theremin MIDI
17. Zamek elektroniczny na kod
18. Prosty tester tranzystorów
19. Zegar binarny z użyciem Microbit
20. Przetwornik częstotliwości na napięcie (tachometr) – przetwornik częstotliwości na napięcie z czujnikiem magnetycznym o zmiennej reluktancji
21. 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 9025c8ced7

GET READY FOR AN

Epic Summer of Projects!

Calling all electronics enthusiasts and electronics makers! The Elektor Magazine Circuit Special 2023 is coming up in August and it's packed with numerous remarkable projects. Get ready to dive deep into the captivating world of projects and **UNLEASH YOUR INNER CREATIVITY!**

STAY TUNED — all of our members will receive this special issue and it'll be in the Elektor Store!

www.elektormagazine.com/circuit-special

elektor
design > share > earn

eprasa.pl 9025c8ced7