Edukacja w EdW dla szkół i uczelni: Wykład 8 – Mikrofony

Elektronika dla wszystkich

nr 7/2023 (330) • lipiec • www.elportal.pl

DIY PLUS
tylko dla prenumeratorów

Elastyczny cyfrowy sterownik oświetlenia

PROJEKTY dla elektroników
- USB Super-Kodek (3). Budowa
- Tłumik z symetrycznym wejściem dla Super-Kodeka USB (1)
- Nie uwierzysz, co można z nim zrobić! Elastyczny cyfrowy sterownik oświetlenia (1)

DIY dla wszystkich
- Automatyczne wykrywanie szybkości transmisji łącza szeregowego UART
- Automatyczny kran umywalki z wykorzystaniem Arduino
- Nieinwazyjny sposób detekcji poziomu cieczy

TUTORIALE
- Analogowe układy mnożące
- Praktyczne techniki przekształcania pomysłów w projekty. Wprowadzenie do technologii montażu powierzchniowego (2)
- Porady laboratoryjne. Układy zasilania
- Praktyczny kurs op-ampów
- KickStart (1). Elementy przełączające MOSFET w zastosowaniach liniowych – wprowadzenie do „szwajcarskiego scyzoryka”, tranzystora 2N7000



Demontaż inteligentnych wtyczek

ISSN 1425-1698 Indeks 33362X
9 771425 169238 07
16,90 zł (w tym 8% VAT)

EP.com.pl
Największy portal dla elektroników konstruktorów



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



Najbardziej popularne kity AVT

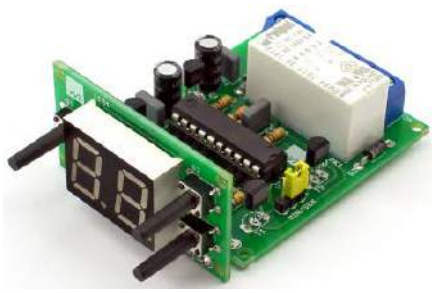
Poznaj listę **TOP 100** na www.elportal.pl/kityavt



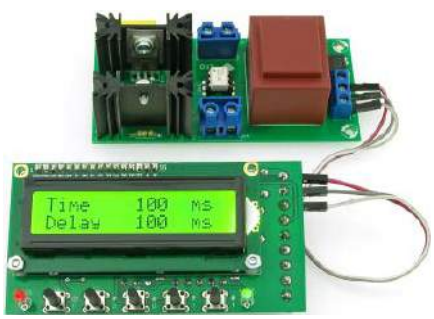
AVT788 Lampka LED reagująca na klaśnięcie: klaskacz, włącznik dźwiękowy
https://sklep.avt.pl/avt788.html



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



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



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



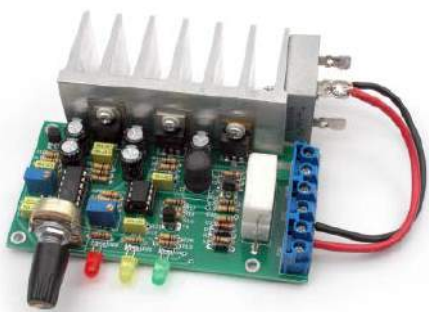
AVT723 Uniwersalna gra zręcznościowa
https://sklep.avt.pl/avt723.html



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



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



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



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



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



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



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

Pełna oferta na: sklep.avt.pl

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

eprasa.pl 5fecf02526

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

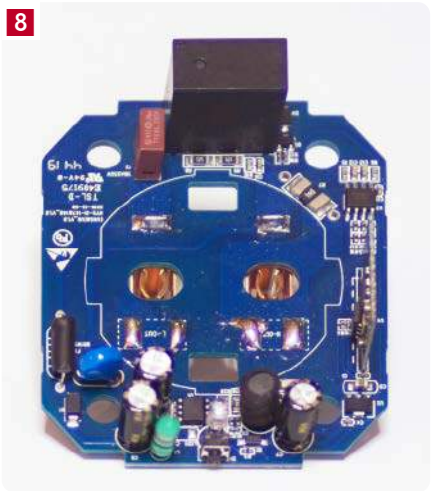
Po opłaceniu prenumeraty przyślemy Ci kod dostępu do projektów DIY plus na www.elportal.pl

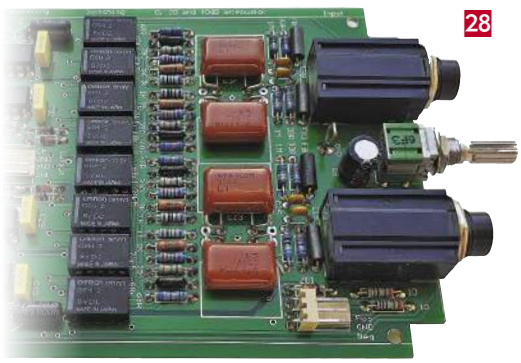
prenumerata@avt.pl
AVT-Korporacja sp. z o.o., ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa,
konto 18 1050 1012 1000 0024 3173 1013

eprasa.pl 5fecf02526

ELEKTRONIKA dla wszystkich

lipiec 2023 • 7 (330)









Projekty dla elektroników:

Demontaż inteligentnych wtyczek.
Które z nich są podatne na modyfikacje? ... 8
USB Super-Kodek, część 3. Budowa ... 18
Tłumik z symetrycznym wejściem dla Super-Kodeka USB, część 1 ... 28
Nie uwierzysz, co można z nim zrobić!
Elastyczny cyfrowy sterownik oświetlenia, część 1 ... 36

Tutoriale:

Analogowe układy mnożące ... 49
Praktyczne techniki przekształcania pomysłów w projekty.
Wprowadzenie do technologii montażu powierzchniowego, część 2 ... 54
KickStart. Część 1: Elementy przełączające MOSFET
w zastosowaniach liniowych – wprowadzenie
do „szwajcarskiego scyzoryka", tranzystora 2N7000 ... 58
Porady laboratoryjne. Układy zasilania ... 64
Edukacja w EdW dla szkół i uczelni. Wykład 8: Mikrofony ... 68
Praktyczny kurs op-ampów ... 77

DIY dla wszystkich:

Automatyczne wykrywanie szybkości transmisji
łącza szeregowego UART ... 84
Automatyczny kran umywalki z wykorzystaniem Arduino ... 86
Nieinwazyjny sposób detekcji poziomu cieczy ... 88

DIY PLUS

Moduł procesora echa głosu – urządzenie opóźniające
do efektów dźwiękowych, echo, reverb ... 91
Uniwersalny konwerter napięcia AC
– wyjście 18 V DC z wejścia 85...265 V AC ... 91

Rubryki stałe:

Prenumerata ... 3
Od wydawcy ... 5
Poczta ... 6

eprasa.pl 5fecf02526

A za miesiąc w sierpniowym EdW



- **Przedwzmacniacz stereo z miniaturową lampą Nutube**
  Adorowany przez audiofilów sprzęt audio na lampach elektronowych dostał nowy impuls do rozwoju. Korg i Noritake z Japonii wypuściły 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 brzmieniem i seledynową poświatą w stylu retro.
- **Elastyczny cyfrowy sterownik iluminacji, część 2**
  Nasz nowy cyfrowy sterownik świateł to doskonały sposób na regulację iluminacji świątecznych, teatralnych, itp. W lipcowym EdW opisujemy czterokanałową jednostkę podrzędną, która zmienia aktualną jasność lamp. W sierpniowym EdW wyjaśniamy kilka różnych sposobów sterowania jedną lub większą ilością jednostek podrzędnych – wykonawczych.
- **Tłumik do SuperKodeka, część 2**
  W lipcowym EdW opisujemy dodatkową płytkę do SuperKodeka USB, która zapewnia dwa symetryczne wejścia z czterema poziomami tłumienia: 0 dB, –10 dB, –20 dB i –40 dB. Będzie pasować do samego SuperKodeka, tworząc elegancki, wszechstronny instrument do nagrywania, odtwarzania i pomiarów. W sierpniowym EdW zabieramy się do budowy.
- **Miernik stężenia CO_2 z użyciem Sigfox**
  W czerwcowym EdW prezentowaliśmy z Elektora projekt miernika stężenia CO_2. Teraz przedstawiamy inny projekt z Elektora, w którym sygnalizacja świetlna stężenia CO_2 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.
- Plus zwykła porcja intrygujących projektów DIY.
- Plus wiele artykułów w Twoich ulubionych cyklach Tutoriali.

W kioskach od 1 sierpnia

Czy Doppler był gigantem?

Wszyscy znamy zapewne słowa Newtona, który skromnie powiedział o sobie: „mój wzrok sięgnął dalej, gdyż stanąłem na ramionach gigantów”. Każdy odkrywca nowych praw fizyki mógłby tak o sobie powiedzieć, wszak czerpał z wiedzy poprzedników. Cała elektronika powstała i pięknie się rozwinęła na fundamentach fizyki. Nawet tak banalna, jakby się wydawało, obserwacja, że gwizd przybliżającej się do nas lokomotywy ma wyższy ton, niż gwizd lokomotywy oddalającej się od nas, posłużyła do zbudowania niezwykłych urządzeń. Pierwszy zwrócił uwagę na to zjawisko austriacki fizyk Christian Andreas Doppler i opisał je w roku 1842.



Radar meteorologiczny Dopplera montowany w nosie samolotu

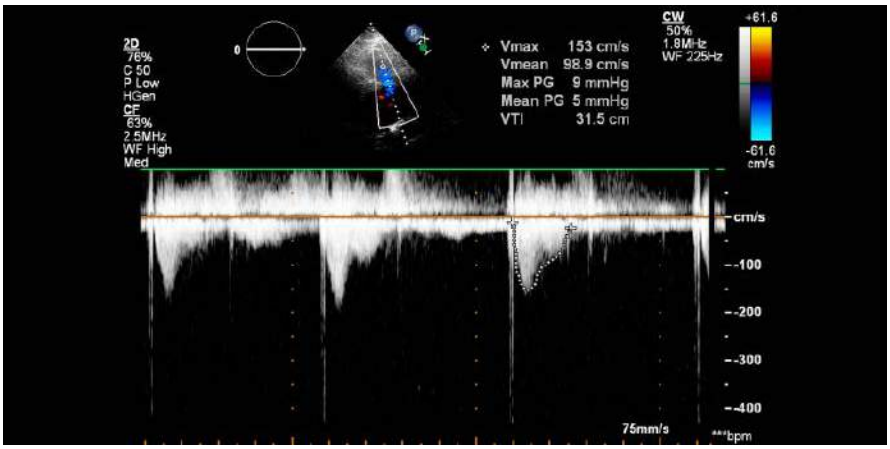
Przykładem zastosowań efektu Dopplera może być mikrofon laserowy, fenomenalny przyrząd do podsłuchu, o którym w wykładzie o mikrofonach pisze Jos Verstraten. Działa podobnie jak policyjny miernik prędkości. Laser emituje cienką wiązkę monochromatycznego światła w zakresie podczerwieni. Tę wiązkę kieruje się na szybę okna. Niewielka jej część zostaje odbita i wraca do mikrofonu. Jeśli szyba jest nieruchoma, długość fali odbitego światła jest równa długości fali wiązki emitowanej przez laser. Jeśli jednak szyba drży, choćby z amplitudą kilku mikrometrów, długość fali światła odbitego zmienia się w rytm drgań szyby. Drgania szyby mogą pochodzić od wibracji powietrza w pomieszczeniu, wywołanych rozmową. Szyba tworzy niejako ogromną membranę mikrofonu. Zatem po demodulacji długości fali odbitej wiązki laserowej można słuchać rozmowy w pomieszczeniu.

Wachlarz różnorodnych zastosowań efektu Dopplera jest przeogromny.

W astronomii dzięki wzorom Dopplera potrafimy obliczać szybkość oddalania się lub przybliżania gwiazd i całych galaktyk.

W technice są to różnorodne radary, w tym policyjne i „oczy” robotów, niezbędne do wytyczania bezkolizyjnych ścieżek ich ruchu.

W medycynie jest to cała gama urządzeń wchodzących w zakres USG (ultrasonografii), dzięki którym potrafimy mierzyć prędkość przepływu krwi w naczyniach krwionośnych i diagnozować pracę serca (echokardiograf).



Przykład wyniku badania USG

W telekomunikacji satelitarnej wzory Dopplera są niezbędne do wprowadzenia odpowiednich poprawek na częstotliwość sygnału, zależną od ruchu satelity.

To daleko nie pełna lista zastosowań efektu Dopplera. Być może dla fizyków efekt Dopplera nie jest wielkim odkryciem, wszak sumowanie się prędkości sygnału z prędkością źródła tego sygnału jest „oczywistą oczywistością”, ale elektronicy mają wielki dług wdzięczności wobec Dopplera, który zainspirował ich do opracowania wielu wspaniałych urządzeń.

Dla elektroników Doppler był gigantem.

Wiesław Marciniak

eprasa.pl 5fecf02526

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.

Świetna wiadomość



Miłym zaskoczeniem była dla mnie wiadomość, że EdW podjęła współpracę z Elektorem. Jestem już elektronikiem „dawniejszym” i pamiętam polskie wydanie Elektora w połowie lat dziewięćdziesiątych. Później 20 lat pracowałem w Wielkiej Brytanii i wiem jak bardzo ten tytuł jest poważany na Zachodzie. Uważa się tam, że jest Elektor i ... długo, długo nic, no w Anglii jeszcze Practical Electronics, który zresztą część projektową opiera całkowicie na współpracy z Silicon Chip.

Wszystkie te tytuły zasilają EdW kontentem.

Chapeau bas! Postawiliście na współpracę z absolutną czołówką światową. Ponieważ prenumeruję od lat wszystkie te tytuły, to pozwolę sobie coś doradzić.

W Elektorze większość projektów jest adresowana do zaawansowanych hobbystów, dlatego warto dokładnie selekcjonować projekty do EdW. Fortissimo jest idealnym wyborem. Projekty z Silicon Chip też nie zawsze są łatwe, ale zawsze są przyjemnie podane. Nie znam drugiego czasopisma, w którym tak szczegółowo opisuje się działanie i budowy układu. Dzięki temu nawet na oko niełatwe, rozbudowane schematy są realizacyjnie dostępne nawet dla słabo zaawansowanych hobbystów. Dlatego sugeruję, żebyście utrzymali przewagę ilościową artykułów z Silicon Chip w stosunku do artykułów z Elektora.

Widzę, że na razie tak jest i tak trzymać.

D.K.

Też chcę zrobić Senatora

Nie wiem jak często redakcja otrzymuje od Czytelników reportaże zdjęciowe z budowanych projektów. Ten o kolumnach Senator jest wyjątkowo szczegółowy. Jest super. Dobrze, że go opublikowaliście w całości. Narobiłem sobie smaku oglądając po kolei wszystkie zdjęcia. Widzę, że chyba dałbym radę zrobić te kolumny. Zabieram się do roboty.

W.S.

Jestem w szoku

Zszokowały mnie opisane we wstępniaku perypetie z wiarygodnością ChatGPT. Czegoś takiego nie wyobrażałem sobie. Cały świat od kilku miesięcy dyskutuje o tym narzędziu AI. Chyba w skali globalnej jest to temat wyprzedzający medialnie wojnę w Ukrainie. Sam próbowałem używać GPT w roli „telefonu do przyjaciela”. Z odpowiedzi byłem zawsze zadowolony.

Wstępniak Profesora Marciniaka zasiał w mojej duszy ziarno niepewności. Zacząłem sprawdzać i potwierdzam przynajmniej duży rozrzut odpowiedzi Chata...

S.T.

Red.: Temat ChatGPT spowodował niezłą lawinę listów. Może zbierzemy je razem i jeszcze wrócimy do tego tematu.

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 5fecf02526

Are you looking to be an expert in **Raspberry Pi, ESP, and Arduino?**



ESPRESSIF

ARDUINO

Check out our Elektor bundles which are packed not only with the main board but also with top-quality components, expert guides, and exclusive projects to fuel your innovation.

Visit **www.elektormagazine.com/bundles** now and bring your electronics projects to life.

elektor
design > share > earn

eprasa.pl 5fecf02526

Demontaż inteligentnych wtyczek

Które z nich są podatne na modyfikacje?



Inteligentne wtyczki lub gniazda z obsługą Wi-Fi można obecnie kupić za mniej niż 15 euro. Pozwalają one na zdalne sterowanie lampami i innymi urządzeniami konsumenckimi (niektóre wersje mogą nawet rejestrować zużycie energii przez podłączone urządzenie). Dla inżynierów elektroników nie zawsze jest to takie proste. Pytania typu „Zastanawiam się, jakich elementów tam używają?" a myśli takie jak „A może uda mi się wymienić oprogramowanie układowe i korzystać z innej platformy chmurowej niż ta określona przez producenta?" są zawsze z tyłu głowy. Aby sprawdzić elementy zastosowane w niektórych z tych inteligentnych gniazd i dowiedzieć się, które z nich są bardziej przyjazne dla hakerów, sięgnąłem po swoją skrzynkę z narzędziami i wyjąłem wkrętaki, piłę do metalu, kamerę oraz szkło powiększające.

Obecnie dostępnych jest wiele inteligentnych gniazd sieciowych sterowanych radiowo lub Wi-Fi. Jeśli chodzi o ich funkcje i połączenie sieciowe (zwykle Wi-Fi), różne modele często różnią się jedynie oprogramowaniem i powiązaną usługą w chmurze. Cenowo też są dość wyrównane. Interesujące jest to, jak różni producenci zaprojektowali swoje produkty. Wystarczy wpisać w Google „inteligentna wtyczka", aby zobaczyć szeroką gamę dostępnych obecnie takich urządzeń (patrz przykłady na **rysunkach 1...3**).

Z zewnątrz prawie niemożliwe jest ustalenie, z czego może składać się ich wewnętrzny układ. Aby zbadać problem dokładniej, wybrałem trzy popularne marki inteligentnych wtyczek, które poświęciłem w tym dochodzeniu. Interesowały mnie następujące pytania: Jakie komponenty są w nich używane? Jak to jest połączone? Czy urządzenie może mierzyć pobór mocy i napięcie sieciowe, a jeśli tak, to w jaki sposób? Czy są jakieś zabezpieczenia przed przeciążeniem?

Najciekawsze pytania dotyczą prawdopodobnie tego, który z tych wariantów można łatwiej zhakować i czy można ulepszyć domyślne oprogramowanie producenta. Aby odpowiedzieć na te pytania, rozrysowałem schematy obwodów trzech modeli i zidentyfikowałem (w miarę możliwości) zastosowane w nich komponenty. Nie tylko stało się jasne, które mikrokontrolery zostały tam zainstalowane, ale także ujawniłem pewne skróty w projekcie obwodów, które zostały wykonane w celu oszczędności.

Uwaga napięcie sieciowe!

Omawiana tutaj elektronika działa przy szczytowym napięciu sieci! Nie próbuj obsługiwać żadnego urządzenia elektrycznego bez obudowy ochronnej, ponieważ może to być śmiertelnie groźne. Każde niewłaściwe użycie prowadzi do zagrażającego życiu porażenia prądem.



Rysunek 1. Wtyczka SP211 firmy Gosund (https://bit.ly/3wAWu6g)



Rysunek 2. Inteligentna wtyczka sprzedawana przez Amazon (https://bit.ly/3wCtife)



Rysunek 3. Inteligentna wtyczka S firmy Shelly (https://tiny.pl/cxxk2)

Inteligentne wtyczki

Aby zagłębić się w temat, przyjrzę się bliżej trzem gniazdom różnych producentów. **Rysunek 4** przedstawia model EU6S firmy Aoycocr. **Rysunek 5** przedstawia typ Tapo P100 firmy TP-Link. **Rysunek 6** przedstawia S26R2 firmy Sonoff. Oprócz tych trzech, całkiem niedawno miałem okazję zdemontować też gniazdko TRÅDFRI z IKEI (**rysunek 7** i **rysunek 8**), aby użyć niektórych części do innego projektu.

Tabela 1 zawiera bardziej szczegółowe dane techniczne trzech zbadanych gniazd.

eprasa.pl 5fecf02526



Rysunek 4. Model EU6S firmy Aoycocr



Rysunek 5. TP-Link Tapo P100



Rysunek 6. Model S26R2 firmy Sonoff



Rysunek 7. Wtyczka TRÅDFRI (szwedzkie: bez przewodów) firmy Ikea



Rysunek 8. Elementy wewnętrzne modelu TRÅDFRI

Producenci określili maksymalny prąd obciążenia na 10 A (maksymalna moc obciążenia2,3 kW przy 230 V≈) dla modeli EU6S i Tapo P100. Model S26R2, firmy Sonoff przesuwa granice tego, co jest możliwe i oferuje obciążalność do 16 A (3,6 kW przy 230 V≈), co jest przydatne do przełączania większych obciążeń, takich jak czajniki lub grzejniki elektryczne.

Układy te nie są przeznaczone do serwisowania i polegają na integralności obudowy, aby zapewnić izolację elektryczną od użytkownika. Udało mi się tylko otworzyć (i ponownie złożyć), bez ich niszczenia, inteligentne gniazda EU6S i S26R2. Niestety Tapo P100 firmy TP-Link ma szczelną obudowę, a dostanie się do środka jest możliwe tylko kosztem jej uszkodzenia. Nawiasem mówiąc, gniazdo TRÅDFRI z IKEI też było zadaniem dla piły do metalu i nie można go było ponownie wykorzystać.

Model EU6S firmy Aoycocr

Obudowa EU6S jest trzymana razem przez cztery śruby z łbem gniazdowym trójkątnym (**rysunek 9**), umożliwiając dość łatwy dostęp do elementów wewnętrznych.

Po zdjęciu osłony, płytka drukowana pozostaje umocowana na swoim miejscu za pomocą dwóch śrub, które wkręcone zapewniają kontakt z fazowym i neutralnym bolcami wtyczki. Będziesz potrzebował odpowiedniego narzędzia, które może znajdziesz na przykład w zestawie Proskit ze Sklepu AVT [1], aby uzyskać dostęp do łbów śrub. **Rysunek 10** pokazuje dwa gwinty wewnętrzne we wtyczce, które służą do mocowania płytki (**rysunek 11**).

Rysunek 12 przedstawia stronę elementów płytki drukowanej, na której znajdują się wszystkie elementy z wyjątkiem styków zasilania. Taka konstrukcja ułatwia analizę układu.

Płytkę drukowaną podzieliłem na trzy podstawowe funkcjonalne grupy. **Rysunek 13** przedstawia sekcję zasilania (żółta), moduł Wi-Fi/MCU (pomarańczowy) i przekaźnik wraz z okablowaniem (karmazynowy). Rezystor R7 i układ U3 (**rysunek 14**) służą tutaj do pomiaru prądu pobieranego przez urządzenie załączane przez inteligentne gniazdo. Co jest oczywiste brakuje w tej konfiguracji transformatora, który normalnie zapewniałby

Tabela 1. Dane techniczne trzech inteligentnych wtyczek

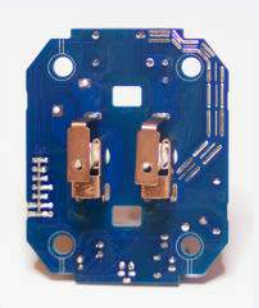
Nazwa	Obciążalność	Wi-Fi	BLE	MCU/SoC
Aoycocr EU6S	2,3 kW (10 A przy 230 V≈)	2,4 GHz	Nie	ESP8266
TP-Link Tapo P100	2,3 kW (10 A przy 230 V≈)	2,4 GHz	Tak*	RTL8720CF
Sonoff S26R2	3,6 kW (16 A przy 230 V≈)	2,4 GHz	Nie	ESP8285
* tylko do konfiguracji Wi-Fi				



Rysunek 9. Cztery śruby mocujące obudowę EU6S



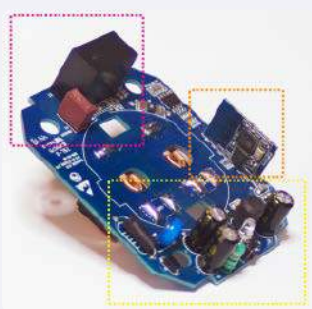
Rysunek 10. Trudno dostępny montaż płytki drukowanej w SEU6S



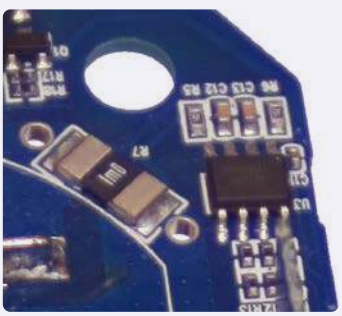
Rysunek 11. Spód płytki drukowanej w EU6S z mocowaniami



Rysunek 12. Strona komponentów płytki drukowanej EU6S

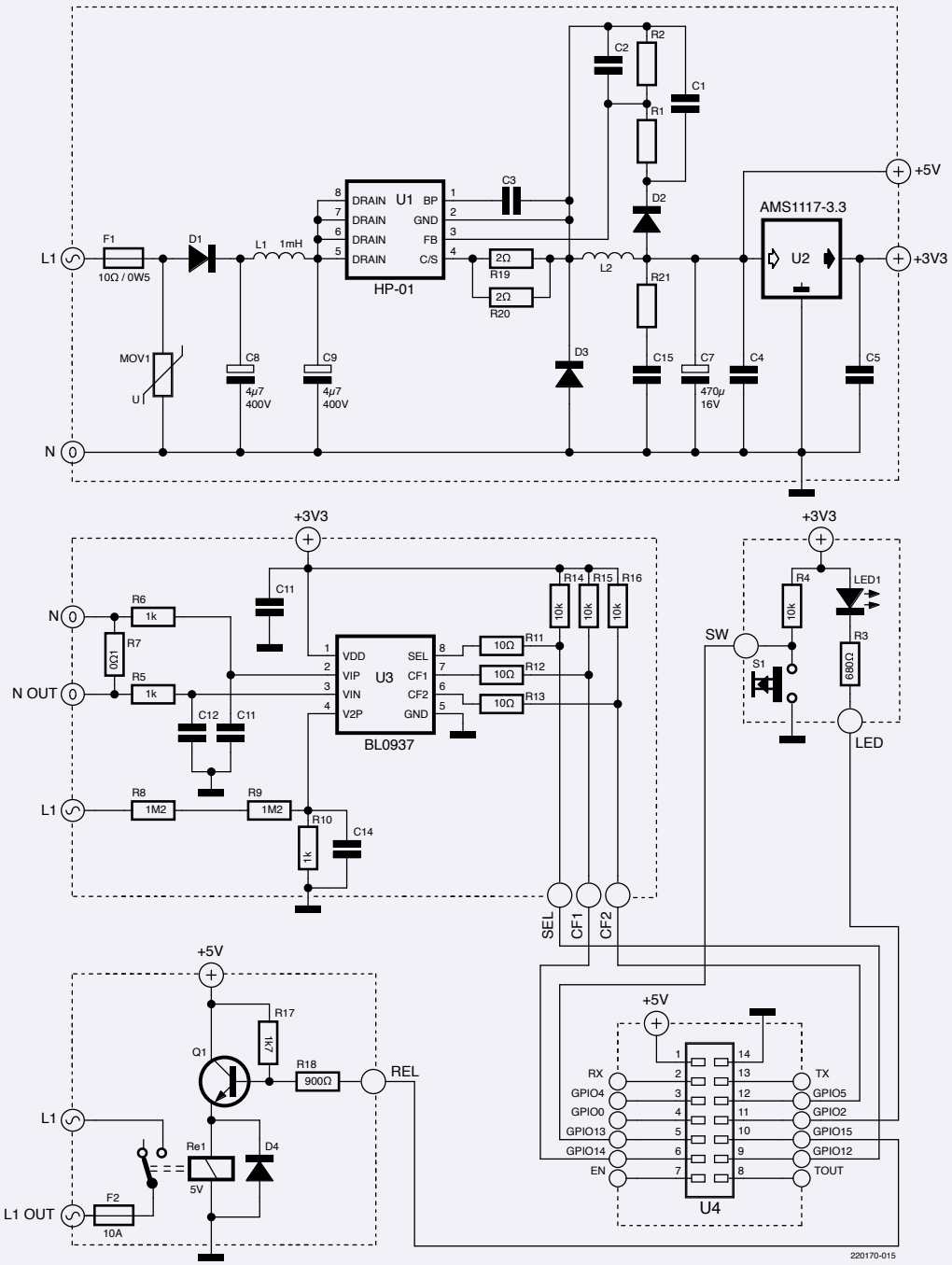


Rysunek 13. Obszary funkcjonalne płytki drukowanej w EU6S



Rysunek 14. Zbliżenie na U3 i rezystor bocznika pomiaru prądu

eprasa.pl 5fecf02526



Rysunek 15. Schemat ideowy inteligentnej wtyczki EU6S

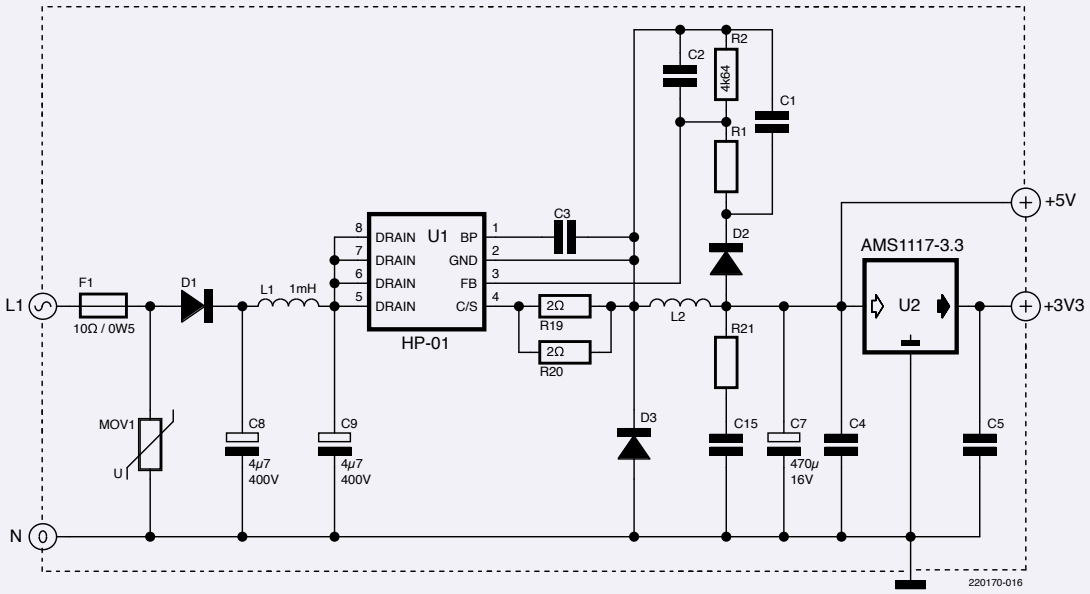
izolację galwaniczną w konstrukcji zasilacza impulsowego. Przyjrzyjmy się najpierw zasilaczowi.

Zasilacz

W górnym obszarze **rysunku 15** widać obwód zasilacza zbudowany wokół układu scalonego U1 (HP-01 AL93PH.1, **rysunek 16**). Niestety, wyszukiwanie w Internecie nie przyniosło żadnej karty katalogowej tego układu. Rozrysowałem obwód pokazujący wszystkie komponenty podłączone do tego układu, aby określić funkcje jego końcówek.

Napięcie sieciowe jest obecne po lewej stronie i wchodzi przez F1, rezystor 10 Ω 0,5 W, użyty tutaj jako bezpiecznik (**rysunek 17**). Warystor MOV1 zapewnia ochronę przed przepięciami. Dioda D1 zapewnia ekonomiczny prostownik półfalowy. C8, C9 i L1 są skonfigurowane tak, aby tworzyły filtr pi w celu wygładzenia wynikowego napięcia stałego. To napięcie jest przykładane do końcówek od 5 do 8 układu U1. Dwa równoległe rezystory pomiaru prądu R19 i R20, dioda D3 i cewka L2 wraz z siecią sprzężenia zwrotnego utworzoną przez D2, C1, C2, R1 i R2 wskazują, że U1 jest najprawdopodobniej przetwornicą obniżającą napięcie, zapewniającą stałe napięcie wyjściowe 5 V, wygładzone przez kondensator C7, z wejściowego 325 V DC na kondensatorze C9. Obwód wymaga napięcia 5 V do działania przekaźnika K1, który włącza zasilanie urządzenia sterowanego.

eprasa.pl 5fecf02526

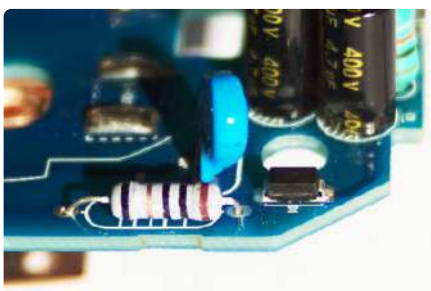


Rysunek 16. Oznaczenia na HP-01 AL93PH.1 (U1) są bardziej czytelne przy użyciu fałszywej koloryzacji

Układ U2, to znany regulator liniowy AMS1117-3.3 o niskim spadku napięcia, który przekształca napięcie 5 V w stabilne 3,3 V. Ten poziom napięcia jest wymagany przez mikrokontroler i sprzęt Wi-Fi, który nie toleruje napięcia 5 V.

Widziałem podobne konfiguracje zasilania stosowane w standardowych lampach LED zasilanych z sieci z trzonkiem E14 lub E27. Chociaż nie mogłem znaleźć arkusza danych dla tego konkretnego układu scalonego (U1), mogę wywnioskować, że zapewnia on podobną funkcję do układów takich jak MP4050A [2] firmy MPS (**rysunek 18**) czy LNK302 firmy Power Integration [3] (**rysunek 19**) często stosowane w lampach LED. Ich arkusze danych zawierają informacje o funkcjach końcówek i połączeniach obwodów, wskazując, że są one kompatybilne z funkcją U1. **Rysunek 20** przedstawia schemat blokowy wewnętrznej struktury układu MP4050A. Chociaż Gnd jest punktem odniesienia dla sygnału sterującego i sterownika bramki, to nie jest punktem odniesienia dla napięcia wyjściowego. Uzasadnione jest założenie, że U1 jest tutaj używany w podobny sposób. Okablowanie i układ dla aplikacji korzystającej z MP4050A są podobne do konfiguracji U1 w obwodzie inteligentnej wtyczki UE6S.

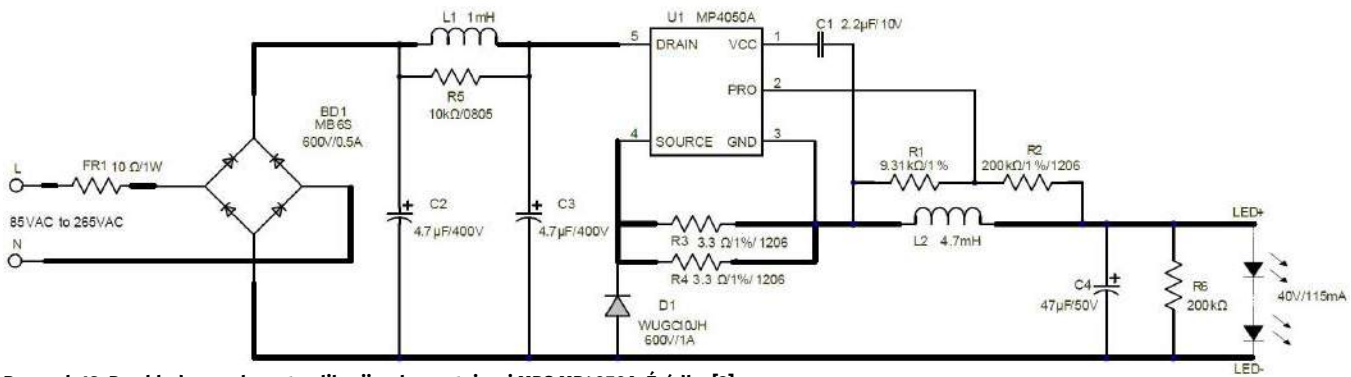
Zastosowanie nieizolowanych przetwornic DC/DC obniżających napięcie jest tanią metodą zasilania elektroniki w inteligentnych wtyczkach i wielu innych produktach elektrycznych.



Rysunek 17. Bezpiecznik F1 to rezystor 10 Ω

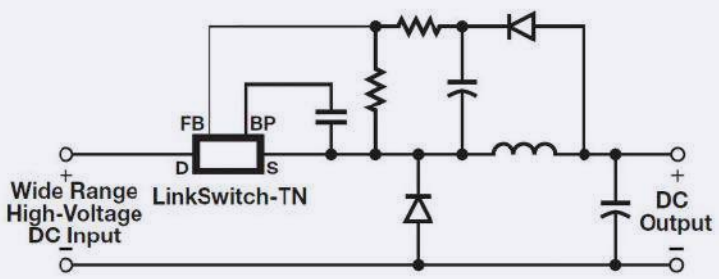
Uwaga!

Wykorzystywany tu zasilacz jest bez izolacji galwanicznej, uziemienie płytki drukowanej może mieć taki sam potencjał jak faza, w zależności od okablowania gniazda sieciowego. Dotknięcie masy obwodu i prawie wszystkich elementów oraz podkładek płytki drukowanej zagraża życiu!

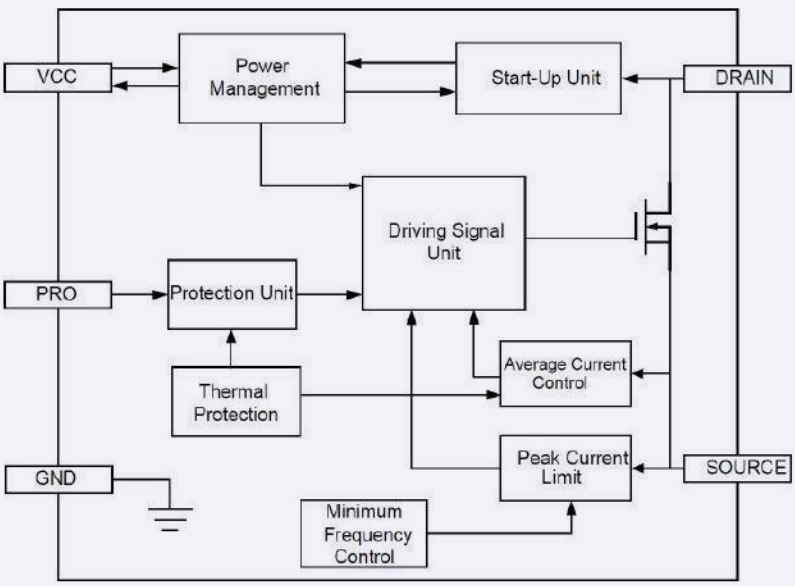


Rysunek 18. Przykładowy schemat aplikacji wykorzystującej MPS MP4050A. Źródło: [2]

eprasa.pl 5fecf02526



Rysunek 19. Podstawowy schemat wykorzystujący układ LNK303 f-my Power Integration. Źródło: [3]



Rysunek 20. Wewnętrzny schemat blokowy układu MP4050A firmy MPS. Źródło: [2]

Płytka drukowana oraz wszystkie przyciski sterujące i diody LED są zamknięte w plastikowej obudowie. Przy normalnej pracy i przy nieuszkodzonej obudowie nie ma niebezpieczeństwa przypadkowego dotknięcia części pod napięciem. Wszystkie produkty elektryczne powinny posiadać oznaczenia wskazujące, że odpowiadają aktualnym normom bezpieczeństwa elektrycznego.

Układy scalone regulatora przełączania stosowane w tych projektach, oferują wejście o szerokim zakresie napięć wejściowych i często działają od 80 do 250 Vsk (przy 50 i 60 Hz), aby zapewnić zgodność produktu ze standardami zasilania sieciowego na całym świecie.

Pomiar mocy

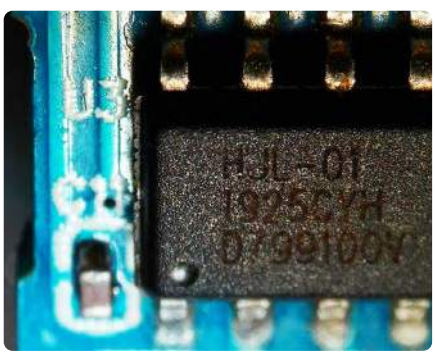
Ten model wtyczki jest w stanie rejestrować prąd, a tym samym moc i prawdopodobnie również napięcie sieciowe dostarczane do obciążenia oraz prąd obciążenia. Za tę funkcję odpowiada środkowa, lewa część obwodu na rysunku 15, zawierająca układ U3. Oznaczenia na U3 można zobaczyć na **rysunku 21**. Możliwe jest rozróżnienie napisu „HJL-01" wraz z innymi cyframi i literami, ale niestety w Internecie nie było śladu arkusza danych. Dalsze poszukiwania pozwoliły odkryć podobne układy zgodne wyprowadzeniowo, takie jak BL0937 lub HLW8012. Ponieważ U3 jest zasilany z 3,3 V, jest chyba bardziej podobny do układu BL0937, HLW8012 potrzebuje zasilania 5 V. Pozostaje pytanie, co robi U3?

BL0937 to układ scalony inteligentnego miernika do gniazd i innych inteligentnych aplikacji, które mogą mierzyć moc w sieciach jednofazowych. Przypisanie końcówek i schemat blokowy BL0937 można zobaczyć na **rysunku 22**. Pin CF tego układu wysyła w sposób ciągły impulsy 38 µs z częstotliwością proporcjonalną do mierzonej mocy czynnej. Pin CF1 wyprowadza podobny ciąg impulsów z częstotliwością powtarzania odpowiadającą wartości skutecznej prądu (gdy wejście pin SEL jest w stanie „0") lub wartości skutecznej napięcia (gdy wejście pin SEL jest w stanie „1").

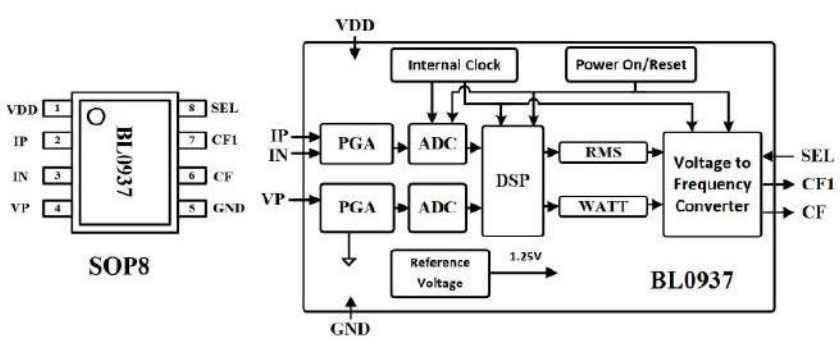
Porównując obwód U3 na rysunku 15 z obwodem wzorcowym BL0937 podanym w karcie katalogowej [4], można zauważyć, że wartości rezystorów dzielnika napięcia do pomiaru napięcia nie odpowiadają sobie. U3 wykorzystuje współczynnik podziału 2400:1 zamiast 1980:1, jak w BL0937, co powinno być istotne, jeśli rozważane jest alternatywne oprogramowanie układowe.

Prąd jest mierzony przez spadek napięcia na 1-mΩ rezystorze bocznikowym R7 umieszczonym na ścieżce neutralnej (N). Napięcie z R7 jest podłączone do styków 2 i 3 układu U3 przez R5 i R6. Razem z C11 i C12 tworzą filtr dolnoprzepustowy do usuwania zakłóceń pochodzących z sieci.

Piny SEL, CF1 i CF wykorzystują szeregowe rezystory 10-Ω i rezystory podciągające 10-kΩ dla sygnałów, które są następnie podłączane bezpośrednio do końcówek MCU. Interfejs jest tak prosty i tani, jak to tylko

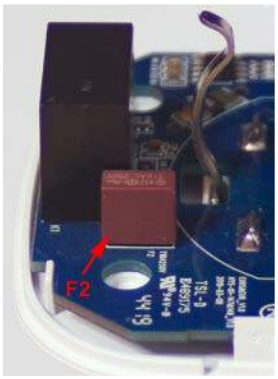


Rysunek 21. Układ HJL-01 jest używany w EU6S

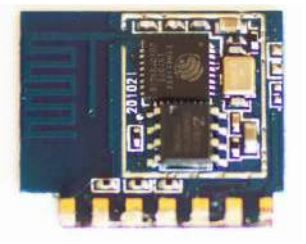


Rysunek 22. Rozkład wyprowadzeń i schemat blokowy BL0937. Źródło: [4]

eprasa.pl 5fecf02526



Rysunek 23. Aoycocr EU6S wykorzystuje bezpiecznik zwłoczny 10 A (F2)



Rysunek 24. Moduł ESP8266



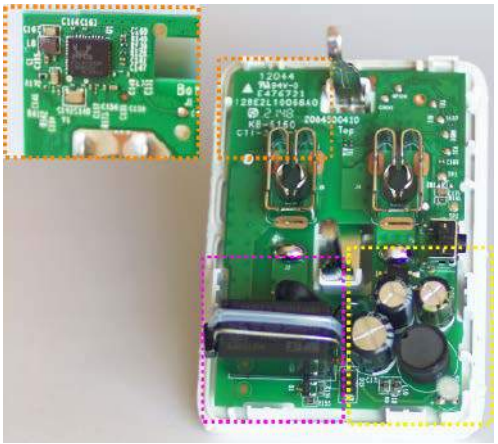
Rysunek 25. Układ pamięci Flash ZB25VQ80AITG 8 Mb



Rysunek 26. TP-Link Tapo P100 jest urządzeniem kompaktowym



Rysunek 27. Kołki zasilające na środku są przylutowane



Rysunek 28. Na płytce drukowanej można wydzielić trzy główne sekcje

możliwe. Chip HJL-01 jest prawdopodobnie tańszy niż BL0937, który kosztuje mniej niż 60 centów. Dla porównania alternatywa HLW8012 jest o około 30% droższa.

Przekaźnik, dioda LED i przycisk

Urządzenia podłączone do gniazdka są załączane przez przekaźnik K1. Zastosowany typ to NHC 932-5VCD-SL-AH o maksymalnej obciążalności 10 A przy 250 V≈. Przekaźniki o tej specyfikacji zwykle kosztują około 50 eurocentów. Element sterujący można zobaczyć w lewym dolnym rogu obwodu na rysunku 15.

Cewka przekaźnika K1 jest podłączona do 5 V i załączana przez tranzystor Q1. Tranzystor sterujący przełącza 0,4 W z 5 V przez cewkę z sygnału wyjściowego 3,3 V ze sterownika. D4 zwiera przepięcie powstające podczas wyłączania cewki przekaźnika.

Od red. EdW: Ne schemacie 15 jest błąd. Tranzystor Q1 włączający przekaźnik K1 musi być typu PNP. W obecnym układzie przekaźnik nigdy się nie wyłączy ponieważ do tego napięcie na jego cewce musi spaść poniżej 0,25 wolta. A na emiterze Q1, napięcie nie spada poniżej jednego wolta. Dodatkowo, w teoretycznym stanie wyłączenia przekaźnik pobierał by ok. 17 mA co oczywiście nie ma sensu.

Mini bezpiecznik zwłoczny F2 (**rysunek 23**) ma wartość znamionową 10 A i chroni przekaźnik oraz płytkę drukowaną przed uszkodzeniem w przypadku nadmiernego poboru prądu przez przełączane obciążenie. Bezpiecznik można łatwo i tanio wymienić, aby urządzenie znów działało.

Rezystor szeregowy R3 (680 Ω, rysunek 15, dół pośrodku) ogranicza prąd diody LED1. Ta niska wartość prądu może być dostarczana bezpośrednio do diody LED z końcówki MCU. Wejście przycisku wykorzystuje rezystor podciągający R4 o rezystancji 10 kΩ.

Bezprzewodowy mikrokontroler

MCU zastosowany w tym urządzeniu to ESP8266, który ma wbudowane Wi-Fi zgodne z IEEE 802.11 b/g/n. Wraz z kilkoma innymi komponentami znajduje się na oddzielnej małej płytce drukowanej (**rysunek 24**), przymocowanej pionowo do głównej płytki. Poza RESETEM, żaden inny punkt testowy nie jest oznaczony na tym module. Obok mikrokontrolera znajduje się układ pamięci Flash ZB25VQ80A ITG o pojemności 8 Mb (**rysunek 25**). Odlutowałem tę małą płytkę, aby określić, które komponenty łączą się z ESP8266. Byłem wtedy w stanie określić przypisanie końcówek na płytce modułu i ich funkcje. Ta informacja jest podana w obwodzie z rysunku 15.

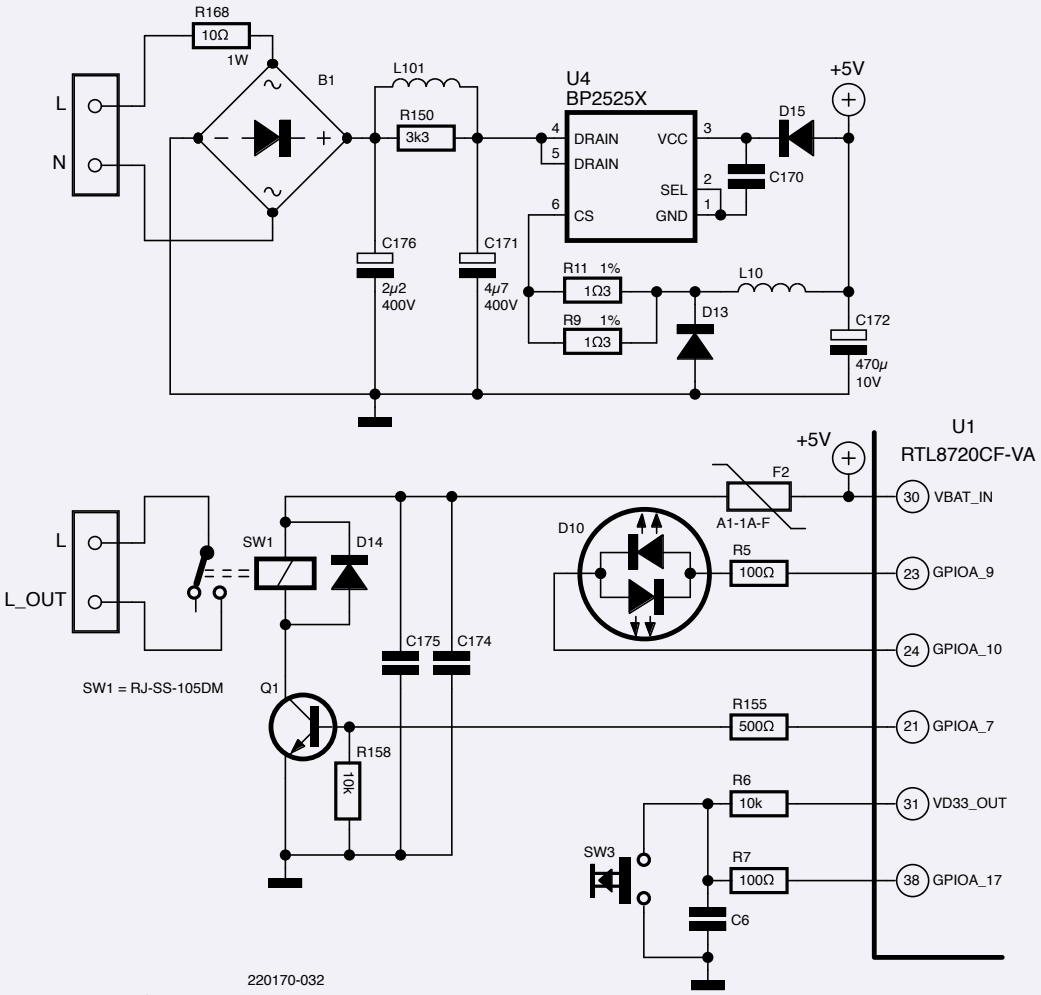
MCU, takie jak ESP8266, można łatwo wyposażyć we własne oprogramowanie układowe. Możliwa jest np. obsługa MCU za pomocą ESPHome [5] lub Tasmota [6]. Oprócz prostego przełączania obciążenia za pomocą przekaźnika, możliwy jest również pomiar i odczyt zużycia energii podłączonego urządzenia. Jednak pomiary z U3 również powinny zostać skalibrowane, aby można było polegać na zebranych danych.

Wszystkie styki interfejsu programatora MCU znajdują się na spodzie płytki drukowanej, więc konieczne jest wyjęcie płytki z obudowy, jeśli chcesz wprogramować ESPHome lub Tasmota do MCU. Śruby nie są tak łatwo dostępne – w szczególności montaż jest trudniejszy niż demontaż. Możesz jednak otworzyć obudowę bez powodowania szkód, co jest bonusem.

Model Tapo P100 firmy TP-Link

Gniazdo Tapo P100 (**rysunek 26**) firmy TP-Link jest znacznie bardziej kompaktowe w porównaniu do produktu firmy Aoycocr. Z zewnątrz nie widać żadnych śrub, ponieważ model Tapo P100 posiada obudowę, której części trzymane są razem za pomocą zacisków lub zatrzasków. Otwarcie obudowy pozostawi ślady, nawet jeśli będziesz ostrożny. Dzięki odpowiednim narzędziom możesz dość szybko dostać się do wewnętrznych elementów. Niestety płytki drukowanej nie da się tak łatwo wyjąć z obudowy, ponieważ jest

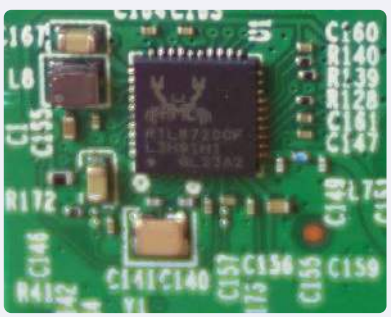
eprasa.pl 5fecf02526



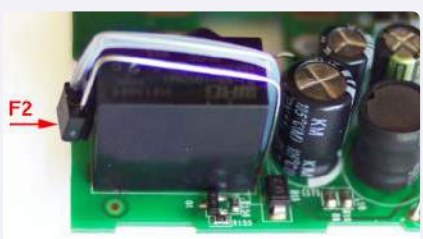
Rysunek 29. Schemat ideowy modelu P100 firmy Tapo



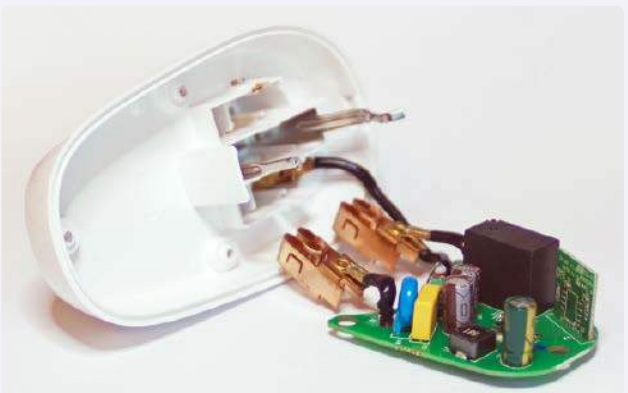
Rysunek 30. Układ BP2525 jest montowany pod płytką drukowaną



Rysunek 31. Realtek model RTL8720CF

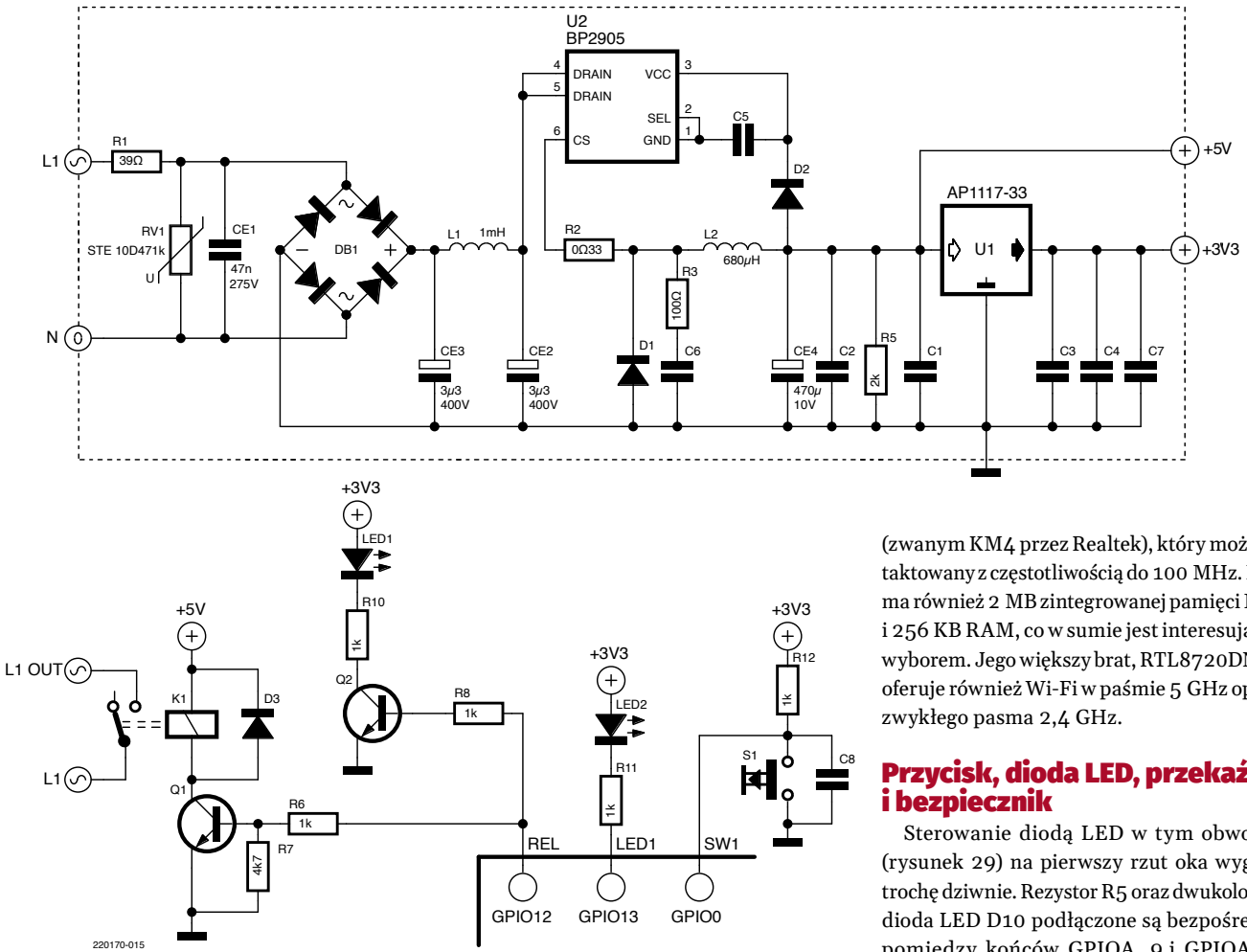


Rysunek 32. Bezpiecznik termiczny zamontowany w pobliżu obudowy przekaźnika



Rysunek 33. Zdemontowany model S26R2 firmy Sonoff

eprasa.pl 5fecf02526



Rysunek 34. Schemat ideowy wtyczki Sonoff S26R2

ona przylutowana do styków kołków wtyczki (patrz **rysunek 27**). Odlutowałem je, aby zerknąć na spód płytki.

Płytkę drukowaną można z grubsza podzielić na trzy obszary: zasilanie, przekaźnik i MCU w oparciu o funkcje, które zaznaczono na **rysunku 28**.

Układ do pomiaru prądu nie jest dostępny w tym modelu (**rysunek 29**).

Zasilacz

Obwód zasilacza był łatwy do rozpracowania, ponieważ oznakowanie układu scalonego było czytelne i można było znaleźć jego arkusze danych. Wcześniejsze doświadczenia z EU6S były pomocne: tutaj również rezystor 10 Ω (R168) – tym razem o mocy znamionowej 2 W – jest zainstalowany jako bezpiecznik i ogranicznik prądu.

Głównym układem (U4) jest regulator przełączający typu BP2525 [7] (**rysunek 30**). Tutaj również zastosowano nieizolowaną przetwornicę obniżającą napięcie; generuje on wybieralne napięcie 5 V lub 3,3 V z maksymalnie 500 V prądu stałego na wejściu. Prostownik mostkowy przekształca napięcie prądu przemiennego w napięcie prądu stałego, które jest następnie wygładzane przez filtr Pi składający się z C176, L101 i C171. Chip U4 zapewnia prąd wyjściowy (w zależności od wersji) do 500 mA przy napięciu 5 V.

Połączenia są łatwe do zrozumienia na podstawie arkusza danych, a komponenty są łatwe do zidentyfikowania. Nie ma dużej różnicy w stosunku do zasilacza EU6S. W tym projekcie nie jest generowane zasilanie 3,3 V. Zastosowany tutaj MCU (patrz poniżej) wyjaśnia, dlaczego tak jest.

RTL8720CF z Wi-Fi i BLE

Tapo P100 nie wykorzystuje wszechobecnego mikrokontrolera ESP8266, ale zamiast tego używa RTL8720CF firmy Realtek (**rysunek 31**). Arkusz danych [8] wskazuje, że wymaga on tylko zasilania 5 V, ponieważ ma zintegrowany regulator 3,3 V. Maksymalne obciążenie tego zasilania 3,3 V wynosi 450 mA.

Wi-Fi jest obsługiwane w paśmie 2,4 GHz, dostępny jest również Bluetooth Low Energy 4.2. MCU bazuje na rdzeniu ARM Cortex-M33 (zwanym KM4 przez Realtek), który może być taktowany z częstotliwością do 100 MHz. MCU ma również 2 MB zintegrowanej pamięci Flash i 256 KB RAM, co w sumie jest interesującym wyborem. Jego większy brat, RTL8720DN [9], oferuje również Wi-Fi w paśmie 5 GHz oprócz zwykłego pasma 2,4 GHz.

Przycisk, dioda LED, przekaźnik i bezpiecznik

Sterowanie diodą LED w tym obwodzie (rysunek 29) na pierwszy rzut oka wygląda trochę dziwnie. Rezystor R5 oraz dwukolorowa dioda LED D10 podłączone są bezpośrednio pomiędzy końców GPIOA_9 i GPIOA_10 mikrokontrolera. Generując sygnały PWM, możliwe jest wytworzenie szeregu kolorów diod LED.

Tranzystor Q1 przełącza przekaźnik, a D14 służy jako dioda gasząca. Końcówka GPIOA_7 steruje bazą Q1 przez R155. Rezystor R158 zapewnia, że tranzystor pozostaje wyłączony podczas ładowania oprogramowania układowego w czasie uruchamiania. F2 jest tutaj specjalną funkcją (**rysunek 32**). Bezpiecznik termiczny (AUPO A1-1A-F [10]) przerywa obwód w przypadku przegrzania przekaźnika, gdy jest jest przeciążony. Powoduje to przerwanie prądu w cewce, przez co przekaźnik odpada i ochładza się, ale bezpiecznik nie resetuje się. Dostęp do elementów wewnętrznych w celu wymiany bezpiecznika jest dość trudny, więc każda jednostka P100, którą to spotkało, najprawdopodobniej dołączy do rosnącej góry odpadów elektronicznych.

Od red. EdW: Opisane rozwiązanie zabezpieczenia jest potencjalnie niebezpieczne. W przypadku sklejenia (zespawania) się styków przekaźnika obciążenie pozostanie pod napięciem mimo przerwania obwodu cewki przez bezpiecznik F2, Dodatkowo bezpiecznik F2 nie wygląda na pewnie

eprasa.pl 5fecf02526

umocowany do obudowy przekaźnika więc moment jego nagrzania do temperatury rozłączenia może być różny dla różnych egzemplarzy urządzenia.

Wbudowany przycisk posiada klasyczny układ z rezystorem podciągającym 10 kΩ do 3,3 V, kondensatorem do filtrowania odbić styku oraz rezystorem 100 Ω podłączonym do GPIOA_17.

Sonoff S26R2TPF

Zanim zabrałem się za demontaż Sonoffa, wiedziałem, czego się spodziewać i byłem po prostu ciekawy, jak zaimplementowano różne funkcje. Model Sonoff S26R2TPF (**rysunek 33**) może przełączać do 16 A przy 250 V≈; jego schemat obwodu można zobaczyć na **rysunku 34**.

Zasilacz

Sekcja zasilania jest zbudowana wokół U2, układu scalonego regulatora przełączającego oznaczonego jako BP2905 (**rysunek 35**). Niestety, nie mogłem znaleźć arkusza danych do tego układu. Można wywnioskować z obrysu obudowy, wyprowadzeń i połączeń do zewnętrznych komponentów, że najprawdopodobniej jest to, zgodny końcówkowo krewny układu BP2525.

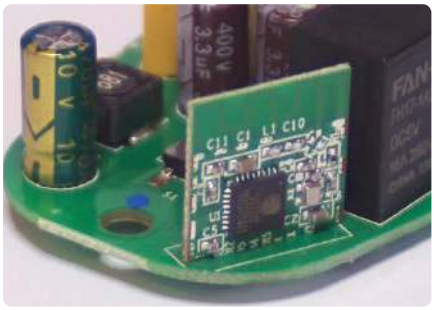
W tym obwodzie ponownie rezystor R1 działa jak bezpiecznik. Za mostkiem prostowniczym DB1 znajduje się filtr pi składający się z CE2, L1 i CE3. BP2905 wytwarza stabilne napięcie 5 V na kondensatorze CE4. Podobnie jak w przypadku EU6S, liniowy regulator napięcia służy do wytwarzania 3,3 V dla U1.

Przycisk, przekaźnik i dioda LED

Połączenie przycisku S1 jest proste i wymaga jedynie rezystora podciągającego 1 kΩ oraz kondensatora filtrującego odbicia styków.



Rysunek 35. Układ BP2905 jest kompatybilny z chipem BP2525



Rysunek 36. Moduł ESP8285 zamontowany w S26R2

Łączy się bezpośrednio z wejściem SW1 MCU bez żadnego rezystora szeregowego.

Anoda diody LED2 jest podłączona do zasilania 3,3 V, podczas gdy jej katoda jest przełączana przez rezystor szeregowy R11 z końcówki GPIO mikrokontrolera.

LED1 jest zasilana z zasilacza 3,3 V i ma własny tranzystor sterujący Q2, który jest przełączany tym samym sygnałem GPIO z MCU, który obsługuje przekaźnik. Wskazuje, kiedy obciążenie jest włączone.

Od red. EdW: Ze względu na oddzielne tranzystory sterujące K1 i LED1, świecenie LED nie jest absolutnie jednoznaczne z włączeniem przekaźnika, a jej nieświecenie z tym, że przekaźnik nie jest zasilony i obciążenie nie jest pod napięciem. Brak też jest zabezpieczenia przed przeciążeniem.

Przekaźnik jest podłączony tak jak w poprzednich wariantach z jednym zaciskiem jego cewki podłączonym do 5 V, a drugim połączeniem uziemianym poprzez Q1 sygnałem sterującym 3,3 V z MCU. Dioda (D3) równolegle cewki ponownie tłumi przepięcie na cewce. Podobnie jak w przypadku pozostałych dwóch gniazd, rezystancja między bazą a emiterem tranzystora przełączającego zapobiega niezamierzonemu przełączeniu przekaźnika podczas rozruchu.

Bezprzewodowy MCU

Mikrokontroler ESP8285 (U1) znajduje się na własnej minipłytce drukowanej, zamontowanej pod kątem prostym do płyty głównej (**rysunek 36**). Dzięki zintegrowanej pamięci Flash ten wariant ESP8266 nie wymaga żadnej dodatkowej pamięci. Przypisanie styków można znaleźć na schemacie obwodu na rysunku 34.

Oprogramowanie do korzystania z innej chmury

Chociaż skupiliśmy się na aspektach sprzętowych inteligentnych wtyczek, należy również wziąć pod uwagę, kiedy urządzenie jest używane i jego łączność z serwerem w chmurze. Oprogramowanie producenta zwykle łączy gniazdo z domowym Wi-Fi, a następnie musi zostać skonfigurowane za pomocą aplikacji, aby gniazdo mogło być używane ze smartfonem, Amazon Alexa, Google Home lub Apple Homekit. Wiele inteligentnych gniazd korzysta z usługi w chmurze dostawcy, który gospodarzy swoimi serwerami gdzieś w „eterze", który ostatecznie również ma dostęp do inteligentnego urządzenia. Taka konfiguracja umożliwia następnie zdalne przełączanie obciążeń przez Internet. Niestety, takie połączenie w chmurze nie jest do końca



Jak pokazuje ten artykuł, wszystkie omówione tu gniazda wykorzystują nieizolowane zasilacze. Oznacza to, że części obwodu będą pod szczytowym napięciem sieci (prawie 400 V w Europie). Kontakt z jakąkolwiek częścią ciała może być śmiertelny. Konstrukcja tych inteligentnych wtyczek opiera się na integralności ich izolowanych obudów, aby chronić konsumenta przed porażeniem. Dotykanie jakichkolwiek elementów wewnętrznych podczas pracy grozi śmiercią. Nie można tego przecenić: nigdy nie pracuj przy obwodach pod napięciem i zawsze przestrzegaj obowiązujących zasad bezpieczeństwa. Ponadto: kondensatory po stronie sieci zasilającej stosowane w zasilaczach mogą jeszcze przez pewien czas po wyłączeniu przenosić ładunek wysokiego napięcia o wartości kilkuset woltów. Przed rozpoczęciem pracy na tych (niezasilanych) płytkach drukowanych należy je rozładować, aby zachować bezpieczeństwo.

eprasa.pl 5fecf02526

niezawodne, ponieważ nie ma gwarancji, że żaden dostawca chmury nie zrezygnuje pewnego dnia ze swojej usługi [11].

Jak już wspomniano, istnieją alternatywy dla inteligentnych wtyczek opartych na ESP8266, przez instalację oprogramowanie typu open source TASMOTA [6] lub ESPHome [5]. Ta wymiana oryginalnego oprogramowania umożliwia następnie sterowanie urządzeniem z własnej sieci LAN za pośrednictwem MQTT, WebUI, Alexa lub innych protokołów.

Jeśli jesteś zainteresowany używaniem alternatywnego oprogramowania na tych urządzeniach, bardzo pomocną stronę internetową na ten temat można znaleźć pod adresem [12] o nazwie Tuya-Convert. Wiele z tych inteligentnych gniazd można nawet przeprogramować za pomocą alternatywnego oprogramowania układowego bez konieczności fizycznego wchodzenia do wnętrza urządzenia. Jeśli twój model wymaga otwarcia, większość MCU ESP8266 można ponownie zaprogramować za pomocą Tasmotizera [13]. W zależności od modelu należy dokonać odpowiednich ustawień.

Jeśli chcesz korzystać z ESPHome, możesz zainstalować to na niektórych gniazdach bez otwierania obudowy, korzystając z programowania OTA (Over The Air) przez Wi-Fi [14]. Jednak w przypadku niektórych modeli będziesz musiał skorzystać ze śrubokręta i lutownicy.

ESP8266, ESP8285, RTL8720...

Jeśli teraz myślisz o zakupie inteligentnego gniazda z zamiarem zainstalowania alternatywnego oprogramowania układowego, pamiętaj, że zarówno ESPHome, jak i Tasmota obsługują obecnie tylko moduły z rodziny ESP. Chociaż istnieje obszerna dokumentacja dla RTL8720CF, nie oznacza to, że dostępna jest obsługa alternatywnego oprogramowania układowego.

Oprócz mikrokontrolerów, które znaleźliśmy tutaj, możesz znaleźć inne typy, takie jak Realtek RTL8710, Beken BK7231T lub XradioTech XR809 zainstalowane w inteligentnych wtyczkach innych marek. Jak zawsze, przed zakupem warto przeprowadzić jak najwięcej badań wstępnych. Jeśli masz szczęście, to inny oddany programista wykonał już ciężką pracę, aby przeanalizować, a następnie opublikować swoje wyniki w Internecie. Innym ważnym aspektem jest to, że produkty producentów z tego samego zakresu będą z czasem nieuchronnie poddawane optymalizacji, tak że sprzęt może się zmienić, prawdopodobnie poprzez zainstalowanie innych MCU, co utrudni (lub uczyni bardziej interesującym) modyfikację. ■

Mathias Claussen (Elektor)

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

PRZYDATNE LINKI SIECIOWE
[1] Proskit: https://sklep.avt.pl/zestaw-koncowek-bit-33szt-8pk-sd009-proskit-4710810381980.html
[1] iFixit Pro Tech Bit Set: www.elektor.com/ifixit-pro-tech-toolkit (ORYGINALNE)
[2] MP4050A: www.monolithicpower.com/en/mp4050a.html
[3] Power Integrations LNK302: www.power.com/products/linkswitch/linkswitch-tn/lnk302dg
[4] BL0937: https://bit.ly/37KY7Uo
[5] ESPHome: https://esphome.io/
[6] Tasmota: https://tasmota.github.io/docs/
[7] MP2565: www.monolithicpower.com/en/mp2565.html
[8] RTL8720CF: https://bit.ly/3DbrJ8Z
[9] RTL872xD: https://bit.ly/3JESUf2
[10] AUPO A1-1A-F: www.tme.eu/en/details/a1-1a-f/thermal-fuses/aupo/
[11] N. Statt, „Nest is permanently disabling the Revolv smart home hub," The Verge, April 4, 2016: https://bit.ly/3ICGi6O
[12] Tuya Convert: https://tasmota.github.io/docs/Tuya-Convert
[13] Tasmotizer: https://github.com/tasmota/tasmotizer
[14] ESPHome OTA Installation: https://bit.ly/3Jllps9



QUIZ

Analogowe układy mnożące

1. Komputery analogowe...
☐ Poprzedzały historycznie komputery cyfrowe
☐ Są rozwijane równolegle z komputerami cyfrowymi
☐ To przyszłość rozwoju komputerów

2. Mieszacz sygnałów różnej częstotliwości jest układem...
☐ Sumującym
☐ Odejmującym
☐ Mnożącym

3. Przesunięcie jednego zakresu częstotliwości do innego jest nazywane:
☐ Sumowaniem
☐ Heterodynowaniem
☐ Demodulacją

4. Obwód homodynowy różni się od heterodynowego tym, że częstotliwość docelowa jest:
☐ Stała przy określonych częstotliwościach mieszanych sygnałów
☐ Pośrednia
☐ Różnicowa

5. Metoda mnożenia przez odejmowanie ćwiartek kwadratów była opublikowana:
☐ Na początku XIX wieku
☐ Pod koniec XIX wieku
☐ Na początku XX wieku

6. We wzmacniaczach logarytmicznych wykorzystuje się charakterystykę prądowo-napięciową:
☐ Diody tunelowej
☐ Złącza p-n w diodzie prostowniczej lub w tranzystorze
☐ Diody Zenera

7. W analogowych układach scalonych wykonujących mnożenie wykorzystuje się zwykle:
☐ Wzmacniacz różnicowy
☐ Wzmacniacz operacyjny
☐ Układ Gilberta

8. Układ Gilberta jest znany od roku:
☐ 1953
☐ 1967
☐ 1978

Rozwiązanie znajdziesz na www.elportal.pl/quizy od dnia 07.07.2023.

eprasa.pl 5fecb23328

USB Super-Kodek,

część 3. Budowa

Materiały dodatkowe dostępne są na stronie Silicon Chip: http://bit.ly/3lbjJQQ
Materiały dodatkowe są również dostępne na stronie edw.elportal.pl: https://bit.ly/3Td0gvC



W poprzednich dwóch numerach, EdW, maj-czerwiec 2023r., przedstawiliśmy naszą nową kartę dźwiękową USB, którą nazwaliśmy Super-Kodekiem, i opisaliśmy szczegółowo jej działanie i parametry. Zgodzicie się, że oferuje ona niezwykle wysoką jakość nagrywania i odtwarzania – tak bardzo, że nasz system Audio Precision ledwo może zmierzyć jej zniekształcenia! Teraz nadszedł czas, aby poskładać to wszystko razem i uruchomić.

Najlepiej jest budować Super-Kodeka etapami, sprawdzając po każdym etapie, czy wszystko, co zostało zmontowane, działa poprawnie.

Przed rozpoczęciem sprawdź, czy płytka drukowana wsuwa się gładko w obudowę. Ta płytka jest specjalnie zaprojektowana do obudowy Hammond 1455N2201, sprzedawanej zarówno przez Altronics jak i Mouser, jak podano we wcześniejszej liście części.

Kody części dotyczą obudowy z czarnymi panelami końcowymi, takimi, jakich my użyliśmy, ale zauważ, że Mouser posiada je również w kilku innych kolorach.

Przejdźmy teraz do montażu elementów na płytce drukowanej.

Montaż wstępnych regulatorów zasilania

Montaż tej sekcji jest dość prosty, ponieważ wszystkie elementy montowane są przelotowo. Płytka drukowana ma zaznaczoną sekcję, która wskazuje na tę część układu.

Odnosząc się do schematu montażu na PCB, **rysunek 17**, i fotografii obok (co powinieneś robić przez cały proces budowy), ta sekcja znajduje się na dole po prawej.

Zacznij od zamontowania w tej sekcji sześciu rezystorów, w miejscach pokazanych na rysunku 17. Następnie zamontuj trzy diody, D1 (1N4004) i D2-D3 (1N5822).

Zauważ, że nie wszystkie są ustawione w tym samym kierunku. Zostały one zorientowane tak, aby zminimalizować długość ścieżek i pętle rozpraszania, więc przed przylutowaniem każdej z nich sprawdź dwukrotnie, czy pasek katody Twojej diody jest ustawiony tak, jak pokazano na schemacie montażowym i na płytce drukowanej.

Następnym zadaniem jest wlutowanie siedmiu kondensatorów MKT, które nie są spolaryzowane, a potem złącza zasilania DC i oprawek bezpiecznika, oznaczonych F1. Następnie można zamontować osiem kondensatorów elektrolitycznych; są one spolaryzowane, więc ich dłuższe (dodatnie) wyprowadzenia muszą trafić do pól najbliższych znacznikom „+” na PCB i na rysunku 17.

Upewnij się, że kondensator 2200 µF 10 V znajduje się po prawej stronie, jak pokazuje mniejsze kółko, a większy 2200 µF 25 V po jego lewej stronie. Upewnij się również, że dwa kondensatory 470 µF zamontowane w tej sekcji mają napięcie znamionowe 25 V; kondensator 470 µF 6,3 V znajduje się w innym miejscu.

Następnie możesz wlutować na miejsce diodę LED2. Na razie zamontuj ją pionowo, tak, aby podstawa jej soczewki znajdowała się 10 mm nad górną powierzchnią PCB. Upewnij się, że jej dłuższe wyprowadzenie anody trafia do pola oznaczonego „A”.

Następnie nadszedł czas na przylutowanie impulsowych regulatorów napięcia REG1 i REG2. Mają one po pięć wyprowadzeń; jeśli końcówki Twoich są w jednym rzędzie, uformuj je szczypcami tak, aby pasowały do układu otworów na płytce. Radiatory nie są wymagane.

Teraz przylutuj do płytki dławiki. L1 i L3 to duże cewki toroidalne, natomiast L2 i L4 to mniejsze cewki pionowe. Pod każdą cewkę dodaj odrobinę neutralnie utwardzanego uszczelniacza silikonowego, aby

O nie! Włożyłem IC w niewłaściwy sposób!

Każdy popełnia błędy! Więc co zrobić, jeśli masz scalak czy inną część w złym miejscu lub w złej orientacji?

Dla elementów do montażu przelotowego są dwa sposoby postępowania. W przypadku kondensatorów elektrolitycznych, najlepiej jest użyć odsysacza do lutu, aby usunąć jak najwięcej lutu z otworów, a następnie rozsądnie podgrzać jeden drut i „popchnąć” kondensator, aby podnieść element w otworze, który jest gorący. Bądź ostrożny i upewnij się, że przewody są proste i nie wyrywają pól lutowniczych otworu.

W przypadku wzmacniaczy operacyjnych, rezystorów i diod, najłatwiejszym i najbezpieczniejszym sposobem jest odcięcie elementu od jego wyprowadzeń, a następnie usunięcie pojedynczych wyprowadzeń z płyty i oczyszczenie otworów plecionką lutowniczą lub igłą. Wygląda to na marnotrawstwo, ale wynika to z porównania wartości usuwanego elementu z wartością zmontowanej płytki PCB, może Ci to zaoszczędzić wyrwania ścieżki z PCB, dużej porcji frustracji i wielu wykropkowanych słów.

Elementy montowane powierzchniowo są znacznie łatwiejsze do usunięcia za pomocą stacji lutowniczej na gorące powietrze. Ustawiamy temperaturę na około 300 °C, podgrzewamy część, aż wszystkie wyprowadzenia się poluzują i używamy pęsety, aby podnieść ją z PCB, zanim lut się zestali – praca wykonana.

Jeśli nie masz takiego urządzenia, możesz alternatywnie podgrzać każdą stronę części opalarką z małą dyszą i regulacją temperatury, aż się poluzuje. Jeśli jest to układ scalony, najłatwiej to zrobić, jeśli połączysz wszystkie styki z każdej strony jednym dużym kawałkiem lutu. Wolne pola lutownicze są po wszystkim dość łatwe do wyczyszczenia przy użyciu pasty i plecionki lutowniczej.

Jeśli nie chcesz płacić tyle, ile twój lokalny sklep elektroniczny żąda za stację na gorące powietrze, poszukaj na eBayu lub innym portalu; są tam „przyzwoite” pistolety na gorące powietrze dostępne po obniżonych cenach. Poszukaj „hot air SMD rework”; niektóre są poniżej 100 $. Są one genialne również do pracy z elementami termokurczliwymi. Uwaga: najlepiej trzymać je wyłączone, gdy nie są używane!

eprasa.pl 5fecf02526

pomóc unieruchomić je na miejscu i zapobiec wibracjom, jak pokazano na zdjęciu.

Na koniec dodaj zworkę 0 Ω; użyliśmy kawałka U-wygiętego ocynowanego drutu miedzianego 0,7 mm w celu połączenia mas dwóch sekcji, ale możesz również użyć przewlekanego rezystora 0 Ω, jak pokazano to na schemacie montażowym PCB.

Testowanie impulsowych regulatorów napięcia

Podłącz woltomierz do masy (np. dowolnego końca zworki 0 Ω) oraz do bliższego końca pola FB12. Jest to dogodny punkt do pomiaru napięcia szyny zasilającej –12 V, tak jak to jest zaznaczone na PCB.

Podłącz wtyczkę zasilacza 12 V DC do CON1. Podany w specyfikacji zasilacz wtyczkowy jest urządzeniem impulsowym, zdolnym do dostarczenia w sposób ciągły prądu o natężeniu co najmniej 1,5 A. Włącz zasilanie i sprawdź, czy pojawia się napięcie na szynie –12 V. Sprawdź, czy mieści się w zakresie pomiędzy –11 a –13 V. My otrzymaliśmy –11,5 V.

Następnie przenieś czerwoną sondę multimetru na bliższy koniec pola FB8 (kolejne puste miejsce) i sprawdź czy szyna +6,5 V ma napięcie w zakresie pomiędzy 6,0...7,5 V. Pomiar naszej wykazał blisko 7 V.

Na koniec, przesuń sondę na bliższy koniec pola FB11 i sprawdź, czy napięcie na szynie +12 V jest OK. Prawdopodobnie będzie ono zbliżone do 11 V z powodu spadku napięcia na diodzie D1.

Możesz wtedy odłączyć zasilacz wtyczkowy i kontynuować budowę. Jeśli któryś z odczytów jest poza podanym zakresem, szukaj zwarć lub złych połączeń lutowanych. Upewnij się również, że Twój zasilacz zewnętrzny ma wystarczającą wydajność prądową, aby uruchomić regulator napięcia ujemnego – pisaliśmy o tym w poprzedniej części.

Montaż regulatorów liniowych

Ta sekcja znajduje się w środku płytki i zawiera regulatory REG3, REG4, REG6-REG8 oraz otaczające je elementy.

Zacznij od wlutowania wszystkich koralików ferrytowych w tej sekcji, od FB8 do FB13. Mogą to być dowolne małe ferryty, które pasują; mają one zapewnić dużą impedancję ścieżek przy wysokich częstotliwościach, aby utrzymać szum RF na szynach zasilających na niskim poziomie.

Jeśli twoje koraliki się poluzowały (co się często zdarza), przed przylutowaniem przełóż przez każdy z nich kawałek drutu odciętego z elementów montowanych w poprzednich sekcjach lub odcinek ocynowanego drutu miedzianego o odpowiedniej grubości i długości.

Wskazówki dotyczące lutowania

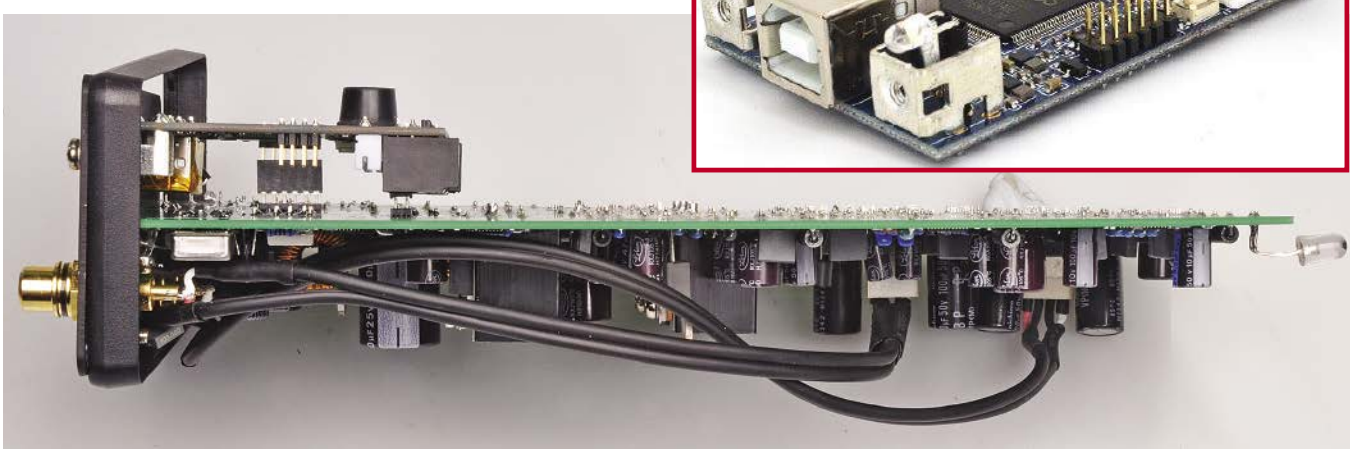
- Użyj bardzo cienkiego, precyzyjnego grota lutownicy; najcieńszego, jaki masz, drutu lutowniczego z topnikiem wewnątrz, lub w postaci żelu albo topnika płynnego. Używaj lupy powiększającej.
- Zachowaj spokój. Pamiętaj, że jeśli na początku przylutujesz tylko jeden styk każdego podzespołu, możesz lut łatwo stopić i przesunąć element, aby wszystko się wyrównało.
- Następnie lutując drugi styk, możesz w ten sposób unieruchomić część na miejscu. Spokojnie przylutuj i pamiętaj, że możesz ponownie przylutować jeden styk, jeśli musisz nieco przesunąć podzespół.
- Użyj mniej lutu niż wydaje się, że jest potrzebne. Będziesz zaskoczony!

Podczas lutowania, postaraj się, aby koraliki były mocno dociśnięte do płytki, aby zapobiec ich grzechotaniu. Pod każdym z nich należy umieścić odrobinę neutralnie utwardzanego uszczelniacza silikonowego, co powinno je unieruchomić.

Następnie zamontuj jedyny stabilizator SMD, REG7, wokół którego jest dużo wolnego miejsca. Kolejno zamontuj w tej sekcji dziesięć rezystorów, każdy w pobliżu jednego z regulatorów. Następnie zamontuj diody D22-D29 typu 1N4004. Jak poprzednio, uważaj na ich orientację.

Teraz zamontuj sześć kondensatorów MKT, a po nich 12 spolaryzowanych elektrolitów. Jak zwykle upewnij się, że ich dłuższe końcówki trafią w pola oznaczone „+”. Zauważ, że nie wszystkie są zorientowane w tym samym kierunku. Ponownie, w przypadku dwóch kondensatorów 470 µF, muszą to być kondensatory na napięcie 25 V, a nie na 6,3 V.

Na koniec zamontuj regulatory REG3, REG4, REG6 i REG8 w obudowach TO-220. Trzy z nich (REG3, REG4 i REG6) mają zamontowane małe radiatorki. W otwór radiatora każdego regulatora włóż tuleję izolacyjną, a następnie przełóż przez nią śrubę M3.



Ukończony projekt, choć do góry nogami! Główna płytka Super-Kodeka „wisi” na tylnym panelu, a raczej na przykręconym do tylnego panelu MCHStreamerze; i nie ma żadnego połączenia z panelem przednim – nawet dioda LED zasilania świeci przez otwór w panelu. Płytka-córka (na lewo u góry głównego zdjęcia i wstawka powyżej) to interfejs MCHStreamer USB do I²S, który wpina się do dwóch 12-stykowych (2x6) gniazd na spodzie głównej płytki. To właśnie ten interfejs utrzymuje główną płytkę przy panelu tylnym. Widać gumowy korek dystansowy na górze (w rzeczywistości na dole) płytki interfejsu, o którym mowa w tekście. Na fotografii – wstawce widoczne dwa gwintowane wsporniki mocujące płytkę interfejsu MCHStreamera do panelu tylnego.

eprasa.pl 5fecf02526

Nałóż podkładkę izolacyjną TO-220 na rdzeń śruby (ew. posmaruj podkładkę z obu stron małą ilością pasty termoprzewodzącej), a następnie wsuń śrubę w gwintowany otwór radiatora. Przykręć śrubę luźno, a następnie wprowadź końcówki regulatora w odpowiednie otwory PCB, jednocześnie wciskając słupki radiatora do ich otworów montażowych.

Upewnij się, że radiator jest dociśnięty do końca do PCB i przylutuj jego słupki do pól montażowych. Będziesz potrzebował gorącej lutownicy, aby to zrobić, a także pomocne będzie dodanie odrobiny pasty topnikowej do obszaru lutowania. Następnie trzymając regulator w pionie mocno dokręć (ale bez przesady, gwint w aluminiowym radiatorze można łatwo zerwać!) śrubę M3 przed przylutowaniem i przycięciem końcówek regulatora.

Zauważ, że jeśli używasz zalecanych wzmacniaczy operacyjnych NE5532, teoretycznie możesz zrezygnować z radiatorów dla REG3 i REG4. Ale wtedy będą się one bardziej nagrzewać. Zalecamy zamontowanie wszystkich trzech radiatorów, tak na wszelki wypadek. Może będziesz chciał w przyszłości poeksperymentować z „audiofilskimi" Op-Ampami typu Muses?

Testowanie regulatorów liniowych

Podłącz ponownie wtyczkę zasilacza i zmierz napięcie pomiędzy masą a jednym z końców FB9, po lewej stronie PCB. Powinieneś uzyskać odczyt w zakresie 3,2...3,4 V. Nasz pomiar wyniósł nieco ponad 3,4 V – jest to w porządku, ponieważ szyna jest obecnie nieobciążona.

Zmierz napięcie na obu końcach FB7 w stosunku do masy (szyna +5 V, oznaczona jako „napięcie analogowych IC" lub „VA"); powinieneś otrzymać odczyt pomiędzy 4,75 a 5,25 V. Następnie zmierz napięcie na radiatorze REG6, który jest szyną +2,5 V. Powinno to dać odczyt pomiędzy 2,3 V a 2,7 V.

Następnie sprawdź napięcia na prawych końcówkach dwóch rezystorów 10 Ω w prawym górnym rogu płytki. Końcówka najbliższa górnej krawędzi płytki powinna mieć napięcie –9 V (–8 V do –10,5 V), natomiast końcówka bezpośrednio poniżej powinna mieć napięcie +9 V (+8 V do +10,5 V). Oba te napięcia powinny mieć jak najbardziej zbliżoną wartość bezwzględną.

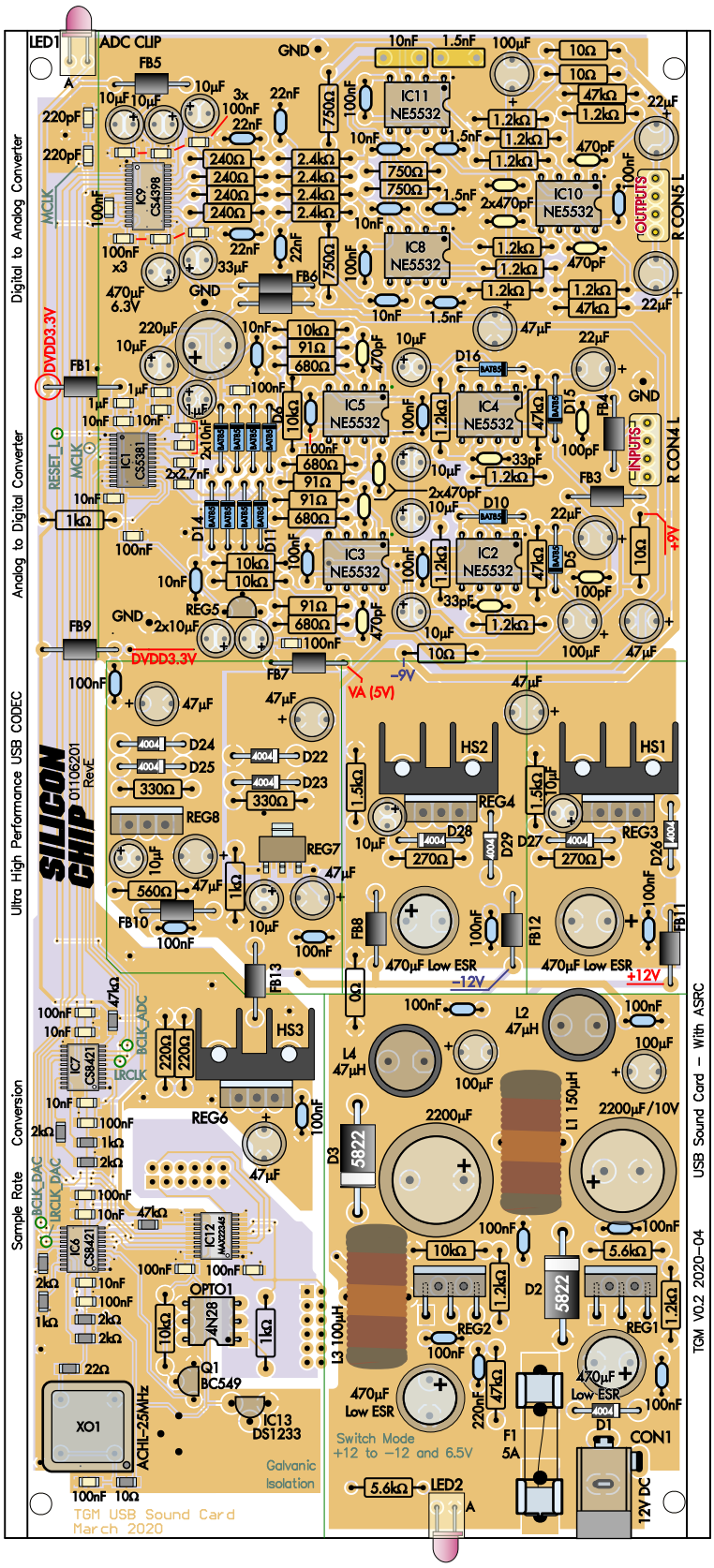
W razie problemów sprawdź napięcie wyjściowe zasilacza wtyczkowego – czy działa poprawnie, czy też

W przygotowaniu: regulowany tłumik z wejściami symetrycznymi jako dodatek

Autor, Phil Prosser, zaprojektował i wykonał dodatkową płytkę dla tego projektu, która dodaje wejścia symetryczne i przełączany tłumik z ustawieniami 0 dB, –10 dB, –20 dB i –40 dB.

Ta dodatkowa płytka znacznie poprawia elastyczność Super-Kodeka, gdy jest on używany jako przyrząd pomiarowy, i tylko nieznacznie pogarsza jego parametry.

Jeśli chcesz zbudować tę dodatkową płytkę, zacznij budować Super-Kodeka, ale nie montuj jeszcze gniazd 2×6 do podłączenia MCHStreamera i nie wierć też paneli na końcach obudowy, ponieważ zarówno MCHStreamer jak i główna płytka PCB Super-Kodeka są zamontowane nieco inaczej, aby zrobić miejsce dla dodatkowej płytki tłumika.



Rysunek 17. Schemat montażowy PCB Super-Kodeka pokazuje wszystkie elementy na swoim miejscu. Jednak, jak zostało to omówione w tekście, najlepiej jest lutować płytkę sekcja po sekcji, co pozwoli Ci przetestować każdą z nich po ukończeniu i w razie potrzeby poprawić w trakcie pracy ewentualne błędy. Ten schemat nie pokazuje płytki-córki czyli MCHStreamera, która jest podłączana do dwóch gniazd (na dole po lewej) na spodzie płyty głównej.

eprasa.pl 5fecf02526



A oto zdjęcie płytki, które również powinno pomóc w jej budowie. Do wlutowania jest mieszanka komponentów do montażu przelotowego i SMD – nie powinieneś mieć problemów z rezystorami i kondensatorami, ale niektóre z układów scalonych SMD mają dość małe odstępy między stykami, więc będziesz musiał poświęcić im trochę czasu. Wszelkie mostki lutownicze pomiędzy stykami muszą być oczywiście usunięte!

może przeciążył się i wyłączył? Jeśli się wyłączył, poszukaj zwarcia na płytce. Jeśli nie użyłeś wskazanego przez nas zasilacza, sprawdź, czy regulator napięcia ujemnego nie przeciąża go przy uruchamianiu? Spróbuj zastosować wydajniejszy zasilacz.

Sprawdź również, czy wszystkie diody i kondensatory są na właściwym miejscu i czy wszystkie połączenia są dobrze polutowane.

Kiedy zasilacze są już gotowe i działają, jesteś na dobrej drodze. Możemy teraz zamontować pozostałe elementy SMD bez obawy o ich uszkodzenie.

Izolator galwaniczny i ASRC

Ta sekcja znajduje się w lewym dolnym rogu płytki, wzorując się na rysunku 17. Zacznij od wlutowania w tej sekcji wszystkich kondensatorów montowanych powierzchniowo, a następnie wszystkich rezystorów SMD. Kondensatory będą nieoznakowane; natomiast rezystory będą oznaczone kodami wskazującymi ich wartości, do ich odczytania będziesz potrzebował lupy. We wszystkich przypadkach najłatwiej jest polegać na tym, co jest napisane na opakowaniu zbiorczym; i montować jeden zestaw wartości na raz.

Dodanie odrobiny pasty topnikowej (lub płynnego topnika) na każde pole lutownicze SMD przed umieszczeniem elementu ułatwi lutowanie.

Z kondensatorami i rezystorami na miejscu, przejdź do lutowania IC6, IC7 i IC12. Zauważ, że styk „1” w każdym przypadku jest skierowany do dołu płytki. Przed przylutowaniem sprawdź dwukrotnie oznaczenia końcówek „1” na górze obudowy IC, ponieważ błędy w tym momencie są trudne do usunięcia. Ponownie, pasta z topnikiem znacznie ułatwi lutowanie tych części.

Biorąc pod uwagę bliskość styków tych układów scalonych, najlepiej nie martwić się o zmostkowanie ich końcówek podczas lutowania. Zamiast tego, sprawdź dokładnie po lutowaniu za pomocą lupy, i użyj odrobiny pasty topnikowej i kawałka plecionki lutowniczej, aby zlikwidować wszystkie mostki, które powstały.

Jeśli masz szczęście, będziesz miał do dyspozycji mikroskop; jeśli nie, możesz użyć aparatu fotograficznego w smartfonie, aby zarejestrować zbliżenie do lutowanych styków. Jest to dobry sposób na sprawdzenie ukrytych mostków pomiędzy końcówkami.

Następnie zamontuj optoizolator 4N28 (OPTO1) i związane z nim rezystory do montażu przewlekanego, a także tranzystor Q1 i układ resetujący IC13.

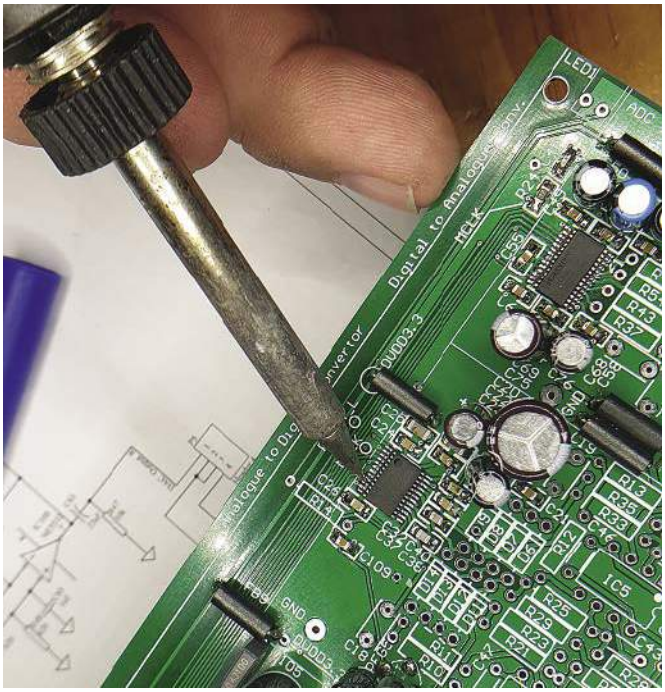
Na koniec zamontuj żeńskie listwy 2×6 do podłączenia MiniDSP MCHStreamera, które znajdują się na spodzie płytki. Powinny to być wyprowadzenia ESQT-106-03-F-D-360 ustalające 10 mm odstępu, aby zapewnić, że MCHStreamer będzie pasował, a obie płytki nie będą się ze sobą stykać.

Od Red. EdW: Nie lutuj na razie listew, jeśli masz zamiar dodać do Super-Kodeka przełączany tłumik z wejściami symetrycznymi, którego opis rozpoczyna się w sąsiednim artykule.

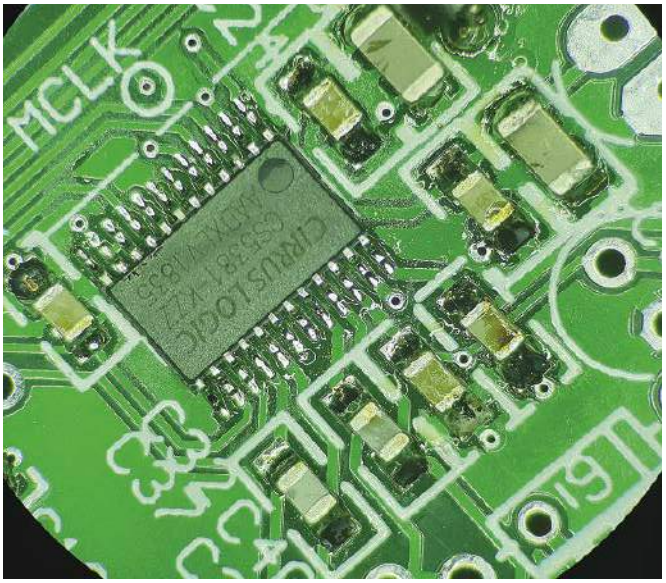
Testowanie zmontowanej sekcji

Postępuj zgodnie z instrukcjami w polu tekstowym poniżej („Podłączenie interfejsu USB i jego uruchomienie”), aby zainstalować sterownik i uruchomić MCHStreamer. Po podłączeniu

eprasa.pl 5fecf02526



Możesz lutować drobne elementy SMD w rozmiarze 0805 lub 1206 zwykłą lutownicą.



Jeśli jesteś szczęśliwym posiadaczem takiego mikroskopu, może on pomóc w identyfikacji problemów podczas lutowania – lub potwierdzić, że wykonałeś świetną robotę! Jeśli nie masz takiego mikroskopu, możesz spróbować użyć aparatu w swoim smartfonie do zrobienia zbliżenia, które następnie możesz powiększyć za pomocą oprogramowania do edycji zdjęć, aby pomóc w wykryciu wszelkich „Ooopses". Nie masz oprogramowania do edycji zdjęć? Spróbuj pobrać GIMP (jest darmowy!).

go do gniazda USB komputera sprawdź, czy został wykryty, klikając na ikonie regulacji głośności i sprawdzając, czy pojawia się napis w zakładce „Speakers" (MCHStreamer Multi Channels), jak pokazano w tym panelu. Systemy operacyjne inne niż Windows będą używały innych procedur.

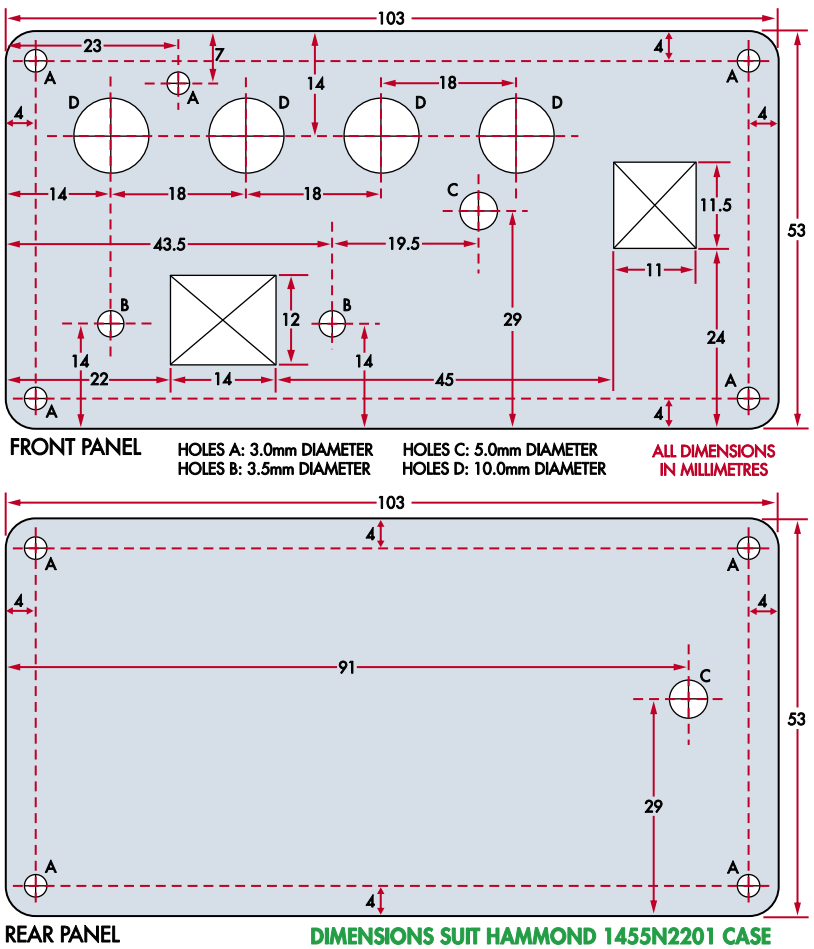
Po sprawdzeniu, że MCHStreamer został wykryty, odłącz go od komputera, a następnie podłącz przy pomocy dwóch pasujących gniazd na spodzie płytki drukowanej. Płytka MCHStreamera powinna ściśle przylegać do złączy.

Ponownie zasil kartę dźwiękową i podłącz gniazdo USB do komputera. Następnie musisz upewnić się, że MCHStreamer jest wybrany jako aktualne wyjście dźwięku.

Aby to zrobić w systemie Windows 10, kliknij lewym przyciskiem myszy ikonę dźwięku, a otrzymasz wyskakujące okno, jak pokazano w panelu. Jeśli MCHStreamer jest już wybrany, to wszystko jest gotowe. W przeciwnym razie kliknij lewym przyciskiem myszy na symbol rozwijania opcji (caret czyli „^"), aby uzyskać listę dostępnych urządzeń dźwiękowych. Możesz wtedy przełączyć się na MCHStreamer.

Teraz odtwórz jakąś muzykę lub inny plik audio z HDD komputera. Nie ma znaczenia, co wybierzesz, ponieważ chcemy tylko sprawdzić, aby dane dźwiękowe są wysyłane przez MCHStreamer.

Sprawdź, czy kolektor tranzystora Q1 (końcówka w kierunku dolnej części płytki) przechodzi w stan wysoki. Sprawdź sondą oscyloskopu, czy w punktach testowych oznaczonych na PCB: MCLK (25 MHz), BCLK_DAC (12,5 MHz) i LRCLK_DAC (195,3125 kHz) występują sygnały prostokątne o stałej częstotliwości.



Rysunek 18. Schemat wycięć i otworów w tylnym (na górze) i przednim (na dole) panelu obudowy (większość otworów jest na tylnym panelu, tylko jeden otwór na diodę LED jest wymagany na froncie). Otwory oznaczone „A" umieszczone na rogach są wywiercone fabrycznie i służą do skręcenia obudowy, wymiary wszystkich dodatkowych wycięć i otworów oraz odległości podane są w milimetrach.

eprasa.pl 5fecf02526



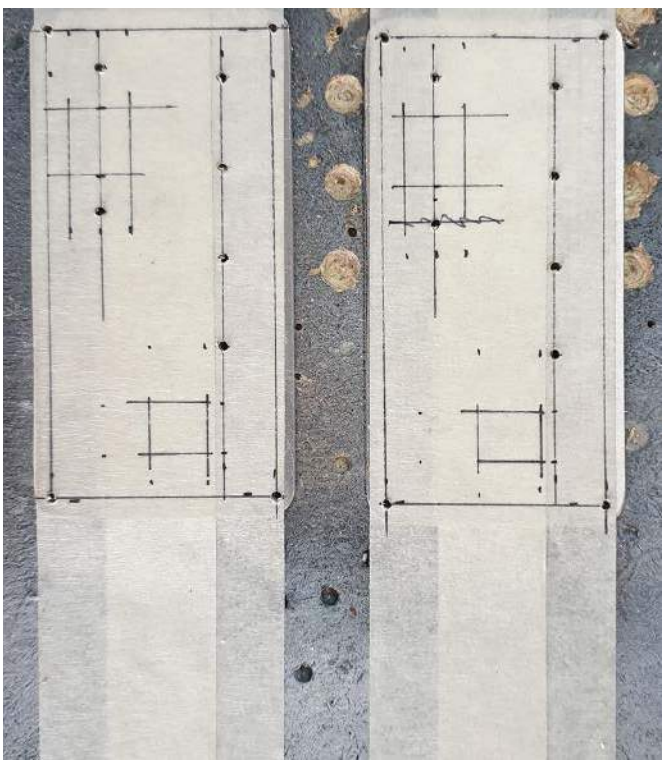
Widok płytki z całkowicie zmontowaną sekcją zasilania i niczym więcej. W ten sposób możemy sprawdzić, czy wszystkie szyny zasilające mają prawidłowe napięcia, bez ryzyka uszkodzenia drogich układów, które będą zasilane.

Jeśli masz problemy, sprawdź zasilacze. Wszystko, co jest tu nietypowe i odmienne od podanego opisu, wymaga wyjaśnienia. Poszczególne zasilacze pomogą Ci w odseparowaniu problemów związanych z zasilaniem do małej grupy komponentów. Sprawdź też mostki lutownicze, złe połączenia lutowane (szczególnie na stykach IC's SMD) i sprawdź kondensatory.

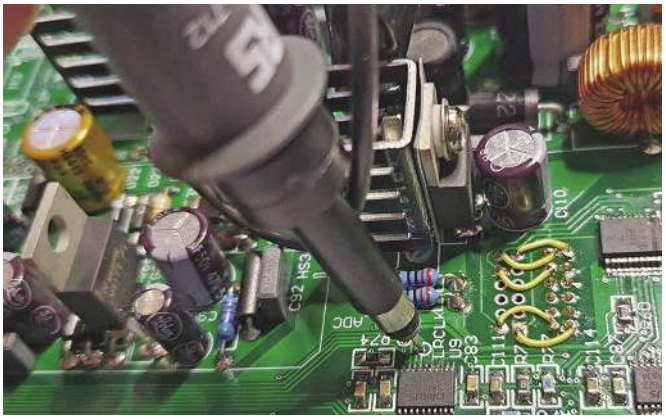
Montaż sekcji DAC i ADC

Te sekcje znajdują się w górnej połowie płytki i zawierają wszystkie pozostałe komponenty. Zacznij od zamontowania wszystkich pozostałych kondensatorów SMD. Upewnij się, że dwa kondensatory 2,7 nF (2700 pF) są umieszczone tam, gdzie wskazano, ponieważ są one kluczowe dla osiągnięcia dobrych parametrów.

Pozostał również jeden rezystor SMD (220 Ω), więc zamontuj go teraz. Następnie przylutuj układy ADC i DAC, IC1 i IC9. Ustaw je tak, aby styk „1" znajdował się na górze płytki, gdy sekcja zasilania jest na dole. Użyj dużo pasty z topnikiem, cienkiego drutu lutowniczego i przylutuj jeden styk, aby umożliwić wyrównanie układu scalonego przed przylutowaniem pozostałych końcówek.



Rysunek 19. Ppowyżej znajdują się przykładowe dwie wersje paneli tylnych (tak, zrobiliśmy dwa prototypy!) z taśmą maskującą przyklejona na spodzie paneli, służącą do zaznaczenia wymaganych otworów.



Do sprawdzenia poprawności działania służą punkty testowe. Dla wygody możesz wlutować w nich pojedyncze kołki.

Sprawdź, czy nie ma żadnych pominiętych elementów SMD, ponieważ po włożeniu elementów przewlekanych, trudniej jest dostać się tam lutownicą.

Teraz zamontuj REG5, LP2950-3.3V w obudowie TO-92. Następnie siedem pozostałych koralików ferrytowych, FB1-FB7, a następnie całą resztę rezystorów i diod.

Wszystkie diody po lewej stronie to BAT85, ale nie wszystkie są skierowane w tym samym kierunku, więc sprawdź schemat montażowy PCB, rysunek 17, aby upewnić się, że wszystkie są zainstalowane w prawidłowej orientacji.

Następnymi podzespołami jest siedem wzmacniaczy operacyjnych. Wszystkie są zorientowane stykami „1" w kierunku prawego górnego rogu płytki. Możesz albo przylutować podstawki (typu precyzyjnego dobrej jakości) i następnie wcisnąć układy scalone, albo przylutować je bezpośrednio do płytki (co da większą niezawodność, ale bardzo utrudni ich późniejszą ewentualną wymianę).

Następnie wlutuj wszystkie kondensatory MKT i ceramiczne, a potem elektrolityczne. Jak zwykle należy uważać, aby dłuższe wyprowadzenia tych ostatnich trafiły w otwory najbliższe symbolowi „+", który umieszczony jest w różnej orientacji dla poszczególnych kondensatorów.

Kondensator 470 µF poniżej IC9 jest na napięcie 6,3 V, aby mógł być umieszczony bliżej IC, podczas gdy cztery kondensatory 22 µF są bipolarne, np. popularne „zielone" Nichicon BP Muse. (Możesz użyć kondensatorów BP o pojemności 47 µF lub 100 µF, tak jak zrobiliśmy to w naszym prototypie, chociaż nie stwierdziliśmy, aby dawało to jakiekolwiek korzyści). Teraz zamontuj diodę LED1, ponownie z podstawą soczewki 10 mm nad PCB i z anodą idącą do pola oznaczonego „A". Następnie zamontuj dwa kierunkowe wtyki 403-4 CON4 i CON5, i montaż płytki jest zakończony.

Testowanie sekcji ADC i DAC

Sprawdź, czy na płytce nie brakuje żadnych elementów. Jeśli są wakaty, poszukaj brakujących elementów i zamontuj. Sprawdź także lutowanie, aby upewnić się, że wszystko jest w porządku, zwłaszcza w przypadku układów scalonych SMD. Najlepiej jest usunąć pozostałości topnika, abyś mógł przyjrzeć się dobrze złączom lutowniczym.

Teraz podłącz zasilanie, bez karty dźwiękowej podłączonej do komputera. Nie jest nawet konieczne, aby MCHStreamer był podłączony, ale to nie ma znaczenia, ponieważ jest on odizolowany od reszty płytki!

Podłącz ujemny zacisk Twojego DVM do wygodnego punktu masy. My przylutowaliśmy kołki do kilku większych przelotek GND; jedna z nich znajduje się tuż nad stabilizatorem 3,3 V.

Możesz też po prostu przytrzymać czarną sondę w jednym z tych otworów.

eprasa.pl 5fecf02526



Odizolowane i rozseparowane przewody i oploty ekranowanego kabla stereo „audio", przed nałożeniem i obkurczeniem rurek termokurczliwych. Po lewej stronie styki (styki ze Sklepu AVT są lepszej jakości), po prawej obudowa kierunkowego gniazda 402-4. Po zaciśnięciu dedykowanymi szczypcami i/lub przylutowaniu styków zaciskowych do końcówek przewodów, wsuń je do plastikowych obudów, zatrzasną się one same na swoim miejscu.



Kondensator o pojemności 10 nF umieszczony między masą wejścia na gnieździe RCA, a zaciskiem masy obudowy na panelu tylnym minimalizuje przenoszenie zakłóceń.

Włącz zasilanie i sprawdź ponownie szynę 3,3 V, szynę +5 V (oznaczana też jako „VA"), szynę +2,5 V i szyny ±9 V, tak jak poprzednio. Ma to na celu upewnienie się, że nie wprowadziłeś zwarć na żadnej z tych linii zasilających.

Zakładając, że wszystko jest w porządku, i że żadna część nie wydziela dymu lub nie nagrzewa się zanadto, możemy przystąpić do pracy. Jeśli coś jest nie tak, sprawdź, czy nie ma mostków lutowniczych, szczególnie na układach ADC i DAC, gdzie styki są blisko siebie. Sprawdź również orientację elementów.

Teraz nadszedł czas na kilka rozrywkowych testów. Wyłącz zasilanie, podłącz MCHStreamera do karty dźwiękowej i komputera, a następnie podłącz wyjścia Super-Kodeka do jakiegoś wzmacniacza. Włączamy ponownie zasilanie i puszczamy jakiś dźwięk (np. muzykę) z HDD komputera. Możesz wtedy sprawdzić, czy wzmacniacz coś odtwarza!

Alternatywnie, możesz przyłożyć sondę oscyloskopu do wyjścia (wyjść) i poszukać sygnałów dźwiękowych. Zakładając, że zestaw działa, podłącz kabel stereo RCA-RCA z wyjść odtwarzacza CD albo innego źródła analogowego sygnału dźwiękowego do wejść Super-Kodeka, odtwórz jakiś dźwięk, a następnie jednocześnie dokonaj nagrania komputerem. Sprawdź, czy nagrany plik dźwiękowy jest zgodny z odtwarzanym dźwiękiem.

Jeśli któryś z tych testów nie powiedzie się, sprawdź ścieżki danych z MCHStreamera do układów DAC i ADC. Najlepiej jest to zrobić za pomocą sondy oscyloskopu z podstawą czasu ustawioną na 50 ns/działkę. Sprawdź linie MCLK, LRCLK, SDATA, BCLK i RESET.

Jeśli linia RESET nie jest w stanie wysokim, to prawdopodobnie MCHStreamer jest źle podłączony. Czy jego dioda świeci? Dlaczego nie?

Sprawdź linie zegara i danych po stronie karty Super-Kodeka USB na stykach układu izolacji galwanicznej – powinny być tam takie same jak po stronie PC. Jeśli nie, to dlaczego?

Dopasowanie obudowy

Jeśli stosujesz zalecaną przez nas obudowę Hammond 1455N2201, obróbka elementów metalowych praktycznie nie jest specjalnie skomplikowana. Wytnij i wywierć otwory w przednim i tylnym panelu obudowy wg **rysunku 18** – ten rysunek w oryginale nie ma numerowanego podpisu, (co poprawiliśmy), a tylko opis na nim. Jest jednak na tyle charakterystyczny, że nie będziesz żadnych miał wątpliwości. Uwaga. Jeśli zamierzasz dołączyć do Super-Kodeka regulowany tłumik z wejściami symetrycznymi, nie wycinaj na razie otworów w panelach.

Panel przedni ma pojedynczy otwór na zacisk diody LED ADC. Tylny panel posiada wycięcia na wejście USB, wejście zasilania, diodę LED zasilania i cztery złącza RCA. Prostokątne otwory są zawsze uciążliwe do wycięcia. Jeśli są małe, zalecamy zaznaczanie konturów na panelu, następnie wywiercenie serii małych otworów na wewnętrznym obwodzie wiertłem 1,5...2,5 mm. Wierć otwory blisko siebie i lokuj je po wewnętrznej stronie oznaczonego konturu, raczej bez jego dotykania krawędziami otworów.

Po wyłamaniu w linii otworów usuń wewnętrzną blaszkę aluminiową, użyj kwadratowego lub trójkątnego pilnika, aby spiłować krawędzie do wymaganego rozmiaru. Popraw wygląd krawędzi za pomocą czarnej farby lub dobrego markera, aby wszystko elegancko wyglądało.

Aby wykończyć przedni panel, przyklej mały gumowy korek od wewnątrz panelu w miejscu, które zapewni, że Super-Kodek jest mocno dociśnięty do panelu tylnego.

Pozwoli to zminimalizować obciążenie złączy MCHStreamera podczas podłączania i odłączania zasilania. Jeśli masz taśmę piankową, to gruba warstwa wzdłuż krawędzi płytki drukowanej również będzie działać dobrze.

Płytkę Super-Kodeka wsuwa się w szczeliny w obudowie i jest on tam, po przykręceniu obu paneli do obudowy, przytrzymywany mocno przez gumowy korek z przodu, oraz z tyłu przez MiniDSP MCHStreamer, który jest przymocowany do tylnego panelu.

Montaż końcowy

Należy wykonać kilka kabli, wykorzystując dwa kierunkowe gniazda 402-4 i pasujące do nich metalowe styki, dwa 30-centymetrowe odcinki podwójnego kabla ekranowanego o przekroju „8", cztery gniazda RCA do montażu na panelu oraz kilka rurek termokurczliwych. W rezultacie otrzymamy dwa kable, każdy z dwoma gniazdami RCA na jednym końcu i czterostykowym gniazdem 402-4 na drugim.

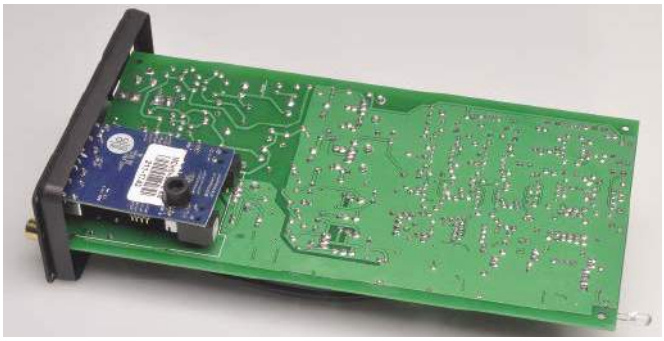
Na końcach idących do gniazd 402-4 zacznij od rozdzielenia dwóch kabli koncentrycznych, a następnie usuń 25 mm zewnętrznej powłoki każdego z nich, odsłaniając oplot ekranu. Oddziel wewnętrzny przewód od oplotu i odizoluj jego koniec na odcinku 5 mm. Skręcić żyły oplotu każdego kabla w oddzielną gołą wiązkę.

Następnie utnij dwa 20 mm odcinki rurki termokurczliwej, jeden o średnicy około 3 mm, a drugi 5 mm. Nasuń kawałek 5 mm na oplot ekranujący i żyłę centralną. Nie należy go jeszcze obkurczać.

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 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 drutu w głównym zacisku.

eprasa.pl 5fecf02526



Fabrycznie zmontowaną płytkę drukowaną MCHStreamera USB podłącza się do dwóch 12-stykowych gniazd na spodzie płytki Super-Kodeka. To ta sama fotografia, co wcześniej, ale w pełnym widoku pod kątem 45 deg.



Kawałek materiału izolacyjnego, takiego jak preszpan, umieszczony w sposób pokazany na fotografii, zapewni, że MCHStreamer będzie zawsze odizolowany od obudowy.

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 głównego zacisku, uważając, aby nie spłynął on na sprężynę złącza. Przy zaciskaniu przewodów dedykowanymi szczypcami ta dodatkowa czynność jest zbyteczna.

Uruchomienie interfejsu USB

Najpierw będziesz musiał zainstalować sterownik w systemie Windows lub MacOS. Zaloguj się na stronie MiniDSP (minidsp.com/log-in-register) hasłem, którego użyłeś przy zakupie MCHStreamera, i przejdź do sekcji pobierania. Pobierz sterownik dla MCHStreamera. Postępuj zgodnie z umieszczoną na stronie MiniDSP instrukcją jego instalacji, która w skrócie brzmi:

1. Podłącz moduł MCHStreamera przy pomocy jego kabla USB (w wyposażeniu) do komputera. Moduł nie musi być podłączony do płytki drukowanej karty dźwiękowej; może po prostu leżeć na Twoim stole warsztatowym (ale upewnij się, że jest na izolacyjnej powierzchni). Jest zasilany z komputera poprzez kabel USB.
2. W naszym komputerze z systemem Windows 10 pojawiło się okno z informacją, że „system konfiguruje MCHStreamer", a następnie drugie okno z informacją, że „MCHStreamer jest gotowy do pracy".
3. Rozpakuj zawartość pliku ZIP, który pobrałeś ze strony internetowej producenta.
4. Przejdź do podkatalogu „Drv_DFU WinDrv" i dwukrotnie kliknij na ikonę instalatora, który w naszym przypadku nosił nazwę „miniDSP_UAC2_v4.67.0_2019-08-15_setup.exe"
5. Na pytanie, czy chcesz zezwolić aplikacji na wprowadzanie zmian w systemie, kliknij „Tak" („Yes").
6. Postępuj zgodnie z podpowiedziami w instalatorze, wybierając domyślne ustawienia, w tym lokalizacje plików.

MCHStreamer powinien być teraz gotowy do pracy. Jeśli jeszcze nie podłączyłeś go do Super-Kodeka, zrób to teraz. Super-Kodek powinien się włączyć i działać.

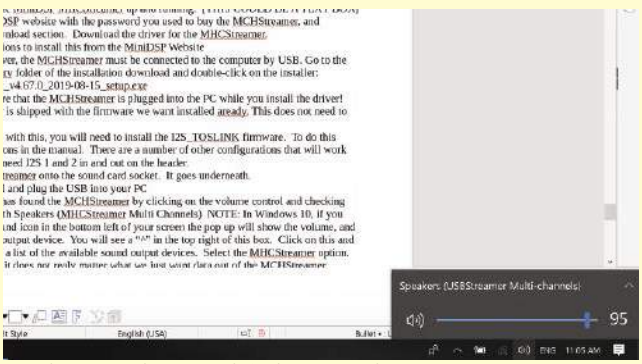
Aby ustawić częstotliwość próbkowania, kliknij prawym przyciskiem myszy ikonę głośnika na pasku zadań, zwykle w prawym dolnym rogu ekranu. Wybierz „Otwórz ustawienia dźwięku" („Open Sound Settings") i sprawdź, czy w systemie jako urządzenie wyjściowe wybrano „Speakers (USBStreamer Multi Channels)" (patrz poniżej). Zwykle wybór następuje automatycznie. Jeśli nie, wybierz moduł ręcznie.

Następnie kliknij na „Właściwości urządzenia" („Device Properties") w kolorze niebieskim, tuż pod polem wyboru urządzenia. W nowym oknie, które się pojawi, poszukaj „Dodatkowych właściwości urządzenia" („Additional Device Properties"), ponownie w kolorze niebieskim. Kliknij ten wybór.

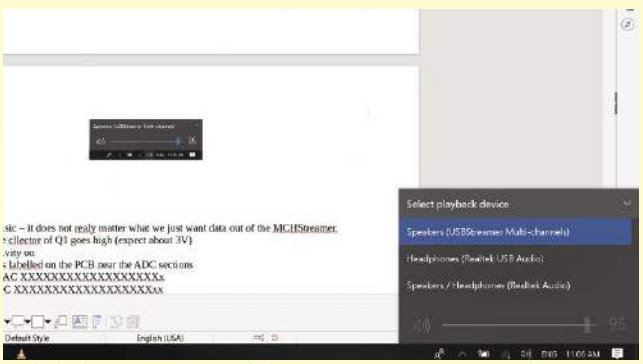
W wyskakującym oknie, przejdź do „Zaawansowane" („Advanced"). Tutaj można wybrać częstotliwość próbkowania, a także kliknąć przycisk „Test". Zalecamy wybranie opcji „24 bit, 192 000 Hz (jakość studyjna)" („Studio Quality"). Następnie kliknij „Zastosuj" („Apply") na dole po lewej stronie.

Chociaż pakiet do pobrania zawiera firmware modułu, MCHStreamer jest dostarczany od razu z zainstalowanym oprogramowaniem sprzętowym. Nie trzeba go zmieniać. Jeśli masz z tym problem, musisz zainstalować oprogramowanie sprzętowe I²S_TOSLINK. Aby to zrobić, postępuj zgodnie z instrukcjami w podręczniku użytkownika.

Kilka innych konfiguracji będzie działać dla nas, ponieważ wszystko, czego potrzebujemy to kanały I²S numer 1 i 2 wejścia i wyjścia wyprowadzone na szpilki 2×6.



Po zainstalowaniu sterowników i podłączeniu MCHStreamera do komputera przez USB, zostanie on automatycznie ustawiony jako domyślne urządzenie wyjściowe.



Jeśli z jakiegoś powodu tak nie jest, moduł MCHStreamera można wybrać z listy dostępnych urządzeń wyjściowych audio, klikając na link po prawej stronie.

eprasa.pl 5fecf02526



Odcinek taśmy poliimidowej Kapton na obudowie gniazda USB MCHStreamera zapewnia, że nie ma ono możliwości zwarcia z żadnymi elementami na głównej płytce drukowanej Super-Kodeka.

[Jeżeli nie masz w żaden sposób dostępu do dedykowanych szczypiec, po prostu wlutuj gołe końcówki przewodów w zaciski główne. Następnie zaciśnij zaciski odciążenia na koszulce termokurczliwej wokół oplotu (lub na izolacji przewodu centralnego) kombinerkami lub podobnymi szczypcami.]

Następnie usuń 3 mm izolacji z każdej wewnętrznej żyły i 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

Teraz należy wcisnąć styki do obudowy gniazda 402-4. 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.

Następnie weź dwie pary gniazd RCA i zamontuj je do tylnego panelu za pomocą dołączonych plastikowych podkładek izolacyjnych, aby całkowicie odizolować je od aluminiowej płyty.

Tak jak poprzednio, rozdziel podwójne kable koncentryczne na lewy i prawy przewód, i postępuj identycznie jak to opisano powyżej, ale zamiast zacisnąć przewody w stykach, przylutuj je do końcówek gniazd RCA na panelu tylnym, jak na zdjęciu powyżej, prezentującym kondensator 10 nF blokady przydźwięku.

Dwie rzeczy, które należy sprawdzić, to: czy para wejściowa i para wyjściowa są podłączone do tych samych gniazd 402-4; oraz czy lewe (białe/czarne) i prawe (czerwone) gniazda RCA są podłączone za pośrednictwem gniazd do odpowiednich kołków we wtykach 403-4 wlutowanych do PCB – patrz rysunek 17. Sprawdź orientację swoich kierunkowych gniazd, aby określić, który styk trafi na sygnały lewego kanału na płytce, a który na sygnały prawego.

Najłatwiej można to sprawdzić podłączając kable do wtyków na płycie (albo lepiej do wolnego wtyku 403-4), a następnie używając DMM ustawionego w tryb wykrywania ciągłości. Testuj sondą od środka każdego złącza RCA do styków w gniazdach (poprzez szczeliny w plastikowej obudowie albo na kołkach wtyku 403-4), aby sprawdzić, czy każdy z nich trafia tam, gdzie powinien.

Montaż USBStreamera

USBStreamer musi być odizolowany od obudowy Super-Kodeka. Optymalizuje to skuteczność izolacji galwanicznej i poprawia tłumienie szumów.

Można to osiągnąć, stosując tulejki izolacyjne TO-220 na śrubach M3, które mocują USBStreamer przez tylny panel 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.

Patrz zdjęcie na następnej stronie, gdzie widać podkładki izolacyjne pod łbami śrub na panelu tylnym, po obu stronach gniazda USB.

Jest to konieczne, aby zapobiec przenoszeniu szumu pochodzącego z karty USBStreamer przez obudowę i przedostawaniu się go do bardzo czułych stopni przetwornika ADC. Jak zwykle, zabrakło wyjaśnienia, co z izolacją obudowy gniazda USB MCHStreamera od panelu tylnego. Na wspomnianej fotografii bardzo ładnie do siebie przylegają, a widoczna na jednej z fotografii taśma z poliimidu Kapton na gnieździe USB zabezpiecza przed zwarciem tego gniazda z elementami na płytce Super-Kodeka. Skoro pracowicie odizolowano od panelu tylnego gwintowane wsporniki MCHStreamera, to na gnieździe USB powinna być dopasowana oprawka z tworzywa izolacyjnego, przechodząca przez wycięcie pod gniazdo USB w panelu tylnym. Z drugiej strony, ze względu na rozseparowanie mas obu płytek, w takim układzie obudowę można traktować jako puszkę Faradaya czyli trochę większe ekranowanie MCHStreamera. Pytanie tylko, czy takie ekranowanie jest bardziej potrzebne dla MCHStreamera, czy dla samego Super-Kodeka. Stąd ten kondensator 10 nF w charakterze plastra na problemie.

W trakcie wykonywania tych czynności, zwróciliśmy uwagę na to, że uchwyty montażowe na naszej płycie MCHStreamera nie były ułożone prawidłowo. Uważamy, że było to spowodowane niechlujstwem ze strony tego, kto (lub któregokolwiek z robotów) przylutował gwintowane kątowniki do płytki. Może to spowodować, że gniazda MCHStreamera będą wyglądały krzywo na tylnym panelu.

Jeśli po zamontowaniu płytki do panelu jest ona wyraźnie krzywa, wystarczy, że jedną ze śrubek montażowych wkręcisz od wewnętrznej strony panelu z dodatkową podkładką fibrową (lub dwiema). To powinno ją od razu wyprostować.

Bardzo ważne jest również, abyś przykleił na spodzie płyty MCHStreamera gumową stopkę o wysokości 7,5...8 mm, tak jak to widać na naszych zdjęciach. Ponieważ płytka ta jest przymocowana do płyty głównej tylko za pomocą złączy kołkowych i jest mechanicznie zamontowana tylko na jednym końcu (do tylnego panelu), możliwe jest, że jej szpilki stracą kontakt w wyniku wstrząsów lub wibracji.

Gumowa stopka spoczywa na spodzie obudowy i przytrzymuje dalszą część MCHStreamera, tak aby wyprowadzenia nie mogły wyjść z gniazd.

Kiedy wsuwasz płytkę do obudowy, stopka powinna naciskać na dno i stawiać dodatkowy opór przy wsuwaniu płytki, ale nie aż tak duży, żeby było to niemożliwe. W ten sposób wiadomo, że zapewnia ona wystarczającą siłę do utrzymania płytek razem.

Uziemienie

Jeśli chcesz obniżyć poziom przydźwięku 50 Hz poniżej –120 dB, co udało się nam osiągnąć w naszym prototypie, uziemienie jest bardzo ważne. Szczerze mówiąc, testując to stwierdziliśmy, że nawet najmniejsza zmiana w konfiguracji może spowodować zmiany o 10 dB lub więcej. To tylko pokazuje, jak trudno jest osiągnąć takie parametry.

eprasa.pl 5fecf02526

W większości testów wzmacniaczy itp. potrzebna jest izolacja galwaniczna, którą zapewnia system, aby zmierzyć naprawdę niski poziom szumu. Tam, gdzie superniski poziom szumów jest krytyczny, może się okazać, że w niektórych konfiguracjach systemu, masa komputera musi być podłączona do testowanego urządzenia, aby wyeliminować indukowane sygnały 50 Hz. Będzie to wymagało eksperymentów z ogólną konfiguracją.

Powinieneś ustalić poziom szumów przy braku podawania sygnału do testowanego urządzenia przed przeprowadzeniem jakichkolwiek testów.



Oto jak powinna wyglądać tylna ścianka Twojego Super-Kodeka po skończonej pracy. Zwróć uwagę na komentarze w tekście dotyczące uziemienia/izolacji gniazd RCA, aby uniknąć pętli mas.

Powinieneś mieć kondensator MKT 10 nF, który został wymieniony na liście części (w części pierwszej, w majowym wydaniu EdW z 2023r.), ale nie został użyty na płytce. Powinieneś mieć również śrubę M3×10, trzy podkładki ząbkowane, końcówkę lutowniczą (lub dwie, zamiast jednej może być wsuwka konektorowa z oczkiem pod śrubę M3) i nakrętkę M3, również wyszczególnione na liście części.

Wytnij 6 mm odcinek rurki termokurczliwej o średnicy 3 mm, następnie nałóż na śrubę M3 końcówkę oczkową wsuwki konektora płaskiego kątowego (końcówkę lutowniczą), podkładkę ząbkowaną i przełóż śrubę przez otwór w tylnym panelu, od zewnątrz. Załóż na śrubę od środka drugą podkładkę ząbkowaną, podkładkę lutowniczą, trzecią podkładkę ząbkowaną i skręć wszystko nakrętką M3. Zrób to mocno.

Nałóż folię termokurczliwą długości 6 mm na nóżkę kondensatora 10 nF i przylutuj ją do końcówki lutowniczej od wewnątrz panelu tylnego. Następnie przylutuj drugie wyprowadzenie kondensatora do jednego z przewodów oplotu ekranu gniazda wejściowego RCA (na fotografii – do ekranu gniazda kanału prawego; nie ma to żadnego znaczenia).

Wskazówka: jeśli przewidujesz użycie tego sprzętu jako systemu pomiarowego, umieść również końcówkę lutowniczą na zewnątrz obudowy. Można do tego wykorzystać tę samą śrubę M3. Jak wykazały nasze testy, dostęp do masy urządzenia może być przydatny w niektórych przypadkach, aby zminimalizować ogólny szum systemu. Dodanie tej końcówki podczas budowy będzie o wiele łatwiejsze niż dodanie jej później, więc od razu uwzględniliśmy to w opisie. Wsuń całość do obudowy, gdy już wszystko działa, następnie przykręć oba panele i jesteś gotowy!

Jeśli przewidujesz, że to urządzenie będzie się często przemieszczać lub wpadać w wibracje, wtedy możesz dodać kawałek preszpanu dla dodatkowego odseparowania MCHStreamera od obudowy, jak pokazano powyżej. Jest to opcjonalne.

Posługiwanie się urządzeniem

Jeśli chcesz wykorzystać Super-Kodeka do odtwarzania, możesz użyć niemal każdego oprogramowania audio. Jeśli jednak chcesz wykorzystać jego pełne możliwości, będziesz potrzebował materiału o wysokiej rozdzielczości, takiej jak 96 kHz lub 192 kHz, 24-bitowych plików FLAC wraz z odtwarzaczem, który potrafi prawidłowo dekodować takie pliki.

Do nagrywania sugerujemy wypróbowanie darmowego pakietu oprogramowania o nazwie Audacity (www.audacityteam.org). Jest on dostępny dla systemów Windows, MacOS i Linux i potrafi wykorzystać pełne możliwości naszej karty.

Do zastosowań związanych z analizą dźwięku, takich jak pomiar zniekształceń (THD+N lub THD), stosunku sygnału do szumu (SNR), odpowiedzi częstotliwościowych i tak dalej, dostępne są różne pakiety. My używamy audioTester (www.audiotester.de). Jest to oprogramowanie „shareware", więc można je pobrać i zainstalować za darmo, ale można go używać bez płacenia za nie tylko przez ograniczony czas. Pełna wersja kosztuje tylko 39 € lub około 65 AU$.

Polecamy to oprogramowanie, ponieważ jest łatwe w użyciu i ma wiele wszechstronnych funkcji, które są idealne do testowania sprzętu audio. Obejmuje to generator przebiegu sinusoidalnego o niskim poziomie zniekształceń, analizę spektralną z automatycznym wyświetlaniem i obliczaniem poziomu sygnału względem całkowitej zawartości zniekształceń harmonicznych (THD) i wiele więcej. ■

Phil Prosser

Adaptacja do wydania polskiego – Andrzej Nowicki

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

REKLAMA

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

TANIE REGULATORY
DO KOTŁÓW WĘGLOWYCH I NA DREWNO
z wbudowanym termostatem pokojowym
zapewniającym komfort i oszczędność



REGULATORY DO KOTŁÓW Z PODAJNIKIEM
REGULATORY POGODOWE

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

www.pwkey.pl

eprasa.pl 5fecf02526

Tłumik z symetrycznym wejściem dla Super--Kodeka USB, część 1



Ten kompaktowy, symetryczny tłumik wejściowy został zaprojektowany tak, aby zmieścił się w tej samej obudowie, co Super-Kodek USB. Zapewnia cztery ustawienia tłumienia: 0 dB, –10 dB, –20 dB i –40 dB oraz ma parametry dorównujące ekstremalnej jakości Super-Kodeka. Razem tworzą potężny system rejestracji dźwięku i/lub pomiarowy.

Karta dźwiękowa Super-Kodek USB opisana w trzech ostatnich numerach EdW (maj – lipiec 2023 r.) ma doskonałe parametry nagrywania i odtwarzania. Może więc stanowić bazę wysokiej klasy systemu pomiaru dźwięku.

Jedną z rzeczy, której brakuje w porównaniu z profesjonalnymi systemami Audio Precision, jest symetryczne wejście. Urządzenia AP System One i System Two w Redakcji SC mają zarówno wejścia symetryczne, jak i asymetryczne, i możesz wybierać pomiędzy nimi.

Są chwile, gdy potrzebns są wejścia symetryczne; czasami chcesz zmierzyć parametry urządzenia audio z symetrycznymi wyjściami.

Ale nawet w przypadku urządzeń z interfejsami asymetrycznymi często uzyskuje się lepsze wyniki przy pomiarach w układzie symetrycznym. Dzieje się tak, ponieważ pomaga to wyeliminować szum wspólny, nieodłącznie związany z podłączeniem dwóch różnych urządzeń (systemu pomiarowego i testowanego urządzenia).

Kolejną rzeczą, którą mają urządzenia Audio Precision, ale której brakuje Super-Kodekowi, są tłumiki wejściowe. Systemy AP mogą mierzyć szeroki zakres poziomów sygnału, od poziomu wejść liniowych (znacznie poniżej 1 V RMS) do poziomu wyjścia wzmacniaczy kilkusetwatowych (50 V+ RMS).

Możesz zbudować nasz 2-kanałowy symetryczny tłumik wejściowy dla analizatorów audio (SC z maja 2015) i podłączyć go do wejść Super-Kodeka.

To rozwiązałoby oba problemy i dałoby instrument testowy o elastyczności zbliżonej do AP System Two (i w pewnym sensie go przewyższający).

Jednak miałbyś wtedy dwie lub trzy obudowy, dwa różne zasilacze, łączące je okablowanie itp. Jest to mniej wygodne niż posiadanie „wszystkiego w jednym” urządzenia uniwersalnego.

Ponadto projekt z maja 2015 r. ma tylko trzy ustawienia tłumika (0 dB, –20 dB i –40 dB) i uważamy, że nie do końca ma parametry dorównujące Super-Kodekowi, z powodów, które wkrótce wyjaśnimy.

Dlatego wpadliśmy na pomysł tego projektu. Działa podobnie do tłumika z maja 2015 r., ale z dodatkowym ustawieniem tłumika –10 dB i niższymi impedancjami w celu obniżenia szumu termicznego.

Co ważne, został on zaprojektowany do integracji z Super-Kodekiem USB i mieści się w tej samej obudowie, dzięki zachowaniu zwartego układu PCB i zaprojektowaniu go tak, aby działał na tych samych szynach zasilających.

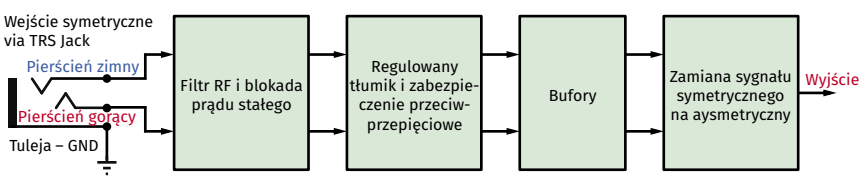
Tak więc, po dodaniu tej płytki z wejściami symetrycznymi i darmowego lub niedrogiego oprogramowania można zbudować system do testowania dźwięku, który jeszcze kilka lat temu kosztowałby wiele tysięcy dolarów.

Profesjonalne nagrywanie dźwięku

Innym powodem, dla którego być może zechcesz zbudować symetryczny tłumik wejściowy, jest połączenie Super-Kodeka USB z profesjonalnym sprzętem audio. Takie połączenie zapewnia znacznie większą elastyczność nagrywania, umożliwiając korzystanie z sygnałów symetrycznych lub asymetrycznych. A z tłumikiem możesz mierzyć lub nagrywać znacznie „gorętsze” sygnały niż 1 V RMS oryginalnej karty dźwiękowej.

Ustawienie tłumienia –10 dB umieszcza profesjonalne sygnały +4 dBu w idealnym zakresie przetwornika analogowo-cyfrowego (ADC), z akceptowalnym zapasem przesterowania. W tej konfiguracji możesz obsługiwać do 3,6 V RMS bez obcinania lub możesz przełączyć się na ustawienie –20 dB, aby obrabiać sygnały do 10 V RMS, przy stosunkowo niewielkim pogorszeniu parametrów w stosunku do „normalnych” poziomów sygnału.

Nasza konstrukcja zapewnia wejścia o bardzo dobrej symetrii, z tłumieniem sygnału wspólnego typowo lepszym niż 60 dB. Poziomy tłumienia: 0 dB, –10 dB, –20 dB i –40 dB pozwalają podać na wejścia



Rysunek 1. Jeden kanał regulowanego tłumika z wejściem symetrycznym. Za złączem wejściowym znajduje się filtr RF i kondensator sprzężenia zmiennoprądowego (odcięcie składowej stałej), a następnie przełączany przekaźnikami tłumik rezystancyjny, a za nim zabezpieczenie przeciwprzepięciowe, bufory i stopień zamiany sygnału symetrycznego na asymetryczny. Na końcu sygnał trafia na wejście przetwornika ADC na płytce Super-Kodeka.

eprasa.pl 5fecf02526



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

sygnały 1 V, 3,6 V, 10 i 50 V RMS, które odpowiadają napięciom szczytowym 1,4 V, 5 V, 14 V i 71 V lub napięciom międzyszczytowym 2,8 V, 10 V, 28 V i 142 V.

Pozwala to na obróbkę lub pomiar sygnałów o niskim poziomie, wyjść przedwzmacniaczy i wyjść wzmacniaczy mocy jako źródeł sygnału (przykładowo, między innymi).

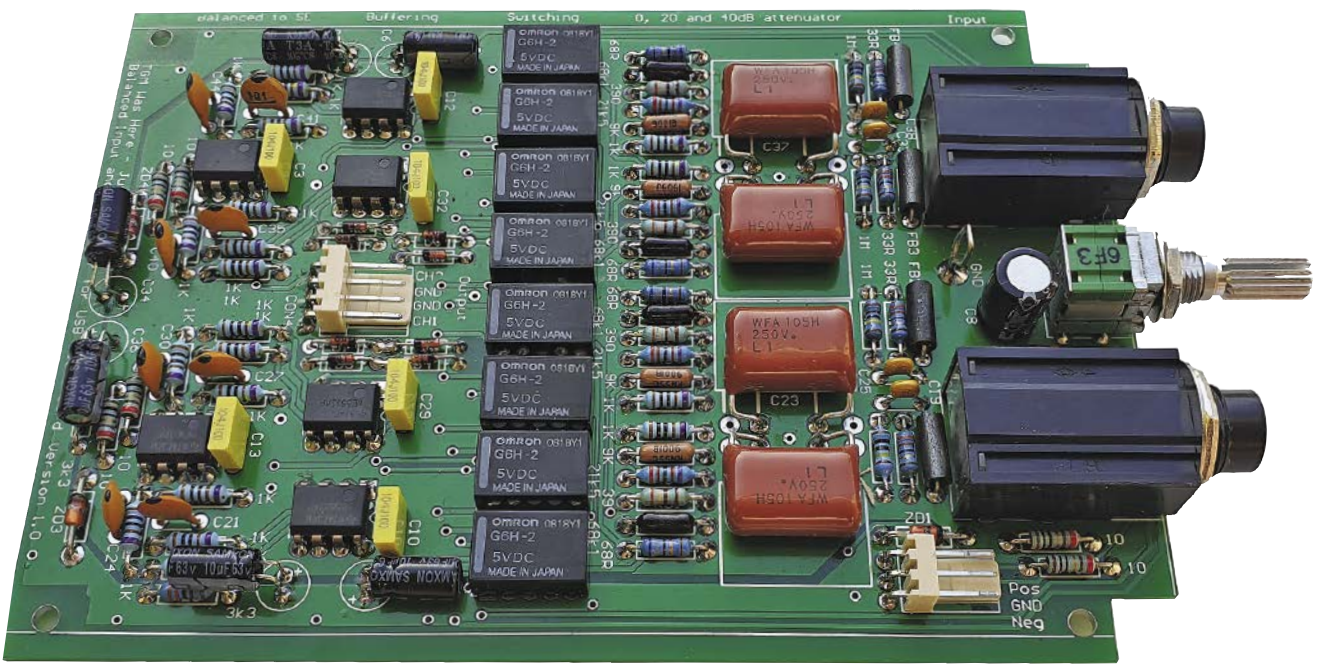
Funkcje i parametry

- Dodaje symetryczne wejścia stereo (gniazda TRS 6,35 mm) na przednim panelu Super-Kodeka USB
- Wejścia symetryczne zastępują oryginalne asymetryczne wejścia RCA na tylnym panelu
- Wyjścia asymetryczne (RCA) pozostają na tylnym panelu
- Zachowuje możliwości nagrywania i odtwarzania 192 kHz/24-bity oryginalnego SuperKodeka
- Pasuje do obudowy SuperKodeka i wykorzystuje ten sam zasilacz
- Ustawienia tłumienia 0 dB, –10 dB, –20 dB i –40 dB wybierane za pomocą przełącznika na przednim panelu
- Tłumienie zakłóceń wspólnych (CMRR): >60 dB przy 50...100 Hz; >70 dB przy 1 kHz; >50 dB przy 10 kHz
- SNR: 114 dB przy 0 dB, 113 dB przy –10 dB, 114 dB przy –20 dB i –40 dB
- THD: 0,00010% (–120 dB) przy 0 dB; 0,00014% (–117 dB) przy –10 dB; 0,00028% (–111 dB) przy –20 dB
- Poziom sygnału wejściowego: 1 V RMS przy 0 dB; 3,6 V RMS przy -10 dB; 10 V RMS przy –20 dB; 50 V RMS przy –40 dB

Zasady działania

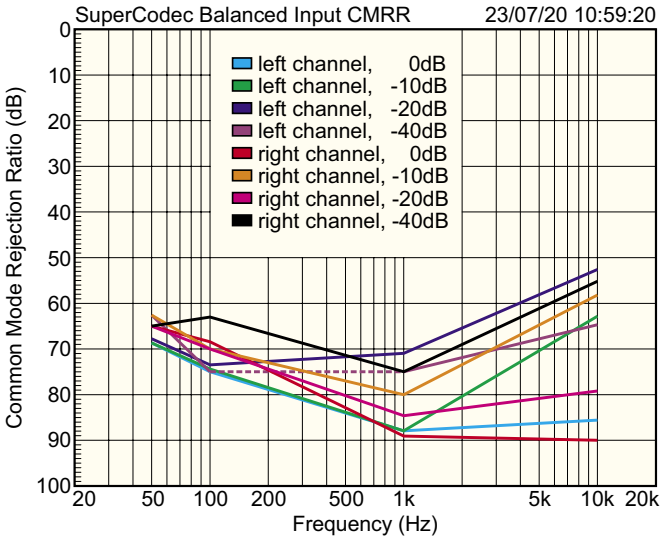
Zapoznaj się teraz ze schematem ideowym na **rysunku 1**. Jeśli masz kopię wydania z maja 2015 r. (lub plik do pobrania ze strony siliconchip.com.au/Article/8560), możesz również przeczytać wcześniejszy opis projektu tłumika z symetrycznymi wejściami (Balanced Input Attenuator), ponieważ ten projekt ma wiele podobieństw.

Symetryczne wejście używa standardowego złącza TRS (tip--ring-sleeve) 1/4 cala (6,35 mm) (często określanego również jako „gniazdo typu Jack”). Zostało ono wybrane zamiast złącza XLR, aby zaoszczędzić miejsce, którego trochę brakuje w zastosowanej obudowie, tak, aby zmieściło się w skrzynce Super-Kodeka. TRS 6,35 mm to typowe złącze, dość często używane do sygnałów symetrycznych, co czyni je uniwersalnym wyborem. Stosujemy standardowe przypisanie sygnałów do wyprowadzeń TRS: końcówka (czubek) = „gorący” lub dodatni, pierścień = „zimny” lub ujemny i tuleja dla uziemienia/ekranu sygnału.

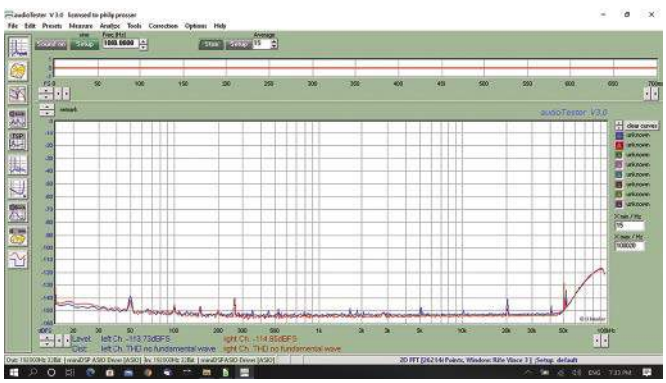


Oto gotowa dodatkowa płytka drukowana z niskoprofilowymi komponentami, które mieszczą się pod płytką PCB Super-Kodeka. Wejścia, filtrowanie RF i kondensatory sprzęgające AC są po prawej stronie, z rezystorami dzielnika pośrodku. Po ich lewej stronie znajdują się przekaźniki wyboru tłumienia, a obok nich buforowe wzmacniacze operacyjne, a daleko po lewej układ konwersji sygnału symetrycznego na asymetryczny.

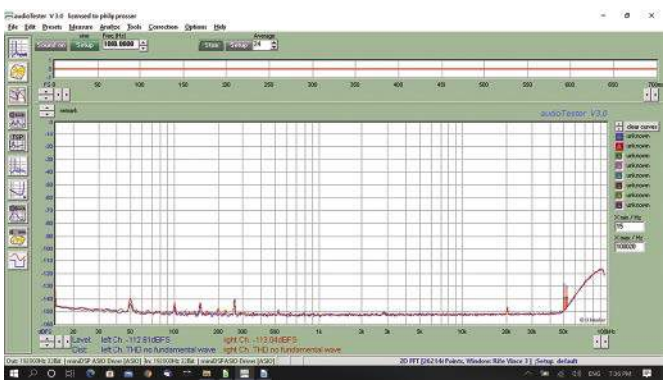
eprasa.pl 5fecf02526



Rysunek 2. W naszym prototypie przetestowaliśmy współczynnik tłumienia zakłóceń i szumu wspólnego (CMRR) dla obu kanałów, przy czterech różnych częstotliwościach i wszystkich czterech możliwych ustawieniach tłumienia. Wynikowy wykres jest nieco chaotyczny, ale daje wyobrażenie o poziomie CMRR. Wyższy CMRR jest lepszy, ponieważ tłumi proporcjonalnie więcej szumu, przydźwięku i zakłóceń EMI, które mogą być „zbierane" przez kable itp.



Rysunek 3. Poziom szumów połączonego wejściowego tłumika symetrycznego i przetwornika ADC Super-Kodeka, z tłumikiem ustawionym na 0 dB i zwartymi wejściami. Wykres pokazuje, że nowa płytka wprowadza minimalny szum do całego systemu.



Rysunek 4. Ten sam wykres co na rysunku 3, ale w tym pomiarze tłumik został ustawiony na –10 dB. Jak wyjaśniono w tekście, jest to ustawienie, w którym wkład rezystorów tłumika w szum Johnsona (termiczny) jest najwyższy. Mimo to poziom szumów wzrósł tylko o około 1 dB w porównaniu z rysunkiem 3.

Symetryczne sygnały przechodzą przez filtr RF i kondensatory blokujące prąd stały, a następnie do przełączanego przekaźnikami tłumika rezystancyjnego. Następnie przechodzą przez stopień ograniczania/obcinania, aby zapewnić ochronę przed przepięciami, przed przejściem do zestawu buforowych wzmacniaczy operacyjnych. Zbuforowane sygnały są następnie przekształcane z sygnałów symetrycznych na sygnały asymetryczne, które są następnie podawane na wejścia karty dźwiękowej USB.

Parametry

Dokładnie przetestowaliśmy działanie symetrycznego tłumika wejściowego, aby upewnić się, że spełnia standardy Super-Kodeka. **Rysunek 2** przedstawia zmierzoną wartość współczynnika tłumienia szumu/zakłóceń wspólnych (**Common-Mode Rejection Ratio – CMRR**) dla obu kanałów prototypu, przy wszystkich czterech ustawieniach tłumienia i zmierzoną przy czterech różnych częstotliwościach.

Jak widać, CMRR wynosi od 71 dB do 89 dB przy 1 kHz dla obu wejść i przy wszystkich ustawieniach tłumienia. To całkiem dobre wartości, a 1 kHz to typowa częstotliwość testowa. CMRR jest nieco gorszy przy niższych i wyższych częstotliwościach, ale jest lepszy od 63 dB dla wszystkich testowanych częstotliwości poniżej 1 kHz i lepszy od 53 dB dla 10 kHz.

CMRR będzie prawie w całości funkcją dopasowania rezystorów tłumika i symetrycznego odbiornika. Więc jeśli zwrócisz większą uwagę na dobór tych rezystorów, możesz pobić parametry tego prototypu.

Przy zastosowanych rezystorach o tolerancji 0,1% błąd poziomu tłumienia jest mniejszy niż ±0,1 dB dla wszystkich testowanych częstotliwości. Współczynnik szumów i zniekształceń nie jest znacząco gorszy niż w przypadku zwykłej karty dźwiękowej USB z impedancją wejściową 10 kΩ (opcje impedancji wejściowej opisano poniżej). Występuje niewielki wzrost THD w zakresie –10 dB dla wersji z impedancją wejściową 100 kΩ.

Na **rysunku 3** przedstawiono widmo wyjściowe z tłumikiem ustawionym na 0 dB i wejściami zwartymi do masy. Jeśli porównasz to z **rysunkiem 5** w wydaniu EdW z maja 2023 r., pokazującym ten sam pomiar dla samego Super-Kodeka, zobaczysz, że symetryczny tłumik nie wprowadza tak dużo dodatkowego szumu.

Rysunek 4 pokazuje ten sam pomiar, ale z tłumikiem ustawionym na –10 dB, co jest najgorszym przypadkiem (jak wyjaśniono poniżej).



Widok wnętrza „nowego" Super-Kodeka z dodaną na dole płytką tłumika. Jest przeznaczona do wsuwania w prowadnice krawędziowe w zalecanej aluminiowej obudowie Hammond 1455N2201BK.

eprasa.pl 5fecf02526

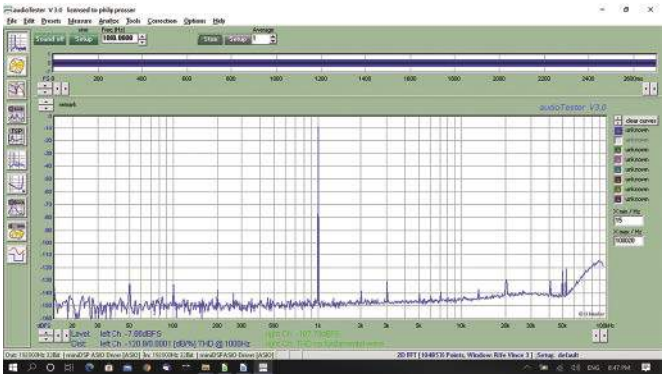
Ogólnie rzecz biorąc, szumy zwiększyły się tylko o około 1 dB w porównaniu z ustawieniem tłumika na 0 dB, więc jest to dobry wynik.

Rysunek 5 przedstawia pomiar THD+N dla sygnału testowego o wartości skutecznej około 300 mV podawanego do wejścia symetrycznego tłumika przy ustawieniu tłumienia na 0 dB. Jest to praktycznie tożsame z pomiarami, które wykonaliśmy wcześniej bez płytki tłumika symetrycznego. Możesz porównać to z **rysunkami 4** i **7** w wydaniu EdW z maja 2023 r., ale zauważ, że poziom sygnału testowego jest nieco inny.

Rysunek 6 pokazuje, że zniekształcenia przy ustawieniu –10 dB, z takim samym sygnałem jak przy ustawieniu 0 dB, są niewiele gorsze. Tak więc tłumik nie wydaje się wprowadzać zauważalnych zniekształceń sygnału.

Podobnie, rysunek 7 pokazuje wynik z tłumikiem ustawionym na -20 dB. Pomiar THD wykazał wzrost do 0,0003%/–111 dB.

Należy jednak zauważyć, że gdyby amplituda zastosowanego sygnału została zwiększona do poziomu, do pomiaru którego potrzebne byłoby tłumienie 20 dB, poziom THD prawdopodobnie spadłby całkiem blisko 0,0001%/–120 dB pokazanego na rysunku 5.

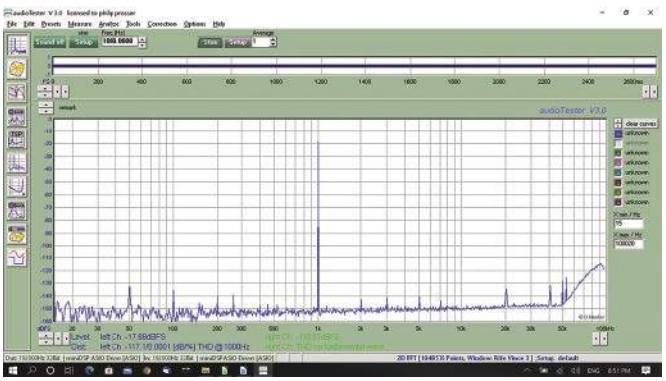


Rysunek 5. Zmierzyliśmy całkowite zniekształcenie harmoniczne (THD) z sinusoidą na poziomie –7,66 dBV podaną na wejścia symetryczne i ustawieniem tłumika 0 dB. Wynik pokazuje bardzo małą różnicę w porównaniu z tym samym testem bez udziału symetrycznego tłumika wejściowego. Wygląda więc na to, że dodane obwody nie wprowadzają żadnych dodatkowych zniekształceń do sygnałów.

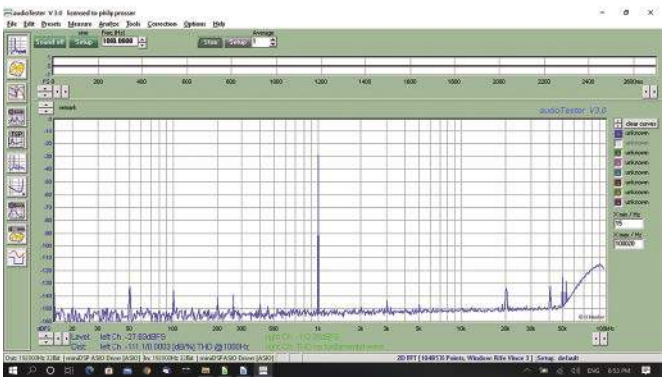
Szczegóły obwodu

Zapoznaj się teraz z pełnym schematem ideowym na **rysunku 8**, i porównaj go ze schematem blokowym na rysunku 1. Rozważmy ścieżkę sygnału lewego kanału, zaczynając od CON1; prawy kanał jest taki sam.

Sygnał wejściowy przechodzi przez koralik ferrytowy, z kondensatorem filtrującym 22 pF podłączonym do masy, aby odciąć wszelkie szkodliwe sygnały RF na wejściu. Karta dźwiękowa USB jest



Rysunek 6. Ten sam test co na rysunku 5, ale z tłumikiem ustawionym na –10 dB. Poza spadkiem poziomu sygnału o oczekiwaną wartość, nie ma dużej różnicy. Wzrost odczytu zawartości THD wynika głównie ze zmiany poziomu sygnału; zwiększenie poziomu sygnału wejściowego o 10 dB prawdopodobnie dałoby taki sam wynik jak na rysunku 5.

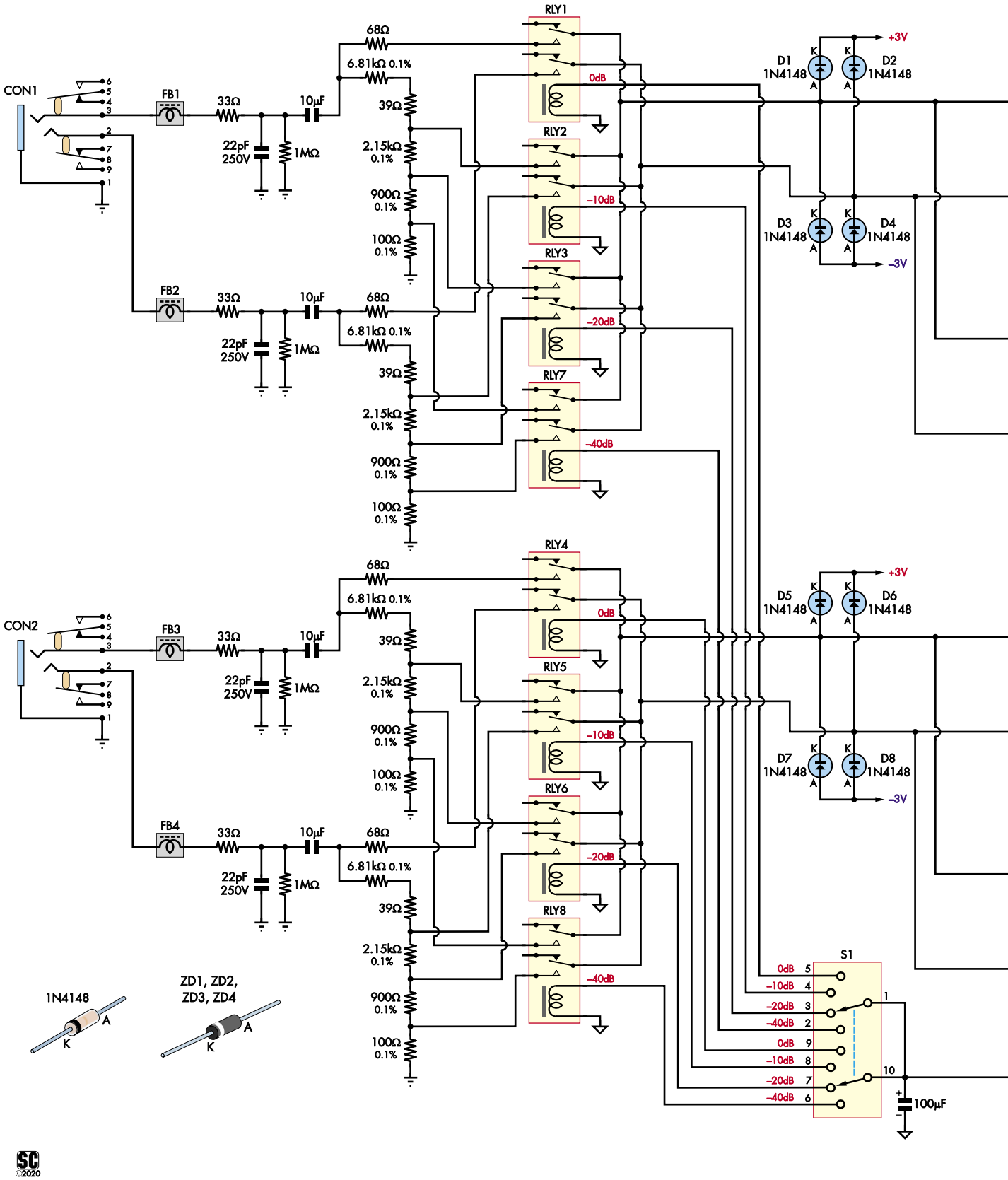


Rysunek 7. I ponownie ten sam test z ustawieniem tłumika –20 dB. Obowiązują te same uwagi, co w przypadku Rysunku 6. Zwróć uwagę, jak poziom sygnału spada bardzo blisko 10 dB i 20 dB w tych dwóch testach, pokazując doskonałą precyzję tłumienia.



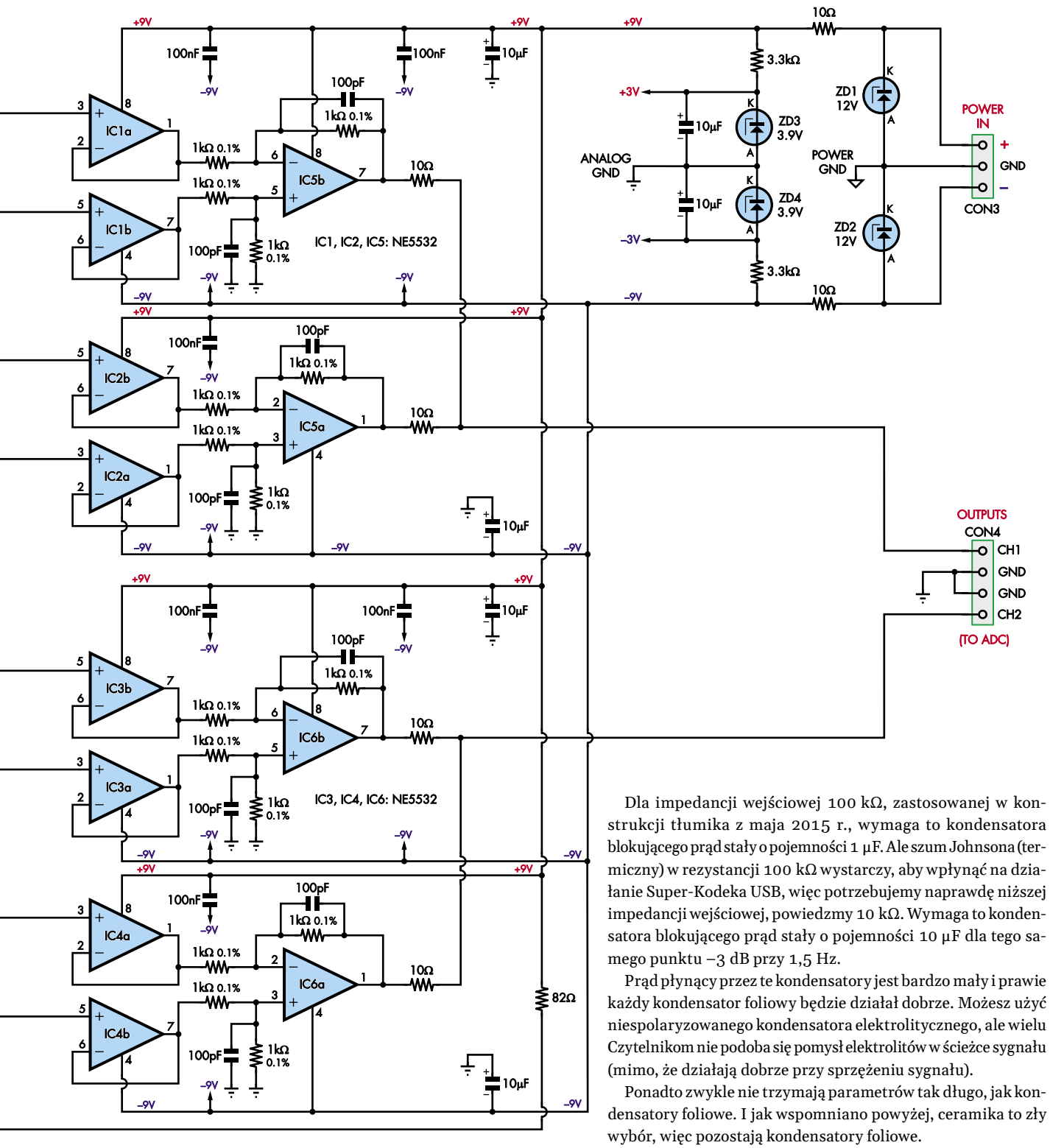
A oto widok z przeciwnego końca, ze zdjętą pokrywą, pokazujący, jak nowa płytka drukowana lokuje się „do góry nogami" nad istniejącą płytką Super-Kodeka

eprasa.pl 5fecf02526



Rysunek 8. Schemat ideowy płytki tłumika z wejściem symetrycznym. CON1 i CON2 to nowe złącza wejściowe z gniazdami TRS Jack 6,35 mm, podczas gdy CON3 i CON4 podłącza się odpowiednio do zasilania ±9 V i wtyku wejściowego 403-4 CON4 na płycie karty dźwiękowej Super-Kodek USB. Odczepy rezystorów tłumika wybierane są przekaźnikami RLY1-RLY8, a następnie sygnały przechodzą do buforujących wzmacniaczy operacyjnych IC1-IC4 i stopni zamiany sygnału różnicowego na asymetryczny, zbudowanego na podwójnych wzmacniaczach operacyjnych IC5 i IC6. Na końcu sygnał doprowadzany jest do złącza połączenia z przetwornikiem ADC.

eprasa.pl 5fecf02526



sprzężona zmiennoprądowo, więc między wejściowym filtrem RF a tłumikiem znajduje się kondensator blokujący prąd stały.

Chcemy częstotliwości odcięcia (punkt –3 dB) o rząd wielkości niższej od 20 Hz, więc wybraliśmy 1,5 Hz. Oznacza to, że wszelkie niedoskonałości w kondensatorach blokujących prąd stały nie spowodują żadnych zniekształceń, o ile ich charakterystyka nie jest rażąco nieliniowa (jak na przykład w przypadku kondensatorów ceramicznych o wysokiej stałej dielektrycznej K).

Dla impedancji wejściowej 100 kΩ, zastosowanej w konstrukcji tłumika z maja 2015 r., wymaga to kondensatora blokującego prąd stały o pojemności 1 µF. Ale szum Johnsona (termiczny) w rezystancji 100 kΩ wystarczy, aby wpłynąć na działanie Super-Kodeka USB, więc potrzebujemy naprawdę niższej impedancji wejściowej, powiedzmy 10 kΩ. Wymaga to kondensatora blokującego prąd stały o pojemności 10 µF dla tego samego punktu –3 dB przy 1,5 Hz.

Prąd płynący przez te kondensatory jest bardzo mały i prawie każdy kondensator foliowy będzie działał dobrze. Możesz użyć niespolaryzowanego kondensatora elektrolitycznego, ale wielu Czytelnikom nie podoba się pomysł elektrolitów w ścieżce sygnału (mimo, że działają dobrze przy sprzężeniu sygnału).

Ponadto zwykle nie trzymają parametrów tak długo, jak kondensatory foliowe. I jak wspomniano powyżej, ceramika to zły wybór, więc pozostają kondensatory foliowe.

Przełączany tłumik

Tłumik wejściowy zmniejsza poziom sygnału wejściowego o 0, 10, 20 lub 40 dB. Oznacza to współczynniki podziału 3,16:1, 10:1 i 100:1.

Wybraliśmy te wartości, ponieważ 0 dB (tj. bezpośrednio) daje najlepszą czułość i użyteczny poziom wejściowy 1 V RMS. Poziom –10 dB dobrze nadaje się do profesjonalnych sygnału audio.

Jest również wystarczająco niski, aby można go było używać z urządzeniami konsumenckimi, takimi jak odtwarzacze CD, DVD i Blu-ray,

eprasa.pl 5fecf02526

które zwykle wytwarzają sygnał wyjściowy o wartości około 2,2 V RMS. Ustawienia –20 dB i –40 dB są przydatne do testowania wzmacniaczy mocy.

Tłumik jest prostym dzielnikiem rezystancyjnym. Całkowita rezystancja szeregowa określa impedancję wejściową interfejsu symetrycznego i jak wspomniano powyżej, ma to wpływ na poziom szumów i wymaganą pojemność kondensatora blokującego prąd stały.

Szum termiczny

Wpływ szumu będzie zależał od ustawienia tłumienia. Przy 0 dB dzielnik jest skutecznie omijany, więc impedancja wejściowa nie ma rzeczywistego wpływu na parametry.

Korzyści z sygnałów symetrycznych

Profesjonalny sprzęt audio wykorzystuje sygnały symetryczne przenoszone przez trzy przewody: dodatni – „gorący” (w fazie), ujemny – „zimny” (w przeciwfazie) i ekran (masa). Zakłócenia elektromagnetyczne wychwytywane przez kabel (zwykle słyszalne jako buczenie lub brzęczenie) wpływają podobnie na sygnały „gorący” i „zimny”. Symetryczny odbiornik odejmuje sygnał „zimny” od sygnału „gorącego”, w wyniku czego sygnał ma poziom dwukrotnie wyższy, z mocno stłumionymi szumami.

Innymi słowy, jeśli „gorący” sygnał to sygnał x 1 + szum, a „zimny” sygnał to sygnał x (–1) + szum; „gorący” – „zimny” daje (sygnał x 1 + szum) – (sygnał x (–1) + szum) = sygnał x 2 + szum x 0.

Jest to świetny sposób na stłumienie szumów i przydźwięku w sytuacjach takich jak pętle uziemienia, szczególnie w przypadku długich kabli.

Od Red. EdW: z nieznanych przyczyn nie wymieniono bardzo ważnej zalety połączeń symetrycznych – sygnał praktycznie nie jest przesyłany, w odróżnieniu od połączenia asymetrycznego, przewodem ekranującym/masy.

Oprócz dodatkowej złożoności obwodów, główną wadą tego podejścia jest to, że konwersja sygnału symetrycznego na sygnał asymetryczny generalnie wprowadza trochę białego szumu; więc chociaż szum i przydźwięk są odcinane, stosunek sygnału do szumu (SNR) może się nieco pogorszyć.

Podczas testowania sprzętu audio często musimy analizować sygnał między dwoma określonymi punktami w testowanym urządzeniu (DUT). Z pewnością chcemy uniknąć pomiaru jakichkolwiek napięć w systemie uziemienia lub naszego samego sprzętu testowego.

Korzystając w tej sytuacji z wejścia symetrycznego, możemy podłączyć przewód „zimny” do odpowiedniego punktu uziemienia w testowanym urządzeniu. Połączenie ‘gorące” jest następnie wykorzystywane do pomiaru sygnału będącego przedmiotem zainteresowania. Wszelkie szumy między masą karty dźwiękowej USB, a masą DUT są odejmowane od tego pomiaru.

Podczas pomiaru niskich napięć i wyjątkowo niskich poziomów zniekształceń sygnałów o umiarkowanych napięciach jest to niezwykle ważne, ponieważ czasami szukamy zniekształceń na poziomie mikrowoltów, a nawet nanowoltów.

Niezależnie od tego, jak dobre są symetryczne interfejsy, uziemienie pozostaje niezbędne. Aby osiągnąć dobre wyniki z odstępem zakłoceń poniżej -100 dB, będziesz musiał popracować nad uziemieniem testowanego układu. Możesz być zaskoczony, jak bardzo rzeczy takie jak orientacja testowanego sprzętu i jego odległość od sprzętu komputerowego, a nawet operatora, mogą wpłynąć na wyniki!

Od Red. EdW: w sprzęcie audio do użytku domowego dawno temu przewody symetryczne były stosowane przy podłączeniu wkładki dynamicznej (MM) lub z ruchomą cewką (MC) do zacisków wyjściowych gramofonu, natomiast połączenie ze wzmacniaczem było pseudosymetryczne. Chroniło to sygnał o poziomie 0,1 mV...5 mV przed zakłóceniami z układu napędowego.

Przy pozostałych trzech ustawieniach, impedancja wejściowa „widziana” przez Super-Kodek to górna i dolna część dzielnika rezystancyjnego dla wybranego odczepu, połączone równolegle.

Przykładowo dla tłumika –10 dB, o rezystancji wejściowej 100 kΩ: dolna część dzielnika rezystancyjnego to 31,5 kΩ, górna to 68,5 kΩ. Równoległe połączenie daje rezystancję (31,5 kΩ)·(68,5 kΩ):(100 kΩ)=21,6 kΩ.

Najgorszym przypadkiem jest ustawienie –10 dB w wersji 100 kΩ; przy 21,6% całkowitej rezystancji wejściowej (tj. 21,6 kΩ dla opcji 100 kΩ i 2,16 kΩ dla opcji 10 kΩ). Dla ustawienia –20 dB jest to 9% rezystancji wejściowej, a dla ustawienia –40 dB jest to 1% rezystancji wejściowej.

Szum termiczny rezystancji oblicza się jako $\sqrt{4 \cdot K \cdot T \cdot B \cdot R}$, gdzie K=1,38·10^{-23} (stała Boltzmanna), T to temperatura w Kelwinach, B to szerokość pasma w Hz, a R to rezystancja w omach. W temperaturze pokojowej (czyli około 300 K), przy szerokości pasma 20 kHz i rezystancji 21,6 kΩ, daje to 2,67 µV RMS, czyli –111,5 dBV. To poziom wyższy niż nieodłączny szum przetwornika ADC Super-Kodeka, więc zdecydowanie obniża to parametry.

Impedancja źródła 21,6 kΩ dla buforowych wzmacniaczy operacyjnych również nieznacznie zwiększyłaby ich udział w zniekształceniach.

Przy alternatywnej rezystancji tłumika –10 dB równej 2,16 kΩ poziom szumu spada o współczynnik 100,5=3,16, do 845 nV RMS lub –121,5 dBV.

Jest to poniżej poziomu szumów Super-Kodeka, więc będzie to miało niewielki wpływ na parametry w tej opcji dzielnika przy tłumieniu –10 dB, a jeszcze mniejszy przy ustawieniach –20 dB i –40 dB.

W rzeczywistości największy wpływ na parametry będzie miał odbiór zakłóceń elektromagnetycznych (EMI) ze względu na wyższą impedancję wejściową w tym przypadku.

Rozważ błędy spowodowane obciążeniem urządzenia 10 kΩ podczas pomiarów (device under test – DUT). Przedwzmacniacz może mieć rezystor 100 Ω połączony szeregowo z jego wyjściem.

Jeśli zmierzymy ten przedwzmacniacz za pomocą zestawu testowego o symetrycznej impedancji wejściowej 10 kΩ, wprowadzimy błąd skalowania 1%.

Nie ma to prawdopodobnie znaczenia w większości przypadków, ale należy wziąć to pod uwagę. Z pewnością nie chcielibyśmy błędów większych niż ten.

Tak więc 10 kΩ jest praktycznie dolną granicą obniżania impedancji wejściowej, zwłaszcza jeśli weźmie się pod uwagę, że kondensatory foliowe o wartościach powyżej 10 µF są drogie, wielkogabarytowe i nie zmieściłyby się w dostępnej przestrzeni.

Musimy również wziąć pod uwagę rozpraszanie mocy w dzielniku. Przy napięciu 50 V RMS doprowadzonym do dzielnika, rozpraszana moc wynosi 0,25 W dla dzielnika 10 kΩ. Jest to rozłożone na kilka rezystorów, ale nagrzewanie się tych rezystorów może prowadzić do pewnych niedokładności.

Wartości znamionowe rezystorów dzielnika pozwalają na pomiar do 80 V RMS, ale poza tym, że byłoby to prawdopodobnie niebezpieczne, wolelibyśmy nie stosować ich w skrajnej sytuacji.

Nie ma więc idealnej odpowiedzi. Dlatego prezentujemy wartości rezystorów dla tłumika, które dają impedancję wejściową 10 kΩ lub 100 kΩ. Pamiętaj, aby wybrać kondensator o odpowiedniej pojemności, który będzie do nich pasował. My skłaniamy się do wyboru 10 kΩ, ale w pełni rozumiemy, dlaczego inni Czytelnicy mogą wybrać 100 kΩ. Do przełączania pomiędzy czterema możliwymi ustawieniami tłumienia użyliśmy przekaźników.

Jest to trochę drogie rozwiązanie, ponieważ kosztują one po kilkanaście zł za sztukę, a jest ich 8 sztuk, ale sprawia, że projekt jest

eprasa.pl 5fecf02526

ładny, przejrzysty i elegancki pod względem układu i pozwala uniknąć możliwości awarii hałaśliwych, zawodnych przełączników obrotowych.

Przekaźniki dają satysfakcjonujący „dźwięk" podczas przełączania zakresów, co jest odpowiednie dla tak wydajnego (i raczej drogiego) urządzenia.

Bufory

Impedancja wyjściowa dzielnika napięcia zmienia się w zależności od wybranego zakresu.

To psuje podłączenie do konwertera sygnału symetrycznego na asymetryczny, więc potrzebne są bufory.

Używamy do tego dwóch par równoległych wzmacniaczy operacyjnych, tworzących dwa konwertery sygnału symetrycznego na asymetryczny. Są one połączone na wyjściu, aby uzyskać poprawę stosunku sygnału do szumu o 3 dB w porównaniu z użyciem mniejszej o połowę liczby wzmacniaczy operacyjnych.

Konwertery sygnału różnicowego na asymetryczny odejmują „zimny" (ujemny) sygnał wejściowy od „gorącego" (dodatniego) sygnału wejściowego. Dopasowanie w nich rezystorów jest ważne, przynajmniej w każdym ramieniu każdego konwertera.

Wstawiliśmy tu rezystory 1 kΩ o tolerancji 0,1%. Ta tolerancja jest wymagana do zapewnienia określonych parametrów.

Wybraliśmy rezystory 1 kΩ, ponieważ mają one wystarczająco niską rezystancję, aby dodać znikomy szum termiczny do konwertera bez nadmiernego obciążania wyjść wzmacniaczy operacyjnych.

Prawdopodobnie wielu konstruktorów ma mnóstwo rezystorów 1 kΩ p tolerancji 1%, można wybrać dobrze dopasowane pary przy użyciu niemal dowolnego multimetru cyfrowego (*od Red. EdW: aby sparować dwa rezystory 1 kΩ z błędem poniżej 0,1%, wymagany jest multimetr* ***minimum*** *4½-cyfrowy, co natychmiast wyklucza najpopularniejsze multimetry warsztatowe*) i uniknąć kosztów zakupu rezystorów o tolerancji 0,1%.

Wyjścia konwerterów różnicowych są połączone przez rezystory 10 Ω (niezbędne, aby umożliwić wzmacniaczom operacyjnym posiadanie różnych napięć offsetowych), które następnie zasilają przetwornik ADC Super-Kodeka USB.

Dołączyliśmy zabezpieczenie wejścia polegające na obcinaniu diodami napięć wejściowych wyższych od ±3,9 V. Przetestowaliśmy, że nie ma to wpływu na poziom zniekształceń. Pamiętaj jednak, że jeśli podłączysz tłumik na zakresie 0 dB do źródła wysokiego napięcia, uszkodzisz tę część obwodu!

Dodatkową ochronę szyn zasilających zapewniają diody Zenera 12 V, które powinny zadziałać tylko w ekstremalnych sytuacjach awaryjnych.

W następnym miesiącu

Niestety, w tym miesiącu nie mamy miejsca na szczegóły konstrukcyjne. Ten opis będzie musiał poczekać do następnego numeru EdW.

Oprócz opisu budowy i tricków, co należy zrobić, aby tłumik z wejściem symetrycznym zmieścił się w tej samej obudowie, co Super-Kodek USB, drugi i ostatni artykuł z tej serii zaprezentuje również procedurę testowania i sposób wykonania niektórych poręcznych symetrycznych przewodów pomiarowych. ■

Phil Prosser

Adaptacja do wydania polskiego – Andrzej Nowicki

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

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

Symetryczne wejście i tłumik
1 zmontowany Super-Kodek USB bez podłączonych 2×12-stykowych listew kołkowych oraz bez powierconych paneli przednich/tylnych, ze swobodnym niepodłączonym modułem MCHStreamera (opisany w numerach EdW od maja do lipca 2023 r.)
1 zmontowana płytka symetrycznego tłumika wejściowego (patrz poniżej)
1 zestaw przewodów pomiarowych (opcjonalnie; patrz poniżej)
2 szt. 6×2-stykowe gniazda męsko-żeńskie (wysokie), raster 2 mm (dostarczane z MiniDSP MCHStreamer)
1 solidny, podwójny ekranowany kabel audio o przekroju „8" i długości 180 mm [Altronics W2995, Jaycar WB1502]
1 odcinek długości 1 m czerwonego przewodu przyłączeniowego o średniej obciążalności
1 odcinek długości 1 m czarnego przewodu przyłączeniowego o średniej obciążalności
1 odcinek długości 1 m zielonego przewodu przyłączeniowego o średniej obciążalności
1 czarna lub przezroczysta rurka termokurczliwa o długości 30 cm i średnicy 5 mm
1 czarna lub przezroczysta rurka termokurczliwa o długości 30 cm i średnicy 2,4...2,5 mm

Płytka tłumika z wejściem symetrycznym
1 dwustronna płytka drukowana o kodzie 01106202 i wymiarach 99,5×141,5 mm
2 przełączane DPDT stereofoniczne gniazda Jack 6,35 mm (CON1, CON2) [Altronics P0076, Jaycar PS0180, element14 1267402]
1 wtyk 403-3 pin kątowy do druku męski (CON3) [Sklep AVT, Altronics P5513, Jaycar HM3423]
1 wtyk 403-4 pin kątowy do druku męski (CON4) [Sklep AVT, Altronics P5514, Jaycar HM3424]
4 tłumiące koraliki ferrytowe 4...5 mm (FB1-FB4) [Altronics L5250A, Jaycar LF1250]
8 przekaźników telekomunikacyjnych 2 A DPDT, cewka 5 V DC (RLY1-RLY8) [Altronics S4128B/S4128C, Mouser 551-EA2-5NU]
1 kątowy przełącznik obrotowy DP4T 4×2 do montażu na płytce drukowanej (S1) [Altonics S3008]

Półprzewodniki:
6 podwójnych niskoszumowych wzmacniaczy operacyjnych NE5532AP lub NE5532P, DIP-8 (IC1-IC6)
2 diody Zenera 12 V 1 W (ZD1, ZD2)
2 diody Zenera 3,9 V 1 W (ZD3, ZD4)
8 diod niskosygnałowych 1N4148 (D1-D8)

Kondensatory:
1 kondensator elektrolityczny 100 µF 16 V
4 kondensatory foliowe polipropylenowe 10 µF 100 V*, raster 15 mm [Mouser 871-B32562J1106K]
6 kondensatorów elektrolitycznych 10 µF 35 V
6 kondensatorów poliestrowych MKT 100 nF 63 V
8 kondensatorów ceramicznych100 pF 50 V C0G/NP0
4 kondensatory ceramiczne 22 pF 250 V C0G/NP0

Rezystory: (wszystkie 0,25 W ±1% metalizowane, o ile nie podano inaczej)
4 szt. 1 MΩ 2 szt. 3,3 kΩ 1 szt. 82 Ω 4 szt. 68 Ω
4 szt. 39 Ω* 4 szt. 33 Ω 6 szt. 10 Ω
4 szt. 6,81 kΩ* ±0,1% [Mouser 71-CMF556K8100BEEK]
4 szt. 2,15 kΩ* ±0,1% [Mouser 71-RN55C-B-2.15K]
16 szt. 1 kΩ ±0,1% [Mouser 71-PTF561K0000BXR6] lub dobierane we własnym zakresie
4 szt. 900 Ω* ±0,1% [Mouser 71-CMF55900R00BHEB]
4 szt. 100 Ω* ±0,1% [Mouser 71-CMF55100R00BEEB]
* dla impedancji wejściowej 100 kΩ zastąp je przez:
4 kondensatory foliowe polipropylenowe 1 µF 250 V, raster 7,5 mm [Mouser 667-ECW-F2105HAB]
4 szt. 68,1 kΩ ±0,1% [Mouser 279-H868K1BYA]
4 szt. 21,5 kΩ ±0,1% [Mouser 279-YR1B21K5CC]
4 szt. 9 kΩ ±0,1% [Mouser 71-PTF569K0000BYEK]
4 szt. 1 kΩ ±0,1% [Mouser 71-PTF561K0000BXR6] lub dobierane we własnym zakresie
4 szt. 390 Ω ±1%

Części przewodów pomiarowych
2 wtyki kątowe 90° TRS Jack 6,35 mm [Altronics P0048 lub P0049]
2 kable mikrofonowe o długości 1,2 m (lub inna odpowiednia długość) [Altronics W3024/W3029, Jaycar WB1534]
2 małe czerwone zaciski – krokodylki [Altronics P0110, Jaycar HM3020]
2 małe czarne zaciski – krokodylki [Altronics P0111, Jaycar HM3020]
2 małe zielone zaciski – krokodylki [Altronics P0102]
1 czarna lub przezroczysta rurka termokurczliwa o długości 30 cm i średnicy 6 mm
1 czarna lub przezroczysta rurka termokurczliwa o długości 30 cm i średnicy 3 mm
1 czarna lub przezroczysta rurka termokurczliwa o długości 30 cm i średnicy 2,4...2,5 mm

eprasa.pl 5fecf02526

Nie uwierzysz, co można z nim zrobić!

Elastyczny cyfrowy sterownik oświetlenia, część 1

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



Stwórz naprawdę spektakularny pokaz świetlny – duży lub mały – z tym bardzo elastycznym, łatwym do skalowania cyfrowym sterownikiem oświetlenia. Jest rewelacyjny dla świateł świątecznych, ale może być używany do innych zadań, takich jak nadzór nad oświetleniem w teatrze amatorskim lub nawet sterowanie lampami w całym domu. Nawiasem mówiąc, nie udajemy, że niesamowity pokaz świetlny na tej stronie albo pochodzi z tego projektu albo rzeczywiście został zrealizowany przez nas (w rzeczywistości pochodzi on z Anglii). Chodzi o to, że jeśli chciałbyś zaprezentować coś takiego... naprawdę mógłbyś!

Minęło dokładnie dziesięć lat od czasu, gdy opublikowaliśmy cyfrowy sterownik oświetlenia (Digital Lighting Controller) – ostatni był opisany w październiku 2010 roku (siliconchip.com.au/Series/14). Wykorzystywał on jedną jednostkę sterującą („Master"), która mogła nadzorować do czterech jednostek podrzędnych („Slave") z ośmioma lampami każda, więc mógł zarządzać maksymalnie 32 lampami zasilanymi z sieci.

Projekt był popularny, tym bardziej, że Altronics produkował zestawy. Niektóre z nich zostały wykorzystane do stworzenia niesamowitych pokazów świątecznych. Jeden z nich można zobaczyć na stronie https://youtu.be/mBgLltJ5br8.

Niestety, zestawy te zostały wycofane z produkcji i stąd pytanie: czy powinniśmy zaprojektować nowy Cyfrowy Sterownik Oświetlenia, i czy moglibyśmy sprawić, że będzie on łatwiejszy w budowie przy większych możliwościach?

Odpowiedzi brzmiały: 3 razy tak!

Właściwości i parametry

- Nowoczesny półprzewodnikowy sterownik oświetlenia z najnowocześniejszym systemem ściemniania
- Cztery kanały na jednostkę podrzędną („Slave")
- Dostępnych jest 16 adresów jednostek podrzędnych, co daje łącznie do 64 kanałów
- Do 250 W obciążenia na kanał (ograniczone przez bezpiecznik i ścieżki PCB)
- 256 kroków jasności (0...100%) na kanał
- Szeregowy interfejs sterowania współpracuje z niemal każdym mikrosterownikem
- Informacyjny panel przedni z LED-ami podświetlającymi symbole

Dziesięć lat później

W ciągu ostatnich dziesięciu lat wiele się wydarzyło. W szczególności rozwinął się „system" Arduino, dzięki któremu przeciętna osoba może znacznie łatwiej zaprogramować mikrosterownik czy nawet mikrokomputer. Robiące oszałamiające wrażenie wyświetlacze LED są teraz możliwe do realizacji przy użyciu łańcuchowych wstęg LED, takich, jak te wykorzystujące „inteligentne" diody typu WS2812.

Wciąż jednak zdarzają się sytuacje, w których chcemy sterować oświetleniem zasilanym z sieci, a nawet mieszanką oświetlenia zasilanego z sieci i diodami lub taśmami LED zasilanymi prądem stałym.

Sterowanie lampkami zasilanymi z sieci za pomocą Arduino (lub innego mikroukładu) może być trudne. Jednym z prostych sposobów jest wykorzystanie naszego projektu „Przekaźnik zasilania sieciowego z izolacją optyczną" („Opto-isolated Mains Relay"), SC z października 2018 roku (www.siliconchip.com.au/Article/11267). To pozwala na łatwe i bezpieczne wyłączanie i włączanie urządzeń sieciowych.

Ale ten projekt może obsługiwać tylko jedno urządzenie w tym samym czasie i tylko je włącza lub wyłącza.

Aby uzyskać wspaniały pokaz świetlny, musisz być w stanie sterować wieloma światłami i zmieniać ich jasność, a nie tylko je włączać lub wyłączać. Stąd nasz nowy cyfrowy sterownik oświetlenia, który potrafi to wszystko.

Nowy i ulepszony

Nowy cyfrowy sterownik oświetlenia bazuje na bardzo podobnej filozofii, jak w poprzednim projekcie. Pojedyncza jednostka sterująca („Master") może łączyć się z i nadzorować wiele jednostek podrzędnych („Slave"), z których każda zasila wiele gniazdek sieciowych.

Stary projekt wykorzystywał ośmioprzewodowy interfejs rejestru przesuwnego do wyzwalania triaka co pół cyklu sieciowego za pośrednictwem transoptora. Oznaczało to, że jednostka nadrzędna musiała stale nadzorować magistralę, aby gniazda były aktywowane na czas.

Charakter interfejsu rejestrów przesuwnych oznacza również, że w każdym półcyklu napięcia sieciowego było tylko 20 punktów wyzwalania triaka, a zatem 20 różnych poziomów przyciemniania. Nasz nowy projekt nie ma tego ograniczenia i może generować 256 różnych poziomów jasności, dając płynne przejścia („fades") rozjaśniania i ściemniania.

Użycie triaków oznaczało również, że możliwe było jedynie ściemnianie poprzez włączanie krawędzi narastającej przebiegu sieciowego, ponieważ triaki włączają się i zatrzaskują do końca półcyklu trwającego do następnego przejścia napięcia sieci przez zero (patrz **rysunek 1** na odwrocie). To w zasadzie ogranicza ich zastosowanie tylko do lamp żarowych lub halogenowych.

W lutym 2019 roku został przedstawiony uniwersalny ściemniacz z obcinaniem zbocza opadającego („Versatile Trailing Edge Dimmer") (opis w EdW z grudnia 2022 r.). Wykorzystuje on parę MOSFET-ów połączonych przeciwsobnie do włączania i wyłączania w odpowiednich momentach zasilanych lamp.

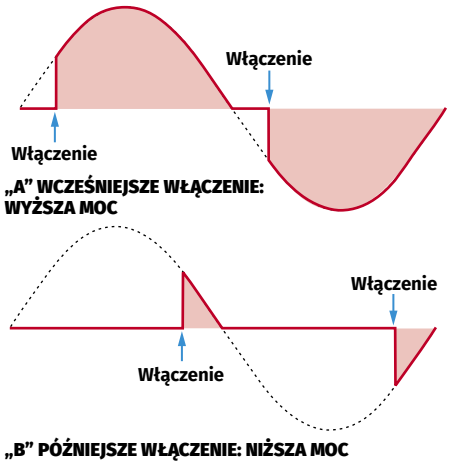
Zamiast włączać zasilanie w połowie cyklu i wyłączać je na końcu cyklu, jak w przypadku tradycyjnego ściemniacza wykorzystującego triak, ściemniacz typu obcinania/wyłączania zbocza opadającego („trailing-edge") włącza zasilanie od punktu zerowego sinusoidy sieci i wyłącza je w późniejszym momencie cyklu sieciowego (**rysunek 2**).

Dla lamp żarowych nie ma to większego znaczenia, gdyż jasność światła zależy od tego,

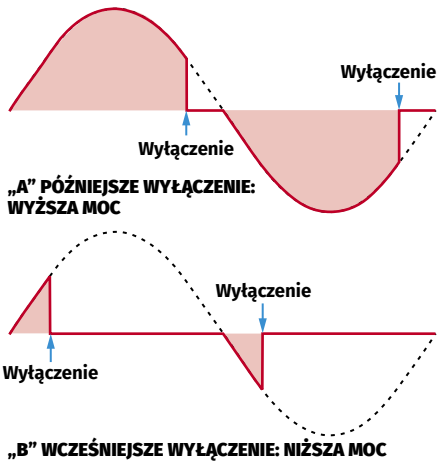


To jest jednostka podrzędna („Slave") – urządzenie, które pobiera sygnał z jednostki sterującej i zasila dołączone światła. Sterownik główny opiszemy w przyszłym miesiącu.

eprasa.pl 5fecf02526



Rysunek 1. Ściemniacz obcinania (włączania, sterowania) zbocza narastającego („leading edge") zmienia punkt załączenia w cyklu sieciowym, ale zawsze wyłącza się przy przejściu przez zero. Im wcześniej się włączy, tym więcej mocy jest dostarczane do obciążenia i tym jaśniejsze jest światło. Z diodami LED, ani z innymi lampami, które mają sterowniki elektroniczne, taki ściemniacz nie działa dobrze.



Rysunek 2. Ściemniacz typu obcinania (wyłączania, sterowania) zbocza opadającego („trailing edge") osiąga podobny rezultat, ale zamiast tego włącza lampę przy przejściu przez zero, a następnie wyłącza ją w pewnym momencie późniejszego cyklu sieciowego. Im późniejsze jest wyłączenie, tym jaśniej świeci lampa. Schemat ten jest kompatybilny z lampami posiadającymi sterowniki elektroniczne, w tym z większością ściemnialnych diod LED.

w jakim fragmencie cyklu jest zasilana i niewiele więcej.

Ale dla bardziej nowoczesnych lamp, głównie LED-ów (które często mają na wejściu prostownik ładujący wysokonapięciowy kondensator), różnica jest krytyczna. Ponieważ koncepcja załączania zbocza narastającego zakłada włączenie się podczas trwania cyklu, przy napięciu sieci większym od zera (nawet przy 315 V), może wystąpić ogromny prąd rozruchowy, gdy ładuje się kondensator (kondensatory).

Ponieważ koncepcja z wyłączaniem zbocza opadającego zakłada włączenie napięcia tylko przy przejściu przez zero, kiedy napięcie jest minimalne, prąd rozruchowy nie różni się od tego, jaki byłby, gdyby nie było ściemniacza. I tak właśnie zaprojektowana jest większość instalacji ściemnianych diod LED.

Więcej szczegółów na temat ściemniania poprzez włączanie zbocza narastającego vs wyłączania zbocza opadającego („leading vs trailing edge dimming") znajdziesz na stronie 12 i 13 naszego grudniowego numeru EdW z 2022r.

Jak mogłeś zauważyć w artykule o naszym ściemniaczu, układ do sterowania MOSFET-ami jest bardziej skomplikowany niż ten potrzebny do wyzwalania triaków (i dlatego do niedawna standardem były prostsze ściemniacze załączania zbocza narastającego).

W ściemniaczu wyłączania zbocza opadającego, do zasilania MOSFET-ów jest używany mały transformatorek w celu zapewnienia izolowanego, „pływającego" napięcia, które jest przełączane przez optoizolator nadzorowany mikrosterownikem.

Aby uprościć schematy związane z naszym cyfrowym sterownikiem oświetlenia, używamy sprytnego małego układu, który łączy wszystkie cechy izolacji i transferu mocy w maleńkiej obudowie SOIC-8. Jest to układ scalony izolowanego sterownika MOSFET-ów Si8751AB, wcześniej stosowany w naszym inteligentnym module ładowania akumulatorów, SC z grudnia 2019 roku (www.siliconchip.com.au/Article/12159).

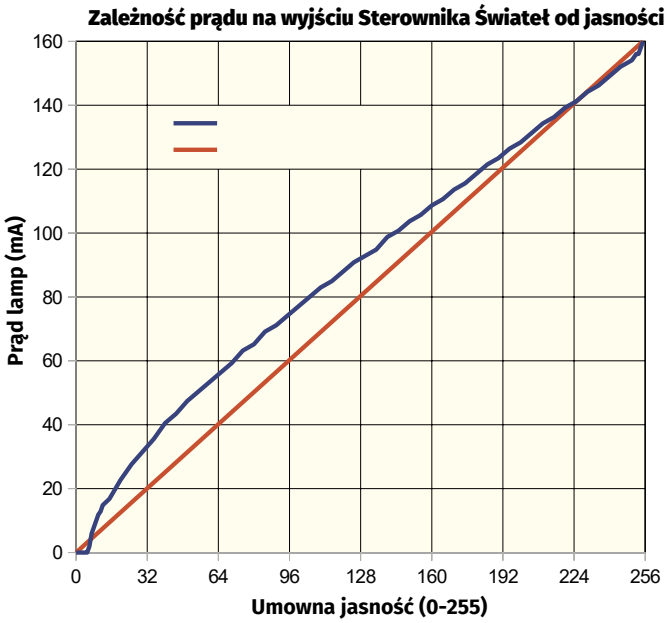
Interfejs sterowania oświetleniem

Aby uczynić cyfrowy sterownik oświetlenia bardziej elastycznym, zastosowaliśmy prosty dwuprzewodowy interfejs szeregowy między jednostkami: sterującą i podrzędną.

Użyty sposób komunikacji inspirowany jest protokołem DMX-512, który znajduje zastosowanie w profesjonalnych aplikacjach oświetlenia studyjnego i scenicznych. Jak sama nazwa wskazuje, DMX-512 może zaadresować do 512 indywidualnych odbiorników.

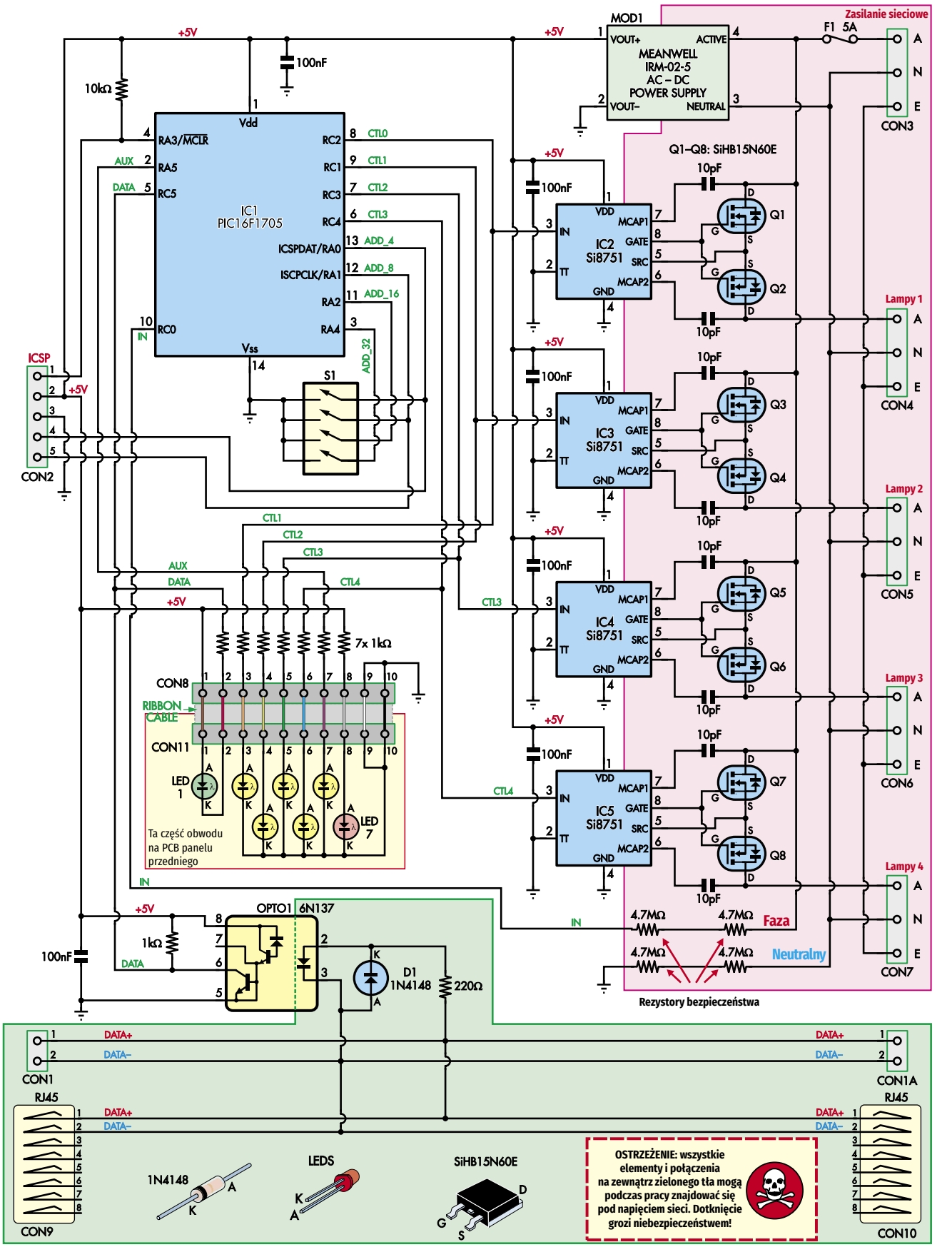
To znacznie więcej niż potrzebujemy, nawet w przypadku dużego wyświetlacza. Protokół DMX-512 działa z prędkością 250 000 bodów przy użyciu symetrycznej (różnicowej) transmisji RS-485. Aby zachować prostotę naszego układu, używamy asymetrycznego łącza szeregowego przy niższej prędkości 38 400 bodów.

To nadal pozwala nam przesyłać wystarczającą ilość danych, aby zaktualizować jasność 64 lamp (lub ich zestawów) raz na jeden cykl sieciowy. Niższa szybkość oznacza, że układ będzie mniej wrażliwy na zewnętrzne szumy i zakłócenia, pomimo braku transmisji różnicowej.



Rysunek 3. prąd pobierany przez lampę (zmierzony) w funkcji ustawionego żądanego poziomu jasności (w krokach 0-255). Linia prosta pokazuje idealną odpowiedź liniową. W praktyce zmienna rezystancja żarnika odpowiada za pewne niewielkie odchylenia od ideału. Istnieją również niewielkie odchylenia na krańcach z powodu czasu włączania MOSFET-ów.

eprasa.pl 5fecf02526



Rysunek 4. Schemat ideowy jednostki podrzednej („Slave”) jest dość prosty dzięki izolowanym sterownikom MOSFET-ów SI8751AB. Dodanie mikrosterownika pozwala na zastosowanie znacznie prostszego protokołu komunikacyjnego w porównaniu z naszymi wcześniejszymi projektami, eliminując konieczność ciągłego wysyłania sygnałów przez jednostkę sterującą („Master”).

eprasa.pl 5fecf02526

Użycie asymetrycznego sygnału szeregowego („single-ended") oznacza, że praktycznie każdy nadajnik, który może wytworzyć przebieg szeregowy, może sterować naszymi „niewolnikami" oświetlenia. Zamiast mikrosterownika, możesz użyć konwertera USB- transmisja szeregowa, aby podłączyć cyfrowy sterownik oświetlenia do komputera.

W kolejnym artykule w przyszłym miesiącu pokażemy, jak podłączyć urządzenia podrzędne do różnych sterowników, a także jak zbudować sterownik na bazie Micromite, który zapewni podobne funkcje jak poprzedni projekt. W tym artykule skoncentrujemy się na opisaniu koncepcji modułów podrzędnych w projekcie.

Jak wspomniano powyżej, łatwo jest również użyć płytki Arduino do sterowania jednostką podrzędną cyfrowego sterownika świateł, a to oznacza, że można również stosować równocześnie nasze podrzędne sieciowe sterowniki oświetlenia z innymi elementami oświetlenia, takimi jak adresowalne paski LED-ów RGB.

Jedną rzeczą, na którą należy zwrócić uwagę, jest to, że będziesz musiał dodać prosty bufor tranzystorowy do większości nadajników magistrali szeregowych, jeśli zamierzasz zarządzać wieloma urządzeniami podrzędnymi, zwłaszcza jeśli planujesz zbliżyć się do ich maksymalnej liczby równej 16. Dzieje się tak dlatego, że wyjście mikrosterownika nie jest w stanie dostarczyć wystarczającego prądu do wysterowania wielu urządzeń podrzędnych na raz, zwłaszcza przy długich przewodach pomiędzy nimi. Na szczęście bufor tranzystorowy jest łatwy do dodania.

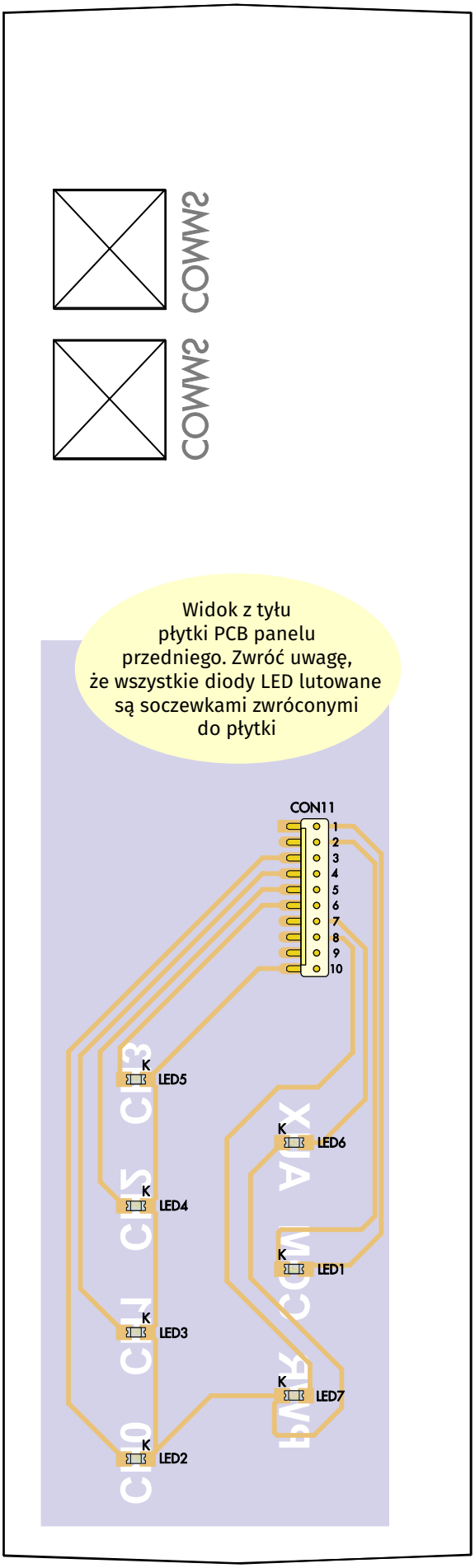
Moduł podrzędny

Pełny schemat ideowy obwodu dla każdego czterokanałowego urządzenia podrzędnego do zarządzania oświetleniem pokazany jest obok. Jest on podzielony na trzy sekcje (czerwono-cieniowana, zielono--cieniowana i reszta), które odpowiadają oddzielnym, izolowanym obszarom na PCB. Napięcia sieciowe są ograniczone do części na tle czerwonym, podczas gdy izolowany stopień wejściowy jest na tle zielonym. Pozostała część pracuje przy napięciu 5 V DC, ale niekoniecznie jest „bezpieczna".

Głównym powodem jest to, że urządzenia, których użyliśmy do odseparowania sekcji zasilania od sekcji 5 V są dostępne tylko w obudowie SOIC. Mimo, że katalogowa izolacja określona jest na 630 V, wymiary pakietu SOIC oznaczają, że nie można spełnić niezbędnych wymogów bezpieczeństwa; pomiędzy stykami po przeciwnych stronach jest odstęp tylko 4,7 mm. Nawet przy wyciętej szczelinie w PCB w środku urządzenia, nie jest to odległość wystarczająca.

Formalnie, 4,7 mm to wystarczająca separacja w większości przypadków, ale może być niewystarczająca w warunkach wysokiej wilgotności lub niskiego ciśnienia powietrza (np. na dużych wysokościach). Nie możemy więc polegać na tym, że IC2-IC5 zapewnią izolację bezpieczeństwa. Mamy zatem dwa stopnie izolacji pomiędzy napięciami sieciowymi a wejściowymi sygnałami sterującymi. Sekcja 5 V jest całkowicie zamknięta od zewnątrz podczas pracy.

Optoizolator OPTO1 dostarczany jest w pakiecie DIL, który z łatwością spełnia wymagania dotyczące bezpieczeństwa. W płytkach drukowanych są wycięte szczeliny w poprzek każdego optoizolatora, aby poprawić odporność na prądy pełzające/powierzchniowe.



Rysunek 5. Schemat montażowy płytki przedniego panelu od spodu – strony montażu elementów. Spód PCB (strona z warstwą miedzi) posiada wycięcia na złącza RJ45. Na widocznej z zewnątrz górnej stronie PCB znajduje się maska (czarny lakier) z pustymi etykietami sygnalizacyjnych diod LED. Na spodzie w warstwie miedzi wytrawione są połączenia oraz pola lutownicze, w tym na diody LED. Zwróć uwagę, że wszystkie elementy są zamontowane na spodzie w nietypowy sposób. Diody LED SMD są przylutowane spodem do góry, tak że świecą przez (i są rozpraszane przez) epoksyd z włóknem szklanym, podczas gdy wtyk kątowy 403-10 jest przylutowany powierzchniowo, tak że laminat tworzy barierę izolacyjną pomiędzy wewnętrznymi obwodami a światem zewnętrznym.

eprasa.pl 5fecf02526

Odbiornik transmisji szeregowej

CON1/CON1a, CON9 i CON10 służą do odbioru transmisji szeregowej lub przekazania go do innego urządzenia podrzędnego. CON9 i CON10 są gniazdami RJ45, co pozwala na zastosowanie tanich kabli CAT 5e. Te dwa gniazda pozwalają na łańcuchowe łączenie sygnału pomiędzy jednostkami zarządzanymi.

CON1 i CON1a służą do celów testowych, lub jeśli chcesz zapewnić inny sposób przesyłania sygnału sterującego. Później omówimy kilka opcji w tym zakresie.

Sygnał przychodzący przechodzi przez rezystor 220 Ω ograniczający prąd diody nadawczej szybkiego optoizolatora 6N137, OPTO1. Dioda 1N4148 (D1) jest podłączona odwrotnie do diody w OPTO1, aby zabezpieczyć ją na wypadek pojawienia się napięcia o odwrotnej polaryzacji.

Kiedy dioda LED wewnątrz OPTO1 jest włączona, styk 6 OPTO1 jest zwierany do masy (masa na styku 5). W innych przypadkach jest on podciągany do potencjału 5 V przez rezystor 1 kΩ podłączony do styku 8. Sygnał ten trafia na wejście 5 mikrosterownika IC1, który jest skonfigurowany do pracy jako odbiornik UART – uniwersalny asynchroniczny nadajnik/odbiornik(Universal Asynchronous Receiver-Transmitter).

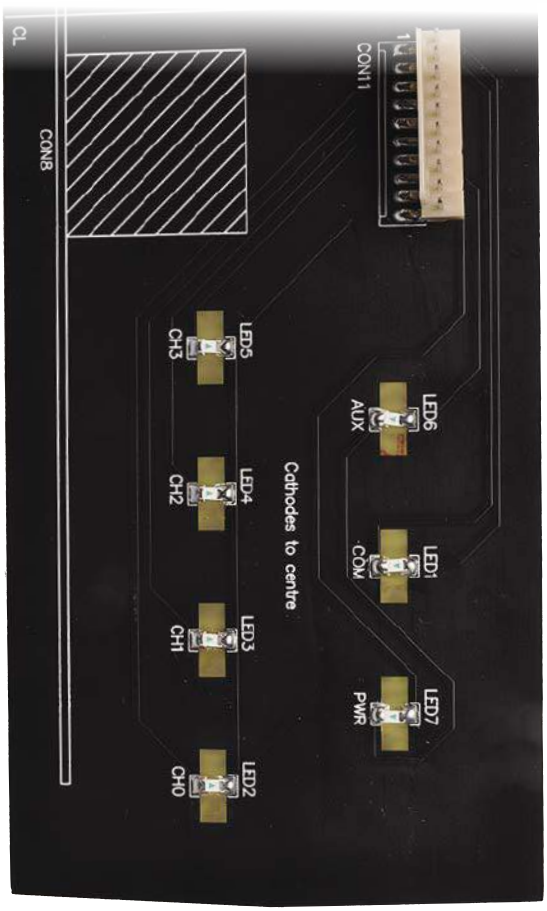
Końcówki 3, 11, 12 i 13 mikrosterownika IC1 są podłączone do każdego ze styków w czterodrożnym przełączniku DIP S1, a pozostałe zaciski S1 są podłączone do masy. Podczas pracy mikrosterownik testuje napięciowo każdy z tych zestyków w S1, co pozwala mu wykryć stan przełącznika.

Cztery przełączniki pozwalają na ustawienie szesnastu kombinacji adresowych, dzięki czemu szesnaście unikalnych jednostek podrzędnych może sterować maksymalnie 64 lampami lub ich zestawami. Przełączniki są wyłączone podczas programowania ICSP, ponieważ zwarcie styków 12 i 13 mikrosterownika do masy zakłóca ten proces.

IC1 to mikrosterownik PIC16F1705, który odbiera sygnały z magistrali szeregowej i steruje MOSFET-ami, aby zapewnić wymaganą jasność dla każdej zarządzanej lampy. PIC16F1705 jest bliskim „kuzynem" PIC16F1455, którego używaliśmy w wielu dotychczasowych projektach.

Główna różnica polega na tym, że PIC16F1705 nie posiada interfejsu USB, ponieważ nie jest on nam potrzebny w tym układzie. 16F1705 jest więc nieco tańszy od 16F1455.

Wejście MCLR na styku 4 układu IC1 jest spolaryzowane do potencjału 5 V przez rezystor 10 kΩ. Ten styk, wraz z końcówkami 12 i 13 łączy się z CON2 – listwą programowania ICSP („in-circuit serial programming"). CON2 nigdy nie może być używany, gdy urządzenie podrzędne jest podłączone do zasilania sieciowego; służy on tylko do wstępnego programowania i nie jest potrzebny, jeśli budujesz urządzenie z wykorzystaniem zaprogramowanego układu, co zawsze polecamy.



Końcowy widok panelu przedniego od spodu, pokazujący, jak lutowane są na swoich miejscach diody SMD. Diody SMD zaprojektowane tak, aby świeciły przez otwór, naruszałyby barierę izolacyjną laminatu z włóknem szklanym. Stąd zastosowanie standardowych diod SMD przylutowanych spodem do góry

Sterowanie oświetleniem zasilanym z sieci

Wyjścia 6, 7, 8 i 9 układu IC1 sterują stykami wejściowymi (końcówki 3) układów IC2-IC5. Są to izolowane sterowniki bramek MOSFET-ów typu SI8751. Zawierają one obwód RF zdolny do przekazywania przez ich wewnętrzną krzemową przerwę izolacyjną wystarczającej mocy do bezpośredniego wysterowania bramki MOSFET-a.

IC2-IC5 posiadają również styk TT (końcówka 2), który ustawia wewnętrzny poziom wyzwalania bramki, a tym samym czas włączenia MOSFET-a. W naszym przypadku jest on połączony z masą dla najszybszego włączenia.

Po stronie wyjściowej IC2-IC5 generują na swoich stykach 8 dodatnie napięcie względem końcówki 5. Są one podłączone odpowiednio do bramki i źródła tranzystorów wyjściowych. MOSFET-y są podłączone przeciwsobnie, ze zwartymi ze sobą bramkami i źródłami. Ich dreny tworzą zewnętrzne połączenia pomiędzy zasilaniem sieciowym a obciążeniem.

Użycie tego układu oznacza, że wewnętrzne diody pasożytnicze są podłączone w przeciwnych kierunkach, co zapobiega przewodzeniu, gdy MOSFET-y są wyłączone.

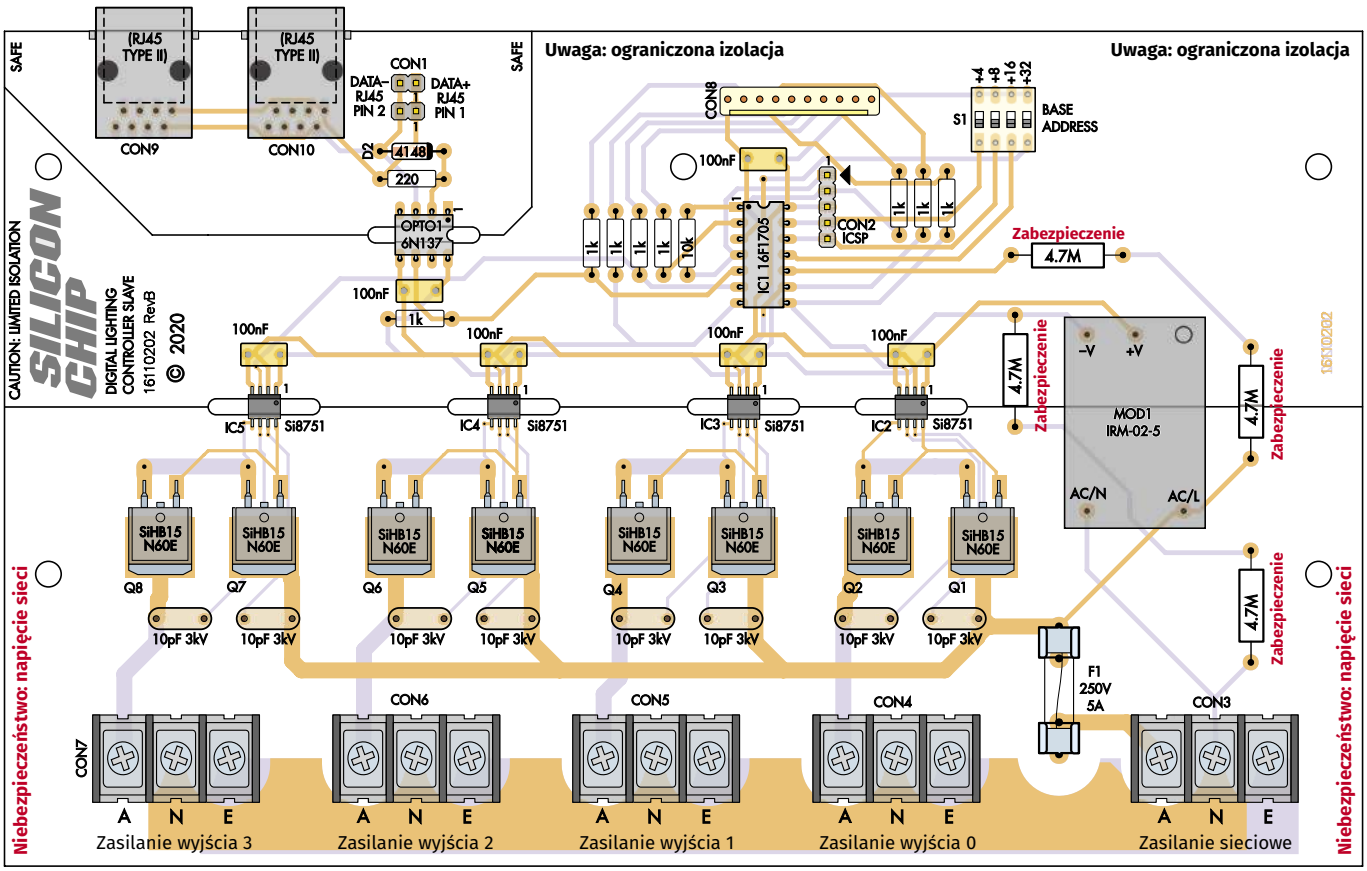
Od red. EdW: Należy zauważyć w tym miejscu, że włączenie jednego z pary przeciwsobnych MOSFET-ów powoduje, że w danym półokresie przebiegu sieciowego prąd płynie przez włączony MOSFET, a następnie przez pasożytniczą diodę [maks. 33 A przy spadku napięcia 1,2 V] drugiego, **wyłączonego** MOSFET-a. Tak więc pasożytnicze diody struktur przełączających są pełnoprawnymi elementami toru sterowania napięciem. Z tego względu NIGDY nie używaj w swoich schematach symbolu MOSFET-a bez uwidocznionej struktury pasożytniczej diody. Patrz też opis ściemniacza światła w grudniowym numerze EdW z 2022r.

W praktyce, włączenie bramki jest dość powolne, zajmuje setki mikrosekund. Jest to spowodowane dość niskim poziomem wysterowania na wyjściu 8 „GATE" układów SI8751, w połączeniu z podwojoną pojemnością złączy: bramka – źródło dwóch MOSFET-ów. Na szczęście, ponieważ włączamy MOSFET-y przy przejściu napięcia sieci przez zero, kiedy chwilowe napięcie jest bardzo niskie i płynie minimalny prąd, rozpraszanie mocy w MOSFET-ach podczas przełączania jest niewielkie.

Wyłączenie jest znacznie szybsze, co jest istotne, gdyż może nastąpić w dowolnym momencie cyklu sieciowego.

Dreny MOSFET-ów są również podłączone poprzez wysokonapięciowe kondensatory 10 pF do styków zatrzaskowych Millera (końcówki 6 i 7) układów IC2-IC5. Scalaki SI8751 posiadają układy, które zatrzaskują potencjał

eprasa.pl 5fecf02526



Rysunek 6. Schemat montażowy płytki głównej jest stosunkowo prosty. Wykorzystuje ona mieszaninę elementów SMD i montowanych przelotowych; generalnie najłatwiej jest najpierw zamontować elementy SMD, potem niskoprofilowe elementy przewlekane, a następnie wyższe części, takie jak złącza. Uważaj na orientację układów scalonych, wtyków kierunkowych, przełączników DIP i diody; wszystkie inne części albo pasują tylko w jedną stronę, albo nie ma to znaczenia. Oczyść pozostałości topnika wokół szczelin, gniazd i rezystorów zabezpieczających, aby zapewnić wystarczające odstępy między nimi. Zwróć uwagę, że ten schemat i zdjęcie obok są reprodukowane w rozmiarze nieco mniejszym niż rzeczywisty, aby zmieścić się na stronie (około 85%)

źródła na bramce (wymuszając w ten sposób wyłączenie MOSFET-a), jeśli wykryte zostaną warunki, które mogłyby nieumyślnie włączyć MOSFET-a. Mogłoby to być spowodowane głównie pasożytniczą wewnętrzną pojemnością pomiędzy każdym drenem MOSFET-a a bramką.

Przeciwsobne pary MOSFET-ów są podłączone pomiędzy wejściem przewodu fazowego i odpowiednim wyjściem przewodu fazy na gniazdach sieciowych CON4-CON7. Połączenia przewodów: neutralnych i ochronnych na CON4-CON7 łączą się z tymi samymi zaciskami na wejściu zasilania, CON3.

Kiedy para MOSFET-ów jest wyłączona, przez jej obciążenie nie płynie żaden prąd, ale kiedy para MOSFET-ów jest włączona, prąd może płynąć, więc dołączona do gniazd sieciowych CON4-CON7 lampa świeci.

Wykrywanie przejścia przez zero

Aby wykryć fazę i moment przejścia przez zero sinusoidy sieciowej, po dwa połączone szeregowo wysokonapięciowe rezystory bezpieczeństwa 4,7 MΩ łączą: przewód neutralny z masą obwodu 5 V, oraz przewód fazowy z wejściem 10 „RCO” IC1.

Od red. EdW: Oznacza to oczywiście, że układ sterownika oświetlenia MUSI być podłączony do sieci tak, aby przewody: fazowy i neutralny trafiły do odpowiednich końcówek gniazda zasilania CON3! Odwrotne połączenie może uniemożliwić działanie!

Ten obwód o wysokiej impedancji wystarcza do bezpiecznego wykrywania polaryzacji, a tym samym (gdy polaryzacja zmienia się przy przejściu przez zero), fazy przebiegu sieciowego.

Wskaźnik stanu

Kilka diod LED na przednim panelu, zamontowanych na osobnej płytce drukowanej, wskazuje stan urządzenia podrzędnego. Każda dioda ma na płycie głównej rezystor 1 kΩ ograniczający prąd.

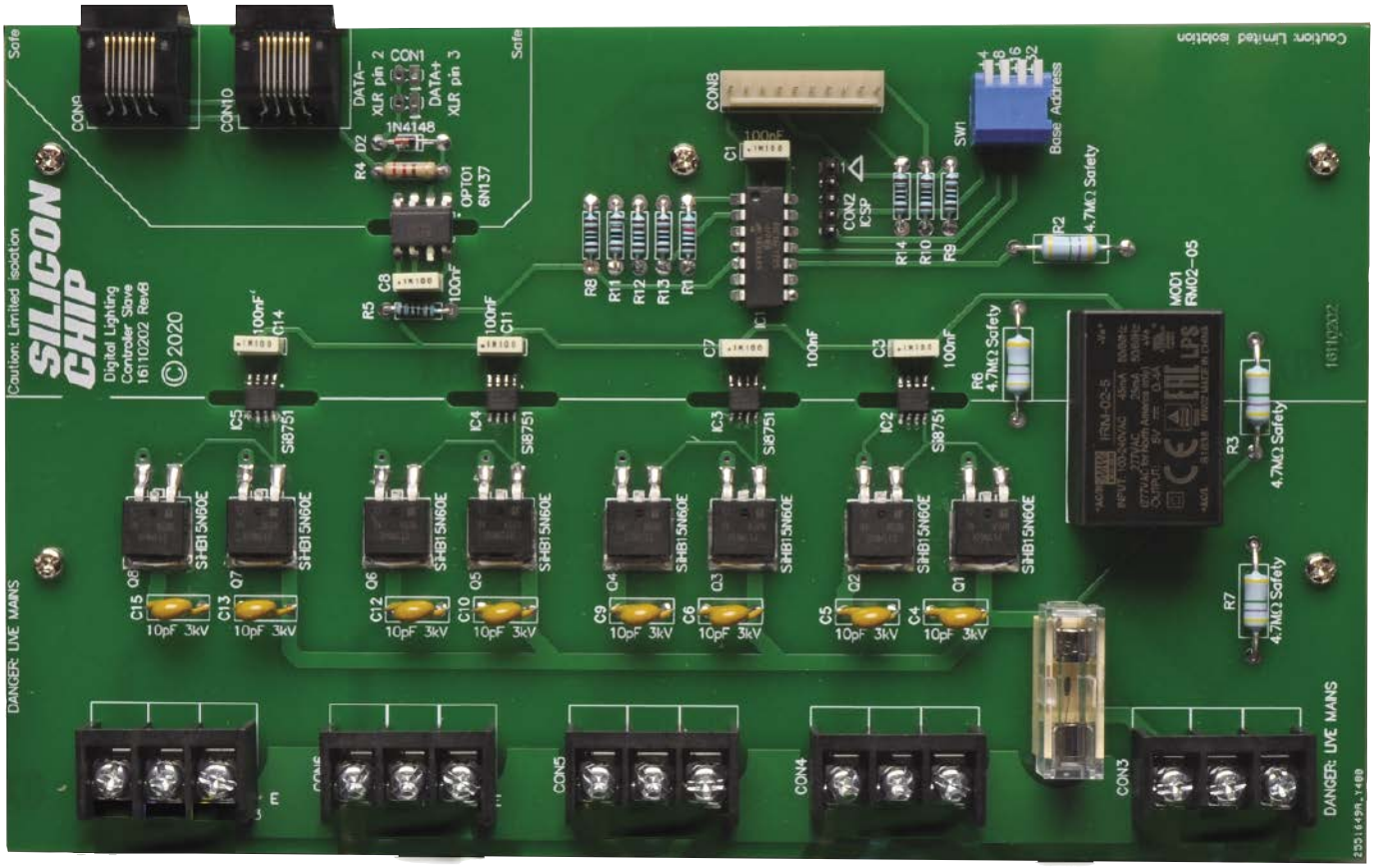
Dioda LED1 świeci, gdy wyjście OPTO1 jest w stanie niskim. Ponieważ stanem spoczynku danych szeregowych jest stan wysoki, dioda LED1 jest wyłączona do momentu wystąpienia aktywności na magistrali szeregowej.

Pozostałe diody LED świecą się, gdy poziom sygnału związany z nimi jest wysoki. Diody LED2-LED5 są zasilane przez te same sygnały, które są podawane do scalonych sterowników MOSFET-ów, a więc pokazują stany wyjściowe. Ze względu na charakterystykę widzenia przez oko, nawet bardzo niski poziom wyjściowy lampy pokazuje się wyraźnie na diodach LED.

LED6 jest podłączona do styku 2 układu IC1 (który nie jest wykorzystywany do niczego innego) i służy do sygnalizacji kodów błędu. LED7 jest podłączona do szyny 5 V, więc wskazuje, kiedy dostępne jest zasilanie 5 V.

Płytka panelu przedniego łączy się z płytką główną za pomocą krótkiego, 10-cio przewodowego kabla taśmowego. Diody LED są zamontowane spodem do góry, aby mogły świecić przez PCB i podświetlać litery wykonane w masce z lakieru na PCB. Poza zapewnieniem wyraźnych napisów, użycie PCB jako panelu przedniego oznacza również, że zapewniony jest lepszy poziom izolacji niż gdyby, powiedzmy, diody LED były zamontowane przez otwory w panelu przednim.

eprasa.pl 5fecf02526



Chociaż żadna z części SMD na tej płytce nie jest specjalnie trudna do lutowania, musisz użyć odpowiedniej techniki, aby uniknąć frustracji lub złych połączeń. Zalecamy rozprowadzenie pasty z topnikiem na dużych polach lutowniczych dla MOSFET-ów Q1-Q8 przed umieszczeniem elementu. W ten sposób, gdy nałożysz lut na wypustki, będzie on łatwo przepływał pod radiatorami podzespołów i utworzy dobre połączenie z płytką PCB. Do lutowania tych płytek potrzebne jest gorąca lutownica ze względu na masę termiczną tych elementów. Montaż układów scalonych IC2-IC5 jest prosty, ale upewnij się, że jeśli zmostkujesz jakieś styki, usuniesz potem te mostki za pomocą plecionki lutowniczej i odrobiny dodatkowego topnika.

Zasilanie

Zasilanie sieciowe jest doprowadzone poprzez zaciski śrubowe CON3. Prąd płynie przez 5 A bezpiecznik F1, który chroni przed wszelkimi usterkami na PCB i dalej, włączając w to podłączone lampy.

Oprócz zasilania lamp (poprzez MOSFET-y w przypadku linii fazy), linie fazy i neutralna zasilają również MOD1, zintegrowany konwerter impulsowy zamiany 230 V AC na 5 V DC.

Jest on w stanie dostarczyć moc 2 W (tj. 400 mA), co jest wystarczające dla tego układu. MOD1 posiada izolację napięciową ponad 3 kV AC i ma ponad 25 mm odstępu pomiędzy stykami wejściowymi i wyjściowymi. Jego wyjście 5 V zasila wszystkie układy scalone na płytce (IC1-IC5) oraz OPTO1. Każdy z nich ma lokalny kondensator bocznikujący zasilanie o pojemności 100 nF.

Protokół szeregowy

Dla zachowania prawidłowej polaryzacji sygnału, linia danych przychodzących DATA– (która łączy się ze stykiem 2 gniazd RJ45 CON9 i CON10) jest źródłem danych szeregowych, natomiast linia DATA+ powinna łączyć się z szyną zasilania źródła sygnału (np. 3,3 V lub 5 V). W ten sposób przez diodę OPTO1 będzie płynął prąd w momencie transmisji niskiego stanu logicznego, co oznacza, że wyjście OPTO1 będzie w fazie z przychodzącym sygnałem.

Możesz uruchomić jednostkę zarządzaną sygnałem o poziomie RS-232, który zwykle ma zmianę potencjału sygnału w rodzaju ±12 V. W tym przypadku DATA+ łączy się z linią sygnałową TX, a DATA- idzie do masy magistrali RS-232. Ponieważ sygnały RS-232 są w przeciwfazie w stosunku do sygnałów TTL, to dzięki opisanej inwersji na OPTO1 sygnał idący do IC1 ma prawidłową fazę.

W każdym przypadku dioda D1 zapobiega uszkodzeniu, jeśli sygnał zostanie źle podłączony.

Duża część naszego protokołu szeregowego została zapożyczona z DMX-512, co powinno umożliwić wykorzystanie istniejących bibliotek programowych do wygenerowania niezbędnego kodu, mimo że poziomy sygnału elektrycznego są różne. Będziesz jednak musiał dostosować szybkość transmisji do 38 400 bodów.

„Ramka" DMX-512 zawiera wystarczającą ilość danych, aby ustawić stan wszystkich adresowanych urządzeń; stan urządzenia podrzędnego (poziomy jasności) nie zmienia się, dopóki nie otrzyma ono „ramki" nakazującej mu uaktualnienie tego stanu.

W dokumentacji protokołu DMX-512 mowa jest o stanach „mark" („znak") i „space" („spacja"). Jak większość protokołów szeregowych, stan „mark" jest taki sam jak stan bezczynności (brak wysyłanych danych), czyli logiczna „1". Spacja jest tym samym co logiczne „0". W większości przypadków jest to podobne do innych protokołów szeregowych. Pojedyncze „0" (spacja) rozpoczyna każdy bajt, po czym następuje osiem bitów danych i pojedyncza „1" („mark"). [Klasyczne: 8 bitów, bit stopu, bez bitu parzystości].

Aby zsynchronizować nadajnik i odbiornik, do odbiornika linii szeregowej wysyłany jest stan „break" („przerwanie"). Jest to stan spacji o długości co najmniej 20 bitów. Jest to rozpoznawane przez odbiornik, gdyż normalne dane nie mogą zawierać poziomu spacji dłuższej niż dziewięć cykli bitowych (spacja startu + osiem bitów o wartości „0").

eprasa.pl 5fecf02526

W naszym przypadku peryferia szeregowe IC1 mogą wykryć przerwę o długości 13 cykli bitowych lub dłuższą, więc po prostu wykorzystujemy ten warunek. Objawia się on jako błąd ramki danych z bajtem danych o wartości 0x00 (wszystkie bity o poziomie spacji).

Pierwszy bajt po „przerwie" nazywany jest kodem startowym, który identyfikuje typ danych, które znajdują się w wysyłanej ramce. Kod startowy o wartości 0x00 służy do wskazania, że kolejne dane powinny być wykorzystane do ustawienia poziomów kanałów; w naszym przypadku cyklu pracy ściemniacza, a tym samym jasności lampy.

Po tym bajty są wysyłane w kolejności urządzeń, do których są adresowane. Drugi bajt po przerwie jest dla urządzenia 0, następny dla urządzenia 1 itd. Przy szybkości transmisji 38 400 bodów przesyłanie danych dla 64 kanałów trwa około 17 ms, więc w razie potrzeby aktualizacje mogą następować 60 razy na sekundę.

Działanie oprogramowania

Po włączeniu zasilania, IC1 sprawdza swój adres poprzez zapytanie o stany przełączników w tablicy S1. W ten sposób adres nie może być zmieniony podczas pracy (zresztą nie powinno się mieć otwartej obudowy pod napięciem!).

Ponieważ każdy moduł podrzędny może sterować czterema gniazdami, przełączniki adresowe są oznaczone jako +4, +8, +16 i +32. Ustawienie wszystkich przełączników w pozycji wyłączonej będzie oznaczało, że dana jednostka podrzędna reaguje na adresy 0, 1, 2 i 3. Aby ustawić kolejne adresy, 4, 5, 6 i 7, należy ustawić przełącznik +4 w pozycji „zwarty" („On"). Przy wszystkich przełącznikach ustawionych na „zwarte" całkowity adres bazowy wynosi +60, a więc moduł podrzędny akceptuje adresy 60, 61, 62 i 63.

Gdy UART otrzyma sygnał przerwania, wewnętrzny licznik zostaje wyzerowany. Pierwszy bajt jest sprawdzany w celu zapewnienia, że dane kanału są wysyłane (kod startowy 0x00) i licznik kontynuuje inkrementację (zwiększanie stanu licznika) dla każdego odebranego bajtu. Wszelkie inne kody startowe są ignorowane.

Jeśli przychodzące dane są adresowane do jednego z wyjść sterowanych przez jednostkę podrzędną, wewnętrzna zmienna jest aktualizowana o nowe ustawienie natężenia. Nie ma zatrzasku synchronizującego, ponieważ wyjście może być włączone tylko na początku każdego cyklu, ale oprogramowanie stale sprawdza, czy należy wyłączyć to wyjście.

Ze względu na stosunkowo wolny czas włączania układów scalonych zasilających bramki MOSFET-ów, musimy ustawiać wyjścia sterujące bramkami w stan wysoki z niewielkim wyprzedzeniem. Jest to możliwe dzięki temu, że detekcja przejścia przez zero nie jest całkiem na poziomie zera.

Oznacza to, że wejście detekcji zera zmienia stan nieco przed faktycznym wystąpieniem zera w jednym kierunku i nieco po w drugim. Używamy więc wczesnej zmiany stanu wejścia do wyzwolenia początku cyklu włączenia MOSFET-ów, z wewnętrznym licznikiem śledzącym, kiedy MOSFET-y powinny zostać wyłączone.

Używamy również wewnętrznego licznika do określenia czasu, kiedy powinno nastąpić włączenie MOSFET-ów przy następnym przejściu przez zero. Logika programowa blokuje również wyzwalania we wcześniejszej fazie każdego cyklu, co czyni układ załączania MOSFET-ów bardziej odpornym na zakłócenia na linii zasilającej.

Mając to na uwadze, układ IC1 włącza każde wyjście skierowane do bramki w okolicach przejścia przez zero (jeśli ustawienie jasności nie jest zerowe). Następnie wyłącza je w odpowiednim momencie podczas każdego półcyklu sieciowego, chyba, że zażądano 100% cyklu pracy, wtedy wyjście pozostaje włączone w sposób ciągły.

W celu uzyskania bardziej liniowej zależności między wartością wejściową a jasnością wyjścia stosowana jest tablica zawierająca współczynniki skalujące. Jest to konieczne ze względu na sposób, w jaki napięcie zmienia się w każdym półcyklu.

Na przykład, aby osiągnąć 1/4 intensywności świecenia lampy, wyjście jest ustawione na jedną trzecią część cyklu, ponieważ obszar pod idealnym (sinusoidalnym) przebiegiem sieciowym jest taki sam dla środkowej (szczytowej) części, jak dla pozostałych dwóch trzecich łącznie (ponieważ całka przebiegu sinusoidalnej między 0° a 60° ma taką samą wartość jak całka przebiegu sinusoidalnego między 60° a 90°).

Oczywiście rzeczywista odpowiedź będzie zależała od charakteru podłączonej lampy; lampy żarowe i diody LED będą się różnić, ale wynik będzie bliższy liniowemu niż bez tej kompensacji (patrz rysunek 3).

Wreszcie, styk 2 jest doprowadzany do stanu wysokiego, jeśli wystąpi błąd, na przykład, jeśli nie zostanie wykryte przejście przez zero przez okres dłuższy niż oczekiwany. Sposób sterowania wyjściami oznacza, że będą one domyślnie wyłączone, jeśli nie zostanie wykryte żadne przejście przez zero.

Interesującą cechą programu jest to, że nie musi on używać procedur przerwań do reagowania na zdarzenia, ponieważ zazwyczaj nic się nie dzieje. Tak więc główna część programu składa się z niczego więcej niż sprawdzania flag stanu przerwań i reagowania w razie potrzeby.

Oprogramowanie zostało zaprojektowane do pracy z siecią 50 Hz, ale będzie działać z częstotliwością sieci 60 Hz. Ponieważ wtedy cykle sieci są krótsze, wszelkie wartości jasności powyżej 238 spowodują pełne włączenie. Również kompensacja liniowości nie będzie tak dobrze dopasowana jak przy zasilaniu 50 Hz, ale poza tym będzie w pełni funkcjonalna.

Stosowany przez nas moduł zasilacza impulsowego MOD1 jest w stanie pracować w zakresie napięć zasilających od 100 V. Dzięki temu urządzenie podrzędne jest w pełni zdolne do pracy z praktycznie wszystkimi powszechnie stosowanymi standardami napięcia i częstotliwości sieci.

Budowa

Budowę należy rozpocząć od płytki PCB panelu przedniego, o kodzie 16110203 i wymiarach 251×75 mm. Zawiera ona kilka elementów montowanych powierzchniowo, ale nie są one trudne do przylutowania i zarezerwowano na nie dużo miejsca. Spójrz na schemat montażowy płytki PCB, **rysunek 5**, aby zobaczyć, które części gdzie się znajdują.

Przydatny jest typowy sprzęt do montażu powierzchniowego. Obejmuje to pęsetę, lupę, topnik i plecionkę lutowniczą. W ostateczności może wystarczyć lutownica z precyzyjnymi grotami. Odciąg oparów jest również bardzo dobrym pomysłem, szczególnie przy użyciu topnika, ponieważ będzie on generował trochę dymu.

Siedem diod LED jest zamontowanych nietypowo, soczewkami w kierunku płytki drukowanej. Dzięki temu światło jest rozpraszane przez materiał PCB i maskowane przez przednią warstwę lakieru. Chociaż istnieją diody SMD montowane w pozycji odwrotnej, są one zazwyczaj zaprojektowane tak, aby wpasować się w otwór w płytce drukowanej, a posiadanie takiego otworu zniweczyłoby cel użycia panelu do izolacji.

Można użyć diod do montażu przelotowego, ale stwierdziliśmy, że nie świecą one tak dobrze jak te montowane powierzchniowo.

Nie jest trudno przylutować diody „plecami" do góry, trzeba tylko podczas lutowania zużyć więcej lutu.

Pracuj z diodą każdego koloru po kolei, aby uniknąć ich pomieszania. Nałóż kropelkę lutu na jedną końcówkę każdej diody. Następnie przytrzymaj diody pęsetą, zwracając uwagę na orientację katody oznaczoną na płytce drukowanej (zazwyczaj jest to zielona kropka lub „T").

Ostrożnie manipuluj diodą podczas podgrzewania, starając się umieścić ją we

eprasa.pl 5fecf02526

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

właściwym miejscu. Gdy to zrobisz, przylutuj drugie wyprowadzenie, używając dużej ilości lutu. Jeśli to konieczne, nałóż topnik na pierwszy przewód i ponownie użyj lutownicy, aby wykończyć połączenie.

Przy przechodzeniu z jednego wyprowadzenia na drugie należy odczekać kilka sekund, aby upewnić się, że lut stwardniał. Dioda LED może się przesunąć, jeśli oba wyprowadzenia będą podgrzewane w tym samym czasie.

Chociaż złącze (wtyk 403-10 kątowy) CON11 jest przeznaczone do montażu przewlekanego, jest zamontowane powierzchniowo, aby zachować izolację. Możesz założyć gniazdo 402-10 na szpilki wtyku, aby wyrównać wszystko podczas lutowania. Pozwoli to zachować prawidłowe ułożenie szpilek na wypadek, gdyby plastikowy uchwyt lekko się stopił podczas lutowania.

Sprawdź orientację płytki blokującej w stosunku do sitodruku na PCB i umieść wtyk na swoim miejscu. Stosuje się tu zwykłą filozofię lutowania części montowanych powierzchniowo, tylko z dużo większymi odstępami.

Przylutuj jeden koniec szpilki, sprawdź, czy pozostałe końce szpilek są wyśrodkowane i przylegają do swoich pól lutowniczych, a następnie przylutuj pozostałe końcówki. Jeśli to konieczne, wróć i przelutuj pierwszą. Być może zechcesz przylutować drugie końce zagiętych szpilek, aby dodać im dodatkowej wytrzymałości.

Minusem tego sposobu montażu jest to, że wytrzymałość mechaniczna wtyku nie jest tak dobra jak przy normalnym montażu przewlekanym. Należy więc uważać przy późniejszym podłączaniu i odłączaniu kabla. Gdy już potwierdzisz, że wszystko działa, możesz zabezpieczyć wtyk neutralnie utwardzanym uszczelniaczem silikonowym. Nie używaj uszczelniacza octowego, ponieważ może on spowodować korozję.

Montaż głównej płytki drukowanej

Kontynuuj teraz montaż głównej płytki PCB, oznaczonej kodem 16110202, o wymiarach 216×133 mm. **Rysunek 6** to jej schemat montażowy, na którym należy się wzorować czytając poniższe instrukcje.

Zamontuj elementy SMD (IC2–IC5) nakładając pastę topnikową na pola lutownicze i lutując układy scalone w obudowie SOIC po jednym styku. Zwróć uwagę na kropkę orientacyjną i ścięcie, które powinny znajdować się po stronie najbliższej IC1.

W razie potrzeby dopasuj układy scalone, a następnie przylutuj pozostałe końcówki. Jeśli pomiędzy nimi powstanie mostek, przylutuj pozostałe styki i ostrożnie użyj plecionki lutowniczej, aby usunąć nadmiar lutu ze styków, używając w razie potrzeby dodatkowego topnika.

Osiem wyjściowych MOSFET-ów (Q1–Q8) to również elementy SMD, ale nie są one małe, co ułatwia ich lutowanie. Zamontuj je jako następne.

Umieść każdy z MOSFET-ów na swoim miejscu. Upewnij się, że duże wyprowadzenie drenu jest widoczne pod krawędzią MOSFET-a, aby umożliwić lepszy dostęp lutownicą. Tak jak w przypadku innych elementów montowanych powierzchniowo, nałóż pastę z topnikiem (szczególnie ważne na dużym polu) i przylutuj jedno z mniejszych wyprowadzeń (źródło lub bramkę).

Używając pęsety, dopasuj położenie, jeśli to konieczne, upewniając się, że tranzystor leży płasko na PCB. Po wykonaniu tych czynności przylutuj drugą małą końcówkę do swojego kontaktu.

Powinno być wystarczająco dużo miejsca, aby delikatnie naciskać lutownicą na wyprowadzenie, jednocześnie wprowadzając lut w miejsce, gdzie wyprowadzenie dotyka pola lutowniczego.

W przypadku większego wyprowadzenia, dodaj trochę lutu do grota lutownicy i delikatnie przyciśnij ją do miejsca, gdzie duża wypustka MOSFET-a styka się z podkładką. Podaj lut w pobliżu, wykorzystując podgrzaną końcówkę tranzystora do stopienia lutu. Gdy końcówka jest wystarczająco gorąca, lut będzie się topił i rozpływał swobodnie. Może być konieczne zwiększenie temperatury lutownicy, aby to osiągnąć.

Wprowadź tyle lutu, aby utworzyć spoinę na całej szerokości lutowanego elementu, a następnie odsuń lutownicę i lut. Pozostaw podzespół nieruchomo na kilka sekund, aż lut się zestali.

Po zamontowaniu IC2–IC5 i Q1–Q8, wyczyść nadmiar topnika z płytki drukowanej za pomocą zalecanego środka czyszczącego (rozpuszczalnika), zwłaszcza, że niektóre z tych części znajdują się nad szczeliną izolacyjną. Po wyczyszczeniu pozostaw płytkę do pełnego wyschnięcia.

Wykaz elementów, kupuj w sklep.avt.pl (W-wa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):
1 dwustronna główna płytka drukowana o kodzie 16110202 i wymiarach 216x133 mm
1 dwustronna płytka panelu przedniego o kodzie 16110203 i wymiarach 251x75 mm
1 obudowa z ABS (260x190x80 mm) [Altronics H0482, Jaycar HB5910].
3 wkręty M3×6 z łbem walcowym
2 śruby M3×20
2 poliamidowe kołki dystansowe dł. 12 mm
1 arkusz izolacji preszpanowej lub podobnej, przycięty do wymiaru 215x100 mm [np. Jaycar HG9985].
2 listwy kołkowe 2-szpilkowe (CON1, CON1a; opcjonalnie)
1 listwa kołkowa 5-szpikowa (CON2; opcjonalnie, dla ICSP)
5 3-stykowych zacisków śrubowych, raster 8,25 mm (CON3-CON7) [Altronics P2102]
1 wtyk 403-10 do druku prosty (CON8) [Jaycar HM3420, Altronics P5500]
1 wtyk 403-10 do druku kątowy (CON11) [Jaycar HM3430, Altronics P5520]
2 gniazda RJ45 do montażu na PCB (CON9, CON10) [Altronics P1448]
2 gniazda 402-10 z kompletem styków [Jaycar HM3410, Altronics P5480 + 10×P5470A]
1 kabel taśmowy płaski 10-cioprzewodowy długości 10 cm lub podobny
1 osłonięta oprawka bezpiecznikowa M20x5 (dla F1) [Altronics S5985]
1 bezpiecznik 5 A M20x5 szybki (F1)
1 konwerter impulsowy Meanwell IRM-02-5 230 V AC na 5 V DC 2 W # (MOD1) [Digi-key 1866-3009-ND]
1 przełącznik 4-drożny DIP (S1)
1 podstawka DIL-14 IC (opcjonalnie; dla IC1)

Półprzewodniki:
1 mikrosterownik PIC16F1705-I/SP zaprogramowany za pomocą wsadu 1611020A.HEX (IC1)
4 izolowane sterowniki bramek MOSFET-ów Si8751AB, obudowa SOIC-8 (IC2-IC5) #
1 szybki optoizolator 6N137, DIP-8 (OPTO1) #
8 MOSFET-ów SiHB15N60E 600V SMD, obudowa TO-263 (Q1-Q8) #
1 zielona dioda LED SMD w rozmiarze 1206 (LED1) #
5 żółtych diod LED SMD w rozmiarze 1206 (LED2-LED6) #
1 czerwona dioda LED SMD w rozmiarze 1206 (LED7) #
1 dioda 1N4148 (D1)

Kondensatory:
6 kondensatorów foliowych 100 nF 63 V MKT
8 kondensatorów ceramicznych wysokonapięciowych 10 pF 3 kV SL0 #

Rezystory: (wszystkie ½ W 1% metalizowane osiowe, oprócz zaznaczonych)
1 szt. 10 kΩ 8 szt. 1 kΩ 1 szt. 220 Ω
4 szt. 4,7 MΩ 3,5 kV rezystory bezpieczeństwa # (np. VR37000004704JA100)

Złącza sieciowe (zastosuj wg opisu w tekście; ew. alternatywy – patrz tekst), oraz:
1 dławik kablowy pasujący do przewodu zasilającego
1 odcinek długości 1 m 3-żyłowego sieciowego przewodu zasilającego o obciążalności 10 A (może być wycięty z przedłużacza)
10 małych zaciskowych opasek kablowych

Te elementy są dostępne jako część pakietu trudno dostępnych podzespołów w SILICON CHIP ONLINE SHOP (nr kat. SC5636), co nie znaczy, że nie znajdziesz ich u innego dostawcy. Zaprogramowany mikrosterownik i PCB są sprzedawane oddzielnie

eprasa.pl 5fecf02526

Elementy do montażu przelotowego

W przypadku wszystkich pozostałych części na tej płytce, należy upewnić się, że mają one niezawodne połączenia lutowane bez nadmiaru lutu i odpowiednio przycięte wyprowadzenia, aby nie wpłynąć na izolację bezpieczeństwa.

Zacznij od zamontowania czterech rezystorów bezpieczeństwa 4,7 MΩ, które są nieco większe niż pozostałe. Upewnij się, że połączenia są solidne i czyste, bez nadmiaru lutu. Następnie zamontuj pozostałe rezystory, a potem kondensatory. Żaden z nich nie jest spolaryzowany; zapoznaj się z rysunkiem 6, aby zobaczyć, które typy gdzie pasują.

Zamontuj pojedynczą diodę (D1), pamiętając o zorientowaniu jej paska katodowego tak, jak pokazano na rysunku. Następnie włóż bezpiecznik do styków, aby je wyrównać i upewnić się, że są prawidłowo zorientowane, przed wlutowaniem ich na miejsce. Potem na razie usuń bezpiecznik.

Następnie zamontuj OPTO1. Delikatnie zagnij jego wyprowadzenia do środka i wprowadź do płytki drukowanej, tak aby styk 1 znalazł się po „bezpiecznej" stronie bariery izolacyjnej. Przylutuj po jednej końcówce z każdej strony, sprawdzając czy część leży płasko na PCB przed przylutowaniem reszty.

Możesz zamontować podstawkę dla IC1, ale nie jest to konieczne, jeśli jest on już zaprogramowany. Powinien on być zamontowany tak, aby jego końcówka 1 przylegała do kondensatora 100 nF.

Teraz należy zamontować złącze CON2, ale tylko wtedy, gdy trzeba będzie jeszcze zaprogramować IC1. Następnie zamontuj CON8, ale ponieważ jest to wtyk kierunkowy, musisz go również odpowiednio zorientować. Możesz także zamontować teraz dwuszpilkową listwę kołkową CON1 lub CON1a (są one połączone równolegle). Nie są one potrzebne do regularnej pracy, ale mogą być przydatne do testów.

CON9 i CON10 to gniazda RJ45, których obudowy przechodzą przez panel przedni. Dlatego oba muszą być zamontowane, niezależnie od tego, czy planujesz ich używać, bo inaczej w panelu powstanie dziura (a to byłoby niebezpieczne).

Pracując z jednym gniazdem na raz, wsuń jego końcówki w płytkę drukowaną i przylutuj jedną szpilkę. Sprawdź, czy gniazdo jest proste, ponieważ w przeciwnym razie może nie pasować do panelu przedniego. Dobrym pomysłem jest przetestowanie przylegania panelu przedniego przed wlutowaniem pozostałych kontaktów gniazd.

S1 może być zamontowany w dowolny sposób, ale sensowne jest zamontowanie go w taki sposób, aby przełączniki były włączone w kierunku adresów przy krawędzi płyty. W razie potrzeby sprawdź to multimetrem przed wlutowaniem na miejsce. Jeśli musisz zaprogramować IC1, upewnij się, że wszystkie przełączniki są początkowo wyłączone.

Moduł przetwornicy MOD1 pasuje tylko w jednym położeniu, ale najpierw sprawdź dwukrotnie oznaczenia. Strona oznaczona AC musi być najbliżej złącza zasilania sieciowego. Następnie przylutuj i przytnij wyprowadzenia.

Ostatnimi elementami na płytce jest pięć zacisków śrubowych do podłączenia kabli sieciowych. Przylutuj je na miejscu, trzymając płasko przy płytce PCB.

Kabel do panelu przedniego

Kabel przyłączeniowy panelu przedniego to 10-cioprzewodowy kabel taśmowy z kierunkowymi gniazdami 402-10 na obu końcach, połączony prosto (tj. styk 1 do styku 1 itd.). Oba końce będą wyglądać tak samo i nie ma znaczenia, do której płytki zostaną włożone. Szczegóły znajdują się na **rysunku 7**.

Rozdzielamy przewody na każdym końcu kabla taśmowego, zdejmujemy trochę izolacji, a następnie zaciskamy dedykowanymi szczypcami i/lub lutujemy je do styków gniazda 402-10. Podczas wciskania styków w plastikowe obudowy, mały sprężysty występ blokady musi być skierowany w stronę długiego boku, w którym znajdują się niewielkie otworki. Upewnij się, że wciśnięte do obudowy styki zatrzasnęły się z wyraźnie wyczuwalnym (i słyszalnym) kliknięciem. Ewentualnie użyj małego śrubokręta, aby wcisnąć je dalej, jeśli to konieczne, a także sprawdź, czy styki są w odpowiedniej kolejności na każdym końcu.

Po zakończeniu podłącz je na obu końcach, aby połączyć obie płytki.

Programowanie PIC

Jeśli musisz zaprogramować PIC, teraz jest odpowiedni moment. Zalecamy użycie PICkit 3 lub PICkit 4 z oprogramowaniem MPLAB X IPE. MPLAB X można pobrać ze strony https://tiny.pl/cx73p.

Najnowsza wersja obsługuje tylko komputery z procesorami64-bitowymi, ale starsze wersje można pobrać ze strony https://tiny.pl/cx73l.

Podłącz programator do CON2 i otwórz IPE. Wybierz PIC16F1705 z rozwijanego menu „Device". Będziesz musiał również włączyć „Power target from tool" w zakładce „Power".

Kliknij „Apply", a następnie „Connect" i upewnij się, że komunikacja działa. Jeśli nie, należy sprawdzić, czy płytka drukowana jest prawidłowo zmontowana.

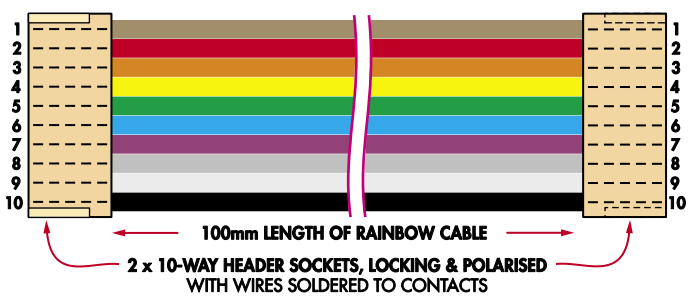
Przejdź do pliku HEX, klikając „Browse" i znajdź „1611020A.HEX" (do pobrania z naszej strony), a następnie kliknij „Program". Jeśli obserwujesz diody LED na panelu przednim, powinieneś zobaczyć, że dioda PWR zapala się, gdy PICkit podłącza zasilanie do układu.

Montaż końcowy

Obie płytki PCB mogą być teraz zamontowane w obudowie. Główna płytka PCB znajduje się z przodu obudowy, aby zapewnić z tyłu miejsce na gniazda sieciowe. Mocuje się ją do pięciu plastikowych słupków za pomocą śrub M3, przy czym dłuższe śruby i podkładki są używane do dwóch otworów najbliżej gniazd zasilania sieciowego (i służą później do mocowania osłony izolacyjnej). Gdy gniazda są już zamontowane, możesz wsunąć na miejsce płytkę PCB panelu przedniego.

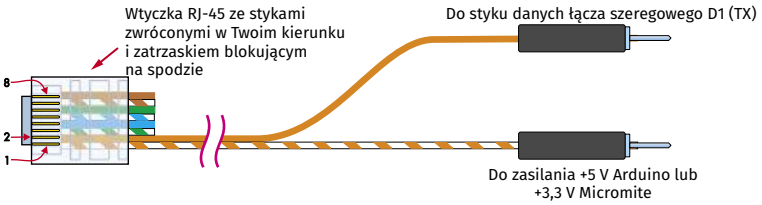
Aby utrzymać jednostkę podrzędną w jak najbardziej zwartej formie, używamy gniazd sieciowych do montażu podtynkowego. Wymagają one specjalnego wycięcia, aby mogły być bezpiecznie mocowane. Przy wycinaniu otworu jak najdokładniej przydatna będzie wiertarka, a następnie wykończenie pilnikiem lub nożykiem modelarskim. Od Red. EdW: ze względu na inny system gniazd sieciowych w Australii ten fragment budowy pozostawiamy inwencji Czytelników. Na rynku jest olbrzymi wybór gniazd sieciowych (koniecznie z bolcem ochronnym), w tym gniazda przeznaczone do montażu w obudowie, np. w meblach, boazerii itd. Podajemy tylko niezbędne informacje, abyś mógł wykonać poprawnie ten fragment projektu.

Jak pokazano na rysunku, należy również wywiercić otwór dla zasilającego przewodu



Rysunek 7. Kabel łączący panel przedni z płytką główną wykonany jest z pary kierunkowych gniazd 402-10 podłączonych na końcach 10-ciożyłowego płaskiego przewodu taśmowego. Każde gniazdo jest okablowane tak samo, więc nie ma znaczenia, jak podłączysz kabel do płytek. Po połączeniu panelu przedniego z główną płytką PCB, w przypadku prawidłowego zamontowaniu w obudowie, styki w gniazdach będą się znajdować w linii naprzeciwko siebie.

eprasa.pl 5fecf02526



Rysunek 8. Prosty przewód testowy można wykonać z kabla z wtyczką RJ45 na jednym końcu (np. kabel Ethernet przecięty na pół) z wtyczkami kołkowymi lub męskimi zworkami dołączonymi do dwóch gołych żył. Używane przez nas kable miały pokazane kolory, choć inne mogłyby być inaczej podłączone. Styk 1 idzie do zasilania 5 V Uno, a sąsiedni przewód do styku D1 (TX). Pozwala to na użycie płytki Micromite lub Arduino do testowania jednostki podrzędnej („Slave")

sieciowego. Otwór jest dostosowany do rozmiaru dławika kablowego.

Przed zamontowaniem w panelu należy wstępnie okablować każde gniazdo, ponieważ dostęp do nich będzie trudniejszy, gdy znajdą się na panelu.

Od razu, na początku zaznaczamy i przestrzegamy: sposób okablowania gniazd i wtyczek EU nie jest znormalizowany. Redakcja EdW wzięła dwa przypadkowe kable sieciowe z zalaną fabrycznie wtyczką z bolcem ochronnym – każda z nich miała inaczej podłączone przewody: fazowy i neutralny.

Dla zachowania porządku i ładu umówmy się, że Twoje gniazdka sieciowe zostaną zamontowane na panelu tylnym z bolcem ochronnym u góry, a patrząc z zewnątrz lewy styk gniazda połączony będzie z przewodem fazowym (brązowym), prawy styk z przewodem neutralnym (niebieskim), zaś bolec ochronny z przewodem ochronnym (żółto-zielonym).

Utnij cztery kawałki trzyżyłowego kabla sieciowego długości 15 cm każdy i zdejmij zewnętrzną izolację z około 5 cm na każdym końcu. Odetnij po 2 cm od końca przewodu fazowego i neutralnego na jednym końcu. Ponieważ przewód ochronny jest dłuższy, w awaryjnym przypadku wyrwania kabla zostanie on odłączony od zacisków jako ostatni (względy bezpieczeństwa). Następnie zdejmij po 6 mm izolacji z obu końców każdej żyły wewnętrznej.

Przykręć skrócone żyły: fazową (brązową) do lewego styku, a neutralną (niebieską) do prawego styku każdego z 4-ch Twoich gniazd sieciowych, patrząc od ich frontu. Dłuższy przewód ochronny (żółto-zielony) przykręć do zacisku bolca ochronnego. Jeśli sposób montażu gniazd na panelu tylnym tego wymaga, przełóż kable przez otwory w panelu tylnym.

Zamocuj drugie, nie skrócone końce kabli w zaciskach śrubowych CON4-CON-7 panelu: brązowy w zacisku fazowym (A lub L), niebieski w zacisku neutralnym (N) i zielony/żółty w zacisku ochronnym (E). Przymocuj gniazda sieciowe do tylnego panelu przy pomocy otworów montażowych.

Izolacja

Aby upewnić się, że nie można przypadkowo dotknąć żadnego z odsłoniętych przewodów połączonych z siecią, należy wyciąć z preszpanu lub podobnego materiału izolacyjnego arkusz o wymiarach 215×100 mm i wywiercić lub wyciąć w nim dwa otwory o średnicy 3,5 mm, wyśrodkowane po 6,5 mm od krótszych końców arkusza (tj. 202 mm od siebie).

Jeśli nie jesteś pewien jak to powinno wyglądać, zapoznaj się z naszymi zdjęciami. Umieść arkusz izolacji nad sekcją napięcia sieciowego i przymocuj za pomocą dwóch dłuższych śrub montażowych z poliamidowymi (ale nie metalowymi!) kołkami dystansowymi.

Wejście sieciowe

Ponieważ przestrzeń na tylnej ściance jest już dość zabudowana, przewód zasilania sieciowego przechodzi i jest zabezpieczony przez dławik. Aby ograniczyć możliwość ingerencji i wyciągnięcia przewodu, nakrętka dławika jest zamontowana od wewnątrz obudowy, odwrotnie, niż zwykle.

Podczas montażu należy włożyć wtyczkę przewodu zasilającego do jednego z gniazdek. Wyeliminuje to możliwość przypadkowego włączenia zasilania podczas poniższych prac.

Jak zaznaczyliśmy wcześniej, moduł MUSI być podłączony do przewodów: fazowego i neutralnego, w określony sposób, gdyż inaczej może niepoprawnie działać układ detekcji przejścia napięcia sieciowego przez zero. Twój moduł będziesz musiał zawsze podłączać do jednego, sprawdzonego gniazdka sieciowego (lub listwy zasilającej), o znanym Ci i żądanym podłączeniu przewodu fazowego i neutralnego do styków gniazda/gniazd.

Masz dwie możliwości: albo znajdziesz kabel sieciowy z zalaną wtyczką, który po włożeniu do Twojego gniazdka/gniazdek wyśle napięcie fazy (sprawdź neonówką) na przewód w kolorze brązowym; albo sprawdzisz, z którym bolcem wtyczki łączy się brązowy przewód fazowy w Twoim kablu i oznaczysz ten bolec np. kropką czerwonej farby, a następnie, w razie potrzeby, przemontujesz okablowanie Twojego sieciowego gniazda (gniazd) zasilającego. Jeśli budujesz kilka modułów podrzędnych, wszystkie one będą musiały być okablowane w identyczny sposób.

Zamontuj przepust kablowy z przełożonym kablem sieciowym na panelu tylnym; podobnie jak w przypadku innych przewodów, skróć przewody: fazowy i neutralny o około 2 cm, a następnie zdejmij po 6 mm izolacji z końców przewodów.

Zamocuj je w zaciskach śrubowych Mains In (CON3), przestrzegając właściwego, podanego powyżej oznaczenia kolorystycznego, a następnie załóż tylny panel na miejsce.

Przed zamknięciem obudowy, użyj opasek kablowych, aby zabezpieczyć grupy przewodów sieciowych przez unieruchomienie ich razem, jak pokazano na rysunku, i mocno dokręć dławik kablowy. Możesz dodać kropelkę uszczelniacza momentalnego typu Loctite do gwintu, aby go zabezpieczyć, ale ponieważ jest on od wewnątrz, tak długo jak jest zaciśnięty mocno, powinno być dobrze.

Ostatnim krokiem przed zamknięciem obudowy jest zamontowanie bezpiecznika. Powinien to być bezpiecznik szybki (F) 5 A. Dopasuj górną pokrywę do obudowy i przymocuj za pomocą dołączonych śrub.

Alternatywne połączenia sieciowe

Opiszemy dwa alternatywne układy złączy, ale tak jak w przypadku całego okablowania sieciowego, należy do nich podchodzić z ostrożnością.

Ich zaletą jest to, że wymagają mniej pracy na tylnym panelu. Oba wymagają przeprowadzenia trzyżyłowego przewodu sieciowego przez tylny panel.

Jeśli używane lampy nie muszą być odłączane od jednostki podrzędnej, mogą być na stałe podłączone do zacisków śrubowych. Należy zastosować taką samą procedurę jak opisana powyżej dla zasilającego przewodu sieciowego, zabezpieczając przewody za pomocą dławików kablowych zamontowanych wewnątrz obudowy, a także zabezpieczyć przewody opaskami kablowymi.

Inną opcją jest użycie wstępnie okablowanych gniazdek sieciowych wyciętych z przedłużaczy. Można je znaleźć już za kilkanaście PLN za sztukę, czasami za darmo w punkcie odbioru elektrośmieci. Należy je również przymocować do tylnego panelu za pomocą dławika kablowego i opasek kablowych.

Testowanie

Jeśli masz lampy, które chcesz podłączyć w celu przetestowania, zrób to przed podłączeniem jednostki podrzędnej do sieci. Dobrze jest mieć dobry dostęp do gniazdka zasilającego,

eprasa.pl 5fecf02526

aby w razie problemu można było szybko odłączyć zasilanie. Ideałem jest gniazdko zasilające z wyłącznikiem

Upewnij się, że pokrywa obudowy jest zabezpieczona, następnie podłącz przewód sieciowy i włącz zasilanie. Powinna zapalić się dioda PWR, a za nią ewentualnie dioda AUX. Nie powinny świecić załączone lampy testowe, ani żadna z diod CH0-CH3 czy dioda COM. Jeśli wszystko jest w porządku, możesz kontynuować testowanie za pomocą sygnału sterującego.

Kontrolki testowe

Dioda COM jest aktywna zawsze, gdy wejście OPTO1 jest wysterowane, więc ta część układu może być testowana przez zwykłe przyłożenie napięcia 3...5 V pomiędzy połączenia DATA+ (plus) i DATA– (minus).

Gdy zasilanie sieciowe zostanie odłączone, dioda AUX powinna zaświecić się na krótko, gdy przebieg 50 Hz zniknie, ale IC1 nadal otrzymuje zasilanie z kondensatorów w MOD1 przez kilka sekund.

Jak zauważyliśmy na początku, jednostka podrzędna używa prostego protokołu szeregowego. Jeśli masz płytkę Arduino (my użyliśmy Uno, ale płytki takie jak Mega też powinny działać), to pokażemy proste urządzenie testowe, które możesz wykonać, aby podawać sygnały sterujące do jednostki podrzędnej.

Możesz użyć tego jako podstawy swojego testera, w zależności od tego, co masz na myśli.

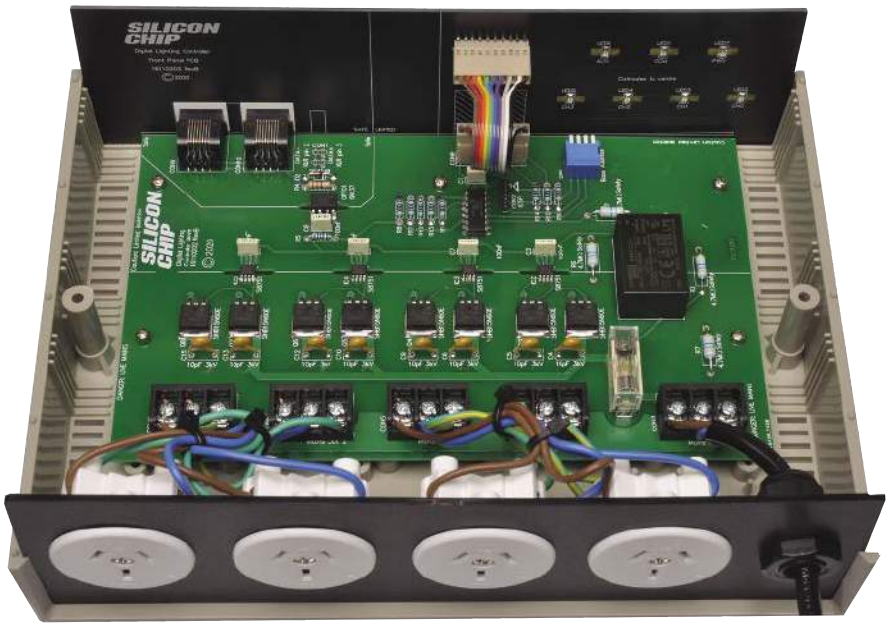
Załaduj nasz plik ze szkicem testowym (dostępny do pobrania ze strony SC) do płytki Uno i podłącz przewód CAT5e, jak pokazano na **rysunku 8**.

Uno po prostu wytwarza wzorce jasności, które dochodzą do każdej lampy po kolei (używając adresów 0–3), zwiększając i zmniejszając jasność każdej z nich. Nawet bez podłączonych lamp sieciowych, powinieneś widzieć diody LED: CH0–CH3 na przednim panelu, które kolejno włączają się i wyłączają. Jeśli wszystkie te polecenia działają, to urządzenie podrzędne jest w pełni funkcjonalne.

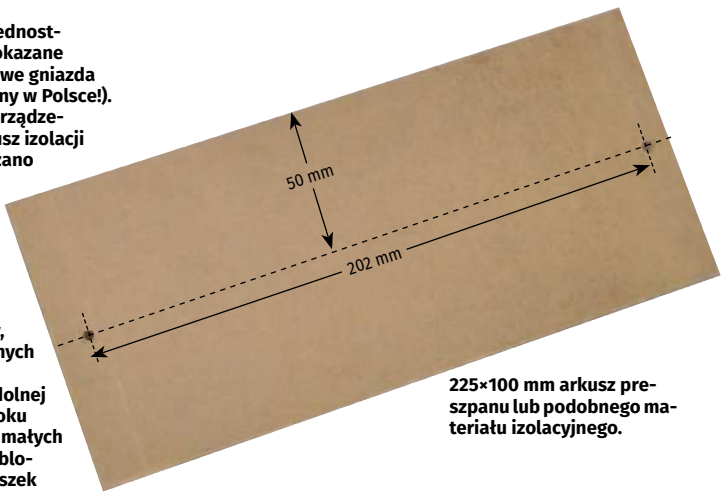
Możesz poeksperymentować z własnym modułem sterownika („Master”), lub poczekać do następnego numeru EdW, w którym opiszemy nasz projekt. ■

Tim Blythman

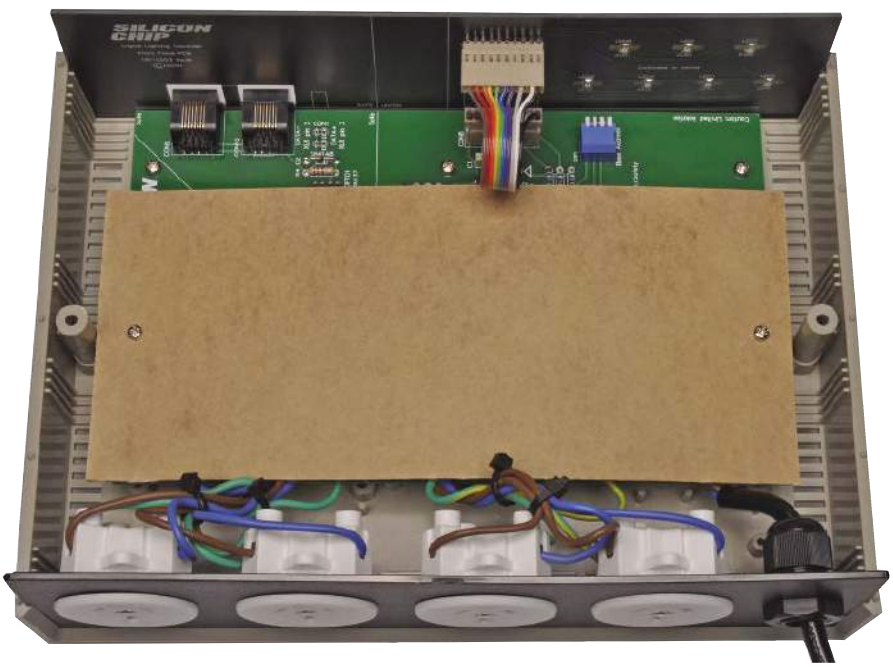
Adaptacja do wydania polskiego – Andrzej Nowicki



(Powyżej): okablowana jednostka podrzędna od tyłu; pokazane również cztery podtynkowe gniazda sieciowe (typ nieprzydatny w Polsce!). Aby zakończyć budowę urządzenia, przewierciliśmy arkusz izolacji preszpanowej (jak pokazano po prawej), który pasuje do odsłoniętych obwodów sieciowych na PCB, (jak pokazano poniżej). Może być konieczne skrócenie niektórych słupków montażowych w dolnej części obudowy, aby nie dotykały lutowanych przewodów komponentów na spodzie PCB. Na dolnej fotografii na dłuższym boku gniazda 402-10 widać 10 małych otworków, służących do blokowania sprężystych blaszek styków wewnątrz gniazd.

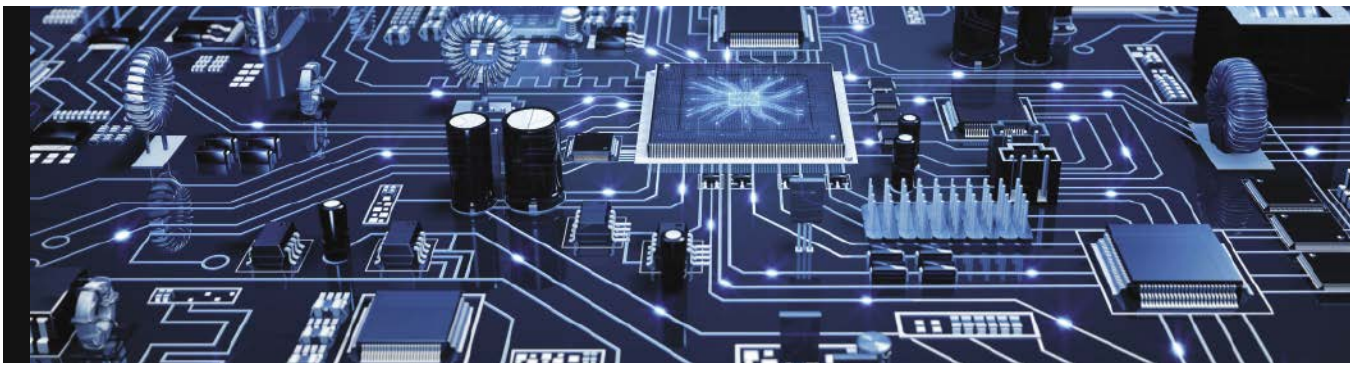


225×100 mm arkusz preszpanu lub podobnego materiału izolacyjnego.



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

eprasa.pl 5fecf02526



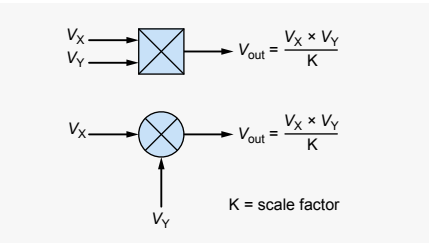
Analogowe układy mnożące

Temat w tym miesiącu został zaproponowany przez redaktora PE Matta Pulzera i dotyczy mnożenia analogowego. Zostało to częściowo zainspirowane projektem roweru treningowego Juliana Edgara, w którym pomiar mocy wyjściowej byłby przydatną funkcją.

Moc jest iloczynem prądu i napięcia, więc pomnożenie wyników pomiarów napięcia i prądu może dać odczyt mocy. Pomiar mocy to tylko jedno z możliwych zastosowań układu mnożącego, a obecny artykuł będzie dotyczył ogólnie tego tematu, a nie tylko takiego zastosowania. Mnożenie jest operacją matematyczną i w dzisiejszych czasach powszechnie myślimy, że matematyczne przetwarzanie sygnałów jest najłatwiejsze do wykonania w domenie cyfrowej – sygnały przetwarzane są za pomocą przetworników cyfrowo-analogowych, a obliczenia, w zależności od zastosowania, wykonywane są przez mikrokontrolery lub większe procesory. Jednak operacje matematyczne takie jak mnożenie, logarytmowanie i całkowanie mogą być również wykonywane przez obwody analogowe. Dobrze znany wzmacniacz operacyjny otrzymał swoją nazwę, ponieważ stanowił podstawę komputerów analogowych, które poprzedzały historycznie komputery cyfrowe. Obwody ze wzmacniaczami operacyjnymi można skonfigurować do wykonywania różnych podstawowych operacji matematycznych, a potem połączyć ze sobą w celu utworzenia większych jednostek funkcjonalnych, które rozwiązują złożone problemy matematyczne. Komputery analogowe były używane przed nastaniem ery projektowania wspomaganego komputerami cyfrowymi, w zastosowaniach takich jak symulacja układów dynamicznych (np. samolotów). Od red. EdW: Także autopiloty w starszych samolotach były komputerami analogowymi ze współczynnikami zależnymi od modelu i konfiguracji osprzętu. Chociaż wzmacniacze operacyjne są często podstawą obwodów analogowych, które wykonują operacje matematyczne, w tym mnożenie, to samo mnożenie jest funkcją, którą można zaimplementować także za pomocą specjalnych obwodów tranzystorowych. W większości zastosowań, komputery analogowe zostały obecnie wyparte przez komputery cyfrowe, z którymi jesteśmy wszyscy zaznajomieni. Jednak cyfrowe przetwarzanie sygnałów analogowych nie zawsze jest najlepszym podejściem. Na przykład, w przypadku sygnałów o wysokiej częstotliwości (od dziesiątek do setek megaherców i wyższych), przetwarzanie cyfrowe wymaga bardzo szybkich przetworników cyfrowo-analogowych i jeszcze szybszego przetwarzania cyfrowego, które można wykonać o podobnej lub lepszej wydajności przy niższych kosztach z wykorzystaniem układów analogowych. Jeśli wynik jest potrzebny tylko w postaci analogowej, to eliminuje to potrzebę przetwarzania cyfrowego. W sytuacjach takich jak sterowanie w pętli zamkniętej, bezpośrednie mnożenie analogowe może zapewnić wymaganą szybką reakcję obwodu sterowania. Jeśli wynik jest potrzebny w postaci cyfrowej (na przykład do rejestrowania lub wyświetlania informacji dla użytkowników), to można zastosować tańszą konwersję wynikowego sygnału analogowego i mniej wymagające przetwarzanie danych (może być to tani mikrokontroler).

Symbole, skalowanie i ćwiartki

Analogowy układ mnożący, to obwód, który przyjmuje dwa napięcia wejściowe VX oraz VY i daje wynik proporcjonalny do ich iloczynu (VX×VY). Zwykle w grę wchodzi tu jeszcze współczynnik skalowania, więc zapisujemy wynik jako:



Rysunek 1. Symbol układu mnożącego

$$K\times(VX\times VY) \text{ lub } (VX\times VY)/K$$

gdzie K jest wartością stałą. Rozważmy obwód pracujący na zasilaniu 10 V, z maksymalnymi wartościami sygnałów wejściowych również wynoszącymi 10 V. W tym scenariuszu dwa wejścia 10 V i funkcja (VX × VY) oznaczałyby wynik 100 V, co znacznie wykracza poza zasilanie i prawdopodobnie jest niepraktyczne. Jeśli pomnożona wartość jest podzielona przez współczynnik skalujący 10, więc funkcja wynosi 0,1×(VX×VY) lub (VX×VY)/10, to zakres wyjściowy jest dobrze dopasowany do zakresu wejściowego.

Układy mnożące mogą być reprezentowane na schematach jako bloki i zwykle mają symbol oparty na prostokącie lub okręgu ze znakiem „×" w środku (patrz **rysunek 1**).

W zeszłym miesiącu omawialiśmy układy wzmacniaczy operacyjnych z jednym zasilaniem – są one wygodne pod względem prostoty zasilania, ale nie są w stanie obsłużyć sygnałów wejściowych o obu polaryzacjach. Kwestia polaryzacji sygnału jest istotna dla układów mnożnikowych, gdzie mamy dwa sygnały wejściowe, a co za tym idzie

cztery możliwe kombinacje polaryzacji wejść: ++, +–, –+ i ––; są one określane jako

eprasa.pl 5fecf02526

cztery ćwiartki. Jeśli wykreślisz dwa sygnały wejściowe względem siebie na wykresie, to pary biegunowości odpowiadają czterem ćwiartkom wykresu, rozdzielonym przez osie.

W przypadku obwodów mnożących interesuje nas, czy dwubiegunowy sygnał wejściowy (taki, który może być zarówno dodatni, jak i ujemny) może być obsługiwany na każdym wejściu, czy nie. Prowadzi to do trzech przypadków. Jeśli oba wejścia są jednobiegunowe, wówczas obwód działa tylko w jednej z czterech ćwiartek, a wyjście będzie miało stałą polaryzację (która może być dodatnia lub ujemna). Jeśli tylko jeden z sygnałów może być bipolarny, to obwód działa w dwóch z czterech ćwiartek, a wyjście jest bipolarne (zmiana znaku jednego składnika w mnożeniu, ale nie drugiego, zmienia znak wyniku). Wreszcie, jeśli oba wejścia mogą być bipolarne, wówczas obwód obejmuje wszystkie cztery ćwiartki i ma wyjście bipolarne. Zatem obwody mnożące są klasyfikowane jako jedno, dwu lub cztercwiartkowe. Chociaż cztery ćwiartki mogą wydawać się być najlepszą opcją, to nie zawsze jednak jest ona potrzebna we wszystkich zastosowaniach, a obwody mogą być prostsze w przypadku mniejszej liczby ćwiartek.

Mieszacze i modulatory

Kluczowym zastosowaniem obwodów mnożących są mieszacze w obwodach radiowych. Termin „mieszacz" może być mylący – typowy „mieszacz" częstotliwości audio (jak w obwodach analogowego miksera) dodaje wiele sygnałów, podczas gdy typowy mieszacz częstotliwości radiowej mnoży dwa sygnały.

Cel mnożenia lub mieszania częstotliwościowego polega na tworzeniu nowych częstotliwości – zwykle sumy i różnicy dwóch częstotliwości wejściowych. Takie obwody mogą być również określane jako „modulatory" lub „demodulatory", w zależności od zastosowania. Przesunięcie jednego zakresu częstotliwości do innego jest czasami nazywane „heterodynowaniem", szczególnie w kontekście obwodów radiowych, takich jak np. superheterodynowe odbiorniki radiowe, w których odbierane sygnały są przesuwane do niższej częstotliwości pośredniej, aby ułatwić dalsze przetwarzanie sygnału. Chociaż często kojarzone jest z radiem, to mieszanie multiplikatywne, w celu przesunięcia częstotliwości, może być również stosowane przy niskich częstotliwościach, na przykład we wzmacniaczach stabilizowanych czoperowo, do wzmacniania sygnałów o niskiej częstotliwości, przy niskim poziomie szumów. Innym zastosowaniem miksowania multiplikatywnego są wzmacniacze homodynowe. Przyrządy te mogą być używane do pomiaru bardzo małych sygnałów (lub dokładniej sygnałów o bardzo wysokim poziomie szumów), przy określonych częstotliwościach (pojedyncza częstotliwość docelowa, więc jest to obwód homodynowy, a nie heterodynowy).

Mieszanie multiplikatywne można osiągnąć bez stosowania oczywistego obwodu mnożącego – możemy po prostu podać sumę dwóch sygnałów do elementu nieliniowego, zwykle diody. Część prądu w diodzie będzie proporcjonalna do iloczynu dwóch sygnałów. Wykładniczy stosunek napięcia do prądu diody można przybliżyć za pomocą wyrażenia zawierającego kwadrat napięcia – a podniesienie sumy dwóch wartości do kwadratu daje między innymi iloczyn. Składowe prądu, inne niż iloczyn, są wystarczająco małe, aby je zignorować lub odfiltrować, ponieważ mają różne częstotliwości. Jednak idealny mieszacz z przesunięciem częstotliwości jest idealnym obwodem mnożącym.

Rozważmy dwa sygnały sinusoidalne o częstotliwościach f_1 i f_2, które można przedstawić w funkcji czasu za pomocą wzorów: $A\cos(2\pi f_1 t)$ i $B\cos(2\pi f_2 t)$, gdzie A i B to amplitudy sygnału. Współczynnik 2π przekształca zwykłą częstotliwość sygnału (f) w hercach na częstotliwość kątową w radianach (Ω). Mnożenie tych dwóch sygnałów daje:

$$A\cos\left(2\pi f_1 t\right)\, B\cos\left(2\pi f_2 t\right)$$

Aby wyraźnie zobaczyć implikacje tego w odniesieniu do częstotliwości, musimy przekształcić iloczyn dwóch cosinusów w oddzielne funkcje sinus lub cosinus. Możemy skorzystać z przekształceń trygonometrycznych – zbioru czterech tożsamości, z których potrzebujemy:

$$\cos\alpha\cos\beta = \frac{1}{2}\cos\left(\alpha-\beta\right)+\frac{1}{2}\cos\left(\alpha+\beta\right)$$

Zastosowanie tego wzoru do pomnożenia sygnałów daje:

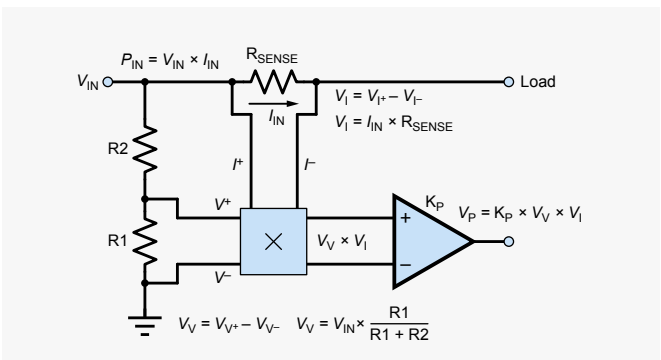
$$\frac{AB}{2}\cos\left(2\pi\left(f_1-f_2\right)t\right)+\frac{AB}{2}\cos\left(2\pi\left(f_1-f_2\right)t\right)$$

Pokazuje to, że wymnożony sygnał składa się z sumy dwóch składników o częstotliwościach (f_1+f_2) i (f_1-f_2). Korzystając z tych samych tożsamości trygonometrycznych i odrobiny algebry, można pokazać, że jeśli jedno wejście jest równe $1+A\cos(2\pi f_1 t)$, to wyjście zawiera również tę pierwotną częstotliwość.

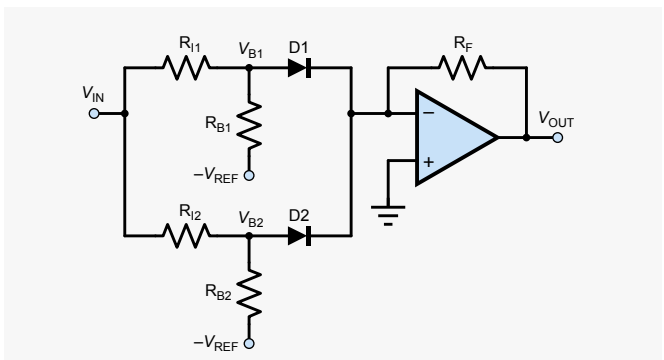
Pomiar mocy

Obwody mieszjące z przesunięciem częstotliwości nie są jedynym zastosowaniem układów mnożących. W niektórych przypadkach chcemy po prostu wykonać operację mnożenia dwóch wartości sygnału i bezpośrednio użyć wynikowej wartości. Jak wskazano wcześniej, przykładem tego jest pomiar mocy. W przypadkach, gdy napięcie (U) jest dobrze stabilizowane i można założyć, że jest stałe, moc można uzyskać po prostu mierząc prąd (I) i odpowiednio skalując wynik, ale jeśli napięcie może się zmieniać, to podejście takie nie zapewni dokładnego pomiaru mocy i konieczne będzie obliczenie I×U lub w skrócie IU.

Moc (P) jest iloczynem napięcia i prądu (P=U×I), więc jeśli mamy dwa napięcia, jedno proporcjonalne do napięcia przyłożonego do obciążenia (UU), a drugie proporcjonalne do prądu przez nie (UI), to pomnożenie tych napięć w analogowym układzie mnożącym napięcia da sygnał (UP), który jest proporcjonalny do chwilowej mocy obciążenia. Należy zauważyć, że niekoniecznie używamy napięcia obciążenia bezpośrednio, ponieważ może się



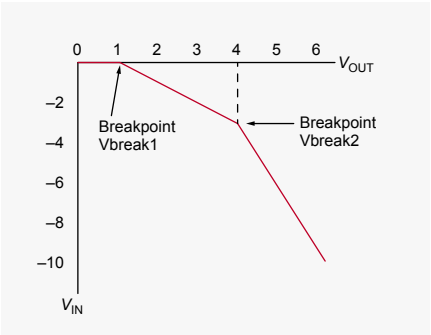
Rysunek 2. Koncepcja układu pomiaru mocy



Rysunek 3. Przykład diodowego generatora funkcji

eprasa.pl 5fecf02526

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



Rysunek 4. Przykład zależności we-wy diodowego generatora funkcji

ono nie mieścić w zakresie odpowiednim dla układu mnożącego. **Rysunek 2** pokazuje, jak można to osiągnąć – prąd jest wykrywany przez mały rezystor (RSENSE) w linii zasilającej – spadek napięcia na nim wynosi UI, który jest przykładany do układu mnożącego. Dzielnik napięcia zapewnia proporcję dostarczonego napięcia (UU) do drugiego wejścia tego układu. Wyjście różnicowe jest konwertowane na sygnał niesymetryczny i skalowane przez wzmacniacz o stałą (Kp). Ten obwód jest podobny do części układu scalonego monitora mocy LT2940 firmy Analog Devices.

Układy mnożące metodą odejmowania ćwiartek kwadratów

Istnieje wiele sposobów analogowego wykonania takich układów. Podejście stosowane w starych komputerach analogowych (na przykład w latach 60.) polegało na stosowaniu układów ćwierćkwadratowych. Funkcja ćwiartki kwadratu to kwadrat wartości podzielonej przez cztery. Na przykład ćwierć kwadratu x, to

$$\frac{x^2}{4}$$

Jeśli masz dwie wartości, x i y, to możesz je pomnożyć, używając ćwiartki kwadratu ich sumy i różnicy:

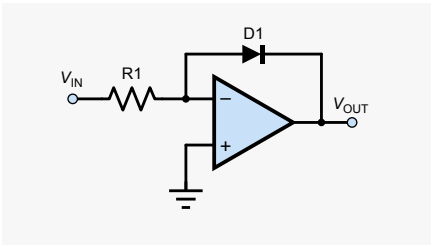
$$xy = \left[\frac{(x+y)^2}{4}\right] - \left[\frac{(x-y)^2}{4}\right]$$

Spróbuj z x=4 i y=5. Tablice ćwierćkwadratowe były używane przez ludzi w podobny sposób jak tablice logarytmów; tablice ćwiartek kwadratów były publikowane od początku XIX wieku, ale technika ta może sięgać starożytnej matematyki asyryjsko-babilońskiej. Kluczową cechą używania tablic ćwierćkwadratowych do mnożenia jest to, że wartości z tabeli mogą być podawane jako liczby całkowite, ponieważ części ułamkowe znoszą się, gdy bierze się pod uwagę różnicę między sumą a różnicą ćwiartek kwadratów.

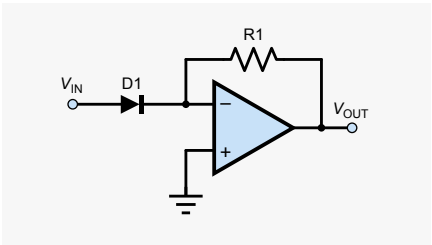
Implementacja mnożenia ćwiartkowego przy użyciu obwodów wzmacniacza operacyjnego wymaga prostych operacji sumowania, odejmowania i skalowania. Kwadratowanie jest trudniejsze, ale można je osiągnąć za pomocą aproksymacji odcinkowej. Podstawę obwodu, który może to osiągnąć, pokazano na **rysunku 3** – nazywa się to generatorem funkcji odcinkowych lub diodowym generatorem funkcji.

Aby uprościć wyjaśnienie, założymy wyidealizowaną diodę, która przewodzi tylko w jednym kierunku, ignorując spadek napięcia w kierunku przewodzenia i zakładając bardzo niską rezystancję w kierunku przewodzenia. Rozważ tylko sieć RI1, RB1 i D1 na rysunku 3 wraz ze wzmacniaczem operacyjnym. Dla zerowego napięcia wejściowego dzielnik potencjału utworzony przez RI1 i RB1 wraz z napięciem odniesienia (–Uref) ustawia napięcie polaryzacji na UB1 równe –UrefRI1/(RI1 + RB1); nazwijmy to napięcie –Ubreak1. Jeśli przyjmiemy założenie, że Uref jest bardzo dużym napięciem w porównaniu do UIN i Ubreak1, tak że RB1 jest znacznie większy niż RI1, wówczas prąd w dzielniku potencjału nie zmieni się zbytnio przy zmianie UIN. Oznacza to, że UB1 będzie śledzić UIN, zaczynając od –Ubreak1 dla UIN=0 i zwiększając o wielkość równą UIN, gdy UIN staje się bardziej dodatni.

Gdy UIN jest równy lub niższy od +Ubreak1, wówczas D1 jest spolaryzowana zaporowo (nie przewodzi), a wejście jest odłączone od wzmacniacza operacyjnego. Wyjście wzmacniacza operacyjnego będzie równe zeru. Gdy UIN wzrośnie powyżej +Ubreak1, napięcie na diodzie wzrośnie powyżej zera i będzie ona przewodzić. To łączy wejście ze wzmacniaczem operacyjnym przez RI1, więc mamy wzmacniacz odwracający ze wzmocnieniem RF/RI1. Zatem dla UIN poniżej +Ubreak1 wyjście wynosi zero i powyżej to jest –(RF/RI1)·UIN. Ubreak jest tak nazwany, ponieważ reprezentuje punkt przełamania na charakterystyce wejścia-wyjścia obwodu.



Rysunek 7. Diodowy wzmacniacz logarytmujący

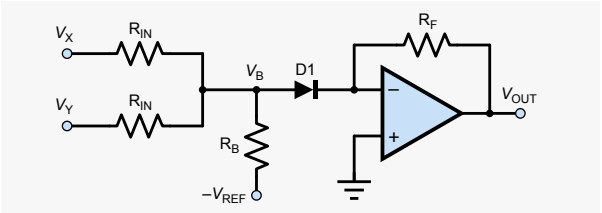


Rysunek 8. Diodowy wzmacniacz wykładniczy (antylogarytmiczny)

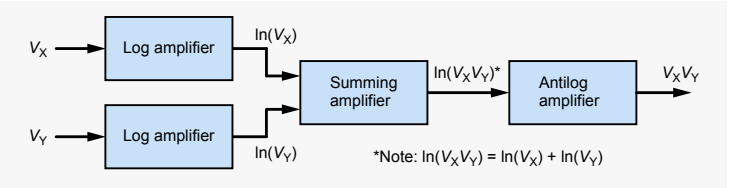
Rozważmy teraz drugą sieć wejściową, RI2, RB2 i D2. Działa to w taki sam sposób jak pierwsza. Jeśli ustawimy +Ubreak2 na wartość większą niż +Ubreak1, obwód będzie działał tak, jak opisano powyżej, dopóki UIN nie osiągnie +Ubreak2. W tym momencie D2 również się włączy, więc UIN zostanie podłączony do wzmacniacza operacyjnego zarówno przez RI1, jak i RI2. Teraz wzmacniacz odwracający ma efektywną rezystancję wejściową równą równoległej kombinacji RI1 i RI2, więc wzmocnienie obwodu wzrośnie – na charakterystyce jest drugi punkt przełamania.

Rysunek 4 przedstawia przykładowy wykres UOUT w funkcji UIN. +Ubreak1 wynosi 1 V, poniżej tego wzmocnienie wynosi zero, a wyjście jest stałe na poziomie 0 V. Powyżej +Ubreak1 wzmocnienie wynosi 1; zmiana napięcia wejściowego o 3 V, z 1 V na 4 V powoduje zmianę napięcia wyjściowego o 3 V, z 0 na –3 V. Drugi punkt przełamania, to 4 V, gdzie wzmocnienie wzrasta do 3,5; zmiana napięcia wejściowego o 2 V, z 4 V na 6 V powoduje zmianę napięcia wyjściowego o 7 V, z –3 V na –10 V.

Obwód na rysunku 3 stanowi podstawę do stworzenia niestandardowej zależności wejście-wyjście, którą można dopasować

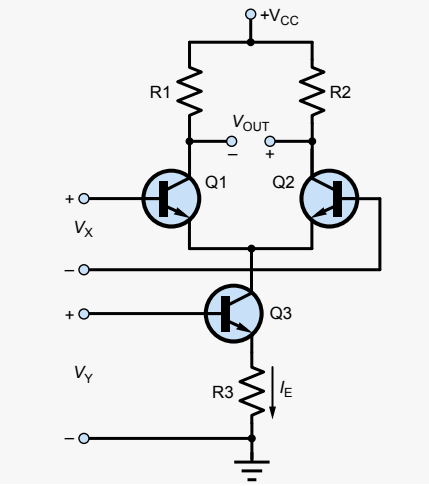


Rysunek 5. Diodowy generator funkcyjny z sumowaniem na wejściu



Rysunek 6. Schemat blokowy układu mnożącego opartego na wzmacniaczach logarytmujących i wykładniczym

eprasa.pl 5fecf02526



Rysunek 9. Układ mnożący oparty na wzmacniaczu różnicowym o zmiennej transkonduktancji

do przebiegu wykresu funkcji matematycznej, takiej jak podnoszenie do kwadratu, poprzez odpowiedni wybór punktów przełamania i wzmocnień. Można dodać więcej sieci wejściowych, aby dokładniej kształtować pożądaną funkcję.

Obwód na rysunku 3 ma jedno wejście, ale więcej niż jedno wejście można podłączyć do każdej diody za pomocą oddzielnych rezystorów, jak pokazano na rysunku 5 (pokazuje on tylko jedną sieć diod, ale można dodać więcej). Tworzy to obwód podobny do standardowego sumującego wzmacniacza operacyjnego, ale z fragmentaryczną funkcją liniową kształtującą odpowiedź, jak to właśnie omówiono. Na przykład, jeśli krzywa funkcji została ustawiona zgodnie z prawem kwadratów, to dwa wejścia (powiedzmy UX i UY) na równych rezystorach dawały by wyjście proporcjonalne do $(UX+UY)^2$. Jeśli UY zostałoby przepuszczone przez wzmacniacz odwracający o wzmocnieniu równym jedności, przed zastosowaniem go w tym obwodzie (w celu uzyskania –UY), wyjście wynosiłoby $(UX–UY)^2$. Są to dwie funkcje wymagane do wdrożenia mnożnika ćwiartki kwadratu.

Układy mnożące log/antylog

Jak wspomniano powyżej, tablice logarytmów były powszechnie używane do wykonywania obliczeń, dopóki kalkulator kieszonkowy nie stał się powszechnie dostępny. Aby pomnożyć x i y, używając logarytmów, znajdujemy sumę logarytmu x i logarytmu y, a następnie bierzemy antylogarytm wyniku:

$$xy = antilog\left[log\left(x\right)+log\left(y\right)\right]$$

gdzie exp(x) = ex = antylogarytm(x)

Pod względem obwodowym przekłada się to na schemat blokowy pokazany na **rysunku 6**. Wzmacniacz sumujący jest dobrze znanym zastosowaniem wzmacniacza operacyjnego. Możliwe jest również budowanie obwodów log i wykładniczych przy użyciu wzmacniaczy operacyjnych. Najbardziej podstawowe formy takich wzmacniaczy pokazano na **rysunkach 7** i **8**. Obwody te wykorzystują zależność wykładniczą (exp) między napięciem i prądem w diodzie. Funkcja wykładnicza (exp(x)=ex) jest funkcją odwrotną do logarytmu naturalnego (o podstawie e) (ln). Wynika z tego, że spadek napięcia na diodzie jest proporcjonalny do logarytmu naturalnego płynącego przez nią prądu.

Dla wzmacniacza logarytmicznego (rysunek 7) napięcie wejściowe powoduje przepływ prądu w rezystorze R1. Zakładając idealny wzmacniacz operacyjny, wejście odwracające zachowuje się w tym obwodzie jak masa, więc prąd wynosi UIN/R1. Dla idealnego wzmacniacza operacyjnego, który ma zerowy prąd polaryzacji i nieskończoną impedancję wejściową, cały ten prąd płynie przez diodę. Napięcie wyjściowe jest równe napięciu diody, które jest proporcjonalne do logarytmu naturalnego prądu w diodzie, który z kolei jest proporcjonalny do napięcia wejściowego – więc napięcie wyjściowe jest proporcjonalne do logarytmu naturalnego napięcia wejściowego.

Dla wzmacniacza wykładniczego (antylogarytmicznego) podobny argument pokazuje, że prąd diody jest proporcjonalny do funkcji wykładniczej napięcia wejściowego. Cały ten prąd przepływa przez rezystor (R1), więc spadek napięcia na rezystorze jest proporcjonalny do funkcji wykładniczej wartości napięcia wejściowego, a spadek napięcia na rezystorze R1 jest równy napięciu wyjściowemu.

Wzmacniacze logarytmiczne i wykładnicze często wykorzystują tranzystory zamiast diod i mogą być znacznie bardziej wyrafinowane niż pokazane tutaj obwody. Są to interesujące i przydatne układy, i mamy nadzieję, że przyjrzymy się im bardziej szczegółowo w przyszłym artykule. Jednak jeśli chodzi o układy mnożące, to nie są one również najlepszą opcją.

Tranzystorowe obwody mnożące

Chociaż opisane powyżej obwody ze wzmacniaczami operacyjnymi mogą realizować mnożenie, najlepszym podejściem jest użycie obwodów, które realizują tę operację bardziej bezpośrednio za pomocą kilku tranzystorów. Powszechnie używany obwód nazywany jest układem mnożącym lub „komórką Gilberta" od imienia jego wynalazcy, Barry'ego Gilberta, który opublikował go w 1967 roku. W rzeczywistości różne obwody mogą być oparte na tej samej zasadzie, którą Gilbert nazwał obwodami „translinearnymi", ponieważ są one oparte na liniowej zależności transkonduktancji tranzystora od jego prądu emitera.

Prąd kolektora tranzystora bipolarnego jest powiązany z napięciem baza-emiter przybliżonym równaniem:

$$I_C = I_S\, exp\left(\frac{V_{BE}}{V_T}\right)$$

Tutaj IS to prąd nasycenia złącza baza-emiter, a UT, to napięcie termiczne – parametry, które występują w wielu równaniach półprzewodnikowych. Wzmocnienie tranzystora w odniesieniu do napięcia wejściowego, czyli stosunek napięcia wejściowego do prądu wyjściowego nazywa się „transkonduktancją" (symbol gm). Zmienia się ona w zależności od punktu pracy (wartość IC). Możemy znaleźć transkonduktancję graficznie, wykreślając IC względem UBE i znajdując nachylenie wykresu w punkcie pracy. Robimy to samo algebraicznie, różniczkując IC względem UBE. Jeśli studiowałeś rachunek różniczkowy, to wiesz (albo być może pamiętasz), że różniczkowanie exp(kx), gdzie k jest stałą, daje kexp(kx). Po zróżniczkowaniu powyższego możemy podstawić wyrażenie na IC do wyniku, aby otrzymać gm=IC/UT:

$$g_m = \frac{dI_C}{dV_{BE}} = \frac{I_S}{V_T} exp\left(\frac{V_{BE}}{V_T}\right) = \frac{I_C}{V_T}$$

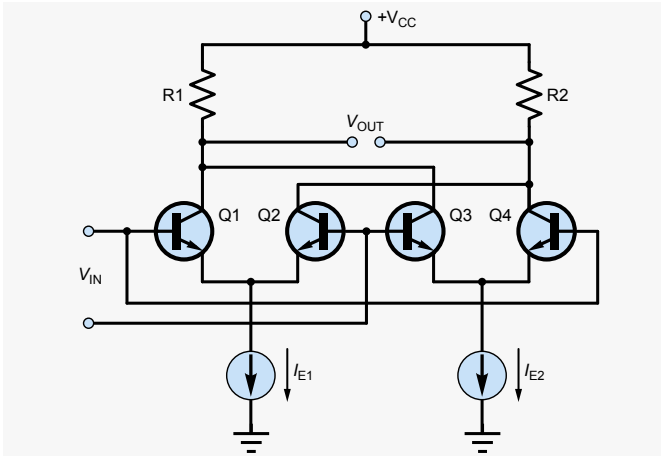
To pokazuje, że jeśli przyłożymy napięcie wejściowe bezpośrednio do tranzystora, wówczas prąd wyjściowy będzie proporcjonalny do IC/UT razy napięcie wejściowe. Jeśli IC jest sterowany przez drugie napięcie wejściowe, wówczas wyjście będzie proporcjonalne do iloczynu dwóch napięć.

Możliwą realizację tego pomysłu pokazano na **rysunku 9**. Opiera się to na wzmacniaczu różnicowym.

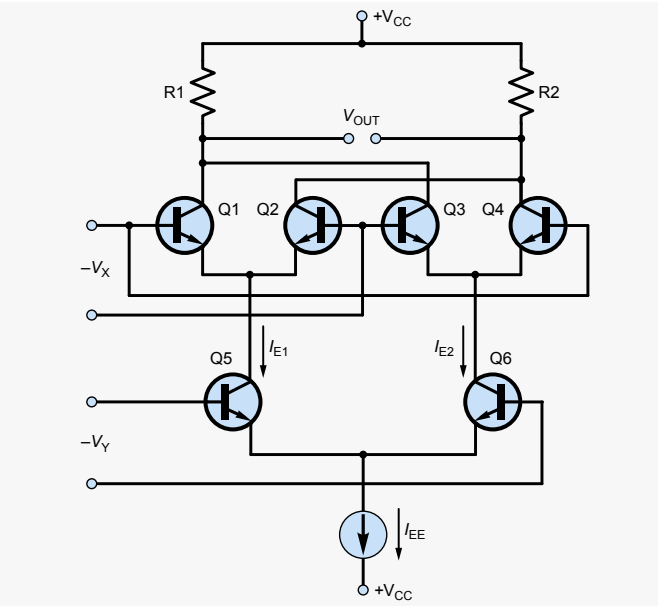
Zamiast stałego źródła prądu, które normalnie dostarczałoby prąd roboczy do emiterów Q1 i Q2, mamy Q3 i R3, które są zasilane napięciem wejściowym UY. Jeśli wartość R3 jest taka, że spadek napięcia na nim jest znacznie większy niż UBE tranzystora Q3, wówczas prąd emitera dostarczany do pary różnicowej (IE) będzie proporcjonalny do UY (zauważ, że IE=UY/R3). Wyjściem pary różnicowej względem UX jest gmUX. Jak już omówiono, gm jest proporcjonalne do tego prądu polaryzacji (IE w tym przypadku, konkretnie gm=IE/2UT, współczynnik 2 powstaje, ponieważ IE rozdziela się między dwa tranzystory), więc wyjście jest proporcjonalne do UX×UY, a zatem obwód działa jak układ mnożący napięcia.

Obwód na rysunku 9 ma szereg wad, co powoduje, że nie jest szczególnie dobrym układem mnożącym. Na przykład wyjście

eprasa.pl 5fecf02526



Rysunek 10. Wzmacniacze różnicowe ze sprzężeniem krzyżowym



Rysunek 11. Układ mnożący Gilberta

zależy od UT, a więc zależy od temperatury, a spadki UBE powodują przesunięcia, które zmieniają się wraz z napięciem wejściowym. Układ Gilberta rozwiązuje te problemy i zapewnia znacznie większą liniowość i niezależny od temperatury sygnał wyjściowy.

Układ mnożący Gilberta

Zanim spojrzymy na pełny schemat, rozważmy obwód na **rysunku 10**. Jest to para połączonych krzyżowo wzmacniaczy różnicowych, które dzielą wspólne rezystory obciążenia. Załóżmy, że prądy polaryzacji IE1 i IE2 są sobie równe. Dwa wzmacniacze różnicowe działają normalnie, to znaczy niezerowa różnica napięcia wejściowego (UIN) spowoduje nierównomierne rozłożenie wysterowania między tranzystorami w parze, co zwykle skutkuje zmianą napięcia wyjściowego. Jednak tutaj dwie pary są połączone krzyżowo i mają wspólne rezystory kolektorowe, więc wpływ każdej pary na prądy rezystora będzie równy i przeciwny. Dlatego zmiany napięcia wejściowego nie mają wpływu na napięcie wyjściowe (różnica wyjściowa, UOUT na rysunku 10, pozostaje zerowa, niezależnie od UIN).

Jeśli dwa prądy polaryzacji w obwodzie na rysunku 10 nie są równe, wówczas prądy wyjściowe z dwóch par różnicowych nie zniosą się dokładnie, a zmiana UIN spowoduje zmianę UOUT. Im bardziej różne są prądy polaryzacji, tym większa będzie zmiana wyjściowa. Mówiąc dokładniej, obwód zachowuje się jak wzmacniacz różnicowy, którego wzmocnienie jest proporcjonalne do różnicy między IE1 i IE2. Wzmocnienie może być dodatnie lub ujemne, w zależności od tego, który prąd polaryzacji jest większy.

Aby układ uczynić kompletnym, potrzebujemy układu do konwersji napięcia na różnicę prądu polaryzującego – dokładnie to robi wzmacniacz różnicowy, więc potrzebujemy tylko kolejnego jego egzemplarza dodanego do obwodu na rysunku 10, aby utworzyć pełny układ mnożący. Obwód ten pokazano na **rysunku 11**. Napięcie wyjściowe (UOUT) jest proporcjonalne do UX×UY. Ten obwód lub jego odmiany są szeroko stosowane w układach scalonych.

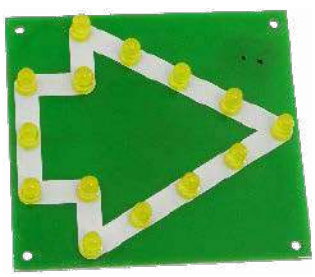
Analogowo, operacje matematyczne, można wykonywać za pomocą dyskretnych obwodów ze wzmacniaczy operacyjnych lub tranzystorów, ale dostępne są również układy scalone, które wykonują mnożenie i które prawdopodobnie zapewnią wyższą sprawność niż wersje dyskretne. Jednym z przykładów jest czterocwiartkowy układ mnożący AD835 z wyjściem napięciowym i o paśmie przenoszenia 250 MHz, firmy Analog Devices. ■

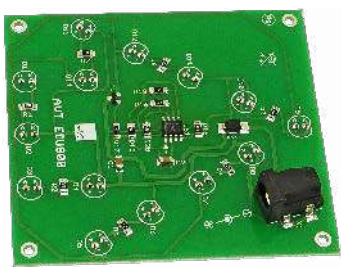
Ian Bell

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

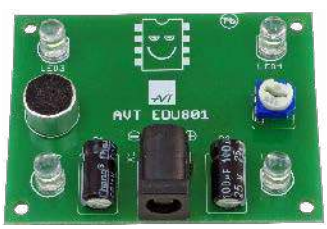
REKLAMA

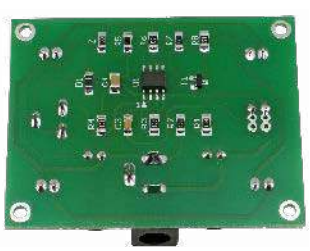
Zestawy DIY do nauki lutowania elementów SMD





Pulsująca strzałka LED AVTEDU800
https://sklep.avt.pl/avtedu800.html





Lampka nocna LED z włącznikiem dźwiękowym AVTEDU801
https://sklep.avt.pl/avtedu801.html

AVT sklep

AVT SPV Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11, handlowy@avt.pl, tel. +48222578449 (dyżur telefoniczny w godz. 9-15)

epiasa.pl 91ec0252b



Wprowadzenie do technologii montażu powierzchniowego, część 2

Kontynuujemy temat rozpoczęty w EdW 04/2023. Przyjrzymy się bliżej elementom SMD (elementy do montażu powierzchniowego), a konkretnie jak je wybrać, kupić i używać. Zaczynamy od elementów pasywnych; a w następnym odcinku zajmiemy się bardziej skomplikowanymi elementami – tranzystorami i układami scalonymi.

Opór jest daremny!

Istnieje wiele korzyści z konstruowania układów z wykorzystaniem elementów SMD. Stosowane głównie w wielkoseryjnych produktach elektroniki użytkowej, są często tańsze niż ich odpowiedniki do montażu przewlekanego, co wynika po prostu ze skali wykorzystania SMD. Z tego samego powodu wiele interesujących komponentów jest dostępnych tylko w obudowach do montażu powierzchniowego, ponieważ zostały one opracowane do konkretnych zastosowań wielkoseryjnych. Kolejną korzyścią dla hobbystów jest to, że nie trzeba wiercić otworów w płytce drukowanej, aby je zamontować, a ponieważ nie potrzeba otworu przechodzącego przez płytkę drukowaną, to można zmieścić więcej komponentów na płytce – jeśli jesteś wystarczająco odważny, aby wykonać dwustronny montaż komponentów. Jest jednak jedna poważna wada: rozmiar. Elementy SMD są małe, czasami absolutnie malutkie, więc stanowią wyzwanie dla osób niedoświadczonych w lutowaniu ręcznym. Przyjrzyjmy się niektórym szczegółom, zaczynając od najprostszych elementów – rezystorów.

Rezystory SMD występują w różnych obudowach. Ich oznaczenie pochodzi od wymiarów, dwóch cyfr dla długości i dwóch dla szerokości, przy czym liczby te są wielokrotnością 10 tysięcznych cala. Na przykład, obudowa 0805 mierzy 0,08 cala × 0,05 cala. **Rysunek 1** pokazuje rezystory w rozmiarach 1206, 0805, 0603, 0402 i 0201. Jeśli dobrze się przyjrzysz, możesz zauważyć element 01005, który zepchnęliśmy na bok (łobuziak – za złamanie konwencji nazewnictwa obudów). Dla kogoś początkującego w lutowaniu SMD i z dobrym wzrokiem 0805 jest rozsądnym punktem wyjścia; autor woli używać 0603, jako że z czasem stają się one nie trudniejsze do lutowania, ale oferują dużą oszczędność miejsca, co jest ważne, gdy próbujesz zaprojektować małe płytki. Większe rozmiary obudów, takie jak 1206 są używane tylko wtedy, gdy potrzebna jest większa moc (1/4W). Wraz ze zmniejszeniem rozmiaru zmniejsza się maksymalne napięcie robocze, po prostu dlatego, że zmniejsza się odstęp między końcówkami elementu. Rezystor 0805 jest dobry do 150 V, ale obudowa 0603 jest ograniczona do 75 V. Rzadko jest to problem w projektach hobbystycznych, ale trzeba go zrozumieć i zapamiętać.

Wszystkie pokazane rezystory mają tę samą wartość i mogą działać identycznie w wielu zastosowaniach. Kluczowym punktem, na który należy zwrócić uwagę przy wyborze małej obudowy komponentów, jest moc znamionowa; rezystor 0805 ma zwykle moc 1/8 W, 0603 o połowę mniej. Tak więc należy zachować ostrożność z wyborem wielkości komponentów w obwodach zasilania lub pracujących z większymi obciążeniami wyjściowymi. Jeśli rezystor nie ma wystarczającej mocy znamionowej, należy umieścić dwa rezystory

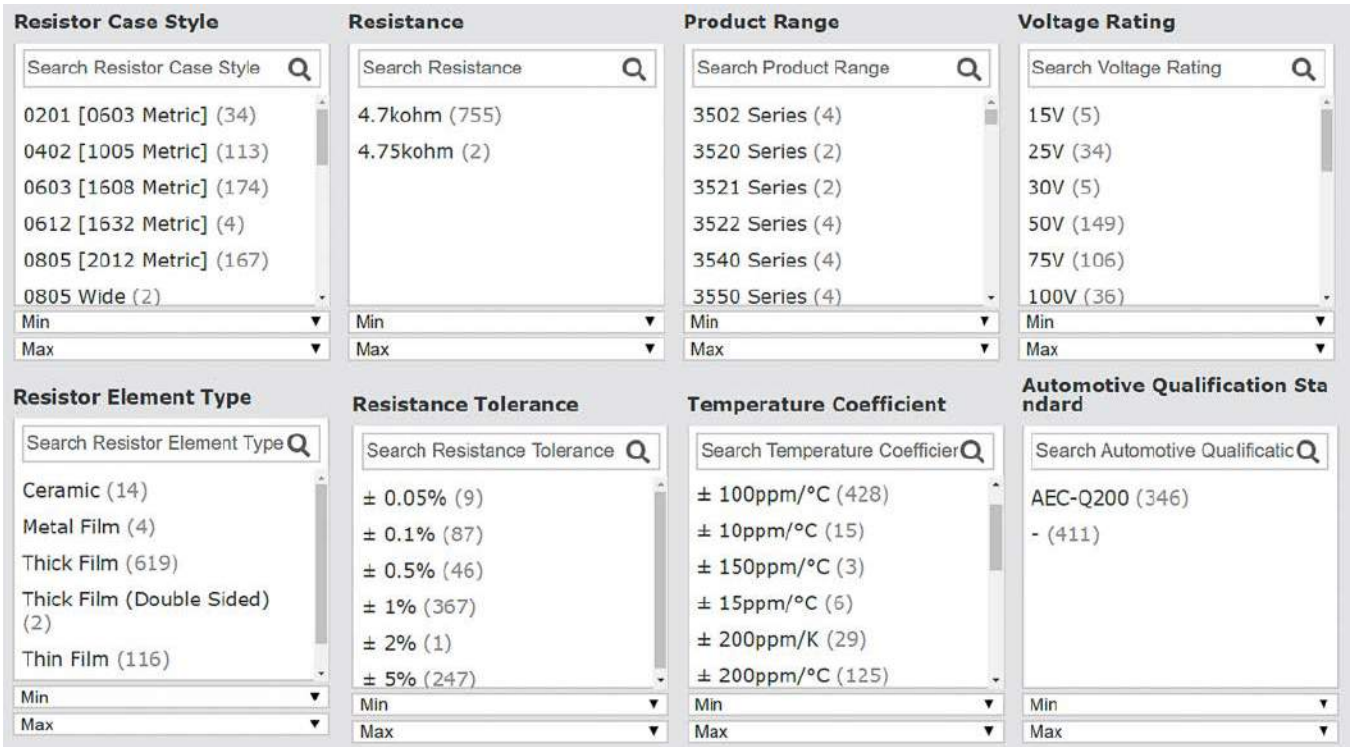


Rysunek 1. Różne wielkości rezystorów SMD, w porównaniu z elementem przewlekanym 1/4W – najmniejsza „kropka" to element 01005



Rysunek 2. Rezystory 4K7 (4,7 kΩ) dostępne na stronie internetowej firmy Farnell: 1217 różnych typów!

eprasa.pl 5fecf02526



Rysunek 3. Opcje filtra wyboru komponentów na stronie internetowej firmy Farnell

Manufacturer Part No	Order Code	Manufacturer / Description	Avail	Price For	Price	Quantity
MCWR08X4701FTL	2446989	MULTICOMP PRO SMD Chip Resistor, 0805 [2012 Metric], 4.7 kohm, MCWR Series, 150 V, Thick Film, 125 mW	2,025,000 In stock	Each (Supplied on Full Reel) Reel	5000+ €0.0032	5000 Add Min: 5000 Mult: 5000
CR0805-FX-4701ELF	2371782	BOURNS RES, THICK FILM, 4K7, 1%, 0.125W, 0805, REEL	20,000 In stock	Each (Supplied on Full Reel) Delivery Charge: 20 EUR once per order. 3 business days delivery for in stock items	5000+ €0.005	5000 Add Min: 5000 Mult: 5000
MC01W080554K7	9334580RL	MULTICOMP PRO SMD Chip Resistor, 0805 [2012 Metric], 4.7 kohm, MC 5% Series, 150 V, Thick Film, 100 mW	98,390 In stock	Each (Supplied on Cut Tape) Re-reel Packaging Options A €5.00 re-reeling charge will be added for this product Available until stock is exhausted	100+ €0.0049 500+ €0.0039 1000+ €0.0032 2500+ €0.0024 5000+ €0.002 More Pricing...	150 Add Min: 150 Mult: 10
MC01W080554K7	9334580	MULTICOMP PRO SMD Chip Resistor, 0805 [2012 Metric], 4.7 kohm, MC 5% Series, 150 V, Thick Film, 100 mW	98,390 In stock	Each (Supplied on Cut Tape) Cut Tape Packaging Options Available until stock is exhausted	10+ €0.0058 100+ €0.0049 500+ €0.0039 1000+ €0.0032 2500+ €0.0024 More Pricing...	10 Add Min: 10 Mult: 10

Rysunek 4. Typowa lista rezystorów na stronie internetowej firmy Farnell

eprasa.pl 5fecf02526

(o podwójnej wartości) równolegle lub użyć większej obudowy (chociaż istnieją korzyści ze standaryzacji na jednym rozmiarze, o czym jeszcze wspomnimy). W typowych hobbystycznych projektach cyfrowych i audio te ograniczenia rzadko wchodzą w grę i będą podkreślone przez autora projektu lub noty aplikacyjnej, jeśli tak się stanie.

Rezystory są dostarczane z nadrukowaną wartością na obudowie, przynajmniej w przypadku obudów o rozmiarach do 0603. Poniżej tego rozmiaru wszystkie wyglądają tak samo – dlatego ich przechowywanie i obsługa wymagają ostrożności. Jeśli upuścisz SMD na podłogę, radzimy zostawić go i wziąć inny. Za mniej niż pół pensa za sztukę, ryzyko wzięcia niewłaściwego komponentu nie jest tego warte. Zakładając, że znajdziesz go ponownie, oczywiście!

Wybór komponentów

Elementy do montażu powierzchniowego można zamówić u zwykłych dostawców internetowych, takich jak Farnell, RS Components i Digikey. Wybór części może być początkowo trudny, więc prześledźmy przykładowy wybór, zakładając, że szukamy rezystora 4,7 kΩ.

Wybierając tradycyjny rezystor z końcówkami do montażu przewlekanego, zazwyczaj stajemy przed kilkoma pytaniami, na które łatwo odpowiedzieć – folia metalowa, węglowy czy drut? Jaka moc znamionowa? Jaka dokładność?

Kryteria wyboru komponentów do montażu powierzchniowego są szersze niż w przypadku tradycyjnych komponentów przewlekanych; odwiedzając stronę internetową firmy Farnell i wpisując w pasku wyszukiwania hasło „4K7” otrzymano 161 opcji dla rezystorów przewlekanych i ponad 800 opcji dla SMD, jak pokazano na **rysunku 2**.



Rysunek 5. Przykłady elementów na taśmie szpulowej i ciętej

Od czego zacząć?!

Po kliknięciu na ‘Chip SMD Resistors’, pojawia się (na szczęście!) zestaw filtrów, jak pokazano na **rysunku 3**. Z tego miejsca można jeszcze bardziej doprecyzować swoje poszukiwania. Zanim to zrobimy, poświęćmy chwilę na analizę listy. Pokazujemy osiem z dziesięciu filtrów pokazanych na rzeczywistej stronie internetowej. Napięcie znamionowe jest czymś, o czym rzadko myślimy w przypadku rezystorów zakończonych końcówkami do montażu przewlekanego; niektóre z tych elementów są ograniczone do zaledwie 15 V. Jest to konsekwencja zmniejszenia rozmiaru. Na szczęście większość elementów ma napięcie znamionowe 50 V i więcej, a więc nadaje się do większości projektów hobbystów. Typ rezystora odnosi się do sposobu tworzenia rezystancji i nie jest zaskoczeniem, że „Thick Film” jest najbardziej popularny, ponieważ jest to główna technologia, poza specjalistycznymi rezystorami o bardzo wysokiej dokładności lub stabilności temperaturowej. Tolerancja rezystora jest czymś, co możemy w dużej mierze zignorować, o ile nie jest to specjalnie wymagane, 5% tolerancja (seria E24) będzie wystarczająca.

Wreszcie, mamy kluczowy parametr „Resistor Case Style”. Mamy tu do czynienia z oszałamiającym wyborem; przewijane okienko pokazane na rysunku 3 ma 19 opcji. Wybór jest prosty – wybierz swój ulubiony rozmiar. Dobrym rozmiarem na początek jest 0805, ale gdy nabierzesz wprawy w posługiwaniu się SMD, prawdopodobnie zejdziesz do 0603. Zauważ, że kiedy mówimy „0603”, mamy na myśli rozmiar imperialny, a nie metryczny. Projektowanie PCB jest jednym z tych rzadkich zawodów, w których często miesza się jednostki miary. Wymiary PCB i rozmiary otworów są często podawane w systemie metrycznym, podczas gdy szerokości ścieżek, odstępy między pinami i rozmiary komponentów są podawane w systemie imperialnym. Czytając wymiary w arkuszach danych należy uważać, aby wiedzieć, czy dana wartość jest podana w calach (aka ‘mil’) czy w mm!

Po kliknięciu na ‘Apply Filters’ ukazuje się nam lista potencjalnych zakupów – do wyboru 123 różne komponenty pasujące do naszej specyfikacji. Na początku może to być zniechęcające, ale jest prosty trik – kliknij na ikonę pokazaną na **rysunku 4**. aby posortować według rosnącej ceny i wybrać najtańsze – naprawdę nie ma powodu, aby podchodzić do tego bardziej selektywnie niż w przypadku rezystorów ogólnego przeznaczenia.

Ten filtr pokaże najpierw element o minimalnej cenie, ale nie filtruje po minimalnej ilości – więc aby zapłacić 0,0032 Euro za rezystor, będziesz musiał kupić 5000 sztuk. Możesz się z tego śmiać, ale pamiętaj, że to tylko 15 euro za dożywotni zapas rezystorów 4,7 kΩ! Trzeba przewinąć trochę w dół, aby znaleźć ceny elementów oferowanych w bardziej rozsądnych ilościach – przy minimalnym zamówieniu 10 sztuk, zapłacisz pół eurocenta za każdą. Zwróć uwagę na kolumnę „Cena za”, ponieważ wskazuje ona, w jaki sposób element zostanie dostarczony – na szpuli lub w pociętej taśmie. Dwie opcje opakowań zbiorczych można zobaczyć na **rysunku 5**. Szpula to po prostu rolka taśmy, więc elementy są w zasadzie wysyłane w tym samym formacie. Staje się to ważne tylko wtedy, gdy kupujesz komponenty, które mają być wysłane do firmy montującej płytki PCB – tam komponenty będą potrzebne na szpuli.

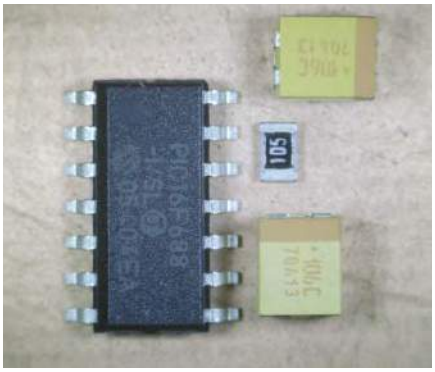
Kondensatory SMD

Spójrzmy teraz na kondensatory, gdzie historia nieco się komplikuje. Przy wartościach powyżej 1 µF trzeba zwrócić baczną uwagę na napięcie robocze. Dla każdej wartości pojemności musisz zwrócić uwagę na „serię” kondensatora (powszechnie określaną w parametrach doboru jako CoG lub X5R), która naprawdę odnosi się do jego stabilności w zakresie temperatur i napięcia roboczego. (Nie jest to jednak parametr specyficzny dla elementów SMD – zasady dotyczące serii odnoszą się również do elementów z końcówkami drutowymi).

Wybór kondensatora SMD staje się zadaniem interesującym, gdy chodzi o kondensatory o wyższej wartości. Wielu z nas jest przyzwyczajonych do pracy z kondensatorami elektrolitycznymi aluminiowymi lub tantalowymi, ale przy wyborze komponentów SMD kondensatory ceramiczne są często pierwszym punktem odniesienia. Kondensatory ceramiczne są łatwe w użyciu, ponieważ nie są spolaryzowane, ale należy pamiętać, że stają się droższe, gdy wartość wzrasta powyżej 10 µF. Są one jednak naszym kondensatorem z wyboru, ponieważ elementy pozostają małe i mają długi okres przechowywania i eksploatacji.

Kondensatory ceramiczne nie mają oznaczenia wartości, nawet w większych rozmiarach SMD. Brak oznaczeń na kondensatorach ceramicznych wynika z tego, że materiał, z którego są zbudowane, nie nadaje się dobrze do procesu drukowania (tj. byłoby zbyt drogie, aby zrobić to skutecznie z procesem drukowania na zamówienie).

eprasa.pl 5fecf02526



Rysunek 6. Potencjalnie kłopotliwy układ elementów SMD – kolejność lutowania ma znaczenie!

Kupno komponentów

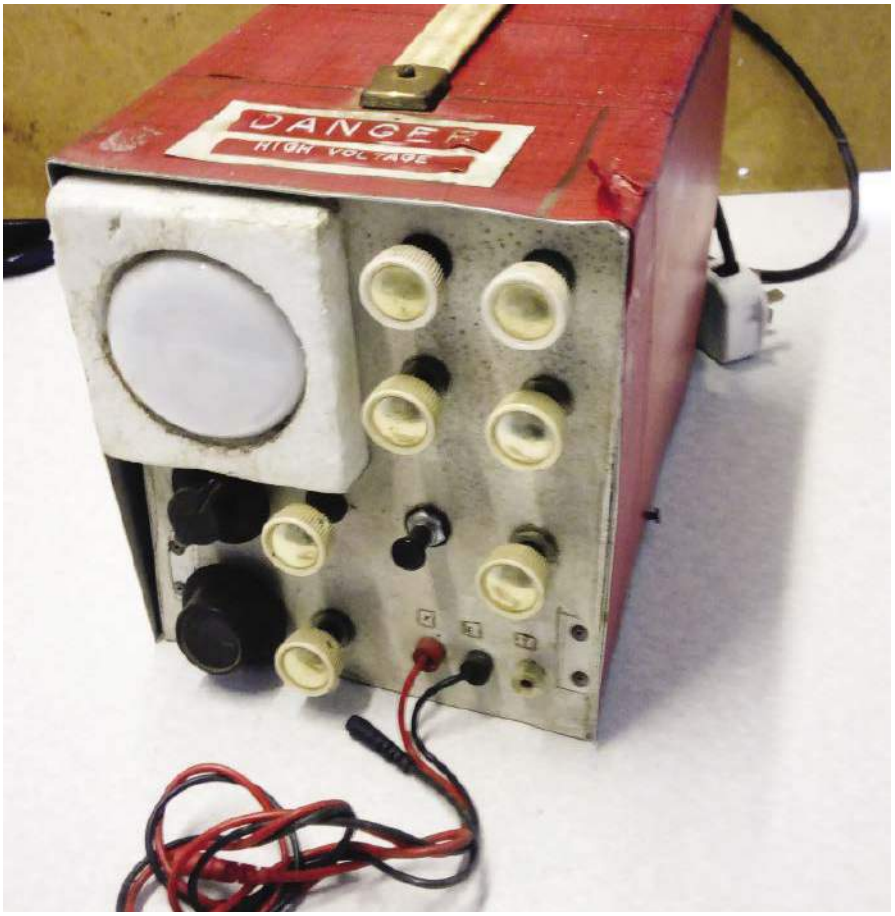
Przy tak niskich cenach komponentów SMD, rzadko zdarza się kupić pojedynczy komponent, gdy jest on potrzebny. Zazwyczaj minimalna ilość to 10 sztuk, więc bardzo łatwo jest zbudować niezorganizowaną kolekcję elementów SMD w swoim „magazynie" komponentów.

Istnieją dwa podejścia do tego zagadnienia. Po pierwsze, ustandaryzuj konkretny rozmiar komponentu jako rozmiar „domyślny". Następnie należy kupić szpulę z niektórymi popularnymi wartościami. W przypadku rezystorów, rolkę 5000-sztuk o danej wartości można kupić na eBayu za mniej niż 5 funtów; ale to na zapas na całe życie.

Po drugie, istnieje możliwość zakupu kompletnego zestawu „wszystkich wartości" danego komponentu w formacie książkowym. Składa się on z bodajże 20...50 elementów każdej wartości z zakresu E24 – ponad 4000 pojedynczych elementów – wszystkie w określonym rozmiarze obudowy. Autor ma trzy książki z rezystorami w obudowach 0805, 0604 i 0402. Każda książka mierzy 8×6×1 cala, więc jest bardzo kompaktowa. Na przykład, w chwili pisania tego tekstu, pozycja eBay 291874912665 z 4250 sztukami w cenie 15,99 funtów wraz z dostawą.

Książki z komponentami pozwalają zaoszczędzić mnóstwo miejsca, są łatwe w użyciu i oferują doskonały stosunek jakości do ceny. Za około 15 funtów dostajesz ponad 4600 rezystorów – koszt poniżej 1/3 pensa za sztukę. Komponenty są dostarczane w formie taśmy, którą wkłada się do książki, więc gdy skończy się pasek, można go łatwo wymienić, kupując przez normalnego dystrybutora, takiego jak Farnell. Nawet plastikowe strony można wymienić.

Książki z kondensatorami są podobne, ale są w przybliżeniu dwa razy droższe, czego należy się spodziewać, ponieważ kondensatory o dużej wartości są drogie. Uważamy, że nasze książki z podzespołami są nieocenione i bardzo oszczędzają miejsce w laboratorium.



Nie powstrzyma Cię to przed zakupem okazjonalnych egzotycznych części, ale będziesz kupował je rzadziej – i unikniesz dodatkowych kosztów wysyłki.

Projekt PCB

Używanie komponentów do montażu powierzchniowego oznacza, że używasz płytki PCB, albo zrobionej w domu, albo zakupionej od jednego z tanich dostawców z Dalekiego Wschodu. Oznacza to, że będziesz używał narzędzia do projektowania PCB, co wiąże się z wieloma wyzwaniami. W przypadku komponentów montowanych powierzchniowo, podczas projektowania PCB należy wybrać odpowiedni standard padów – obszar odsłoniętej miedzi na PCB. Komponenty przewlekane mogą być „dopasowane" do niewłaściwych padów; SMD nie mają takiej możliwości. Rezystory i kondensatory są zgodne ze stosunkowo prostymi standardami padów, ale układy scalone, złącza i inne elementy lutowalne mają różne lub niestandardowe szablony padów. Jeśli masz pod ręką komponenty przed zaprojektowaniem PCB, wydrukuj płytkę w skali 1:1 na papierze i sprawdź, czy komponenty pasują. W wielu projektach zostaliśmy przyłapani na tym, że obudowy układów scalonych mają niewłaściwą szerokość.

Przy wszystkich szablonach komponentów SMD, upewnij się, że pady są nieco dłuższe niż umieszczony na nich komponent; kompaktowe pady lutownicze są świetne dla profesjonalnych lutownic i pomagają zwolnić miejsce na płytce, ale pamiętaj, że będziesz lutować te komponenty ręcznie za pomocą zwykłej lutownicy.

Podczas projektowania płytki PCB, kuszące jest umieszczenie komponentów blisko siebie – być może właśnie dlatego wybrałeś komponenty SMD. Umieszczając komponenty blisko siebie na etapie projektowania, należy pamiętać o tym, jak będzie się je lutować. Weźmy na przykład **rysunek 6**. Byłoby bardzo trudno przylutować układ scalony lub rezystor, gdyby kondensatory zostały umieszczone najpierw – trudno byłoby włożyć lutownicę w małe pady. Takie rozmieszczenie elementów na płytce PCB wymaga, aby najpierw przylutować układ scalony, następnie rezystor, a dopiero potem dwa kondensatory. ■

Mike Hibbett

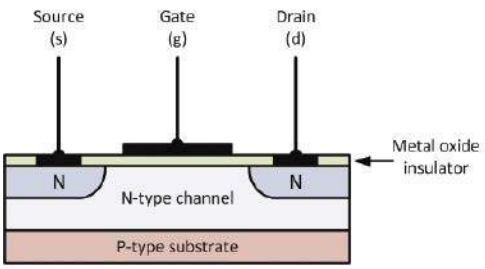
Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „Practical Electronics", czerwiec 2020 (www.epemag3.com)

eprasa.pl 5fecf02526

KickStart

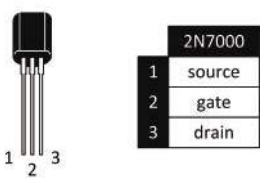
Część 1: Elementy przełączające MOSFET w zastosowaniach liniowych – wprowadzenie do „szwajcarskiego scyzoryka”, tranzystora 2N7000

Nasza okazjonalna seria KickStart ma na celu pokazanie czytelnikom, jak używać łatwo dostępnych, niedrogich komponentów i urządzeń do rozwiązywania szerokiej gamy typowych problemów w możliwie najkrótszym czasie. Każdy z przykładów i projektów można wykonać w ciągu nie więcej niż kilku godzin przy użyciu gotowych części. Oprócz krótkiego wyjaśnienia podstawowych zasad i zastosowanej technologii, seria zawiera różnorodne reprezentatywne rozwiązania i przykłady, wraz z wystarczającą ilością informacji, aby móc je dostosować i rozszerzyć na własny użytek. Pierwsza część pokazuje, jak używać niedrogiego elementu przełączającego MOSFET w różnych zastosowaniach liniowych. Zgodnie z filozofią działu KickStart dostarczyliśmy wystarczających informacji, abyś mógł projektować i budować własne obwody za pomocą tego poręcznego elementu półprzewodnikowego.

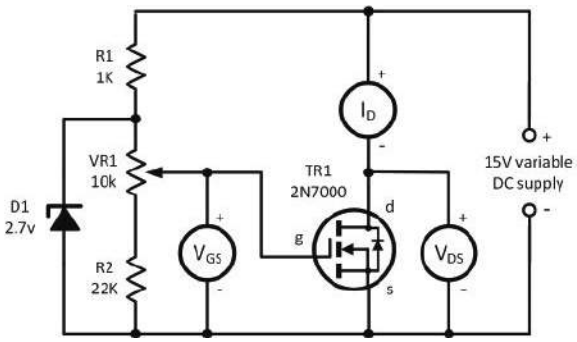


Rysunek 1.1. Budowa tranzystora MOSFET z kanałem typu N

Elementy MOSFET (skrót od Metal-Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) są dostępne w różnych formach, w tym z kanałem typu N i typu P oraz z kanałem wzbogacanym i zubożanym. 2N7000 to tranzystor MOSFET typu N, z kanałem wzbogacanym (patrz **rysunek 1.1**). Oznacza to po prostu, że aby „włączyć” tranzystor (tj. sprawić, by przewodził), konieczne jest przyłożenie dodatniego napięcia między jego bramką a źródłem. Dla 2N7000 wymagane napięcie bramka-źródło mieści się w zakresie od 2 V do 3 V. Tranzystor będzie bardzo silnie przewodzić, gdy napięcie bramka-źródło przekroczy około 3 V, w którym to przypadku rezystancja między drenem a źródłem (RDS) spadnie do bardzo niskiej wartości wymaganej do zastosowań przełączających. Jednak przy napięciu bramka-źródło (UGS) mniejszym niż 2,5 V element może być używane w wielu różnych zastosowaniach liniowych. To tutaj ten niezwykle wszechstronny „szwajcarski scyzoryk” znajduje zupełnie nowe zastosowania!



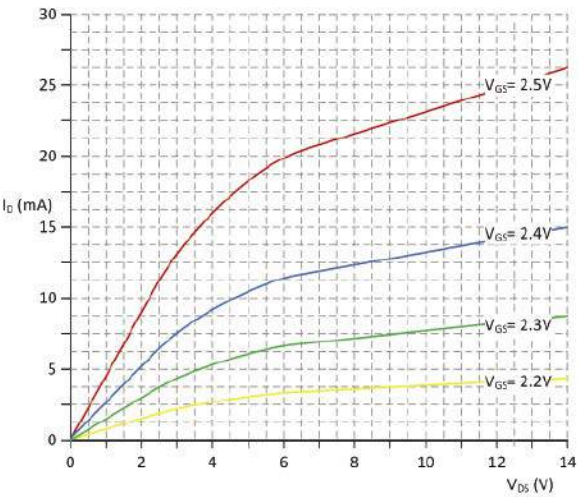
Rysunek 1.2. Połączenia końcówek 2N7000



Rysunek 1.3. Układ testowy tranzystora MOSFET

Podstawy MOSFET-ów

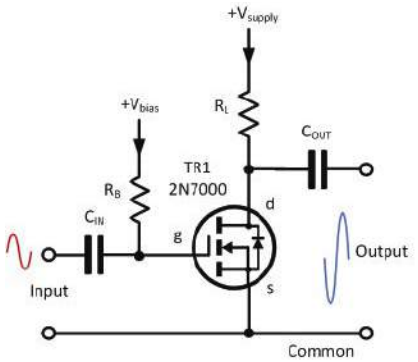
Budowę typowego tranzystora MOSFET z kanałem typu N pokazano na rysunku 1.1. Element składa się z szeregu warstw półprzewodnikowych, na których osadzona jest izolująca warstwa dwutlenku krzemu, a na tej warstwie izolatora jest napylona metalowa bramka. Przewodzenie odbywa się między źródłem a drenem, w wąskim kanale typu N. Stopień przewodzenia w tym obszarze zależy od dodatniego potencjału



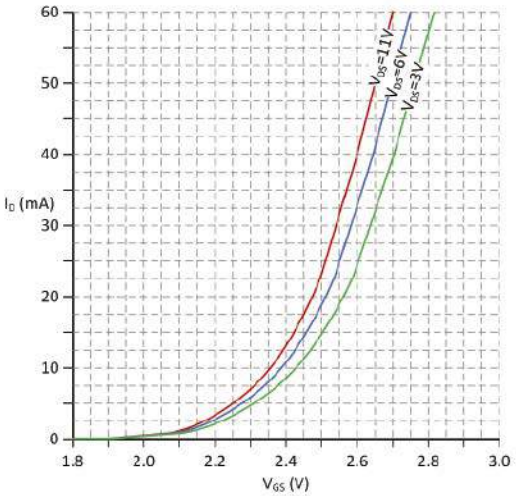
Rysunek 1.4. Charakterystyka wyjściowa dla 2N7000 pracującego w warunkach małosygnałowych

eprasa.pl 5fecf02526

Tabela 1.1. Kluczowe parametry tranzystora 2N7000		
Nazwa parametru	**Skrót**	**Wartość**
Maksymalne napięcie dren-źródło	$U_{DS(maks.)}$	60 V
Maksymalne napięcie dren-bramka	$U_{DG(max)}$	60 V
Maksymalne napięcie źródło-bramka	$U_{GS(maks.)}$	±20 V
Maksymalny prąd drenu	$I_{D(maks.)}$	200 mA
Maksymalne moc rozproszenia	$P_{d(maks.)}$	350 mW
Minimalne napięcie progowe bramka-źródło	$U_{DS(th.min)}$	0,8 V
Maksymalne napięcie progowe bramka-źródło	$U_{DS\ (th.max)}$	3
Minimalna transkonduktancja	g_{fs}	0,1 mS
Maksymalna pojemność wejściowa	C_{iss}	60 pF



Rysunek 1.6. Układ polaryzacji i obciążenia dla prostego stopnia wzmacniacza MOSFET ze wspólnym źródłem



Rysunek 1.5. Charakterystyka przejściowa 2N7000 pracującego w warunkach małosygnałowych

obecnego na zacisku bramki. Gdy napięcie bramka-źródło (UGS) wzrasta powyżej progu przewodzenia (zwykle powyżej około 2 V dla 2N7000), przewodnictwo wzrasta, w wyniku czego wzrastają prądy drenu i źródła (które są identyczne). Zatem napięcie obecne między bramką a źródłem kontroluje prąd płynący w drenie.

W kartach katalogowych producentów, właściwości przyrządów są zwykle zamieszczane zarówno w postaci danych tabelarycznych, jak i serii charakterystycznych krzywych. Kluczowe dane dla 2N7000 przedstawiono w **tabeli 1.1**, a dwie najważniejsze charakterystyki przedstawiono na **rysunkach 1.4** i **1.5**. Obwód testowy, którego użyliśmy do uzyskania tych wykresów, pokazano na **rysunku 1.3**. Należy pamiętać, że prąd drenu (ID) musi być utrzymywany na bezpiecznej wartości, aby ograniczyć całkowite rozproszenie mocy do 350 mW podane w tabeli 1.1.

Charakterystyka wyjściowa (pokazana na rysunku 1.4) składa się z serii wykresów pokazujących zmiany prądu drenu (ID) w funkcji napięcia dren-źródło (UDS), dla różnych wartości napięcia bramka-źródło (UGS). Należy zwrócić uwagę na kilka kwestii związanych z tymi krzywymi. Po pierwsze, wykreśliliśmy te krzywe przy użyciu stosunkowo małych wartości prądu drenu, które byłyby używane w zastosowaniach liniowych (zamiast przełączających). Po drugie, zwróć uwagę na wygięcie wykresu, które występuje dla wartości UDS poniżej około 2 V.

Charakterystyka przejściowa (pokazana na rysunku 1.5) dostarcza nam kolejną rodzinę wykresów. Pokazują one, jak zmienia się prąd drenu (ID) w zależności od napięcia bramka-źródło (UGS), dla różnych wartości napięcia dren-źródło (UDS). Przedstawione trzy krzywe odpowiadają wartościom UDS 3 V, 6 V i 11 V. Jak widać, wszystkie są bardzo podobne. Warto zauważyć, że wykreśliliśmy te krzywe przy użyciu stosunkowo małych wartości prądu drenu (ID) i podobnie jak w przypadku krzywych charakterystyk wyjściowych pokazanych na rysunku 1.4, wartości prądu drenu są znacznie mniejsze niż w kartach katalogowych publikowanych przez producentów półprzewodników.

Szczególne znaczenie ma nachylenie charakterystyki przejściowej. Jest ona znana jako transkonduktancja tranzystora (gfs) i jest definiowana jako niewielka zmiana prądu drenu (ΔID) podzielona przez odpowiednią małą zmianę napięcia bramka-źródło (ΔUGS) przy danej wartości napięcia dren-źródło (UDS), zatem:

$$g_{fs} = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}}$$

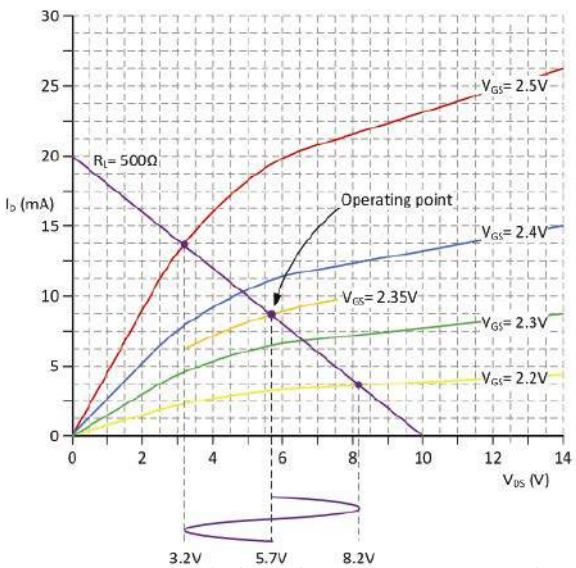
Wartość gfs jest podawana za pomocą jednostki przewodności siemens (S), a nawet „mho" (co pochodzi od „ohm" czytanego od tyłu!) przez niektórych producentów. Ponieważ jednak wartości są zwykle dość małe, zamiast tego używamy mS (milisiemensów) lub mmho.

Umieszczając to w kontekście rysunku 1.4, zmiana prądu drenu z 6 mA na 10,9 mA będzie spowodowana zmianą napięcia źródła bramki z 2,3 V na 2,4 V. Stąd w tym punkcie charakterystyki przejściowej, gdy UDS=6 V, możemy określić wartość transkonduktancji:

$$g_{fs} = \frac{(11-6.0)mA}{(2{,}4-2{,}3)V} = \frac{5\ mA}{0{,}1\ V} = 50\ mS$$

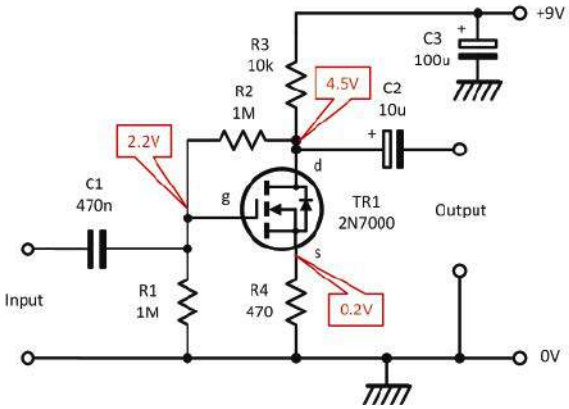
Wykorzystanie tranzystorów MOSFET w zastosowaniach liniowych

Jak wspomniano wcześniej, **rysunek 1.6** przedstawia podstawowe elementy, które są używane w prostym układzie wzmacniacza ze wspólnym źródłem. Aby użyć

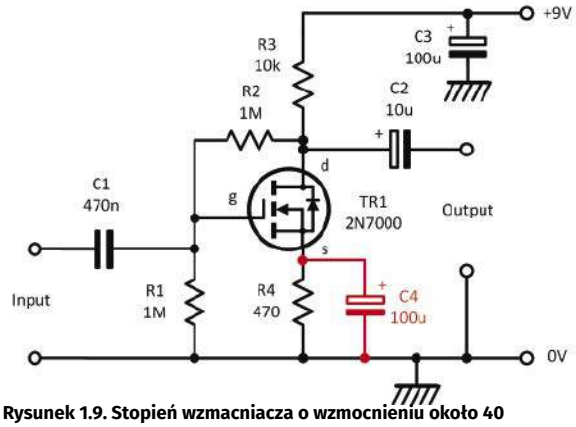


Rysunek 1.7. Prosta obciążenia nałożona na charakterystykę wyjściową 2N7000

eprasa.pl 5fecf02526



Rysunek 1.8. Podstawowy wzmacniacz wykorzystujący tranzystor 2N7000



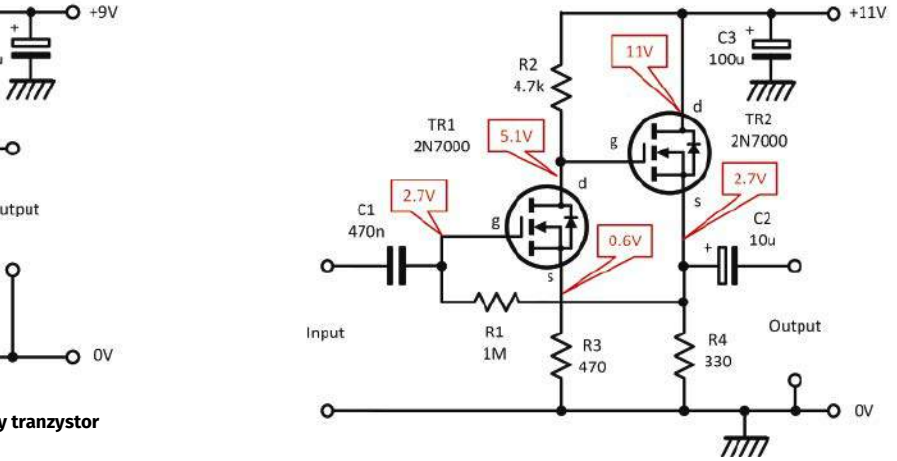
Rysunek 1.9. Stopień wzmacniacza o wzmocnieniu około 40

2N7000 w trybie liniowym, konieczne jest zapewnienie napięcia polaryzacji bramka-źródło wynoszącego około 2 V. Napięcie polaryzacji Ubias, można doprowadzić do bramki za pomocą rezystora RB, o dużej wartości. Wartość RB nie jest krytyczna, ale zwykle mieści się w zakresie od 100 kΩ do 1 MΩ. Napięcie wyjściowe jest wytwarzane na rezystorze obciążenia RL, włączonym w obwód drenu. Kondensatory CIN i COUT (odpowiednio). służą do odcinania składowej stałej na wejściu i wyjściu stopnia wzmacniającego.

Prosta obciążenia

Aby zrozumieć, jak działa rezystor obciążenia, warto przyjrzeć się **rysunkowi 1.7**, który pokazuje, w jaki sposób można nałożyć prostą obciążenia na poznaną wcześniej charakterystykę wyjściową. Ta konkretna prosta obciążenia odpowiada wartości 500 Ω dla RL. Prosta obciążenia przecina osie; pionową ID i poziomą, w punktach IDmax – gdy TR1 jest w pełni przewodzący (włączony) i +Usupply – gdy TR1 jest wyłączony. Nachylenie prostej obciążenia jest zatem odwrotnością RL. Punkt pracy to miejsce, w którym odpowiednie wartości UDS i ID wystąpią, gdy nie zostanie przyłożony żaden sygnał (jest to czasami określane jako „stan spoczynkowy"). Kiedy sygnał zostanie podany na stopień wzmacniający, napięcie UGS zmieni się, a punkt pracy przesunie się w górę lub w dół prostej obciążenia. Następnie można odczytać odpowiednie wartości UDS i na ich podstawie wywnioskować o kształcie przebiegu napięcia wyjściowego, jak pokazano na rysunku 1.7.

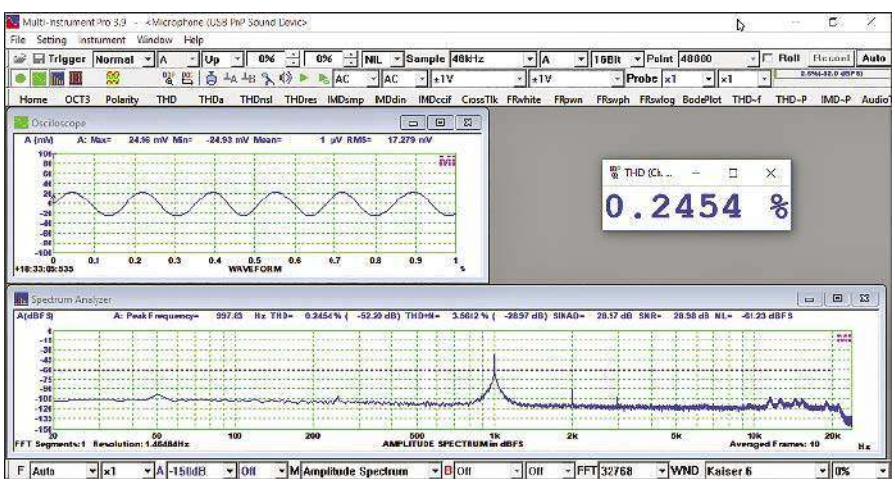
W warunkach pokazanych na rysunku 1.7, jeśli sygnał 300 mVpk-pk zostanie nałożony na stałe napięcie polaryzujące 2,35 V, to wartość napięcia dren-źródło (UDS) będzie się zmieniać od 3,2 V do 8,2 V. Stąd sygnał wejściowy 350 mVpk-pk wytworzy na wyjściu 5 Vpk-pk odpowiadające skromnemu wzmocnieniu napięciowemu AU, wynoszącemu nieco ponad 14. Wymagane napięcie polaryzacji (2,35 V w przypadku rysunku 1.7) uzyskujemy na różne sposoby, ale jednym z najbardziej podstawowych układów jest nic innego jak dzielniik rezystancyjny napięcia pochodzący albo z dodatniej szyny zasilającej albo z zacisku drenu.



Rysunek 1.10. Ulepszony „blok wzmocnienia"

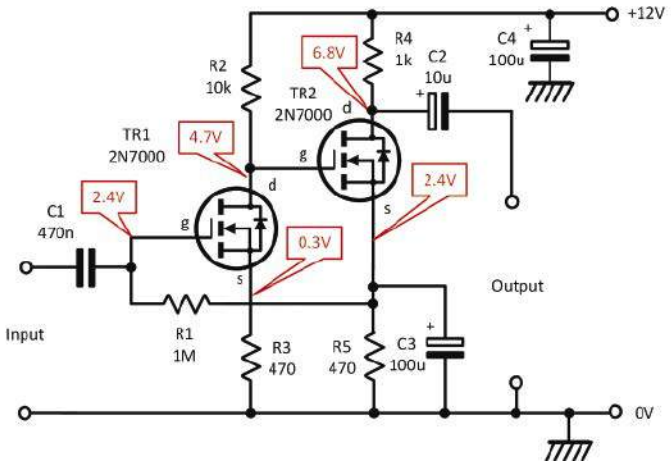
Podstawowy wzmacniacz z tranzystorem 2N7000

Podstawowy wzmacniacz w układzie wspólnego źródła pokazano na **rysunku 1.8**. Obciążenie stopnia zapewnia rezystor R3, natomiast napięcie polaryzacji bramka-źródło (które dla optymalnych warunków pracy w tym obwodzie powinno wynosić około 2,2 V) jest określone przez dzielnik napięcia utworzony przez R1 i R2. Optymalne warunki pracy to takie, które zapewnią maksymalne i niezakłócone wahania napięcia wyjściowego. Ten stan występuje, gdy napięcie drenu jest około połowy napięcia zasilania (tj. około 4,5 V, pomijając mały spadek napięcia na R4). Typowe napięcia robocze pokazano na rysunku 1.8, ale w praktyce, ze względu na różnice w charakterystykach poszczególnych komponentów i tranzystorów MOSFET, można spodziewać się ich wahań rzędu ±10%. W przypadku wystąpienia znaczących różnic, należy odpowiednio zmienić wartości R1 i/lub R2. Wzmocnienie napięciowe



Rysunek 1.11. Korzystanie z oprogramowania komputerowego Virtins Multi-Instrument do analizy i pomiaru całkowitych zniekształceń harmonicznych (THD) wytwarzanych przez obwód z rysunku 1.10

eprasa.pl 5fecf02526



Rysunek 1.12. Korzystanie z oprogramowania komputerowego Virtins Multi-Instrument do analizy i pomiaru całkowitych zniekształceń harmonicznych (THD) wytwarzanych przez obwód z rysunku 1.10

stopnia wynosi około 14. Oznacza to, że sygnał wejściowy 100 mVpk-pk da w efekcie napięcie wyjściowe 1,4 Vpk-pk. Jeśli wymagane jest większe wzmocnienie, można podłączyć kondensator równolegle do rezystora R4, jak pokazano na **rysunku 1.9**. Kondensator stanowi obejście dla składowej zmiennej napięcia, która pojawia się na R4, zmniejszając głębokość ujemnego sprzężenia zwrotnego dla prądu zmiennego i w rezultacie zwiększając wzmocnienie napięciowe stopnia. Z obejściem R4 do sygnałów zmiennych, obwód pokazany na rysunku 1.9 zapewnia wzmocnienie napięciowe około 40, tak że napięcie wejściowe 100 mVpk-pk wytworzy na wyjściu 4 Vpk-pk i tak dalej. Rezystancja wejściowa obu obwodów wynosi około 500 kΩ (określona głównie przez R1 i R2), a zmierzona odpowiedź częstotliwościowa rozciąga się od mniej niż 10 Hz do znacznie ponad 200 kHz – w punktach spadku charakterystyki do –3 dB (0,708).

Ujemne sprzężenie zwrotne i stabilizacja obciążenia

Obwód z rysunku 1.8 wykorzystuje dwa rodzaje ujemnego sprzężenia zwrotnego: sprzężenie napięciowe z drenu do bramki przez R1 i R2 oraz szeregowe sprzężenie zwrotne prądowe za pomocą R4 w połączeniu ze źródła TR1 do masy. Te pętle sprzężenia zwrotnego pomagają ustabilizować stałoprądowe warunki pracy, zapewniając, że pozostają one w pożądanym zakresie pomimo zmian parametrów MOSFET-a i temperatury. Dokonują również znaczącej poprawy ogólnej liniowości wzmacniacza. Działanie pętli sprzężenia zwrotnego bocznika jest następujące.

Jeśli napięcie UGS wzrośnie, to spowoduje to wzrost prądu drenu. Wzrost prądu drenu spowoduje zwiększony spadek napięcia na rezystancji obciążenia (R3). W rezultacie napięcie drenu spadnie, co z kolei zmniejszy bramce napięcie polaryzacji. Kondensatory, odpowiednio C1 i C2, służą do odcinania składowej stałej na wejściu i wyjściu. Mówiąc prościej, kondensatory te przepuszczają sygnały prądu zmiennego, ale utrzymują stałoprądową polaryzację bramki i spoczynkowe napięcie drenu w stopniu wzmacniacza.

Ulepszony „blok wzmocnienia”

Udoskonalony wzmacniacz dwustopniowy pokazano na **rysunku 1.10**. Pierwszy stopień działa jako wzmacniacz ze wspólnym źródłem, o wysokiej impedancji wejściowej; drugi jako wtórnik źródłowy o niskiej impedancji wyjściowej. Dwustopniowy układ „bloku wzmocnienia” zmniejsza efekt obciążenia wyjścia, pierwszego stopnia (TR1) i daje nominalne wzmocnienie napięcia wynoszące 10. Zmierzona odpowiedź częstotliwościowa rozciąga się od około 4,5 Hz do 450 kHz. Zauważ, jak ujemne sprzężenie zwrotne (przez R1) jest stosowane w obu stopniach (tj. od źródła drugiego stopnia do bramki pierwszego).

Zniekształcenia

Żaden wzmacniacz nie jest idealnie liniowy i żaden wzmacniacz nie może zapewnić doskonałej reprezentację kształtu sygnału wejściowego. Wynikiem nieliniowości są zniekształcenia i jednocześnie niewielki poziom ich może być niewykrywalny dla ucha, więc zwykle projektanci dokładają wszelkich starań, aby ich poziom wprowadzony przez wzmacniacz był jak najmniejszy.

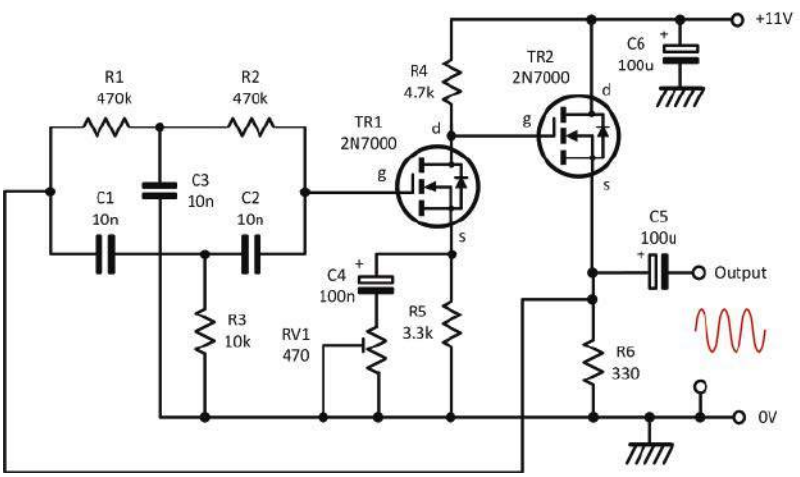
Należy o tym pamiętać, że mocniejsze wysterowanie wzmacniacza da większe zniekształcenia na wyjściu, szczególnie blisko jego przesterowania. Obwód pokazany na rysunku 1.10 typowo daje około 0,25% całkowitych zniekształceń harmonicznych (THD), gdy przyłożony jest sygnał 100 mVpk-pk, jak pokazano na **rysunku 1.11**. (Zauważ, że THD wzrasta do około 6% dla obwodu z rysunku 1.9 przy tym samym sygnale.) Dlatego ważne jest, aby unikać przesterowania wzmacniacza, szczególnie tam, gdzie wzmocnienie wewnętrzne jest znaczne.

Wzmacniacz o dużym wzmocnieniu

Wzmacniacz o dużym wzmocnieniu pokazano na **rysunku 1.12**. Ten układ wykorzystuje dwa kaskadowe stopnie wzmacniacza ze wspólnym źródłem. Obwód ten daje typowe wzmocnienie napięciowe 250 przy braku kondensatora C3, wzrastające do około 370 przy zamontowanym C3 (jak pokazano na rysunku 1.12). Uwaga: sygnał musi być utrzymywany na niskim poziomie, aby uniknąć przesterowania drugiego stopnia.

Generatory sinusoidalne

Oprócz zastosowania we wzmacniaczach małosygnałowych, tranzystor 2N7000 może być używany w wielu różnych zastosowaniach z generatorami sinusoidalnymi. **Rysunek 1.13** przedstawia prosty generator z mostkiem

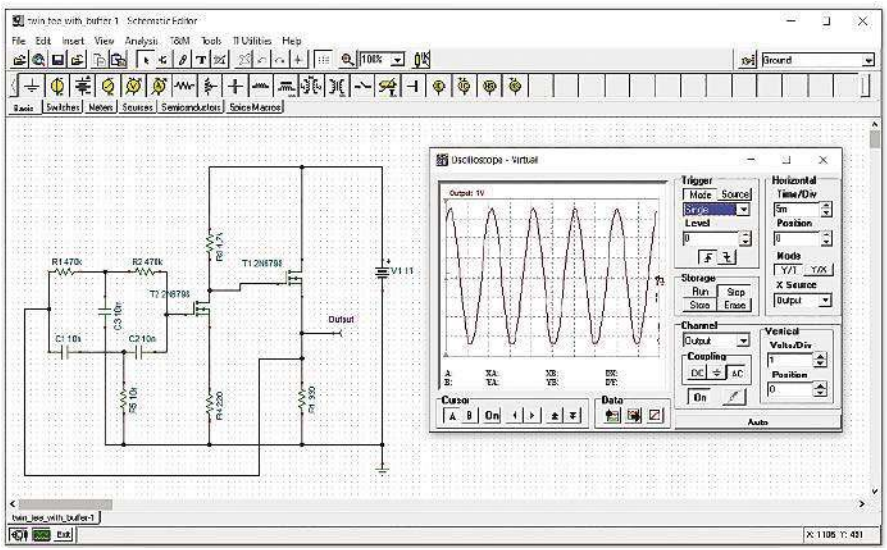


Rysunek 1.13. Generatot zmostkiem 2T, oparty na dwustopniowym bloku wzmacniającym z rysunku 1.10

eprasa.pl 5fecf02526

Tabela 1.2. Idąc dalej – dodatkowe informacje o MOSFET-cie 2N7000

Temat	Źródło	Uwagi
MOSFET 2N7000	Model 2N7000 jest dostępny u wielu dostawców, w tym AVT, Farnell, Mouser. Arkusze danych dostępne od producentów: ON Semi, Fairchild, Vishay	Ceny od 60 gr, zależnie od kupowanej ilości
Wzmacniacze akustyczne	Dla wszystkich Twoich wymagań dotyczących wzmacniaczy audio, rubryka PE Audio Out zapewnia skarbnicę wskazówek, projektów i pomysłów, czerpiąc z wieloletniego doświadczenia Jake'a Rothmana w nauczaniu, projektowaniu i budowaniu ogromnej gamy obwodów audio.	Wszystkie artykuły Audio Out są dostępne w poprzednich wydaniach na stronie: www.electronpublishing.com. Pokaźna liczba tych artykułów zebrała się też w EdW i są dostępne w wydaniach archiwalnych EdW na www.ulubionykiosk.pl
Symulacje układowe	Własna książka autora, Electronic Circuits: Fundamentals and Applications (wydanie piąte 2020 opublikowane przez Routledge 9780367421984) zawiera wprowadzenie do symulacji obwodów w oparciu o popularne oprogramowanie Tina Pro oparte na SPICE	Oprogramowanie Tina można pobrać ze strony www.tina.com. Skróconą wersję można bezpłatnie pobrać z Texas Instruments pod adresem: https://tiny.pl/cx4l1
Zniekształcenia	Szczegółowe wyjaśnienie różnych typów zniekształceń można znaleźć w części 8 Electronics Teach-In 7	https://tiny.pl/cx4l5 (produkt płatny)
Ujemne sprzężenie zwrotne	Przydatne wprowadzenie i odpowiednią teorię można znaleźć w części 8 Electronics Teach-In 7	https://tiny.pl/cx4l5 (produkt płatny)
Charakterystyki tranzystorów i proste obciążenia	Własna książka autora, Electronic Circuits: Fundamentals and Applications (patrz wyżej) zawiera wprowadzenie do charakterystyki tranzystorów, linii obciążenia i wzmacniaczy	



Rysunek 1.14. Używanie oprogramowania Tina Pro do sprawdzania i optymalizacji wartości komponentów dla generatora z mostkiem 2T pokazanego na rysunku 1.13

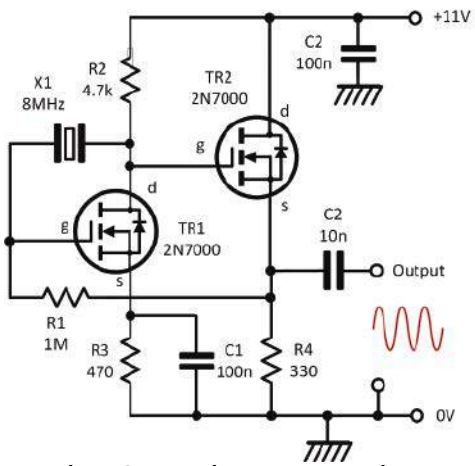
podwójne T, oparty na dwustopniowym bloku wzmocnienia z rysunku 1.10. Obwód zapewnia napięcie wyjściowe około 8 Vpk-pk przy częstotliwości około 100 Hz. Częstotliwość generacji można zmieniać, zmieniając wartości stosowane w sieci z dwoma trójnikami (patrz „Idąc dalej" poniżej). Należy zauważyć, że popularne oprogramowanie symulacyjne oparte na Spice może być często używane do modelowania i optymalizacji działania obwodów MOSFET, tak jak pokazano na **rysunku 1.14**.

Na koniec na **rysunku 1.15** pokazano generator stabilizowany rezonatorem kwarcowym, oparty na pojedynczym tranzystorze 2N7000.

REKLAMA

Publikujemy dla projektantów i programistów elektroniki. Odwiedź

ELPORTAL.pl



Rysunek 1.15. Generator kwarcowy 8 MHz wykorzystujący 2N7000

Zapewnia on typowe napięcie wyjściowe 2 Vpk-pk i został przetestowany z rezonatorami zakresie od 2 MHz do 20 MHz. Układ ten stanowi podstawę autorskiego, prostego układu testera rezonatorów, którego autor używa w swoim warsztacie.

Idąc dalej

Nasza tabela Idąc dalej, pomoże Ci znaleźć źródła części składowych i dalsze informacje, które pozwolą Ci szybko przejść do własnych projektów i ich modyfikacji. Zapewnia również lekturę w tle, która pomoże ci nabrać niezbędnej podstawowej wiedzy na kluczowe omawiane tu tematy. ■

Mike Tooley

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

eprasa.pl 5fecf02526

KSIĄŻKI W ULUBIONYM KIOSKU

Z RABATEM DO 30%



Zobacz pełną ofertę!

PONAD 500 TYTUŁÓW

Zamów wygodnie na www.UlubionyKiosk.pl

eprasa.pl 5fecf02526

Układy zasilania

Nawet bez użycia stabilizatorów napięcia można stworzyć ciekawe układy zasilające. W tym artykule przedstawiamy garść przydatnych wskazówek, które z pewnością przydadzą się w elektronicznym hobby.

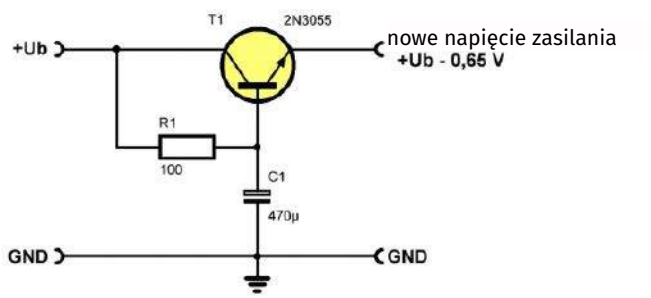
Powoli rosnące dodatnie napięcie zasilania

Zasilacze bardzo szybko zwiększają napięcie wyjściowe po włączeniu zasilania. W przypadku niektórych układów może to stanowić problem, zwłaszcza dla układów zawierających wiele kondensatorów elektrolitycznych. Kondensatory te ładują się do napięcia roboczego, co może zająć kilka sekund. W tym czasie mogą wystąpić różnego rodzaju niepożądane stany przejściowe, na przykład duże napięcia na wyjściu wzmacniacza mocy, powodujące głośne trzaski w głośnikach.

Co więcej, faktem jest, że podzespoły elektroniczne ulegają awarii głównie po włączeniu sprzętu. Nagłe napięcia i prądy generowane wtedy mogą uszkodzić układ scalony zmęczony częstym nagrzewaniem i ponownym chłodzeniem.

Jednym z rozwiązań takich problemów jest sztuczne opóźnienie wzrostu napięcia zasilania. Można to zrobić za pomocą obwodu przedstawionego na poniższym rysunku. Normalny układ zasilania jest zakończony tranzystorem 2N3055, który jest sterowany jako wtórnik emiterowy. Baza jest podłączona do opóźniającego obwodu RC. Gdy napięcie zasilania pojawi się na kolektorze tranzystora, kondensator C1 będzie całkowicie rozładowany. Na emiterze nie ma więc napięcia. Kondensator zacznie się teraz powoli ładować poprzez rezystor R1 do napięcia zasilania. Napięcie bazy rośnie powoli, w wyniku czego napięcie emitera również rośnie powoli. Napięcie emitera staje się nowym napięciem zasilania.

Ponieważ napięcie to powoli rośnie, zasilane układy będą dostosowywać się płynniej i będzie mniej niepożądanych zjawisk włączania.



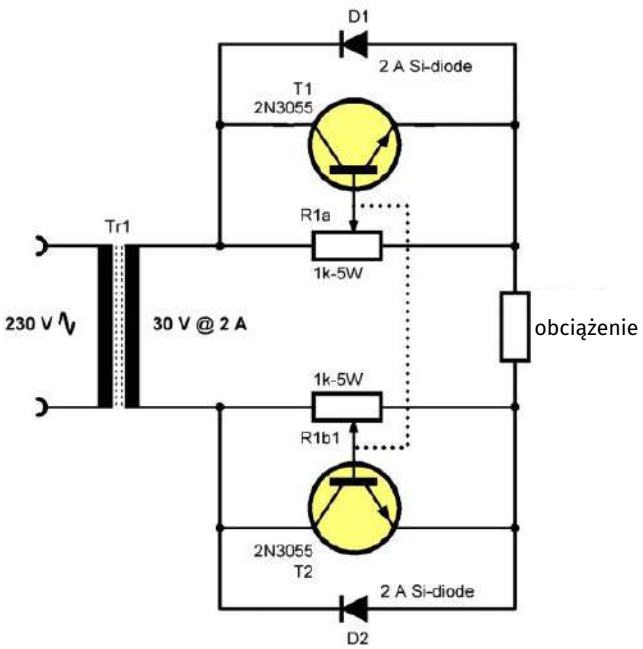
Powoli rosnące napięcie zasilania ratuje zasilane układy (© 2018 Jos Verstraten)

Regulowane niskie napięcie AC

Punktem wyjścia jest transformator mocy o napięciu wtórnym, powiedzmy, 30 V przy 2 A. Uzwojenie wtórne jest podłączone do dwóch tranzystorów mocy NPN, takich jak tradycyjny 2N3055. Pomiędzy emiterem i kolektorem obu tranzystorów znajdują się dwa sprzężone potencjometry o mocy 5 W i wartości 1 kΩ. Działanie układu jest następujące. Gdy górny zacisk uzwojenia wtórnego jest dodatni w stosunku do dolnego zacisku, T1 zaczyna przewodzić. Stopień przewodzenia T1 zależy od położenia suwaka na R1a. Im bardziej suwak jest w pozycji bliższej emitera, tym mniej tranzystor będzie przewodził i tym wyższa będzie jego rezystancja wewnętrzna. Prąd płynie od górnego zacisku uzwojenia wtórnego przez T1 do obciążenia. Stamtąd prąd płynie dalej do dolnego zacisku uzwojenia wtórnego przez diodę przewodzącą D2.

Gdy polaryzacja napięcia wtórnego ulega odwróceniu, tranzystor T1 wchodzi w stan pracy wstecznej, czyli nie przewodzi, a tranzystor T2 przewodzi. Obwód jest teraz zamknięty przez diodę przewodzącą D1. Jedyny problem z tym obwodem polega na tym, że oba potencjometry muszą mieć zawsze to samo ustawienie. W rzeczywistości należałoby więc użyć potencjometru stereofonicznego, ale takie nie istnieją w wersji 5 W z uzwojeniem drutowym. W jakiś sposób trzeba samodzielnie mechanicznie połączyć oba potencjometry. Typowe zadanie dla hobbysty!

Im mniej przewodzą oba tranzystory, tym mniejszy prąd będzie płynął przez obwód i tym mniejsze napięcie będzie generowane na rezystorze obciążenia R. Ze względu na komplementarną strukturę obwodu, na obciążeniu powstanie prawie nieskazitelne napięcie sinusoidalne, którego wielkość można regulować, obracając suwaki dwóch potencjometrów.



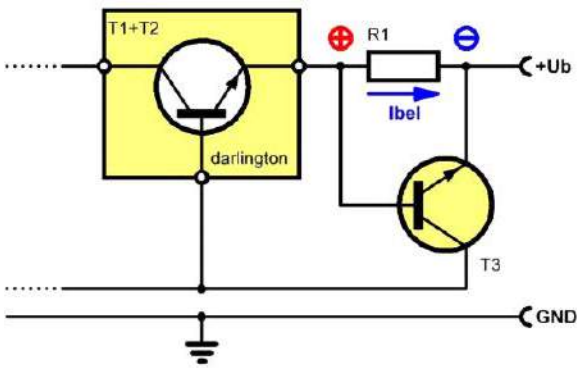
Regulowane niskie napięcie AC (© 2018 Jos Verstraten)

Zastosowanie ograniczenia prądu w zasilaczu

Większość stabilizowanych zasilaczy laboratoryjnych ma regulowane ograniczenie prądu, ale pojedyncze zasilacze, które znajdują się na płytce drukowanej w celu zasilania określonego obwodu, zwykle nie są wyposażone w układ zabezpieczający przed zwarciem. A szkoda, bo jak pokazuje poniższy rysunek, wystarczy jeden rezystor i jeden tani tranzystor, aby zabezpieczyć dowolny stabilizowany zasilacz z zewnętrznym tranzystorem szeregowym. Rezystor R1 jest czujnikiem prądu, który mierzy wielkość prądu dostarczanego przez zasilacz. Równolegle do rezystora jest podłączone złącze baza/emiter tranzystora T3. Kolektor tego tranzystora jest połączony z bazą tranzystora szeregowego zasilacza. Na schemacie tranzystor ten nosi nazwę T1+T2, ponieważ wiele zasilaczy wykorzystuje do tego celu darlingtona. Jeśli prąd dostarczany przez zasilacz jest tak mały, że na rezystorze występuje napięcie poniżej

eprasa.pl 5fecf02526

0,65 V, tranzystor T3 jest zatkany i nic złego się nie dzieje. Jeśli jednak prąd wzrośnie, napięcie na R1 spowoduje przewodzenie tranzystora T3. W rezultacie baza tranzystora szeregowego T1+T2 zostanie podłączona do wyjścia zasilacza za pośrednictwem przewodzącego T3. Baza staje się zatem bardziej ujemna, w wyniku czego tranzystor szeregowy przewodzi słabiej, a prąd wyjściowy zasilacza maleje. Obwód działa zatem jako ogranicznik prądu, ograniczając do bezpiecznej wartości maksymalny prąd, jaki może dostarczyć zasilacz. Opisany obwód można bez problemu stosować z dowolnym zasilaczem, który stabilizuje za pomocą tranzystora szeregowego włączonego między cewką wygładzającą a wyjściem zasilacza. Wartość rezystora R1 można oczywiście obliczyć korzystając z prawa Ohma. Na każdy amper prądu należy przyjąć rezystancję około 0,65 Ω.

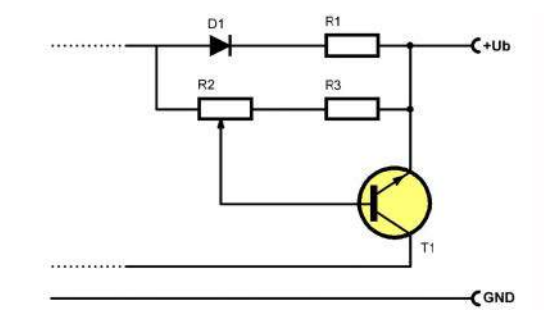


Prosty sposób na ograniczenie prądu dostarczanego przez zasilacz (© 2018 Jos Verstraten)

Regulowane ograniczenie prądu w zasilaczu

Możesz również zastosować tę samą zasadę, co w poprzedniej wskazówce, aby uzyskać regulowany ogranicznik prądu. Schemat przedstawiono na poniższym rysunku. Rezystor czujnika prądu został zastąpiony szeregowym połączeniem diody D1 i rezystora R1. Dioda umożliwia wygodne ustawienie zakresu regulacji ogranicznika prądu za pomocą potencjometru R2. Nawet przy stosunkowo niewielkim prądzie, na diodzie spada napięcie 0,65 V. W rezultacie, nawet przy minimalnym prądzie, tranzystor jest spolaryzowany na skraju przewodzenia, gdy suwak potencjometru znajduje się po lewej stronie.

W ten sposób obwód może reagować już przy prądzie wyjściowym około 50 mA. Maksymalny prąd płynie, gdy suwak potencjometru znajduje się całkowicie po prawej stronie. Spadek napięcia na D1 + R1 jest następnie dzielony między R2 i R3, a ten stosunek rezystancji określa prąd, przy którym tranzystor będzie przewodził i łączył bazę tranzystora szeregowego (tranzystorów szeregowych) do wyjścia. Podawanie wzorów lub wartości nie ma większego sensu. Eksperymentowanie jest nadal najlepszym sposobem na dostosowanie obwodów dokładnie do własnych potrzeb!



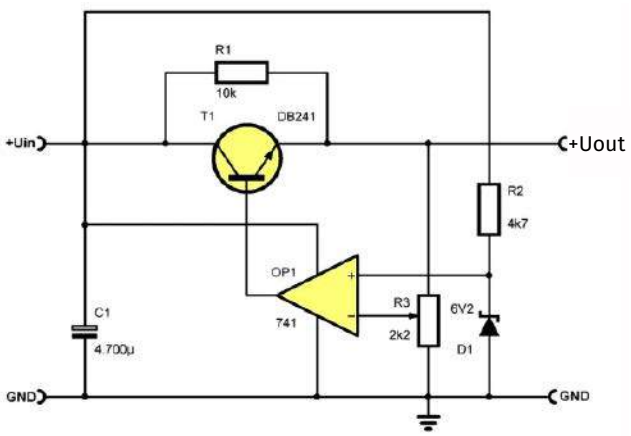
Regulowany ogranicznik prądu dla dodatniego zasilania (© 2018 Jos Verstraten)

Proste, regulowane i stabilizowane zasilanie

Najprostszy schemat dobrego regulowanego zasilacza stabilizowanego przedstawiono na poniższym rysunku. Narysowany obwód jest użyteczny do niestabilizowanego napięcia +35 V. Przy wyższych napięciach wzmacniacz operacyjny 741 ulega uszkodzeniu! Wyjście wzmacniacza operacyjnego bezpośrednio napędza bazę tranzystora szeregowego T1. Wejście nieodwracające wzmacniacza operacyjnego jest ustawione na stałe napięcie 6,2 V. Jest ono wytwarzane przez diodę Zenera D1, która jest polaryzowana z niestabilizowanego zasilania za pomocą rezystora szeregowego R2. Rezystor ten należy obliczyć tak, aby przez diodę Zenera przepływało około 10 mA.

Wejście odwracające wzmacniacza operacyjnego jest polaryzowane z potencjometru R3, włączonego między masą a wyjściem. Tworzony jest mały obwód sterowania sprzężeniem zwrotnym, który zapewni, że oba wejścia wzmacniacza operacyjnego będą miały równe napięcia. Tak więc, jeśli suwak potencjometru znajduje się w środkowej pozycji, na dolnej połowie potencjometru będzie napięcie 6,2 V. Na całym potencjometrze musi być wtedy 2 · 6,2 V = 12,4 V. Jest to jednocześnie napięcie wyjściowe zasilacza! Im bardziej przesuniesz suwak potencjometru do masy, tym wyższe będzie napięcie wyjściowe.

W drugim skrajnym położeniu, tj. suwak na samej górze, wejście odwracające jest bezpośrednio połączone z wyjściem układu. W rezultacie napięcie wyjściowe jest równe 6,2 V, czyli napięciu na diodzie Zenera. Jest to więc minimalne napięcie, na jakie można ustawić zasilacz. Jeśli chcesz regulować niższe napięcie, musisz wymienić diodę Zenera na taką o niższym napięciu.



Prosty, regulowany zasilacz stabilizowany (© 2018 Jos Verstraten)

Odłączanie zasilania

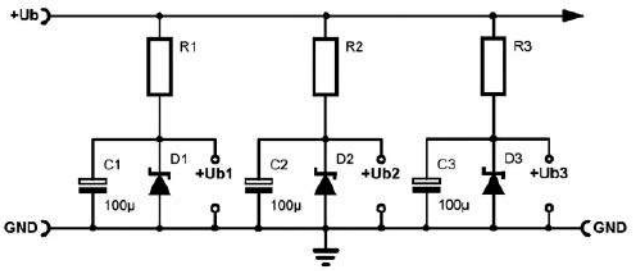
W przypadku wrażliwych układów wzmacniacza należy zwrócić szczególną uwagę na sposób zasilania różnych bloków układu. Na przykład, nie jest rozsądne zasilanie przedwzmacniacza i wzmacniacza mocy audio z tego samego napięcia. Przy odrobinie pecha wystąpi nieprzyjemne zjawisko zwane *„motorboatingiem”*. Duże prądy, które wzmacniacz mocy pobiera z zasilacza, powodują spadek napięcia zasilania. Spadek ten naturalnie trafia również na przedwzmacniacze, powodując, że stają się one niestabilne i przyjmują zmienne napięcie zasilania jako część wzmacnianego sygnału. Tworzy to zamkniętą pętlę między przedwzmacniaczem a wzmacniaczem mocy, prowadząc do wspomnianego wcześniej zjawiska oscylacji.

Znacznie lepiej jest zastosować układ naszkicowany na poniższym rysunku. W tym przypadku z ogólnego źródła zasilania wyprowadza się kilka podzasilaczy, które stabilizuje się i odsprzęga oddzielnie.

Na przykład, można użyć zasilacza UIT1 do zasilania lewego przedwzmacniacza, zasilacza UIT2 dla prawego przed-

eprasa.pl 5fecf02526

wzmacniacza i zasilacza UIT3 dla wzmacniacza mikrofonowego. W ten sposób absolutnie niemożliwe jest wystąpienie sprzężenia zwrotnego w układzie poprzez linię zasilania.

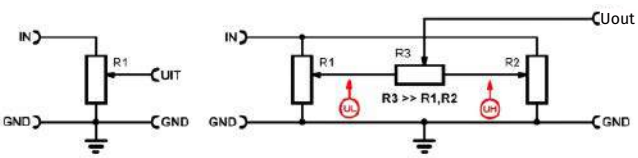


Odłączanie napięcia zasilania (© 2018 Jos Verstraten)

Dokładne ustawienie napięcia wyjściowego

Większość zasilaczy stabilizowanych posiada pojedynczy potencjometr, za pomocą którego można ustawić napięcie wyjściowe zasilacza. Te same zasilacze mają wyświetlacz cyfrowy z co najmniej trzema miejscami po przecinku, który pozwala odczytać wartość napięcia wyjściowego z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku. Ale czy kiedykolwiek próbowałeś użyć tego potencjometru, aby ustawić napięcie wyjściowe dokładnie na 12,00 V? Oczywiście, że nie!

Dlatego profesjonalne zasilacze mają dziesięcioskokowy potencjometr do ustawiania napięcia wyjściowego. Bardzo drogie rozwiązanie, które jest niepotrzebne, ponieważ istnieje znacznie tańsze, które działa co najmniej tak samo dobrze. Zasada działania została przedstawiona na poniższym rysunku. Po lewej stronie znajduje się normalny potencjometr, za pomocą którego można ustawić napięcie. Po prawej jest alternatywa, która składa się z trzech potencjometrów. Mogą to być zwykłe, tanie potencjometry węglowe, jedynym warunkiem jest to, że wartość R3 jest co najmniej dziesięć razy większa niż R1 i R2.



Dokładne ustawienie napięcia wyjściowego zasilacza (© 2018 Jos Verstraten)

Załóżmy, że chcesz ustawić wyjście zasilacza na 12,00 V. Przesuwasz suwak R3 do lewej pozycji i przekręcasz suwak R1, aż zasilacz wygeneruje napięcie wyjściowe 11,9 V. Następnie należy przesunąć suwak R3 do prawej pozycji i przekręcić R2, aż napięcie wyjściowe zasilacza wyniesie 12,1 V. Zakres regulacji potencjometru R3 wynosi teraz od 11,9 V do 12,1 V i bardzo łatwo jest precyzyjnie ustawić napięcie na 12,00 V.

Napięcie odniesienia stabilizowane temperaturowo

Dzięki trzem tanim układom scalonym można zbudować niezwykle stabilny układ referencyjny napięcia, o specyfikacji, która sprawi, że wiele specjalnych układów referencyjnych będzie zielonych i żółtych z zazdrości. Zasada działania została przedstawiona na poniższym rysunku. Układ wykorzystuje fakt, że można użyć tranzystora jako diody Zenera, również jako czujnika temperatury i jako element grzewczy.

W niedrogim układzie, takim jak CA3086, znajduje się pięć identycznych tranzystorów. Tranzystor T1 jest używany jako dioda Zenera. Wystarczy zewrzeć emiter i kolektor i podłączyć powstałą „diodę Zenera" do stabilizowanego napięcia poprzez szeregowy rezystor R1. Napięcie Zenera wynosi około 7,5 V, a współczynnik temperaturowy napięcia Zenera jest równy +3,6 mV/°C. O wiele za dużo dla naprawdę dokładnego napięcia odniesienia.

Tranzystor T2 jest używany jako czujnik temperatury. Złącze baza/emiter wytwarza napięcie około 0,65 V o współczynniku temperaturowym −2,2 mV/°C.

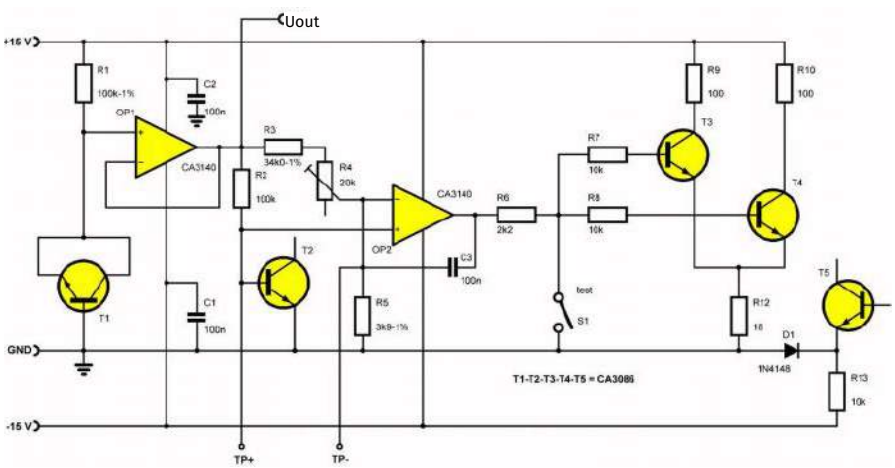
Napięcie to jest teraz porównywane z napięciem odniesienia pochodzącym z „diody Zenera" T1. Komparator zasila napięciem dwa tranzystory T3 i T4. Zaczynają one przewodzić więcej lub mniej, a tym samym rozpraszać więcej lub mniej ciepła w układzie scalonym. System jest zatem sprzężony zwrotnie. Komparator zapewni, że napięcia na jego dwóch wejściach staną się sobie równe. Można to zrobić tylko poprzez rozgrzanie T3 i T4 na tyle, aby ustawić temperaturę układu na stałą wartość.

Tranzystor T1, właściwa dioda referencyjna, jest zasilany z napięcia zasilania +15 V. Napięcie to musi być dobrze stabilizowane! Napięcie Zenera o wartości około 7,5 V jest buforowane przez wzmacniacz operacyjny OP1. Wyjście tego wzmacniacza operacyjnego jest również wyjściem układu odniesienia.

Dzięki bardzo niskiej impedancji wyjściowej wzmacniacza operacyjnego, źródło napięcia odniesienia ma znikomą impedancję, przynajmniej znacznie niższą niż 0,2 Ω określone jako minimalna wartość dla profesjonalnych źródeł odniesienia. Czujnik temperatury jest zasilany z tego napięcia wyjściowego. Napięcie na czujniku jest porównywane z napięciem odniesienia we wzmacniaczu operacyjnym OP2. Potencjometr R4 ustawia temperaturę układu CA3086 na około 80 °C.

Op-amp OP2 pracuje jako komparator całkujący. Funkcja całkowania wynika z obecności kondensatora sprzężenia zwrotnego C3. Zapewnia to, że napięcie wyjściowe wzmacniacza operacyjnego będzie się powoli zmieniać, a tranzystory grzejne T3 i T4 będą stopniowo doprowadzane do przewodzenia.

Pin 13 układu CA3086 musi być ustawiony na napięcie niższe niż napięcie na innych pinach układu scalonego. Stąd, poprzez diodę D1 i rezystor 10 kΩ, ten pin jest ustawiony na napięcie −0,65 V. Regulacja układu jest bardzo łatwa. Układ jest podłączony do symetrycznego napięcia zasilania ±15 V. Węzeł rezystorów R6, R7 i R8 jest zwarty do masy. Na schemacie jest to symbolizowane przez przełącznik S1 (test). Po około dziesięciu minutach nagrzewania należy zmierzyć napięcie między dwoma punktami TP+ i TP−. Za pomocą potencjometru R4 ustaw to napięcie na około 140 mV.



Domowy stabilizator napięcia (© 2018 Jos Verstraten)

eprasa.pl 5fecf02526

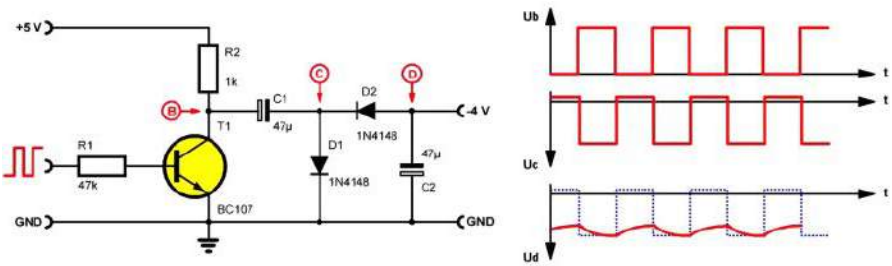
Następnie należy wyłączyć zwarcie do masy. Zaobserwowano, że różnica napięć między TP+ i TP– szybko spada do 0 V. Po około pięciu minutach układ jest ustabilizowany, a na wyjściu dostępne jest napięcie referencyjne o wartości około 7,5 V z niezwykłymi specyfikacjami. Napięcie wyjściowe zostało zmierzone za pomocą pięciocyfrowego miernika uniwersalnego. Temperatura otoczenia została sprawdzona z dokładnością do 0,1°C. Pomiary te wykazały, że ten prosty domowy układ odniesienia napięcia ma współczynnik temperaturowy wynoszący zaledwie 0,002%/°C!

Ujemne zasilanie pomocnicze z napięcia dodatniego

W układach cyfrowych często pracuje się z pojedynczym zasilaniem +5 V. Ale co, jeśli na przykład do zasilania wzmacniacza operacyjnego potrzebne jest napięcie ujemne? Oczywiście istnieją specjalne układy scalone, które wytwarzają napięcie ujemne z dodatniego napięcia zasilania. Jeśli jednak gdzieś w układzie cyfrowym dostępny jest sygnał prostokątny, można zastosować układ pokazany na poniższym rysunku. Tranzystor T1 jest używany jako tranzystor przełączający i jest sterowany dostępnym sygnałem prostokątnym. Może to być na przykład sygnał zegarowy; jedynym warunkiem jest to, że częstotliwość tego sygnału jest większa niż 1 kHz i mniejsza niż 1 MHz. W ten sposób w punkcie B powstaje przebieg prostokątny, który waha się od 0 V do +5 V. Napięcie to jest podawane do masy za pomocą obwodu C1/D1. Dioda zaczyna przewodzić, gdy napięcie na prawej okładce kondensatora chce stać się ujemne. W rezultacie w punkcie C powstaje ujemny sygnał prostokątny o maksymalnej wartości ujemnej około –4,5 V.

Ten ujemny sygnał jest następnie prostowany za pomocą diody D2 i wygładzany za pomocą kondensatora C2. Na tym ostatnim elemencie powstaje ujemne napięcie stałe o wartości około –4,0 V. Napięcie to idealnie nadaje się do zasilania szeregu wzmacniaczy operacyjnych. Należy jednak wziąć pod uwagę, że to ujemne napięcie zasilania nie powinno być bardzo obciążone. Obwód nie może dostarczyć więcej niż około 5 mA, ale często jest to więcej niż wystarczające. ■

Jos Verstraten



Tworzenie ujemnego zasilania pomocniczego z dodatniego napięcia (© 2018 Jos Verstraten)

QUIZ

Praktyczny kurs op-ampów

1. Generatory funkcyjne wytwarzają sygnały...
☐ Tylko sinusoidalne i trójkątne
☐ Tylko sinusoidalne i prostokątne
☐ Sinusoidalne, prostokątne, piłokształtne, impulsowe

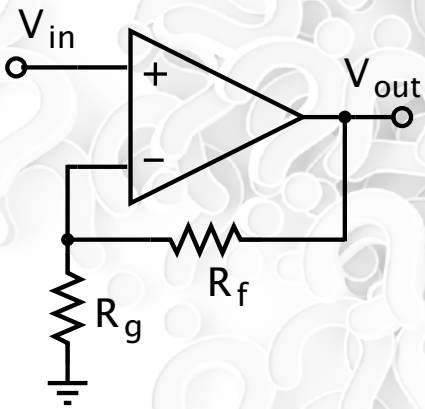
2. We wzmacniaczu nieliniowym można uzyskać przebieg sinusoidalny z przekształcenia przebiegu...
☐ Trójkątnego
☐ Prostokątnego
☐ Piłokształtnego

3. We wzmacniaczu nieliniowym wykorzystuje się w sprzężeniu zwrotnym diodę ze względu na jej charakterystykę I(U) o kształcie...
☐ Liniowym
☐ Wykładniczym
☐ Piłokształtnym

4. Układ ICL8038 firmy Intersil jest generatorem...
☐ Funkcyjnym
☐ Precyzyjnym sinusoidalnym
☐ Prostokątnym

5. Dyskryminator okienkowy to układ sygnalizujący przekroczenie napięcia...
☐ Progu o znaku dodatnim
☐ Progu o znaku ujemnym
☐ Dowolnych dwóch progów

6. Czy dyskryminator okienkowy można zastosować do sprawdzenia napięcia akumulatora 12 V?
☐ Tak
☐ Nie



7. Czy detektor zbocza może informować o ekstremach (minimach i maksimach) sygnału?
☐ Tak
☐ Nie

8. Czy detektor zbocza może posłużyć do budowy podwajacza częstotliwości?
☐ Tak
☐ Nie

Rozwiązanie znajdziesz na www.elportal.pl/quizy od dnia 28.07.2023.

eprasa.pl 5fecf02526

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.



Kilka faktów wprowadzających



Mikrofon jest zdolny do przekształcania drgań powietrza w zmienne napięcie elektryczne. Poznajmy główne typy mikrofonów wraz z ich zaletami i wadami.

Mikrofon jest przetwornikiem ciśnienia na napięcie

Mikrofon jest przetwornikiem, który przekształca drgania akustyczne w powietrzu w napięcia elektryczne. Te drgania akustyczne wyrażają się w postaci minimalnych różnic ciśnienia w powietrzu. W tym przypadku istnieje proporcjonalna zależność między przebiegiem tych różnic ciśnienia a kształtem napięcia przemiennego.

Skąd pochodzi napięcie?

Niektóre mikrofony generują napięcie przemienne całkowicie autonomicznie. Inne typy wymagają napięcia stałego jako źródła zasilania, aby wygenerować pożądane napięcie przemienne. Tak jest w przypadku mikrofonów węglowych i pojemnościowych. Napięcie przemienne generowane w mikrofonie jest zwykle tak małe, że potrzebny jest przedwzmacniacz mikrofonowy, aby doprowadzić sygnał do poziomu nadającego się do przetwarzania. Szczególnie sygnały pochodzące z mikrofonów wstęgowych, pojemnościowych i elektretowych są bardzo małe.

Bardzo duże różnice w jakości

Podstawowe typy opisane poniżej występują w praktyce w postaci ogromnej gamy mikrofonów we wszystkich kształtach i rozmiarach, od bardzo dobrych do bardzo złych i od tanich do niedostępnych cenowo. Istnieją bardzo małe mikrofony (o średnicy kilku mm), które dobrze nadają się do montażu w urządzeniach zarówno w wersji pojemnościowej, elektretowej, krystalicznej, jak i elektrodynamicznej. W przypadku nagrań muzycznych wysokiej jakości zwykle używane są mikrofony pojemnościowe. Mikrofony te wymagają zasilania 48 V, które zwykle znajduje się w uchwycie w postaci małej baterii 1,5 V, która napędza konwerter napięcia generujący 48 V. Włącznik/wyłącznik znajduje się na uchwycie, aby oszczędzać energię baterii.

Zasilanie fantomowe

Niektóre mikrofony pojemnościowe współpracują z zasilaniem fantomowym. Zasilanie fantomowe to rozwiązanie, które umożliwia przesyłanie zarówno sygnału mikrofonu (napięcie AC), jak i niezbędnego napięcia zasilania (napięcie DC) za pomocą jednego kabla. Zasilanie fantomowe jest możliwe, ponieważ prąd stały i prąd zmienny nie zakłócają się wzajemnie. Napięcie fantomowe wynosi zazwyczaj 48 V.

Rodzaje mikrofonów

Można wyróżnić kilka rodzajów mikrofonów:

- węglowe,
- krystaliczne,
- pojemnościowe,
- elektretowe,
- dynamiczne,

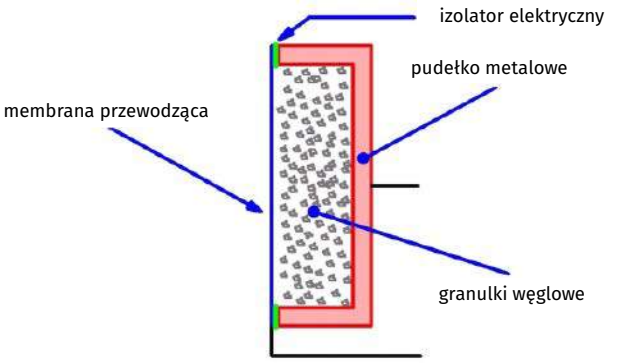
eprasa.pl 5fecf02526

- wstęgowe,
- laserowe.

Zasady działania

Działanie mikrofonu opiera się na jednej z pięciu poniższych zasad:

- **Rezystancyjne:** Ciśnienie akustyczne moduluje rezystancję elementu, ta zmiana rezystancji jest przekształcana w zmianę napięcia.
- **Elektromagnetyczne:** Zmienne ciśnienie akustyczne zakłóca wielkość pola magnetycznego, powodując generowanie napięcia w cewce lub membranie.
- **Piezoelektryczne:** Ta kategoria działa w oparciu o efekt piezoelektryczny. Materiały wykazujące efekt piezoelektryczny mogą przekształcać naprężenia mechaniczne bezpośrednio w napięcia elektryczne.



Budowa mikrofonu węglowego (© 2018 Jos Verstraten)

- **Pojemnościowe:** W tej kategorii ciśnienie akustyczne wpływa na pojemność kondensatora, której wartość jest przetwarzana na napięcie AC.
- **Efekt Dopplera:** W tym systemie ciśnienie akustyczne wpływa na długość fali monochromatycznej wiązki światła. Sygnał dźwiękowy można uzyskać na podstawie odchyleń długości fali.

Mikrofon węglowy

Uwaga

Jest to najstarsza wersja mikrofonu, ale setki milionów takich mikrofonów są nadal w użyciu. Ten typ mikrofonu jest obecny w każdym staromodnym standardowym telefonie do odbierania ludzkiego głosu.

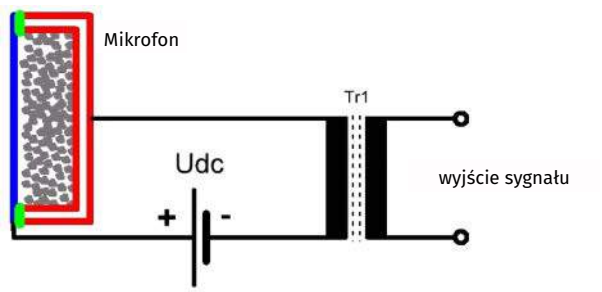
Działanie

Mikrofon węglowy składa się z małego metalowego pudełka wypełnionego bardzo drobnymi granulkami węgla, patrz rysunek wyżej. Pudełko jest zamknięte na jednym końcu przez elektrycznie przewodzącą membranę – cienką, bardzo sprężystą płytkę. Jeśli ta membrana zostanie poddana oddziaływaniu wibracji powietrza, przejmie te wibracje. Ruch membrany wytwarza nacisk na granulki węgla. W zależności od nacisku zmienia się rezystancja przejścia między ziarnami węgla, a tym samym całkowita rezystancja. Po przyłożeniu napięcia stałego ta zmiana rezystancji spowoduje również zmianę natężenia prądu. Ten zmienny prąd można następnie przekształcić w zmienne napięcie.

Cechy

Zakres częstotliwości tych mikrofonów wynosi od 50 Hz do 8 kHz. Nie jest to szczególnie imponujące, ale mikrofony te są niedrogie i idealne do wzmacniania ludzkiego głosu. Co więcej, są one dość czułe. Mikrofon węglowy jest jednak bardzo wrażliwy na wilgoć, ponieważ może ona powodować zlepianie się proszku węglowego i zmniejszać czułość. Mikrofony węglowe powinny być montowane i używane w pozycji pionowej, aby nie stracić kontaktu między proszkiem a membraną lub obudową.

Wadą tego typu mikrofonów jest duże generowane napięcie szumów. Szum ten powstaje z powodu losowo zmiennego kontaktu między mikroskopijnymi granulkami węgla.



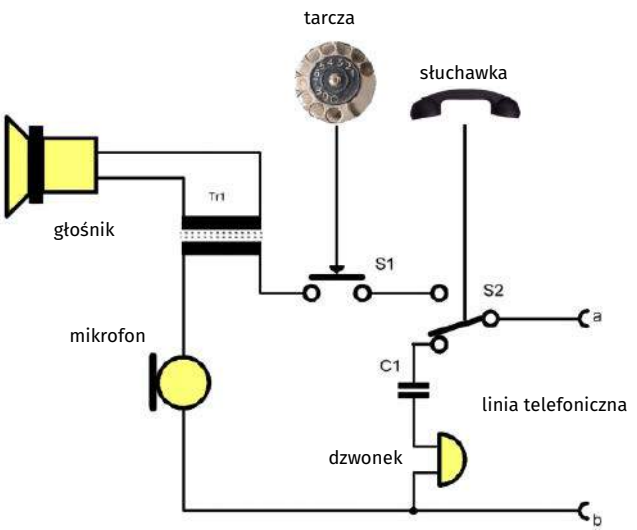
Zastosowanie mikrofonu węglowego (© 2018 Jos Verstraten)

Mikrofon węglowy w praktyce

W praktyce zawsze trzeba połączyć szeregowy obwód zawierający mikrofon węglowy, źródło prądu stałego i element, który pozwala przekształcić prąd przemienny przepływający w obwodzie w napięcie przemienne. Ponadto często wymagana jest separacja galwaniczna między obwodem mikrofonu a resztą układu. Typowy obwód został przedstawiony na rysunku. Mikrofon i źródło prądu stałego Udc tworzą obwód szeregowy z uzwojeniem pierwotnym małego transformatora Tr1. Modulowany prąd przepływający przez ten obwód wtórnie generuje napięcie przemienne, które można następnie wzmocnić.

Zastosowanie w telefonie

Rysunek obok przedstawia (w uproszczeniu) sposób zastosowania mikrofonu węglowego w tradycyjnym telefonie. Pomiędzy przewodami a i b kabla telefonicznego występuje napięcie stałe o wartości około 60 V. W stanie spoczynku przełącznik S2



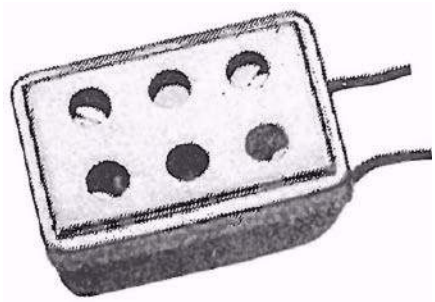
Tradycyjne zastosowanie mikrofonu węglowego w staromodnym telefonie (© 2018 Jos Verstraten)

eprasa.pl 5fecf02526

znajduje się w dolnej pozycji. Dzięki temu mikrofon nie pracuje. Po podniesieniu słuchawki przełącznik S2 przełącza się do górnej pozycji. Napięcie linii między a i b powoduje teraz przepływ prądu przez uzwojenie pierwotne transformatora i przez mikrofon. Prąd ten jest modulowany przez zmiany rezystancji mikrofonu. Ten zmienny prąd jest przekazywany w systemie telefonicznym do urządzenia, z którym się komunikujesz, gdzie generuje napięcie AC w transformatorze, który dostarcza sygnał do głośnika w słuchawce.

Mikrofony węglowe w praktyce

Gdzieniegdzie w katalogach wysyłkowych wciąż można znaleźć mikrofony węglowe. Wyglądają one jak na poniższym rysunku i kosztują około pół euro. Kapsuła ta ma 21 mm szerokości, 15 mm wysokości i 67 mm głębokości, a jej czułość wynosi 1,0 mV/µbar przy 1 kHz. Pasmo przenoszenia wynosi od 200 Hz do 8 kHz.



Mikrofon węglowy, który wciąż jest oferowany bardzo tanio (© 2018 Jos Verstraten)

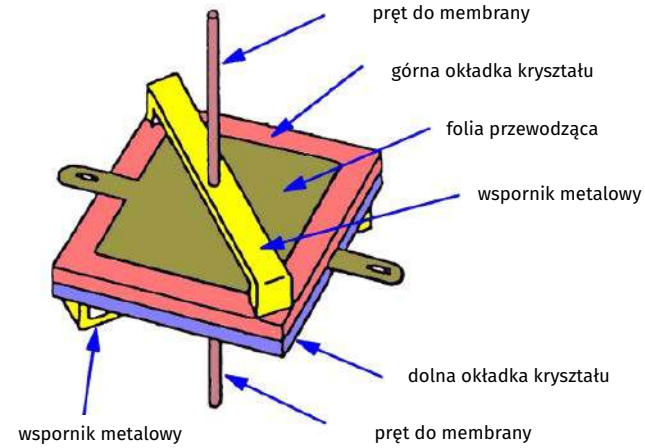
Mikrofon krystaliczny

Zasada działania

Mikrofon krystaliczny działa na zasadzie piezoelektrycznej. Niektóre materiały, takie jak kwarc, wykazują ten efekt. Gdy cienka płytka takiego materiału jest poddawana działaniu sił mechanicznych, na materiale powstaje napięcie elektryczne. Konstrukcja mikrofonu ma na celu przekształcenie różnic ciśnienia w powietrzu w siły mechaniczne, które są przenoszone na płytkę.

Konstrukcja

Istnieją różne sposoby przekształcania ciśnienia powietrza w siłę. Jedno z rozwiązań przedstawiono na poniższym rysunku. Czuły element składa się z dwóch kwadratowych płytek piezo-ceramicznych (przedstawionych na czerwono i niebiesko), które są ze sobą sklejone. Są one połączone w taki sposób, że zespół wytwarza największe napięcie, gdy dwa przeciwległe rogi są wygięte w górę, a pozostałe dwa rogi w dół. Powyżej i poniżej płytek znajdują się dwa metalowe wsporniki (przedstawione na żółto) połączone z dwiema membranami za pomocą prętów (przedstawione na brązowo), które przenoszą drgania z membran na rogi płytek. Płytki piezo-ceramiczne mają po obu stronach dwie niezwykle cienkie metalowe płytki (przedstawione w kolorze złotym), które odprowadzają napięcie z kryształu i przenoszą je przez lutowane wypustki.



Szkic budowy mikrofonu kryształowego (© 2018 Jos Verstraten)

Cechy

Dzięki dwóm równoległym membranom po obu stronach mikrofonu, mikrofon ten ma bardzo wysoką czułość w obu kierunkach. Mikrofony krystaliczne charakteryzują się więc dość wysokim napięciem wyjściowym i wysoką czułością. To, wraz z ich niską ceną i bardzo zróżnicowanymi konstrukcjami, sprawia, że typy te są bardzo popularne w zastosowaniach w domofonach, przenośnych rejestratorach, bramofonach i wszystkich innych zastosowaniach, w których jakość nie ma tak dużego znaczenia. Wynika to z faktu, że pasmo przenoszenia większości mikrofonów krystalicznych nie jest imponujące: nie należy oczekiwać więcej niż 10 kHz. Oczywiście mikrofony krystaliczne stanowią obciążenie pojemnościowe dla obwodów, do których są podłączone. Ich własna pojemność może wynosić kilkaset pF. Odpowiada to impedancji około 100 kΩ przy częstotliwości 1 kHz. Czułość wynosi średnio 2 mV/µbar.

Zastosowanie mikrofonów krystalicznych

Mikrofony krystaliczne powinny być zawsze połączone jak najbliżej z rezystorem o wysokiej impedancji. Wartość tego rezystora powinna wynosić co najmniej 1 MΩ. Sygnał jest pobierany z tego rezystora i przesyłany do przedwzmacniacza za pośrednictwem ekranowanej linii. Ze względu na wysoką impedancję, połączenie to jest niezwykle wrażliwe na przydźwięki i szumy. Co więcej, wysoka impedancja mikrofonu krystalicznego w stosunku do impedancji własnej kabla w długich liniach, powoduje dość duże straty sygnału.



Mikrofon krystaliczny do bezpośredniego montażu na płytce drukowanej (© Conrad Electronic)

Praktyczne wersje

Mikrofony krystaliczne można kupić w kilku wersjach. Jeden z najbardziej znanych kształtów pokazano na rysunku. Ten mały, okrągły mikrofon o średnicy zaledwie 11 mm może być przylutowany bezpośrednio do płytki drukowanej i ma dwa piny oddalone od siebie o 2,5 mm.

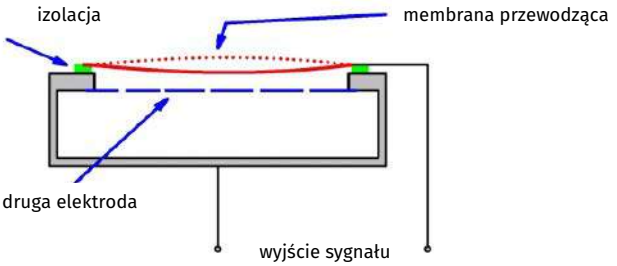
Mikrofon pojemnościowy

Zasada działania

Mikrofon pojemnościowy to w zasadzie nic innego jak kondensator, którego wartość zmienia się wokół pewnej wartości średniej. Zmiana wartości pojemności jest oczywiście spowodowana wibracjami dźwięku uderzającymi w powierzchnię mikrofonu. Z tej zasady wynika,

eprasa.pl 5fecf02526

że mikrofon pojemnościowy nie może wytwarzać żadnego napięcia. Dlatego ten mikrofon musi być zawsze włączony w obwód zewnętrzny, który w jakiś sposób przekształca zmiany pojemności w zmiany napięcia, najlepiej w sposób jak najbardziej liniowy.



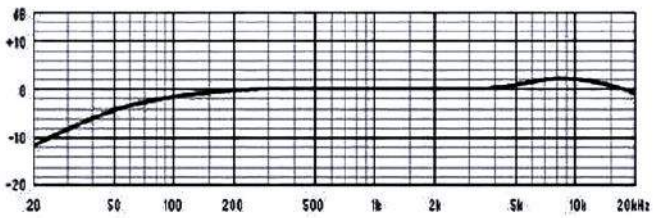
Przekrój przez mikrofon pojemnościowy (© 2018 Jos Verstraten)

Budowa

Zasadę działania ilustruje przekrój przedstawiony na rysunku. Ponownie mamy do czynienia z membraną, ale musi ona przewodzić prąd elektryczny, na przykład poprzez naparowanie na nią cienkiej warstwy złota. W końcu ta membrana jest jedną z płytek kondensatora. Membrana jest bardzo cienka, grubość 25 µm nie jest wyjątkiem, a zatem bardzo delikatna. Druga elektroda jest odizolowana od membrany na minimalną odległość. Powietrze pomiędzy membraną a drugą elektrodą tworzy dielektryk kondensatora. Druga elektroda posiada szereg otworów, które umożliwiają prawidłowy przepływ powietrza między dwiema płytkami mikrofonu i zapobiegają powstawaniu wewnętrznych różnic ciśnienia. Gdy membrana zaczyna wibrować, odległość między dwiema elektrodami zmienia się, w konsekwencji zmienia się wartość pojemności. Oczywiście są to minimalne zmiany pojemności!

Specyfikacja

Ogromną zaletą mikrofonu pojemnościowego jest to, że membrana jest bardzo cienka, a przez to bardzo lekka i bardzo mobilna. Reaguje nawet na najmniejsze różnice ciśnienia w powietrzu. Główną wadą mikrofonu pojemnościowego jest to, że element ten nie generuje napięcia. Pojemność mikrofonu kondensatorowego nie różni się zbytnio od pojemności mikrofonu krystalicznego: wartość od 100 pF do 200 pF jest normalna. Czułość w dużym stopniu zależy od powierzchni membrany, ale średnie wartości wynoszą od 0,5 do 5 mV/µbar. Charakterystyka częstotliwościowa mikrofonu pojemnościowego jest bardzo płaska. Co więcej, możliwe jest tłumienie odchyleń, na przykład spowodowanych rezonansami w konstrukcji, poprzez dopasowanie otworów w przeciwelektrodzie w specjalnym wzorze. Powyższy rysunek przedstawia charakterystykę odtwarzania mikrofonu Neumanna KM184. Nawiasem mówiąc, za taką perełkę trzeba zapłacić soczyste 650,00 euro! W aktualnych ofertach internetowych ceny dochodzą do poziomu ponad 6000 zł. Oczywistym będzie, że mikrofony te są zatem wykorzystywane głównie do pracy w zastosowaniach wymagających najwyższej jakości przetwarzania dźwięku. Każde studio nagraniowe, każdy teatr i każdy muzyk hurtowo zaopatruje się w tego typu mikrofony. Należy zauważyć, że jako produkt „high-end", mikrofon pojemnościowy ma obecnie coraz większą konkurencję ze strony lepszych typów mikrofonów elektretowych.



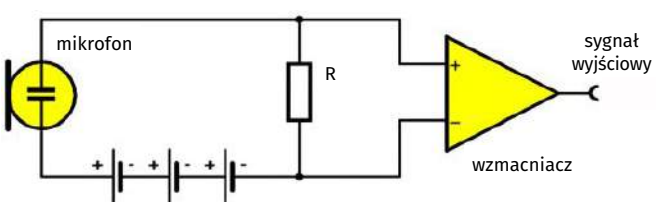

Charakterystyka częstotliwościowa dobrego i bardzo drogiego mikrofonu pojemnościowego (© Neumann)

Elektronika w mikrofonie

Doskonałe pasmo przenoszenia można jednak osiągnąć tylko wtedy, gdy pierwszy stopień wzmacniacza, który przekształca zmiany pojemności w napięcie, znajduje się nie dalej niż kilka cm od mikrofonu. W rzeczywistości każde 10 cm kabla podłączonego do mikrofonu pojemnościowego tworzy duże obciążenie, które zabija dobrą charakterystykę częstotliwościową tego mikrofonu.

Od pojemności do napięcia

Prosta zasada przekształcania pojemności mikrofonu w sygnał elektryczny została przedstawiona na poniższym rysunku. Mikrofon jest połączony szeregowo z wysokooporowym rezystorem R i dużym napięciem stałym. Jeśli pojemność kondensatora zmienia się, komponent będzie w stanie wchłonąć więcej lub mniej ładunku, co spowoduje przepływ prądu przez obwód. Prąd ten generuje napięcie na rezystorze R, które jest wprost proporcjonalne do zaabsorbowanej różnicy ciśnień i może być dalej wzmacniane. Wartość rezystora waha się od 30 MΩ do 100 MΩ i oczywiste jest, że wzmacniacz narysowany jako trójkąt powinien być jak najbliżej tego rezystora. Co więcej, wzmacniacz ten musi mieć bardzo wysoką impedancję wejściową, więc wzmacniacze FET zbudowane z rezystorów o niskim poziomie szumów są oczywistym wyborem. Nowoczesne zintegrowane wzmacniacze operacyjne z wejściami FET mają zwykle zbyt wysoki poziom szumów własnych, aby oferować swoje usługi w tym zakresie. Dużą wadą tego układu jest konieczność stosowania wysokiego napięcia stałego. Wcześniej, w erze lamp, napięcie to było dostępne w standardzie i mogło być przesyłane do mikrofonu za pomocą kabla. W erze niskiego napięcia generowanie tak wysokiego napięcia wymaga oczywiście nieco więcej wysiłku. Wiele dobrych wzmacniaczy do mikrofonów pojemnościowych jest standardowo wyposażonych w zasilacz fantomowy o napięciu wyjściowym 48 V. Mikrofon zawiera wtedy pierwszy stopień wzmacniacza o niskiej impedancji wyjściowej, a reszta elektroniki znajduje się w zewnętrznym wzmacniaczu.



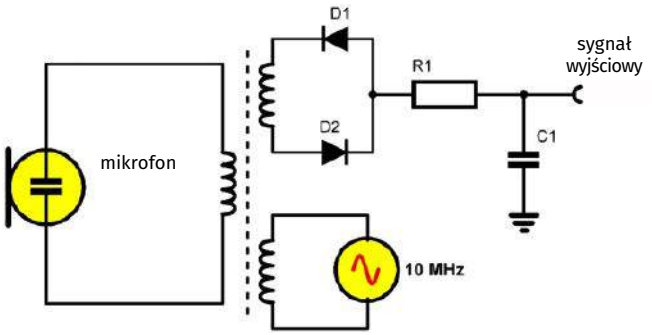
Przetwarzanie zmian pojemności na zmiany napięcia (© 2018 Jos Verstraten)

Od pojemności do FM

Aby przezwyciężyć problem wysokiego napięcia zasilania, czasami stosuje się zupełnie inne podejście. Pojemność mikrofonu

eprasa.pl 5fecf02526

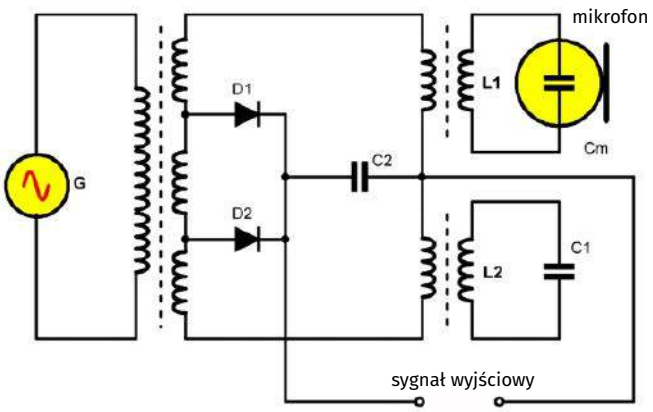
jest zawarta w obwodzie LC oscylatora HF. Częstotliwość generowana przez ten generator jest zatem wprost proporcjonalna do zmian pojemności, a tym samym do przetwarzanego dźwięku. Dzięki temu nie jest potrzebne wysokie napięcie stałe: kondensator może nawet, jak pokazuje schemat na rysunku obok, być całkowicie odłączony od zasilania w obwodzie oscylacyjnym. Całość tworzy więc układ modulowany częstotliwościowo, z którego można wyprowadzić sygnał niskiej częstotliwości za pomocą prostego demodulatora FM. W tym przykładzie pojemność kondensatora jest sprzężona przez transformator z cewką oscylatora 10 MHz. W ten sposób częstotliwość tego oscylatora będzie się zmieniać wraz ze zmianą pojemności kondensatora. Zmienne napięcie generuje zmienne pole w rdzeniu transformatora, które generuje sygnał FM w trzecim uzwojeniu. Napięcie to jest przetwarzane na napięcie audio za pomocą dwóch diod i filtra dolnoprzepustowego RC.



Układ, w którym mikrofon pojemnościowy wpływa na częstotliwość oscylatora HF (© 2018 Jos Verstraten)

Od pojemności do AM

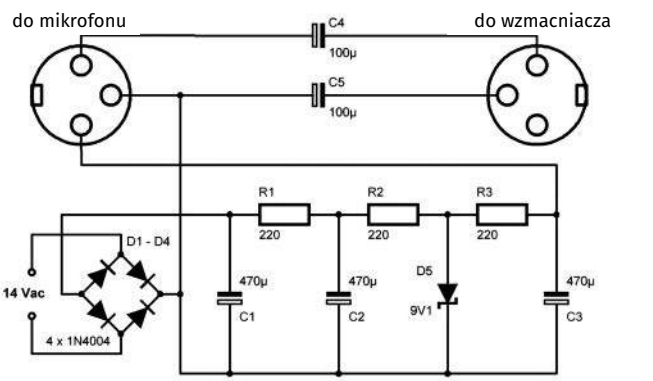
Na poniższym rysunku przedstawiono inny układ, w którym zastosowano mostek różnicowy. Pojemność mikrofonu Cm tworzy dostrojony obwód oscylujący wraz z cewką L1. Identyczny obwód tworzy cewka L2 i kondensator C1. Trzecią częścią obwodu jest generator HF G. Wysyła on napięcie wyjściowe przez transformator w obwodzie różnicowym. Dwa obwody oscylatora są dostrojone do częstotliwości oscylatora. Gdy mikrofon jest w stanie spoczynku, oba obwody oscylacyjne tworzą równą impedancję. Dwie diody prostownicze przenoszą równie duże, ale przeciwne napięcia na wyjście. Wynikiem jest zero. Jeśli pojemność mikrofonu zacznie się zmieniać, impedancja górnego dostrojonego obwodu również będzie się zmieniać. Tworzy to nierównowagę w mostku, powodując, że obie diody prostownicze przenoszą różne sygnały do wyjścia. Na wyjściu powstaje napięcie LF, którego chwilowa wartość zmienia się w rytm zmian pojemności mikrofonu.



Drugi układ, który pozwala generować napięcia z mikrofonu pojemnościowego bez dużego napięcia DC (© 2018 Jos Verstraten)

Zasilanie kablem

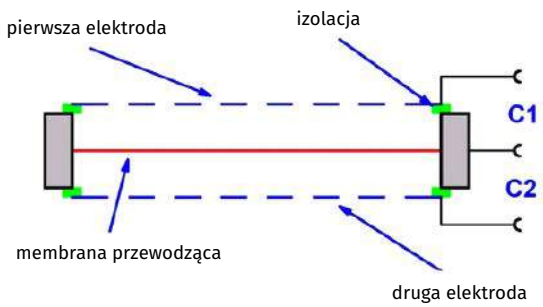
Chociaż oba omawiane układy nie wymagają wysokich napięć, muszą oczywiście mieć dostępne niskie napięcie zasilania. Co więcej, absolutnie konieczne jest umieszczenie elektroniki w obudowie mikrofonu pojemnościowego. Zasilanie musi być więc dostarczane przez kabel. W tym celu można oczywiście użyć kabla trójżyłowego, w którym oddzielny rdzeń służy do transportu napięcia zasilającego. Przykład takiego obwodu przedstawiono na poniższym rysunku. Z napięcia przemiennego o wartości około 14 V otrzymuje się napięcie stałe, które jest następnie odpowiednio filtrowane i stabilizowane na poziomie 9,1 V za pomocą diody Zenera. Poprzez dodatkowy obwód odsprzęgający, to napięcie zasilania trafia do jednego z trzech pinów złącza mikrofonowego.



Prosty zasilacz dla elektroniki wewnątrz obudowy mikrofonu pojemnościowego (© 2018 Jos Verstraten)

Symetryczne mikrofony pojemnościowe

Jak już wspomniano, mikrofony pojemnościowe mają doskonałe właściwości. Niemniej jednak cierpią z powodu błędów liniowości. Jednym ze źródeł błędów jest powietrze uwięzione między dwiema elektrodami. Co prawda powietrze to może wydostać się przez otwory, ale wszelkiego rodzaju skomplikowane fizyczne prawa przepływu zapewniają, że wciąż istnieje kilka przeszkód na tej drodze, które zakłócają liniowe działanie mikrofonu. Co więcej, uwięzione powietrze tworzy



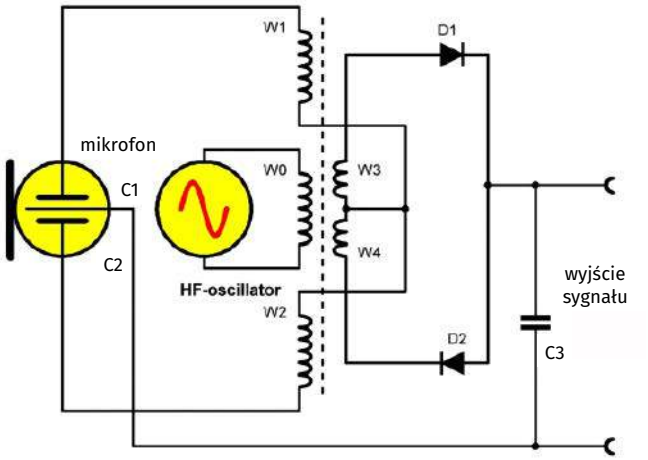
Schemat budowy symetrycznego mikrofonu pojemnościowego (© 2018 Jos Verstraten)

eprasa.pl 5fecf02526

rodzaj impedancji akustycznej, której wartość zmienia się wraz z ruchem membrany. Ten efekt również powoduje nieliniowe działanie mikrofonu. Wreszcie, sposób w jaki kondensator jest włączony do obwodu HF również powoduje nieliniowość.

Aby rozwiązać te problemy, Sennheiser, między innymi, wprowadził na rynek nowy typ mikrofonu pojemnościowego, który wykorzystuje dwie przeciwelektrody umieszczone symetrycznie względem membrany. Zasada działania tego typu mikrofonu została przedstawiona na rysunku obok.

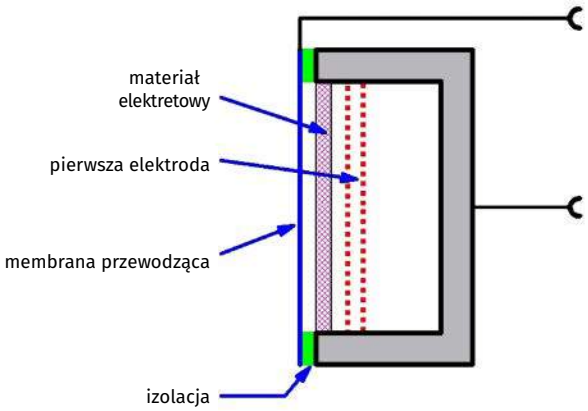
Ze względu na symetryczną konstrukcję, dwie impedancje akustyczne utworzone przez dwie komory powietrzne będą miały symetryczne właściwości. Jeśli impedancja jednej komory spadnie o określoną wartość, impedancja drugiej komory wzrośnie o tę samą wartość. Co więcej, membrana jest teraz obciążona akustycznie w ten sam sposób po obu stronach. Symetryczna konstrukcja zapewnia, że właściwości elektryczne są również całkowicie symetryczne. Symetryczny mikrofon pojemnościowy zawiera dwie jednakowej wielkości pojemności, które mają jedną wspólną płytkę.



Układ elektroniczny stosowany w symetrycznych mikrofonach pojemnościowych (© 2018 Jos Verstraten)

**Obwód mikrofonu symetrycznego **

Oczywiste jest, że dla tego typu mikrofonów należy zaprojektować inne obwody elektroniczne. Poniższy rysunek przedstawia przykład obwodu opracowanego przez firmę Sennheiser. Dwa identyczne uzwojenia W1 i W2 transformatora HF wraz z dwoma kondensatorami C1 i C2 mikrofonu kondensatorowego tworzą obwód mostkowy. Obwód ten jest dostrojony do częstotliwości oscylatora HF podłączonego do uzwojenia W0. Gdy membrana mikrofonu znajduje się w pozycji spoczynkowej, mostek jest zrównoważony i nie ma napięcia HF pomiędzy przekątnymi mostka. Jeśli membrana zaczyna odchylać się w jednym lub drugim kierunku, równowaga ta zostaje zakłócona (C1 nie jest już równe C2). Napięcie szczątkowe jest przekazywane przez uzwojenia W3 i W4 do dwóch diod prostownika synchronicznego. Na kondensatorze C3 generowane jest napięcie LF, które jest wprost proporcjonalne do odchylenia membrany od pozycji spoczynkowej.

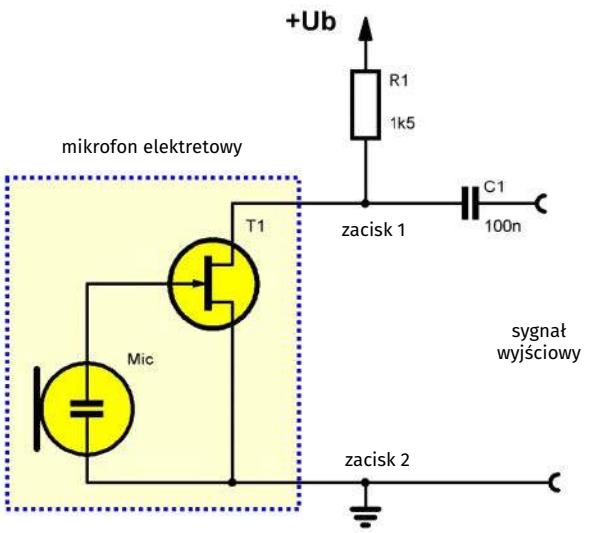


Zasada działania mikrofonu elektretowego (© 2018 Jos Verstraten)

Mikrofon elektretowy

Zasada działania

Mikrofon elektretowy jest nowoczesną wersją mikrofonu pojemnościowego. Jak opisano, mikrofon pojemnościowy wymaga napięcia polaryzacji od ok. 50 V do ok. 150 V, aby przekształcić zmiany pojemności w zmiany napięcia. Napięcie tworzy ładunek w kondensatorze, a ładunek ten, gdy membrana wibruje, wyraża się w postaci prądu ładowania lub rozładowania. Obecnie udało się przechowywać ładunki elektrostatyczne w plastikowej folii. Materiały takie nazywane są „elektretami". To stałe pole statyczne można porównać do stałego magnetyzmu magnesu. Obecnie wykonuje się cienki arkusz takiej plastikowej folii, który – patrz rysunek poniżej – umieszcza się między membraną a przeciwelektrodą mikrofonu pojemnościowego. Stale obecne pole elektrostatyczne w elektrecie ładuje płytki kondensatora. Ogromną zaletą jest to, że dzięki nowoczesnym technikom integracji można zbudować bardzo dobrze działający układ wzmacniacza w obudowie mikrofonu. Zazwyczaj wzmacniacz składa się ze stopnia FET z wyjściem typu open-drain.



Podłączanie mikrofonu elektretowego do układu odbierającego sygnał (© 2018 Jos Verstraten)

Właściwości

Elektrety są dostępne od bardzo tanich do bardzo drogich. Jakość jest więc bardzo zróżnicowana, co nie jest złe, ponieważ nie każdy mikrofon musi być równie dobry. Obecnie droższe rodzaje mikrofonów elektretowych mają mniej więcej takie same doskonałe właściwości jak mikrofony pojemnościowe. Ich pasmo przenoszenia również jest bardzo płaskie.

eprasa.pl 5fecf02526

Dzięki wbudowanemu wzmacniaczowi FET, mikrofon elektretowy ma dość niską impedancję wyjściową. Standardem jest wartość od 1 kΩ do 2 kΩ. Jednak odstęp sygnału od szumu jest dość niski, zwykle 45 dB. Ze względu na wbudowaną elektronikę, mikrofon elektretowy musi być zasilany napięciem stałym. Wzmacniacz FET ma zwykle wyjście typu otwarty-dren, więc niezbędne obwody można ograniczyć do tych przedstawionych na rysunku. Rezystor obciążenia ma wartość 1,5 kΩ i jest przełączany między zasilaniem od 1,5 V do 10 V a „zaciskiem 1" elektretów. Wbudowany stopień FET moduluje prąd przepływający przez rezystor, a wynikający z tego spadek napięcia może być odprowadzany przez kondensator C. Wartość tego kondensatora wynosi od 10 nF do 4,7 µF.



Miniaturowe mikrofony elektretowe, jakie można obecnie znaleźć wszędzie (© Conrad Electronic)

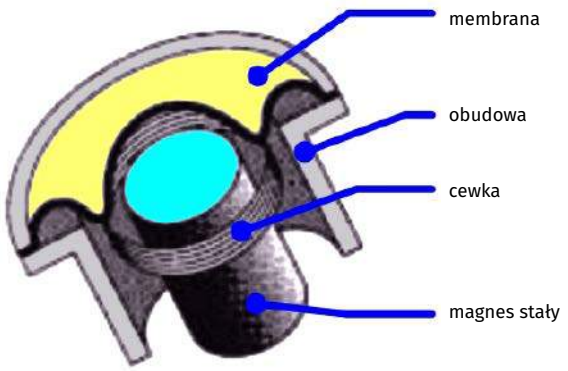
Konstrukcje

Dzięki nowoczesnej technologii mikrofony elektretowe mogą być bardzo małe. Jako przykład, powyższy rysunek przedstawia dwa typowe mikrofony elektretowe. Można również zobaczyć, jak odróżnić „zacisk-1" od „zacisku-2". Ta druga elektroda znajduje się na potencjale masy i dlatego jest zawsze podłączona do metalowej obudowy, w której znajduje się struktura elektretowa oznaczona niebieskim wskaźnikiem. Mikrofony te kosztują kilka euro.

Mikrofon dynamiczny

Zasada działania

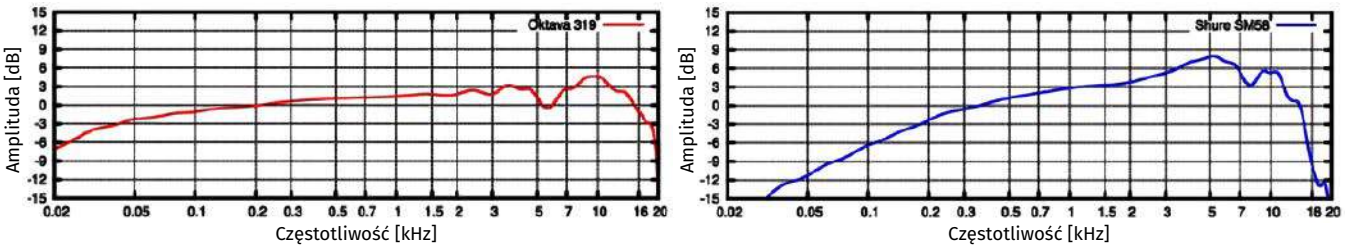
Sprężynowa membrana jest sztywno połączona z miniaturową cewką (patrz przekrój na rysunku poniżej), która znajduje się w polu magnesu stałego. Ciśnienie akustyczne powoduje ruch membrany, a tym samym ruch cewki w polu magnetycznym. W cewce poruszającej się w polu magnetycznym generowane jest napięcie indukcyjne. Napięcie to jest wprost proporcjonalne do zmian prędkości. W ten sposób w cewce generowane jest napięcie przemienne, którego amplituda jest wprost proporcjonalna do zmian ciśnienia w powietrzu. Rezultatem jest użyteczne napięcie zmienne LF na cewce. Mikrofony te nie wymagają zatem zewnętrznego napięcia zasilania.



Budowa mikrofonu dynamicznego (© 2018 Jos Verstraten)

Specyfikacja

Mikrofony dynamiczne nie należą do najlepszych na rynku. Oczywiście masa ruchomej części konstrukcji jest dość duża. W końcu membrana musi poruszać cewką. To ogromna różnica w porównaniu z mikrofonami pojemnościowymi, gdzie membrana jest cienka i musi poruszać się tylko sama. Powinno być oczywiste, że tak ciężka konstrukcja mechaniczna ma katastrofalne konsekwencje dla pasma przenoszenia i charakterystyki częstotliwościowej. Dla porównania, na poniższym wykresie porównujemy charakterystykę amplitudowo-częstotliwościową typowego mikrofonu pojemnościowego (po lewej) z charakterystyką typowego mikrofonu dynamicznego (po prawej). Odtwarzanie wysokich częstotliwości również nie jest porażające: ciężka konstrukcja membrany nie jest w stanie nadążyć za gwałtownymi ruchami.



Porównanie charakterystyki odtwarzania mikrofonu pojemnościowego (po lewej) i dynamicznego (po prawej) (© Wikipedia)

Impedancja takiego mikrofonu jest dość niska. Aby konstrukcja nie była cięższa niż jest, cewka ma tak mało zwojów, jak to tylko możliwe. Stąd impedancje pomiędzy 5 Ω a 200 Ω są raczej regułą niż wyjątkiem. W rezultacie mikrofon dynamiczny nie generuje dużego napięcia. Napięcie wyjściowe wynosi od 0,05 do 0,5 mV/µbar. Tak więc do uzyskania normalnego sygnału o napięciu np. 0,75 V potrzebne jest ekstremalne wzmocnienie, ze wszystkimi związanymi z tym problemami szumów i przydźwięków. Bardzo niska impedancja ma tę zaletę, że można podłączyć mikrofon do długiego ekranowanego kabla.

Rodzaje wyjść

Mikrofony dynamiczne są nieco nielubiane, co jest konsekwencją faktu, że znacznie lepsze typy elektretowe można kupić taniej. Rysunek obok przedstawia typ dostępny w ofercie firmy Monacor. To, że taki egzemplarz bardzo przypomina głośnik wysokotonowy, nie powinno być zaskoczeniem. Konstrukcja obu podzespołów jest niemal identyczna.

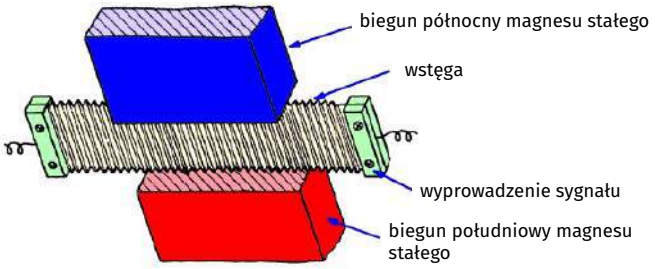


Standardowy wygląd mikrofonu dynamicznego (© Okaphone)

eprasa.pl 5fecf02526

Mikrofon wstęgowy

Działanie



Zasada działania mikrofonu taśmowego (© 2018 Jos Verstraten)

Głównym problemem mikrofonu elektrodynamicznego jest jego duża masa ruchoma. W mikrofonie taśmowym rozwiązano ten problem, patrz rysunek obok, integrując membranę i cewkę w jeden element. Elementem tym jest niezwykle cienki i sprężysty zygzakowaty pasek aluminium, czyli membrana. Membrana jest zawieszona pomiędzy biegunami magnesu stałego. Oczywiście, aby wygenerować przetwarzalne napięcie w tym niezwykle małym pasku, musi być obecne silne pole magnetyczne. Dlatego też nowoczesna technologia z jej solidnymi jak skała małymi stałymi magnesami ferrytowymi i neodymowymi umożliwiła opracowanie tego ulepszonego typu mikrofonu dynamicznego.

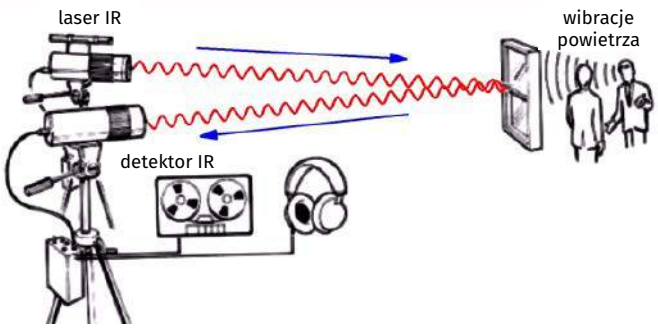
Cechy

Mikrofon wstęgowy jest bardzo delikatny i bardzo wrażliwy na wiatr i podmuchy. Wystarczy jedno silne uderzenie w mikrofon, a pałąk musi zostać wymieniony, ponieważ uległ deformacji. Z tego powodu należy wyposażyć mikrofon wstęgowy w osłonę przeciwwietrzną podczas jego przenoszenia.

Mikrofon wstęgowy ma bardzo niską impedancję (znacznie poniżej 1 Ω) i dostarcza bardzo małe napięcia. Należy najbliżej jak można podłączyć transformator impedancji z przedwzmacniaczem. Pozostałe właściwości są bardzo dobre, w tym pasmo przenoszenia. Niemniej jednak to rozwiązanie można znaleźć w bardzo niewielu dostępnych na rynku mikrofonach.

Mikrofon laserowy

Działanie



Zasada działania mikrofonu laserowego (© Gcomtech)

Mikrofon laserowy to dziwactwo. Nigdy nie znajdziesz go w studiu lub na scenie. W rzeczywistości mikrofon laserowy jest używany wyłącznie do podsłuchiwania rozmów w ograniczonych przestrzeniach z dużych odległości. Jego działanie opiera się na efekcie Dopplera, tym samym zjawisku fizycznym, które wykorzystywane jest w policyjnych miernikach prędkości. Laser emituje cienką wiązkę światła monochromatycznego. Oznacza to, że długość fali tworzącej tę wiązkę jest bardzo stała. Z oczywistych względów używa się lasera emitującego niewidzialne światło podczerwone. Jeśli skierujesz tę wiązkę na szklaną szybę, większość światła przejdzie

QUIZ

Mikrofony

1. Przesyłanie zarówno sygnału mikrofonu jak i niezbędnego napięcia zasialania jednym kablem nazywa się zasilaniem...
☐ Koncentrycznym
☐ Dystansowym
☐ Fantomowym

2. Mikrofony węglowe to technologia...
☐ Historyczna
☐ Powszechnie obecnie stosowana
☐ Rozwojowa

3. W domofonach i bramofonach stosuje się mikrofony...
☐ Węglowe
☐ Krystaliczne
☐ Pojemnościowe

4. Pojemność własne mikrofonów krystalicznych wynosi...
☐ Kilka pF
☐ Kilkaset pF
☐ Kilka nF

5. W zastosowaniach wymagających najwyższej jakości przetwarzania dźwięku (studio nagrań, estrada) wykorzystuje się mikrofony...
☐ Krystaliczne
☐ Dynamiczne
☐ Pojemnościowe

6. Jak jest zasilany mikrofon pojemnościowy?
☐ Nie wymaga zasilania zewnętrznego
☐ Zasilanie fantomowe, kilkadziesiąt woltów
☐ Zasilanie prądem przemiennym

7. Jak jest zasilany mikrofon dynamiczny?
☐ Nie wymaga zasilania zewnętrznego
☐ Zasilanie fantomowe
☐ Zasilanie impulsowe

8. Jak jest zasilany mikrofon elektretowy?
☐ Nie wymaga zasilania zewnętrznego
☐ Zasilanie fantomowe
☐ Zasilanie impulsowe

9. Czy nowoczesne mikrofony elektretowe dorównują jakością mikrofonom pojemnościowym?
☐ Tak
☐ Nie

10. Gdzie stosuje się mikrofony laserowe?
☐ Na estradzie
☐ W studiach nagrań
☐ Do posłuchu

Rozwiązanie znajdziesz na www.elportal.pl/quizy od dnia 21.07.2023.

eprasa.pl 5fecf02526

przez szybę, ale niewielka część zostanie odbita z powrotem. Jeśli szyba jest nieruchoma, długość fali odbitego światła jest absolutnie równa długości fali wiązki światła emitowanej przez laser. Jednakże, jeśli szyba wibruje, nawet jeśli tylko o amplitudę kilku mikrometrów, długość fali odbitego światła będzie oscylować tam i z powrotem wokół wartości długości fali światła laserowego. Bardzo małe odchylenia długości fali odbitego światła nazywane są efektem Dopplera i można je przekształcić w sygnał o niskiej częstotliwości. Sygnał ten jest miarą wibracji szyby. Jeśli więc chcemy podsłuchać rozmowę toczącą się w pokoju, wystarczy skierować taką wiązkę lasera na okno tego pokoju i złapać odbitą wiązkę światła za pomocą detektora. Wibracje powietrza w pomieszczeniu wywołane rozmową powodują lekkie drgania szyby w oknie. Szyba tworzy niejako ogromną membranę mikrofonu. Wibracje te modulują długość fali wiązki laserowej, a po wykryciu i demodulacji można słuchać rozmowy tak, jakby było się obecnym w pomieszczeniu. Wibracje okna spowodowane wiatrem mają bardzo niską częstotliwość i można je usunąć z sygnału za pomocą filtrów.



Dostępny w sprzedaży mikrofon laserowy PKI 3100 (© PKI-electronic)

Mikrofon laserowy PKI3100

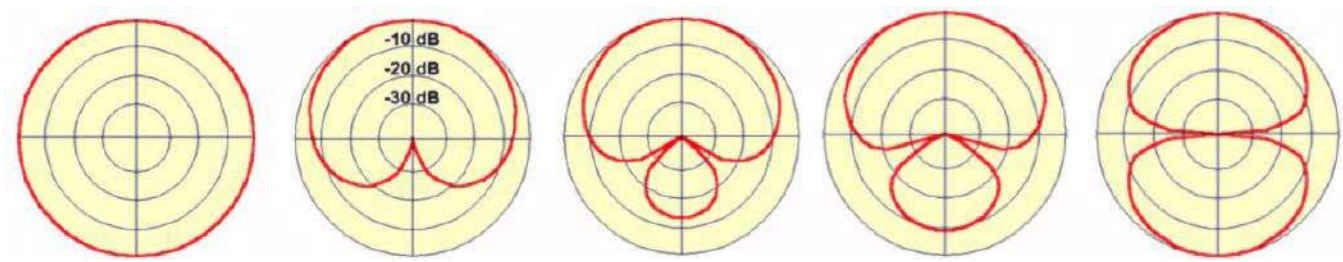
Jako przykład, zdjęcie obok przedstawia taki mikrofon laserowy i jest to typ PKI3100 oferowany przez Internet jako sprzęt antyterrorystyczny. Niestety nie podano ceny i nie ma gwarancji, że urząd celny przyjmie zamówienie bez problemów. Laser ma moc 50 mW i emituje światło podczerwone o długości fali 790 nm. Maksymalna odległość, na jaką działa ten mikrofon laserowy, jest gwarantowana przez producenta i wynosi 300 metrów.

Specyfikacja mikrofonu

Cztery kluczowe parametry

Każdy mikrofon ma następujące parametry:

- **Czułość:** Jest to stosunek napięcia generowanego przez mikrofon do wielkości ciśnienia akustycznego. Czułość jest zwykle wyrażana w mV/µbar. Tutaj µbar jest jednostką używaną do definiowania ciśnienia akustycznego. Głośnik o normalnej głośności będzie generował ciśnienie akustyczne o wartości około 1 µbar w odległości 1 m. Mała orkiestra gra z odległości 5 m z ciśnieniem akustycznym około 10 µbar.
- **Charakterystyka częstotliwościowa:** Określa szerokość pasma mikrofonu, generując jednakowe ciśnienie akustyczne dla każdej częstotliwości i mierząc napięcie wyjściowe w dB w odniesieniu do częstotliwości referencyjnej 1 kHz.
- **Impedancja:** Jest wysoce zależna od zasady działania i może wynosić od 0,1 Ω do dziesiątek kΩ. Ponadto impedancja jest wysoce zależna od częstotliwości.
- **Kierunkowość:** Jest to czułość w funkcji kąta padania fal dźwiękowych na membranę. Istnieją mikrofony, które są wysoce kierunkowe i inne, które są bardzo czułe na dźwięki dochodzące ze wszystkich kierunków. Ta specyfikacja ma ogromne znaczenie, ponieważ odgrywa ważną rolę w wyborze mikrofonu w zależności od praktycznej sytuacji. Na poniższym rysunku przedstawiono pięć typowych charakterystyk kierunkowych. ■



Charakterystyka kierunkowa często spotykana w mikrofonach (© Dutch Audiology Society)

Jos Verstraten

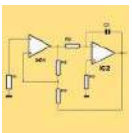
REKLAMA



eprasa.pl 5fecf02526

Praktyczny kurs op-ampów

13. Generator funkcyjny

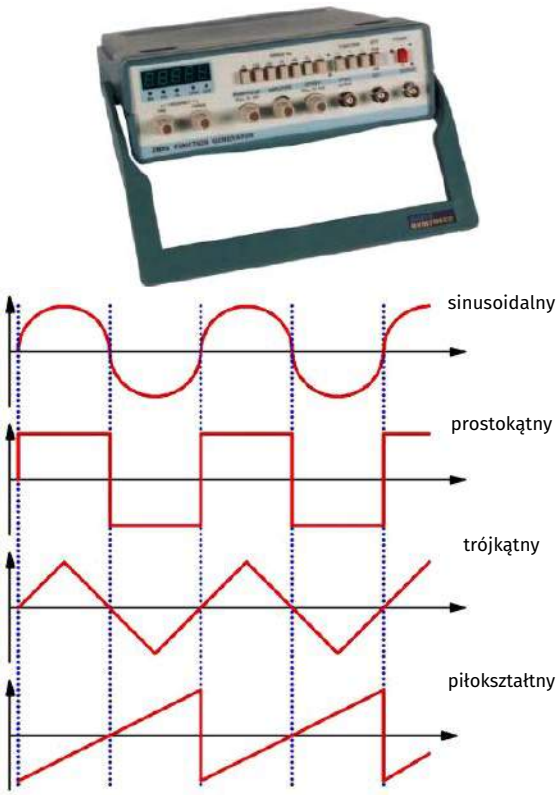


Generator funkcyjny to pierwszy eksperyment z op-ampami, który wymaga od Ciebie włączenia dwóch wzmacniaczy operacyjnych. Ten układ jest też pierwszym, który robi coś sam z siebie, a mianowicie generuje ładne sygnały.

Wprowadzenie do generatora funkcji

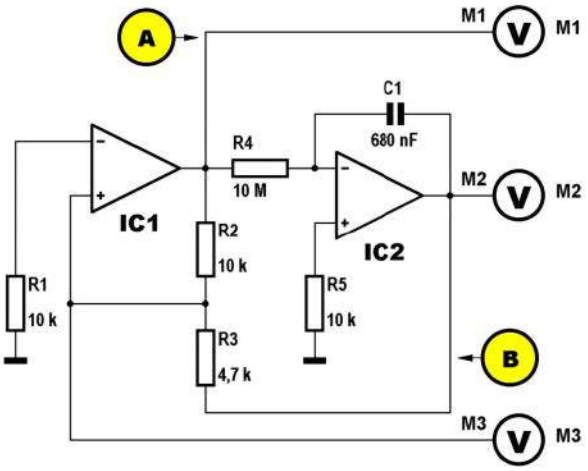
Co to jest generator funkcyjny?

Generator funkcyjny to układ, który może generować sygnały różnych kształtów. W najprostszej wersji, omówionej w tym odcinku kursu, układ dostarcza sygnały trójkątne i prostokątne. Bardziej rozbudowane układy, jak te wbudowane w prawie wszystkie generatory funkcyjne na rynku, dostarczają dodatkowo przebiegi sinusoidalne, piłokształtne i impulsowe.



Generator funkcyjny i jego napięcia wyjściowe (© 2017 Jos Verstraten)

Podstawowy układ generatora funkcyjnego ze wzmacniaczami operacyjnymi, według schematu na poniższym rysunku, składa się z dwóch znanych już stopni, komparatora z histerezą na wzmacniaczu operacyjnym IC1 i integratora na IC2. Komparator podaje napięcie sterujące dla integratora, a integrator podaje napięcie wejściowe dla komparatora. Masz więc do czynienia z układem o zapętlonym sprzężeniu: wyjście steruje wejściem i to sprzężenie zwrotne powoduje generację przebiegu okresowego. Innymi słowy, sprzężenie zwrotne spowoduje, że układ będzie oscylował.



Podstawowy schemat generatora funkcyjnego z dwoma op-ampami (© 2017 Jos Verstraten)

Generator funkcyjny na płytce doświadczalnej

Zbuduj układ na doświadczalnej płytce stykowej, zgodnie z podstawowym schematem elektrycznym.

Jeśli podłączysz układ do dwóch napięć zasilających, możesz za pomocą analogowego miernika uniwersalnego zaobserwować, że na wyjściu układu pojawia się przebieg napięcia w kształcie trójkąta (punkt pomiarowy M2), natomiast na wyjściu pierwszego op-ampa pojawia się przebieg napięcia w kształcie prostokąta (punkt pomiarowy M1). W pierwszym przypadku zaobserwujesz, że wskazówka miernika powoli przesuwa się w przód i w tył, w drugim przypadku nagle przeskakuje z jednej wartości na drugą.

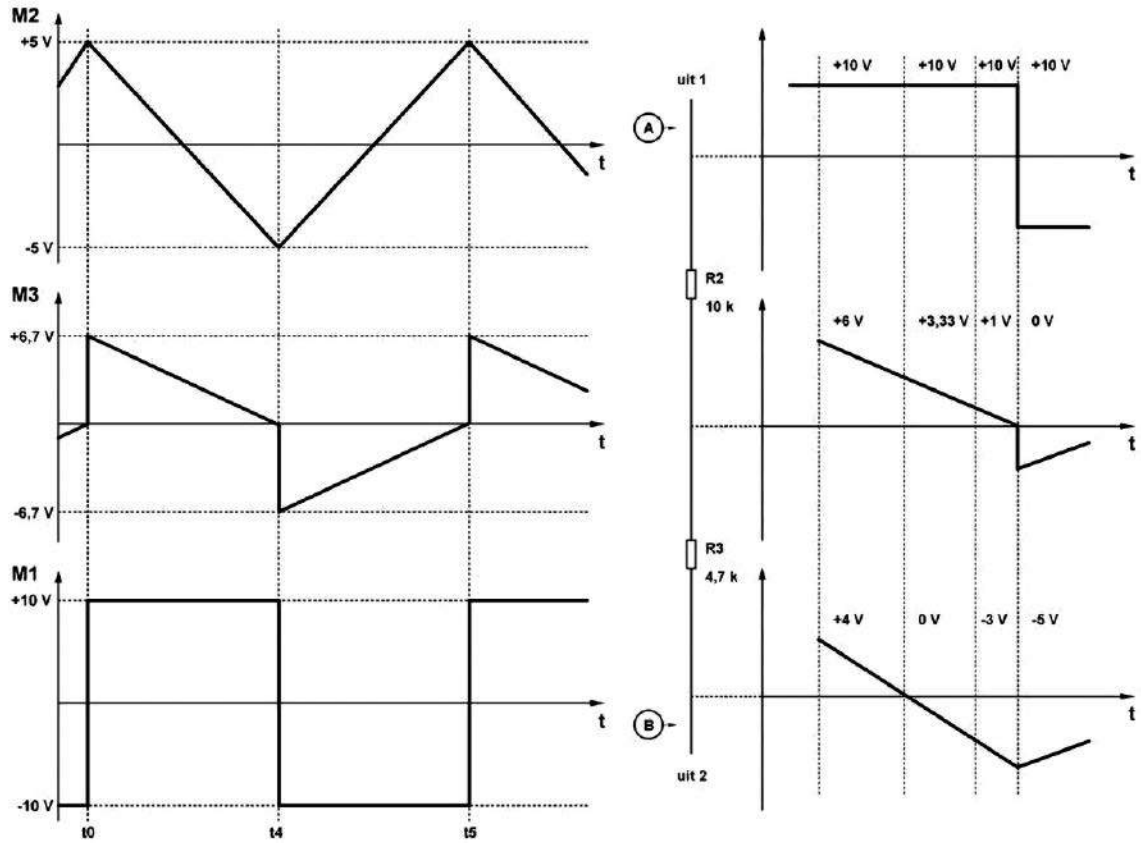
Jak to działa

Działanie układu wyjaśniają wykresy na poniższym rysunku. Co ważne, wejście dodatnie układu IC1 jest podłączone do węzła dwóch rezystorów R2 i R3. Rezystor R2 idzie do wyjścia komparatora, rezystor R3 do wyjścia integratora. Oba rezystory tworzą dzielnik napięcia i jest jasne, że napięcie na dodatnim wejściu komparatora

REKLAMA



eprasa.pl 5fecf02526



Działanie układu wyjaśnione graficznie (© 2017 Jos Verstraten)

zależy zarówno od napięcia wyjściowego komparatora, jak i od napięcia wyjściowego integratora.

Ponadto pamiętaj, że ujemne wejście komparatora jest połączone z masą poprzez R1. Z tego można wywnioskować, że wyjście komparatora przełącza się z jednego napięcia zasilania na drugie w momencie, gdy napięcie na wejściu dodatnim (tj. węźle R2-R3) przechodzi przez zero.

Załóżmy, że w pewnej chwili t0 napięcie na wyjściu komparatora jest równe +10 V. Dalej załóżmy (dlaczego wyjaśnimy później), że na wyjściu integratora w tej samej chwili jest napięcie +5 V. Możesz teraz obliczyć napięcie na dodatnim wejściu komparatora. Znasz przecież wartości obu rezystorów R2 i R3, a mianowicie R2 jest dwa razy większy od R3. Ponadto wiesz, że na szeregowym obwodzie obu rezystorów jest napięcie 5 V. W końcu punkt A to +10 V, a punkt B to, jak założyłeś, +5 V. Różnica napięć 5 V występuje na sumie R2 + R3 = 15 kΩ, wystarczy zaokrąglić praktyczną wartość R3 do 5 kΩ. Z prawa Ohma wiesz, że napięcie na R2 jest dwa razy większe niż na R3. Po krótkim zastanowieniu okazuje się, że całkowite napięcie 5 V dzieli się na około 3,4 V na R2 i około 1,7 V na R3. W rezultacie na dodatnim wejściu komparatora pojawia się napięcie +6,7 V, czyli suma napięcia +5 V w punkcie B i spadku napięcia 1,7 V na R3.

Co się dzieje dalej?

Wejście integratora jest sterowane dodatnim napięciem +10 V. Z jednego z poprzednich odcinków tej serii wiesz, że układ reaguje na to liniowym spadkiem napięcia wyjściowego. Teraz zarówno R4 jak i C1 są dość duże, więc ten spadek jest bardzo powolny i możesz śledzić proces na swoim (analogowym) mierniku uniwersalnym. Spadek napięcia wyjściowego powoduje, że napięcie na dodatnim wejściu IC1 również spada. Gdy napięcie wyjściowe integratora spadnie do -3 V, na komparatorze nadal jest dodatnie napięcie 1 V. Napięcie to powoli, ale nieubłaganie zbliża się do punktu przełączenia komparatora, którym jest zero woltów. Dzieje się tak dlatego, że na ujemnym wejściu komparatora jest zero woltów. Możesz więc dokładnie określić, kiedy komparator się przełączy. Gdy wyjście integratora spadnie do -5 V, całkowite napięcie na R2-R3 dzieli się tak, że na węźle łączącym oba rezystory jest zero woltów.

W czasie t4 komparator odwraca się, napięcie wyjściowe staje się równe ujemnemu napięciu zasilania. Rozkład napięcia przez R2 i R3 zmienia się wtedy dramatycznie. Punkt A skacze do -10 V, punkt B jest przy -5 V. Na obu rezystorach jest różnica napięć 5 V, na węźle ich połączenia pojawia się napięcie -6,5 V. Napięcie wyjściowe integratora zaczyna teraz rosnąć. Dzieje się tak dlatego, że układ ten jest teraz sterowany z ujemnego napięcia -10 V. W wyniku tego napięcie na dodatnim wejściu komparatora zaczyna ponownie rosnąć. W czasie t5 wyjście integratora wzrosło do +5 V, połączenie R2 i R3 osiąga potencjał masy, komparator ponownie się włącza.

Generator funkcyjny zakończył jeden cykl, rozpoczyna się następny.

Podsumowanie

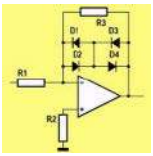
Pracujące razem integrator i komparator tworzą układ, który w sposób ciągły generuje przebieg trójkątny i prostokątny. Częstotliwość tych sygnałów zależy od wartości R4 i C1. Im mniejsze są oba elementy, tym szybciej kondensator będzie się ładował i rozładowywał i tym większa będzie częstotliwość sygnałów wyjściowych. W praktyce przełącza się C1 na wartości 10, 100 lub 1000 razy większe lub mniejsze. Jest to przełączanie zakresu częstotliwości. Realizując R4 jako potencjometr, można zmieniać częstotliwość 10 razy w każdym zakresie. ■

REKLAMA



eprasa.pl 5fecf02526

14. Wzmacniacz nieliniowy



Jeśli zastąpimy rezystor sprzężenia zwrotnego op-ampa elementem nieliniowym, takim jak dioda, to liniowa zależność między napięciem wejściowym a wyjściowym zostaje utracona. Współczynnik wzmocnienia układu staje się zależny od wielkości napięcia wejściowego.

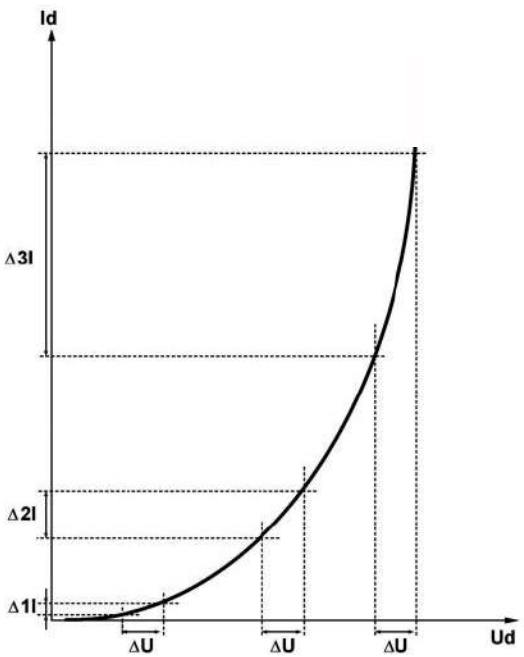
Co oznacza nieliniowość?

Rezystory zapewniają liniową pracę

Do tej pory zawsze wstawiałeś rezystor jako sprzężenie zwrotne pomiędzy wyjściem i wejściami op-ampa. Takie sprzężenie nazywane jest liniowym, ponieważ zapewnia taki sam współczynnik wzmocnienia dla każdej wielkości napięcia na wejściu i wyjściu. W końcu rezystor o wartości 1 kΩ to rezystor o wartości 1 kΩ. Jeśli Twój układ ma wzmocnienie 10 i podasz na wejście napięcie 1 V, to na wyjściu pojawi się napięcie 10 V. Jeśli zmniejszysz napięcie na wejściu do 0,1 V, to napięcie na wyjściu również zmniejszy się o współczynnik 10, czyli spadnie do 1 V.

Dioda jako element nieliniowy

Teraz jednak pojawiają się również elementy nieliniowe. Są to elementy, których wartość rezystancji zależy od wielkości napięcia przyłożonego do elementu lub od wielkości prądu przez ten element płynącego. Typowym przykładem elementu nieliniowego jest zwykła dioda krzemowa, np. dobrze znana 1N4148. Widać to na podstawie wykresu prąd-napięcie, narysowanego na poniższym rysunku. Wykres ten pokazuje zależność między napięciem na diodzie a prądem, który przepłynie przez element w wyniku przyłożenia tego napięcia. Zależność ta nie jest liniowa. Jeśli napięcie jest małe (około 0,1 V) to przez diodę popłynie bardzo mały prąd. Jeśli podwoimy napięcie, okaże się, że prąd wzrośnie ponad dwukrotnie. Gdybyśmy przyłożyli do diody napięcie 1 V, okazałoby się, że prąd zwiększyłby się co najmniej tysiąckrotnie, powodując natychmiastowe uszkodzenie diody.



Charakterystyka prądowo-napięciowa zwykłej diody krzemowej, takiej jak 1N4148 (© 2017 Jos Verstraten)

Co oznacza ta nieliniowa zależność?

Z zależności między napięciem a prądem można liczyć opór wewnętrzny danego elementu. Opór jest przecież dany prawem Ohma jako wynik napięcia podzielonego przez prąd. Na wykresie możesz odmierzyć na osi napięcia równe przyrosty napięcia ΔU w trzech miejscach. Następnie można odczytać na osi prądu, o ile zmienia się natężenie prądu płynącego przez diodę, gdy zwiększamy napięcie o ΔU. Wynika z tego, że zmiana prądu **Δ1I** jest znacznie mniejsza niż **Δ3I**.

Z prawa Ohma wynika, że opór wewnętrzny diody jest dany przez:

$$Ri = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

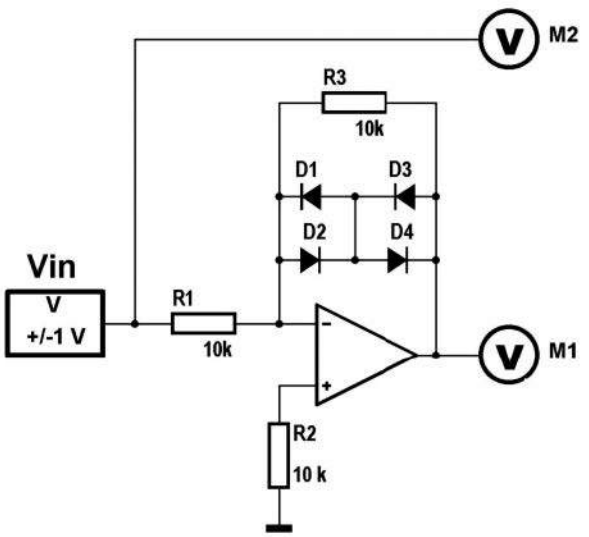
Zatem mała zmiana prądu dla danej zmiany napięcia ΔU odpowiada dużej rezystancji wewnętrznej. Duża zmiana prądu dla tej samej zmiany napięcia ΔU odpowiada małej rezystancji wewnętrznej.

Wniosek

Jeśli pozwolisz, aby napięcie na diodzie rosło od 0 V do 0,6 V, to opór wewnętrzny zmienia się od prawie nieskończoności do prawie zera. Możesz wykorzystać tę właściwość do zbudowania nieliniowego sprzężenia zwrotnego w op-ampie.

Schemat

Schemat ideowy został przedstawiony na poniższym rysunku. Napięcie wejściowe jest podawane na wejście odwracające. Pomiędzy tym wejściem a wyjściem zawarty jest obwód złożony z rezystora stałego R3 i czterech diod. Można zauważyć, że schemat spełnia podstawową budowę wzmacniacza odwracającego. Wzrost napięcia na wejściu spowoduje spadek napięcia na wyjściu.



Schemat prostego wzmacniacza nieliniowego (© 2017 Jos Verstraten)

Wzmacniacz nieliniowy na twojej płytce doświadczalnej

Możesz zbudować ten eksperyment na stykowej płytce eksperymentalnej zgodnie z powyższym schematem.

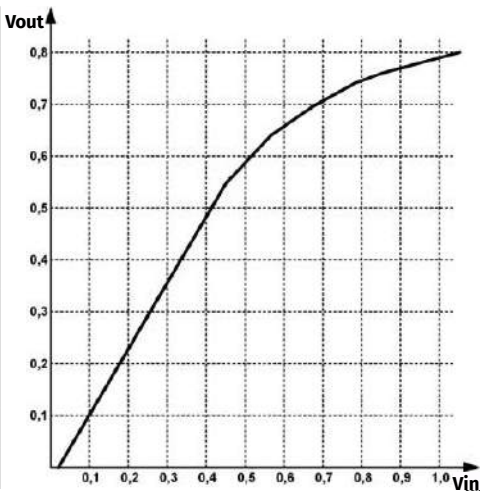
Zmierz ładną charakterystykę I/U

Jaki jest wpływ czterech diod na pracę wzmacniacza odwracającego? Możesz zacząć to mierzyć i wyniki pomiarów wpisywać do tabelki. Zwiększasz napięcie wejściowe co 0,1 V i za każdym razem mierzysz napięcie wyjściowe. Zmierzyłeś już dwadzieścia napięć, dziesięć na wejściu i dziesięć na wyjściu, które zgrabnie

eprasa.pl 5fecf02526

wpisałeś do swojej tabelki, jednak dane w Twojej tabeli nie są zbyt wnikliwe. Dlatego musisz przetworzyć te dane, przekształcając je w wykres, patrz rysunek poniżej. Oś pozioma pokazuje napięcie wejściowe, oś pionowa – napięcie wyjściowe. W obu osiach wpisuje się tylko wartości bezwzględne napięć, więc znak minus dla napięcia wyjściowego nie jest uwzględniany. W rzeczywistości fakt, że układ odwraca znak napięcia nie jest w tym kontekście istotny. Zależność jest, jak można się spodziewać, nieliniowa. Dla małych napięć wejściowych napięcie wyjściowe rośnie liniowo. Podwojenie Vin powoduje podwojenie Vout. Dla napięć wejściowych powyżej 0,6 V nie jest to już prawdą. Napięcie wyjściowe rośnie wtedy coraz słabiej dla równych przyrostów napięcia na wejściu.

Vin	Vout
0 V	0 V
+0,1 V	−0,1 V
+0,2 V	−0,2 V
+0,3 V	−0,3 V
+0,4 V	−0,4 V
+0,5 V	−0,48 V
+0,6 V	−0,58 V
+0,7 V	−0,65 V
+0,8 V	−0,70 V
+0,9 V	−0,72 V
+1,0 V	−0,75 V

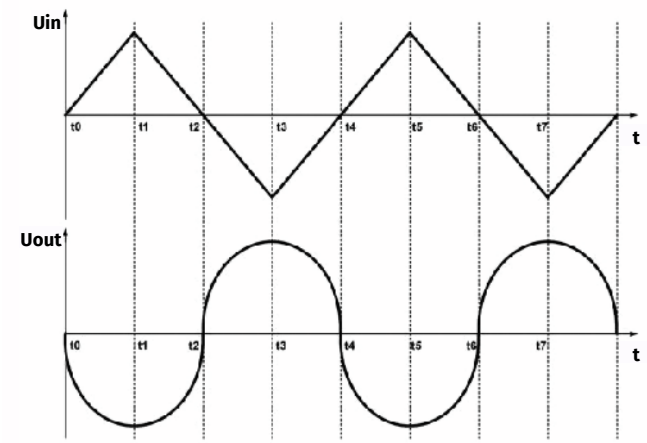


Twoje wyniki pomiarów w tabeli i na wykresie (© 2017 Jos Verstraten)

Zastosowanie: przekształcenie trójkąta w sinusoidę

Pseudo-sinus

Jeśli uruchomisz swoją wyobraźnię, ten wykres Vout w funkcji Vin niewątpliwie coś ci przypomina. Rzeczywiście, napięcie sinusoidalne ma mniej więcej taki sam przebieg. Wykres pokazuje nic innego jak przebieg jednej czwartej okresu sinusoidy. Tak więc, nie zdając sobie z tego sprawy, zbudowałeś bardzo prosty przetwornik z trójkąta na sinus, który w zasadzie mógłbyś dołączyć za generatorem funkcyjnym z poprzedniego odcinka. Po prostu podłącz trójkąt o wartości góra-dół 2 V do wejścia tego układu, a otrzymasz na wyjściu sinusoidę o wartości góra-dół 1,5 V.



Przekształcenie napięcia trójkątnego w napięcie sinusoidalne (© 2017 Jos Verstraten)

Jak działa ten układ?

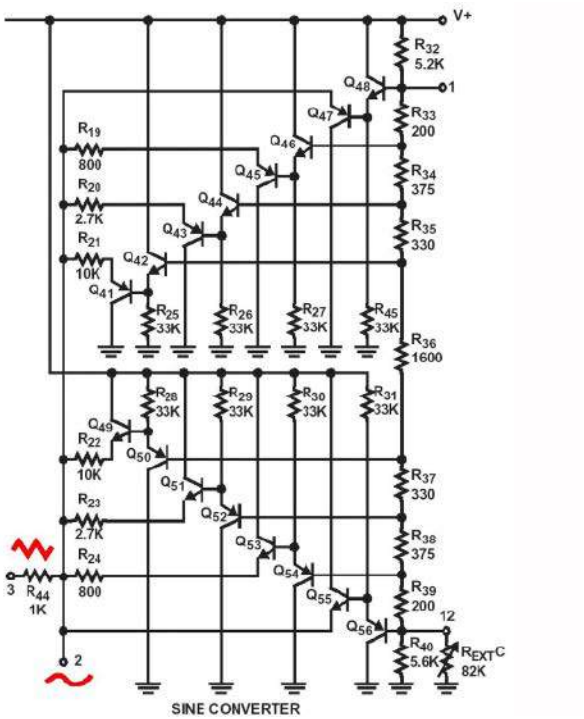
Dla małych napięć wejściowych diody w sprzężeniu zwrotnym są nieaktywne. Wzmocnienie obwodu jest określone przez stosunek R3 do R1. Oba oporniki są tej samej wielkości, współczynnik wzmocnienia wynosi –1. W miarę wzrostu napięcia wejściowego o wzmocnieniu obwodu nie decyduje już tylko stosunek rezystancji, ale także malejąca rezystancja diod. Rezystancja w sprzężeniu zwrotnym maleje, a więc i wzmocnienie maleje. Przyrosty napięcia wyjściowego stają się coraz mniejsze, w wyniku czego trójkąt zostaje zamieniony na sinusoidę.

Proste, ale z ograniczeniami

W praktyce istnieje sporo wad tego prostego przetwornika z trójkąta na sinus. Głównym zarzutem są stosunkowo duże zniekształcenia. Układ wytwarza sinusoidę o zniekształceniach co najmniej 2%, co jest zdecydowanie zbyt dużą wartością, aby była przydatna w praktyce. Drugim zastrzeżeniem jest to, że prawidłowe działanie układu zależy całkowicie od wielkości napięcia trójkąta na wejściu. Jeśli stanie się ono nieco większe lub nieco mniejsze, to konwerter albo przestaje działać, albo zniekształcenia sinusoidy są bardzo duże. Dlatego w praktyce stosuje się znacznie bardziej skomplikowane układy, które jednak opierają się na tej samej zasadzie. Zamiast jednej pętli sprzężenia zwrotnego z czterema diodami, buduje się całą sieć z rezystorami i czasem dziesiątkami diod lub tranzystorów, które zapewniają bardzo dokładną konwersję trójkąta na sinusoidę. Dzięki tym układom można generować sinusoidy o zniekształceniach rzędu kilku dziesiątych procenta.

Przykład z życia wzięty

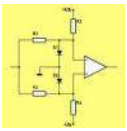
Aby dać Ci wyobrażenie o złożoności takich układów, na poniższym rysunku przedstawiliśmy konwerter trójkąta na sinusoidę w ICL8038, układzie scalonym generatora funkcyjnego firmy Intersil. Połączenie rezystorów i diod zostało teraz zastąpione złożoną siecią rezystorów i tranzystorów, które jednak spełniają tę samą funkcję. W miarę wzrostu napięcia trójkąta na wejściu coraz więcej tranzystorów zaczyna przewodzić, zmniejszając opór całej sieci i przekształcając dość dokładnie trójkąt w sinusoidę. ■



W ICL8038 zastosowano nieliniowe obwody do przekształcenia trójkąta w ładną sinusoidę (© Intersil)

eprasa.pl 5fecf02526

15. Dyskryminator okienkowy

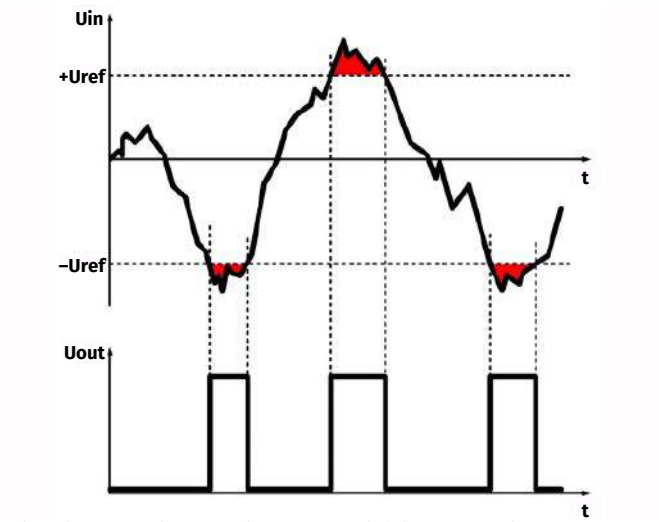


Dyskryminator okienkowy pozwala na porównanie napięcia z dwoma napięciami progowymi. Jeśli napięcie jest wewnątrz progów, układ zapewnia niskie wyjście. Jeśli napięcie jest poza progami, układ zapewnia wysokie wyjście.

Czym jest dyskryminator okienkowy?

Podwójny komparator

Za pomocą układu omówionego w temacie **„Op-amp jako komparator”** można porównać napięcie z pewną wartością odniesienia i wygenerować sygnał alarmowy, jeśli napięcie przekroczy próg odniesienia. Często jednak potrzebny jest układ zdolny do sprawdzenia, czy sygnał pozostaje w przedziale ograniczonym dwoma poziomami. Spójrz na poniższy rysunek. Losowo zmieniające się napięcie Uin jest porównywane z dwoma poziomami odniesienia +Uref i -Uref. Jeśli napięcie staje się większe niż jeden poziom lub mniejsze niż drugi, musi zostać wygenerowany sygnał wyjściowy. Taki układ nazywany jest *„dyskryminatorem okienkowym”*. Istnieje kilka sposobów realizacji takiego układu. Większość z nich wykorzystuje dwa lub trzy wzmacniacze operacyjne. Istnieje jednak mało znany układ, który zadowala się tylko jednym op-ampem i ten układ zamierzamy teraz wyjaśnić.



Działanie dyskryminatora okienkowego wyjaśnione graficznie (© 2017 Jos Verstraten)

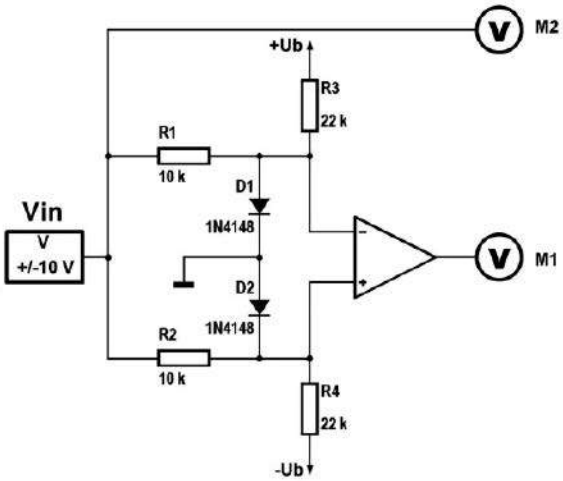
Schemat dyskryminatora okienkowego

Schemat został narysowany na poniższym rysunku. Napięcie wejściowe, które ma być porównywane, jest podawane na oba wejścia op-ampa poprzez rezystory R1 i R2. Oba wejścia op-ampa są ustawione na małe napięcia dodatnie i ujemne za pomocą diod D1 i D2 oraz rezystorów R3 i R4. Na diodach przewodzących ustalają się napięcia o wartości około 0,5 V. Na wejście ujemne op-ampa jest podane napięcie dodatnie +0,5 V, a na wejście dodatnie napięcie ujemne –0,5 V.

Graficzne wyjaśnienie działania

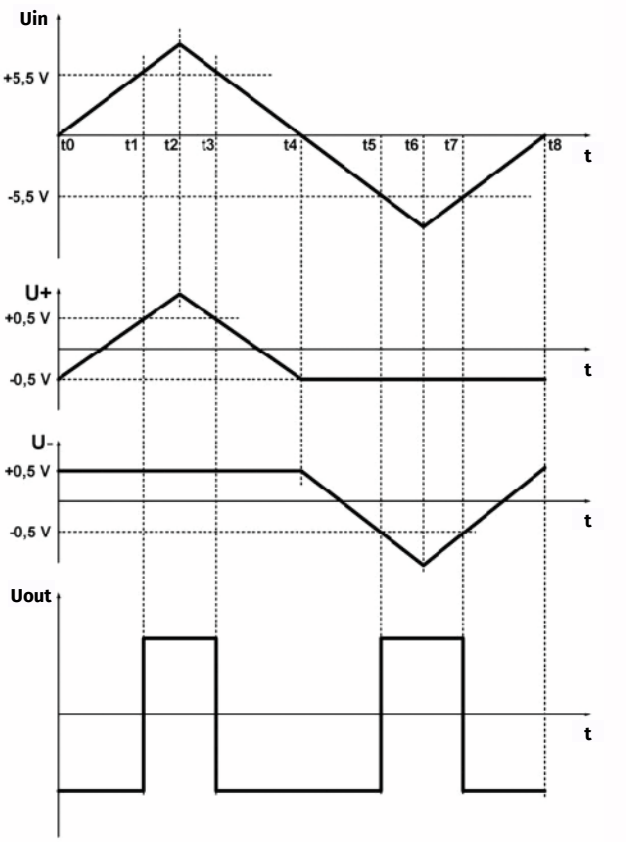
Zamierzamy wyjaśnić działanie układu za pomocą wykresów na poniższym rysunku.

- Pierwszy przykład: Ustawiasz napięcie wejściowe na zero woltów. Wyjście komparatora będzie wtedy ujemne. Dzieje się tak dlatego, że wejście odwracające op-ampa jest bardziej dodatnie niż wejście nieodwracające, a ta różnica napięć jest wzmacniana dziesiątki tysięcy razy przez op-amp.



Schemat dyskryminatora okienkowego z jednym op-ampem (© 2017 Jos Verstraten)

- Drugi przykład: Powoli zwiększasz napięcie wejściowe. Napięcie wejściowe jest podłączone do op-ampa przez dwa dzielniki napięcia. Rosnące napięcie nie wpływa na ujemne wejście. Dzieje się tak dlatego, że przewodząca dioda D1 zapewnia, że napięcie pozostaje stałe na poziomie +0,5 V. Inaczej sprawy się mają w przypadku wejścia dodatniego. Jest ono ustawione na –0,5 V. Zwiększanie napięcia wejściowego powoduje przepływ prądu przez szeregowy obwód R2 i R4, powoli zwiększając napięcie na węźle ich połączenia. Przy



Przebiegi napięć w kluczowych punktach układu (© 2017 Jos Verstraten)

eprasa.pl 5fecf02526

pewnej wartości Vin, napięcie na wejściu dodatnim staje się równe +0,5 V. Chwilę później napięcie na tym wejściu staje się większe od napięcia diody na wejściu ujemnym, op-amp odwraca się. Wyjście staje się dodatnie. Wielkość napięcia wejściowego, przy którym następuje to odwrócenie, jest określona przez stosunek R2 i R4. Wielkość napięcia zasilającego również odgrywa rolę. Wniosek: jeśli napięcie wejściowe stanie się większe niż +5,75 V, wyjście komparatora odwróci się od –Ub do +Ub.

- Przykład trzeci: Ponieważ układ jest zbudowany symetrycznie, jest jasne, że ta sama historia dotyczy ujemnych napięć wejściowych. Teraz napięcie na wejściu dodatnim pozostaje stałe na poziomie napięcia diody –0,5 V, a napięcie na wejściu ujemnym zaczyna powoli spadać. Kiedy staje się ono równe –0,5 V układ odwraca się, ponownie wyjście staje się dodatnie.

Aplikacje

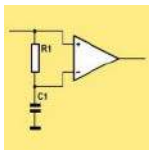
Wskaźnik przesterowania

Układ ten pozwala na zaprojektowanie, na przykład, bardzo prostego wskaźnika przesterowania dla wzmacniacza mocy. Jeśli połączysz wyjście op-ampa, poprzez tranzystor, z diodą LED i obliczysz wartości czterech rezystorów w taki sposób, że układ zadziała, gdy sygnał przez głośnik staje się większy niż potrzebny do wygenerowania pewnej maksymalnej mocy, dioda LED będzie świecić, gdy wzmacniacz jest przesterowany.

Miernik stanu baterii

Podobnie, możesz użyć tego układu do sprawdzenia napięcia na baterii. Obliczasz rezystory tak, aby dwa progi przełączania były równe 12,4 V i 14,8 V. Jeśli napięcie na baterii wyjdzie poza te progi, coś jest nie tak. ■

16. Detektor zbocza



Za pomocą detektora nachylenia można sprawdzić, czy sygnał analogowy jest rosnący lub malejący pod względem wielkości. Innymi słowy, czy sygnał ma dodatnie czy ujemne zbocze. Jednym z zastosowań takiego układu jest analogowy podwajacz częstotliwości.

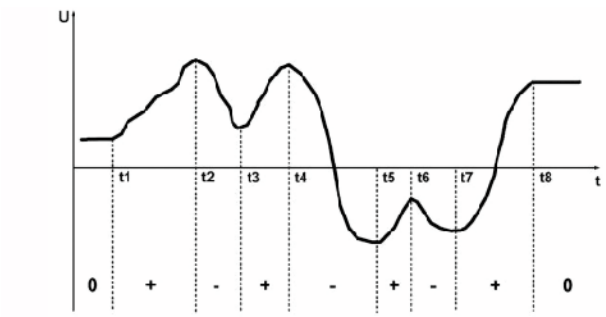
Zasada działania detektora nachylenia

Co to jest nachylenie sygnału?

Angielskie słowo slope oznacza nachylenie sygnału. W elektronice słowo slope jest używane do opisania, jak sygnał przechodzi z jednej wartości do drugiej. Dzieje się tak dlatego, że sygnał może rosnąć lub spadać. Pierwsze z nich określa się jako nachylenie dodatnie, drugie jako nachylenie ujemne.

Przykład

Poniższy rysunek przedstawia dość losowo zmieniające się napięcie, którego można się spodziewać na przykład na wyjściu prostownika miernika dB hałasu. Przed czasem t1 napięcie jest stałe, jego nachylenie wynosi zero. Między t1 a t2 sygnał wzrasta do maksimum, nachylenie jest dodatnie. Potem sygnał znów spada do pewnego minimum, czyli ma nachylenie ujemne. Tak więc przejście z nachylenia dodatniego do ujemnego zawsze wskazuje, że sygnał osiągnął właśnie wartość maksymalną. Przejście z nachylenia ujemnego do dodatniego mówi, że sygnał właśnie wyszedł z minimum.



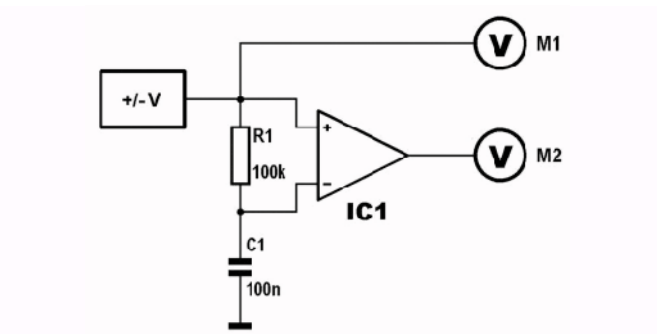
Graficzne wyjaśnienie pojęcia nachylenia (© 2017 Jos Verstraten)

Określanie minimalnych i maksymalnych wartości sygnału

Dla niektórych układów jest ważne, aby wiedzieć, gdzie w sygnale występują wartości minimalne i maksymalne. Jeśli opracujesz układ, który informuje Cię o tym, jak przebiega nachylenie sygnału, możesz z tej informacji wywnioskować, kiedy sygnał przechodzi przez minimum lub maksimum.

Detektor zbocza z op-ampem

Dysponując tylko jednym op-ampem, można dość łatwo zbudować detektor zbocza. Podstawowy schemat jest narysowany na poniższym rysunku i składa się z układu komparatora omówionego już w temacie **„Op-amp jako komparator”**, uzupełnionego o jeden rezystor i jeden kondensator. Sygnał wejściowy jest podawany na wejście dodatnie. Rezystor R1 jest włączony pomiędzy tym wejściem a jego odwracającym odpowiednikiem. Wejście ujemne dodatkowo trafia do masy poprzez kondensator C1.



Detektor nachylenia z tylko trzema elementami (© 2017 Jos Verstraten)

Detektor zbocza na płytce eksperymentalnej

Możesz zbudować na płytce stykowej układ według powyższego schematu. Musisz podłączyć wejście dodatnie do regulowanego napięcia stałego, które jest regulowane zarówno w kierunku dodatnim jak i ujemnym. Do tego celu możesz ponownie użyć układu dwóch baterii 9 V z potencjometrem, którego używałeś już kilka razy w tym kursie. Na wyjściu najlepiej podłączyć staromodny, analogowy miernik uniwersalny, na którym najlepiej można obserwować zmiany napięcia wyjściowego.

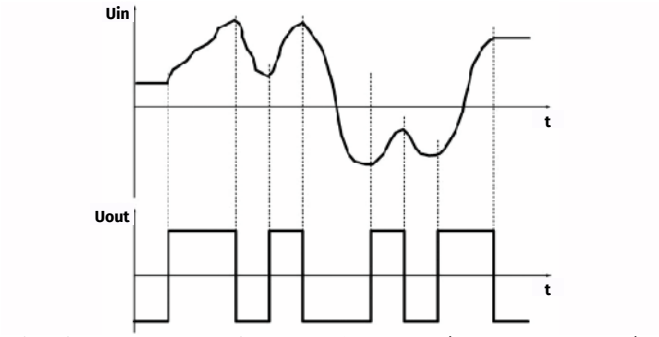
Eksperyment

Po podłączeniu dwóch napięć zasilających do twojej płytki eksperymentalnej, wyjście układu będzie albo maksymalnie dodatnie, albo maksymalnie ujemne. Przekręcasz potencjometr regulacji kompensacji offsetu, aż napięcie wyjściowe po prostu przerzuci się z plusa na minus. W ten sposób skompensowałeś offset op-ampa i możesz rozpocząć eksperyment.

eprasa.pl 5fecf02526

Powoli obracaj potencjometrem napięcia wejściowego tak, aby napięcie na wejściu dodatnim rosło. Zobaczysz, że układ zareaguje natychmiast: wyjście stanie się dodatnie. Teraz ponownie zmniejsz napięcie. Wyjście reaguje natychmiast i staje się ujemne. Teraz obróć potencjometr w prawo i w lewo w sposób losowy, a zobaczysz, że wyjście natychmiast sygnalizuje każdą zmianę kierunku poprzez zmianę napięcia. Przedstawiliśmy to graficznie na poniższym rysunku.

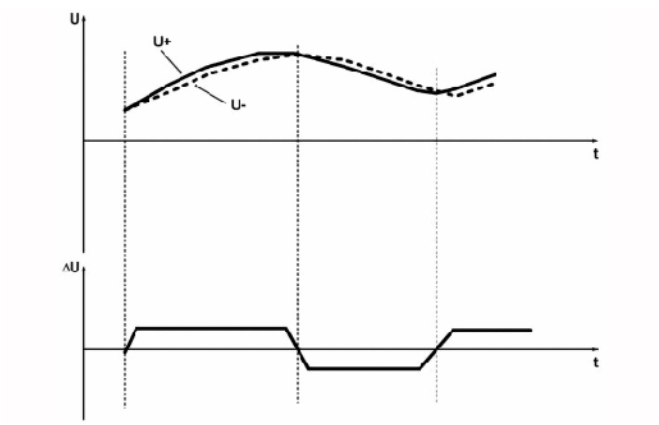
Krótko mówiąc, w ten bardzo prosty sposób zbudowałeś detektor zbocza! Dodatnie nachylenie daje dodatni sygnał wyjściowy, ujemne nachylenie lub zerowe nachylenie – ujemny sygnał wyjściowy.



Działanie układu przedstawione w sposób graficzny (© 2017 Jos Verstraten)

Jak działa ten układ?

Wejście dodatnie op-ampa jest bezpośrednio podłączone do sygnału wejściowego i podąża za zmianami tego sygnału bez żadnego opóźnienia. Wejście ujemne jest również podłączone do wejścia poprzez rezystor R1, ale kondensator do masy zapewni, że napięcie na wejściu ujemnym będzie zawsze lekko opóźnione w stosunku do napięcia na wejściu dodatnim. Jest to wykreślone na poniższym rysunku. Na górnym wykresie narysowane są napięcia na obu wejściach op-ampa. Napięcie na wejściu dodatnim jako linia ciągła, sygnał na wejściu odwracającym kropkowany. W miarę wzrostu Uin przez R1 będzie płynął prąd, ładując kondensator. Dopóki napięcie wejściowe będzie rosło, przez R1 będzie płynął prąd, a kondensator będzie się ładował do rosnącego napięcia wejściowego. Tak więc między dodatnim a ujemnym wejściem jest zawsze dodatnia różnica napięcia. Op-amp jest przełączany jako komparator i wiesz z poprzedniego artykułu, że op-amp reaguje na tę niewielką różnicę napięć dając na wyjściu dodatnie napięcie zasilania.



Graficzne przedstawienie różnicy napięć na dwóch wejściach op-ampa (© 2017 Jos Verstraten)

Kiedy napięcie wejściowe zaczyna spadać, nadchodzi moment, w którym napięcia na obu wejściach są sobie równe. Następuje wtedy przerzucenie komparatora. Następnie kondensator zacznie się rozładowywać, ale nawet teraz będzie istniała niewielka różnica napięć między oboma wejściami, choć o odwrotnej polaryzacji. Wejście ujemne jest nieco bardziej dodatnie niż wejście nieodwracające, wyjście komparatora pozostaje ujemne.

Ograniczenia układu

Oczywiste będzie, że opóźnienie między wejściem dodatnim a ujemnym zależy od wielkości R1 i C1. Im większe są oba elementy, tym wolniej wejście ujemne podąża za zmianami napięcia na wejściu. Ten prosty fakt od razu wskazuje na ograniczenie tego układu. Wybrane wartości 100 kΩ i 100 nF są idealne do śledzenia powolnych zmian napięcia, które wykonujesz obracając potencjometr, ale nie byłyby odpowiednie, gdybyś chciał użyć układu do bardzo szybkich zmian napięcia. Tak więc układ jest selektywny częstotliwościowo, dla każdego pasma częstotliwości musisz nadać R1 i C1 różne wartości.

Zastosowanie detektora nachylenia

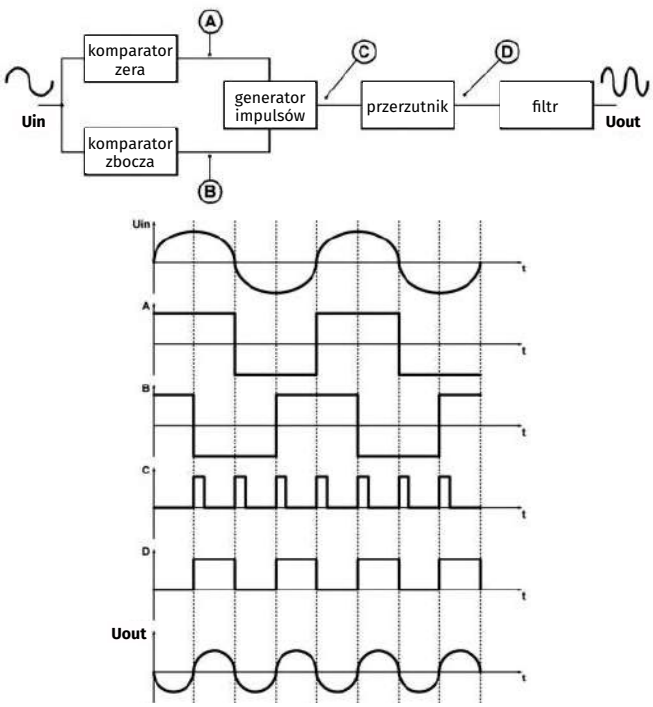
Analogowy podwajacz częstotliwości

Praktyczne zastosowanie detektora zboczy jest narysowane na poniższym rysunku. Załóżmy, że chcesz podwoić częstotliwość f pewnego sygnału sinusoidalnego Vin. Rozwiązanie jest proste. Podłączasz sygnał wejściowy do wejścia detektora zbocza (wartości R1 i C1 dostosowane do częstotliwości sygnału wejściowego) i jednocześnie do wejścia „zwykłego" komparatora. Z wykresów na rysunku możesz odczytać napięcia wyjściowe A i B obu obwodów. Dwie fale prostokątne, z których jedna jest przesunięta o ćwierć okresu.

W kształtowniku impulsów generowane są impulsy igłowe przy każdym przejściu z + do – (i odwrotnie) obu fal prostokątnych. Za pomocą tych impulsów sterujesz przerzutnikiem bistabilnym. Na wyjściu tego układu pojawia się fala prostokątna o częstotliwości dwukrotnie większej od częstotliwości sygnału wejściowego. Z tego przebiegu prostokątnego, poprzez odpowiednią filtrację (dolnoprzepustową), możesz wyprowadzić kolejną sinusoidę, której częstotliwość jest dwukrotnie większa od częstotliwości sygnału wejściowego.

Nie jest to jedyny sposób na podwojenie częstotliwości sygnału sinusoidalnego, ale bardzo prosty! ■

Jos Verstraten



Schemat analogowego podwajacza częstotliwości (© 2017 Jos Verstraten)

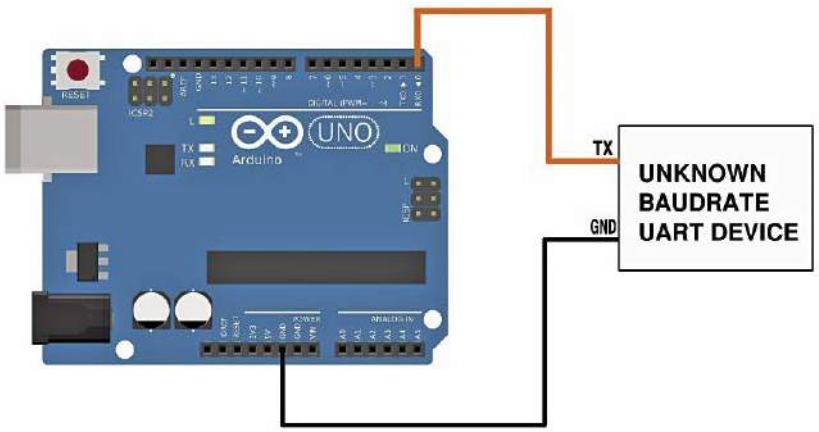
eprasa.pl 5fecf02526

Automatyczne wykrywanie szybkości transmisji łącza szeregowego UART

Wiele urządzeń wykorzystuje szeregową transmisję danych zgodnie ze standardem UART. To skrót od Universal Asynchronous Receiver/Transmitter czyli Uniwersalny Asynchroniczny Odbiornik/Nadajnik. Transmisja wg tego standardu może odbywać się z różną szybkością. Oczywiście odbiornik i nadajnik muszą się porozumieć, aby ustalić tą prędkość. Zdefiniowano kilka, a nawet kilkanaście standardowych „baud rates" w tym zakresie. W praktyce często nie wiemy z jaką prędkością transmisja się odbywa i pożądany jest nieinwazyjny sposób podejrzenia tego parametru. Prezentowany tu projekt realizuje taką funkcję i wykorzystuje w tym celu płytkę Arduino.

To nie jest skomplikowane zadanie dla mikrokontrolera ATmega328. Na **rysunku 1** jest schemat urządzenia i praktycznie jest tu jedynie goły Arduino. To samo widać w spisie podzespołów w **tabeli 1**. W **tabeli 2** zebrano natomiast spis standardowych prędkości wyrażony w przepustowości bitów na sekundę i odwrotność tej częstotliwości, co oznacza najkrótszy czas między zmianą stanu na linii transmisji TX-RX. Proponowany układ odmierza właśnie ten czas i dopasowuje go do najbliższej standardowej szybkości Baud Rate. Tak wykonany układ nie ingeruje w proces transmisji danych, a jedynie ją podgląda. Połączenie między Arduino i podglądanym UART-em zadowala się jednym przewodem (plus oczywiście połączenie masy). W Arduino wykorzystano zerowy pin D0 i stosownie do tego należy mikrokontroler zaprogramować. Szkic można ściągnąć pod nazwą auto_baud_detector.ino. Sposób załadowania programu jest standardowy z wykorzystaniem oprogramowania Arduino IDE. Listing kodu źródłowego pokazano na **rysunku 2**. Wykorzystaną płytkę Arduino UNO łączymy z komputerem stacjonarnym lub laptopem przy użyciu standardowego kabla USB. W ustawieniach należy jedynie poprawnie wybrać typ wykorzystanej płytki oraz numer portu wykorzystanego do transmisji.

Aby poprawnie zinterpretować dane na linii transmisji szeregowej UART należy wychwycić najkrótszy czas między zmianą stanu tej linii. Ewentualne przekłamanie i błędna interpretacja jest możliwa gdy wystąpi sytuacja transmisji długiego ciągu samych zer. To przypadek rzadki i można temu zaradzić dobierając rozsądnie długi czas obserwacji przed podjęciem decyzji. To powinno być ustalone w programie/szkicu, który czyni z uniwersalnego mikrokontrolera układ programowalny dla zadanego celu. Gdy układ zmierzy czas odstępu transmisji jednego bitu, powinien to przeliczyć na baud rate co jest odwrotnością tegoż czasu. W programie przyjęto tolerancje pozwalające na zaokrąglenie wyniku do najbliższej standardowej prędkości



Rysunek 1. Schemat układu

```
long detRate(int recpin){
    long baud,  x;

    for (int i = 0; i < 5; i++){
        while(digitalRead(recpin) == 1){} // wait for low bit to start
        x = pulseIn(recpin,LOW);   // measure the next zero bit width
        rate = x < rate ? x : rate;
    }
     if (rate < 12)
        baud = 115200;
     else if (rate < 20)
        baud = 57600;
     else if (rate < 29)
        baud = 38400;
     else if (rate < 40)
        baud = 28800;
     else if (rate < 60)
        baud = 19200;
     else if (rate < 80)
        baud = 14400;
     else if (rate < 150)
        baud = 9600;
     else if (rate < 300)
        baud = 4800;
     else if (rate < 600)
        baud = 2400;
     else if (rate < 1200)
        baud = 1200;
     else if (rate < 2400)
        baud = 600;
     else if (rate < 4800)
        baud = 300;
     else
        baud = 0;
     return baud;
}
```

Rysunek 2. Zrzut ekranu z listingiem kodu źródłowego

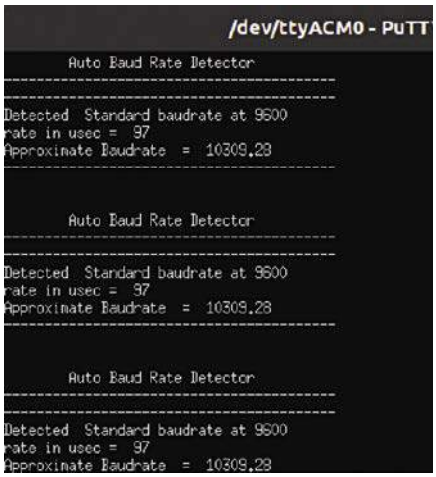
Kod źródłowy tego projektu jest dostępny do pobrania ze strony https://tiny.pl/cx9zg

eprasa.pl 5fecf02526

Tabela 1. Spis materiałów		
Arduino	1 szt.	Płytka mikrokontrolera dla identyfikacji szybkości transmisji
Przewody połączeniowe	2 szt.	Połączenie Arduino z badanym UART-em
Urządzenie z transmisją szeregową	1 szt.	Urządzenie-nadajnik o „nieznanej” prędkości transmisji

Tabela 2. Standardowe prędkości transmisji UART i jej odwrotności – czas transmisji jednego bitu

Czas bitu	Baund Rate
3,3 ms	300
833 µs	1200
416 µs	2400
208 µs	4800
104 µs	9600
69 µs	14400
52 µs	19200
34 µs	28800
26 µs	38400
17,3 µs	57600
8 µs	115200



Rysunek 3. Zrzut ekranu przykładowego wyniku pracy detektora transmisji UART

transmisji UART. Praca układu detektora polega ma „przymierzaniu się” do najkrótszego wykrytego odcinka czasu bez zbocza impulsu na linii gdzie transmisja przebiega.

Testowanie urządzenia

Po załadowaniu szkicu należy uruchomić monitor portu szeregowego, który wbudowany jest w środowisko Arduino. Szybkość transmisji należy ustawić na 9600 bodów. Połączenie z „nieznanym UART-em” należy wykonać zgodnie z rysunkiem 1. To połączenie linii nadajnika TX z utworzonym wejściem RX na Arduino. Dla monitora portu szeregowego Arduino wykorzystano popularny program PuTTy, a przykładowy wynik wyświetlany na konsoli monitora widzimy na **rysunku 3**. Autor przetestował swój prototyp na typowych baud rates: 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600 i 115200 bodów. Testowania szybkości powyżej 115200 nie przewidziano. ■

Amal Mathew

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY”, marzec 2023 (efymag.com)

Porady laboratoryjne – układy zasilania

1. Sztuczne opóźnienie wzrostu napięcia zasilania stosuje się dla...
☐ Zmniejszenia poboru prądu
☐ Obniżenia napięcia zasilania
☐ Uniknięcia niepożądanych stanów przejściowych

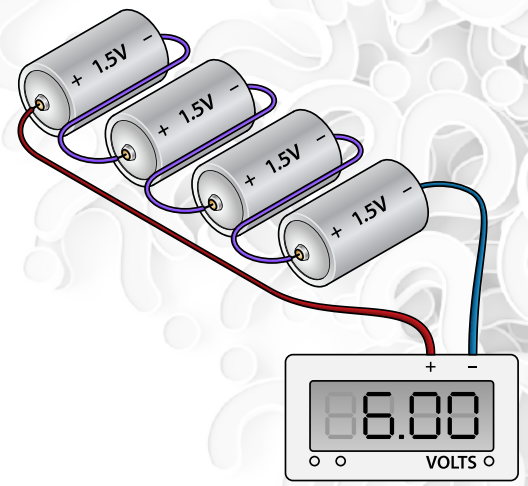
2. Typowa wartość spadku napięcia na przewodzącym krzemowym złączu p-n w diodzie lub tranzystorze wynosi:
☐ 0,2 V
☐ 0,65 V
☐ 0,9 V

3. Zasilanie przedwzmacniacza i wzmacniacza mocy audio z tego samego napięcia nie jest wskazane ze względu na...
☐ Możliwość wystąpienia oscylacji
☐ Możliwość uszkodzenia przedwzmacniacza
☐ Ograniczenie poboru prądu z zasilacza

4. Czy można zastosować tranzystor jako diodę Zenera?
☐ Tak
☐ Nie

5. Ile wynosi temperaturowy współczynnik napięcia na przewodzącym krzemowym złączu p-n?
☐ +1 mV/°C
☐ –2,2 mV/°C
☐ +3,6 mV/°C

6. Profesjonalne źródło napięcia odniesienia powinno mieć impedancję niższą niż...
☐ 1 Ω
☐ 0,5 Ω
☐ 0,2 Ω



7. Czy możliwe jest uzyskanie współczynnika temperaturowego napięcia odniesienia 0,002%/°C w prostym układzie zrealizowanym w warunkach amatorskich?
☐ Tak
☐ Nie

8. Czy z dodatniego sygnału prostokątnego można uzyskać źródło zasilania napięciem ujemnym?
☐ Tak
☐ Nie

Rozwiązanie znajdziesz na www.elportal.pl/quizy od dnia 14.07.2023.

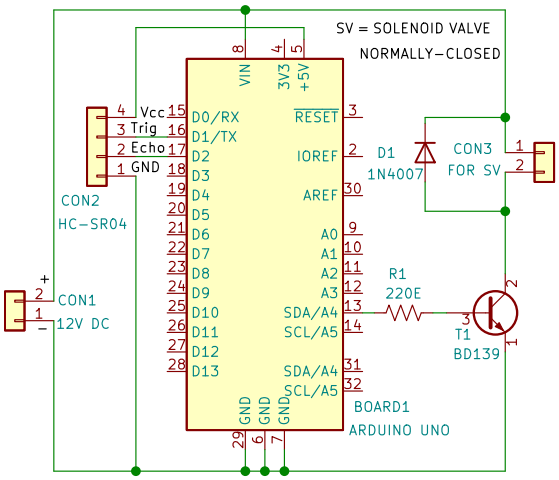
eprasa.pl 5fecf02526

Automatyczny kran umywalki z wykorzystaniem Arduino

Bieżący projekt jest szczególnie użyteczny w toaletach publicznych, także w szpitalach i w restauracjach. Otwarcie zaworu kranu w umywalkach nie wymaga ręcznego odkręcania. Wystarczy zbliżyć ręce w pobliże kranu. Rozwiązanie takie jest z jednej strony higieniczne, a także sprzyja oszczędności wody.

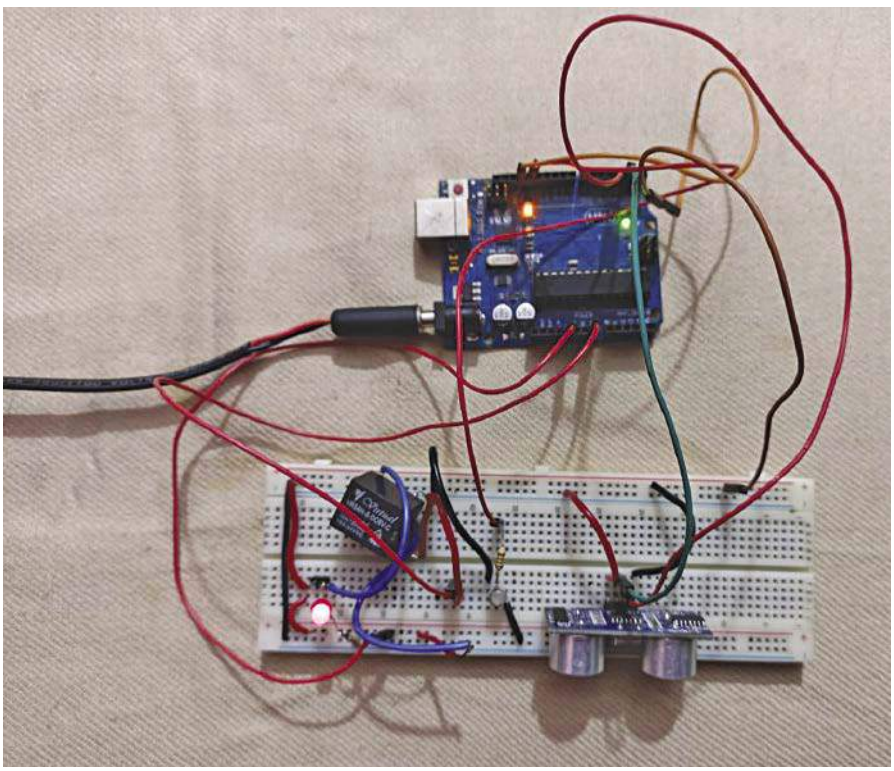
Prototyp wykonany przez autora widzimy na **rysunku 1**. Założeniem projektu jest wykrycie obecności dłoni w pobliżu kranu i otwarcie zaworu w tym czasie. Równocześnie brak detekcji dłoni powinien skutkować natychmiastowym zamknięciem zaworu. Schemat ideowy układu pokazuje **rysunek 2**. Wykorzystano tu mikrokontroler na płytce Arduino. Kluczowymi podzespołami są także: czujnik ultradźwiękowy HC-SR04 oraz zawór elektromagnetyczny z cewką 12-to woltową. Jak widzimy na rysunku 2, dodatkowych elementów jest raptem kilka. Mikrokontroler ma także bardzo proste zadanie. Do tego stopnia, że chciałoby się powiedzieć, iż w tak prostej aplikacji „się marnuje". Wykorzystanie Arduino jest raczej podyktowane faktem, że wykorzystany czujnik ultradźwiękowy jest z systemem Arduino kompatybilny.

Od Red. EdW: Podobny projekt był już przedstawiany w rubryce „Zrób to sam". Nie angażował mikroprocesora, a w miejsce czujnika ultradźwiękowego zastosowano typową czujkę ruchu. Oba rozwiązania różnią się tym, iż w pierwszym przypadku należało „wymachiwać" rękami przed czujnikiem, a następnie układ odliczał czas otwarcia zaworu. W bieżącym projekcie czujnik nie reaguje na ruch, a na samą obecność „przeszkody", którą rozpoznaje na zasadzie echa ultradźwięków.



Rysunek 2. Schemat ideowy układu

Ultrasonic sensor HC-SR04 pokazano na **rysunku 3**. Widzimy, iż są tu dwie sekcje, nadajnika i odbiornika. Układ rozpoznaje obecność przedmiotu (przeszkody), w tym przypadku rąk w odległości



Rysunek 1. Prototyp wykonany przez autora, zmontowany na płytce uniwersalnej

Tabela 1. Połączenia między HC-SR04 i płytką Arduino

Sygnał na czujniku ultradźwiękowym	Pin płytki Arduino
Vcc	Vcc (+5V)
Trig	pin16 (D1/TX)
Echo	pin17 (D2)
GND	GND



Rysunek 3. Czujnik ultradźwiękowy HC-SR04

Kod źródłowy tego projektu jest dostępny do pobrania ze strony https://tiny.pl/cxmnh

eprasa.pl 5fecf02526

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

Półprzewodniki:
Board1: płytka Arduino
D1: 1N4007 dioda prostownicza
T1: BD139 – tranzystor npn

Rezystory: (0,25 W, ±5%)
R1: 220 Ω

Pozostałe:
CON1: złącze dwu-pinowe
CON2: złącze cztero-pinowe
zasilacz 12 V/2 A lub akumulator 12 V
elektrozawór z cewką 12 V NC (normalnie zamknięty)
uniwersalna płytka stykowa lub PCB
kabelki łączeniowe
czujnik ultradźwiękowy HC-SR04

od 3 do 5 cm od aktywnego elementu emitującego ultradźwięki.

Interfejs czujnika z płytką Arduino jest bardzo prosty. Na rysunku 3 widzimy, iż HC-SR04 wyposażony jest jedynie w złącze cztero-pinowe, z czego dwa piny to zasilanie i masa. Połączenia między Arduino i ultradźwiękowym sensorem zebrano w **tabeli 1**.

automatic_flush

```
//automatic flush using Ultrasonic Sensor HC-SR04 by S.C.DWIVEDI
// defines pins numbers
const int trigPin1 = 2;     //defining echo sensor pins  1
const int echoPin1 = 3;
const int relayPin =  13;      // the number of the buzzer pin
// defines variables
long duration1;         //defining echo sensor varables 1
int distance1;

void setup() {
   pinMode(relayPin, OUTPUT);
pinMode(trigPin1, OUTPUT); // Sets the trigPin as an Output 1
pinMode(echoPin1, INPUT); // Sets the echoPin as an Input   1
Serial.begin(9600); // Starts the serial communication
}

void loop() {
// Clears the trigPin
digitalWrite(trigPin1, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin1, HIGH);// Sets the trigPin on HIGH state for 10 micro seconds
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin1, LOW);
duration1 = pulseIn(echoPin1, HIGH);// Reads the echoPin, returns the sound wave travel time in micr
distance1= duration1*0.034/2;       // Calculating the distance

if ( distance1 <= 30) {             //logical OR , compare with safe distance
    // turn relay on:
```

Rysunek 4. Listing kodu źródłowego

Konstrukcja układu i jego działanie

Wpierw należy zainstalować oprogramowanie Arduino IDE i za jego pomocą załadować kod źródłowy do mikroprocesora Arduino. Listing tego kodu pokazano na **rysunku 4**. Procedura postępowania jest tu standardowa. W programie IDE trzeba wybrać właściwy typ zastosowanej płytki Arduino oraz numer portu komunikacji komputera z Arduino.

Obsługa ultradźwiękowego czujnika polega na ustawieniu w stan wysoki wyjścia Trigger i nasłuchiwaniu echa na pinie 17 zaprogramowanym jako wejście. Odliczanie czasu opóźnienia między tymi dwoma sygnałami pozwala na oszacowanie obecności i odległości przeszkody. W prototypie ustalono próg odpowiadający odległości 5 cm. Właściwa wartość jest zależna od miejsca lokalizacji czujnika względem kranu z wodą. A ponieważ ten parametr ustalony jest programowo, łatwo go modyfikować do aktualnych potrzeb.

Sygnałem wyjściowym jest linia A4 na pinie 13 płytki Arduino. Linia ta zaprogramowana jest jako digital output i za pośrednictwem zewnętrznego tranzystora uruchamia cewkę elektromagnesu zaworu.

Normalnie, linia ta jest w stanie niskim i cewka elektrozaworu nie jest wysterowana. Zbliżenie rąk w pobliże czujnika skutkuje ustawieniem linii wyjściowej do stanu wysokiego, co otwiera zawór z wodą. Mikroprocesor cały czas uaktywnia wyjście trigger czujnika i sprawdza jego echo. Programowa obsługa systemu sprawia, iż jest on bardzo elastyczny i pozwala na łatwe wprowadzenie korekt wymaganych na przykład z uwagi na mechaniczną lokalizację czujnika względem kranu. Zatem układ jest bardzo prosty i w celu przetestowania można go zmontować na płytce uniwersalnej. Docelowo należy go umieścić w odpowiednio przygotowanej obudowie. Szczególnej uwagi wymaga zamocowanie czujnika ultradźwiękowego. Przetestuj, czy umieszczenie rąk pod kranem spowoduje otwarcie zaworu, a cofnięcie rąk jego zamknięcie. Właściwa lokalizacja elektrozaworu również nie jest bez znaczenia. Na obudowie zaworu jest zwykle zaznaczony kierunek przepływu wody i należy na to też zwrócić uwagę. W przypadku większości elektrozaworów jest także wymóg minimalnego ciśnienia wody. Jeśli zastosowany jest zbiornik wody, to powinien on być umieszczony co najmniej 3 metry nad zaworem. Jeśli warunki te są trudne do spełnienia, może zajść potrzeba zastosowania pompy wodnej.

Ponieważ projekt ten jest obsługiwany przez mikroprocesor, przed zmontowaniem układu należy wgrać kod źródłowy automatic_flush.ino. W celu załadowania szkicu do Arduino, należy komputer i płytkę Arduino połączyć kablem USB. Po zapisaniu pamięci mikrokontrolera łącze to nie jest dalej potrzebne i kabel USB należy usunąć. Należy natomiast podłączyć kabel zasilający do złącza oznaczonego na schemacie (rysunek 2) jako CON1. Można wykorzystać adapter 12 V lub 12-to woltowy akumulator.

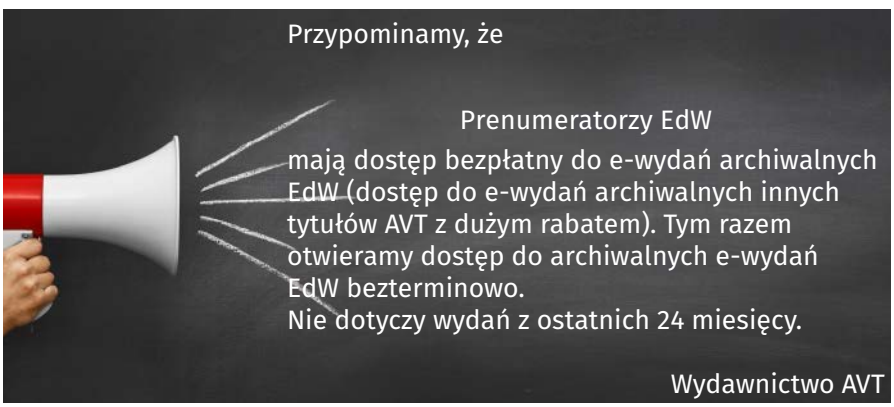
Bonus

Działanie układu wg opisanego tu projektu można obejrzeć pod adresem: https://tiny.pl/cxmnl ■

Suresh Dwivedi

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY”, marzec 2023 (efymag.com)

REKLAMA



eprasa.pl 5fecf02526

Nieinwazyjny sposób detekcji poziomu cieczy

Układ pokazany w bieżącym projekcie pozwala na pomiar lub detekcję poziomu cieczy bez kontaktu z nią. Czujnik można umieścić po zewnętrznej stronie naczynia, a wykorzystuje on zjawisko rozproszonych pojemności. Pojemności te zależą w pewnym stopniu od tego, czy w niewielkiej odległości od sensora znajduje się ciecz, czy też jest jej brak.

Pojemności te są też funkcją tego, z jakiego materiału wykonane jest naczynie oraz od grubości jego ścianek. Niewątpliwie również ma tu znaczenie rodzaj cieczy, której obecność chcemy wykryć. Wbrew pozorom, niezbyt istotne są te funkcje i zależności. Istotne jest to, że gdy poziom cieczy się podnosi zbliżając się do miejsca gdzie ulokowano czujnik, sensor ten jest w stanie wykryć zmianę tychże rozproszonych pojemności i na tej podstawie zadecydować czy na ustalonej (położeniem czujnika) wysokości jest ciecz, czy też jej brak. Jak powiedziano wyżej, sam czujnik działa na zasadzie pomiaru pojemności rozproszonych, natomiast konwersja sygnału i decyzyjność leży po stronie mikrokontrolera. Po stronie programowej leży ustalenie progu wielkości sygnału, poniżej lub powyżej którego układ sygnalizuje, iż wskazany poziom cieczy został osiągnięty. Kalibracja detektora poziomu jest możliwa zarówno po stronie sprzętowej (na czujniku) jak i w zakresie programowym adekwatnym dla pracy mikrokontrolera. Zastosowany sensor typu XKC-Y25-NPN wyposażony jest w element regulacyjny pozwalający na wstępne ustawienie jego czułości. Regulacja w prawo (zgodnie z ruchem wskazówek zegara) powoduje zwiększenie czułości, regulacja w przeciwnym kierunku – obniżenie czułości wykrywania rozproszonych pojemności w okolicy elementu aktywnego czujnika.

Zastosowana nieinwazyjna metoda pomiaru wykazuje wiele zalet. Brak kontaktu z cieczą pozwala na zastosowanie detektora w sytuacjach, gdy ciecz jest na przykład silnie toksyczna. Mogą to być silne kwasy lub ciecze o PH skrajnie alkalicznym. Można też dokonać pomiaru poziomu cieczy w szczelnym naczyniu i znajdujących się pod dużym ciśnieniem. Wszystkie te czynniki, utrudniające pomiar inną metodą, mają tu niewielkie znaczenie, o ile sam zbiornik wykonany jest z nie przewodzącego materiału. Zbiornik wykonany z metalu jest tu istotnym i wydaje się być jedynym ograniczeniem. Montaż czujnika jest też bardzo prosty, jak również można zmieniać jego położenie (wysokość), gdyż mocowany jest on po zewnętrznej stronie naczynia. Sensor XKC-Y25-NPN jest niewielkich rozmiarów i można go również zamknąć w wodoszczelnej obudowie. Zdjęcia prototypu wykonanego przez autora pokazano na **rysunku 1**. Aby łatwo ocenić poprawność działania układu, autor wykorzystał naczynie, którego ścianki są przeźroczyste. Autor wykorzystał także głośniczek, który należy uznać za element opcjonalny. Wysokim przeraźliwym tonem sygnalizuje on, iż poziom cieczy podniósł się do ustalonego poziomu krytycznego. Całość układu nie zawiera wiele elementów dzięki wykorzystaniu specjalizowanego czujnika oraz mikrokontrolera na płytce Arduino. Spis podzespołów zebrano w **tabeli 1**. Natomiast na **rysunku 2** pokazano schemat blokowy, a na **rysunku 3** schemat ideowy całego układu.

Autor wykorzystał Arduino w wersji UNO R3. Obecność poziomu cieczy na wysokości gdzie ulokowano sensor sygnalizowana jest także świeceniem diody LED będącej elementem integralnym samej płytki Arduino. Połączeń między zastosowanymi podzespołami jest niewiele i zebrano je w **tabeli 2**.



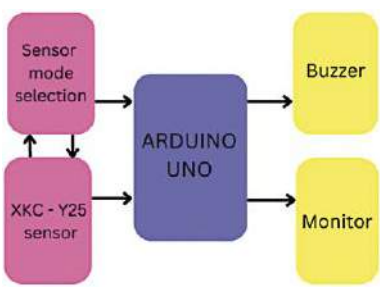
Rysunek 1. Zdjęcia pokazujące prototyp wykonany przez autora

Tabela 1. Spis zastosowanych podzespołów

XKC-Y25 NPN sensor (MOD1)	1 szt.
Arduino UNO (MOD2)	1 szt.
Buzzer (B1)	1 szt.

Tabela 2. Sygnały łączące Arduino z czujnikiem XKC-Y25 NPN

Oznaczenie na czujniku	Funkcja	Pin Arduino
GND	masa	GND
5V	zasilanie 5 V	5 V
OUT	wyjście czujnika	Pin A2
MODE	linia wyboru stanu aktywności wyjścia	GND
–	wejście buzzera	Pin 8

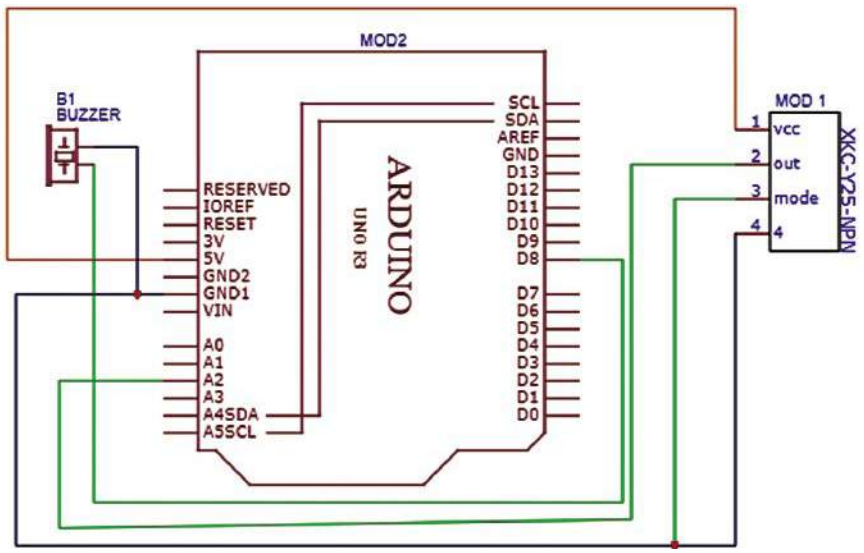


Rysunek 2. Schemat blokowy nieinwazyjnej detekcji poziomu cieczy

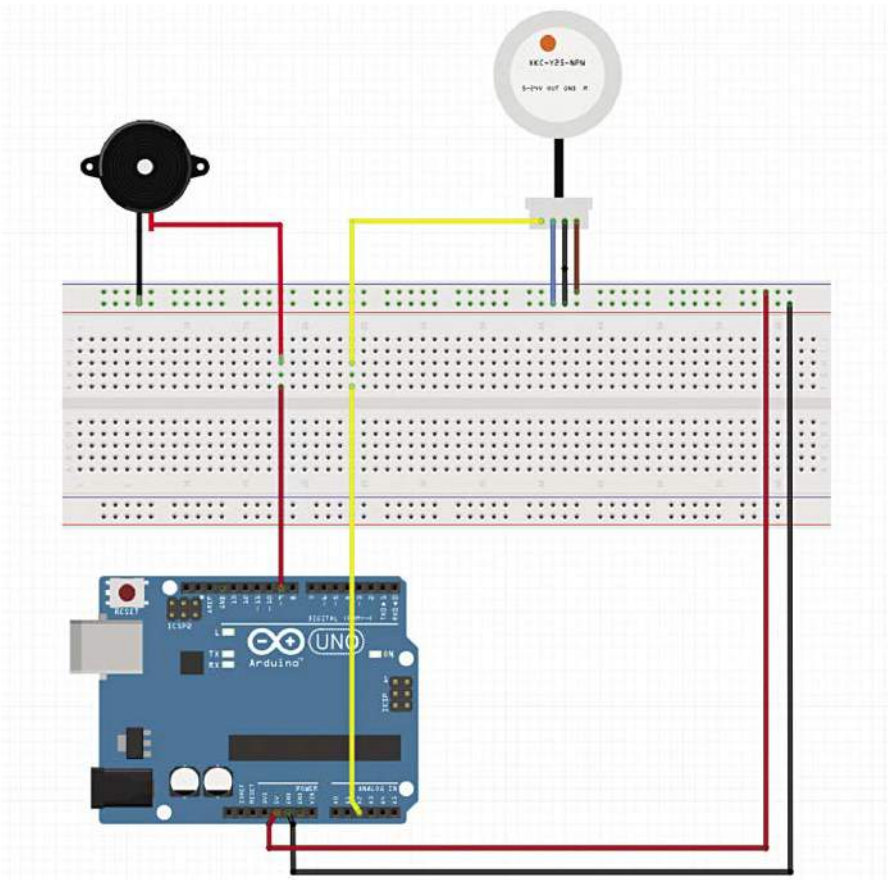
eprasa.pl 5fecf02526

Na **rysunku 4** widać te połączenia z wykorzystaniem uniwersalnej płytki stykowej.

Zastosowany tu czujnik pojemnościowy o oznaczeniu XKC-Y25-NPN może być zasilany napięciem z szerokiego przedziału 5 V do 24 V, a pobór prądu to zaledwie 5 mA. Stan wysoki wyjścia jest bliski poziomowi zasilania, a stan niski jest bliski masy. Wyjście czujnika można obciążyć prądem do 50 mA. Czas reakcji czujnika po wykryciu progowego poziomu cieczy mieści się w zakresie 0,5 sekundy. Może on pracować w zakresie temperatur od zera do 105°C i przy wilgotności od 5% do 100%. Czujnik ten zamknięto w plastykowej obudowie ABS o klasie wodoszczelności IP67. Regulacja czułości pozwala na detekcję poziomu cieczy w pojemnikach o grubości ścianek do 13 mm.



Rysunek 3. Schemat ideowy układu



Rysunek 4. Odrutowanie układu z wykorzystaniem uniwersalnej płytki stykowej

Oprogramowanie

Wykorzystanie w projekcie mikrokontrolera narzuca jednoznacznie, iż musi on pracować pod kontrolą odpowiedniego programu. Na **rysunku 5** jest zrzut ekranu monitora pokazujący fragment oprogramowania. W programie tym zawarty jest fragment pozwalający na przetestowanie samego czujnika, jako że w bieżącym projekcie jest to element krytyczny. Z fragmentarycznego listingu programu pokazanego na rysunku 5 widać, iż zdefiniowano zmienną integer „x", której wartość oddaje wynik odczytu wyjścia z czujnika pojemnościowego. Zerowa wartość tej zmiennej oznacza, że czujnik nie wykrywa obecności cieczy. To zmienna binarna, gdyż każda inna wartość (większa od zera) jest interpretowana wykrycie cieczy wykryto. Wyjście z pętli z wartością „x" większą od zera następuje w wyniku realizacji warunku if/else (jeśli/to), i program uruchamia sygnał dźwiękowy z buzzera oraz posyła komunikat na monitor. Komunikat jest postaci NO LIQUID lub LIQUID DETECTED.

Dla poprawnego działania detektora poziomu cieczy, krytyczne jest ustawienie progu czułości w czujniku. Na **rysunku 9** pokazano zdjęcia z testów wykonanych przez autora. Pojemnik z cieczą na tym rysunku ma grubsze ścianki względem przeźroczystego pojemnika na rysunku 1. Regulacja czułością przywraca poprawne działanie detektora poziomu cieczy także w tym przypadku.

Konstrukcja układu i jego testowanie

Należy zmontować układ zgodnie ze schematem pokazanym na rysunku 3. Pomocniczo na **rysunkach 6** i **7** pokazano wyprowadzenia i znaczenie sygnałów na czujniku

Liquid_detection

```
int x =0;       //Output pin on sensor

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(A2, INPUT);
  pinMode(8, OUTPUT);
}

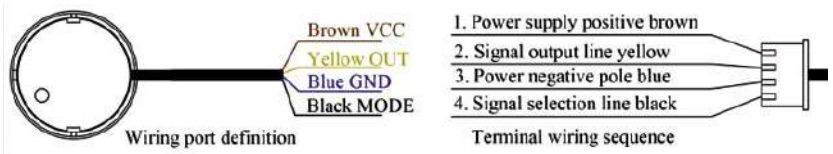
void loop() {
  x = analogRead(A2);
  if (x == 0){
    digitalWrite(8, LOW);
    Serial.println("NO LIQUID");}
  else {
    digitalWrite(8, HIGH);
    Serial.println("LIQUID DETECTED");}
  delay(200);
}
```

Rysunek 5. Zrzut ekranu monitora z listingiem szkicu programu

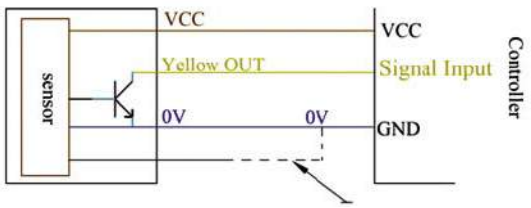
eprasa.pl 5fecf02526

pojemnościowym. Na rysunku 7 pokazano także jak wybrać i ustawić tryb pracy wyjścia. Do tego służy linia, wyprowadzenie oznaczone jako MODE, a dostępny jest tryb NO lub NC. Wyjście OUT z czujnika jest typu otwarty kolektor tranzystora NPN i może bezpośrednio wysterować mały przekaźnik (o prądzie cewki poniżej 100 mA).

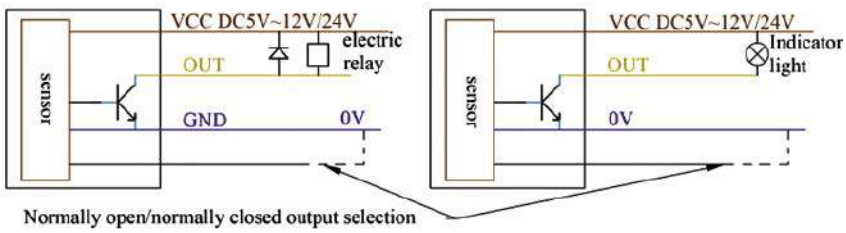
1. Tryb NO. Tryb ten jest wybrany, gdy pozostawimy nie podłączony czarny przewód (linia MODE). W tym trybie tranzystor NPN zostanie włączony gdy obecność cieczy jest przez czujnik rozpoznana. To jest właściwy tryb, gdy czujnik pracuje bezpośrednio z obwodem wykonawczym połączonym przez niewielki przekaźnik. Brak detekcji cieczy pozostawia cewkę nie wysterowaną, natomiast wykrycie cieczy na wysokości czujnika uruchamia przekaźnik (który też może mieć styki typu NO lub NC).
2. Tryb NC jest wybrany, gdy czarny przewód połączymy wprost z potencjałem masy lub ustawimy tu stan niski. W tym przypadku cewka przekaźnika będzie wysterowana gdy czujnik nie wykrywa obecności cieczy. Z kolei wykrycie cieczy wyłączy tranzystor i przez cewkę prąd nie popłynie. Ten sam stan wystąpi w sytuacji braku zasilania. Czyli brak zasilania zostanie zinterpretowany jako obecność cieczy. I ten priorytet powinien być wyznacznikiem wyboru trybu NO lub NC.



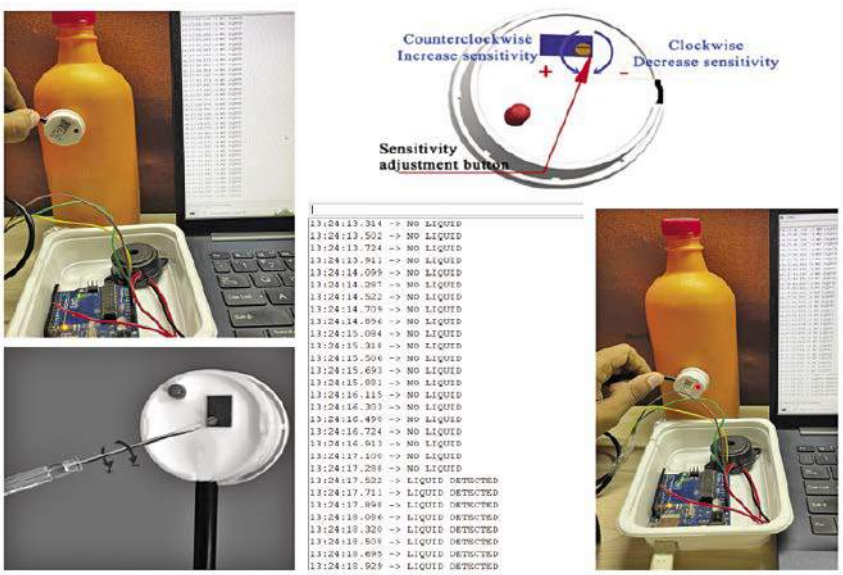
Rysunek 6. Znaczenie sygnałów portu komunikacji czujnika pojemnościowego i kolejność jego wyprowadzeń



Rysunek 7. Wybór trybu wyjścia jako „Normal Open" lub „Normal Close"



Rysunek 8. Interfejs czujnika z przekaźnikiem oraz bezpośrednia indykacja optyczna z wykorzystaniem żaróweczki sygnalizacyjnej



Rysunek 9. Zdjęcia pokazujące pracę prototypowego układu wykonanego przez autora w przypadku pojemnika o grubych ściankach

Na **rysunku 8** pokazano obydwa przypadki trybu pracy, gdy obciążeniem czujnika jest przekaźnik lub wprost „lampka sygnalizacyjna".

Na rysunku 9 jest ponownie zdjęcie prototypu autora, gdzie jedynie przelano ciecz do grubszego naczynia. Na rysunku tym widać też co wypisuje monitor. Do pewnego momentu jest to komunikat NO LIQUID. Kiedy poziom cieczy osiągnie wartość krytyczną, pojawia się napis LIQUID DETECTED i rozlegnie się dźwięk z buzzera. Skoro do obsługi urządzenia zaangażowano mikroprocesor, żaden problem aby kazać wyświetlić również godzinę (i/lub datę) momentu, gdy krytyczny poziom cieczy zostanie osiągnięty.

Rysunek 8 pokazuje bardzo uproszczony system detekcji poziomu cieczy. W naszym przypadku wyjście czujnika czytane jest przez wejście mikrokontrolera zadeklarowane jako – sygnał analogowy/wejście.

Przed zmontowaniem układu należy nie zapomnieć o wczytaniu kodu źródłowego szkicu o nazwie liqleveldetect.ino. Procedura jest standardowa i w procesie tym należy ustawić właściwą wersję zastosowanej płytki Arduino oraz poprawny numer portu komunikacyjnego. Uruchomienie programu transmisji szeregowej danych na monitor powinno skutkować natychmiastową indykacją danych na monitorze, co łatwo rozbudować na drodze czysto programowej. Alarmowanie dźwiękowe na dodatkowym głośniczku należy uznać za dodatkową opcję układu nieinwazyjnej detekcji poziomu cieczy. ■

Dr Geetali Saha and Yugmil Patel

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY", marzec 2023 (efymag.com)

Kod źródłowy tego projektu jest dostępny do pobrania ze strony https://tiny.pl/cxx73

eprasa.pl 5fecf02526

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.

Moduł procesora echa głosu – urządzenie opóźniające do efektów dźwiękowych, echo, reverb



Przedstawiony tu projekt efektów dźwiękowych typu echo głosu lub cyfrowe opóźnienie nadaje się do zastosowań takich jak Karaoke, multimedia, efekty instrumentów muzycznych, zabawki elektroniczne, animatronika itp. Projekt oparty jest na układzie PT2399, o zasilaniu 5 V DC i poborze prądu ok. 30 mA. Do ustawienia opóźnienia i powtórzeń przewidziano dwa potencjometry. Zakres opóźnienia jest regulowany w zakresie od 50 ms do 280 ms. PT2399 jest jednoukładowym procesorem echa wykorzystującym technologię CMOS. Układ przyjmuje analogowy sygnał wejściowy audio, a przetwornik ADC o wysokiej częstotliwości próbkowania przetwarza sygnał analogowy na strumień bitów, który jest przechowywany w wewnętrznej pamięci RAM 44 Kbit. Po przetworzeniu strumienia bitów zostanie on zdemodulowany przez DAC i filtr dolnoprzepustowy. Całkowity czas opóźnienia jest określony przez wewnętrzną częstotliwość zegara VCO, a użytkownik może łatwo zmienić częstotliwość VCO poprzez zmianę zewnętrznej rezystancji. PT2399 realizuje charakterystykę niskich zniekształceń (THD<0,5%@0,5 Vrms) i niskich szumów (No<-90 dBV) dla celów audio.

Dokończenie artykułu na stronie: https://tiny.pl/cmqkk

Uniwersalny konwerter napięcia AC – wyjście 18 V DC z wejścia 85...265 V AC



Opisywany projekt to uniwersalny regulator step-down off-line z wejściem AC Voltage, który zapewnia dokładne stałe napięcie (CV) na wyjściu, wyjątkową niską moc w trybie czuwania, wysoką sprawność przy lekkim obciążeniu i doskonałą odpowiedź dynamiczną w oparciu o nieizolowaną topologię buck. Projekt jest zbudowany przy użyciu układu AP3928. Projekt zapewnia wyjście 18 V DC @ 250 mA z wejścia AC 85 V do 265 V AC. Projekt może być używany do wielu zastosowań, takich jak urządzenia domowe, aplikacje IoT, sterowanie przemysłowe, zasilanie w trybie czuwania i zasilanie pomocnicze.

Dokończenie artykułu na stronie: https://tiny.pl/cmq8p

Niektóre projekty aktualnie dostępne tylko dla prenumeratorów EdW w rubryce DIY PLUS na www.elportal.pl:

1. 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. Izolowany obwód wykrywania napięcia 250 V AC z pojedynczym wyjściem (wejście 250 V prądu przemiennego, wyjście 5 V)
13. Generator sygnałów AD9833
14. Obserwacja charakterystyk tranzystora
15. Wyświetlacz EKG z użyciem Arduino
16. Łatwy do zbudowania robot kroczący
17. Sonarowy theremin MIDI
18. Zamek elektroniczny na kod
19. Prosty tester tranzystorów
20. Zegar binarny z użyciem Microbit
21. Przetwornik częstotliwości na napięcie (tachometr) – przetwornik częstotliwości na napięcie z czujnikiem magnetycznym o zmiennej reluktancji

Miesięcznik „**Elektronika dla Wszystkich**”
(12 numerów w roku) jest wydawany we współpracy z kilkoma redakcjami zagranicznymi

Wydawnictwo:
AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel. 22 257 84 99, e-mail: avt@avt.pl

Wydawca:
Wiesław Marciniak

Adres redakcji:
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
e-mail: edw@elportal.pl, www.elportal.pl

Redaktor merytoryczny
Paweł Sujko

Dział Reklamy:
Katarzyna Gugała
katarzyna.gugala@elportal.pl, tel. 22 257 84 64

Szef Pracowni Konstrukcyjnej:
Jakub Sobański
jakub.sobanski@elportal.pl

DTP, okładka, redakcja strony internetowej www.elportal.pl:
MAD Sp. z o.o.

Prenumerata:
W Wydawnictwie AVT, e-mail: prenumerata@avt.pl
tel. 22 257 84 22, (godz. 10:00–14:00)

W RUCH S.A., e-mail: prenumerata@ruch.com.pl
tel. 801 800 803, 22 717 59 59, www.prenumerata.ruch.com.pl

Copyright AVT-Korporacja Sp. z o.o., Warszawa, ul. Leszczynowa 11. Projekty publikowane w „Elektronice dla Wszystkich” mogą być wykorzystywane wyłącznie do własnych potrzeb. Korzystanie z tych projektów do innych celów, zwłaszcza do działalności zarobkowej, wymaga zgody redakcji „Elektroniki dla Wszystkich”. Przedruk oraz umieszczanie na stronach internetowych całości lub fragmentów publikacji zamieszczanych w „Elektronice dla Wszystkich” jest dozwolone wyłącznie po uzyskaniu pisemnej zgody redakcji. Redakcja nie odpowiada za treść reklam i ogłoszeń zamieszczanych w „Elektronice dla Wszystkich”.

eprasa.pl 5fecf02526

Subscribe to Elektor's newsletter and get the chance to

WIN

a Raspberry Pi Pico W board



www.elektor.com/eda



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



Be one of the 10 fortunate winners!

On the 31st of July, we'll be announcing the winners. Stay tuned!

elektor
design > share > earn

eprasa.pl 5fecf02526