nie przeocz codziennych nowości na Elportal.pl

ELEKTRONIKA dla wszystkich

nr 5/2022 (316) • maj • www.elportal.pl

DIY PLUS
tylko dla prenumeratorów

Wzmacniacz mocy Ultra-LD 200 W RMS



PROJEKTY dla elektroników
- Wzmacniacz mocy Ultra-LD 200 W RMS, część 1
- 5-elementowa antena Yagi zapewniająca lepszy odbiór FM
- Czasomierz przemówień dla konkursów i debat
- Pięciozakresowy miernik panelowy LCD z funkcją wyświetlacza USB
- Frezarka CNC, część 5

DIY dla wszystkich
- Generator sygnałów i inwerter wykorzystujący timery NE555
- Symulator płomienia imitujący zwykłą świecę
- Dwukierunkowy interkom
- Automatyczna ładowarka do ogniw LiFePO4
- Bezprzewodowa proteza dłoni sterowana za pomocą EMG
- Inteligentna kamera do śledzenia podejrzanych działań
- Wprowadzenie do Raspberry Pi Pico poprzez projektowanie generatora szumu

TUTORIALE
- Szkoła Konstruktorów
- Zasilacze niskopoziomowe w systemach audio, część 2
- Przełączniki mocy MOSFET, część 2
- Elektrozawory nie tylko do nawadniania, część 1
- Inteligentny dom także dla Ciebie, czyli jest dobrze, ale nie beznadziejnie, część 7. Dylematy sprzętowe
- NanoVNA wykonaj precyzyjne pomiary
- Zasilanie do twojego projektu, część 2. Transformatory i prostowniki

16,90 zł (w tym 8% VAT)
ISSN 1425-1698 Indeks 33362X
9 771425 169221 05

Portale branżowe
AutomatykaB2B.pl
ElektronikaB2B.pl
Miejsca dla specjalistów

Drukarki 3D
filamenty, części zapasowe
sklep.avt.pl

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

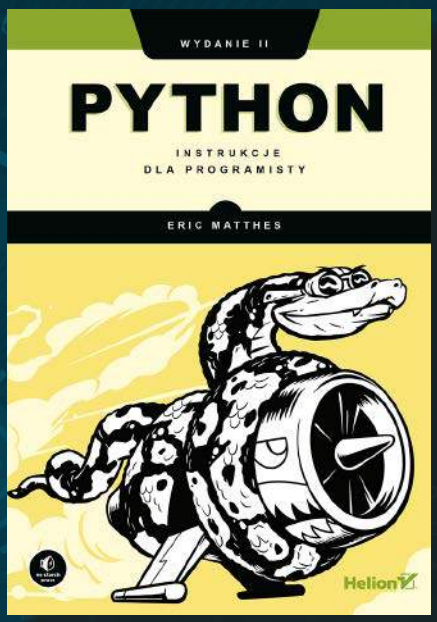
OLED
artronic
OPTOELEKTRONIKA
www.artronic.pl

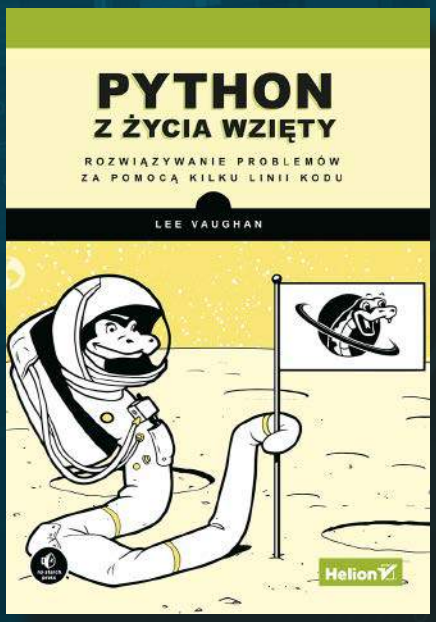
NOWOŚCI W ULUBIONYM KIOSKU

KSIĄŻKI Z RABATEM DO 30%

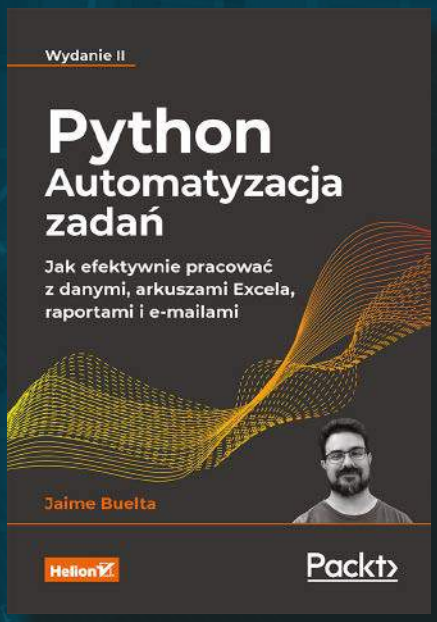












Zobacz pełną ofertę książek i zamów wygodnie na UlubionyKiosk.pl

eprasa.pl dba03aded3

Zaprenumeruj „Elektronikę dla Wszystkich”, a zawsze dostaniesz najnowszy numer wprost do Twojej skrzynki!



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 dba03aded3

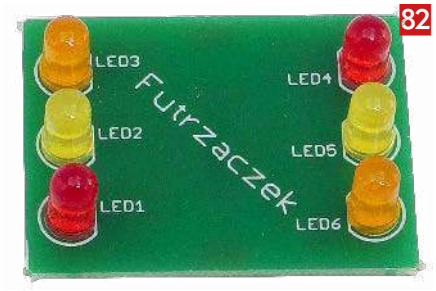
ELEKTRONIKA dla wszystkich

maj 2022 • 05 (316)









Projekty dla elektroników:

Wzmacniacz mocy Ultra-LD 200 W RMS, część 1 8
5-elementowa antena Yagi zapewniająca lepszy odbiór FM 16
Czasomierz przemówień dla konkursów i debat 22
Pięciozakresowy miernik panelowy LCD z funkcją wyświetlacza USB 34
Frezarka CNC, część 5 39

Tutoriale:

Szkoła Konstruktorów 42
Jak to działa 54
Zasilacze niskopoziomowe w systemach audio, część 2 57
Przełączniki mocy MOSFET, część 2 61
Elektrozawory nie tylko do nawadniania, część 1 66
Inteligentny dom także dla Ciebie, czyli jest dobrze,
ale nie beznadziejnie, część 7. Dylematy sprzętowe 68
NanoVNA wykonaj precyzyjne pomiary 70
Zasilanie do twojego projektu, część 2. Transformatory i prostowniki 72

DIY dla wszystkich:

Generator sygnałów i inwerter wykorzystujący timery NE555 79
Symulator płomienia imitujący zwykłą świecę 82
Dwukierunkowy interkom 84
Automatyczna ładowarka do ogniw LiFePO4 86
Bezprzewodowa proteza dłoni sterowana za pomocą EMG 89
Inteligentna kamera do śledzenia podejrzanych działań 91
Wprowadzenie do Raspberry Pi Pico
poprzez projektowanie generatora szumu 94
DIY PLUS 98

Rubryki stałe:

Prenumerata 3
Od wydawcy 5
Poczta 6

eprasa.pl dba03aded3

A za miesiąc w czerwcowym EdW



- **Theremin** – projekt miesiąca
  Instrument muzyczny, który fascynuje od 100 lat. Przepiękne melodie wyczarujesz dłońmi. Wzbudzisz podziw i zachwyt najbliższych.
- **Osobisty alarm w sejfie hotelowym**
  Wybierasz się w podróż? Obawiasz się, że ktoś może zaglądać do Twojego sejfu hotelowego? To urządzenie nie tylko udokumentuje próbę otwarcia sejfu pod Twoją nieobecność, ale także skutecznie odstraszy intruza.
- **Wzmacniacz 200 W**
  W drugiej części tego niezwykłego projektu poznasz wszystkie szczegóły dotyczące montażu wzmacniacza z ultra niskimi zniekształceniami.
- **Sterowanie urządzeniami domowymi mrugnięciem oka**
  i kilka innych zaskakujących projektów DIY
- **Plus 8 artykułów w stałych cyklach Tutoriali.**

W kioskach od 26 maja

Szok

Skala zmian w kwietniowym wydaniu EdW zaskoczyła Czytelników. Reakcje były różne. Najpierw na forach internetowych dominował szok – niedowierzanie i odrzucenie. Później, w listach od Czytelników, dostaliśmy silne wsparcie dla dokonywanych zmian. Krytyka i negacja są ciekawsze niż aprobata, więc powinienem się odnieść do stawianych nam zarzutów. Nie mam ochoty prostować wszystkich bzdur i nieprawd, typowych dla magla internetowego. Jak miałbym zareagować na zarzuty, że publikujemy skróty artykułów ogólnie dostępnych w Internecie, przykrywając miałkość merytoryczną blichtrem droższego, błyszczącego papieru. Musiałbym cierpliwie prostować: nie skróty tylko całe artykuły, nie ogólnie dostępne w Internecie, tylko licencyjne, a pozyskanie licencji nie było ani proste, ani bezkosztowe; a papieru po prostu nie zmieniliśmy.

Trudno tak polemizować. Jest jednak parę istotnych zarzutów, na które muszę zareagować.
Zarzut 1. *Mamy świetnych polskich autorów, po co nam zagraniczne artykuły?*

Odpowiem pytaniem – a wolimy oglądać Olimpiadę, czy Mistrzostwa Polski? Nie ma polskiej, narodowej elektroniki, jest tylko światowa. Polska to mniej więcej 0,5% świata. Taki jest udział naszego PKB. Udział intelektualny Polski jest nawet trochę niższy, na przykład na 1 000 patentów na świecie, tylko 3 są z Polski. Podobnie można oszacować udział polskich elektroników wśród laureatów przeróżnych, ogłaszanych na świecie konkursów na najlepsze projekty. Taki jest nasz realny potencjał. To dlaczego mielibyśmy ograniczać nasz świat do bańki obejmującej 0,5% rzeczywistego świata? Ja jestem ciekaw pozostałych 99,5%. A Wy nie jesteście ciekawi?

Ostatnio w EdW były zaledwie 2÷3 projekty na numer, a uważam, że powinno ich być kilkanaście. Ktoś napisał, że nie zależy mu na projektach, woli czytać tutoriale Piotra Góreckiego. Też zachwycam się tutorialami Pana Piotra – są świetne, ale nikt mnie nie przekona, że można nauczyć się elektroniki z samych podręczników. Gdy pół wieku temu, po bardzo solidnych studiach, zacząłem wykładać Półprzewodniki w Wojskowej Akademii Technicznej, byłem przekonany, że rozumiem to, o czym wykładam studentom. Dopiero gdy wziąłem do ręki lutownicę (konstruowałem aparaturę elektromedyczną) okazało się, jak cienkie są pokłady mojej wiedzy. Po roku z lutownicą nauczyłem się więcej niż przez 5 lat studiów. Już samo czytanie ze zrozumieniem dobrze napisanego artykułu projektowego jest bezcennym sprawdzianem i utrwalaczem wiedzy teoretycznej. Proszę się wczytać w projekty z Silicon Chip. Nawet tak kunsztowny projekt, jak opublikowany w tym numerze Wzmacniacz 200 W o fenomenalnie niskich zniekształceniach, jest opisany w najdrobniejszych szczegółach, zrozumiale nawet dla początkującego amatora elektroniki. To niesamowite. Ktoś napisał, po co w zaawansowanym projekcie podawać kod barwny oporników. Jasne, praktyk elektronik ma ten kod w głowie, ale Silicon Chip kieruje artykuły do szerokiego spektrum amatorów, od początkujących do bardzo zaawansowanych. Dlatego na przejrzystych rysunkach schematów są przeróżne opisy – charakterystycznych węzłów, spadków napięć, itp., a montaż każdego elementu jest opisany w najdrobniejszych szczegółach. Zaawansowany elektronik nie musi tego czytać, może rozkoszować się samą ideą układu. Dodam jeszcze, że **redakcja Silicon Chip niektóre projekty rozwija od kilkudziesięciu lat**. Tak jest na przykład ze Wzmacniaczem 200 W, którego czwartą historycznie wersję publikujemy w tym numerze. Stąd bierze się **jakość**, o której pisałem miesiąc temu.

Zarzut 2. *Dlaczego bierzemy artykuły z tak słabych, egzotycznych czasopism?*

Ten zarzut w istocie odnosił się do indyjskiego Electronics For You. Zachodzę w głowę, skąd u Polaków takie kolonialne stereotypy i uprzedzenia. Indie, przy wielu kontrastach, to mocarstwo atomowe i kosmiczne, którego potencjał i osiągnięcia ośrodków rozwojowych nauki i technologii są stawiane na drugim miejscu na świecie po USA.

A magazyn Electronics For You istnieje ponad 50 lat i jest powszechnie uznawany za najlepszy w branży elektronicznej w całej Azji Południowo-Wschodniej. Redakcja EFY prowadzi pod tą samą nazwą potężny portal internetowy. Proszę wprowadzić w Google frazę „Top 100 Electronics Blogs and Websites" i na pierwszym miejscu wyskoczy EFY. Zresztą na drugim miejscu jest też portal z Indii, a dopiero dalej idą amerykańskie.

EFY to poważne pismo branżowe, w którym zainteresowała nas tylko jedna kilkunastostronicowa rubryka DIY. Zainteresowała ze względu na rozwijany kierunek konstrukcji opartych na układach programowanych, prawie bez udziału lutownicy. Opisy tych projektów są całkowicie inne niż w Silicon Chip. W krótkich artykułach jest podana idea i linki do programów, szczegóły zostawione są do samodzielnego rozwinięcia przez Czytelnika.

Niektóre inne opinie i uwagi Czytelników można przeczytać w rubryce **Poczta**.

Na koniec przydałby się optymistyczny akcent. Otóż codzienny monitoring sprzedaży w empikach pokazuje, że kwietniowy numer EdW jest rozchwytywany. Pewnie zadziałała ciekawość, mam jednak nadzieję, że ta dobra passa utrzyma się. Magazyn EdW wydajemy na zasadach non profit, dlatego wzrost efektywności sprzedaży zainwestowaliśmy w EdW, zwiększając objętość do 100 stron, chyba największą w historii tego tytułu. Mamy dość miejsca, żeby pomieścić zarówno artykuły autorów zagranicznych, jak i krajowych, których bardzo zachęcamy do współpracy.

Wiesław Marciniak

eprasa.pl dba03aded3

Poczta

Tym razem rubrykę Poczta zdominowała korespondencja związana ze zmianami w EdW. Nie licząc burzliwych dyskusji w internecie, otrzymaliśmy mnóstwo listów z opiniami i uwagami. W sieci przeważały głosy krytyczne, natomiast w większości listów otrzymaliśmy silne wsparcie dla wprowadzanych zmian. Zasadnicze wątki podjęliśmy we wstępniaku. Tutaj ograniczamy się do podania wybranych fragmentów postów i listów, charakterystycznych dla przebiegu dyskusji, jaka się przetoczyła.
Otrzymaliśmy również sporo komentarzy do rozwiązania problemu podanego w kwietniowym wydaniu EdW przez Czytelnika.
Do tego tematu jeszcze wrócimy odrębnie.
Chcielibyśmy też oddzielnie omówić listy na temat Magnetometru, który wywołał wielkie zainteresowanie.

(...) Z rosnącym niepokojem przeglądam projekt, w który zmieniła się, wyjątkowa do tej pory, EdW. Rozumiem, że obecność Internetu wszystko zmieniła i że Internet stanowi morderczą konkurencję nie tylko dla czasopism, ale również np. dla nauczycieli akademickich i należy wciąż poszukiwać atrakcyjnych form przekazywania wiedzy, ale czy na pewno przedruki zagranicznych materiałów (zamiast przygotowywania własnych, dostosowanych do lokalnej specyfiki i wykorzystujących dostępne lokalnie „składniki") to taki doskonały pomysł na „dziesięciolecia"? (...)

(...) a gdyby ktoś zechciał wykonać projekt, wiązałoby się to z koniecznością zamówienia płytki w Australii, zamiast np. w sklepie AVT z dostawą na drugi dzień do paczkomatu (...)

Marcin Pacholczyk

Red. Płytki można wykonać w Polsce lub Chinach, szablony są za darmo. Płytki w sklepie AVT są dostępne tylko do tych projektów publikowanych w EdW lub EP, które są oferowane w postaci kitów.

Dzień dobry,

Z zaciekawieniem zanurzyłem się w kwietniowym numerze EdW. Zrobił on na mnie szczególne wrażenie i byłem ciekaw, jak te zmiany odebrali inni czytelnicy. Piszę, aby być głosem niejako równoważącym negatywne głosy, które widziałem na facebookowym profilu czasopisma.

Generalnie idea przedruków bardzo mi się podoba z wielu powodów. Jednym z nich jest na pewno możliwość znalezienia ciekawszych materiałów szerzej niż tylko na krajowym podwórku. Dobre wrażenie psują bardzo słabe tłumaczenia. Sam od siedmiu lat zawodowo zajmuję się tłumaczeniami specjalistycznymi z branży elektroniki, elektrotechniki oraz informatyki i czytając polski tekst oczami wyobraźni widziałem angielskie zdanie źródłowe – błędy popełniane typowe dla początkujących tłumaczy tekstów technicznych lub osób bez doświadczenia i wiedzy w zakresie techniki. Nie wiem, czy nie lepiej byłoby zostawić tekst angielski a jedynie sporządzić ogólny komentarz do artykułu przez doświadczoną osobę w języku polskim.

Pozostawienie „Szkoły Konstruktorów" i „Jak to działa?", według mnie, daje wystarczające pole do popisu osobom początkującym/młodym, którzy według wielu czytelników są głównymi odbiorcami tego pisma (z czym się osobiście nie zgadzam, bo młodych czytających EdW nie znam, „starszych" zaś co najmniej kilku).

Przedrukowywane tutoriale to też dobry pomysł. Nie należy topić całego numeru w prostych projektach klikających przekaźnikami.

Podsumowując – uważam, że to krok w dobrą stronę, wymagający jednak jeszcze nieco pracy.

Pozdrawiam

Mateusz Korczyński

Red. Pracujemy nad poprawą jakości tłumaczeń. Nie była to silna strona EdW 04.

Witam

Jestem stałym czytelnikiem „Elektroniki dla Wszystkich" od początku jej istnienia. Pamiętam takie tematy jak „Pipek Dręczyciel", czy cykl programowania procesora 8051 i asemblera. Pamiętam też pana Zbigniewa Raabe. Mam wszystkie numery od początku istnienia czasopisma. Mam prawie 50 lat i wiem, że najważniejsze są podstawy i zasady zrozumienia podstawowych pojęć. Jestem też elektronikiem z bogatym bagażem doświadczeń. Prowadzę dobrze prosperujący rodzinny serwis napraw Audio-Video. Mam też znajomych prowadzących serwisy napraw, którzy nie znają podstawowych pojęć o elementach w ich codziennej pracy. Na moje szczęście natrafiłem w roku '96 (?) na pierwszy numer „Elektroniki dla Wszystkich", to było to. I co się stało? Wczoraj kupiłem kolejny numer i zdziwienie. A gdzie artykuły teoretyczne, gdzie znane osoby. Wszystko nagle zniknęło. W poprzednim wstępniaku pan Piotr coś pisał o zmianach.

Mam nadzieję, że to wielki żart Prima Aprilis. (...)

Waldemar Dems

Do Profesora Wiesława Marciniaka, nowego Redaktora Naczelnego miesięcznika „Elektronika dla Wszystkich"

Szanowny Panie!

Chciałbym Panu pogratulować decyzji o tak szybkich i przełomowych zmianach w moim ulubionym EdW! Kiedy w poprzednim numerze przeczytałem, że Pan Piotr Górecki przestaje pełnić funkcję Redaktora Naczelnego, obawiałem się, iż przez kolejne miesiące i lata będę obserwował stopniowe obniżanie się poziomu i jakości tego pisma; choć po cichu miałem nadzieję, że może ktoś inny będzie próbował utrzymać wysoki poziom. Jednak dzięki Panu zaoszczędzone zostało mi oglądanie agonii tego miesięcznika! Pierwszy numer z Panem Profesorem jako Redaktorem Naczelnym wyraźnie pokazuje, co rozumie Pan pod pojęciem słowa „jakość". Na starcie poziom pisma obniżył Pan do takiego poziomu, że chyba nie sposób już bardziej zniżyć lotów. Dziękuję Panu za to, gdyż nie będę musiał obserwować powolnego i smutnego staczania się pisma na dno. Gorzej już chyba nie będzie; a może jedynie Pana nie doceniam?

Marian Gabrowski

Chyba jednak Pan mnie przecenia, bo nieudolnie potaczając pismo na dno osiągnąłem efekt odwrotny – mocny wzrost sprzedaży EdW.
Wiesław Marciniak

(...) Może warto dać nowej redakcji trochę czasu i poczekać z krytyką na kolejne numery? Moim zdaniem zmiany były konieczne, poprzednia wersja została w latach 90. ubiegłego wieku i była właściwie żywym muzeum.

Zmiany bywają bolesne, ale i potrzebne. (...)

forum

(...) co do EdW to nastąpiła prawdziwa rewolucja i teraz jedno pismo jest podzielone na 3 części – wszystko jest opisane we wstępie. Krytykowane artykuły pochodzą z części „DIY dla wszystkich", ale ta część ma zawierać projekty robione przez amatorów, dlatego jest Arduino i rozwiązania dalekie od produkcyjnych.

forum

Kupiłem wczoraj w empiku EdW 04 – przypadkowo.

Byłem czytelnikiem EdW od lat dziewięćdziesiątych, ale „wykruszyłem się" kilka lat temu. Nie potrzebuję uczyć się ciągle podstaw elektroniki, a coraz mniej znajdowałem inspiracji projektowych.

Zwróciła moją uwagę okładka proukraińska, a po przeczytaniu na stojąco wstępniaka kupiłem egzemplarz. Lektura EdW naprowadziła mnie na Elportal, którego wcześniej nie znałem. Stąd trafiłem na to Forum. Nie udzielam się na forach internetowych, ale czytając posty o odnowionym EdW nie wytrzymałem. To przecież ewidentny hejt. Nie interesują mnie sprawy redakcyjne. Jest mi obojętne, czy przedruki są droższe od artykułów krajowych, itp.

eprasa.pl dba03aded3

Ja przez kilka godzin wertowałem wspaniałą gazetę, w której co najmniej połowa projektów zapiera mi dech w piersi. Zgoda, można się skupić na poszukiwaniu błędów, czy mankamentów i jakieś zawsze się znajdzie. Ale nie takie jak na przykład nieoptymalne zasilanie w projekcie DIY.

Jak już ktoś napisał na tym Forum, projekt DIY to zabawa/ćwiczenie, a nie prototyp fabryczny. Przecież to oczywiste. Jestem zachwycony tematyką tych projektów. Nie zdawałem sobie na przykład sprawy, że w warunkach domowych można zbudować układ sterowany myślą. Tematy fascynujące. Jak tak pójdzie dalej, to wracam do EdW. Rozczarowała mnie tylko jedna rzecz. Dlaczego projekty w DIY plus są otwarte tylko dla prenumeratorów. Cena gazety nie jest mała i za tę cenę powinienem dostać wszystkie projekty w całości, a nie tylko skróty.

forum

(...) co do zmian w EdW, to ja od razu powiem, że moim zdaniem były niezbędne, a to że nie są idealne... miejmy nadzieję, że niedoskonałości zostaną poprawione i EdW w nowej formie będzie lepsze niż dawniej.

Z mojej strony usterki warte poprawienia to:

1. Jakość tłumaczenia – w dyskusji pojawiała się pod bardzo nieprzyjemnym określeniem „google translator". Wydaje mi się, że to bardzo krzywdzące stwierdzenie, ale na pewno warto poświęcić więcej uwagi jakości tekstu. Niektóre artykuły czyta się po prostu ciężko.

2. Jakość składu i forma graficzna – EdW od dawna bardzo odbiegał od jakości składu, którego można byłoby oczekiwać w XXI wieku. Nawet logo przypomina czasy wczesnych wersji programu Corel Draw. Przy okazji zmian pojawiła się również niespójność, artykuły różnią się wyglądem, sprawia to wrażenie zwykłego bałaganu. Również wstęp „Od wydawcy" został bardzo dziwnie sformatowany, używanie czcionek o różnej wielkości co wygląda niezbyt dobrze. Może to wada wersji .pdf, jeśli w papierowej wersji takie usterki nie występują to z góry przepraszam.

Wiem, że moja opinia będzie odbiegała od typowej na tym forum, ale ja uważam, że rezygnacja z dotychczas publikowanych projektów to dobry pomysł. (...)

(...) Artykuły z prasy zagranicznej moim zdaniem są o wiele bardziej interesujące. Można się z nich czegoś nauczyć. Trzymam więc kciuki za zmiany i poprawki mankamentów, które się pojawiły. (...)

forum

Ale się uśmiałem. Cały numer z serii – dlaczego TO nie działa lub lepiej, kupuj EDW bo w Internecie takie głupoty wypisują. Brakowało do szczęścia tylko generatora Kapanadze. Leżałem i się chichrałem jak norka czytając to:

– str. 9: inwerter heksagonalny – nawet Monty Python tego nie wymyślił,

– str. 10–11: jak to ma działać to nie wiem. Wzmacniacze na bramkach linearyzowanych o niewiadomym wzmocnieniu, 1N4148 ładujące kondensatory 1000 uF, dioda LED zasilana przez rezystor 10 k i diodę Zenera 8,2 V i to o mocy 1 W! Wiszące w powietrzu wejścia wzmacniacza LM380 bez sprzężenia zwrotnego i bez polaryzacji,

– str. 16: śruby na minimum 50 A,

– str. 19: wejścia wiszące bez polaryzacji i co ciekawe nie dający się ściszyć do zera układ przez kondensator z dołu potencjometru,

– str. 23: sterowanie zasilaczem prądowym przez PWM – przecież ten zasilacz będzie się starał podać prąd przy wyłączeniu obciążenia. Do tego LED mocy NIE BŁYSKAJĄ! Po wyłączeniu takiej diody nawet widać jak luminofor powoli gaśnie,

– str. 32: frezarka sterowana przez bluetooth z telefonu!

– str. 41: kto by się tam przejmował takimi szczegółami jak ładowanie się kondensatorów po podłączeniu ich do napięcia co wywołuje impuls prądu. Na str. 40 rezystory są.

– str. 50: Zasilacz liniowy i impulsowy mają przy tej samej wielkości znacznie inne parametry.

– str. 53: tranzystory MOS mają RÓŻNE napięcie progowe a więc przy takim sterowaniu nie wiemy jaki naprawdę płynie prąd obciążenia.

– str. 71: Arduino tam gdzie sterczy ATtiny13 – no jeszcze można. Ale sterowanie PWM kondensatora 1000 uF tranzystorem IRF540 sterowanym w bramce napięciem logicznym tego już za wiele,

– str. 85: zasilacz 2 A do wysterowania malutkich przekaźników, do tego Arduino328 do wysterowania 6 przekaźników w zadanej sekwencji to przesada,

– str. 90: przedpotopowy tester polaryzacji tranzystorów byłby fajny w 1985 roku.

Wiem, że błędów jest więcej, ale naprawdę nie chce mi się już komentować.

Grzegorz Świnder

Red. Dziękujemy za te uwagi. Z inwertera sześciokrotnego, który stał się heksagonalnym też się uśmieliśmy (przez łzy) i wyciągamy poważny wniosek, że trzeba bardziej uważać na miny podkładane przez chochlika (tłumacza). Inne uwagi są albo niesłuszne, albo dyskusyjne, dotyczą spraw ważnych lub drugorzędnych, np. uwaga do wzmacniacza LM380 byłaby o znaczeniu fundamentalnym dla działania układu, ale nie jest słuszna. LM380 ma wewnętrznie ustalone wzmocnienie 50 (34 dB) a jego napięcie wyjściowe automatycznie ustawia się na poziomie połowy napięcia zasilania i wejście nie wymaga zewnętrznej polaryzacji. Inne sprawy mogą mieć prozaiczne wytłumaczenie, np. dlaczego dioda Zenera o mocy 1 W? Może taką akurat autor miał w szufladzie. To tylko konstrukcja hobbystyczna, a nie prototyp produkcyjny. Jest to konstrukcja bardzo brawurowa pod względem kolosalnego wzmocnienia, ale to urządzenie na pewno działa.

Szanowny Panie Profesorze,

jestem inżynierem elektrykiem, pasjonatem elektroniki, pracuję w branży samochodowej. EdW i EP czytam od dawna, a od kilku lat prenumeruję oba czasopisma. Po otwarciu nowego numeru EdW i przejrzeniu pierwszych kilku kartek doznałem wielkiej radości z powodu zamieszczonych „Projektów dla elektroników". Lubię analizować rozwiązania układowe na tranzystorach, w.o. i serii HC. Nie wykonuję bezpośrednio takich projektów, ale wykorzystuję ciekawe rozwiązania, w swoich, realizowanych „z potrzeby chwili". Przeglądałem dalej: „Tutoriale", „DIY dla wszystkich". Z takim czasopismem, to można się rozwijać! Co nie oznacza, że poprzedni format był zły, po prostu czasy się zmieniły. Mam też wielkie uznanie dla Pana Piotra Góreckiego i innych autorów poprzednich artykułów.

Nie wiem czy opinia kogoś, kto chwali wszystko jest pomocna, ale ten numer EdW to dla mnie REWELACJA.

Teraz będę smakował po kolei artykuły, wgłębiając się w szczegóły. Chociaż mam mało wolnego czasu, ze względu na różne obowiązki, planuję wykonać urządzenie sterowane za pomocą myśli, ponieważ „dobrze się czuję" w Pythonie i Raspberry Pi.

Z wyrazami szacunku

Ryszard

(...) EdW miało unikalną formę, ponieważ było to czasopismo współtworzone przez czytelników. Każdy, kto miał coś ciekawego do zaprezentowania miał szansę na publikację w EdW.

Wydawnictwo zrobiło ostry skręt i zaczęli publikować przedruki z zagranicy. Taka formuła mogła się sprawdzić w czasach transformacji ustrojowej, kiedy zapóźnienie technologiczne było wśród polskich hobbystów, amatorów i nie tylko, dość duże, jako konsekwencja panowania komunizmu.

Obecnie polscy konstruktorzy amatorzy i nie tylko, niczym nie ustępują reszcie świata, co można zaobserwować w wielu miejscach (projekty, konkursy, Internet, itd.). Może ktoś nadal odczuwa kompleksy, mimo że PRL dawno minął?

forum

eprasa.pl dba03aded3



Szablony do produkcji PCB i gotowe płytki PCB dostępne są na stronie: https://www.siliconchip.com.au/Issue/2015/August/Ultra-LD+Mk.4+200W+RMS+Power+Amplifier%2C+Pt.1

Wzmacniacz mocy
Ultra-LD 200 W RMS, część 1

Jest to nasz najnowszy i najbardziej wydajny moduł wzmacniacza. W porównaniu z wersją Mk.3 udało się nie tylko zmniejszyć zniekształcenia, ale także jest on teraz mniejszy i ma więcej funkcji.

Jest to ulepszona wersja modułu wzmacniacza opublikowanego wcześniej pod oznaczeniem Mk.3. Obecną wersję oznaczamy jako Mk.4. W porównaniu z wersją Mk.3 udało się nie tylko zmniejszyć zniekształcenia, ale także sam moduł jest teraz mniejszy i ma więcej funkcji – wskaźniki LED dla linii zasilających i przepalonych bezpieczników, eliminację offsetu napięcia wyjściowego, diody upustowe (flyback diode) w stopniu wyjściowym oraz wskaźnik przesterowania. W części pierwszej artykułu opisujemy szczegółowo jak ten układ działa.

Ten poprawiony moduł wzmacniacza charakteryzuje się niższymi zniekształceniami niż wersja Mk.3. Jest też nieco mniejszy i wykorzystuje nowocześniejsze podzespoły, które są łatwiej dostępne. Nie bez powodu nazwaliśmy tę serię wzmacniaczy „Ultra-LD”. Już wersja Mk.3 charakteryzowała się wyjątkowo niskim poziomem zniekształceń, wynoszącym znacznie poniżej 0,001% w zakresie kilku kiloherców i zaledwie 0,002% przy 10 kHz. Bardzo niewiele komercyjnych wzmacniaczy mogłoby to przebić. Musieliśmy naprawdę ciężko pracować, aby osiągnąć lepsze wyniki, ale udało nam się – warto sprawdzić wykresy na przedstawionych dalej rysunkach, aby się o tym przekonać. W rzeczywistości zniekształcenia tego modułu wzmacniacza są tak niskie, że musieliśmy opracować nowe techniki testowania, aby je zmierzyć. Stwierdziliśmy, że obciążenie rezystancyjne, którego używaliśmy do testowania wzmacniaczy przez wiele lat, nie jest wystarczająco liniowe. Nawet przy pracy modułu z mocą bliską maksymalnej, poziom zniekształceń w niemal całym

eprasa.pl dba03aded3

Specyfikacje

Moc wyjściowa (sieć 230 VAC): 200 W RMS na 4 Ω; 135 W RMS przy 8 Ω
Pasmo przenoszenia (10 Hz - 20 kHz): +0,–0,05 dB (8 Ω); +0,–0,12 dB (4 Ω); patrz rysunek 5
Czułość wejściowa: 1,26 V RMS dla 135 W przy 8 Ω; 1,08 V RMS dla 200 W przy 4 Ω
Impedancja wejściowa: 11,85 kΩ bocznikowany przez 1 nF
Znamionowe zniekształcenia harmoniczne (4 Ω, 8 Ω): <0,001 %, pasmo przenoszenia 20 Hz...20 kHz, 20 Hz...30 kHz; patrz rysunki 3 i 4
Stosunek sygnał/szum: –124 dB nieważone w odniesieniu do 135 W przy 8 Ω (20 Hz...20 kHz)
Współczynnik tłumienia: ~250
Stabilność: bezwarunkowo stabilny przy dowolnym nominalnym obciążeniu głośnikiem ≥4 Ω
Moc muzyczna: 170 W (8 Ω), 270 W (4 Ω)
Dynamiczna rezerwa: 1 dB (8 Ω), 1,3 dB (4 Ω)
Zasilanie: ±57 V prądu stałego z transformatora 45–0–45
Prąd spoczynkowy: nominalnie 140 mA
Moc w stanie spoczynku: nominalnie 16 W
Offset wyjścia: zwykle <10 mV bez dostrajania; <1 mV z dostrajaniem

Główne cechy

- Niski poziom zniekształceń i szumów
- Zdolność do ciągłego wytwarzania określonej mocy wyjściowej przy pasywnym chłodzeniu
- Kompaktowa płytka drukowana
- Wbudowane bezpieczniki prądu stałego
- Regulacja napięcia offsetu wyjścia
- Diody zabezpieczające wyjścia (do zasilania transformatorów liniowych 100 V i głośników elektrostatycznych)
- LEDy wskaźnika zasilania
- LEDy sygnalizujące stan bezpiecznika i zasilania
- LED wskaźnika przesterowania
- Czyste usuwanie przeciążeń z niskim poziomem dzwonienia
- Czysta odpowiedź fali kwadratowej z niskim poziomem dzwonienia
- Tolerancja na zakłócenia i pola EMI
- Wytrzymuje krótkotrwałe zwarcia i przeciążenia bez przepalania bezpieczników
- Regulacja prądu spoczynkowego z kompensacją temperatury

słyszalnym zakresie częstotliwości jest mniejszy niż 0,001%. To mniej niż 10 części na milion! Ponadto dodaliśmy kilka funkcji. Obejmują one wbudowane LEDy, które informują o obecności szyn zasilających i zmieniają kolor w przypadku przepalenia bezpieczników prądu stałego. Dodaliśmy również układ sygnalizacji przesterowania, który steruje LEDem sygnalizującym, kiedy wzmacniacz jest przesterowany. LED ten może być zamontowany na płycie czołowej wzmacniacza i może być podłączony do wielu modułów, aby wskazywać, kiedy któryś z kanałów jest przesterowany. Moc wyjściowa jest taka sama jak poprzednio: 135 W RMS w trybie ciągłym przy 8 Ω i 200 W przy 4 Ω z wyższą mocą muzyczną (krótkotrwałą) wynoszącą 170 W dla 8 Ω i 270 W dla 4 Ω. Są one mierzone zgodnie ze standardem IHF, w którym 20-milisekundowe impulsy o dużej mocy są przeplatane 480-milisekundowymi impulsami o mocy –20 dB (tzn. dwa impulsy na sekundę). Odpowiada to dynamicznemu zapasowi mocy 1 dB dla obciążeń 8 Ω i 1,3 dB dla obciążeń 4 Ω.

Opis układu

Przyjrzyjmy się teraz działaniu układu modułu wzmacniacza Ultra-LD Mk.4; zmiany omówimy później. Schemat jest pokazany na rysunku 1. Rezystor 1 MΩ ustala polaryzację wejścia sygnałowego RCA CON1 napięciem 0 V. Masa sygnałowa (tj. ekran gniazda RCA) jest połączona z masą zasilania za pomocą rezystora 10 Ω, co poprawia separację sygnału stereo, gdy moduły mają wspólne zasilanie; zapobiega to powstawaniu pętli uziemienia, gdy masy są połączone bezpośrednio na module zasilającym i na źródle sygnału. Sygnał przechodzi przez filtr dolnoprzepustowy RC tłumiący Rf (100 Ω/1 nF plus koralik ferrytowy) do bazy tranzystora PNP Q1a przez niespolaryzowany kondensator elektrolityczny 47 µF, blokujący prąd stały; rezystor 12 kΩ zapewnia drogę dla prądu bazy Q1a. Niskoszumowe tranzystory wejściowe PNP Q1a i Q1b są umieszczone w tej samej obudowie SMD. Sygnał wejściowy trafia do bazy Q1a, a sprzężenie zwrotne z wyjścia do bazy Q1b. Oba tranzystory mają rezystory emiterowe 47 Ω dla poprawy liniowości i są zasilane wspólnym prądem 2 mA przez trymer VR2, diodę LED1 i rezystor obniżający napięcie 12 kΩ. VR2 umożliwia lekkie przesunięcie podziału prądu między dwoma tranzystorami w celu wyeliminowania niedopasowania napięcia baza-emiter i tym samym praktycznie wyeliminowania offsetu wyjściowego, aby uniknąć nadmiernego prądu

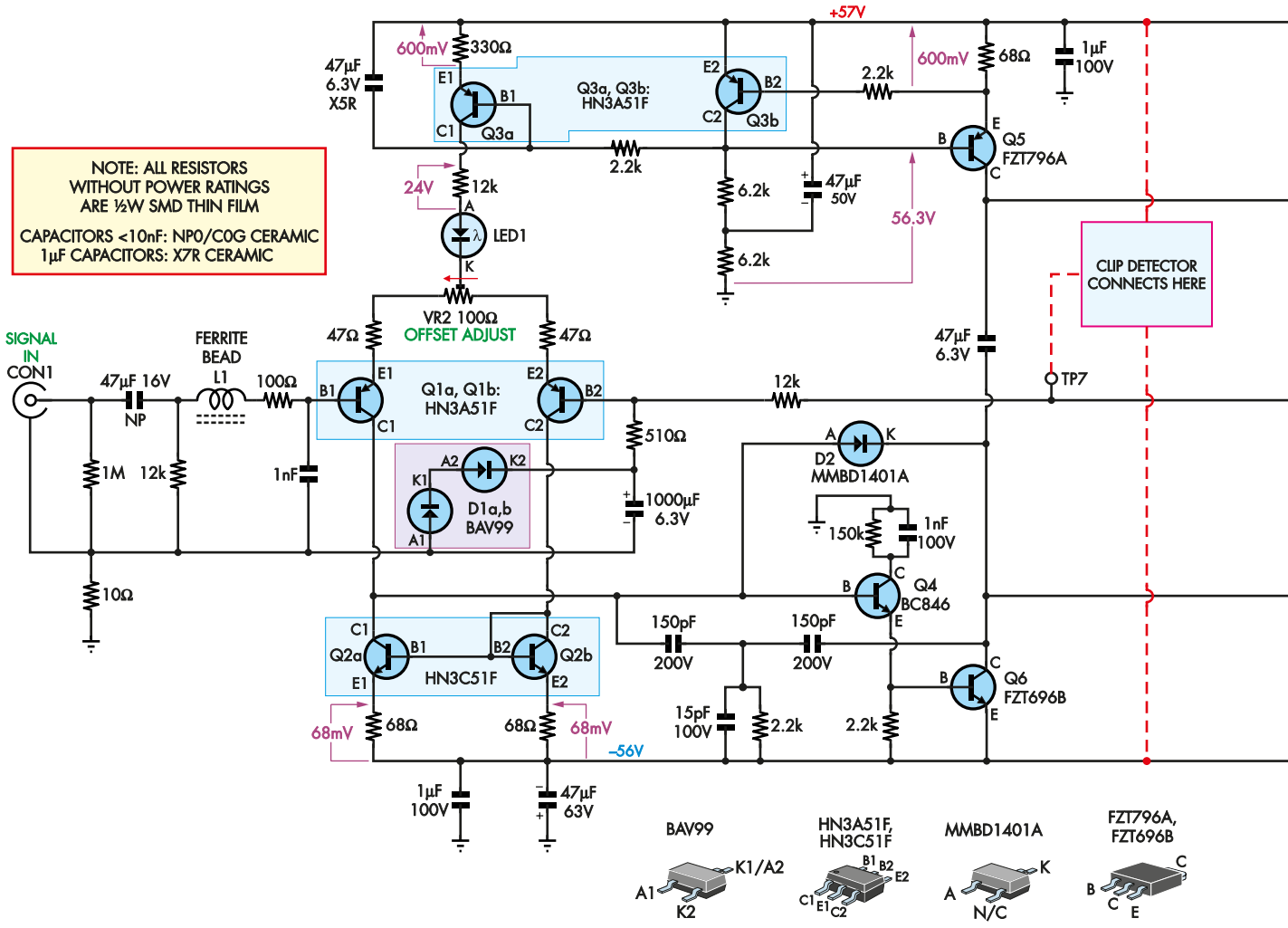
OSTRZEŻENIE!
Po włączeniu zasilania, w module wzmacniacza występują wysokie napięcia prądu stałego (np. ±57 V). W szczególności należy zwrócić uwagę, że pomiędzy dwoma szynami zasilającymi istnieje napięcie 114 V prądu stałego. Podczas pracy wzmacniacza nie należy dotykać przewodów zasilających (w tym bezpieczników), gdyż grozi to śmiertelnym porażeniem prądem.

stałego przy sterowaniu transformatora liniowego lub głośnika elektrostatycznego. Rezystor 12 kΩ zmniejsza rozpraszanie mocy w Q1a/Q1b i działa jako zabezpieczenie przed uszkodzeniem, umożliwiając mniej więcej normalną pracę wzmacniacza, nawet jeśli Q3a lub inny element ulegnie uszkodzeniu. Dioda LED1 nie ma żadnego wpływu na działanie układu, poza sygnalizowaniem, że jest on zasilany. Prądy z Q1a i Q1b trafiają do lustra prądowego składającego się z tranzystorów NPN Q2a i Q2b, również umieszczonych we wspólnej obudowie SMD. Rezystory emiterowe 68 Ω pomagają zapewnić równy przepływ prądu przez każdy tranzystor, ponieważ napięcie na tych rezystorach jest znacznie większe niż różnica napięć baza-emiter między nimi. Ponieważ prąd płynący przez Q2a i Q2b jest równy, różnica między prądami z Q1a i Q1b musi płynąć do bazy tranzystora NPN Q4. Dlatego prąd bazy Q4 jest proporcjonalny do różnicy napięć wejściowego i sprzężenia zwrotnego. Tworzy on pierwszą połowę pary Darlingtona wraz z Q6, tranzystorem o wysokim wzmocnieniu i napięciem maksymalnym 250 V. Rezystor 2,2 kΩ między bazą a emiterem przyspiesza wyłączanie. Q4 i Q6 tworzą razem stopień wzmocnienia napięciowego (VAS). Q6 ma stały prąd kolektora, w związku z czym prąd płynący do jego bazy przekłada się liniowo na napięcie na kolektorze, które steruje stopniem wyjściowym.

Stopień wyjściowy

Stopień wyjściowy składa się z dwóch par tranzystorów mocy w konfiguracji komplementarnych wtórników emiterowych. Tranzystory NPN Q10 i Q11 są połączone równolegle i są źródłem prądu dla obciążenia, natomiast Q12 i Q13 są typu PNP i odbierają prąd od obciążenia. Rezystory emiterowe 0,1 Ω zapewniają równy podział prądu, linearyzują stopień wyjściowy i zmniejszają lokalne sprzężenie zwrotne. Służą one również jako poręczne boczniki do pomiaru prądu spoczynkowego. Duże tranzystory mocy wymagają znacznego prądu bazy ze względu na ograniczone wzmocnienie, który jest dostarczany przez tranzystory sterujące Q7 i Q8. W efekcie stopień wyjściowy staje się komplementarnym

eprasa.pl dba03aded3



ULTRA-LD MK.4 200W AMPLIFIER MODULE

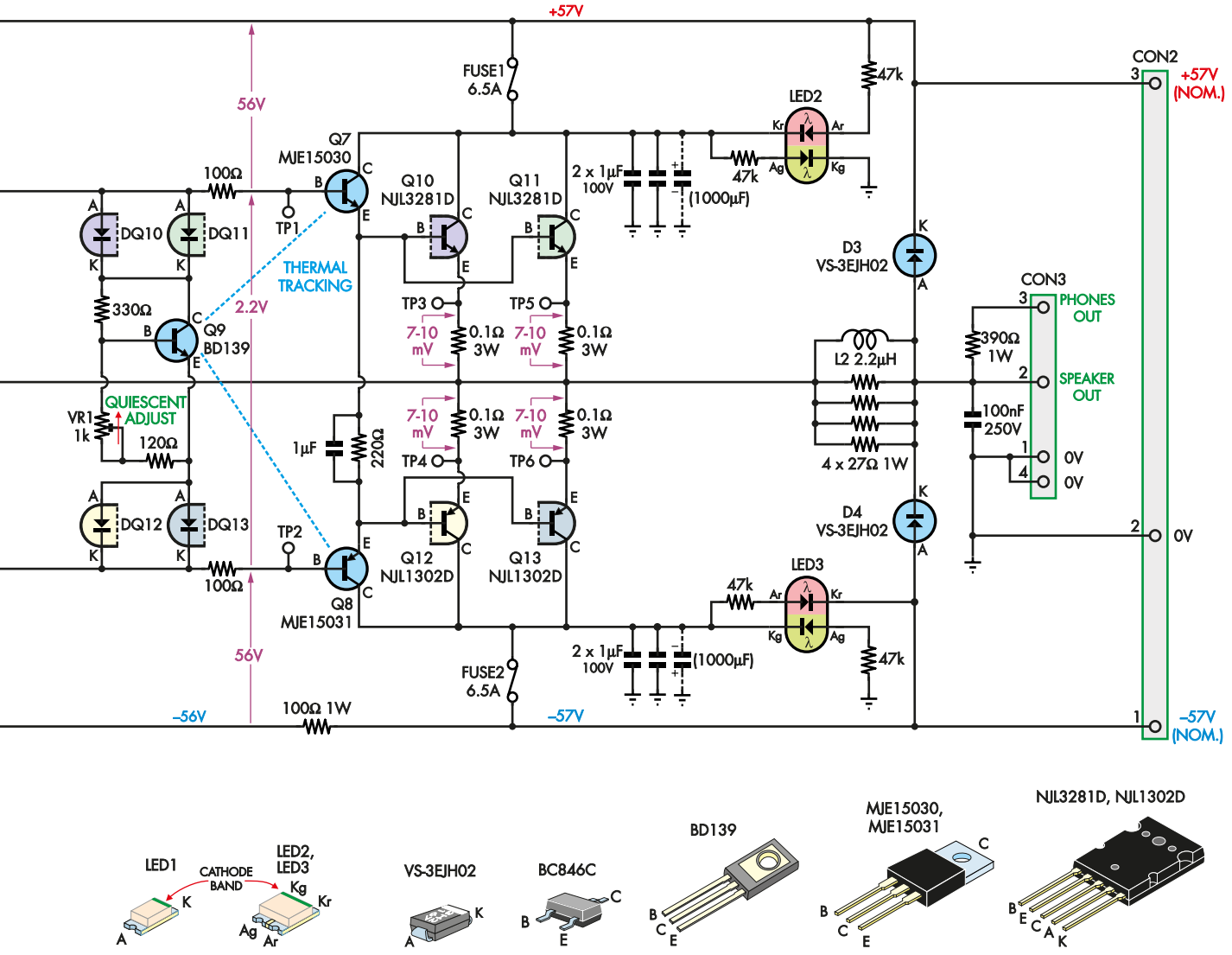
Rysunek 1. Kompletny układ modułu wzmacniacza Ultra-LD Mk.4, bez układu wykrywania przesterowań, który jest pokazany oddzielnie na rysunku 2. Q1a i Q1b to tranzystory wejściowe (umieszczone w jednej obudowie), podczas gdy Q2a/Q2b tworzą lustro prądowe, a Q3a jest źródłem prądowym. Prąd płynie następnie do układu VAS Darlingtona składającego się z Q4 i Q6, przy czym obciążenie stałoprądowe jest dostarczane przez Q5.Polaryzacja stopnia wyjściowego jest realizowana przez diody DQ10-DQ13, które są integralnie związane z tranzystorami wyjściowymi, oraz przez mnożnik VBE Q9, który jest regulowany za pomocą trymera VR1. Tranzystory sterujące Q7 i Q8 dostarczają następnie prąd bazowy do tranzystorów wyjściowych Q10-Q13, które są podłączone do obciążenia głośnika przez obwód 0,1 Ω oraz filtr RLC składający się z cewki indukcyjnej L1 z rdzeniem powietrznym, czterech równoległych rezystorów 27 Ω i kondensatora 100 nF

tranzystorem Darlingtona. Obwód równoległy rezystora 220 Ω i kondensatora 1 µF między emiterami wysterowania przyspiesza wyłączanie, gdy napęd jest przekazywany z jednego do drugiego. Cztery złącza baza-emiter w stopniu wyjściowym, plus napięcie na rezystorach emiterowych, dają razem około 2,2 V, a zatem podobne napięcie stałe musi być utrzymywane między bazami Q7 i Q8, aby tranzystory wyjściowe pozostawały w częściowym przewodzeniu przez większość czasu. W przeciwnym razie za każdym razem, gdy sygnał przechodzi przez 0 V, pojawiają się znaczne zniekształcenia zwrotnicy. Jednak napięcia baza-emiter tych sześciu tranzystorów zmieniają się w zależności od temperatury, więc stała wartość napięcia polaryzacji nie jest odpowiednia. Ponieważ napięcia baza-emiter maleją wraz ze wzrostem temperatury, stałe napięcie polaryzacji prowadziłoby do wzrostu prądu w miarę nagrzewania się tranzystorów, a ostatecznie do ich egzotermicznej reakcji łańcuchowej i zniszczenia. Zatem prąd polaryzacji jest generowany przez diody DQ10–DQ13 i tranzystor Q9. Diody DQ10–DQ13 są wewnętrznie połączone z tranzystorami wyjściowymi Q10–Q13, więc ich temperatury dobrze się pokrywają i w rezultacie ich napięcie zasilające spada wraz z nagrzewaniem się tranzystorów wyjściowych. Są one połączone w dwie równoległe pary – podobnie jak tranzystory wyjściowe – w celu zapewnienia dokładnej kompensacji zmian pod wpływem temperatury.

Mnożnik VBE

Podobnie tranzystor NPN Q9 jest zamontowany na radiatorze bezpośrednio między Q7 i Q8, więc również dość dobrze śledzi ich temperatury. Tworzy on regulowany mnożnik VBE o napięciu kolektor-emiter równym napięciu baza-emiter zależnym od temperatury, pomnożonym przez współczynnik dzielnika rezystancyjnego. W ten sposób VR1 kontroluje prąd spoczynkowy. Dolny węzeł obwodu polaryzacji jest wysterowywany bezpośrednio przez tranzystor Q6, a skok napięcia na całym obwodzie polaryzacji jest sprzężony z górnym węzłem przez kondensator 47 µF. Prąd roboczy tego obwodu jest ustalony na poziomie 10 mA przez tranzystor PNP Q5. Rezystory 100 Ω między węzłami końcowymi obwodu polaryzacji a bazami Q7/Q8 działają jak ograniczniki RF, a także ograniczają przepływ prądu w warunkach awarii (np. zwarcia). Q5 jest w stanie utrzymać stały prąd polaryzacji na poziomie około 10 mA, ponieważ jego baza jest

eprasa.pl dba03aded3

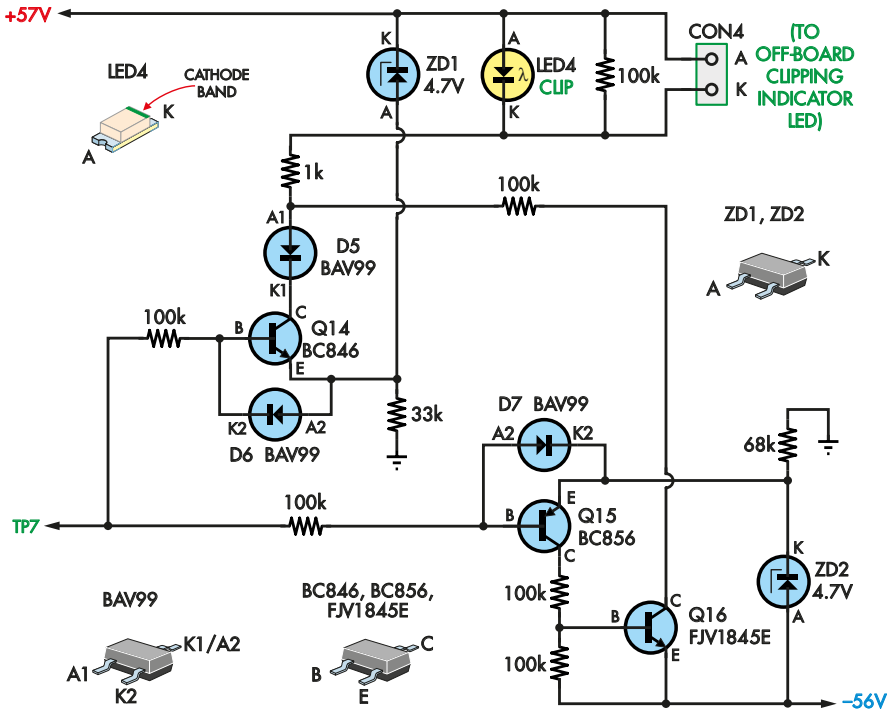


wysterowywana przez Q3b, aby utrzymać napięcie około 0,6 V na rezystorze emiterowym 68 Ω. Jeśli to napięcie wzrośnie, Q3b włączy się mocniej, zwiększając prąd przez dwa rezystory 6,2 kΩ i zmniejszając prąd z bazy Q5, co spowoduje zmniejszenie prądu emitera. Podobnie, jeśli napięcie na rezystorze 68 Ω spada, Q3b pozwala Q5 włączyć się mocniej, aby to skompensować. Kondensator 47 µF na styku rezystorów 6,2 kΩ praktycznie eliminuje zmiany prądu przez nie płynącego w zależności od napięcia zasilania, stabilizując prąd Q5. Napięcie bazy Q5 jest również doprowadzane do Q3a przez filtr dolnoprzepustowy RC (2,2 kΩ/47 µF), co w połączeniu z rezystorem emiterowym 330 Ω ustawia prąd z Q3a do pary stopnia wejściowego na 2 mA.

Feedback i kompensacja

Sprzężenie zwrotne biegnie od złącza wyjściowych rezystorów emiterowych do bazy Q1b przez dzielnik rezystancyjny 12 kΩ/510 Ω, ustawiając wzmocnienie dla pętli zamkniętej na 24,5× (28 dB). Dolny węzeł obwodu sprzężenia zwrotnego jest połączony z masą przez kondensator elektrolityczny o pojemności 1000 µF. Ma to pomijalny wpływ na odpowiedź w zakresie niskich częstotliwości, ale ustawia wzmocnienie prądu stałego na jedność, tak że offset sygnału wejściowego nie jest powiększany na wyjściu przez współczynnik wzmocnienia wynoszący 24,5. Obwód kompensacyjny jest podłączony między kolektorem Q6 a bazą Q4, czyli jest to kondensator Millera dla układu VAS Darlingtona. Węzeł połączenia dwóch szeregowych kondensatorów 150 pF łączy się z ujemną szyną poprzez obwód równoległy składający się z rezystora 2,2 kΩ i kondensatora 15 pF. Jest to forma kompensacji dwubiegunowej, która pozwala uniknąć niestabilności w pętli otwartej aż do wyższych częstotliwości, dzięki czemu uzyskuje się lepszą charakterystykę zniekształceń. Dodaliśmy kondensator 15 pF, ponieważ poprawia on ogólną stabilność, zapewniając niewielką charakterystykę kompensacyjną „trzeciego bieguna”. Kondensator 1 nF na kolektorze Q4 również poprawia stabilność, z powodów wyjaśnionych poniżej. Rezystor 150 kΩ ogranicza prąd płynący przez Q6 w warunkach awarii. Jeśli zaciski wyjściowe wzmacniacza zostaną zwarte, będzie on próbował podciągnąć wyjście w górę lub w dół tak mocno, jak to tylko możliwe, w zależności od polaryzacji napięcia offsetu. Jeśli próbuje go podciągnąć w górę, prąd wyjściowy jest z natury ograniczony przez źródło prądowe ~10 mA, które zasila Q7 z Q5. Jeśli jednak będzie próbował ściągnąć napięcie w dół, to przez Q6 może przepłynąć znacznie większy prąd. Rezystor 150 kΩ ogranicza prąd bazy Q6 do około 150 µA, a więc prąd kolektora Q6 nie będzie większy niż 100 mA. To prawdopodobnie wystarczy do przepalenia rezystora bazowego Q8 o wartości 100 Ω, ale to może być jedyna szkoda spowodowana dłuższym zwarciem; bardzo krótkie zwarcia nie powinny spowodować trwałych uszkodzeń. Jednak rezystor ten spowoduje spadek napięcia na kolektorze Q4, ponieważ będzie on musiał dostarczyć więcej prądu, a efekt Early'ego oznacza, że jego wzmocnienie w takiej sytuacji

eprasa.pl dba03aded3



SC ©2015 **DETEKTOR PRZESTEROWAŃ DO MODUŁU WZMACNIACZA ULTRA-LD Mk4**

Rysunek 2. detektor przesterowań monitoruje przebieg w punkcie sprzężenia zwrotnego TP7 względem szyn zasilania i pobiera prąd ~1 mA przez diodę LED4, gdy napięcie wyjściowe zbliża się do około 4 V od którejkolwiek z szyn, sygnalizując początek przesterowania. Tranzystor NPN Q14 wykrywa odchylenia dodatnie, natomiast tranzystor PNP Q15 wykrywa, kiedy wyjście zbliża się do szyny ujemnej i poziom na jego wyjściu jest przesuwany przez tranzystor NPN Q16, aby zapalić ten sam LED

spadnie. Może to powodować lokalne ujemne sprzężenie zwrotne i oscylacje. Kondensator o małej wartości równolegle z rezystorem 150 kΩ zapobiega temu, pozwalając jednocześnie na szybki spadek prądu do bazy Q6 poniżej 1 mA podczas zwarcia.

Filtr wyjściowy

Rezystory emiterowe tranzystorów wyjściowych Q10–Q13 są dołączone do wyjścia na CON2 przez filtr RLC składający się z cewki szeregowej 2,2 µH równolegle z rezystorem 6,8 Ω (4×27 Ω równolegle), z kondensatorem 100 nF na zaciskach wyjściowych. Cewka indukcyjna izoluje od wzmacniacza wszelkie dodatkowe pojemności na wyjściu (np. pochodzące z przewodów lub zwrotnicy głośnika) przy wysokich częstotliwościach, które w przeciwnym razie mogłyby powodować oscylacje. Rezystor zmniejsza współczynnik Q cewki indukcyjnej, aby stłumić dzwonienie, a także tworzy sieć Zobla w połączeniu z kondensatorem 100 nF, co również poprawia stabilność.

Wysterowanie transformatora liniowego

Bardzo niskie napięcie offsetu wyjściowego ma niewielkie znaczenie przy zasilaniu zwykłych głośników, ale jest absolutnie krytyczne przy zasilaniu transformatora liniowego 100 V lub głośnika elektrostatycznego (który zazwyczaj ma wewnętrzny transformator). Dzieje się tak dlatego, że rezystancja stała uzwojenia pierwotnego jest znacznie mniejsza niż rezystancja cewki głośnika, więc przy napięciu przesunięcia rzędu kilku miliwoltów może płynąć duży prąd stały. Innym wymogiem związanym z wysterowaniem transformatora jest posiadanie diod zabezpieczających na wyjściu wzmacniacza w celu obcięcia indukcyjnych skoków napięcia, które pojawiają się, gdy wzmacniacz jest przesterowany. W przeciwnym razie spowodowałoby to odwrotną polaryzację kolektor-emiter tranzystora wyjściowego, co mogłoby doprowadzić do jego uszkodzenia. Diody D3 i D4 to ultraszybkie diody 3 A soft-recovery (bez szumów przy przełączeniu), które mają małą pojemność złącza jak na swój rozmiar i sprawdziliśmy, że nie mają one żadnego wpływu na działanie. Nie powinno być więc konieczne wprowadzanie żadnych zmian w celu wykorzystania tego modułu we wzmacniaczu PA lub do zasilania głośników elektrostatycznych, o ile podczas konfiguracji zostanie zniwelowane napięcie offsetu wyjściowego.

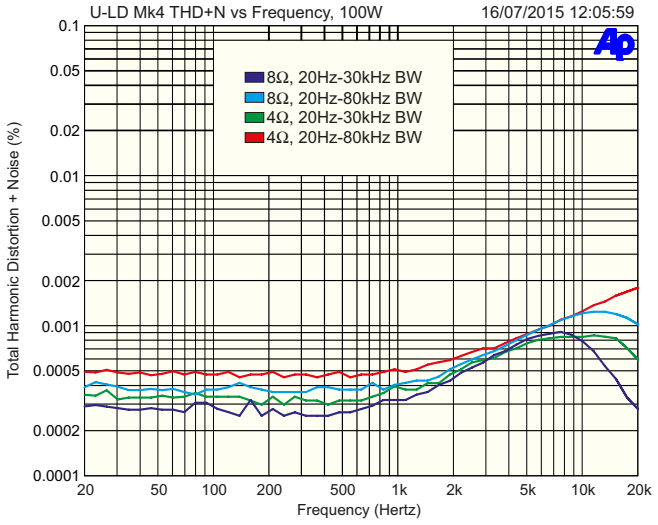
LEDy wskaźnikowe

Podczas tworzenia ostatecznego projektu płytki drukowanej zdecydowaliśmy się wykorzystać część wolnego miejsca na dodanie LEDów wskaźnikowych. Dioda LED1 (niebieska) jest połączona szeregowo ze źródłem prądowym dla pary wejściowej i świeci się, gdy na płytce jest włączone zasilanie. Dodano również czerwono-zielone diody LED2 i LED3 wskazujące stan szyn zasilających stopień wyjściowy. Nie zawsze jest oczywiste, bez dokładnego sprawdzenia, że bezpiecznik się przepalił. W przypadku diody LED2, zakładając, że F1 nie przepalił się, napięcie na obu końcach oprawki bezpiecznikowej jest takie samo, więc przez czerwone złącze nie popłynie prąd. Jednak zielone złącze jest połączone między kolektorami Q10/Q11 a masą przez rezystor ograniczający prąd 47 kΩ, więc zaświeci się. W przypadku przepalenia bezpiecznika, napięcie na kolektorze spadnie do poziomu bliskiego 0 V, więc zielony LED zgaśnie, ale na bezpieczniku pojawi się pełne napięcie na szynie i włączy się czerwona dioda. Podobnie dioda LED3 świeci na zielono/czerwono, gdy F2 jest w porządku/przepalony. Diody te sygnalizują również brak jednej z dwóch szyn zasilających (np. z powodu błędu w okablowaniu); w takim przypadku dioda LED1 prawdopodobnie nadal będzie świecić, więc może to nie być oczywiste.

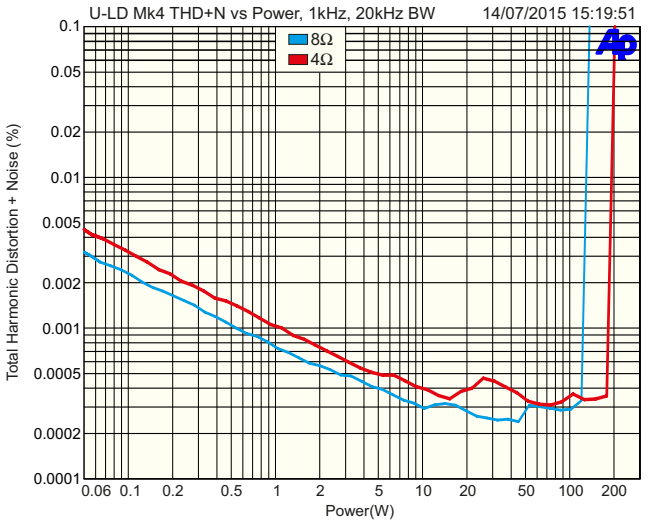
Wskaźnik przesterowania

Dodaliśmy także wbudowany detektor/wskaźnik przesterowania. Wymaga to tylko kilku elementów i pozwala szybko sprawdzić, czy wzmacniacz jest przeciążony. Czasami umiarkowane przesterowanie nie jest wyraźnie słyszalne. Może on wysterować zewnętrzny LED zamontowany na przednim panelu wzmacniacza. Elementy te można pominąć, jeśli nie są wymagane. Układ detektora przesterowania jest pokazany na rysunku 2. Dioda Zenera ZD1 wytwarza napięcie referencyjne o 4,7 V poniżej nominalnie dodatniej szyny 57 V, czyli na poziomie około 52 V. Jest połączona z emiterem tranzystora NPN Q14. Jego baza jest połączona z wyjściem wzmacniacza przez rezystor ograniczający prąd 100 kΩ, a dioda D6 zapobiega odwrotnej polaryzacji złącza baza-emiter. W momencie wystąpienia przesterowania, napięcie na głośniku wzrośnie powyżej napięcia odniesienia plus napięcie baza-emiter Q14, czyli do około 53 V. Q14 włączy się i zacznie pobierać prąd przez diodę LED4, rezystor ograniczający prąd 4,7 kΩ i diodę D5, zapalając diodę wskaźnika przesterowania. Ponieważ napięcie odniesienia jest względne w stosunku do dodatniej szyny, uwzględnione zostaną wszelkie zmiany napięcia zasilania. ZD2, tranzystor PNP Q15 i dioda D7 działają w identyczny sposób przy ujemnych polaryzacjach. Natomiast Q15 wysterowuje

eprasa.pl dba03aded3



Rysunek 3. THD+N przy pracy z obciążeniem rezystancyjnym i mocy 100 W. Jest on tak niski, że naprawdę przekracza nasze możliwości pomiaru zniekształceń za pomocą sprzętu, którym dysponujemy. Dla 4 Ω wynik jest zwykle gorszy niż dla 8 Ω, ale w tym przypadku nieznacznie!

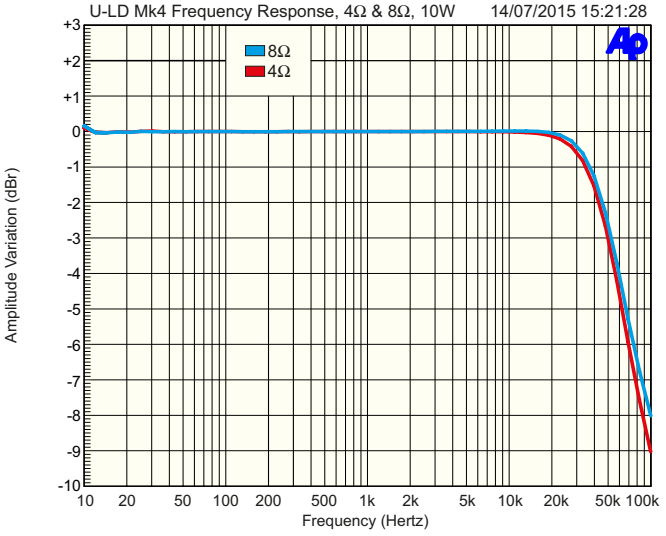


Rysunek 4. THD+N, tym razem pokazując, jak zmienia się ten parametr w zależności od mocy przy stałej częstotliwości. Jest on zdominowany przez szum poniżej 10 W i jest bardzo niski aż do momentu, gdy wzmacniacz zaczyna wpadać w przesterowanie przy 135 W dla 8 Ω i 200 W dla obciążenia 4 Ω

diodę LED4 przez wysokonapięciowy tranzystor NPN Q16, który działa jako przesuwnik poziomów. Rezystor 100 kΩ połączony szeregowo z kolektorem ogranicza prąd diody do podobnego poziomu (1 mA) pomimo znacznie większej różnicy napięć na szynie. Nie jest to najprostszy układ detektora przesterowania, ale zapewnia on niemal całkowicie liniowe obciążenie wyjścia wzmacniacza, aby zminimalizować możliwość wystąpienia zniekształceń spowodowanych prądem obciążenia. Jest on podłączony przed L2, aby wzmacniacz mógł jak najlepiej zniwelować wszelkie nieliniowości wprowadzanego obciążenia.

Podsumowanie usprawnień

Oczywiste zmiany w układzie polegają na dodaniu: LEDa sygnalizującego zasilanie, LEDa sygnalizującego stan bezpiecznika, LEDa sygnalizującego przesterowanie oraz układu wykrywania przesterowania, trymeru do regulacji offsetu i diod zabezpieczających wyjście. Jednak niektóre zmiany w porównaniu z wersją Mk.3 są bardziej subtelne. Po pierwsze, wejściowy kondensator filtru RF został zmniejszony do 1 nF, aby wzmacniacz był mniej wrażliwy na impedancję źródła, ponieważ uznano, że jest to pojemność wystarczająca do dobrego filtrowania RF. Ponadto prąd roboczy pary wejściowej został zmniejszony z 6,5 mA do 2 mA. Zmiana ta została pierwotnie zasugerowana przez Alana Wilsona w celu obniżenia poziomu szumu, choć w rezultacie udało nam się zmierzyć poprawę tylko o jeden decybel. Układ wydaje się bardziej stabilny dzięki tej zmianie, więc była ona opłacalna. Dokonano dwóch dodatkowych zmian w celu poprawy stabilności w przedniej części układu, o których już wspomniano: kondensator 1 nF na rezystorze kolektora Q4 oraz kondensator 15 pF na rezystorze 2,2 kΩ w dwubiegunowym obwodzie kompensacyjnym. Dzięki tym zmianom i ulepszonemu układowi udało się zmniejszyć wartość dwóch głównych kondensatorów kompensacyjnych z 180 pF do 150 pF przy jednoczesnej poprawie tłumienia zniekształceń. Działał on również dość dobrze z kondensatorami 120 pF, ale powrót z dodatniego przesterowania nie był już czysty, więc wróciliśmy do kondensatorów 150 pF. Ponieważ Q6 ma znacznie większe wzmocnienie niż używany wcześniej BF469, musieliśmy zwiększyć rezystor kolektora Q4 z 22 kΩ do 150 kΩ aby ograniczyć prąd do bezpiecznego poziomu w warunkach awarii. Zwiększyliśmy również pojemność obwodu polaryzacji (dla stopnia wyjściowego) z 100 nF do 47 µF, a także zmieniliśmy filtr RC



Rysunek 5. Pasmo przenoszenia jest bardzo płaskie przy obciążeniach 4–8 Ω, bez wykrywalnego tłumienia w zakresie niskich częstotliwości i tylko około jednej dziesiątej decybela przy 20 kHz. Większa część tłumienia wysokich częstotliwości jest spowodowana niezbędnym filtrem wyjściowym

ujemnej szyny na przednim końcu z 10 Ω/470 µF na 100 Ω/47 µF, aby przesterowanie było bardziej symetryczne i żeby zapewnić nieco lepszą odporność na uszkodzenia. Stwierdziliśmy również, że duże kondensatory bocznikujące dla stopnia wyjściowego nie są konieczne, jeśli przewody zasilające są krótkie i grube. Zasadniczo ich jedyną zaletą jest zmniejszenie spadku napięcia w okablowaniu, a tym samym utrzymanie pełnej mocy wyjściowej przy niższych częstotliwościach, jeśli spadek ten jest znaczny. W związku z tym można je traktować jako opcjonalne. Kondensatory bocznikujące wysokiej częstotliwości 1 µF dla każdego tranzystora wyjściowego są wystarczające, aby zapewnić stabilność i zagwarantować dobre parametry.

Wybór komponentów

Mimo że układ jest bardzo podobny do Ultra-LD Mk.3, prawie wszystkie elementy oprócz tranzystorów wyjściowych i sterujących zostały zmienione. Wynika to głównie z tego, że używamy w dużej mierze elementów SMD, starając się maksymalnie skrócić ścieżki

eprasa.pl dba03aded3

sygnałowe i zapewnić płaszczyznę masy obejmującą cały przód urządzenia. Umożliwia to również poprawę tłumienia pola magnetycznego. Dlatego musieliśmy bardzo uważać, aby każdy nowy element zapewniał takie same lub lepsze parametry pracy niż zastępowany przez niego element przewlekany. Rezystory i kondensatory muszą charakteryzować się doskonałą liniowością. W przypadku elementów aktywnych, takich jak tranzystory i diody, wybraliśmy elementy o podobnym lub lepszym wzmocnieniu, szerokości pasma, mniejszej pojemności pasożytniczej itp. Wszystkie rezystory o małej mocy są cienkowarstwowe. Wiele rezystorów SMD ma konstrukcję grubowarstwową i ma gorsze parametry niż cienkowarstwowe rezystory przewlekane; wyjaśnienie można znaleźć w dokumencie www.davehilldesigns.com/smt_resistror_distortion_rev1.pdf [sic]. Należy więc uważać, aby używać określonych przez nas typów. Rezystory o większej mocy (1 W i 3 W) są typu grubowarstwowego lub metalowego, ale ich wartości są na tyle niskie, że liniowość jest akceptowalna. Niektóre nowe elementy zostały wybrane ze względu na ich rozmiar fizyczny lub konfigurację. Na przykład trymer VR2 znajduje się w samym środku krytycznej części obwodu wejściowego (kształtującego), więc używamy małego elementu typu SMD, aby poprawić rozmieszczenie elementów w tej sekcji. Dzięki temu, że wszystkie elementy stopnia wejściowego są typu SMD (oprócz CON1), pod tą sekcją znajduje się pojedyncza, nieprzerwana analogowa płaszczyzna masy, zapewniająca maksymalną eliminację zakłóceń EMI. Podobnie, bezpieczniki SMD i rezystory emiterowe 0,1 Ω oznaczają, że możemy je umieścić bezpośrednio na przeciwległych krawędziach płytki drukowanej, aby zapewnić maksymalną eliminację pętli magnetycznej. Przy zastosowaniu elementów przewlekanych we wzmacniaczu Mk.3, ustawienie bok przy boku nie zapewniało tak skutecznego tłumienia magnetycznego. A ponieważ rezystory emiterowe znajdują się po drugiej stronie płytki, wymiana bezpieczników, w razie potrzeby, powinna być łatwa.

Kondensatory

Wiele kondensatorów w tym układzie musi być niemal idealnie liniowych, aby uzyskać pożądane parametry. Kondensatory ceramiczne C0G/NP0 zostały dokładnie przetestowane w porównaniu z kondensatorami polipropylenowymi, które są ogólnie uważane za jedne z najlepszych dostępnych na rynku. Nie było żadnej wymiernej różnicy. Wiele kondensatorów C0G/NP0 musi mieć napięcie znamionowe 100 V lub 200 V, ponieważ mogą one być narażone na wahania napięcia bliskie pełnemu napięciu zasilania między szynami. Należy pamiętać, że „C0G" i „NP0"

Wykaz elementów:

1× dwustronna płytka drukowana, kod 01107151, 135×93 mm
1× radiator z anodowanego na czarno aluminium, 200×75×45 mm (dł.×wys.×gł.)
2× zespoły wkładek bezpiecznikowych SMD M205 (F1, F2)
2× bezpieczniki 6,5 A M205 szybkorozłączne (F1, F2)
2× przepalone bezpieczniki M205 (do testowania)
1× koralik ferrytowy SMD 3216/1206 (L1)
1× cewka indukcyjna 2,2 µH z rdzeniem powietrznym (L2) (lub 1× szpulka 20 mm OD×10 mm ID×8 mm i 1 m emaliowanego drutu miedzianego o średnicy 1,25 mm plus 10 mm koszulki termokurczliwej o średnicy 20 mm)
1× pionowy trymer wieloobrotowy 1 kΩ (VR1)
1× trymer jednoobrotowy SMD 100 Ω, Typ EVM1D (VR2)
4× silikonowe podkładki izolacyjne TO-264 lub TOP-3
2× silikonowe podkładki izolacyjne TO-220
1× silikonowa podkładka izolacyjna TO-126/TO-225 (lub przycięta podkładka TO-220)
2× tulejki izolacyjne tranzystorów
7× kołków PC (opcjonalnie)

Śruby, nakrętki, odstępniki i podkładki
4× gwintowane odstępniki M3×9 mm
7× wkręty maszynowe M3×20 mm
8× wkręty maszynowe M3×6 mm
7× nakrętki M3
7× podkładki płaskie M3

Złącza:
1× gniazdo RCA do montażu pionowego (CON1)
1× 4-stykowy pionowy zacisk wtykowy blok z odpowiednim gniazdem (CON2)
1× 3-stykowy pionowy zacisk wtykowy blok z odpowiednim gniazdem (CON3)
1× 2-stykowe złącze polaryzowane (CON4) (opcjonalnie, dla LEDowego wskaźnika przesterowania poza płytką)

Półprzewodniki:
2× podwójne niskoszumowe tranzystory PNP HN3A51F SC-74 (Q1,Q3)
1× podwójny niskoszumowy tranzystor PNP HN3C51F SC-74 (Q2)
2× tranzystory NPN BC846C, SOT-23 (Q4,Q14)
1× wysokonapięciowy tranzystor PNP FZT796A, SOT-223 (Q5)
1× wysokonapięciowy tranzystor PNP FZT696B, SOT-223 (Q6)
1× tranzystor sterujący NPN MJE15030*, TO-220AB (Q7)
1× tranzystor sterujący PNP MJE15031*, TO-220AB (Q8)
1× tranzystor NPN BD139*, TO-225AA (Q9)
2× tranzystory NPN ThermalTrak NJL3281D* TO264-5 (Q10, Q11)
2× tranzystory NPN ThermalTrak NJL1302D* TO264-5 (Q12, Q13)
1× tranzystor NPN BC856C, SOT-23 (Q15)
1× tranzystor NPN 120 V 50 mA FJV1845E, SOT-23 (Q16)
1× niebieski LED o szerokim kącie widzenia, SMD 3216/1206 (LED1)
2× czerwone/zielone podwójne LEDy SMD, 3226/1210 (LED2,LED3)
1× żółty LED o wysokiej jasności, SMD 3216/1206 (LED4)
4× BAV99 podwójna dioda serii BAV99, SOT-23 (D1,D5-D7)
1× wysokonapięciowa dioda MMBD1401A, SOT-23 (D2)
2× VS-3EJH02 hiperszybkie diody 3 A soft recovery, DO221-AC (D2,D4)
2× diody Zenera 4,7 V, SOT-23 (ZD1,ZD2)
* Należy używać oryginalnych elementów marki On Semiconductor

Kondensatory: (SMD 3216/1206 lub 2012/0805 ceramiczne, o ile nie podano inaczej)
1× elektrolityczny SMD 1000 µF 6,3 V, 8mm średnicy
1× kondensator elektrolityczny 47 µF 63 V SMD (8 mm) lub przewlekany
1× kondensator elektrolityczny SMD 47 µF 35 V, 6 mm średnicy
1× niespolaryzowany kondensator elektrolityczny 47 µF 16 V SMD, 8 mm średnicy
2× 47 µF 6,3 V X5R
7× 1 µF 100 V X7R
1× kondensator ceramiczny 100 nF 250 V NP0/C0G, pakiet SMD 1812 lub 2022 LUB
1× kondensator polipropylenowy 100 nF 250 VAC, rozstaw wyprowadzeń 15 mm (EPCOS B32652A6104J)
2× 1 nF 100 V NP0/C0G
2× 150 pF 200 V NP0/C0G
1× 15 pF 100 V NP0/C0G

Rezystory: (0,5 W 1%) cienkowarstwowe, 3216/1206)
3× 12 kΩ lub 12,1 kΩ
2× 6,2 kΩ lub 6,49 kΩ
4× 2,2 kΩ lub 2,21 kΩ
1× 510 Ω lub 511 Ω
2× 330 Ω lub 332 Ω
1× 220 Ω lub 221 Ω
1× 120 Ω lub 121 Ω
3× 100 Ω
3× 68 Ω lub 68,1 Ω
2× 47 Ω lub 47,5 Ω
1× 10 Ω

Rezystory: (pozostałe)
1× 1 MΩ 0,25 W 1% 3216/1206 SMD
1× 150 kΩ 0,25 W 1% 3216/1206 SMD
6× 100 kΩ 0,25 W 1% 3216/1206 SMD
1× 68 kΩ 0,25 W 1% 3216/1206 SMD
4× 47 kΩ 0,25 W 1% 3216/1206 SMD
1× 33 kΩ 0,25 W 1% 3216/1206 SMD
1× 1 kΩ 0,25 W 1% 3216/1206 SMD
1× 390 Ω 1 W 5%
1× 100 Ω 1 W 5%
2× rezystor drutowy 68 Ω 5 W (do testowania)
4× 27 Ω 1 W 1%
4× 0,1 Ω 3 W 1% (folia metalowa)

eprasa.pl dba03aded3

Należy używać tranzystorów dobrej jakości

Aby zapewnić opublikowane wyniki, należy użyć niskoszumowych tranzystorów wymienionych na liście elementów. Należy uważać na podrobione podzespoły. Zalecamy, aby wszystkie pozostałe tranzystory pochodziły od renomowanych producentów, takich jak NXP Semiconductors, On Semiconductor, ST Microelectronics i Toshiba. Dotyczy to w szczególności tranzystorów sterujących wyjścia, MJE15030 i MJE15031.

oznaczają to samo. Odnoszą się one do rodzaju dielektryka ceramicznego o niskim współczynniku K, który ma efektywnie zerowy współczynnik temperaturowy. Do bocznikowania stosuje się wielowarstwowe kondensatory ceramiczne SMD z dielektrykami X5R lub X7R. Mają one bardzo niski współczynnik ESR i bardzo dobrze sprawdzają się w tej roli. Tam, gdzie wymagane były kondensatory bocznikujące o większej wartości niż jest to praktyczne w przypadku kondensatorów ceramicznych, zastosowaliśmy elektrolityczne SMD, aby zapewnić nieprzerwany „ekran" płaszczyzny masy. Nasze próby zastosowania kondensatorów ceramicznych X5R/X7R do sprzężenia sygnału nie powiodły się, więc wróciliśmy do niespolaryzowanych kondensatorów elektrolitycznych; foliowe są zbyt nieporęczne, a tantale zbyt zawodne. Problem polega na tym, że wszystkie wielowarstwowe kondensatory ceramiczne, z wyjątkiem typów C0G/NP0, mają bardzo wysokie współczynniki napięciowe. Gdy napięcie na kondensatorze rośnie, jego pojemność spada. Chociaż elektrolity są znane z nieliniowości, pod tym względem nie są w żadnym wypadku tak złe jak wielowarstwowa ceramika. Jest tak źle, że przy napięciu RMS wynoszącym zaledwie 10 mV na kondensatorze sprzęgającym mierzyliśmy zniekształcenia na poziomie 0,1% przy 10 kHz. Na szczęście ta sama cecha, która sprawia, że C0G/NP0 mają niemal zerowy współczynnik temperaturowy, oznacza również, że mają bardzo niski współczynnik napięciowy, a więc nie mają tego problemu. Wyjściowy kondensator filtrujący może być wysokonapięciowym kondensatorem ceramicznym SMD NP0 lub polipropylenowym przewlekanym. Jego liniowość ma absolutnie kluczowe znaczenie dla działania urządzenia. Dopuszczalne są oba typy. Jednak ceramika NP0 może być lepszym wyborem, ponieważ znaleźliśmy kilka różnych kondensatorów polipropylenowych 250 VAC o mniej niż idealnej liniowości. Przetestowaliśmy kilka kondensatorów polipropylenowych o odpowiedniej wartości, niektóre typu X2, przeznaczone do zastosowań sieciowych. Spośród nich, dwa wprowadziły mierzalne zniekształcenia o wartości około 0,001% w prostym filtrze RC (z rezystorem 6,8 Ω) przy zaledwie 12 V RMS. Pomiary jednego kondensatora X2 oraz kondensatora 400 V DC/250 VAC firmy Epcos/TDK dały wyniki znacznie niższe i wynosiły około 0,0004%. Jeśli więc mamy zamiar użyć kondensatora polipropylenowego, zalecamy stosowanie typu podanego w liście elementów. Inne elementy mogą mieć podobnie niskie zniekształcenia, ale bez wysokiej klasy analizatora zniekształceń nie da się tego stwierdzić. W związku z tym nie zaleca się stosowania polipropylenu o klasie X2.

W następnym miesiącu

To wszystko, na co mamy teraz miejsce. W przyszłym miesiącu przedstawimy zasilacz, nakładkę na płytkę drukowaną oraz zdjęcia gotowego prototypu wraz ze szczegółami budowy. Opiszemy również nieco tańszą, okrojoną wersję wzmacniacza do zastosowań o mniejszej mocy, bez uszczerbku dla jego doskonałych parametrów.

Półprzewodniki

Wyjaśnijmy powody zmiany tranzystorów małosygnałowych i zalety nowych elementów. Poza wymianą przestarzałych części, jedną z największych korzyści jest to, że dzięki parze wejściowej w jednej obudowie, dryft napięcia wyjściowego w zależności od temperatury będzie bardzo niewielki, ponieważ będą one ściśle dopasowane do siebie. Tranzystory wyjściowe, tranzystory sterujące i mnożnik VBE są identyczne z tranzystorami stosowanymi we wzmacniaczu Mk.3, ponieważ wszystkie te elementy muszą być zamontowane na radiatorze. Tranzystory sterujące i wyjściowe są jednymi z najlepszych dostępnych na rynku, więc nie widzieliśmy sensu ich zmieniać. Przy okazji, układ mocowania radiatora jest identyczny, więc łatwo jest zamienić moduł Mk.2 lub Mk.3 na wersję Mk.4, po prostu wymieniając płytkę drukowaną. ■

Nicholas Vinen

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 dba03aded3



5-elementowa antena Yagi zapewniająca lepszy odbiór FM

Jak wygląda odbiór sygnałów FM? Dość słabo? Czy muzyka jest zniekształcona, a może w głosie jest dużo szumów? Jeśli tak, to potrzeba odpowiedniej anteny FM, a nie kawałka drutu zwisającego z tyłu tunera. Ta 5-elementowa antena Yagi została zaprojektowana specjalnie dla pasma FM. Można się zdziwić, jak dobrze mogą brzmieć te stacje, gdy mają silny sygnał.

W dzisiejszych czasach wiele osób słucha radia DAB+ i dobrze rozumiemy dlaczego. Jest więcej stacji i jeśli sygnał jest OK, dźwięk też będzie w porządku. Będzie to jednak „OK" tylko w takim zakresie, w jakim sygnały próbkowania stosowane przez praktycznie wszystkie stacje DAB+ wystarczają do zapewnienia dobrej jakości dźwięku.

Tak, tak, wiemy, że wiele osób korzysta obecnie z internetowych serwisów streamingowych, w których można wybierać spośród tysięcy stacji muzycznych z całego świata, ale jakość dźwięku jest po prostu przeciętna.

Jeśli zależy nam na naprawdę dobrej jakości nadawanego dźwięku, stacje FM nie mają sobie równych. Oczywiście, jeśli mieszkamy poza dużymi aglomeracjami, nie ma systemu DAB+, więc jeśli chcemy słuchać audycji muzycznych o dobrej jakości dźwięku, pozostaje nam FM.

A jeśli jesteśmy poza głównymi miastami, będziemy potrzebować dobrej anteny FM, aby uzyskać najlepszą jakość dźwięku – nie ma innej rady. Oczywiście mieszkanie w dużym mieście, prawdopodobnie z pagórkowatym otoczeniem i wysokimi budynkami, może nadal oznaczać, że sygnał będzie słaby i odbierany „wielodrogowo". Jest to taki sam efekt jak „duchy" w telewizji. Propagacja wielodrogowa powoduje silne zniekształcenia, które można zlikwidować tylko za pomocą dobrej anteny.

Jaką antenę FM powinno się kupić? Są one praktycznie niedostępne. Taka sytuacja miała miejsce, gdy pierwotnie prezentowaliśmy projekt tej anteny w październiku 1988 roku i powtórzyliśmy to w marcu 1998 roku. Od tamtej pory sytuacja nie uległa poprawie i nadal jesteśmy pytani o dobrą antenę FM. Dlatego przedstawiamy go ponownie, z niewielkimi zmianami.

Antena jest 5-elementową matrycą Yagi. Posiada ona składany dipol, pojedynczy reflektor i trzy direktory. Charakteryzuje się ona wzmocnieniem od +8 dB do +9 dB w stosunku do dipola oraz lepszym stosunkiem przód-tył w porównaniu z 3-elementową matrycą, najczęściej stosowaną w przeszłości anteną FM. Przy okazji, jeśli mamy starą logarytmiczno-periodyczną antenę VHF TV to można by jej użyć, ale nie będzie działać tak dobrze jak ta antena, która jest zaprojektowana tak, aby pasowała tylko do pasma FM od 88 do 108 MHz.

Wąski kąt odbioru

Oprócz dobrego stosunku przód-tył, antena ta jest również dość kierunkowa – innymi słowy, ma wąską kierunkowość. Oba te czynniki oznaczają, że sygnały odbite docierające z boków i z tyłu anteny będą tłumione. Warto to zrobić, ponieważ im większe tłumienie sygnałów odbitych, tym mniej zniekształcony będzie wynikowy dźwięk stereo.

Mówimy tu o odbiorze „wielodrogowym", który był plagą analogowego odbioru telewizyjnego i powodował „duchy" w obrazie. W przypadku transmisji FM odbiór wielodrogowy powoduje, że dźwięk się krztusi i trzeszczy, zwłaszcza gdy nad głową przelatuje nisko samolot.

Oprócz zmniejszenia problemów związanych z wielodrogowością, głównym powodem zbudowania takiej anteny jest uzyskanie znacznie silniejszego sygnału niż z przypadkowego kawałka drutu lub popularnej dwużyłowej dipolowej anteny drutowej, która jest dostarczana z wieloma tunerami. Ponadto, ponieważ antena zostanie zainstalowana na zewnątrz domu, odbiór sygnału będzie jeszcze lepszy. Z naszych obserwacji wynika, że przy dobrej antenie FM, takiej jak ta, można odbierać stacje (w stereo) znajdujące się w odległości ponad 160 km.

Ponadto, doprowadzenie do tunera silniejszego sygnału, nawet z silnych stacji lokalnych, poprawia odbiór i zmniejsza podatność na zakłócenia ze strony urządzeń z zasilaczami impulsowymi. Będzie mniej zniekształceń, lepsza separacja między kanałami i mniej syczenia w tle.

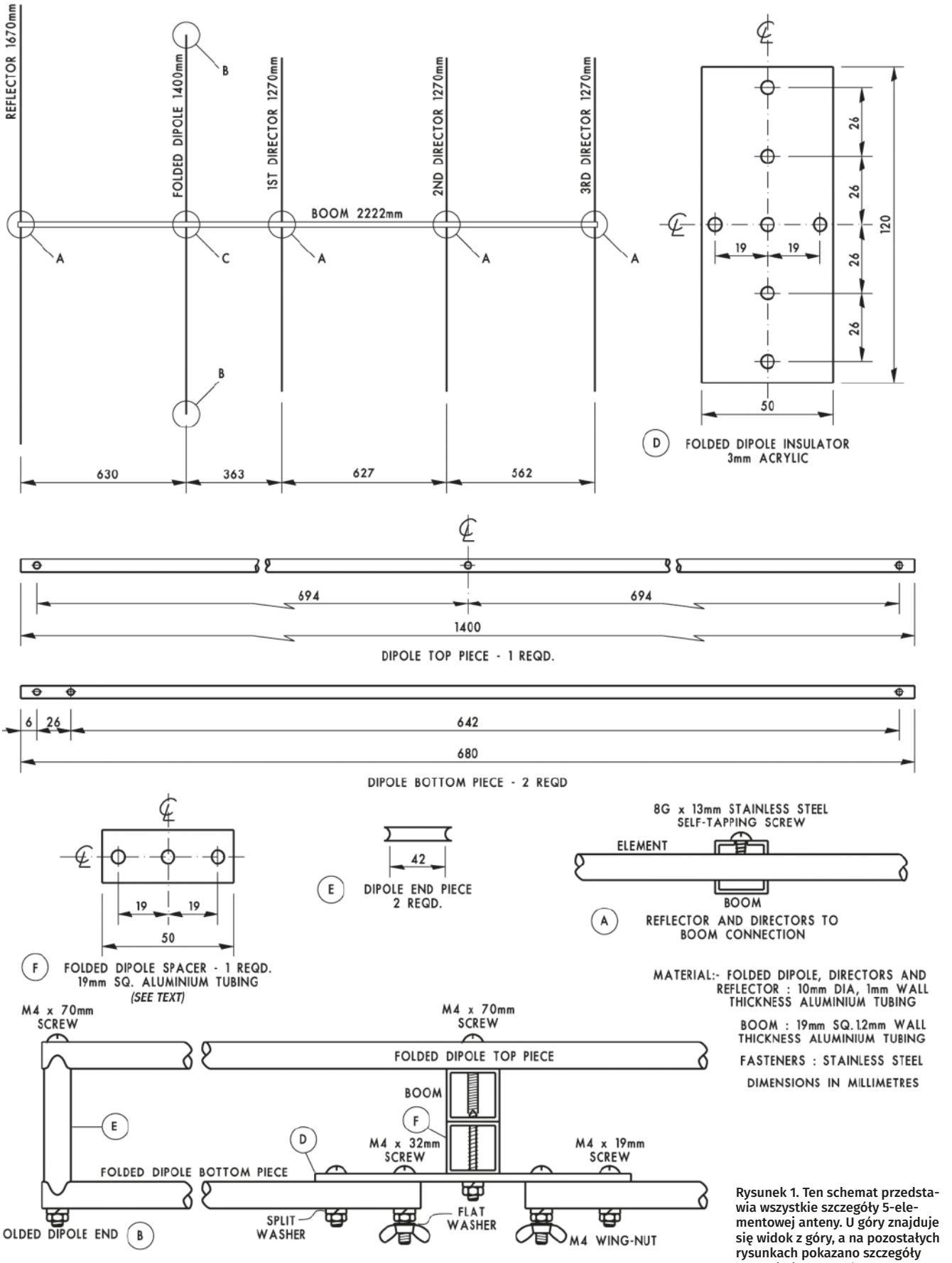
Narzędzia, które będą nam potrzebne

Większość z nas posiada wszystkie narzędzia potrzebne do wykonania tego projektu: piłę do metalu, wiertarkę elektryczną i imadło. Pomocne byłoby również posiadanie wiertarki kolumnowej, ale można się bez niej obejść. Do wykonywania czystych cięć w rurach aluminiowych przyda się także obcinak do rur (używany przez hydraulików). Oprócz zacisku antenowego (cybant i wspornik pryzmowy) nie jest wymagany żaden specjalny sprzęt ani armatura.

Wykonanie tej anteny jest dość proste. Jeśli mamy do dyspozycji wszystkie materiały, możemy to zrobić prawdopodobnie w kilka popołudni.

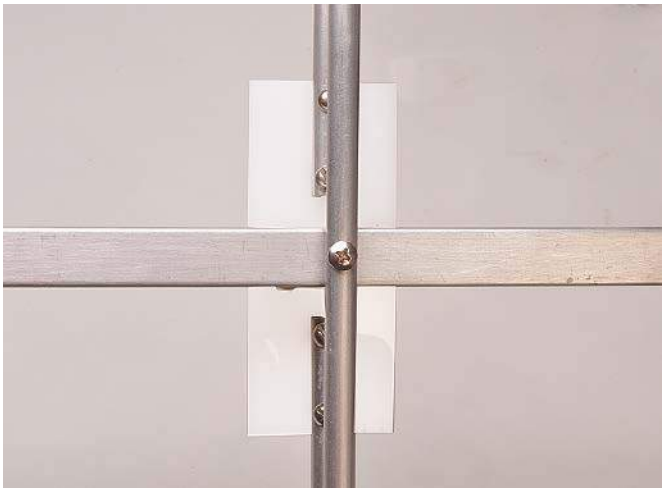
eprasa.pl dba03aded3

5-ELEMENTOWA ANTENA NADAWCZA FM



Rysunek 1. Ten schemat przedstawia wszystkie szczegóły 5-elementowej anteny. U góry znajduje się widok z góry, a na pozostałych rysunkach pokazano szczegóły montażu i elementów

eprasa.pl dba03aded3



To ujęcie pokazuje mocowanie górnego elementu dipola do wysięgnika i płytki. Służy do tego śruba ze stali nierdzewnej o długości 70 mm, która przechodzi przez górny element, a następnie wysięgnik i odstępniki poniżej do płytki z tworzywa Lexan



Płytka izolatora dipola ma zaciski z nakrętkami motylkowymi do podłączenia taśmy 300 Ω lub baluna 300 Ω na 75 Ω. Płyta jest wykonana z tworzywa Perspex, Lexan lub innego materiału akrylowego. Kwadratowy wysięgnik ułatwia montaż

Na rysunku 1 pokazano wszystkie szczegóły anteny 5-elementowej. Pokazuje ona wymiary wszystkich elementów oraz różne końcówki okuć, które należy wykonać, aby złożyć antenę. W górnej części rysunku pokazano widok z góry, na którym widać długość wszystkich pięciu elementów i ich rozmieszczenie wzdłuż wysięgnika.

Śruby i nakrętki

Po kilku latach wystawienia na działanie czynników atmosferycznych wiele anten jest w złym stanie. Aluminium nie „rdzewieje", ale utlenia się, zwłaszcza w rejonach nadmorskich lub w metropoliach, gdzie występuje dużo opadów przemysłowych. Korozja będzie postępować znacznie silniej, jeśli nie zostaną użyte odpowiednie śruby i nakrętki.

Zdecydowanie zalecamy stosowanie śrub, nakrętek i podkładek ze stali nierdzewnej, zarówno w przypadku wkrętów maszynowych, jak i wkrętów samogwintujących. Kosztują one nieco więcej, ale wystarczają do końca świata. W sklepach żeglarskich można znaleźć szeroki wybór śrub ze stali nierdzewnej.

Pod żadnym pozorem nie należy używać śrub czy wkrętów mosiężnych. W przypadku stosowania ich do mocowania elementów aluminiowych ulegają one korozji niemal na oczach użytkownika. Nie zalecamy również stosowania śrub ze stali zabezpieczonej galwanicznie, ocynkowanej lub kadmowanej. W rejonach nadmorskich mogą one ulec widocznej korozji już po kilku dniach ekspozycji.

Na obszarach wiejskich, z dala od morza i zanieczyszczeń miejskich, można prawdopodobnie zdać się na ocynkowane wkręty, ale antena będzie trwalsza, jeśli zostanie pomalowana.

Rozpoczęcie pracy

Przed rozpoczęciem pracy należy upewnić się, że zakupiono wszystkie elementy aluminiowe i sprzętowe wymienione w spisie elementów. Będziecie sfrustrowani, jeśli w połowie drogi stwierdzicie, że nie możecie iść dalej, ponieważ brakuje wam śrubek lub innych elementów. Należy zebrać je wszystkie, zanim zaczniemy.

Najpierw należy przyciąć wysięgnik na odpowiednią długość. Ma on długość 2222 mm i jest wykonany z aluminiowej rury kwadratowej o przekroju 19 mm, co ułatwia wiercenie i montaż. Jeżeli mamy doświadczenie w obróbce metalu i mamy dostęp do zestawu wspornika pryzmowego oraz wiertarki kolumnowej, możemy zastąpić wysięgnik rurką o średnicy 25 mm. W rzeczywistości można użyć okrągłych rur ze stali nierdzewnej o średnicy 25 mm, które są łatwo dostępne w sklepach hydraulicznych, ale są drogie i niełatwe w obróbce.

Wytnijmy teraz zagięty odstępnik dipola, który również wykorzystuje rurkę kwadratową 19 mm. Jej długość wynosi 50 mm. Powinien pozostać kawałek złomu w postaci rurki o długości około 120 mm. Nie wyrzucajmy go. Przyda się później (podczas ponownego montażu tej prototypowej anteny po latach przechowywania nie mogliśmy znaleźć odstępnika o długości 50 mm, więc zastąpiliśmy go dwiema plastikowymi rurkami o długości 19 mm).

Teraz należy przyciąć rurki o średnicy 10 mm do reflektora, trzech direktorów i części dipola. Pamiętajmy o starym powiedzeniu „mierz dwa razy, tnij raz". Trudno jest wydłużyć elementy, które są zbyt krótkie. Należy zwrócić uwagę, że wszystkie trzy direktory mają tę samą długość, tj. 1270 mm.

Co to jest antena Yagi?

Konstrukcja anteny Yagi została opracowana przez H. Yagi i S. Uda na Uniwersytecie Tohoku w Japonii w 1926 roku. W pasmach VHF (bardzo wysokich częstotliwości), których niewielką część stanowi pasmo FM (88–108 MHz), większość anten opiera się na elementach rezonansowych, tzn. takich, których długość jest równa połowie długości fali przy danej częstotliwości.

W swojej najprostszej postaci antena Yagi składa się z elementu dipolowego i znajdującego się za nim nieco dłuższego elementu pasożytniczego, zwanego reflektorem. W bardziej złożonych konstrukcjach przed dipolem znajdują się krótsze elementy pasożytnicze, które są nazywane direktorami.

Reflektor i direktory są nazywane elementami pasożytniczymi, ponieważ również rezonują w zakresie częstotliwości zbliżonym do zakresu częstotliwości dipola. Część wychwyconej przez nie energii elektromagnetycznej jest ponownie wypromieniowywana i odbierana przez dipol. W związku z tym direktory i reflektor znacznie wzbogacają sygnał odbierany przez sam dipol.

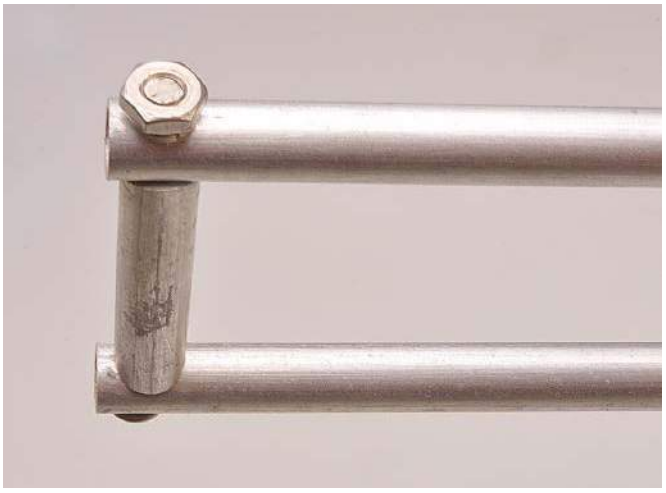
Dzięki odpowiedniemu zwymiarowaniu reflektora i direktorów można określić całkowite pokrycie częstotliwościowe anteny Yagi, jej wzmocnienie i charakterystykę kierunkową. Ogólnie rzecz biorąc, im więcej elementów w matrycy Yagi, tym większy będzie jej zysk energetyczny i tym lepsza będzie jej kierunkowość.

Istnieje jednak prawo malejących zysków. Powyżej pewnej liczby elementów pasożytniczych nie można uzyskać użytecznego wzrostu zysku. Istnieje wyraźny kompromis między praktycznym rozmiarem Yagi a wielkością zysku, jaki zapewnia.

eprasa.pl dba03aded3



Należy zwrócić uwagę na dwa krótkie odcinki rurki PCV, które pełnią rolę odstępników między spodnią częścią wysięgnika a płytą izolatora dipola. Całość trzymają wkręty maszynowe. Jest to alternatywny odstępnik z rury kwadratowej pokazany na rysunku 1



Końce złożonego dipola zostały wykonane z rurek aluminiowych o długości 42 mm, które zostały ukształtowane tak, aby pasowały do górnego i dolnego elementu. Są one mocowane do siebie za pomocą wkrętów maszynowych o długości 70 mm, nakrętek i podkładek sprężystych

Następnie przed wywierceniem otworów w rurze wysięgnika należy ją wycentrować pod wszystkie otwory. Należy pamiętać, że wysięgnik ma długość 2222 mm, a suma odstępów między elementami wzdłuż wysięgnika wynosi 2182 mm – patrz schemat na rysunek 1. Najpierw zaznaczmy środek otworu na element reflektora w odległości 20 mm od jednego końca wysięgnika, a następnie przesuwajmy się wzdłuż niego.

Jeżeli mamy wiertarkę kolumnową, która pozwala wywiercić wszystkie otwory w belce prostopadle do jej osi, to mamy dużo szczęścia. Jeśli nie, zaznaczmy środki otworów po obu stronach wysięgnika i wykonajmy wiercenia z obu stron. Jeśli otwory w elementach nie zostaną prawidłowo rozmieszczone, elementy będą przekrzywione. W tym miejscu należy udzielić kilku rad dotyczących wiercenia. Wiercenie w cienkościennych rurkach aluminiowych może stwarzać problemy i wiele osób ma tendencję do wykonywania otworów bardziej trójkątnych niż okrągłych. Sposobem na obejście tego problemu jest wywiercenie wszystkich dużych otworów (tj. wszystkich otworów 10 mm) pod mniejszy wymiar, a następnie rozwiercenie ich do prawidłowej średnicy za pomocą rozwiertaka stożkowego.

Należy jednak zachować ostrożność podczas rozwiercania otworów, ponieważ dość łatwo jest się zapędzić i uzyskać zbyt duże otwory. Użyjmy kawałka rurki o średnicy 10 mm, aby sprawdzić, czy otwory określone na 10 mm mają prawidłowy rozmiar.

Każdy direktor i reflektor jest mocowany do wysięgnika za pomocą wkrętu samogwintującego, jak pokazano na schemacie A na rysunku 1. Wywierćmy otwór o średnicy 3 mm w centralnym punkcie każdego elementu, ale tylko z jednej strony. Nie należy jednak jeszcze montować elementów na wysięgniku, ponieważ dipol powinien być najpierw złożony i zamontowany na wysięgniku.

Wykonanie dipola

Złożony dipol jest wykonany z pięciu kawałków rurki aluminiowej o średnicy 10 mm, trzech długich i dwóch krótkich. Szczegóły montażu można zobaczyć na schemacie u dołu rysunku 1. Dwie krótkie rurki, pokazane jako schemat E na rysunku 1, są cięte i kształtowane pilnikiem w taki sposób, aby pasowały do górnego i dolnego elementu dipola. Więcej szczegółów pokazano na załączonych zdjęciach.

Górna i dolna część dipola są zamocowane na każdym końcu za pomocą śruby Whitworth 3/16 cala lub M4 o długości 70 mm, wraz z nakrętką i podkładką zabezpieczającą. W centrum dolne połówki dipola są zakończone płytką izolacyjną (pokazaną na schemacie D na rysunku 1). Płytka ta jest wykonana z 3 mm akrylu (Perspex lub Lexan). Połówki dipola są mocowane do płyty izolacyjnej za pomocą śruby Whitworth 3/16 cala lub M4 o długości 19 mm, nakrętki i podkładki zabezpieczającej.

Zaciski do dipola są wyposażone w dwie śruby Whitworth 3/16 cala lub M4 o długości 32 mm, każda z nich jest wyposażona w nakrętkę i podkładkę zabezpieczającą oraz nakrętkę motylkową i podkładkę płaską.

Płytka izolacyjna jest przymocowana do wysięgnika i odzielona od niego za pomocą odcinka rury kwadratowej, pokazanej jako „składany odstępnik dipola" na schemacie F na rysunku 1. Płytka izolacyjna jest mocowana do odstępnika za pomocą dwóch wkrętów samogwintujących o długości 32 mm i kalibru 8 mm, które przechodzą przez odstępnik i wchodzą w wysięgnik. Górną część dipola należy przymocować do wysięgnika za pomocą śruby Whitworth 3/16 cala lub M4 o długości 70 mm, nakrętki i podkładki zabezpieczającej.

Szczegóły dotyczące płytki izolacyjnej dipola i mocowania do wysięgnika można zobaczyć na załączonych zdjęciach. Zauważmy, że choć użyliśmy białego Perspexu, można użyć kawałka poliwęglanu, jeśli akurat mamy go pod ręką. Należy jednak zwrócić uwagę na nasze uwagi dotyczące malowania, zamieszczone w dalszej części artykułu.

Wykaz elementów:

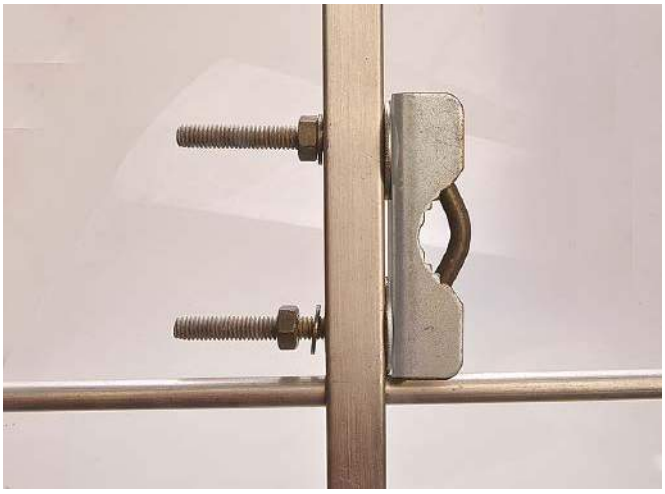
Aluminium
2,3 metry kwadratowej rury aluminiowej o przekroju 19 mm i grubości ścianki 1,8 mm
8,5 metrów rurki aluminiowej o średnicy 10 mm i grubości ścianki 1 mm

Materiały
1× kawałek białej płyty Perspex, Lexan, itp., 120×40×3 mm
1× śruba w kształcie litery U ze stali ocynkowanej lub nierdzewnej i zacisk pasujący do masztu
4× wkręty 8G×13 mm
2× wkręty 8G×32 mm
3× 3/16-calowe śruby Whitworth lub M4 z okrągłym łbem o długości 70 mm
2× śruby Whitworth 3/16 cala lub M4 z okrągłym łbem o długości 32 mm
2× śruby 3/16 cala Whitworth lub M4 z okrągłym łbem o długości 19 mm
7× podkładki dzielone 3/16 cala lub 4 mm ID lub zabezpieczające
7× nakrętki Whitworth lub M4 3/16 cala
2× nakrętki motylkowe 3/16 cala Whitworth lub M4
2× podkładki płaskie 3/16 cala lub 4 mm ID

Uwaga: wszystkie śruby, podkładki i nakrętki powinny być wykonane ze stali nierdzewnej klasy AS316

Pozostałe
- mocowanie na maszcie i na ścianie lub mocowanie antenowe (w kształcie kija hokejowego),
- balun liniowy 300 Ω do 75 Ω,
- odpowiedniej długości przewód koncentryczny ,
- plastikowe opaski zaciskowe, uszczelniacz silikonowy.

eprasa.pl dba03aded3



Zdecydowanie zalecamy stosowanie osprzętu ze stali nierdzewnej (lub w najgorszym przypadku ocynkowanego ogniowo), jak widać na tym zbliżeniu śruby w kształcie litery U i klocka w kształcie V. Armaturę nierdzewną można znaleźć u dostawców branży motoryzacyjnej i w sklepach żeglarskich



Czy masz problemy z wierceniem okrągłych otworów? Lepszym rozwiązaniem będzie wywiercenie otworów nieco poniżej rozmiaru, a następnie rozwiercenie ich na dokładny wymiar za pomocą rozwiertaka stożkowego. Nie masz rozwiertaka stożkowego? Kup go – są przydatne!

W tym momencie antena wygląda już prawie na kompletną. Należy dodać zacisk antenowy, aby umożliwić przymocowanie anteny do masztu, oraz balun 300 Ω na 75 Ω, aby dopasować ją do przewodu koncentrycznego 75 Ω.

Można użyć taśmy 300 Ω, jeśli chcemy (a także jeśli możemy ją dostać!) i pominąć balun, ale aby uzyskać najbardziej wolny od zakłóceń sygnał, zalecamy zastosowanie w instalacji przewodu koncentrycznego. Ponadto taśma 300 Ω niszczy się w warunkach atmosferycznych o wiele szybciej niż przewód koncentryczny.

Niestety, wiele zacisków antenowych jest sprzedawanych z wykończeniem kadmowanym lub pasywowanym. Mają one „złote" wykończenie. Jest on ledwie adekwatny do zastosowań w głębi lądu, ale szybko rdzewieje w powietrzu morskim.

Może się wydawać, że popadamy w paranoję na punkcie korozji, ale ponieważ redakcja SILICON CHIP znajduje się zaledwie około kilometra od morza, doskonale zdajemy sobie sprawę z tego, jak szybko metalowy sprzęt może rdzewieć i korodować.

Jeżeli jest to możliwe, należy kupić cybant i zaciski ocynkowane ogniowo lub ze stali nierdzewnej, takie jakie są stosowane w układach wydechowych samochodów (lub elementy wyposażenia łodzi), ponieważ będą one trwalsze. Należy pamiętać, że armatura cynkowana nie jest tak odporna na rdzę jak galwanizowana. Okucia ocynkowane mają gładki, jasny odcień, podczas gdy cynkowanie ogniowe jest nie do pomylenia – wygląda na dość chropowate.

Jak chorągiewka na wietrze!

Sugerujemy również, aby końce wszystkich elementów i wysięgnika zostały zatkane szczeliwem silikonowym. Dzięki temu nie będą łopotać na wietrze i hałasować. Co więcej, można kupić zaślepki Delrin pasujące do kwadratowych rurek aluminiowych. Te wyglądają schludniej.

Dobrym pomysłem jest także pomalowanie anteny, jeśli mieszka się w miejscu, w którym korozja stanowi problem. Płytka izolacyjna dipola powinna być pomalowana, ponieważ tworzywo akrylowe niszczy się pod wpływem promieniowania słonecznego (UV).

Sugerujemy pozostawienie anteny na około miesiąc, aby poddała się działaniu czynników atmosferycznych, a następnie pomalowanie jej wytrawiaczem. Wykończmy go farbą z dodatkiem aluminium.

Instalacja

Po zakończeniu montażu anteny należy dokładnie przemyśleć jej instalację. Nie ma sensu zadawać sobie trudu, aby ją wykonać, jeśli nie zostanie prawidłowo zainstalowana. Spróbujmy zainstalować nową antenę z dala od istniejących anten telewizyjnych, ponieważ mogą one mieć dość poważny wpływ na jakość odbioru.

Podobnie, panele słoneczne (fotowoltaiczne lub hydrotermiczne), metalowy siding ścienny, pobliskie metalowe rynny, okablowanie elektryczne, metalowe pokrycie dachowe lub folia (tj. izolacja odbijająca światło, np. sizalowa) mogą mieć zły wpływ na działanie anteny.

Nie należy też zapominać o działaniu zbiornika z gorącą wodą, który może się czaić tuż pod dachówkami.

Jeśli mieszkamy przy ruchliwej ulicy, postarajmy się zainstalować antenę jak najdalej od strony domu, gdzie odbywa się ruch. Pomoże to zminimalizować szum związany z zapłonem, powodowany przez przejeżdżające pojazdy. Na koniec należy zainstalować antenę jak najwyżej nad dachem i rynnami. Jeśli stanowi to problem, należy spróbować zainstalować antenę w odległości co najmniej pół długości fali od najbliższego metalowego obiektu, takiego jak rynna lub pokrycie dachowe. Oznacza to odległość około 1,5 metra od orynnowania. Podczas instalacji anteny należy zachować ostrożność.



Ponieważ impedancja złożonej anteny dipolowej wynosi 300 Ω a impedancja przewodu koncentrycznego wynosi 75 Ω, do połączenia przewodu koncentrycznego należy zastosować balun (symetryzator). Konieczne jest zapewnienie wodoszczelności tego połączenia za pomocą pasującej osłony (zwykle dostarczanej z balunem) lub, jeśli to niemożliwe, za pomocą koncentrycznej taśmy uszczelniającej. Zwróćmy uwagę na to, jak mocno przymocowany jest przewód koncentryczny zarówno do wysięgnika anteny, jak i do rury masztu, aby nie trzepotał na wietrze

eprasa.pl dba03aded3



Odbłyśnik i elementy kierujące są mocowane do wysięgnika za pomocą wkrętów samogwintujących. W idealnym przypadku wszystkie śruby, nakrętki i podkładki powinny być wykonane ze stali nierdzewnej, aby uniknąć korozji. Aby sprawdzić, czy śruby są nierdzewne, należy użyć magnesu



Narzędzie do cięcia rur ułatwia przycinanie prętów aluminiowych na odpowiednią długość i wykonywanie prostopadłych cięć. Są one również przydatne, gdy trzeba przyciąć przewody PCW. Są też tanie (nasze kupiliśmy w Bunnings za mniej niż 20 USD)

Szczególnie ważna jest bezpieczna praca z drabinami. Nie spieszmy się i nie podejmujmy ryzyka. Nie chcemy trafić do szpitala.

Ustawmy antenę w taki sposób, aby jej direktory (krótsze elementy) były skierowane na stację(e) FM, która(e) nas interesuje(ą). Być może trzeba będzie zadzwonić do stacji, aby sprawdzić, gdzie znajduje się jej nadajnik, ponieważ rzadko znajduje się on w tym samym miejscu, co studio.

Niestety, nadajniki są często znacznie oddalone od siebie w różnych częściach miast, więc trzeba będzie pójść na kompromis – wycelować w ten, na którym najbardziej nam zależy, lub pomiędzy nie, jeśli jest ich co najmniej dwa. Jeśli jednak jesteśmy naprawdę zdeterminowani, można rozważyć zainstalowanie rotatora, aby uzyskać najlepszy odbiór wszystkich stacji.

Powinno się okazać, że stacje są odbierane głośno i wyraźnie, bez zbytniej dalszej zabawy. Jeśli wszystko, co można uzyskać, to cisza lub słaby odbiór, należy sprawdzić, czy przewód koncentryczny jest prawidłowo podłączony lub czy nie ma w nim zwarcia (zwykle na początku lub na końcu).

Należy pamiętać, że przewód koncentryczny jest stratny, dlatego powinien być jak najkrótszy. A skoro mowa o koncentryku, powinien on być solidnie przymocowany zarówno do wysięgnika anteny, jak i do masztu. W przeciwnym razie będzie on trzepotał na wietrze, co na początku jest irytujące, ale w końcu doprowadzi do uszkodzenia przewodu koncentrycznego. Użyjmy czarnych opasek zaciskowych (nie używajmy białych – są nietrwałe) lub czarnej samowulkanizującej się taśmy izolacyjnej. ■

Leo Simpson

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

REKLAMA



eprasa.pl dba03aded3



Szablony do produkcji PCB i gotowe płytki PCB dostępne są na stronie: https://www.siliconchip.com.au/Issue/2015/December/Speech+Timer+For+Contests+%2526+Debates

Czasomierz przemówień dla konkursów i debat

Jeśli bierzemy udział w szkolnych lub uniwersyteckich konkursach debatanckich albo w programie Toastmasters International, z pewnością zdajemy sobie sprawę z tego, jak ważny jest czasomierz przemówień. Zapewnia terminowość spotkań i wydarzeń, a także zapobiega przedłużaniu przez poszczególnych mówców czasu dla nich przeznaczonego. Prezentowany tutaj zegar jest wyposażony w duży, trzycyfrowy wyświetlacz, trzy duże LEDy oraz brzęczyk. Ponadto jest wyposażony w malutki pilot na podczerwień.

Wstępny impuls do stworzenia tego projektu czasomierza przemówień wyszedł od członka Toastmasters International, który był zaniepokojony prymitywnym czasomierzem używanym w jego klubie. W Polsce jest ponad 75 klubów Toastmasters, których członkowie doskonalą się w sztuce komunikacji, przemawiania, itp. Czy można zaprojektować zegar, który spełniałby zasady Toastmasters International, ale nie byłby wyposażony w stary mechaniczny zegar i trzy prymitywnie przełączane kolorowe lampki?

Oczywiście, że tak! Pamiętajmy, że zasady Toastmasters nie wspominają o trzycyfrowych wyświetlaczach LED – zostały one opracowane ponad 80 lat temu, kiedy baterie węglowo-cynkowe i żarówki były najnowocześniejszą technologią! Mikrokontrolery, diody elektroluminescencyjne i piloty na podczerwień byłyby czymś niewyobrażalnym!

Dlatego nasz czasomierz wystąpień zapewnia podstawowe zielone, bursztynowe i czerwone światła ostrzegawcze oraz ręcznie sterowany alarm końcowy, wymagany w przypadku przemówień zdefiniowanych w zasadach Toastmasters. Zawiera również trzycyfrowy licznik czasu góra/dół, a wszystko to jest sterowane przez tani mikrokontroler.

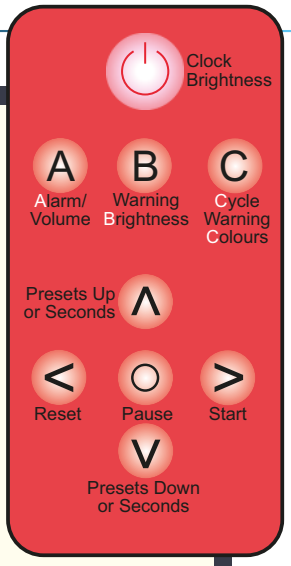
W szczególności wprowadziliśmy predefiniowane przedziały czasowe, które odpowiadają zasadom Toastmasters International dla różnych długości przemówień. W tabeli 1 przedstawiono szczegółowe informacje w oryginalnej wersji językowej.

Czasy te są oparte na zbiorze przepisów dotyczących konkursów przemów od lipca 2015 r. do czerwca 2016 r. Przy okazji, istnieją aplikacje i programy do odmierzania czasu wystąpień na spotkaniach Toastmasters, ale nie są one zbyt przydatne, gdy przemówienia muszą być oglądane przez salę (lub nawet aulę) pełną ludzi. Oczywiście czasomierz przemówień może być również używany do odmierzania czasu przemówień podczas konkursów debatanckich i spotkań. Można go używać wszędzie tam, gdzie potrzebny jest dobrze widoczny cyfrowy zegar. Domyślnie odlicza on w górę,

eprasa.pl dba03aded3

Specyfikacja
Zasilanie: 12 V DC na 100 mA
Pobór prądu: 76 mA typowo przy pełnej jasności; do 100 mA przy włączonym ostrzegawczym LEDzie i alarmie
Alarm dźwiękowy: dźwięk 1,22 kHz modulowany z częstotliwością 200 Hz
Multipleksowanie wyświetlacza: 100 Hz
Sygnalizacja niskiego poziomu naładowania baterii: ostrzeżenie włącza się poniżej 8,8 V i wyłącza powyżej 8,92 V (napięcie próbkowane w odstępach 3,3-sekundowych)
Opóźnienie: ~18 ms od naciśnięcia przycisku pilota na podczerwień do reakcji timera

- Praca z akumulatora lub zasilacza sieciowego prądu stałego
- Odczyt na dużych 7-segmentowych wyświetlaczach
- Ostrzeżenia wizualne za pomocą zielonych, bursztynowych i czerwonych lampek kontrolnych
- Dźwiękowy brzęczyk ostrzegawczy (uruchamiany ręcznie)
- Opcjonalne automatyczne ostrzeżenie wizualne
- Ręczna wizualna i brzęczykowa kontrola ostrzeżeń
- Oddzielne zdublowane światła ostrzegawcze dla zegara i głośnika
- Regulacja jasności głównego wyświetlacza i lampek ostrzegawczych
- Regulacja głośności dźwiękowego sygnału ostrzegawczego
- 99-minutowy maksymalny czas
- Ustawienia wstępne konkursów Toastmasters i inne ustawienia wstępne są zawarte w zestawie
- Wyświetlacz minut i dziesiątek sekund (wyświetlacz sekund jest dostępny)
- Obsługa za pomocą pilota na podczerwień
- Elementy sterujące wyłącznikiem czasowym: resetowanie, wstrzymywanie i uruchamianie
- Niebieski LED potwierdzenia do sygnalizacji w podczerwieni
- Wskaźnik niskiego poziomu naładowania baterii



Rysunek 1. Ta grafika jprzedstawia przyporządkowanie przycisków na obudowie pilota

ale można też ustawić go na odliczanie w dół (patrz panel w dalszej części artykułu).

Prezentacja

Czasomierz przemówień Silicon Chip jest umieszczony w plastikowej obudowie z trzycyfrowym, 7-segmentowym wyświetlaczem LED na przedniej ściance. Po prawej stronie znajdują się trzy duże LEDy, ułożone jak światła drogowe – czerwone na górze, bursztynowe w środku i zielone na dole stosu. Są one powielane z tyłu obudowy, wraz z małym głośnikiem, który zapewnia brzęczyk kończący wystąpienie.

Czasomierz przemówień można umieścić w pomieszczeniu tak, aby publiczność widziała trzycyfrowy wyświetlacz czasomierza, natomiast mówca widział tylko zielone/bursztynowe/czerwone LEDy, kiedy są zapalone.

Czasomierz przemówień może być zasilany z wewnętrznej baterii (osiem ogniw alkalicznych AA) lub z zasilacza sieciowego 12 V prądu stałego. Zamiast ogniw alkalicznych można również użyć ogniw NiMH lub niklowo-kadmowych, które można ładować przez wtyczkę 12 V.

Zdalne sterowanie

Poza włącznikiem/wyłącznikiem umieszczonym w pobliżu gniazda wtyczki prądu stałego, urządzenie nie ma żadnych elementów sterujących. Zamiast tego wszystkie funkcje są ustawiane za pomocą malutkiego pilota, wyprodukowanego przez firmę SparkFun.

Pilot ma wymiary zaledwie 80×40×7 mm i jest zasilany ogniwem 3 V CR2025. Ma dziewięć przycisków, a właściwie małych kopułek zatrzaskowych. Te przyciski to Zasilanie (przedstawione jako logo w kształcie okręgu z kreską na górze), A, B i C oraz tablica pięciu przycisków. Przyciski zostały przypisane w sposób przedstawiony na rysunku 1. Przycisk zasilania służy do sterowania jasnością wyświetlacza, natomiast przyciski A, B i C służą do sterowania wskaźnikami ostrzegawczymi: A do ręcznego włączania alarmu, B do jasności ostrzegawczych LEDów, a C do ręcznego przełączania między diodami ostrzegawczymi. Funkcje pozostałych pięciu przycisków zostały opisane w dalszej części artykułu.

Maleńki niebieski LED na panelu przednim czasomierza przemówień miga, potwierdzając sygnały z pilota na podczerwień, a także pełni funkcję wskaźnika niskiego poziomu baterii, świecąc, gdy napięcie baterii jest niskie.

Opis układu

Na rysunku 2 pokazano kompletny schemat czasomierza przemówień. Układ bazuje na mikrokontrolerze PIC16F88 (IC1), który steruje trzycyfrowym, 7-segmentowym wyświetlaczem LED oraz diodami ostrzegawczymi (przez tranzystory Q1–Q8 oraz IC2 i IC3). Układ IC1 monitoruje także wyjście z odbiornika podczerwieni (IRD1) oraz napięcie zasilania. Każdy segment wyświetlacza LED składa się z czterech szeregowo połączonych LEDów rozmieszczonych w równych odstępach od siebie, a na kropce dziesiętnej znajdują się dwa szeregowo połączone LEDy. Gdy segment jest włączony, na czterech szeregowo połączonych LEDach zwykle występuje napięcie 7–8 V.

Stanowi to problem projektowy, ponieważ układ IC1 wymaga zasilania napięciem 5 V, podczas gdy wyświetlacze muszą być zasilane napięciem 12 V. Rozwiązaliśmy ten problem, łącząc dodatnią szynę zasilania (Vdd) układu IC1 z szyną zasilania +12 V, podczas gdy jego szyna ujemna jest zasilana z trójkońcówkowego stabilizatora 7905.

Linie anodowe segmentów wyświetlacza trzycyfrowego są sterowane przez tranzystory PNP Q1–Q8 (dla siedmiu segmentów plus kropki dziesiętne). Emiter każdego tranzystora jest podłączony do zasilania +12 V, a kolektor do anody segmentu przez rezystor ograniczający prąd 82 Ω lub przez rezystor 180 Ω dla separatora dziesiętnego (przecinka). Każda linia segmentowa jest wysterowana, gdy baza jej tranzystora jest ściągnięta do niskiego poziomu przez odpowiednie wyjście układu scalonego IC1. Gdy baza jest w stanie wysokim (tzn. +12 V), tranzystor jest wyłączany i segmenty są wyłączone.

Jak pokazano na schemacie, wyjścia RA3, RA4, RB1, RB2, RB4, RA0, RB7 i RA2 układu IC1 są połączone z bazami tranzystorów Q1–Q8 przez rezystory 470 Ω. Trzy wyświetlacze 7-segmentowe ze wspólną katodą są multipleksowane. Oznacza to, że siedem segmentów anodowych i separator dziesiętny cyfr są sterowane przez osiem tranzystorów, a następnie każda cyfra jest włączana na około jedną trzecią czasu poprzez podciągnięcie w dół wspólnej katody.

Aby cyfra mogła świecić, jej wspólna katoda musi być podłączona do linii 0 V zasilania 12 V. Nie można tego jednak zrobić bezpośrednio przez żadne z wyjść układu IC1, ponieważ ujemna szyna (GND) układu IC1 jest tylko o 5 V niższa od szyny zasilania +12 V. Układ wymaga więc przesunięcia poziomu z ujemnej szyny IC1 do 0 V.

Układy IC2 i IC3 spełniają ten warunek i jednocześnie sterują połączeniami wspólnej katody. Układ scalony IC2 to analogowy jednobiegunowy przełącznik 8-kierunkowy

eprasa.pl dba03aded3

Table 1. Preset & Manual Time Periods (Counting Up)

Type	Length (minutes) (Display when unit reset)	Green Warning (elapsed minutes)	Amber Warning (minutes or minutes:seconds)	Red warning (elapsed minutes)	Disqualification Minimum Period (minutes:seconds)	Disqualification Maximum Period (minutes:seconds)
Any (manually operated)	0:0	when selected	when selected	when selected		
Table Topics*	1-2	1	1:30	2	1:00	2:30
Evaluation*	2-3	2	2:30	3	1:30	3:30
Tall Tales*	3-5	3	4	5	2:30	5:30
International & Humorous*	5-7	5	6	7	4:30	7:30
Speech1	10'	7	9	10		
Speech2	15'	10	13	15		
Speech3	20'	15	18	20		
Speech4	30'	20	25	30	* Denotes Toastmasters contests.	
Speech5	40'	30	35	40	' is the symbol for minutes	
Speech6	50'	40	45	50		
Speech7	60'	50	55	60		
Speech8	70'	60	65	70		
Speech9	80'	70	75	80		
Speech10	90'	80	85	90		

4051, który jest używany jako jednobiegunowy przełącznik 4-kierunkowy. Układ scalony IC2 może podłączyć swój wspólny kontakt „Z" na pinie 3 do jednej z końcówek Y0, Y1, Y2 i Y3. To, które połączenie zostanie wykonane, zależy od poziomu logicznego na wejściach A0 i A1, co jest kontrolowane przez układ scalony IC1.

Układ scalony IC2 ma oddzielne szyny zasilające dla wejść sterujących (Vss) i dla wyjścia przełączającego (Vee). Vss, Pin 8, jest podłączony do masy, czyli ujemnego przewodu zasilającego IC1, natomiast Vee jest dołączony do szyny 0 V. Układ scalony IC2 wykonuje więc operację zmiany poziomu sygnału.

Wejścia A0 i A1 układu IC2 są sterowane odpowiednio z wyjść RB6 i RB5 układu IC1. Gdy oba wejścia są w stanie niskim, wyjście Y0 układu IC2 łączy się ze wspólnym stykiem Z układu IC2 i jest podciągane do stanu wysokiego przez rezystor 4,7 kΩ. Wyjście to steruje następnie wejściem 4B układu scalonego IC3. Układ IC3 to sterownik otwartego kolektora tranzystora 7-darlingtonowego ULN2003. Używamy czterech takich tranzystorów Darlingtona do osobnego sterowania wspólnej katody wyświetlaczy 7-segmentowych oraz wspólnej katody LEDów „świateł drogowych" 1–6 i LEDa potwierdzenia/niskiego poziomu baterii (LED7). Gdy 4B jest wysterowany, kolektor 4C (pin 13) łączy masę wspólną wyświetlacza DISP1 do 0 V, dzięki czemu cyfra świeci.

Inne kombinacje wejść A1 i A2 wybierają tranzystory Darlingtona na wejściach IN5, IN2 i IN3. Na przykład, gdy A1 i A2 są w stanie wysokim, wyjście Y3 układu IC2 powoduje wysterowanie wyjścia 5B układu IC3. Kolektor 5C układu IC3 łączy wtedy wspólny punkt DISP2 do napięcia 0 V i zapala się druga cyfra, itd.

Wywołujemy DISP1 przez 2,5 ms, następnie DISP2, DISP3 i LEDy, wszystkie przez ten sam okres 2,5 ms.

Migający wyświetlacz dwukropka

Zwróćmy uwagę, że połączenia z DISP3 są pomieszane w porównaniu z połączeniami z DISP1 i DISP2. Na przykład segment „A" elementu DISP1 jest połączony z segmentem „A" elementu DISP2, ale to z kolei łączy się z segmentem „F" elementu DISP3. Wynika to częściowo z faktu, że DISP3 jest zamontowany do góry nogami w porównaniu z pozostałymi, dzięki czemu między DISP2 i DISP3 można uzyskać migający dwukropek.

Połączenia z DISP3 również zostały wykonane w taki sposób, aby wzór płytki drukowanej był praktyczny. To, które segmenty są wysterowane dla poszczególnych wyświetlaczy, jest określone w oprogramowaniu dla IC1, więc różne połączenia dla DISP3 nie mają znaczenia. Do sterowania wyświetlaczami i LEDami stosuje się kilka różnych wartości rezystorów. W przypadku segmentów używamy 82 Ω, ale dla separatora dziesiętnego (przecinka) dla DISP1-DISP3 zastosowano rezystor 180 Ω. Dzieje się tak dlatego, że separatory dziesiętne mają tylko dwie diody, w porównaniu do czterech w segmentach.

Podobna uwaga dotyczy LEDów wskaźników, w przypadku których wartości rezystorów są tak dobrane, aby uzyskać jasność podobną do jasności wyświetlaczy 7-segmentowych. Do podłączenia czerwonego i bursztynowego LEDa użyto rezystorów 330 Ω. Zielone LEDy są znacznie jaśniejsze przy tym samym natężeniu prądu, dlatego natężenie prądu w nich jest dodatkowo zmniejszane za pomocą rezystorów 1 kΩ. Dla niebieskiej diody LED7 zastosowano rezystor ograniczający prąd 470 Ω. Przyciemnienie uzyskuje się przez wyłączenie wyświetlaczy na część normalnego okresu włączenia wynoszącego 2,5 ms.

Odbiornik podczerwieni

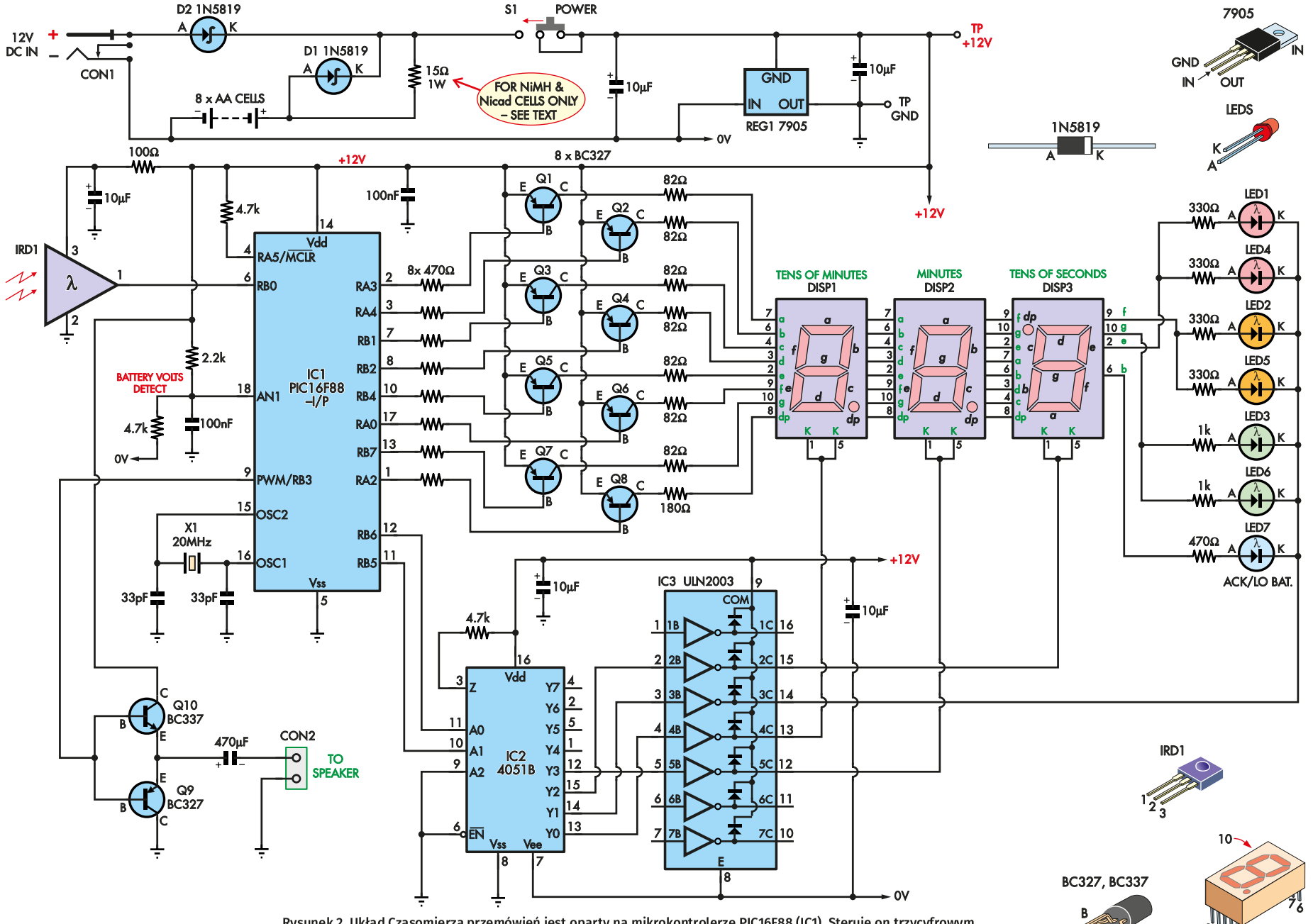
Odbiornik podczerwieni IRD1 odbiera sygnał wysyłany przez pilota SparkFun. Dla każdego przycisku z pilota jest nadawany unikalny kod, a sygnał podczerwieni jest wysyłany w impulsach o częstotliwości 38 kHz z wykorzystaniem kodowania znanego jako Pulse Distance Protocol.

Moduł IRD1 zawiera wzmacniacz i demodulator. Demodulacja usuwa składową 38 kHz, wyjście pinu 1 IRD1 przechodzi w stan niski, gdy odbiera pulsujący sygnał 38 kHz, a w stan wysoki, gdy nie odbiera sygnału.

Układ IC1 dekoduje sygnał przychodzący z IRD1 i reaguje na każdy prawidłowo zakodowany sygnał. Na przykład naciśnięcie przycisku „A" na pilocie spowoduje włączenie głośnika. Jego sygnał alarmowy składa się z sygnału o częstotliwości 1,22 kHz modulowanego z częstotliwością 200 Hz.

Ten sygnał o częstotliwości 1,22 kHz jest wytwarzany przez wyjście PWM

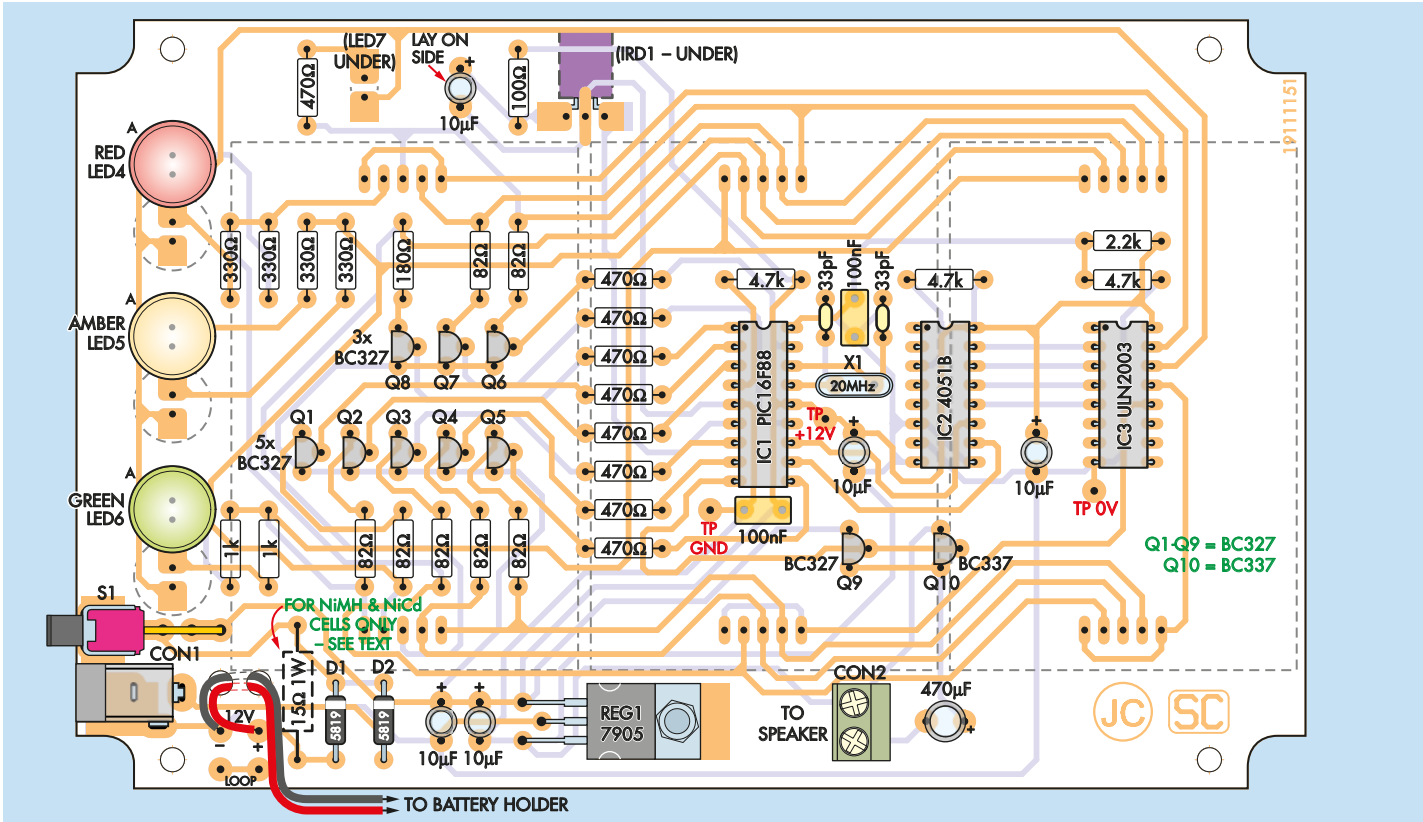
eprasa.pl dba03aded3



Rysunek 2. Układ Czasomierza przemówień jest oparty na mikrokontrolerze PIC16F88 (IC1). Steruje on trzycyfrowym, 7-segmentowym wyświetlaczem LED, sześcioma diodami ostrzegawczymi (LED1-6) za pośrednictwem tranzystorów Q1-Q8 oraz układów IC2 i IC3. Układ IC1 monitoruje także wyjście z odbiornika podczerwieni (IRD1) oraz napięcie zasilania

SPEECH TIMER

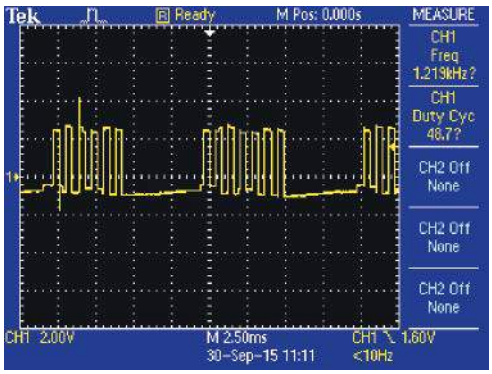
eprasa.pl dba03aded3



Rysunek 3. Należy postępować zgodnie z tym schematem, aby zainstalować elementy z tyłu płytki drukowanej. Należy zwrócić uwagę, że kołki PC są instalowane w trzech punktach testowych (TP) oraz w miejscach, w których znajdują się diody LED4-LED6. Diody LED4-6 są następnie montowane na płytce drukowanej, jak opisano w tekście

(modulacja szerokości impulsu) na pinie 9 układu scalonego IC1. Sygnał jest buforowany za pomocą komplementarnych tranzystorów Q9 i Q10 i dołączany do głośnika za pośrednictwem kondensatora 470 µF. Głośność jest ustalana na podstawie rzeczywistej szerokości impulsu sygnału, przy czym 50% cyklu pracy zapewnia maksymalną głośność.

Na załączonym oscylogramie przedstawiono przebieg sygnału z głośnika podczas emitowania alarmu o maksymalnej głośności. Sygnał alarmowy składa się z sześciu lub siedmiu cykli tonu o częstotliwości 1,22 kHz, włączanego i wyłączanego co 5 ms.



Ten fragment oscylogramu pokazuje modulowany sygnał o częstotliwości 1,22 kHz wydobywający się z głośnika, gdy alarm jest emitowany z pełną głośnością

Sygnał zegara

Układ scalony IC1 pracuje z częstotliwością 20 MHz z wykorzystaniem kryształu X1, aby zapewnić dokładność odmierzania czasu. Częstotliwość 20 MHz jest stosowana zamiast niższej częstotliwości, np. 4 MHz, ponieważ oprogramowanie wymaga znacznego przetwarzania, aby bez zakłóceń sterować wyświetlaczami, aktualizować zegar i dekodować sygnał podczerwieni.

Napięcie akumulatora jest monitorowane na wejściu analogowym AN1 (styk 18) układu scalonego IC1 za pośrednictwem dzielnika rezystancyjnego o rezystancji 2,2 kΩ i 4,7 kΩ. Układ scalony IC1 przekształca monitorowane napięcie akumulatora na wartość cyfrową i porównuje ją z progiem niskiego napięcia akumulatora wynoszącym 8,8 V. Jeśli napięcie akumulatora jest niskie, dioda LED7 świeci światłem ciągłym, na niskim poziomie. Dioda LED7 również miga, gdy układ IC1 odbierze prawidłowy sygnał z pilota.

Jak już wcześniej wspomniano, układ może być zasilany z gniazdka 12 V prądu stałego lub z baterii składającej się z ośmiu ogniw AA. Są one połączone z przełącznikiem zasilania S1 za pomocą diod Schottky'ego D1 i D2. Diody te zapewniają ochronę przed odwrotną polaryzacją i izolują zasilanie 12 V z wtyczki od ogniw AA. D2 może być zwykłą diodą 1N4004, ale aby uniknąć pomyłek przy montażu D1 i D2, zastosowano diodę Schottky'ego. Między akumulatorem a zasilaniem 12 V za D2 można zamontować rezystor 15 Ω 1 W, aby umożliwić ładowanie podtrzymujące ogniw NiMH lub Nicad. Rezystor ten należy pominąć, jeżeli wykorzystywane są ogniwa alkaliczne.

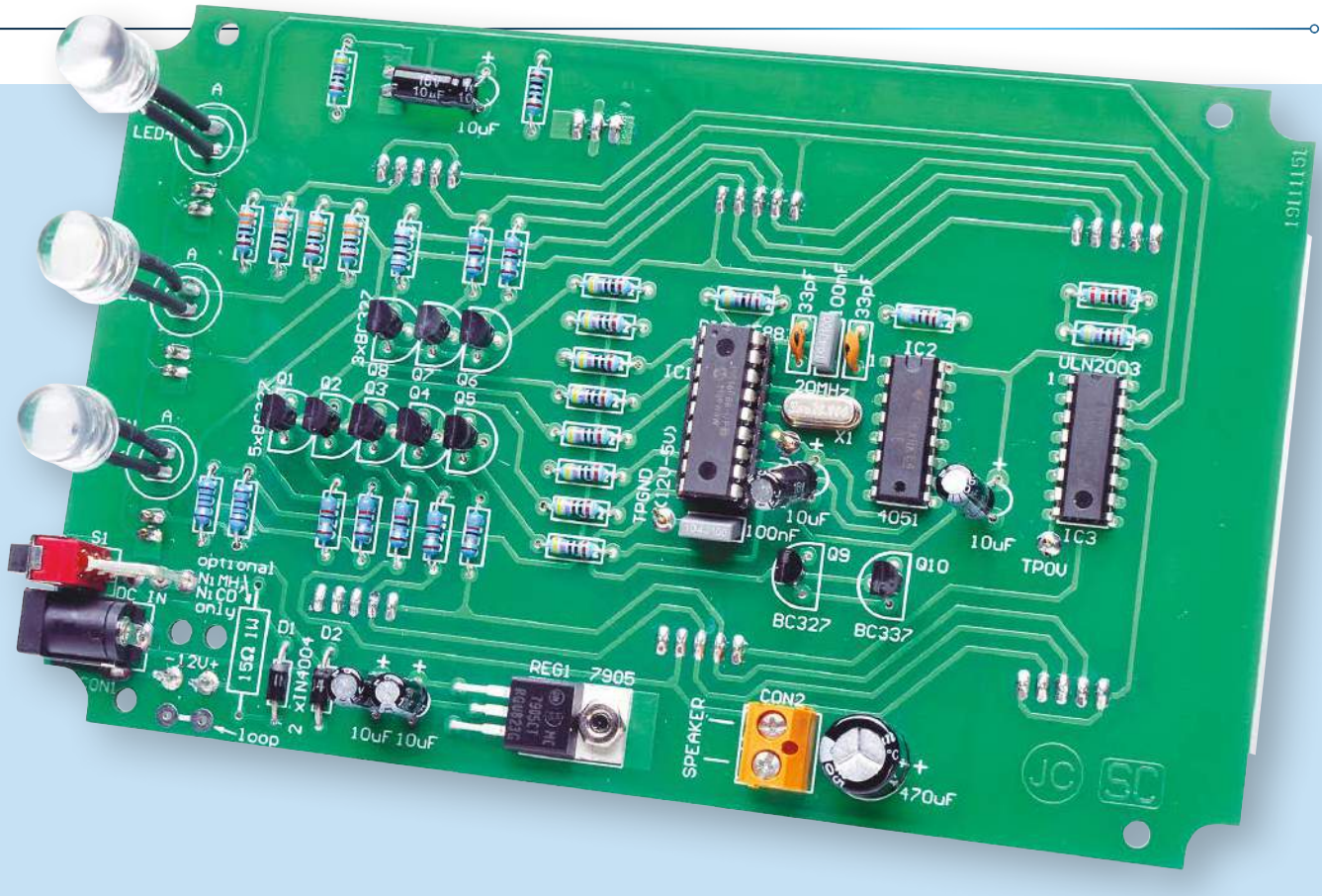
REG1 to stabilizator ujemny 7905, który dostarcza napięcie 5 V do układu scalonego IC1. Jak pokazano na rysunku, na wejściu i wyjściu tego stabilizatora znajdują się kondensatory odsprzęgające zasilanie o pojemności 10 µF, natomiast zasilanie układu IC1 (styk 14) jest dodatkowo odsprzęgnięte kondensatorem 100 nF.

Montaż

Budowa czasomierza przemówień jest prosta, ponieważ wszystkie elementy są zamontowane na dwustronnej płytce drukowanej oznaczonej kodem 19111151 (162,5×102 mm). Jest on umieszczony w plastikowej obudowie UB2 (197×113×63 mm), z pokrywą zastąpioną czerwoną przezroczystą płytą Perspex lub akrylową. Alternatywnie można wykonać wycięcie w pokrywie dostarczanej z obudową i zamontować w tym wycięciu przezroczyste okienko.

Jak pokazano na rysunkach 3 i 4, elementy są montowane po obu stronach płytki

eprasa.pl dba03aded3



Ten widok przedstawia w pełni zmontowaną płytkę drukowaną. Rezystor 15 Ω 1 W na dole po lewej stronie jest montowany tylko wtedy, gdy w urządzeniu użyte są ogniwa NiMH lub Nicad. Należy pamiętać o pominięciu tego rezystora, jeśli zamierza się używać ogniw alkalicznych

drukowanej. Większość elementów jest zamontowana z tyłu płytki drukowanej, natomiast z przodu znajdują się trzy 7-segmentowe wyświetlacze LED (DISP1-DISP3) oraz pięć innych elementów, w tym odbiornik podczerwieni (IRD1). Rozpocznijmy montaż Czasomierza przemówień od elementów z tyłu płytki drukowanej – patrz rysunek 3. Najpierw można włożyć oporniki, zwracając uwagę na to, aby w każdym miejscu znalazła się właściwa wartość. W tabeli 2 przedstawiono kody oznaczeń kolorystycznych rezystorów, ale przed wlutowaniem każdego z nich należy sprawdzić go za pomocą cyfrowego multimetru (DMM). Zauważmy, że rezystor 15 Ω 1 W instaluje się tylko wtedy, gdy zamierzamy używać czasomierza przemówień z ogniwami NiMH lub Nicad. NIE NALEŻY instalować tego rezystora, jeśli będą używane ogniwa alkaliczne.

Następnie można zamontować diody D1 i D2, a potem 18-stykowe gniazdo DIL dla układu IC1. Przed przylutowaniem tych elementów do płytki drukowanej należy upewnić się, że są one prawidłowo zorientowane. Następnie można zamontować układy IC2 i IC3, które mogą być bezpośrednio wlutowane na miejsce lub zamontowane za pomocą 16-stykowych gniazd.

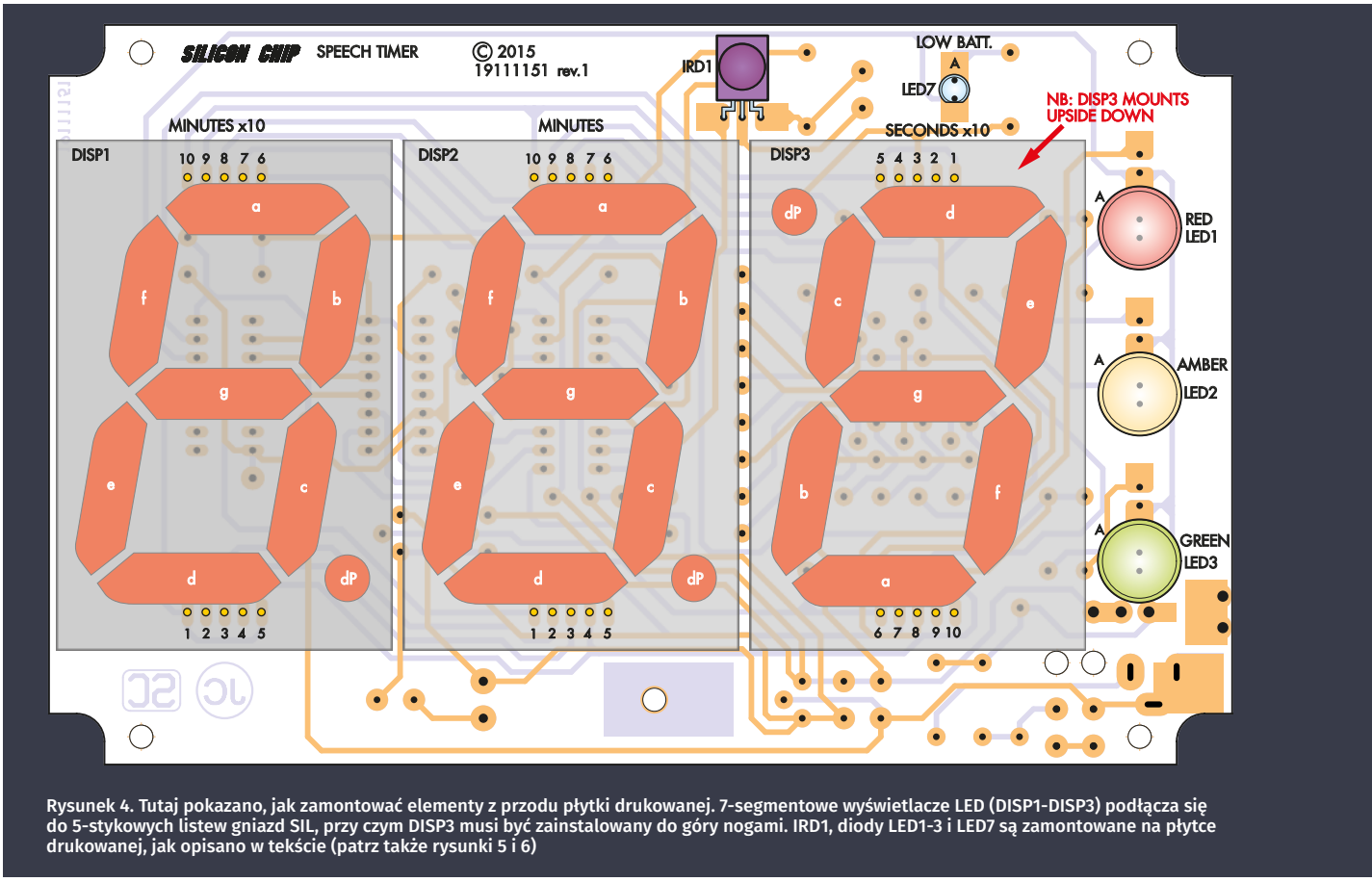
Następny na liście jest stabilizator REG1. Jak pokazano na rysunku, ten element jest montowany poziomo, a jego wyprowadzenia są wygięte pod kątem 90°, aby pasowały do przydzielonych otworów. Przed przylutowaniem wyprowadzeń przymocujmy płytkę stabilizatora do płytki drukowanej za pomocą śruby M3×6 mm i nakrętki. Nie lutujmy najpierw wyprowadzeń – może to spowodować pęknięcie ścieżek lub podkładek płytki drukowanej, ponieważ zakładka jest przymocowana do podłoża.

Teraz można zamontować kwarc X1. Jest on zamontowany tuż na prawo od IC1 i można go wsunąć w dowolną stronę. Po wykonaniu tych czynności należy zamontować kołki PC w miejscach zasilania 12 V w pobliżu CON1 (w celu podłączenia przewodów akumulatora), w miejscach TP 12 V, TP GND i TP 0 V oraz w miejscach LED4–LED6.

Tabela 2. Kody oznaczeń kolorystycznych rezystorów

	Nr	Wartość	Kod 4-pasmowy (1%)	Kod 5-pasmowy (1%)
❑	3	4,7 kΩ	żółty fioletowy czerwony brązowy	żółty fioletowy czarny brązowy brązowy
❑	1	2,2 kΩ	czerwony czerwony czerwony brązowy	czerwony czerwony czarny brązowy brązowy
❑	2	1 kΩ	brązowy czarny czerwony brązowy	brązowy czarny czarny brązowy brązowy
❑	9	470 Ω	żółty fioletowy brązowy brązowy	żółty fioletowy czarny czarny brązowy
❑	4	330 Ω	pomarańczowy pomarańczowy brązowy brązowy	pomarańczowy pomarańczowy czarny czarny brązowy
❑	1	180 Ω	brązowy szary brązowy brązowy	brązowy szary czarny czarny czarny brązowy
❑	1	100 Ω	brązowy czarny brązowy brązowy	brązowy czarny czarny czarny czarny brązowy
❑	7	82 Ω	szary czerwony czarny brązowy	szary czerwony czarny złoty brązowy
❑	1	15 Ω	brązowy zielony czarny brązowy	brązowy zielony czarny złoty złoty brązowy

eprasa.pl dba03aded3

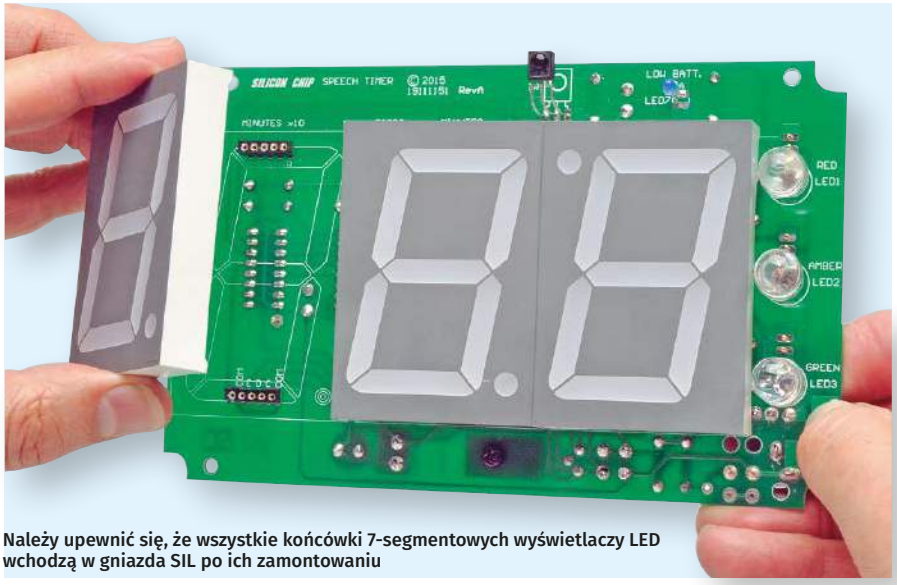


Rysunek 4. Tutaj pokazano, jak zamontować elementy z przodu płytki drukowanej. 7-segmentowe wyświetlacze LED (DISP1-DISP3) podłącza się do 5-stykowych listew gniazd SIL, przy czym DISP3 musi być zainstalowany do góry nogami. IRD1, diody LED1-3 i LED7 są zamontowane na płytce drukowanej, jak opisano w tekście (patrz także rysunki 5 i 6)

Następnym krokiem jest zamontowanie tranzystorów Q1–Q10. Należy zauważyć, że wszystkie Q1–Q9 to BC327, a Q10 to BC337. Upewnijmy się, że BC337 znajduje się w miejscu Q10. Upewnijmy się także, że wierzchołki tranzystorów znajdują się nie więcej niż 10 mm nad płytką drukowaną. W przeciwnym razie będą one później przeszkadzać ogniwom AA (jeśli są zamontowane).

Teraz czas na kondensatory. Zamontujmy je tak, jak pokazano na rysunku, upewniając się, że typy elektrolityczne są prawidłowo zorientowane. Zwróćmy uwagę, że kondensator elektrolityczny 10 µF u góry po lewej stronie musi być zainstalowany płaską stroną do płytki drukowanej (patrz zdjęcie), aby później nie przeszkadzał ogniwom AA. Następnie podłączmy gniazdo prądu stałego (CON1), blok zacisków śrubowych (CON2) i przełącznik S1. Upewnijmy się, że CON2 jest zamontowany stroną z wejściami przewodów w kierunku REG1.

Na tym kończy się montaż z tyłu płytki drukowanej, z wyjątkiem diod LED4–6. Zostawmy je na później.



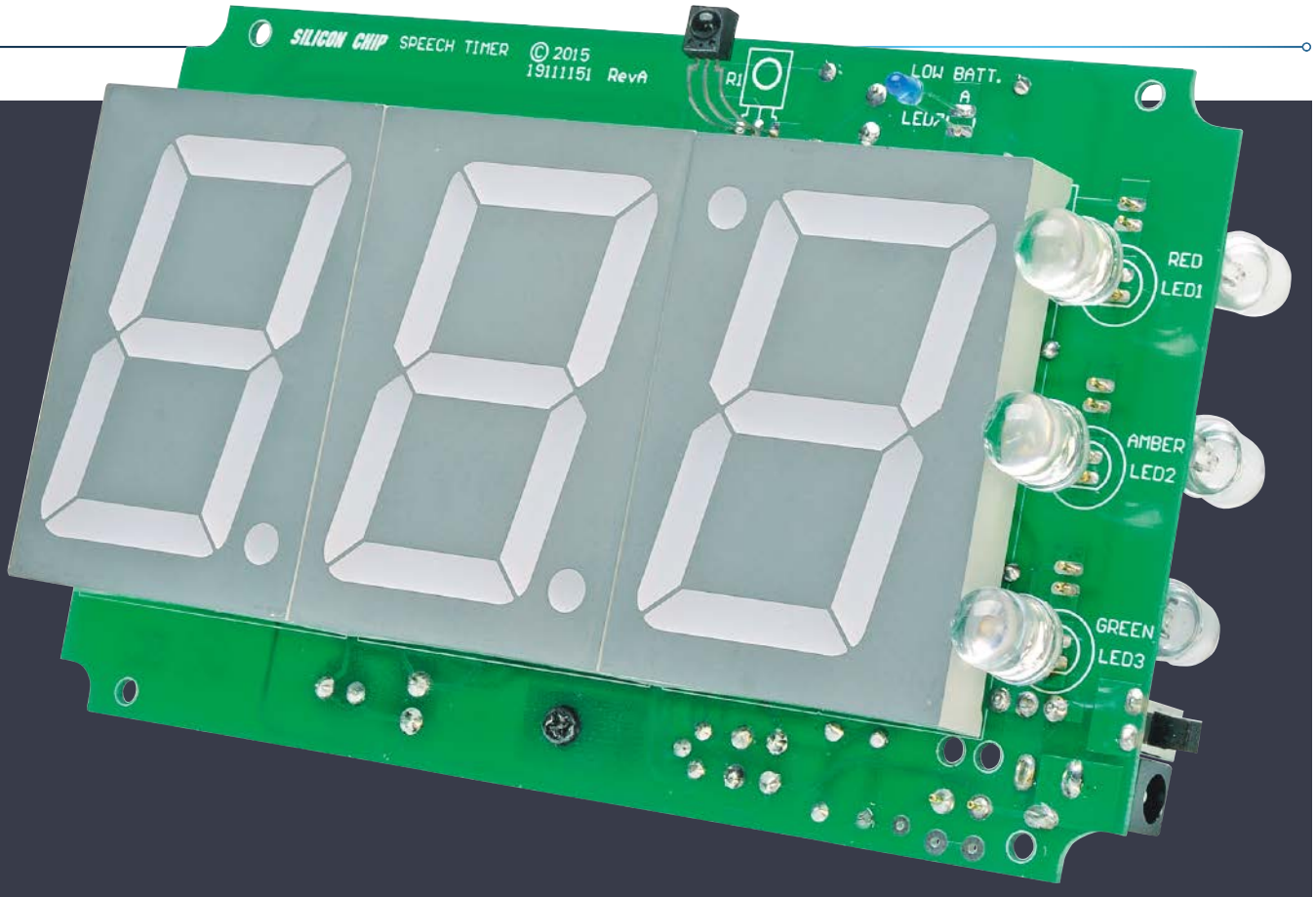
Należy upewnić się, że wszystkie końcówki 7-segmentowych wyświetlaczy LED wchodzą w gniazda SIL po ich zamontowaniu

Montaż przedniej strony płytki drukowanej

Na rysunku 4 pokazano jak zamontować elementy z przodu płytki drukowanej. Pierwszym krokiem jest zamontowanie sześciu 5-stykowych listew SIL (single in-line) do zamocowania trzech wyświetlaczy 7-segmentowych. Te listwy wycina się z trzech 14-pinowych gniazd IC, a ich krawędzie należy wygładzić w miejscach cięcia przed montażem. Przed przylutowaniem pinów należy docisnąć listwy gniazd do płytki drukowanej, tak aby równo do niej przylegały.

Następnie, za pomocą obcinaczek, należy przyciąć końcówki każdego z wyświetlaczy 7-segmentowych do długości 4 mm. Najlepiej zrobić to, wycinając najpierw kawałek tektury o szerokości 4 mm, a następnie przytrzymując go przy pinach podczas przycinania. Nie należy jednak jeszcze montować wyświetlaczy. Wykonuje się to po zamontowaniu pozostałych części po tej stronie płytki drukowanej. LEDy 1–3 mogą zostać zamontowane jako pierwsze.

eprasa.pl dba03aded3



Upewnij się, że LEDy i trzy wyświetlacze 7-segmentowe są prawidłowo zorientowane. Należy pamiętać, że DISP3 jest zamontowany do góry nogami, aby uzyskać migający dwukropek. Do sprawdzenia kolorów LEDów można użyć funkcji testu diody na cyfrowym multimetrze (patrz tekst)

Muszą one być prawidłowo zorientowane, z dłuższymi przewodami anodowymi skierowanymi do pozycji „A" i muszą być zamontowane na końcówkach o długości 12 mm.

Wszystkie LEDy są dostarczane z przezroczystymi soczewkami, więc trzeba się zorientować, która z nich jest czerwona, która bursztynowa, a która zielona. Można to łatwo zrobić, korzystając z funkcji testowania diod na multimetrze cyfrowym. Każdy LED powinien świecić, gdy sondy multimetru cyfrowego są podłączone z prawidłową polaryzacją (tzn. czerwona do anody, czarna do katody).

Do ustawienia wysokości LEDów użyjmy tekturowego odstępnika o szerokości 12 mm. Wystarczy wsunąć odstępnik między wyprowadzenia, wcisnąć LED na element dystansowy, a następnie lekko przylutować jedno z wyprowadzeń. Następnie można przylutować drugie wyprowadzenie, po czym dodać dodatkowy lut do pierwszego wyprowadzenia.

Po zamontowaniu wszystkich LEDów na swoich miejscach należy pobielić ich nóżki od płytki drukowanej do miejsca tuż przed plastikowymi soczewkami. Usztywni to wyprowadzenia i uniemożliwi wepchnięcie LEDów od strony panelu przedniego po zamontowaniu płytki drukowanej w obudowie. Alternatywnie, przed zamontowaniem LEDów, można zamocować na ich nóżkach rurki termokurczliwe o długości 12 mm i średnicy 1 mm (wyeliminuje to konieczność docinania kartonowych odstępników).

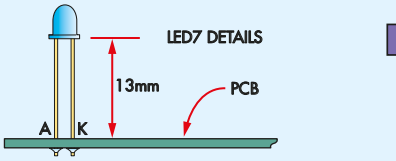
W podobny sposób montuje się diodę LED7 na nóżkach o długości 13 mm (Rys. 5). Również w tym przypadku nóżka anodowa jest dłuższa, a na plastikowym korpusie znajduje się płaska strona przylegająca do katody.

Teraz przejdźmy do odbiornika podczerwieni. Na Rys. 6 pokazano sposób montażu tego elementu. Najpierw należy wygiąć wyprowadzenia pod kątem 90° dokładnie 5 mm od korpusu, a następnie dopasować je do płytki drukowanej na 15 mm długości pionowych wyprowadzeń (do tego celu należy użyć tekturowego odstępnika o szerokości 15 mm). Dobrze jest najpierw lekko przylutować jedno wyprowadzenie, a następnie sprawdzić, czy wszystko jest w porządku, po czym przylutować pozostałe dwa styki i odświeżyć pierwszy styk dodatkowym lutem.

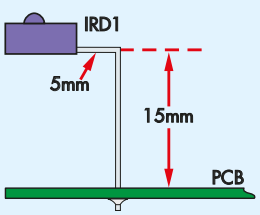
Montaż diod LED4-6

Teraz można odwrócić płytkę drukowaną i zamontować diody LED4–6. Diody te muszą być zamontowane tak, aby ich plastikowe korpusy znajdowały się 34 mm nad płytką drukowaną, a w tym celu konieczne jest przylutowanie ich wyprowadzeń do pionów z ocynowanego drutu miedzianego.

Pierwszym krokiem jest zamocowanie 35-milimetrowych odcinków ocynowanego drutu miedzianego o średnicy 1 mm do sześciu kołków PC w miejscach, w których znajdują się LEDy. Upewnijmy się, że druty są idealnie proste i pionowe. Można wyprostować ocynowany drut miedziany, zaciskając jeden koniec w imadle, a następnie lekko go rozciągając, ciągnąc za drugi koniec kombinerkami. Gdy piony są już na miejscu, należy wyciąć pasek kartonu o szerokości 34 mm i użyć go jako prowadnicy do przycięcia długości przewodów, tak aby ich

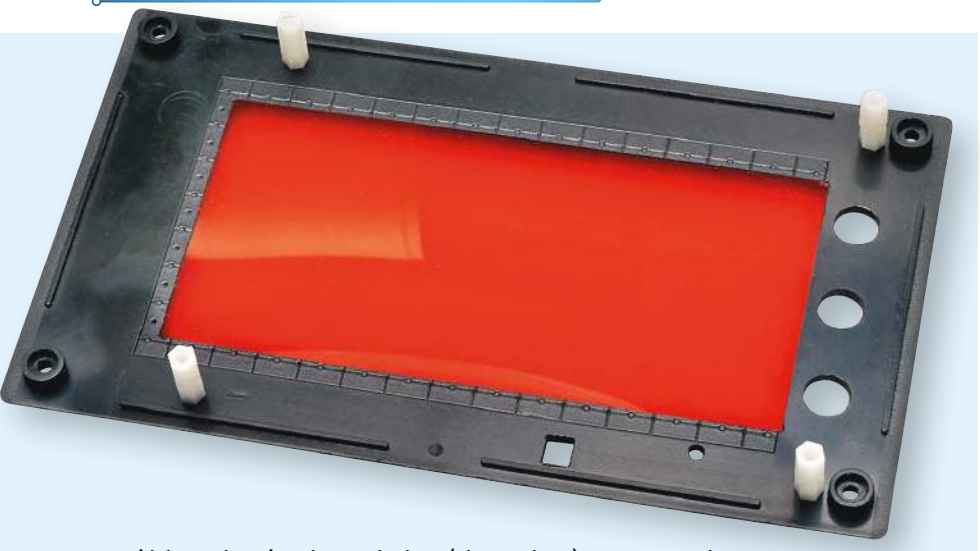


Rysunek 5. Dioda LED7 jest umieszczona poza płytką drukowaną na nóżkach o długości 13 mm, jak pokazano tutaj



Rysunek 6. Szczegóły montażu IRD1. Jego korpus znajduje się 15 mm powyżej płytki drukowanej

eprasa.pl dba03aded3



Ten widok przedstawia pokrywę obudowy (płytę czołową) z czerwonym oknem Perspex na miejscu oraz wywiercone i wycięte otwory na diody LED i IRD1

końce znajdowały się dokładnie 34 mm nad płytką drukowaną.

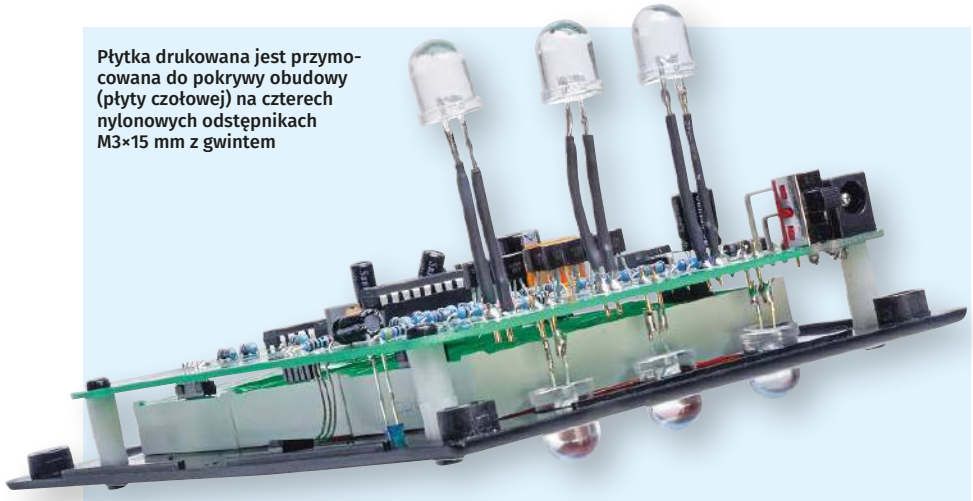
Następnym krokiem jest przycięcie sześciu odcinków o długości 25 mm z rurki termokurczliwej o średnicy 2 mm. Następnie należy je nasunąć na piony i kołki PC, pozostawiając u góry obnażone końce drutu o długości 9 mm. Ostatnim krokiem jest zamontowanie LEDów. Podobnie jak poprzednio, aby rozróżnić kolory, należy najpierw skorzystać z funkcji testu diod w multimetrze cyfrowym. Po wykonaniu tych czynności zamontujmy diodę LED4, najpierw wprowadzając jej nóżki do rurek termokurczliwych. Wciśnijmy je do końca, aż korpus LEDa zetknie się z górnymi krawędziami rurek, a następnie przylutujmy każdą nóżkę do drutów pomiędzy rurką termokurczliwą a korpusem diody. Powtórzmy tę procedurę dla diod LED 5 i 6, zwracając uwagę na prawidłowe ułożenie diod. Na koniec należy zakończyć montaż płytki drukowanej, podłączając trzy wyświetlacze 7-segmentowe (DISP1-DISP3). Jest tylko jedna rzecz, na którą trzeba uważać: DISP3 musi być zamontowany do góry nogami, tak aby jego separator dziesiętny znajdował się u góry po lewej stronie (patrz rysunek 4). Jak wyjaśniono wcześniej, jest to wykonywane w celu uzyskania migającego dwukropka pomiędzy DISP2 a DISP3.

Należy pamiętać, że po zamontowaniu, górne powierzchnie wyświetlaczy powinny znajdować się 15 mm nad płytką drukowaną. Sprawdźmy, czy tak jest. Jeśli nie, sprawdźmy, czy zostały zamontowane 5-stykowe listwy gniazd SIL i czy wszystkie końcówki wyświetlacza zostały prawidłowo przycięte do 4 mm, jak opisano wcześniej.

Połączenia oprawki baterii

Jak pokazano na rysunku 3, przewody z uchwytu baterii są przewlekane przez dwa otwory w płytce drukowanej. Następnie należy je przylutować do kołków zasilacza, przy czym czerwony przewód należy przylutować do zacisku dodatniego, a czarny – do ujemnego.

Jeśli zamiast pojedynczej oprawki 8 AA używa się dwóch oprawek 4 AA, konieczne będzie ich połączenie szeregowe. W tym celu należy połączyć czerwony przewód z jednej oprawki z czarnym przewodem z drugiej. Najłatwiejszym sposobem jest przeprowadzenie czerwonego i czarnego przewodu przez dwa otwory i podłączenie ich do dwóch zacisków oznaczonych jako LOOP na płytce drukowanej. Pozostałe czerwone i czarne przewody należy również przeprowadzić przez otwory i podłączyć do kołków PC 12 V, tak jak poprzednio (w razie potrzeby należy powiększyć otwory).



Płytka drukowana jest przymocowana do pokrywy obudowy (płyty czołowej) na czterech nylonowych odstępnikach M3×15 mm z gwintem

Przygotowanie obudowy

Montaż płytki drukowanej można teraz odłożyć na bok, a następnie wywiercić i wyciąć niezbędne otwory w obudowie. Jak wspomniano wcześniej, pokrywę można zastąpić czerwoną płytą z tworzywa Perspex lub akrylu (195×110 mm). Alternatywnie można użyć pokrywki dostarczonej z obudową i wykonać wycięcie (wyposażone w przezroczyste okienko) na 7-segmentowy wyświetlacz.

Pierwszym krokiem jest pobranie pliku szablonu wiercenia (w formacie PDF) ze strony internetowej Silicon Chip (należy wejść na stronę www.siliconchip.com.au i wyszukać projekt). Należy wydrukować ten szablon, a następnie wyciąć poszczególne części i przymocować je do obudowy za pomocą taśmy klejącej.

Jeśli pokrywa jest całkowicie wymieniana, nie trzeba wykonywać prostokątnych wycięć na wyświetlacze ani na odbiornik podczerwieni IRD1, ponieważ są one po prostu umieszczone za przezroczystym panelem. W czterech narożnych punktach montażowych, w których mocuje się go do słupków obudowy, należy jednak wykonać otwory o średnicy 3 mm (patrz szablon).

Natomiast jeśli używamy pokrywy, musimy wykonać prostokątne wycięcia.

W obu przypadkach najlepiej jest użyć wiertła prowadzącego (np. 1 mm), aby rozpocząć wykonywanie otworów, a następnie powiększyć je do odpowiedniego rozmiaru. Wszystkie małe otwory mają średnicę 3 mm, natomiast większe otwory mają średnicę 10 mm. Większe otwory należy wywiercić do około 4 mm, a następnie ostrożnie rozwiercić do właściwego rozmiaru. Najlepiej jest najpierw rozwiercić jeden z tych większych otworów, aby zmieścił się w nim jeden z LEDów 10 mm. Następnie należy wsunąć rozwiertak do otworu do oporu i owinąć taśmą wokół nasady (po stronie zewnętrznej). Następnie można rozwiercić wszystkie pozostałe pięć otworów, aż do momentu, gdy taśma uniemożliwi dalsze rozwiercanie.

eprasa.pl dba03aded3

Przy okazji należy zachować ostrożność podczas wiercenia lub rozwiercania płyt Perspex. Może łatwo pęknąć, jeśli wiertło lub rozwiertak zostaną wciśnięte do otworu.

Jeśli używamy oryginalnej pokrywy, prostokątne wycięcia można wykonać wiercąc szereg małych otworów na obwodzie, a następnie wybijając wewnętrzny element i nadając otworowi odpowiedni kształt pilnikiem. Upewnijmy się, że duże wycięcie ma dokładnie taki sam rozmiar jak okno z płyty Perspex, tak aby ściśle do niego przylegało. Okno można zamocować na miejscu za pomocą kilku porcji kleju kontaktowego.

W tylnej części puszki należy wywiercić otwory pod diody LED4–6, natomiast pod głośnik należy wykonać sieć otworów o średnicy 5 mm. Ponadto w prawym końcu obudowy potrzebny jest otwór zapewniający dostęp do gniazda prądu stałego i wyłącznika (otwory te znajdują się na końcu obudowy, obok otworów na LEDy 10 mm).

Etykieta na płycie czołowej

Etykieta na płycie czołowej jest dostępna w formacie PDF na stronie internetowej Silicon Chip. Wystarczy pobrać go i wydrukować na syntetycznej etykiecie samoprzylepnej Dataflex lub Dataplex w formacie A4 (patrz ramka). Etykietę można następnie przymocować do płyty czołowej i wyciąć otwory za pomocą ostrego noża.

Można też wydrukować papierową etykietę i przykleić ją do płyty czołowej za pomocą taśmy dwustronnej.

Dodatkowa etykieta (rysunek 1) przedstawiająca funkcje każdego z przycisków pilota jest umieszczona na górnej ściance obudowy (patrz zdjęcia).

Montaż końcowy

Teraz należy przystąpić do montażu końcowego. Pierwszą czynnością jest zamocowanie płytki drukowanej na pokrywie (lub płycie Perspex) za pomocą odstępników M3×15 mm i ośmiu wkrętów maszynowych M3×6 mm. Po wykonaniu tych czynności oprawkę na ogniwa AA można zamocować wewnątrz obudowy. Jest ona mocowana do podstawy obudowy i mocowana do górnej ścianki obudowy za pomocą wkrętu samogwintującego nr 4×9 mm. Wywierćmy otwór o średnicy 3 mm pod wkręt w górnej ściance, dokładnie 77 mm od prawej strony obudowy i 38 mm od przodu (mierząc bez pokrywy). Następnie przez ten otwór należy przełożyć wkręt samogwintujący i umieścić go w jednej ze szczelin, na końcu plastikowej oprawki uchwytu na ogniwa.

Ostatnim elementem, który należy zamontować, jest głośnik. Wystarczy zamocować go na tylnej ściance (tzn. na podstawie obudowy) za pomocą odpowiedniego kleju, takiego jak Super Glue, kleju kontaktowego lub neutralnie utwardzanego silikonu. Należy rozsmarować klej na obwodzie ramy głośnika, a następnie wyśrodkować go nad otworami wykonanymi w podstawie obudowy i poczekać, aż klej chwyci. Głośnik jest następnie podłączany do dwustykowego bloku zacisków śrubowych na płytce drukowanej za pomocą przewodu zwiniętego w ósemkę.



Widok wnętrza ukończonego prototypu. Oprawka baterii jest przymocowana do górnej części obudowy za pomocą wkrętu samogwintującego nr 4×9 mm, który wchodzi w szczelinę na jednym końcu plastikowej listwy oprawki

Testowanie

Teraz należy przeprowadzić test. Sprawdźmy, czy układ IC1 jest wyjęty z gniazda, a następnie włączmy zasilanie i sprawdźmy, czy napięcie między TP +12 V a TP GND (tzn. między stykami 14 i 5 gniazda układu IC1) wynosi 5 V. Należy pamiętać, że wartość ta może wynosić od 4,75 V do 5,25 V, zależnie od stabilizatora.

Jeśli odczyt jest prawidłowy, wyłączamy go i wkładamy układ scalony IC1 do gniazda, zwracając uwagę na jego polaryzację. Po wykonaniu tych czynności należy ponownie włączyć zasilanie i sprawdzić, czy na wyświetlaczach jest wyświetlane 0:0, a DISP1 nie jest podświetlony. Ta niepodświetlona cyfra jest spowodowana zerowaniem zera wiodącego, które jest wbudowane w czasomierz. DISP1 powinien świecić tylko wtedy, gdy ma wyświetlać coś innego niż zero.

Sprawdźmy, czy podczas korzystania z pilota na podczerwień miga niebieski LED potwierdzający. Następnie można przetestować dalsze działanie za pomocą pilota, zgodnie z opisem w następnej części.

Zdalne sterowanie

Wspomnieliśmy już pokrótce o pilocie SparkFun i funkcjach jego przycisków. Przyjrzyjmy się teraz tablicy pięciu

Etykiety Dataflex/Datapol

(1) Informacje o etykietach Dataflex można znaleźć na stronie https://bit.ly/3LL9drb
(2) Etykiety Datapol można znaleźć na stronie https://bit.ly/3uXbtVD

eprasa.pl dba03aded3

Wykaz elementów:

1× dwustronna płytka drukowana, kod 19111151, 162,5×102 mm
1× etykieta na płycie czołowej, 195×110 mm
1× etykieta funkcji przycisków pilota, 23×64 mm
1× plastikowa obudowa UB2, 197×113×63 mm
1× 9-przyciskowy pilot zdalnego sterowania (LittleBird Electronics, SparkFun SFCOM-11759)
1× ogniwo alkaliczne CR2025 3 V
1× 141×68×3 mm przezroczysta czerwona płyta akrylowa lub czerwona płyta Perspex (lub 195×110 mm – patrz tekst)
1× pionowy przełącznik suwakowy do montażu na płytce drukowanej (Altronics S2071) (S1)
1× uchwyt na ogniwa 8 AA lub dwa uchwyty na ogniwa 4 AA (opcjonalnie)
8× ogniwo AA alkaliczne, NiMH lub Nicad (opcjonalnie)
1× wtyczka 12 V DC 400 mA (opcjonalnie)
1× gniazdo prądu stałego 2,5 mm lub 2,1 mm do montażu na płytce drukowanej (CON1)
1× dwudrożny blok zacisków śrubowych, skok 5,08 mm (CON2)
1× głośnik 8 Ω 76 mm
1× równoległy kwarc 20 MHz (X1)
1× gniazdo układu scalonego DIP18
3× gniazda DIP14 IC pocięte na 6 pięciodrożnych listew gniazd SIL
4× M3×15 mm gwintowane nylonowe odstępniki
9× śruby M3×6 mm
1× nakrętka M3
1× wkręt samogwintujący nr 4×9 mm (gdy używana jest oprawka ogniw 8 AA)
1× 100 mm wstążki przewodu średniej klasy
11× kołki PC
1× 210 mm miedzianego ocynowanego drutu o średnicy 1 mm
1× 150 mm rurki termokurczliwej firmy Semiconductors o średnicy 2 mm
1× mikrokontroler PIC16F88-I/P zaprogramowany za pomocą 1911115A.hex (IC1)
1× 4051B dwupozycyjny, 8-drożny przełącznik analogowy (IC2)
1× układ siedmiu tranzystorów Darlingtona ULN2003 (IC3)
1× stabilizator ujemnego napięcia 5 V 7905 (REG1)
9× tranzystory PNP BC327 (Q1-Q9)
1× tranzystor NPN BC337 (Q10)
3× 7-segmentowe wyświetlacze 58 mm
2× LEDy 2000 mcd 10 mm (LED1, LED4)
2× LEDy 9000 mcd 10 mm (LED2, LED5)
2× LEDy 13000 mcd 10 mm (LED3, LED6)
1× niebieski LED 3 mm (LED7)
1× TOSOP4136 odbiornik podczerwieni 38 kHz TOSOP4136 lub podobny (IRD1)
2× diody Schottky'ego 1N5819 1 A (D1, D2)

Kondensatory:
1× kondensator elektrolityczny PC 470 µF 25 V
5× kondensator elektrolityczny PC 10 µF 16 V
2× kondensator poliestrowy 100 nF MKT
2× ceramiczne 33 pF

Rezystory: (0,25 W, 1%)
3× 4,7 kΩ 4 x 330 Ω
1× 2,2 kΩ 1 x 180Ω
2× 1 kΩ 1 x 100 Ω
9× 470 Ω 7 x 82 Ω
1× 15 Ω 1 W 5% (opcjonalnie – patrz tekst)

przycisków poniżej przycisków A, B i C i opiszmy, w jaki sposób sterują one Czasomierz przemówień.

Przycisk ze strzałką w lewo służy do Resetowania – zatrzymuje i resetuje zegar do zera. W tym stanie za pomocą przycisków w górę i w dół można przewijać zaprogramowane ustawienia czasomierza w górę lub w dół. Do wyboru jest ustawienie 0:0 oraz ustawienia wstępne 1–2, 2–3, 3–5, 5–7, 10', 15' i tak dalej aż do 90' (symbol [']) oznacza minuty).



Na prawej ściance bocznej obudowy wycięty jest otwór umożliwiający dostęp do gniazda prądu stałego i wyłącznika

Naciśnięcie przycisku strzałki w prawo (Start) powoduje uruchomienie czasomierza. Zaczyna się od wyświetlenia 0:0 i dwukropka migającego z częstotliwością jednej sekundy.

Środkowy przycisk „O" jest przyciskiem pauzy i służy do zatrzymywania zegara, tak aby przestał on przyrastać. Po wstrzymaniu, dwukropek przestaje migać, sygnalizując, że znajduje się w tym trybie.

Pauza jest przydatna do zatrzymania czasomierza przemówień po zakończeniu konkursu, aby można było odczytać z wyświetlacza całkowity czas (i w razie potrzeby zapisać go). Licznik czasu można następnie wznowić od tego momentu, naciskając przycisk Start, lub wyzerować, naciskając przycisk Reset (strzałka w lewo).

Należy pamiętać, że na wyświetlaczu zegara sterującego znajduje się tylko jedna cyfra „sekund", która zwykle pokazuje tylko dziesiątki sekund. Podczas pracy zegara jest ona zwiększana o jeden co 10 sekund.

Dokładną wartość sekund można wyświetlić, naciskając przycisk w górę lub w dół. Załóżmy na przykład, że wyświetlacz pokazuje 12:4 (czyli 12 minut i 40 sekund). Naciśnięcie przycisku w górę lub w dół spowoduje wyświetlenie na wyświetlaczu dokładnej liczby sekund, np. 43" (tj. 43 sekundy). Było to tylko częściowo wyświetlone jako 4 na wyświetlaczu 12:4.

Należy pamiętać, że znak ["] po liczbie 43 jest symbolem sekund, a dokładna liczba sekund jest wyświetlana tylko wtedy, gdy przycisk w górę lub w dół jest naciśnięty. Należy również pamiętać, że sekundy są wyświetlane tylko wtedy, gdy zegar jest uruchomiony lub zatrzymany, ale nie po jego zresetowaniu. Po zresetowaniu urządzenia (przycisk strzałki w lewo) sekundy zostają wyzerowane, a przyciski w górę i w dół służą do wyboru jednego z zaprogramowanych ustawień zegara.

Dodatkowe przyciski

Przycisk zasilania pilota SparkFun służy do regulacji jasności wyświetlaczy 7-segmentowych (DISP1-DISP3). Wyświetlacze te można przyciemniać lub rozjaśniać, przy czym kierunek zmiany jasności zmienia się po każdym naciśnięciu przycisku. Naciśnięcie i przytrzymanie przycisku zaczyna zmieniać jasność w dowolnym kierunku. Przycisk „B" na pilocie służy do niezależnej regulacji jasności LEDów w taki sam sposób jak przycisk zasilania.

Przycisk „A" pełni dwie funkcje: (1) do ręcznego włączania alarmu oraz (2) do ustawiania głośności. Jeśli przycisk ten zostanie naciśnięty na dłużej niż pięć sekund, działa jako regulator głośności. Po tym czasie normalnie modulowany dźwięk alarmu staje się ciągły, co oznacza, że urządzenie znajduje się w trybie ustawiania głośności. Następnie przycisk „A" musi zostać zwolniony i ponownie naciśnięty w ciągu 1,25 sekundy. Po wykonaniu tej czynności modulowany sygnał alarmowy zostaje przywrócony i zaczyna zmieniać się jego głośność. Jeśli głośność zmienia się w niewłaściwym kierunku, wystarczy ponownie zwolnić i nacisnąć przycisk „A". Głośność zmieni się wtedy w przeciwnym kierunku. Głośność będzie się zmieniać przez cały czas naciskania przycisku, aż do osiągnięcia maksymalnego lub minimalnego poziomu.

Zwolnienie przycisku „A" na dłużej niż 1,25 s spowoduje wyjście z trybu ustawiania głośności, co zostanie zasygnalizowane krótkim sygnałem dźwiękowym z głośnika. Przycisk alarmu (A) będzie działał normalnie, chyba że zostanie ponownie naciśnięty na dłużej niż pięć sekund.

eprasa.pl dba03aded3



W tylnej ściance wywiercono 5 mm otwory na głośnik, a na górnej ściance umieszczono grafikę przedstawiającą funkcje pilota (zdalnego sterowania)

Przycisk „C” przełącza cyklicznie wskaźniki ostrzegawcze LED, zaczynając od wyłączenia wszystkich diod, a następnie zapalając zieloną diodę, bursztynową diodę i wreszcie czerwoną diodę w sposób cykliczny po każdym naciśnięciu przycisku.

Należy pamiętać, że ustawienia zegara, jasności wyświetlacza i głośności są zapisywane w pamięci EEPROM i zachowywane po wyłączeniu zasilania. Pozwala to uniknąć konieczności ponownego wprowadzania ustawień przy każdym włączeniu zasilania.

To wszystko – nasz Czasomierz przemówień jest gotowy do działania. ■

John Clarke

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

Używanie Czasomierza przemówień w trybie odliczania w dół

Zwykle wszystkie czasy ustawione dla Czasomierza przemówień, zarówno zaprogramowane, jak i ręczne, są w trybie odliczania w górę, np. 10-minutowe przemówienie rozpocznie się od zera i będzie odliczane do ustawionego czasu, w którym to momencie zapali się czerwona dioda ostrzegawcza. Jeśli przemówienie było wygłaszane na spotkaniu Toastmasters, istnieje ryzyko dyskwalifikacji, jeśli przemówienie będzie trwało jeszcze minutę lub dłużej (jakkolwiek stanowią zasady). Ponadto Czasomierz przemówień może działać w trybie odliczania w dół. W tym przypadku dla 10-minutowego przemówienia (powiedzmy) Czasomierz przemówień rozpocznie pracę w stanie 10:0, a następnie będzie odliczał 10-sekundowe odcinki do zera.

Po osiągnięciu punktu zero, brzęczyk wyda również krótki dźwięk.

Aby przejść do trybu odliczania, wystarczy kilkakrotnie nacisnąć przycisk w górę na pilocie, aż na wyświetlaczu pojawi się 0:0. Kolejne naciśnięcia przycisku w górę spowodują zwiększenie ustawienia timera z 0:0 do 0:1 i tak dalej aż do 99:5 (tj. 99 minut i 50 sekund).

Gdy ustawienie timera przekroczy wartość 0:0, w razie potrzeby można zmniejszyć ustawienie za pomocą przycisku zmniejszania na pilocie.

Podczas pracy przyciski w górę i w dół zwiększają/zmniejszają ustawienie timera o jeden krok po każdym naciśnięciu przycisku. Z kolei przytrzymanie przycisku spowoduje szybką zmianę wartości timera w górę lub w dół.

Po ustawieniu wartości timera naciśnięcie przycisku Start (strzałka w prawo) spowoduje, że timer zacznie odliczać czas do 0:0. Po osiągnięciu wartości 0:0 timer zostanie zatrzymany, a brzęczyk będzie automatycznie emitował dźwięk przez 2,5 s. Poprzednie ustawienie licznika można przywrócić, naciskając przycisk Reset (strzałka w lewo).

LEDy ostrzegawcze

Można również wstępnie ustawić diody ostrzegawcze. W tym celu wystarczy wybrać diodę ostrzegawczą za pomocą przycisku „C” na pilocie. Następnie wybrany LED można zaprogramować tak, aby zapalał się w określonym czasie podczas odliczania za pomocą przycisków w górę i w dół.

Można zaprogramować każdą diodę ostrzegawczą, ale należy pamiętać, że przed zmianą ustawienia czasu należy wybrać następną diodę za pomocą przycisku „C”. Należy również pamiętać, że podczas odliczania zielony LED musi zaświecić się przed bursztynowym LEDem, który z kolei ma zaświecić się przed czerwonym LEDem. Oznacza to, że najlepiej jest zaprogramować najpierw zielony LED, następnie bursztynowy, a potem czerwony. Przy czym w każdym przypadku należy ustawić stopniowo coraz krótszy czas.

Programowanie diod ostrzegawczych można anulować, ustawiając zegar na 0:0, a następnie przełączając poszczególne diody za pomocą przycisku „C”.

Przywracanie synchronizacji zliczania

Naciśnięcie przycisku w dół, gdy zegar jest ustawiony na 0:0, powoduje ponowne wybranie zaprogramowanych okresów, począwszy od 90', następnie 80' itd. Spowoduje to przywrócenie Czasomierza przemówień do działania jako timera odliczającego w górę, a następnie można wybrać zaprogramowane ustawienia za pomocą przycisków w górę i w dół.

REKLAMA

świat radio

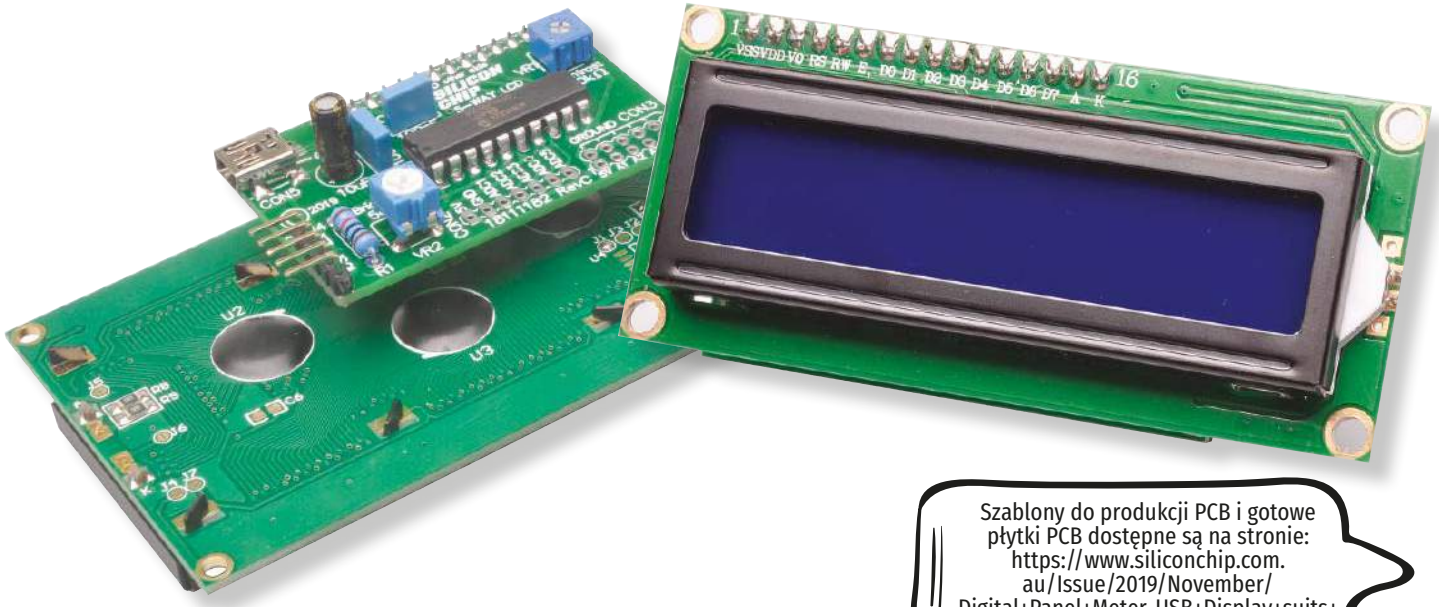
Magazyn wszystkich użytkowników eteru

KRÓTKOFALARSTWO CB RADIOTECHNIKA

przejrzyj i kup na www.ulubionykiosk.pl



eprasa.pl dba03aded3



Szablony do produkcji PCB i gotowe płytki PCB dostępne są na stronie: https://www.siliconchip.com.au/Issue/2019/November/Digital+Panel+Meter-USB+Display+suits+a+range+of+projects

Pięciozakresowy miernik panelowy LCD z funkcją wyświetlacza USB

To proste i tanie urządzenie wyświetla na LCD pięć różnych odczytów: dwa odczyty napięcia, dwa odczyty natężenia prądu i odczyt temperatury. Ma ono wiele zastosowań, ale jest głównie przeznaczone do zastąpienia mierników wielopanelowych. Może być również używane jako mały, dodatkowy ekran tekstowy dla PC, Raspberry Pi lub dowolnego innego komputera z portem USB.

Wpadliśmy na ten pomysł podczas prac nad projektem wysokoprądowego zasilacza liniowego. Potrzebowaliśmy sposobu na wyświetlanie kilku różnych odczytów napięcia i prądu oraz temperatury radiatora, a używanie do tego celu kilku mierników panelowych nie miało sensu.

Wystarczająco trudno jest wyciąć w przedniej części obudowy prostokąt, w którym zmieści się jeden wyświetlacz, a co dopiero trzy lub pięć. Gdybyśmy zastosowali oddzielne mierniki panelowe, wiązałoby się to z wieloma dodatkowymi przewodami i zwiększonym poborem prądu, co mogłoby się skończyć dość kosztownie.

To niedrogie urządzenie wykorzystujące mikroprocesor, LCD i niewiele więcej, sprawia, że cała sprawa jest o wiele łatwiejsza. Można używać tej płytki na dwa sposoby. W zasilaczu stanowiskowym podajemy pięć napięć analogowych ze wspólną masą. Napięcia te są ułamkiem rzeczywistych napięć mierzonych (np. na wyjściach dzielników napięcia). Wbudowany mikroprocesor pobiera próbki tych napięć i konwertuje wartości z powrotem do oryginalnych skal, a następnie wyświetla je na wyświetlaczu.

W przypadku piątego wejścia, które jest używane do pomiaru temperatury za pomocą termistora NTC, wykonuje ono również wymagane obliczenia w celu uwzględnienia nieliniowego zachowania termistora NTC.

W innym trybie mikroprocesor wykrywa, czy jest podłączony do interfejsu USB, a następnie zachowuje się w inny sposób. Użytkownik wysyła tekst, przez wirtualne łącze szeregowe, który jest wyświetlany na ekranie. Dzięki temu na podświetlanym LCD o wymiarach 16×2 lub większym 20×4 można łatwo wyświetlić dowolne informacje.

Więcej informacji

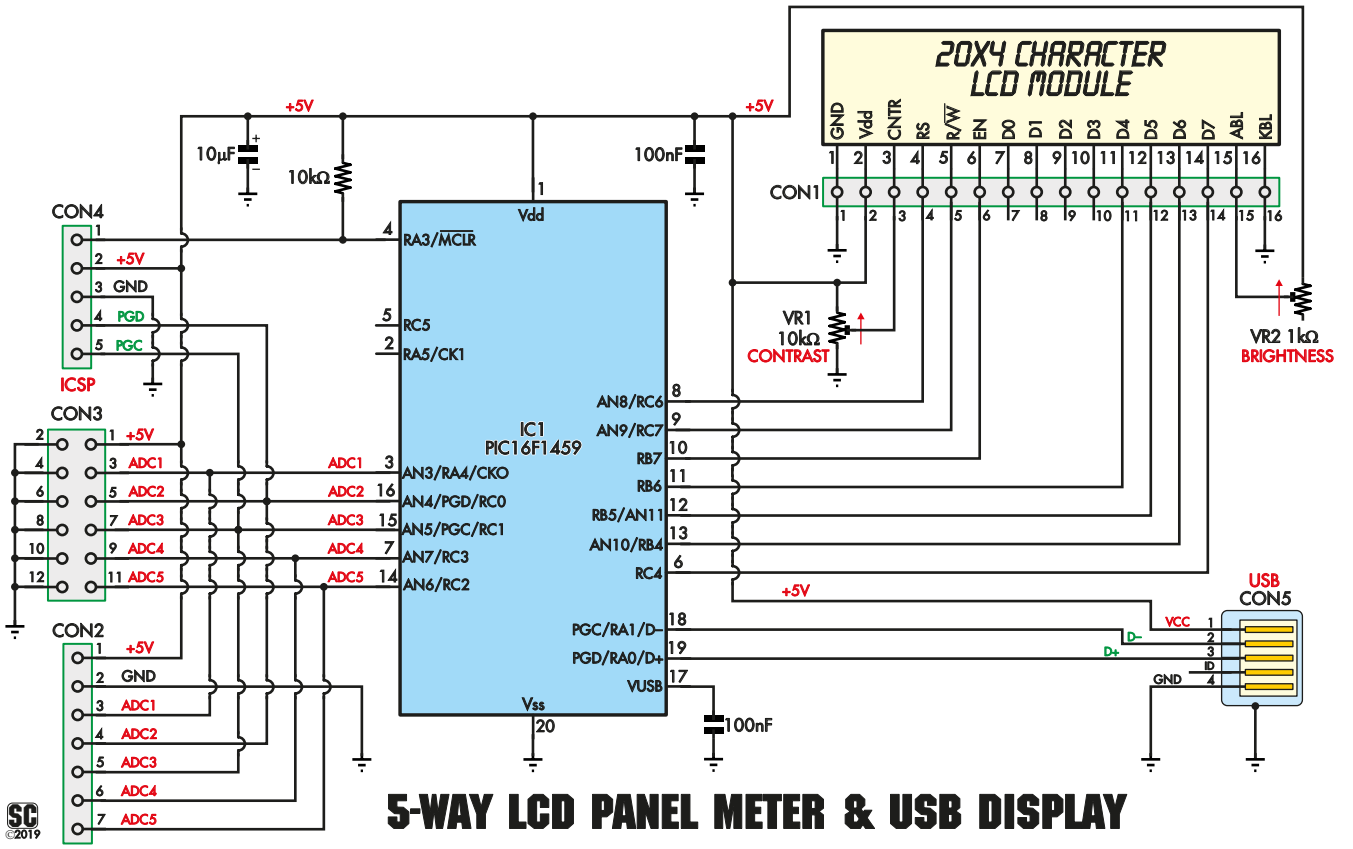
Zasilacz liniowy 45 V, 8 A, o którym mowa powyżej, ma pięć głównych parametrów do monitorowania. Są to: pożądane napięcie i prąd, rzeczywiste napięcie i prąd wyjściowy (które w niektórych przypadkach mogą być niższe niż wartości pożądane) oraz temperatura radiatora.

Jeśli radiator będzie się nagrzewał, automatycznie włączy wentylatory, a w najgorszym przypadku, jeśli to nie pomoże, ograniczy moc. Ale i tak warto mieć sposób na określenie, jak blisko krawędzi jesteśmy!

Zdecydowaliśmy się użyć mikrokontrolera PIC16F1459 do monitorowania i wykrywania tych napięć. Jest to niedrogi mikrokontroler z niezłymi funkcjami. Jest on podobny do układu PIC16F1455, ale ma więcej pinów wejścia/wyjścia, co ułatwia nam współpracę z panelem LCD. Zarówno 16F1455, jak i 16F1459 mają interfejsy USB, co ułatwia nam zaimplementowanie trybu USB jako „dodatkowej" funkcji.

W tym dodatkowym trybie jest to w istocie znakowy wyświetlacz (LCD), który

eprasa.pl dba03aded3



Rysunek 1. Układ jest dość prosty. Do pomiaru napięć na wejściach ADC1-ADC5 mikrokontroler IC1 wykorzystuje swój wewnętrzny przetwornik analogowo-cyfrowy i napięcie referencyjne 4,096 V. Następnie skaluje odczyty z przetworników ADC1-ADC4 i konwertuje odczyt z przetwornika ADC5 na temperaturę przed zaktualizowaniem wyświetlacza podłączonego przez złącze CON1. W trybie wyświetlacza USB zamiast tego odbiera tekst z komputera przez złącze CON5 i aktualizuje wyświetlacz

można obsługiwać z komputera. Jeśli chcemy, aby dodatkowe informacje były wyświetlane 24 godziny na dobę, 7 dni w tygodniu, bez konieczności ciągłego włączania pełnowymiarowego monitora i pobierania prądu, jest to idealne rozwiązanie.

Jest on nawet na tyle mały, że można go zamontować we wnęce na napęd komputera stacjonarnego. Można go używać do wyświetlania takich informacji, jak obciążenie procesora, użycie pamięci, wykorzystanie miejsca na dysku, aktywność sieciowa, wiadomości z komunikatorów, nieprzeczytane e-maile... lista jest nieskończenie długa.

Trzeba tylko wymyślić, jak pobrać te informacje i wysłać je do portu szeregowego, a wyświetlacz zrobi resztę.

Opis układu

Schemat wyświetlacza jest pokazany na rysunku 1. Wspomniany wcześniej mikrokontroler PIC16F1459 jest przedstawiony jako IC1.

Wykaz elementów:

1× dwustronna płytka drukowana oznaczona kodem 18111182, 56×36 mm
1× wyświetlacz ciekłokrystaliczny (LCD) 16×2 znaków z podświetleniem LUB
1× wyświetlacz ciekłokrystaliczny (LCD) 20×4 znaków z podświetleniem
1× 16-stykowe złącze męskie (CON1)
1× 16-stykowe złącze nagłówkowe (opcjonalne, aby umożliwić odłączenie wyświetlacza)
1× 7-stykowe gniazdo lub gniazdo nagłówkowe (CON2; opcjonalne)
1× złącze 2×6-stykowe (CON3; zbędne w przypadku wyświetlacza na USB)
1× 6-stykowe złącze kątowe (CON4; opcjonalne)
1× gniazdo SMD mini-USB (CON5; zbędne w przypadku miernika panelowego)

Półprzewodniki:
1× mikrokontroler PIC16F1459-I/P zaprogramowany na 1811118A.hex#

Kondensatory:
1× elektrolityczny 10 µF 10 V
2× MKT lub wielowarstwowa ceramika 100 nF

Rezystory:
1× 10 kΩ 1/4 W 5%
1× mini trymer poziomy 10 kΩ (VR1)
1× mini trymer poziomy 500 Ω (VR2)

Programowane mikroprocesory i płytki drukowane są dostępne w sklepie on-line Silicon Chip

Zasilanie 5 V pochodzi albo z pinów CON2/CON3, gdy jest używany jako miernik panelowy, albo z gniazda USB CON5. Piny danych z gniazda USB są podłączone bezpośrednio do pinów 18 i 19, czyli dedykowanych pinów danych USB układu scalonego IC1.

W roli miernika panelowego pięć napięć jest podawanych albo do gniazda SIL CON2, albo do gniazda DIL CON3, w zależności od tego, które z nich jest wygodniejsze. CON3 ma tę zaletę, że można do niego bezpośrednio podłączyć gniazdo IDC na 12-stykowym przewodzie taśmowym, a każdy przewód sygnałowy będzie miał po obu stronach przewód uziemienia, co minimalizuje wpływ zakłóceń.

Pięć linii sygnałowych przechodzi bezpośrednio do wejść analogowych AN3, AN4, AN5, AN7 i AN6 układu IC1 (piny 3, 16, 15, 7 i 14). Wewnętrzny 10-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy układu scalonego IC1 służy do odczytu sygnałów 0–4,096 V i przekształcenia ich na wartości cyfrowe z rozdzielczością 4 mV (4,096 V ÷ 210).

W układzie scalonym IC1 znajduje się napięcie referencyjne 4,096 V. Używamy go zamiast szyny 5 V, aby zmiany napięcia zasilania 5 V nie miały wpływu na odczyty. Oznacza to, że nie musimy się martwić o to, jak dobrze stabilizowana jest szyna 5 V.

eprasa.pl dba03aded3

Wartości te są skalowane programowo do wartości podanych w ramce specyfikacji, które zostały ustalone z myślą o naszym zasilaczu, ale będą one przydatne w wielu zadaniach związanych z monitorowaniem niskiego napięcia prądu stałego.

Trzeba po prostu zastosować boczniki do monitorowania prądów oraz dzielniki o mniej więcej właściwych proporcjach (około 15:1 dla napięć) plus trymer do kalibracji, aby zasilić panel odpowiednimi zakresami napięć.

Do 16-stykowego złącza CON1 podłączony jest znakowy LCD HD44780. Jest on wysterowany w trybie czterobitowym, przy czym wyjścia cyfrowe RB6, RB5, RB4 i RC4 układu IC1 (piny 11, 12, 13 i 6) sterują pinami danych LCD D4–D7.

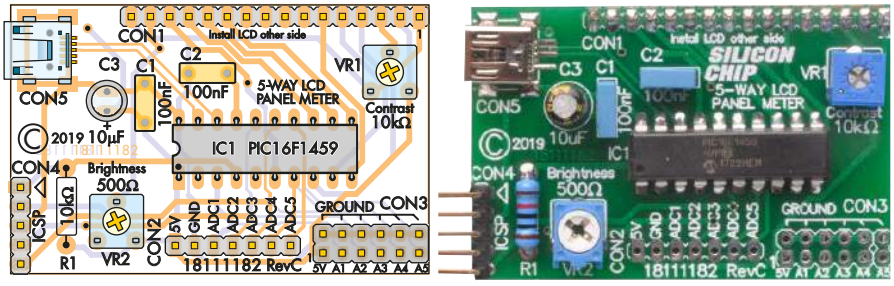
Potrzebujemy tylko czterech pinów danych, ponieważ te LCD mogą pracować w trybie czterobitowym, a wejścia/wyjścia D0–D3 są niepodłączone lub połączone z masą.

Wyjścia cyfrowe RC6, RC7 i RB7 (piny 8–10) układu scalonego IC1 sterują pinami RS, R/W i EN LCD, kontrolując, kiedy dane są taktowane i czy moduł LCD ma je traktować jako wewnętrzne polecenie, czy też wysyłać do wyświetlacza. Trymer VR1 reguluje napięcie kontrastu LCD, natomiast VR2 jest połączony szeregowo z diodą podświetlenia (LEDem) jako rezystor zmienny, co umożliwia ustawienie jej jasności.

Zasilacz jest prosty. Dla linii 5 V przewidziano kondensator bocznikujący o pojemności 10 µF, co jest maksymalną wartością dopuszczalną ze względu na specyfikację prądu rozruchowego USB. Układ scalony IC1 ma własny, wysokoczęstotliwościowy, lokalny kondensator bocznikujący 100 nF. Rezystor 10 kΩ podciąga pin MCLR mikrokontrolera do 5 V, aby zapobiec niepożądanym resetom, a kondensator 100 nF między pinem 17

Cechy i specyfikacje

- Wyświetla dwa napięcia, dwa prądy i jeden odczyt temperatury na LCD 16×2
- W alternatywnym trybie USB tekst ASCII z wirtualnego portu szeregowego jest wyświetlany bezpośrednio na wyświetlaczu LCD 20×4
- Zakres wejściowy miernika panelowego: 5× 0–4,096 V
- Skalowanie miernika panelowego: 2× 0–4,096 V → 0–60 V, 2× 0–4,096 V → 0–9 A, 1× 0–3 V → 0–100 °C
- Rozdzielczość miernika panelowego: 58,6 mV dla napięć; 8,79 mA dla prądów
- Szybkość aktualizacji miernika panelowego: 5 Hz



Rysunek 2. Należy użyć tego schematu montażowego płytki drukowanej i zdjęcia tej samej wielkości po prawej stronie jako wskazówek pomocnych przy budowie płytki miernika panelowego/wyświetlacza USB. Jedynymi elementami spolaryzowanymi są układ IC1 i kondensator elektrolityczny. Jeśli chcemy, można użyć gniazda do podłączenia IC1. Złącze CON5 nie jest wymagane w przypadku wersji z miernikiem panelowym, natomiast złącza CON2–CON3 nie są wymagane w przypadku wersji z wyświetlaczem USB, a złącze CON4 jest potrzebne tylko wtedy, gdy planowane jest programowanie IC1 w obwodzie

(VUSB) a masą stabilizuje wewnętrzny stabilizator USB 3,3 V.

Złącze (Header) ICSP, CON4, umożliwia programowanie układu PIC bez konieczności jego demontażu.

Używanie panelu jako miernika tablicowego

Po włączeniu zasilania, jeśli nie zostanie wykryte połączenie USB, nastąpi inicjalizacja LCD i zostanie wyświetlony ekran powitalny. Piny analogowe są ustawione jako wejścia, a napięcie referencyjne przetwornika analogowo-cyfrowego (ADC) jest ustawione na wewnętrzną stałą wartość referencyjną 4,096 V.

Po upływie sekundy rozpoczyna się próbkowanie pinów analogowych około pięciu razy na sekundę. Interwał aktualizacji zapewnia szybki czas aktualizacji, ale nie tak szybki, aby liczby zlewały się ze sobą podczas zmiany.

Wartości prądu i napięcia są przeliczane przy użyciu stałych wewnętrznych współczynników skalowania, przy czym zakłada się, że zostały one dostrojone za pomocą zewnętrznych trymerów. Odczyt z termistora jest wykorzystywany do znalezienia temperatury w tabeli porównawczej zapisanej w pamięci flash.

Gniazdo CON3 pasuje do wyprowadzenia CON6 w zasilaczu stanowiskowym, co umożliwia bezpośrednie połączenie. Jeśli zadania wejściowe, współczynniki skalowania itp. nie pasują do konkretnego zastosowania, można pobrać kod źródłowy z naszej strony internetowej i zmienić go tak, aby lepiej odpowiadał potrzebom użytkownika.

Jest napisany w języku C. Oprogramowanie MPLAB X IDE firmy Microchip można pobrać bezpłatnie, dostępna jest też bezpłatna wersja kompilatora XC8 (oraz tryb próbny dla pełnego kompilatora).

Po zainstalowaniu tego oprogramowania można otworzyć projekt, wprowadzić pewne zmiany w kodzie, a następnie „Zbudować" projekt w celu utworzenia nowego pliku .hex dla układu IC1.

Użyliśmy MPLAB X IDE w wersji 5.05 oraz XC8 w wersji 2.00 i nasz skompilowany plik HEX był bardzo bliski limitu 8 kB. Zalecamy używanie tej samej wersji, aby nie przekroczyć tego limitu.

Używanie panelu jako wyświetlacza USB

W przypadku podłączenia jako wyświetlacz USB nie są potrzebne złącza CON2 ani CON3, ponieważ styki analogowe nie są próbkowane. Po włączeniu zasilania IC1 jest traktowane w podłączonym porcie USB jako urządzenie szeregowe USB i pojawia się jako port szeregowy hosta. Na przykład może to być port COM w systemie Windows lub urządzenie TTY w systemie Linux. LCD jest inicjalizowany i wygaszany, a do punktów kodowych 0–7 ładowany jest domyślny zestaw znaków graficznych.

Po odebraniu danych z hosta (np. podczas wpisywania tekstu do programu terminala szeregowego) są one przetwarzane przez IC1 i wykorzystywane do aktualizacji wyświetlacza. Znaki ASCII są przekazywane bezpośrednio na LCD, natomiast znaki sterujące, takie jak CR (powrót karetki, kod ASCII 13) i LF (podawanie wiersza, kod ASCII 10) przesuwają miejsce wyświetlania zgodnie z oczekiwaniami.

TAB powoduje przejście do następnej pozycji ekranu, która jest wielokrotnością pięciu znaków, natomiast FF (form feed, kod ASCII 12) powoduje przejście kursora do pozycji wyjściowej.

Backspace (kod ASCII 8) powoduje cofnięcie się o jedną pozycję, ale niczego nie usuwa. Rzeczywiste wymazywanie backspace można zasymulować za pomocą sekwencji backspace, space, backspace składającej się z kodów ASCII 8, 32 i 8.

Wreszcie klawisz Escape (kod ASCII 27) powoduje wyczyszczenie ekranu, ale nie powoduje przesunięcia w miejsce, w którym wyświetlacz będzie wyświetlał w następnej kolejności. W ten sposób sekwencja ESC i FF przywraca wyświetlacz do tego samego stanu, w jakim znajdował się przy pierwszym uruchomieniu.

eprasa.pl dba03aded3

Cały wyświetlacz jest przechowywany w buforze pamięci RAM i przesyłany do LCD po jednym znaku naraz, aby urządzenie peryferyjne USB nie czekało zbyt długo na aktualizację wyświetlacza. Może się to zdarzyć w przypadku konieczności wyczyszczenia wyświetlacza i jednoczesnej zmiany wielu znaków.

Choć może się to wydawać powolne, wyświetlacz może w pełni aktualizować się około 10 razy na sekundę.

Bufor pamięci RAM składa się z czterech rzędów po 20 znaków, ponieważ jest to największy rozmiar wyświetlacza, z jakim może sobie poradzić kontroler HD44780. Tekst zawija się na końcu wiersza i wraca na górę na końcu ostatniego wiersza. Jeśli zamontowany jest mniejszy wyświetlacz, będzie on wyświetlany w takim samym górnym, najbardziej wysuniętym na lewo rogu, jak w przypadku większego wyświetlacza.

Dzięki temu wyświetlacz działa dość intuicyjnie i może być łatwo kontrolowany przez dowolne oprogramowanie, które potrafi zapisywać dane do portu szeregowego. Wyświetlacz USB nie wysyła żadnych danych z powrotem do hosta, więc program odbierający nie powinien mieć z tym do czynienia.

Budowa

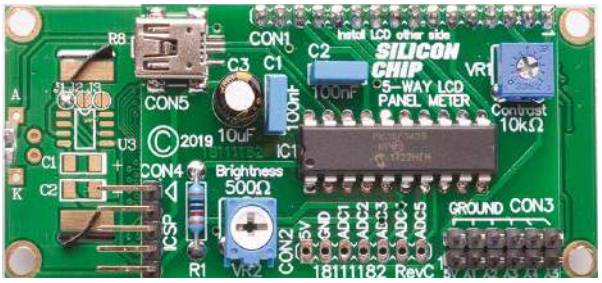
Miernik panelowy/wyświetlacz na USB jest zbudowany na dwustronnej płytce drukowanej oznaczonej kodem 18111182 o wymiarach 56×36 mm. Schemat montażowy płytki drukowanej na rysunku 2 pokazuje, gdzie należy zamontować elementy. Jak wspomniano powyżej, w niektórych zastosowaniach można pominąć niektóre elementy. Opiszemy sposób montażu wszystkich elementów, który umożliwi wykorzystanie urządzenia jako miernika panelowego lub wyświetlacza USB.

Jedynym elementem montowanym powierzchniowo jest gniazdo USB, które należy zamontować jako pierwsze. Ułatwi to lutownica z cienkim grotem. Zalecamy, aby na tym etapie mieć pod ręką topnik i knot lutowniczy (plecionkę). Pomocna może być również pęseta.

Należy przyłożyć topnik do czterech punktów lutowniczych na płytce drukowanej dla sygnałów danych i zasilania USB. Są to cztery równoległe punkty znajdujące się po prawej stronie gniazda. Umieśćmy gniazdo na płytce drukowanej; powinno się ono zablokować dzięki dwóm małym wypustkom znajdującym się na jego spodzie.

Ostrożnie przylutujmy punkty i piny, upewniając się, że wszystkie cztery są dobrze przylutowane. Jeśli wystąpią zwarcia, nałóżmy więcej topnika i usuńmy je za pomocą knota lutowniczego. Następnie nanieśmy pastę lutowniczą na cztery większe mechaniczne punkty i przylutujmy je również do odpowiednich punktów lutowniczych. Są one większe i będą potrzebowały więcej ciepła.

Następnie należy zamontować pojedynczy rezystor, a po nim dwa niespolaryzowane kondensatory 100 nF. Wykonaj to samo z kondensatorem elektrolitycznym, który jest spolaryzowany. Należy go zainstalować dłuższym przewodem dodatnim do punktu lutowniczego oznaczonego „+” na płytce drukowanej.



Płytka drukowana idealnie dopasowana do panelu LCD 16×2. Użycie żeńskiego złącza na płytce drukowanej oznacza, że w razie potrzeby można je usunąć

Zamontujmy teraz trymery VR1 (10 kΩ, „Kontrast”) i VR2 (500 Ω, „Jasność”). Wciśnijmy je, a oba powinny zatrzasnąć się na swoim miejscu, po czym można przylutować ich styki. Jeśli używamy gniazda IC1, zainstalujmy je jako następne, upewniając się, że wycięcie znajduje się na końcu najbliższym gniazda USB.

Jeśli gniazdo jest zamontowane, delikatnie wyprostujmy styki IC1, tak aby wsunął się do gniazda, a następnie wciśnijmy go na miejsce. W przypadku lutowania układu IC1 bezpośrednio do płytki drukowanej zacznijmy od dwóch przeciwległych styków. Po upewnieniu się, że układ scalony przylega płasko do płytki drukowanej i jest prawidłowo ułożony, przylutujmy pozostałe styki.

Teraz można zamontować CON2 i CON3. W przypadku złącza CON2 można użyć zarówno gniazda, jak i złącza, natomiast złącze CON3 jest przeznaczone do montażu dwurzędowego złącza męskiego, umożliwiającego dołączenie gniazda (wtyczki) IDC i przewodu.

Jeśli montujemy CON4, wykonajmy tę czynność w następnej kolejności. Można użyć prostego lub prostokątnego gniazda (header); w tej roli preferujemy odmianę prostokątną, ponieważ umożliwia ona płaskie ułożenie programatora po podłączeniu. CON1 powinien być zamontowany jako ostatni, ponieważ musi być również podłączony do wyświetlacza (LCD). Można go wlutować bezpośrednio lub użyć gniazda żeńskiego na płytce drukowanej miernika panelowego, aby umożliwić odłączenie LCD. Zalecamy najpierw przylutować jeden pin do wyświetlacza i upewnić się, że jest on prosty i równo z płytką drukowaną wyświetlacza. Następnie przylutujmy pozostałe piny. Przed przylutowaniem wyświetlacza do płytki głównej należy sprawdzić, czy rozmieszczenie jego pinów jest zgodne z przedstawionym w naszym projekcie.

Większość LCD z gniazdem SIL powinna mieć układ wyprowadzeń zgodny z naszym, ale sprawdzenie tego teraz może zaoszczędzić wielu kłopotów w późniejszym czasie, jeśli okaże się, że wyświetlacz jest inny (patrz rysunek 1). Jeśli styki są niedopasowane, można przylutować tylko pasujące styki, a następnie wykonać pozostałe połączenia za pomocą izolowanego drutu.

Można wsunąć między nie kawałek kartki, aby zachować odstępy podczas lutowania. Sprawdźmy, czy płytki są ustawione w taki sam sposób, jak na naszych zdjęciach. Jeśli do podłączenia wyświetlacza używane jest złącze nagłówkowe, przed lutowaniem należy podłączyć męski element złącza. Umożliwi to sprawdzenie, czy wszystkie prześwity są prawidłowe.

Programowanie IC1

Ten krok nie jest konieczny, jeśli zakupiono wstępnie zaprogramowany układ PIC.

Za pomocą programatora PICkit 3, PICkit 4 lub SNAP można wykonać flashowanie (programowanie) układu IC1 na płytce poprzez złącze ICSP (CON4).

Programator SNAP nie może dostarczać zasilania do mikrokontrolera i obsługuje tylko programowanie niskonapięciowe. Jeśli więc używamy programatora SNAP, musimy zapewnić zasilanie z innego źródła, np. z gniazda USB, i upewnić się, że w oprogramowaniu wybrano opcję programowania niskonapięciowego.

Niezależnie od tego, potrzebne będzie IPE (zintegrowane środowisko programowania) firmy Microchip, które można pobrać jako część MPLAB X IDE ze strony: www.microchip.com/mplab/mplab-x-ide.

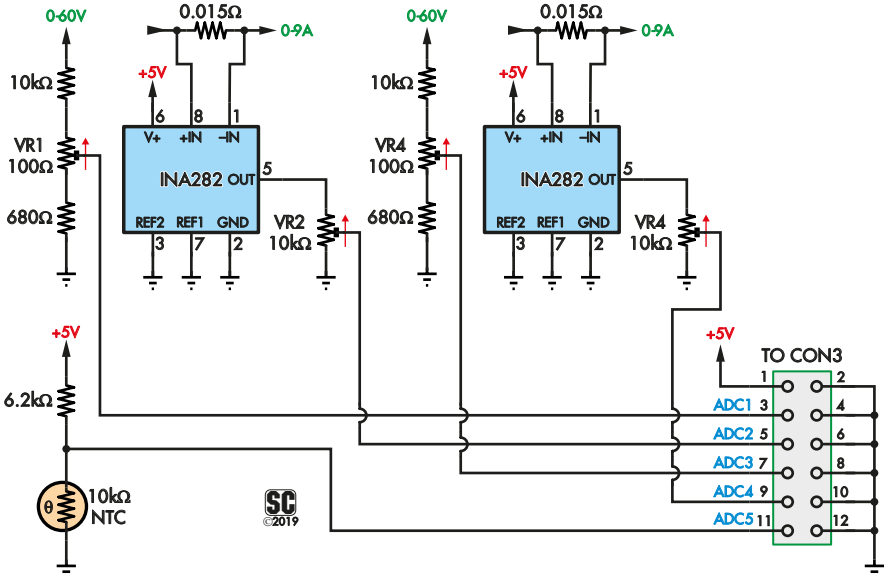
W IPE wybierzmy „16F1459” z menu rozwijanego urządzenia oraz programator z menu narzędziowego, jeśli nie jest jeszcze wybrany.

Podłączmy programator do złącza CON4 na płytce drukowanej, ustawiając w jednej linii dwa trójkąty wskaźnika pinu 1.

Następnie kliknijmy przycisk „Połącz” w IPE i upewnijmy się, że połączenie zostało nawiązane pomyślnie, zgodnie z informacją wyświetlaną w dolnym oknie wyjściowym.

Następnie wystarczy otworzyć plik HEX i kliknąć przycisk „Program”, aby załadować go do układu.

eprasa.pl dba03aded3



Rysunek 3. Jak połączyć miernik panelowy z własnym układem. Jeśli do monitorowania prądu używamy boczników typu low-side, możemy użyć wzmacniaczy operacyjnych do wzmocnienia napięcia na nich do poziomu odpowiedniego do podania do miernika panelowego. Można również użyć boczników o niższej wartości w połączeniu z monitorem boczników o wyższym wzmocnieniu, aby zmniejszyć nagrzewanie i straty mocy

Podłączanie miernika panelowego

W tym artykule przedstawiamy szczegóły dotyczące podłączania miernika panelowego do zasilacza.

Jeśli chcemy użyć go do innych celów, podłączmy piny 5 V i masy do źródła zasilania 5 V, a pięć pinów analogowych do źródeł odpowiednich napięć. Wejścia ADC1 i ADC2 są skalowane analogowo do wyświetlania 0–60 V dla napięcia wejściowego 0–4,096 V, natomiast wejścia ADC3 i ADC4 są skalowane do 0–9 A dla napięcia 0–4,096 V.

Aby uzyskać miarodajne odczyty temperatury, należy użyć termistora NTC 10 kΩ połączonego jako dzielnik z rezystorem 6,2 kΩ, zasilany napięciem 5 V.

Na rysunku 3 pokazano proponowane przez nas układy do połączenia z miernikiem panelowym. Jeśli używamy innej wartości bocznika, będziemy musieli użyć innego układu scalonego monitorującego bocznik lub zapewnić pewne wzmocnienie na jego wyjściu, aby uzyskać co najmniej 4,096 V dla prądu 9 A, co daje prawidłowe skalowanie. Jest to niezależne od tego, czy obwód osiągnie natężenie 9 A.

Gdy miernik panelowy zostanie podłączony do takiego obwodu, po prostu konwertuje wejścia analogowe i wyświetla zmierzone wartości, nie wymagając żadnych innych czynności. Konieczne może być dostosowanie kontrastu i jasności w sposób opisany poniżej.

Używanie panelu jako wyświetlacza USB

Aby używać urządzenia jako wyświetlacza sterowanego z portu USB, wystarczy podłączyć je do komputera za pomocą przewodu USB typu mini B na typ A.

Może być konieczne zainstalowanie sterownika, w którym to przypadku ten sam sterownik jest używany jako napięcie dla Microbridge. Dzieje się tak dlatego, że Microbridge wykorzystuje w podobnej roli mikrokontroler 16F1455.



Po skonfigurowaniu jako miernik panelowy wyświetlacz powinien wyglądać tak, jak tutaj, wskazując odczyty napięcia, prądu i temperatury. Jeśli urządzenie jest używane jako wyświetlacz USB, ekran będzie pusty do czasu otrzymania danych z komputera przez port szeregowy USB

Nie powinno to być konieczne w przypadku użytkowników systemu Windows 10, Linux lub Mac. W razie potrzeby sterownik można pobrać ze strony: www.microchip.com/wwwproducts/en/MCP2200

Po zainstalowaniu sterownika i rozpoznaniu urządzenia USB w systemie można je przetestować za pomocą programu terminala szeregowego, takiego jak PuTTY, TeraTerm lub nawet Arduino Serial Monitor.

Otwórzmy połączenie z odpowiednim portem i wpiszmy znaki w terminalu. Powinny one zostać wyświetlone na LCD. Jeśli tak nie jest, może być konieczna regulacja kontrastu i jasności LCD.

Szybkość transmisji nie ma znaczenia, ponieważ wirtualny port szeregowy wyliczony przez IC1 nie korzysta z tej informacji (tak jak mogłoby to mieć miejsce, gdyby był podłączony do sprzętowego portu UART typu downstream).

Kontrast i jasność

Bez względu na ustawienie jasności, LED podświetlenia powinien się świecić. Jeśli nic nie widać na wyświetlaczu, prawdopodobnie należy wyregulować kontrast. Przekręćmy VR1, aż znaki będą wyraźnie widoczne na tle. Gdy znaki są już wyraźne, można dostosować jasność.

W zbudowanym przez nas urządzeniu kontrast był dobry przy napięciu około 1,8 V na pinie 3 CON1, choć może się to różnić w zależności od konkretnego modułu wyświetlacza zastosowanego w LCD.

Jeśli po zbudowaniu wyświetlacza na USB nie widzimy żadnych znaków, upewnijmy się, że wysłaliśmy jakieś dane do terminala. Jeśli nadal nie działa, może to oznaczać problem z konstrukcją, prawdopodobnie związany z wyświetlaczem, jeśli strona USB jest prawidłowo rozpoznawana.

Podsumowanie

Chociaż pierwotnie został on zaprojektowany w celu zastąpienia wielu mierników panelowych w naszym projekcie zasilacza stanowiskowego, stał się również poręcznym akcesorium do komputera.

Pokazuje to, jak wszechstronnym układem jest PIC16F1459. ■

Tim Blythman

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

REKLAMA

EP.com.pl

eprasa.pl dba03aded3

Frezarka CNC, część 5

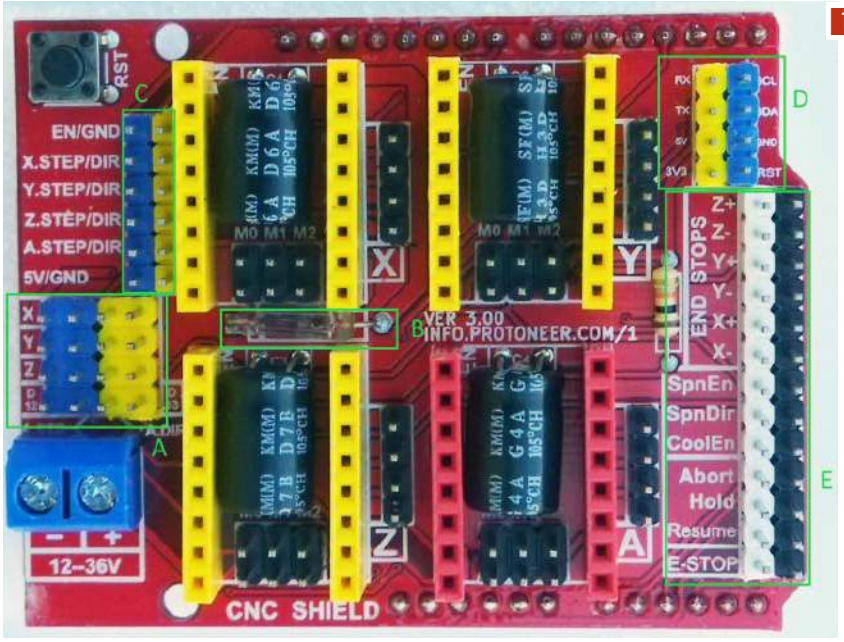
Pora na opis sterownika frezarki CNC. Kończymy budowę frezarki, by za miesiąc przystąpić do jej uruchamiania.

Sterownik frezarki CNC

Autor użył w swojej frezarce modułu **CNC shield V3** będącego nakładką na Arduino Uno. Moduł Arduino wraz z odpowiednim programem wytwarza sygnały sterujące pracą silników krokowych, odczytuje stany czujników oraz steruje pracą wrzeciona za pomocą oprogramowania procesora GRBL i odpowiedniej aplikacji. Nakładka CNC ułatwia montaż elementów wykonawczych i czujników sterujących pracą frezarki. Opisane rozwiązanie jest najprostsze, najtańsze i najłatwiejsze w ewentualnej naprawie. W przypadku jakichkolwiek problemów z uruchomieniem elektronicznym układu, wszystkie najważniejsze sygnały są dostępne na złączach kołkowych (goldpin) modułu CNC, co bardzo ułatwia rozwiązywanie ewentualnych problemów. Zdjęcie modułu przedstawiające nakładkę CNC widoczne jest na **fotografii 1**. Na fotografii 1 w polu oznaczonym literą **A** dokonuje się konfiguracji sterownika czwartej osi (oś A), w polu oznaczonym literą **B** znajduje się bezpiecznik, w polu **C** złącze diagnostyczne, w polu **D** dodatkowe złącza sygnałowe umożliwiające rozszerzenie układu o dalsze funkcjonalności, w polu **E** sygnały sterujące pracą sterownika CNC i sygnały zwrotne z frezarki. Żeńskie złącza w kolorze żółtym, pośrodku których znajduje się kondensator elektrolityczny, pełnią funkcję gniazd sterowników silników krokowych (osie X, Y i Z). Złącze czerwone jest przeznaczone dla dodatkowej osi (A). Obok złącz sterowników silników krokowych znajduje się czterostykowe złącze goldpin typu męskiego, do którego podłączamy silnik krokowy. Spodnia strona płytki CNC pokazana jest na **fotografii 2**. **Uwaga! Montaż wszystkich elementów wykonujemy przy odłączonym napięciu zasilania łączonych modułów.** Pierwszą czynnością jaką musimy wykonać przed podłączeniem modułu CNC z płytką Arduino jest usunięcie bezpiecznika znajdującego się na module CNC i podłączenie w tym miejscu wyprowadzeń przewodowych, do których podłączamy gniazdo bezpiecznika zamocowane w odpowiedniej oprawce. Prąd zadziałania bezpiecznika powinien być dostosowany do zastosowanych silników i ich punktów pracy. Moduły Arduino UNO i CNC łączymy tak, aby wejścia na module CNC weszły w im odpowiadające na module Arduino. W pierwszym etapie nie montujemy zworek, znajdujących się pod sterownikami silników krokowych, oznaczonych jako M0, M1 i M2. Zworki te odpowiadają wejściom MS1, MS2 i MS3 układu A4988. Wejścia te są podciągnięte wewnątrz układu A4988 do potencjału masy. Stan wysoki na wejściach tych wymusza się podając na nie napięcie zasilające procesor, zakładając zworkę konfigurującą. Konfigurację zworek i sposób sterowania silnikami krokowymi z wykorzystaniem sterownika A4988 zestawiono w **tabeli 1**.

W **tabeli 2** zestawiono rozkład zworek w przypadku wykorzystania układu DRV8825.

Układ DRV8825 posiada lepsze odprowadzenie ciepła niż układ A4988, jest jednak wyraźnie droższy. Wszystkie płytki sterowane są tym samym sygnałem **Enable**. Podanie sygnału sterującego na wejście **Step** wymusza wykonanie kroku przez silnik krokowy, jeśli wejście **Enable** pozwala na ruch. Stan logiczny na wejściu **Dir** określa kierunek w jakim jest wykonany krok. Autor zaleca w początkowej fazie nie wstawiać żadnych zworek pod sterownikami silników krokowych, a dopiero później w razie potrzeby zwiększać rozdzielczość sterowania, obserwując pracę układów wykonawczych. Przed zamontowaniem modułu sterującego pracą silnika krokowego warto usunąć soldermaskę pod wyprowadzeniem odprowadzającym ciepło z układu sterownika silnika krokowego, a odsłoniętą miedź pocynować, co poprawi znacznie odprowadzanie ciepła z układu sterownika. Na układ sterownika silnika krokowego należy nakleić dostępny w zestawie radiator za pomocą samoprzylepnej podkładki. Radiator powinien być umieszczony tak, żeby nie utrudniał dostępu do potencjometru regulacyjnego, a jednocześnie jak najbardziej centralnie na układzie scalonym. Aby prawidłowo włożyć sterownik silnika krokowego, bierzemy



1

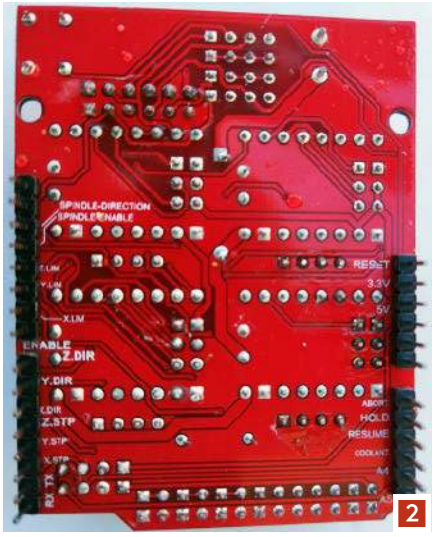
Tabela 1.

Rozdzielczość	M0	M1	M2
Pełny krok	–	–	–
1/2 kroku	zwora	–	–
1/4 kroku	–	zwora	–
1/8 kroku	zwora	zwora	–
1/16 kroku	zwora	zwora	zwora

Tabela 2.

Rozdzielczość	M0	M1	M2
Pełny krok	–	–	–
1/2 kroku	zwora	–	–
1/4 kroku	–	zwora	–
1/8 kroku	zwora	zwora	–
1/16 kroku	–	–	zwora
1/32 kroku	zwora	–	zwora
1/32 kroku	–	zwora	zwora
1/32 kroku	zwora	zwora	zwora

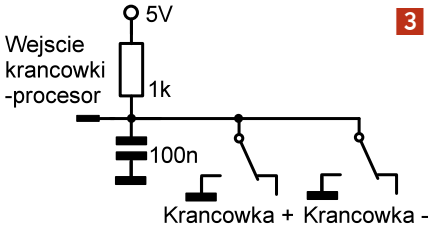
eprasa.pl dba03aded3



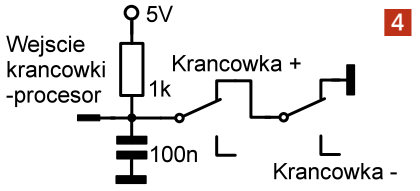
2

płytkę sterownika, odwracamy go tak by elementy elektroniczne były skierowane do dołu, odnajdujemy wyprowadzenie oznaczone jako **EN** lub **Enable** (pozwolenie) i łączymy je z odpowiadającym wejściem **EN** na płytce sterownika CNC. To bardzo ważne, ponieważ w przypadku złego podłączenia sterownika silnika krokowego ulegnie on natychmiastowemu uszkodzeniu po podłączeniu zasilania! Autor wykorzystał trzy sterowniki CNC i podłączył je do wejść oznaczonych na płytce CNC jako X, Y i Z odpowiadających osiom X, Y i Z. Oś A może klonować dowolną z pozostałych osi, dokładnie odzwierciedlając jej pracę. Z opcji klonowania można skorzystać np. gdy oś posiada dużą masę (np. masywne wrzeciono). W tym wypadku, oś Z będą wprowadzać w ruch dwa silniki. Aby sklonować oś, należy ustawić pod sterownikiem silnika krokowego klonowanej osi taką samą kombinację zworek M0, M1 i M2, jak w klonowanym silniku. Zworki konfigurujące pracę klonowanej osi ustawia się w polu A (fotografia 1). Gdy chcemy sklonować pracę osi Z, wkładamy dwie zworki w linii Z. Zworki powinny zwierać osobno niebieskie podstawki goldpinów i osobno żółte. Analogicznie postępujemy przy klonowaniu pozostałych osi. Możemy klonować pracę tylko jednej z osi urządzenia. Czwarta z osi może być również osią całkowicie niezależną i być sterowana z modułu Arduino. Aby wykorzystać taką możliwość, należy założyć zworki na pola oznaczone D12 i D13. Następnie podłączamy napięcie zasilające silniki krokowe. Autor do połączenia silnika ze sterownikiem wykorzystał przewód czterożyłowy o przekroju żyły 0,35 mm^2. Długość przewodu powinna być taka, żeby nie powodować jego napinania nawet w skrajnych położeniach osi. Żyły przewodu sterującego pracą silnika krokowego są podłączone z jednej strony do silnika krokowego, miejsce podłączenia jest zabezpieczone za pomocą rurki termokurczliwej. Z drugiej strony przewód podłączony jest do złącza kołkowego z czterema stykami typu żeńskiego, tak by pierwsza cewka podłączona była do dwóch pierwszych wyprowadzeń złącza goldpin, a wyprowadzenia drugiej z cewek podłączone były do dwóch kolejnych wyprowadzeń złącza. Miejsca połączeń przewodu sterującego ze złączem zabezpieczono za pomocą kleju na gorąco. Na wielu stronach internetowych napisane jest, że próby sterowania silnikiem krokowym przy odłączonym silniku krokowym powodują uszkodzenie modułu sterownika, ale to nieprawda! Autor analizując schemat wewnętrzny układu nie znalazł żadnych przyczyn, które mogłyby tłumaczyć takie zjawisko, a wykonane przez autora dziesiątki godzin testów z różnymi sekwencjami sterującymi tylko to potwierdziły. Do wyprowadzeń **Abor**t, **Hold**, **Reasume** na płytce CNC podłączamy trzy przyciski chwilowe typu zwiernego. Przyciski te bardzo się przydają podczas pierwszych testów z urządzeniem. Przycisk **Abort** zatrzymuje definitywnie wykonanie programu. Przycisk **Hold** wstrzymuje wykonanie programu, zaś **Reasume** wznawia go. Przyciski te w urządzeniu autora mają różne kolory, przez co są bardziej intuicyjne w obsłudze. Przycisk **Abort** ma kolor czerwony, przycisk **Hold** kolor żółty a **Reasume** zielony. Wyprowadzenie **E-STOP** połączone jest z przyciskiem Reset modułu Arduino, podłączono je do przycisku o kolorze czerwonym, ale o innym kształcie niż pozostałe przyciski. Przycisk **E-STOP** jest odpowiednikiem przycisku Reset w naszym komputerze. Do wyprowadzeń **END STOPS** podłączamy wyłączniki krańcowe (tzw. krańcówki) pełniące funkcję zabezpieczenia przed pracą osi poza dozwolonym obszarem. Stosowanie wyłączników krańcowych nie tylko zabezpiecza przed uszkodzeniem frezarkę, ale pozwala automatycznie pozycjonować osie urządzenia. Na płytce naszego urządzenia mamy sześć wyprowadzeń krańcówek (ENDSTOPS) X+, X-, Y+. Y–, Z+ i Z– (uwaga! w nowszych wersjach programu wejście krańcówki Z jest zamienione z wejściem **SpnEn**, co zostanie dokładnie wyjaśnione w dalszej części tekstu). Mimo iż mamy dostępnych sześć wyprowadzeń krańcówek, to w praktyce są tylko trzy wyprowadzenia, gdyż pary X+, X–; Y+, Y– i Z+, Z– połączone są ze sobą elektrycznie. Detekcja pozycji skrajnej wykonuje się na podstawie odczytu stanu styku krańcówki oraz informacji, w którą stronę przesuwała się oś. Wyłączniki krańcowe mają trzy wyprowadzenia: jedno **wspólne**, drugie **normalnie otwarte** (**NO -Normal Open**) – rozwarte ze sobą gdy przycisk nie jest naciśnięty, trzecie **normalnie zwarte** (**NC -Normal Closed**) zwarte gdy przycisk jest nienaciśnięty. Opisana budowa wyłączników krańcowych pozwala za pomocą odpowiednich połączeń elektrycznych skonfigurować wyłącznik jako normalnie zwarty bądź normalnie rozwarty. Oprogramowanie GRBL w starszych wersjach wykorzystywało krańcówki z wejściami normalnie rozwartymi, nowsze wersje oprogramowania umożliwiają programowy wybór rodzaju zastosowanych krańcówek. Ze względów bezpieczeństwa najlepiej jest jak krańcówka jest normalnie zwarta, zatrzymanie pracy osi powoduje wtedy nie tylko rozwarcie styku ale i przerywa na przewodach doprowadzających sygnał z czujników. W przypadku krańcówek normalnie otwartych obie krańcówki muszą być połączone równolegle. W przypadku krańcówek normalnie zwartych krańcówki połączone są szeregowo. Wyprowadzenia obsługujące krańcówki są co prawda podciągnięte wewnętrznie w procesorze, ale warto jest zastosować dodatkowe elementy zewnętrzne poprawiające odporność na zakłócenia na wyprowadzeniach krańcówek, ze względu na duży poziom zakłóceń elektrycznych generowanych przez sterowniki silników krokowych i pracujące wrzeciono. Dodatkowe elementy filtrujące można zmontować przestrzennie na płytce sterownika bez potrzeby wykonywania jakiejkolwiek płytki drukowanej. Połączenie krańcówek z płytką CNC wykonane jest za pomocą przewodu dwużyłowego w ekranie. Dla zmniejszenia wpływu zakłóceń ekran podłączony jest do masy tylko przy płytce sterownika CNC. Sposób podłączenia dodatkowych elementów filtrujących w przypadku wykorzystania krańcówek normalnie otwartych pokazano na **rysunku 3**, a w przypadku normalnie zamkniętych na **rysunku 4**. Załączenie pracy wrzeciona w wersji 1.1 oprogramowania **GRBL** bierze się z krańcówki Z (wyjście D11 procesora), a nie z pinu oznaczonego jako **SpnEn** (**Spindle Enable** – zezwolenie na pracę wrzeciona – pin D12 procesora). Zamiana funkcji pinów w nowszych wersjach programu wynika z tego, że wyjście D11 może być obsługiwane jako sprzętowy PWM. Do wyjścia Z trzeba więc podłączyć zezwolenie na pracę wrzeciona a do pinu **SpnEn** krańcówkę osi Z. Wyprowadzenie Z steruje pracą modułu przekaźnikowego Arduino, załączając przekaźnik w momencie gdy wrzeciono ma pracować – wyjście to sterowane jest stanem wysokim. Napięcie zasilania modułu przekaźnikowego możemy wziąć ze złącza w obszarze D (fotografia 1). We frezarce autora wrzeciono sterowane jest zewnętrznym sterownikiem PWM a przekaźnik tylko je załącza. Wyprowadzenie **SpnEn** może być wykorzystane również do sterowania prędkością pracy wrzeciona, co jest korzystne

eprasa.pl dba03aded3



3



4

np. w przypadku wwiercania się w obrabiany materiał, wymagane jest jednak zastosowanie odpowiedniego elementu wykonawczego, np. tranzystora MOSFET. Wyjście PWM wykorzystuje się także do regulacji mocy lasera, jeśli sterownik używany jest do grawerowania laserowego. Zmiana kierunku obracania się wrzeciona dostępna jest na wyprowadzeniu **SpnDir**, opcja ta jednak nie jest powszechnie wykorzystywana w zastosowaniach amatorskich. Wyprowadzenie **CoolEn** steruje dostarczaniem chłodziwa podczas frezowania, jednak opcja ta również jest rzadko używana przez amatorów. Do modułu CNC podłączamy napięcie z zasilacza stabilizowanego. Wyprowadzenia zasilania modułu CNC wyprowadzone są za pomocą złącz śrubowych. Autor wykorzystał impulsowy zasilacz 12V o wydajności 3 A, w praktyce może to być dowolny zasilacz z zakresu od 12 do 30 V o odpowiedniej obciążalności. Połączenie modułu CNC z zasilaczem wykonano za pomocą przewodów o przekroju 1,5 mm^2. W przypadku stosowania napięć wyższych niż 12 V warto się upewnić czy kondensatory elektrolityczne zastosowane na płytce CNC mają wymagane napięcie pracy. Autor spotkał się z wersją płytki CNC, dla której zakres deklarowanych napięć zasilających wynosił od 12 V do 36 V, natomiast kondensatory elektrolityczne posiadały napięcie pracy 16 V. Podłączenie do takiego modułu zbyt dużego napięcia zasilającego skończyłoby się jego uszkodzeniem. Zastosowane kondensatory odsprzęgające zasilanie sterowników silników krokowych powinny być typu niskoimpedancyjnego, ponieważ w przeciwnym wypadku staną się dodatkowym źródłem ciepła a ich skuteczność odsprzęgania spadnie. Zaletą wyższych napięć zasilających sterowniki silników krokowych jest lepsza dynamika silnika krokowego (zostało to wyjaśnione w części zawierającej opis sterownika CNC). Autor zdecydował się na niższe napięcie zasilające gdyż i tak nie byłby w stanie wykorzystać większej dynamiki silników. W przypadku gdy nie korzystamy z komputera do sterowania modułem Arduino za pomocą portu USB należy również zasilić moduł Arduino z zewnętrznego zasilacza. W przypadku stosowania napięć max. 12 V do zasilania modułu CNC, można do zasilania modułu Arduino wykorzystać ten sam zasilacz, co do zasilania modułu sterownika CNC. W przypadku wyższych napięć zasilających, należy do zasilania modułu Arduino zastosować oddzielny zasilacz lub przetwornicę obniżającą. Zastosowany układ stabilizatora liniowego na płytce Arduino nie toleruje napięć zasilających wyższych niż 15 V. Na zakończenie artykułu autor chciałby podziękować Waldkowi 3Z6AEF za uwagi do tego tekstu. W następnej części artykułu zajmiemy się już właściwym uruchamianiem urządzenia.

Jerzy Wilczewski
Rafał Orodziński
sq4avs@gmail.com

REKLAMA

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

ELPORTAL.pl

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

eprasa.pl dba03aded3

Szkoła Konstruktorów



W Szkole Konstruktorów może wziąć udział każdy Czytelnik EdW, także i Ty!

Możesz zostać stałym uczestnikiem Szkoły, ale możesz tylko jednorazowo nadesłać pojedyncze rozwiązanie jednego zadania, które Cię najbardziej zainteresowało. Nie trzeba się zapisywać, nie ma żadnych zobowiązań – można tylko zyskać. Co miesiąc przydzielane są punkty, upominki, nagrody i kupony do Sklepu AVT, a raz na rok najaktywniejsi uczestnicy Szkoły Konstruktorów są nagradzani dodatkowo. W każdym numerze zamieszczane są zadania trzech klas (*Zadanie główne*, *Co tu nie gra?* oraz *Policz*).

W terminie dwóch miesięcy możesz więc nadesłać e-mailem na adres: ***szkola@elportal.pl*** (*szkoła*, a nie *szkoła*), rozwiązanie jednego, dwóch albo wszystkich trzech zadań Szkoły z danego numeru.

Potwierdzam otrzymanie rozwiązań, nadsyłanych e-mailem. Jeśli w terminie dwóch tygodni nie otrzymasz mojego potwierdzenia, prześlij rozwiązanie jeszcze raz.

Bardzo proszę: dla ułatwienia segregacji niech tytuł Twojego e-maila (i nazwa każdego ewentualnego załącznika), oprócz ***nazwy konkursu*** oraz ***numeru zadania***, zawiera też ***Twoje nazwisko*** (najlepiej bez typowo polskich liter), na przykład: *Szko300Kowalski*, *Policz300Zielinski*, *NieGra300Malinowski*, *Jak02Krzyzanowski*. Chodzi o to, żeby w tytule e-maila i w nazwach wszystkich załączników była zarówno informacja o zadaniu, jak i o Autorze. Bardzo też proszę, żeby jeden Twój e-mail zawierał rozwiązanie tylko jednego konkursu, a nie kilku, co znacznie mi ułatwi segregowanie poczty.

Do wysyłki nagród i upominków potrzebny jest Twój adres pocztowy. Oszczędzisz mi sporo niepotrzebnej pracy, jeśli podasz go w jednej linii: **imię i nazwisko ulica i numer domu kod pocztowy miejscowość e-mail**.

Jeśli na łamach czasopisma nie chcesz ujawniać imienia i nazwiska – napisz, a zachowam dyskrecję, podając albo pseudonim, albo imię i pierwszą literę nazwiska, ewentualnie miejscowość zamieszkania. Jeśli nadeślesz rozwiązanie zadania głównego, możesz dołączyć swoją fotografię (portret), która będzie zamieszczona przy rozwiązaniu zadania. Zachęcam też do podawania ***roku urodzenia, a w przypadku uczniów i studentów także informacji o szkole/klasie lub uczelni***. Jest to pomocne przy opracowywaniu i ocenie rozwiązań (Twoje dane nie są nigdzie przekazywane, tylko wykorzystywane w redakcji EdW wyłącznie w związku z oceną prac i przydzielanymi nagrodami).

Najbardziej cieszę się z krótkich i zwięzłych rozwiązań, bo to ułatwia ich opracowanie. Ale jeżeli Twoje rozwiązanie będzie obszerniejsze, mam prośbę dotyczącą kwestii technicznych: Nie umieszczaj ilustracji w tekście! Wszystkie ilustracje (fotografie i rysunki) prześlij w e-mailu jako oddzielne pliki – załączniki. Bardzo proszę też o przysyłanie schematów, projektów płytek i wszelkich innych rysunków w popularnych formatach, na przykład PDF, SVG, JPG, GIF czy PNG, i to także wtedy, gdy przysyłasz oryginalny, źródłowy plik z danego programu projektowego (.sch, .pcb, .brd, .ddb, itp.).

Jeżeli w ramach zadania głównego zrealizujesz rozwiązanie praktyczne, czyli zbudujesz konkretny układ-model, mam następujące wskazówki i prośby:

Nie przysyłaj modelu do redakcji! Nie ma też potrzeby nadsyłania papierowych wydruków, płyty CD/DVD, ani modelu – całkowicie wystarczą załączone do e-maila pliki i fotografie zrobione przez Ciebie.

Przygotowując opis **skorzystaj z szablonu** dostępnego pod adresem: ***http://edw.elportal.pl/szablon***.

Więcej wskazówek na temat przygotowania materiałów i prawidłowego fotografowania modeli znajdziesz w Elportalu na stronie: ***https://edw.elportal.pl/zostan-wspolautorem-elektroniki-dla-wszystkich/***.

Twoje praktyczne rozwiązanie głównego zadania Szkoły może być później opublikowane jako artykuł w EdW, za który otrzymasz honorarium. Dlatego w treści e-maila umieść wtedy tekst: *Oświadczam, że materiał, który przesyłam w tym e-mailu do redakcji „Elektroniki dla Wszystkich", jest moim osobistym opracowaniem i nie był wcześniej nigdzie publikowany.*

UWAGA! UWAGA! UWAGA! UWAGA! UWAGA! UWAGA! UWAGA! UWAGA! UWAGA! UWAGA!

Zachęcamy także Ciebie, drogi Czytelniku, żebyś w ramach działu

„Wokół Arduino"

opublikował swoją realizację projektu lub artykułu związanego z platformą Arduino.

Chętnie zaprezentujemy na łamach EdW Twój własny projekt albo Twoją realizację projektu z Internetu, wykorzystującego dowolne moduły lub moduły rozszerzeń Arduino, a także wartościowe artykuły, pokazujące rozmaite aspekty korzystania z tej interesującej platformy. Bliższe informacje: http://*edw.elportal.pl/arduino*, a w razie pytań i wątpliwości śmiało pisz: *edw@elportal.pl*

Nadsyłajcie propozycje zadań!

Autorzy propozycji zadań, które zostaną wykorzystane w Szkole, otrzymują jako nagrodę kupon 100 zł na zakupy w sklepie AVT:
http://sklep.avt.pl
Koszty przesyłki pokrywa AVT.

Dobra propozycja nie powinna być ani zbyt trudna, ani zbyt ogólna, ani zbyt wąsko ukierunkowana. Dobre zadanie Szkoły powinno mieć na tyle szeroki zakres, żeby mogli w nim wziąć udział zarówno doświadczeni elektronicy, jak i początkujący, w tym najmłodsi.

Zachęcam do nadsyłania propozycji następnych zadań Szkoły!

eprasa.pl dba03aded3

Zadanie główne 314

Pomysł zadania pojawił się ponad rok temu w liście **Rafała** z miejscowości Łacha. Rafał w obszernym liście poruszył rozmaite zagadnienia, między innymi sprawę mniej i bardziej niepokojących zmian w elektronice oraz wśród elektroników, zwłaszcza tych najmłodszych. Nie chciał, by list został opublikowany, ale zgodził się na wykorzystanie fragmentów zamieszczonych poniżej. Napisał między innymi: (...) *niepokojące tendencje trzeba zaakceptować. Nie ma opcji. Poza tym niektóre mają dobre strony. Z własnego doświadczenia wiem, że zaprojektowanie nawet najprostszej przetwornicy indukcyjnej o dużej sprawności to zadanie przerastające nawet dobrych elektroników. Z doświadczenia wiem, że własnoręczne zaprojektowanie, przetestowanie, a potem optymalizacja przetwornicy, a przede wszystkim zastosowanej w niej cewki czy transformatora, to powód do olbrzymiego zadowolenia. Jednak próg wejścia jest wysoki. Początki są trudne* (...) *ja byłem w idealnej sytuacji, bo w pracy miałem dostęp do wielu różnych rdzeni i mogłem eksperymentować. Ale jeżeli ktoś zaczyna, a ma tylko jakieś stare rdzenie z demobilu, o nieznanych parametrach, to zadanie jest wprost nie do zrealizowania. Uzyskane wyniki będą słabe, niewarta skórka wyprawki. I tu moje przemyślenia dotyczące ogółu elektroników: w epoce coraz węższej specjalizacji nie można znać się na wszystkim, a w szczególności na projektowaniu przetwornic. Zauważyłem, że czytelnicy dopominają się o wskazówki do projektowania przetwornic.*

Odradzam! Projektowanie przetwornic to wąska specjalizacja i powinna się tym zajmować wąska grupa specjalistów. A już szczególnie impulsowe zasilacze sieciowe, gdzie nie tylko trzeba walczyć z zakłóceniami, ale spełnić wysokie warunki bezpieczeństwa (...) *zapomnij!* (...)

Jak ktoś chce się pobawić, to proponuję nie zasilacze sieciowe, tylko przetwornice DC/DC dostępne w niezliczonych wykonaniach. Zamiast projektować, proponuję coś innego: aktualnie można kupić gotowe przetwornice o bardzo różnych parametrach. Te naprawdę dobre, wysokosprawne, są drogie. Te tanie są jako-takie, ale jak na cenę, bardzo dobre do wielu zastosowań. Sam się dziwię, jak się opłaca produkować je za taką cenę. Parametry nie rzucają na kolana, ale rekompensuje to śmiesznie mała cena. Zamiast projektować przetwornice od nowa, można wykorzystać gotowe lub je modyfikować. To mogłoby być zadanie Szkoły Konstruktorów.

Oto temat zadania 314:

Zaproponuj wykorzystanie oraz modyfikacje modułów fabrycznych przetwornic impulsowych DC/DC.

Chodzi o przetwornice DC/DC, a nie o zasilacze sieciowe, których modyfikacja może grozić porażeniem.

W ramach zadania głównego 314 zaproponujcie wykorzystanie rozmaitych gotowych przetwornic DC/DC: podwyższających, obniżających i innych o dowolnej mocy.

Jeżeli chodzi o przeróbki to pozostawiam je Waszej inwencji. Modyfikacja może dotyczyć cewki – jej wymiany, ale też modyfikacji układu, na przykład dodaniu ogranicznika prądowego, obwodu pomiaru prądu czy możliwości zdalnego wyłączenia sygnałem logicznym.

Pamiętajcie, że temperatura jest zabójcza dla kondensatorów elektrolitycznych, więc sensowna modyfikacja może dotyczyć kondensatorów filtrujących na wejściu lub wyjściu.

Zachęcam do udziału w tym jakże praktycznym zadaniu! ■

Piotr Górecki

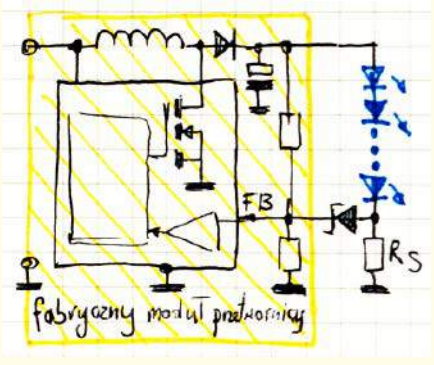
Rozwiązanie zadania głównego 308

Temat grudniowego zadania 309 brzmiał: ***Mając do dyspozycji napięcie stałe 12...14 V zaproponuj sposób zasilania dwóch łańcuchów diod LED o napięciu około 30...40 V, najlepiej niezależnie za pomocą przewodu trzyżyłowego.***

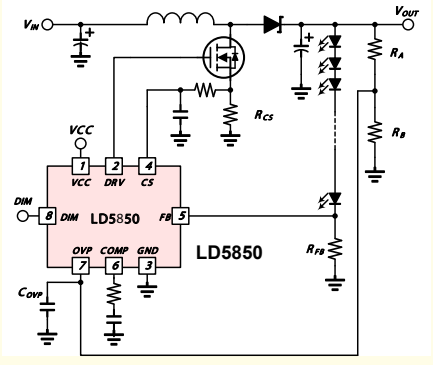
Zadanie było bardzo trudne! Przede wszystkim w wersji, gdzie dwa łańcuchy miałyby być zasilane za pomocą przewodu tylko trzyżyłowego. Zasadniczo mając akumulator 12...14 V, zasilanie łańcucha diod o napięciu 30...40 V, w praktyce modułu COB LED, można zrealizować za pomocą niemal dowolnej przetwornicy podwyższającej. Ilustruje to **rysunek 1**. Żółtą podkładką wyróżniony jest oryginalny układ – gotowy fabryczny moduł przetwornicy podwyższającej. Tego rodzaju modułów na rynku jest mnóstwo. Do końcówki sprzężenia zwrotnego FB (feedback) normalnie doprowadzana jest przez dzielnik rezystory część napięcia wyjściowego, więc taki moduł stabilizuje napięcie wyjściowe. Dla zasilenia łańcucha diod LED potrzebny jest zasilacz prądowy, czyli mający cechy źródła prądowego. Wiele modułów przetwornic podwyższających można przerobić na zasilacze prądowe, doprowadzając do końcówki FB napięcie proporcjonalne do prądu diod LED. Na rysunku 1 realizuje to rezystor Rs.

Na rynku dostępne są dedykowane układy scalone do przetwornic podwyższających, realizujące funkcję zasilacza prądowego. Na **rysunku 2** pokazany jest schemat aplikacyjny kostki LD5850, która współpracuje z zewnętrznym MOSFET-em o dowolnej mocy. Wartość prądu diod LED ustala rezystor R_{FB}. Rezystory R_A, R_B wyznaczają maksymalne napięcie, jakie da taka przetwornica w przypadku przerwania obwodu diod. Zmniejszenie

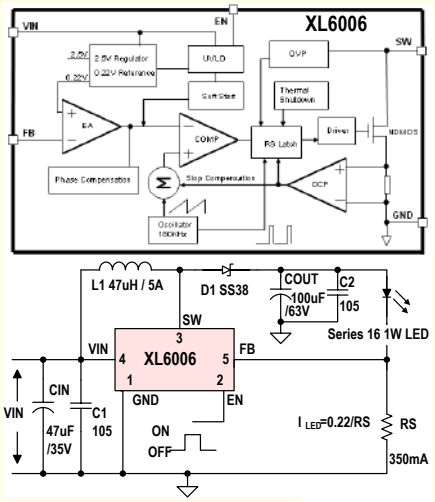
Rysunek 1



Rysunek 2



eprasa.pl dba03aded3



Rysunek 3

i zanik prądu spowoduje wzrost napięcia, ale tylko do jakiejś bezpiecznej wartości ustalonej przez R_A, R_B. Jest to obwód ogranicznika napięcia OVP (Overvoltage Protection) – bez niego wzrost napięcia mógłby uszkodzić MOSFET-a.

Ten układ ma też zewnętrzny obwód kontroli prądu MOSFET-a wykorzystujący rezystor R_{CS}.

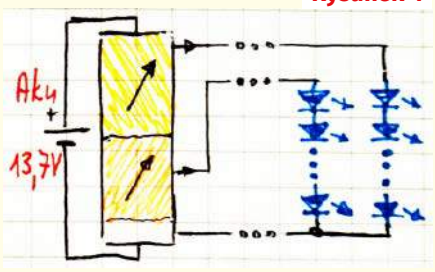
W innych scalonych sterownikach wszystko to jest zamknięte wewnątrz układu scalonego. Przykładem może być pokazany na **rysunku 3** prądowy sterownik XL6006. Tu prąd diod LED ustala rezystor RS.

W tego rodzaju przetwornicach „prądowych" dla zmniejszenia strat w rezystorze ustalającym prąd, napięcie odniesienia na końcówce FB jest z reguły dużo mniejsze, niż w popularniejszych przetwornicach „napięciowych", gdzie zwykle wynosi 1,25 V. W kostce LD3850 wynosi 0,3 V, a w XL6006 tylko 0,22 V.

Warto zauważyć, że przetwornice tego rodzaju z reguły mają też wejście zezwalające, które albo jest przeznaczone (DIM), albo pod pewnymi warunkami może być wykorzystane (EN) jako wejście modulacji jasności impulsami PWM o częstotliwości 100 Hz...1 kHz.

Przykłady przedstawione na rysunkach 1...3 rozwiązują podstawowe zadanie: zasilane napięciem z akumulatora (12...13,8 V) dostarczają odpowiedniego napięcia i prądu dla modułu COB LED.

Rysunek 4



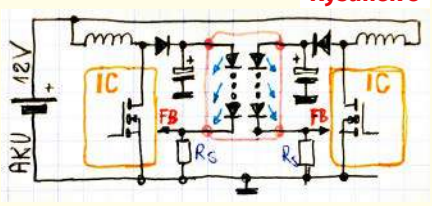
Nie rozwiązują jednak tej części zadania, która dotyczyła zasilania oraz niezależnej regulacji jasności dwóch łańcuchów za pomocą trzech przewodów według idei z **rysunku 4**.

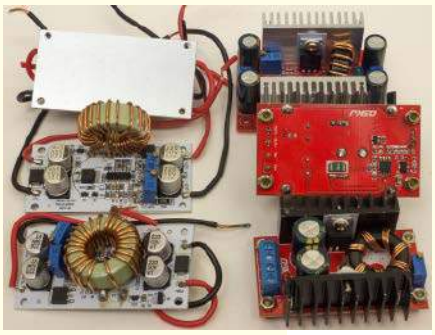
Jeden z uczestników **Michał Dąbek** z Wrocławia napisał: (...) *uważam, że można dobrać różne przetwornice, żeby na łańcuchu LED-ów otrzymać 30...40 V. Konkretu nie podaję, bo w zadaniu nie była podana moc ani prąd. Przypuszczam, że moc będzie kilkanaście W, czyli prąd od 0,35 A, ale poniżej ampera. Na aliexpresie jest dużo przetwornic podwyższających do takiej przeróbki. I to by było łatwe. Ale nie podejmuję się zasilania dwóch łańcuchów przez trzy przewody, bo jak damy dwie przetwornice dla dwóch lamp, to nie widzę opcji* (...) *potrzebne są cztery przewody* (...) *byłaby opcja, gdyby zastosować łańcuchy LED ze wspólną anodą oraz przetwornice, odwracające, wytwarzające napięcie ujemne. Ja gotowych przetwornic do tego celu nie znalazłem* (...) *trzeba by zaprojektować samemu* (...) *[żeby] stabilizowały prąd* (...) *proszę nieprzydzielanie mi prezentów* (...).

Michał słusznie określił istotny problem. Otóż w przypadku oświetlenia LED przyjęło się, że łańcuchy LED najczęściej są połączone anodami, czyli inaczej, niż pokazuje rysunek 4, gdzie mamy połączenie ze wspólną katodą, a nie anodą. Tak jest we wszystkich taśmach LED, gdzie wspólny jest przewód dodatni (plus zasilania).

W taśmach LED tego zmienić nie można, ale w przypadku oddzielnych łańcuchów oraz modułów COB LED zwykle można zastosować rozwiązanie dowolne: albo połączenie ze wspólną anodą, albo ze wspólną katodą. W każdym przypadku może wystąpić problem niezależnej regulacji oby lamp. W zadaniu 309 oba łańcuchy LED-ów mają być zasilane z tego samego akumulatora 12-woltowego, a jasność każdego ma być regulowana niezależnie. Jeżeli zastosujemy rozwiązanie według rysunków 1...3, wtedy „na dole" każdego łańcucha jest włączony rezystor R_S (R_{FB}), kontrolujący prąd tego łańcucha. Otrzymujemy sytuację, którą jaśniej pokazuje **rysunek 5**. „Od dołu" mamy rezystory", a „od góry" wyjścia dwóch przetwornic, gdzie napięcia nie będą jednakowe. A w takiej wersji niezbędne są cztery przewody, a nie trzy. Mam w swoich zapasach przyzwoite moduły przetwornic

Rysunek 5





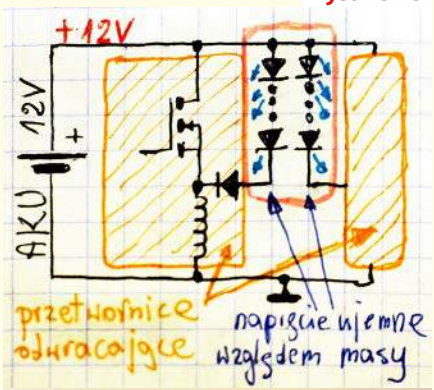
Fotografia 1

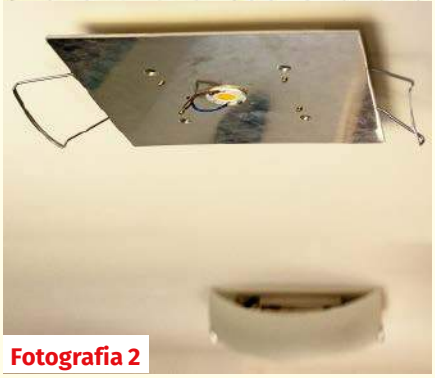
o odpowiednich parametrach z niezależną regulacją napięcia i prądu (**fotografia 1**). Nie trzeba by ich przerabiać, bowiem mają one już wbudowany rezystor do pomiaru prądu właśnie w obwodzie masy. Wystarczyłoby dobudować tylko obwód zdalnej regulacji prądu, czyli jasności diod LED, co nie byłoby zadaniem specjalnie trudnym, bo schemat tych modułów jest dostępny w Internecie. Jednak właśnie z uwagi na te rezystory pomiarowe w obwodzie masy, nie można bezpośrednio zrealizować koncepcji z rysunku 4, tylko ewentualnie czteroprzewodową według rysunku 5.

Michał proponuje wersję, pokazaną na **rysunku 6**: anody obu łańcuchów są dołączone do dodatniego bieguna akumulatora, a katody do wyjścia przetwornic odwracających, dających napięcie ujemne względem masy.

Pomysł dobry, tylko jak słusznie zaznacza Autor – realizacja nie jest prosta, ponieważ po pierwsze ma to być mało popularna przetwornica odwracająca, a po drugie

Rysunek 6





Fotografia 2

eprasa.pl dba03aded3

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



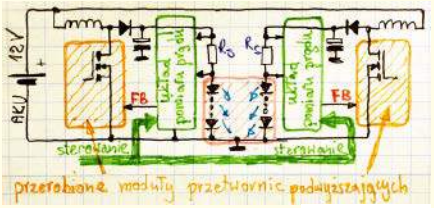
Fotografia 3

ma być to przetwornica stałoprądowa, a nie stałonapięciowa. A to komplikuje układ, ponieważ wymagany jest jakiś obwód kontroli prądu, prawdopodobnie (choć niekoniecznie) z szeregowym rezystorem R_S (R_{FB}). Jak taki rezystor włączyć w układ przetwornicy odwracającej?

Jak wspomniałem w opisie zadania 309, jest to opis realnej sytuacji. Mam w pomieszczeniu dwie przerobione plafoniery 40×40 cm, z modułami COB LED dobrej jakości (Cree CXA2530 CRI90 ciepły biały 3000K) zamontowanymi na dużych kawałkach blachy – radiatorach, co pokazuje **fotografia 2**. Są to moduły 60-watowe, o maksymalnym prądzie pracy 1,6 A. Jak na razie, od kilku lat z powodzeniem dwa takie moduły COB LED są dołączone za pomocą trzech przewodów jak na rysunku 4 (ze wspólną katodą), ale równolegle do jednej przetwornicy podwyższającej, pokazanej na **fotografii 3**. Jak na razie jasność obu lamp jest jednakowa, stała (napięcie 35,4 V, prąd każdego z modułów 0,56 A). Jednak w przyszłości, jeśli czas pozwoli, planuję niezależne sterowanie, prawdopodobnie właśnie według rysunku 4.

Dlaczego skonfigurowałem te łańcuchy łącząc ich katody, a nie anody?

Ponieważ chcę zastosować przetwornice podwyższające tak przerobione, żeby obwód pomiaru prądu z rezystorami R_S (R_{FB}) nie był umieszczony „od dołu", w obwodzie masy, tylko „od gry" w obwodzie anod łańcuchów LED według ogólnej idei z **rysunku 7**. I tu należałoby wrócić do konkursu *Jak to działa?*, gdzie w numerze grudniowym było rozwiązanie zadania z sierpnia 2021. Skojarzył to jeden ze stałych uczestników konkursu *JakDziała* pisząc: (...) *nie brałem nigdy udziału w rozwiązywaniu zadań Szkoły, choć z zaciekawieniem czytam rozwiązania* (...) *Pierwszy raz przysyłam nie rozwiązanie, a jedynie przypuszczenie. Zadanie Szkoły 309 jest bardzo trudne dla mniej doświadczonych, Wydaje mi się, że można poradzić sobie z trzema przewodami, gdy zastosuje się pomiar prądu od góry, jak opisane było miesiąc temu w rozwiązaniu zadania Jak to działa?. Wystarczy wykorzystać podane tam wskazówki i trzy przewody całkowicie wystarczą.* (...)

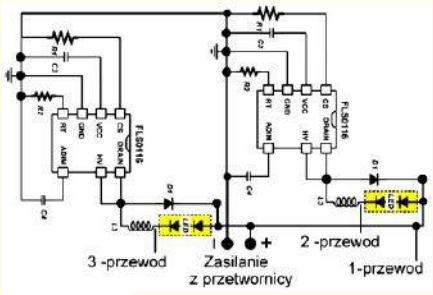


Rysunek 7

Jak najbardziej! Mam takie właśnie plany. Planuję przeróbkę gotowego modułu „napięciowej" przetwornicy podwyższającej według idei z zadania Jak8. Tak jak pisałem w numerze grudniowym w rozwiązaniu tedo zadania, istnieje szereg wariantów obwodu pomiaru i stabilizacji prądu wyjściowego. Idea jest prosta, obawiam się tylko, czy aby nie wystąpią jakieś problemy ze stabilnością. To zależy głównie od budowy i zasady pracy obwodów regulacji. Sterowniki pracujące w trybie „current mode" ogólnie biorąc, są stabilniejsze od tych pracujących w trybie „voltage mode", ale mogą wystąpić niespodzianki. To okaże się podczas praktycznych prób.

Są to plany na dalszą przyszłość, związane z opracowaniem uniwersalnego mikroprocesorowego układu, realizującego zdalne sterowanie, i analogowe, i cyfrowe PWM różnego rodzaju diod LED. W przypadku regulacji analogowej, obwód pomiaru prądu jest pożądany, wręcz konieczny. W przypadku wyłącznie regulacji cyfrowej PWM układ mógłby być znacznie prostszy.

Wracając do bardzo trudnego zadania 309 informuję, że część rozwiązań to były propozycje wykorzystania układów wykorzystywanych do zasilania łańcuchów LED z sieci 230 V.

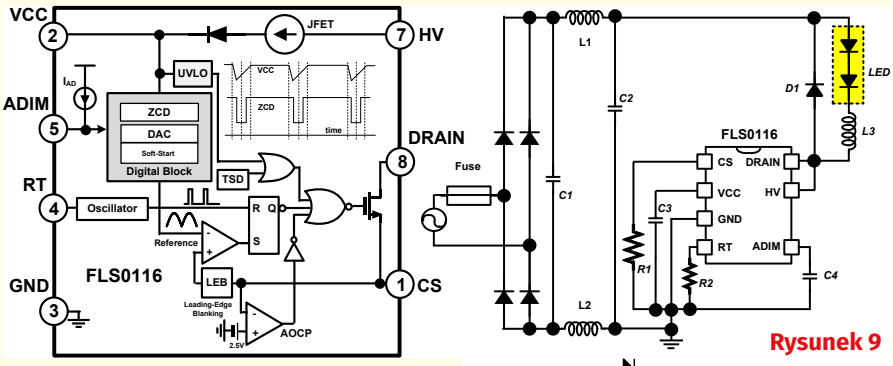


Rysunek 8

lamp LED np. FLS0116, BCR601 z wbudowaną funkcją ściemniania. (...) [*Na* ***rysunku 8***] *mamy jeden wspólny przewód zasilający (plus) i dwa przewody podłączone do łańcuchów LED oraz funkcję ściemniania.* (...) *W przypadku możliwości użycia czterech przewodów polecam układ XL6005* (...).

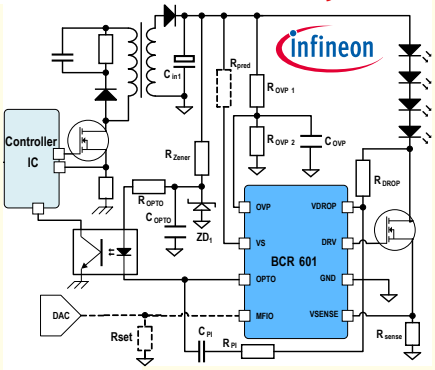
Warto zwrócić uwagę, że FLS0116 to nietypowa indukcyjna przetwornica obniżająca, która może pracować w bardzo szerokim zakresie napięć zasilania od 25 V do 500 V. **Rysunek 9** pokazuje schematy wewnętrzny i jeden ze schematów aplikacyjnych bez kondensatora filtrującego.

Wspomniany układ scalony Infineon BCR601 nie jest sterownikiem impulsowym, tylko sterownikiem analogowego źródła prądowego, stosowanym po wtórnej stronie klasycznego zasilacza flyback, jak pokazuje **rysunek 10**. Nadaje sie do opisywanego zastosowania, bowiem ma zakres napięć zasilania 8 V...60 V i współpracuje z zewnętrznym tranzystorem (MOSFET N albo NPN), który pełni rolę źródła prądowego.



Rysunek 9

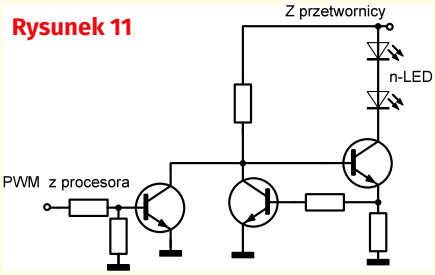
Rafał Orodziński z Białegostoku przedstawił kilka bardzo interesujących propozycji. Najpierw napisał: (...) *Układ taki najprościej można zbudować wykorzystując układy scalone przeznaczone do zasilania lamp LED z sieci 230 V.* (...) *część z nich ma* (...) *funkcję ściemniania. Układ działałby następująco: podnosimy napięcie z 12 V do wymaganych 30...40 V za pomocą dowolnej przetwornicy podwyższającej. Wybór* (...) *jest duży* (...) *Przetwornica podwyższająca zasila dwa moduły zawierające układy scalone do zasilania*



Rysunek 10

eprasa.pl dba03aded3

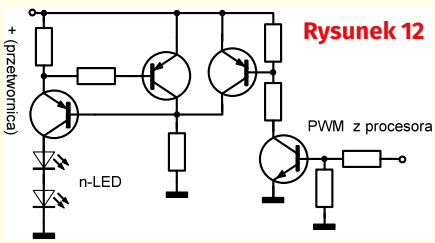
Rysunek 11

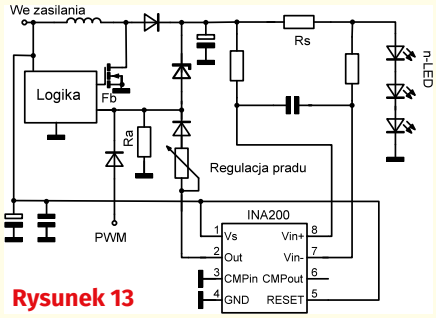


W kolejnych e-mailach Rafał przedstawił dalsze warte analizy propozycje: (...) *Przyszło mi do głowy jeszcze jedno rozwiązanie – wykorzystanie kluczowanego źródło prądowego* [***rysunek 11***]. *Dla obu łańcuchów LED wspólny jest plus zasilania.* (...) *Sprawność układu będzie wysoka przy odpowiednim dobraniu wartości elementów źródła prądowego i liczby diod przy wysokim napięciu zasilającym (moc tracona w źródle prądowym w stosunku do traconej na diodach LED będzie mała). Sprawność układu będzie rosła ze wzrostem napięcia zasilającego. Kluczując źródło prądowe sygnałem PWM należy pamiętać, że dla uzyskania liniowej zmiany natężenia oświetlenia zmiany wypełnienia PWM muszą być wykładnicze (prawo Webera–Fechnera).* (...)

(...) *jeżeli masa ma być wspólna* (...) *rozwiązań możliwych jest wiele.* (...) *Dobrze się bawię przy tych zadaniach.* (...) [*następny*] *układ zawiera tylko jedną przetwornicę i dwa kluczowane źródła prądowe. Wartość prądu płynącego przez diody LED ograniczona jest przez wydajność skompensowanego termicznie źródła prądowego. Regulacja jasności odbywa się przez kluczowanie źródła prądowego przez procesor* [*według* ***rysunku 12***] (...). *Sprawność układu będzie wysoka przy odpowiednim dobraniu wartości elementów źródła prądowego i odpowiednio dużej liczby diod LED (moc tracona w źródle prądowym w stosunku do traconej na diodach LED będzie mała).* (...) *należy pamiętać, że dla uzyskania wrażenia liniowej zmiany natężenia oświetlenia zmiany wypełnienia PWM muszą być wykładnicze (prawo Webera–Fechnera). Odpowiedni program można uzyskać modyfikując program z kitu AVT2968 (posiada stosowną korekcję wysterowania PWM tak by uzyskać wrażenie liniowych zmian natężenia oświetlenia -mój układ)* (...) [*Następna propozycja to*]

Rysunek 12





Rysunek 13

modyfikacja przetwornicy. Wymagane są dwa identyczne układy [*jak na* ***rysunku 13***]. *Opisany układ posiada zabezpieczenie przed uszkodzeniem układu wywołanym odłączeniem diod LED (dioda Zenera), regulację prądu płynącego przez diody za pomocą potencjometru, jak i możliwość regulowania jasności diod LED przez zmiany współczynnika wypełnienia. Sercem układu jest specjalizowany układ pomiaru natężenia prądu INA200. Maksymalne napięcie zasilające układ INA 200 może wynieść 18 V, sam układ INA200 musi być więc zasilany z akumulatora. Maksymalne napięcie pomiarowe może wynosić aż 80 V. Układ występuje w kilku wykonaniach, różniących się wzmocnieniem i pasmem przenoszenia.* (...) *Dioda włączona w szereg z potencjometrem zabezpiecza wyjście układu INA200 przed potencjalnym uszkodzeniem wywołanym odłączeniem diod LED gdy potencjometr jest zwarty. Wartości rezystancji Ra powinna mieć wartość paru kiloomów. Stan wysoki na wejściu PWM wyłącza przepływ prądu przez diody LED* (...)

Tyle od Rafała Orodzińskiego.

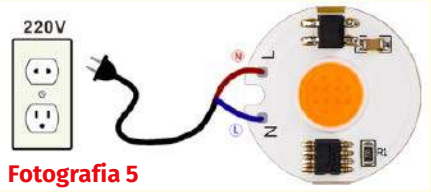
Krzysztof z Adamówka napisał co następuje: (...) *Najłatwiej zastosować gotowe moduły COB, zawierające diody i wbudowane scalone sterowniki, przykładowo F6040 od 20 do 50 W za kilkanaście złotych ze sklepu* (...) [*pokazane*] *na* ***fotografii 4***. *Dołącza się wprost do sieci bez żadnego zasilacza* (...) *najlepsze rozwiązanie* (...) *wystarczą 3 przewody* (...) *można ściemniać* (...) *niezależnie jeden od drugiego* (...)

Owszem, jest to bardzo tanie rozwiązanie, bo moduły takie w chwili pisania tego materiału można ściągnąć z Chin w cenie poniżej 10 zł za sztukę za wersję 50-watową.

Fotografia 4



Fotografia 5



Właśnie ta niska cena powinna wzbudzić wątpliwości, czy jest to optymalne rozwiązanie. Najtańsze zapewne jest, ale szereg parametrów budzi wątpliwości.

Przy tak śmiesznie niskiej cenie należy się spodziewać diod o niskim współczynniki oddawania barw CRI. Najprawdopodobniej takie moduły nie nadają się do oświetlenia mieszkania, a co najwyżej garażu. Dodatkowa wadą jest nieduża sprawność i migotanie, ponieważ stosowane w takich modułach sterowniki nie są impulsowe (indukcyjne), tylko analogowe.

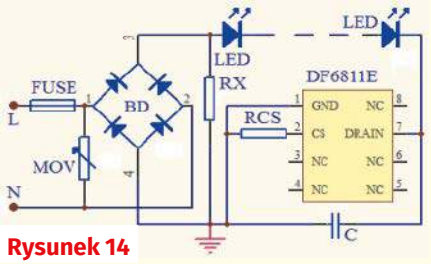
W skała takiego modułu wchodzi zwyczajny mostek diodowy (MB10C) prostujący napięcie sieci oraz od jednego do pięciu liniowych sterowników wysokonapięciowych. Mogą to być sterowniki takie jak DF6811BC, MX2082S, SM2082C lub inne.

Na rynku jest mnóstwo tego rodzaju lamp zasilanych wprost z sieci 230 V – przykład małego modułu na **fotografii 5** (Aliexpress).

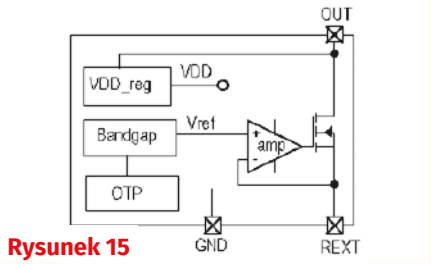
W takich modułach nie ma kondensatora wygładzającego więc wystąpi migotanie, ale z częstotliwością 100 Hz, co jednak nie jest problemem. **Rysunek 14** pokazuje układ aplikacyjny z warystorem i kondensatorem antyprzepięciowym. Wartość prądu ustalana jest za pomocą rezystora. Układy te zbudowane są zwykle według **rysunku 15**, a napięcie odniesienia często wynosi 600 mV.

Same scalone sterowniki można byłoby ewentualnie wykorzystać według warunków zadania 309 w połączeniu z przetwornicą podwyższającą, natomiast kompletne moduły

Rysunek 14



Rysunek 15



eprasa.pl dba03aded3

zasilane z sieci raczej nie nadają się do systemu zasilanego z akumulatorów.

Aktualne informacje o punktacji oraz rozdziale nagród, upominków i kuponów podane są w tabelkach. Osoby nagrodzone kuponami otrzymują z redakcji stosowny e-mail z informacją i wskazówkami, a dopiero potem zamawiają w sklepie AVT (wrzucają do koszyka pod adresem ***www.sklep.avt.pl***) towary za przydzieloną sumę, a w uwagach piszą, że jest to kupon ze Szkoły Konstruktorów. Kupony za zadania z kolejnych miesięcy można sumować, by kupić sprzęt o większej wartości. Istnieje też możliwość dopłaty różnicy cen w przypadku zamówienia na sumę większą niż przydzielony kupon. Ale ***uwaga: kupon ważny jest tylko 12 miesięcy – po tym terminie traci ważność i przepada.***

Serdecznie zapraszam do udziału w zadaniu głównym 314, a także w drugiej i trzeciej klasie naszej Szkoły Konstruktorów! Zachęcam uczestników, żeby praktyczne rozwiązania zadań Szkoły przygotowywali według Szablonu ze strony: ***http://edw.elportal.pl/zostan-wspolautorem-elektroniki-dla-wszystkich/***. ■

Piotr Górecki

Co tu nie gra? Zadanie 314

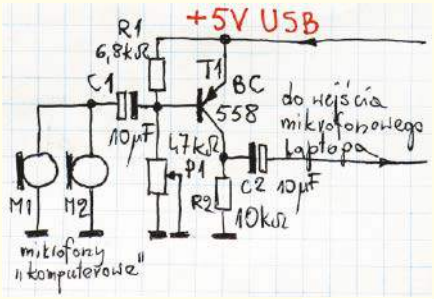
Do nagrywania filmów chcemy skonstruować czuły mikrofon „zbierający” dźwięki z dalszej odległości według **rysunku A**. Ponieważ odległe dźwięki sa słabe, połączymy równolegle dwa posiadane typowe mikrofony „komputerowe” i zastosujemy dodatkowy przedwzmacniacz, co zapewni odpowiedni poziom sygnału.

Jak zwykle pytanie brzmi:

Co tu nie gra?

Nawet gdy w układzie jest kilka usterek, możesz zgłosić tylko jedną. Bardzo proszę o możliwie krótkie odpowiedzi.

Odpowiedź oznacz **NieGra314** i nadeślij w terminie 60 dni od ukazania się tego numeru EdW. Od razu podaj też swój adres pocztowy, żebym nie musiał pytać, gdy przydzielę upominek. Możesz jeszcze przysłać rozwiązania zadania NieGra z poprzedniego miesiąca. Uczestnicy konkursu otrzymują upominki, a najaktywniejsi uczestnicy są co rok nagradzani bezpłatnymi prenumeratami EdW lub innego wybranego czasopisma AVT.



Rysunek A

Co tu nie gra? Rozwiązanie zadania 309

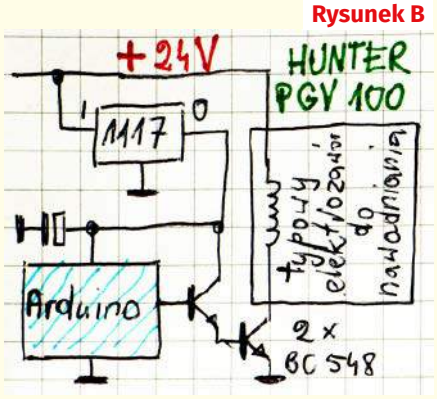
Na **rysunku B** pokazany jest zamieszczony w EdW 12/2021 *schemat prostego sterownika nawadniania*.

Jak zwykle, także i w tym schemacie (przygotowanym przeze mnie specjalnie na potrzeby tego zadania) doszukaliście się mnóstwa błędów.

Na początek przytoczę dwa fragmenty nadesłanych e-maili:

(...) *Szczerze się przyznam, udział w konkursach traktuję jako dobrą zabawę i raczej nie gram dla nagród, tylko dla satysfakcji ...*

Rysunek B



(...) *dawno nie pisałem, choć chętnie brałbym udział co miesiąc w zadaniach.*

I jeszcze początek jednego z nadesłanych rozwiązań z ważną informacją: *Dzień dobry. Bardzo dobra podpowiedź do Zadania 309 znajduje się w liście Pana Artura Żółtowskiego w skrzynce Poczta.*

Tak, nieprzypadkowo na stronach 10 i 11 grudniowego numeru EdW zawarte były istotne informacje dotyczące grudniowego zadania *NieGra309*.

A teraz omówimy Wasze uwagi dotyczące mojego schematu. Otóż błędów jest na nim tak wiele, że tylko jeden uczestnik wymienił wszystkie.

Zacznijmy od obwodów zasilania. Układ ma być zasilany napięciem stałym o wartości 24 V, natomiast moduł Arduino zapewne ma być zasilany napięciem 5 V lub trochę większym za pośrednictwem popularnego liniowego stabilizatora LDO typu ’1117. I tu jest pierwszy problem.

Otóż nie jest podane, jaka to ma być wersja stabilizatora. Stabilizatory ’1117 mają różne napięcia wyjściowe, od 1,2 V do 5 V, a nawet 12 V. Większość producentów oferuje wersje o napięciu do 5 V, ale są dostępne wersje 12-woltowe, np NCP1117.

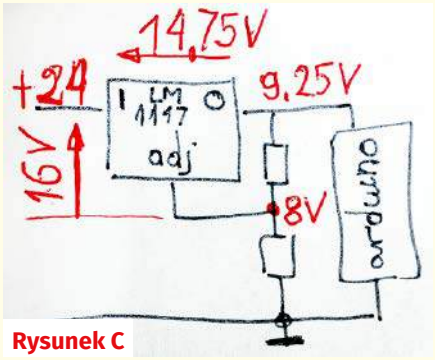
Dostępne są też wersje ADJ z napięciem wyjściowym dobieranym przez użytkownika za pomocą dwóch rezystorów, ale jest to po prostu wersja 1,25-woltowa.

Słuszne wątpliwości wzbudził brak na rysunku B kondensatora filtrującego napięcie wejściowe +24 V. W większości kart katalogowych zaleca się bowiem zastosowanie zarówno kondensatora na wejściu, jak i na wyjściu stabilizatora. I kondensatory te powinny być umieszczone blisko stabilizatora.

Niektórzy uczestnicy przypomnieli, że większość popularnych płytek Arduino ma wbudowane stabilizatory 5-woltowe (NCP1117ST50T3G w UNO R3), co pozwala na zasilanie napięciem +6...+12 V, a z kolei niektóre płytki Arduino mogą być bezpośrednio zasilane napięciem 3,3 V. Na rysunku B nie ma żadnej informacji, jakie miałoby być napięcie wyjściowe stabilizatora. Mogłoby wynosić 3,3 V, 5 V albo 6...12 V.

Następna kwestia: stabilizatory o liczbowym oznaczeniu 1117 produkowane są przez szereg firm. Różnią się oznaczeniami literowymi

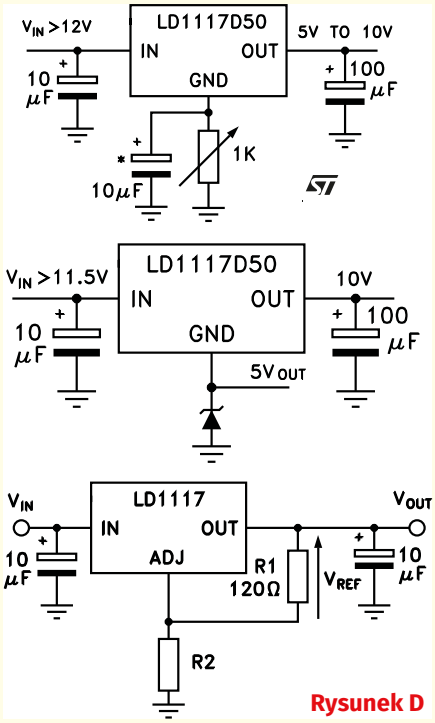
eprasa.pl dba03aded3



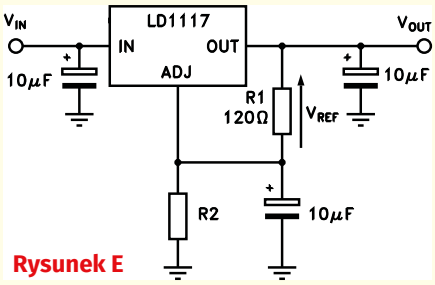
Rysunek C

(LM1117, TS1117, AMS1117, LD1117, TLV1117, NCP1117, ...) a także parametrami, w tym dopuszczalnym maksymalnym napięciem wejściowym. Dla większości maksymalna wartość napięcia wejściowego to tylko 15 V, a tylko dla niektórych 20 V, a więc podana na rysunku B wartość +24 V jest zbyt wysoka.

Większość uczestników wychwyciła ten problem. Prawie wszyscy stwierdzili, że stabilizator z rodziny '1117 nie nadaje sie do takiego zastosowania. Tylko jeden z uczestników napisał: (...) *dla LM1117 Uwemax to 20 V* (...) *o 4 wolty za dużo* (...) *W przypadku zasilania Arduino [napięciem]*



Rysunek D



Rysunek E

ponad 5 V można to obejść (...) [*stosując*] *odmianę 1117 z napięciem dobieranym* (adj). (...) *dolna końcówka adj nie jest masą, tylko pływa powyżej masy. A Uwemax to nie napięcie zasilania, tylko napięcie miedzy wejściem i adj. W przykładzie* [z **rysunku C**] (...) *stabilizator się nie zepsuje, ponieważ jego napięcie jest mniejsze od 20 V* (...) *tylko po co taka kombinacja?* (...)

Rzeczywiście jest możliwe ominięcie problemu maksymalnego napięcia wejściowego 20 V, a może nawet 15 V, ponieważ dla stabilizatorów '1117 w kartach katalogowych proponuje się różne sposoby wykorzystania. Przykłady pokazane na **rysunku D** pochodzą z karty katalogowej LD1117 ST. I jeszcze jeden szczegół: nie trzeba szukać wersji ADJ z napięciem ustalanym przez użytkownika – w tej roli może wystąpić jakakolwiek wersja '1117 o dowolnym napięciu wyjściowym (inne będą tylko wartości rezystorów dzielnika). Tu trzeba byłoby sprawdzić minimalny prąd obciążenia, od którego też zależy wartość zastosowanych w dzielniku rezystorów.

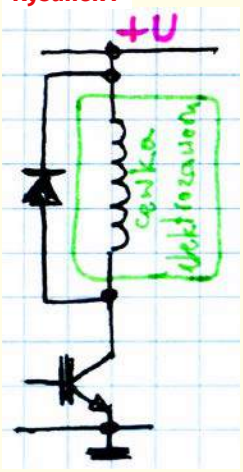
Nie nadaje się natomiast wersja układowa z **rysunku E**, ponieważ po włączeniu napięcia zasilania, gdy kondensator dołączony równolegle do R2 będzie pusty, na stabilizatorze wystąpi pełne napięcie zasilania.

Warto wiedzieć o takich możliwościach, jednak w praktyce należałoby zastosować jakieś prostsze rozwiązanie. Kilka osób słusznie stwierdziło, że tu nie jest potrzebny stabilizator LDO i można zastosować zwykły, choćby stary poczciwy 7805 albo 9-woltowy LM7809.

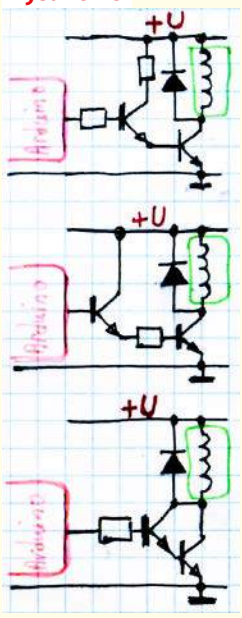
Podstawowe pytanie: czy „typowy elektrozawór do nawadniania" może pracować przy prądzie stałym?

Otóż tak, wprawdzie przeznaczony jest do zasilania napięciem zmiennym (24 VAC), ale pod pewnymi warunkami, może też pracować przy prądzie stałym.

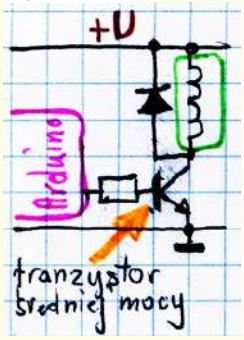
Rysunek F



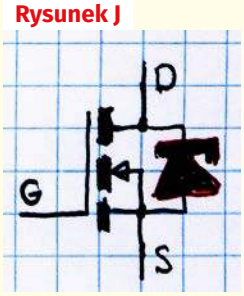
Rysunek G



Rysunek H



Rysunek J



A jeżeli tak, to jest problem: prawie wszyscy uczestnicy słusznie wskazali jako ***poważny błąd brak diody tłumiącej przepięcia cewki***. „Typowy elektrozawór do nawadniania" ma cewkę (solenoid, elektromagnes) o znacznej indukcyjności rzędu co najmniej kilkudziesięciu milihenrów. W chwili zatkania tranzystora sterującego, indukcyjność cewki wytworzy potężny impuls samoindukcji, który podniesie napięcie kolektora i spowoduje uszkodzenie tranzystora sterującego.

Aby do tego nie dopuścić, trzeba włączyć diodę gaszącą takie przepięcia według **rysunku F**. Dioda to najprostsze rozwiązanie, ale nie jedyne. Jeden z Kolegów napisał: (...) *Do cewki elektrozaworu należy równolegle dopiąć element odkłócający – albo diodę w kierunku zaporowym albo układ gasikowy (RC) lub warystorowy (AC).*

Następny poważny błąd dotyczy tranzystorów. Jeden z uczestników napisał: (...) *Przedstawiony układ jest podobny do układu super-alpha (transistor), ale nim nie jest. Błędne jest połączenie dwóch tranzystorów BC548* (...)

Rzeczywiście, nie jest to układ Darlingtona (ani Sziklai'ego). To akurat nie jest problemem, bowiem niekiedy warto zastosować tego rodzaju rozwiązanie. Błąd polega na tym, że nie ma rezystora ograniczającego prąd pierwszego tranzystora. W module Arduino pracuje procesor ATmega328P, a jego porty przy pracy w roli wyjść mają dużą wydajność prądową – kilkadziesiąt miliamperów. W stanie wysokim tego rzędu będzie prąd bazy pierwszego tranzystora, więc jego prąd kolektora i emitera będzie jeszcze większy – teoretycznie taki, jaka jest wydajność zewnętrznego stabilizatora ('1117), o ile wytrzymałby BC548.

A nie wytrzyma, bo to tranzystor o mocy strat 625 mW i maksymalnym ciągłym

eprasa.pl dba03aded3

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

prądzie kolektora 100 mA. Problem nadmiernego prądu przede wszystkim dotyczy pierwszego tranzystora, którego baza dołączona jest do portu Arduino. Ale drugi BC548 z cewką w obwodzie kolektora też jest tu za mały. O tym za chwilę.

Nie wystarczy tu dodanie rezystora szeregowego w obwodzie bazy pierwszego tranzystora. Jak stwierdzili niektórzy uczestnicy, do ograniczenia prądu potrzebny byłby albo drugi rezystor w obwodzie pierwszego tranzystora, albo tylko jeden rezystor w obwodzie emitera pierwszego tranzystora, albo zastosowanie „darlingtona" według **rysunku G**. Jednak jak przytomnie stwierdziła znaczna część uczestników, ten pierwszy tranzystor w ogóle nie jest potrzebny!

Słusznie! Wydajność prądowa portów Arduino jest duża, więc wystarczy jeden tranzystor według **rysunku H**. Nawet jeśli jego wzmocnienie prądowe wynosiłoby tylko 20 lub jeszcze mniej.

Ponadto znaczna część uczestników stwierdziła, że zamiast dwóch BC548 należałoby zastosować jeden MOSFET. Gdyby to był MOSFET o większej mocy, być może można byłoby pominąć diodę z rysunku F, ponieważ każdy MOSFET ma wbudowaną pasożytniczą diodę, którą można traktować jako diodę Zenera (**rysunek J**) o napięciu nieco wyższym niż U_{DSmax} tego tranzystora. Należałoby tylko policzyć i sprawdzić, jaka jest energia gromadzona w cewce – musi być mniejsza, niż dopuszczalna katalogowa energia przebicia lawinowego pasożytniczej diody użytego MOSFET-a.

Jeżeli jednak miałby to być tranzystor bipolarny, to na pewno nie można pominąć diody z rysunków F, G, H.

A teraz trudniejsza kwestia. I pytanie, czy w układzie według rysunku H mógłby pracować BC548?

Aby odpowiedzieć na to pytanie, trzeba znać parametry cewki zastosowanej w „typowym elektrozaworze do nawadniania".

Jeden z uczestników napisał: (...) *może za krótko szukałem, jednak nie znalazłem HUNTER PGV 100 na napięcie 24 V DC, tylko AC. Nawet zakładając, że ten elektrozawór jest na napięcie 24 V DC, to sposób podłączenia 2×BC548 nie zwiększy wydajności prądowej układu, moim zdanie dolny tranzystor ulegnie uszkodzeniu w wyniku przepływu przez niego nadmiernego prądu, może jakiś czas podziała, ale będzie się mocno grzał* (...) *HUNTER PGV 100 prąd pracy 270 mA, 6,5 VA, rozruch 400 mA, 9,6 VA; jak widać i po prądach i po mocach, odbiornik przekracza możliwości tranzystora;* (...) *w sumie nie jest jasno określone napięcie zasilające: czy jest stałe czy przemienne. Zakładając zasilanie napięciem przemiennym, należałoby dodać układ prostowniczy przed stabilizatorem 1117* (...)

Rzeczywiście, jest tu poważny zgrzyt: „typowy elektrozawór do nawadniania" ma cewkę na prąd zmienny (24 V AC). I parametry robocze takiej cewki można dość łatwo znaleźć w Internecie. Problem w tym, że te parametry dotyczą właśnie pracy przy prądzie zmiennym, a na rysunku B podana jest wartość napięcia zasilania +24 V, co ewidentnie wskazuje na prąd stały.

A wtedy cewka – elektromagnes pracuje w nietypowych warunkach, zdecydowanie innych, niż przy zasilaniu prądem zmiennym.

I tu jest najtrudniejsza część zagadki i największy błąd, który doprowadziłby do uszkodzenia. Dużą pomocą w znalezieniu tego błędu był list ***Artura Żółtowskiego*** zamieszczony w grudniowym numerze w rubryce Poczta – Autor listu chce się upewnić, czy popularne cewki 24 VAC mogą pracować przy prądzie stałym. Tekst w Poczcie był pomocą, bo sygnalizował poważny problem, ale nie zawierał szczegółowych informacji o cewce do elektrozaworu Hunter PGV-100, a jedynie o cewce równie dobrej, konkurencyjnej firmy RainBird (100-HV), która to cewka ma zdecydowanie inne właściwości. Mianowicie niektóre cewki RainBird 24 VAC mają rezystancję drutu 80 Ω. Bardzo trudno natomiast znaleźć informacje o rezystancji cewki Hunter. Ja znalazłem tylko jedną stronę z taką informacją: https://rayshobby.net/wordpress/understanding-24vac-sprinkler-valves/ w skrócie: https://bit.ly/3wGlWaA.

Podana jest tam wartość rezystancji cewki Hunter 24,1 Ω i jej indukcyjności 132,45 mH.

Ja mierzyłem posiadane cewki Hunter i ich rezystancja wynosiła od 23,6 Ω do 26 Ω. Warto pamiętać, że drut miedziany ma dodatni współczynnik cieplny, wiec rezystancja rośnie ze wzrostem temperatury uzwojenia. A temperatura podczas pracy na pewno wzrośnie.

Wzrosłaby katastrofalnie gdyby taka 24-omowa cewka była zasilana napięciem stałym +24 V, bowiem wtedy popłynąłby prąd około 1 ampera! Oznaczałoby to wydzielanie się w cewce – elektromagnesie mocy strat cieplnych około 24 V. A to w ciągu kilkunastu sekund doprowadziłoby do przegrzania, uszkodzenia izolacji i stopienia drutu uzwojenia.

Niedopuszczalnym błędem jest ciągłe zasilanie takiej cewki – elektromagnesu napięciem stałym 24 V!

Nawet gdyby była cewka RainBird o rezystancji 80 Ω, przy zasilaniu +24 V prąd wyniósłby 0,3 A, a moc strat 7,2 W. Też zbyt dużo i mogłoby spowodować przegrzanie.

Tu można wspomnieć, że RainBird produkuje oszczędne cewki 24 VAC o rezystancji 70...85 Ω, dla których przy częstotliwości 60 Hz w pierwszej chwili po włączeniu prąd wynosi 0,29 A, a prąd pracy ciągłej 0,091 A. Jednak można się oszukać, bo produkuje też cewki 24 VAC o rezystancji około 38Ω, prądzie włączania 0,41 A i prądzie pracy maksimum 0,28 A.

Natomiast dla cewek 24 VAC Hunter o rezystancji około 25 Ω prąd tuż po włączeniu wynosi 0,35 A (inrush current), podczas pracy 0,19 A (holding current) przy 60 Hz i odpowiednio 370 mA i 210 mA przy 50 Hz.

Przy prądzie zmiennym o wartości prądu decyduje i rezystancja cewki, i jej indukcyjność (reaktancja indukcyjna). W pierwszej chwili po włączeniu, gdy elektromagnes jeszcze nie zadziałał – nie przyciągnął kotwicy, jego indukcyjność jest mniejsza, stąd większy prąd. Gdy elektromagnes zadziała (wciągnie rdzeń) wtedy jego indukcyjność znacząco wzrasta, więc prąd znacząco maleje.

Jest to bardzo korzystne, ponieważ siła działania jest wprost proporcjonalna do wartości prądu. Podczas włączania siła działania elektromagnesu ma być i jest duża, a po zadziałaniu duża siła nie jest już potrzebna i prąd pracy samoczynnie maleje.

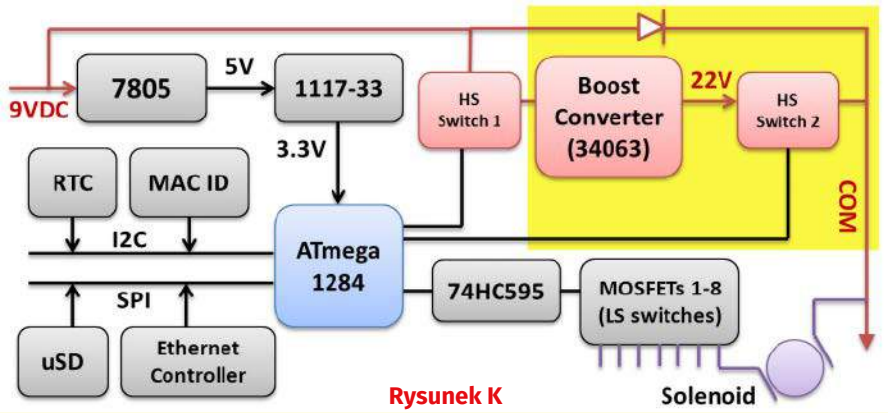
Prąd włączania jest jednak na tyle duży, że ciągła praca przy takim prądzie groziłaby przegrzaniem. A właśnie przy zasilaniu prądem zmiennym prąd pracy po zadziałaniu samoczynnie się zmniejsza – i właśnie to jest powód, że nadal zdecydowana większość takich elektrozaworów jest zasilanych napięciem zmiennym (24 VAC). Wtedy cewki te są sterowane za pomocą triaków.

Trudniej jest przy zasilaniu napięciem i prądem stałym: wtedy prąd jest wyznaczony tylko przez rezystancję, a nie przez indukcyjność cewki. Prąd jest praktycznie niezmienny (nieco maleje ze wzrostem temperatury, ale to nie chroni przez spaleniem cewki).

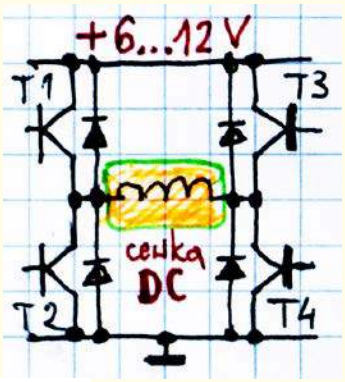
Niektórzy uczestnicy znaleźli w katalogu Hunter prądy cewki rzędu 300...400 mA i wykorzystali te wartości do dalszych rozważań. Są to wartości prądu rozruchowego (inrush current) dotyczące pracy przy prądzie zmiennym o napięciu 24 V. Przy stałym +24 V będą dużo większe, jednak już to pozwalało ustalić, że 100-miliamperowe ***tranzystory BC548 są do takiego zastosowania zdecydowanie zbyt słabe***.

Wracając do ewentualnej pracy cewek zmiennoprądowych przy prądzie stałym trzeba podkreślić, że w pierwszej chwili podczas włączania prąd musi być odpowiednio duży, by zawór niezawodnie zadziałał, jednak ciągła pracy przy takim dużym prądzie grozi przegrzaniem większości cewek-solenoidów.

eprasa.pl dba03aded3



Rysunek K



Rysunek M

Popularne cewki 24 VAC mogą pracować przy prądzie stałym, ale należy spełnić dwa warunki:

1. w pierwszej chwili po włączeniu przez czas krótszy od 1 sekundy prąd cewki powinien być duży: co najmniej taki, jak podana w katalogu wartość *inrush current* dla prądu zmiennego,
2. aby zabezpieczyć cewkę przed przegrzaniem, ciągły prąd pracy należy zredukować, na przykład do wartości *holding current* podanej w katalogu.

Można to zrealizować na dwa podstawowe sposoby.

- albo zasilając cewkę w pierwszej chwili wysokim napięciem i dużym prądem, a po chwili zredukować prąd i napięcie zasilania,
- albo zastosować przetwornicę podwyższającą, która przez chwilę wytworzy impuls podwyższonego napięcia na czas włączenia zaworu, a potem zasilać cewkę niewysokim napięciem zapewniającym wystarczający prąd podtrzymywania. Takie właśnie rozwiązanie wykorzystano w opracowanej kilka lat temu wersji stałoprądowej sterownika Open Sprinkler (v2.3 DC), gdzie układ elektroniczny i cewki zasilane są napięciem 9 V, a przetwornica z MC34063 podwyższa napięcie na czas włączania elektromagnesu (**rysunek K**). Dalsze informacje dla dociekliwych, dotyczące trzech wersji (AC/DC/Latch) sterownika można znaleźć na stronie https://opensprinkler.com/.

Na rysunku B nie ma obwodów, które by to realizowały takie działanie. ***Cewki Hunter o małej rezystancji około 25 omów na pewno ulegną w takich warunkach uszkodzeniu – spaleniu.***

Przy okazji jeszcze jedna kwestia: jeden ze stałych uczestników napisał: (...) *Zawór Hunter PGV 100 występuje też z cewką na 9 V DC. Idealnie byłoby użyć właśnie tej wersji, a nie wersji z cewką na 24 V AC.*

To prawda, że cewkę 24 VAC można łatwo wymienić na cewkę 9 VDC. Rozmiary i gwint są identyczne (**fotografia L**). Tylko jest bardzo poważny problem: cewka stałoprądowa działa inaczej – tak jak przekaźnik bistabilny jednocewkowy. Aby otworzyć elektrozawór trzeba na taką cewkę podać krótki impuls o biegunowości, powiedzmy dodatniej, a żeby go wyłączyć – krótki impuls o przeciwnej biegunowości. Dlatego cewka DC, nazywana jest *latching coil* i ma przewody w dwóch kolorach, co widać na fotografii L.

Dla takiej cewki nie wystarczy jeden tranzystor. Do sterowania nimi wykorzystywane są mostki według uproszczonego **rysunku M**, co komplikuje sterowanie.

Jest i drugi problem. Cewki stałoprądowe (*latching coil*) są przeznaczone przede wszystkim do sterowników zasilanych z baterii. Dla oszczędności energii zasilane są krótkimi, najwyżej kilkusetmilisekundowymi impulsami, dzięki czemu niewielkie baterie wystarczają na cały sezon pracy – a nawet na więcej niż rok. Dzięki pracy impulsowej średni pobór energii jest bardzo mały, jednak impulsy robocze są silne. Rezystancja takich stałoprądowych cewek wynosi kilka omów. Jak pokazuje **rysunek N**, dla 9-woltowych cewek stałoprądowych Hunter wynosi ona tylko 4,8 oma!

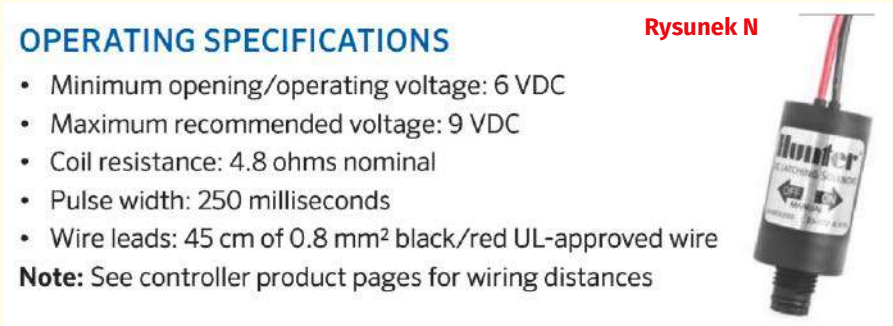
A to oznacza, że impuls prądowy jest duży, prawie 2-amperowy (9 V/4,8 Ω=1,875 A). Wielokrotnie większy, niż w przypadku cewek zmiennoprądowych. Odpowiednią wydajność musi mieć mostek sterujący według rysunku M. Odpowiednio małą rezystancję muszą mieć także przewody prowadzące ze sterownika do takiej cewki. Przy zasilaniu bateryjnym trzeba tez zastosować potężny kondensator wspomagający, bo baterie nie mają aż tak dużej wydajności prądowej.

Zastosowanie cewek 9 VDC nie jest więc takie proste, jak mogłoby się wydawać. Można zastosować cewki 24 VAC, ale nie w układzie z rysunku B. Jeden z uczestników napisał: (...) *Dlatego do prawidłowej pracy z prądem stałym należałoby szeregowo z cewką dołączyć odpowiednio dobrany rezystor lub obniżyć wartość napięcia zasilania. Obydwa podejścia wymagają eksperymentowania, stąd można rozważyć użycie przekaźnika jako elementu sterującego cewką (tym razem*

Rysunek L



Rysunek N



eprasa.pl dba03aded3

zasilaną już napięciem przemiennym 24 V) lub po prostu wybrać inny elektromagnes przeznaczony do pracy z napięciem stałym.

Bezapelacyjnie najpopularniejsze są cewki 24 VAC, jednak dla ścisłości należy dodać, że w niektórych katalogach można znaleźć cewki – elektromagnesy uniwersalne, przewidziane przez producenta do zasilania albo napięciem zmiennym, albo stałym bez konieczności stosowania dodatkowych obwodów. Ogólnie biorąc, tak mogą pracować cewki o dużej rezystancji. Jednak w przypadku popularnych elektrozaworów Hunter nie ma takich „uniwersalnych" cewek, a dostępne są tylko dwie wersje: 24 VAC o małej rezystancji około 25 omów oraz bistabilne (*latching*) o rezystancji około 5 omów. W tym analizowanym przypadku trudno dobrać niższe napięcie stałe albo szeregowy rezystor, który pozwoliłby na pracę cewki przy zasilaniu napięciem +24 V.

Albo prąd włączania będzie za mały, albo cewka będzie się nadmiernie grzać.

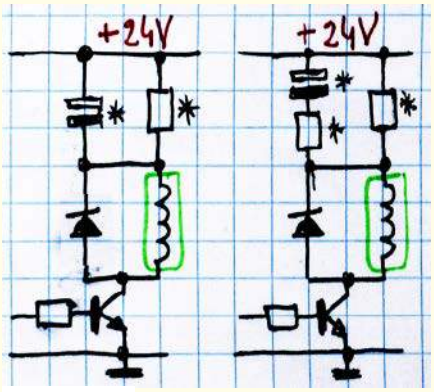
Owszem, jak zaproponował jeden z uczestników, można dołączyć szeregowy rezystor, ale z dołączonym doń równolegle kondensatorem, który zapewni duży prąd włączenia. Tak, ale w którejś z wersji z **rysunku O** musiałby to być duży kondensator elektrolityczny, który przez większość czasu będzie pozostawał bez napięcia, co jest zabójcze dla popularnych kondensatorów elektrolitycznych. Takie rozwiązanie nie zapewni potrzebnej niezawodności.

Kilku Kolegów zwróciło też uwagę na kilka dodatkowych usterek i innych drobiazgów. Oto niektóre z nich:

(...) *brak bezpieczników – obwodu wykonawczego, obwodu sterowniczego*;

(...) *przed stabilizatorem napięcia brak kondensatora 10 µF (wedle karty katalogowej)*;

(...) *równolegle do kondensatora elektrolitycznego warto wstawić kondensator ceramiczny 100 nF.*



Rysunek O

(...) *oczywiście brakuje również elementów pasywnych, choć to może wynikać z uproszczenia schematu. Mowa tu o kondensatorach przy regulatorze liniowym czy rezystorach ograniczających prąd przy tranzystorach (choć te nie są absolutnie konieczne).*

(...) *procesor Atmega startuje z portami I/O w stanie wysokiej impedancji więc potencjalnie przed uruchomieniem kodu użytkownika możliwe jest przypadkowe wyzwolenie tranzystorów przez zakłócenia indukujące się w ścieżce prowadzącej do bazy pierwszego tranzystora.*

(...) *rozumiem, że rezystor na porcie jest podciągnięty programowo.*

(...) *rozwiązaniem jest użycie gotowego układu, np ULN2003, szczególnie jeśli zamierzamy sterować większą liczbą zaworów. Prostą alternatywą jest też użycie tranzystora N-MOSFET o niskim napięciu przełączania, np. IRL3103.*

Kilku uczestników podeszło do problemu zaworu nieco inaczej. Jeden z nich napisał: (...) *Mamy zawór PGV100 24 VAC i taki ma być, bo taki akurat posiadamy. Po prostu musimy przeprojektować nasz układ. Dodać mostek prostowniczy, stabilizator na odpowiednio duże napięcie wejściowe i potrzebne wyjściowe oraz dobrać odpowiedni moduł przekaźnika. Może być z przekaźnikiem elektromagnetycznym a też może być z półprzewodnikowym.*

W takim razie potrzebne byłoby źródło napięcia zmiennego 24 V, w praktyce klasyczny transformator 230 V/24 V. Zapewne wystarczyłby mały, o mocy kilkunastu woltamperów. Napięcie to zasilałoby bezpośrednio cewkę elektrozaworu, a po wyprostowaniu i obniżeniu napięcia – także obwody elektroniczne.

Warto pamiętać, że wartość szczytowa napięcia sinusoidalnego 24 V wynosi prawie 34 V. W stanie jałowym i małego obciążenia, napięcie wtórne transformatora 24-woltowego może być wyższe od tej wartości. Uwzględniając też możliwość podwyższenia napięcia sieci ponad 230 V, choćby z powodu dołączonych do niej instalacji fotowoltaicznych, po wyprostowaniu napięcie stałe z transformatora 24 V może być znacznie wyższe niż 35 V. A 35 V to maksymalne napięcie wejściowe stabilizatorów 7805 i 7809, które niektórzy zaproponowali zamiast '1117. Tylko 7824 ma maksymalne napięcie wejściowe 40 V.

Dwóch uczestników zamiast stabilizatora liniowego '1117 zaproponowało wykorzystanie oszczędniejszej energetycznie przetwornicy DC/DC.

Wszystkie nadesłane odpowiedzi były prawidłowe. Nagrody-upominki za zadanie ***NieGra309*** otrzymują:

Jacek Kosecki – Ełk,
Karol Grzybowski – Zakroczym,
Krzysztof Adamski – Krzyków,
Andrzej Sędzielewski – Siemianowice Śl.,
Jerzy Kornaszewski – Radom,
Andrzej Szulda – Olsztyn.

Wszystkich uczestników dopisuję do listy kandydatów na bezpłatne prenumeraty. ■

Piotr Górecki

Policz – zadanie 314

Wracamy do podstaw. Tym razem chcemy do laptopa zaprojektować prosty przedwzmacniacz dla mikrofonu dynamicznego, zasilany napięciem +5 V (z USB). Jedynym elementem wzmacniającym ma być jeden tranzystor BC548B według **rysunku A**. Wzmocnienie napięciowe ma wynosić około 10× (20 dB).

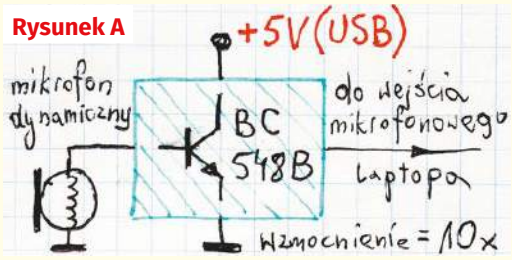
W ramach zadania *Policz314* należy:

– zaproponować schemat i wartości elementów.

Zapraszam do udziału zarówno elektroników doświadczonych, jak i początkujących, którzy jeszcze nie potrafią przeanalizować wszystkich subtelności układu. Z uwagi na specyfikę zadania proszę o podawanie swojego wieku oraz miejsca nauki czy pracy.

Odpowiedź nadeślij w terminie 60 dni od ukazania się tego numeru EdW. Tytuł e-maila powinien zawierać nazwę konkursu i numer zadania oraz Twoje nazwisko (**Policz314_Nazwisko**). ***Jeżeli chcesz uczestniczyć w podziale upominków, w e-mailu podaj od razu swój adres pocztowy.*** Możesz też jeszcze przysłać rozwiązanie zadania *Policz* z poprzedniego miesiąca.

Rysunek A



eprasa.pl dba03aded3

Policz – rozwiązanie zadania 309

W EdW 12/2021 przedstawione było zadanie Policz309 o takiej treści: *Kontynuujemy zadanie Policz304. Tym razem chcemy zwrócić szczególną uwagę na fakt, że układy cyfrowe rodziny 74AHC (oraz 74ABT) są ogromnie szybkie, a przy zasilaniu napięciem 5 V...6 V czasy narastania i opadania zboczy impulsów mogą być rzędu 1 nanosekundy. Tak, rzędu 0,001 mikrosekundy!*

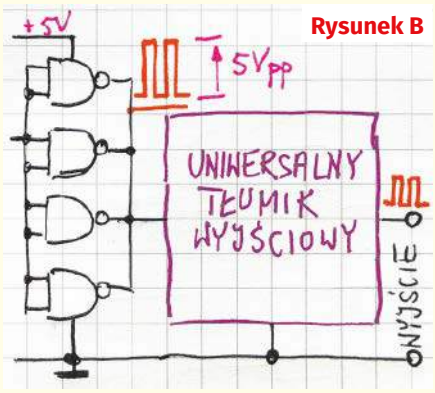
Impulsy o tak ostrych zboczach mogą być wykorzystane do rozmaitych testów, między innymi do szybkiej oceny szerokości pasma przenoszenia i do sprawdzenia przebiegu charakterystyki częstotliwościowej. „Prostokąt" o bardzo ostrych zboczach ma wiele zastosowań. Jednak rzadko potrzebne są impulsy mające amplitudę 5 V. Częściej potrzebny jest przebieg o niższym napięciu. Dlatego nadal chcemy zrealizować jakiś w miarę prosty, uniwersalny tłumik wyjściowy według ***rysunku B****.*

W ramach zadania Policz309 należy:

– zaproponować schemat i wartości elementów szerokopasmowego tłumika wyjściowego przeznaczonego do generatora o bardzo stromych zboczach*.*

Dopiero teraz widać, że zadanie *Policz309* ma ścisły związek z *Generatorem nanosekundowym*, który był opisany w marcowym numerze EdW. Do takiego generatora warto dodać uniwersalny tłumik wyjściowy, ale tylko taki, który wcale lub niewiele pogorszy parametry dynamiczne sygnału. Najszybsze popularne bramki z nowoczesnych rodzin wywodzących się z TTL 74xx mają zbocza o czasie trwania rzędu 1 nanosekundy!

Jak wiadomo, przebieg prostokątny jest złożeniem szeregu nieparzystych harmonicznych (szereg Fouriera). Nie wchodząc w szczegóły: czas narastania 1 ns wskazuje, że w grę wchodzą harmoniczne o częstotliwościach rzędu 1 gigaherca.



Rysunek B

Jeżeli przebieg za tłumikiem ma mieć niezniekształcone, ostre zbocza, jego pasmo przenoszenia powinno być rzędu 1 gigaherca lub szersze. Niewątpliwie powinien to być tłumik szerokopasmowy.

Nie ma potrzeby przeprowadzania szczegółowych obliczeń, zresztą byłyby one trudne. Mówimy o zadziwiająco szybkim i tanim generatorze dla celów amatorskich, a więc i tłumik powinien być możliwie prosty i tani.

Jak zasygnalizował cykl „Wróbelek", w zakresie wyższych częstotliwości dają o sobie znać pasożytnicze pojemności i indukcyjności. W „szybkim", a raczej szerokopasmowym tłumiku należy zastosować elementy, przede wszystkim rezystory, o jak najmniejszych „pasożytniczych dodatkach". Ale nawet najlepsze rezystory nie pomogą, jeżeli słabe parametry będą mieć zastosowane w takim tłumiku przełączniki i gdy montaż całości będzie rozwlekły i niestaranny.

Prowadzi to do wniosku, że w tłumiku powinny być zastosowane rezystory SMD, ponieważ mają one małe pojemności i indukcyjności pasożytnicze. Ze wzrostem częstotliwości, w rezystorach o małej oporności daje o sobie znać szeregowa indukcyjność, co prowadzi do wzrostu impedancji. Natomiast w rezystorach o dużej rezystancji – równoległa do rezystancji pojemność, co zmniejsza impedancję przy wysokich częstotliwościach.

Najlepsze pod tym względem, czyli najbardziej szerokopasmowe są rezystory o wartościach rzędu kilkudziesięciu do kilkuset omów. Wykluczone są potencjometry, które generalnie mają słabe parametry przy wysokich częstotliwościach.

Wszelkie użyte w tłumiku przełączniki wprowadzą jakieś szkodliwe pojemności i indukcyjności, tym bardziej gdyby miały duże rozmiary i były dołączone za pomocą długich przewodów.

W układach szerokopasmowych duże znaczenie ma sposób montażu całości. Przy częstotliwościach rzędu 1 gigaherca każda pasożytnicza pojemność i indukcyjność może mieć znaczenie. Pojemność 1 pF przy 1 GHz ma reaktancję około 160 omów, a znikoma indukcyjność 10 nH reaktancję około 63 omów.

Dlatego konstrukcja tłumika nie może być rozwlekła, tylko jak najbardziej zwięzła, kompaktowa. Warto byłoby też zrezygnować z rozbudowanych przełączników, a już na pewno nie mogą one być dołączone długimi przewodami.

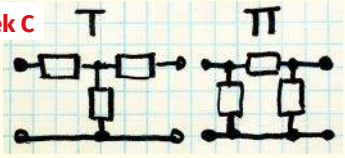
W przypadku wysokich częstotliwości w grę wchodzi też bardzo ważna kwestia odbić i dopasowania. Ogólnie przyjmuje się, że nie można tego zaniedbać, jeżeli połączenia w układzie/obwodzie mają długości większe niż 0,1 długości fali. Fala 1 GHz ma długość 30 cm, więc połączenia w obwodzie generatora i tłumika powinny być krótsze niż 3 cm.

I kolejna bardzo ważna sprawa: w technice radiowej i w laboratoriach powszechnie wykorzystuje się przewody (kable) o rezystancji falowej 50 Ω. Aby uniknąć odbić i tym samym zniekształceń sygnału, impedancja wyjściowa generatora powinna być czystą rezystancją 50 Ω, oczywiście na wszystkich zakresach tłumika wyjściowego. Można to osiągnąć w prosty i tani sposób.

Jednak nie każdy potrzebuje generatora o aż tak stromych zboczach i wtedy wymagania dotyczące tłumika mogą być znacznie łagodniejsze. Jeżeli jednak chcemy w pełni wykorzystać ogromną stromość zboczy Generatora nanosekundowego z EdW 3/2022, zadanie *Policz309* okazuje się bardzo ambitne i trudne.

Najpierw przeanalizujmy taką ambitną wersję. Jeden z uczestników słusznie napisał: (...) *Proponuję typowe tłumiki radiowe typu T albo typu Pi (**rysunek C**). (...) jeżeli dzielnik ma być uniwersalny, to nie powinien być wbudowany w generator, tylko powinien być autonomiczny* (...) *Najpierw trzeba według uznania ustalić, ile ma być takich tłumików i jakie ma być największe tłumienie. Nie mam czasu na dobieranie poszczególnych stopni i wyliczanie rezystorów* (...) *wskazówki można znaleźć w Internecie* (...) *nie zapominając o sprawdzeniu mocy, żeby nie spalić oporników. Pierwszy z brzegu link to strona Digikey: https://www.digikey.pl/pl/resources/conversion-calculators/conversion-calculator-pi-attenuator*, w skrócie: https://bit.ly/3KFqVvI

Rzeczywiście, w Sieci jest mnóstwo stron z apletami – kalkulatorami, pozwalającymi łatwo obliczyć potrzebne wartości rezystancji tłumików typu ∏ i typu T. Proponowany kalkulator podaje wynik z dokładnością sześciu cyfr znaczących, czyli jest to narzędzie mało praktyczne. Warto poszukać innych kalkulatorów, gdzie proponowane są konkretne nominały rezystorów z szeregów E96 (1%) lub E24 (5%). Trzeba też zwrócić uwagę, czy



Rysunek C

eprasa.pl dba03aded3

tłumienie podawane w decybelach dotyczy mocy, czy napięcia. W przypadku mocy tłumienie 10-krotne to tłumienie o 10 dB, a w przypadku napięcia – o 20 dB.

Z treści listu wynika, że Autor proponuje wykonanie zestawu wielu pojedynczych tłumików o różnym stopniu podziału. W takiej wersji nie byłby potrzebny zestaw przełączników, ponieważ do generatora byłby dołączany tylko jeden tłumik o takim tłumieniu, żeby na wyjściu dał sygnał o potrzebnej amplitudzie. Takie rozwiązanie ma zalety, jednak w przypadku wersji o dużym tłumieniu dzielnik będzie zawierał rezystancje o znacznej wartości, rzędu kiloomów, i wtedy należy zwrócić uwagę na pasożytnicze pojemności.

Problemu tego nie ma w dzielnikach – tłumikach kaskadowych. Jeden ze stałych uczestników napisał: (...) [*proponuję*] *zestaw tłumików, ogniw typu ∏ o rezystancji wejściowej i wyjściowej 50 omów: 4 do 6 sztuk 10 dB, jedna sztuka 5 dB, dwie sztuki 2 dB i jedna sztuka 1 dB* (...) *moim zdaniem nie trzeba poniżej 1 dB.*

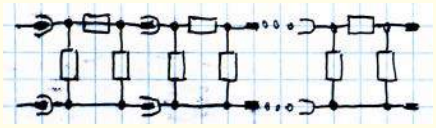
W e-mailu nie było informacji, jak miałoby być rozwiązane kaskadowe łączenie tych ogniw, aby uzyskać potrzebne tłumienie. Krótkofalowcy często do przełączania stosują przekaźniki. Jednak w tym przypadku z przekaźników należałoby zrezygnować. Po pierwsze ze względu na koszty, które okazałyby się wielokrotnie wyższe, niż sumaryczny koszt tłumików i generatora. Po drugie, przy paśmie sięgającym do gigaherca, dałyby o sobie znać pojemności i indukcyjności nie tylko samych przekaźników, ale i niezbędnych połączeń.

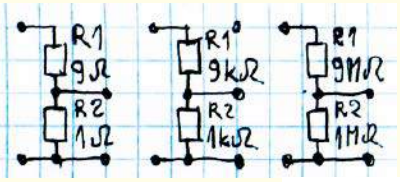
Dlatego w tak taniej konstrukcji warto byłoby wykorzystać możliwie proste rozwiązanie z jakimiś nasadkami. Analizowany uniwersalny tłumik mógłby być zrealizowany na płytce, a w roli przełączników wystąpiłyby jakieś zworki. Inna wersja to tłumiki minimalistycznie, na przykład realizowane bez płytki, przestrzennie, nakładane jeden na drugi. Koncepcję ilustruje w uproszczeniu **rysunek D.** w wersji z tłumikami typu pi.

Treść niektórych nadesłanych rozwiązań wskazuje, że część Czytelników nie czuje tematu tłumików typu T i typu pi (∏). Dlatego koniecznie trzeba przypomnieć podstawy.

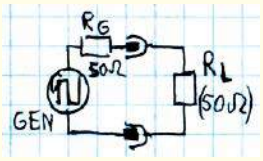
Otóż o stłumienia sygnału wystarczą dwa rezystory. Trzeba tylko odpowiednio dobrać ich wartości, a raczej stosunek ich rezystancji. W wielu przypadkach zakładamy,

Rysunek D





Rysunek E



Rysunek F

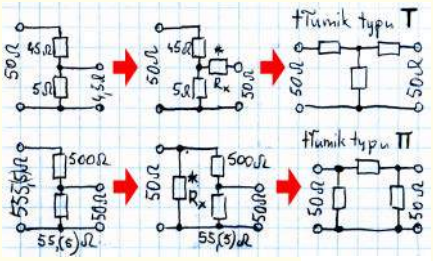
że taki dzielnik – tłumik jest nieobciążony i wtedy przy obliczaniu mamy dużą dowolność co do wartości rezystancji. Teoretycznie wszystkie dzielniki z **rysunku E** tłumią sygnał 10-krotnie.

Różnią się jednak wartościami rezystancji wejściowej i wyjściowej. Rezystancja wejściowa jest równa sumie rezystancji R1+R2, a rezystancja wyjściowa jest równa rezystancji równoległego połączenia R1||R2.

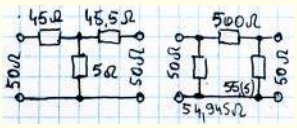
Tylko teoretycznie dzielniki z rysunku E tłumią sygnał 10-krotnie. Tak byłoby, gdyby dzielnik był zasilany ze źródła napięciowego o zerowej oporności wewnętrznej i gdyby rezystancja obciążenia była nieskończenie wielka. W praktyce tak nie jest, rezystancja wyjściowa wynosi często 50 Ω, co sygnalizuje wstępnie **rysunek F.**

Bez wnikania w kwestie odbić i dopasowania można stwierdzić, że w układach wysokiej częstotliwości oporność charakterystyczna wejść i wyjść to najczęściej właśnie 50 Ω, dlatego także tłumiki, zwłaszcza gdyby miały być łączone kaskadowo, powinny mieć i rezystancję wejściową, i wyjściową, równą 50 Ω.

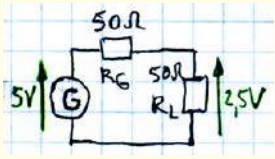
Jest to niemożliwe do uzyskania z tłumikami według rysunku E. Ale można to łatwo zmienić, dodając do dzielnika jeden rezystor. Ideę na przykładzie tłumika 1:10 pokazuje **rysunek G.** Nie warto jednak liczyć wartości dodatkowej rezystancji potrzebnej do dzielników według rysunku G. Otóż gdybyśmy chcieli dodać do nich rezystory, by uzyskać



Rysunek G



Rysunek H



Rysunek J

oporność wejściową i wyjściową równą 50 Ω, teoretycznie mogłoby to wyglądać jak na **rysunku H.**

W praktyce dobiera się inne wartości rezystorów, by uwzględnić rysunek F i rezystancję obciążenia.

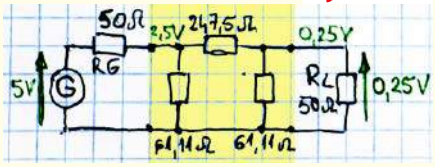
Obecność rezystancji źródła sygnału R_G i rezystancji obciążenia R_L sporo zmienia. Gdy obciążenie R_L=50 Ω dołączymy wprost do generatora o rezystancji wewnętrznej R_G=50 Ω, sytuacja będzie taka jak na **rysunku J.** Jeżeli chcemy dodać „50-omowy" tłumik typu ∏ zmniejszający napięcie 10-krotnie, wartości rezystorów będą znacząco inne, niż na rysunku H, a mianowicie takie, jak na rysunku K. Idealne wartości dwóch jednakowych rezystorów to 61,1(1) Ω oraz pojedynczego 247,5 Ω. W praktyce będą to rezystory z szeregu E24 (62 Ω, 240 Ω) lub lepiej E96 (60,4 Ω, 249 Ω). Analogicznie będzie w tłumiku typu T.

W układach radiowych oporność obciążenia R_L bardzo często jest równa 50 Ω i sytuacja wygląda jak na **rysunku K.** Jeżeli jednak rezystancja obciążenia R_L ma inną wartość, a tak może być w różnych układach pomiarowych, to i napięcie na wyjściu tłumika będzie inne. To jednak odrębny temat, wykraczający poza ramy zadania *Policz309.*

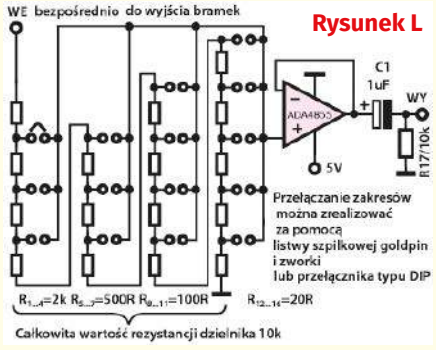
Kolejny szczegół to rezystancja wewnętrzna generatora R_G. Jeżeli, tak jak na rysunku B połączone równolegle będą cztery wyjścia bramek (inwerterów), to impedancja wewnętrzna powinna być dużo mniejsza niż 50 omów. W pewnych zastosowaniach mała impedancja wyjściowa może być zaletą, ale w innych sensowne będzie włączenie na wyjściu rezystancji szeregowej, w najprostszym przypadku 47 Ω, ewentualnie indywidualnie dobieranej impedancji, by także oporność wyjściowa samego generatora, bez dzielnika, była jak najbliższa rezystancji 50 Ω.

Ogólnie biorąc, właśnie tłumiki „radiowe" o małej rezystancji 50 omów, czy to typu T, czy typu pi, wydają się najlepsze do generatora o bardzo stromych zboczach. Trzeba tylko zastosować jakiś sensowny sposób zmiany stopnia tłumienia – to też odrębny szeroki temat.

Rysunek K



eprasa.pl dba03aded3



Rysunek L

Jeżeli jednak maksymalna stromość zboczy nie jest priorytetem, można wykorzystać jakieś inne rozwiązania.

Jeden ze stałych uczestników przysłał schemat pokazany na **rysunku L** i napisał: (...) *Wybór wzmacniacza operacyjnego (...) do łatwych nie należy. Dobrze, aby był to wzmacniacz RRIO, o szerokim paśmie przenoszenia i wysokim SR (...) AD8027 (RRIO, 190 MHz, SR=100 v/µs). Ale to ciągle za małe SR. Poszukując lepszych WO wybór, padł na wzmacniacz ADA4855 RRO o SR=870 V/µs, 410 MHz. Są oczywiście WO o dużo większym SR ale z różnych względów nie nadają się do naszego zastosowania. W Analog Devices określono, że „rail-to-rail" oznacza zakres z dokładnością do 100 mV od każdej z linii zasilającej. Rzeczywisty maksymalny poziom wyjściowy będzie zależał od prądu wyjściowego. (...) wykorzystanie potencjometrów cyfrowych jest ograniczone, głównie ze względu na pasmo przenoszenia. W zadaniu używamy przebiegu prostokątnego a w związku z tym musimy uwzględnić harmoniczne tego przebiegu. (...) Dzielnik jest wykonany z rezystorów (...) (łączna wartość 10 k). Rezystory najlepiej aby były typu SMD. Przełączanie zakresów zrealizujemy za pomocą listwy szpilkowej goldpin i zworki lub przełącznika typu DIP. Tak, aby wszystkie elementy znalazły się na płytce PCB i układ miał zwartą budowę. (...) Składowej stałej pozbędziemy się na wyjściu (...) filtr górnoprzepustowy złożony z kondensatora C1 i rezystora R17. (...) Rozważałem również użycie potencjometru cyfrowego AD5116, 5 k, 4 MHz, 64 kroki. Układ taki generalnie służyłby uzyskaniu małych napięć w połączeniu z dodatkowym rezystorem zewnętrznym (dodatkowymi rezystorami). Przy wyborze kierowałem się również interfejsem sterowania takiego układu. Jeżeli to miałby być prosty układ to w grę wchodził interfejs typu up/down, push buton. Ale ze względu na pasmo przenoszenia tylko 4 MHz nie przedstawiam propozycji. (...) Pozdrawiam.*

Kilku uczestników zastanawiało się, jaka ma być częstotliwość pracy generatora. Generalnie nie jest to ważne. Może wynosić 1 kHz, 1 MHz lub więcej. Najważniejsza jest tu stromość zboczy sygnału prostokątnego, czyli zawartość wysokich harmonicznych. Dysponując sygnałem o bardzo stromych zboczach można przeprowadzić szereg pożytecznych testów, pomiarów, między innymi można w prosty sposób kompensować dzielniki napięcia. Te ważne kwestie wykraczają jednak poza ramy zadania *Policz*.

Na koniec jeszcze wspomnę, że jeden z Czytelników słusznie wspomniał o możliwości płynnej regulacji amplitudy nie potencjometrem na wyjściu, tylko przez zmianę napięcia zasilania bramek generatora. Jak najbardziej, można to wykorzystać, ale pamiętając, że w przypadku bramek CMOS ich wydajność prądowa, a tym samym stromość zboczy zmniejszy się przy zmniejszaniu napięcia zasilania.

Nagrody-upominki za zadanie ***Policz309*** otrzymują:

Mikołaj Suski – Łódź,
Tadeusz Susfał – Warszawa,
Karol Grabowski – Ruda,

Wszystkich uczestników dopisuję do listy kandydatów na bezpłatne prenumeraty. ■

Piotr Górecki

Jak to działa

W numerze 1/2021 przedstawiony był, pokazany na **rysunku B**, schemat blokowy układu elektronicznego.

Jest to ***układ aktywnego filtru dużej mocy, którego zadaniem jest poprawa jakości napięcia w sieci energetycznej***.

Zamieszczony na rysunku skrót **SAPF** pochodzi od ***Shunt Active Power Filter***, ale ten sam skrót może też znaczyć *Series Active Power Filter*, zależnie od wykorzystanej koncepcji układowej.

Przed omówieniem szczegółów warto przypomnieć, że przed laty problemem był tak zwany „kosinus fi". Kłopot dotyczył dostawców energii i dużych odbiorców (dużych zakładów przemysłowych, natomiast nie dotyczył i nie dotyczy indywidualnych użytkowników.

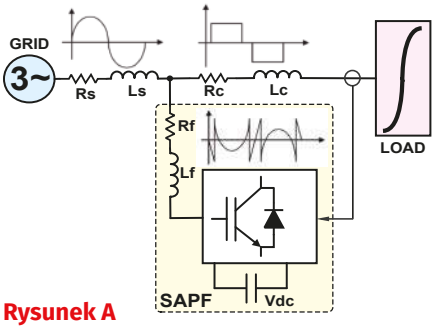
Korzenie problemu sięgają XIX wieku, gdy upowszechniały się sieci energetyczne. Pierwsze na świecie sieci energetyczne Edisona były sieciami prądu stałego i tam tego rodzaju problemów nie było. W ciągu niewielu lat okazało się, że dużo lepsze są sieci prądu zmiennego, a raczej przemiennego z napięciem sinusoidalnym, do których rozwoju silnie przyczynił się Nikola Tesla.

Zarówno pod koniec XIX, jak i na początku XX wieku znane i użytkowane były tylko dwie grupy odbiorników energii elektrycznej. Jedna grupa to żarówki, a w mniejszym stopniu grzałki i grzejniki. Druga grupa to silniki elektryczne.

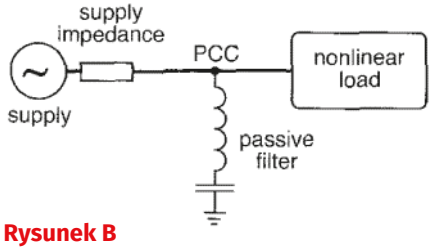
Ciekawostką, częściowo tylko związaną z zadaniem *Jak1* jest to, że na początku dzikiej elektryfikacji Ameryki o klientów konkurowało wielu przedsiębiorców, oferujących własne sieci prądu zmiennego o różnych napięciach i różnych częstotliwościach z zakresu od 16 ¾ Hz do 133 ⅓ Hz, a nawet do 140 Hz.

Ówczesne silniki elektryczne miały lepsze parametry przy niższych częstotliwościach, nawet poniżej 20 Hz, natomiast dla żarówek korzystniejsza była wyższa częstotliwość napięcia i prądu, nawet powyżej 100 Hz z uwagi na problem migotania. Wykorzystywane obecnie na całym świecie częstotliwości 50 Hz i 60 Hz są więc wynikiem kompromisu.

W związku z zadaniem *Jak1* ważne jest, że żarówki i grzałki to obciążenia o charakterze czysto rezystancyjnym i z nimi kłopotu nie było. Kłopot był z silnikami prądu zmiennego, ponieważ mają one charakter reaktancyjny – indukcyjny. Takie obciążenie nie jest czystą rezystancją, tylko impedancją, będącą połączeniem rezystancji i reaktancji indukcyjnej,



Rysunek A



Rysunek B

eprasa.pl dba03aded3

co powoduje przesunięcie fazowe miedzy napięciem i prądem. Indukcyjność gromadzi energię i jej obecność w obwodzie oznacza bezproduktywne pulsowanie energii między źródłem, a indukcyjnością. Miarą problemu jest właśnie współczynnik zwany kosinusem fi, który w idealnym przypadku powinien być równy jedności, a dla obciążeń o charakterze reaktancyjnym jest mniejszy od jedności.

Obniżenie wartości kosinusa fi oznacza dodatkowe straty i jest niekorzystne dla wytwórcy energii elektrycznej. Dlatego dawniej duże zakłady przemysłowe płaciły kary za niską wartość kosinusa fi. Wtedy sytuację można było łatwo poprawić przez dołączenie do sieci kondensatorów o odpowiedniej pojemności. Jak wiadomo, pojemność też wprowadza przesunięcie fazy między napięciem i prądem, ale odwrotne niż indukcyjność. Dlatego do uzyskania wartości kosinusa fi równej 1 wystarczyło dołączyć do sieci kondensatory o odpowiedniej wartości, stosownie do liczby i mocy pracujących aktualnie silników elektrycznych.

Z upływem lat sytuacja się zmieniała. W latach 20. XX wieku w domach pojawiły sie odbiorniki radiowe. Pierwsze nie wymagały zasilania (detektorowe), albo były zasilane z baterii lub akumulatorów. Z czasem coraz więcej radioodbiorników było zasilanych z sieci energetycznej. Zawierały one prostowniki i pobierały z sieci energetycznej prąd w postaci krótkich impulsów, a nie w postaci sinusoidy. Z upływem lat i w domach, i w przemyśle, stosowano coraz więcej urządzeń elektronicznych, które przy zasilaniu napięciem sinusoidalnym pobierały prąd w postaci impulsów. Problem narastał i nadal narasta.

Odkształcony jest nie tylko przebieg prądu, pobieranego z sieci, ale zdeformowany zostaje też przebieg napięcia sieci. Powoduje to występowanie w sieciach energetycznych 50 Hz wyższych harmonicznych i ma liczne niekorzystne konsekwencje, nie tylko obciążające producentów energii elektrycznej.

Dla zmniejszenia tego coraz to poważniejszego problemu wprowadzono różne przepisy wymagające, by zasilacze dużej mocy pobierały z sieci nie prąd impulsowy, tylko jak najbliższy sinusoidalnemu. Efektem takich wymagań jest stosowanie w zasilaczach obwodów zwanych PFC (Power Factor Correction).

Tu nie wystarczy dołączenie kondensatorów, jak dawniej było w przypadku silników elektrycznych. Stosuje się różne rozwiązania PFC, ale nie rozwiązuje to problemu do końca.

Dlatego zwłaszcza w przypadku urządzeń przemysłowych dużej mocy stosuje różnego rodzaju dodatkowe filtry, których zadaniem w sumie jest zapewnienie, żeby i przebiegi napięć, i prądów, były jak najbardziej podobne do sinusoidy.

Najprostszym, ale mało skutecznym sposobem poprawy sytuacji jest zastosowanie odpowiednio dobranych obwodów LC według **rysunku B**.

Wiele potężnych przemysłowych odbiorników energii ma charakter nieliniowy i wtedy zamiast potężnych pasywnych filtrów LC, warto zastosować filtry aktywne, nazywane APF (Active Power Filter). Aktywne, czyli zawierające odpowiednio sterowane elementy półprzewodnikowe dużej mocy. Stosowane są filtry aktywne o konfiguracji równoległej (parallel, shunt) oraz szeregowej z użyciem dodatkowego transformatora, co pokazuje **rysunek C**.

W praktyce stosowane bywają także połączenia filtru pasywnego i aktywnego według **rysunku D**.

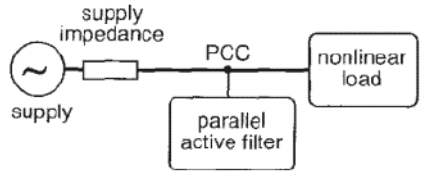
Na rysunku A mamy aktywny filtr równoległy – widać symbol elementu półprzewodnikowego dużej mocy – tranzystora IGBT.

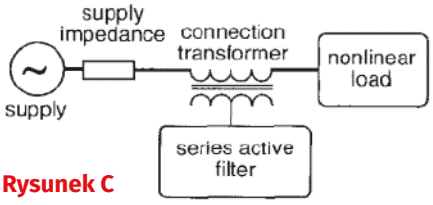
System taki zawiera też odpowiednio dobrane indukcyjności (Ls, Lc, Lf), a zaznaczone rezystancje (Rs, Rc, Rf) reprezentują szkodliwą rezystancję zastosowanych dławików.

Nieliniowe obciążenie (LOAD) powoduje, że nawet przy napięciu sinusoidalnym urządzenie pobiera prąd mocno odkształcony (przebieg prostokątny na rysunku A).

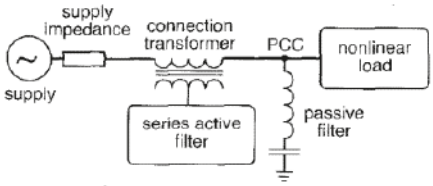
Gdyby nie było układu oznaczonego SAPF, to prąd o takim przebiegu byłby pobierany z sieci, co byłoby z kilku względów niekorzystne. Aktywny filtr SAPF zawiera pomocnicze źródło energii w postaci kondensatora oznaczonego Vdc. Układ z elementami półprzewodnikowymi (tranzystorami IGBT) kontroluje prąd i napięcie obciążenia, a poprzez dławik Lf doprowadza do obwodu sieci impulsy prądu tak dobrane, żeby prąd pobierany z sieci energetycznej i napięcie sieci były sinusoidalne.

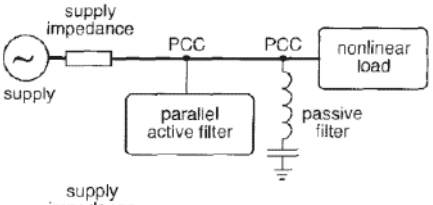
Podstawową funkcją obwodu APF jest więc redukcja zniekształceń nieliniowych – zmniejszenie zawartości harmonicznych, wprowadzanych przez nieliniowe obciążenie.

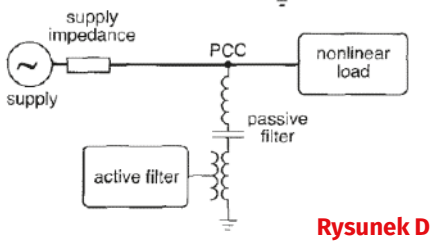




Rysunek C







Rysunek D

Rysunek A jest bardzo mocno uproszczony. Pokazuje jeden obwód, a oznaczenie ***GRID 3~*** wskazuje jednoznacznie, że chodzi o układ trójfazowy, zawierający trzy takie obwody.

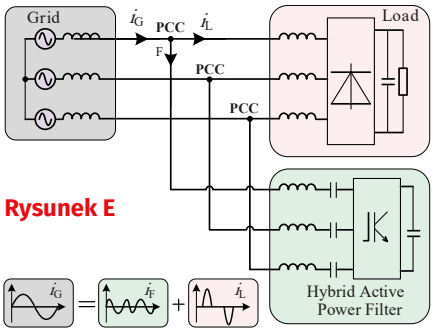
Uproszczony schemat budowy takiego trójfazowego filtru pokazany jest na **rysunku E**.

W literaturze można znaleźć wiele materiałów na temat filtrów APF, zawierających takie i podobne ilustracje. **Rysunek F** pochodzi

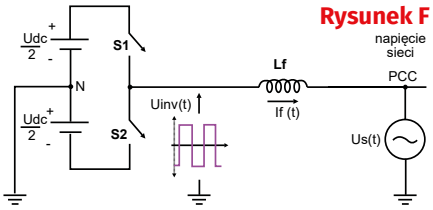
REKLAMA



eprasa.pl dba03aded3



Rysunek E



Rysunek F

z jednego z naukowych opracowań i pokazuje zasadę działania. Do napięcia sieci (50 Hz) dodawane są impulsy, wytwarzane przez klucze S1, S2. Impulsy te przechodzą przez cewkę Lf o tak dobranej niedużej indukcyjności, żeby stłumiła ona najwyższe harmoniczne impulsów, które mają częstotliwość wielokrotnie wyższą, niż napięcie sieci. Natomiast napięcie i natężenie impulsów wytwarzanych przez klucze S1, S2 są tak na bieżąco dobierane, żeby przywrócić jak najbardziej podobne do sinusoidy prąd i napięcie sieci energetycznej.

Można powiedzieć, że taki układ filtru APF wytwarza wyższe harmoniczne potrzebne dla nieliniowego obciążenia, a z sieci pobierana jest tylko sinusoidalna składowa podstawowa 50 Hz, co też zasygnalizowane jest na rysunkach A i B.

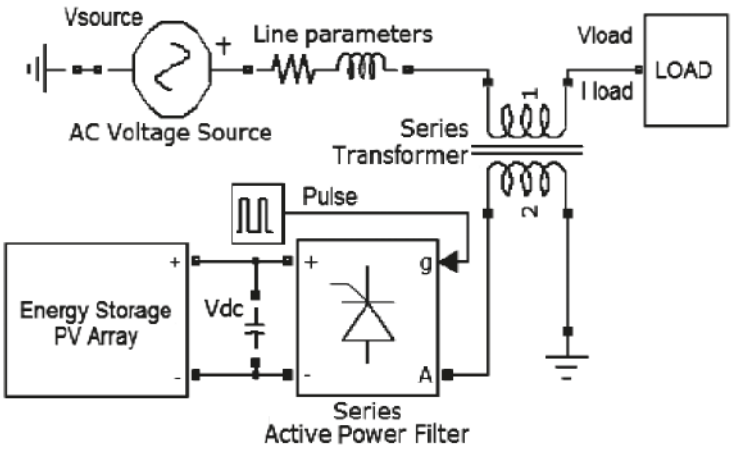
Rysunek G pokazuje schemat blokowy aktywnego filtru szeregowego, współpracującego z zestawem ogniw fotowoltaicznych.

Takie i podobne układy APF współpracują z nieliniowymi obciążeniami o dużej mocy. Istnieją systemy APF o mocach ponad 10 megawatów, a za APF małej mocy uznaje się wersje o mocach poniżej 100 kW.

Rysunki B...D pokazują tylko podstawowe konfiguracje. Rysunki E...G też nie sygnalizują wszystkich ważnych kwestii. Także i w tej dziedzinie coraz częściej stosuje się urządzenia elektroniczne. Zarówno elementy elektroniczne bardzo dużej mocy w postaci tranzystorów IGBT (a także tyrystorów, klasycznych i GTO). Problem w tym, jak mają być one sterowane?

W filtrach aktywnych muszą być jakieś układy określające, jakie przebiegi prądu czy napięcia trzeba dodać do przebiegów sieci. Do tego stosuje się rozmaite układy realizujące pomiary prądów i napięć oraz zaawansowaną obróbkę sygnałów. Głównie

Rysunek G



są to mikroprocesory realizujące skomplikowane algorytmy. Obiektem intensywnych badań są właśnie algorytmy, których zadaniem jest jak najlepsza likwidacja harmonicznych.

Jeden ze stałych uczestników konkursu *JakDziała?* napisał: *(...) Mamy (...) do czynienia z urządzeniem poprawiającym parametry napięcia w sieci zasilającej. (...) Obciążenia istniejące w przemyśle, ale również u odbiorców komercyjnych i indywidualnych to obecnie w dużej części obciążenie nieliniowe (...) mamy do czynienia z aktywnym filtrem bocznikowym SAPF (Shunt Active Power Filter) łagodzącym wpływ harmonicznych lub rozwiązujący problemy z harmonicznymi wewnątrz sieci użytkownika energii. (...) Zasada działania aktywnego filtra bocznikowego opiera się na wprowadzeniu do sieci prądu harmonicznego pobieranego przez obciążenie, ale w przeciwnej fazie, tak aby źródło prądu przedstawiało czysty przebieg sinusoidalny. Filtr aktywny działa jako kontrolowane źródło prądu (...) Przy odpowiednim sterowaniu, filtr może również kompensować współczynnik mocy obciążenia. W ten sposób system dystrybucji zasilania postrzega nieliniowe obciążenie i filtr jako idealny rezystor. Zaletą aktywnego filtrowania jest to, że automatycznie dostosowuje się do zmian w sieci i wahań obciążenia. (...) W tabeli poniżej przedstawiono porównanie skuteczności filtrowania harmonicznych za pomocą różnych technik (...)*

Inny stały uczestnik stwierdził: *(...) Jest to aktywny filtr harmonicznych w sieci energetycznej do eliminacji w czasie rzeczywistym zniekształceń harmonicznych powstających w wyniku obciążeń nieliniowych. (...) Podstawowa zasada działania jest następująca: Filtr mierzy prąd obciążenia nieliniowego i wprowadza te same harmoniczne, ale z przeciwnym kątem fazowym. Prąd aktywnego filtra harmonicznych eliminuje w ten sposób prądy harmoniczne obciążenia i do zasilania z systemu elektroenergetycznego pozostaje tylko składnik składowy prądu o częstotliwości podstawowej. (...) SAPF (Shunt Active Power Filter) (...) najpierw analizuje sieć energetyczną i sprawdza jakie są tam harmoniczne i za pomocą jednej z metod ekstrakcji (stosowane są dwie podstawowe metody w dziedzinie częstotliwości stosując transformacji Fouriera FFT albo szybką metodę w dziedzinie czasu analizując chwilową moc czynną i bierną). W oparciu o te informacje układy filtru tworzą tzw. napięcie odniesienia, które steruje inwerterem (falownikiem) harmonicznych wpuszczanych do sieci w celu kompensacji niepożądanych harmonicznych. Stosuje się dwie podstawowe metody sterowania APF (SAPF): proportional integral controller PI albo kontroler logiki rozmytej FLC. Są prace nad stosowaniem innych metod, np sztucznej inteligencji lub sztucznej sieci neuronowej.*

Aktywny filtr harmonicznych potrafi obniżyć współczynnik zawartości harmonicznych w sieci, tzw. THD (total harmonic distortion) z ok. 30% do ok. 4% dla kontrolera PI lub nawet do ok. 2% dla kontrolera logiki rozmytej (...)

Zadanie było trudne dla Czytelników EdW, ponieważ dotyczy urządzeń energetycznych dużej mocy.

Kto chciałby dokładniej zbadać zagadnienie, może zacząć od wpisania w wyszukiwarkę hasła „Active power filter".

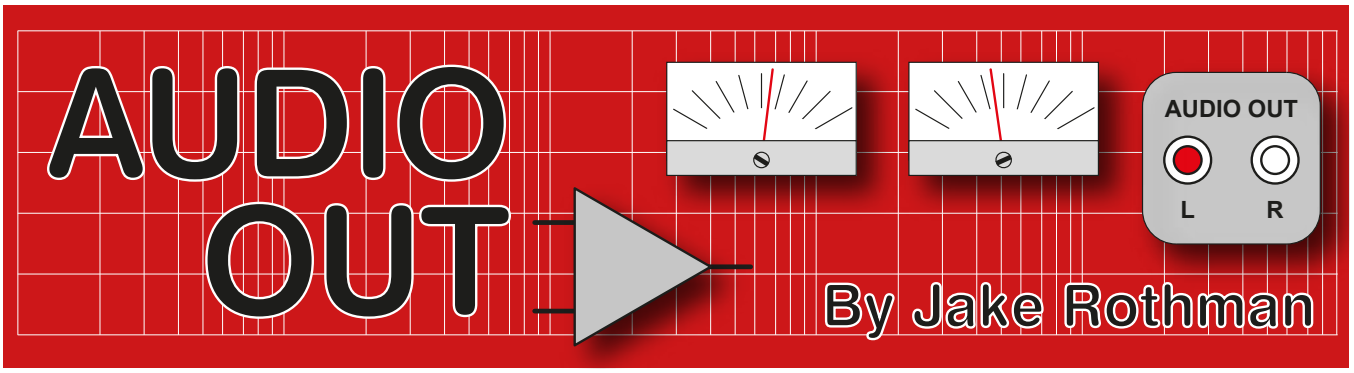
Nagrody-upominki za zadanie ***JakDziała1*** otrzymują:

Dariusz Myszkowski – Grajewo,
Ryszard Magdycz – Wrocław,
Janusz Stasiak – Wieluń.

Wszyscy uczestnicy konkursu zostają dopisani do listy kandydatów na bezpłatne prenumeraty. ■

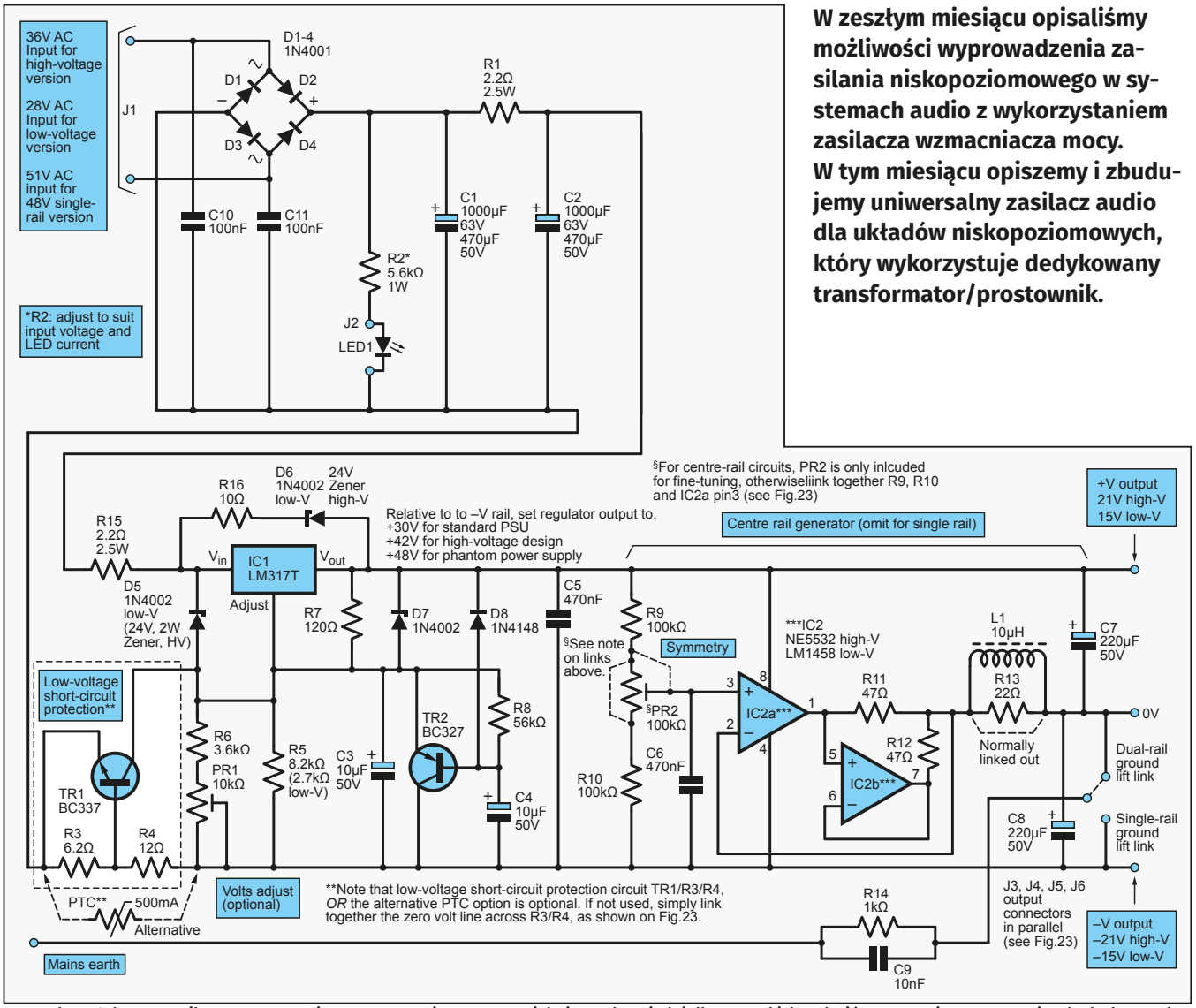
Piotr Górecki

eprasa.pl dba03aded3



Zasilacze niskopoziomowe w systemach audio, część 2

W zeszłym miesiącu opisaliśmy możliwości wyprowadzenia zasilania niskopoziomowego w systemach audio z wykorzystaniem zasilacza wzmacniacza mocy. W tym miesiącu opiszemy i zbudujemy uniwersalny zasilacz audio dla układów niskopoziomowych, który wykorzystuje dedykowany transformator/prostownik.



Rysunek 18. Schemat zasilacza ze wzmacniaczem operacyjnym. Ten projekt jest odpowiedni dla wszystkich rodzajów wzmacniaczy operacyjnych, dyskretnych i z zasilaniem fantomowym w aplikacjach audio (uwaga, jeśli wolisz, możesz zasilać układ z DC lub z własnego transformatora, ponieważ znajduje się wbudowany prostownik)

eprasa.pl dba03aded3

Przedstawiony projekt to zmontowany na płytce drukowanej uniwersalny zasilacz audio dla układów niskopoziomowych, który wykorzystuję w kilku urządzeniach audio/muzycznych. Może on być zasilany bezpośrednio z odpowiednich transformatorów lub z zasilacza wzmacniacza mocy z odpowiednią adaptacją.

Płytka zasilacza dwuszynowego

Ten projekt jest również przydatny dla konstruktorów, którzy potrzebują przerobić zasilacz jednopołówkowy na wersję dwupołówkową. Wykorzystuje on ulubiony stabilizator przemysłu audio: tani, niskoszumny LM317, który z kilkoma strategicznie umieszczonymi diodami Zenera może być zmuszony do tolerowania wysokich napięć wejściowych.

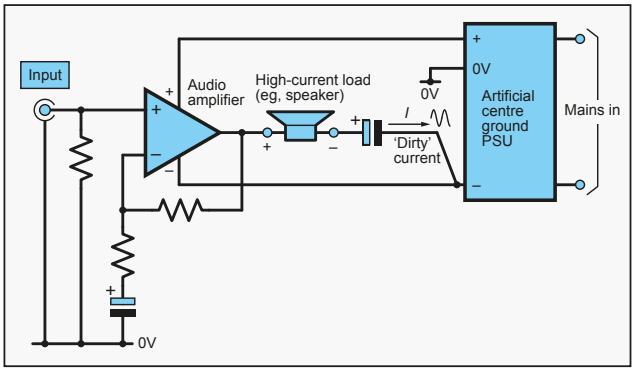
Całkowity układ obejmujący wszystkie opcje jest pokazany na rysunku 18. Mostek prostowniczy D1 do D4, może być wykonany przy użyciu diod Schottky'ego z powodu ich niskiego poziomu szumów RF, jeśli jest to pożądane (istotne dla radia AM i Thereminów). Wybór diod Schottky'ego może też być istotny ze względu na mały spadek napięcia na nich, gdy napięcie z transformatora jest dość niskie i nie ma odpowiedniego zapasu dla pracy stabilizatora. Diody SB60 są dobrym wyborem do zastąpienia zwykłych diod 1N4003. Zastosowano dwustopniowy filtr wygładzający (C3, C4 i R1), który redukuje harmoniczne wysokiej częstotliwości, które stabilizatorom trudniej jest odfiltrować ze względu na malejące wzmocnienie otwartej pętli przy HF. W tym projekcie napięcie wyjściowe można obliczyć korzystając z:

$$V_{out}=1{,}25\times(1+R5/R7)$$

Dla napięcia 30 V (±15 V) należy użyć R5=2,7 kΩ i R7=120 Ω. Rozsądnie jest pozostawić w najgorszych warunkach 2 V różnicy pomiędzy napięciem wejściowym DC a stabilizowanym napięciem wyjściowym. Podwójny wzmacniacz operacyjny (IC2) buforuje odsprzężony, symetryczny dzielnik potencjału (R9 i R10), aby zapewnić środkową szynę lub symulowany punkt masy, co umożliwia układowi zrealizowanie podwójnej szyny w przypadku pojedynczego uzwojenia wtórnego transformatora. Pozwala to na zaoszczędzenie pieniędzy, a także oznacza, że może być użyty standardowy zasilacz AC. Wadą sztucznych uziemień jest to, że prąd uziemienia jest ograniczony przez możliwości wzmacniacza operacyjnego. W normalnym podwójnym zasilaniu może on być tak wysoki jak tylko pozwolą na to szyny, ale w tym przypadku limit wynosi około 80 mA dla NE5532. To powinno wystarczyć – dobrzy projektanci audio starają się nie wprowadzać prądów do masy, ponieważ prąd płynący przez jakąkolwiek niezerową impedancję spowoduje podniesienie potencjału masy powyżej zera woltów, co wywołuje kliki i zniekształcenia. Oczywiście, niektóre obciążenia, takie jak głośniki czy transformatory wyjściowe, zwykle wprowadzają do masy znaczący prąd zmienny.

W przypadku takich obciążeń, dolny zacisk powinien być podłączony do ujemnej szyny poprzez kondensator elektrolityczny, jak pokazano na rysunku 19. Jest to konieczne, ponieważ 0 V DC dla stabilizatora w tego typu układach jest szyną ujemną, a nie szyną 0 V. Nie zastosowanie się do tego wymogu może spowodować, że szyny zasilające będą skakać wraz z muzyką względem sztucznego uziemienia. Na płytce drukowanej przewidziano małą cewkę indukcyjną (L1) w szereg z wyjściem, aby zapobiec niestabilności z kondensatorami odsprzęgającymi C7 i C8. W rzeczywistości raczej nie będzie to potrzebne – można ją odłączyć. Tylko raz musiałem go użyć z kondensatorami polimerowymi o bardzo niskim ESR.

Zauważ, że C7 i C8 powinny być zdolne do pracy z pełnym napięciem wyjściowym stabilizatora, a nie połową tego napięcia. Jest to konieczne, ponieważ jeśli jedna z szyn zostanie zwarta do sztucznej masy, pełne napięcie pojawi się na kondensatorze na drugiej szynie.



Rysunek 19. Należy unikać doprowadzania znacznych prądów do sztucznego uziemienia. Zalecane jest doprowadzić je do ujemnej szyny poprzez kondensator elektrolityczny. Aby uniknąć problemu związanego z tym, że referencyjne 0 V stabilizatora jest ujemną szyną, czasami próbuję podłączyć ją do sztucznego uziemienia

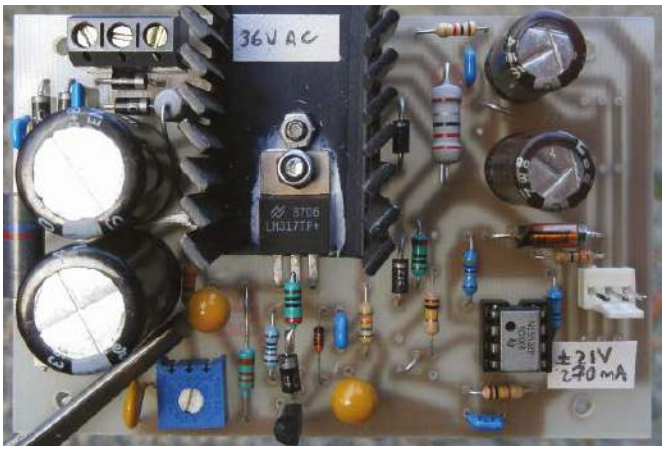
Różne wersje

Zazwyczaj, jeśli wejście stabilizatora jest poniżej 37 V w każdych warunkach, zabezpieczenie przepięciowe nie będzie potrzebne. W takim przypadku D5 i D6 mogą być zwykłymi diodami 1N4003, które zapewniają ścieżki rozładowania kondensatorów. Jednakże, niektóre wzmacniacze operacyjne (np. NE5532 lub LF356) mogą wymagać zasilania do ±21 V dla uzyskania maksymalnego zapasu. Dlatego wzmacniacz buforowy IC2 musi być zasilany maksymalnym napięciem ±22 V. Sam stabilizator musi mieć możliwość wyprowadzenia 42 V, aby osiągnąć ±21 V. To jest więcej niż jego maksymalne napięcie wyjściowe 35 V lub wejściowe 37 V (pozwalając na zapas 2 V). Aby obejść to ograniczenie, zastosowano diody zabezpieczające Zenera w obwodzie wyjście-wejście stabilizatora (D6) i między węzłem Adjust i wejściem stabilizatora (D5). Pozwala to na podniesienie napięcia wyjściowego stabilizatora



Fotografia 20. Standardowa wersja zasilacza niskopoziomowego ±15 V. Ograniczenie małego prądu do 100 mA chroni twoje wzmacniacze operacyjne

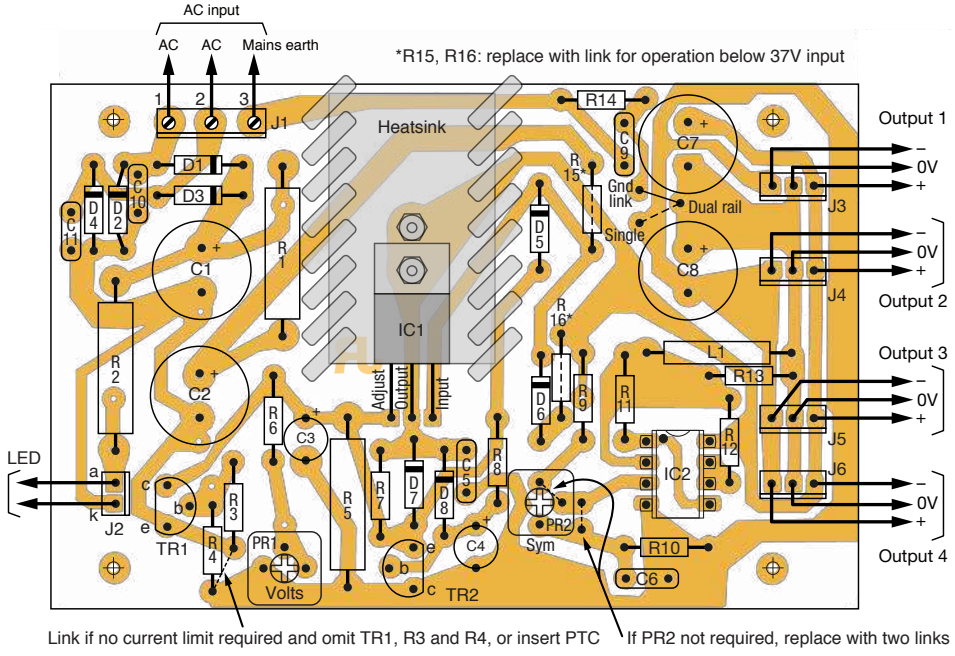
eprasa.pl dba03aded3

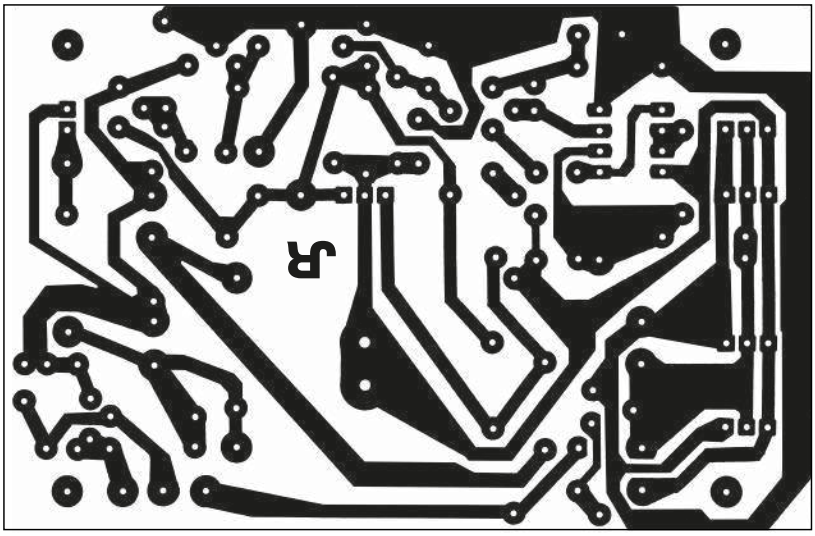


Fotografia 21. Wersja ±21 V 280 mA dla wysokiej jakości audio w oparciu o wzmacniacz operacyjny NE5532. Proszę zauważyć, że na powyższym zdjęciu dodałem dodatkowy rezystor 10 Ω w szereg z D7 do środkowego pinu stabilizatora w celu ochrony C4 – miły, ale opcjonalny dodatek



Fotografia 22. Wersja jednoszynowa 48 V niskoprądowa do zasilania phantomowego mikrofonu. W tej konstrukcji pominięto układ środkowej szyny. Wysokie napięcie wyjściowe wymaga zabezpieczenia w postaci diod Zenera i rezystorów. Zwróć uwagę na połączenie dla pracy jednoszynowej (górna prawa strona) i PTC (dolna lewa strona)





Rysunek 23. Schemat montażowy i mozaika ścieżek PCB. Nie ma tu wiotkiego CADa, tylko gruba taśma! Projekt jest dostępny na stronie EPE

do 48 V, odpowiedniego dla zasilania phantomowego mikrofonów i zasilaczy przedwzmacniaczy o wysokim zapasie. Warto zwrócić uwagę na rezystory (R15 i R16) szeregowe z diodami, chroniące je przed dużymi prądami przepięciowymi w przypadku zwarcia wyjścia. Na płytce są one połączone na zewnątrz, jeśli zastosowano diody 1N4003. Diody Zenera zapewniają również ścieżkę rozładowania dla kondensatorów, gdy układ jest wyłączony.

Pamiętaj, że diody Zenera zachowują się jak zwykłe diody, przy polaryzacji w kierunku przewodzenia, aczkolwiek mają nieco wyższe napięcie przewodzenia, wynoszące około 0,72 V. W ujemne wyjście mostka prostowniczego wbudowany jest układ ogranicznika prądu. Spadek napięcia na R3 włącza TR1 i ściąga w dół napięcie referencyjne stabilizatora, jeśli prąd zwarcia zostanie przekroczony. Jest to ustawione przez R3 na 0,6 V, aby włączyć tranzystor. Na przykład, jeśli R3=6,2 Ω to prąd zwarcia wyniesie 100 mA. R4 musi być dwukrotnie większy od R3, aby skompensować napięcie 1,2 V na pinie regulacyjnym. Układ tranzystorowy działa dla niższego zakresu napięć wejściowych (<37 V). Dla wyższych napięć należy wstawić Polyswitch, choć są one droższe. Wynika to z faktu, że układ tranzystorowy nie może być użyty, jeśli na D5 zastosowana jest dioda Zenera, ponieważ przez TR1 popłynie do masy ogromny prąd. To nie jest dobry pomysł, aby tranzystor zabezpieczający przed zwarciem nie zadziałał

eprasa.pl dba03aded3

Wykaz elementów:

Wartości bez nawiasów dotyczą wersji standardowej ±15 V 100 mA. Wartości w nawiasach dotyczą wersji wysokonapięciowej ±21 V 280 mA. W wersji jednoszynowej 48 V 65 mA pominięto IC2 i związane z nim elementy szyny środkowej.

PCB – dostępna u mnie lub projekt można pobrać ze strony EPE.

Rezystory:
Wszystkie 5% 0,25 W, chyba że podano inaczej; wszystkie 1% są metalizowane.
R1: 2,2 Ω 2,5 W nawinięty drutem
R2: 3,3 kΩ 1 W (5,6 kΩ 1 W) (9,1 kΩ 1 W wersja 48 V)
R3: 6,2 Ω (wersja niewysokonapięciowa)
R4: 12 Ω (wersja niewysokonapięciowa)
R5: 2,7 kΩ 0,5 W (8,2 kΩ 0,6 W wersja wysokonapięciowa) (9,1 kΩ 0,6 W dla wersji 48 V)
R6: nieużywany (3,3 kΩ dla wersji wysokonapięciowej) (6,2 kΩ dla wersji 48 V)
R7: 120 Ω 0,25 W 1%
R8: 56 kΩ
R9, R10: 100 kΩ 0,25 W 1%
R11, R12: 47 Ω
R13: 22 Ω, opcjonalnie, zwykle łącznik
R14: 1 kΩ
R15: łącznik (2,2 Ω 2,5 W nawinięte drutem) (10 Ω 0,5 W wersja 48 V)
R16: łącznik (10 Ω dla wersji wysokonapięciowej i 48 V)
PR1: nieużywany w wersji niskonapięciowej (10 kΩ Bourns 3386 lub odpowiednik dla wersji wysokonapięciowej) (5 kΩ dla wersji 48 V)
PR2: 100 kΩ opcjonalnie

Kondensatory:
470: nF i poniżej są ceramiczne, wszystkie kondensatory elektrolityczne są radialne
C1, C2: 1000 do 2200 µF, 50 ±15 V (1000 µF 63 V) (wersja 48 V 65 mA 220 µF 100 V)
C3: 10 do 100 µF 50 V
C4: 10 µF 50 V
C5, C6: 470 nF (10 µF 63 V w wersji 48 V)
C7, C8: 470 µF 25 V (220 µF 50 V)
C9: 10 nF
C10, C11: 100 nF

Cewka:
L1: 10 µH do 15 µH – opcjonalnie, zwykle tylko łącznik

Półprzewodniki:
IC1: LM317T
IC2: LM1458 (NE5532)
D1...D4: 1N4002 lub SB40, (1N4004)
D5, D6: 1N4001 (24 V 2 W ZY24 lub równoważna dioda Zenera)
D7: 1N4002
D8: 1N4148
TR1: BC337 (nie dla wersji wysokonapięciowej)
TR2: BC327 opcjonalne, powolne włączanie

Odpowiednie transformatory:
Wye Winding 43-0-43 V + 8-0-8 V, 80 mA, łącznie 51 V; dostępne u autora, lub transformator 24-0-24 V o mocy znamionowej równej lub większej niż 15 VA.
JIM Electronics 28 V, 140 mA dla ±15V w wersji ze standardowym wzmacniaczem operacyjnym – dostępne u autora, lub transformator 25 V, 15 VA.
Torroid 18-0-18 V 15 VA dla wersji ±21 V, 280 mA

Radiator:
TO220 skręcane łopatki 21°C/W
TV40G 9,9°C/W

Złącza:
3-końcówkowe złącze śrubowe 3 A
3-stykowe złącza Molex, 4 gniazda

Różne:
Polyswitch 0,5 A XF050 (wersja 48 V, XF017 170 mA)

w przypadku zwarcia! Bez zabezpieczenia przeciwzwarciowego, limit prądu jest ustawiony przez wysoki domyślny limit 1,5 A dla LM317 – lub cokolwiek, co wybuchnie jako pierwsze.

Test śrubokręta

Obawiam się, że jestem brutalnym konstruktorem. Zwieram moje wyjścia zasilacza i wzmacniacza śrubokrętami, aby sprawdzić czy to wytrzyma. Jeśli ty tego nie zrobisz, możesz mieć gwarancję, że zrobi to pijany muzyk lub pracownik obsługi technicznej. Oczywiście, są też subtelności w projektowaniu sprzętu audio. Wokół TR2 wbudowano układ powolnego włączania. Redukuje on szumy przy włączaniu oraz chroni kondensatory tantalowe i półprzewodniki przed szkodliwymi prądami przepięciowymi w zasilanym układzie. Można pominąć te opcjonalne udoskonalenia i zmodyfikować układ płytki drukowanej do własnych potrzeb. Fotografie 20 do 22 pokazują trzy powszechnie stosowane przeze mnie wersje. Możliwe jest wykonanie wielu innych konfiguracji przy odrobinie wyobraźni i umiejętności łączenia elementów. Należy bardzo uważać, aby dobrać odpowiednie komponenty i połączenia dla wersji, którą się buduje. Wiem, że jestem protekcjonalny dla doświadczonych konstruktorów, ale PCB w wielu wersjach może być receptą na błędy.

Sugerowana standardowa płytka układu ±15 V 100 mA jest pokazana na fotografii 20 z użyciem małego transformatora 28 V. Wersja wysokonapięciowa ±21 V 280 mA z wykorzystaniem standardowego toroidu 18-0-18 V pokazana jest na fotografii 21, a na koniec jednoszynowa 48 V 65 mA na fotografii 22. Ogólny schemat montażowy z mozaiką ścieżek pokazany jest na rysunku 23. 100 takich płytek zostało wykonanych przez Chiltern Circuits i chętnie dostarczę je czytelnikom, jeśli zajdzie taka potrzeba – wystarczy wysłać mi e-mail na adres: jacob.rothman@homecall.co.uk

Wskazówki konstrukcyjne

Na płytce są dwa otwory dla dwóch różnych rozmiarów radiatorów. Większy 9,9°C/W i mniejszy 21°C/W. Do montażu LM317 użyj śrubki M3, podkładki sprężystej i masy termicznej. Całkowicie dokręć, a następnie przylutuj. Taka kolejność ma zapobiec pękaniu połączeń. Kondensatory wygładzające i niektóre rezystory mają dodatkowe otwory, aby pomieścić większe rozmiary. Na płytce przewidziano również opcjonalne presety do regulacji napięcia (PR1) i symetrii środkowej szyny (PR2). Jest mało prawdopodobne, aby były one potrzebne, z wyjątkiem eksperymentów z prototypami. Zauważ, że jeśli używane są stałe rezystory, PR1 jest pomijany, a PR2 łączony.

Podnoszenie masy

R14 i C9 zapewniają podniesienie masy, aby zapobiec pętlom uziemienia i połączyć masę sieci z masą sygnału. C9 zapewnia obejście RF. Na płytce znajduje się złącze umożliwiające podłączenie uziemienia do sztucznego uziemienia w przypadku użycia dwutorowego. Jeśli płytka jest używana do pracy z jedną szyną, złącze należy przesunąć, aby połączyć je z szyną ujemną – patrz mozaika ścieżek PCB. Podłączenia uziemienia sieciowego i transformatora AC są wykonane za pomocą 3-drożnego bloku zacisków śrubowych. Istnieją cztery wyjścia DC dostępne na 3-drożnych złączach Molex. ■

Jake Rothman

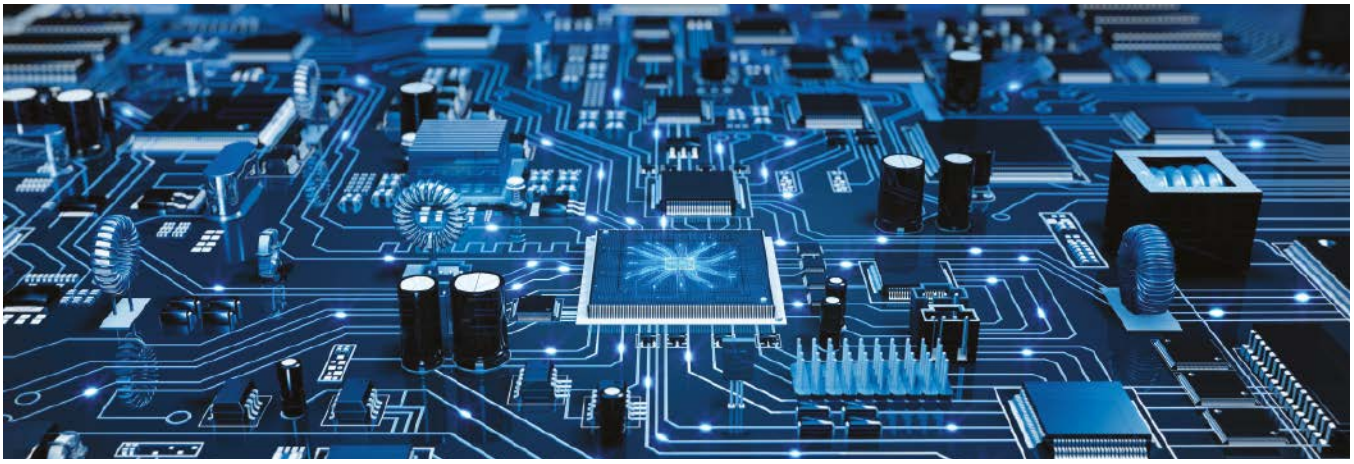
Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „Everyday Practical Electronics”, marzec 2019 (www.epemag3.com)

REKLAMA



https://bit.ly/3qnvS3x

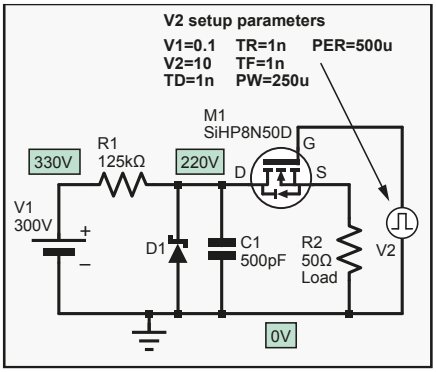
eprasa.pl dba03aded3



Przełączniki mocy MOSFET, część 2

Przyjrzymy się kilku różnym konfiguracjom obwodów z przełącznikami MOSFET i przeanalizujemy metody włączania MOSFET-ów w obwodach takich jak rozpatrywany przez nas w tekście.

W zeszłym miesiącu zaczęliśmy temat przełączników mocy MOSFET w odpowiedzi na post Michaela Fergusona na forum EEWeb (www.eeweb.com/forum). W swoim wpisie Michael napisał: „Pracuję nad obwodem przedstawionym na załączonym obrazku [rysunek 1]. Szybko zdałem sobie sprawę, że nie ma dobrego sposobu na aktywację Vgs mojego MOSFET-a mocy za pomocą sterownika bramki. Sprawdziłem w internecie kilka innych sterowników bramek i wszystkie generują tylko niskie napięcia, maksymalnie około 20–30 V. Każda specyfikacja sterowników bramek przeznaczonych do stosowania z MOSFET-ami mocy opisuje ich wyjście w kategoriach prądu. Pobór lub źródło, do 4 A / 6 A,



Rysunek 1. Obwód Michaela, przerysowany z jego postu na EEWeb

itp. Oto dwa sterowniki bramek, które posiadam [UCC20520 firmy Texas Instruments i ISL55110 firmy Renesas]. Jeden z nich jest również izolowanym sterownikiem bramek używanym specjalnie do MOSFET-ów mocy. Rozumiem, że bramki MOSFET-ów aktywują się po naładowaniu do określonej wartości Qg, ale jeśli napięcie bramki musi wynosić 10 V> niż VS, oraz VS wynosi 200 V+, to jak można włączyć bramkę i pozwolić na przepływ prądu od VS do VD?'

Podstawy MOSFET-ów

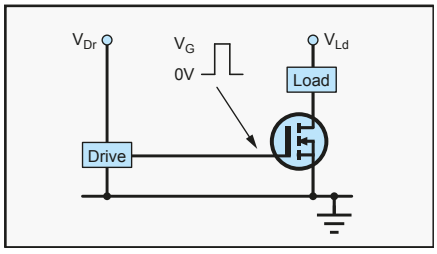
W artykule z zeszłego miesiąca przedstawiliśmy podstawowe informacje o MOSFET-ach w ujęciu ogólnym, a w szczególności o MOSFET-ach mocy. W kontekście energoelektroniki MOSFET-y są wykorzystywane jako elektronicznie sterowane przełączniki typu on/off, w których przewodzenie między zaciskami źródła i drenu jest sterowane przez napięcie bramka-źródło. Istnieją dwa typy tranzystorów MOSFET: z kanałem typu N i kanałem typu P. Tranzystor z kanałem N wymaga dodatniego napięcia bramka-źródło, aby się włączyć, a tranzystor z kanałem P wymaga ujemnego napięcia.

W zeszłym miesiącu krótko opisaliśmy podstawowe zasady owej operacji przełączania w odniesieniu do struktury i fizyki oraz przeanalizowaliśmy układ MOSFET-ów mocy, który umożliwia im działanie w zakresie dużych prądów. Przyjrzeliśmy się także układowi Michaela (rysunek 1) i odkryliśmy, że dioda Zenera (jako stabilizator) nie była w stanie dostarczyć napięcia 220 V z prądem zbliżonym do 4,4 A, jaki wynikał z obciążenia 50 Ω. Zakładając lepsze zasilanie 220 V, MOSFET z kanałem N (taki jak na rysunku 1) jest w stanie przełączyć obciążenie, ale wymaga napięcia sterującego przekraczającego napięcie zasilania 220 V.

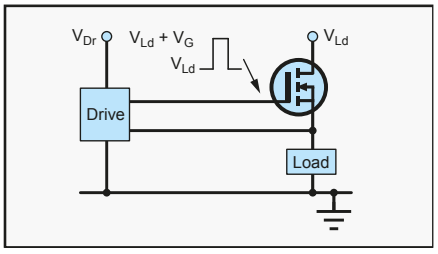
W tym miesiącu przyjrzymy się kilku różnym konfiguracjom układów z przełącznikami MOSFET i przeanalizujemy metody włączania MOSFET-ów w obwodach takich jak na rysunku 1. Przeanalizujemy przykład obwodu opartego na układzie UCC20520, o którym wspomniał Michael, a na koniec przedstawimy kilka krótkich uwag na temat przełączania obciążeń indukcyjnych, takich jak silniki.

Układ z rysunku 1 określa się mianem 'high-side switch' czyli łącznikiem górnym ponieważ MOSFET łączy zasilanie z obciążeniem (po stronie obciążenia o wyższym napięciu) w przeciwieństwie do łącznika pomiędzy obciążeniem a masą (po stronie obciążenia o niskim napięciu). W przypadku łącznika górnego (high-side), gdy obciążenie jest włączone, zacisk źródłowy MOSFET-a znajduje się na poziomie napięcia obciążenia. Jednak, aby włączyć MOSFET, napięcie bramka-źródło

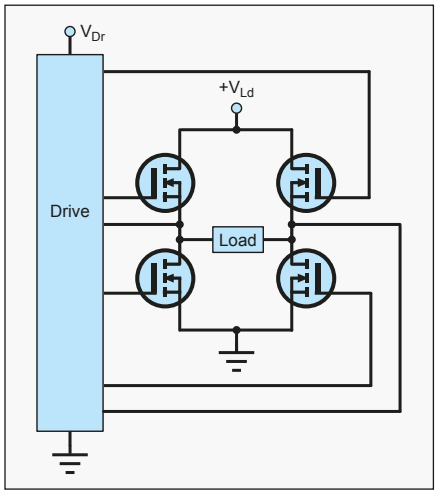
eprasa.pl dba03aded3



Rysunek 2. Sterownik typu low-side MOSFET-a z kanałem N



Rysunek 4. Sterownik typu high-side MOSFET-a z kanałem N

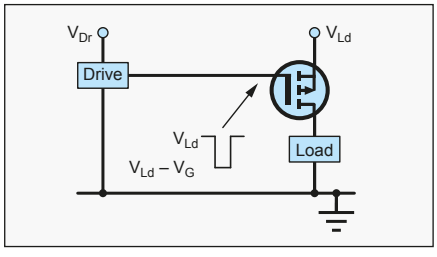


Rysunek 6. Sterownik pełnomostkowy wykorzystujący tranzystor z kanałem N

musi być wyższe od napięcia progowego MOSFET-a, co oznacza, że na bramce musi być wyższe napięcie niż na obciążeniu. Napięcie progowe tranzystorów MOSFET mocy wynosi zwykle około 4 V lub 5 V, ale aby włączyć się na tyle w pełni, by pracować przy maksymalnym prądzie znamionowym, wiele z tych tranzystorów wymaga napięcia 10 V lub więcej. Zatem w przypadku układu z rysunku 1 wymagane jest napięcie bramki wynoszące około 230 V.

Sterowniki MOSFET

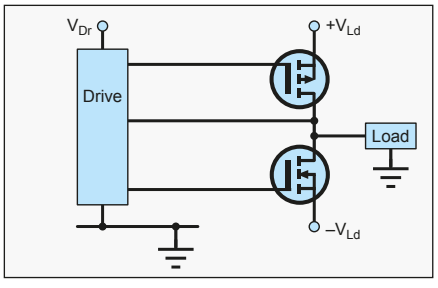
Napięcie 10 V względem masy, użyte na rysunku 1 jako sterowanie bramką, nie wystarczy do pełnego włączenia obciążenia. Musi ono wzrosnąć z 220 V do 230 V, a nie z 0 V do 10 V. Zbadaliśmy to zachowanie układu szczegółowo w zeszłym miesiącu za pomocą kilku przykładów symulacyjnych. Prowadzi to do sedna pytania Michaela – jak zapewnić napięcie bramki powyżej napięcia obciążenia, zwłaszcza gdy układ sterujący będzie prawdopodobnie pracował przy zasilaniu znacznie niższym niż napięcie obciążenia? Odpowiedź brzmi, że potrzebny jest odpowiedni układ sterujący MOSFET-em. Choć omówione powyżej łączenie górne stanowi oczywiste wyzwanie, nawet łączenie dolne, gdzie wymagane napięcia przełączające są prostsze, niekoniecznie jest trywialne. Przełączniki po stronie niskonapięciowej wymagają również odpowiednich układów sterujących, szczególnie w przypadku zastosowań wymagających wysokiej wydajności lub przełączania, a także w przypadku, gdy układy sterujące są zasilane niższym napięciem (np. 3,3 V, a nie napięciem wymaganym do przełączania po stronie niskonapięciowej – np. 10 V).



Rysunek 3. Sterownik typu high-side MOSFET-a z kanałem P

Zadaniem układu sterującego jest zapewnienie, że MOSFET jest przełączany między całkowitym włączeniem a całkowitym wyłączeniem, poprzez przełączanie napięcia bramka-źródło między 0 V a napięciem znacznie powyżej progu. Jak wspomniano w poprzednim miesiącu, stosowanie napięć znacznie powyżej progu zapewnia pracę w stanie nasycenia, w którym spadek napięcia na tranzystorze spowodowany przez rezystancję włączenia ($R_{DS,ON}$) jest minimalny, a co za tym idzie, minimalizuje się rozpraszanie mocy. Aby tranzystory MOSFET mocy mogły przełączać się szybko i wydajnie, musi być dostępny wystarczający prąd, aby szybko naładować lub rozładować pojemność wejściową tranzystora. Podczas przechodzenia między stanami włączenia i wyłączenia tranzystor może rozproszyć dużą ilość energii, co jest określane mianem strat przy przełączaniu. Dlatego układ sterujący musi być w stanie dostarczyć wystarczający prąd przejściowy, aby naładować pojemność wejściową MOSFET-u z wymaganą szybkością. W niektórych przypadkach prąd ten może być dość znaczny, zwłaszcza w przypadku tranzystorów o bardzo dużej mocy lub w przypadku gdy stosowane są MOSFET-y równoległe.

Wiele układów wyjściowych o niskim poborze mocy, takich jak bramki logiczne i mikrokontrolery, nie jest w stanie dostarczyć wystarczającego prądu do prawidłowego wysterowania bramki MOSFET-a mocy. Sterownik MOSFET-a mocy jest zatem wzmacniaczem mocy, który przyjmuje sygnał wejściowy o niskim poborze mocy z mikrokontrolera lub innego układu i dostarcza wymagane wysokoprądowe sterowanie bramki MOSFET-a. Sterowniki bramek



Rysunek 5. Sterownik półmostkowy z parą komplementarną

mogą być implementowane jako dedykowane układy scalone, tranzystory dyskretne lub transformatory. Obwody mogą być dość skomplikowane, zwłaszcza w przypadku sterowników 'high-side' i przełączania wielu MOSFET-ów w układach takich jak mostki (patrz dalej), dlatego zastosowanie dedykowanych układów scalonych może zaoszczędzić wiele wysiłku.

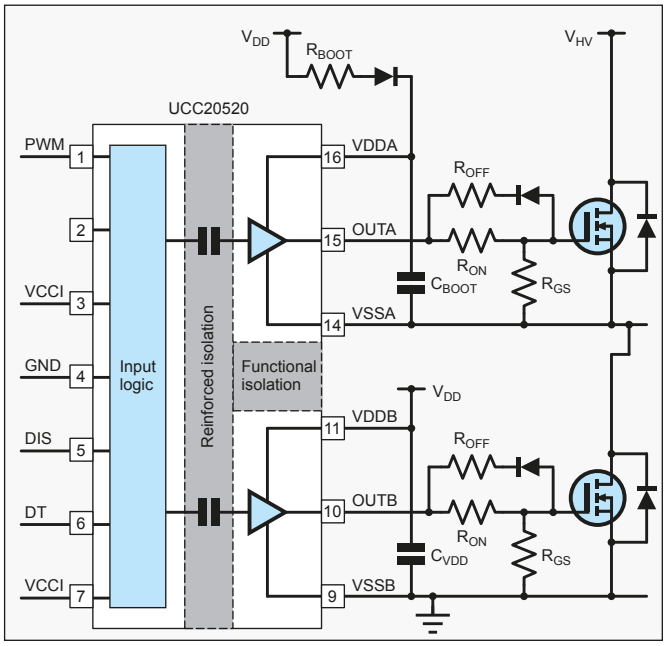
Na początku złożoność sterowników może wydawać się niepotrzebna, ale pozornie niewielkie niedoskonałości w sterowaniu urządzeniami przełączającymi bardzo duże prądy lub wysokie napięcia mogą mieć poważne konsekwencje, potencjalnie powodując awarię MOSFET-ów. Podobnie jak w przypadku zbyt wolnej pracy, możliwe jest również zbyt szybkie przełączanie obwodów MOSFET mocy lub, mówiąc dokładniej, zbyt szybkie zmiany napięć lub prądów w obwodzie. Bardzo szybkie zmiany prądu i napięcia mogą uszkadzać elementy, a także powodować większą emisję zakłóceń niż wolniejsze przełączanie. Aby uzyskać prawidłowe przełączanie, może być konieczne staranne zaprojektowanie obwodu sterownika, zwłaszcza w przypadku zastosowań wymagających dużej szybkości i bardzo dużej mocy.

Konfiguracje przełączania

Jak już wspomniano, istnieje wiele różnych konfiguracji przełączania, w których stosowane są MOSFET-y mocy, i mogą one wymagać różnych typów sterowników. W pojedynczym tranzystorze możemy zastosować układy z kanałem N lub z kanałem P, a także łączenie dolne lub górne. Jeśli wymagamy, aby obciążenie

Pliki LTSpice omawiane w Circuit Surgery są dostępne do pobrania ze strony EPE (www.epemag3.com/proj/0419.html).

eprasa.pl dba03aded3



Rysunek 7. Uproszczony schemat aplikacyjny sterownika MOSFET-a UCC20520 (na podstawie specyfikacji firmy Texas Instruments)

było uziemione, lub jeśli używamy obwodu mostkowego, potrzebny jest łącznik 'high-side'. Często preferowane są tranzystory z kanałem typu N, ponieważ z natury wyższa przewodność krzemu typu N prowadzi do uzyskania układów o wyższej wydajności. Łączenie 'high-side' jest jednak często łatwiejsze do implementacji w przypadku tranzystorów z kanałem P. Na rysunku 2 pokazano układ łączenia dolnego z kanałem N. Układ sterownika musi przełączać bramkę między 0 V (wyłączona) a VG (włączona). Napięcie zasilania sterownika (VDr) będzie często większe lub równe VG, ale może być znacznie niższe niż napięcie zasilania obciążenia (Vld). VG nie jest napięciem progowym (VT), lecz napięciem o większej wartości, jak omówiono powyżej, które jest wymagane do pełnego włączenia tranzystora MOSFET. Na rysunku 3 przedstawiono przyrząd z kanałem P służący jako łącznik górny. Napięcie bramki jest przełączane z VLd (wyłączona) do Vld/VG (włączone). Na rysunku 4 pokazano kolejny przełącznik typu 'high-side', w tym przypadku wykorzystujący tranzystor MOSFET z kanałem N, a więc wymagający do włączenia tranzystora napięcia bramki wyższego od napięcia zasilania obciążenia o VG – takie rozwiązanie jest wymagane w układzie z rysunku 1.

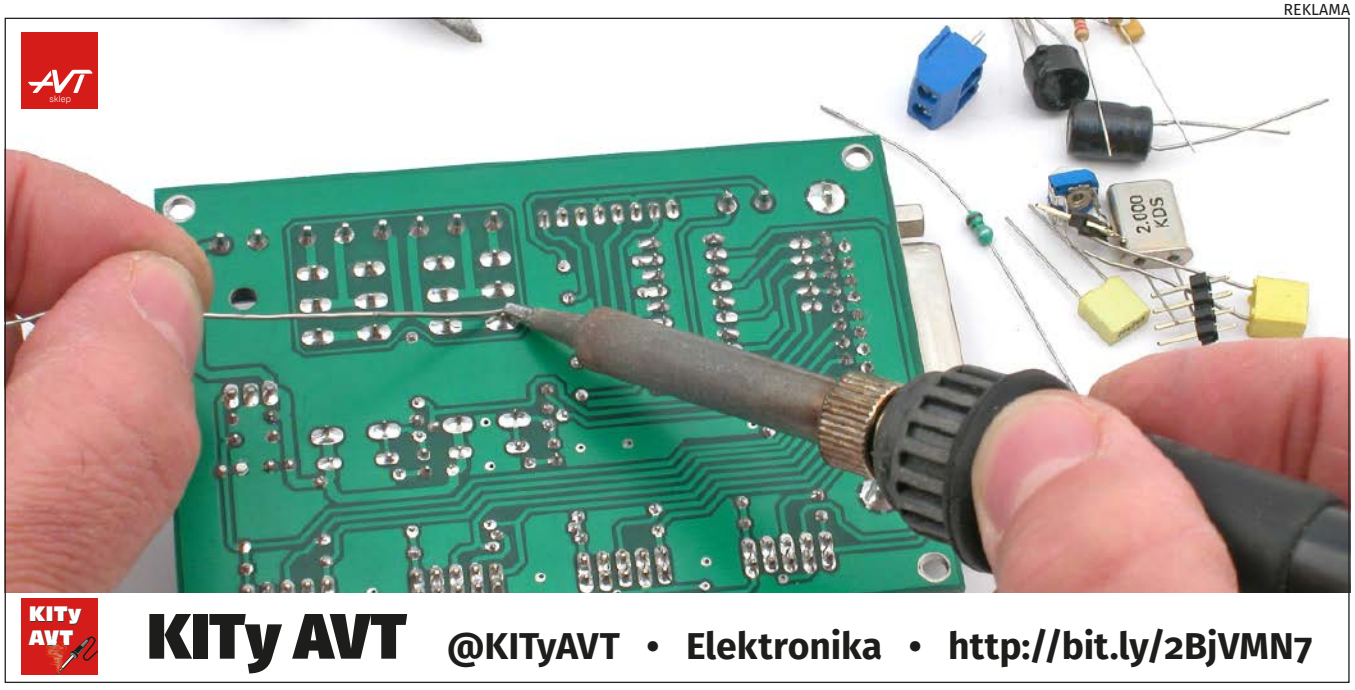
Mostki

Obwody przełączające z wykorzystaniem pojedynczych tranzystorów są przedstawione na rysunkach od 2 do 4. W innych układach przełączających, zwłaszcza w konfiguracjach półmostkowych i pełnomostkowych (mostek H), stosuje się więcej tranzystorów – co najmniej po jednym po każdej stronie obciążenia. Sterowniki w takich konfiguracjach wymagają możliwości układów zarówno górnych, jak i dolnych. Przedstawiamy dwa przykłady – rysunek 5 przedstawia półmostek wykorzystujący komplementarną parę (zarówno tranzystory N, jak i P), a rysunek 6 – mostek H wykorzystujący tylko tranzystory N. Półmostek jest powszechnie stosowany w projektach zasilaczy impulsowych, ponieważ umożliwia projektowanie bardziej wydajnych obwodów o niższym poziomie zakłóceń elektromagnetycznych (EMI). Obwód mostka H różni się od innych przedstawionych tu obwodów tym, że umożliwia odwrócenie biegunowości napięcia na obciążeniu. Ma to szeroki zakres zastosowań, w tym w sterownikach silników i przetwornicach prądu stałego na prąd przemienny. (Nazwa „mostek H" pochodzi od kształtu schematu, w którym obciążenie jest środkową kreską litery „H") Dodatkowym problemem w przypadku sterowników półmostkowych i pełnomostkowych jest możliwość krótkotrwałego włączenia obu tranzystorów w półmostku w tym samym czasie, co powoduje nadmierny przepływ prądu skrośnego, gdy jeden tranzystor jest włączony, a drugi wyłączony. Aby temu zapobiec, układy sterujące muszą kontrolować czas przełączania dwóch tranzystorów. Niektóre sterowniki mają regulowany czas martwy – jest to czas podczas przełączania, gdy oba tranzystory w półmostku są wyłączone.

Sterowniki 'high-side'

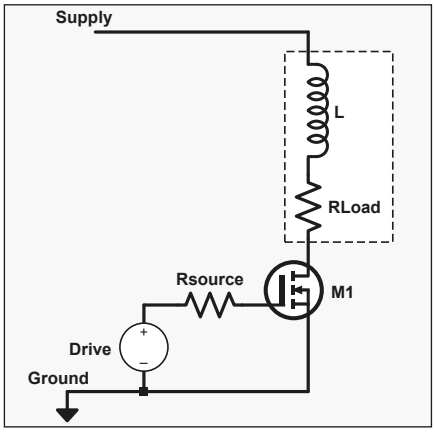
W przypadku łączników typu high-side istnieje szereg technik, które można zastosować w celu uzyskania poziomów napięcia powyżej napięcia obciążenia, wymaganych do przełączenia tranzystora. Sterowniki bocznikowe

REKLAMA



eprasa.pl dba03aded3

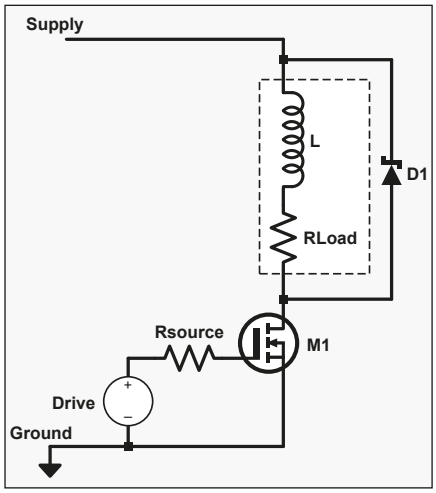
ładują kondensator przy użyciu niskiego napięcia zasilania i przełączają kondensator na bramkę-źródło tranzystora MOSFET, aby go włączyć. Ta metoda nie może utrzymywać tranzystora w stanie włączonym przez czas nieokreślony, ponieważ kondensator rozruchowy musi być okresowo ładowany (gdy tranzystor MOSFET po stronie wysokiej jest wyłączony). Sterowniki typu high-side z pompą ładunku wykorzystują układy mnożnika napięcia do generowania wysokiego napięcia bramki. Mogą one być nieefektywne i powolne, ale umożliwiają nieograniczony czas łączenia górnego. Do sprzężenia sygnału sterującego z bramką górną (hign-side) można użyć transformatora impulsowego. Jest to potencjalnie proste i tanie rozwiązanie, ale w praktyce może być dość trudne do wykonania. W układzie sterownika 'high-side' można zastosować przełączane zasilanie, kontrolowane przez optoizolator. Jest to kosztowna opcja, ponieważ do każdego zastosowanego tranzystora MOSFET typu high-side wymagane jest osobne zasilanie. Powyższa lista technik nie jest wyczerpująca i istnieje wiele wariantów każdej z podstawowych koncepcji. Wspominając o izolacji, warto zauważyć, że często będzie to wymagane ze względów bezpieczeństwa, aby oddzielić niskonapięciowy obwód sterujący od obciążenia o znacznie wyższym napięciu. Projektowanie od podstaw wysokiej jakości układów sterowników MOSFET mocy nie jest zbyt łatwe, może z wyjątkiem stosunkowo mało wymagających sytuacji. Jest to szczególnie ważne, gdy wymagane jest łączenie typu 'high-side'. Na szczęście dostępnych jest wiele układów scalonych sterowników, które wykonują większość pracy za użytkownika. Ponadto specyfikacje producenta lub związane z nimi notki dotyczące zastosowań często zawierają szczegółowe wytyczne projektowe dotyczące takich kwestii, jak dobór elementów i ich fizyczne rozmieszczenie – wszystkie te elementy powinny pomóc w stworzeniu działającego obwodu.



Rysunek 8. MOSFET przełączający obciążenie indukcyjne

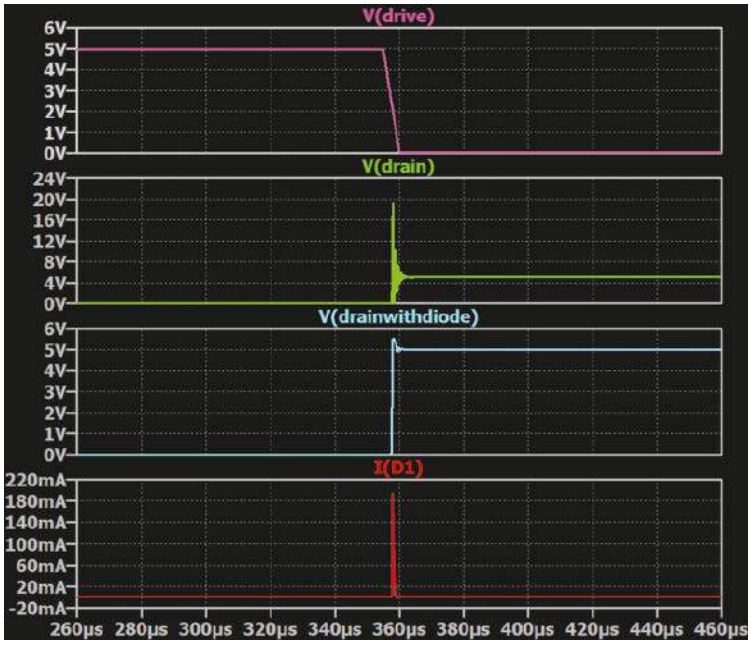
Przykładowy sterownik – UCC20520

Przykładem układu sterownika jest UCC20520 4 A, 6 A, 5,7 kVRMS Isolated Dual-Channel Gate Driver with Single Input firmy Texas Instruments, wspomniany w poście Michaela. Ten układ scalony może być używany jako sterownik półmostka z programowalnym czasem martwym. Szeroki zakres napięcia zasilania obwodów interfejsu, wynoszący od 3 V do 18 V, umożliwia dołączenie go do szerokiej gamy obwodów sterowania. Układ posiada izolację od wejścia do wyjścia oraz pomiędzy dwoma kanałami wyjściowymi. Wykorzystuje on metodę rozruchową (bootstrap) do generowania napięcia sterującego bramką tranzystora łącznika górnego. Na rysunku 7 pokazano typowy obwód aplikacyjny dla układu UCC20520 (ze specyfikacji), ale uproszczony, aby skupić się na połączeniu między sterownikiem a MOSFET-ami, które są połączone w półmostek. Kanał wyjściowy A (VDDA, VSSA i OUTA) jest skonfigurowany jako rozruchowy sterownik typu 'high-side' dla górnego MOSFET-a z kanałem N. Kanał wyjściowy B jest sterownikiem dolnym (low-side) dla dolnego MOSFET-a z kanałem N. Oba sterowniki wykorzystują to samo napięcie zasilania (VDD), przy czym obwód rozruchowy przesuwa to napięcie względem wysokonapięciowego zasilania obciążenia (VHV). Wejściowe układy logiczne mają osobne napięcie zasilania (VCCI) przez piny VCCI. Obwód startowy na rysunku 7. składa się z RBOOT, DBOOT i CBOOT. Układ jest przeznaczony do pracy z modulacją szerokości impulsu (PWM), w której wyjście jest szybko i ciągle przełączane. Nie nadaje się do projektów, w których tranzystory MOSFET muszą być utrzymywane w tym samym stanie przez długi lub dowolnie ustawiany czas. Dla uproszczenia, w dalszej części dyskusji zakładamy, że napięcie na MOSFET-ach w stanie włączonym wynosi 0 V. Tak więc, gdy włączony jest MOSFET 'low-side', źródło (obecnie wyłączonego) MOSFET-a 'high-side' i połączenie zasilania VSS obwodu wyjściowego kanału A (węzeł VSSA) będą mieć napięcie masy (0 V). W tych warunkach dioda DBOOT będzie spolaryzowana w kierunku przewodzenia, a dioda CBOOT będzie ładowana do VDD przez RBOOT i DBOOT. Rezystor jest wykorzystywany do zapobiegania nadmiernemu przepływowi prądu, gdy kondensator zaczyna się ładować. Gdy tranzystory przełączą się tak, że włączony jest tranzystor MOSFET 'high-side', na pinie VSSA pojawi się napięcie zasilania obciążenia (VHV). DBOOT będzie spolaryzowany odwrotnie, ponieważ VDD jest znacznie niższe niż VHV. CBOOT zachowa swój ładunek przy napięciu około VDD (minus spadek napięcia zasilania DBOOT). Dodatnie zasilanie obwodu wyjściowego kanału A będzie zatem wynosić około VHV + VDD, co umożliwi jego wyprowadzenie (pin OUTA) w celu dostarczenia tego napięcia do bramki tranzystora MOSFET 'high-side'. Wymaga to, aby napięcie VDD było wystarczająco duże, aby zapewnić napięcie bramka-źródło, które jest wystarczająco duże do pełnego włączenia tranzystora MOSFET 'high-side'. Istnieje również wymóg, aby CBOOT przechowywał wystarczającą ilość energii do zasilania obwodu wyjściowego kanału A i prądu sterownika MOSFET przez czas trwania cyklu przełączania, gdy włączony jest łącznik górny. Zalecany zakres napięcia VDD wynosi od 9,2 V do 25 V. Układ UCC20520 jest wyposażony w funkcję blokady podnapięciowej, która uniemożliwia pracę, gdy napięcie VDD jest zbyt niskie. Przyglądając się innym elementom obwodu sterującego, można zauważyć, że kondensator pomiędzy zasilaniem sterownika 'low-side' (piny VDDB i VSSB) jest po prostu kondensatorem odsprzęgającym zasilanie. Do zasilania sterownika 'low-side' nie są wymagane żadne specjalne rozwiązania, o ile napięcie VDD jest wystarczające do włączenia MOSFET-a, jak to już opisano dla obwodu 'high-side'. Rezystory RON i ROFF pomagają zapobiegać dzwonieniu, które ma tendencję do występowania w układach przełączających o dużej szybkości, a także zapewniają kontrolę nad siłą wysterowania, ograniczając szczytowy prąd między wyjściem sterownika a bramką MOSFET. Dioda podłączona do ROFF umożliwia ustawienie różnych wartości prądów wyłączenia i włączenia. Dopracowanie przełączania w ten sposób zmniejsza również zakłócenia elektromagnetyczne wytwarzane przez obwód.



Rysunek 9. Dodanie diody zabezpieczającej do obwodu na rysunku 8

eprasa.pl dba03aded3



Rysunek 10. Przykładowe przebiegi dla obwodów na rysunkach 8 i 9

Rezystory bramka-źródło (RGS) są rezystorami podciągającymi bramkę, które zapewniają, że MOSFET-y są wyłączone, gdy nie są wysterowane. 45-stronicowa specyfikacja układu scalonego UCC20520 zawiera szczegółowe informacje na temat sposobu obliczania wartości większości omawianych tu elementów, a także wielu innych parametrów projektowych, których nie uwzględniliśmy.

Obciążenia indukcyjne

Pozostając przy temacie przełączników mocy MOSFET, warto zwrócić uwagę na fakt, że dobrze znaną potencjalną przyczyną awarii tranzystorów mocy jest nadmierne napięcie dren-źródło, które może wystąpić podczas przełączania obciążeń indukcyjnych, takich jak przekaźniki, elektromagnesy i silniki. Na rysunku 8 przedstawiono podstawowy scenariusz, w którym obciążenie jest przede wszystkim cewką indukcyjną (L), ale realistycznie ma również pewną rezystancję (ROBciążenie). Gdy prąd w obciążeniu indukcyjnym zostaje wyłączony, pole magnetyczne, które zostało wytworzone przez dostarczany prąd, zapada się, wywołując napięcie znane jako „zwrotna siła elektromotoryczna" lub SEM indukcji. Może to spowodować powstanie napięć wystarczająco dużych, aby uszkodzić MOSFET. Im szybsza jest zmiana prądu przy wyłączaniu cewki indukcyjnej i im większa jest jej indukcyjność, tym większa jest wytwarzana zwrotna siła elektromotoryczna. Powszechną metodą zapobiegania problemom powodowanym przez zwrotną siłę elektromotoryczną (EMF) jest zbocznikowanie cewki diodą ochronną, jak pokazano na rysunku 9 (D1). Gdy MOSFET jest włączony, dioda jest spolaryzowana w kierunku zaporowym, ale działa w kierunku przewodzenia dla zwrotnej siły elektromotorycznej, więc dioda rozprasza energię zmagazynowaną w cewce lub przekazuje ją z powrotem do źródła zasilania. Dioda zabezpieczająca musi mieć odpowiednią szybkość przełączania i moc, aby poradzić sobie z energią zwrotnej siły elektromotorycznej. Na rysunku 10 pokazano kilka symulowanych przebiegów w programie LTspice z układów takich jak na rysunkach 8 i 9. Aby ułatwić porównanie, obwody symulowano w tym samym czasie i zasilano je z tego samego impulsowego źródła napięcia. Konkretne składniki i wartości nie są tutaj istotne – będą się one znacznie różnić w różnych zastosowaniach – interesujące są ogólne kształty przebiegów. Pierwszy przebieg to sygnał sterujący, który w przedstawionym przebiegu przełącza tranzystor z pozycji włączonej na wyłączoną. W drugim przebiegu widzimy zwrotną siłę elektromotoryczną, czyli skok napięcia wytwarzany przez cewkę indukcyjną, gdy jest ona wyłączana przez MOSFET (jest to przebieg dla obwodu na rysunku 8). W tym przypadku wynosi ono około 20 V (czterokrotność napięcia zasilania), ale w rzeczywistych zastosowaniach może być znacznie większe. Symulacja została ustawiona w taki sposób, aby skok był stosunkowo mały, a końcowe napięcie drenu było dobrze widoczne na wykresie. Zwrotna siła elektromotoryczna pojawia się jako dodatni skok napięcia na drenie tranzystora MOSFET. Jeśli napięcie to będzie wystarczająco duże, spowoduje przebicie tranzystora i popłynie duży prąd, co może doprowadzić do uszkodzenia tranzystora. Trzeci przebieg na rysunku 10 przedstawia ten sam obwód, zasilanie i warunki wysterowania wejścia, ale z założoną diodą zabezpieczającą, jak pokazano na rysunku 9. W momencie wystąpienia zwrotnej siły elektromotorycznej na drenie pojawia się niewielkie przepięcie o wartości około 1 V – napięcie włączenia diody. Czwarty i ostatni przebieg na rysunku 10 przedstawia prąd diody, który wskazuje, kiedy dioda przewodzi aby zdławić szpilkę napięcia zwrotnej siły elektromotorycznej. ■

Ian Bell

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „Everyday Practical Electronics", kwiecień 2019 (www.epemag3.com).

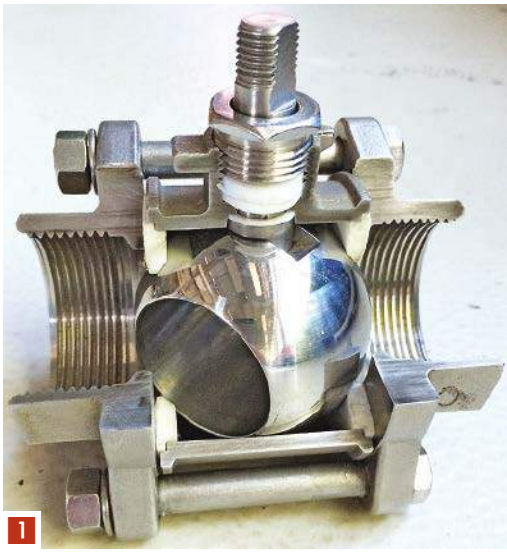
REKLAMA



eprasa.pl dba03aded3

Elektrozawory nie tylko do nawadniania, część 1

W systemach nawadniania wykorzystywane są dwa główne rodzaje elektrozaworów: kulowe oraz membranowe.

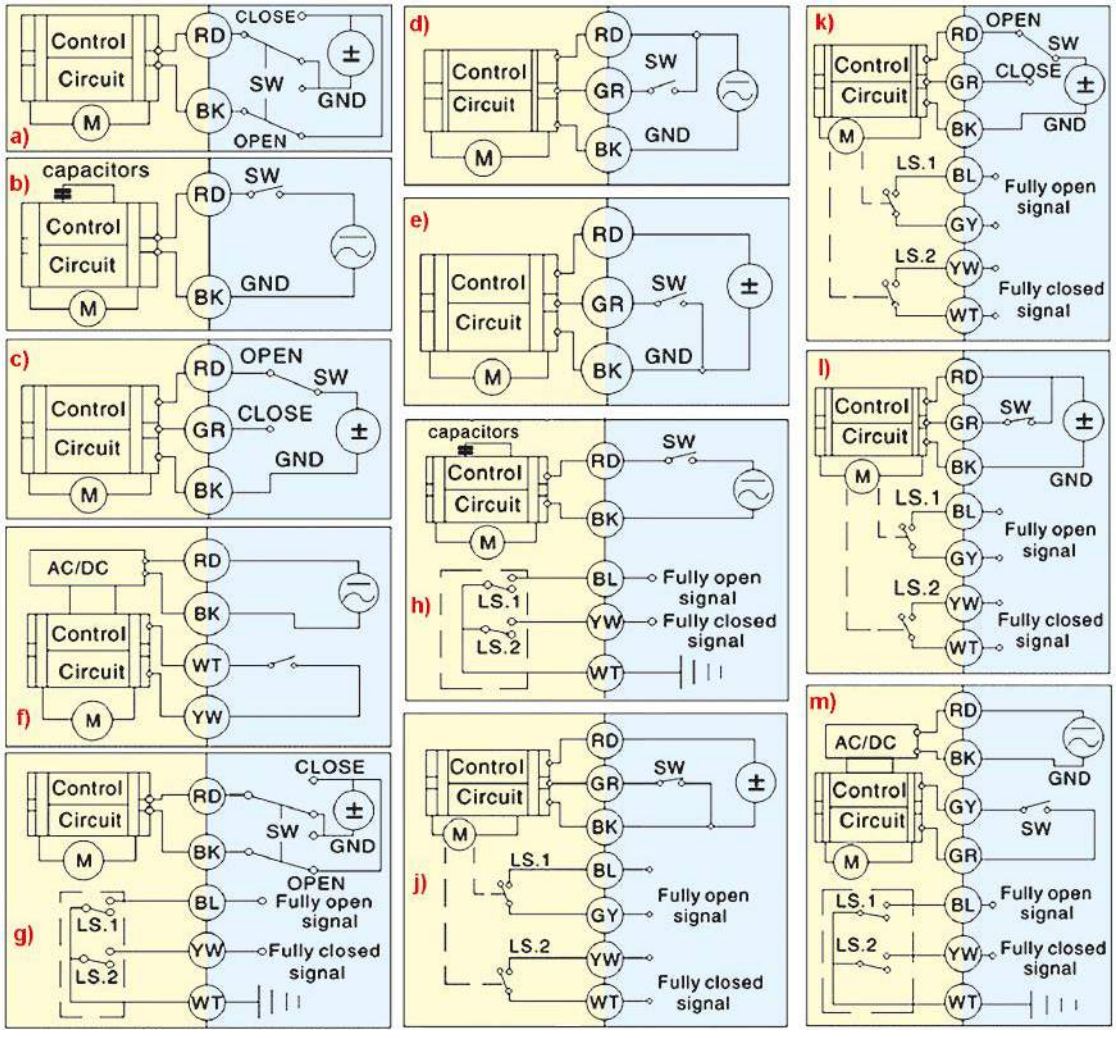

1

Elektrozawory kulowe

Budowa klasycznego, zwykłego **zaworu kulowego** pokazana jest na **fotografii 1** (*z Wikipedii CC BY-SA 4.0 – autor: Bitjungle*). W domowych systemach nawadniania przydatne są zawory 1-calowe (DN25), ewentualnie 3/4 cala (DN20). Otwarcie/zamknięcie polega na obrocie kuli z otworem o kąt 90°. ***Elektro***zawór ma dodatkowy silniczek z przekładnią, wykonujący to zadanie z wykorzystaniem wyłączników krańcowych, które zatrzymują silnik po pełnym otwarciu/zamknięciu.

Idea jest prosta, tylko różne są napięcia zasilania (5 VDC, 12 VDC, 24 VDC, 24 VACV, 220 VAC) oraz układy sterowania silniczkiem i wyłącznikami krańcowych. **Rysunek 2** ilustruje sposoby sterowania różnymi odmianami elektrozaworów. Żółta podkładka wyróżnia mocno uproszczony schemat wewnętrzny elektrozaworu, a podkładka niebieska – zewnętrzne obwody sterowania. Litery w kółkach „na pograniczu" wskazują kolor przewodu (np. RD = red – czerwony, BK = black – czarny, GR = green – zielony, itd.).

2



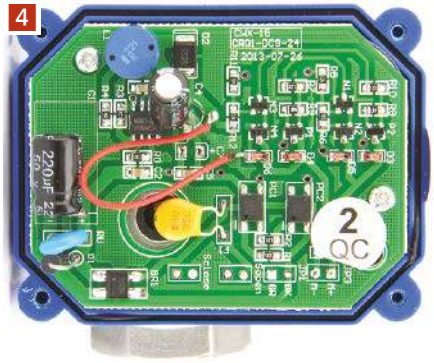
eprasa.pl dba03aded3

Podstawowa wersja z rysunku 2a, często oznaczana CR-01, działa tak: trwałe podanie napięcia o jednej biegunowości powoduje otwarcie zaworu w ciągu kilku sekund i przejście w stan spoczynku bez poboru prądu. Aby zawór zamknąć, trzeba podać na co najmniej kilka sekund napięcie o przeciwnej biegunowości. Zatrzymywanie w skrajnych położeniach zapewniają wewnętrzne, niezaznaczone na schemacie wyłączniki krańcowe. Przykład niedrogiej chińskiej wersji na **fotografii 3**.

3



4



5



Wersja z rysunku 2g ma dodatkowe styki sygnalizujące krańcowe położenia, co jest ważne w systemach automatyki. Ze schematu nie wynika, czy zawór zatrzyma się w krańcowym położeniu. W niektórych odmianach tak, ale odmiana często oznaczana CR-05 i nazywana „mikroprocesorową" nie ma wewnętrznych ograniczników i podanie napięcia spowoduje ciągłą pracę silnika i ciągłe obracanie kuli zaworu, a styki krańcówek LS1, LS2 na chwilę będą zwierane, gdy zawór przechodzi przez krańcowe położenie. Odmiana nazywana jest „mikroprocesorową" dlatego, że to mikroprocesor ma reagować na sygnały z krańcówek i sterować pracą silnika.

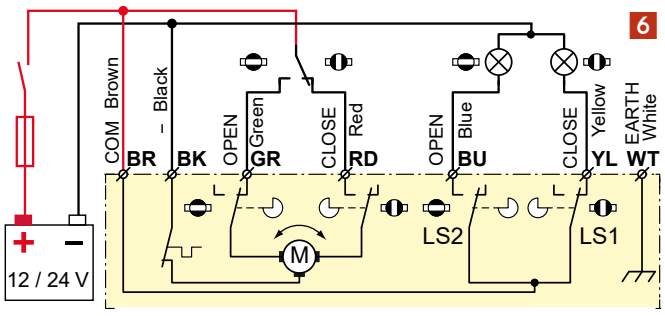
Wersje z rysunków 2d, 2e (często oznaczane CR-03) mają być stale zasilane i są sterowane pojedynczym stykiem. Takie wersje zawierają wewnątrz elektrozaworu jakieś dodatkowe układy: przekaźnik(i) lub obwody elektroniczne. Zaciekawienie wzbudzają wersje z rysunków 2b i 2h, często oznaczane CR-04. Podanie napięcia zasilania otwiera zawór, natomiast odłączenie zasilania powoduje jego zamknięcie. Energia potrzebna dla silniczka na czas zamykania jest gromadzona w (super) kondensatorach lub akumulatorkach. Takie wersje zawierają wewnątrz dość złożone układy elektroniczne (**fotografie 4**, **5** z ofert handlowych Amazon).

Możliwa jest też realizacja tego rodzaju zaworów z zastosowaniem sprężyny gromadzącej energię.

Celowo na rysunku 2 nie ma popularnych oznaczeń typu CR-01 (standardowy – rysunek 2a), CR-02 („dwuwejściowy" – rysunek 2c), CR-03 (jednostykowy – rysunki 2d, 2e), CR-04 (z automatycznym zamykaniem po zaniku napięcia – rysunek 2b), CR-05 („mikroprocesorowy" – rysunek 2g), ponieważ poszczególni wytwórcy mają odmienne systemy oznaczania. Na przykład CR03 może oznaczać liczbę wyprowadzeń (3), a dopiero dodatkowa litera lub liczba określi wersję i jej działanie.

Informacje z rysunku 2 na pewno nie wyczerpują zagadnienia. Dostępne są jeszcze inne wersje, których sterowanie i działanie może różnić się szczegółami, zależnie też od sposobu pracy krańcówek i kształtu krzywki nimi sterującej. Na rynku można znaleźć także jeszcze inne rozwiązania. Przykład na **rysunku 6**. Istnieją też wersje pozwalające otworzyć zawór nie w pełni, tylko na 1/3 czy 1/2 oraz serwozawory dwudrożne (przełączane – **fotografia 7**) oraz wersje z potencjometrem

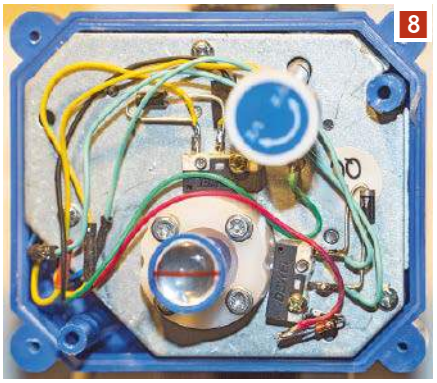
6



7



8



(podobnie jak serwomechanizmy modelarskie) pozwalające w sposób płynny kontrolować położenie kuli zaworu.

Do systemu nawodnieniowego oraz jako zdalnie sterowany zawór główny w domowej instalacji wodnej mogą być wykorzystane najpopularniejsze i stosunkowo tanie wersje z rysunku 2a...2g z gwintami europejskimi BSP, nie amerykańskimi NPT. Na chińskich portalach aktualnie (jesień 2021 CWX official store) elektrozawory kulowe 2/3" (DN20 i 1" (DN25) można kupić za 110...150 zł wraz z kosztami przesyłki.

Kupując taki elektrozawór. trzeba dobrze się zastanowić, w jakiej ma być wersji, bo niewłaściwy wybór może oznaczać spore kłopoty ze sterowaniem. Dobra wiadomość jest taka, że w wielu przypadkach można rozkręcić (uszczelnioną zwykle) obudowę elektrozaworu i dokonać modyfikacji połączeń wyłączników krańcowych według swoich potrzeb. Wnętrze popularnego elektrozaworu kulowego po tego rodzaju samodzielnej przeróbce pokazane jest na **fotografii 8**. Dokładniejszy opis przeróbki podany był w EdW 9/2020 str. 58.

W drugiej części artykułu omówione zostaną typowe elektrozawory do nawadniania (membranowe). ■

Piotr Górecki

eprasa.pl dba03aded3

Inteligentny dom także dla Ciebie, czyli jest dobrze, ale nie beznadziejnie, część 7.

Dylematy sprzętowe

W poprzednim odcinku przekonywałem Cię do budowy hybrydowego systemu inteligentnego domu, ponieważ na pozór oczywista koncepcja punktu centralnego zwykle nie jest najlepszym rozwiązaniem. No tak, ale w inteligentnym domu jakieś „centrum dowodzenia" jest jednak potrzebne do obsługi licznych czujników oraz aktuatorów.

Pora zastanowić się nad podstawową kwestią: ***czym tak naprawdę jest to „centrum dowodzenia"?*** Czy to musi być jakiś sprzęt? Czy może raczej będzie to jakiś program?

Drugie ogromnie ważne dziś pytanie dotyczy interfejsu użytkownika: ***jak mieszkańcy będą się komunikować ze swoim inteligentnym domem?***

Trzecie z kluczowych pytań brzmi: ***jak „centrum dowodzenia", czymkolwiek by ono było, komunikuje się z poszczególnymi urządzeniami?*** Niewątpliwie trzeba dokładniej omówić możliwości komunikacji „centrum dowodzenia" z czujnikami i aktuatorami, ale zacznijmy od kwestii najprostszej: od interfejsu użytkownika.

Interfejs użytkownika

Niewątpliwie człowiek powinien mieć możliwość łatwej komunikacji z inteligentnym domem. Przed laty koncepcja centralnego sterownika dla rozbudowanego systemu inteligentnego domu natychmiast skojarzyłaby się z kokpitem samolotu lub centralą sterowniczą elektrowni, co często można oglądać na filmach. Przed wielu laty każdy złożony system sterowania miał potężny pulpit z mnóstwem przełączników, przycisków, regulatorów, lampek kontrolnych oraz najróżniejszych mierników wskazówkowych.

Tak było w czasach zamierzchłych, słusznie minionych. Później mnóstwo wskaźników i kontrolek zastąpił jeden ekran, ewentualnie kilka ekranów, a klawiatura zastąpiła mnóstwo przełączników, przycisków i regulatorów. A od niedawna mamy do dyspozycji ekrany dotykowe, gdzie oddzielna klawiatura jest zbędna, a poszczególne składniki systemu inteligentnego domu można kontrolować wprost na takim ekranie, który jest wygodnym interfejsem dwukierunkowym.

Chyba każdy z nas uzna, że ***dziś system automatyki domowej w roli interfejsu użytkownika powinien mieć ekran lub ekrany, najlepiej dotykowe***. Obecnie można kupić ekrany dotykowe o różnych rozmiarach i rozdzielczości. Można, ale określenie „ekran dotykowy" przede wszystkim kojarzy się ze smartfonem czy tabletem, także z możliwością zdalnej komunikacji i sterowania za pośrednictwem smartfona z dowolnie odległego miejsca na Ziemi.

Pomijamy tu na razie wspomniany już na początku cyklu, jeszcze nowocześniejszy interfejs użytkownika, który według niektórych niedługo zdominuje świat. Inny, dla wielu bardziej atrakcyjny, a mianowicie wykorzystanie dwukierunkowej komunikacji głosowej, oczywiście z wykorzystaniem sztucznej inteligencji. Wiemy, że jest to dostępne za pomocą kilku firmowych asystentów głosowych, jak Amazon Alexa czy Google Home.

Na razie jednak ustalmy, że ***na obecnym poziomie rozwoju techniki optymalnym interfejsem użytkownika inteligentnego domu powinien być po prostu smartfon*** (ewentualnie tablet). A teraz kwestia, czym tak naprawdę ma być „centrum dowodzenia"?

Czym ma być „centrum dowodzenia"?

Kilkadziesiąt lat temu „centrum dowodzenia" byłby na pewno sprzęt – jakaś potężna maszyneria.

Jeżeli wymagana jest duża niezawodność, to od razu przychodzą na myśl profesjonalne

1



eprasa.pl dba03aded3

przemysłowe sterowniki PLC, które mają liczne wejścia i wyjścia, spośród których wiele ma też możliwość dołączenia do sieci internetowej. **Fotografia 1** pokazuje przykładowy przemysłowy sterownik Wago. Nadal jest to sensowne, ale kosztowne rozwiązanie. Dziś sterowniki PLC rzadko są wykorzystywane w systemach inteligentnego domu budowanych przez hobbystów. A jeśli już, to nie w roli „centrum dowodzenia".

Czym więc ma być „centrum dowodzenia"? Czy może zawierającym mikroprocesor modułem, specjalnie zaprojektowanym właśnie do takiej roli?

Może tak być! Liczni producenci oferują tego rodzaju centralki sterujące urządzeniami inteligentnego domu. Mogą to być dedykowane centralki do inteligentnego domu i dostępne są programy do ich obsługi.

Warto też pamiętać, że istnieją również centralki alarmowe, zawierające dodatkowe obwody inteligentnego domu. Przykładem może być centralka alarmowa dobrego polskiego producenta: ROPAM Optima lub pokrewna, której możliwości można znacznie rozszerzyć za pomocą dodatkowych modułów dołączanych przewodowo i bezprzewodowo. Zdalny kontakt z centralką, odczyt stanu czujników i sterowanie urządzeniami są tam realizowane za pomocą aplikacji. Jedna z nich, *Ropam Optima*, pozwala na kontakt za pomocą Internetu (w sieci lokalnej Wi-Fi, a po wykupieniu niedrogiego abonamentu – także z dowolnego miejsca na świecie). Druga aplikacja, *Ropam Droid*, pozwala na obsługę za pomocą SMS-ów, co tylko w pierwszej chwili wydaje się gorsze i anachroniczne, a w praktyce okazuje się przydatne i niezawodne.

Wykorzystanie w roli „centrum dowodzenia" dedykowanego sprzętu fabrycznego może być jak najbardziej sensownym rozwiązaniem. Nie wchodząc we wszystkie szczegóły, podkreślmy jednak, że omówione dotąd rozwiązania mają ważne zalety, ale generalnie są mało elastyczne. Wydajność mikroprocesora oraz zawartego w nim programu wyznacza możliwości systemu inteligentnego domu. Wielu Czytelników uzna, że przydałoby się rozwiązanie zdecydowanie bardziej elastyczne i znacznie bardziej uniwersalne...

Jak na razie wydaje się, że „centrum dowodzenia" to jakiś sprzęt. Na pewno? A może tym centrum dowodzenia mógłby być program? Tu zapewne niektórzy niesłusznie podpowiedzą: program o nazwie Domoticz!

Nie Domoticz, ale pomysł nie jest zły. Otóż rzeczywiście programy przejęły funkcje dawniej realizowane sprzętowo. Dziś można powiedzieć: „programy potrafią wszystko".

Owszem, ale program nie może działać „w powietrzu", więc jednak jakiś sprzęt jest potrzebny...

Wcześniej ustaliliśmy, że interfejsem użytkownika ma być ekran smartfona. Czy „centrum dowodzenia" mógłby być smartfon, a może raczej program – aplikacja w smartfonie, pozwalająca obsługiwać przez Wi-Fi wszystkie aktuatory i sensory domowego systemu?

Można to zrealizować, ale byłoby to bardzo kiepskie rozwiązanie! Przede wszystkim dlatego, że rozładowana bateria smartfona powodowałaby „rozsypanie się" takiego systemu inteligentnego domu. Trudno też sobie wyobrazić, że centrum dowodzenia to kilka takich samych programów – aplikacji zainstalowanych na smartfonach wszystkich domowników – najogólniej biorąc, problemem byłaby wtedy synchronizacja i kolizje.

Częścią sprzętową „centrum dowodzenia" mógłby być jakiś potężny serwer internetowy umieszczony gdziekolwiek na świecie, inaczej mówiąc – chmura, o ile tylko wszystkie urządzenia inteligentnego domu wykorzystywałyby łącza internetowe, przewodowe i bezprzewodowe (Wi-Fi). Dziś urządzenia takie komunikują się przez Wi-Fi i właśnie systemy z asystentami głosowymi są realizacją takiej właśnie koncepcji, gdzie „centrum dowodzenia" nie ma na miejscu, w domu, tylko jego funkcję pełni oprogramowanie w chmurze.

Z kilku względów jest to rozwiązanie niebezpieczne, a wręcz nieakceptowalne. System „rozsypuje się" przy braku połączenia z Internetem. Działanie „centrum dowodzenia" nie powinno zależeć od obcych serwerów i od dostępu do Internetu. ***Dobre „centrum dowodzenia" powinno być programem, ale pracującym na sprzęcie – serwerze umieszczonym w domu***. A jeżeli system ma być elastyczny, to ***program powinien mieć budowę modułową***, żeby łatwo było dodawać nowe funkcje. Ponadto ten program powinien być tak zrealizowany, żeby działał na rozmaitych serwerach. Serwer nie powinien być dedykowanym sterownikiem. Ogólnie biorąc – ***program będący centrum dowodzenia realizowany jest w jakimś stale pracującym komputerze***, który spełni funkcję serwera.

Tak! Sprzętową częścią „centrum dowodzenia" może być dowolny, ciągle pracujący komputer.

Może to być najzwyklejszy stacjonarny komputer PC, może być jakiś laptop, nawet stary, bo wymagania nie są wysokie. Systemem operacyjnym może być Windows, jednak w praktyce nieporównanie częściej jest to Linuks w rozmaitych odmianach. Liczni hobbyści w roli takiego serwera chętnie wykorzystują popularny komputerek Raspberry Pi, co niestety nie jest najszczęśliwszym rozwiązaniem w inteligentnym domu.

Komputer – serwer nie musi być wydajny, ale powinien mieć jak największą pewność działania i niezawodność. Raspberry Pi nie jest optymalnym rozwiązaniem, bo programy inteligentnego domu zapisują w pamięci stałej mnóstwo maleńkich porcji informacji. A karta pamięci



SD (flash) ma ograniczoną liczbę cykli zapisu (odczytu – bez ograniczeń). Karta bardzo nie lubi takiej pracy i szybko się psuje. Wprawdzie można to poprawić przez zastosowanie lepszej pamięci eMMC lub dysku SSD, ewentualnie twardego HDD. Jednak ogólnie biorąc, rozwiązaniem dużo lepszym od Raspberry Pi jest wykorzystanie nieco lepszego i droższego serwera. Najlepiej przeznaczonego do ciągłej pracy jakiegoś serwera NAS – Network Attached Storage, zawierającego dysk twardy z pamięcią magnetyczną HDD, ewentualnie półprzewodnikowy dysk stały SSD.

I tak doszliśmy do sedna: ***„centrum dowodzenia" to program pracujący na umieszczonym w inteligentnym domu dedykowanym, możliwe niezawodnym serwerze*** (lub małym serwerku). Serwer może być taki lub inny. A program?

Program też może być taki lub inny.

Dostępnych jest mnóstwo programów pełniących funkcję „centrum dowodzenia". Niektóre są firmowe, komercyjne, powiązane ściśle z dedykowanym sprzętem. Inne spośród komercyjnych są bardziej uniwersalne i za pomocą wtyczek programowych potrafią współpracować z urządzeniami różnych producentów.

Co ważne, jest sporo programów darmowych, w tym typu Open Source. Do niedawna w Polsce najpopularniejszym darmowym programem tego typu rzeczywiście był wspomniany Domoticz. Był, a może nawet jeszcze jest. Ale obecnie nie warto już go polecać. Nieporównanie lepszy okazuje sie równie darmowy **Home Assistant – rysunek 2** (www.home-assistant.io). Koniecznie trzeba też wspomnieć o trzecim darmowym: OpenHAB. Trzy wymienione oferują naprawdę duże możliwości.

W następnym odcinku wrócimy do kwestii komunikacji „centrum dowodzenia" z sensorami i aktuatorami inteligentnego domu. ■

Piotr Górecki

eprasa.pl dba03aded3

NanoVNA wykonaj precyzyjne pomiary

W poprzednim odcinku omówiliśmy kwestie związane z pomiarem najmniejszych impedancji. Uzyskanie precyzyjnych wyników pomiarów z użyciem VNA nie jest jednak łatwe, ponieważ wymaga precyzyjnej kalibracji, odpowiadającej sposobowi pomiaru.



1

Dokładność VNA i NanoVNA

Zacznijmy od kluczowego pytania: co decyduje o dokładności NanoVNA? Czy może stabilność częstotliwości zastosowanych w nim generatorów kwarcowych? Czy może jakieś źródła napięcia odniesienia? Nie!

Wprawdzie pomiary oparte są na napięciach, mierzonych za pomocą kilkukanałowego przetwornika ADC, ale bezwzględna precyzja pomiaru tych napięć nie jest najważniejsza. Jak już wiemy, NanoVNA z jego mostkiem pomiarowym to specyficzna odmiana omomierza. Przyrząd dokonuje pomiarów względnych, porównawczych. Najprościej biorąc – porównuje badaną impedancję z wzorcami: z wzorcową rezystancją 50 Ω, z wzorcową rezystancją 0 Ω (zwarcie) i z wzorcową opornością nieskończenie wielką (rozwarcie). I właśnie te wzorcowe wartości decydują o dokładności NanoVNA i wszelkich innych VNA. Wartości te wprowadzamy do procedur obliczeniowych przyrządu podczas kalibracji. Właśnie dlatego kalibracja jest taka ważna.

Dokładność wzorców

Już wcześniej mówiliśmy, że przyrząd NanoVNA powinien być od nowa skalibrowany ***przed każdą zmianą zakresu czy warunków pomiarowych***.

Czy jednak taka częsta kalibracja to nie przesada? Czy nie wystarczy jednorazowo skalibrować przyrząd na zasadzie „raz na zawsze"?

A na marginesie: czy to wina NanoVNA, że trzeba go tak często kalibrować? Czy układy elektroniczne wewnątrz tego taniego przyrządu są tak mało stabilne?

Nie! To nie jest wina NanoVNA. Podobnie trzeba kalibrować każdy VNA, nawet najdroższy. Do kalibracji służą „nakrętki kalibracyjne" wskazane czerwonymi strzałkami na **fotografii 1**, widoczne też na fotografii tytułowej. Wiemy, że jedna z nich to zwora – ***Short*** (0 omów), druga daje rozwarcie ***Open*** (nieskończenie wielką oporność) i trzecia to obciążenie nominalne ***Load*** (50 Ω). Standardowa procedura kalibracji to nakręcenie w trzech krokach podstawowej kalibracji SOL odpowiednich nakrętek wprost na gniazdo Ch0 NanoVNA. Gdy chcemy przeprowadzić pełną, pięciostopniową kalibrację SOLIT, jest pewne drobne utrudnienie w kroku T (przejście – Through), gdy trzeba zewrzeć oba gniazda – wtedy najłatwiej wykorzystać jeden z dostarczonych w komplecie kabelków z wtyczkami męskimi SMA, widocznych na górze fotografii 1. Najłatwiej, ale jak się okaże – wcale nie najlepiej. Zanim wyjaśnimy dlaczego, przyjrzyjmy się wzorcom. Na ile decydują one o dokładności? I jaką dokładność może zapewnić NanoVNA?

Niech na trop naprowadzi nas okno kalibracyjne programu ***NanoVNA Saver***. Po przeprowadzeniu pełnej kalibracji okno u mnie wygląda jak na **rysunku 2**. Natomiast na stronie *https://github.com/NanoVNA-Saver/nanovna-saver* znajdziemy zrzut ekranowy, pokazany na **rysunku 3**, gdzie w okienka sekcji *Calibration standards* wpisane są bardzo dziwne wartości.

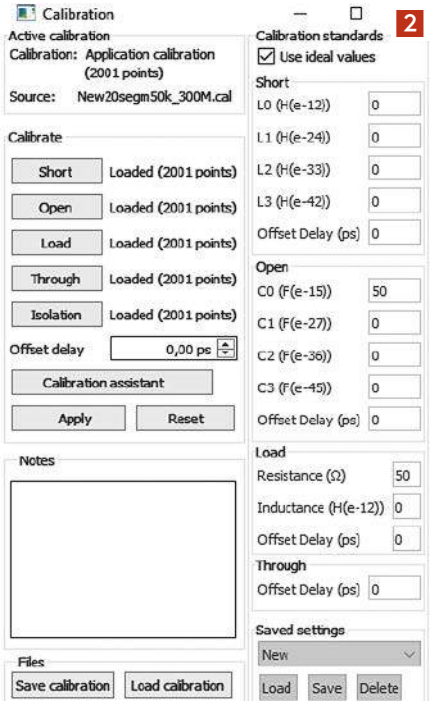
Zwarcie to zwarcie – zero omów, a tymczasem wygląda na to, że na rysunku 3 zwarcie – *Short* opisane jest za pomocą czterech wartości... indukcyjności, rozwarcie *Open* za pomocą czterech wartości... pojemności, natomiast w przypadku obciążenia *Load*, oprócz precyzyjnej wartości rezystancji, można też wpisać indukcyjność i pojemność (w pikohenrach i pikofaradach), a także opóźnienie w pikosekundach.

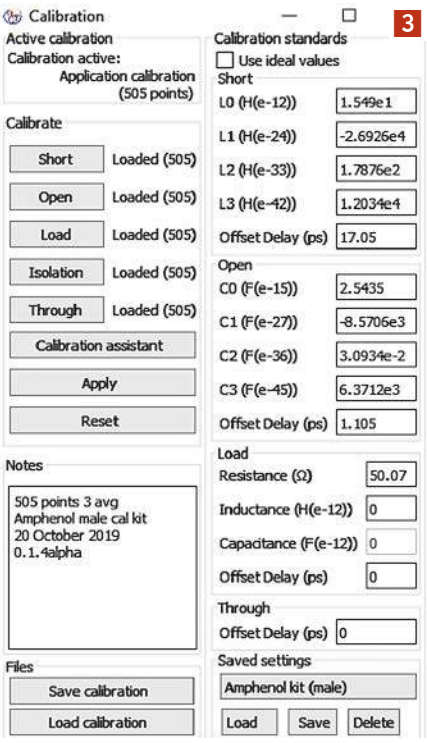
Może się wydawać, że nakrętka *Short* zapewnia idealne zwarcie, a nakrętka *Open* – idealne rozwarcie. W rzeczywistości tylko w miarę bliskie ideału, ale nigdy nie idealne. Kto za pomocą NanoVNA chciałby przeprowadzać możliwie najdokładniejsze pomiary, powinien także uwzględnić niedoskonałości elementów kalibracyjnych.

Zwarcie nie jest idealne. Rezystancję zwarcia można pominąć przy odpowiednio mocnym dokręceniu nakrętki (profesjonaliści do dokręcania złączy mikrofalowych używają niekiedy kluczy dynamometrycznych, by uzyskać określoną, powtarzalną siłę docisku). Przy zwarciu nie występują pojemności, ale występuje jakaś indukcyjność. I jest to jedna indukcyjność, a nie cztery. A w okienku kalibracyjnym (rysunki 2, 3) można wpisać cztery wartości. Pierwsza (L0) to wyrażona w pikohenrach podstawowa wartość tej indukcyjności, na **rysunku 4** równa 1.549e1, czyli $1{,}549*10^1$, a więc 15,49 pikohenra.

Natomiast L1, L2, L2 to nie indukcyjności, tylko *współczynniki*. Otóż wypadkowa pasożytnicza indukcyjność, także wzorca *Short*, zależy w jakimś niewielkim stopniu od częstotliwości. I to nie liniowo, tylko w sposób bardziej skomplikowany.

eprasa.pl dba03aded3







Do bieżących obliczeń procesor przyrządu VNA przyjmuje indukcyjność wzorca *Short* według zależności

$$L_S = L0 + f \cdot L1 + f^2 \cdot L2 + f^3 \cdot L3$$

L1 to współczynnik liniowej zależności od częstotliwości, wyrażony w henrach na herc, ale jak widać na rysunkach 3, 4 z mnożnikiem 10^{-24}. L2 to współczynnik kwadratowej zależności od częstotliwości w henrach na herc do drugiej potęgi ze współczynnikiem 10^{-33}. I wreszcie L3 to współczynnik w henrach na herc do trzeciej potęgi ze współczynnikiem 10^{-42}.

Podobnie jest przy rozwarciu *Open*. Rezystancja jest nieskończenie wielka, indukcyjność nie wchodzi w grę, ale wzorzec kalibracyjny (nakrętka) ma jakąś malutką pojemność, której pierwotną wartość określa C0. Jak widać na rysunku 4, w tym przypadku wynosi $2{,}5435 \cdot 10^{-15}$ F, czyli 2,5435 femtofarada. C1, C2, C3 to analogicznie współczynniki wielomianu określające zależność tej pojemności od częstotliwości:

$$C_0 = C0 + f \cdot C1 + f^2 \cdot C2 + f^3 \cdot C3$$

W przypadku kalibracyjnego obciążenia *Load* (50 Ω) w odpowiednim okienku można wpisać precyzyjną wartość rezystancji posiadanego wzorca. Można tu uwzględnić także indukcyjność i pojemność wzorca *Load*, a także czas opóźnienia.

Podane informacje wskazują, że nawet beznadziejnie tani NanoVNA ma ogromny potencjał!

Oczywiście takie szczegółowe dane dostępne są w przypadku kosztownych profesjonalnych zestawów kalibracyjnych. Do tanich chińskich wzorców SOL taka informacja nie jest dołączana. Przeciętny hobbysta dla zwiększenia dokładności NanoVNA może w omawianej tablicy wprowadzić tylko dokładną rezystancję wzorca L. Jak pokazuje **fotografia 4**, wzorzec dołączony do mojego egzemplarza NanoVNA (przy uwzględnieniu rezystancji kabli pomiarowych) ma 49,58 Ω, co przy nieuwzględnieniu tej dokładnej wartości oznacza błąd około 1%.

Zawarte w bardzo tanim chińskim zestawie NanoVNA „nakrętki kalibracyjne" *Short*, *Open* i *Load* są niezbyt doskonałe. W różnych materiałach dla użytkowników NanoVNA zachęca się ich do wykorzystywania elementów połączeniowych oraz zestawów kalibracyjnych lepszych wytwórców. W przypadku wzorca *Load* najbardziej aktualne jest pytanie, do jakiej częstotliwości charakterystyka jest naprawdę płaska, a impedancja jest czystą rezystancją 50 omów? Czy jest płaska do częstotliwości rzędu kilkuset MHz, czy może aż do wielu gigaherców?

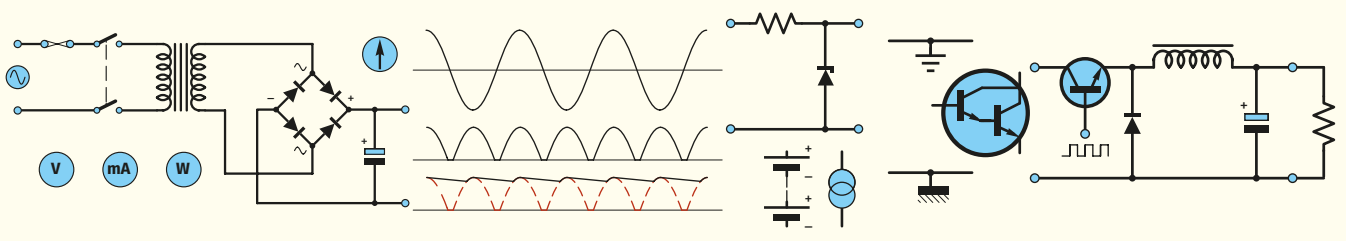
Z uwagi na brak informacji o jakości wzorców dołączanych do NanoVNA, podczas typowej kalibracji nie należy zbytnio przejmować się szczegółami z rysunków 2, 3. Jeśli ktoś chce, może jedynie wpisać tam zmierzoną dobrym omomierzem wartość rezystancji wzorca *Load*. W praktyce omawiane szczegóły dotyczące precyzji wzorców z reguły pomijamy. Jednak trzeba o nich wiedzieć. Po pierwsze dlatego, że z jednej strony pokazują możliwości NanoVNA, ale z drugiej sygnalizują o wiele większy problem: rozważamy znikome niedoskonałości samych wzorców kalibracyjnych (kilkanaście pikohenrów i kilka femtofaradów), a przecież podczas pomiarów niedoskonałości nieuniknionych elementów połączeniowych bez wątpienia będą dużo większe!

Podane wiadomości oczywiście nie wyczerpują tematu, ale na pewno pozwolą lepiej wykorzystać możliwości NanoVNA. ■

Piotr Górecki



eprasa.pl dba03aded3

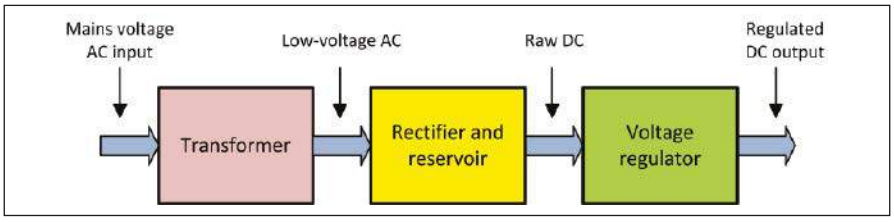


Zasilanie do twojego projektu, część 2

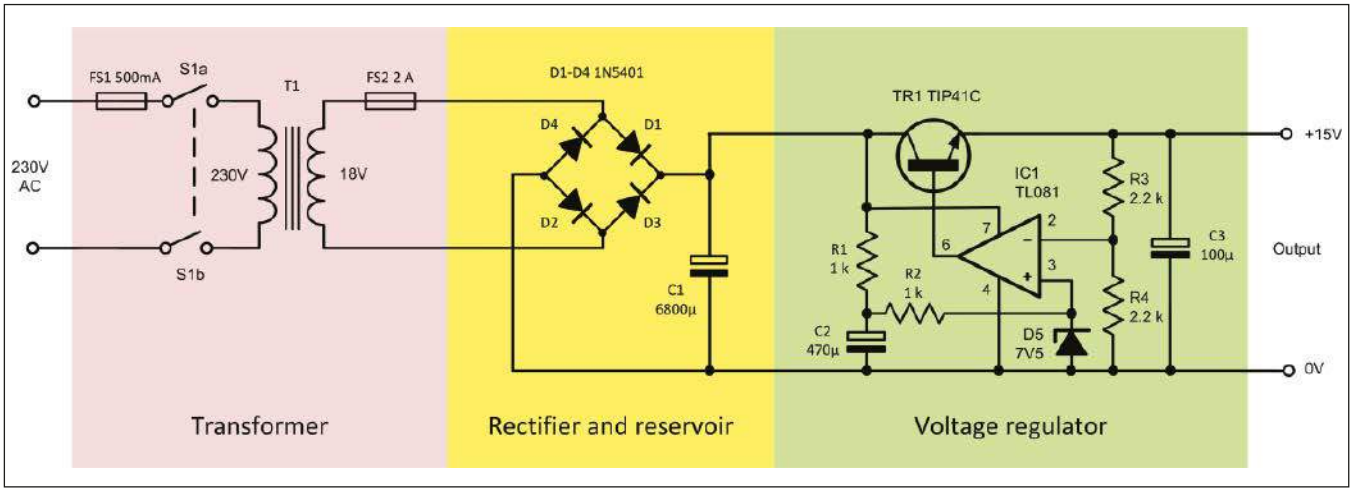
Transformatory i prostowniki

Twój projekt jest ukończony i gotowy do działania, ale praca nie jest zakończona, dopóki nie znajdziesz odpowiedniego źródła zasilania. Może to być tak proste, jak wybór zasilacza sieciowego o odpowiedniej mocy, lub tak złożone, jak zaprojektowanie zasilacza impulsowego z wieloma wyjściami i podtrzymaniem bateryjnym. W drugiej części serii naszych artykułów przedstawiamy konwencjonalne (liniowe) zasilacze i trzy bloki, które współpracują ze sobą w celu wytworzenia prądu stałego na wyjściu przy zasilaniu z sieci prądu przemiennego. Nasz Praktyczny Projekt to prosty zasilacz prądu stałego o napięciu 18 V i natężeniu 0,5 A. Ten poręczny moduł został zaprojektowany do użycia w połączeniu z kilkoma przyszłymi projektami, w tym z zasilaczami stanowiskowymi stałej i zmiennej mocy oraz zasilaczem wysokiego napięcia opartym na technologii impulsowej.

W części 1 wspomniano, że problem przekształcania prądu przemiennego na prąd stały można rozwiązać za pomocą technik konwencjonalnych (liniowych) lub z wykorzystaniem technologii impulsowej. W drugiej części skupimy się na technikach liniowych, pozostawiając techniki przełączania na późniejszą część serii.

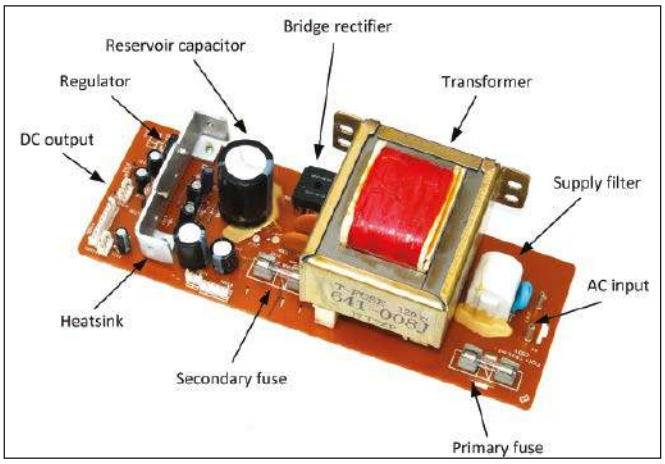


Rysunek 2.1. Schemat blokowy prostego liniowego zasilacza prądu stałego

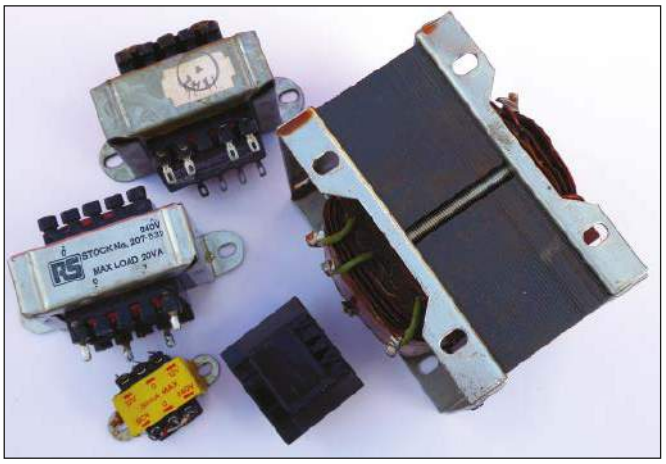


Rysunek 2.2. Podstawowe elementy składowe prostego liniowego zasilacza prądu stałego

eprasa.pl dba03aded3



Rysunek 2.3. Typowy elektroniczny zasilacz niskiego napięcia prądu stałego oparty na technologii liniowej



Rysunek 2.4. Wybór transformatorów sieciowych o mocach znamionowych od 1,2 VA do 100 VA

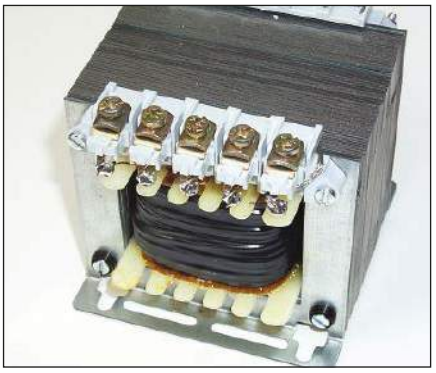
Konwersja prądu przemiennego na prąd stały

Uproszczony schemat blokowy podstawowego liniowego zasilacza prądu stałego jest pokazany na rysunku 2.1. Ponieważ na wejściu sieciowym prądu przemiennego występuje stosunkowo wysokie napięcie (zwykle 115 V lub 230 V), do obniżenia napięcia wejściowego do wartości odpowiedniej do konwersji na prąd stały stosuje się transformator obniżający napięcie o odpowiednim stosunku uzwojeń. Napięcie prądu przemiennego z uzwojenia wtórnego transformatora jest następnie prostowane w celu uzyskania napięcia o pojedynczej polaryzacji (niewygładzonego) prądu stałego, który jest następnie wygładzany i filtrowany przed podaniem do układu stabilizującego napięcie wyjściowe i utrzymującego je na żądanej wartości. Stabilizator zapewnia, że napięcie wyjściowe pozostaje w miarę stałe pomimo zmian zarówno prądu obciążenia, jak i napięcia sieci zasilającej (patrz część 1). W tej części zajmiemy się pierwszymi trzema etapami procesu konwersji – stopniowym zmniejszaniem, prostowaniem i wygładzaniem – pozostawiając stabilizację na następny miesiąc.

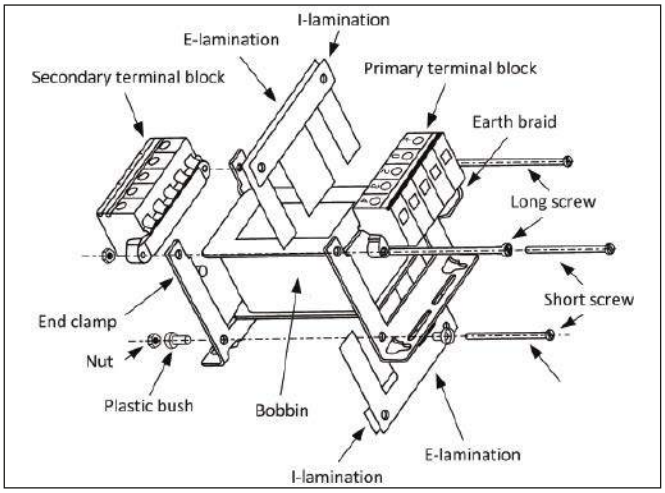
Na rysunku 2.2 pokazano, jak można zbudować prosty zasilacz prądu stałego przy użyciu kilku typowych elementów elektronicznych. W tym przypadku transformator obniżający napięcie zasila układ prostownika (często oparty na przedstawionym układzie mostka diodowego), a jego wyjście jest doprowadzane do kondensatora o dużej wartości, magazynującego ładunek. Kondensator ten jest stale napełniany przez układ prostownika i zachowuje znaczną ilość ładunku, dzięki czemu prąd obciążenia jest podtrzymywany, gdy prostownik nie przewodzi. Za kondensatorem znajduje się stabilizator napięcia, który utrzymuje napięcie wyjściowe na stałym poziomie o wymaganej wartości, automatycznie kompensując zmiany napięcia wejściowego prądu przemiennego i zmiany poboru prądu przez obciążenie. Typowy moduł zasilacza liniowego jest pokazany na rysunku 2.3. Należy zwrócić uwagę na miejsce zajmowane przez transformator; ma on również znaczący wpływ na koszt i ciężar urządzenia.

Transformatory

Transformatory są dostępne w wielu różnych wersjach, z różnymi uzwojeniami i o różnych wartościach znamionowych napięcia/prądu. Najprostsza forma transformatora ma



Rysunek 2.7. Ukończony transformator 50 VA. Do uzwojenia wtórnego o napięciu znamionowym 25 V i prądzie 2 A użyto emaliowanego drutu miedzianego o średnicy 1,2 mm



Rysunek 2.5. Rysunek złożeniowy konwencjonalnego transformatora mocy o stalowym rdzeniu



Rysunek 2.6. Zestaw części do transformatora 50 VA

eprasa.pl dba03aded3

tylko jedno uzwojenie pierwotne (znamionowo 115 V lub 230 V) i jedno uzwojenie wtórne o odpowiedniej wartości znamionowej. Uzwojenie wtórne jest zwykle określone pod względem napięcia obciążenia (np. 12 V lub 15 V) i prądu znamionowego (np. 1 A, 4 A...). Całkowita moc znamionowa transformatora jest zwykle podawana w woltoamperach (VA). Jeżeli dostępne jest więcej niż jedno uzwojenie wtórne, jest to całkowite obciążenie znamionowe dla wszystkich uzwojeń wtórnych.

Wartość VA uwzględnia fakt, że obciążenie może nie być czysto rezystancyjne, ale można bezpiecznie określić przybliżoną wartość VA transformatora jako iloczyn napięcia obciążenia i prądu znamionowego obciążenia. Na przykład element o napięciu znamionowym 15 V i mocy 12 VA będzie dostarczał do obciążenia rezystancyjnego napięcie 15 V przy prądzie 0,8 A (15/12). W tym miejscu należy pamiętać, że napięcie wtórne transformatora bez obciążenia może być znacznie wyższe niż napięcie przy obciążeniu. Dotyczy to w szczególności mniejszych transformatorów mocy. Na rysunku 2.4 pokazano wybrane transformatory sieciowe o mocach znamionowych od 1,2 VA do 100 VA. Transformatory te są przeznaczone do pracy przy częstotliwości 50 lub 60 Hz i wykorzystują konwencjonalny laminowany rdzeń stalowy wykonany z cienkich blach w kształcie litery E oraz I, jak pokazano na rysunku 2.5. Transformatory odpowiednie do szerokiego zakresu zastosowań są dostępne w licznych źródłach internetowych. Ponadto transformatory mogą być samodzielnie nawijane przy użyciu zestawu elementów, jak pokazano na rysunku 2.6. Na rysunku 2.7 pokazano transformator zbudowany z zestawu. Uzwojenie pierwotne jest dostarczane w postaci gotowej nawinięte (dwa uzwojenia 115 V) na szpulce (patrz rysunek 2.6), a uzwojenie wtórne nawija się samodzielnie liczbą zwojów (N_{SEC}), którą można obliczyć ze wzoru:

$$N_{SEC}=TPV\times V_{SEC,\ znamionowe}$$

Gdzie TPV jest podaną wartością znamionową transformatora w postaci liczby zwojów na 1 V. Należy pamiętać, że dobrze jest uwzględnić pewne straty w transformatorze. W praktyce zaleca się około 4% dodatkowych zwojów. W związku z tym należy przyjąć zasadę, że:

$$N_{SEC}=1{,}04\times TPV\times V_{SEC,\ znamionowe}$$

Na przykład, jeżeli uzwojenie wtórne ma mieć napięcie znamionowe ($V_{SEC,\ znamionowe}$) 20 V przy obciążeniu, a transformator ma napięcie znamionowe TPV równe 2,5, wymagana liczba uzwojeń wynosi

$$N_{SEC}=1{,}04\times 2{,}5\times 20=52 \text{ zwoje}$$

Jeżeli zamierzamy samodzielnie nawijać transformatory, ważne jest, aby emaliowany drut miedziany miał przekrój/średnicę odpowiednio dobraną do wartości prądu wtórnego przy pełnym obciążeniu (patrz tabela 2.1).



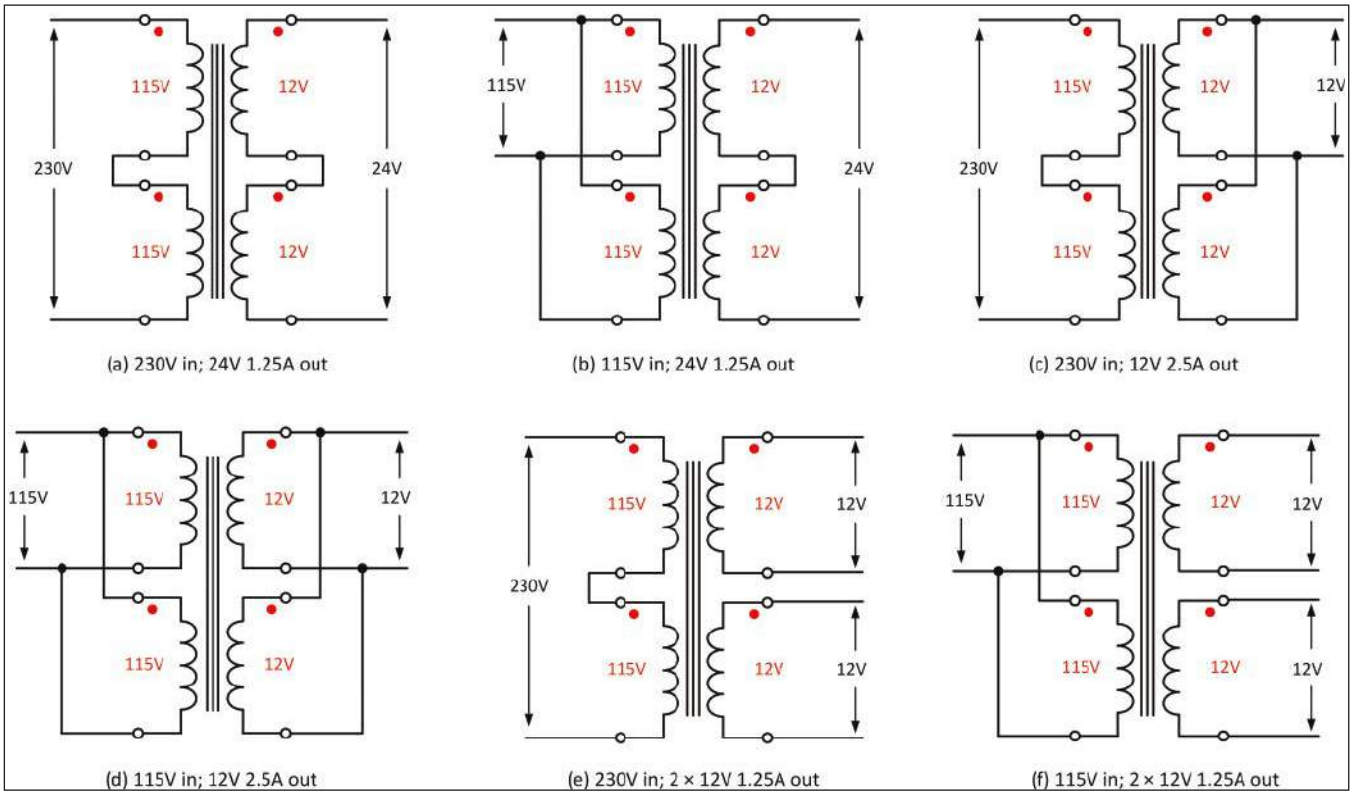
Rysunek 2.9. Kompaktowy transformator toroidalny o mocy 30 VA z podwójnym uzwojeniem pierwotnym 115 V i podwójnym uzwojeniem wtórnym 12 V. Każde uzwojenie wtórne jest przystosowane do obciążenia prądem 1,25 A

Konfiguracje uzwojenia pierwotnego i wtórnego

Wiele transformatorów ma dwa identyczne uzwojenia pierwotne, każde przeznaczone do pracy przy napięciu 115 V. Uzwojenia

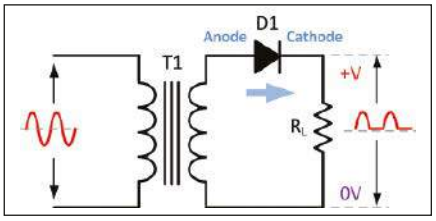
Tabela 2.1. Parametry znamionowe przewodów

Znamionowy prąd wtórny (A)	Przybliżona średnica drutu (mm)
0,5	0,6
0,8	0,7
1,3	0,9
2,3	1,2
4	1,6
6,5	2,1



Rysunek 2.8. Różne konfiguracje uzwojeń transformatora z podwójnym uzwojeniem pierwotnym i wtórnym

eprasa.pl dba03aded3



Rysunek 2.10. Uproszczony obwód prostownika półfalowego

pierwotne powinny być połączone równolegle do pracy przy napięciu 115 V lub szeregowo do pracy przy napięciu 230 V. Należy pamiętać, że w obu przypadkach uzwojenia muszą być połączone w prawidłowym porządku faz. Podobnie, podwójne uzwojenia wtórne mogą być połączone szeregowo lub równolegle. Również w tym przypadku kluczowe znaczenie ma właściwa relacja faz. Na rysunku 2.8 pokazano możliwości konfiguracji typowego transformatora z podwójnym zarówno uzwojeniem pierwotnym jak i wtórnym (kropki wskazują fazę uzwojenia).

Transformatory toroidalne

Nie wszystkie transformatory mają taką samą postać jak najbardziej rozpowszechniona, przedstawiona na rysunkach 2.6 i 2.7. Można również spotkać transformatory „toroidalne" (termin matematyczny oznaczający kształt obwarzanka), jak pokazano na rysunku 2.9. Ich geometria ma pewne zalety, które sprawiają, że nadają się one szczególnie do obwodów niskoszumowych i są często spotykane w konstrukcjach audio dobrej jakości. Przedstawiony przykład ma dwie grupy po cztery kolorowe przewody, co wskazuje na jego podwójne uzwojenie pierwotne i podwójne uzwojenie wtórne.

Prostowniki półfalowe

Dzięki swoim właściwościom jednokierunkowym diody półprzewodnikowe są idealne do przekształcania prądu przemiennego (AC) na prąd stały (DC). W tym zastosowaniu są one określane jako „prostowniki". Najprostsza forma obwodu prostowniczego wykorzystuje pojedynczą diodę. Ponieważ prąd płynie tylko przez jedną połowę cyklu prądu przemiennego, obwód ten nazywany jest „prostownikiem półfalowym" (albo jednopołówkowym).

W prostowniku półfalowym pokazanym na rysunku 2.10, zasilanie sieciowe (nominalnie 115 V lub 230 V) jest podawane na uzwojenie pierwotne transformatora obniżającego napięcie T1. Napięcie wtórne jest podawane do diody prostowniczej (D1), która umożliwia przepływ prądu tylko w pokazanym kierunku – od anody do katody diody D1. Podczas każdego dodatniego półcyklu napięcia wtórnego dioda D1 jest spolaryzowana w kierunku przewodzenia (przewodzi), zachowując się jak zamknięty przełącznik. I odwrotnie, podczas ujemnego półcyklu napięcia wtórnego D1 jest odwrotnie spolaryzowana i działa jak otwarty przełącznik, jak pokazano na rysunku 2.11. Przełączanie D1 powoduje powstanie pulsującego napięcia wyjściowego, które jest wytwarzane na obciążeniu R_L. Jeśli sieć zasilająca ma częstotliwość 50 Hz, impulsy napięcia powstające na R_L będą również miały częstotliwość 50 Hz, chociaż występuje tylko połowa cyklu prądu przemiennego. Należy zauważyć, że podczas dodatniego półcyklu napięcie na obciążeniu jest obniżane o napięcie progowe 0,6 V do 0,7 V, właściwe dla diod krzemowych. W przypadku prostowników o dużym natężeniu prądu ten spadek napięcia przewodzenia może wynosić nawet około 1,1 V, co należy uwzględnić w ogólnych projektach termicznych i sprawnościowych dużych zasilaczy.

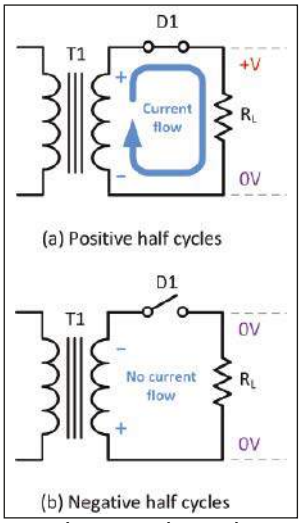
W czasie ujemnego półcyklu na diodzie D1 pojawi się szczytowe napięcie prądu przemiennego. Może to być niezwykle istotna kwestia przy wyborze diody do konkretnego zastosowania. Zakładając, że uzwojenie wtórne T1 zapewnia napięcie 12 V_{RMS}, wartość szczytowa napięcia wyjściowego z uzwojenia wtórnego transformatora będzie równa:

$$V_{pk}=1{,}414\times V_{RMS}=1{,}414\times 12\ V=16{,}97\ V$$

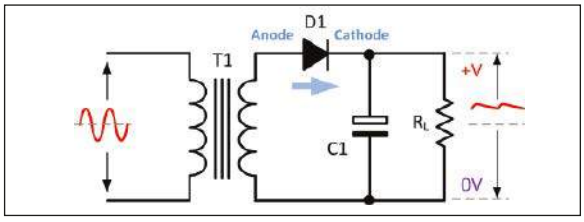
Szczytowa wartość napięcia przyłożonego do diody D1 wyniesie więc około 17 V. Ujemne półcykle są blokowane przez D1, a zatem tylko dodatnie półcykle pojawią się na R_L. Należy jednak pamiętać, że rzeczywiste napięcie szczytowe na R_L będzie równe dodatniemu napięciu szczytowemu 17 V z uzwojenia wtórnego T1, pomniejszonemu o napięcie progowe 0,7 V, tj. o spadek napięcia na D1. Innymi słowy, na R_L pojawią się dodatnie impulsy półcykliczne o amplitudzie 16,3 V. Należy pamiętać, że przy projektowaniu zasilaczy wysokonapięciowych trzeba wybrać diody prostownicze, które wytrzymają wysokie szczytowe napięcia zwrotne. Na przykład, przy projektowaniu prostownika, który może być zasilany napięciem 240 V prądu przemiennego, wymagana jest wartość znamionowa szczytowego napięcia zwrotnego (PIV) wynosząca co najmniej 600 V. W dalszej części tej serii zajmiemy się tym ponownie przy okazji opisywania zasilaczy impulsowych (SMPS).

Kondensator magazynujący

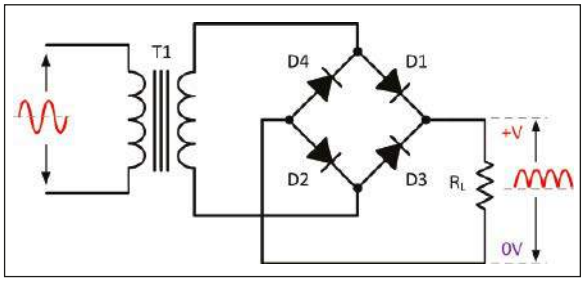
Dodanie kondensatora (C1) znacznie poprawia działanie obwodu przedstawionego na rysunku 2.10. Działa on jak zbiornik, magazynując ładunek i uwalniając go, gdy dioda jest w stanie nieprzewodzenia. Dzięki temu napięcie wyjściowe pozostaje w pobliżu napięcia szczytowego, nawet gdy dioda nie przewodzi. Poprawiony obwód jest pokazany na rysunku 2.12. Ponownie załóżmy, że napięcie wtórne dostarczane przez T1 wynosi 12 V. Gdy napięcie pierwotne zostanie po raz pierwszy podłączone do T1, pierwszy dodatni półcykl wyjściowy z uzwojenia wtórnego spowoduje naładowanie C1 do wartości szczytowej widocznej na R_L. Tak jak poprzednio, C1 naładuje się do 16,3 V w punkcie szczytowym dodatniego półcyklu. Ponieważ C1 jest równoległy do obciążenia, napięcie na R_L będzie takie samo jak na C1. Czas potrzebny do naładowania C1 do maksymalnego (szczytowego) poziomu jest określany przez stałą czasową ładowania obwodu (rezystancja szeregowa pomnożona przez wartość pojemności). W tym obwodzie rezystancja szeregowa obejmuje rezystancję uzwojenia wtórnego wraz z rezystancją przewodzenia diody oraz (minimalną) rezystancją przewodów i połączeń. Dlatego C1 będzie się ładował bardzo szybko, gdy tylko D1 zacznie przewodzić. Czas potrzebny do rozładowania C1 jest natomiast



Rysunek 2.11. Przepływ prądu w obwodzie prostownika półfalowego

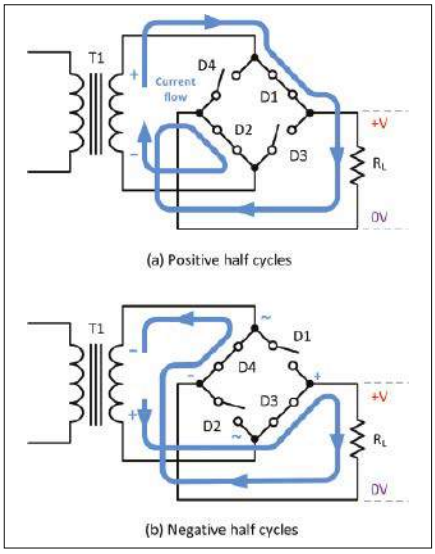


Rysunek 2.12. Ulepszony obwód prostownika półfalowego



Rysunek 2.13. Uproszczony obwód prostownika pełnofalowego

eprasa.pl dba03aded3



Rysunek 2.14. Przepływ prądu w obwodzie prostownika pełnofalowego

znacznie dłuższy. Stała czasowa rozładowania zależy od wartości pojemności i rezystancji obciążenia, R_L. W praktyce R_L jest znacznie większy niż rezystancja obwodu wtórnego, dlatego rozładowanie C1 zajmuje sporo czasu. W tym czasie D1 będzie odwrotnie spolaryzowana i będzie znajdowała się w stanie nieprzewodzenia. W konsekwencji jedyna ścieżka rozładowania dla C1 przebiega przez R_L, a obwód z rysunku 2.12 jest zatem w stanie utrzymać w miarę stałe napięcie wyjściowe na R_L. Mimo to, C1 rozładuje się w niewielkim stopniu podczas ujemnych okresów półcyklu z uzwojenia wtórnego transformatora.

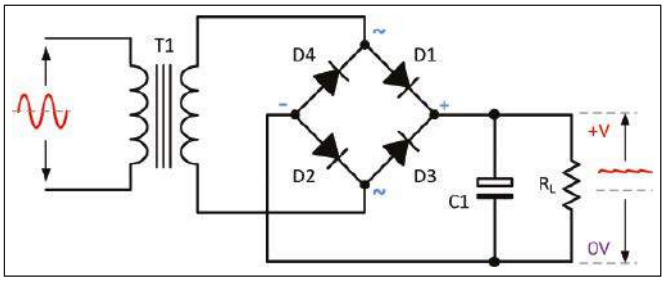
Na rysunku 2.12 niewielka zmienność napięcia wyjściowego prądu stałego jest określana jako „tętnienie". Obejmuje to niewielki składnik prądu przemiennego (o częstotliwości zasilania) nałożony na wyjście. Ponieważ tętnienia są niepożądane, musimy podjąć dodatkowe środki ostrożności, aby je ograniczyć. Jedną z oczywistych metod zmniejszenia amplitudy tętnień jest po prostu zwiększenie stałej czasowej rozładowania. Można to osiągnąć przez zwiększenie wartości C1 lub przez zwiększenie rezystancji obciążenia. Niestety, to ostatnie rozwiązanie zazwyczaj nie wchodzi w grę, ponieważ nie mamy możliwości zmiany R_L. Zamiast tego należałoby zwiększyć wartość C1 i zastosować kondensatory o bardzo dużych wartościach (często w zakresie od 1000 µF do 10000 µF).

Prostowniki pełnofalowe

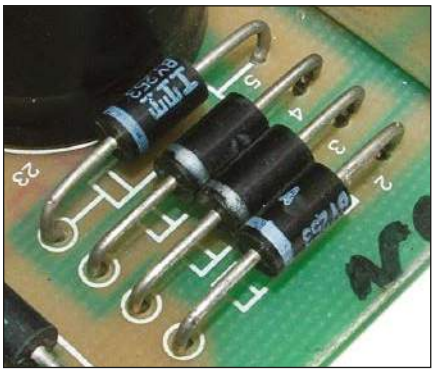
Ponieważ przewodzenie odbywa się tylko w dodatnich półokresach, prostownik półfalowy jest stosunkowo mało wydajny. Lepszy układ prostowniczy wykorzystywałby zarówno dodatnie, jak i ujemne półcykle. Te „pełnofalowe" układy prostownicze są znacznym usprawnieniem w stosunku do ich półfalowych odpowiedników. Są one nie tylko bardziej wydajne, ale także znacznie mniej wymagające pod względem kondensatorów magazynujących i wygładzania. Istnieją dwie podstawowe formy prostownika pełnozakresowego, nazywane dwufazowym i mostkowym. Na razie ograniczymy nasze wyjaśnienia do tej drugiej metody, ponieważ jest ona bardziej powszechna, a także bardziej efektywna.

W czterodiodowym mostku prostowniczym pokazanym na rysunku 2.13 przeciwległe pary diod przewodzą w półcyklach na przemian. Podobnie jak poprzednio, napięcie sieciowe (115 V lub 230 V) jest podawane na uzwojenie pierwotne transformatora obniżającego napięcie (T1). Ponownie przyjmiemy, że uzwojenie wtórne dostarcza napięcie 12 V_{RMS} (około 17 V w szczycie). W dodatnich półokresach przewodzą D1 i D2, natomiast w ujemnych półokresach przewodzą D3 i D4. Zilustrowano to na rysunku 2.14, gdzie diody zastąpiono przełącznikami. Zauważmy, że obwód pełnofalowy dostarcza prąd do obciążenia w tym samym kierunku podczas kolejnych półokresów.

Przełączanie dwóch diod powoduje powstanie pulsującego napięcia wyjściowego na obciążeniu R_L. Jeśli uzwojenie wtórne wytwarza napięcie szczytowe 17 V, napięcie wyjściowe dostarczane do obciążenia będzie wynosić około 15,6 V (tj. 17 V minus dwa spadki napięcia na parze przeciwległych diod). Podobnie jak w przypadku prostownika półfalowego, przełączanie dwóch diod powoduje powstawanie pulsującego napięcia wyjściowego na R_L. Jednak w przeciwieństwie do obwodu półfalowego, impulsy napięcia powstające na obciążeniu będą występować z częstotliwością dwukrotnie większą od częstotliwości zasilania (100 Hz dla zasilania 50 Hz lub 120 Hz dla zasilania 60 Hz). To podwojenie częstotliwości tętnień pozwala nam na użycie mniejszych wartości kondensatora wygładzającego, aby uzyskać ten sam stopień redukcji tętnień (przypomnijmy, że reaktancja kondensatora jest odwrotnie proporcjonalna do częstotliwości przepływającego przez niego prądu).



Rysunek 2.15. Ulepszony obwód prostownika pełnofalowego



Rysunek 2.16. Przykład prostownika mostkowego opartego na czterech diodach BY253. Diody mają maksymalny prąd znamionowy 3 A i maksymalne powtarzalne napięcie wtórne (VRRM) 600 V



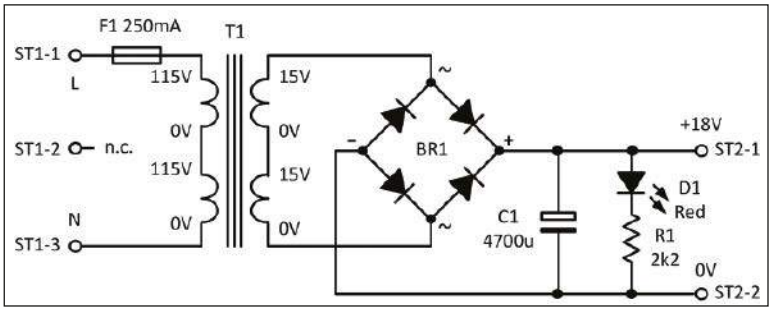
Rysunek 2.17. Jako kondensatora magazynującego używa się czterech dużych kondensatorów elektrolitycznych połączonych równolegle w połączeniu z mostkiem diodowym pokazanym na rysunku 2.16. Każdy kondensator ma pojemność 220 uF i napięcie 450 V

Na rysunku 2.15 pokazano, jak można dodać kondensator wygładzający, aby podtrzymać napięcie wyjściowe, gdy pary diod są nieprzewodzące. Kondensator ładuje się do napięcia około 15,6 V w szczytowym punkcie dodatniego półcyklu i utrzymuje napięcie na tym poziomie, gdy diody są w stanie nieprzewodzenia. Po naładowaniu kondensator rozładowuje się do obciążenia, a w ujemnym półcyklu znów się ładuje, itd.

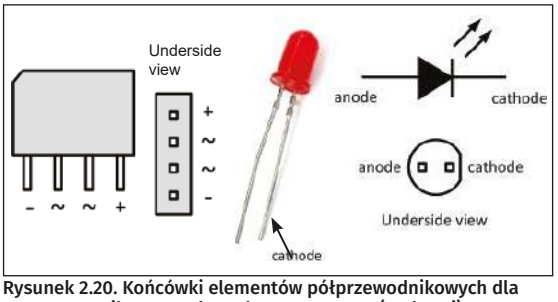
Praktyczny Projekt: Prosty zasilacz prądu stałego 18 V, 0,5 A

Praktyczny Projekt w tym miesiącu jest modułem, który można wykorzystać w przyszłych projektach. Zawiera zasilacz sieciowy prądu stałego, który może dostarczać niestabilizowane napięcie 18 V prądu stałego przy natężeniu prądu do 0,5 A. Układ naszego prostego zasilacza 18 V, 0,5 A jest pokazany na rysunku 2.18. Jest to zgodne z kilkoma koncepcjami projektowymi przedstawionymi wcześniej. Na przykład w transformatorze do montażu na płytce drukowanej (T1) zastosowano podwójne

eprasa.pl dba03aded3

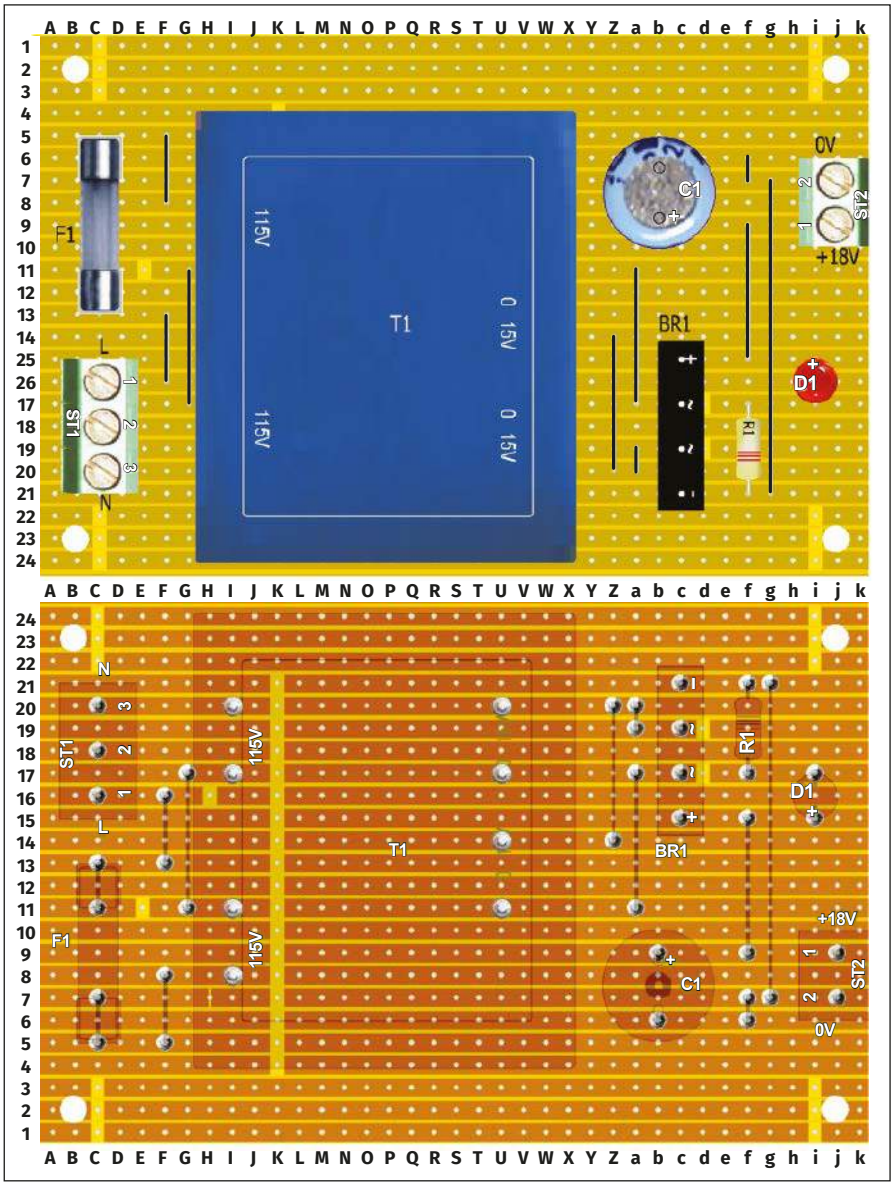


Rysunek 2.18. Układ prostego zasilacza prądu stałego 18 V 0,5 A



Rysunek 2.20. Końcówki elementów półprzewodnikowych dla prostego zasilacza prądu stałego 18 V, 0,5 A: (po lewej) BR1 i (po prawej) LED

uzwojenie pierwotne i wtórne (dzięki czemu można go skonfigurować do pracy przy napięciu 115 V i 230 V – patrz rysunek 2.8). Schemat elektryczny (pokazany na rysunku 2.18) i montażowy (pokazany na rysunku 2.19) jest skonfigurowany do pracy przy napięciu 230 V, ale w razie potrzeby można go łatwo przestawić na pracę przy napięciu 115 V. Zamiast czterech pojedynczych diod prostowniczych zastosowano scalony mostek prostowniczy (BR1). Napięcie znamionowe tego elementu powinno wynosić 200 V, 2,5 A. Kondensator magazynujący (C1) ma wartość 4700 µF i musi mieć napięcie robocze 35 V lub większe. Prosty diodowy wskaźnik mocy (D1 i R1) zapewnia potwierdzenie działania wyjścia. W razie potrzeby D1 można zamontować poza płytką jako wskaźnik na panelu przednim. Podstawową ochronę zapewnia szybki bezpiecznik szklany 250 mA 5×20 mm w przewodzie zasilającym prądu przemiennego.



Rysunek 2.19. Układ płytki drukowanej prostego zasilacza prądu stałego 18 V 0,5 A: (góra) strona komponentów, (dół) widok ścieżek miedzianych (wycięte ścieżki zaznaczone na żółto)

Potrzebne będą

Płytka uniwersalna (24 paski, każdy z 37 otworami)
1× trzystykowe złącze śrubowe do PCB (ST1)
1× dwudrożne złącze śrubowe do PCB (ST2)
1× rezystor 2,2 kΩ (R1)
1× kondensator 4700 µF 35 V (C1)
1× Prostownik mostkowy SKB 2/02L5A (200 V, 2,5 A)
1× czerwony LED
1× transformator 12 VA do montażu na płytce drukowanej (patrz tekst)
4× słupki odstępnikowe i śruby mocujące

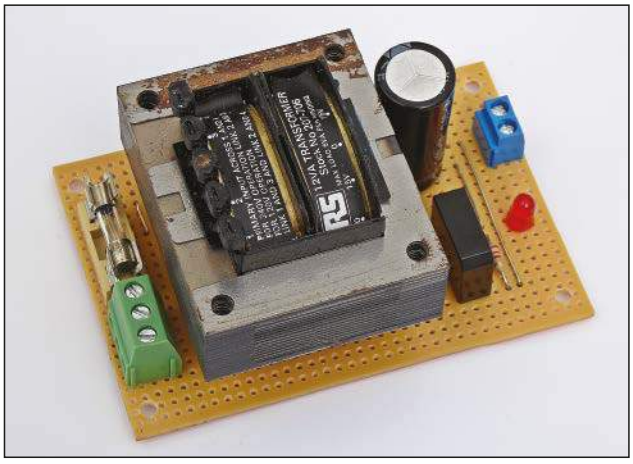
Budowa

Układ montażowy prostego zasilacza prądu stałego 18 V, 0,5 A pokazano na rysunku 2.19. Istnieją 34 przerwania w ścieżkach i dziewięć połączeń. Należy pamiętać, że nie powinno być połączenia między stroną pierwotną i wtórną T1. Aby to zapewnić, na dolnej stronie listwy (od K4 do K21) wykonano 18 przerwań między ścieżkami.

Końcówki elementów półprzewodnikowych pokazano na rysunku 2.20. Należy zwrócić uwagę, aby mostek prostowniczy (BR1) był zamontowany do płytki z zachowaniem prawidłowej biegunowości (jak pokazano na rysunku 2.20). Bezpiecznik sieciowy 5×20 mm (F1) jest umieszczony w uchwycie bezpiecznika montowanym na płytce drukowanej, który powinien być wyposażony w izolowaną osłonę, aby zapobiec przypadkowemu dotknięciu. Wszystkie obwody zasilane z sieci muszą być bezpiecznie zamontowane w odpowiedniej obudowie (małej obudowie z tworzywa ABS lub odpowiednio uziemionej obudowie metalowej – jeżeli nie robiliśmy tego wcześniej, skorzystajmy z pomocy i porady). Konstruktorzy mogą chcieć dodać kolejne moduły (takie jak stabilizator przedstawiony w Praktycznym Projekcie z przyszłego miesiąca), więc rozsądne może być pozostawienie dodatkowej przestrzeni w naszej obudowie, aby umożliwić przyszłą rozbudowę.

eprasa.pl dba03aded3

Bezpieczeństwo – ważna uwaga!
Prosty zasilacz prądu stałego 18 V 0,5 A wykorzystuje napięcie sieciowe i należy zachować szczególną ostrożność, aby uniknąć kontaktu z siecią zasilającą podczas testowania i użytkowania. Należy również bardzo dokładnie sprawdzić układ ścieżek i połączeń, upewniając się, że wszystkie przerwania w ścieżkach są na swoim miejscu oraz że nie ma zwarć ani odprysków lutu. Podczas podłączania urządzenia do sieci zasilającej prądu przemiennego należy unikać kontaktu z okablowaniem sieciowym i połączeniami pierwotnymi T1. Nieprzestrzeganie tej zasady może spowodować bardzo realne ryzyko poważnego porażenia prądem. Osoby, które nie pracowały wcześniej z urządzeniami elektronicznymi zasilanymi z sieci, powinny zasięgnąć porady bardziej doświadczonej osoby, która może sprawdzić wykonane prace i upewnić się, że są one bezpieczne przed podłączeniem ich do sieci.



Rysunek 2.21. Gotowy, prosty zasilacz prądu stałego 18 V 0,5 A

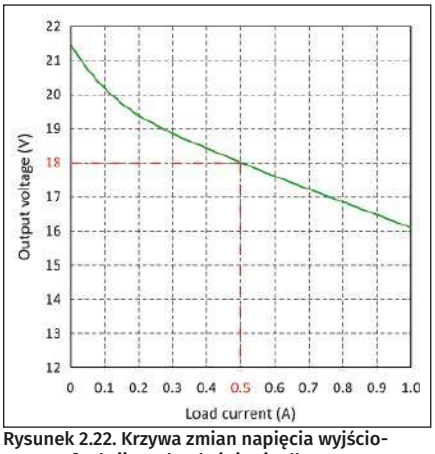
Testowanie

Po zakończeniu montażu warto przeprowadzić dokładną kontrolę wzrokową płytki drukowanej, sprawdzając w szczególności połączenia zasilania sieciowego z ST1 oraz stronę pierwotną transformatora sieciowego (T1). Jako dodatkową kontrolę warto użyć multimetru na zakresie rezystancji, aby sprawdzić, czy nie ma absolutnie żadnej ciągłości między ścieżkami wejścia sieciowego i wyjścia prądu stałego. Zmierzona rezystancja powinna być bardzo duża (zwykle większa niż 100 MΩ). Jeśli rezystancja jest mniejsza od tej wartości, należy sprawdzić rozmieszczenie elementów i połączeń. Następnie przełączmy multimetr na odpowiedni zakres napięcia stałego i podłączmy przewody pomiarowe do zacisków +18 V (czerwony przewód pomiarowy) i 0 V (czarny przewód pomiarowy) na ST1. Podłączmy przewód zasilający wyposażony w bezpiecznikową wtyczkę sieciową do ST1, a następnie i włączmy zasilanie. D1 powinien się natychmiast zaświecić, a napięcie wyjściowe powinno być mierzone w zakresie od +17 V do +19 V. Jeśli tak nie jest, należy wyłączyć zasilanie sieciowe i dokładnie sprawdzić ścieżki i połączenia na płytce.

W następnym miesiącu

W następnym wydaniu zajmiemy się liniowymi stabilizatorami napięcia wykorzystującymi zarówno technologię układów dyskretnych i scalonych, jak i kombinację obu tych technologii. Znajdą się tam również dwa Praktyczne Projekty. Pierwszy z nich to seria prostych modułów zasilających o stałym napięciu i prądzie 1 A, natomiast drugi to konstrukcja poręcznego, taniego zasilacza stanowiskowego, który jest idealny do testowania projektów, z wyjściem w pełni regulowanym w zakresie od 1,5 V do 13,5 V i ograniczeniem prądu obciążenia na wartość 600 mA. ■

Mike Tooley



Rysunek 2.22. Krzywa zmian napięcia wyjściowego w funkcji prądu obciążenia dla prostego zasilacza prądu stałego 18 V 0,5 A

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „Everyday Practical Electronics”, styczeń 2019 (www.epemag3.com)

REKLAMA

Czytaj najnowsze artykuły jeszcze przed wydrukowaniem w EP



Zajrzyj na
www.ep.com.pl/EPwtoku

eprasa.pl dba03aded3

Generator sygnałów i inwerter wykorzystujący timery NE555



W artykule opisany został prosty, użyteczny i tani generator sygnału prostokątnego zbudowany na bazie timerów NE555. Za pomocą zewnętrznych przełączników można sterować lub wybierać zakresy częstotliwości zgodnie z własnymi wymaganiami. Zaleca się jednak korzystanie z częstotliwości poniżej 30 kHz.

Często potrzebujemy generatora sygnału fali prostokątnej z regulowaną częstotliwością, prawie równymi wysokimi i niskimi impulsami wyjściowymi oraz regulowaną amplitudą.

Układ i działanie

Projekt podzielony jest na dwie części: Zasilacz i generator sygnału.

Zasilacz. Układ regulowanego zasilacza generatora sygnału przedstawiono na rysunku 1. Zbudowany jest on z użyciem transformatora obniżającego napięcie (X1), prostownika mostkowego (BR1), regulowanego stabilizatora napięcia LM317 (IC1), dwóch diod 1N4007 (D1 i D2), dwóch diod LED (LED1 i LED2) oraz kilku innych elementów.

Wyjście zasilania dostępne na złączu CON2 jest zmienne. Można zmieniać napięcie wyjściowe od 1,25 V do 15 V za pomocą potencjometru VR1. Zmienne zasilanie może być wykorzystane do dodatkowej regulacji amplitudy timerów.

Generator sygnału. Schemat układu generatora sygnału pokazano na rysunku 2. Jest on zbudowany z dwóch timerów NE555 (IC2 i IC3), diody LED (LED3), siedmiu diod Schottky'ego BAT42 (D3 do D9) i kilku innych elementów.

Generator sygnału wytwarza sygnał prostokątny i jego przebieg odwrócony odpowiednio przez IC2 i IC3. Poniższa tabela przedstawia obliczone zakresy częstotliwości sygnałów prostokątnych.

IC2 działa jako generator częstotliwości. Częstotliwość (F) jest określana przez komponenty podłączone do pinów 2, 6 i 7 IC2 w następujący sposób:

$$F = \frac{1}{(0,7 \cdot (R7 + R8 + 2 \cdot VR2) \cdot Cx)}$$

gdzie Cx może być 1 nF, 10 nF, 100 nF, 1 µF lub 10 µF.

Zakładając, że przełącznik S1 jest zamknięty, Cx=1 nF i VR2=22 kΩ, częstotliwość minimalna (Fmin) jest podana poniżej:

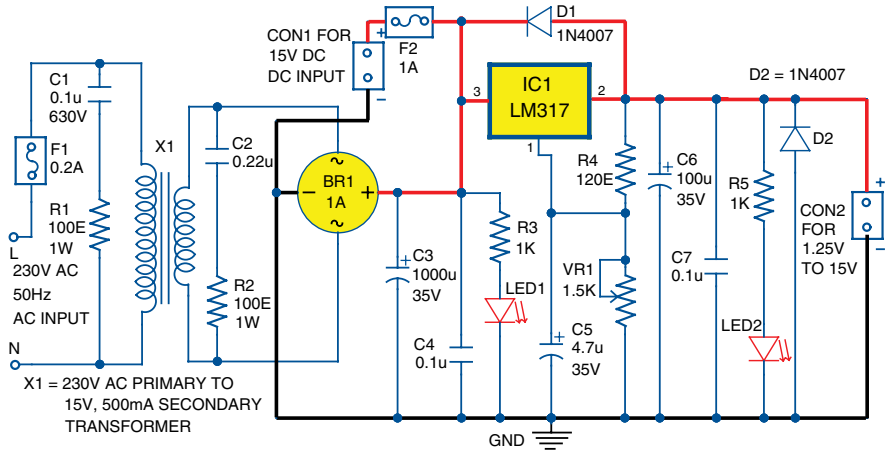
$$F\,min = \frac{1}{(0,7 \cdot (2k\Omega + 2k\Omega + 2 \cdot 22k\Omega) \cdot 1nF)}$$

$$= \frac{1}{(0,7 \cdot 48k\Omega \cdot 1nF)}$$

$$= 29762Hz$$

$$\approx 29,7kHz$$

Gdy Cx=1 nF i VR2=0 Ω, maksymalna częstotliwość (Fmax) wynosi:



Rysunek 1. Układ zasilacza

Zakresy częstotliwości generatora sygnałów prostokątnych

Przełącznik zamknięty	Kondensator	Fmin	Fmax
S1	C1=1 nF*	29,7 kHz*	357 kHz*
S2	C2=10 nF	2,97 kHz	35,7 kHz*
S3	C3=100 nF	297 Hz	3,57 kHz
S4	C4=1 µF	29,7 Hz	357 Hz
S5	C5=10 µF	2,97 Hz	35,7 Hz

* Częstotliwości obliczone i rzeczywiste mogą się znacznie różnić powyżej 30 kHz z powodu uproszczeń we wzorze oraz różnic w parametrach timerów i pasożytniczych elementów w układzie

Wykaz elementów:

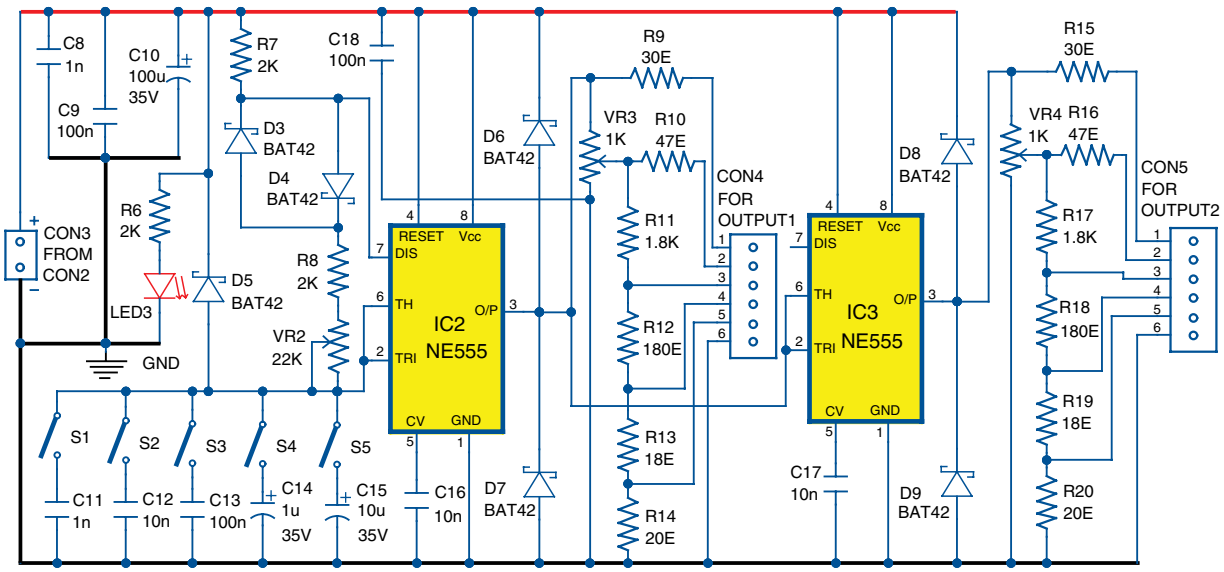
Półprzewodniki:
IC1: stabilizator napięcia LM317
IC2, IC3: timer NE555
D1, D2: dioda prostownicza 1N4007
D3...D9: BAT42 dioda Schottky'ego
LED1...LED3: dioda LED 5 mm.
BR1: mostek prostowniczy 1 A

Rezystory: (wszystkie 0,25 W, ±5%, węglowe, jeśli nie podano inaczej)
R1, R2: 100 Ω, 1 W
R3, R5: 1 kΩ
R4: 120 Ω
R6...R8: 2 kΩ
R9, R15: 30 Ω
R10, R16: 47 Ω
R11, R17: 1,8 kΩ
R12, R18: 180 Ω
R13, R19: 18 Ω
R14, R20: 20 Ω
VR1: potencjometr 1,5 kΩ
VR2: potencjometr 22 kΩ
VR3, VR4: potencjometr 1 kΩ

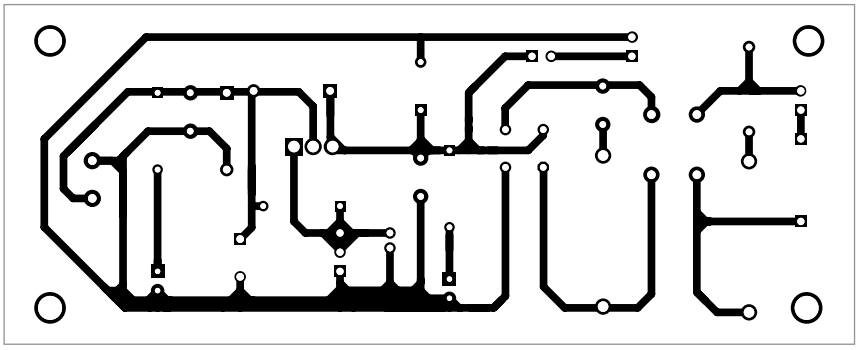
Kondensatory:
C1: 0,1 µF, 630 V, poliestrowy
C2: 0,22 pF, ceramiczny
C3: 1000 µF, 35 V, elektrolityczny
C4: 0,1 µF, ceramiczny
C5: 4,7 µF, 35 V, elektrolityczny
C6, C10: 100 pF, 35 V, elektrolityczny
C7: 0,1 µF, ceramiczny
C8, C11: 1 nF, ceramiczny
C9, C13, C18: 100 nF, ceramiczny
C12, C16, C17: 10 nF, ceramiczny
C14: 1 µF, 35 V, elektrolityczny
C15: 10 µF, 35 V, elektrolityczny

Pozostałe:
CON1, CON3: złącze 2-pinowe
CON2: zacisk 2-pinowy
CON4, CON5: złącze 6-pinowe
S1-S5: przełącznik
F1: bezpiecznik 0,2 A z oprawką
F2: bezpiecznik 1 A z oprawką
X1: transformator, uzwojenie pierwotne 230 V AC na uzwojenie wtórne 15 V, 500 mA
zasilacz stabilizowany 15 V DC
radiator dla IC1

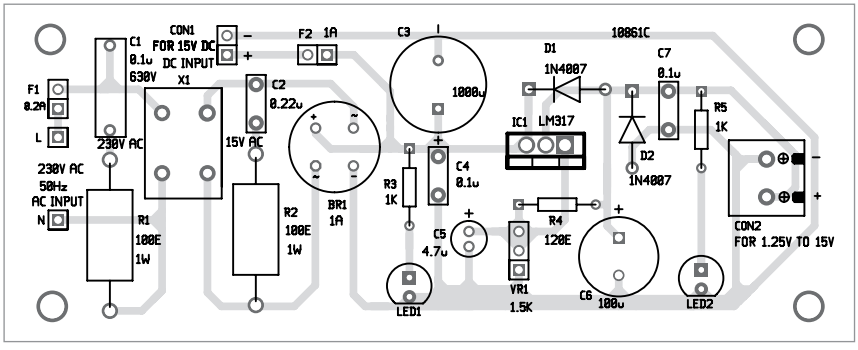
eprasa.pl dba03aded3



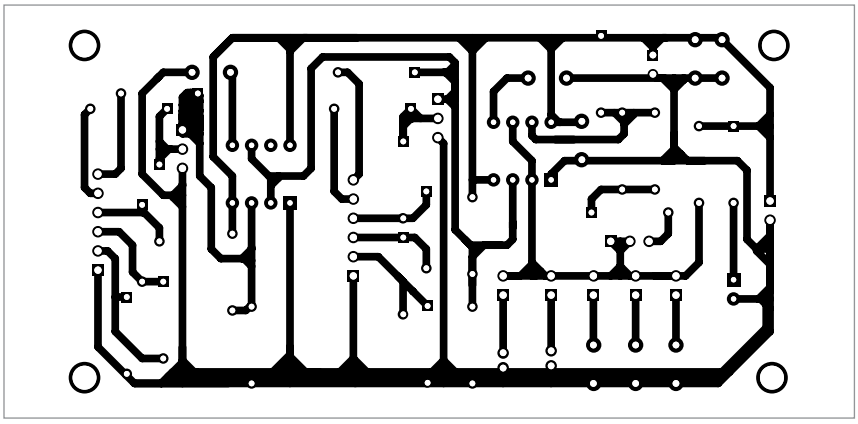
Rysunek 2. Schemat ideowy generatora sygnałów



Rysunek 3. Płytka drukowana zasilacza stabilizatora



Rysunek 4. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej zasilacza



Rysunek 5. Płytka drukowana generatora sygnałów – wielkość rzeczywista

$$F\max = \frac{1}{(0,7 \cdot 4k\Omega \cdot 1nF)}$$
$$= \frac{1}{(2800 \cdot 1nF)}$$
$$= \frac{1000000}{2,8}$$
$$= 357142Hz$$
$$\approx 357kHz$$

Rezystancje przewodzenia i spadki napięć diod D3 i D4 są pomijane, a wsteczne rezystancje diod przyjmuje się jako nieskończoność.

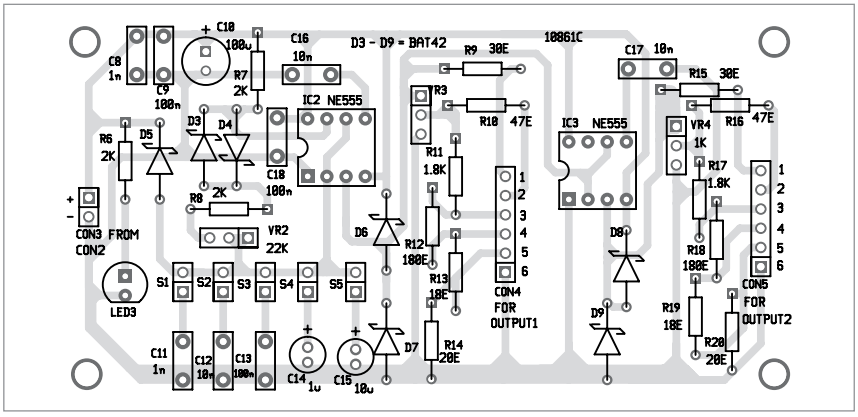
Wyjście sygnału częstotliwościowego wytwarzanego przez IC2 jest dostępne na złączu CON4. Amplitudę sygnałów można regulować potencjometrem VR3. Dzielniki rezystancyjne składające się z R11 do R14 zapewniają kolejne trzy amplitudy. Oznacza to, że częstotliwość wyjściowa IC2 jest dzielona przez 10, 100 i 1000. Częstotliwości te są również dostępne na złączu CON4, odpowiednio na pinach 3, 4 i 5.

Układ scalony IC3 pracuje jako inwerter. Amplitudę inwersji wyjścia IC3 dostępną na CON5 można regulować potencjometrem VR4. Dzielniki rezystancyjne składające się z R17 do R20 zapewniają trzy kolejne amplitudy dzieląc wyjście inwertowane przez 10, 100 i 1000. Te odwrócone wyjścia są dostępne przez CON5. Diody od D6 do D9 zabezpieczają wyjścia timera przed przepięciami i podnapięciami.

Budowa i testowanie

Wygląd płytki drukowanej zasilacza w rzeczywistych wymiarach pokazano na rysunku 3, a rozkład jego elementów na rysunku 4. Po zmontowaniu układu na płytce drukowanej należy podłączyć fazę (L) i przewód neutralny (N) do sieci zasilającej

eprasa.pl dba03aded3



Rysunek 6. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej generatora sygnałów

230 V AC. Zmienne zasilanie sekcji generatora sygnałów jest dostępne na złączu CON2. Podłączyć diody LED1 i LED2 na panelu przednim dla sygnalizacji stanu zasilania. Układ może być zasilany zarówno z sieci 230 V AC, 50 Hz za pomocą transformatora X1 jak i z zasilacza 15 V DC podłączonego do CON1.

Płytkę drukowaną układu generatora sygnałów (rysunek 2) pokazano na rysunku 5, a rozmieszczenie jego elementów na rysunku 6. Po zmontowaniu układu na płytce drukowanej należy podłączyć zasilanie zmienne przewodem dwużyłowym z CON2 do CON3. Na płycie czołowej podłączyć diodę LED3, przełączniki S1 do S5 oraz potencjometry VR2 do VR4 służące odpowiednio do sygnalizacji stanu zasilania, wyboru częstotliwości oraz regulacji amplitudy sygnału.

Uwaga. Do testowania można również użyć zasilania 6 V, 9 V lub 12 V DC na CON3. ■

Petre Tzv Petrov

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY”, kwiecień 2018 (efymag.com)

REKLAMA

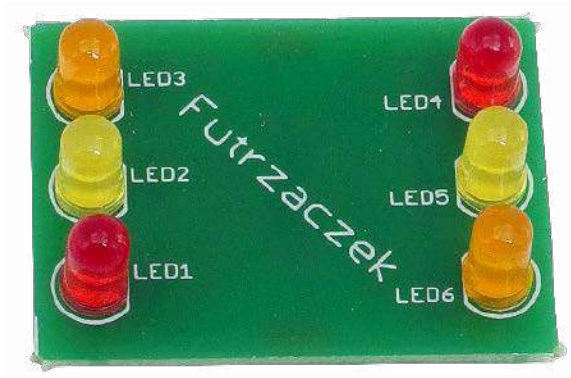
Sięgnij po archiwalne wydania
ELEKTRONIKI dla WSZYSTKICH

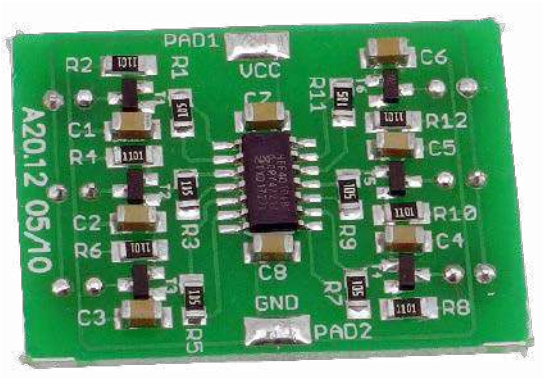


Przesyłka GRATIS

Zamów wygodnie na
www.UlubionyKiosk.pl

eprasa.pl dba03aded3





Symulator płomienia imitujący zwykłą świecę

Szukasz efektownego gadżetu, który mógłby pełnić funkcję dekoracyjną? A może potrzebujesz dyskretnego i delikatnego źródła światła do sypialni lub salonu? Ten układ łączy te wszystkie funkcje – potrafi symulować płomień przy użyciu zwykłych diod LED!

Do czego to służy?

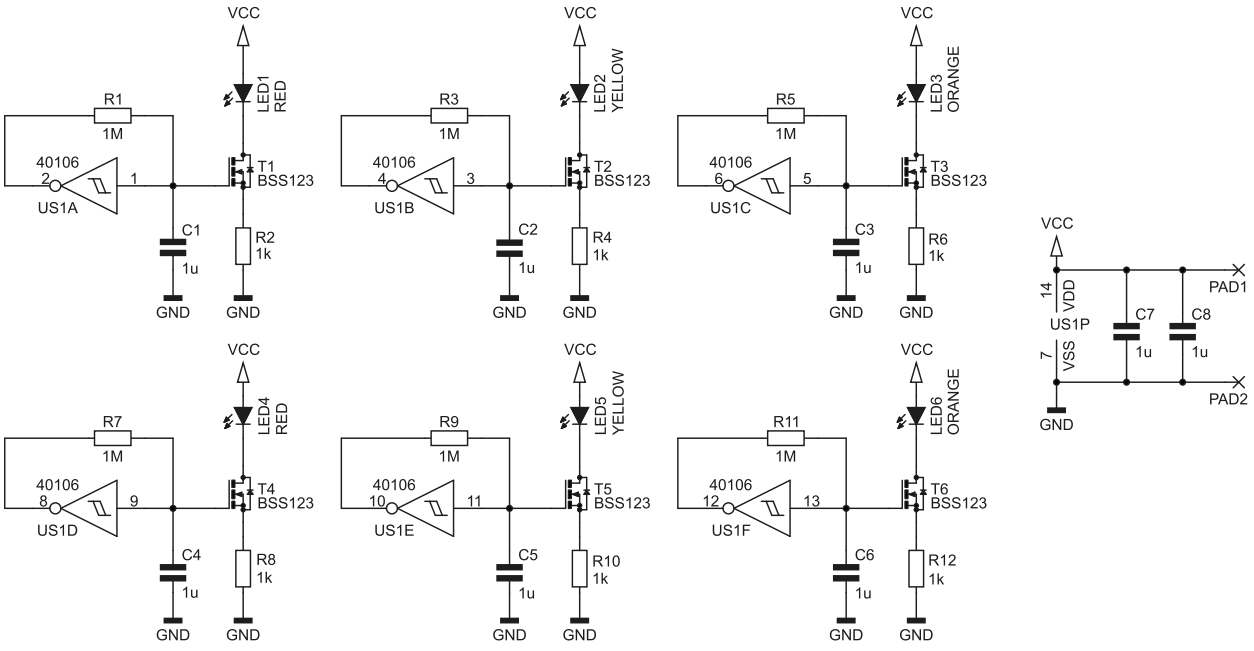
Zadaniem tego układu jest płynne migotanie sześcioma diodami LED w kolorach występujących w naturalnym płomieniu: żółtym, pomarańczowym i czerwonym. Każda dioda świeci niezależnie od innych, „żyje swoim życiem", dlatego nie ma tutaj sztucznie wyglądającego efektu synchronicznej pracy wszystkich diod. Po nakryciu diod kawałkiem rozpraszającego światło materiału, na przykład białej bibuły, można stworzyć dyskretną ozdobę świetlną, która będzie imitowała zwykłą świecę – ale bez ryzyka poparzenia.

Układ najlepiej funkcjonuje zasilany napięciem 5 V. Można jednak użyć wyższego napięcia, na przykład z baterii 6F22 (9 V), co ma wpływ na jasność diod i szybkość ich migotania. Układ jest w pełni analogowy, wykonany przy pomocy garstki łatwo dostępnych elementów w obudowach do montażu powierzchniowego (SMD), więc można go również potraktować jako pomoc dydaktyczna przy nauce tej techniki lutowania.

Jak to działa?

Schemat układu można zobaczyć na **rysunku 1**. Zasila się go napięciem stałym, które należy podłączyć do pól lutowniczych PAD1 (zacisk dodatni) i PAD2 (masa). Kondensatory C7 i C8 filtrują zasilanie z zakłóceń, które generuje głównie przełączający się układ US1. Na schemacie można zobaczyć sześć identycznych bloków, zawierających po kilka elementów – szczegółowo zostanie omówiony tylko jeden z nich.

Bramka US1A, rezystor R1 i kondensator C1 tworzą generator astabilny. Na wyjściu bramki pojawia się sygnał prostokątny, który ładuje (w stanie wysokim na wyjściu) lub rozładowuje (w stanie niskim) kondensator C1. Proces przeładowywania jest spowalniany przez R1. Układ nigdy nie znajdzie się w stanie stabilnym, ponieważ wejście bramki NOT układu CD40106 jest opatrzone przerzutnikiem Schmitta, na co wskazuje piktogram oznaczający pętle histerezy na jej symbolu schematowym. Ten przerzutnik jest odpowiedzialny za przełączanie wyjścia bramki, kiedy potencjał



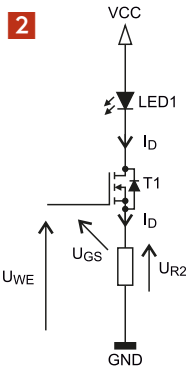
1

eprasa.pl dba03aded3

Wykaz elementów:

Rezystory:
R1, R3, R5, R7, R9, R11: 1 MΩ 1206
R2, R4, R6, R8, R10, R12: 1 kΩ 1206
Kondensatory:
C1...C8: 1 µF SMD1206
Półprzewodniki:
LED1, LED4 czerwona 5 mm np. LED F5 R
LED2, LED5 żółta 5 mm np. LED F5 Y
LED3, LED6 pomarańczowa 5 mm np. LED F5 O
T1...T6 BSS123
US1 CD40106 SO14

jej wejścia znajduje się powyżej górnego lub poniżej dolnego progu przełączenia – progi te różnią się od siebie, zatem musi minąć nieco czasu, zanim napięcie na zaciskach C1 zmieni się od jednego progu do drugiego.



2

Jednak w tym układzie nie zajmujemy się wyjściem bramki NOT, jak to zwykle ma miejsce kiedy potrzebujemy prostego generatora sygnału prostokątnego, ale jej wejściem. Otóż znajduje się tam przebieg o kształcie zbliżonym do trójkątnego. Jego wartości skrajne (minimalna i maksymalna) zawierają się między progami przełączenia tej bramki. Można go użyć do wysterowania diody LED aby uzyskać efekt pulsowania.

Jednak dioda LED potrzebuje do swojego działaniu prądu o natężeniu przynajmniej kilkuset mikroamperów, zaś prąd płynący przez R1 to zaledwie pojedyncze mikroampery, czyli kilkaset razy mniej. Podłączenie diody bezpośrednio do wejścia bramki US1A zablokowałoby ten układ i nici z jakiegokolwiek pulsowania. Dlatego użyto wtórnika napięciowego z tranzystorem polowym typu MOSFET-N.

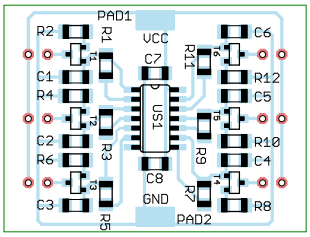
Tranzystor BSS123, bo o nim konkretnie mowa, to bardzo tani i łatwo dostępny element w obudowie do montażu powierzchniowego SOT23. Pomimo niskiej ceny, ma jedną, cenną właściwość: jest sterowany napięciowo – jak każdy tranzystor MOSFET. Prąd jego drenu jest ustalany przez napięcie bramka-źródło. Bramka jest doskonale odizolowana od pozostałych elektrod i nie płynie przez nią jakikolwiek prąd. W praktyce ten prąd występuje, ale ma tak małe natężenie, że w tym zastosowaniu można go śmiało zaniedbać.

Tranzystor T1 pełni rolę sterowanego źródła prądowego z wejściem napięciowym. Między jego źródło a masę układu został włączony rezystor R2 – szczegóły na **rysunku 2**. Potencjał bramki T1 (napięcie U_{WE}) rozkłada się pomiędzy jego napięcie bramka-źródło U_{GS} i rezystor R2 U_{R2}. Jeżeli przyjemy, że do przewodzenia tranzystora jest potrzebne z grubsza stałe napięcie U_{GS} (o niezmiennej wartości), to cała reszta U_{WE} odkłada się na U_{R2}, tym samym zmieniając U_{WE} bezpośrednio zmieniamy U_{R2}. Natomiast z prawa Ohma wiemy, że prąd płynący przez rezystor i napięcie, jakie się na nim odkłada, są ze sobą ściśle powiązane: $I_D = U_{R2}/R2$. Prąd bramki nie płynie, więc cały prąd, który jest „wtłaczany" do rezystora R2 przez źródło tranzystora T1, pochodzi z jego drenu, a ten z kolei przepływa przez diodę LED1. Zmieniając napięcie U_{WE} zmieniamy prąd drenu I_D i – co za tym idzie – również jasność świecenia diody LED1.

Jak to wygląda w praktyce? Na **rysunku 3** znajduje się oscylogram dwóch napięć: U_{WE} (żółty) i U_{R2} (niebieski). Wykonano go przy zasilaniu układu napięciem o wartości 5 V. Różnica między nimi to wspomniane już napięcie U_{GS} i jest ono, faktycznie, niemal niezmienne. Z oscylogramu można odczytać, że napięcie na zaciskach R2 zmienia się od około 0,8 V do około 1,5 V. Przeliczając to na prąd, przy założeniu R2=1 kΩ, mamy prąd diody LED płynnie zmieniający się w zakresie od 0,8 mA do 1,5 mA. Zatem taka dioda nigdy nie gaśnie do zera, cały czas płynie przez nią prąd.

Rysunek 4 zawiera oscylogram napięć w tych samych punktach układu, ale wykonany przy zasilaniu go napięciem 9 V. Zmiany napięć są znacznie szybsze (krótsze czasy narastania i opadania sygnału), ponadto przesunął się zakres zmian napięcia odkładającego się na rezystorze R2: od około 2,2 V do około 2,6 V. Pulsowanie jest szybsze i mniej zauważalne, ale dioda świeci jaśniej.

Układ zawiera sześć identycznych generatorów sterujących diodami. Ponieważ każdy rzeczywisty element cechuje się pewnymi rozrzutami, po krótkiej chwili od włączenia zasilania wszystkie diody rozsynchronizowują się i każda migocze w swoim tempie. Tworzy to feerię barw, błyskających zupełnie losowo – jak prawdziwy płomień.



5

Montaż i uruchomienie

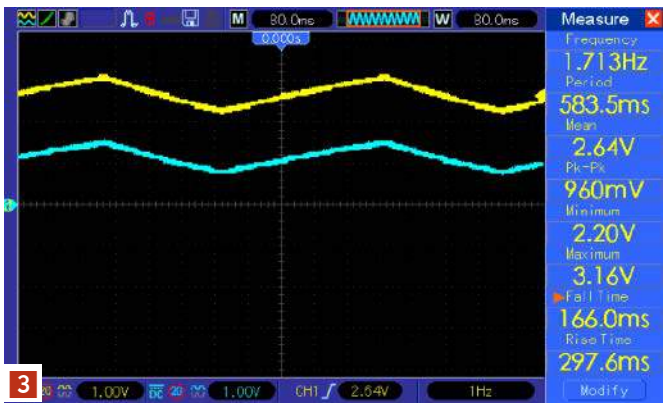
Układ prototypowy został zmontowany na jednostronnej płytce drukowanej o wymiarach 30×40 mm. Wzór jej ścieżek i schemat montażowy przedstawia **rysunek 5**. Na płytce nie przewidziano otworów montażowych, można ją przymocować np. klejem na gorąco.

Montaż elementów polecam wykonać zaczynając od tych, które są w obudowach przystosowanych do montażu powierzchniowego. Nie potrzeba do tego stacji lutowniczej, wystarczy pęseta i odrobina cierpliwości. Montaż tego układu można potraktować jako ćwiczenie techniki lutowania elementów SMD. Na sam koniec polecam wlutować diody LED – w kolejności zgodnej z opisem lub dowolnej innej, to nie ma znaczenia dla działania urządzenia. Zmontowany układ można zobaczyć na **fotografii tytułowej**.

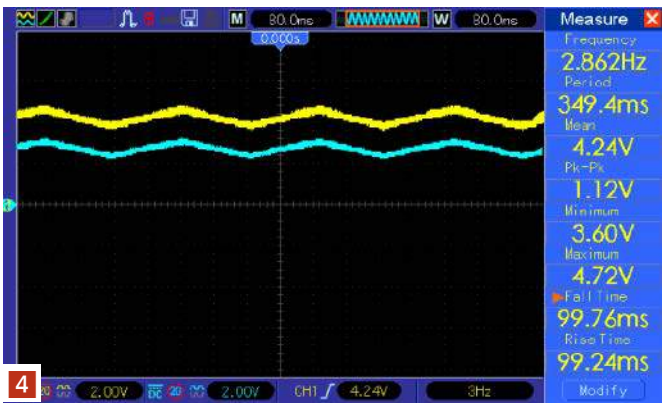
Prawidłowo zmontowany układ zaczyna działać od razu po włączeniu zasilania. Najładniej wygląda przy zasilaniu napięciem 5 V – diody migoczą dosyć wolno, a zmiany poziomu ich świecenia są wyraźnie widoczne. Pobiera wtedy średnio 7 mA. Przy 9 V efekt pulsowania nadal jest widoczny, a pobór prądu to około 16 mA. Najwyższe dopuszczalne napięcie zasilające to 15 V – układ pobiera wtedy około 33 mA.

Mając do dyspozycji taki układ, można zbudować bardzo efektowną lampkę, zasilaną z ładowarki z wyjściem USB albo z trzech lub czterech baterii typu AA. Liczba możliwości jego zastosowania jest naprawdę szeroka!

Michał Kurzela
michal.kurzela@ep.com.pl



3



4

eprasa.pl dba03aded3

Dwukierunkowy interkom

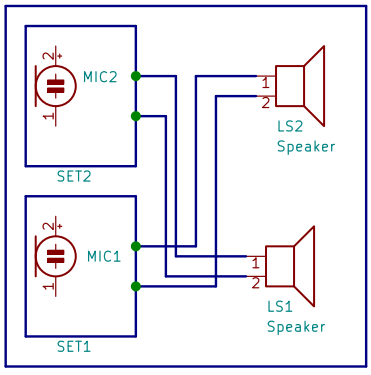


Jeśli musimy często wstawać, aby porozmawiać z kimś w swoim mieszkaniu, ten interkom może zaoszczędzić nam kłopotu. Może być również przydatny, gdy ktoś w domu przebywa na izolacji z powodu koronawirusa.

Schemat blokowy interkomu pokazano na rysunku 1.

Schemat połączeń interkomu jest pokazany na rysunku 2. Ten prosty i niedrogi interkom jest zbudowany z dwóch mikrofonów pojemnościowych (MIC1 i MIC2), czterech tranzystorów 2N2222 (T1 do T4) oraz dwóch wzmacniaczy dźwięku LM380N (IC1 i IC2).

Mikrofon pojemnościowy przypomina kondensator z dwiema równoległymi płytkami umieszczonymi blisko siebie. Jedna z płytek jest wykonana z bardzo lekkiego i cienkiego materiału, który pełni rolę membrany. Membrana drga pod wpływem fal dźwiękowych, co powoduje zmianę odległości między płytkami, a tym samym zmianę pojemności. Wynikająca z tego fluktuacja pojemności powoduje powstanie odpowiedniego sygnału elektrycznego, który jest wzmacniany.



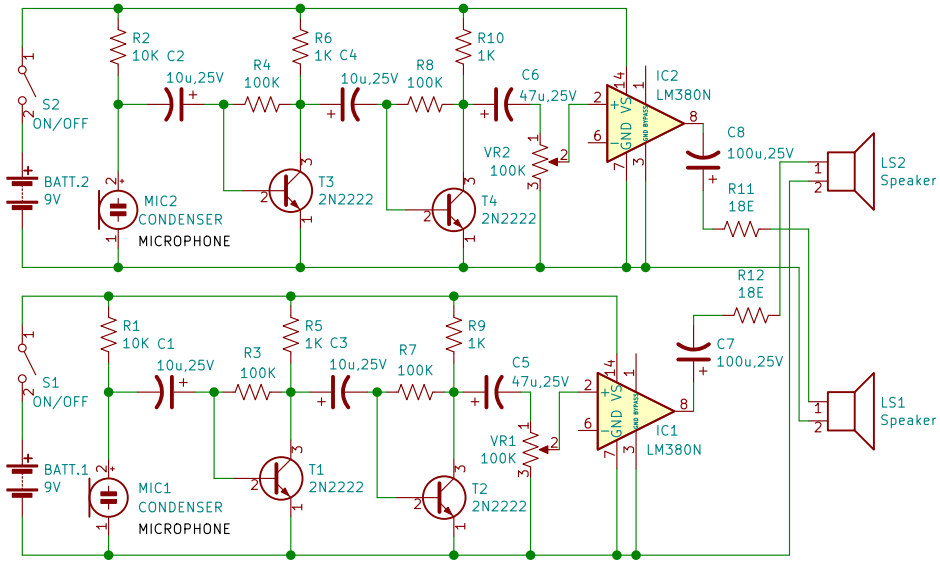
Rysunek 1. Schemat blokowy

W większości interkomów nie stosuje się obwodu przedwzmacniacza, co powoduje zniekształcenie dźwięku na wyjściu. W tym układzie zastosowano przedwzmacniacze wzmacniające sygnały wejściowe w celu uzyskania głośnego i czystego dźwięku z głośników.

Jak pokazano na rysunku 2, mamy tu dwa identyczne obwody. W dolnym obwodzie R1 działa jako rezystor ograniczający prąd dla MIC1. Sygnał elektryczny wytwarzany przez dźwięk przepływa przez kondensator sprzęgający C1, który blokuje wszelkie sygnały prądu stałego i przepuszcza tylko sygnały prądu przemiennego. Sygnał ten jest wzmacniany przez sekcje wzmacniacza utworzonego przez tranzystory T1 i T2 oraz układ scalony LM380N.

Sygnał jest najpierw wzmacniany przez wzmacniacz zbudowany na tranzystorze T1, a następnie przez drugi wzmacniacz zbudowany na tranzystorze T2. Wyjście kolektora T2 trafia do układu LM380N (IC1) przez jego pin 2, kondensator C5 i potencjometr VR1.

Dźwięk odtwarza 8-omowy głośnik (LS2) podłączony do wyjścia układu LM380N za pośrednictwem kondensatora C7 i rezystora R12. Do zasilania górnej i dolnej części układu potrzebny jest zasilacz stabilizowany 9 V lub bateria 9 V.



Rysunek 2. Schemat układu

Górna część układu jest identyczna i działa w ten sam sposób. Gdy użytkownik mówi do mikrofonu MIC1, jego głos jest słyszalny w głośniku LS2. Gdy użytkownik mówi do mikrofonu MIC2, jego głos jest słyszalny z głośnika LS1. Umożliwia to komunikację dwukierunkową.

Budowa i testowanie

Mozaikę ścieżek płytki drukowanej interkomu w rzeczywistych wymiarach pokazano na rysunku 3, a rozkład elementów na rysunku 4.

Zmontujmy układ na tej płytce drukowanej lub na płytce uniwersalnej. Przetnijmy płytkę drukowaną na dwie części (SET1 i SET2) wzdłuż zaznaczonej na niej linii przerywanej.

Umieśćmy każdą płytkę drukowaną osobno w odpowiedniej obudowie. Umieśćmy SET1 w jednym pomieszczeniu, a SET2 w innym. Podłączmy LS2 w SET1 w pierwszym pomieszczeniu do SET2 w drugim pomieszczeniu, a LS1 z SET2 do SET1 w pierwszym pomieszczeniu za pomocą podwójnego przewodu.

Należy zamocować MIC1 z przodu, a LS2 z tyłu obudowy SET1. Podobnie zamocujmy MIC2 z przodu, a LS1 z tyłu obudowy SET2. Należy włączyć S1 w SET1 i S2 w SET2, aby rozpocząć komunikację z obu stron.

Gdy mówimy do mikrofonu MIC1 w zestawie SET1, osoba znajdująca się w drugim pokoju będzie nas słyszeć

Wykaz elementów:

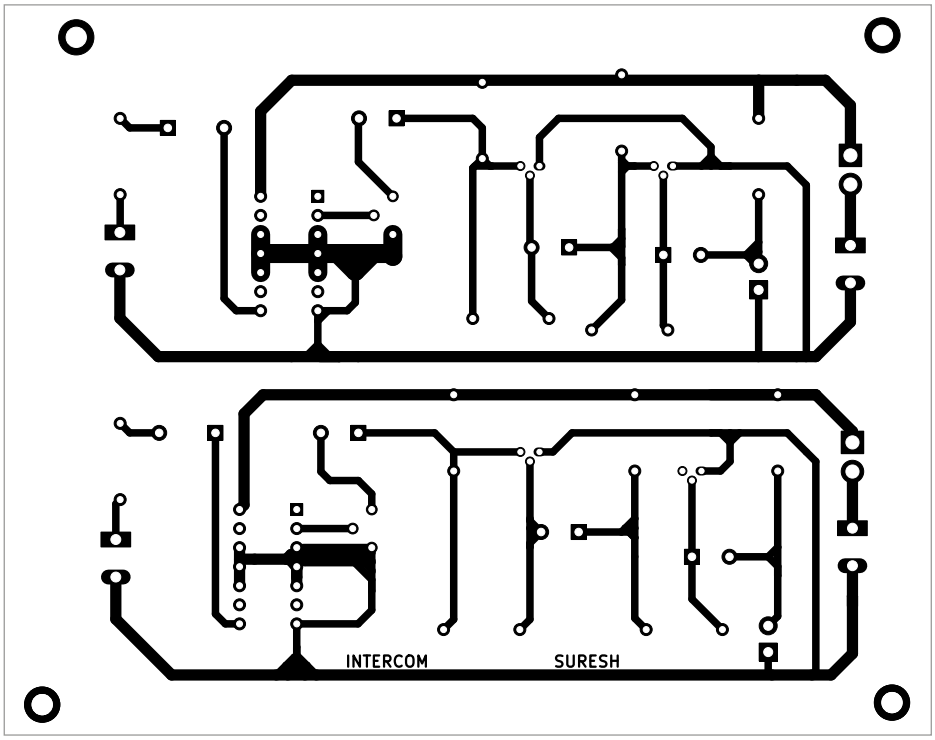
Półprzewodniki:
IC1, IC2: wzmacniacz audio LM380N
T1...T4: tranzystor 2N2222 NPN

Rezystory: (wszystkie 1/4 W, ±5% węglowe, o ile nie podano inaczej)
R1, R2: 10 kΩ
R3, R4, R7, R8: 100 kΩ
R5, R6, R9, R10: 1 kΩ
R11, R12: 18 kΩ

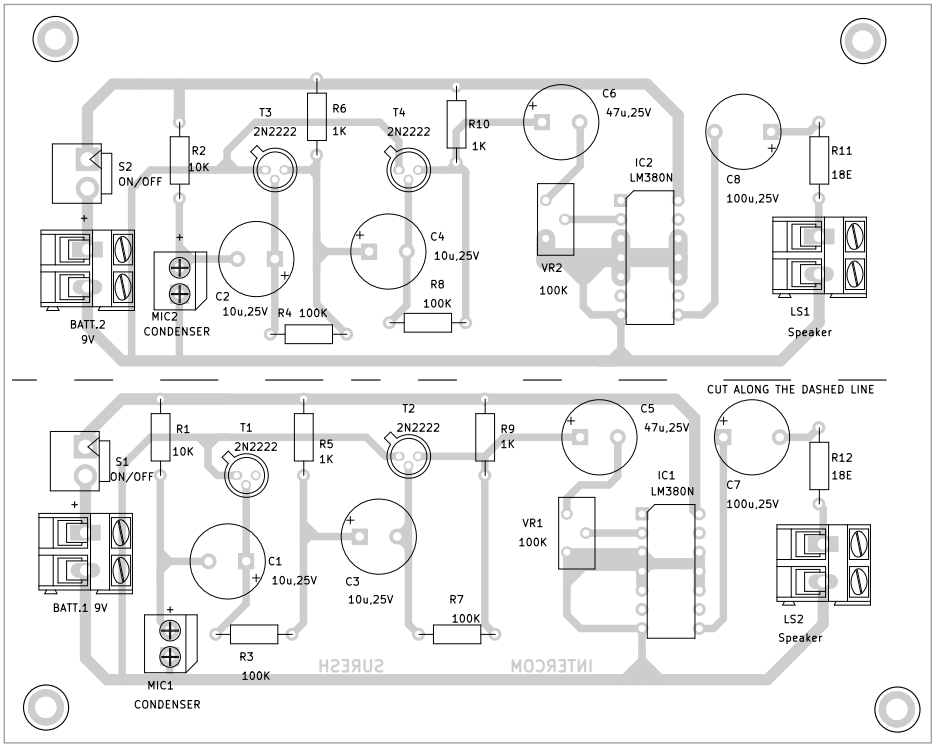
Kondensatory:
C1...C4: 10 µF, 25 V, elektrolityczny
C5, C6: 47 µF, 25 V, elektrolityczny
C7, C8: 100 µF, 25 V, elektrolityczny

Pozostałe:
S1, S2:
MIC1, MIC2:
BATT.1, BATT.2: bateria 9 V
LS1, LS2: 8-omowy głośnik

eprasa.pl dba03aded3



Rysunek 3. Mozaika ścieżek PCB – rozmiar rzeczywisty



Rysunek 4. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej

przez głośnik LS2. Podobnie, gdy mówi ona do mikrofonu MIC2, będzie ją słychać przez głośnik LS1.

Należy pamiętać, że między mikrofonem a głośnikiem występuje sprzężenie akustyczne, jeśli są one umieszczone blisko siebie i zwrócone do siebie. Dlatego podczas montażu i mocowania mikrofonów i głośników w obudowach należy zachować odległość między nimi. ■

S. C. Dwivedi

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY”, marzec 2022 (efymag.com)

REKLAMA

OSTRZEŻENIE

ELPORTAL.pl

Mimo braku wyników badań kohortowych kalifornijskiego Institute of Medical Science i sztokholmskiego Karolinska Institutet, nie możemy dalej ukrywać, że Elportal

uzależnia

Matki, Żony i Córki elektroników profesjonalnych i pasjonatów elektroniki serdecznie za to

przepraszamy

Redakcja Elportalu

eprasa.pl dba03aded3

Automatyczna ładowarka do ogniw **LiFePO$_4$**



Akumulatory LiFePO4 charakteryzują się długą żywotnością dzięki wyjątkowo trwałej strukturze krystalicznej fosforanów żelaza oraz wysoką tolerancją napięcia podczas ładowania i rozładowywania. Ogniwa te są stosowane w większości wiodących pojazdów elektrycznych jako zestawy ogniw ze względu na ich wyższą wydajność i dłuższą żywotność.

Ogniwo litowo-żelazowo-fosforanowe (LiFePO$_4$) to rodzaj ogniwa litowo-jonowego, które ma większą pojemność i może dostarczyć większą moc w porównaniu z ogniwem ołowiowo-kwasowym w akumulatorze ołowiowo-kwasowym.

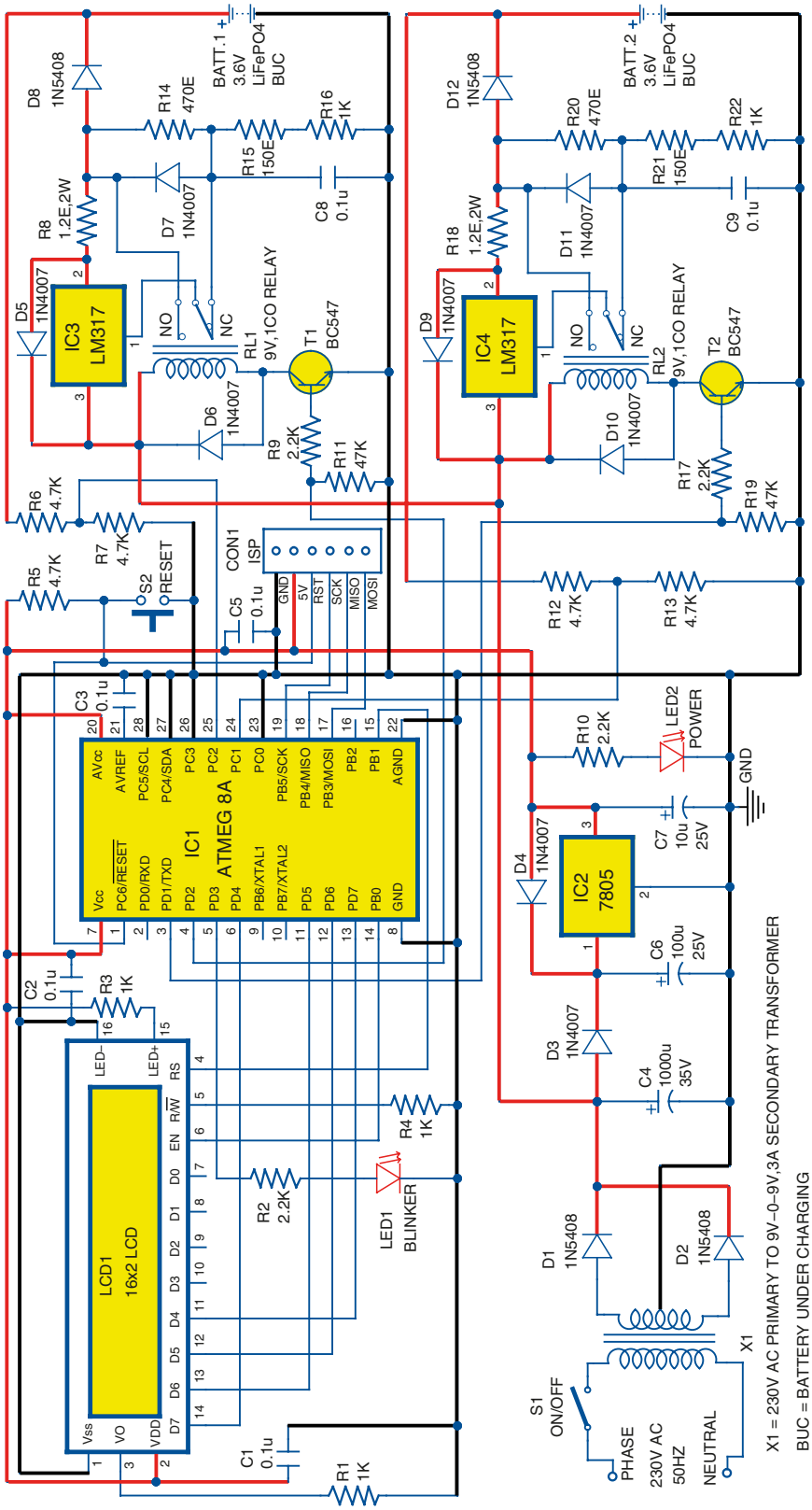
Ogniwo LiFePO$_4$ może być bezpiecznie przeładowane do 4,2 V i zazwyczaj nie zapala się tak jak ogniwo Li-ion lub LiPo.

Ogniwo LiFePO$_4$ wymaga układu ładowania stałoprądowego i stałonapięciowego, co można zrealizować za pomocą przedstawionego tu układu. Układ ten może ładować jedno lub dwa ogniwa LiFePO$_4$ równolegle. Układ ładuje ogniwo w trybie stałoprądowym do napięcia 3,4 V, a następnie automatycznie przełącza się w tryb ładowania stałonapięciowego.

Układ i jego działanie

Schemat układu automatycznej ładowarki ogniw LiFePO$_4$ pokazano na rysunku 1. Zbudowany jest w oparciu o ATmega8A (IC1), stabilizator napięcia 5 V 7805 (IC2), dwa regulowane stabilizatory napięcia LM317 (IC3 i IC4), wyświetlacz ciekłokrystaliczny 16×2 (LCD1) oraz dwa przekaźniki jednokrotnego przełączania (RL1 i RL2).

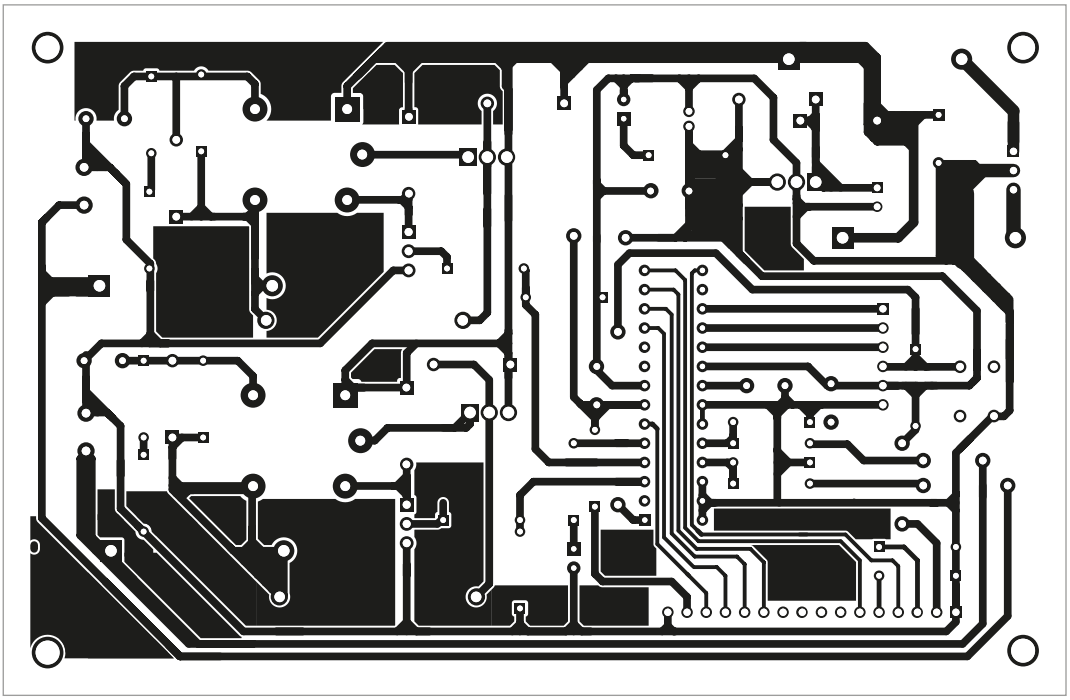
System ładowania jest sterowany przez mikrokontroler ATmega8A (MCU), który na bieżąco odczytuje napięcie ładowania ogniwa i odpowiednio zmienia tryb ładowania na stałoprądowy (CC) lub stałonapięciowy (CV). Te same informacje są wyświetlane



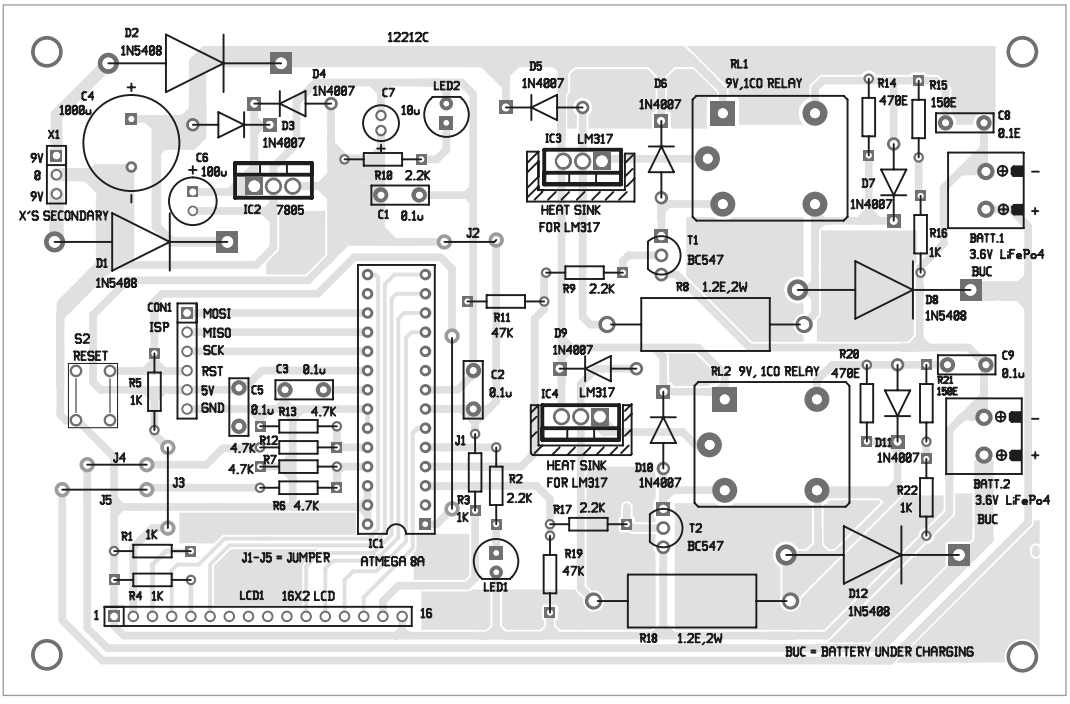
Rysunek 1. Schemat układu ładowarki ogniw

Kod źródłowy tego projektu jest dostępny do pobrania ze strony https://bit.ly/37ccu46

eprasa.pl dba03aded3



Rysunek 2. Schemat płytki drukowanej ładowarki do ogniw w rozmiarach rzeczywistych



Rysunek 3. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej

na tekstowym LCD o wymiarach 16 kolumn na 2 wiersze.

Główna koncepcja układu ładowania oparta jest na stabilizatorze napięcia LM317. Stabilizator napięcia może być podłączony w trybie stałoprądowym lub stałonapięciowym przy niewielkich zmianach w układzie. Zmiany w połączeniu są realizowane przez sterowanie stykami N/C i N/O przekaźnika za pomocą MCU. Gdy przekaźnik jest włączony, obwód ładowarki pracuje w trybie CC, a prąd o natężeniu 1 A jest wykorzystywany do szybkiego ładowania ogniwa. Po osiągnięciu wymaganego napięcia ogniwa przekaźnik jest wyłączany przez MCU, a obwód ładowarki przechodzi w tryb CV.

Dla wygody na wyświetlaczu LCD1 wyświetlane są informacje o obecności akumulatorów, napięciu akumulatorów, stanie ładowania, trybie ładowania (CC/CV) itp.

Oprogramowanie

Program został napisany w języku C przy użyciu AVR Studio4. Jest on kompilowany i generowany jest kod binarny/heksowy dla ATmega8A jako LiFePO4_charger.hex.

Gdy płytka drukowana jest gotowa, kod heksadecymalny jest zapisywany/wgrywany do MCU za pomocą odpowiedniego programatora AVR, a MCU jest umieszczany na płytce drukowanej.

REKLAMA

Kursy w Ulubionym Kiosku

IT i Hi-tech • Muzyka i Dźwięk – Pełna oferta na stronie

www.ulubionykiosk.pl

eprasa.pl dba03aded3

Wykaz elementów:

Półprzewodniki:
IC1: ATmega8A MCU
IC2: stabilizator napięcia 7805
IC3, IC4: stabilizator napięcia LM317
D1, D2, D8, D12: dioda 1N5408
D3...D7, D9...D11: dioda prostownicza 1N4007
T1, T2: tranzystor BC547 NPN
LED1, LED2: LED 5 mm

Rezystory: (wszystkie 1/4 wata, ±5% węglowe), o ile nie podano inaczej
R1, R3...R4, R16, R22: 1 kΩ
R2, R9, R10, R17: 2,2 kΩ
R5...R7, R12, R13: 4,7 kΩ
R8, R18: 1,2 Ω, 2 W
R11, R19: 47 kΩ
R14, R20: 470 Ω
R15, R21: 150 Ω

Pozostałe:
CON1: 6-pinowe złącze
X1: transformator z uzwojeniem pierwotnym 230 V i wtórnym 2 A ze środkowym odczepem 9 V-0-9 V
S: włącznik/wyłącznik
S2: przełącznik dotykowy
RL1, RL2: 9 V, przekaźnik przełączający
LCD1: wyświetlacz LCD 16×2
Bat.1, Bat.2: 3,6 V LiFePO4 do ładowania
zworka
28-pinowa podstawa układu scalonego
dwustykowe złącze zaciskowe (dwa)
radiator dla IC2...IC4

Kondensatory:
C1...C3, C5, C8, C9: dyskowy ceramiczny 0,1 µF
C4: 1000 µF, 35 V elektrolityczny
C6: 100 µF, 25 V elektrolityczny
C7: 10 µF, 25 V elektrolityczny

Można również użyć portu ISP do bezpośredniego zapisu kodu heksadecymalnego za pomocą programowania wewnątrzsystemowego. Wszystkie funkcje i zmienne używane w kodzie są odpowiednio nazwane, aby można było określić ich przeznaczenie podczas programowania.

Budowa i testowanie

Układ płytki drukowanej automatycznej ładowarki ogniw LiFePO4 w rzeczywistych wymiarach jest pokazany na rysunku 2, a rozmieszczenie jej elementów na rysunku 3.

Po zmontowaniu układu na płytce drukowanej podłączmy wyjście wtórne transformatora 9 V-0-9 V do złącza X1 zaznaczonego na płytce. Podłączmy również uzwojenie pierwotne X1 do sieci prądu przemiennego za pomocą przełącznika S1 (nie pokazanego na rysunku 3).

Po włączeniu zasilania za pomocą wyłącznika zasilania (S1) zaczyna migać dioda LED1, a na wyświetlaczu LCD1 pojawia się komunikat powitalny. Następnie program uruchamia pętlę odczytu napięcia ogniwa i odpowiednio ustawia tryb ładowania na CC/CV. Jeśli ogniwo jest w pełni naładowane, na wyświetlaczu LCD1 pojawi się komunikat „Full" (pełny). jeżeli ogniwo nie jest podłączone do złącza ładowania, wyświetlany jest komunikat „Absent" (brak).

Aby odprowadzić ciepło wytwarzane w trybie CC, każdy LM317 powinien być wyposażony w dobry radiator. ■

Fayaz Hassan

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY", wrzesień 2021 (efymag.com)

REKLAMA



eprasa.pl dba03aded3

Bezprzewodowa proteza dłoni sterowana za pomocą EMG



W projekcie opisano, jak zaprojektować protezę ręki, która może odwzorowywać naturalne ruchy dłoni i skurcze mięśni.

A gdyby mieć dodatkową parę rąk do wykonywania zadań w innym miejscu, podczas gdy sterowalibyśmy nimi bezprzewodowo z innej lokalizacji? Wydaje się to nierealne, prawda? Ale jest to możliwe.

Tabela 1. Komponenty

Nazwa komponentu	Liczba	Opis
proteza ręki wydrukowana w 3D	3	proteza ręki
Arduino Pro Micro	2	ATmega32U4
przewody/zworki	6	żeńskie do żeńskiego
bateria 9 V	2	bateria 9 V DC MN1604
serwomotor	1	12 kg/cm^2
czujnik EMG	1	czujnik EMG
Bluetooth HC–05	2	moduł Bluetooth

W projekcie opisano, jak zaprojektować protezę ręki, która może odwzorowywać naturalne ruchy ręki i skurcze mięśni. Mimo że jest sztuczna, działa jak biologiczna ręka, podążając za sygnałami z mięśni.

W tym celu rejestruje się wartości skurczu i naprężenia mięśni, a następnie za pomocą sygnałów z mięśni bezprzewodowo steruje znajdującą się w innym miejscu protezą ręki. Projekt może być dalej rozwijany, aby pomóc osobom z fizycznymi niepełnosprawnościami, a także do chwytania przedmiotów leżących w miejscach, w których nie chcemy brudzić sobie rąk.

Montaż

Na rynku dostępne są różne protetyczne części ciała o otwartym kodzie źródłowym. Można je również wydrukować w domu w technologii 3D. W tym projekcie wykorzystano robotyczne ramię InMoov. Po zdobyciu potrzebnych części, w tym palców i serwomechanizmów, zmontujmy protezę ręki w sposób przedstawiony na rysunkach.

Kodowanie

Należy wykonać dwa urządzenia – nadajnik danych protezy ręki i odbiornik danych protezy ręki z serwomechanizmem ruchu. Dla każdego z nich należy utworzyć osobne kody.

Kod nadajnika jest wymagany do przesyłania danych EMG (elektromiografia) do protezy ręki. W tym celu należy najpierw zdefiniować numery pinów dla czujników oraz zmienne do przechowywania danych z czujników EMG. Następnie tworzymy funkcję setup, w której ustawiamy szybkość transmisji dla komunikacji przez Bluetooth i port szeregowy.

Arduino Pro Micro oferuje dwa sprzętowe porty szeregowe – jeden dla USB, a drugi dla pinów odbiornika i nadajnika. Użyjmy Serial1 do komunikacji Bluetooth, ustawiając



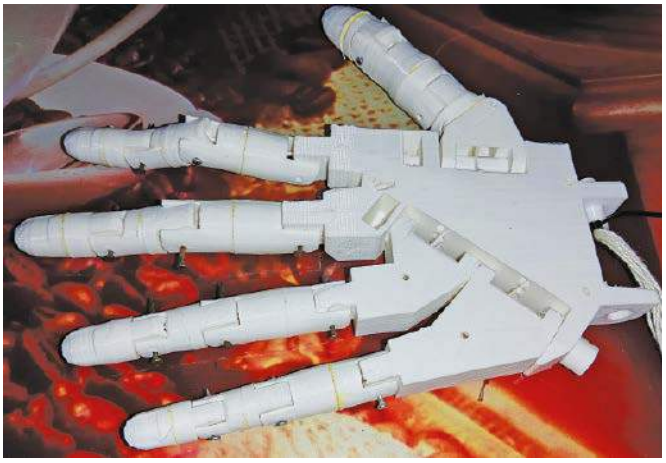
Rysunek 1. Widok wnętrza protezy ręki



Rysunek 2. Proteza ręki z serwomechanizmem



Rysunek 3. Widok zewnętrzny protezy ręki



Rysunek 4. Proteza ręki

eprasa.pl dba03aded3

```
int senpin=A7;
int senval=0;

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
Serial.begin(9600);
Serial1.begin(9600);

}
```

Rysunek 5. Kod1 nadajnika

```
void loop() {
  senval=analogRead(senpin);
  Serial.println(senval);
  delay(100);
  // put your main code here, to run repeatedly:

}
```

Rysunek 6. Kod nadajnika do aktualizacji wartości z czujnika EMG

jego szybkość transmisji na 9600, co jest wartością domyślną dla Bluetooth HC-05. Następnie utwórzmy funkcję pętli (zob. rysunek 6), która w regularnych odstępach czasu będzie wysyłać do Bluetooth zaktualizowane wartości z czujnika EMG.

W przypadku odbiornika do kodu sterującego nim należy dołączyć bibliotekę serwomechanizmów servo.h. Następnie utwórzmy funkcję setup, która ustawi numer pinu do podłączenia przewodu sygnałowego PWM serwomechanizmu w celu sterowania nim.

Arduino Pro Micro ma kilka pinów PWM; my użyjemy pinu numer 9 do sterowania PWM serwomechanizmem. Uruchommy monitor szeregowy, aby odczytać wartość urządzenia nadawczego, a następnie utwórzmy funkcję pętli, aby uzyskać wartość czujnika EMG przez port szeregowy. Zastosujmy wartość EMG do zakresu obrotu stopni serwomechanizmu, który dla serwomechanizmu wynosi od 0 do 180 stopni, a dla czujnika EMG ma wartości od 60 do 800.

```
#include<Servo.h>
Servo arm;

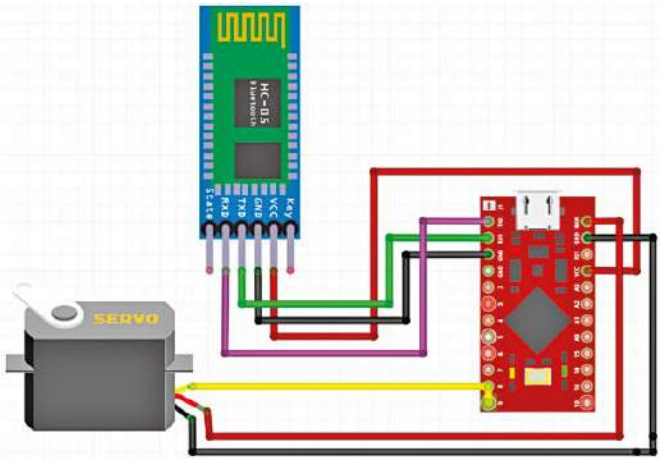
int recvvval=0;

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
arm.attach(9);
Serial1.begin(9600);
}
```

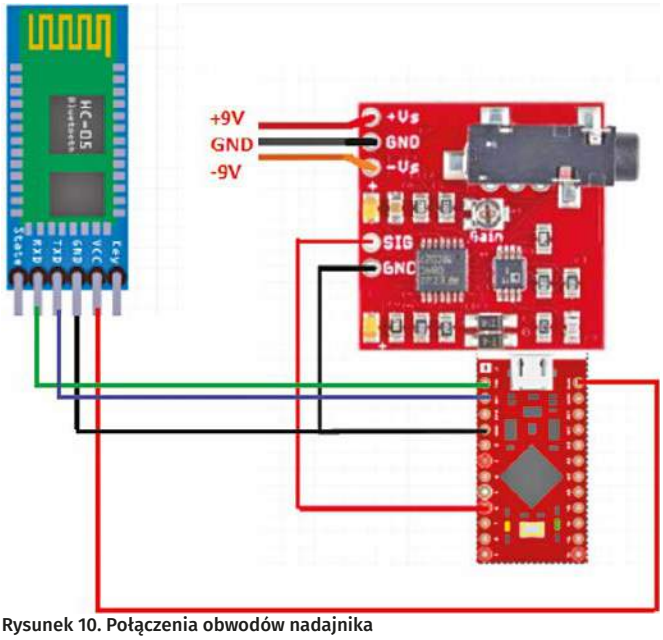
Rysunek 7. Podłączenie odbiornika

```
void loop() {
recvvval= Serial.parseInt();
// put your main code here, to run repeatedly:
int pos= map(recvvval,60,400, 0, 180);
arm.write(pos);
}
```

Rysunek 8. Funkcja kodu pętli odbiornika



Rysunek 9. Połączenia obwodów odbiornika



Rysunek 10. Połączenia obwodów nadajnika

Zapiszmy odwzorowaną wartość do pozycji serwomechanizmu, aby poruszać palcem protezy ręki zgodnie z sygnałami generowanymi przez ruch mięśni.

Połączenia

Podłączmy elementy nadajnika i odbiornika, jak pokazano na rysunkach 9 i 10.

W przypadku układu nadajnika EMG należy dodać moduł Bluetooth także w układzie odbiornika.

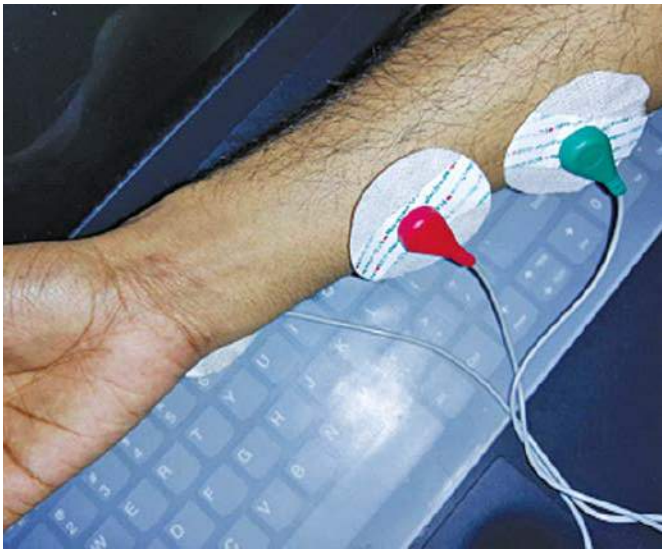
Należy pamiętać, że aby oba moduły Bluetooth mogły się ze sobą sparować i odpowiednio przesyłać/odbierać dane, należy je skonfigurować. W tym celu należy postępować zgodnie z dostępnymi w internecie instrukcjami dotyczącymi konfiguracji trybu master i slave w HC05.

Aby przetestować, podłączmy wszystkie palce do koła pasowego serwomechanizmu protezy i włączmy zasilanie nadajnika oraz odbiornik-kontroler dla protezy ręki. Zamocujmy elektrody na ramieniu kontrolnym w sposób przedstawiony na rysunku 11. Protetyczne ramię będzie naśladować ruchy palców dłoni podczas zamykania i otwierania dłoni.

Gratulacje! Stworzyliśmy właśnie dodatkową rękę, którą można sterować bezprzewodowo. ■

Ashwini Kumar Sinha

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY”, luty 2022 (efymag.com)



Rysunek 11. Podłączenie elektrod do EMG

eprasa.pl dba03aded3

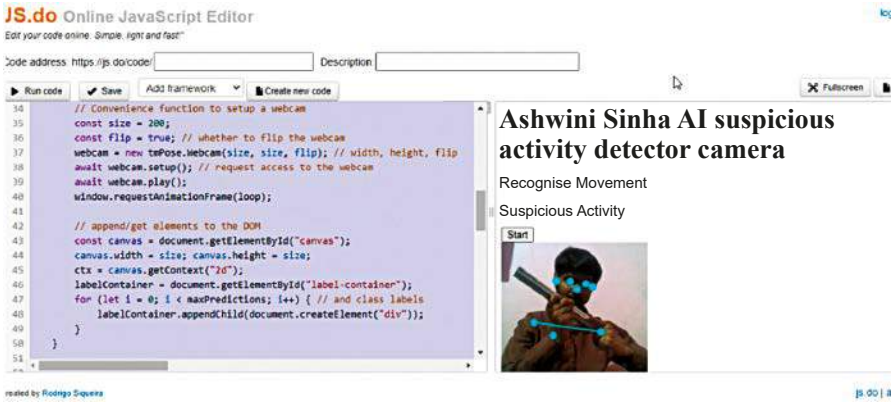
Inteligentna kamera do śledzenia podejrzanych działań



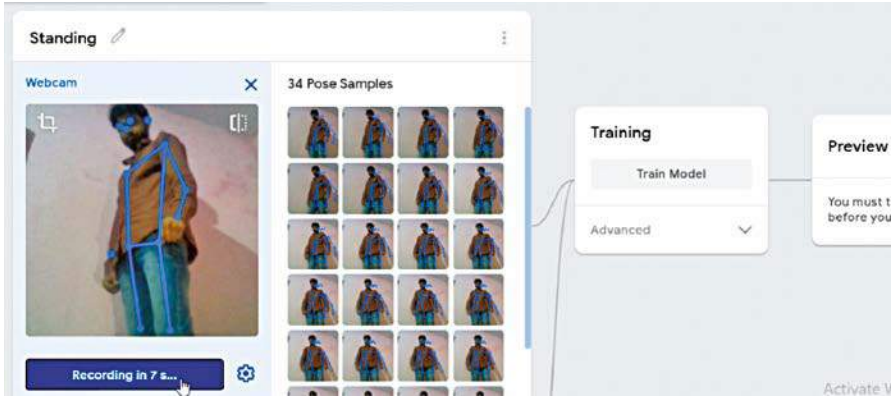
Śledzenie i wykrywanie podejrzanych działań jest jednym z najbardziej wymagających zadań dla pracowników i systemów bezpieczeństwa. Gdyby jednak inteligentna kamera mogła wykrywać wszelkie podejrzane działania i automatycznie uruchamiać alarm w celu wezwania policji, liczba takich przestępstw prawdopodobnie znacznie by się zmniejszyła. Zobaczmy więc, jak zbudować taki alarm.



Rysunek 1. Kamera RPi ze sztuczną inteligencją



Rysunek 2. Prototyp autora



Rysunek 3. Zasilanie normalnych zbiorów danych o aktywności w celu utworzenia modelu ML

Śledzenie i wykrywanie podejrzanych działań jest jednym z najbardziej wymagających zadań dla pracowników i systemów bezpieczeństwa. Jeśli w miejscu takim jak lotnisko czy bank zawiedzie system bezpieczeństwa, przestępcy mogą dokonać napadu z bronią w ręku. Ze strachu ofiary zazwyczaj nie są w stanie na czas wezwać na pomoc policji.

Gdyby jednak inteligentna kamera mogła wykrywać wszelkie podejrzane działania i automatycznie uruchamiać alarm w celu wezwania policji, liczba takich przestępstw prawdopodobnie znacznie by się zmniejszyła. Zobaczmy więc, jak zbudować taki alarm.

Szkolenie kamery

Stwórzmy model uczenia maszynowego (Machine Learning) na podstawie zbiorów danych dotyczących zwykłych czynności, takich jak chodzenie, mówienie, czytanie i siedzenie. Dostarczmy do modelu ML zbiory danych o podejrzanych działaniach, takich jak bójki, boksowanie, kierowanie broni lub wszelkie inne gwałtowne ruchy uznane za podejrzane.

Należy wykonywać wyżej wymienione czynności przed inteligentną kamerą, aby uchwycić różne ruchy. Pomoże to wyszkolić model ML i wdrożyć go na Raspberry Pi jako inteligentną kamerę ze sztuczną inteligencją (AI).

Istnieje kilka elastycznych opcji, takich jak TensorFlow, Google Teachable, Edge Impulse i Lobeo, służących do tworzenia i szkolenia modelu ML.

Do projektu można wybrać dowolną z nich. W celu demonstracji, wykorzystano tutaj narzędzie Google Teachable.

W usłudze Google Teachable wybierzmy opcję PoseNet, aby poprawnie śledzić różne

Tabela 1. Potrzebne komponenty

Nazwa komponentu	Ilość	Opis
Raspberry Pi 4	1	Zero W lub RPi 4
kamera RPi	1	moduł kamery
głośnik/ wzmacniacz	1	moduł głośnika

eprasa.pl dba03aded3

ruchy i czynności ciała. Należy prawidłowo oznaczyć czynności wykonywane wcześniej, takie jak chodzenie, mówienie, jedzenie, stanie itp. Wprowadźmy te zestawy danych do modelu ML. Podobnie należy poprawnie oznaczyć i zasilić zbiory danych dotyczące takich czynności, jak celowanie z broni, strzelanie z broni, bójka, bicie itp.

Po wprowadzeniu wymaganych zbiorów danych kliknijmy Train Model (*szkól model*). Pojawi się opcja wyeksportowania modelu ML lub przesłania go do chmury. Przesłanie modelu ML do chmury, aby bezpiecznie go tam przechowywać i umożliwić użytkownikom dostęp do niego oraz jego wdrożenie w dowolnym miejscu na świecie.

Po przesłaniu danych do chmury otrzymamy adres URL do korzystania z modelu ML. Adres URL modelu ML stworzonego przez autora to *https://teachablemachine.withgoogle.com/models/jLeJTw1rQ/*.

Użyjmy modelu ML na kamerze i podłączmy głośnik, aby Raspberry Pi uruchamiało alarm w przypadku wykrycia podejrzanej aktywności.

Kodowanie

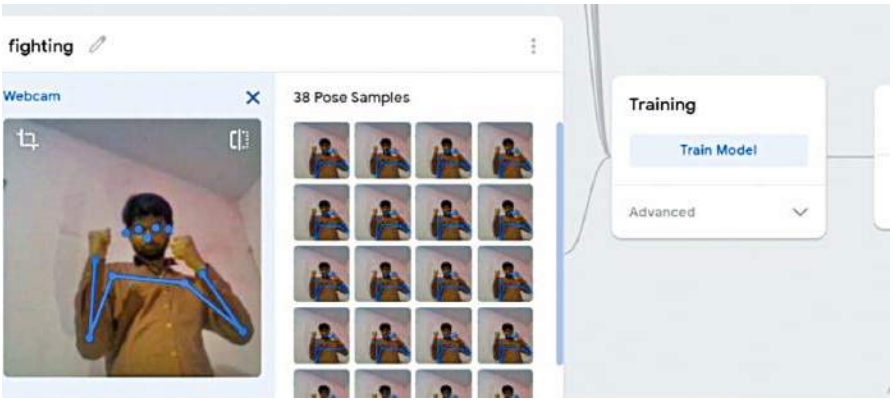
Aby wdrożyć model ML w systemie Raspberry, konieczne jest kodowanie Raspberry Pi. Podczas przesyłania modelu ML otrzymamy przykładowy wycinek kodu. Skopiujmy go i wklejmy do naszego kodu JavaScript (JS). Kodowanie i testowanie JS można przeprowadzić za pomocą dowolnego edytora kodu, zarówno offline, jak i online. Kamerze można nadać nazwę w języku HTML dla modelu ML.

Zaimportujmy model ML, który został wcześniej przesłany do chmury. Następnie należy sprawdzić, czy działania takie jak bicie, strzelanie z broni i posiadanie broni są wykrywane przez model ML podczas przetwarzania wideo.

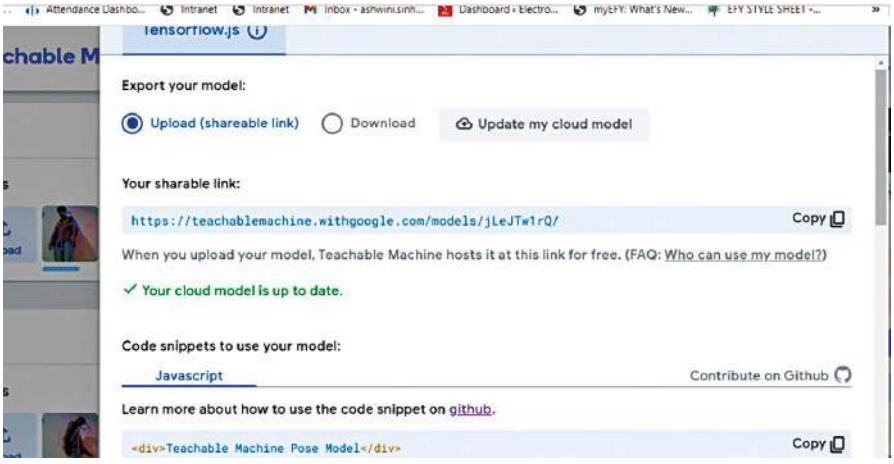
Model podaje prawdopodobieństwo wystąpienia danej czynności w przedziale od 0,00 do 1,00. Tak więc, używając warunku „if”, jeśli wynik jest większy niż 0,98, oznacza to, że dana osoba albo celuje z broni, albo bierze udział w bójce. W tym momencie uruchamiany jest alarm, który ostrzega osoby znajdujące się w pobliżu.

Testowanie

Zapiszmy kod JavaScript jako .html i otwórzmy go w dowolnej przeglądarce z włączoną obsługą JavaScript. Kliknijmy przycisk Start i wykonajmy podejrzaną czynność przed kamerą. Model ML spróbuje je rozpoznać, a jeśli okaże się, że są nietypowe, wyśle ostrzeżenie. Można również dodać funkcje automatycznego wzywania policji lub wysyłania wiadomości.



Rysunek 4. Arkusz danych, któremu dostarczamy podejrzane działania



Rysunek 5. Wyszkolenie ML

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<body>

<h1>Ashwini Sinha AI sepicious activity detector camera</h1>
<p>Recognise Movement</p>

<p id="output"></p>

<div>  </div>
<button type="button" onclick="init()">Start</button>
<div><canvas id="canvas"></canvas></div>
<div id="label-container"></div>
<script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/@tensorflow/tfjs@1.3.1/dist/tf.min.js"></script>
<script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/@teachablemachine/pose@0.8/dist/teachablemachine-pose.min.js"></sc
<script type="text/javascript">
    // More API functions here:
    // https://github.com/googlecreativelab/teachablemachine-community/tree/master/libraries/pose

    // the link to your model provided by Teachable Machine export panel
    const URL = "https://teachablemachine.withgoogle.com/models/jLeJTw1rQ/";
    let model, webcam, ctx, labelContainer, maxPredictions;

    async function init() {
        const modelURL = URL + "model.json";
        const metadataURL = URL + "metadata.json";
```

Rysunek 6. Kod JavaScript

```
        // Prediction #1: run input through posenet
        // estimatePose can take in an image, video or canvas html element
        const { pose, posenetOutput } = await model.estimatePose(webcam.canvas);
        // Prediction 2: run input through teachable machine classification model
        const prediction = await model.predict(posenetOutput);

        for (let i = 0; i < maxPredictions; i++) {
            const classPrediction =
                prediction[i].className + ": " + prediction[i].probability.toFixed(2);
            labelContainer.childNodes[i].innerHTML = classPrediction;
            if( (prediction[3].probability.toFixed(2)) >= 0.98 || (prediction[4].probability.toFixed(2)) >= 0.98 || (prediction[5].
            {
             document.getElementById("output").innerHTML = "Sepicious activity";
              var audio = new Audio("/home/pi/siren.mp4");
              audio.play();
            }else{
                        document.getElementById("output").innerHTML = "Normal activity";

            }
           // document.getElementById("output").innerHTML = prediction[2].className + prediction[2].probability.toFixed(2);

        }

        // finally draw the poses
        drawPose(pose);
```

Rysunek 7. Kod ustawiający ścieżkę odtwarzanego dźwięku

eprasa.pl dba03aded3

```
async function predict() {
    // Prediction #1: run input through posenet
    // estimatePose can take in an image, video or canvas html element
    const { pose, posenetOutput } = await model.estimatePose(webcam.canvas);
    // Prediction 2: run input through teachable machine classification model
    const prediction = await model.predict(posenetOutput);

    for (let i = 0; i < maxPredictions; i++) {
        const classPrediction =
            prediction[i].className + ": " + prediction[i].probability.toFixed(2);
        labelContainer.childNodes[i].innerHTML = classPrediction;
        if( (prediction[3].probability.toFixed(2)) >= 0.90 || (prediction[4].probability.toFixed(2)) >= 0.90 || (prediction[5].pro
        {
         document.getElementById("output").innerHTML = "Sepicious activity";
          var audio = new Audio("/home/pi/siren.mp4");
          audio.play();
        }else{
                    document.getElementById("output").innerHTML = "Normal activity";

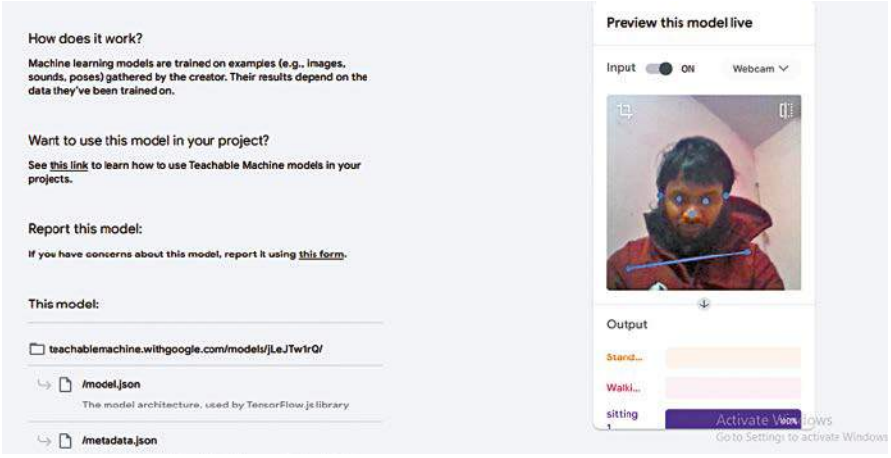
        }
       // document.getElementById("output").innerHTML = prediction[2].className + prediction[2].probability.toFixed(2);

    }
```

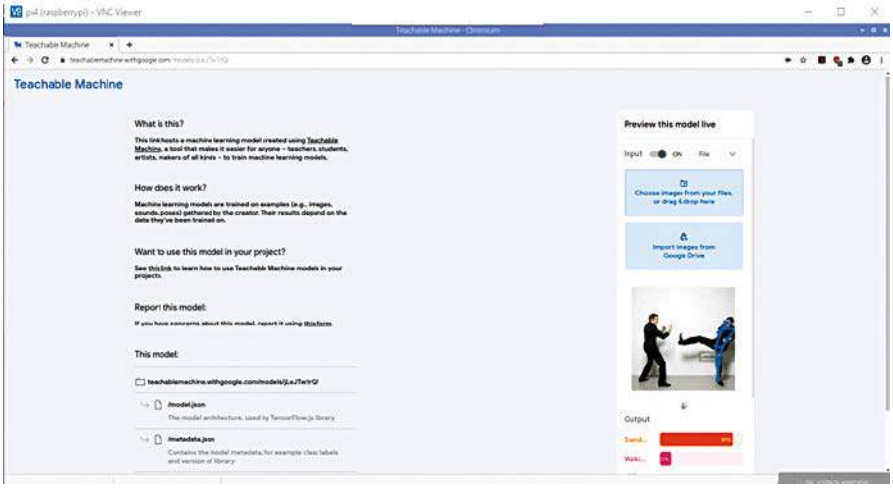
Rysunek 8. Kod odtwarzania dźwięku alarmu



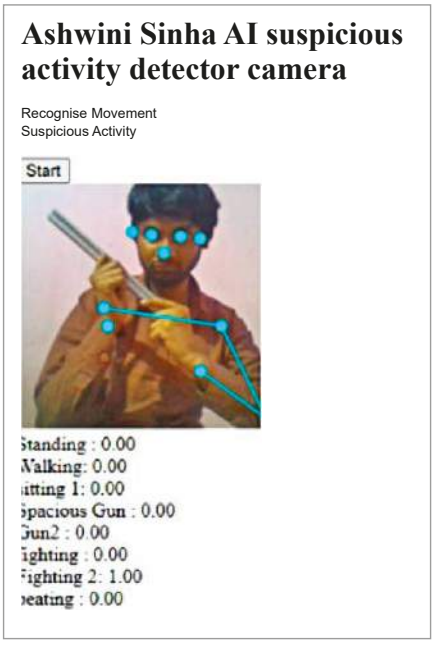
Rysunek 10. Testowanie w edytorze i kompilatorze .js online



Rysunek 11. Testowanie kamery przy użyciu adresu URL wyszkolonego modelu ML



Rysunek 12. Testowanie modelu ML poprzez ręczne wprowadzanie plików



Rysunek 9. Testowanie i wyjście kamery

Czasami Chrome na komputerze Raspberry Pi nie może otworzyć kamery ani uzyskać do niej dostępu i zawiesza się. W takim przypadku spróbujmy zainstalować najnowszą wersję Chrome lub przerzucić się na inną przeglądarkę, np. Firefox, albo użyć kompilatora plików .js działającego w trybie on-linie lub offline. Jeśli problem nadal występuje, można użyć adresu URL wyszkolonego modelu ML i bezpośrednio zobaczyć dane wyjściowe za pomocą adresu URL *https://teachablemachine.withgoogle.com/models/jLeJTw1rQ/*.

Możemy także skorzystać z opcji Files (pliki) i przesłać dane, jeśli przeglądarka nie może uzyskać dostępu do kamery, aby przetestować model ML utworzony w RPi. ■

Ashwini Kumar Sinha

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY”, marzec 2022 (efymag.com)

REKLAMA



eprasa.pl dba03aded3

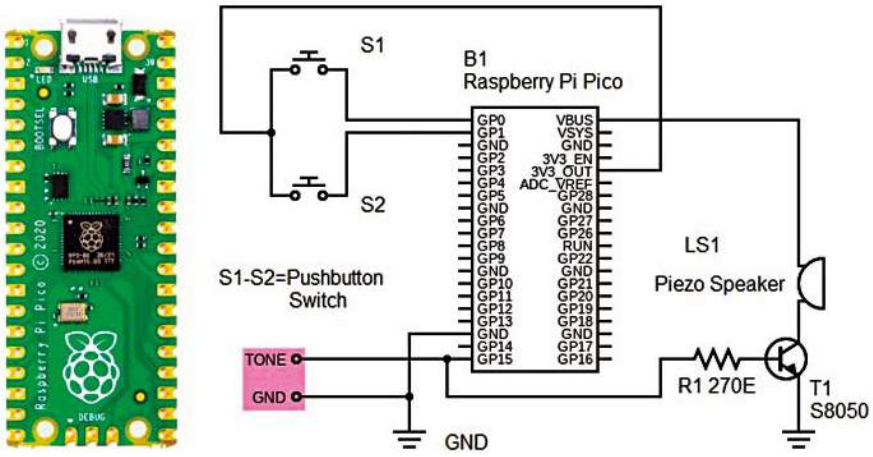
Wprowadzenie do Raspberry Pi Pico poprzez projektowanie generatora szumu



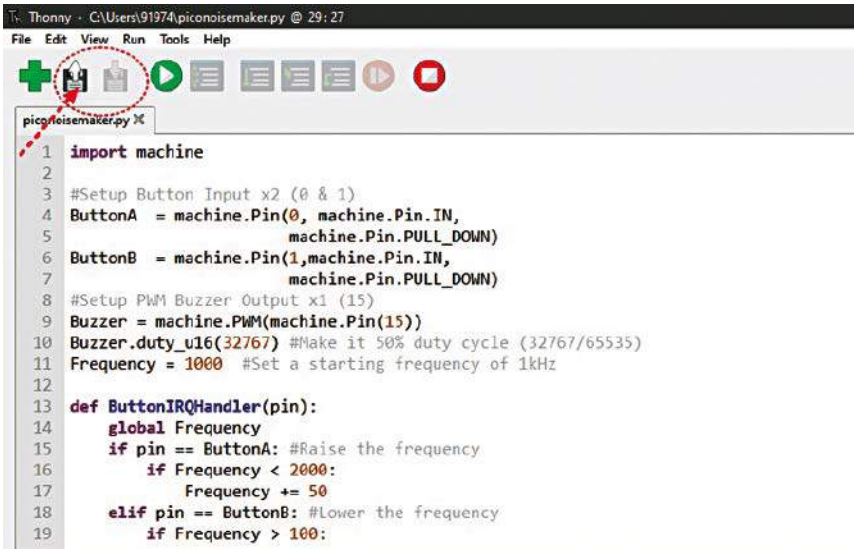
Celem tego artykułu jest przedstawienie Raspberry Pi Pico (Rpi Pico), które pracuje na częstotliwości 133 MHz z dwoma rdzeniami.



Rysunek 1. Płytka Raspberry Pi Pico



Rysunek 2. Schemat układu



Rysunek 4. Okno edytora Thonny

Pierwsza płytka Raspberry Pi oparta na pojedynczym układzie mikrokontrolera, Raspberry Pi Pico (rysunek 1), jest przeznaczona do obliczeń fizycznych – podobnych w założeniu do Arduino – a nie do pełnienia roli komputera ogólnego przeznaczenia (jak inne urządzenia z tej serii). Raspberry Pi Pico ma 264 kB pamięci RAM i 2 MB pamięci flash oraz jest programowalne w językach MicroPython, Circuit-Python i C (https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi).

Celem tego artykułu jest przedstawienie Raspberry Pi Pico (Rpi Pico), które pracuje na częstotliwości 133 MHz z dwoma rdzeniami. Ponieważ można na nim uruchomić program MicroPython, nawet nowicjusz może w krótkim czasie rozpocząć kodowanie.

Oto projekt, który można łatwo zrealizować.

Zanim jednak przystąpimy do realizacji projektu, warto zapoznać się z płytką z mikrokontrolerem RPi Pico. Poniższe linki pomogą nam zapewnić dobry start:

- https://projects.raspberrypi.org/en/projects/getting-started-with-the-pico,
- https://www.electroschematics.com/raspberry-pi-pico-first-look-part-1/,
- https://www.codrey.com/raspber-ry-pi/raspberry-pi-pico-quick-start/.

Firmware dla Raspberry Pi Pico można pobrać z linku: https://micropython.org/down-load/rp2-pico/.

Thonny – Python IDE dla początkujących – można je pobrać z witryny: https://thonny.org/.

Poniższy link pomoże nam nauczyć się programowania Raspberry Pi Pico przy użyciu MicroPythona: https://www.makeuseof.com/getting-started-micropython-raspberry-pi-pico/.

Opracowanie generatora szumu

Opisany tutaj projekt generatora szumu opartego na Raspberry Pi Pico jest w rzeczywistości



Rysunek 3. Głośnik piezoelektryczny

eprasa.pl dba03aded3

prostym układem generatora tonów, który został zmodyfikowany przy użyciu kilku elementów zewnętrznych. Jego schemat ideowy jest przedstawiony na rysunku 2.

Jak widać, konfiguracja zapewnia wyjście analogowe przez GP15 Raspberry Pi Pico do wysterowania głośnika piezoelektrycznego. Przełączniki przyciskowe S1 i S2 są podłączone do GP0 i GP1 w celu sterowania generowaniem tonów.

Elementem odpowiedzialnym za dźwięk nie jest zwykły brzęczyk piezoelektryczny, lecz głośnik piezoelektryczny, nazywany również „głośnikiem płyty głównej". Ten piezoelektryczny głośnik (rysunek 3) jest zwykle używany do uzyskiwania sygnałów dźwiękowych z płyt głównych komputerów, systemów alarmowych i innych urządzeń elektronicznych. Wyjście tonowe z płytki Raspberry Pi Pico (TONE i GND) jest dość niskie, więc tranzystor S8050 służy do wysterowania 16-omowego głośnika (LS1).

Cała konfiguracja sprzętowa może być zasilana ze stabilnego źródła zasilania 5 V DC/USB. Najprostszym sposobem jest podłączenie zewnętrznego źródła zasilania USB do wbudowanego złącza micro-USB, co spowoduje zasilanie VSYS, a tym samym systemu, z napięcia USB 5 V (VBUS).

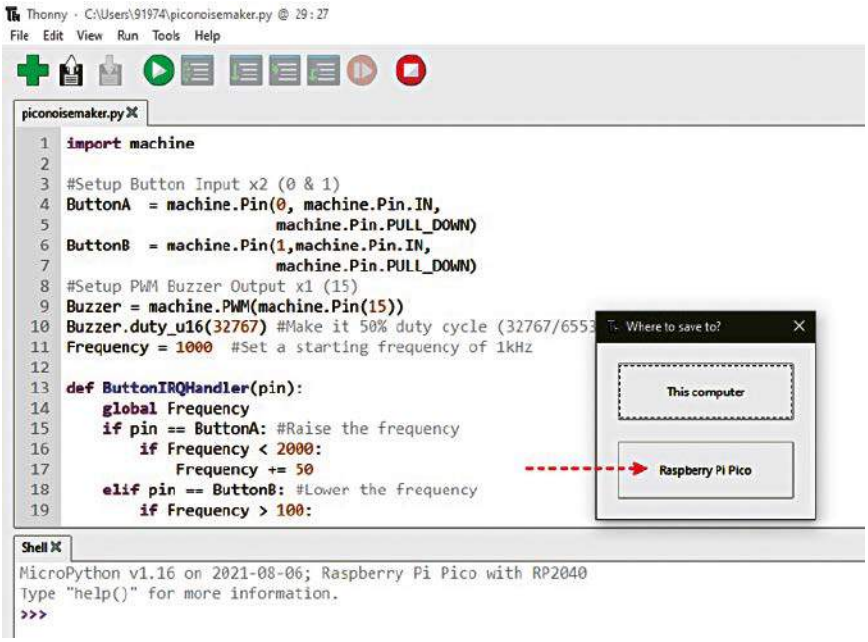
Oprogramowanie

Zamiast szybkiego odczytywania wartości przełącznika przyciskowego w pętli, mikrokontroler może być powiadamiany o zmianie poprzez żądanie przerwania (IRQ). IRQ pozwala na przerwanie głównej pętli procesora w celu wykonania jakiejś czynności przed powrotem do zadania, które wykonywał wcześniej.

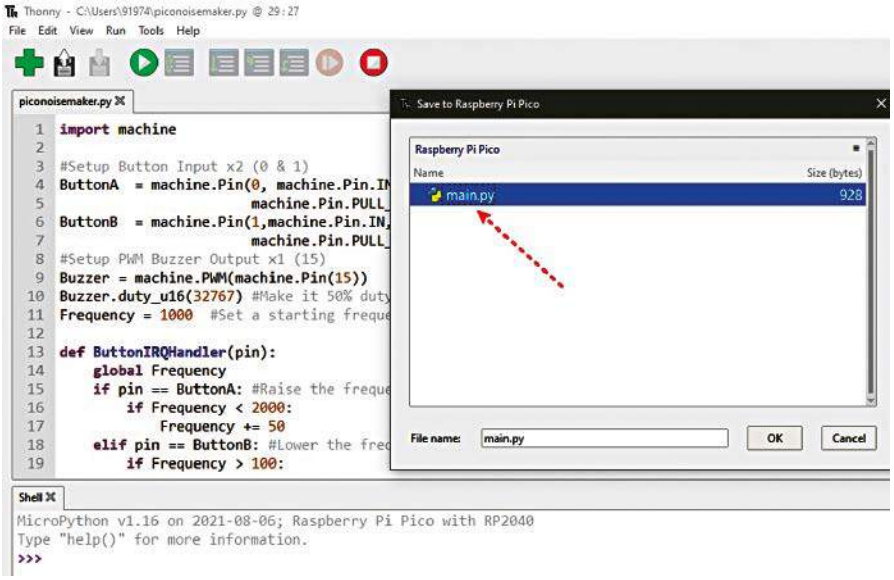
Poniżej przedstawiono uproszczony kod przygotowany dla powyższej konfiguracji sprzętowej w celu sterowania IRQ za pomocą dwóch przycisków (S1 i S2), a następnie wygenerowania wyjścia analogowego do wysterowania elementu sygnalizatora dźwiękowego (źródło inspiracji https://kitronik.co.uk/). Kod źródłowy (piconoisemaker.py) przedstawiono na listingu 1.

Skoro już o tym mowa, plik PY to plik programu (lub skryptu) napisany w Pythonie, który jest interpretowanym obiektowym językiem programowania. Można go utworzyć i edytować za pomocą edytora tekstu, ale wymaga on interpretera języka Python do uruchomienia. Zwyczajnie wybierzmy Thonny!

Kod źródłowy tego projektu jest dostępny do pobrania ze strony https://bit.ly/3v3GAyY



Rysunek 5. Zapisywanie kodu Pythona



Rysunek 6. Nadawanie nazw kodowi Pythona

Listing 1.

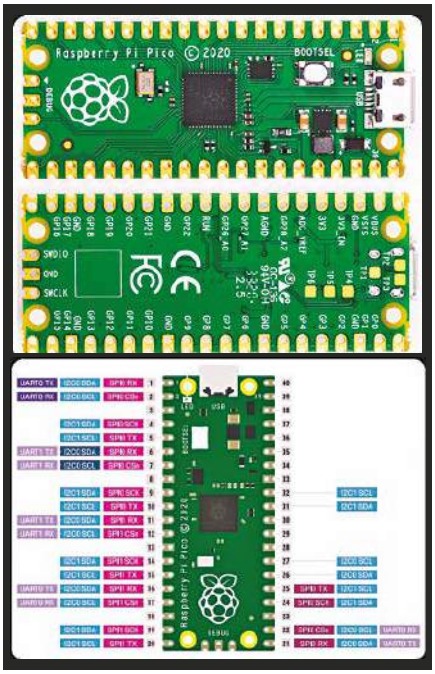
```
import machine

# Setup Button Input x2 (0 & 1)
ButtonA = machine.Pin(0, machine.Pin.IN, machine.Pin.PULL_DOWN)
ButtonB = machine.Pin(1,machine.Pin.IN, machine.Pin.PULL_DOWN)
# Setup PWM Buzzer Output x1 (15) Buzzer = machine.PWM(machine.Pin(15))
Buzzer.duty_u16(32767) #Make it 50% duty cycle (32767/65535)
Frequency = 1000 #Set a starting frequency of 1 kHz

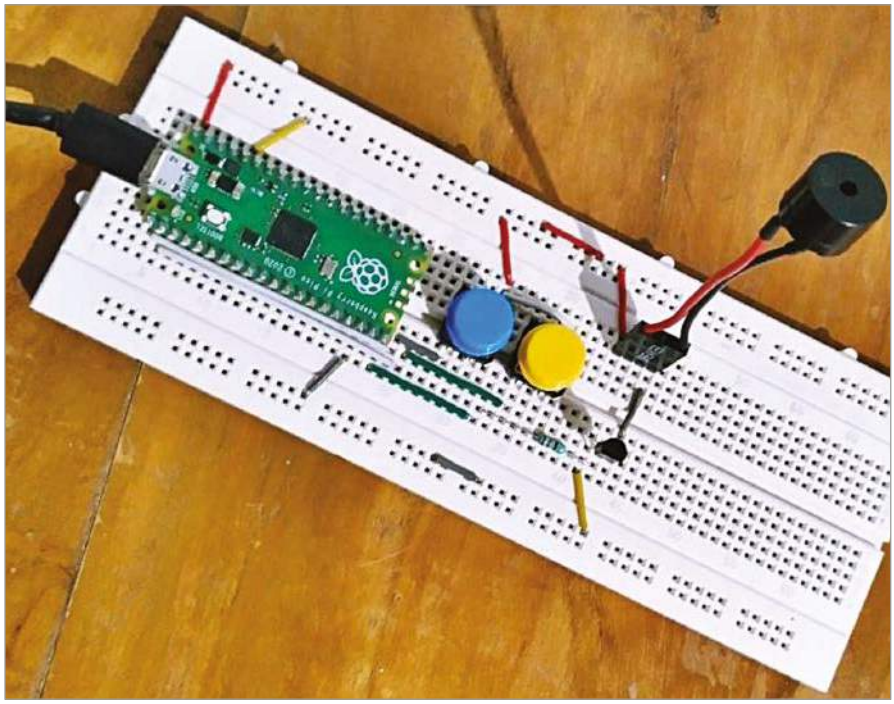
def ButtonIRQHandler(pin):
global Frequency
if pin == ButtonA: #Raise the frequency if Frequency < 2000:
Frequency += 50
elif pin == ButtonB: #Lower the frequency
if Frequency > 100:
Frequency -= 50

# Setup the IRQ and hook it to the handler
# ButtonA.irq(trigger = machine.Pin.IRQ_ RISING,
handler = ButtonIRQHandler) ButtonB.irq(trigger = machine.Pin.IRQ_ RISING,
handler = ButtonIRQHandler)
```

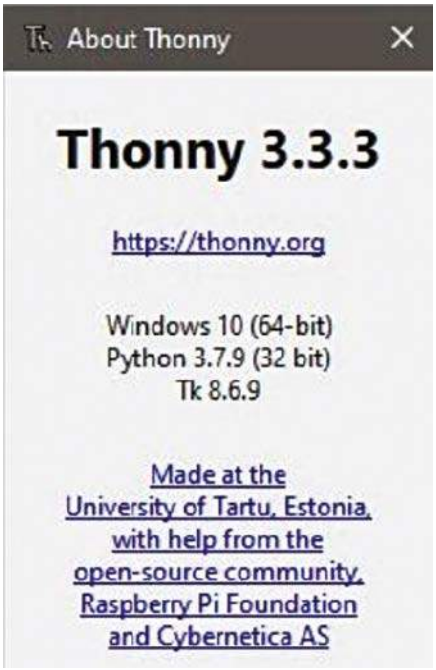

eprasa.pl dba03aded3



Rysunek 7. Szczegóły dotyczące pinów Raspberry Pi Pico



Rysunek 9. Prototyp autora na płytce prototypowej



Rysunek 8. Thonny IDE

IDE Thonny

Program Thonny ma wbudowany Python 3.7, więc nie trzeba go instalować osobno. Wystarczy zainstalować program Thonny na komputerze i można zaczynać!

Po zainstalowaniu Thonny IDE należy połączyć płytkę Raspberry Pi Pico z komputerem za pomocą odpowiedniego przewodu USB. Należy nacisnąć i przytrzymać przycisk BOOTSEL na płytce Raspberry Pi Pico (B1), podłączając ją do komputera za pomocą przewodu USB-A do micro-USB.

Po pomyślnym podłączeniu do komputera, Raspberry Pi Pico będzie widoczne jako urządzenie pamięci masowej USB.

Teraz można otworzyć Thonny IDE, a w oknie pojawi się popup z informacjami dotyczącymi Raspberry Pi Pico. Przejdźmy do instalacji firmware MicroPython. Płytka Raspberry Pi Pico jest teraz zaktualizowana firmwarem MicroPython i gotowa do wykonywania kodów Pythona. W rzeczywistości można to zrobić także metodą przeciągnij i upuść. Należy sprawdzić https://www.twilio.com/blog/pro-gramming-raspberry-pi-pico-micro-controller-micropython.

Skopiujmy i wklejmy powyższy kod Pythona do okna edytora Thonny (rysunek 4) i zapiszmy kod przed jego uruchomieniem. Są tam dwa przyciski z ikoną dyskietki – otwórz i zapisz.

W oknie „Where to save to" (Gdzie zapisać) wybierzmy Raspberry Pi Pico, jak pokazano na rysunku 5, nadajmy nazwę plikowi Pythona z rozszerzeniem „py" i kliknijmy OK.

Po zapisaniu kodu można go wykonać na Raspberry Pi Pico za pomocą zielonego przycisku Play znajdującego się na górze. Aby zatrzymać wykonywanie kodu, użyjmy czerwonego przycisku Stop.

Pamiętajmy, że kod generujący szum powinien być uruchamiany automatycznie, aby zasilić autonomiczny zestaw Raspberry Pi Pico. Dlatego zapisując plik z kodem na płytce Raspberry Pi Pico, nazwijmy go main.py (rysunek 6).

Niesamowite? Cóż, po prostu zróbmy to po swojemu!

Testowanie

Testowanie tego projektu jest proste, jeśli się wie, co się ma zamiar zrobić! Po pomyślnym zakończeniu budowy wystarczy uruchomić prototyp ze źródła zasilania USB. Jeśli wszystko pójdzie dobrze, będzie słyszalny sygnał tonowy. Przyciski S1 i S2 służą do zwiększania lub zmniejszania częstotliwości tonów.

Autor ostatnio często bawi się Raspberry Pi Pico. Na niektórych kanałach internetowych pisał o Raspberry Pi Pico, które jest wspaniałą płytką z mikrokontrolerem o niewielkich rozmiarach, zdolną do uruchamiania kodu sterującego sprzętem fizycznym. Szczegóły pinów płytki Pico są pokazane na rysunku 7.

Raspberry Pi Pico, którego użyto do tego projektu, miał już wlutowane złącza, a autor wcześniej umieścił na nim MicroPythona. Używa on programu Thonny 3.3.3 (rysunek 8) na komputerze z systemem Windows 10 (64-bitowym).

Na rysunku 9 przedstawiono autorski prototyp zamontowany na płytce prototypowej.

Ten projekt został przedstawiony przez autora, aby móc go wypróbować i uczyć się. Można poprawić kod w celu uzyskania lepszego efektu. Można nawet posunąć się dalej, stosując profesjonalne elektroniczne generatory tonów. Mamy nadzieję, że można tu znaleźć więcej ciekawych sposobów na zabawę z dźwiękiem na Raspberry Pi Pico! ■

T. K. Hareendran

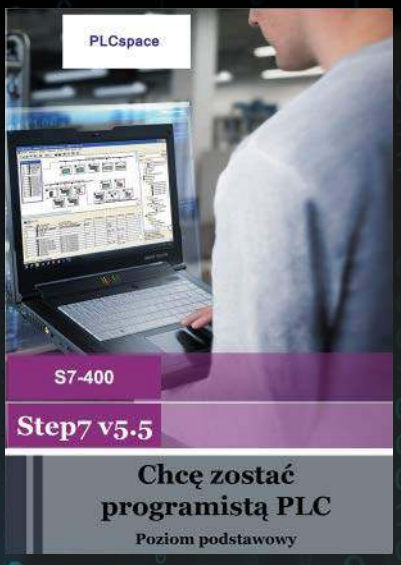
Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY", luty 2022 (efymag.com)

eprasa.pl dba03aded3

Kursy on-line w Ulubionym Kiosku!

Chcę zostać programistą PLC











Z tymi kursami nauczysz się programować tak, jak robią to doświadczeni automatycy!

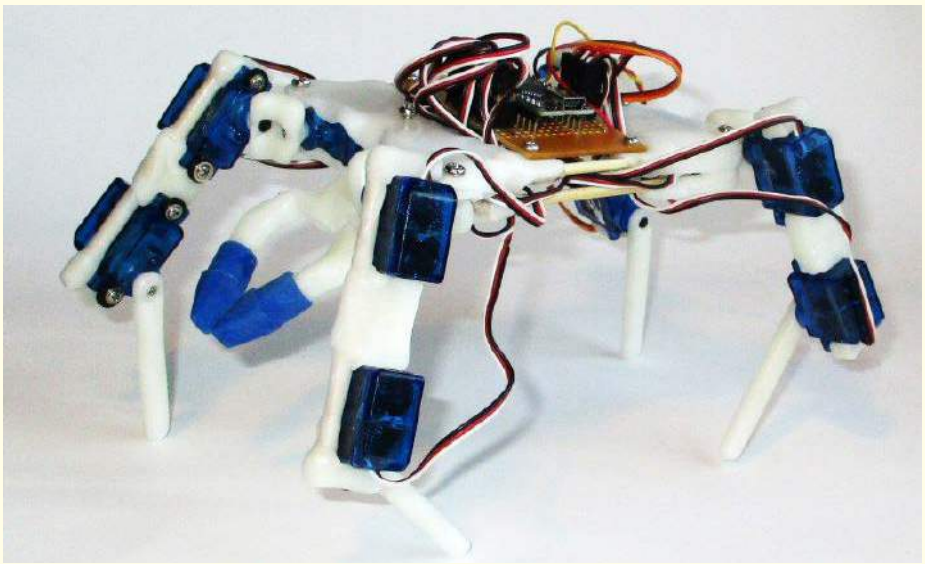
Zobacz szczegóły i zamów na www.ulubionykiosk.pl/kursy

eprasa.pl dba03aded3

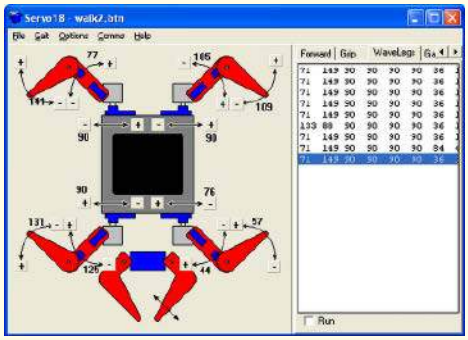
Przedstawiamy początkowe fragmenty dwóch projektów ze zbioru kilkudziesięciu projektów dostępnych wyłącznie dla prenumeratorów EdW w rubryce DIY PLUS na **www.elportal.pl**. W rubryce DIY PLUS zamieszczamy aktualnie najciekawsze projekty publikowane w Internecie w formule open source. Prenumeratorów EdW zapraszamy do zapoznania się na **www.elportal.pl** z niezwykle inspirującymi zasobami rubryki DIY PLUS.

Łatwy do zbudowania robot kroczący

Budowanie robotów jest trudne. Trzeba znać się na elektronice, mechanice, inżynierii oraz programowaniu. W niniejszym artykule opisano jak w łatwy sposób skonstruować robota kroczącego.







To robot, którego każdy może zbudować na stole kuchennym. Nie potrzebujesz drukarki 3D. Nie potrzebujesz specjalnych narzędzi. Nie potrzebujesz warsztatu. Tyle, że do zbudowania układu potrzebna jest lutownica.

Dołączyłem także program generatora chodu (wzoru kroków) dla systemu Windows. Programowanie robotów kroczących jest trudne, a program dla Windows powinien ułatwić tworzenie szkiców Arduino.

Tworzenie robotów jest trudne. Potrzeba znać trzy dziedziny wiedzy. Trzeba znać się na elektronice, aby zaprojektować układ. Trzeba znać się na mechanice i inżynierii, aby zbudować sprzęt. Trzeba też wiedzieć, jak programować, aby działał. Roboty kroczące są szczególnie trudne do zbudowania i zaprogramowania. Przejrzałem komentarze i pytania na innych stronach i widzę, że są tam ludzie, którzy znają jedną z dwóch dziedzin, ale mają problemy z trzecią. Postarałem się więc zaprojektować coś, co każdy może zbudować i zaprogramować (jeśli umie się już programować Arduino)...

Dokończenie artykułu na stronie: https://bit.ly/3Oi8yjj

Niektóre projekty aktualnie dostępne dla prenumeratorów EdW w rubryce DIY PLUS na www.elportal.pl:

1. Wyświetlacz EKG z użyciem Arduino
2. Łatwy do zbudowania robot kroczący
3. Sonarowy theremin MIDI
4. Zamek elektroniczny na kod
5. Prosty tester tranzystorów
6. Zegar binarny z użyciem Microbit
7. Miernik pojemności z użyciem Microbit
8. Oscylator pierścieniowy z użyciem Microbit
9. Generator sygnałów funkcji z użyciem Microbit
10. Minutnik do gotowania jajek z użyciem Microbit
11. Przerzutnik SR oparty na PLD z użyciem Microbit
12. Programowalne bramki logiczne z użyciem Microbit
13. Generator impulsów o zakresach krokowych z użyciem Microbit
14. Generator impulsów o zakresach zmiennych płynnie z użyciem Microbit
15. Generator impulsów o zakresach zmiennych skokowo z użyciem Microbit

eprasa.pl dba03aded3

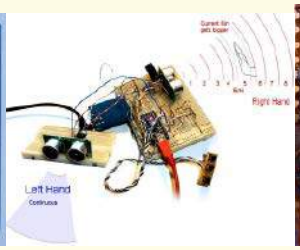
Sonarowy **theremin** MIDI

DIY PLUS
tylko dla prenumeratorów

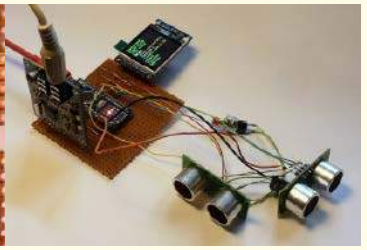
Artykuł opisuje instrument muzyczny, który wykorzystuje dwa sonarowe czujniki odległości do kontrolowania wysokości i jakości dźwięków. Nie jest to oczywiście prawdziwy Theremin, ale „Theremin" stał się ogólnym określeniem dla instrumentów, na których gra się, machając rękami.











Ma wbudowany syntezator MIDI, wzmacniacz i głośniki. Nuty muzyczne są wytwarzane przez układ scalony MIDI – VS1053 – który ma 127 głosów (czyli rzekomo różnych instrumentów). Ma on dużą polifonię (do 64), dzięki czemu może grać pojedyncze nuty lub akordy.

Prawą ręką steruje się odtwarzaną nutą. W trybie „dyskretnym" przestrzeń po prawej stronie jest podzielona na „pojemniki". Gdy dłoń wchodzi do pojemnika, rozpoczyna się nuta dla tego pojemnika. Po opuszczeniu pojemnika nuta może się zatrzymać (np. w organach) lub naturalnie zaniknąć (np. w fortepianie).

W trybie „ciągłym" miejsce po prawej stronie określa wysokość dźwięku, która może być zmienna w sposób ciągły – tak jak w oryginalnym Thereminie. Nuta zaczyna się, gdy ręka wchodzi w przestrzeń, a kończy, gdy ją opuszcza.

Dokończenie artykułu na stronie: https://bit.ly/3ErecLe

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

Dział Reklamy:
Katarzyna Gugała
katarzyna.gugala@elportal.pl
tel. 22 257 84 64

Szef Pracowni Konstrukcyjnej:
Grzegorz Becker
grzegorz.becker@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 dba03aded3

Uchwyt montażowy z lupą i podświetleniem tzw „trzecia ręka”

Niezastąpiona pomoc dla elektroników, majsterkowiczów, serwisantów telefonów, zegarmistrzów itd.



lupa 3x - Ø 75mm

oczko 4.5x - Ø 20mm

włącznik oświetlenia

regulacja nachylenia optyki

50zł

kod:
TRZECIARĘKA Z PODŚW-24

spiralny uchwyt na kolbę lutowniczą (możliwość demontażu)

2 ramiona z regulacją zakończone krokodylkami

miejsce na czyścik (gąbkę)

wymiary podstawy: 13.5 x 8.5cm

podświetlenie LED



opatentowany wzór



zasilanie:
3x bateria AAA (brak w zestawie) + wyjście zasilania (przewód USB w zestawie)



Sprawdź naszą ofertę uchwytów montażowych z lupą: *goo.gl/b3NT3J*









sklep.avt.pl

AVT-SPV Sp. z o.o. 03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
Dział Handlowy tel.: (22) 257 84 51 e-mail: handlowy@avt.pl

eprasa.pl dba03aded3