JUNIOR – 10. spotkanie z najmłodszymi pasjonatami elektroniki

ELEKTRONIKA dla wszystkich

nr 4/2025 (351) • kwiecień • www.elportal.pl

DIY PLUS tylko dla prenumeratorów

ZEGAR ANALOGOWY Z GPS

PROJEKTY dla elektroników

- Zegar analogowy z synchronizacją GPS i długim czasem pracy przy zasilaniu z baterii
- Programowalne obciążenie DC sterowane przez Wi-Fi, część 1
- Szerokozakresowy omomierz, część 2

DIY dla wszystkich

- Czy twój smartwatch emituje promieniowanie UV? Urządzenie wykrywające promienie UV
- Terminal ChatGPT, który mówi z wykorzystaniem Google TTS
- Lokalizator GPS zbudowany na Arduino
- VoiceGPT z obsługą wielu języków

TUTORIALE

- Audio OUT: Wokoder analogowy, część 7. Montaż i testowanie
- Chirurgia obwodowa: Napięcie niezrównoważenia wzmacniacza operacyjnego, część 1
- Ekscytacje Maxa: Migające diody LED i śliniący się inżynierowie, część 19
- Aproksymacja jednomianowa charakterystyk żarówek z włóknem wolframowym
- KickStart: Część 6. Poznajemy technikę DDS





Programowalne obciążenie DC z Wi-Fi

ISSN 1425-1698 Indeks 33362X
9 771425 169252 04
18,90 zł (w tym 8% VAT)

Pomocna dłoń

automatykaB2B.pl

EP.com.pl
Największy portal dla elektroników konstruktorów

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

OLED
artronic
OPTOELEKTRONIKA
www.artronic.pl

eprasa.pl cc29c17e01

Najbardziej popularne kity AVT

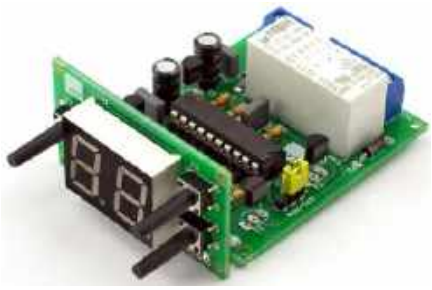
Poznaj listę **TOP 100** na www.elportal.pl/kityavt



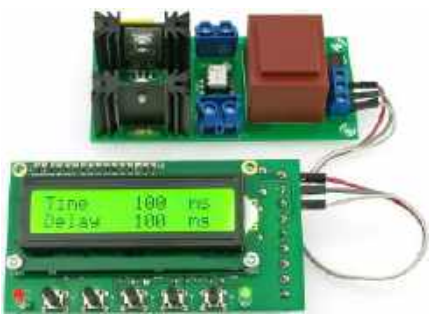
AVT788 Lampka LED reagująca na klaśnięcie: klaskacz, włącznik dźwiękowy
https://sklep.avt.pl/avt788.html



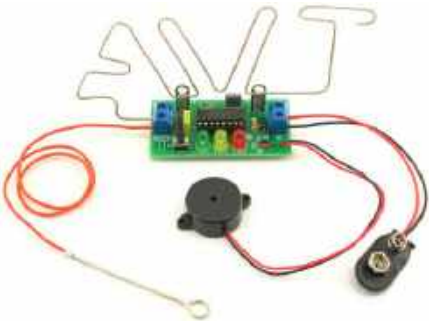
AVT5540 Radio FM z RDS
https://sklep.avt.pl/avt5540.html



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



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



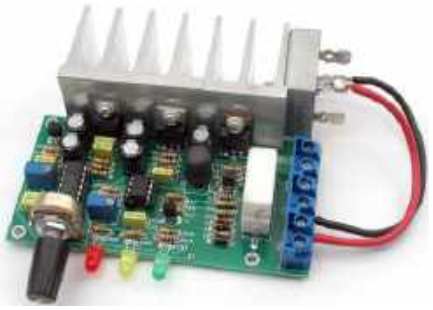
AVT723 Uniwersalna gra zręcznościowa
https://sklep.avt.pl/avt723.html



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



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



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



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



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



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



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

Pełna oferta na: sklep.avt.pl

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

eprasa.pl cc29c17e01

–20%
NA START
181,40 zł

–30%
po pierwszym roku prenumeraty
158,80 zł

–40%
po drugim roku prenumeraty
136,10 zł

–50%
po trzecim roku nieprzerwanej prenumeraty
113,40 zł

Odkryj korzyści z prenumeraty drukowanej – większe oszczędności z każdym rokiem!

Rozpocznij swoją przygodę z *Elektroniką dla Wszystkich*. Decydując się teraz na roczną prenumeratę drukowaną, otrzymasz nie tylko dostęp do najnowszych wydań, ale i **znakomity start dzięki zniżce 20%** na pierwsze zamówienie!

Prenumerata to nie tylko wygoda dostępu do treści, ale także sposób na znaczące oszczędności. Dołącz do grona naszych stałych czytelników i ciesz się coraz lepszymi warunkami.

Im dłużej jesteś z nami, tym więcej oszczędzasz:
- po roku nieprzerwanej prenumeraty zapewnimy Ci **30% rabatu** na kolejny rok,
- po dwóch latach wierności zaoferujemy **40% rabatu**,
- po trzech latach lojalności osiągniesz **najwyższy poziom rabatu – 50%!**

Jak otrzymać rabat za lojalność?

Zaloguj się na swoje konto prenumeratora na **www.UlubionyKiosk.pl** i zamów prenumeratę, korzystając z przycisku PRZEDŁUŻ w zakładce „Prenumeraty".

Przeglądaj wcześniej, płać mniej – postaw na e-prenumeratę!

Wybierz prenumeratę cyfrową PDF i ciesz się dostępem do czasopisma nawet 7 dni przed oficjalną premierą w kioskach. Oszczędzaj czas i pieniądze – skorzystaj z **rabatu 30%** na roczną e-prenumeratę w cenie 126,90 zł.

Dodatkowa oferta dla prenumeratorów wersji drukowanej: jeśli już subskrybujesz wersję papierową, możesz dokupić równoległe e-wydania w cenie 36,20 zł/rok – z niesamowitym **rabatem 80%**.

Zyskaj nieograniczony dostęp do zasobów dla pasjonatów elektroniki!

Tylko prenumeratorzy mają pełny dostęp do:
- cyfrowego archiwum *Elektroniki dla Wszystkich* na www.elportal.pl/archiwum
- projektów DIY+ na www.elportal.pl/diy

Zamów prenumeratę drukowaną lub e-prenumeratę na www.UlubionyKiosk.pl lub przez przelew na konto Wydawnictwa AVT, a po zaksięgowaniu wpłaty wyślemy Ci mailowo kod dostępu do portalu.

ARCHIWUM

DIY PLUS
tylko dla prenumeratorów

Zacznij korzystać z pełnych zasobów już dziś!

Zamów prenumeratę lub e-prenumeratę na www.UlubionyKiosk.pl/prenumerata
tel. 22 257 84 22 (godz. 10–14) | prenumerata@avt.pl | AVTKorporacja sp. z o.o. ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa
rachunek bankowy: 18 1050 1012 1000 0024 3173 1013

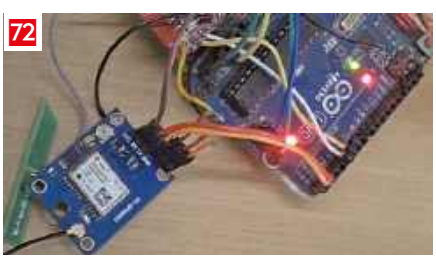
ELEKTRONIKA dla wszystkich

Kwiecień 2025 • 4 (351)











Projekty dla elektroników:

Zegar analogowy z synchronizacją GPS
i długim czasem pracy przy zasilaniu z baterii 8
Programowalne obciążenie DC sterowane przez Wi-Fi, część 1 18
Szerokozakresowy omomierz, część 2 30

Tutoriale:

Aproksymacja jednomianowa charakterystyk żarówek
z włóknem wolframowym 37
Chirurgia obwodowa:
Napięcie niezrównoważenia wzmacniacza operacyjnego, część 1 41
Audio OUT: Wokoder analogowy, część 7. Montaż i testowanie 46
KickStart, część 6. Poznajemy technikę DDS 53
Ekscytacje Maxa:
Migające diody LED i śliniący się inżynierowie, część 19 59

DIY dla wszystkich:

Czy twój smartwatch emituje promieniowanie UV?
Urządzenie wykrywające promienie UV 64
Terminal ChatGPT, który mówi z wykorzystaniem Google TTS 68
Lokalizator GPS zbudowany na Arduino 72
VoiceGPT z obsługą wielu języków 76

Elektronika dla Wszystkich – Junior:

Dziesiąte spotkanie z najmłodszymi pasjonatami elektroniki 79

DIY PLUS

tylko dla prenumeratorów zamawiających prenumeratę na www.UlubionyKiosk.pl

Inteligentny ściemniacz LED z Bluetooth
– 4-kanałowy włącznik/wyłącznik Bluetooth 91
Czterokanałowy izolator cyfrowy,
wzmocniony, szybki, o niskim poborze mocy 91

Rubryki stałe:

Prenumerata 3
Od redakcji 5
Poczta 6

eprasa.pl cc29c17e01

A za miesiąc w majowym EdW



- **Aktywne głośniki z subwooferem. Sprzęt audio klasy Hi-Fi, część 1**
  Bezkompromisowa jakość dźwięku w nowoczesnym wydaniu – ten system Hi-Fi to esencja audiofilskiej doskonałości, skrojona na miarę współczesnego salonu. Sięgamy po komponenty najwyższej klasy, starannie dobrane spośród dostępnych na rynku, lecz bez popadania w przesadę luksusowych, pozłacanych detali. Choć nie jest to rozwiązanie budżetowe, pozostaje w zasięgu pasjonatów, dla których liczy się prawdziwa jakość brzmienia.

- **Bezpieczny zdalny wyłącznik zasilania, część 1**
  Zdalne sterowanie zasilaniem bez kompromisów w kwestii bezpieczeństwa – ten wyłącznik sieciowy wykorzystuje szyfrowaną transmisję bezprzewodową, chroniąc przed nieautoryzowanym przechwyceniem poleceń. Umożliwia przełączanie obciążeń o wysokim natężeniu prądu, a wbudowany timer pozwala na precyzyjną regulację czasu działania. Co więcej, do jednego odbiornika można przypisać aż 16 niezależnych pilotów, co czyni go wszechstronnym rozwiązaniem zarówno do użytku domowego, jak i profesjonalnego.

- **Programowalne obciążenie DC sterowane po Wi-Fi, część 2**
  W drugiej części artykułu omówione zostaną szczegóły montażu wszystkich płytek PCB, przygotowanie obudowy, konstrukcja mechaniczna oraz finalny montaż całości. Przeprowadzone zostaną również kalibracja i testy pokazujące praktyczne wykorzystanie pełnych możliwości programowalnego obciążenia DC.

- **Wartościowe Tutoriale**
- **Projekty DIY**
- **Juniorzy EdW złożą kolejny zestaw z serii AVTEDU**

W kioskach od 27 kwietnia

Kwiecień plecień, bo przeplata...



Oby jak najwięcej wplatał lata! Tym bardziej, że zmianę czasu z zimowego na letni mamy już za sobą, a przynajmniej mają ją za sobą ci z nas, którzy pamiętali o przestawieniu swoich zegarków. O ile w przypadku komputerów, smartfonów i ogólnie całej nowoczesnej elektroniki nie potrzebujemy zaprzątać tym sobie głowy, o tyle w przypadku zegarów ściennych pozostaje nam jeszcze o tym pamiętać. Odważyłbym się powiedzieć, że zegary ścienne kryją w sobie pewną magię i tajemnicę. Towarzyszą nam w naszych codziennych życiowych zmaganiach, ale bywają też świadkami najważniejszych w tych naszych żywotach wydarzeń. Nieustannie pracując, a przy okazji zdobiąc nasze domostwa bez chwili wytchnienia – sekunda po sekundzie zaklinają czas. O ile tych w pełni mechanicznych, nakręcanych kluczykiem, pewnie nie uchowało się do dzisiaj zbyt wiele, to jednak popularny mechanizm zegarowy 6168S (lub chiński odpowiednik HR1688) z rezonatorem kwarcowym i zasilany pojedynczą baterią AA znajduje się wciąż chyba w każdym z naszych domostw. Jakież było moje zaskoczenie, gdy dowiedziałem się o projekcie przystawki do tego jakże popularnego mechanizmu. W dodatku takiej, która pozwoli synchronizować wskazania zegara z precyzyjnym wzorcem za pomocą sygnału GPS, a nawet doda do tego klasycznego mechanizmu funkcję automatycznej zmiany czasu z zimowego na letni i odwrotnie. Pierwotną wersję takiej przystawki opublikowaliśmy w EdW 9/2022. Dziś prezentujemy jej udoskonaloną i energetycznie bardziej wydajną wersję, która na dwóch bateriach R14 może pracować nawet przez osiem lat.

W wydaniu 2/2025 opublikowaliśmy dwa projekty sztucznego obciążenia. Pierwsze było konstrukcją autonomiczną, drugie – płytką rozszerzeń dla Arduino. W tym numerze prezentujemy jeszcze inną konstrukcję, tym razem o mocy rozpraszania wystarczającej do testowania dużych akumulatorów i paneli fotowoltaicznych. Obciążenie może pracować przy napięciu do 150 V i pobierać prąd do 30 A przy mocy do 300 W. Opisywane obciążenie posiada zabezpieczenia przeciwprzepięciowe, nadprądowe, termiczne oraz przed odwrotną polaryzacją. Co ważne, jest programowalne – zarówno z poziomu panelu przedniego, jak i przez Wi-Fi – oraz oferuje funkcje automatycznego testowania i rejestrowania danych.

W tym miesiącu dokończymy również budowę szerokozakresowego omomierza – omówimy szczegóły dotyczące jego montażu, testowania i konfiguracji.

Co piszczy w świecie audio? Otóż wreszcie dotarliśmy do etapu, w którym „zapuszkujemy" budowany przez ostatnie miesiące wokoder, a zawarte w artykule wskazówki i triki montażowe przydadzą się we wszystkich profesjonalnie wykonywanych projektach elektroakustycznych.

Ciekawe tematy czekają również w sekcji teoretycznej, a wśród nich: pierwsza część materiału o napięciu niezrównoważenia wzmacniacza operacyjnego, nieco informacji wprowadzających do świata techniki „bezpośredniej syntezy cyfrowej" (ang. direct digital synthesis, DDS) wraz z gotowymi przykładami i programami w oparciu o ogólnodostępny układ DDS firmy Analog Devices – AD9833.

Parę interesujących drobiazgów można odnaleźć także w sekcji DIY. Będzie okazja zastanowić się, czy smartwatche emitują promieniowanie UV, a jednocześnie przetestować własny za pomocą prostego urządzenia wykrywającego takie promieniowanie. Ponadto w tym i kolejnych numerach pojawi się kilka projektów wykorzystujących interakcję elektroniki z Chatem GPT.

Nie zabrakło też spotkania z Maxem Maxfieldem, który ze sporą pasją i nutą pozytywnego szaleństwa od dłuższego już czasu oprowadza Czytelników po świecie adresowalnych diod RGB oraz samodzielnie budowanych matryc i wyświetlaczy, które robią świetne wrażenie i wykorzystują te elementy.

Przed Juniorami nie lada wyzwanie. Zbudują stroboskop dyskotekowy, czyli kultowy gadżet wszystkich pokoleń. Tego typu układy raczej nigdy nie stracą na swej atrakcyjności. Wszak czymże byłyby żywe i głośne dźwięki muzyki bez równie mocnych i dynamicznych rozbłysków świateł? Konstrukcja jest nieco bardziej zaawansowana niż zwykle, a układ składa się aż z dwóch płytek. Spragnieni wyzwań Młodzi Entuzjaści Elektroniki będą zadowoleni!

Przyjemnej lektury!

Mariusz Ciszewski

eprasa.pl cc29c17e01

Poczta

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

Komparatory

Jestem prenumeratorem EdW. W ostatnim numerze w artykule „Przełącznik sterowany temperaturą” w komentarzu redakcji (na niebiesko) zostało wspomniane o możliwości zastąpienia WO komparatorem (LM339 LUB LM393). Czy mógłby powstać artykuł o praktycznym zastosowaniu komparatorów do porównywania napięcia lub temperatury? Dobrze by było przedstawić wszystkie niuanse tj. rezystory pull-up w wyjściach typu otwarty kolektor czy diody do zabezpieczenia wejścia w przypadku dużego napięcia różnicowego itp. Im więcej przykładów pojawiłoby się w takim artykule, tym przystępniejszy byłby dla zainteresowanych, początkujących hobbystów.

Pozdrawiam

Piotr

Red. Witaj Piotrze! Cieszymy się, że układy z sekcji DIY przykuwają uwagę Czytelników i dziękujemy za sugestię, by poświęcić komparatorom, takim jak LM339 lub LM393, nieco więcej miejsca na łamach pisma. W prezentowanych materiałach rzeczywiście komparatory częściej są budowane na wzmacniaczach operacyjnych, takich jak LM358. Niemniej jednak istnieje kilka powodów, dla których warto wybrać dedykowane komparatory, takie jak LM339 lub LM393. Przede wszystkim, mają one wyjścia typu otwarty kolektor, co umożliwia podciągnięcie wyjścia do dowolnego napięcia zasilania i łatwiejsze łączenie z układami logicznymi. Dodatkowo, komparatory te charakteryzują się szybszą reakcją i lepszą stabilnością w porównaniu do LM358, co czyni je bardziej odpowiednimi do aplikacji cyfrowych lub pomiarowych. Ponadto, LM339 i LM393 są lepiej zabezpieczone przed dużymi napięciami różnicowymi, a ich wyjścia mają niską impedancję, co umożliwia bezpośrednie sterowanie układami logicznymi.

W miarę możliwości postaramy się uwzględnić sugestię czytelnika, odpowiednio dobierając materiały do kolejnych numerów EdW. W międzyczasie warto zerknąć na opublikowany w EdW 12/2019 artykuł: Komparator okienkowy – do czego służy, jak działa i jak go zmontować? https://elportal.pl/projekty/pracownia-elektronika/368-komparator-okienkowy-do-czego-sluzy-jak-dziala-i-jak-go-zmontowac

Problem

Mam problem i chciałem się poradzić, a mianowicie kupiłem miernik częstotliwości AVT MOD 10, w sklepie AVT. Zastosowałem go do generatora funkcyjnego jaki posiadam (na bazie układu MAX 038) do wskazywania nastawionej częstotliwości. Sygnał na wejście miernika podany jest bezpośrednio z wyjścia generatora. Napięcie wyjściowe z generatora to ±0,8 V, częstotliwość 1 Hz…20 MHz. Wskazania miernika częstotliwości są zgodne z nastawami generatora dopóki nie podłączę do wyjścia generatora sondy oscyloskopu (oscyloskop HANTEK 6022BE). I tu dzieje się rzecz dla mnie niezrozumiała, o ile w zakresie wysokich częstotliwości 20 MHz…100 kHz wskazania miernika są zgodne z pomiarami na oscyloskopie, to dla niższych częstotliwości miernik „wariuje”, nie pokazuje stałej wartości tylko „pływa” w zakresie 30…50 kHz. Po odłączeniu sondy sytuacja się normuje.

Może ktoś jest w stanie mi pomóc, może coś podpowiedzieć?

Serdecznie pozdrawiam

Bogusław Kuleba

Red. Opisany przez Czytelnika problem, może wynikać z wielu czynników.

W dokumentacji AVTMOD10 podano informację: amplituda mierzonego przebiegu: 0,2÷1 V. Czytelnik wspomina, że napięcie wyjściowe z generatora to ±0,8 V, zatem amplituda 0,8 V mieści się w zakresie dopuszczalnych napięć wejściowych miernika. Zakres pomiarowy miernika to 1 Hz÷50 MHz więc częstotliwości generatora 1 Hz…20 MHz są również w zakresie miernika. Warto jednak zauważyć, że w dokumentacji do AVTMOD10 wspomniano o tym, że moduł ten powstał na podstawie zestawu AVT2885 a z kolei w jego specyfikacji zakres pomiarowy to 10 Hz...20 MHz więc może warto bliżej porównać oba układy. Niemniej ufając specyfikacji dla modułu AVTMOD10 warto przeanalizować pozostałe kwestie.

Po pierwsze należy pamiętać, że sonda oscyloskopowa ma pewną pojemność wejściową (zwykle kilkadziesiąt pF) oraz rezystancję wejściową (zwykle 1 MΩ). Może to wpływać na działanie układu pomiarowego. Ustawienie dzielnika sondy na ×10, zmniejszy jej pojemność wejściową. Z drugiej strony Czytelnik wspomina, że przy wyższych częstotliwościach wskazania miernika częstotliwości są poprawne, co może sugerować, że przyczyna leży gdzieś indziej.

Następnym tematem do sprawdzenia jest okablowanie. Jeśli przewody sygnałowe są wadliwe lub zbyt długie, może się zdarzyć, że przy niskich częstotliwościach pojawiają się indukowane zakłócenia. Warto użyć krótszych przewodów i sprawdzić, czy problem się zmniejsza.

Jeśli masa oscyloskopu i miernika jest połączona w sposób tworzący pętlę masy, może to powodować zakłócenia, również przy niższych częstotliwościach (sieciowych i ich harmonicznych). Masa oscyloskopu powinna być podłączona jak najbliżej punktu masy generatora. Ponadto oscyloskop HANTEK 6022BE jest zasilany przez USB, co oznacza, że jego masa jest połączona z masą komputera. Może to powodować pętle masy i zakłócenia. Można spróbować podłączyć oscyloskop do innego portu USB, a najlepiej do laptopa pracującego na baterii.

Jest też szansa na to, że AVTMOD10 nie radzi sobie ze specyficznym kształtem sygnału bądź jego zmienną charakterystyką (charakter samego sygnału bądź zmienionego np. przez dodatkową pojemność i obciążenie). Można spróbować dodać bufor pośredniczący (np. prosty stopień na wzmacniaczu operacyjnym w konfiguracji wtórnika emiterowego lub wtórnika napięciowego na WO).

Pozostałe kwestie, którym warto się przyjrzeć:

Czy problem występuje na różnych zakresach napięcia wyjściowego generatora? Jak zachowuje się miernik przy podłączeniu sondy oscyloskopu (w miarę możliwości) do innego punktu układu (np. po kondensatorze separującym)? Czy problem dotyczy tylko jednej sondy oscyloskopowej, czy każdej?

Czy inny oscyloskop (jeśli posiadamy inny) zachowuje się tak samo?

Nie posiadając w ręku wszystkich elementów systemu (konkretny generator, dana sztuka miernika, konkretny oscyloskop, użyte okablowanie) ciężko odtworzyć całe środowisko, a tym bardziej wskazać jednoznaczną przyczynę. Być może jednak wymienione wyżej wskazówki pomogą Czytelnikowi znaleźć rzeczywistą przyczynę. Gdyby tak się stało, prosimy podzielić się z Czytelnikami za pomocą rubryki Poczta.

eprasa.pl cc29c17e01

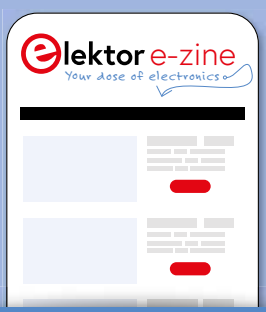
Subscribe to Elektor's newsletter and get the chance to

WIN

a Raspberry Pi Pico W board



www.elektor.com/eda



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

Be one of the 10 fortunate winners!



elektor
design > share > earn

eprasa.pl cc29c17e01

Zegar analogowy z GPS i długim czasem pracy przy zasilaniu z baterii

Opisana w artykule przystawka do popularnych mechanizmów zegarowych przekształca zwykły zegar ścienny w bardzo dokładny zegar, który będzie synchronizował czas przy użyciu sygnału GPS oraz utrzymywał dokładny czas (z dokładnością do sekund) przez okres do ośmiu lat przy użyciu pary ogniw typu C (R14). W tym okresie nie będą potrzebne żadne regulacje i czynności obsługowe. Zegar automatycznie dostosuje się do czasu letniego, dodając i odejmując godzinę dokładnie wtedy, gdy będzie to konieczne. Jest to zegar, na którym można polegać.



To niesamowite, jak przydatne jest posiadanie przynajmniej jednego bardzo dokładnego zegara w domu. Wystarczy rzut oka, by poznać prawidłową godzinę bez konieczności pamiętania, czy zegar opóźnia się czy przyspiesza, i o ile.

Większość ludzi byłaby zadowolona z zegara ściennego, który byłby dokładny co do minuty, ale dzięki temu projektowi będzie on dokładny co do sekundy. Co więcej, wszelkie niedokładności nie będą się kumulować – zegar pozostanie tak dokładny przez cały okres eksploatacji baterii.

Regulacja czasu letniego jest uciążliwa w przypadku tradycyjnych kwarcowych zegarów ściennych. Dwa razy w roku musisz stanąć na krześle lub stołku, aby zdjąć zegar ze ściany i wyregulować jego wskazówki. Nasz sterownik zegara czynności te wykonuje automatycznie.

O godzinie 2 rano w dniu określonym jako początek czasu letniego zegar doda wymaganą godzinę. O godzinie 3 rano w dniu określonym jako koniec czasu letniego, zegar przywróci wskazania do czasu letniego.

Głównym elementem zegara jest moduł GPS, który pobiera dokładny czas z sieci satelitów GPS i za pomocą odpowiedniego oprogramowania steruje wskazówkami zegara.

Wiele lat temu (ostatnio w lutym 2017 r.) za łamach Silikon Chip były publikowane podobne projekty, ale wszystkie miały stosunkowo krótki czas pracy na baterii. Dzięki zastosowaniu elementów o bardzo niskim poborze mocy i kilku dodatkowych sztuczek w oprogramowaniu układowym (firmware), projekt będzie działał przez około dwa lata na parze ogniw AA (R6) i do ośmiu lat z ogniwami C (R14).

Inną korzyścią jest to, że zegar będzie działać z większością zegarów ściennych dostępnych na rynku. Wszystko, czego potrzeba, to modyfikacja polegająca na podłączeniu przewodów do silnika krokowego w mechanizmie zegara. Na szczęście jest to zazwyczaj operacja dość łatwa.

Zegary krokowe

Istnieją dwa rodzaje analogowych zegarów ściennych: zegary krokowe, w których wskazówka sekundowa zmienia położenie raz na sekundę oraz zegary z płynnym ruchem wskazówki sekundowej (sweep clock). Zegary krokowe są spotykane częściej niż zegary z płynącą wskazówką sekundową. Mają one silnik krokowy typu Laveta składający się z małego magnesu obracającego się pomiędzy biegunami magnetycznymi cewki.

Sterownik zegara dostarcza do tej cewki naprzemiennie impulsy dodatnie i ujemne,

eprasa.pl cc29c17e01

Materiały dodatkowe dostępne są na stronie Silicon Chip: https://tiny.pl/271d8zkb
Materiały dodatkowe są również dostępne na stronie elportal.pl/do-pobrania

a wirnik obraca się o 180° z każdym impulsem. Impuls trwa około 40 ms, i jest wytwarzany raz na sekundę (jak pokazano na **oscylogramie 1**), powodując przesunięcie wskazówki sekundowej raz na sekundę.

Zegary krokowe różnią się znacznie pod względem jakości i ceny. Do testów został zakupiony zegar za 2,75 USD i choć jako zegar nie był on najlepszy, miał całkiem niezły mechanizm. Jego dokładność była okropna, ale ponieważ zastępujemy jego układ sterowania własnym, nie ma to znaczenia.

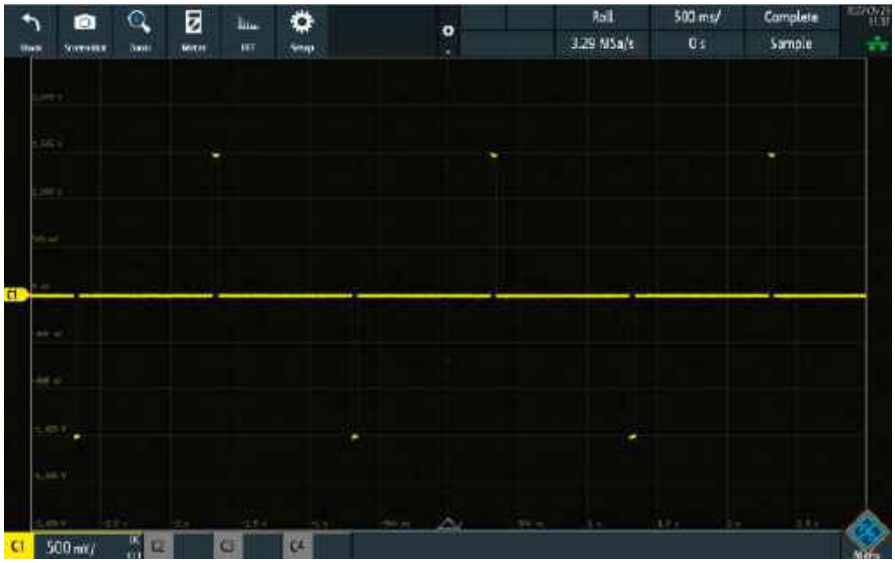
Zazwyczaj mechanizmy zegara krokowego mają rezystancję cewki między 200 Ω a 500 Ω, przy czym wyższa rezystancja oznacza dłuższą żywotność baterii (specjalna wersja Kmart miała 375 Ω).

Zegary sweep (z płynącą wskazówką)

Ruchy Sweep Clock, czasami nazywane cichymi lub ciągłymi, mają podobny mechanizm, z tym, że jest on sterowany ciągłym strumieniem dodatnich i ujemnych impulsów o częstotliwości 8 Hz, jak pokazano na **oscylogramie 2**. Dzięki temu uzyskuje się płynne obracanie się wirnika, a jego bezwładność utrzymuje go w ruchu między każdym impulsem, więc nie wykonuje on pojedynczych kroków, jak w przypadku ruchu zegara krokowego. Zegar jest przy tym bardzo cichy. Kontrastuje to z typami krokowymi, które wydają słyszalny dźwięk tykania co sekundę.

Każdy impuls trwa 31,25 ms, tyle samo, tj. 31,25 ms trwa przerwa między impulsami. Daje 16 impulsów na sekundę. Ponieważ silnik pobiera prąd przez 50% czasu, można oczekiwać, że bateria zostanie rozładowana w krótkim czasie w porównaniu do zegara krokowego. Ruchy Sweep pozwalają tego uniknąć, wykorzystując cewkę o znacznie większej liczbie zwojów i wyższej rezystancji (zazwyczaj 5 kΩ).

Zegary Sweep są droższe, zazwyczaj od 50 do 150 dolarów. Znaleźliśmy jednak doskonały przykład w sklepie IKEA („TJALLA”) za jedyne 16 USD. Działał on całkiem dobrze, rywalizując z oryginalnym mechanizmem Seiko, który kupiliśmy za około 30 USD. Jedynym problemem z mechanizmem IKEA było to, że trudno było go rozebrać w celu modyfikacji, a jeszcze trudniej było go ponownie złożyć.



Oscylogram 1. Wyjście sterownika zegara dla ruchu krokowego składa się z naprzemiennych dodatnich i ujemnych impulsów, które sprawiają, że wirnik silnika zegara wykonuje krok o 180° z każdym impulsem. Impuls taki trwa około 40 ms i jest wytwarzany raz na sekundę



Oscylogram 2. Wyjście sterujące ruchem przemiatającym. Ciągły strumień dodatnich i ujemnych impulsów o częstotliwości 8 Hz. Każdy impuls trwa 31,25 ms i tyle samo, tj. 31,25 ms trwa przerwa między impulsami, co daje 16 impulsów na sekundę. Przy niskim napięciu baterii sterownik zegara wydłuża czas impulsu o 24% i skraca czas bezczynności o tę samą wartość, dostarczając więcej energii do silnika zegara

Utrzymywanie idealnego czasu

Gdy zegar działa, sterownik zegara będzie musiał od czasu do czasu dodać lub odjąć sekundę, w celu korygowania wskazywanego czasu. Jest to łatwe w przypadku ruchu krokowego. Sterownik dostarcza dwa impulsy w ciągu jednej sekundy, aby przyspieszyć zegar o jedną sekundę, lub brak impulsów przez sekundę, aby opóźnić go o jedną sekundę.

W przypadku czasu letniego jest to bardziej zauważalne. Gdy rozpoczyna się czas letni, wskazówki zegara muszą przesunąć się o jedną godzinę i w tym celu sterownik generuje dwa kroki co sekundę przez godzinę, aż wskazówki osiągną prawidłowy czas letni. Po upływie czasu letniego zegar przestanie odmierzać czas przez godzinę, aż wskazówki zegara dostosują się do czasu letniego.

Ruchy Sweep wymagają innego podejścia, ponieważ musimy utrzymać pęd obracającego się wirnika. Nie może on po prostu jechać dwa razy szybciej lub zatrzymywać się. Regulacja musi być więc bardziej subtelna. Aby dodać lub odjąć sekundę, ruch jest wykonywany o 12,5% szybciej lub wolniej przez osiem sekund.

W przypadku zmiany czasu na letni oznacza to, że dodanie wymaganej godziny zajmie osiem godzin, a opóźnienie

eprasa.pl cc29c17e01

Teoria względności Einsteina i dokładność GPS

Satelity GPS okrążają Ziemię na wysokości 20000 km i są wykorzystywane do „trilateracji" lokalizacji za pomocą precyzyjnych zegarów pokładowych. Na orbitach na dużych wysokościach zegary doświadczają słabszego pola grawitacyjnego, więc czasoprzestrzeń jest dla nich wypaczana inaczej niż w przypadku zegarów na Ziemi. W efekcie zegary przyspieszają w tempie 45 µs/dzień.

Satelity poruszają się również z dość dużymi prędkościami (około 14000 km/h), a dylatacja czasu przewidywana przez szczególną teorię Einsteina oznacza spowolnienie zegarów o 7 µs/dzień. Łącznie efekty te dają przyspieszenie netto o 38 µs/dobę.

Nie wydaje się to dużo, ale zignorowanie tego doprowadziłoby do ogromnej niedokładności w globalnym systemie pozycjonowania w ciągu kilku godzin. W ciągu 38 µs światło pokonuje ponad 10 km, a tego rodzaju błąd pozycji w ciągu dnia nie zapewnia dokładnej nawigacji.

Rozwiązaniem jest spowolnienie zegarów satelitarnych o precyzyjną wartość obliczoną przy użyciu teorii względności Einsteina, tak aby odpowiadały one czasowi mierzonemu na powierzchni Ziemi. Pozwala to systemowi działać z dokładnością do metrów, a nie kilometrów.

Zredagowany fragment książki „Dlaczego E=mc²" autorstwa Briana Coxa i Jeffa Forshawa, ISBN 978-0-306-81758-8

o godzinę – podobny czas. Chociaż jest to długi czas, aby zegar nadrobił zaległości, zdarza się to tylko dwa razy w roku. Zamiast tego można wyłączyć funkcję czasu letniego w ustawieniach i w razie potrzeby ręcznie regulować wskazówki.

Jak działa sterownik zegara?

Na **rysunku 1** przedstawiono schemat blokowy budowanego sterownika zegara. Mikrokontroler IC1 generuje sekwencję dodatnich i ujemnych impulsów, które są buforowane przez wzmacniacz operacyjny IC2. IC2 napędza silnik podczas pracy zegara.

W celu wygenerowania wymaganego precyzyjnego taktowania generator kwarcowy pracujący z częstotliwością 32768 Hz (2^{15}) taktuje 16-bitowy licznik/timer układu scalonego IC1. Co ważne, zegar ten może działać, gdy rdzeń mikrokontrolera jest w trybie uśpienia, więc zużywa tylko kilka mikroamperów.

Mikrokontroler spędza większość czasu w trybie uśpienia o niskim poborze mocy. Gdy nadejdzie czas na wygenerowanie impulsu wyjściowego, zegar budzi CPU w celu wysterowania pinu wyjściowego rozpoczynając tym samym impuls, a następnie zeruje zegar. CPU ponownie budzi się, gdy impuls ma się zakończyć. Po ponownym wybudzeniu kończy impuls wyjściowy, ustawiany jest timer dla następnego impulsu i CPU wraca w stan uśpienia.

Trwa to w nieskończoność, a mikrokontroler „wskakuje" i „wyskakuje" ze stanu uśpienia oraz przełącza pin wyjściowy, aby wygenerować ciąg impulsów dla silnika zegara. Czas pracy CPU jest krótki w porównaniu do czasu uśpienia, więc średni prąd pobierany przez mikrokontroler jest bardzo niski.

Sekwencja impulsów wysyłana do silnika zegara zmienia się pomiędzy dodatnimi i ujemnymi, z czasem oczekiwania pomiędzy nimi. Osiąga się to poprzez przełączanie pinów w stan wysoki, niski lub w stan wysokiej impedancji.

Układ scalony wzmacniacza operacyjnego IC2 buforuje ten sygnał, aby sterować zegarem, podłączając swoje wyjście do dodatniego zacisku górnego ogniwa, ujemnego zacisku dolnego ogniwa lub do wspólnego punktu połączenia w czasie postoju między impulsami. Dzięki temu obciążenie jest podzielone między ogniwa, z których każde dostarcza połowę mocy do silnika zegara.

Synchronizacja GPS

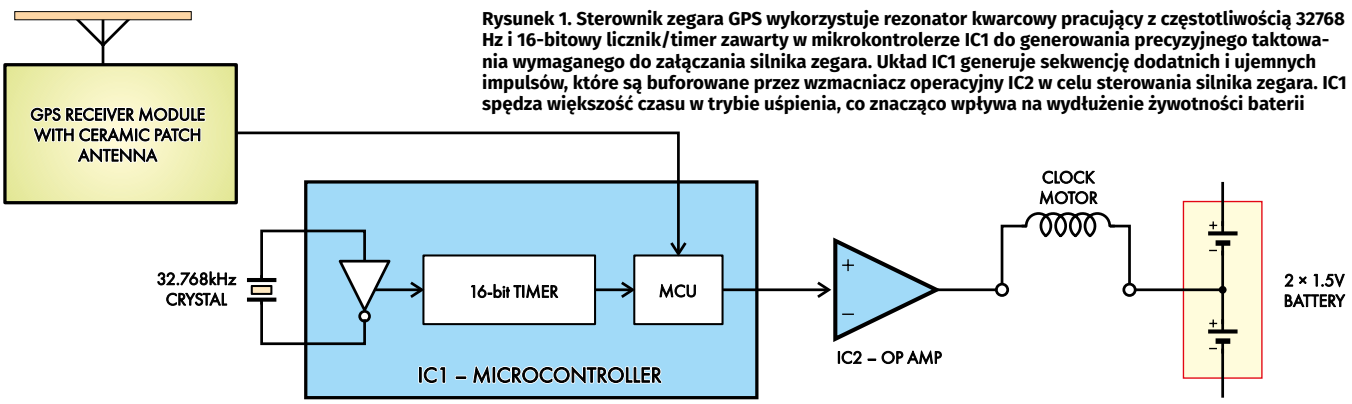
Na **rysunku 1** nie pokazano przetwornicy zasilającej moduł GPS. Od czasu do czasu, po dostarczeniu impulsu do silnika, oprogramowanie układowe nie usypia procesora, ale kontynuuje pracę i włącza przetwornicę, która dostarcza stabilizowanego napięcia 4 V do modułu GPS. Pozwala to uzyskać dokładny czas z konstelacji satelitów GPS.

Do zlokalizowania wystarczającej liczby satelitów moduł GPS potrzebuje zwykle mniej niż minutę. Po tym może przekazać dokładny czas. Po przesłaniu go do mikrokontrolera ten wyłącza stabilizator i wykonuje pewne obliczenia pozwalające określić wszelkie błędy pomiaru czasu. Następnie powraca do swojej zwykłej strategii uśpienia, aż do następnego impulsu.

Początkowo przerwa między synchronizacjami GPS jest ustawiona na 12 godzin, ale z czasem oprogramowanie sprzętowe zwiększa ją do pięciu dni. Średnia moc baterii wymagana do synchronizacji GPS jest minimalna, więc proces ten nie wpływa znacząco na żywotność baterii.

Oprogramowanie układowe śledzi pozycję wskazówek zegara jako liczbę sekund od 1 stycznia 2000 roku. Czas GPS jest również konwertowany do tego formatu, dzięki czemu oprogramowanie układowe może łatwo porównać obie wartości i obliczyć wymaganą korektę.

Różnica między tymi dwiema liczbami reprezentuje błąd generatora kwarcowego 32768 Hz, który jest używany do utrzymywania czasu między synchronizacjami GPS. Po ustaleniu tego błędu oprogramowanie układowe może go skorygować w następnym okresie między synchronizacjami GPS, dodając lub pomijając sekundę w razie potrzeby.



Rysunek 1. Sterownik zegara GPS wykorzystuje rezonator kwarcowy pracujący z częstotliwością 32768 Hz i 16-bitowy licznik/timer zawarty w mikrokontrolerze IC1 do generowania precyzyjnego taktowania wymaganego do załączania silnika zegara. Układ IC1 generuje sekwencję dodatnich i ujemnych impulsów, które są buforowane przez wzmacniacz operacyjny IC2 w celu sterowania silnika zegara. IC1 spędza większość czasu w trybie uśpienia, co znacząco wpływa na wydłużenie żywotności baterii

eprasa.pl cc29c17e01

Zacznie on działać po drugiej synchronizacji GPS i utrzyma dokładność zegara niezależnie od błędów rezonatora kwarcowego, w tym kompensując dodatkowe błędy wynikające z temperatury i starzenia się kwarcu. Praktyczny efekt jest taki, że poza pierwszym dniem, wskazówki zegara będą zawsze wskazywać czas z dokładnością do kilku sekund pomiędzy synchronizacjami GPS.

Ponadto następna synchronizacja GPS nie powinna wymagać dużej korekty, może tylko sekundy lub dwóch (a prawdopodobnie żadnej).

Gdy przetwornica i moduł GPS są inicjowane, mogą pobierać duży prąd, zwłaszcza gdy napięcie ogniw jest niskie. Bateria w złym stanie nie jest w stanie tego wytrzymać, dlatego oprogramowanie układowe mierzy napięcie baterii podczas pracy przetwornicy. Jeśli spadnie ono poniżej 2,25 V (1,125 V na ogniwo), kolejne synchronizacje GPS zostaną pominięte.

Będzie to miało niewielki wpływ na dokładność zegara, ponieważ wystąpi dopiero pod koniec żywotności baterii, a do tego czasu oprogramowanie układowe będzie miało dobre pojęcie o wszelkich błędach kwarcu i będzie je kompensować.

Szczegóły układu

Pełny schemat, pokazany na **rysunku 2** jest oparty na mikrokontrolerze Microchip PIC16LF1455. Jest to układ o bardzo niskim poborze mocy, który może działać przy napięciu zasilania już od 1,8 V (w tym przypadku 0,9 V na ogniwo). Większość mechanizmów zegara przestaje działać między 0,9 V a 1,0 V na ogniwo, więc mikrokontroler będzie działał tak długo, jak długo silnik zegara będzie w stanie pracować.

Mikrokontroler obsługuje również USB, więc do konfiguracji wykorzystywane jest gniazdo mini USB Typ-B (CON4). Po dołączeniu lub odłączeniu hosta, mikrokontroler wykryje napięcie USB +5 V na swoim pinie 9.

Napięcie 5 V jest obniżane do 2 V przez dzielnik rezystancyjny 10 kΩ/6,8 kΩ, więc nie uszkodzi mikrokontrolera, gdy napięcie akumulatora wynosi 1,8 V. Nadal będzie rozpoznawane jako wysoki poziom logiczny, gdy mikrokontroler będzie zasilany z nowych, lub mających wciąż dobrą pojemność ogniw (3,2 V).

Każda zmiana napięcia na pinie 9 spowoduje ponowne uruchomienie mikrokontrolera. Jeśli po ponownym uruchomieniu napięcie USB jest obecne, oprogramowanie układowe ustawi prędkość zegara mikrokontrolera na 16 MHz i włączy interfejs USB. Dioda LED1 mignie trzy razy wskazując, że oprogramowanie układowe jest w trybie konfiguracji.

Jeśli napięcie USB nie zostanie wykryte podczas uruchamiania, prędkość zegara zostanie ustawiona na 4 MHz, a kontroler USB zostanie wyłączony (obie akcje wykona w celu oszczędzania energii). Oprogramowanie układowe przejdzie przez zwykłą procedurę uruchamiania zegara, dwukrotnie migając diodą LED1.

Układ PIC16LF1455 ma niezwykłą cechę: może wykorzystywać szybkość sygnalizacji USB hosta do dostrajania swojego wewnętrznego zegara. Specyfikacja USB wymaga wysokiej dokładności tego taktowania, co z kolei wymaga zazwyczaj generatora kwarcowego 12 MHz lub podobnego. Układ PIC16LF1455 może pracować bez rezonatora, co zwalnia dwa piny i ułatwia implementację interfejsu USB.

Mikrokontroler steruje ruchem zegara, ustawiając pin 8 w stan wysoki dla impulsu ujemnego, niski dla impulsu dodatniego lub ustawiając go w stan wysokiej impedancji w czasie bezczynności między impulsami. Impulsy te sterują wzmacniaczem operacyjnym IC2 (MCP6041), który wykorzystuje napięcie występujące na połączeniu między dwoma ogniwami jako napięcie odniesienia i steruje wyjściem dodatnim lub ujemnym w stosunku do tego punktu.

MCP6041 ma kilka pożądanych cech: napięcia na wyjściu wzmacniacza mogą sięgać poziomu szyn zasilających, co oznacza, że niewiele z cennego napięcia baterii zostaje stracone w samym wzmacniaczu. Pobiera również niezwykle mały prąd spoczynkowy (poniżej jednego mikroampera), dzięki czemu bateria jest oszczędzana między impulsami, a także działa przy napięciu zasilania znacznie poniżej 1,8 V (0,9 V na ogniwo).

Przetwornica

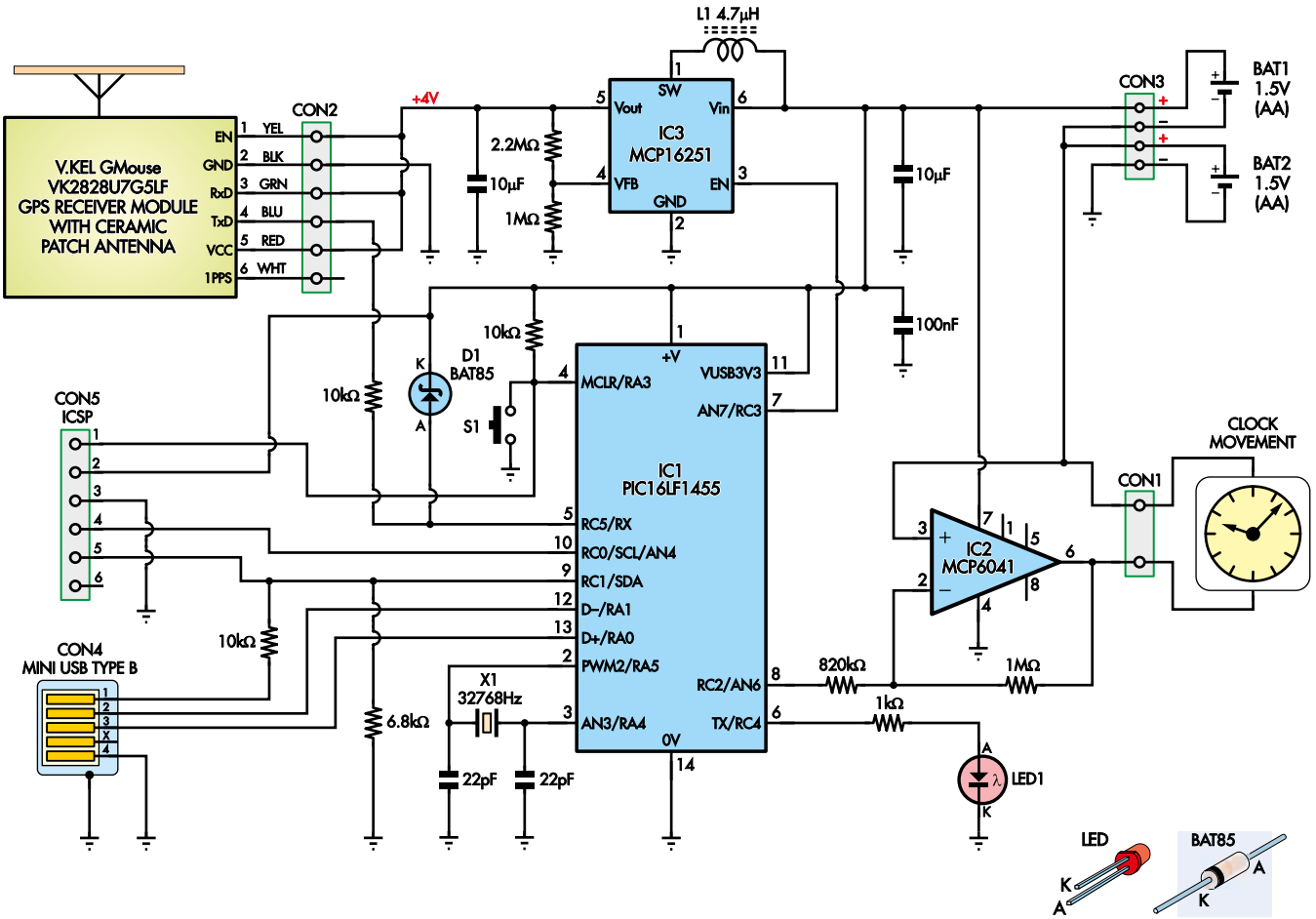
Gdy mikrokontroler musi uzyskać czas za pomocą odbiornika sygnału GPS, ustawia pin 7 w stan wysoki, włączając przetwornicę IC3, Microchip MCP16251. Wytwarza ona napięcie około 4 V na nóżce 5. Jest ono ustawiane rezystorami 2,2 MΩ i 1 MΩ. Napięcie 4 V zostało wybrane tak, aby przetwornica/stabilizator miała pewien zapas do regulacji napięcia wyjściowego przy użyciu nowych, lub mających wciąż dobrą pojemność ogniw.

MCP16251 odłącza swoje wyjście, gdy jest wyłączone niskim stanem na nóżce 3. Jest to nietypowe dla przetwornicy boost i jest



Sterownik zegara GPS umieszczony z tyłu zegara IKEA „TJALLA". Mechanizm został zmodyfikowany w celu wyprowadzenia połączenia z cewką silnika zegara przez otwór. Płytka drukowana sterownika została zaprojektowana tak, aby była mała, ponieważ za zegarem ściennym często jest mało miejsca

eprasa.pl cc29c17e01



Rysunek 2. Sercem sterownika jest mikrokontroler Microchip PIC16LF1455 (IC1). Steruje on ruchem wskazówek zegara, ustawiając pin 8 w stanie wysokim dla impulsu ujemnego, w stanie niskim dla impulsu dodatniego lub ustawiając go na wysoką impedancję w czasie bezczynności między impulsami. Wzmacniacz operacyjny IC2 buforuje ten sygnał i wykorzystuje punkt środkowy dwóch baterii jako odniesienie do sterowania wyjściem dodatnim lub ujemnym. Gdy mikrokontroler chce uzyskać czas GPS, ustawia pin 7 w stan wysoki, powodując uruchomienie przetwornicy (IC3) i zasilanie modułu GPS

ważną cechą, ponieważ zapobiega rozładowywaniu baterii przez moduł GPS, gdy nie jest on używany.

Wyjście z modułu GPS (VK2828U7G5LF) jest standardowym asynchronicznym strumieniem szeregowym o szybkości 9600 bodów z napięciami w standardzie TTL. Aby chronić mikrokontroler, gdy napięcie baterii jest niskie, dioda BAT85 D1 obniża napięcie wyjściowe do wartości nieznacznie przekraczającej napięcie baterii.

Moduł jest wyposażony w złącze i oznaczone kolorami przewody, jak pokazano na rysunku 3. Ma również dwie diody LED. Czerwona dioda LED wskazuje zasilanie, a zielona dioda LED miga z częstotliwością jednego impulsu na sekundę.

Żywotność baterii

Głównymi czynnikami decydującymi o żywotności baterii są prąd pobierany przez silnik zegara oraz jakość zastosowanych ogniw.

Zegar krokowy Kmart pobierał średnio 170 µA, podczas gdy zegar krokowy IKEA pobierał średnio 135 µA (oba z sygnałem sterującym o wartości szczytowej 1,5 V). Jest to typowe dla tego rodzaju ruchów. Ponieważ budowany sterownik zasila silnik z obu ogniw, typowy średni prąd pobierany z każdego z nich wynosi 70...85 µA.

Średni prąd pobierany przez mikrokontroler wynosi około 18 µA z obu ogniw. Prąd wyłączenia przetwornicy boost i kilku innych źródeł dodaje około 3 µA na ogniwo.

Na koniec należy wspomnieć o prądzie pobieranym przez okresowe działanie modułu GPS. Prąd szczytowy wynosi do 100 mA, ale jest pobierany tylko przez krótki okres co pięć dni, więc jego średnia długoterminowa jest dość niska i wynosi około 5 µA.

Po zsumowaniu wszystkich czynników okazuje się, że typowy zegar będzie pobierał około 100 µA z każdego ogniwa.

Aby zegar działał dłużej przy niskim napięciu baterii, oprogramowanie układowe zmienia cykl pracy impulsowej, jeśli napięcie baterii jest niższe niż 1,125 V na ogniwo. Wydłuża to czas impulsu o 24% i skraca okres bezczynności o tę samą wartość. Częstotliwość przebiegu jest taka sama, więc nie wpływa to na dokładność pomiaru czasu, ale dostarcza więcej energii, aby zapobiec zatrzymaniu.

Powyższe rozwiązania umożliwiają kontynuowanie pracy zegara przy napięciu poniżej 1 V na ogniwo. Wpływ na zegar krokowy nie jest tak znaczący, ale większość z nich będzie działać do osiągnięcia 1 V.

Przy okazji, jeśli testujesz minimalne napięcie pracy zegara, musisz zamontować go w pozycji pionowej. Energia wymagana do podniesienia wskazówki sekundowej wbrew grawitacji spowoduje, że zegar zatrzyma się wcześniej niż w przypadku montażu poziomego.

Ponadto, jeśli nie zależy ci na korzystaniu z sekundnika, możesz go usunąć, a zegar powinien działać przez kilka tygodni dłużej, gdyż nie musi wkładać dodatkowego wysiłku w przesuwanie wskazówki sekundowej.

Dobrej jakości alkaliczne ogniwa AA mają pojemność 2000 mAh lub więcej przy niewielkim obciążeniu (przy rozładowaniu do 1,0 V), więc przy całkowitym

eprasa.pl cc29c17e01

poborze prądu 100 µA można oczekiwać, że bateria wytrzyma około dwóch lat. Oczywiście może się to znacznie różnić rodzaju eksploatacji zegara i jakości ogniw, ale jest to rozsądne oszacowanie.

Jeśli za zegarem jest miejsce, można oddzielnie zamontować dwa ogniwa typu C (R14), które mają pojemność około czterokrotnie większą niż ogniwa AA, więc można oczekiwać nawet ośmiu lat pracy (patrz poniżej). Czynnikiem ograniczającym byłaby jakość ogniw i szybkość ich wewnętrznego samorozładowania.

Skąd brać elementy?

Najłatwiejszym sposobem pozyskania kompletu komponentów jest zakup zestawu w sklepie internetowym Silicon Chip. Obejmuje on wszystkie potrzebne podzespoły z wyjątkiem zegara i baterii (więcej szczegółów można znaleźć w wykazie elementów). Zestaw zawiera wstępnie zaprogramowany mikrokontroler.

Jeśli jednak elementy zostały zakupione osobno, konieczne będzie samodzielne zaprogramowanie mikrokontrolera. Na płytce drukowanej znajduje się sześć pól lutowniczych do montażu złącza. Zwykle nie jest ono lutowane, ale jeśli chcesz zaprogramować mikrokontroler w układzie, możesz zamontować złącze i podłączyć programator PIC, taki jak PICkit 3 lub PICkit 4.

Oprogramowanie układowe jest dostępne na stronie internetowej Silicon Chip oraz http://geoffg.net/gpsclockdriver.html.

Warto od czasu do czasu sprawdzać aktualizacje, ponieważ istnieje możliwość, że jakiś błąd zostanie znaleziony i naprawiony.

Poza płytką drukowaną i mikrokontrolerem, pozostałe elementy są standardowe i można je nabyć u popularnych dystrybutorów. Jednak z pewnością nie znajdziesz kompletu elementów w Jaycar lub Altronics (lub prawdopodobnie w jakimkolwiek źródle), a prawdopodobne problemy z dostępnością niektórych elementów powodują, że warto sprawdzić, czy da się uzyskać wszystkie elementy przy jednej wysyłce. Dostępność zestawu pozwala uniknąć tego kłopotu.

Nie należy zastępować diody BAT85 innym typem. Jest to dioda Schottky'ego zapewniająca niski spadek napięcia, ale ma również niski upływ wsteczny, który jest niezbędny do wydłużenia żywotności baterii.

Zdecydowaliśmy się na odbiornik GPS V.KEL VK2828U7G5LF, który świetnie się sprawdza i jest dostępny łatwo i w dobrej cenie. Jeśli chcesz użyć innego modułu, prawdopodobnie będzie to również możliwe. Upewnij się tylko, że pracuje w standardzie TTL, a nie RS-232.

Oprogramowanie układowe automatycznie wypróbuje typowe prędkości komunikacji używane przez te moduły (4800, 9600 lub 19200 bodów). Korzysta z komunikatu NMEA RMC generowanego przez moduł GPS, który jest standardem u wszystkich producentów.

Przy zakupie zegara można kierować się jego atrakcyjnym wyglądem i wymienić mechanizm na inny. Większość producentów wysokiej klasy zegarów ustandaryzowała fizyczne wymiary mechanizmu zegara i jego układ montażowy. Nie dotyczy to jednak tanich zegarów, które nie są zgodne z żadnym standardem.

Można również kupić mechanizmy online z szeroką gamą pasujących wskazówek. Z uwagi na powyższe stworzenie własnego zegara z unikatową tarczą zegara jest całkiem ciekawą opcją.

Budowa

Sterownik zegara GPS jest zmontowany na płytce drukowanej o wymiarach 97 mm × 55,5 mm o symbolu kodowym 19109221, pokazanej na **rysunku 3**. Płytka jest niewielka, ponieważ za zegarem ściennym zazwyczaj jest mało miejsca.

Jeśli będziesz używać większych baterii (C zamiast AA) montowanych poza płytką, możesz odciąć końcową część płytki drukowanej z dwoma uchwytami na ogniwa AA. W rezultacie otrzymujemy płytkę PCB o wymiarach 64,5 mm × 55 mm, która powinna zmieścić się niemal za każdym zegarem.

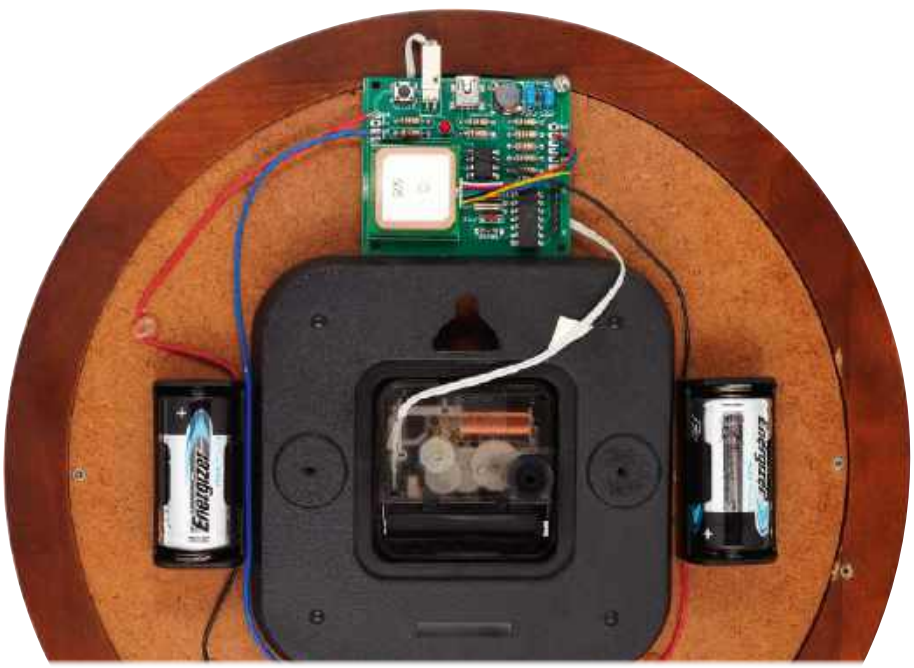
W przypadku cięcia płytki, należy to zrobić przed zamontowaniem jakichkolwiek elementów. Użyj metalowej linijki i ostrego noża rzemieślniczego, aby głęboko naciąć płytkę PCB po obu stronach, a następnie odłam płytkę i wygładź krawędź pilnikiem.

Pierwszym elementem do wlutowania jest IC3, MCP16251 w 6-nóżkowej obudowie SOT-23. Jest to układ dość mały, ale nie jest zbyt trudny w montażu. Najpierw należy określić jego kierunek montażu. Ma laserowo wygrawerowaną kropkę na górze w pobliżu pinu 1, ale jest ona słabo widoczna, więc w celu ustalenia orientacji łatwiej jest odczytać cztery litery wygrawerowane na chipie.

Do odczytania tych liter będziesz potrzebował lupy ×10. Mogą być w tym pomocne aparaty większości smartfonów. Pierwszymi dwoma znakami powinny być „MB", natomiast dwa ostatnie mogą być dowolne. Pin 1 znajduje się w lewym dolnym rogu, względem napisu czytanego od lewej do prawej.

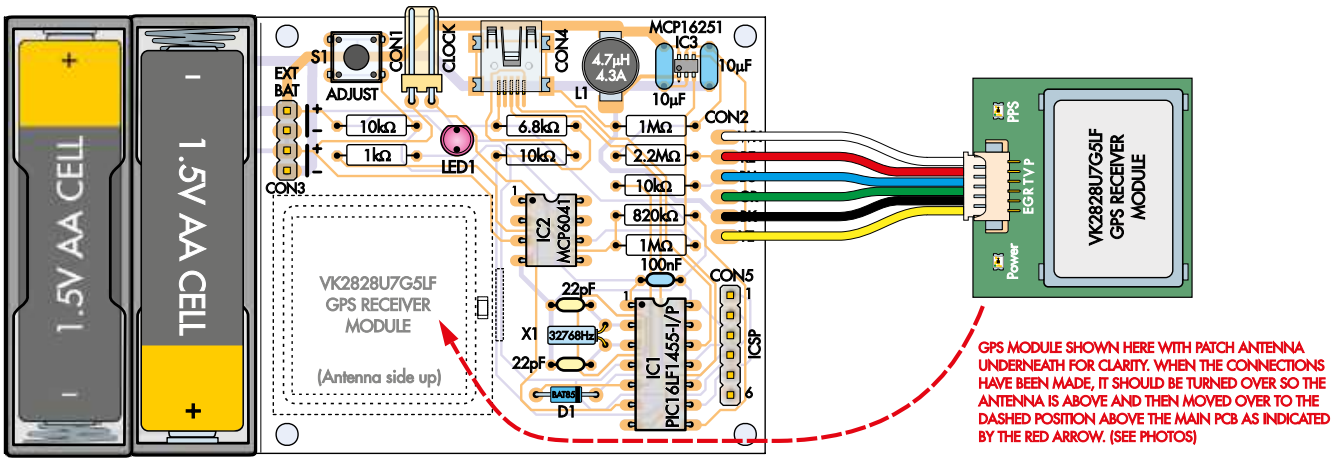
Przed przylutowaniem układu należy najpierw pokryć pady PCB topnikiem w postaci pasty, a następnie umieścić niewielką ilość cyny na narożnym padzie. Umieść chip i przytrzymując go, przyłóż grot lutownicy do tego pada.

Po przylutowaniu pierwszego pinu i przytrzymaniu układu na miejscu, sprawdź



Zegar wykorzystujący do zasilania oddzielnie montowane ogniwa typu C (R14). Ogniwa C mają pojemność około czterokrotnie większą niż ogniwa AA, więc ich żywotność może wynosić nawet osiem lat. Zależy to jednak od jakości ogniw i szybkości ich wewnętrznego samorozładowania. Płytka drukowana jest znacznie mniejsza bez wbudowanych uchwytów na ogniwa

eprasa.pl cc29c17e01



Rysunek 3. Montaż sterownika zegara jest dość prosty. Zacznij od przylutowania trzech elementów SMD (IC3, L1 i CON4) i sprawdź dokładnie, czy wszystkie mają dobre połączenia lutowane przed zamontowaniem elementów przewlekanych. Polaryzacja uchwytu ogniwa jest krytyczna, a dioda LED musi mieć dłuższe wyprowadzenie (anodę) włożone do otworu oznaczonego znakiem +. Układy scalone i dioda również muszą być zamontowane we właściwym kierunku

i wyśrodkuj pozostałe piny względem padów przed ich przylutowaniem. Zawsze nakładaj dużo topnika i używaj minimalnej ilości lutowia na grocie.

Następnie zamontuj złącze USB. Ma ono dwa małe plastikowe słupki na spodzie, które wchodzą w dwa otwory w płytce drukowanej odpowiednio je pozycjonując. Pokryj piny i pady PCB topnikiem w postaci pasty i przejedź grotem lutownicy po padach utrzymując minimalną ilość lutowia na grocie. Gdy grot zetknie się z pinem, lut powinien rozpłynąć się wokół niego.

W przypadku małych układów łatwo jest utworzyć mostki lutownicze między pinami, ale można je usunąć za pomocą plecionki lutowniczej, nie żałując topnika. Na koniec sprawdź wszystkie połączenia za pomocą silnej lupy (×10 lub ×20) i upewnij się, że każde połączenie jest prawidłowo przylutowane, bez mostków pomiędzy pinami. Nie zapomnij przylutować większych pinów montażowych.

Cewka jest ostatnim elementem SMD. Zacznij od umieszczenia jednego z dwóch pinów na jednym z pól lutowniczych dla tego komponentu, a następnie, przytrzymując cewkę przylutuj ją do tego pada. Powinno to zablokować element na miejscu. Następnie użyj cyny lutowniczej z kalafonią do przylutowania drugiej końcówki. W razie potrzeby popraw pierwotne lutowanie po drugiej stronie komponentu.

Pozostałe komponenty są elementami przewlekanymi. Zacznij od montowania tych niższych elementów, takich jak rezystory, a następnie zamontuj te o wyższym profilu, takie jak diody LED i uchwyty ogniw. Możesz użyć podstawek IC dla IC1 i IC2, ponieważ ułatwią one wymianę tych układów, jeśli się uszkodzą.

Podobnie jak układy scalone, diody LED1 i D1 są spolaryzowane, więc muszą być ustawione tak, jak pokazano na **rysunku 3**.

Moduł GPS można przymocować do płytki drukowanej za pomocą dwustronnej samoprzylepnej taśmy piankowej. Antena ceramiczna powinna znajdować się na górze, a metalowa osłona modułu i etykieta powinny przylegać do płytki drukowanej.

Zazwyczaj antena modułu GPS powinna być ustawiona w stronę nieba, co pozwala uzyskać najlepszą czułość. To z kolei oznacza, że moduł powinien być zamontowany poziomo (anteną zwrócony w kierunku nieba). Jeśli masz miejsce, możesz oddzielnie zamontować moduł z anteną w tej orientacji. Jednak nasze testy wykazały, że moduł działał równie dobrze, gdy był przymocowany na płasko do płytki drukowanej a następnie całość była przymocowana na odwrocie tarczy zegara.

Moduł GPS jest dostarczany ze złączem i przewodami oznaczonymi kolorami, które trafiają do pól lutowniczych po prawej stronie płytki drukowanej. Należy przyciąć przewody na odpowiednią długość i przylutować je do odpowiednich padów – WH oznacza biały, RE czerwony, BU niebieski itd.

W przypadku korzystania z zewnętrznych ogniw należy podłączyć je do czterech pól lutowniczych „EXT BAT”. Przewody te można przylutować bezpośrednio do odpowiednich pól lutowniczych na płytce drukowanej lub też przy użyciu 4-pinowego złącza 0,1”.

Modyfikacja mechanizmu zegara

Pomysł polega na odłączeniu cewki silnika krokowego zegara od płyty sterującej i podłączeniu dwóch przewodów do cewki. Wszystkie mechanizmy zegara różnią się



W pełni zmontowana płytka drukowana sterownika. Dotykowy przełącznik do regulacji sekundnika znajduje się w pobliżu górnej krawędzi, obok złącza USB do konfiguracji oprogramowania układowego. W prawym górnym rogu znajduje się cewka i inne elementy związane z przetwornicą, która zapewnia napięcie 4 V dla modułu GPS

eprasa.pl cc29c17e01

od siebie, więc możemy udzielić tylko ogólnych wskazówek.

Proces ten obejmuje odłączenie mechanizmu zegara od tarczy, jego demontaż, dokonanie modyfikacji i ponowny montaż.

Najpierw należy zdjąć obudowę przytrzymującą przednią szybę zegara. Zazwyczaj jest ona przymocowana śrubami dostępnymi od tyłu. Następnie zdejmij wskazówki. Zwykle wskazówka sekundowa jest zamocowana na wcisk na sworzniu pośrodku wału, więc delikatne pociągnięcie powinno ją uwolnić.

Następna jest wskazówka minutowa. W większości wysokiej klasy zegarów jest ona mocowana za pomocą okrągłej gwintowanej nakrętki. Jednak w tańszych zegarach jest ona często mocowana na wcisk na wale wskazówki minutowej. Wskazówka godzinowa jest prawdopodobnie osadzona również na wcisk na wale wskazówki godzinowej i należy ją delikatnie odciągnąć.

Po zdjęciu wskazówek okaże się, że mechanizm jest przymocowany do tarczy zegara za pomocą nakrętki sześciokątnej na gwintowanym wale. Po odkręceniu nakrętki mechanizm powinno dać się wyciągnąć z tarczy zegara. W niektórych tańszych zegarach nakrętki zabezpieczającej w ogóle się nie używa. Zamiast niej mechanizm jest utrzymywany na miejscu przez plastikowe klipsy z tyłu zegara.

Zrób zdjęcia mechanizmu i układu kół zębatych przed rozpoczęciem demontażu, a następnie rób dodatkowe zdjęcia w miarę postępów. Koła zębate mogą bardzo łatwo wypaść podczas obsługi mechanizmu, a wtedy trudno będzie go ponownie złożyć bez serii wcześniej zrobionych zdjęć.

W większości przypadków mechanizm będzie miał górną pokrywę przymocowaną do podstawy za pomocą zatrzasków. Możesz podważyć te zatrzaski, aby zdjąć pokrywę i uzyskać dostęp do silnika i przekładni. Wewnątrz należy zidentyfikować cewkę silnika (co powinno być w miarę banalne) oraz przewody cewki, które są przylutowane do płytki drukowanej z chipem sterującym (zwykle pod kropelką czarnej żywicy epoksydowej).

Przewody są bardzo cienkie, więc najlepszą metodą odłączenia układu sterowania jest przecięcie jednej (lub obu) ze ścieżek prowadzących od zakończenia cewki na płytce drukowanej dotychczasowego sterowania. Następnie można przylutować dodatkowe kabelki luzem do punktów końcowych przewodów cewki i wyprowadzić je z mechanizmu. Prawdopodobnie, aby to zrobić, trzeba będzie wywiercić otwór w górnej pokrywie dotychczasowego modułu napędowego.

Na koniec ponownie zmontuj zegar i zamocuj wyprowadzone z mechanizmu przewody do 2-pinowej wtyczki zaciskowej o rozstawie 2,54 mm.

Jeśli masz mechanizm krokowy, możesz przetestować czy dobrze podłączyłeś kabelki do cewki, podłączając do nich pojedyncze ogniwo AA 1,5 V a następnie odwróć polaryzację. Za każdym razem, gdy podłączysz ogniwo na odwrót, zegar powinien zliczyć jedną sekundę.

Wykaz elementów:

1 dwustronna PCB, kod 19109221, 97 mm × 55,5 mm
1 moduł GPS V.KEL VK2828U7G5LF lub podobny (MOD1) [SC3362]
1 zegarkowy rezonator kwarcowy 32768 Hz (X1)
1 4,7 µH 4,3 A 6×6 mm cewka SMD z rdzeniem ferrytowym (L1) [np. EPCOS B82464-A4]
1 4-pinowy niskoprofilowy przycisk (S1) [Altronics S1120].
1 2-pinowe złącze 2,54 mm spolaryzowane pod kątem prostym z wtyczką i pinami (CON1)
1 gniazdo USB SMD mini typ-B (CON4) [Altronics P1308].
1 6-stykowe złącze (CON5 – opcjonalnie)
2 uchwyty na pojedyncze ogniwa AA do montażu na płytce drukowanej (BAT1, BAT2) [Altronics S5029].
1 14-nóżkowa podstawka DIL IC (opcjonalne)
1 8-nóżkowa podstawka DIL IC (opcjonalnie)

Półprzewodniki:

1 PIC16LF1455-I/P zaprogramowany 1910922A.HEX, DIP-14 (IC1)
1 MCP6041-I/P 600 nA wzmacniacz operacyjny rail-to-rail, DIP-8 (IC2)
1 MCP16251T-I/CH przetwornica DC-DC boost z wejściem EN, SOT-23-6 (IC3)
1 czerwona dioda LED 5 mm (LED1)
1 BAT85 30 V 200 mA dioda Schottky'ego (D1)

Kondensatory:

2 10 µF 16 V X7R wielowarstwowy ceramiczny radialny [np. TDK FK26X7R1C106M]
1 100 nF 50 V X7R wielowarstwowy ceramiczny radialny
2 22 pF 50 V C0G/NP0 ceramiczny promieniowy

Rezystory: (wszystkie 1/4 W 5% lub lepsze)
1 2,2 MΩ 2 1 MΩ 1 820 kΩ 3 10kΩ 1 6,8 kΩ 1 1kΩ

Zestaw (SC6472 – 55 USD): zawiera płytkę drukowaną i wszystkie niezbędne elementy, w tym moduł GPS VK2828.

Konfiguracja sterownika zegara

Domyślnie sterownik zegara jest skonfigurowany do ruchu krokowego bez kompensacji czasu letniego. Jeśli to wszystko, czego potrzebujesz, możesz po prostu włożyć ogniwa i uruchomić zegar (patrz „Włączanie zasilania" poniżej). W przeciwnym razie konieczne będzie skonfigurowanie sterownika.

Podłącz zbudowany sterownik za pomocą odpowiedniego kabla USB do komputera lub laptopa i włóż ogniwa. Sterownik zegara połączy się z komputerem jako asynchroniczny

```
GPS Clock Driver v1.0

Sweep Clock (Y/N) ? Y
Use Daylight Saving (Y/N) ? Y

Start Daylight Saving Month (1-12) ? 10
Start Daylight Saving Day (1=Sun) ? 1
Start Daylight Saving Day in Month (1 to 4=Last) ? 1

End Daylight Saving Month (1-12) ? 4
End Daylight Saving Day (1=Sun) ? 1
End Daylight Saving Day in Month (1 to 4=Last) ? 1

Time Zone (-12.5 to +12.5) ? +10

Configuration Saved
Unplug USB
```

Zrzut ekranu 1. Konfigurowanie sterownika zegara za pomocą interfejsu USB. W tym przypadku wybrano sterownik zegara, a czas letni został skonfigurowany tak, aby pasował do NSW/Vic/Tas/ACT. Ustawienia te są zapamiętywane, więc nigdy nie trzeba ponownie wprowadzać szczegółów konfiguracji, nawet po wymianie baterii

eprasa.pl cc29c17e01

port szeregowy przez USB, a dioda LED mignie trzykrotnie, wskazując, że oprogramowanie sterownika działa teraz w trybie konfiguracji. Upewnij się, że zamontowane są nowe, lub mające wciąż dobrą pojemność ogniwa. Częściowo wyczerpane ogniwa mogą nie być w stanie dostarczyć prawidłowego poziomu sygnału USB, powodując błędy.

Sterownik imituje konwerter USB na port szeregowy, Microchip MCP2200. Windows 10 i 11 są dostarczane z zainstalowanym prawidłowym sterownikiem, ale w przypadku innych systemów operacyjnych może być konieczne załadowanie sterownika ze strony internetowej producenta. Można go znaleźć pod adresem: www.microchip.com/wwwproducts/en/MCP2200.

Będziesz także potrzebował oprogramowania emulatora terminala, aby wysyłać polecenia z klawiatury do sterownika zegara oraz wyświetlać wszystko, co zostało odesłane. W przypadku systemu Windows zalecamy Tera Term (http://tera-term.en.lo4d.com), który można pobrać i używać bezpłatnie. PuTTy to kolejny popularny emulator, który również będzie działał poprawnie.

Emulator terminala musi znać numer wirtualnego portu szeregowego generowanego po podłączeniu zegara. W systemie Windows można go znaleźć za pomocą Menedżera urządzeń. Inne szczegóły, takie jak szybkość transmisji, są nieistotne i można je zignorować.

Po skonfigurowaniu wszystkiego naciśnij klawisz *Enter*. Powinieneś po tym zobaczyć nagłówek konfiguracji, jak na **zrzucie ekranu 1**.

Pierwszym pytaniem zadawanym przez oprogramowanie sterownika zegara jest „Sweep (Y/N)”. Jeśli wpiszesz „Y”, a następnie naciśniesz *Enter*, skonfigurujesz sterownik zegara do ruchu przemiatającego (ciągłego). Jeśli zamiast tego wpiszesz „N”, zostanie on skonfigurowany do ruchu krokowego.

Następne pytanie brzmi „Use daylight saving (Y/N)”, a jeśli odpowiesz „N”, nie musisz robić nic więcej, ustawienia zostaną zapisane i zostaniesz poproszony o odłączenie kabla USB. Jeśli odpowiesz „T”, będziesz musiał wprowadzić specyfikacje dla początku i końca czasu letniego.

Konfiguracja czasu letniego

Oprogramowanie układowe może poradzić sobie z wymaganiami dotyczącymi czasu letniego dla większości krajów na całym świecie, chociaż niektóre z nich są zbyt skomplikowane lub niejasne (na przykład Iran). W **tabeli 1** przedstawiono ustawienia wymagane dla Australii i Nowej Zelandii.

Tabela 1. Zasady DST dla AU i NZ (nie są przestrzegane w Qld, NT i WA)

	NSW, Vic, Tas i ACT	Australia Południowa	Nowa Zelandia
Miesiąc rozpoczęcia	10 (październik)	10 (październik)	9 (wrzesień)
Dzień tygodnia rozpoczęcia	1 (niedziela)	1 (niedziela)	1 (niedziela)
Tydzień w miesiącu rozpoczęcia	1 (pierwsza niedziela)	1 (pierwsza niedziela)	4 (czwarta niedziela)
Miesiąc zakończenia	4 (kwiecień)	4 (kwiecień)	4 (kwiecień)
Dzień tygodnia zakończenia	1 (niedziela)	1 (niedziela)	1 (niedziela)
Tydzień w miesiącu zakończenia	1 (pierwsza niedziela)	1 (pierwsza niedziela)	1 (pierwsza niedziela)
Przesunięcie strefy czasowej	+10	+9,5	+12

Zarówno na początku, jak i na końcu okresu letniego należy wprowadzić trzy liczby:

1. Miesiąc rozpoczęcia/zakończenia czasu letniego (od 1 do 12, gdzie 1 to styczeń).
2. Dzień tygodnia, w którym rozpoczyna/kończy się czas letni (niedziela jest dniem 1).
3. Tydzień miesiąca, na który przypada, przy czym 1 oznacza pierwszy tydzień, a 4 oznacza ostatni tydzień.

Następnie zostaniesz poproszony o podanie strefy czasowej. Należy ją wprowadzić jako liczbę godzin przed lub po UTC. Na przykład Sydney i Melbourne to +10, Adelaide to +9,5, a Los Angeles to –7.

Po naciśnięciu przycisku *Enter* pojawi się komunikat „Configuration Saved, Disconnect USB”. Po odłączeniu kabla USB, sterownik zegara uruchomi się ponownie tak, jakby bateria została właśnie podłączona (tj. poczeka na następną dokładną pół/pełną godzinę, a następnie rozpocznie działanie, jak opisano poniżej). Wprowadzone ustawienia zostaną zapamiętane, więc nigdy nie trzeba będzie wprowadzać ich ponownie, nawet w przypadku wymiany ogniw.

Zmiana czasu na letni rozpoczyna się o 2:00 i kończy o 3:00. Jedynym wyjątkiem jest Wielka Brytania, gdzie czas zaczyna/kończy się godzinę wcześniej. Oprogramowanie układowe określa, czy zegar działa w Wielkiej Brytanii, sprawdzając przesunięcie strefy czasowej, które w Wielkiej Brytanii wynosi zero.

Zasilanie

Wszystko, co musisz zrobić, to ustawić wskazówki na następne pół godziny lub pełną godzinę (w zależności od tego, do czego jest bliżej) i włożyć ogniwa, a następnie zawiesić zegar z powrotem na ścianie. Zegar poczeka, aż nadejdzie następna połowa/pełna godzina i automatycznie zacznie działać. Od tego momentu będzie wskazywał dokładny czas aż do wyczerpania baterii.

Nie należy wkładać ogniw do pierwotnego mechanizmu zegara. Nowy sterownik zegara w całości zastępuje płytkę kontrolera wewnątrz mechanizmu, więc nie musi być zasilany.

Wbudowana dioda LED informuje o postępach podczas procesu uruchamiania. Po włożeniu ogniw dioda LED miga dwukrotnie, wskazując, że mikrokontroler i oprogramowanie układowe są uruchomione. Następnie oprogramowanie układowe włącza moduł GPS, migając diodą LED krótko z częstotliwością 1 Hz podczas wyszukiwania satelitów.

Gdy moduł GPS ma zlokalizowane satelity (tj. ma dokładny czas), dioda LED będzie migać długo co sekundę. Wreszcie, gdy zegar zacznie działać, dioda LED zgaśnie.

W przypadku nowego modułu GPS znalezienie wystarczającej liczby satelitów może zająć trochę czasu (do 45 minut). Opóźnienie to może skutkować uruchomieniem zegara o niewłaściwej godzinie. Dlatego przy pierwszym użyciu zegara należy zwracać uwagę na to, kiedy uzyskuje pełną lokalizację satelitów i w razie potrzeby wyregulować wskazówki. Gdy moduł GPS po raz pierwszy uzyska połączenie z satelitami, kolejne synchronizacje są zwykle znacznie szybsze i zazwyczaj trwają mniej niż minutę.

Regulacja sekundnika

Wszystkie mechanizmy zegara umożliwiają regulację wskazówek godzinowej i minutowej, ale wskazówka sekundowa prawdopodobnie nie będzie znajdować się w pozycji godziny 12 i utknie gdzieś na tarczy. Aby to skorygować, można przytrzymać przycisk na płytce drukowanej, gdy zegar czeka na uruchomienie, a oprogramowanie układowe będzie przesuwać wskazówkę sekund wokół tarczy. Zwolnij go, gdy osiągnie pozycję godziny 12. W ten sposób zegar

eprasa.pl cc29c17e01

uruchomi się z sekundnikiem wskazującym prawidłową sekundę.

Problem z niektórymi mechanizmami polega na tym, że gdy zegar zaczyna działać, mechanizm może zacząć napędzać wskazówki kilka sekund wcześniej lub później. Choć nie jest to duży problem, ten niewielki błąd można skorygować nawet podczas pracy zegara. Przytrzymaj przełącznik dotykowy, gdy zegar jest uruchomiony, aż zaświeci się dioda LED. Jeśli następnie natychmiast zwolnisz przycisk, oprogramowanie układowe przyspieszy o jedną sekundę.

Z drugiej strony, jeśli przytrzymasz przycisk, aż dioda LED zgaśnie, a następnie go zwolnisz, oprogramowanie układowe opóźni wskazówki o jedną sekundę.

Należy pamiętać, że zegar z płynącą wskazówką sekundową potrzebuje ośmiu sekund, aby przyspieszyć lub opóźnić wskazówki o jedną sekundę. Tak więc, jeśli używasz takiego zegara, powinieneś odczekać chwilę, aby sprawdzić efekt ostatniej regulacji przed dokonaniem kolejnej.

Dokładność zegara można zweryfikować za pomocą źródła czasu, takiego jak www.time.gov, które podaje dokładny czas z dokładnością do sekundy – nawet kompensując opóźnienia w Internecie. Mając to za punkt odniesienia, można użyć przełącznika dotykowego, aby doprowadzić wskazówkę sekundową do dokładnej zgodności z tym źródłem i skompensować wszelkie błędy początkowe.

Błąd uruchomienia należy skorygować natychmiast po uruchomieniu zegara. Unikamy w ten sposób nieumyślnego skorygowania błędu częstotliwości kwarcu, który zostanie automatycznie skorygowany przez oprogramowanie układowe po pierwszych 12 godzinach pracy, po drugiej synchronizacji GPS.

Wszystkie mechanizmy zegara wykorzystują rodzaj silnika krokowego, który obraca swój wirnik krok po kroku, za pomocą impulsów wysyłanych przez sterownik. Tak więc, gdy wskazówki są dokładnie ustawione, same od siebie nigdy nie przesuną się nawet o sekundę, chyba że bateria jest wyczerpana lub mechanizm jest uszkodzony. Dlatego, w normalnym toku postępowania, nigdy nie powinna być konieczna ponowna regulacja zegara po skompensowaniu początkowego błędu rozruchu.

Rozwiązywanie problemów

Aby przetestować zegar, włóż baterie i obserwuj sekwencję diod LED, jak opisano powyżej. Miejmy nadzieję, że uruchomi się sekwencja startowa i zegar zacznie działać. Jeśli zegar nie działa zgodnie z oczekiwaniami, obserwuj diodę LED w celu zlokalizowania problemu.

Gdy ogniwa są włożone (a USB nie jest podłączone), dioda LED powinna mignąć dwukrotnie. Jeśli tak się nie stanie, wina może leżeć po stronie ogniw, mikrokontrolera lub diody LED. Przed szukaniem innych przyczyn należy sprawdzić, czy dioda LED jest zamontowana zgodnie z polaryzacją oraz czy działa.

Jeśli nie widać podwójnego błysku, sprawdź napięcie między pinami 1 i 14 mikrokontrolera. Powinno być ono takie samo jak napięcie baterii (3,2 V w przypadku nowych ogniw). Jeśli jest prawidłowe, sprawdź mikrokontroler. Czy jego kierunek montażu jest prawidłowy? Czy został prawidłowo zaprogramowany? Jeśli użyłeś podstawki, sprawdź, czy układ jest prawidłowo włożony, bez zagiętych nóżek pod spodem.

Po podwójnym mignięciu oprogramowanie sterownika zegara włączy moduł GPS. W ciągu kilku sekund dioda LED powinna migać co sekundę, wskazując, że dane są odbierane z modułu. Jeśli ten błysk nie jest widoczny, problem może dotyczyć przetwornicy lub modułu GPS.

Sprawdź napięcie między masą a czerwonym przewodem do GPS (oznaczenie RE na płytce drukowanej). Powinno ono wynosić około 4 V. Inna wartość wskazuje na problem z przetwornicą i powiązanymi z nią elementami.

Jeśli przetwornica działa prawidłowo, usterka musi dotyczyć modułu GPS. Sprawdź, czy jest on prawidłowo podłączony i czy wykorzystuje jedną z obsługiwanych prędkości komunikacji szeregowej (4800, 9600 lub 19200 bodów).

Uzyskanie sygnału od satelitów GPS

Moduł GPS potrzebuje pewnego czasu na odnalezienie satelitów. W chwili, gdy zlokalizowana zostanie wystarczająca do uzyskania dokładnego czasu liczba satelitów GPS, mikrokontroler wyłączy przetwornicę. Dioda LED będzie teraz migać co sekundę. Zwykle dzieje się to w ciągu minuty lub dwóch, ale może to zająć więcej czasu.

Może zdarzyć się przypadek, że sygnał GPS nie będzie wystarczająco silny do zlokalizowania satelitów. Wynieś wtedy zegar na zewnątrz i umieść go tak, aby antena była skierowana bezpośrednio w niebo i pozostaw go tak przez co najmniej godzinę.

Zazwyczaj, jeśli moduł GPS mógł zlokalizować satelity po włożeniu baterii, powinien być w stanie lokalizować je również przy kolejnych synchronizacjach. Jednak marginalny



Wnętrze typowego mechanizmu zegara ściennego zmodyfikowanego dla naszego sterownika zegara. Cewka silnika znajduje się w prawym górnym rogu, natomiast niebieska płytka sterująca znajduje się po lewej stronie, z kroplą czarnej żywicy epoksydowej ukrywającej układ sterujący. Został on wyłączony poprzez wycięcie ścieżki PCB, a przewody zostały przylutowane do punktów lutowniczych cewki silnika

poziom sygnału GPS lub ustawienie zegara w innym miejscu mogą to zmienić.

Po włożeniu baterii oprogramowanie sterownika zegara będzie czekać aż do momentu uzyskania sygnału GPS. Jednak po tym pierwszym razie oprogramowanie układowe będzie oczekiwało na sygnał GPS jedynie 30 minut. Następnie, jeśli połączenie GPS się nie powiedzie, sterownik zrezygnuje z próby nawiązania łączności GPS i ponowi ją za 24 godziny. Aby to zasygnalizować, dioda LED będzie migać krótko co sekundę, do momentu gdy kolejna próba zakończy się powodzeniem i zostanie uzyskany dokładny czas.

Jeśli okaże się, że zegar jest niedokładny, sprawdź diodę LED. Jeśli miga, oznacza to, że sygnał GPS był niewystarczający do uzyskania dokładnego czasu.

Jeśli okaże się, że żywotność baterii jest krótka, sprawdź napięcie wyczerpanych baterii podczas ich wymiany. Większość mechanizmów będzie działać przy napięciu do 1,0 V. Jeśli zegar zatrzyma się przy napięciu znacznie wyższym (powiedzmy 1,2 V), mechanizm ma zbyt duże tarcie i powinien zostać wymieniony.

Doświadczyliśmy tego z tanim mechanizmem, który zawiódł po kilku latach, więc rozsądne może być zakupienie zapasowego mechanizmu (lub zegara) jako rezerwy na wypadek konieczności wymiany starego mechanizmu. W ten sposób masz gwarancję, że zamiennik będzie pasował do twojego zegara i będą pasowały do niego te same wskazówki. ■

Geoff Graham's

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

eprasa.pl cc29c17e01

Programowalne obciążenie DC sterowane przez Wi-Fi, część 1

Opisane w artykule obciążenie elektroniczne może obsłużyć moc wystarczającą do przetestowania prawie każdego projektu, a także wielu rodzajów baterii i ogniw słonecznych. Może pracować z napięciem do 150 V i prądem do 30 A w zakresie mocy do 300 W. Obciążenie ma zabezpieczenie nadnapięciowe, nadprądowe, temperaturowe i przed odwrotną polaryzacją. Co ważne, jest to urządzenie programowalne z panelu przedniego lub przez Wi-Fi. Ma ponadto funkcję zautomatyzowanego testowania i możliwość rejestrowania danych.

Materiały dodatkowe dostępne są na stronie Silicon Chip: https://tiny.pl/4qvc2wgg

Materiały dodatkowe są również dostępne na stronie elportal.pl/do-pobrania



Obciążenia elektroniczne dla prądu stałego są przydatne do testowania zasilaczy, akumulatorów, ogniw słonecznych i innych urządzeń zasilających. Projekt i budowa obciążenia elektronicznego demonstruje również wiele przydatnych zasad energoelektroniki. Nawet jeśli nie potrzebujesz lub nie planujesz budować obciążenia DC, artykuł z pewnością może cię zainteresować.

Nawet najbardziej podstawowy element obciążenia, rezystor, może być używany do testowania źródeł zasilania i akumulatorów, ale brakuje mu elastyczności. Nawet w przypadku zastosowania reostatu o dużej mocy, wykreślanie wydajności w zależności od zmian parametrów obciążenia nie jest łatwe. Trudno jest szybko i płynnie zmienić wartość rezystora w celu przetestowania odpowiedzi przejściowej. Te i inne ograniczenia testowania obciążenia za pomocą rezystora mogą być wyeliminowane przez obciążenia elektroniczne.

Oprócz możliwości naśladowania rezystancji, obciążenia elektroniczne mają zazwyczaj kilka innych trybów pracy: stałe napięcie (CV), stały prąd (CC) i stała moc (CP).

Nowoczesne obciążenia elektroniczne zwykle mogą generować zmienne sekwencje czasowe nastaw w celu przetestowania różnych punktów obciążenia i zachowania w stanach przejściowych. Powszechne są również funkcje wspomagające testowanie baterii i ogniw słonecznych. Zaawansowane obciążenia są programowalne, zapewniają automatyzację typowych funkcji i rejestrują dane. Opisane w artykule obciążenie elektroniczne oferuje wszystkie te funkcje (**oscylogramy 1...3**).

Co ważne, obciążenie można programować i monitorować za pomocą elementów sterujących na panelu przednim, przeglądarki internetowej, oprogramowania terminala lub poprzez SCPI. SCPI jest standardowym protokołem używanym przez wiele aplikacji specjalnie zaprojektowanych do sterowania

eprasa.pl cc29c17e01

przyrządami testowymi, takimi jak LabView Community Edition firmy National Instruments lub oprogramowanie open source TestController (siliconchip.com.au/link/abev).

Cele projektowe

Parametry projektu były podyktowane kilkoma czynnikami, w tym zamierzonymi zastosowaniami i pewnymi praktycznymi ograniczeniami.

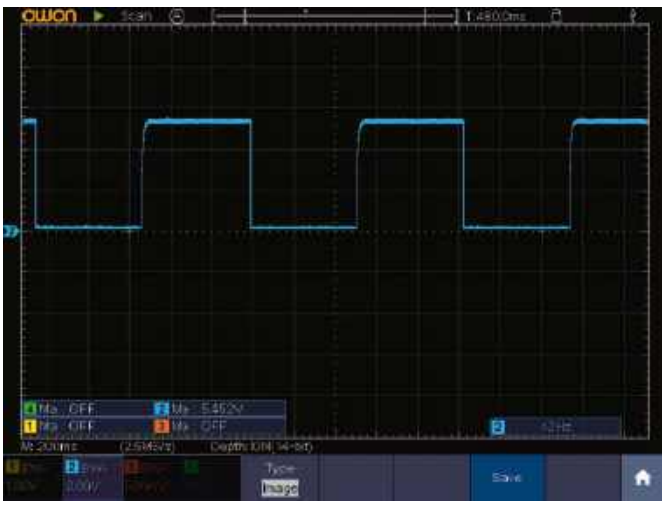
Jednym z ważnych zastosowań jest potrzeba testowania różnych typów akumulatorów, od maleńkich ogniw litowo-polimerowych, które można znaleźć w zabawkach, takich jak mikrohelikoptery, po umiarkowanie wytrzymałe szczelne akumulatory kwasowo-ołowiowe (SLA).

Innym przydatnym zadaniem dla obciążenia elektronicznego jest automatyzacja testowania zasilaczy, na przykład naszych najnowszych zasilaczy stołowych:

- Liniowy zasilacz stołowy 45 V, 8 A (październik-grudzień 2019; siliconchip.com.au/Series/339),
- Programowalny hybrydowy zasilacz laboratoryjny z modułem Wi-Fi (maj i czerwiec 2021; siliconchip.com.au/Series/364 oraz EdW marzec i kwiecień 2024),
- Inteligentny podwójny zasilacz hybrydowy (luty i marzec 2022; siliconchip.com.au/Series/377 oraz EdW listopad i grudzień 2024).

Cechy

- obsługuje do 150 V DC, 30 A i 300 W
- wykorzystuje chłodzenie procesora komputerowego do rozpraszania dużej mocy przy umiarkowanym poziomie szumu
- posiada tryby stałego napięcia (CV), stałego prądu (CC), stałej mocy (CP) i stałej rezystancji (CR)
- posiada tryby testu krokowego (prostokąt, rampa i trójkąt) ze zmiennymi czasami narastania/opadania
- posiada funkcję rejestrowania danych
- umożliwia sterowanie za pomocą ekranu dotykowego, USB lub Wi-Fi (przeglądarka internetowa), w tym za pomocą smartfona/tabletu
- wspiera SCPI przez Wi-Fi i izolowane USB
- zachowuje ustawienia po wyłączeniu zasilania
- posiada zabezpieczenie nadnapięciowe, nadprądowe i przed odwrotnym napięciem
- nadaje się do testowania zasilaczy, baterii i ogniw słonecznych



Oscylogram 1. Prąd pobierany przez obciążenie w trybie stałoprądowym ze stałym napięciem i funkcją Step dla żądanego prądu. Zmienia się od 0,5 A do 3 A mniej więcej raz na sekundę. Można to łatwo skonfigurować za pomocą panelu przedniego lub przeglądarki internetowej

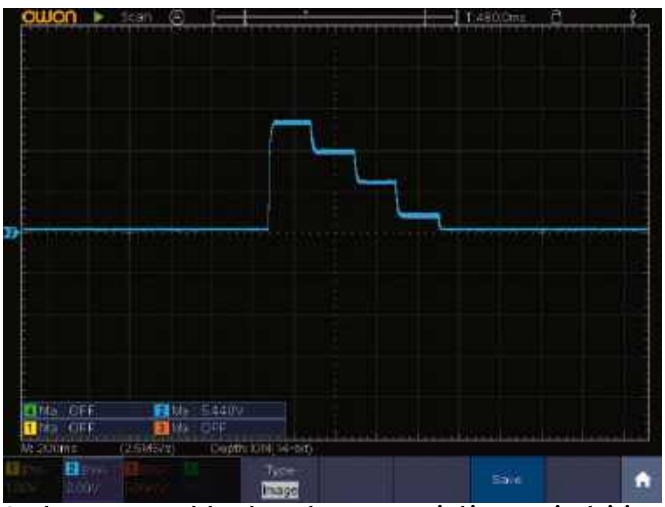
Ogniwa słoneczne o mocy 300 W są obecnie w powszechnym użyciu, a ich testowanie, to kolejny przypadek, w którym pomocne jest obciążenie elektroniczne. Nasze sztuczne obciążenie jest więc zaprojektowane do obsługi napięć i prądów wytwarzanych przez panele słoneczne.

Maksymalne wartości znamionowe łatwo dostępnych przekaźników i listew zaciskowych stanowią praktyczne ograniczenie do 30 A i 150 V. Są to realnie osiągalne limity prądu i napięcia (**rysunek 1**).

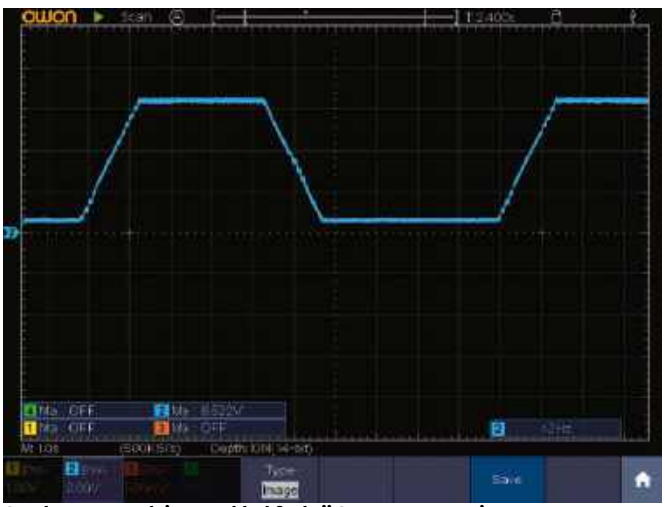
Gdy wymagane jest testowanie „high-side”, korzystna jest izolacja od uziemienia. Może być ona potrzebna również w przypadku źródeł o ujemnym napięciu. Ponieważ obciążenie ma być używane na stanowisku testowym, potrzebna jest również kompleksowa ochrona przed przeciążeniem i odwrotnym podłączeniem.

W przypadku rozszerzonych testów, gdy może być potrzebne zdalne monitorowanie i sterowanie, urządzenie musi zapewniać kompleksowe funkcje zdalnego sterowania. W tym celu interfejs przeglądarki odzwierciedla wszystkie funkcje ekranu dotykowego inne niż menu kalibracji i komunikacji. Zapewnia również funkcje rejestrowania i wykres czasowy prądu, napięcia i jednego innego parametru.

Podczas wykreślania charakterystyk zasilaczy w trakcie ich testowania pomocna jest możliwość szybkiego przechodzenia między nastawami lub tworzenia własnych ramp.

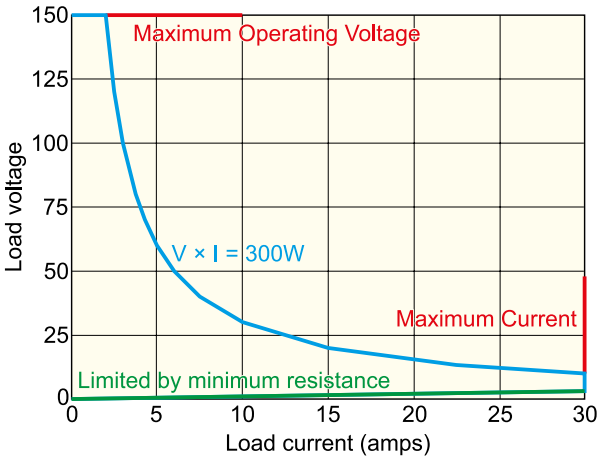


Oscylogram 2: Jest podobny do oscylogramu 1, z wyjątkiem tego, że obciążenie jest zaprogramowane tak, aby szybko wzrosło z 0,5 A do 3 A, a następnie z powrotem do 0,5 A w czterech krokach, ponownie przy użyciu funkcji Step



Oscylogram 3. Kolejny przykład funkcji Step. Tym razem jest ona ustawiona na okres 10 sekund z 1,5-sekundowymi czasami narastania/opadania, co skutkuje trapezoidalnym przebiegiem prądu

eprasa.pl cc29c17e01



Rysunek 1. Maksymalna moc rozpraszana przez obciążenie jest określona przez bezpieczny obszar działania (SOA). Przy bardzo niskim napięciu, maksymalny prąd, który może wpływać do obciążenia jest określony przez $R_{DS(ON)}$ MOSFET-a i rezystory bocznikujące czterech modułów mocy równolegle, dając minimalną rezystancję 25 mΩ

Wreszcie, możliwość zbierania danych testowych z wielu przebiegów w celu dalszej analizy oszczędza czas i ewentualne błędy transkrypcji. Jeszcze lepiej jest, jeśli odczyty z kilku urządzeń można połączyć w jeden plik raportu.

Chociaż w tym projekcie mogliśmy zaprojektować te funkcje, oprogramowanie TestController umożliwia zdalne sterowanie przyrządami, automatyzację sekwencji testowych i synchronizację wielu urządzeń. Uzyskane pomiary można analizować za pomocą kompleksowych funkcji matematycznych i wykresów zawartych w programie.

Ponieważ TestController, podobnie jak inne programy do sterowania przyrządami testowymi, obsługuje protokół SCPI, sprawdzi się świetnie w roli interfejsu do prezentowanego obciążenia. Obciążenie reaguje na polecenia protokołu SCPI za pośrednictwem połączenia Wi-Fi lub izolowanego połączenia szeregowego USB. Na stronie siliconchip.au/link/abf6 udostępniliśmy plik definicji przyrządu dla oprogramowania TestController, przeznaczony do tego obciążenia.

Szczegółowe opisy opcji zdalnego sterowania i ogólnego działania budowanego obciążenia można znaleźć w instrukcji PDF (siliconchip.com.au/Shop/Download/6518/14227). Więcej informacji na temat protokołu SCPI można znaleźć na stronie 78 wydania z czerwca 2021 r. (siliconchip.com.au/Article/14891).

Przegląd projektu

Podstawową funkcją obciążenia elektronicznego jest przekształcanie energii elektrycznej w ciepło i rozpraszanie go w otoczeniu. Po zapoznaniu się z różnymi tradycyjnymi kombinacjami radiatorów i wentylatorów, ustaliliśmy, że najlepszą wartością jest zastosowanie chłodzenia procesora typu „tower" z wymuszonym przepływem powietrza.

Większość radiatorów z aktywnym chłodzeniem dla procesorów ma płytkę kontaktową o wymiarach 35 mm × 40 mm dopasowaną do standardowych elementów odprowadzania ciepła procesorów Intel i AMD. Na bloku o tym rozmiarze można łatwo zamontować obok siebie dwa elementy w obudowach TO-247. Każde chłodzenie na układ 150-watowy lub większy powinno być wystarczające. CoolerMaster Hyper 103 ma kołnierze montażowe przylegające do dużej podkładki przenoszącej ciepło, zapewniając gotowy sposób przymocowania go do płytki drukowanej. Ma ponadto ładne niebieskie diody LED, które oświetlą wnętrze obudowy!

Podobnie jak w innych konstrukcjach o dużej mocy, dobre odprowadzanie ciepła z obudowy MOSFET-a do radiatora ma kluczowe znaczenie. Aby ograniczyć opór cieplny do minimum, zdecydowaliśmy się nie używać żadnego materiału izolacyjnego między MOSFET-ami a radiatorem. W obciążeniu zastosowano dwa radiatory aktywne do chłodzenia procesorów komputerowych, z których każdy odprowadza ciepło z pary MOSFET-ów w obudowie TO-247.

Ponieważ odprowadzenia ciepła MOSFET-ów są dołączone do wypustów, oba radiatory znajdują się na pełnym napięciu wejściowym – 150 V. Jako płaszczyznę mocowania obudowy w celu zapewnienia wymaganej izolacji wykorzystaliśmy plastikową osłonę wentylatora chłodzenia procesora.

Do tego projektu preferowane jest chłodzenie aktywne CoolerMaster Hyper 103, pokazane na **rysunku 2**. Jedna sztuka Kosztuje około 35 dolarów. Chłodzenie to jest wyposażone w 92-milimetrowy, 4-pinowy wentylator PWM. Do przenoszenia ciepła z MOSFET-ów do żeberek zastosowano w nim trzy rurki cieplne – technologię rurek cieplnych omówiliśmy w naszym artykule w numerze z maja 2022 r. (siliconchip.au/Article/15304).

Sterowanie MOSFET-em

Na **rysunku 3** przedstawiono schemat blokowy sztucznego obciążenia. Rdzeń projektu stanowią cztery bloki mocy, każdy z MOSFET-em, rezystorem bocznikowym i niektórymi układami sterującymi, pokazanymi bardziej szczegółowo na **rysunku 4**. Napięcie sterujące, SET_POINT, jest dostarczane do bloków mocy przez przetwornik cyfrowo-analogowy (DAC) wspólny dla wszystkich bloków.

Przetwornik analogowo-cyfrowy (ADC) mierzy napięcia na wejściu obciążenia i na rezystorach bocznikowych. Mikrokontroler steruje napięciem wyjściowym przetwornika cyfrowo-analogowego i iteruje je do momentu osiągnięcia pożądanych warunków pracy (patrz sekcja „Sterowanie obciążeniem elektronicznym").

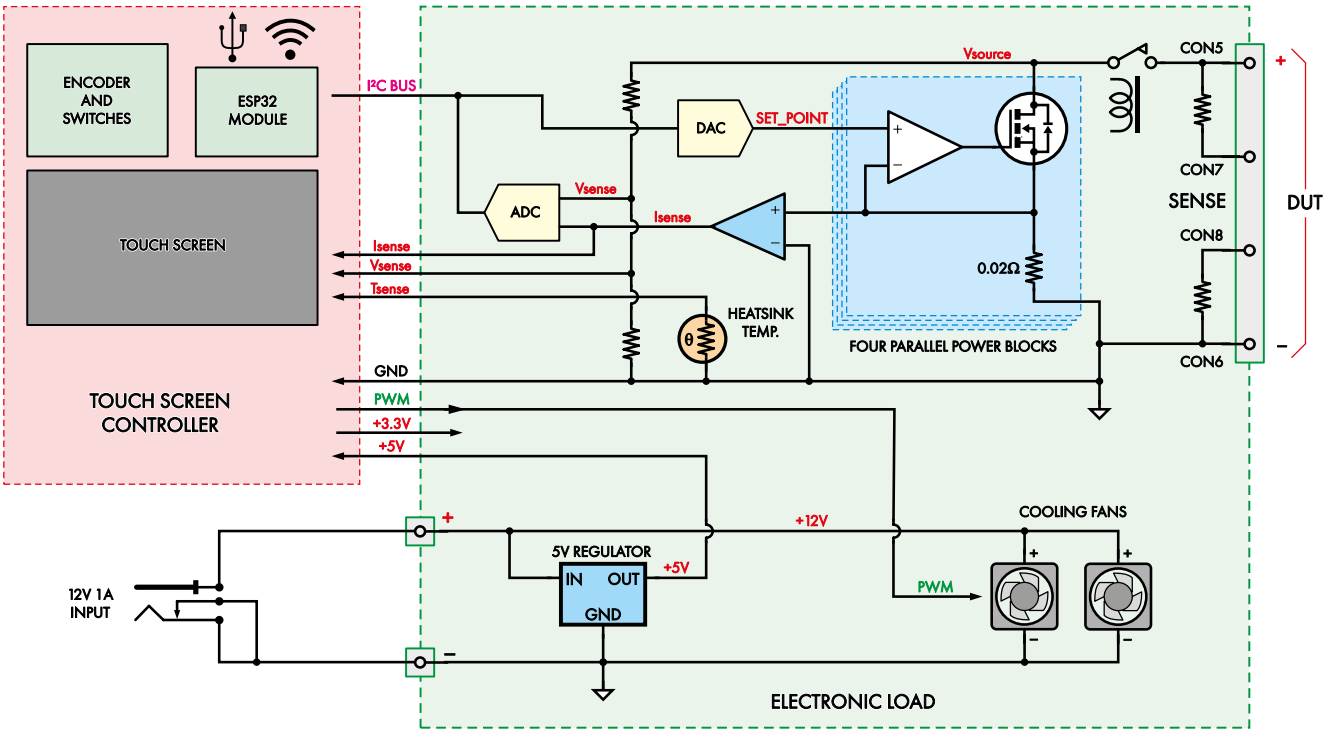
Temperatura obudowy jednego MOSFET-a jest odczytywana przez termistor i podawana do kanału ADC. Odczyt temperatury jest wykorzystywany do sterowania prędkością wentylatora za pomocą sygnału PWM z modułu mikrokontrolera, a także do implementacji zabezpieczenia przed przegrzaniem.

Obciążenie jest zasilane z zasilacza napięcia stałego o wartości 12 V, który bezpośrednio zasila wentylatory i wzmacniacze operacyjne. Jest ono stabilizowane do 5 V w celu zasilania mikrokontrolera ESP32 i kilku innych elementów. Kolejna szyna zasilająca 3,3 V służy do zasilania układów DAC i ADC. Ogólny układ kontrolera jest taki sam jak w projekcie Programowany hybrydowy zasilacz



Rysunek 2. Do rozpraszania ciepła z czterech MOSFET-ów i kierowania go do otaczającego powietrza używane są dwa radiatory aktywne Coolermaster Hyper 103. Można użyć innych radiatorów aktywnych dla procesorów komputerowych, ale mogą one nie zmieścić się w określonej obudowie. Te, które zastosowano są całkiem niezłe i dostępne są w cenie około 35 USD za sztukę (cena detaliczna).

eprasa.pl cc29c17e01



Rysunek 3. Uproszczony schemat blokowy przedstawiający główne cechy budowanego obciążenia. Cztery identyczne bloki mocy op amp/MOSFET są sterowane przez przetwornik cyfrowo-analogowy, natomiast przetwornik ADC mierzy napięcie i prąd wejściowy. Przekaźnik łączy lub odłącza testowane urządzenie do lub od ESP32 obsługującego komunikację i sterowanie.

laboratoryjny z modułem Wi-Fi (maj-czerwiec 2021; siliconchip.com.au/Series/364 oraz EdW marzec i kwiecień 2024).

Aby uprościć montaż MOSFET-ów na radiatorze każdego chłodzenia, jedną parę MOSFET-ów i ich radiator należy zamontować na oddzielnej płytce. Do połączenia zasilania i sygnałów sterujących z główną płytką drukowaną został zastosowany przewód taśmowy.

Szczegóły układu

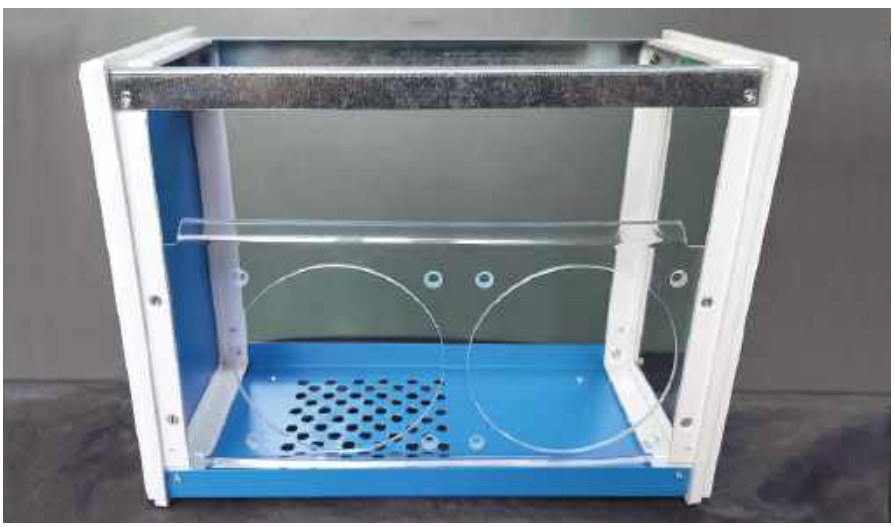
Główny układ opisywanego obciążenia pokazano na **rysunkach 5** i **6**. Jeden blok zasilania jest zaznaczony niebieską ramką, drugi jest praktycznie identyczny.

Każdy MOSFET ma swój prąd drenu sterowany przez wzmacniacz operacyjny, równoważący ustawienie z napięciem generowanym przez odpowiedni rezystor bocznikowy 0,02 Ω.

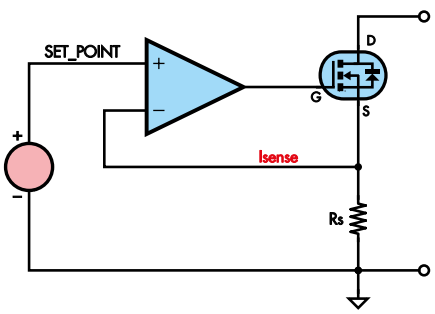
Używając bloku Q1 jako przykładu, sygnał SET_POINT ze sterownika jest dzielony przez parę rezystorów 18 kΩ/1 kΩ, aby dopasować żądane napięcie na rezystorze bocznikowym, które osiągnie 0,15 V przy 7,5 A.

Ponieważ wzmacniacz operacyjny ma duże wzmocnienie w otwartej pętli, steruje on napięciem bramki tak, aby napięcia na wejściu nieodwracającym i na źródle MOSFET-a były równe. Rezystory dzielnika mają tolerancję ±1% zapewniającą ściśle dopasowane napięcia zadane dla każdego bloku zasilania.

Z kolei rezystory bocznikowe są elementami o tolerancji ±5%, równoważąc

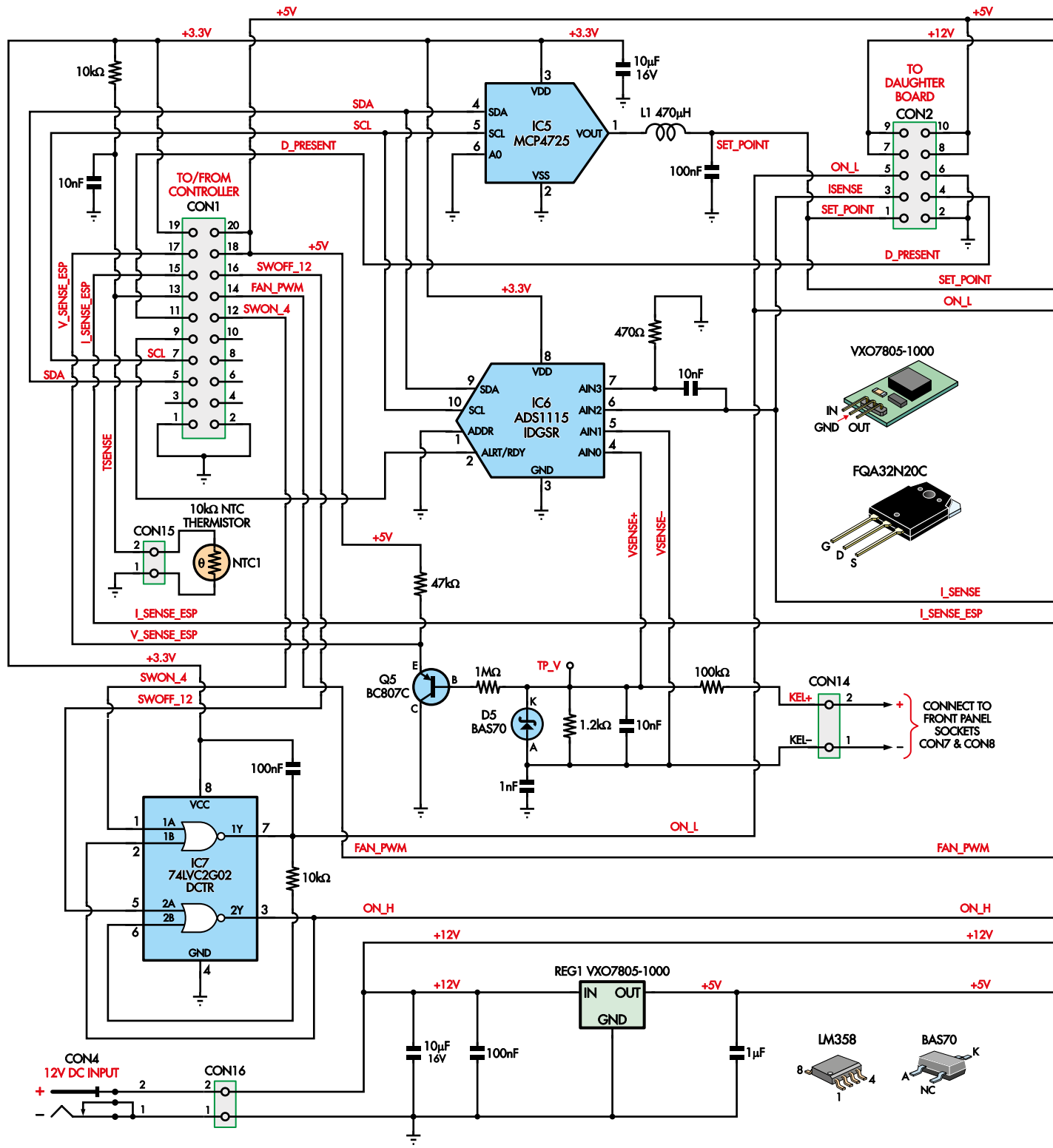


Dla budowanego obciążenia została użyta wentylowana metalowa obudowa o wymiarach 270 mm × 210 mm, jak pokazano na zdjęciu. Do montażu wentylatorów wewnątrz obudowy służy kawałek przezroczystego akrylu o grubości 3 mm. Zagięcia na górze i na dole plastikowego panelu montażowego radiatora mają na celu zwiększenie jego sztywności. Widoczne są również dodatkowe otwory wentylacyjne w podstawie



Rysunek 4. Podstawowy układ obciążenia stałoprądowego. Prąd drenu MOSFET-a jest w miarę proporcjonalny do napięcia bramki po osiągnięciu napięcia progowego bramki, więc wzmacniacz operacyjny musi przede wszystkim dokonywać drobnych korekt w celu uwzględnienia zmian temperatury, nieliniowości itp.

eprasa.pl cc29c17e01



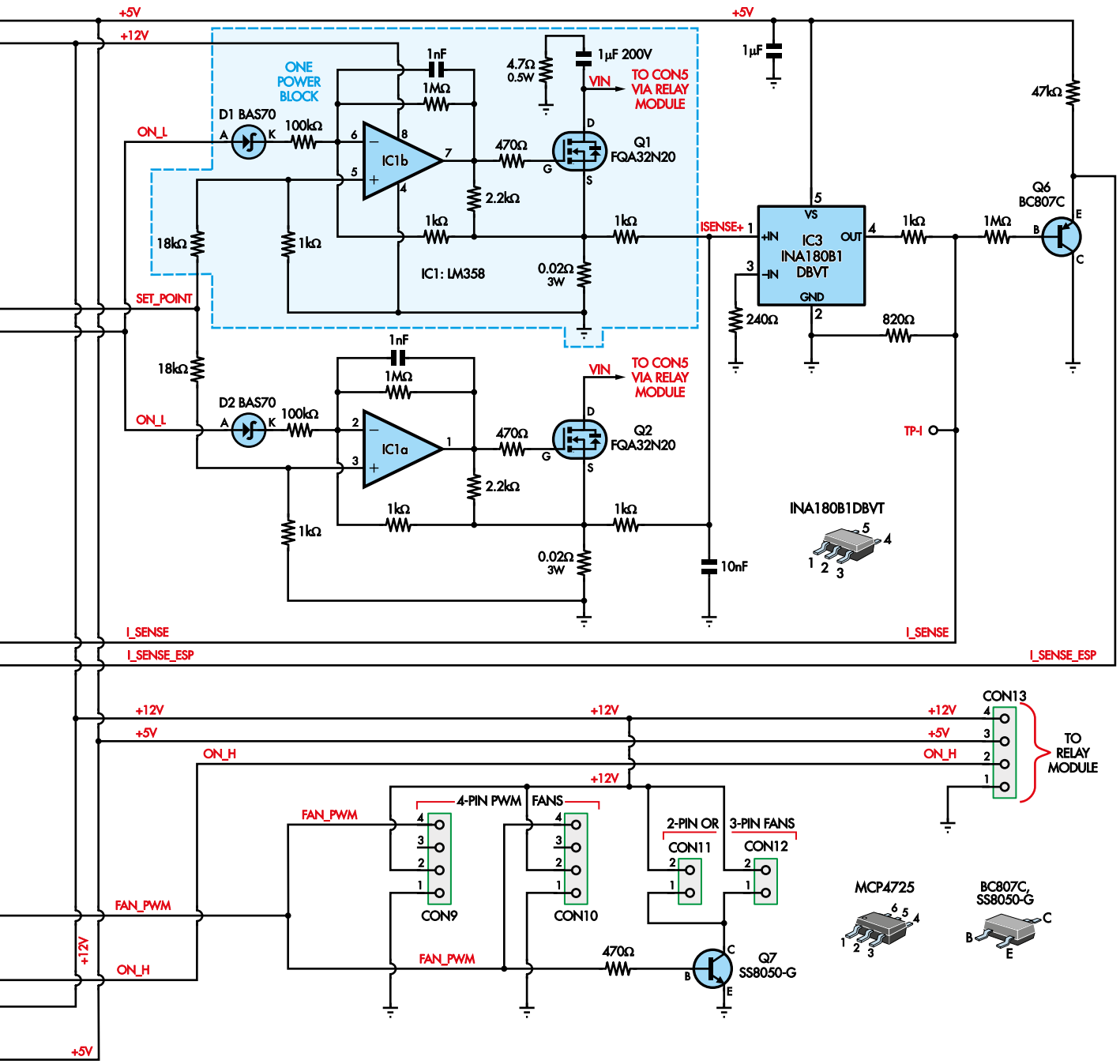
dokładność podziału obciążenia z kosztami (można użyć ±1%, jeśli chcesz).

MOSFET-y przewodzą bardzo mały prąd do momentu osiągnięcia napięcia progowego bramka-źródło. W przypadku FQA32N20 jest to około 2,5 V, ale może się ono zmieniać w zakresie od 2 V do 4 V w zależności od partii. Powyżej tego napięcia, charakterystyka I_D w funkcji V_{GS} MOSFET-ów jest dość stroma (tj. ich transkonduktancja jest wysoka), wzrastając z typowych 5 A przy 5 V do 18 A przy 5,5 V (sekcja „Praca MOSFET-ów w trybie liniowym").

Wzmocnienie wzmacniacza operacyjnego jest kompromisem między stabilnością a osiągnięciem napięcia przewodzenia MOSFET-a przy najniższym możliwym kroku DAC. Wzmocnienie 1000 równoważy te czynniki, podczas gdy kondensator 1 nF na rezystorze sprzężenia zwrotnego zmniejsza wzmocnienie przy wysokich częstotliwościach w celu zwiększenia stabilności.

Sterownik ESP32 dostraja prąd poprzez odczyt napięcia na rezystorze wykrywającym

eprasa.pl cc29c17e01



Rysunek 5. Schemat obciążenia, bez uwzględnienia układu sterującego, który przedstawiono na rysunku 8 (na podstawie wcześniej opublikowanego projektu sterownika). Urządzenie ma dwa bloki zasilania podobne do tych z rysunku 4 (jeden podświetlony na niebiesko), układ wykrywania prądu, przetwornik cyfrowo-analogowy do sterowania prądem, przetwornik ADC do pomiarów, czujnik temperatury oparty na termistorze, sterowanie prędkością wentylatora PWM za pomocą Q5, zatrzask załącz/wyłącz przekaźnika odłączającego i prosty zasilacz 5 V

prąd i regulację wartości zadanej przetwornika cyfrowo-analogowego. Minimalny kontrolowany prąd i krok prądu wynosi około 7 mA, co odpowiada maksymalnemu prądowi równemu 30 A podzielonemu przez liczbę kroków DAC (4095).

Każda para MOSFET-ów współdzieli wzmacniacz prądowy INA180, który wzmacnia średnią napięć na dwóch rezystorach bocznikowych i przekazuje ją do przetwornika ADC.

Obciążenie jest bezwarunkowo stabilne po podłączeniu do źródeł pojemnościowych. W celu utrzymania stabilności przy źródłach indukcyjnych, na zaciskach obciążenia podłączona jest sieć tłumiąca (kondensator i rezystor połączone szeregowo).

Sterowanie obciążeniem

Przetwornik cyfrowo-analogowy MCP4725 (IC5) dostarcza sygnał 0 V...3,3 V do sterowania prądem drenu MOSFET-a. Przetwornik DAC pobiera napięcie odniesienia z szyny zasilającej 3,3 V, która jest dość zaszumiona, więc cewka L1 i kondensator 100 nF tworzą filtr LC

eprasa.pl cc29c17e01

w celu zmniejszenia szumów na wyjściu przetwornika DAC.

Sterowanie włączaniem/wyłączaniem bloku zasilania zapewniają diody D1...D4. Gdy ich anody są wysterowane wysokim napięciem, wejścia odwracające wzmacniaczy operacyjnych są podciągane, wymuszając niski poziom na wyjściach, a tym samym wyłączając MOSFET-y. Nie zależy to od napięcia SET_POINT z przetwornika cyfrowo-analogowego.

Mikrokontroler mierzy napięcie na zacisku wejściowym oraz prąd obciążenia i na tej podstawie oblicza odpowiednią wartość zadaną dla wybranego trybu stałego prądu, napięcia, rezystancji lub mocy (sekcja „Sterowanie obciążeniem elektronicznym").

Gdy żądana wartość zadana lub impedancja źródła testowanego urządzenia zmienia się, mikrokontroler szacuje wymagany prąd i odpowiednio ustawia przetwornik cyfrowo-analogowy.

To oszacowanie zakłada, że testowane urządzenie ma liniową charakterystykę napięcia do prądu, co nie zawsze jest prawdą. Aby zminimalizować przeregulowanie przy jednoczesnym szybkim osiągnięciu wartości docelowej, co 1 ms wartość zadana jest regulowana o 80% pozostałej przerwy.

W przypadku trybów CR, CV i CP jest pewien haczyk: dopóki MOSFET-y są włączone, nie ma dostępnego odczytu prądu do obliczenia wartości zadanej.

Aby temu zaradzić, po naciśnięciu przełącznika *On*, przetwornik DAC jest ustawiony na dostarczanie niewielkiego prądu wyjściowego (około 10 mA), a kolejne przybliżenia są wykonywane aż do osiągnięcia żądanej wartości zadanej, zwykle w ciągu kilku iteracji.

Czas reakcji

Układ ADS1115 (IC6) potrzebuje około 2,5 ms na wykonanie odczytów napięcia i prądu. Podczas pracy w stanie ustalonym taki czas pętli jest więcej niż wystarczający do precyzyjnego sterowania. Jednak w przypadku obsługi stanów przejściowych nie jest to wartość optymalna.

ESP32 ma kilka szybkich 12-bitowych kanałów ADC, które mogą udostępniać bieżące odczyty prądu i napięcia za każdym razem, gdy pętla sterowania wykonuje iterację (1 ms). Nie są one jednak szczególnie liniowe w górnych 20% ich zakresów i mają minimalne napięcie wejściowe 150 mV. Chociaż nie nadają się do precyzyjnego sterowania, są więcej niż wystarczające do sterowania zgrubnego.

Aby przezwyciężyć problemy z liniowością przetwornika ADC ESP32, napięcie wejściowe podawane do ESP32 jest podwyższane o napięcie baza-emiter tranzystora PNP Q5. Tranzystor jest używany zamiast zwykłej diody, aby zmniejszyć wpływ dodatkowego obciążenia prądowego przez jego rezystor emiterowy na dzielnik napięcia wejściowego 100 kΩ/1,2 kΩ.

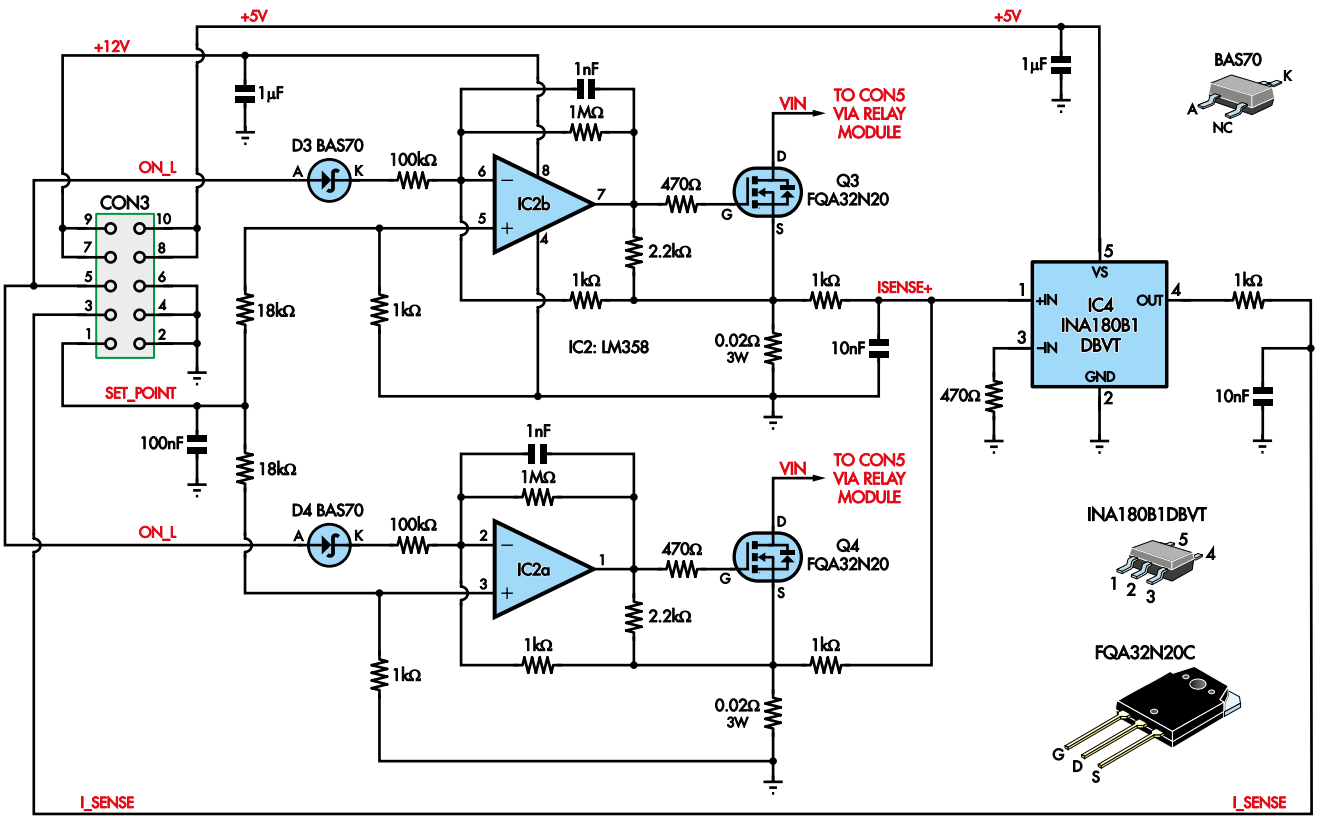
Wykorzystujemy więc najbardziej liniową część zakresu konwersji, przesuwając napięcie w górę i wykorzystując tylko dolną część maksymalnego napięcia wejściowego ESP32 3,3 V.

Korzystając z tego układu, śledzenie między ADS1115 i ESP32 mieści się w zakresie 5% zarówno dla pomiarów prądu, jak i napięcia.

Wykrywanie napięcia

Napięcie na zaciskach wyjściowych jest wykrywane za pomocą oddzielnego zestawu przewodów dołączonych do złącza CON14 na płytce drukowanej. Dzięki temu spadek napięcia na przewodach przewodzących prąd nie wpływa na odczyt **(rysunek 7)**. Bez tego rozwiązania błąd może być znaczny, gdy obciążenie pobiera prąd o natężeniu kilku amperów.

Prosty dzielnik napięcia 100 kΩ/1,2 kΩ redukuje napięcie czujnika do poziomu, który może obsłużyć przetwornik ADC ADS1115, a wtórnik emitorowy Q5 buforuje to napięcie przed podaniem go do ESP32 ADC



Rysunek 6. Schemat „płytki podrzędnej" zasadniczo powiela dwa bloki mocy obciążenia z rysunku 5 i są one połączone równolegle, aby zwiększyć możliwości obsługi mocy. Obwód wykrywania prądu jest również zduplikowany, a dwie płytki łączą się za pomocą kabla taśmowego między CON2 i CON3. Jest też kilka grubych przewodów dla ścieżek wysokoprądowych

eprasa.pl cc29c17e01

Sterowanie obciążeniem

Prezentowane obciążenie ma cztery główne tryby sterowania: stały prąd (CC), stałe napięcie (CV), stała rezystancja (CR) i stała moc (CP).

Jak pokazano na **rysunku a**, MOSFET w obszarze liniowym (lub nasyconym) przekłada napięcie bramka-źródło (V_{GS}) na względnie stały prąd. Obszar ten znajduje się pomiędzy progiem napięcia bramka-źródło, $V_{GS(th)}$, a punktem, w którym dominuje minimalna rezystancja dren-źródło, $R_{DS(ON)}$.

Dlatego tryb CC wymaga najprostszego układu sterowania, jak pokazano na rysunku 4. Napięcie referencyjne jest dostarczane do jednego wejścia wzmacniacza operacyjnego i jest ono porównywane z napięciem generowanym przez rezystor bocznikujący prąd. Jeśli prąd drenu jest zbyt niski, napięcie bramki wzrasta i odwrotnie. Ze względu na opisaną powyżej naturę MOSFET-a, zmiany napięcia bramki w tym trybie są niewielkie.

Tryb CV (**rysunek b**) ma podobny układ sterowania z dzielnikiem napięcia zastępującym bocznik prądowy, ale należy pamiętać, że połączenia ze wzmacniaczem operacyjnym są odwrócone. Dzieje się tak, ponieważ chcemy, aby prąd MOSFET-a wzrastał wraz ze wzrostem napięcia na testowanym urządzeniu.

W trybach CR (**rysunek c**) i CP (**rysunek d**) zastosowano zarówno napięciowe, jak i prądowe sprzężenie zwrotne w dwóch różnych kombinacjach.

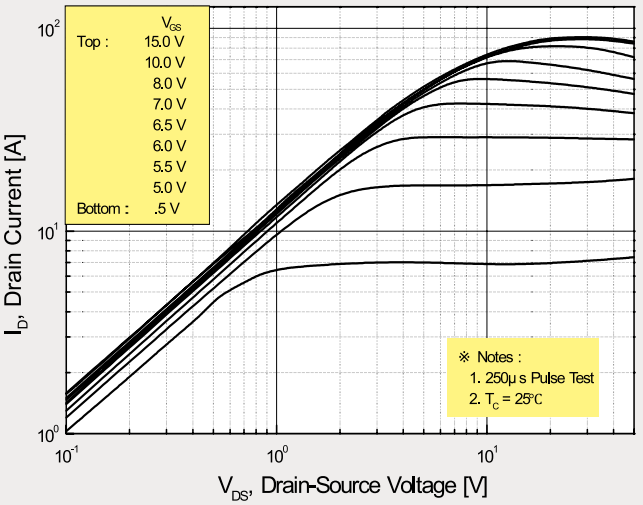
W trybie stałej rezystancji prąd powinien zmieniać się proporcjonalnie do napięcia, dlatego stosuje się dodatnie napięciowe sprzężenie zwrotne i ujemne prądowe sprzężenie zwrotne. W trybie stałej mocy zmiany napięcia powinny być odwrotnie proporcjonalne do zmian prądu, więc ujemne sprzężenie zwrotne jest stosowane zarówno dla napięcia, jak i prądu.

Przełączniki analogowe mogłyby być używane do sterowania różnymi kombinacjami wejść, podczas gdy analogowy obwód mnożnika mógłby przetwarzać wejścia prądowe i napięciowe. Takie podejście zwiększyłoby jednak koszty i złożoność układu. Wygodniejsze, choć nieco wolniejsze, jest obliczenie wymaganego napięcia sterującego w oprogramowaniu, przy użyciu przetworników ADC i DAC do zamknięcia pętli sterowania.

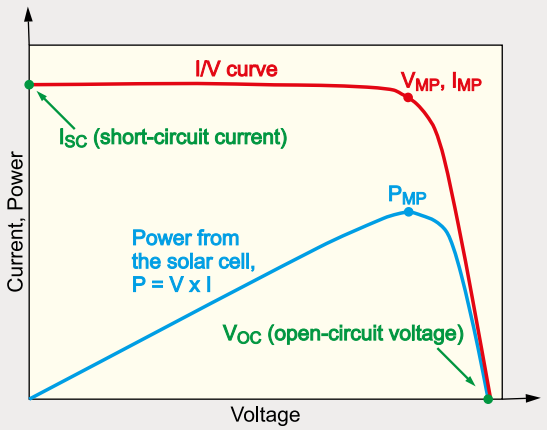
Do testowania akumulatorów najczęściej używane są tryby CC lub CR. W pełni naładowany akumulator jest rozładowywany do wstępnie ustawionego minimalnego napięcia i pojemności. Przy stałym prądzie rozładowania pojemność akumulatora w amperogodzinach lub miliamperogodzinach można określić wyłącznie na podstawie czasu rozładowania.

Równoważną rezystancję szeregową akumulatora (ESR) można również obliczyć w trakcie testu, chwilowo wstrzymując proces rozładowania, mierząc różnicę między napięciem w obwodzie otwartym a napięciem pod obciążeniem i stosując prawo Ohma.

Ogniwa słoneczne mają wyraźny punkt kolanowy na charakterystyce prądowo-napięciowej. Jeśli prąd obciążenia przekroczy ten punkt, napięcie ogniwa gwałtownie spadnie, podobnie jak dostarczana moc (**rysunek e**). Maksymalny punkt mocy dla danego poziomu oświetlenia można łatwo określić za pomocą zbudowanego obciążenia, monitorując moc dostarczaną wraz ze wzrostem prądu.



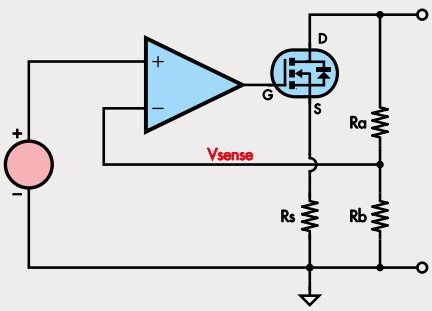
Rysunek a. Charakterystyka tranzystora MOSFET FQA32N20 w obszarze włączenia, zaczerpnięta z jego karty katalogowej. Maksymalny prąd drenu jest zasadniczo proporcjonalny do napięcia bramki po początkowym nachyleniu określonym przez $R_{DS(ON)}$ i napięcie progowe bramka-źródło, $V_{GS(th)}$



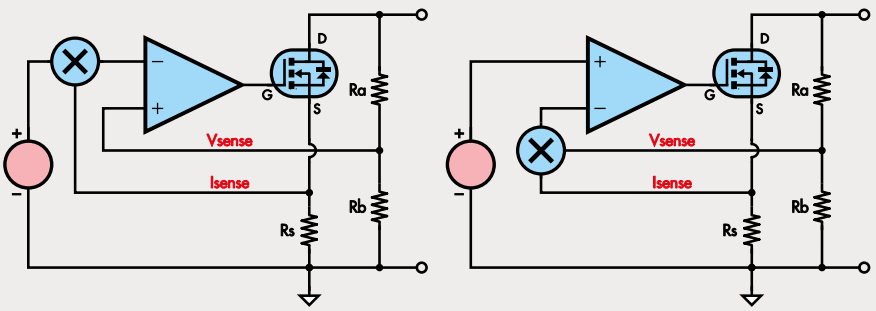
Rysunek e. Typowa charakterystyka prądowo-napięciowa ogniwa słonecznego, którą można wykreślić za pomocą zbudowanego obciążenia podłączonego do panelu słonecznego w intensywnym świetle słonecznym

Odniesienia

1. Martin, How Electronic Loads Work (http://blog.powerandtest.com/blog/how-electronic-loads-work)
2. Keysight, Electronic Load Fundamentals (www.keysight.com/au/en/assets/7018-06481/white-papers/5992-3625.pdf)
3. www.pveducation.org/pvcdrom/solar-cell-operation/iv-curve



Rysunek b. Pętla sterowania w trybie stałego napięcia. Wzmacniacz operacyjny zmienia napięcie bramki MOSFET-a utrzymując stałe napięcie drenu (jeśli jest to możliwe)



Rysunki c i d. Tryby CR i CP wykorzystują zarówno prądowe, jak i napięciowe sprzężenie zwrotne w różnych kombinacjach. Należy zwrócić uwagę na potrzebę mnożenia analogowego, a nie sumowania, na wejściu ujemnego wzmacniacza operacyjnego w obu przypadkach. Wymaga to wyspecjalizowanego układu scalonego lub dość złożonego obwodu dyskretnego

eprasa.pl cc29c17e01

z powodu opisanego powyżej. Wszelkie błędy odczytu wynikające z tolerancji rezystora dzielnika i charakterystyki wtórnika emiterowego są eliminowane podczas procesu kalibracji.

Ze względu na to, że oba przewody zasilające są pod napięciem, odczyt napięcia V_{SENSE-} jest dokonywany z wykorzystaniem innego kanału ADC. Wynikowa, rzeczywista wartość jest uzyskiwana przez odjęcie od napięcia V_{SENSE+}.

Dodatkowe izolowane gniazda bananowe dla przewodów pomiarowych są zamontowane na panelu przednim i podłączone do głównych zacisków + i – za pomocą rezystorów 100 Ω. Chociaż wprowadza to niewielki błąd (około 0,2%), zapewnione jest prawidłowe wykrywanie napięcia, gdy dodatkowe zaciski pomiarowe nie są używane. Najlepiej, gdy są one podłączone do testowanego urządzenia oddzielnie, tworząc połączenia Kelvina.

Kondensator 1 nF pomiędzy V_{SENSE-} i szyną wspólną zapewnia ścieżkę AC dla skoków napięcia i szumów.

Wykrywanie prądu

W projekcie zastosowano dwa wzmacniacze INA180 (IC3 i IC4), po jednym na każdej płytce. Wzmacniają one małe napięcie na rezystorach bocznikowych do zakresu odpowiedniego dla przetwornika ADC. Każdy układ INA180 jest dzielony między dwa MOSFET-y. Dwa rezystory 1 kΩ wytwarzają średnią z dwóch napięć na rezystorach bocznikowych.

Wynikowe średnie napięcie jest mierzone za pomocą innych kanałów wejściowych autonomicznego przetwornika ADS1115. Kondensator 10 nF od połączenia rezystorów mieszacza 1 kΩ do masy zmniejsza szumy pojawiające się na wejściu ADC bez wprowadzania znaczącego opóźnienia pomiaru.

Aby zwiększyć dokładność odczytu, używamy przetwornika ADS1115 w trybie różnicowym z ujemnym pinem czujnika prądu podłączonym do masy w pobliżu wzmacniacza prądu INA180 na każdej płytce.

Każda znacząca różnica napięcia między płaszczyznami uziemienia płytki głównej i płytek podrzędnych wprowadzi zauważalny błąd przy niskich prądach. Z tego powodu dwie płaszczyzny uziemienia PCB są podłączone oddzielnie do ujemnego zacisku wejściowego płyty przedniej, a solidna zworka łączy dwie płaszczyzny uziemienia.

Układy dołączone do ESP32 służące do wykrywania prądu są takie same jak te do wykrywania napięcia. Zastosowane tranzystory PNP służą do zmiany poziomów napięcia.

Wykaz elementów

1 płytka sterująca Wi-Fi (na podstawie projektu Silicon Chip z maja i czerwca 2021 r. patrz wykaz elementów poniżej)
1 dwustronna płytka drukowana, kod 04108221, 107 mm × 81 mm
1 dwustronna płytka drukowana, kod 04108222, 67 mm × 81 mm
1 niebieska wentylowana metalowa obudowa 270 mm × 210 mm × 140 mm [eBay, Banggood, AliExpress]
1 wtyk 12 V DC 1,5 A o średnicy wewnętrznej 2,1 mm lub 2,5 mm
2 wentylatory Hyper 103 lub podobne [np. www.umart.com.au]
3 osłony wentylatorów 120 mm
1 moduł przekaźnika 30 A, cewka 5 V lub 12 V DC (patrz tekst)
1 cewka osiowa 470 µH (L1) [Altronics L7042 A, Jaycar LF1542].
1 termistor NTC 10 kΩ (NTC1) [Altronics R4112].
1 2×10-pinowe złącze IDC (CON1)
2 2×5-pinowe złącza IDC (CON2, CON3)
1 izolowane koncentryczne gniazdo panelowe DC dopasowane do zestawu wtyczek (CON4) [Altronics P0629].
1 czerwone złącze 30 A (CON5) [Altronics P9210, Jaycar PT0465 lub PT0460].
1 czarne złącze 30 A (CON6) [Altronics P9212, Jaycar PT0466 lub PT0461].
1 czerwone gniazdo bananowe do montażu na panelu (CON7) [Altronics P9266, Jaycar PS0420].
1 czarne bananowe gniazdo do montażu panelowego (CON8) [Altronics P9267, Jaycar PS0421].
2 4-pinowe złącza wentylatora PWM (CON9, CON10) [Molex 47053-1000, Cat SC6071] lub
2 2-stykowe spolaryzowane złącza (CON11, CON12) dla wentylatorów bez PWM
1 4- stykowe spolaryzowane gniazdo i pasująca wtyczka z bolcami (CON13)
3 2- stykowe spolaryzowane gniazda i pasujące wtyczki z bolcami (CON14, CON15, CON16)
1 arkusz przezroczystego akrylu o grubości 2 mm i wymiarach 128 mm × 200 mm (panel przedni) lub naklejka
1 arkusz o wymiarach 250 mm × 130 mm z przezroczystego akrylu o grubości 3 mm, sklejki o grubości 5 mm lub blachy aluminiowej (do montażu chłodzenia procesora) [Silicon Chip SC6514]
8 śrub M4 × 12 mm z łbem stożkowym i nakrętkami (do montażu radiatorów aktywnych na procesory komputerowe)
4 śruby M3 × 25 mm z łbem walcowym (montaż na płytce drukowanej)
4 śruby M3 × 12 mm z łbem walcowym (do montażu MOSFET-ów)
14 śrub M3 × 12 mm z łbem stożkowym (przełączniki, TFT itp.)
22 nakrętki sześciokątne M3
4 płaskie podkładki M3 (do montażu MOSFET-ów)
8 nylonowych tulei dystansowych 6 mm z gwintem M3
1 podwójny przewód zasilający 15 A o długości 1 m [Altronics W2188, Jaycar WH3079]
1 1-metrowy, lekki kabel typu 8 (np. kabel taśmowy)
1 czerwony, wytrzymały przewód o długości 40 cm
1 niebieski, wytrzymały przewód o długości 20 cm
1 1 m zielonego przewodu połączeniowego o dużej wytrzymałości
2 20-stykowe zaciskane złącza IDC
2 10- stykowe zaciskane złącza IDC
1 20-żyłowy kabel taśmowy o długości 15 cm
1 10-żyłowy kabel taśmowy o długości 10 cm
1 7-żyłowy kabel taśmowy o długości 10 cm (do panelu enkodera)
1 4-żyłowy kabel taśmowy o długości 10 cm (do panelu przełączników)
1 mała tubka pasty termoprzewodzącej
4 kołki dystansowe 35 mm × 16 mm, grubość 9 mm (np. wycięte z płyty MDF)

Półprzewodniki:
2 podwójne wzmacniacze operacyjne LM358D z pojedynczym zasilaniem, SOIC-8 (IC1, IC2)
2 wzmacniacze wykrywające prąd INA180B1IDBVT (wariant B1), SOT-23-5 (IC3, IC4)
1 MCP4725A0T-E/CH 12-bitowy przetwornik C/A, SOT-23-6 (IC5)
1 ADS1115IDGS ADC, MSOP-10 (IC6)
1 SN74LVC2G02DCTR podwójna 2-wejściowa bramka NOR, SSOP-8 (IC7)
1 moduł przetwornicy CUI VXO7805-1000 5 V 1 A (REG1)
4 MOSFET-y FQA32N20 800 V 10 A, TO-247 (Q1-Q4)
2 BC807C lub BC807-40 50 V 500 mA tranzystor PNP, SOT-23 (Q5, Q6)
1 SS8050-G 40 V 1,5 A tranzystor NPN, SOT-23 (Q7)
5 BAS70, BAS70-04, BAS70-05, BAS70S lub BAT70C 70 V 200 mA diody Schottky'ego, SOT-23 (D1-D5)

Kondensatory: (ceramiczne SMD X7R, rozmiar M2012/0805, o ile nie podano inaczej)
2 10 µF 16 V w obudowie M3216/1206
1 1 µF 200 V poliester 4 1 µF 16 V
4 100 nF 50 V 6 10 nF 25 V 5 1 nF 50 V

Rezystory SMD: (SMD M2012/0805 w obudowie 1% 1/8 W, o ile nie podano inaczej)

6 1 MΩ	4 100 kΩ	2 47 kΩ	4 18 kΩ	2 10 kΩ
4 2,2 kΩ	1 1,2 kΩ	14 1 kΩ	8 470 Ω	1 820 Ω

Rezystory przewlekane:

1 100 kΩ 1/2 W	2 100 Ω 1/4 W	1 4,7 Ω 1/2 W
4 0,02 Ω 3 W 5%		

Płytka sterująca Wi-Fi
1 dwustronna płytka drukowana z kodem 18104212, 167,5 x 56 mm
1 moduł WROOM-32 Wi-Fi MCU kompatybilny z Espressif ESP32-DEVKITC [Altronics Z6385A, Jaycar XC3800, NodeMCU-32S].
1 3,5-calowy wyświetlacz dotykowy LCD SPI o rozdzielczości 480 × 320 pikseli ze sterownikiem ILI9488 [Silicon Chip SC5062].
1 złącze 2 × 10-pin (CON2)
2 gniazda 19-pinowe (np. wycięte z gniazda 40-pinowego)
1 enkoder obrotowy (RE1) [Alps EC12E; Jaycar SR1230].
1 pokrętło enkodera obrotowego [Altronics H6514 (23 mm) lub Adafruit 2055 (35 mm)].
4 przełączniki SPST 12 mm do montażu na płytce drukowanej z kwadratowymi przyciskami (S1-S4) [Altronics S1135, Jaycar SP0608].
2 czarne, białe lub szare nasadki na przyciski [Altronics S1138].
1 czerwona nasadka na przycisk
1 zielona nasadka na przycisk
1 6-żyłowy kabel taśmowy o długości 10 cm
1 4-żyłowy kabel taśmowy o długości 10 cm

Półprzewodniki:
1 7805 stabilizator liniowy 5 V 1 A, TO-220
1 5 mm zielona lub czerwona dioda LED (LED1)

Kondensatory:
1 47 µF 10 V X5R/X7R SMD rozmiar M3226/1210
1 10 µF 25 V X5R/X7R SMD rozmiar M3226/1210
13 100 nF 50 V X7R SMD rozmiar M2012/0805

Rezystory: (wszystkie SMD 1%, 1/10 W, rozmiar M2012/0805)
3 10 kΩ 2 1,8 kΩ 1 1 kΩ

Zestaw (SC6399) zawiera wszystkie elementy SMD, cztery MOSFET-y FQA32N20, cztery rezystory 0,02 Ω 3 W i moduł stabilizatora VXO7805-1000.

eprasa.pl cc29c17e01

Kalibracja

Aby zapewnić dokładne pomiary w całym zakresie napięcia i prądu, w oprogramowaniu dostępne są zarówno punkty kalibracji pełnej skali, jak i zera dla odczytów napięcia i prądu. Odczyty prądu są automatycznie zerowane za każdym razem, gdy obciążenie jest odłączone na dłużej niż kilka sekund.

Pozostałe kalibracje są wykonywane za pomocą menu na panelu przednim. Ustawienia kalibracji są zapisywane pomiędzy sesjami.

Wykrywanie ciepła i sterowanie wentylatorem

Termistor (NTC1) jest zamontowany na jednej z obudów MOSFET-a i połączony szeregowo z rezystorem 10 kΩ do szyny 3,3 V. Układ ESP32 mierzy napięcie na złączu i oblicza temperaturę.

Jeśli podany termistor nie jest dostępny, może być zastosowany dowolny inny termistor NTC 10 kΩ, ponieważ odczyt temperatury jest również kalibrowany w oprogramowaniu.

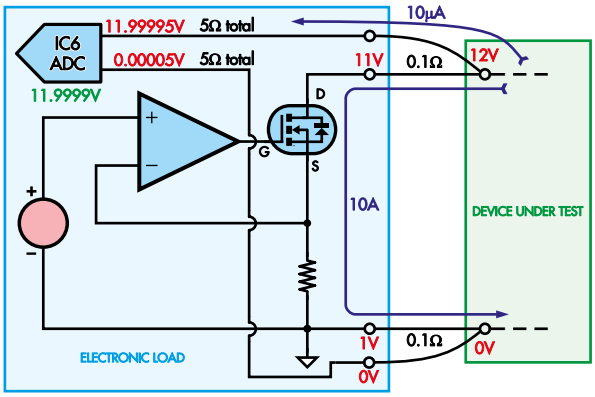
Gdy temperatura obudowy osiągnie 28°C, prędkość wentylatora wzrośnie powyżej biegu jałowego, osiągając pełną prędkość przy 35°C. Jeśli temperatura obudowy przekroczy 65°C, Obciążenie odłączy testowane urządzenie.

Przewidziano możliwość podłączenia trójprzewodowych i czteroprzewodowych wentylatorów chłodzących CPU lub dwuprzewodowych wentylatorów na 12 V. Aby uniknąć słyszalnego hałasu przełączania, tranzystor Q7 przekłada sygnał PWM na impulsy prądowe o częstotliwości około 20 kHz dla wentylatorów dwu i trójprzewodowych. Jeśli używane są wentylatory czteroprzewodowe (PWM), tranzystor NPN Q7 i jego rezystor bazowy nie są wymagane.

Q7 rozprasza niewiele ciepła, ponieważ działa w trybie przełącznika, więc SS8050 wystarczy do obsługi dwóch wentylatorów o łącznym prądzie do 500 mA.



Główne płytki drukowane opisywanego obciążenia są zamontowane na samej górze obudowy



Rysunek 7. W układzie wykrywania napięcia zastosowane jest połączenie Kelvina. Jeśli przez przewody pomiarowe o rezystancji 0,1 Ω każdy przepływa prąd o natężeniu 10 A, różnica między napięciem na zaciskach testowanego urządzenia i obciążenia wyniesie 2 V, co oznacza, że w tym przypadku urządzenie widzi tylko 10 V, a nie rzeczywistą wartość 12 V. Z dodatkowymi przewodami pomiarowymi podłączonymi bezpośrednio do zacisków testowanego urządzenia, jeśli prąd pomiarowy wynosi 10 µA, nawet rezystancja 5 Ω w przewodach wygeneruje tylko 50 µV błędu, dając znacznie dokładniejszy odczyt 11,9999 V

Ochrona

Ochrona obciążenia elektronicznego jest nieco bardziej skomplikowana niż zasilacza, który musi być chroniony przede wszystkim przed zwarciami i wszelkimi obciążeniami o charakterze reaktancyjnym. Mogą one powodować oscylacje na liniach zasilania. Obciążenia elektroniczne muszą być również w stanie zapobiec uszkodzeniom w przypadku zastosowania nadmiernego lub odwrotnego napięcia.

Oprócz mikrokontrolera wyłączającego MOSFET-y po przekroczeniu maksymalnego dozwolonego prądu lub napięcia, przekaźnik zapewnia ostatnią warstwę ochrony, głównie dla testowanego urządzenia. Jeśli napięcie wsteczne zostanie przyłożone do obciążenia, wewnętrzne diody MOSFET-ów będą przewodzić. Ponieważ każdy z tranzystorów MOSFET ma znamionowy wsteczny prąd ciągły 32 A i 128 A w impulsie, w takim przypadku mogą płynąć ogromne prądy.

Wykorzystujemy fakt, że ADS115 może mierzyć napięcia do 0,3 V poniżej GND. Przekaźnik jest zwalniany po wykryciu ujemnego napięcia wejściowego większego niż –0,1 V. Przekaźnik otwiera się w ciągu 10 ms, co w większości przypadków powinno zapobiec uszkodzeniu testowanego urządzenia.

Moduł przekaźnika 30 A ze stykami NO (normalnie otwarte) jest stosowany w celu zaoszczędzenia miejsca na płycie. Są one dostępne u wielu sprzedawców internetowych.

Styki tych przekaźników powinny być wystarczające, ponieważ styk „make" (zamykający obwód) zazwyczaj działa przy zerowym obciążeniu, gdy MOSFET-y zaczynają przewodzić prąd. Natomiast styk „break" (otwierający obwód) działa, gdy MOSFET-y są wyłączane, co przerywa przepływ prądu.

Przewidziano możliwość stosowania przekaźników 5 V lub 12 V. Są one dostępne w kilku różnych typach. Najlepszy ma dość duże połączenia dla styków przekaźnika w stylu „bariery zaciskowej". Jeśli zamiast tego dostarczony jest mały blok zaciskowy, przewody zasilające powinny być przylutowane bezpośrednio do płytki drukowanej.

Ponieważ styki zdalnego wykrywania napięcia są podłączone po „niewłaściwej" stronie przekaźnika zabezpieczającego, dioda Schottky'ego D5 jest podłączona do styków ADC

Dostępność części i zamienników

Silicon Chip może dostarczyć zestaw wszystkich elementów SMD dla tego projektu (plus kilka innych przydatnych części, takich jak MOSFET-y i moduł stabilizatora), ponieważ niektóre z nich nadal mogą okazać się trudno dostępne. Dotyczy to również modułu ESP-32 i wyświetlacza dotykowego – patrz wykaz elementów.

Jeśli nie możesz dostać układu ADS1115, a zamiast niego jest dostępny ADS1015, możesz go użyć z niewielką utratą dokładności odczytu. Łatwiejsze może okazać się zdobycie modułu opartego na ADS1115 i pozyskanie stamtąd układu scalonego.

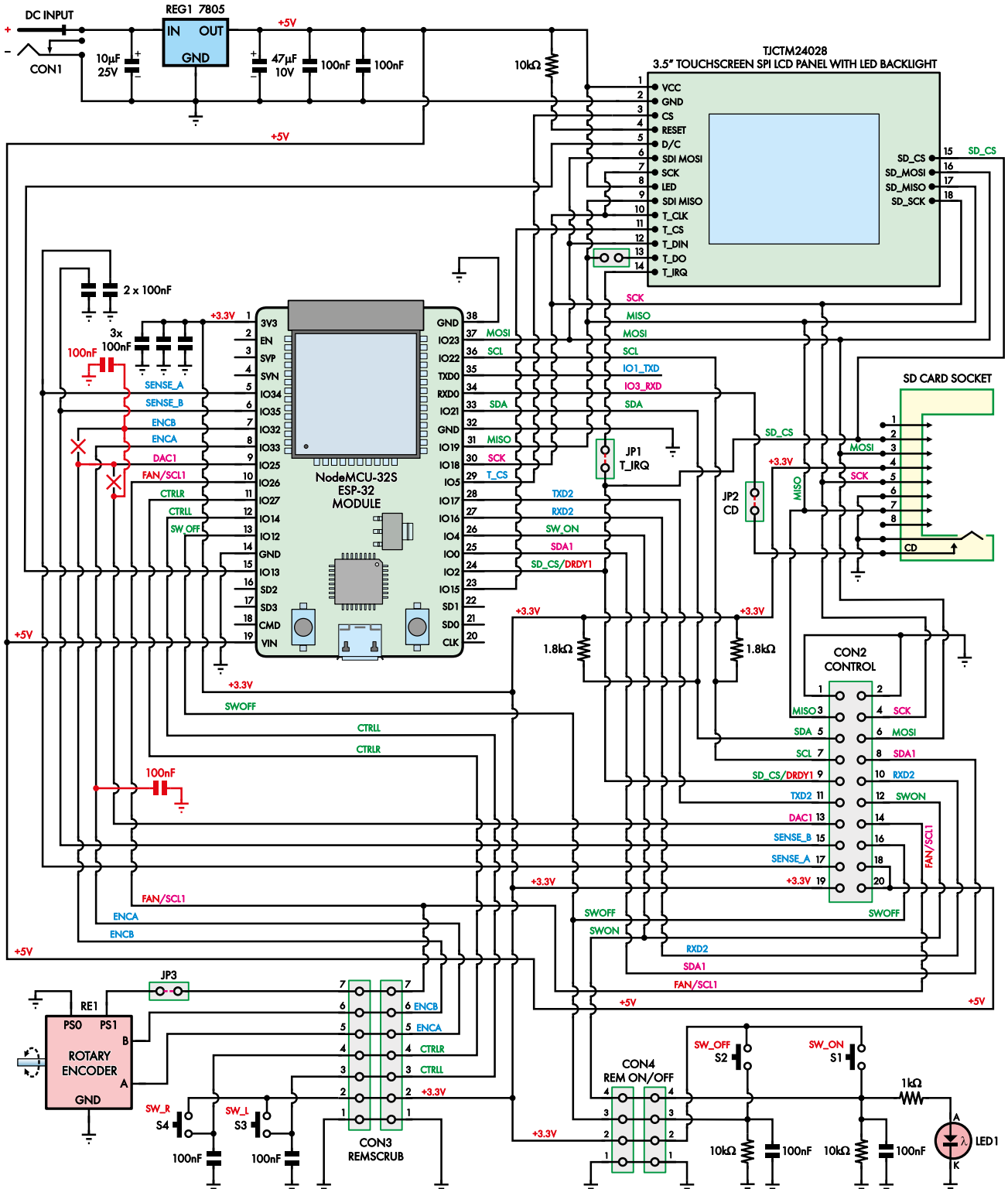
Można użyć dowolną wersję MCP4725, na przykład A1, A2 lub A3, ponieważ oprogramowanie skanuje wszystkie możliwe adresy I²C. Jedyną różnicą między tymi wersjami jest adres. DAC7571 jest kompatybilnym zamiennikiem MCP4725, ale nie ma gwarancji, że będzie dostępny. Ponownie, najłatwiejszym sposobem na zdobycie jednego z tych układów może być gotowy moduł. Jeśli nie można uzyskać SN74LVC2G02DCTR, zamiast niego można użyć 74HC2G02DP lub 74HCT2G02DP (lub inny podobny).

eprasa.pl cc29c17e01

w taki sposób, że jest zwykle polaryzowana wstecznie. Utrzymuje to każde ujemne napięcie w dopuszczalnym limicie –0,3 V. Ponieważ w szeregu z diodą jest rezystor 100 kΩ, wystarczy mała dioda sygnałowa, aby obsłużyć kilka miliamperów potencjalnego prądu.

Prąd upływu wstecznego BAS70 jest mniejszy niż 20 nA, co jest wartością wystarczająco małą, aby nie wpływać znacząco na pomiary napięcia.

Ochrona przed przepięciami dla przetwornika ADC jest zapewniona poprzez ustawienie czułości ADC w pełnej skali na 2,048 V, pozostawiając znaczny margines bezpieczeństwa przed przekroczeniem



Rysunek 8. Układ sterujący został wcześniej opublikowany w numerze Silicon Chip z maja 2021 r. Kilka zmian zaznaczono na czerwono. Starszą wersję płytki sterującej można modyfikować, uzyskując w ten sposób zaktualizowaną płytkę drukowaną, którą można skonfigurować za pomocą kilku mostków lutowniczych. Obejmuje ona prosty zasilacz, moduł mikrokontrolera ESP32 z Wi-Fi, kolorowy wyświetlacz dotykowy, gniazdo karty SD, enkoder obrotowy i przyciski, a także 20-pinową podstawkę DIL (CON2), która łączy się z obwodem obciążenia za pomocą kabla taśmowego

eprasa.pl cc29c17e01

Praca MOSFET-ów w trybie liniowym

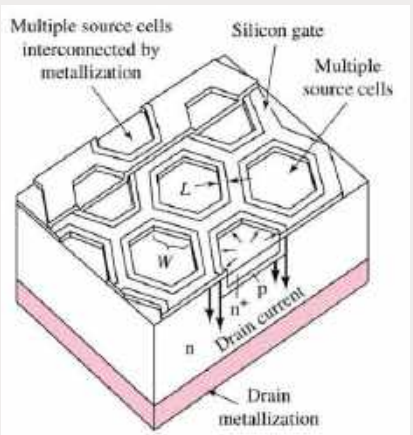
Obsługa MOSFET-ów mocy w trybie liniowym wiąże się z pewnymi wyzwaniami. Większość nowoczesnych MOSFET-ów dużej mocy jest zoptymalizowana do pracy w trybie przełączania, w którym przez większość czasu są one w pełni włączone lub wyłączone. Ten rodzaj pracy generuje tylko umiarkowane ciepło, ponieważ ich wewnętrzna rezystancja w tym trybie jest zwykle mierzona w miliomach. Na rezystancji 5 mΩ, przez którą płynie prąd 10 A wydzielana jest moc tylko pół wata, która jest zamieniana na ciepło.

Podczas przewodzenia prądu 10 A w trybie liniowym, rozpraszanie wynosi 10 W na każde napięcie na urządzeniu. Podczas gdy MOSFET w obudowie TO-220 może być w stanie obsłużyć 30 A przy maksymalnym V_{DS} 200 V, z pewnością nie będzie w stanie rozproszyć 6000 W w trybie liniowym!

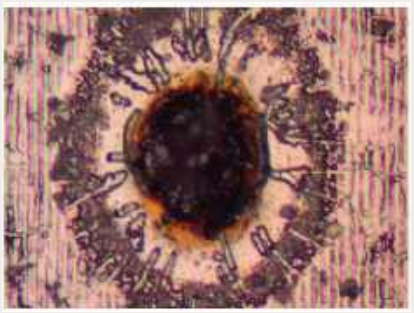
Zasadniczo tranzystory w obudowach TO-220 mogą obsługiwać 50 W, gdy są ściśle połączone termicznie z dużym radiatorem. Tranzystory w obudowie TO-247, o dwukrotnie większej powierzchni obudowy, mogą rozproszyć co najmniej 75 W. Każdy projekt z MOSFET-ami w trybie liniowym będzie zazwyczaj ograniczony zdolnością obudowy i radiatora do odprowadzania ciepła.

Drugim wyzwaniem jest to, że architektura większości nowoczesnych MOSFET-ów, która dobrze sprawdza się w trybie przełączania, ma spore ograniczenia w przypadku pracy liniowej.

Nowoczesne MOSFET-y mają wiele struktur FET połączonych równolegle w celu obsługi dużych prądów. Powszechnie stosowane są sześciokąty (**rysunek f**) lub macierze rowkowe. Niezależnie od struktury, celem jest równoległe połączenie wszystkich małych MOSFET-ów, tak aby działały jak jeden duży. Wynika to z faktu, że właściwości MOSFET-ów nie skalują się dobrze, więc wiele małych działa lepiej niż jeden duży.



Rysunek f. Typowa geometria urządzenia HEXFET MOSFET [Ref 2]. Nie jest to jedyny typ struktury komórek MOSFET, ale jest to układ dość powszechny



Rysunek g. Uszkodzenie hot spotu w tranzystorze MOSFET [Ref 4]. Może to spowodować awarię całego tranzystora z powodu wewnętrznego zwarcia, ale nawet jeśli tak się nie stanie, wydajność tranzystora z pewnością ulegnie pogorszeniu

Ponieważ jednak wszystkie ogniwa nie są identyczne, jedno z nich ma tendencję do przenoszenia największego prądu. W najgorszym przypadku może to spowodować tak silne punktowe nagrzanie struktury (hot spot), że materiał ulegnie stopieniu. Pokazano to na **rysunku g**. Nawet jeśli uszkodzenie całego elementu nie jest katastrofalne, po awarii pierwszego ogniwa nastąpi awaria kolejnego najsłabszego ogniwa i tak dalej, pogarszając wydajność.

Jednakże, jeśli ogniwa hot-spot mogą schładzać się pomiędzy impulsami prądu, jak w przypadku pracy w trybie przełącznika, możliwość awarii jest znacznie zmniejszona. Dlatego w przypadku pracy liniowej najlepiej jest znacznie obniżyć wydajność MOSFET-a.

Wczesne tranzystory planarne były lepiej przystosowane do pracy liniowej. Niektóre nowsze tranzystory zaprojektowane do pracy liniowej, są drogie, a ich całkowite rozpraszanie jest nadal ograniczone przez zdolność do przenoszenia ciepła ze złącza do obudowy i radiatora.

W związku z tym, w tym projekcie wykorzystujemy cztery MOSFET-y w obudowie TO-247 ogólnego przeznaczenia, działające znacznie poniżej ich maksymalnego prądu i mocy znamionowej.

Referencje

1. Hüning, F. Using Trench Power Mosfets in Linear Młode. Power Semiconductors magazine 2012, Renesas
2. www.slideserve.com/harlow/mosfet
3. Williams, et al., The trench power Mosfet: Part I – History, technology, and prospects, IEEE Transactions on Electron Devices, March 2017
4. Nexperia Application Note AN11243: „Failure signature of electrical overstress on power Mosfets”
5. OnSemi (Fairchild) Cabiluna, et al., (2013), AN-4161 Practical Considerations of Trench Mosfet Stability when Operating in Linear Młode

absolutnego maksimum VDD + 0,3 V. Pozwala to na bezpieczne wykrywanie napięć do 260 V.

Układ sterujący

Panel sterowania ponownie wykorzystuje moduł mikrokontrolera i wyświetlacz dotykowy z projektu Programowany hybrydowy zasilacz laboratoryjny z modułem Wi-Fi (maj i czerwiec 2021 r., siliconchip.com.au/Series/364 oraz EdW marzec i kwiecień 2024).

Preferowana jest wersja z 3,5-calowym wyświetlaczem dotykowym, ale dostępne jest również oprogramowanie dla wersji 2,8-calowej. Oba wyświetlacze są dostępne w sklepie internetowym Silicon Chip.

Obwód płytki sterującej pokazano na **rysunku 8**. Ponieważ różni się ona nieznacznie od poprzednio opublikowanej, dostępna jest poprawiona płytka drukowana, którą można wykorzystać w dowolnym z projektów. W tym projekcie wymagany jest pin IO32 ESP32 obsługujący ADC, który jest połączony do złącza Control CON2, a nie IO25, jak pierwotnie zaprojektowano, ponieważ IO25 nie może być używany jako wejście analogowe.

Między IO25 i IO32 i masę wstawiono kondensatory 100 nF, aby ustabilizować odczyty napięcia analogowego wykonane przy użyciu tych pinów.

Obudowa

Znalezienie odpowiedniej obudowy było wyzwaniem, ponieważ najmniejszy wymiar musiał być większy niż 92 mm, co pozwalałoby zmieścić radiator procesora. Niebieska metalowa obudowa o wymiarach 270 mm × 210 mm × 140 mm, której ostatecznie użyliśmy, jest dostępna u wielu dostawców w serwisach eBay i AliExpress. Jest to całkiem opłacalne rozwiązanie. Ma ona otwory wentylacyjne po bokach, a wszystkie ścianki są zdejmowane zapewniając łatwy dostęp.

Można również stosować obudowy Mini-ITX, ale niewiele z nich miało solidne płyty przednie, na których można było zamontować elementy sterujące.

W następnym odcinku

W drugiej części artykułu przedstawimy szczegóły montażu płytek drukowanych, przygotowanie obudowy, konstrukcję mechaniczną oraz montaż końcowy. Następnie omówimy testowanie, kalibrację oraz użytkowanie zbudowanego obciążenia. ■

Richard Palmer

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

eprasa.pl cc29c17e01

Szerokozakresowy omomierz, część 2

Przedstawiony w artykule szerokozakresowy omomierz jest bardziej użyteczny niż miliamperomierz. Mierzy bardzo niskie rezystancje, do około 1 mΩ, ale może również mierzyć do 20 mΩ z dokładnością około ±0,1%. Dzięki temu jest przydatny w każdym laboratorium elektronicznym, a ponadto jest łatwy w użyciu. Wystarczy podłączyć element i odczytać jego wartość. Po opisaniu jego działania w 1. części, przejdziemy teraz do jego budowy.

Konstrukcja jest stosunkowo prosta, ponieważ większość części montuje się na pojedynczej płytce drukowanej o niewielkich rozmiarach. Na przednim panelu obudowy są zamontowane cztery gniazda bananowe. Są one podłączone do układu za pomocą dwóch przewodów ósemkowych i dwukierunkowych wtyczek z zatrzaskiem. Pojemnik na sześć baterii AA jest przyklejony do podstawy obudowy i podłączony na stałe do włącznika. Zasilanie jest doprowadzane do płytki drukowanej za pośrednictwem innego złącza.

Pozostałe elementy znajdują się na płytce drukowanej, którą montuje się za przednim panelem obudowy. Kilka elementów jest dostępnych tylko w obudowach SMD, więc nieuniknione jest lutowanie powierzchniowe. Mimo to staraliśmy się, aby montaż był stosunkowo łatwy.

Potrzebujesz odpowiednich narzędzi, w tym lutownicy z regulacją temperatury, strzykawki z topnikiem w postaci pasty, plecionki lutowniczej, dobrego oświetlenia i lupy. Niezbędna jest również cierpliwość – jeśli spieszysz się z lutowaniem elementów, łatwiej popełnisz błędy. Nie zaszkodzi również odrobina praktyki w lutowaniu precyzyjnych układów SMD, np. przy użyciu naszej płytki treningowej SMD z grudnia 2021 r. (siliconchip.au/Article/15127) opisanej również w EdW z marca 2024 (https://elportal.pl/kursy/pcb-montak/6719-plytka-treningowa-smd).

Nie zniechęcaj się. Wierzymy, że omomierz szerokozakresowy może zbudować bez większych trudności większość konstruktorów z niewielkim doświadczeniem w lutowaniu. Rozpocznijmy więc proces montażu.

Budowa

Szerokozakresowy omomierz można zbudować przy użyciu dwustronnej płytki drukowanej (kod 04109221), o wymiarach 90,5 mm × 117,5 mm. Na **rysunku 6** przedstawiono schemat montażowy ułatwiający lokalizację poszczególnych elementów na PCB. Zacznij od sprawdzenia płytki drukowanej, upewniając się, że masz wszystkie wymagane elementy i narzędzia.

Rozpocznij od montażu układów SMD. Typowe porady dotyczące lutowania są następujące: użyj dużej ilości topnika, nie spiesz się, użyj lupy, a następnie dwukrotnie sprawdź, czy nie ma mostków między ścieżkami. Jeśli je znajdziesz, użyj plecionki lutowniczej do ich usunięcia.

Jedną z najważniejszych czynności jest sprawdzenie, czy wszystkie elementy znajdują się we właściwych lokalizacjach i czy są one prawidłowo zorientowane, zanim przylutujesz więcej niż jeden lub dwa wyprowadzenia. Możliwe jest usunięcie układu scalonego SMD, który został w pełni przylutowany bez większych uszkodzeń, a następnie przygotowanie PCB do ponownego wlutowania tego układu, ale to całkiem sporo pracy!

Niektóre przetworniki ADC MAX11xxx mają fazę po stronie pinu 1 i nie mają kropki wskazującej pin 1. Jeśli więc nie możesz znaleźć kropki, spójrz na układ scalony pod powiększeniem; miejmy nadzieję, że zauważysz fazowaną krawędź. Pin 1 znajduje się po jej stronie.

Doskonałym sposobem na sprawdzenie, czy wszystkie piny układu scalonego są prawidłowo wyśrodkowane na padach po przylutowaniu jednego pinu w każdym rogu, jest użycie lupy. Dopiero po sprawdzeniu, można lutować resztę pinów. Łatwo jest lekko przesunąć układ scalony SMD, jeśli przylutujesz tylko jeden pin, a bardzo trudno jest naprawić wyrównanie po przylutowaniu kilku.

Oprócz większości układów scalonych i regulatorów w obudowach SMD jest też kilka kondensatorów filtrujących i rezystorów montowanych powierzchniowo. Są one jednak znacznie większe i łatwiejsze do lutowania. Ogólną zasadą jest rozpoczęcie montażu od układów scalonych o małym rastrze wyprowadzeń, ponieważ masz wtedy najlepszy widok i dostęp do ich nóżek.



Materiały dodatkowe dostępne są na stronie Silicon Chip: https://tiny.pl/04y9n0g4
Materiały dodatkowe są również dostępne na stronie elportal.pl/do-pobrania

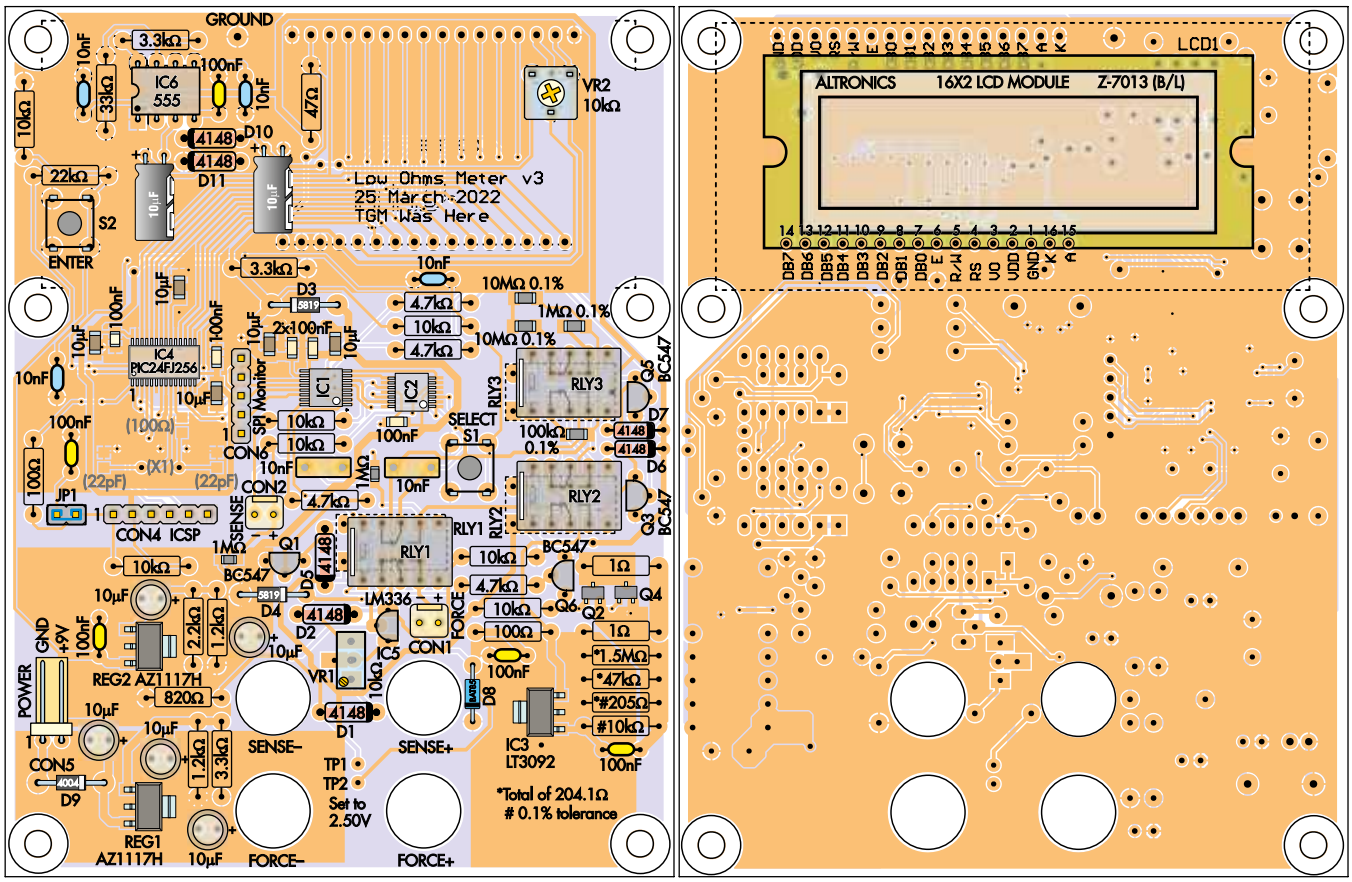
Najpierw zamontuj IC1, IC2 i IC4 (pamiętaj, co mówiliśmy o sprawdzeniu oznaczeń ich pinów 1!), następnie MOSFET-y Q2 i Q4, a dalej IC3, REG2 i REG3 (nie pomieszaj różnych typów). Następne w kolejności montażu to pięć mniejszych kondensatorów SMD 100 nF, pozostałe kondensatory SMD 10 µF, a następnie wszystkie rezystory SMD.

Wyczyść wszelkie pozostałości topnika (używając specjalnego środka do czyszczenia topnika lub czystego alkoholu), a następnie, przy dobrym oświetleniu, sprawdź czy nie ma mostków pomiędzy pinami elementów SMD.

Niektóre aparaty w telefonach mogą robić bardzo dobrej jakości zdjęcia w trybie makro; jeśli twój aparat oferuje taką możliwość, zrób

eprasa.pl cc29c17e01

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



TOP (REAR) OF PCB UNDERSIDE (FRONT) OF PCB

Rysunek 6. Większość elementów jest zamontowana na górnej stronie płytki drukowanej. Jedyną częścią na spodzie jest wyświetlacz LCD 16×2. Należy zwrócić uwagę na prawidłowy kierunek montażu układów scalonych, diod, kondensatorów elektrolitycznych, przekaźników i elementów w obudowie TO-220 oraz zwrócić uwagę na to, że footprinty przekaźników są odpowiednie dla dwóch popularnych typów przekaźników sygnałowych. Niezależnie od typu przekaźnika, koniec z paskiem (cewka) jest skierowany w lewo

zdjęcie lub dwa i sprawdź je dobrze. W naszym laboratorium mamy niedrogi mikroskop stereoskopowy, który doskonale nadaje się do wyszukiwania uporczywych zwarć.

Przy okazji sprawdź również, czy wszystkie piny i wyprowadzenia układów mają odpowiednie zaokrąglenie od nóżki do pada PCB. Stosunkowo łatwo jest zauważyć, czy lutowie przylega do pinu, ale nie łączy się z polem lutowniczym lub odwrotnie. Może to się zdarzyć zwłaszcza wtedy, gdy podczas lutowania użyto zbyt małej ilości topnika.

Jeśli znajdziesz jakieś problemy, napraw je. Złe połączenia można naprawić, dodając odrobinę topnika w postaci pasty, a następnie dotykając grotem lutownicy na styk nóżki elementu i płytki PCB. Niektóre małe mostki lutownicze można zlikwidować w ten sam sposób, chociaż zazwyczaj lepiej (i zwykle jest to wskazane) zrobić to za pomocą plecionki lutowniczej. Jeśli plecionka jest nasycona lutowiem, odetnij koniec i użyj czystego odcinka. Zwróć uwagę, że istnieje kilka niezajętych par padów SMD dla opcjonalnych elementów, które według nas nie są wymagane.

Elementy do montażu przewlekanego

Przejdź do montażu wszystkich pozostałych rezystorów. Rezystor 47 Ω w szeregu z podświetleniem LCD można zmniejszyć, aby uzyskać większą jasność. Skróci to jednak żywotność diod. Aby uzyskać maksymalną żywotność baterii, należy wybrać wyższą wartość, która zapewni akceptowalną jasność. Użyj wysokiej jakości rezystorów w źródle prądowym i napięciach referencyjnych.

Upewnij się, że precyzyjny rezystor 10 kΩ znajduje się we wskazanym miejscu, a nie w miejscu jednego ze zwykłych rezystorów 10 kΩ.

Jeśli nie masz rezystora 205 Ω, możesz użyć 220 Ω zamiast niego i zastąpić dwa równoległe rezystory (oznaczone jako 47 kΩ i 1,5 MΩ) dwoma rezystorami 5,6 kΩ, aby zbliżyć się do wymaganych wartości.

Następnie zamontuj diody, upewniając się, że paski katody są skierowane tak, jak na rysunku w każdym przypadku. Zacznij od 1N4148, a następnie BAT85. Uważaj, ponieważ BAT85 wygląda bardzo podobnie do 1N4148, ale bardzo różni się własnościami.

Następnie zamontuj diody 1N4004 i 1N5819. Mają one taką samą obudowę, więc trzeba uważać by ich nie pomieszać.

Teraz jest dobry moment na zamontowanie układu scalonego NE555. Nie wymaga on podstawki i ponownie należy zwrócić uwagę na kierunek montażu pinu 1. Następnie należy zamontować dwa przyciski, i wszystkie kondensatory ceramiczne i plastikowe, które nie są spolaryzowane.

Jeśli masz wątpliwości, dwa z kondensatorów 10 nF są typu PPS (sąsiadujące z S1 na **rysunku 6**). Nie są to kondensatory ceramiczne, ponieważ muszą to być typy o niskiej upływności. Jeśli nie możesz uzyskać kondensatorów PPS, użyj najlepszych kondensatorów foliowych i sprawdź, czy nie wpływają one negatywnie na odczyty wysokiej rezystancji.

Zainstaluj teraz wszystkie złącza. Większość Czytelników nie będzie musiała montować złącza programowania oraz złączy SPI, CON4 i CON6. Ponadto, jeśli używasz zaprogramowanego mikrokontrolera PIC, możesz zamiast JP1 zamontować zworę drutową. Jeśli zdecydujesz się na JP1, po wlutowaniu

eprasa.pl cc29c17e01

umieść na nim zworkę i, o ile nie ma potrzeby przeprogramowania mikrokontrolera, możesz pozostawić ją na stałe.

Następnie zamontuj cztery tranzystory BC547 (lub BC546, BC548 lub BC549), a także LM336. Wszystkie znajdują się w tych samych obudowach, więc nie należy ich mieszać. Następnie podłącz dwa potencjometry montażowe 10 kΩ, ustawiając VR1 zgodnie z rysunkiem 6. Następnie zamontuj wszystkie kondensatory elektrolityczne, z dłuższymi dodatnimi wyprowadzeniami biegnącymi do padów oznaczonych znakiem + na płytce drukowanej. Dwa kondensatory znajdujące się u góry należy ułożyć zgodnie z rysunkiem.

To dobry moment na zainstalowanie przekaźników, dla których przygotowaliśmy dwie opcje. Jeden z nich jest dostępny w Altronics, natomiast węższy typ jest powszechnie dostępny u wiodących dostawców, takich jak Mouser, Digi-Key i element14. Na warstwie opisowej pokazane są dwa różne kontury. Niezależnie od używanego typu, upewnij się, że koniec z paskiem jest skierowany w lewo, jak na rysunku.

Wyświetlacz LCD montuje się za pomocą złącza umieszczonego z tyłu płyty. Wybierz odpowiednią lokalizację dla posiadanego typu wyświetlacza LCD. Konieczne jest zamontowanie wyświetlacza dość blisko płytki drukowanej, ale nie na tyle, aby dotykał połączeń lutowanych na płycie głównej.

Pozostawiliśmy około 2 mm szczeliny i umieściliśmy kilka kropli silikonu o neutralnym utwardzaniu pod wyświetlaczem, aby zapobiec jego przesuwaniu się. Po związaniu silikon mocno zespoi te elementy.

Czyszczenie pytki – redukcja upływności

W tym momencie na płytce PCB powinny znajdować się wszystkie elementy.

Jeśli masz specjalny środek do czyszczenia topnika, taki jak nasz ulubiony Kleanium Deflux-It G2, najlepiej zacząć od spryskania płytki. Pozwól, by rozpuścił topnik, a następnie wytrzyj płytkę do sucha niestrzępiącą się szmatką. Potem przemyj ją alkoholem. Dzięki temu usuniesz wiele pozostałości w jednym kroku, co ułatwi kolejny etap.

Teraz weź trochę alkoholu izopropylowego i dobrą szczoteczkę do szorowania, aby wyczyścić płytkę drukowaną (my użyliśmy starej szczoteczki do zębów). Dokładnie wyczyść okolice rezystorów referencyjnych, przetwornika ADC i bufora wejściowego, zwracając szczególną uwagę na usunięcie wszelkich pozostałości topnika wokół przetwornika ADC. Po wyszorowaniu należy ponownie zwilżyć ją alkoholem, a następnie przetrzeć niestrzępiącą się szmatką, aby usunąć wszelkie pozostałości.

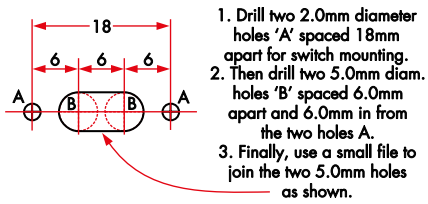
Po upewnieniu się, że krytyczne obszary płytki są czyste, obficie pokryj obszar ADC i rezystora odniesienia przezroczystym lakierem ochronnym, uważając, aby nie spryskać złączy. Najlepiej byłoby użyć specjalnie zaprojektowanej powłoki konforemnej PCB (typ lutowany jest świetny na wypadek, gdybyś później znalazł problem). Chcemy, aby wszystkie wrażliwe elementy PCB były wolne od zanieczyszczeń i zabezpieczone przed wilgocią.

Testowanie

Pierwszym krokiem testowania jest podłączenie zasilania i sprawdzenie czy napięcia wyjściowe stabilizatora są prawidłowe. Przygotuj baterię sześciu ogniw AA. Mamy tu wiele opcji, ale w wykazie elementów znalazły się dwa 3-ogniwowe uchwyty, które wystarczy połączyć szeregowo.

Należy również wyciąć i zamontować przełącznik boczny w obudowie, jak na **rysunku 7**. Przełącznik można zamontować w dowolnym dogodnym miejscu po jednej stronie obudowy. Zdjęcie pokazuje, gdzie umieściliśmy nasz.

Użyj taśmy maskującej, aby zaznaczyć otwory na śruby. Otwory o średnicy 2 mm to dobry początek. Zaznacz również i wywierć dwa otwory, które wyznaczą końce szczeliny. Mają one



Rysunek 7. Włącznik hebelkowy można umieścić wzdłuż dowolnej dogodnej krawędzi obudowy. Zastosuj ten szablon (można go pobrać ze strony internetowej Silicon Chip i wydrukować), wywierć dwa otwory montażowe plus 5 milimetrowe otwory na obu końcach obrysu gniazda, a następnie spiłuj materiał między tymi otworami

Rozwiązywanie problemów

Normalnym zjawiskiem przy pierwszym włączeniu jest komunikat informujący, że ładowane są domyślne wartości kalibracji.

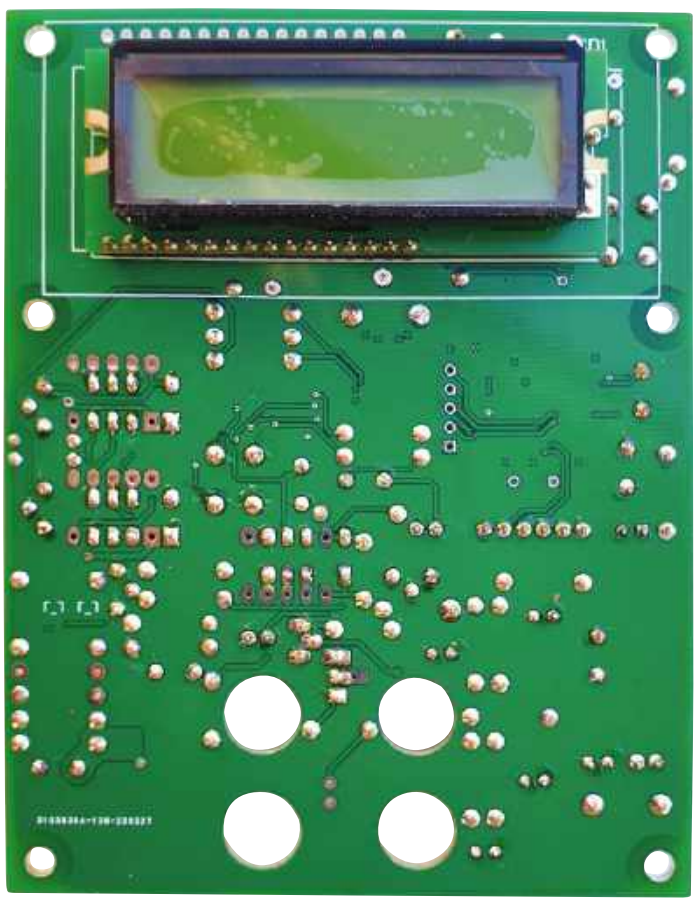
Jeśli miernik w ogóle nie działa, sprawdź następujące elementy:
- Połączenia lutowane na wszystkich elementów SMD, szukając nieprawidłowo uformowanych połączeń lub mostków lutowniczych.
- Napięcie baterii (należało to sprawdzić wcześniej).
- Napięcia wyjściowe stabilizatora (również należało to sprawdzić wcześniej).

Jeśli wyświetlacz LCD nie wyświetla tekstu:
- Czy można wyregulować VR2, aby uzyskać cokolwiek na wyświetlaczu?
- Czy na anodzie diody D10 występuje napięcie około -2,2 V? Jeśli nie, sprawdź okolice układu NE555 pod kątem błędów.
- Sprawdź aktywność na liniach LCD RS, RW, E i D7, 6, 5 i 4 (pozostałe nie są używane) na złączu LCD. Jeśli nie są one aktywne, należy sprawdzić lutowanie mikrokontrolera i upewnić się, że został on zaprogramowany.
- Jeśli wystąpi problem z przetwornikiem ADC, na wyświetlaczu LCD pojawi się odpowiedni komunikat. W takim przypadku należy sprawdzić lutowanie układu ADC. Sprawdź także linie SPI za pomocą oscyloskopu, czy występuje na nich aktywność. Powinieneś zobaczyć sygnały na liniach CS, MCLK, SDI i SDO. Brak aktywności może sugerować zwarcie lub podobny problem.

Jeśli wydaje się, że miernik działa, ale pomiary są nieprawidłowe:
- Połączenia dla Sense+, Sense–, Force+ i Force–. Jeśli zostaną one zamienione miejscami, miernik nie będzie wykonywał prawidłowych pomiarów.
- Czy przekaźniki klikają? Jeśli nie, sprawdź ponownie połączenia ADC. Przyjrzyj się czterem cyfrowym liniom wyjściowym i upewnij się, że użyto odpowiednich tranzystorów BC54x, a wyprowadzenia są prawidłowe. Słyszeliśmy o niektórych częściach oznaczonych jako BC54x, które mają zamienione miejscami wyprowadzenia.
- Czy używałeś przekaźników z cewkami 5 V DC?
- Czy rezystory referencyjne mają prawidłowe wartości?
- Podłącz amperomierz ustawiony na zakres 200 mA lub podobny między pin 3 IC3 (LT3092, ten najbliżej górnej części płytki) a anodę D3, przy zwartych liniach pomiarowych (np. za pomocą zwory). Wskazanie powinno być bardzo bliskie 50 mA, a następnie, jeśli usuniesz zwarcie na liniach sense, powinno spaść do 0,5 mA.
- Sprawdź, czy napięcie referencyjne 2,5 V jest prawidłowe. Należało to sprawdzić podczas kalibracji.
- Sprawdź, czy włożyłeś przyciski we właściwy sposób; jeśli obróciłeś je o 90°, zostaną zwarte i prawdopodobnie utkniesz w trybie kalibracji oraz będziesz otrzymywać komunikaty o kalibracji, ale przyciski nie będą działać!

eprasa.pl cc29c17e01





Widok płytki drukowanej omomierza od strony (prawie wszystkich) komponentów oraz od strony lutowania (tu montowany jest wyświetlacz). Można zamontować dwa różne typy modułów LCD 16×2, ponieważ te znalezione w Internecie są zwykle dostępne w jednym z dwóch rozmiarów

średnicę 5 mm, a po ich wywierceniu użyj małego pilnika do połączenia ich w szczelinę.

Zamontuj przełącznik, a następnie, upewniając się, że jest wyłączony, podłącz do niego baterię (izolując wszelkie odsłonięte połączenia koszulką termokurczliwą). Następnie zaciśnij i przylutuj dwa pozostałe przewody do obudowy wtyczki, która zostanie podłączona do płytki drukowanej. Przewody nie powinny być zbyt krótkie; upewnij się, że ich długość jest wystarczająca do wygodnego montażu i kalibracji urządzenia.

Dokładnie sprawdź polaryzację, ponieważ na płytce drukowanej znajduje się zabezpieczenie przed odwrotną polaryzacją, ale jest ono dość drastyczne. Jeśli zostanie podłączone odwrotnie, bateria zostanie zwarta przez diodę 1N4004.

Pozostaw płytkę drukowaną na stole i wykonaj pomiary, a następnie podłącz kombinację baterii/przełącznika do złącza i włącz ją.

Używając multimetru ustawionego na pomiar niskiego napięcia stałego, zmierz je między punktem testowym masy na górze płytki drukowanej, a zaciskami wyjściowymi REG2 (3,45 V...3,75 V) i REG3 (4,5 V...5,2 V). Jeśli którykolwiek z odczytów jest nieprawidłowy, sprawdź napięcie wejściowe na katodzie D9, w lewym dolnym rogu płytki. Powinno wynosić około 8...9 V.

Jeśli którykolwiek element się nagrzewa, natychmiast wyłącz urządzenie i ustal przyczynę.

Jeśli napięcie jest niskie, należy dokładnie sprawdzić lutowanie stabilizatora i otaczających go elementów oraz zadbać o to, by były one odpowiedniego typu i zamontowane we właściwych kierunkach. Upewnij się, że nie zamontowałeś LT3092 w miejsce stabilizatora.

Zakładając, że wszystko zostało sprawdzone, upewnij się, czy podświetlenie wyświetlacza LCD jest włączone, a następnie wyreguluj potencjometr VR2 10 kΩ, aż na wyświetlaczu pojawi się tekst.

Nadszedł teraz czas na kalibrację napięcia referencyjnego 2,5 V, co również zoptymalizuje jego stabilność. Monitoruj napięcie na TP1 i TP2, pomiędzy otworami na zaciski testowe na płytce drukowanej. Wyreguluj potencjometr 10 kΩ VR1 tak, aby uzyskać odczyt jak najbliższy 2,50 V. Odczyt nie musi być bardzo precyzyjny, ale powinien być zbliżony.

W tym momencie wszystkie regulacje na płytce drukowanej są zakończone, a po włączeniu przekaźniki powinny kliknąć i na wyświetlaczu powinien pojawić się komunikat „Over Range, Check Sense Conn”. Miernik działa, ale nie jest w pełni skalibrowany.

eprasa.pl cc29c17e01





Po lewej: Lokalizacja włącznika/wyłącznika hebelkowy w naszym prototypie
Powyżej: Pomiar rezystora ceramicznego 3,3 Ω

Montaż w obudowie

Płytka drukowana została zaprojektowana tak, aby pasowała do obudowy Altronics H0401. Wiercenie i wycięcia na panelu przednim pokazano na **rysunku 8**. Przełącznik suwakowy został już zamontowany.

W obudowie są cztery otwory na gniazda bananowe dla sond Kelvina. Otwory 3 mm pokrywają się z dużymi otworami w płytce drukowanej, umożliwiając bezpośrednie poprowadzenie okablowania. Są też cztery otwory z łbem stożkowym na śruby M3 używane do montażu płytki drukowanej.

Przedni panel zakrywa otwory montażowe płytki drukowanej, dlatego zadbaliśmy o to, aby łby śrub były wpuszczone i licowały z powierzchnią panelu.

Pokazane mniejsze wycięcie LCD pasuje do używanego przez nas wyświetlacza LCD. Pokazano również alternatywne wycięcie dla innego popularnego typu. Przed wycięciem należy sprawdzić, który otwór pasuje do posiadanego modułu LCD. Jeśli zastosujesz jeszcze inny typ wyświetlacza – będziesz musiał samodzielnie określić lokalizację i rozmiar tego wycięcia.

Przygotowanie wnętrza obudowy jest proste. Utrzymując wyświetlacz LCD zamontowany blisko płytki drukowanej, będzie on schludnie osadzony za przezroczystym otworem w laminowanej etykiecie.

Przymocuj koszyki na baterie wewnątrz podstawy za pomocą odrobiny neutralnie utwardzanego uszczelniacza silikonowego lub taśmy dwustronnej. Aby umożliwić osadzenie płytki drukowanej, odcięliśmy dwa wsporniki w górnej części podstawy. Mogliśmy dzięki temu ustawić koszyki na baterie wzdłuż górnej części, tak jak na zdjęciu opublikowanym w poprzednim odcinku.

Przygotowanie obudowy wymaga minimalnego okablowania. Połączenia zasilania, Force i Sense wykorzystują złącza wtykowe. Zacznij od dwóch par przewodów czerwono-czarnych o długości 150 mm i zaciśnij je do wtyków, pamiętając o odpowiednich kolorach wskazujących polaryzację.

Należy pamiętać, że wtyki + i – są zamienione między złączami Force i Sense. Najprostszym rozwiązaniem jest włożenie ich do plastikowych bloków jako ostatnie. Należy przy tym zadbać o to, by były one podłączone zgodne z opisem na PCB.

Wydrukowaliśmy etykietę panelu przedniego na grubym papierze i wycięliśmy otwór na wyświetlacz LCD. Projekt można pobrać w formacie PDF ze strony internetowej Silicon Chip. Przygotowane są dwie wersje dopasowane do lokalizacji okna wyświetlacza dla dwóch popularnych typów kompatybilnych wyświetlaczy LCD, jak pokazano na **rysunku 9**.

Następnie etykietę zalaminowaliśmy i użyliśmy ostrego noża do wycięcia otworów na wtyczki bananowe. Laminat tworzy proste i czytelne okno dla wyświetlacza LCD. Następnie przykleiliśmy go do przedniej części obudowy bardzo cienką warstwą neutralnie utwardzanego silikonowego uszczelniacza.

Kalibracja

Procedura kalibracji została celowo uproszczona. Na każdy zakres przypada jedna regulacja, która jest przechowywana w pamięci flash i ładowana po włączeniu zasilania.

Ponieważ do kalibracji potrzebny jest dostęp do przycisków S1 i S2, można to zrobić tylko przy otwartej obudowie.

Rozpocznij kalibrację, naciskając przycisk *ENTER* (S2) na płytce drukowanej, aż pojawi się komunikat o kalibracji. Wykrywanie naciśnięcia przycisku interfejsu użytkownika nie jest zbyt szybkie. Przyciski są sprawdzane po każdym pomiarze ADC lub około cztery razy na sekundę. Należy o tym pamiętać podczas kalibracji urządzenia.

Proces kalibracji generuje korektę dla każdego zakresu niezależnie od wszystkich innych zakresów. Rozpocznij od podłączenia rezystora kalibracyjnego do miernika, tak jakbyś mierzył jego wartość. Używane wartości powinny być zbliżone do górnej granicy każdego zakresu (zgodnie z wykazem elementów zamieszczonego w poprzednim odcinku i **tabelą 1**).

Po podłączeniu rezystora należy wyregulować kalibrację w górę/w dół, aż miernik odczyta prawidłową wartość rezystora kalibracyjnego. Następnie należy zaakceptować wartość kalibracji dla danego zakresu. Po skalibrowaniu wszystkich zakresów dane są zapisywane, a miernik powraca do normalnego trybu pracy.

Miernik ma pięć zakresów, pokazanych w tabeli 1, wraz z zalecanymi rezystorami kalibracyjnymi. Wszystkie poza rezystorem 10 MΩ mają tolerancję ±0,1%, większość z nich znajduje się w zestawie trudno dostępnych elementów. Jeśli zamierzasz użyć innych rezystorów kalibracyjnych, powinny mieć one tolerancję ±0,1% lub lepszą i współczynniki temperaturowe nie wyższe niż 50 ppm/°C.

Na każdym zakresie miernik wyświetli monit o rezystor kalibracyjny. Po podłączeniu rezystora do miernika będą wyświetlane odczyty. Dokonaj regulacji w następujący sposób:

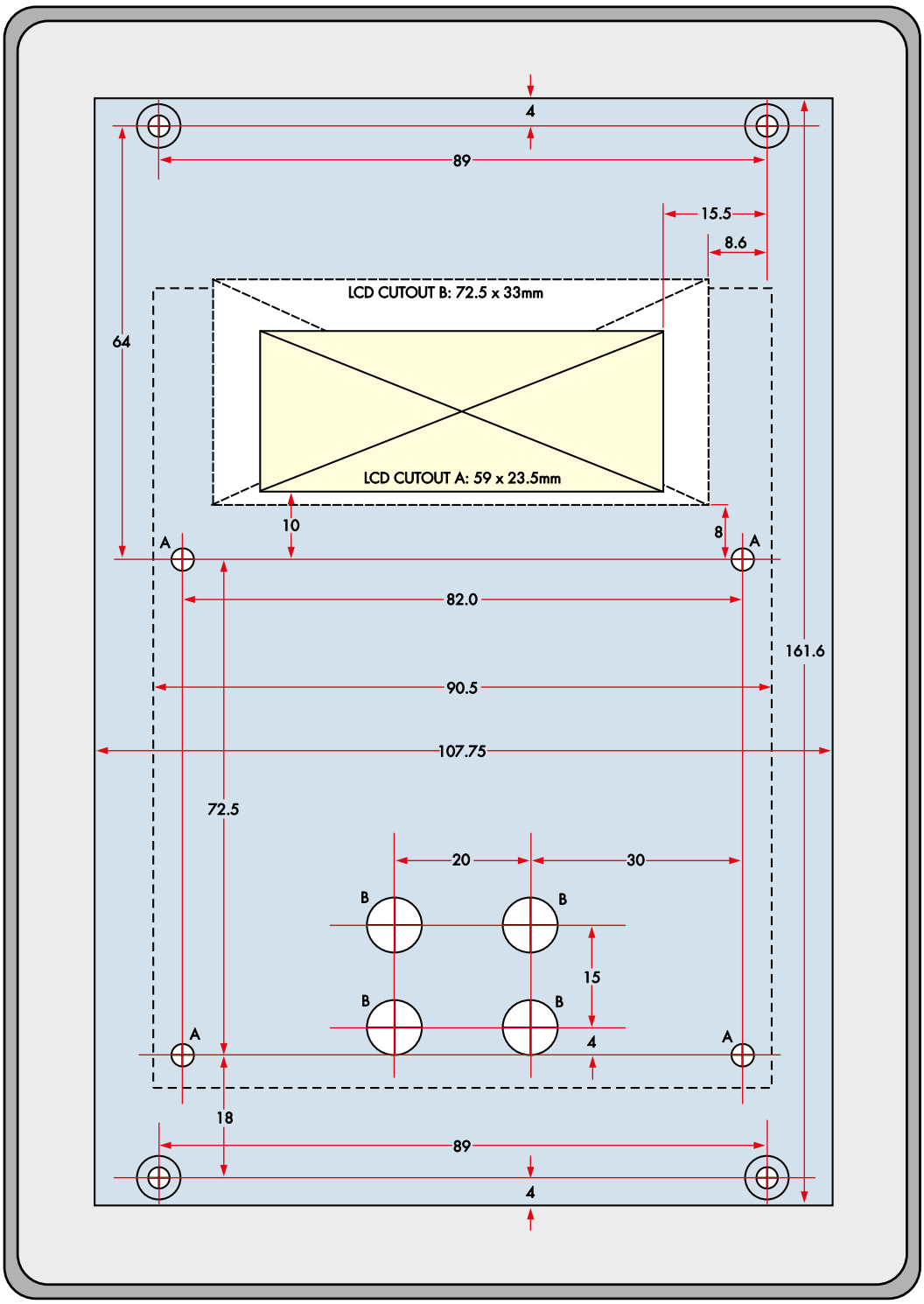
1. Jeśli nie zostanie naciśnięty żaden przycisk, miernik będzie stale aktualizował zmierzone rezystancje.
2. Po naciśnięciu przycisku *SELECT* (S1),
   a) Po prawej stronie zmierzonej wartości pojawi się symbol < lub >.
   b) Symbol > oznacza zwiększenie współczynnika kalibracji i prezentowanej wartości.

eprasa.pl cc29c17e01

c) Podobnie, < oznacza zmniejszenie współczynnika kalibracji.
d) Aby odwrócić kierunek, należy przytrzymać przycisk *SELECT* i jednocześnie krótko nacisnąć przycisk *ENTER* (S2).
e) Naciśnięcie *SELECT* zmienia współczynnik kalibracji, a tym samym wyświetlaną wartość w pokazanym kierunku.
f) Im dłużej przytrzymywany jest przycisk *SELECT*, tym szybciej zmieniają się korekty kalibracji. Aby spowolnić tempo zmian, zwolnij przycisk *SELECT* na sekundę. Dostępne są trzy prędkości – najwolniejsza pozwala na drobne korekty, podczas gdy średnie i szybkie prędkości pozwalają szybciej osiągnąć wymaganą wartość.
3. Samo naciśnięcie przycisku *ENTER* spowoduje zaakceptowanie bieżącej wartości kalibracji i przejście do następnego zakresu.
4. Po zakończeniu wszystkich regulacji dane kalibracji zostaną zapisane, a miernik powróci do normalnego trybu pracy.

Dokładność i precyzja

Nasze testy wykazały, że precyzja tego miernika w zakresie od około



Rysunek 8. Szablony do wiercenia/wycinania są dopasowane do wewnętrznej strony przedniego panelu obudowy. Wybierz ten, który jest odpowiedni do użytego wyświetlacza LCD. Po raz kolejny możesz je pobrać i wydrukować, a następnie pociąć i przykleić do panelu w celu dokładnego zaznaczenia lokalizacji otworów

eprasa.pl cc29c17e01

Tabela 1. Zakresy i kalibracja			
Zakres	**Rezystor kalibracyjny**	**Odpowiedni rezystor testowy**	**Uwagi**
0...30 Ω	YR1B27R4CC (27,4 Ω ±0,1%)	YR1B10RCC (10 Ω ±0,1%)	Przydałoby się kilka rezystorów testowych w zakresie 20 mΩ...220 mΩ.
30 Ω...3 kΩ	YR1B2K94CC (2,94 kΩ ±0,1%)	YR1B1K0CC (1 kΩ ±0,1%)	
3 kΩ...100 kΩ	YR1B97K6CC (97,6kΩ ±0,1%)	YR1B100KCC (100 kΩ ±0,1%)	
100 kΩ...1 MΩ	YR1B976KCC (976 kΩ ±0,1%)	YR1B1M0CC (1 MΩ ±0,1%)	
1 MΩ...20 MΩ	MF0204FTE52-10M (10 MΩ ±1%)		Precyzyjne rezystory w tym zakresie są bardzo drogie

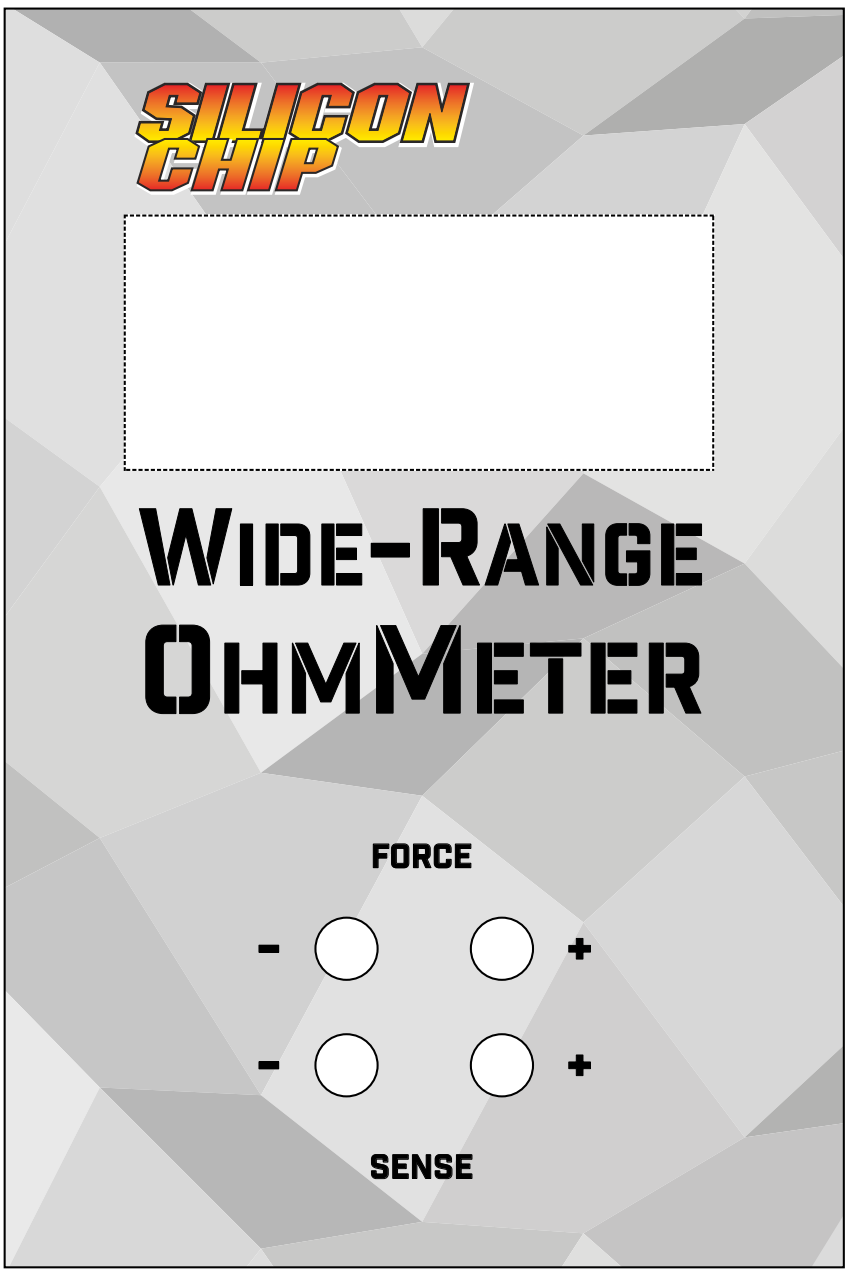
10 mΩ do 10 MΩ jest całkowicie określona przez precyzję kalibracji. Skalibrowaliśmy prototyp przy użyciu zalecanych rezystorów referencyjnych i osiągnęliśmy precyzję bliską ±0,1% w większości zakresu. Im lepsza kalibracja, tym lepsze osiągi.

Powtarzalność naszych pięciu prototypowych mierników jest doskonała, co wskazuje na dobrą liniowość przetworników ADC. Dołożyliśmy wszelkich starań, aby zapewnić stabilność w czasie i temperaturze, więc miernik powinien pozostać stabilny po skalibrowaniu.

Zauważysz, że miernik wyświetla więcej cyfr znaczących niż wskazywałaby na to dokładność.

Miernik jest bardzo stabilny i w większości zakresów zapewnia pomiar bez zakłóceń z rozdzielczością znacznie lepszą niż 0,1%.

Chociaż dokładność jest ograniczona do około 0,1%, rozdzielczość i krótkoterminowa powtarzalność są znacznie lepsze. Jeśli więc chcesz dopasować rezystory z wysoką precyzją, miernik zapewnia dodatkową rozdzielczość, której potrzebujesz.



Rysunek 9. Chociaż przyrząd jest na tyle prosty, że można obejść się bez etykiety na panelu przednim, to jednak wygląda on z nią o wiele ładniej. Ponownie, wybierz tę, która jest odpowiednia do pozycji wyświetlacza LCD. Wycięcie prostokąta LCD przed laminowaniem tworzy okienko ochronne dla wyświetlacza

Korzystanie z miernika

Wystarczy włączyć miernik, podłączyć mierzony element i odczytać wartość.

Podczas uruchamiania pokazywana jest wersja oprogramowania sprzętowego i zmierzone napięcie baterii. Jeśli napięcie baterii spadnie poniżej 6,5 V, urządzenie poprosi o nowe baterie.

Staraj się nie pozostawiać miernika włączonego przez wiele godzin, ponieważ w tym przypadku niepotrzebnie pobiera on prąd z baterii, zwłaszcza na niskim zakresie. Wierzymy, że stanie się on przydatnym narzędziem na stole warsztatowym.

Nie spodziewamy się, aby miernik wymagał częstej kalibracji. Zadaliśmy sobie sporo trudu, aby zadbać o to, by wszystko pozostawało stabilne. Mimo to należy zachować rezystory kalibracyjne i podłączać je mniej więcej raz w roku. Jeśli dokonujesz krytycznego pomiaru, szybkie sprawdzenie zajmie Ci tylko sekundę lub dwie.

Podczas pomiaru niskich rezystancji, rzędu kilku miliomów, rezystancja wyprowadzeń elementu może stać się znacząca. Dlatego należy podłączyć zaciski testowe jak najbliżej korpusu mierzonego elementu. ■

Phil Prosser

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

eprasa.pl cc29c17e01

Aproksymacja jednomianowa charakterystyk żarówek z włóknem wolframowym

Artykuł zawiera opis techniczny aproksymacji pierwiastkowej charakterystyki natężenia prądu elektrycznego płynącego przez włókno wolframowe żarówki w funkcji spadku napięcia, opis techniczny aproksymacji pierwiastkowej charakterystyki oporu elektrycznego włókna wolframowego żarówki w funkcji spadku napięcia a także opis techniczny aproksymacji potęgowej charakterystyki mocy elektrycznej wydzielanej na włóknie wolframowym żarówki w funkcji spadku napięcia. Obydwie operacje matematyczne pozwalają na wyznaczenie formuł umożliwiających obliczanie parametrów w danych punktach pracy na podstawie wyników pomiarów. Żarówki z włóknem wolframowym podłączone do sieci zasilającej szeregowo z obciążeniem umożliwiają zabezpieczenie badanego układu elektronicznego przed uszkodzeniem, jakie może wystąpić np. na skutek nieprawidłowego montażu elementów elektronicznych.

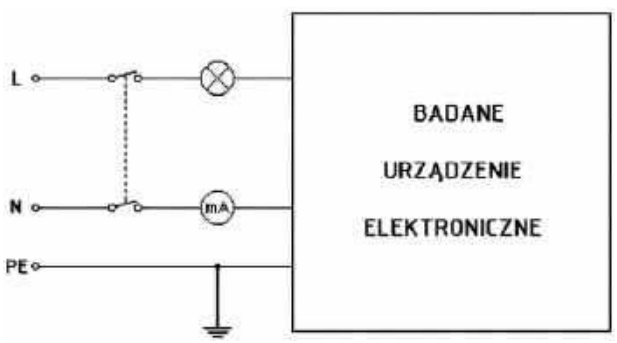
Wprowadzenie

Żarówki z włóknem wolframowym charakteryzują się oporem włókna zmieniającym się w zależności od jego temperatury. Posiadają one zatem nieliniową charakterystykę napięciowo-prądową. Opór włókna wolframowego żarówek w temperaturze pokojowej przyjmuje wartości około dziesięciokrotnie niższe od oporu tego samego włókna wolframowego żarówek rozgrzanego pod wpływem pracy żarówki z mocą znamionową. To zjawisko fizyczne wykorzystywane jest do zabezpieczania przed uszkodzeniem układów elektronicznych zasilanych bezpośrednio z sieci.

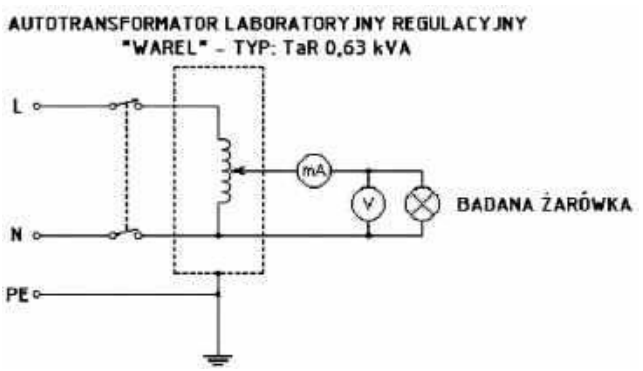


1. Wygląd zewnętrzny żarówki z włóknem wolframowym z gwintem Edisona typu E27 przeznaczonej do pracy z napięciem zasilającym 230 V

W celu wykreślenia charakterystyk napięciowo-prądowych żarówek z włóknem wolframowym posłużono się autotransformatorem laboratoryjnym regulacyjnym „WAREL" typu: TaR 0,63 kVA, miliamperomierzem prądu przemiennego a także woltomierzem napięcia przemiennego. Parametry żarówek zmierzono metodą techniczną, tzn. „punkt po punkcie". Badaniu poddano żarówki o mocach znamionowych: 10 W, 15 W, 25 W, 40 W, 60 W, 75 W, 100 W, 150 W oraz 200 W. Wyniki pomiarów wpisano do tabeli arkusza kalkulacyjnego Microsoft Excel w celu wygenerowania wykresów.



2. Schemat układu zabezpieczającego badane urządzenie elektroniczne przed uszkodzeniem



3. Schemat ideowy układu służącego do wyznaczania charakterystyk żarówek z włóknem wolframowym

Wyniki pomiarów

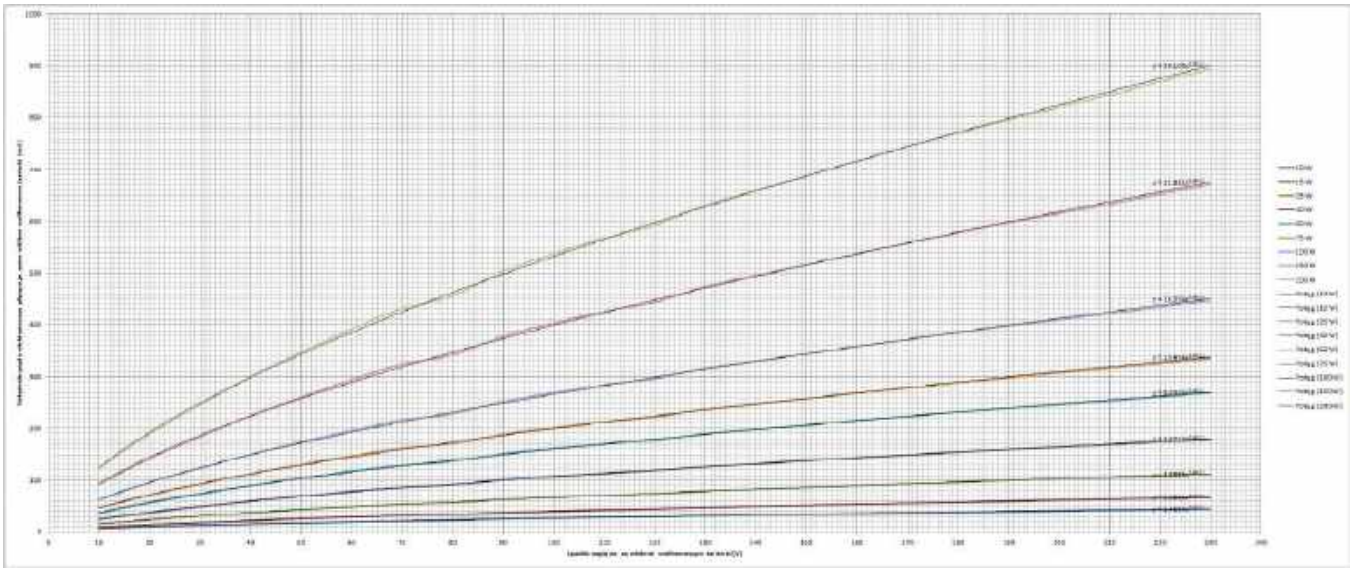
Na podstawie otrzymanych wyników pomiarów wyznaczono wartości oporu elektrycznego włókna wolframowego żarówek, korzystając z prawa Ohma.

Na podstawie otrzymanych wyników pomiarów wyznaczono wartości mocy wydzielanej na włóknie wolframowym żarówek, korzystając z prawa Joule'a-Lenza.

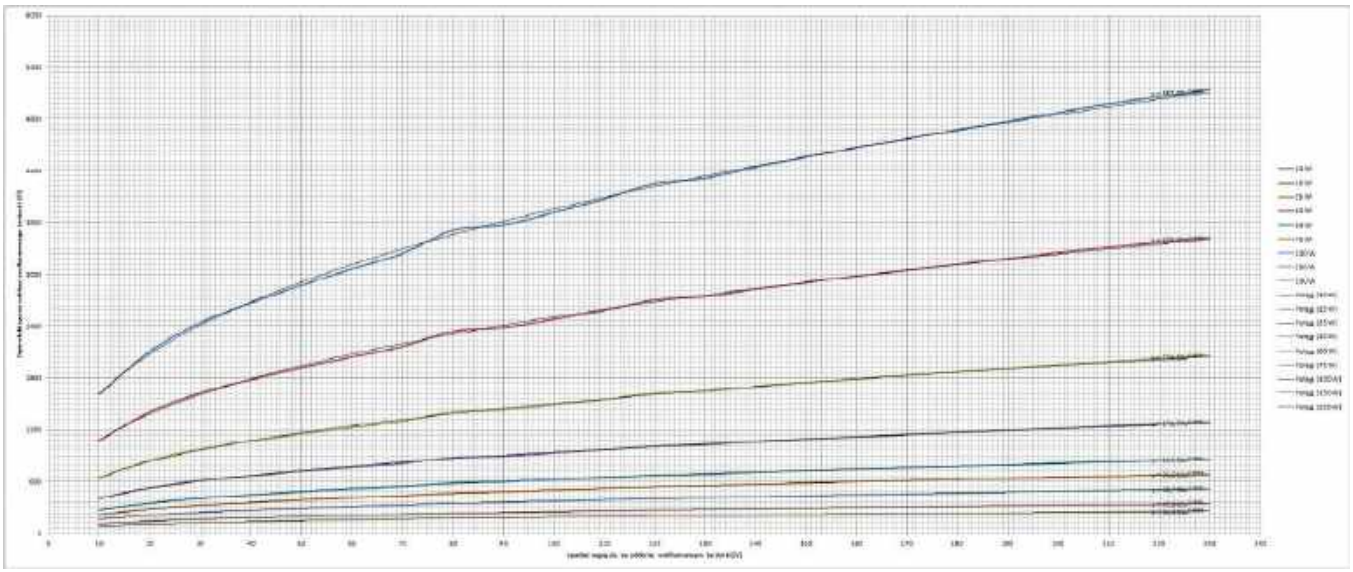
Podsumowanie i wnioski

Zastosowanie aproksymacji jednomianowej (pierwiastkowej i potęgowej) charakterystyk żarówek z włóknem wolframowym umożliwia wygenerowanie formuł pozwalających na obliczanie ich parametrów dla różnych punktów pracy. Na podstawie wyników pomiarów i obliczeń możemy wygenerować wykresy w programie komputerowym Microsoft Excel a następnie dodać do nich linie trendu i na ich podstawie otrzymać potrzebne formuły. Jest to szczególnie pomocne w sytuacji, w której stoimy przed typowym problemem decyzyjnym dotyczącym doboru wartości mocy żarówki z włóknem wolframowym do parametrów układu elektronicznego, który chcemy zabezpieczyć. W praktyce produkcyjnej

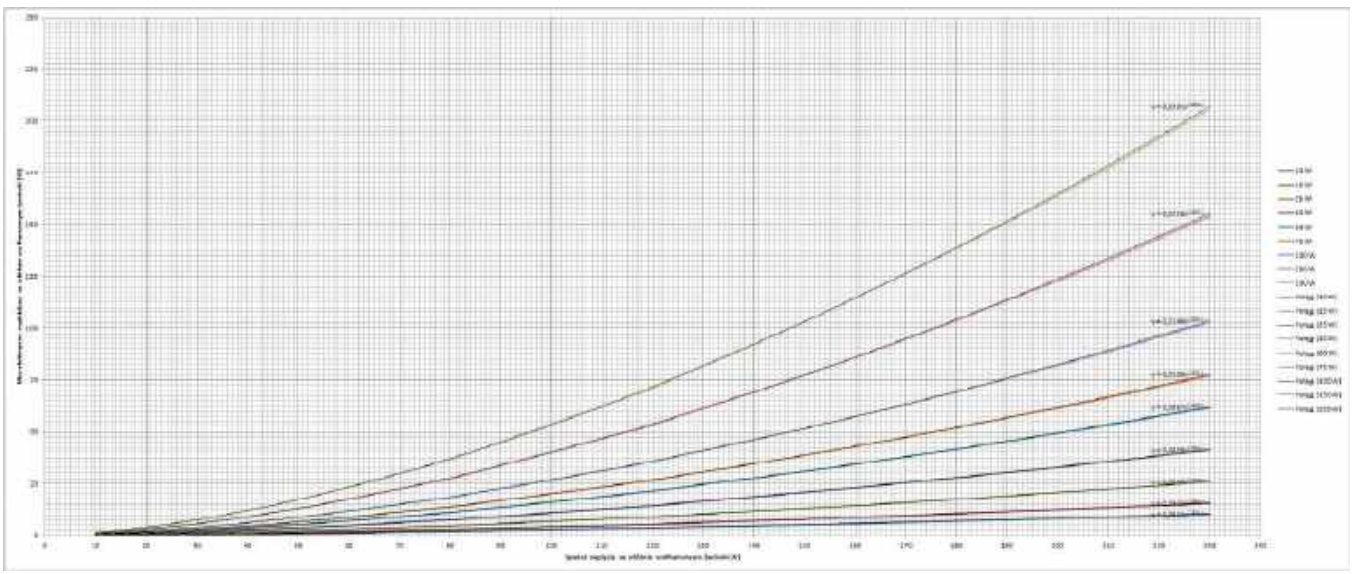
eprasa.pl cc29c17e01



4. Zestaw charakterystyk natężenia prądu elektrycznego płynącego przez włókno wolframowe żarówki w funkcji spadku napięcia



5. Zestaw charakterystyk oporu elektrycznego włókna wolframowego żarówki w funkcji spadku napięcia



6. Zestaw charakterystyk mocy elektrycznej wydzielanej na włóknie wolframowym żarówki w funkcji spadku napięcia

eprasa.pl cc29c17e01

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

Tabela 1. Wyniki pomiarów żarówek z włóknem wolframowym (charakterystyki natężenia prądu elektrycznego płynącego przez włókno wolframowe żarówki w funkcji spadku napięcia)

U [V]	I [mA] (10 W)	I [mA] (15 W)	I [mA] (25 W)	I [mA] (40 W)	I [mA] (60 W)	I [mA] (75 W)	I [mA] (100 W)	I [mA] (150 W)	I [mA] (200 W)
10,00	6,20	9,30	15,50	24,80	37,20	46,50	62,00	93,00	124,00
20,00	9,50	14,25	23,75	38,00	57,00	71,25	95,00	142,50	190,00
30,00	12,30	18,45	30,75	49,20	73,80	92,25	123,00	184,50	246,00
40,00	15,00	22,50	37,50	60,00	90,00	112,50	150,00	225,00	300,00
50,00	17,40	26,10	43,50	69,60	104,40	130,50	174,00	261,00	348,00
60,00	19,60	29,40	49,00	78,40	117,60	147,00	196,00	294,00	392,00
70,00	21,60	32,40	54,00	86,40	129,60	162,00	216,00	324,00	432,00
80,00	22,80	34,20	57,00	91,20	136,80	171,00	228,00	342,00	456,00
90,00	25,20	37,80	63,00	100,80	151,20	189,00	252,00	378,00	504,00
100,00	26,90	40,35	67,25	107,60	161,40	201,75	269,00	403,50	538,00
110,00	28,40	42,60	71,00	113,60	170,40	213,00	284,00	426,00	568,00
120,00	29,60	44,40	74,00	118,40	177,60	222,00	296,00	444,00	592,00
130,00	31,60	47,40	79,00	126,40	189,60	237,00	316,00	474,00	632,00
140,00	33,00	49,50	82,50	132,00	198,00	247,50	330,00	495,00	660,00
150,00	34,40	51,60	86,00	137,60	206,40	258,00	344,00	516,00	688,00
160,00	35,80	53,70	89,50	143,20	214,80	268,50	358,00	537,00	716,00
170,00	37,20	55,80	93,00	148,80	223,20	279,00	372,00	558,00	744,00
180,00	38,50	57,75	96,25	154,00	231,00	288,75	385,00	577,50	770,00
190,00	39,80	59,70	99,50	159,20	238,80	298,50	398,00	597,00	796,00
200,00	41,00	61,50	102,50	164,00	246,00	307,50	410,00	615,00	820,00
210,00	42,20	63,30	105,50	168,80	253,20	316,50	422,00	633,00	844,00
220,00	43,50	65,25	108,75	174,00	261,00	326,25	435,00	652,50	870,00
230,00	44,70	67,05	111,75	178,80	268,20	335,25	447,00	670,50	894,00

Tabela 2. Wyniki pomiarów żarówek z włóknem wolframowym (charakterystyki oporu elektrycznego włókna wolframowego żarówki w funkcji spadku napięcia)

U [V]	R [Ω] (10 W)	R [Ω] (15 W)	R [Ω] (25 W)	R [Ω] (40 W)	R [Ω] (60 W)	R [Ω] (75W)	R [Ω] (100 W)	R [Ω] (150 W)	R [Ω] (200 W)
10,00	1612,90	1075,27	645,16	403,23	268,82	215,05	161,29	107,53	80,65
20,00	2105,26	1403,51	842,11	526,32	350,88	280,70	210,53	140,35	105,26
30,00	2439,02	1626,02	975,61	609,76	406,50	325,20	243,90	162,60	121,95
40,00	2666,67	1777,78	1066,67	666,67	444,44	355,56	266,67	177,78	133,33
50,00	2873,56	1915,71	1149,43	718,39	478,93	383,14	287,36	191,57	143,68
60,00	3061,22	2040,82	1224,49	765,31	510,20	408,16	306,12	204,08	153,06
70,00	3240,74	2160,49	1296,30	810,19	540,12	432,10	324,07	216,05	162,04
80,00	3508,77	2339,18	1403,51	877,19	584,80	467,84	350,88	233,92	175,44
90,00	3571,43	2380,95	1428,57	892,86	595,24	476,19	357,14	238,10	178,57
100,00	3717,47	2478,31	1486,99	929,37	619,58	495,66	371,75	247,83	185,87
110,00	3873,24	2582,16	1549,30	968,31	645,54	516,43	387,32	258,22	193,66
120,00	4054,05	2702,70	1621,62	1013,51	675,68	540,54	405,41	270,27	202,70
130,00	4113,92	2742,62	1645,57	1028,48	685,65	548,52	411,39	274,26	205,70
140,00	4242,42	2828,28	1696,97	1060,61	707,07	565,66	424,24	282,83	212,12
150,00	4360,47	2906,98	1744,19	1090,12	726,74	581,40	436,05	290,70	218,02
160,00	4469,27	2979,52	1787,71	1117,32	744,88	595,90	446,93	297,95	223,46
170,00	4569,89	3046,59	1827,96	1142,47	761,65	609,32	456,99	304,66	228,49
180,00	4675,32	3116,88	1870,13	1168,83	779,22	623,38	467,53	311,69	233,77
190,00	4773,87	3182,58	1909,55	1193,47	795,64	636,52	477,39	318,26	238,69
200,00	4878,05	3252,03	1951,22	1219,51	813,01	650,41	487,80	325,20	243,90
210,00	4976,30	3317,54	1990,52	1244,08	829,38	663,51	497,63	331,75	248,82
220,00	5057,47	3371,65	2022,99	1264,37	842,91	674,33	505,75	337,16	252,87
230,00	5145,41	3430,28	2058,17	1286,35	857,57	686,06	514,54	343,03	257,27

eprasa.pl cc29c17e01

Tabela 3. Wyniki pomiarów żarówek z włóknem wolframowym (charakterystyki mocy elektrycznej wydzielanej na włóknie wolframowym żarówki w funkcji spadku napięcia)

U [V]	P [W] (10 W)	P [W] (15 W)	P [W] (25 W)	P [W] (40 W)	P [W] (60 W)	P [W] (75 W)	P [W] (100 W)	P [W] (150 W)	P [W] (200 W)
10,00	0,06	0,09	0,16	0,25	0,37	0,47	0,62	0,93	1,24
20,00	0,19	0,29	0,48	0,76	1,14	1,43	1,90	2,85	3,80
30,00	0,37	0,55	0,92	1,48	2,21	2,77	3,69	5,54	7,38
40,00	0,60	0,90	1,50	2,40	3,60	4,50	6,00	9,00	12,00
50,00	0,87	1,31	2,18	3,48	5,22	6,53	8,70	13,05	17,40
60,00	1,18	1,76	2,94	4,70	7,06	8,82	11,76	17,64	23,52
70,00	1,51	2,27	3,78	6,05	9,07	11,34	15,12	22,68	30,24
80,00	1,82	2,74	4,56	7,30	10,94	13,68	18,24	27,36	36,48
90,00	2,27	3,40	5,67	9,07	13,61	17,01	22,68	34,02	45,36
100,00	2,69	4,04	6,73	10,76	16,14	20,18	26,90	40,35	53,80
110,00	3,12	4,69	7,81	12,50	18,74	23,43	31,24	46,86	62,48
120,00	3,55	5,33	8,88	14,21	21,31	26,64	35,52	53,28	71,04
130,00	4,11	6,16	10,27	16,43	24,65	30,81	41,08	61,62	82,16
140,00	4,62	6,93	11,55	18,48	27,72	34,65	46,20	69,30	92,40
150,00	5,16	7,74	12,90	20,64	30,96	38,70	51,60	77,40	103,20
160,00	5,73	8,59	14,32	22,91	34,37	42,96	57,28	85,92	114,56
170,00	6,32	9,49	15,81	25,30	37,94	47,43	63,24	94,86	126,48
180,00	6,93	10,40	17,33	27,72	41,58	51,98	69,30	103,95	138,60
190,00	7,56	11,34	18,91	30,25	45,37	56,72	75,62	113,43	151,24
200,00	8,20	12,30	20,50	32,80	49,20	61,50	82,00	123,00	164,00
210,00	8,86	13,29	22,16	35,45	53,17	66,47	88,62	132,93	177,24
220,00	9,57	14,36	23,93	38,28	57,42	71,78	95,70	143,55	191,40
230,00	10,28	15,42	25,70	41,12	61,69	77,11	102,81	154,22	205,62

Tabela 4. Formuły umożliwiające obliczanie wartości natężenia prądu elektrycznego płynącego przez włókno wolframowe żarówek o różnych mocach znamionowych na podstawie spadku napięcia

Moc żarówki	Formuła
10 W	$I=1{,}4554\cdot U^{0{,}6311}$
15 W	$I=2{,}1831\cdot U^{0{,}6311}$
25 W	$I=3{,}6386\cdot U^{0{,}6311}$
40 W	$I=5{,}8217\cdot U^{0{,}6311}$
60 W	$I=8{,}7326\cdot U^{0{,}6311}$
75 W	$I=10{,}916\cdot U^{0{,}6311}$
100 W	$I=14{,}554\cdot U^{0{,}6311}$
150 W	$I=21{,}831\cdot U^{0{,}6311}$
200 W	$I=29{,}109\cdot U^{0{,}6311}$

Tabela 5. Formuły umożliwiające obliczanie wartości oporu elektrycznego włókna wolframowego żarówek o różnych mocach znamionowych na podstawie spadku napięcia

Moc żarówki	Formuła
10 W	$R=687{,}08\cdot U^{0{,}3689}$
15 W	$R=458{,}05\cdot U^{0{,}3689}$
25 W	$R=274{,}83\cdot U^{0{,}3689}$
40 W	$R=171{,}77\cdot U^{0{,}3689}$
60 W	$R=114{,}51\cdot U^{0{,}3689}$
75 W	$R=91{,}611\cdot U^{0{,}3689}$
100 W	$R=68{,}708\cdot U^{0{,}3689}$
150 W	$R=45{,}805\cdot U^{0{,}3689}$
200 W	$R=34{,}354\cdot U^{0{,}3689}$

Tabela 6. Formuły umożliwiające obliczanie wartości mocy elektrycznej wydzielanej na włóknie wolframowym żarówek o różnych mocach znamionowych na podstawie spadku napięcia

Moc żarówki	Formuła
10 W	$P=0{,}0015\cdot U^{1{,}6311}$
15 W	$P=0{,}0022\cdot U^{1{,}6311}$
25 W	$P=0{,}0036\cdot U^{1{,}6311}$
40 W	$P=0{,}0058\cdot U^{1{,}6311}$
60 W	$P=0{,}0087\cdot U^{1{,}6311}$
75 W	$P=0{,}0109\cdot U^{1{,}6311}$
100 W	$P=0{,}0146\cdot U^{1{,}6311}$
150 W	$P=0{,}0218\cdot U^{1{,}6311}$
200 W	$P=0{,}0291\cdot U^{1{,}6311}$

sytuacja ta często dotyczy układów przetwornic, w których część obwodu zasilana jest bez separacji galwanicznej, tzn. bezpośrednio z sieci. Dla przykładu. Odwrotne zamontowanie kondensatorów elektrolitycznych unipolarnych filtra za prostownikiem, przy zasilaniu układu bez zabezpieczenia, może doprowadzić do uszkodzenia wielu elementów wchodzących w skład układu elektronicznego przetwornicy. Środek zaradczy stanowi dobranie żarówki zabezpieczającej o takiej mocy, która będzie zdolna ograniczyć prąd zwarcia do wartości bezpiecznej dla elementów składowych układu przetwornicy a jednocześnie spadek napięcia na włóknie wolframowym żarówki występujący podczas normalnej pracy nie będzie miał większego wpływu na działanie układu przetwornicy. Dobór odpowiedniej żarówki umożliwiają m.in. formuły umieszczone w poniższych tabelach.

Książka o układach elektronicznych do subwooferów aktywnych

Zapraszam do zapoznania się z moją najnowszą książką pt. „Wprowadzenie do projektowania układów elektronicznych subwooferów aktywnych. Poradnik praktyczny”:

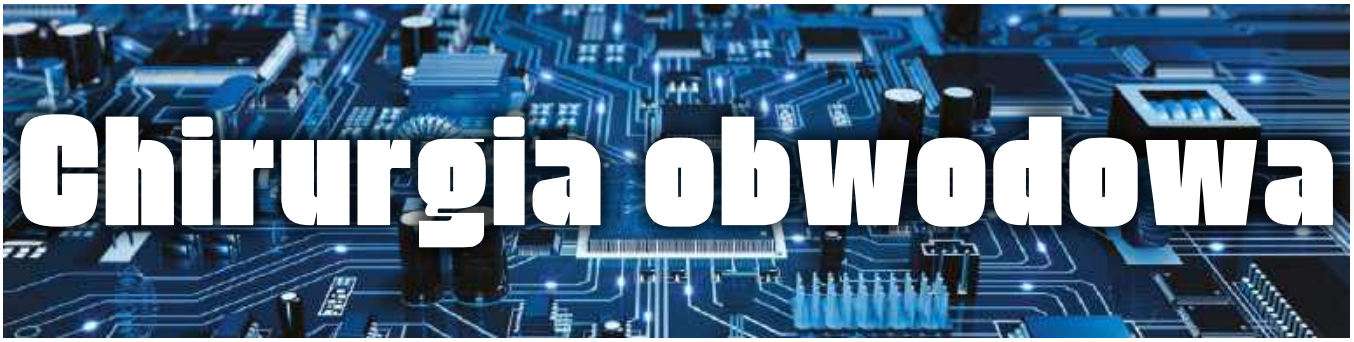


7. Okładka książki pt. „Wprowadzenie do projektowania układów elektronicznych subwooferów aktywnych. Poradnik praktyczny”

- https://youtu.be/KIo1eqxj4AE,
- https://youtu.be/gpQe89R5HEk■

mgr inż. Tomasz Łysek

eprasa.pl cc29c17e01



Chirurgia obwodowa

Napięcie niezrównoważenia wzmacniacza operacyjnego,

część 1

Niejaki Deion, użytkownik forum EEWeb, zamieścił post dotyczący precyzyjnych wzmacniaczy operacyjnych. Najpierw zacytował kartę katalogową układu OP97 firmy Analog Devices: „OP97 jest energooszczędną alternatywą dla precyzyjnego wzmacniacza operacyjnego OP07 – standardu przemysłowego. Typem OP97 można bezpośrednio zastąpić OP07, OP77, AD725 i PM1012, uzyskując lepsze parametry i/lub mniejszą moc strat. Można nim zastąpić również 741, o ile nie jest używany zewnętrzny układ do zerowania napięcia niezrównoważenia. Ale, ogólnie rzecz biorąc, układy zerujące używane do wzmacniaczy poprzednich generacji stają się zbędne ze względu na wyjątkowo niskie napięcie niezrównoważenia OP97 i można z nich zrezygnować bez uszczerbku dla jakości działania". Następnie Deion stawia dwa pytania: „jak rozumieć specyfikację zakresu temperatur?" oraz „czy rezystancje powinny być równe?".

Pytania

Nie jestem pewien, co Deion dokładnie ma na myśli, pytając o zakres temperatur. Jeśli chodzi o odpowiedź na forum, to rzecz jasna przytoczono dane z pierwszej strony karty katalogowej OP97, wymienione również w tabeli wartości dopuszczalnych (absolute maximum ratings): układ może pracować w „rozszerzonym przemysłowym zakresie temperatur" –40...+85°C. Zamieszczone w karcie katalogowej wykresy prądu polaryzacji i inne charakterystyki obejmują jednak szerszy zakres: –55...+125°C. A przecież zakres –40...+85°C określono jako „bezwzględne maksimum". Oznacza to, że układ może ulec uszkodzeniu, jeśli pracuje poza tym zakresem, lub że pogorszy się jego niezawodność, gdy przez dłuższy czas będzie używany w pobliżu którejś granicy. Możliwe jest również, że mimo przekroczenia wartości granicznych wzmacniacz operacyjny będzie działał – przynajmniej przez jakiś czas.

Drugie pytanie dotyczyło „równej rezystancji" w układach precyzyjnych wzmacniaczy operacyjnych. Wyrównanie rezystancji ma na celu zmniejszenie napięć niezrównoważenia spowodowanych prądami polaryzacji wejść wzmacniacza. Zagadnieniu prądów polaryzacji przyjrzymy się w drugiej części artykułu i tam też zajmiemy się kwestią wyrównywania rezystancji.

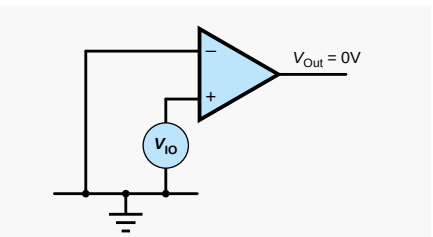
Napięcia niezrównoważenia

Mówiąc prosto: napięcia niezrównoważenia są spowodowane niedoskonałościami samego układu lub elementów zewnętrznych i powodują błędy napięcia stałego na wyjściu układu. Kwestia ta jest istotna w układach stałoprądowych i bardzo niskiej częstotliwości, a kluczowym przykładem są wzmacniacze sygnałów z czujników, gdzie mierzona wielkość zmienia się powoli (np. temperatura). Napięcie niezrównoważenia powoduje wówczas niedokładność pomiaru. W innych przypadkach niepożądane napięcie wyjściowe może być szkodliwe dla takiego obciążenia, które musi być zasilane wyłącznie sygnałem zmiennym bez składowej stałej (np. głośnik). Napięcie stałe można wprawdzie odciąć kondensatorem sprzęgającym, ale rozwiązanie takie staje się niepraktyczne, kiedy niska częstotliwość sygnału użytecznego wymusza bardzo dużą pojemność kondensatora. Nawet jeśli kondensator taki jest dostępny, to może mieć zbyt duże rozmiary, być kosztowny lub wykazywać niedoskonałości, które wpłyną na sygnał w niedopuszczalny sposób.

Gdyby napięcie niezrównoważenia było zjawiskiem idealnym, jego wartość byłaby niezmienna i dawałoby się ono skompensować w procesie jednorazowej kalibracji. Rzeczywiste niezrównoważenie zmienia się jednak w wyniku starzenia się układu, zmian temperatury i innych czynników. Zmieniające się napięcie niezrównoważenia jest jak szum o niskiej częstotliwości, który zostaje wzmacniany wraz z sygnałem użytecznym.

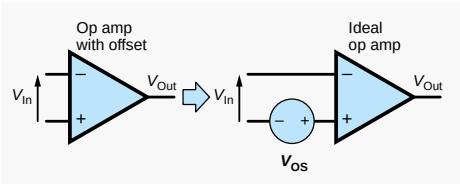
Precyzja

Jeśli napięcie niezrównoważenia zmienia się z częstotliwością, która jest tego samego rzędu co częstotliwość sygnału użytecznego, wówczas nie da się zablokować tego napięcia kondensatorami, niezależnie



Rysunek 1. Definicja napięcia niezrównoważenia

eprasa.pl cc29c17e01



Rysunek 2. Wzmacniacz operacyjny z napięciem niezrównoważenia można modelować jako wzmacniacz idealny plus źródło napięcia na wejściu nieodwracającym

od właściwości czy kosztu kondensatorów. Jedynym rozwiązaniem jest wtedy użycie rozwiązań układowych dających niskie napięcie niezrównoważenia. Poprawa jednego parametru odbywa się jednak często kosztem pogorszenia innego. Zmniejszenie napięcia niezrównoważenia może się na przykład wiązać z pogorszeniem górnej granicy pasma przenoszenia albo większym poborem mocy. Tak to zwykle bywa w działalności inżynierskiej.

Wzmacniacze operacyjne, których kluczową cechą jest niskie napięcie niezrównoważenia, są często określane jako „precyzyjne". Takim precyzyjnym typem jest OP97, wspomniany w poście Deiona. Najniższe napięcia niezrównoważenia uzyskuje się w specjalnych typach wzmacniaczy z automatycznym zerowaniem i wzmacniaczy z chopperem. W mniej wymagających zastosowaniach mogą być z powodzeniem używane standardowe precyzyjne wzmacniacze operacyjne. Na takich właśnie typach wzmacniaczy skupimy się w tym artykule.

W układzie zawierającym wzmacniacz operacyjny przesunięcie napięcia na wyjściu może wynikać z napięć niezrównoważenia powstających w obwodach wewnętrznych wzmacniacza lub pochodzić z obwodów zewnętrznych i ich interakcji ze wzmacniaczem. Ten drugi przypadek wiąże się z „wyrównywaniem rezystancji" wspomnianym przez Deiona. Tym zajmiemy się w drugiej części artykułu.

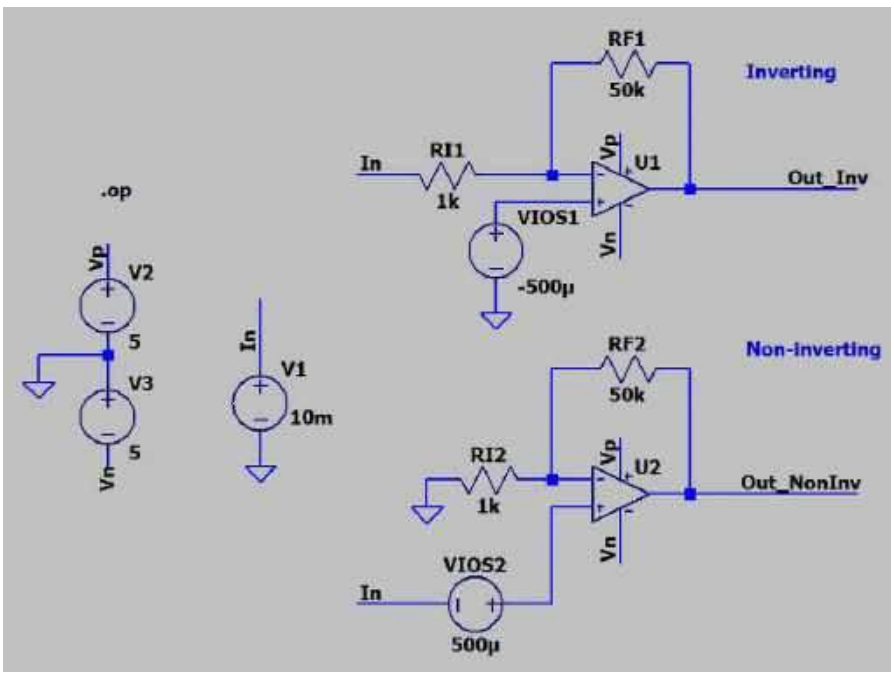


Rysunek 4. Użycie edytora parametrów w *LTspice* do konfiguracji modelu elementu *UniversalOpamp2*

Wejściowe napięcie niezrównoważenia

W idealnym wzmacniaczu operacyjnym przy napięciu różnicowym na wejściu równym zero napięcie wyjściowe również wynosi zero. W przypadku wzmacniaczy rzeczywistych, na wyjściu pojawi się jednak napięcie różne od zera. Aby wymusić zerowe napięcie na wyjściu (z otwartą pętlą sprzężenia zwrotnego), na wejście wzmacniacza należy podać pewne napięcie stałe. Napięcie to określa się jako wejściowe napięcie niezrównoważenia (input offset voltage, V_{IO}). Zilustrowano to na **rysunku 1**. Typowe wartości V_{IO} dla standardowych precyzyjnych wzmacniaczy operacyjnych (nie typów specjalnych) wahają się od około 10 µV do 500 µV, przy czym w konkretnym egzemplarzu układu napięcie to może być dodatnie lub ujemne. Na V_{IO} znaczący wpływ może mieć temperatura. Wpływ ten jest wyrażony przez współczynnik temperaturowy wejściowego napięcia niezrównoważenia (temperature coefficient of input offset voltage), określający jak V_{IO} zmienia się wraz z temperaturą. W standardowych precyzyjnych wzmacniaczach operacyjnych jego typowe wartości wynoszą mniej więcej 0,1...10 µV/°C. W karcie katalogowej wzmacniacza może być zamieszczony wykres pokazujący zmianę V_{IO} w zależności od temperatury. Zmiana zachodzi również w wyniku starzenia się układu. Karta katalogowa może podawać wartość stabilności długoterminowej V_{IO} np. w µV/miesiąc.

Układ z rysunku 1, ilustrujący zjawisko napięcia niezrównoważenia, może być użyty do analizy wpływu tego napięcia na parametry układu. W tym celu rzeczywisty wzmacniacz operacyjny zastępujemy wzmacniaczem idealnym z dodanym zewnętrznym źródłem napięcia, co pokazano na **rysunku 2**. Tą metodą możemy symulować wpływ wejściowego napięcia niezrównoważenia na działanie całego układu zawierającego wzmacniacz. W ten sam sposób symuluje się też inne niepożądane zjawiska, jak szum czy wpływ napięcia zasilania.



Rysunek 3. Schemat symulacji w *LTspice* do prób z modelowaniem napięcia niezrównoważenia

Modelowanie

Jeśli do rzeczywistego wzmacniacza operacyjnego zostanie przyłożone napięcie wejściowe , to jego napięcie wyjściowe V_{In} będzie zależeć zarówno od tego napięcia jak i od wejściowego napięcia niezrównoważenia. W przypadku układu z otwartą pętlą sprzężenia zwrotnego z rysunku 2 napięcie wyjściowe wyniesie

$$V_{Out}=A\cdot V_{In}+A\cdot V_{OS}$$

gdzie jest wzmocnieniem wzmacniacza operacyjnego z otwartą pętlą. Wartość $A\cdot V_{OS}$ to napięcie niezrównoważenia „odniesione do wyjścia". Wzmacniacz operacyjny zwykle pracuje z jakimś sprzężeniem zwrotnym. W takim przypadku wpływ napięcia niezrównoważenia analizujemy w zależności od konkretnego układu tego sprzężenia, stosując układ zastępczy z rysunku 2. W przeciwieństwie do wejściowego napięcia niezrównoważenia, napięcie niezrównoważenia odniesione do wyjścia zależy od układu, w którym pracuje wzmacniacz, a nie od wzmocnienia z otwartą pętlą (A).

Modelowanie napięcia niezrównoważenia poprzez dodanie źródła napięcia na wejściu nieodwracającym można zbadać

eprasa.pl cc29c17e01

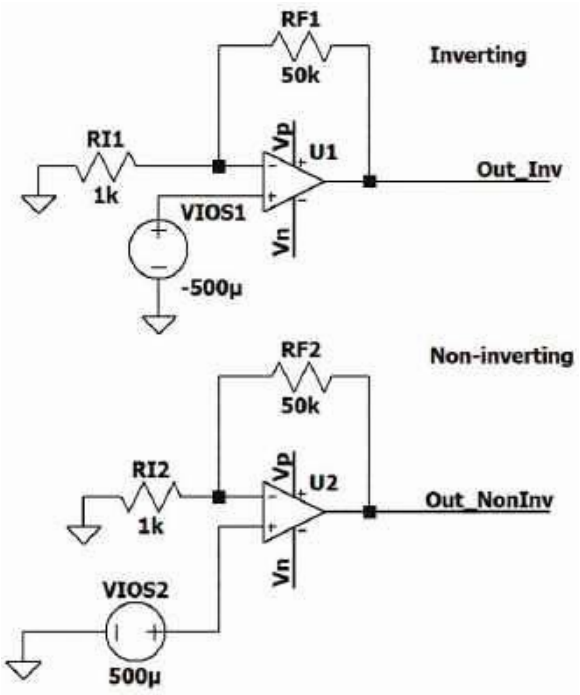
w symulatorze LTspice. Musimy użyć modelu idealnego wzmacniacza operacyjnego (bez napięcia niezrównoważenia). Jeśli wybierzemy model jakiegoś rzeczywistego wzmacniacza (a w cyklu Chirurgia Obwodowa często tak właśnie robimy w symulacjach przykładowych), model ten będzie już zawierał napięcie niezrównoważenia tego układu. Nie będziemy w stanie kontrolować tego napięcia, a nie o to nam tutaj chodzi. Powinniśmy użyć elementu UniversalOpamp2 z biblioteki LTspice. Znajduje się on na samym końcu listy w sekcji Op amps w menu Component Selection. Na **rysunku 3** pokazano schematy w LTspice ze wzmacniaczem operacyjnym w układzie odwracającym i nieodwracającym. W obu schematach użyto UniversalOpamp2. Układy zawierają źródła modelujące napięcie niezrównoważenia.

UniversalOpamp2

Użytkownik LTspice zapewne zauważy, że w menu komponentów znajdują się dwa inne elementy, które nie są rzeczywistymi wzmacniaczami operacyjnymi: opamp (bez wyprowadzeń zasilania) i opamp2 (z wyprowadzeniami zasilania). Mogą być one używane w symulacjach jako wzmacniacze idealne lub rzeczywiste, wymagają jednak dodatkowego podukładu LTspice, który definiuje ich budowę wewnętrzną i zachowanie. W ogólnych przypadkach symulacji układów ze wzmacniaczami operacyjnymi UniversalOpamp2 jest wygodniejszy. Jeśli potrzebne są wartości parametrów inne niż domyślne, model można skonfigurować, klikając prawym przyciskiem myszy na symbol wzmacniacza i ustawiając różne parametry w edytorze (**rysunek 4**). Zwróćmy uwagę, że w naszej symulacji napięcie niezrównoważenia (V_{OS}) modelu UniversalOpamp2 jest ustawione na zero, ponieważ do modelowania tego napięcia używamy źródeł zewnętrznych (V_{IOS1} i V_{IOS2}).

Model UniversalOpamp2 może zawierać różną ilość szczegółów. Poziom szczegółowości jest określony przez parametr level. Możliwe są cztery ustawienia (1, 2, 3 i 3a) o wzrastającym poziomie szczegółowości. Informacje na temat wszystkich parametrów można znaleźć w schemacie przykładowym dołączonym przez LTspice (w systemie Windows zazwyczaj w podkatalogu **...\Documents\LTspiceXVII\examples\Educational\UniversalOpamp2.asc**. Stopniowe dodawanie do modelu idealnego wzmacniacza cech układu rzeczywistego pozwala badać wpływ tych cech na zachowanie się całego symulowanego układu.

W naszym przykładzie użyjemy najprostszego modelu UniversalOpamp2 (poziom 1). Nie wymaga on dodania na schemacie źródeł zasilania (np. w celu ograniczenia napięcia wyjściowego), jednakże źródła takie umieszczono, aby w razie potrzeby dało się łatwo zmienić poziom modelu. Wymagamy zachowania zbliżonego do idealnego, więc ustawiliśmy wzmocnienie napięciowe w otwartej pętli (parametr Avol modelu) bardzo wysokie (100 G=1·10[11]). Wszelkie błędy napięcia wyjściowego wynikające z nieidealnego (skończonego) wzmocnienia w otwartej pętli można będzie zatem zaniedbać. Również rezystancja wejściowa wzmacniacza (parametr Rin modelu) jest ustawiona na bardzo wielką wartość (10 GΩ), więc ma znikomy wpływ na rozpływ prądów w rezystancjach zewnętrznych.



Rysunek 5. Jeśli dla wzmacniaczy z rysunku 3 bierzemy pod uwagę tylko wpływ napięcia niezrównoważenia, to okaże się, że w obu przypadkach jest ono wzmacniane jak w układzie nieodwracającym

Symulacja

Oba układy wzmacniaczy na rysunku 3 mają takie same wartości rezystorów. Korzystając z dobrze znanych wzorów na wzmocnienie tych układów otrzymujemy następujące wyniki:

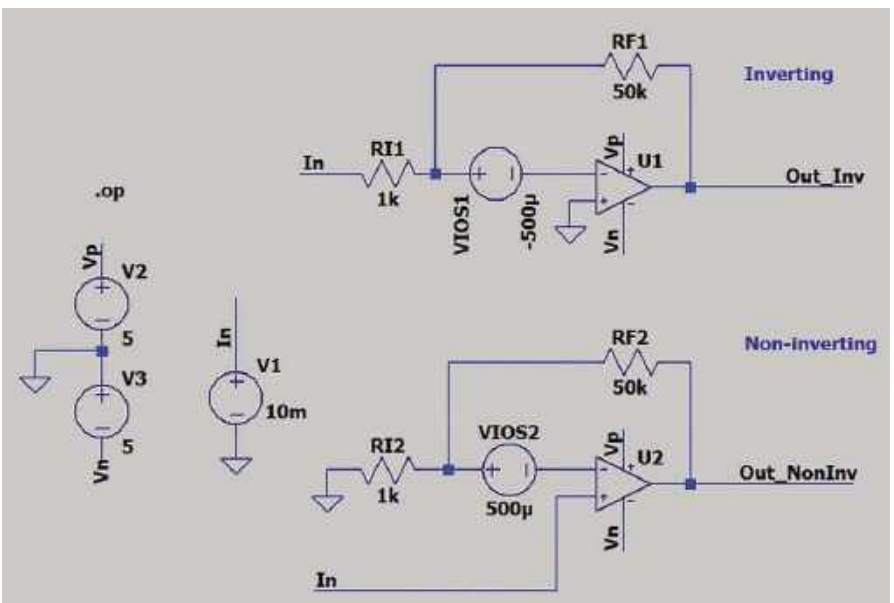
- w układzie odwracającym wzmocnienie wynosi:

$$-\frac{R_{F1}}{R_{I1}} = -\frac{50k\Omega}{1k\Omega} = -50$$

- w układzie nieodwracającym wzmocnienie wynosi

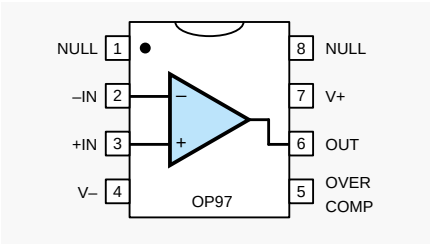
$$1+\frac{R_{F2}}{R_{I2}} = 1+\frac{50k\Omega}{1k\Omega} = 51$$

Bez przesunięć wywołanych napięciem niezrównoważenia, przy napięciu wejściowym 10 mV dostarczanym przez źródło V1 oczekiwalibyśmy na wyjściu –50·0,01= –0,5 V w układzie odwracającym i 51·0,01=0,51 V w układzie nieodwracającym. Na wyjściach układów pojawią się



Rysunek 6. Przeniesienie źródła napięcia niezrównoważenia do drugiego wejścia daje takie same wyniki

eprasa.pl cc29c17e01



Rysunek 7. Układ wyprowadzeń wzmacniacza operacyjnego OP97

jednak przesunięcia wprowadzone przez VOS1 i VOS2.

W symulacji interesują nas tylko stałoprądowe punkty pracy, użyjemy więc dyrektywy .op SPICE. Wyniki są następujące:

```
V(in):            0.01       napięcie
V(n003):          0.0105     napięcie
V(out_noninv):    0.5355     napięcie
V(vp):            5          napięcie
V(vn):            -5         napięcie
V(n001):          -0.0005    napięcie
V(out_inv):       -0.5255    napięcie
V(n002):          -0.0005    napięcie
V(n004):          0.0105     napięcie
```

W obu układach napięcia wyjściowe V(out_inv) i V(out_noninv) są przesunięte o 22,5 mV w stosunku do wartości uzyskanych przez nas w obliczeniach. W układzie odwracającym mamy –0,5–0,0255=–0,5225, a w nieodwracającym 0,51+0,0225=0,5355. Wartość przesunięcia na wyjściu (przy tym samym napięciu niezrównoważenia na wejściu) jest taka sama dla obu układów pomimo różnych wzmocnień. Wynika to z faktu, że modelowane napięcie niezrównoważenia jest w obu przypadkach podawane bezpośrednio do wejścia nieodwracającego. Z punktu widzenia źródeł napięć niezrównoważenia oba układy niczym się od siebie nie różnią i stanowią wzmacniacze nieodwracające o wzmocnieniu 51. Można to potwierdzić, stosując „twierdzenie o superpozycji", znane w teorii obwodów. W układzie liniowym zawierającym wiele źródeł napięciowych i prądowych, wielkość wyjściowa jest równa sumie udziałów wnoszonych przez poszczególne źródła przy przyjęciu zerowych wartości pozostałych źródeł.

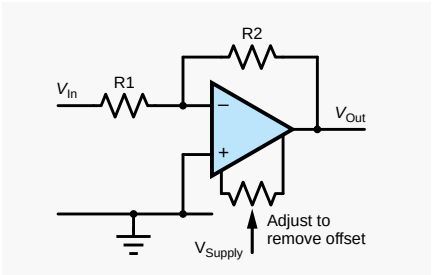
Jeśli w układach z rysunku 3 ustawimy wartości źródeł napięcia niezrównoważenia na zero (przypadek idealnego wzmacniacza operacyjnego), otrzymamy standardowe układy wzmacniaczy o wzmocnieniach, które obliczyliśmy na początku tego rozdziału. Możemy również rozważać wyłącznie wpływ wnoszony przez źródła napięcia niezrównoważenia. W tym celu sprowadzamy do zera napięcie wejściowe – co odpowiada zwarciu wejścia do masy. W ten sposób otrzymujemy układy pokazane na **rysunku 5**. W przypadku obu wzmacniaczy mamy taki sam obwód – wzmacniacz nieodwracający ze źródłem napięcia niezrównoważenia jako wejściem. I w obu przypadkach napięcie wyjściowe wynika ze wzmocnienia układu nieodwracającego pomnożonego przez wejściowe napięcie niezrównoważenia – w tym przypadku 51·±500 μV=±22,5 mV.

W układach z rysunku 3 został przyjęty dodatni znak napięcia niezrównoważenia, skutkujący podwyższeniem napięcia wyjściowego, co jest łatwiej zauważyć w wynikach symulacji. Zmiana polaryzacji źródeł napięcia niezrównoważenia spowodowałaby w obu układach obniżenie napięcia wyjściowego. Wielkość tego przesunięcia byłaby jednak taka sama.

Wzmocnienie dla szumu

Niezależnie od tego, jaka jest konfiguracja wzmacniacza dla sygnału użytecznego, napięcie niezrównoważenia jest wzmacniane w układzie nieodwracającym. Podobne zjawisko zachodzi dla losowego szumu napięciowego, który można modelować w ten sam sposób – jako źródło napięcia szumu na wejściu bezszumnego wzmacniacza operacyjnego. Fakt ten doprowadził do wprowadzenia pojęcia „wzmocnienia dla szumu" (noise gain). Jest to wzmocnienie, które odnosi się do napięcia przyłożonego bezpośrednio do wejścia wzmacniacza operacyjnego. Jest ono równe wzmocnieniu w układzie nieodwracającym. W układzie ze wzmacniaczem operacyjnym do obliczenia przesunięcia napięcia (lub poziomu szumu) na wyjściu wzmacniacza jest używane właśnie „wzmocnienie dla szumu", a nie wzmocnienie dla sygnału użytecznego. Termin noise gain jest powszechnie stosowany w dokumentach producentów wzmacniaczy operacyjnych odnośnie przesunięć napięcia i poziomu szumu.

Źródło napięcia niezrównoważenia jest zwykle przedstawiane jako podłączone do wejścia nieodwracającego. Napięcie niezrównoważenia (lub szum) jest wzmacniany przez „wzmocnienie dla szumu" (układu nieodwracającego). Przeniesienie źródła do wejścia odwracającego nie zmienia tego faktu. Można to zweryfikować w LTspice w układzie z **rysunku 6**. W układzie tym występują takie same napięcia wyjściowe jak w układzie z rysunku 3. Może to nie być oczywiste na pierwszy rzut oka. Należy jednak wziąć pod uwagę fakt, że poprzez sprzężenie zwrotne wzmacniacz operacyjny utrzymuje (w idealnym przypadku) zerową różnicę napięć między wejściami. Przeniesienie źródła z jednego wejścia do drugiego nie zmienia wpływu, jaki źródło to ma na wyjście.



Rysunek 8. Przykładowy układ zerowania napięcia niezrównoważenia wzmacniacza odwracającego. W konkretnych przypadkach należy sprawdzać w karcie katalogowej układu różne szczegóły, np. do którego zasilania ma być podłączony suwak potencjometru

Innym sposobem na przekonanie się, że w układzie odwracającym z rysunku 6 napięcie niezrównoważenia nie jest wzmacniane według wzoru dla wzmacniacza odwracającego, jest uwzględnienie faktu, że źródło tego napięcia jest dołączone bezpośrednio do wejścia wzmacniacza operacyjnego, więc rezystory nie będą miały na nie wpływu w taki sam sposób, jak na sygnał wejściowy. Sygnał wejściowy jest przed dotarciem do wzmacniacza operacyjnego tłumiony przez dzielnik napięcia utworzony przez R_{I1} i R_{F1}. W naszym przykładzie współczynnik dzielenia wynosi

$$\frac{50k\Omega}{50k\Omega+1k\Omega} = \frac{50}{51} = 0,9804$$

Wzmocnienie układu odwracającego jest mniejsze od wzmocnienia układu nieodwracającego o ten właśnie współczynnik:

$$50 = 51 \cdot \frac{50}{51}$$

Zerowanie napięcia niezrównoważenia

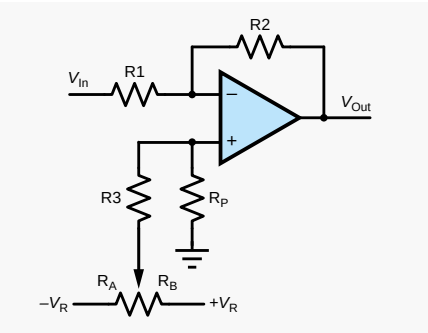
Nawet jeśli wzmacniacz operacyjny ma małe napięcie niezrównoważenia, użytkownik może sobie życzyć możliwości ręcznej regulacji tego napięcia w celu zniwelowania lub przynajmniej zminimalizowania go. Taka ręczna regulacja jest dostępna w niektórych typach wzmacniaczy, w tym OP97, choć w jego karcie katalogowej podano, że „w większości przypadków jest ona zbędna". Jeśli wzmacniacz dysponuje tą funkcją, będzie miał dwa piny zwykle oznaczone jako „null" (patrz układ wyprowadzeń OP97 na **rysunku 7**). Piny zerowania są zazwyczaj dołączone do ścieżki potencjometru, a jego suwak połączony z jednym z napięć zasilających (**rysunek 8**). W przypadku OP97 jest to zasilanie dodatnie, natomiast dla wzmacniacza 741 – zasilanie ujemne. Stąd komentarz na początku artykułu, że typem OP97 można zastąpić 741 „o ile nie jest używany zewnętrzny układ do zerowania napięcia niezrównoważenia". Jeśli wymienimy

eprasa.pl cc29c17e01

wzmacniacz operacyjny na taki, który używa układu zerującego podłączonego do innego bieguna zasilania, wzmacniacz prawdopodobnie ulegnie zniszczeniu. W karcie katalogowej układu należy zawsze sprawdzić, w jaki sposób korzystać z wyprowadzeń zerujących.

W przypadku OP97 potencjometr może mieć wartość 5...100 kΩ i regulować napięcie niezrównoważenia w zakresie 300...850 µV w zależności od egzemplarza.

W przypadku dużego napięcia niezrównoważenia użycie wyprowadzeń zerujących może nie być właściwą metodą zmniejszenia go. Przez wyprowadzenia zerujące do układu mogą się przedostawać zakłócenia, szczególnie przy niekorzystnym układzie ścieżek na płytce (zbyt długie połączenia z potencjometrem). Napięcie niezrównoważenia zmienia się z temperaturą i w wyniku starzenia układu (dryft), co może wymagać okresowej korekty zerowania. Obecność układu zerującego może pogorszyć dryft temperaturowy. Z tych powodów zwykle lepiej jest użyć jakiegoś typu wzmacniacza z napięciem niezrównoważenia wystarczająco małym bez zerowania. Takie wzmacniacze są oczywiście na ogół droższe.



Rysunek 9. Przykład zerowania wykorzystującego układ zewnętrzny zamiast pinów zerowania wzmacniacza

Zerowanie napięcia niezrównoważenia można osiągnąć bez pinów zerujących, używając układu z **rysunku 9**. Na nieodwracającym wejściu wzmacniacza operacyjnego w układzie odwracającym wytwarzamy dodatkowe niewielkie regulowane napięcie. $-V_R$ i $+V_R$ mogą być napięciami zasilania wzmacniacza. R_P powinien mieć taką rezystancję, jak równoległe połączenie R1 i R2 – co ma związek z „równoważeniem rezystancji", które omówimy w części 2. Więcej szczegółów na temat tego typu układów regulacji niezrównoważenia można znaleźć w tutorialu MT-037 firmy Analog Devices: https://bit.ly/pe-feb22-ad. ■

Ian Bell

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „Practical Electronics", luty 2022 (www.epemag3.com)

REKLAMA

Rozpocznij przygodę z elektroniką!
Poznaj podstawy elektroniki
z prenumeratą „Elektroniki dla Wszystkich" wraz z zestawem Praktyczny Kurs Elektroniki (PKE)

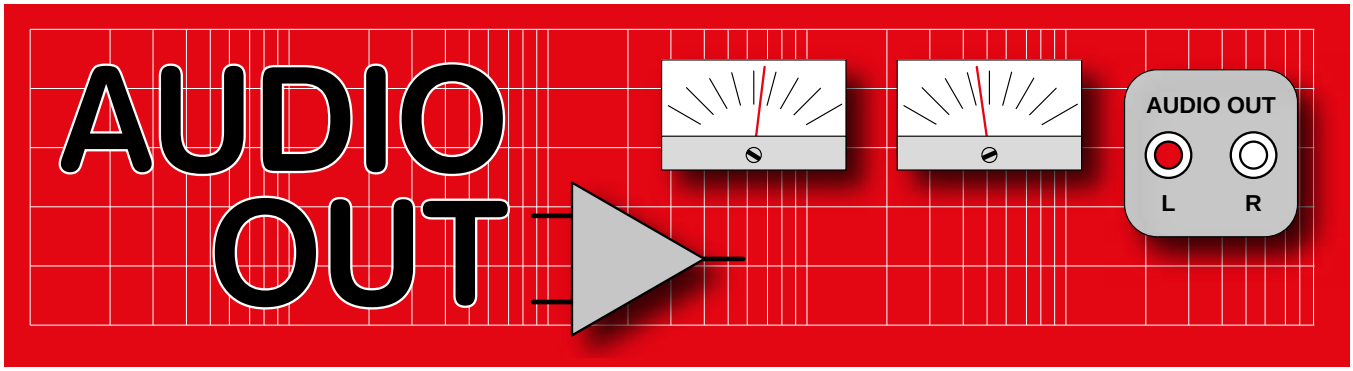
Na PKE składa się zestaw edukacyjny EDW A09 KPL, w którym znajdziesz:
1. Projekt – samodzielnie uruchamiany układ elektroniczny. Wszystkie układy są montowane na dołączonej płytce stykowej, do której wkłada się „nóżki" elementów na wcisk,
2. Pendrive z wykładami i materiałami multimedialnymi kursu PKE,
3. Zasilacz płytek stykowych AVT3072 C,
4. Zasilacz impulsowy 12 V, 1,4 A.

Cena prenumeraty EdW+PKE wynosi 280,90 zł. Zamówienia na prenumeratę w ofercie EdW+ możesz złożyć na stronie **www.UlubionyKiosk.pl**

PRENUMERATA EdW+



eprasa.pl cc29c17e01



Wokoder analogowy, część 7

Montaż i testowanie

Nareszcie! Dotarliśmy do etapu, w którym wokoder można „zapuszkować”. Umieszczanie elektroniki w obudowie może sprawiać trudność komuś, kto do tej pory montował tylko płytki drukowane. W artykule będą podane liczne wskazówki jak przygotować obudowę. Odnoszą się one do wszystkich profesjonalnych projektów elektroakustycznych.



Rysunek 1. Gotowy wokoder ze wszystkimi „bajerami”. To był cel naszych działań przez te wszystkie miesiące!

Chochliki

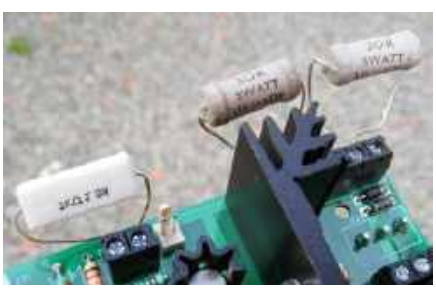
Na początek małe porządki. W tak złożonym projekcie zawsze może się wkraść kilka błędów. Są poprawki i zmiany, za które bardzo przepraszam.



Rysunek 2. Płytka zasilacza z poprzedniego odcinka w stanie poprawionym. Jest na niej tylko sześć „mokrych” kondensatorów elektrolitycznych Nichicon. Wszystkie pozostałe mniejsze kondensatory spolaryzowane są typu stałego. Zmniejszyło to tętnienia resztkowe w liniach zasilania ±15 V o 50%, a w linii zasilania „fantom” o 75%. Oczekiwany czas życia kondensatorów wynosi teraz 40 000 godzin w temperaturze +75°C. Koszt tej modernizacji wyniósł około 75zł, ale koszt robocizny i przestoju związany z wymianą „mokrego” kondensatora byłby znacznie wyższy

W zasilaczu, opisanym w zeszłym odcinku, na rysunku montażowym płytki są dwie diody D19. Ta po prawej stronie obok C24 powinna być oznaczona D18 (dioda Zenera 10 V). Był to błąd konwersji z pliku Eagle CAD PCB na rysunek. Sitodruk na płytkach drukowanych dostarczanych przez Practical Electronics jest prawidłowy. Wystąpiły również dwa błędy na liście elementów. D18 (patrz wyżej) została nieprawidłowo określona jako D19. Na liście dioda Zenera 5,6 V została określona jako D18, a powinna być D13.

Mam kilka zdjęć, których nie udało się zmieścić w artykule o zasilaczu z zeszłego miesiąca. **Rysunek 2** przedstawia ostateczną wersję płytki zasilacza (dostępną w „PCB Service Practical Electronics”) z kilkoma zmianami w otworach montażowych radiatora. Powinien on zastąpić rysunek 11



Rysunek 3. Końcowy test zasilacza – obciążenie linii wyjściowych rezystorami drutowymi dużej mocy. Zawsze w ten sposób „wygrzej” zasilacz zanim użyjesz go do normalnego działania. Zaoszczędzisz czasu wykryjesz uszkodzone elementy lub złe zamocowanie radiatora



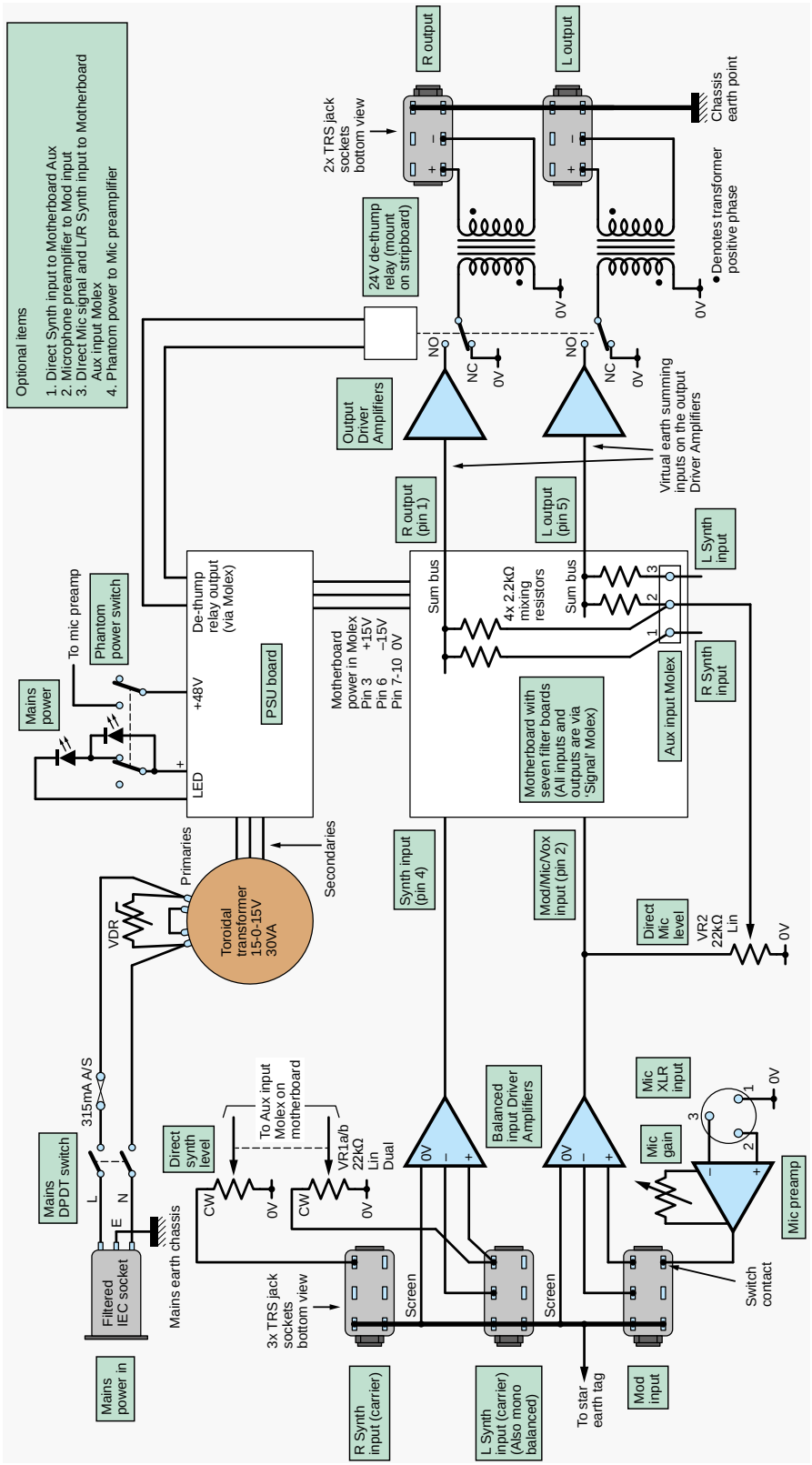
Rysunek 4. Aby odizolować radiator od ścieżek, przyklej pod nim taśmę. Na samą soldermaskę nie można liczyć



Rysunek 5 (po lewej). Żeby odsłonić otwór montażowy, trzeba spiłować część żebra radiatora dla IC2. Można też użyć śruby plastikowej lub wywiercić drugi otwór obok

eprasa.pl cc29c17e01

z zeszłego miesiąca. **Rysunek 3** pokazuje rezystory podłączane do testów obciążeniowych. **Rysunek 4** pokazuje taśmę izolującą, przymocowaną pod radiatorem. **Rysunek 5** przedstawia otwór montażowy płytki drukowanej. Leży on nieco zbyt blisko radiatora. Aby można było radiator prawidłowo zamocować, wystarczy spiłować jego część nad płytką drukowaną.



Rysunek 6. Schemat blokowy wokodera pokazujący wersję podstawową – tylko z wejściem nośnej i modulatora – oraz opcję miksowania do wyjścia sygnałów bezpośrednich z syntezatora i mikrofonu

Płyta główna

Żeby połączyć ze sobą bloki wokodera, stosuję płytę główną (**rysunki 6** i **7**). Wszystkie płytki filtrów są na niej połączone równolegle. Płyta główna jest zasadniczo specjalizowaną wersją płytki uniwersalnej ze ścieżkami paskowymi. Do płytek filtrów przeznaczonych jest siedem prostych dwurzędowych gniazd o rastrze 2,54 mm. Należy uważać, aby płytki filtrów włożyć w te gniazda we właściwy sposób.

Po lewej stronie (patrząc od strony elementów płyty głównej) znajduje się 10-stykowe złącze Molex dla sygnałów audio – dwóch wejść i lewego/prawego wyjścia stereo. Sygnały te należy dołączyć kablem ekranowanym. Ekran jest podłączony do zacisków 0 V złącza Molex.

Zasilanie płyty głównej dochodzi przez inne 10-stykowe złącze Molex na przeciwległym (prawym) końcu płyty głównej. Aby obniżyć impedancję masy, należy użyć kilku równoległych połączeń 0 V.

Sygnały audio dochodzą do czterech płytek sterowników (dwóch wejściowych i dwóch wyjściowych). Płytki wyjściowe są skonfigurowane jako sumujące z węzłami wirtualnej masy, a płytki sterowników wejściowych mają wejścia symetryczne. Patrz poprzednie odcinki cyklu.

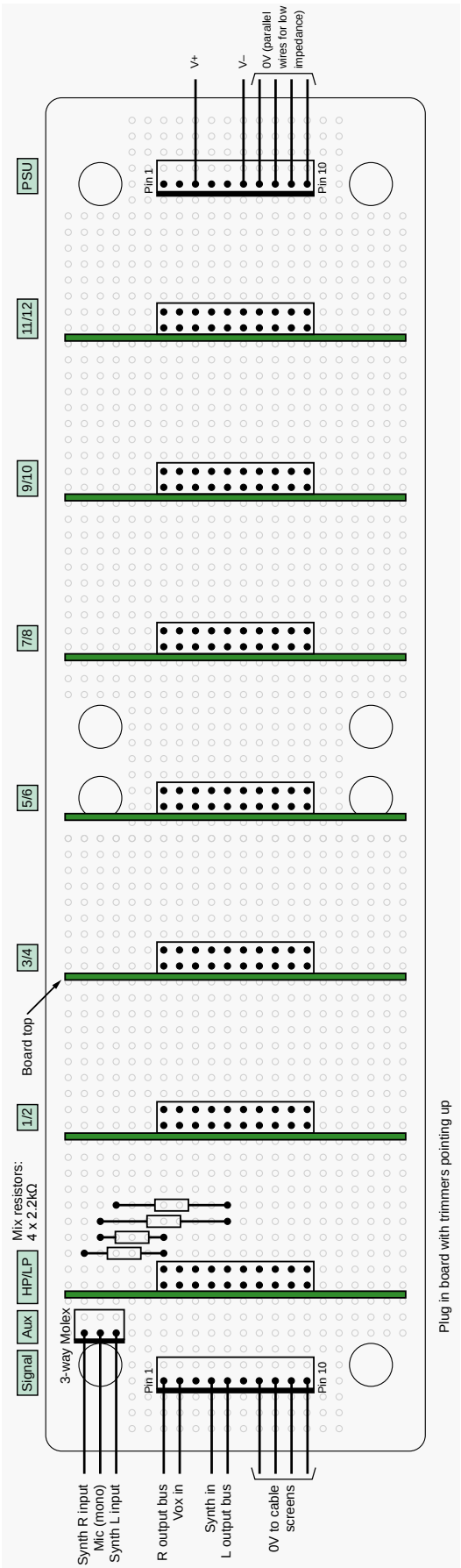
Do wyjściowych szyn sumujących na płycie głównej można poprzez 3-pinowe złącze Molex opcjonalnie dołączyć bezpośrednie sygnały z syntezatora i mikrofonu. Jest wejście stereofoniczne (kanał lewy/prawy) i wejście mono. Konieczne jest wmontowanie czterech rezystorów miksujących 2,2 kΩ (**rysunek 8**). Aby uniknąć wnikania zakłóceń do miksu, dobrze jest przeciąć trzy ścieżki po prawej stronie rezystorów. Widać to na rysunku 8. Przecięte muszą być ścieżki po obu stronach płyty głównej, bo są one połączone metalizowanymi otworami. Sygnały z syntezatora i z mikrofonu, dochodzące do tych rezystorów, mają poziomy nastawiane potencjometrami liniowymi 22 kΩ (VR1 i VR2).

Schemat blokowy wokodera

Rysunek 6 pokazuje, jak wiele połączonych ze sobą płytek składa się na w pełni funkcjonujący wokoder. W prawym górnym rogu rysunku jest informacja, które bloki są opcjonalne i realizują funkcje dodatkowe. Bloki te można dodać w przyszłości.

Aby w pełni wykorzystać zalety wokodera, zwykle konieczne jest zmiksowanie jego sygnału wyjściowego z innymi sygnałami. W studiu nagraniowym jest to realizowane w pulpicie mikserskim lub jego komputerowym odpowiedniku. Do takiego zastosowania

eprasa.pl cc29c17e01



Rysunek 7. Układ płyty głównej wokodera

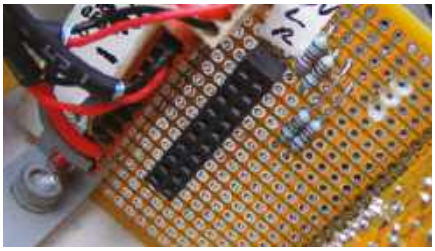
wystarczy wersja podstawowa wokodera. Będzie on miał wejście sygnału nośnej (np. syntezatora) i wejście modulatora (np. mikrofonu). Będą również wyjścia stereo. Wszystkie te połączenia są symetryczne. Można je łatwo wpiąć do krosownicy i połączyć w dowolnych kombinacjach z innym sprzętem studyjnym.

W przypadku wokodera działającego samodzielnie, wykorzystującego wbudowany przedwzmacniacz mikrofonowy, nie obejdzie się bez miksowania wewnętrznego. W wokoderze mamy już kilka wzmacniaczy miksujących/sumujących, więc łatwo będzie domieszać do wyjścia sygnały mikrofonowe i stereofoniczne z syntezatora. Ta domieszka sprawi, że dźwięk będzie wyraźniejszy.

Rupiecie „na wszelki wypadek”

Kiedy byłem jeszcze młodym elektronikiem, miałem jedno pudło na rupiecie. Teraz, ku niezadowoleniu mojej żony, rupiecie zajmują mi trzy pokoje. Jak policzyć według ceny za metr kwadratowy, to wychodzi, że pokoje te są warte około pół miliona złotych. Chyba powinienem zacząć wykorzystywać niektóre z tych śmieci (mają wartość może 20 000 zł). Proces odgruzowywania rozpocząłem od wykorzystania w wokoderze starej 19-calowej obudowy „rackowej” o wysokości 2U, pochodzącej od twardego dysku. Jeśli nie dysponujesz taką obudową, pewnie będziesz musiał zapłacić kilkaset złotych za nową, taką jak RS 801-434 firmy Schroff. Być może kupisz ją znacznie taniej na jakimś portalu aukcyjnym. Musiałem kupić nowy panel przedni (Hammond PBPA19003GY2, Rapid 30-7201), bo nie odpowiadały mi szpecące otwory i okropne wzornictwo z lat 80. (**rysunek 10**). Udało mi się jednak wykorzystać oryginalne metalowe uchwyty, które jednocześnie chronią pokrętła na płycie czołowej przed uszkodzeniem.

Standard 19-calowy może robić wrażenie zbyt dużego jak na potrzeby współczesnego sprzętu elektronicznego. W latach 50. doskonale



Rysunek 8. Płyta główna z przeciętą ścieżką i dodatkowymi rezystorami miksującymi do wyjścia sygnały z wejść

się nadawał do urządzeń na lampach elektronowych. Do dziś jest to standard dla sprzętu laboratoryjnego i studyjnych urządzeń elektroakustycznych. Duże rozmiary obudowy ułatwiają realizację konstrukcji i późniejsze modyfikacje, a opisywany wokoder nie jest przecież urządzeniem miniaturowym.

Rozmieszczenie

Wejście mikrofonowe i transformator sieciowy powinny znajdować się jak najdalej od siebie, aby zakłócenia były jak najmniejsze. W praktyce oznacza to rozmieszczenie ich w przeciwległych rogach urządzenia. Również płytki filtrów najniższych częstotliwości powinny znajdować się jak najdalej od transformatora. Okablowanie sieciowe musiałem umieścić po lewej stronie obudowy, ponieważ znajdował się tam już otwór na złącze sieciowe IEC. Jeśli jest coś, czego nienawidzę w konstrukcjach elektronicznych, to jest to wycinanie prostokątnych otworów w stalowych panelach. Jeśli się nie ma narzędzi odpowiednich do tego celu, można szybko trafić do szpitala.

Projekt panelu przedniego

O tym aspekcie projektowania urządzeń elektroakustycznych mógłbym napisać cały artykuł – i pewnego dnia napiszę. Zwykle lubię, gdy panel przedni odzwierciedla przepływ sygnału od strony lewej do prawej, ale w tym przypadku, ze względu na umiejscowienie okablowania sieciowego, musiałem umieścić gniazdo wejściowe po prawej stronie.

Nie ma ogólnego standardu mówiącego czy załączanie urządzeń ma się odbywać przez przesunięcie przełącznika zasilania do góry, czy do dołu. Zwykle przyjmuje się „załączanie do góry”, ale akurat w elektroakustyce obowiązuje zasada „załączania w dół”. Ma to zapobiegać omyłkowemu wyłączeniu aparatury przez przypadkowe trącenie wyłącznika ruchem z góry na dół. W praktyce radiowej skończyłoby się to niewybaczalnym błędem – przerwą w nadawaniu.

Podstawowy układ panelu pokazano na **rysunku 11**.

eprasa.pl cc29c17e01



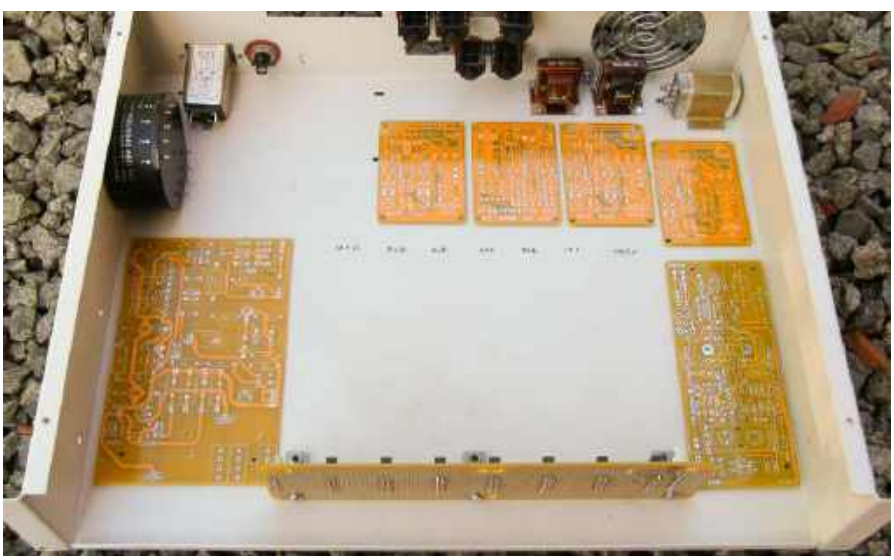
Rysunek 9. 19-calowa obudowa „rackowa". Nowa jest droga, ale można taką kupić okazyjnie



Rysunek 10. Wykorzystałem obudowę od starego dysku twardego. Miał on zawrotną pojemność 44MB, a kosztował 2000 zł



Rysunek 11. Panel przedni. Pokrętła od lewej do prawej: poziom sygnału bezpośredniego nośnej (syntezatora), poziom sygnału bezpośredniego modulatora (mikrofonu), wzmocnienie mikrofonu



Rysunek 12. Obudowa przygotowana do wiercenia otworów

Wiercenie otworów

Po ustaleniu, jak w obudowie będą rozmieszczone bloki urządzenia – czyli zwykle po pół godzinie tasowania płytek (**rysunek 12**) – nadchodzi czas na fascynującą czynność wiercenia otworów montażowych. Najpierw należy je zaznaczyć, umieszczając płytki na swoich miejscach i znakując otwory pisakiem z długą końcówką. Do tego zadania idealnie nadaje się pisak stolarski Edding 8850 (**rysunek 13**). Następną czynnością jest punktowanie każdego otworu, aby wiertło nie uciekało (**rysunek 14**). Na dobrą sprawę wystarczy do tego gwóźdź i młotek. Jeśli jednak planujesz robić takie rzeczy często, zainwestuj w punktak automatyczny ze sprężyną (**rysunek 15**), zapewniający właściwą siłę uderzenia. Jeśli mianujesz się zwolennikiem dźwięku wysokiej jakości, to podczas wykonywania tego rodzaju hałaśliwych prac nie



Rysunek 13. Do zaznaczania miejsc na otwory poprzez otwory montażowe w płytkach drukowanych idealny jest pisak stolarski

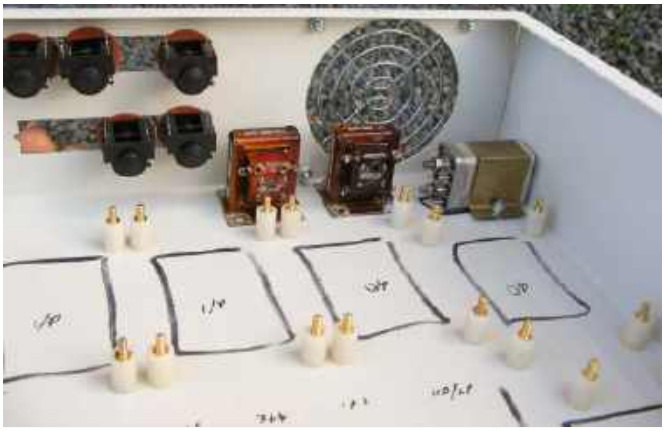


Rysunek 14. „Wędrówki" wiertła można uniknąć, wcześniej punktując otwór



Rysunek 15. Punktak automatyczny. W przypadku wiercenia dużej ilości otworów ta inwestycja bardzo się opłaci

eprasa.pl cc29c17e01



Rysunek 16. Do montażu płytek drukowanych idealne są przykręcane tuleje dystansowe, nylonowe z mosiężnym rdzeniem. Podkładki przyklejane nie trzymają się długo!

zapomnij o ochronie swojego najważniejszego organu – włóż stopery do uszu.

Płytki drukowane są zazwyczaj montowane śrubami M3 z użyciem tulei dystansowych. Ja lubię stosować dystanse nylonowo-mosiężne (RS PRO 601-136, patrz **rysunek 16**). Są wprawdzie droższe, ale mają niewielki „luz", co pozwala skorygować tolerancje wiercenia.



Rysunek 17. Małe otwory można sfazować wiertłem o większej średnicy



Rysunek 18. W dużych otworach zadziory usuwamy specjalnym narzędziem

Do wiercenia otworów używa się wiertła 3 mm ze stali szybkotnącej (HSS). Wywiercenie otworów znajdujących się w pobliżu narożników może wydać się nam niemożliwe, ale... wystarczy obrócić skrzynkę i wiercić od spodu. Pilotażowo wiercę wszystkie otwory wiertłem 3 mm, a następnie przechodzę do średnic większych, na przykład 4...5 mm dla transformatorów toroidalnych i 12,5 mm dla gniazd „jack". Większe otwory, np. do gniazd XLR i IEC, najlepiej wykonywać za pomocą dedykowanych frezów do otworów, dostępnych w ofercie „Q" Max i RS. Są one jednak drogie, a te obsługiwane ręcznie wymagają znacznej siły. Na szczęście równie dobrze sprawdza się wiercenie otworu wzdłuż brzegu małymi wiertłami i wykańczanie go pilnikiem. Wszystkie małe otwory dobrze jest sfazować większym wiertłem, np. 10 mm (**rysunek 17**). W przypadku dużych otworów i wycięć konieczny jest okrągły pilnik lub specjalne narzędzie do usuwania zadziorów (**rysunek 18**). Należy pamiętać, aby zawsze po obróbce metalu usunąć wszystkie opiłki szczotką i dużym magnesem. Jeśli cząstki metalu dostaną się do obwodów magnetycznych głośników, mikrofonów lub silników, mogą je zniszczyć!

Główny blok filtrów wokodera jest montowany na wspornikach kątowych (**rysunek 19**). Aby zapobiec chybotaniu się płytek filtrów, przydatne byłyby szczeliny prowadzące. Ja ich nie miałem, więc użyłem czerwonej taśmy filcowej ze starego głośnika. Zalecany byłby również sprężynowy zacisk przytrzymujący wszystkie karty, zwłaszcza jeśli urządzenie ma być często transportowane. Innym środkiem antywibracyjnym jest użycie podkładek sprężynowych lub antywstrząsowych pod wszystkimi łbami śrub. Do montażu tulei dystansowych lubię używać śrub o długości 6 mm ze zintegrowaną podkładką zabezpieczającą, jak RS 278-641 na **rysunku 20**.



Rysunek 20. Śruby ze zintegrowanymi podkładkami zabezpieczającymi są szybkie w montażu i bezpieczne



Rysunek 22. Warystor z tlenku cynku podłączony do uzwojenia pierwotnego transformatora. Pochłania przepięcia sieci zasilającej

Elementy panelu przedniego pokazano na **rysunku 21**.



Rysunek 23. Główny punkt uziemiający metalowej obudowy. Zwróć uwagę, że starannie usunięto farbę, aby zapewnić dobry kontakt elektryczny



Rysunek19. Montaż płyty głównej na kątownikach



Rysunek 21. Widok elementów panelu przedniego od wewnątrz obudowy

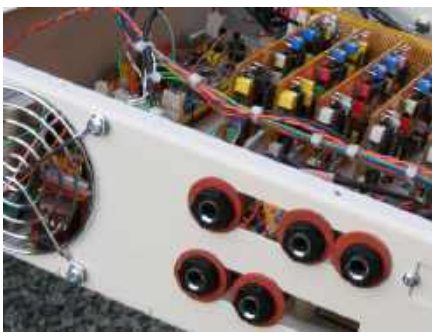
eprasa.pl cc29c17e01



Rysunek 24. Bezpiecznik sieciowy powinien być podłączony za wyłącznikiem zasilania. Pokazany tu bezpiecznik (315 mA, zwłoczny, 20 mm) chroni transformator. Sieć 230 V jest chroniona bezpiecznikiem 3A we wtyczce sieciowej (standard brytyjski – przypis redaktora)



Rysunek 25. Okablowanie sieciowe. Zwróćmy uwagę na solidne koszulki izolacyjne zapobiegające porażeniu prądem



Rysunek 26. Gniazda jack, wmontowane w istniejące otwory prostokątne na podkładkach M12 z włókna



Rysunek 27. Wycinanie dużych okrągłych otworów, np. dla złączy XLR, ząbkowanym wycinakiem

Okablowanie sieci 230 V

W urządzeniach dopuszczonych do sprzedaży wymagane jest stosowanie dwubiegunowego wyłącznika zasilania, który wyłącza oba przewody sieciowe (fazowy i neutralny), a nie tylko jeden z nich. Ma to zapobiegać niepożądanemu zadziałaniu wyłącznika różnicowoprądowego (RCD) wskutek ewentualnego prądu upływu między jednym z tych przewodów a uziemieniem. Ostatnią rzeczą, jakiej można sobie życzyć w studiu nagraniowym, jest nagłe „wywalenie" całego zasilania – istnieje również możliwość, że jakiś niekompetentny majsterkowicz podłączył przewód zasilający odwrotnie.

Gniazdo sieciowe powinno mieć wbudowany filtr przeciwzakłóceniowy. Pożądane jest również zastosowanie tłumika napięciowego (TVS) lub warystora do tłumienia przepięć. Najlepszym miejscem do umieszczenia takiego elementu są zaciski uzwojenia pierwotnego transformatora, jak pokazano na **rysunku 22**. Element tłumiący powinien mieć napięcie znamionowe 250 V AC i dopuszczalną energię szczytową co najmniej 100 J. Odpowiedni będzie np. warystor Epcos B72220S0251K101 (kod zamówienia Rapid 51-4590). Ma on średnicę 20 mm. Ogólnie rzecz biorąc, im warystor jest większy, tym więcej energii przepięcia może pochłonąć.

Uziemienie

Bezpieczeństwo użytkowania metalowej obudowy ściśle zależy od jakości jej połączenia z uziemieniem. Zgodnie z przepisami rezystancja uziemienia ochronnego powinna wynosić poniżej 0,2 Ω, mierząc między bolcem ochronnym we wtyczce a obudową urządzenia. Do połączenia uziemienia stosuję układ gwiazdy, mocując przewody solidnie za pomocą śruby i nakrętki M4 oraz podkładek sprężystych. Należy pamiętać o usunięciu warstwy farby lub anodowania z powierzchni styku, co ilustruje **rysunek 23**. Wymagania dotyczące uziemienia odnoszą się również do elementów montowanych na przednim panelu.

Uchwyty i gniazda bezpieczników

Jestem pewien, że wielu elektroników doznało porażenia prądem w trakcie odłączania bezpiecznika na tylnym panelu urządzenia. Można takim zdarzeniom zapobiec, podłączając gniazdo bezpiecznika w prawidłowy sposób. Do sieci 230 V powinien być dołączony styk wewnętrzny gniazda, a styk zewnętrzny – do transformatora (**rysunek 24**). Bezpiecznik powinien być włączony za wyłącznikiem sieciowym. Można użyć gniazda przewodu sieciowego z wbudowanym gniazdem bezpiecznika, będzie wtedy mniej okablowania. Całe okablowanie sieciowe musi być odpowiednio zaizolowane plastikowymi osłonami i koszulkami (**rysunek 25**).

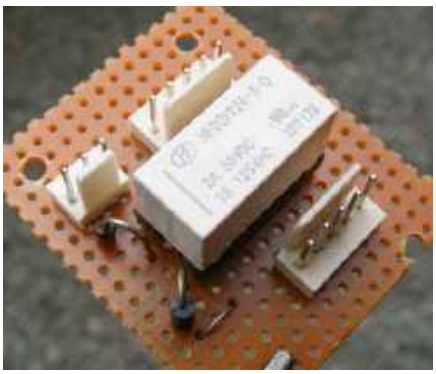
Połączenia symetryczne

Do symetrycznego wejścia mikrofonowego używane jest żeńskie złącze XLR. Jest to standard. Wejścia i wyjścia sygnałów o poziomach liniowych to gniazda jack 6,3 mm. Złącza jack mają tę zaletę, że mogą być użyte zarówno do połączeń niesymetrycznych (monofonicznych), jak i symetrycznych. Jest to przydatne, ponieważ większość wyjść syntezatorów jest niesymetryczna. Korzyść dla konstrukcji jest taka, że otwory montażowe 12,5 mm na gniazda jack są znacznie łatwiejsze do wywiercenia niż otwory na gniazda XLR. W moim przypadku nie musiałem ich nawet wiercić. Zamontowałem gniazda w starych szczelinach po złączach „D", na podkładkach M12 z włókna (**rysunek 26**). Panel przedni jest z aluminium, co sprawiło, że wiercenie w nim otworów XLR było stosunkowo łatwe. Użyłem standardowego ząbkowanego wycinaka do otworów 25 mm, jak pokazano na **rysunku 27**.

Przekaźnik wyciszania

Odgłosy towarzyszące włączaniu i wyłączaniu zasilania mogą zniszczyć nagrania i nasze uszy. Dlatego wyjścia urządzeń elektroakustycznych powinny być wyciszane na czas stabilizowania się napięć w układach elektronicznych. Najlepiej zrobić to za pomocą przekaźnika. Gdy wokoder jest wyłączony, styki przekaźnika zwierają uzwojenia transformatorów wyjściowych do masy, a po załączeniu zasilania dołączają te uzwojenia do wyjść wzmacniaczy. Nie chcemy, aby transformator działał jak cewka zbierająca zakłócenia. Przekaźnik, którego pierwotnie użyłem w wokoderze, został niestety wycofany z produkcji dawno temu. Na domiar złego okazało się, że większość moich zapasów w „szufladce na przekaźniki 24 V" ma cewki na napięcie 48 V. Takie przekaźniki znacznie lepiej sprawdzają się we wzmacniaczach mocy do wyciszania głośników. W końcu zdecydowałem się użyć znacznie mniejszego przekaźnika sygnałowego Hongfa HFD2/024-S-D o pozłacanych stykach (kod zamówienia Rapid 71-4713). Jest on na tyle mały, że można go zamontować na płytce drukowanej (**rysunek 28**) i z powodzeniem zmieści się w 16-stykowym gnieździe DIL.

eprasa.pl cc29c17e01



Rysunek 28. Nowoczesny przekaźnik nadający się do wyciszania wyjścia



Rysunek 29. „Nowe stare" wyjściowe transformatory symetryzujące, dostępne w sklepie AO Shop

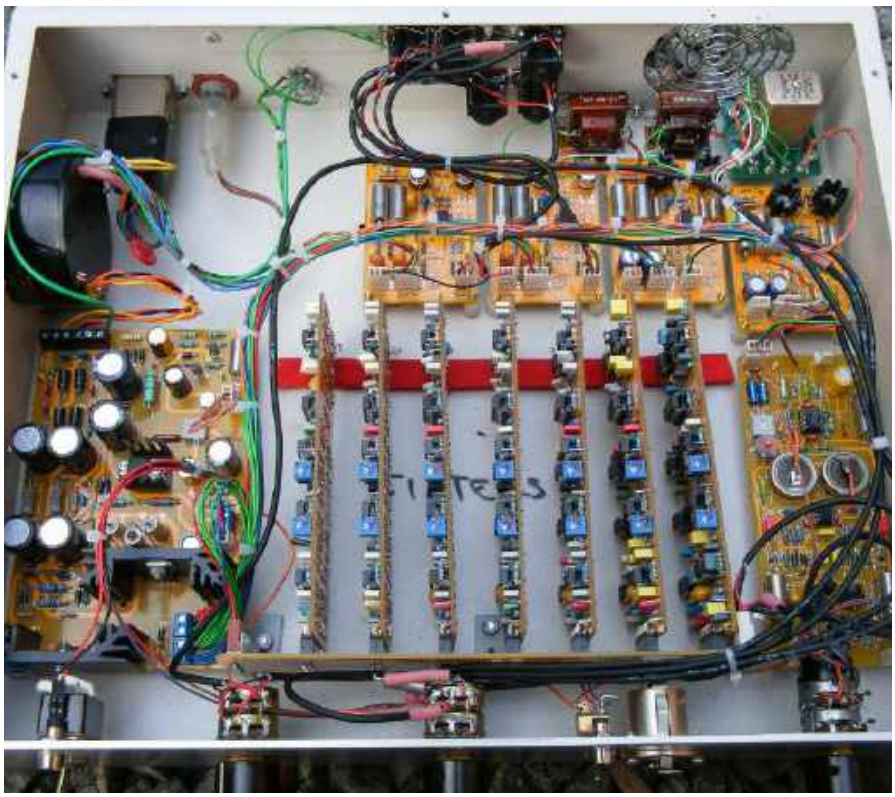
Transformatory wyjściowe

W przypadku obróbki dźwięku pojedynczych instrumentów muzycznych niskie zniekształcenia harmoniczne niekoniecznie są wymagane. „Miękkie" zniekształcenia transformatorów wyjściowych z rdzeniem żelaznym są nawet uważane za „wzmacniające muzykę". W związku z tym w przypadku wokodera wymyślne układy redukcji zniekształceń na płytkach sterowników nie są potrzebne. W moim układzie użyłem tanich transformatorów symetryzujących („nowe stare" transformatory Gardeners surplus – patrz **rysunek 29**). Można je nabyć w sklepie AO Shop. Można też użyć dowolnych innych symetryzujących transformatorów wyjściowych 600 Ω, na przykład firmy Vigortronix.

Aby zapewnić stabilność, należy łączyć zaciski masy uzwojeń pierwotnych transformatorów bezpośrednio z zaciskiem 0 V w zasilaczu.

Okablowanie

W przypadku dużych systemów, takich jak ten, najlepiej jest najpierw połączyć przewody zasilania i uziemienia. Upewnijmy się, że ten etap jest wykonany prawidłowo, zanim zaczniemy robić okablowanie sygnałowe.



Rysunek 30. Gotowe okablowanie wokodera

Wszystkie płytki mają wtykowe złącza zasilania, zatem zasilanie można podłączać do płytek po kolei, testując w każdym kroku poprawność połączenia. W dużych projektach, składających się z wielu płytek – takich jak ten – nie należy prowadzić zasilań od płytki do płytki, ale zrealizować połączenie każdej z linii V+, V– i masy „w gwiazdę" (od jednego punktu) przy zasilaczu. Przewody tych zasilań idące do płytek można spiąć razem. Ze względów bezpieczeństwa nie należy spinać przewodów sieciowych z przewodami niskonapięciowymi. Wszystkie przewody z sygnałami akustycznymi należy trzymać z dala od transformatora i przewodów sieciowych, inaczej pojawią się zakłócenia. Przewody akustyczne powinny być ekranowane. Nie stosuj kabli ekranowanych w oplocie, ponieważ trudno je zacisnąć na złączach. Użyj kabla studyjnego Belden lub podobnego, ze skrętką dla sygnałów i ekranem z folii. Zaciski masy symetrycznych gniazd sygnałowych są dołączone do obudowy. Gotowe okablowanie pokazano na **rysunku 30**.

Testowanie

Na tym etapie zakładamy, że wszystkie płytki zostały już indywidualnie przetestowane, przez co zostało wyeliminowane ryzyko błędnego działania z powodu zwarć zasilania, niestabilności i innych problemów.

Przykręć pokrywę i twórz muzykę

Wokoder to jedno z tych urządzeń elektronicznych, które pozwalają technikowi poczuć się jak muzyk. Posiadacze systemów Eurorack powitają wokoder z zadowoleniem, bo pozwoli im odejść od wyświechtanych sekwencji typu „umpa-umpa".

Podłącz do wokodera ścieżkę dźwiękową z ulubionego utworu z YouTube i zwyczajnie zacznij mówić do mikrofonu. Mnie się udało w ten sposób sprawnie wykonać utwór „I'm Not In Love" zespołu 10cc. Ciekawe, że właśnie mówienie a nie śpiewanie melodii daje zwykle lepsze rezultaty. Powód tego jest taki, że w trakcie śpiewania częstotliwości sygnałów nośnej i modulatora mogą się dokładnie pokryć, a wtedy występują nieprzyjemne „piki", wywołujące nawet sprzężenia akustyczne.

Miłej zabawy!

Zakup płytek drukowanych

Wszystkie płytki drukowane wokodera są dostępne w „PCB service" czasopisma „Practical Electronics". ■

Jake Rothman

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „Practical Electronics", maj 2022 (www.epemag3.com)

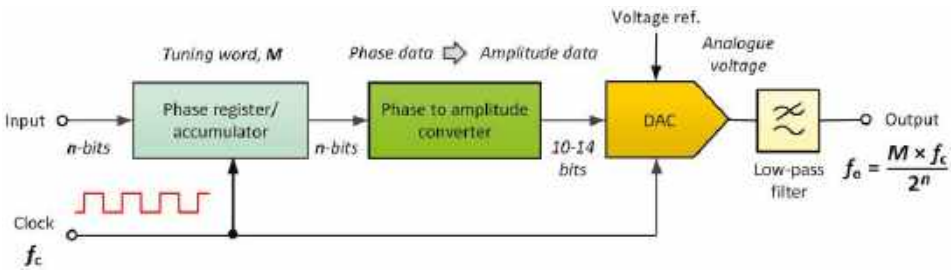
eprasa.pl cc29c17e01

KickStart

Część 6: Poznajemy technikę DDS

Nasza okazjonalna seria KickStart ma na celu ukazywanie czytelnikom, jak wykorzystywać łatwo dostępne, niedrogie elementy i urządzenia do rozwiązywania szerokiej gamy typowych problemów w możliwie najkrótszym czasie. Każdy z przykładów i projektów może zostać zrealizowany przy użyciu gotowych podzespołów w czasie nie dłuższym niż kilka godzin. Oprócz krótkiego objaśnienia podstawowych zasad i zastosowanych technik, seria dostarczy wielu reprezentatywnych rozwiązań i przykładów wraz z wystarczającą ilością informacji, aby móc je dostosować i rozszerzyć do własnych potrzeb.

Niniejsza, szósta część stanowi wprowadzenie do techniki „bezpośredniej syntezy cyfrowej" (ang. direct digital synthesis, DDS). Aby ułatwić Czytelnikowi start w tej dziedzinie, prezentujemy kilka praktycznych układów i przykładowe programy, wszystko oparte na popularnym i niedrogim układzie scalonym DDS firmy Analog Devices – AD9833. Ten uniwersalny układ może stanowić podstawę wielu projektów, począwszy od prostych źródeł sygnału o stałej częstotliwości po programowane generatory przebiegów i generatory FSK/PSK.

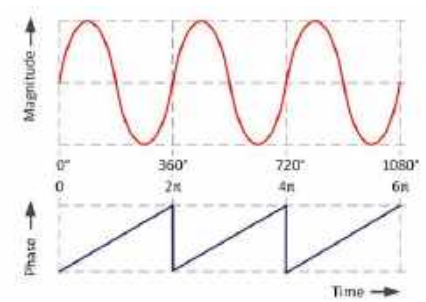


Rysunek 6.2. Podstawowa zasada wytwarzania sygnału w metodzie DDS

W ostatnich latach pojawiło się szereg elementów, które znacznie upraszczają zadanie wytwarzania sygnałów i przebiegów z dużą dokładnością i stabilnością. Elementy te, coraz tańsze i wygodniejsze w użyciu, wykorzystują bezpośrednią syntezę cyfrową (DDS). W metodzie DDS wielkości reprezentujące fazę sygnału są konwertowane na wartości próbek amplitudy, a następnie doprowadzane do przetwornika cyfrowo-analogowego (DAC). Wyjście przetwornika jest filtrowane w celu uzyskania czystego sinusoidalnego sygnału analogowego.

Nowoczesne generatory DDS mogą wytwarzać oprócz przebiegu sinusoidalnego również inne przebiegi. Są programowane, zwykle przez synchroniczny interfejs szeregowy (SPI), i wymagają jedynie doprowadzenia zewnętrznego zegara taktującego. Sprawia to, że generatory DDS są niezwykle łatwe w użyciu i coraz bardziej konkurencyjne w stosunku do alternatywnych rozwiązań, opartych na pętli synchronizacji fazowej i programowanych dzielnikach. Najnowsza generacja układów DDS może wytwarzać częstotliwości od poniżej 1 Hz do 400 MHz (przy zegarze 1,2 GHz) z doskonałą rozdzielczością. Podstawowe cechy DDS to:

- możliwość wytwarzania sygnałów w szerokim zakresie częstotliwości z bardzo wysoką dokładnością i stabilnością;
- częstotliwość przebiegów może być zmieniana bardzo szybko, bez dodatkowego czasu potrzebnego do ustabilizowania się pętli fazowej, co zapewnia znakomitą elastyczność;
- w najnowszych układach DDS można bardzo łatwo zrealizować kluczowanie z przesunięciem częstotliwości (FSK) lub fazy (PSK);
- nowoczesne układy DDS, oferowane w formie niedrogich i łatwo dostępnych modułów, dają się prosto i elastycznie sterować przy użyciu popularnych platform programistycznych – takich jak Arduino, Micromite lub Raspberry Pi; przykłady można znaleźć w rozdziale *Idąc dalej*.



Rysunek 6.1. Kąt fazowy fali sinusoidalnej, zmieniający się liniowo w czasie

Podstawy DDS

Jak Czytelnik z pewnością wie, fala sinusoidalna powtarza się w sposób ciągły, przy czym jej faza przyrasta przez każdy okres o 360° (co odpowiada 2π radianom), jak pokazuje **rysunek 6.1**. Zauważmy, że faza również powtarza się co 360°, ale ma kształt odcinkami liniowy. Podstawową zasadą działania generatorów DDS jest fakt, że liniowy kształt fazy może być „przetłumaczony" na sinusoidalny kształt napięcia. Centralnym elementem tego procesu jest układ, który przekształca kąt fazowy na amplitudę, co pokazano na **rysunku 6.2**. Rysunek ilustruje podstawową zasadę wytwarzania sygnału DDS. Widzimy tam cztery bloki funkcjonalne: rejestr (akumulator) fazy, konwerter fazy na amplitudę (PAC), przetwornik cyfrowo-analogowy (DAC) i filtr dolnoprzepustowy. Rejestr fazy przechowuje n-bitowe słowo cyfrowe, które określa chwilową fazę przebiegu. PAC to zazwyczaj pamięć stała (ROM) zawierająca próbki sygnału sinusoidalnego. Wyjście PAC trafia do przetwornika cyfrowo-analogowego, najczęściej o rozdzielczości 10...14 bitów.

W praktyce akumulator fazy jest licznikiem cyfrowym, który w każdym cyklu zegara zwiększa swój stan. Wartość przestrajająca (M), określająca przyrost fazy, wyznacza o ile zwiększa się licznik w każdym cyklu. Stan licznika trafia do konwertera PAC. Akumulator fazy po przekroczeniu maksymalnego stanu „przewija się" do zera, dzięki czemu cały proces powtarza się w nieskończoność.

Częstotliwość wyjściowa układu DDS z rysunku 6.2 jest określona zależnością:

$$f_{OUT} = \frac{M \cdot fc}{2^n}$$

gdzie:

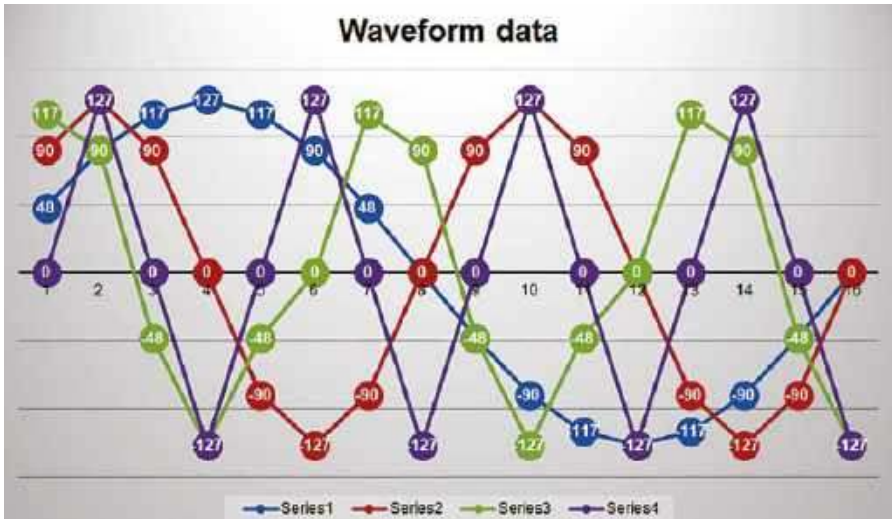
eprasa.pl cc29c17e01

f_{OUT} częstotliwość wyjściowa DDS
M wartość przestrajająca
f_C częstotliwość zegara
n liczba bitów (rozdzielczość) akumulatora fazy.

Zmiana powoduje natychmiastową – i, co ważne, ciągłą fazowo – zmianę częstotliwości wyjściowej. Ponadto, jak wspomniano wcześniej, nie występuje zjawisko ustalania się stanu pętli (pochłaniające czas), co miałoby miejsce w przypadku konwencjonalnej pętli synchronizacji fazowej.

Zauważmy, że w każdym cyklu zegara do akumulatora fazy jest dodawany przyrost fazy określony przez wartość przestrajającą. Jeśli przyrost fazy jest duży, PAC odtworzy wszystkie wartości jednego okresu sinusoidy w krótkim czasie, a tym samym zostanie wygenerowany przebieg o dużej częstotliwości. Jeśli przyrost fazy jest mały, układ PAC wygeneruje każdy okres sinusoidy w znacznie większej ilości kroków, a zatem częstotliwość będzie niższa. Możemy zilustrować tę ważną cechę z pomocą prostego programu.

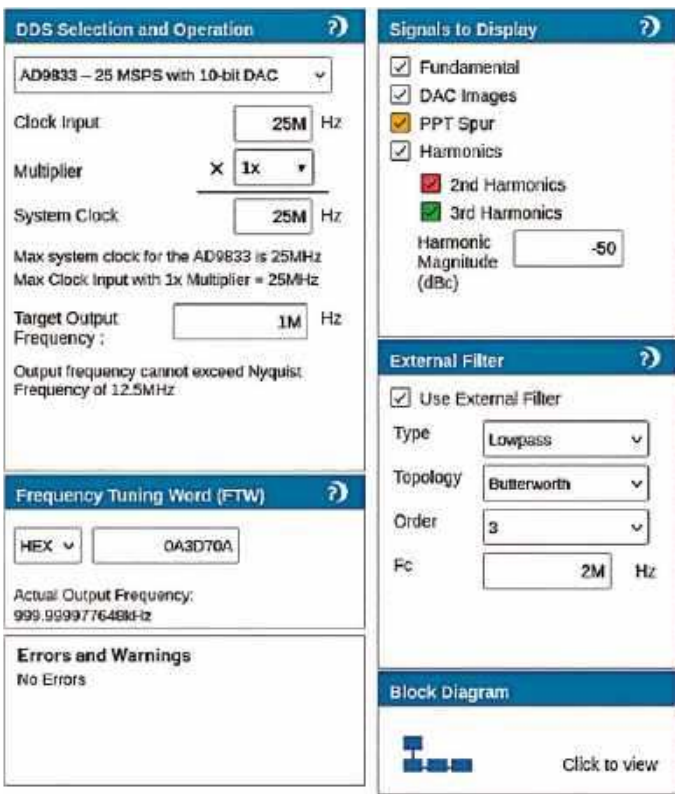
Listing 6.1 pokazuje program w Pythonie, demonstrujący zasadę działania DDS. Program ten oraz dwa inne, o których mowa w niniejszym artykule (6.2 i 6.3), można pobrać ze strony Practical Electronics z grudnia 2021 r. Listing 6.1 wykorzystuje tablicę 16 wartości funkcji sinus. Wartości przestrajające (przyrosty) zmieniają się w programie od 1 do 4, a dla każdej z nich pętla główna jest

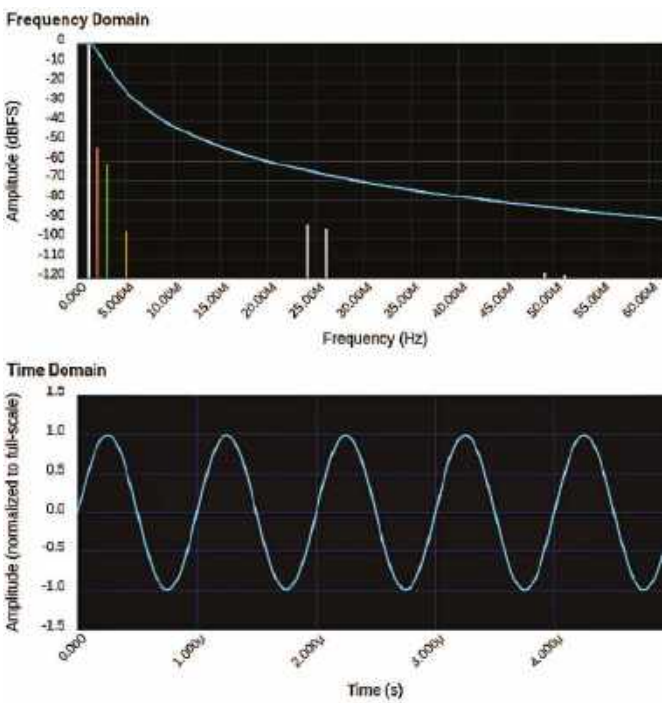


Rysunek 6.3. Kształty przebiegów utworzone w arkuszu kalkulacyjnym na podstawie wyników programu z listingu 6.1

Listing 6.1. Prosty moduł programowy w Pythonie, demonstrujący zasadę działania DDS, wykorzystujący tablicę próbek sygnału

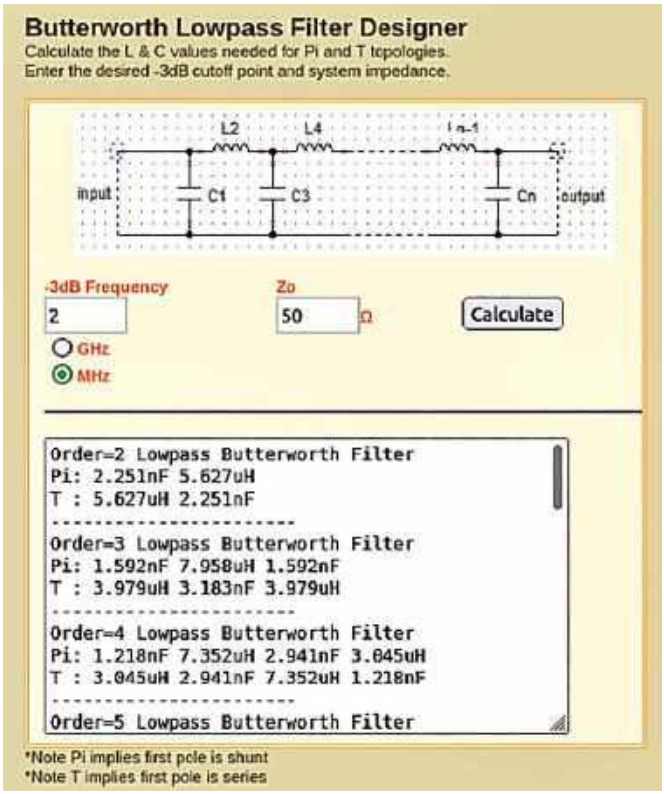
```
# DDS principle using a lookup table
# Sine lookup table with 16 values
sine = [0,48,90,117,127,117,90,48,0,-48,-90,-117,-127,-117,-90,-48]
# Initialise the counter
counter = 0
for increment in range(1,5): # Use four incremental values
    print(„Waveform data for increment =",increment)
    for clock in range(0,16):
        counter = counter + increment
        if counter > 15:
            counter = 0
        print(sine[counter])
else:
    print(„Done!")
```



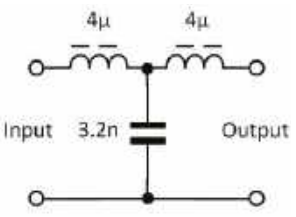


Rysunek 6.4. (z lewej) Znakomity program narzędziowy firmy Analog Devices do projektowania systemów DDS
Rysunek 6.5. (powyżej) Wykresy w dziedzinie częstotliwości i czasu wygenerowane przez program narzędziowy Analog Devices

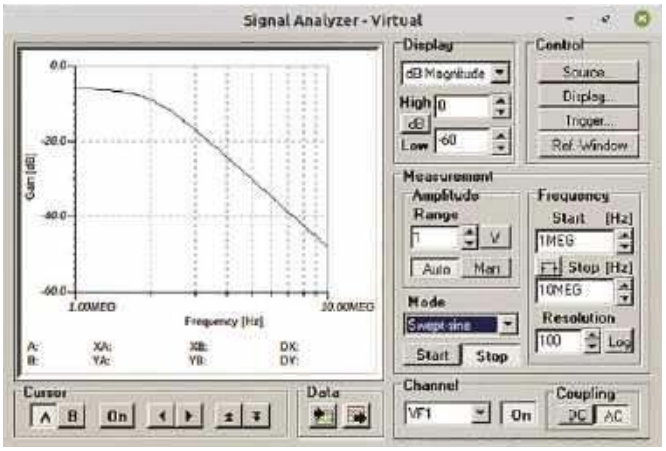
eprasa.pl cc29c17e01



Rysunek 6.6. Internetowy program narzędziowy użyty do projektowania prostego filtra dolnoprzepustowego Butterwortha trzeciego rzędu



Rysunek 6.7. Schemat filtru dolnoprzepustowego Butterwortha trzeciego rzędu



Rysunek 6.8. Sprawdzenie odpowiedzi częstotliwościowej filtra z rysunku 6.7 w symulatorze Tina TI

wykonywana szesnastokrotnie. Przy każdym wykonaniu pętli wartości próbek przebiegu są wypisywane na ekranie. Wartości te można następnie zbadać i porównać.

Przy pierwszym wykonaniu pętli (gdy przyrost wynosi 1) lista wartości próbek jest identyczna z zawartością tablicy sinusa. Pojedynczy okres fali sinusoidalnej składa się więc z 16 punktów. Przy drugim wykonaniu pętli (przyrost równy 2) wykorzystywana jest co druga wartość z tablicy. Przebieg sinusoidalny jest zatem wytwarzany z dwukrotnie większą częstotliwością (choć nadal składa się z 16 punktów). Przy trzecim i czwartym wykonaniu pętli przyrost wynosi odpowiednio 3 i 4. Daje to odpowiednio 3- i czterokrotność pierwotnej częstotliwości.

Analiza wyników tego i innych programów (patrz *Idąc dalej*) może być bardzo pouczająca. Pomocna może być wizualizacja wyników przedstawiona na **rysunku 6.3**. Wykresy sporządzono w arkuszu kalkulacyjnym. Sinusoida niebieska (Seria 1) zawiera wszystkie próbki z tablicy, sinusoida czerwona (Seria 2) odpowiada wykonaniu pętli z przyrostem 2, a wykresy zielony (Seria 3) i fioletowy (Seria 4) odpowiadają przyrostom odpowiednio 3 i 4. Zauważmy, że kształt fali staje się wyraźnie „mniej sinusoidalny" wraz ze zwiększaniem się przyrostu i mniejszą liczbą próbek użytych do jego wygenerowania. Jeszcze większe wartości przyrostu dałyby już bardzo dziwne kształty fali, ponieważ w tablicy sinusa po prostu nie mamy wystarczającej ilości próbek.

Ograniczenia

Wraz ze wzrostem częstotliwości sygnału wyjściowego DDS liczba próbek przypadająca na okres będzie się proporcjonalnie zmniejszać. Twierdzenie Nyquista mówi, że do odtworzenia fali (*sinusoidalnej; przypis redaktora*) wymagane są co najmniej dwie próbki na okres, więc teoretycznie maksymalna częstotliwość sygnału DDS wynosi połowę maksymalnej częstotliwości zegara taktującego (f_C). W zastosowaniach praktycznych, w celu uzyskania fali o akceptowalnym kształcie, częstotliwość wyjściowa musi być jednak znacznie mniejsza niż $\frac{F_C}{2}$. Nie należy też zapominać, że na wyjściu przetwornika cyfrowo-analogowego trzeba zastosować filtr dolnoprzepustowy, aby usunąć pasożytnicze składowe obecne w sygnale wyjściowym. Przyjrzymy się temu nieco później, gdy opiszemy przykładowy projekt praktyczny.

Miarą czystości widmowej sygnału DDS jest „zakres dynamiki sygnału niezakłóconego" (ang. spuriousfree dynamic range, SFDR). Jest to ważny parametr jakości DDS i wyraża stosunek (w dB) najwyższej amplitudy sygnału podstawowego do amplitudy najsilniejszej składowej pasożytniczej (w tym harmonicznych i aliasów). Parametr SFDR jest szczególnie istotny w telekomunikacji, gdzie używane pasmo częstotliwości jest współdzielone z innymi sygnałami. **Rysunek 6.4** pokazuje przykład wyznaczania SFDR na podstawie widma sygnału wyjściowego DDS. Otrzymana wartość SFDR wynosi około 60 dB. Jest to w większości zastosowań akceptowalne.

Program narzędziowy

Do oceny jakości układu DDS nieoceniony może być projektowy program narzędziowy (patrz *Idąc dalej*). Rysunek 6.4 pokazuje wygląd programu narzędziowego DDS firmy Analog Devices, użytego do kalkulacji dla układu AD9833. Układ ten pracuje z zegarem 25 MHz, a docelowa częstotliwość wyjściowa została ustawiona na 1 MHz. Program narzędziowy obliczył wartość przestrajającą i została ona wyświetlona jako 0A3D70A w układzie szesnastkowym. Tę wartość musielibyśmy wpisać do układu dla otrzymania pożądanej częstotliwości sygnału 1 MHz. Dostęp do tego doskonałego bezpłatnego narzędzia uzyskamy, wchodząc na stronę https://bit.ly/pe-dec21-ad3. Na rysunku 6.4 widzimy również, że program narzędziowy obliczył poziom składowych harmonicznych w stosunku do składowej podstawowej, wynoszący –50 dB. Aby lepiej zilustrować kształt i widmo sygnału wyjściowego, program rysuje wykresy tego sygnału w dziedzinie częstotliwości i czasu (rysunek 6.5). Wykresy te uwzględniają odpowiedź

eprasa.pl cc29c17e01



Rysunek 6.9. Tani moduł DDS z układem AD9833



Rysunek 6.10. Moduł AD9833 o poprawionych parametrach (działa przy wyższych częstotliwościach)

filtra dolnoprzepustowego Butterwortha, który planujemy zastosować na wyjściu przetwornika cyfrowo-analogowego. By zapewnić pożądane tłumienie harmonicznych, wybraliśmy filtr trzeciego rzędu z częstotliwością odcięcia 2 MHz (a więc dwukrotnie większą niż częstotliwość wyjściowa). Zauważmy, że na **rysunku 6.5** widać obecność drugiej, trzeciej i piątej harmonicznej (prążek odpowiednio czerwony, zielony i brązowy), a także efektów aliasingu (nakładania się widm), odległych o 1 MHz od częstotliwości zegara po jej obu stronach (24 MHz i 26 MHz).

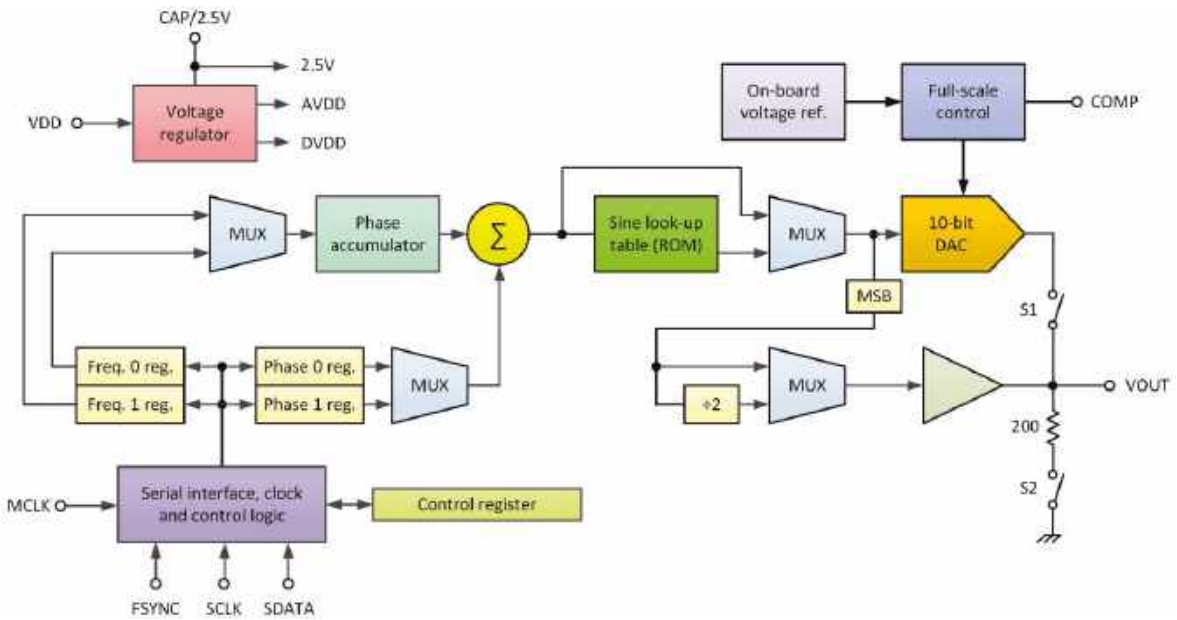
W razie potrzeby program narzędziowy Analog Devices może wygenerować dane w formie tablicy, prezentujące dominujące składowe zakłócające i harmoniczne obecne w przebiegu wyjściowym.

Projektowanie filtra

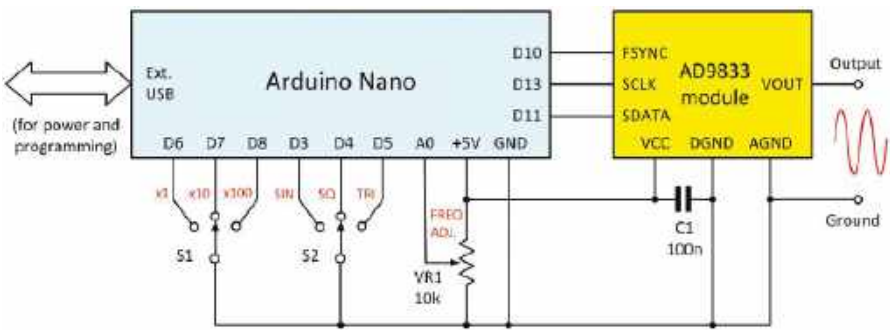
Dolnoprzepustowy filtr Butterwortha trzeciego rzędu można szybko i łatwo zaprojektować przy pomocy przeglądarkowego narzędzia, takiego jak to pokazane na **rysunku 6.6** (patrz *Idąc Dalej*). Do obliczeń przyjęliśmy projektową impedancję 50 Ω, ale można przyjąć inną wartość, zgodnie z własnymi wymaganiami. Schemat filtra pokazano na **rysunku 6.7**, a **rysunku 6.8** przedstawiono jego symulowaną charakterystykę częstotliwościową wygenerowaną przez symulator Tina TI (patrz *Idąc Dalej*).

Przedstawiamy układ DDS AD9833

Po objaśnieniu podstawowych zasad wytwarzania sygnału w metodzie DDS nadszedł czas, aby przedstawić przykładową realizację w formie układu scalonego. Wybraliśmy do tego celu niedrogi, ale bardzo wydajny układ AD9833 firmy Analog Devices. Układ ten stanowi podstawę budowy szeregu tanich modułów DDS (patrz **rysunek 6.9** i **6.10**), które mogą być stosowane w najróżniejszych generatorach przebiegów i źródłach sygnału. Moduły takie stanowią najłatwiejszy, najszybszy i – co zaskakujące! – najtańszy sposób wykorzystania AD9833. Moduły pokazane na rysunkach 6.9 i 6.10 są powszechnie dostępne za cenę już od kilku złotych – patrz aliexpress.com, eBay i Amazon. Ceny są bardzo zróżnicowane, więc zdecydowanie opłaca się zrobić wstępne rozeznanie. AD9833 może wytwarzać przebiegi sinusoidalne, piłokształtne i prostokątne, a częstotliwość i faza są programowane przez interfejs szeregowy SPI. Rejestry częstotliwości i fazy mają rozmiar 28 bitów. Przy



Rysunek 6.11. Struktura wewnętrzna układu scalonego AD9833



Rysunek 6.12. Schemat generatora funkcyjnego z układem AD9833

eprasa.pl cc29c17e01

zegarze 25 MHz można uzyskać rozdzielczość 0,1 Hz, a przy zegarze 1 MHz rozdzielczość wyniesie imponujące 0,004 Hz.

AD9833 wymaga zasilania 2,3...5,5 V, a typowy pobór mocy przy napięciu 3 V wynosi zaledwie 12,65 mW. Sprawia to, że układ ten jest idealny do użycia w zastosowaniach energooszczędnych.

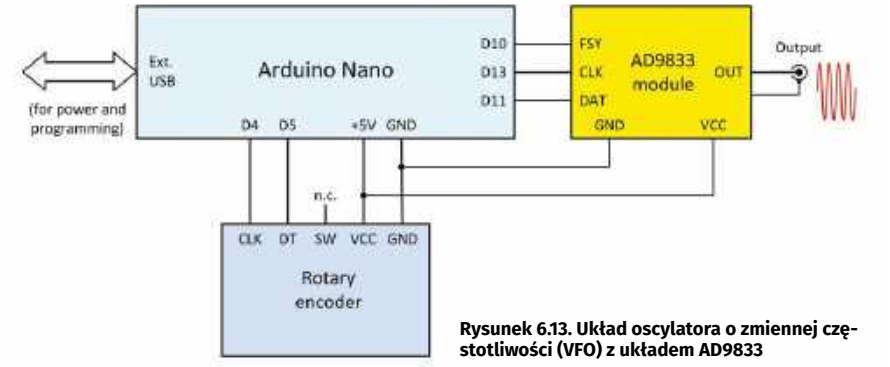
Strukturę wewnętrzną układu AD9833 pokazano na **rysunku 6.11**. Nastawy wpisujemy poprzez interfejs szeregowy i są one kopiowane do rejestrów częstotliwości i fazy. Zauważmy, że są dwa zestawy tych rejestrów, dzięki czemu mocno upraszcza się realizacja modulacji FSK i PSK.

Akumulator fazy jest 28-bitowy. Do jego wyjścia można dodać wartość z jednego z dwóch dodatkowych rejestrów fazy. Wynik jest indeksem do tablicy próbek sygnału sinusoidalnego w pamięci ROM. Wartości próbek z pamięci trafiają do 10-bitowego przetwornika cyfrowo-analogowego (DAC). Ustawiając wewnętrzne przełączniki układu, można na wyjściu zamiast przebiegu sinusoidalnego uzyskać przebieg prostokątny. W takim przypadku wykorzystywany jest tylko najbardziej znaczący bit (MSB) z przetwornika DAC, a napięcie wyjściowe ma przez połowę okresu poziom wysoki, a przez drugą – niski. Można też ominąć pamięć ROM sinusoidy i do przetwornika cyfrowo-analogowego wysyłać stan akumulatora fazy, co pozwoli uzyskać na wyjściu przebieg piłokształtny.

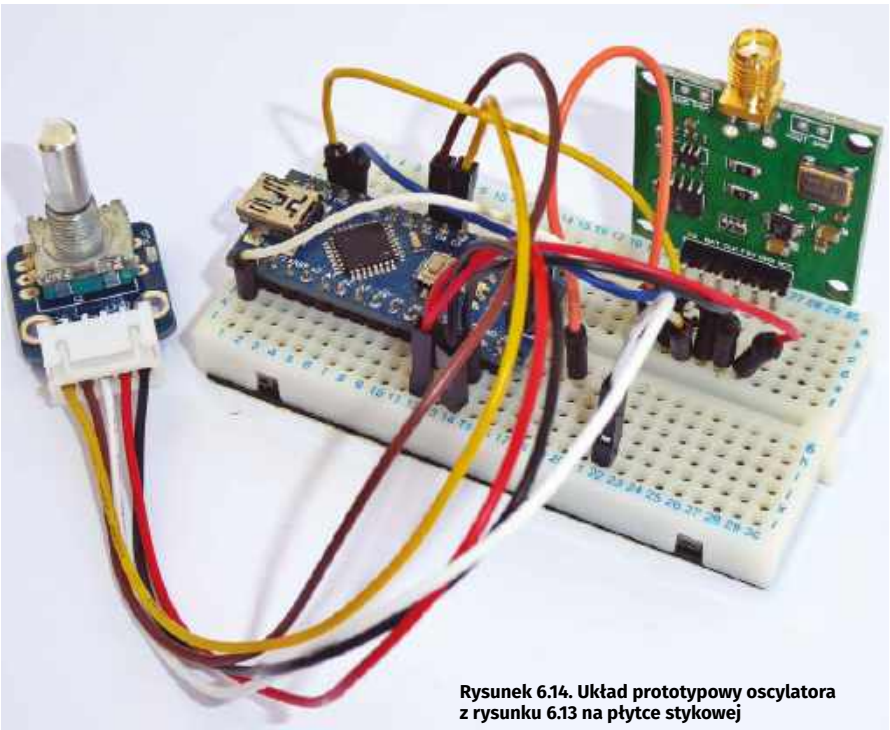
Sterowanie z Arduino

Układ AD9833 można bardzo łatwo sterować programowo. Kod 6.2 pokazuje przykładowy program prostej aplikacji generatora funkcyjnego z wyjściami sinusoidalnym, prostokątnym i piłokształtnym o częstotliwości przestrajanej od 1 Hz do 100 kHz w trzech przełączanych zakresach. Program jest przeznaczony dla modułu Arduino Nano, a schemat połączeń przedstawia **rysunek 6.12**. Przed skompilowaniem kodu należy najpierw zlokalizować i pobrać wymaganą bibliotekę, używając menedżera bibliotek Arduino IDE (patrz *Idąc Dalej*). Całkowity koszt realizacji tego projektu zmieści się w kwocie poniżej 50 zł.

Kolejny przykład programu sterującego dla AD9833 przedstawia kod 6.3. Jest to realizacja oscylatora o zmiennej częstotliwości (VFO) do zastosowań radiowych. Wykorzystano tu lepszy moduł DDS (pokazany wcześniej na rysunku 6.10), użyto też enkodera obrotowego (SunFounder TS0194D) w celu uzyskania precyzyjniejszej regulacji częstotliwości niż w przypadku



Rysunek 6.13. Układ oscylatora o zmiennej częstotliwości (VFO) z układem AD9833



Rysunek 6.14. Układ prototypowy oscylatora z rysunku 6.13 na płytce stykowej



Rysunek 6.15. Programowane źródło przebiegów oparte na układzie AD9833, mogące stanowić podstawę prostych przyrządów pomiarowych jak np. generatory sygnałów, generatory funkcji i wobulatory

eprasa.pl cc29c17e01

Tabela 6.1. Dalsze kroki z DDS

Temat	Źródło	Uwagi
Podstawy DDS	Główna strona układów DDS Analog Devices: www.analog.com/dds Szczegółowy samouczek dotyczący techniki DDS: https://bit.ly/pe-dec21-ad2	Najnowszy wybór układów DDS firmy Analog Devices można znaleźć pod adresem https://bit.ly/pe-dec21-ad1. Doskonały program narzędziowy firmy Analog Devices do projektowania DDS można znaleźć pod adresem https://bit.ly/pe-dec21-ad3.
Projektowanie filtrów	Internetowy program narzędziowy do projektowania filtra dolnoprzepustowego Butterwortha można znaleźć na stronie http://leleivre.com/rf_butterworth_LPF.html Symulator obwodów elektrycznych Tina TI można znaleźć na stronie www.ti.com/tool/TINA-TI	
Python	Język programowania Python jest dostępny bezpłatnie dla systemów Windows, Linux, Raspberry Pi OS i macOS – patrz www.python.org.	
Arduino Nano	Oficjalna strona internetowa Arduino zawiera wiele materiałów do Arduino Nano. Odwiedź stronę https://bit.ly/pe-dec21-ard1 Zintegrowane środowisko programistyczne (IDE) Arduino można pobrać ze strony https://bit.ly/pe-dec21-ard2 Kompleksowym źródłem różnych idei i informacji praktycznych jest Electronics Teach-In 8 Introducing the Arduino (dostępny w sklepie Practical Electronics).	Arduino Nano można zastąpić przez Arduino Uno, ale układ będzie wymagał znacznie większej obudowy. Przykłady programów można pobrać ze strony Practical Electronics z grudnia 2021 roku. Należy pamiętać, że przed skompilowaniem kodu należy zlokalizować i pobrać najnowszy plik biblioteki MD-AD9833.h przy użyciu wbudowanego menedżera bibliotek Arduino IDE.
Micromite	Połączenie modułu Micromite z AD9833 omówiono w miesięczniku Practical Electronics / Everyday Practical Electronics w kilku artykułach i projektach.	Dobre wprowadzenie do sterowania AD9833 z Micromite można znaleźć w wydaniu z czerwca 2018 r. W numerze z kwietnia 2018 r. ukazał się generator sygnału DDS z wyświetlaczem dotykowym, wytwarzający sygnały sinusoidalny, piłokształtny i prostokątny. Zobacz również projekt Superhet IF Alignment using Direct Digital Synthesis z września 2018 r.
Moduł DDS z AD9833	Karta katalogowa AD9833: https://bit.ly/pe-dec21-ad4	Tanie moduły DDS z AD9833 można nabyć w Internecie, m.in. w Amazonie i na eBay. Moduły te mogą stanowić podstawę do budowy niedrogiego amatorskiego sprzętu pomiarowego (rysunek 6.15).

standardowego potencjometru. Częstotliwość VFO jest regulowana w zakresie od 1990 kHz do 2000 kHz w krokach 100 Hz, ale zakres i krok można łatwo zmienić, modyfikując program. Sterownik Arduino Nano jest tu podłączony wg schematu z **rysunku 6.13**. **Rysunek 6.14** przedstawia układ zmontowany na płytce stykowej. Znów przed skompilowaniem kodu konieczne będzie pobranie wymaganego pliku bibliotecznego (patrz *Idąc Dalej*). Tak jak w poprzednim przykładzie, koszt wykonania projektu nie przekracza 50 zł.

Sterowanie przez Micromite

W ostatnich latach omówiliśmy w kilku artykułach sterowanie AD9833 ze sterownika Micromite. Szczegóły znajdziemy w kolejnym rozdziale.

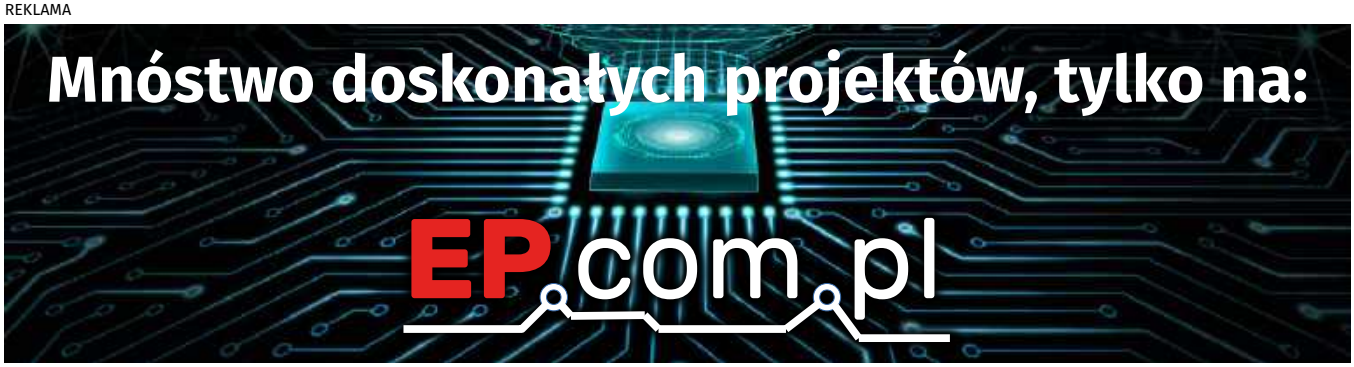
Idąc dalej

Tabela 6.1 szczegółowo wymienia szereg źródeł, w których znajdziemy różne pomysły, programy i inne informacje. Wszystko to pozwoli Czytelnikowi lepiej zrozumieć problematykę DDS i efektywnie wykorzystać tę technikę we własnych projektach. Tabela zawiera również linki internetowe do materiałów teoretycznych, programów narzędziowych i kart katalogowych producentów. ■

Mike Tooley

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

REKLAMA



eprasa.pl cc29c17e01

Ekscytacje Maxa

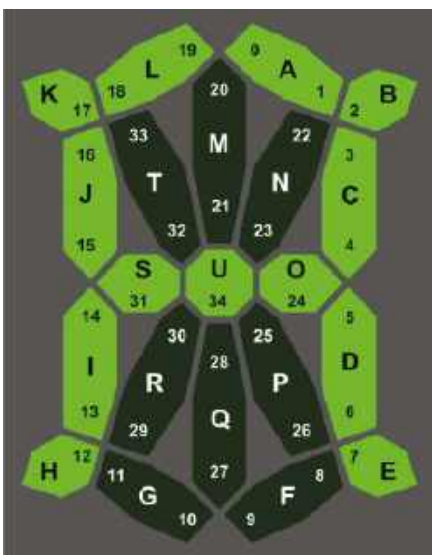
Migające diody LED i śliniący się inżynierowie (19)

Jestem tak podekscytowany, że mam ochotę biegać w kółko krzycząc: „Nie panikuj!”. Po raz pierwszy przeczytałem przełomową trylogię Fundacji (Fundacja, Fundacja i Imperium oraz Druga Fundacja) Isaaca Asimova, gdy byłem młodym chłopakiem, i od tamtej pory czytałem je wielokrotnie, ale nigdy nie odważyłem się mieć nadziei, że te arcydzieła pewnego dnia zostaną powołane do życia na dużym (lub małym) ekranie. Można więc sobie tylko wyobrazić moje zaskoczenie i zachwyt, gdy na początku tego roku dowiedziałem się, że Apple TV+ pracuje nad serialem Foundation. Co więcej, zaledwie kilka chwil przed tym, jak zacząłem pisać te słowa, usłyszałem, że serial ten ma wystartować 24 września 2021 roku. Teraz pozostaje nam tylko czekać z niecierpliwością...

Potrzebujemy czegoś, co pozwoli nam oderwać myśli od tego czekania. Wiem, co możemy zrobić. Żeby się nie nudzić, możemy spędzić czas rozmawiając o 21-segmentowych wyświetlaczach wiktoriańskich i tablicach SMAD (Steve and Max's Awesome Display).

Boże chroń królową!

Zacznijmy od przypomnienia sobie, że Steve Manley w Wielkiej Brytanii i Twój skromny narrator w USA tworzą 10-znakowe wersje 21-segmentowych wiktoriańskich wyświetlaczy, które przedstawiliśmy we wcześniejszych felietonach (EdW 2/2025 i 3/2025). Patent na oryginalny wyświetlacz został po raz pierwszy złożony w 1898 roku, kiedy królowa Wiktoria była władczynią wszystkiego, co badała (i całkiem sporo poza jej własnym podwórkiem). W tamtych czasach podświetlenie zapewniało 21 małych żarówek, a sterowanie zapewniał sprytnie skomplikowany układ elektromechaniczny.



Rysunek 1. Mapa diod LED (cyfry) i segmentów (litery) (źródło obrazu: Steve Manley)

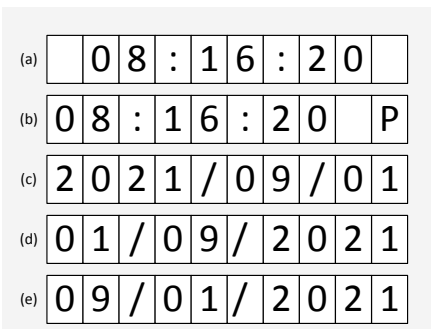
W naszym przypadku każdy segment wyświetlacza wyposażony jest w jedną lub dwie trójkolorowe diody LED (**rysunek 1**), a funkcje kontrolne zapewnia mikrokontroler.

To oczywiste (ale i tak to powiem), że nasze wyświetlacze będą mogły pochwalić się niezliczonymi możliwościami, w tym możliwością reagowania na losowe dźwięki i muzykę, ale przez większość czasu będą prezentować informacje alfanumeryczne, takie jak godzina, data i różne wiadomości tekstowe.

Czy to już czas?

Co więc możemy zrobić z 10 znakami? Cóż, jednym z oczywistych zastosowań jest wyświetlanie czasu w godzinach, minutach i sekundach zgodnie z 08:16:20. W tym przypadku potrzebujemy tylko ośmiu znaków (sześć cyfr i dwa dwukropki), które moglibyśmy wyśrodkować na wyświetlaczu (**rysunek 2a**).

Jedną z dostępnych opcji jest przedstawienie czasu w formacie 12-godzinnym (np. 08:16:20) lub 24-godzinnym (np. 20:16:20). Skrót AM (lub am lub a.m.) oznacza „ante-meridiem” (zanim Słońce przekroczy linię południka), podczas gdy PM (lub pm lub p.m.) oznacza „post-meridiem” (po tym, jak Słońce przekroczy linię południka). Nie wiem jak ty, ale ja zazwyczaj jestem świadomy tego, czy jestem obecnie w AM, czy PM, więc jestem dość pewny swojej zdolności do pracy, jeśli mój czas jest wyświetlany w trybie 12-godzinnym. Z drugiej strony, niektórzy użytkownicy mogą preferować bardziej wyraźną prezentację i zawsze musimy pamiętać, że w przypadku apokalipsy zombie sytuacja może się nieco zagmatwać, więc możemy również zaoferować opcję wskazania „A” (AM) lub „P” (PM) w trybie 12-godzinnym (**rysunek 2b**).

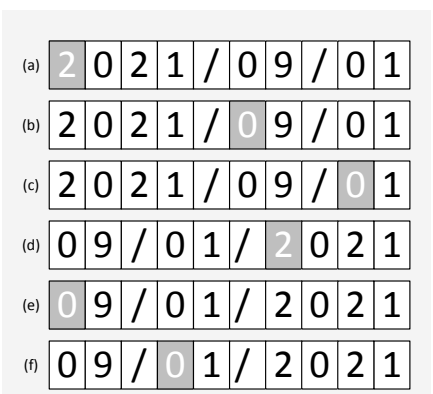


Rysunek 2. Alternatywne formaty czasu i daty

Chcesz umówić się na randkę?

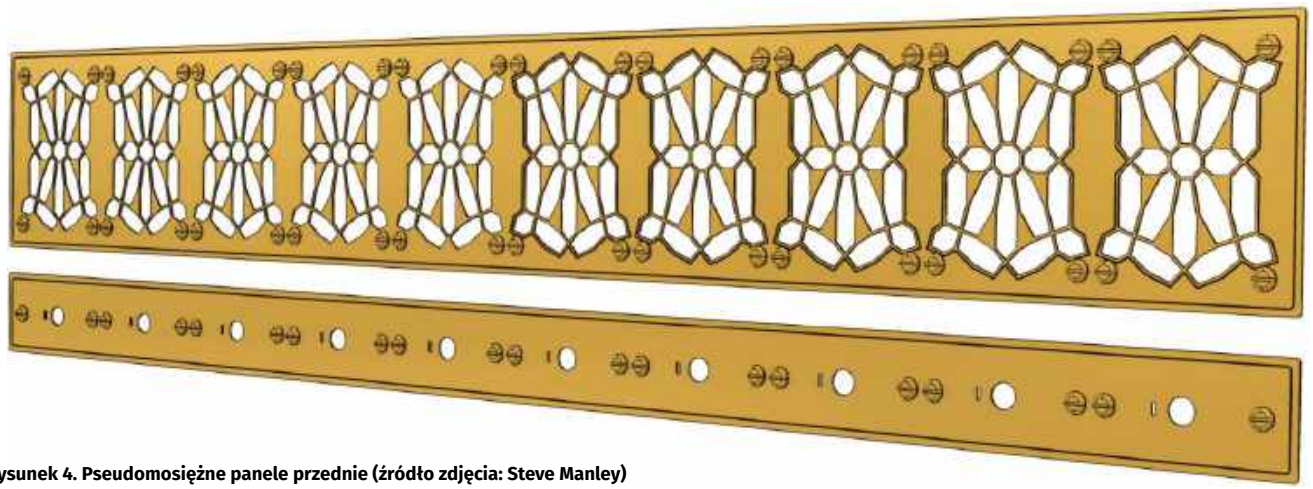
Kiedy byłem dzieckiem, moi rodzice podawali różne przekąski gościom podczas świąt Bożego Narodzenia. Oprócz orzechów i ciastek podawali również daktyle. Ponieważ widywałem te smakołyki tylko raz w roku i wiedziałem, że pochodzą one z egzotycznych rejonów Bliskiego Wschodu, myślałem, że te słodkie owoce są naprawdę, naprawdę wyjątkowe, ale nie o takie daktyle nam tutaj chodzi.

Jeśli chodzi o przedstawianie daty w sensie chronologicznym, format, którego używam w odniesieniu do nazywania plików i folderów na moim komputerze, to RRRR/MM/



Rysunek 3. Alternatywne sposoby ustawiania daty

eprasa.pl cc29c17e01



Rysunek 4. Pseudomosiężne panele przednie (źródło zdjęcia: Steve Manley)

DD z zerami wiodącymi w razie potrzeby (np. 2021/09/01) (**rysunek 2c**). Z wielu powodów jest to najbardziej logiczny format do zastosowania, co prawdopodobnie wyjaśnia, dlaczego jego użycie jest stosunkowo rzadkie (ludzie; błogosław ich małe bawełniane skarpetki).

Kolejną logiczną alternatywą jest odwrócenie sytuacji i użycie formatu DD/MM/RRRR, który umieszcza wartości w kolejności mającej bezpośrednie znaczenie dla widza (**rysunek 2d**). Wreszcie, z powodów, które wymykają się moim zdolnościom opisu, mamy format MM/DD/RRRR, który jest powszechnie używany w USA (**rysunek 2e**).

Oczywiście sensowne jest, abyśmy oferowali naszym użytkownikom możliwość wyboru między trzema wyżej wymienionymi formatami, jeśli chodzi o wyświetlanie daty, ale to prowadzi nas do zastanowienia się, w jaki sposób nasi użytkownicy będą ustawiać datę w pierwszej kolejności. Z jednej strony moglibyśmy pozwolić użytkownikowi na wprowadzenie dowolnie wielkich wartości w dowolnej kolejności, ustawiając na przykład dzień na 66, a miesiąc na 42, ale to naprawdę nie ma większego sensu. To, co ma sens, to pozwolić (zmusić) użytkownika do wprowadzania tylko prawidłowych wartości.



Rysunek 5. Multiplekser analogowo-cyfrowy (źródło obrazu: SparkFun)

Ponieważ liczba dni w miesiącu zależy od tego, o którym miesiącu mówimy, oznacza to, że musimy przekonać użytkownika do określenia MM przed DD. Podobnie, ponieważ liczba dni w lutym zależy od tego, czy mamy rok przestępny, czy nie, sensowne jest zmuszenie użytkownika do wprowadzenia daty zaczynającej się od YYYY, po której następuje MM, a następnie DD.

Załóżmy, że użytkownik wcześniej określił, że data powinna być wyświetlana w amerykańskim formacie MM/DD/RRRR (rysunek 2e). Jednym z rozwiązań, jeśli chodzi o ustawienie daty, jest powrót do formatu RRRR/MM/DD i poprowadzenie użytkownika do wprowadzenia wartości we właściwej kolejności (**rysunek 3a**, **3b**, **3c**). Na przykład możemy zaimplementować efekt kursora poprzez miganie bieżącego znaku zainteresowania (CCOI, ang. current character of interest). Albo możemy sprawić, że CCOI będzie jasny, a inne znaki będą przyciemnione, albo możemy sprawić, że CCOI będzie w jednym kolorze, a inne znaki w innym kolorze, i – oczywiście – możemy użyć dowolnej kombinacji tych efektów.

Z drugiej strony, jeśli użytkownik wyraził preferencje dotyczące sposobu wyświetlania daty, kim jesteśmy, aby zmuszać go do korzystania z innego formatu, jeśli chodzi o ustawienie tego drobiazgu? Korzystając z dowolnej kombinacji technik sterowania kursorem, które właśnie omówiliśmy, możemy pozostawić wyświetlacz w trybie MM/DD/RRRR, jednocześnie prowadząc użytkownika do wprowadzenia nowej daty w kolejności RRRR, następnie MM, a następnie DD (**rysunek 3d**, **3e**, **3f**).

Czy przychodzi Ci do głowy inna możliwość? Właśnie to zrobiłem. Moja alternatywna sugestia znajduje się na końcu tego artykułu.

Dlaczego?

Być może zastanawiasz się, dlaczego mówimy o tak przyziemnych rzeczach, jak wyświetlanie i ustawianie daty i godziny. Cóż, problem polega na tym, że wiele osób nie poświęca czasu (gra słów nie jest zamierzona) na przemyślenie tego rodzaju rzeczy przed przystąpieniem do ich wdrażania. Na przykład, nie udało mi się jeszcze ustawić zegara w moim nowym (2019) samochodzie. Zapoznałem się z instrukcją obsługi i przebrnąłem przez niezliczone warstwy zagnieżdżonych menu, ale nie udało mi się zaktualizować wyświetlacza. To nie powinno być takie trudne. Jestem czołowym inżynierem w moim pokoleniu* na litość boską (* jeśli masz co do tego wątpliwości, pozwól, że odeślę Cię do mojej ukochanej mamy, która z przyjemnością pomoże Ci zrozumieć, gdzie popełniasz błąd).

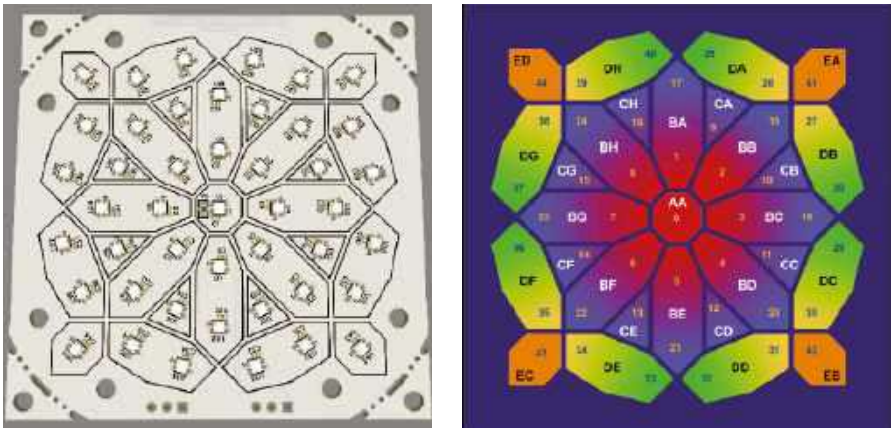
Chodzi o to, że w pewnym momencie w przyszłości możesz skończyć tworząc jakiś system, który musi pozwolić użytkownikowi na ustawienie i wyświetlenie jakiejś formy informacji. Mam nadzieję, że nasze dyskusje tutaj pomogą Ci w Twoich przedsięwzięciach i sprawią, że blask uśmiechów Twoich użytkowników rozjaśni Twoje życie.

I #### YOU

Wydaje mi się, że jeszcze nie pokazałem dwóch wycinanych laserowo paneli przednich w pseudomosiężnym kolorze, które wykorzystuję w moim 10-znakowym wyświetlaczu (**rysunek 4**). Steve nie był zainteresowany dolnym panelem, ale uprzejmie stworzył dla mnie pliki projektowe, po czym mój kumpel Kevin McIntosh, który jest właścicielem The Laser Hut w Wielkiej Brytanii (https://bit.ly/2RqQ1Zj), użył swojego lasera, aby je dla mnie wyciąć.

O co chodzi z dolnym panelem? Jakiś czas temu zapoznałem się z interesującym

eprasa.pl cc29c17e01

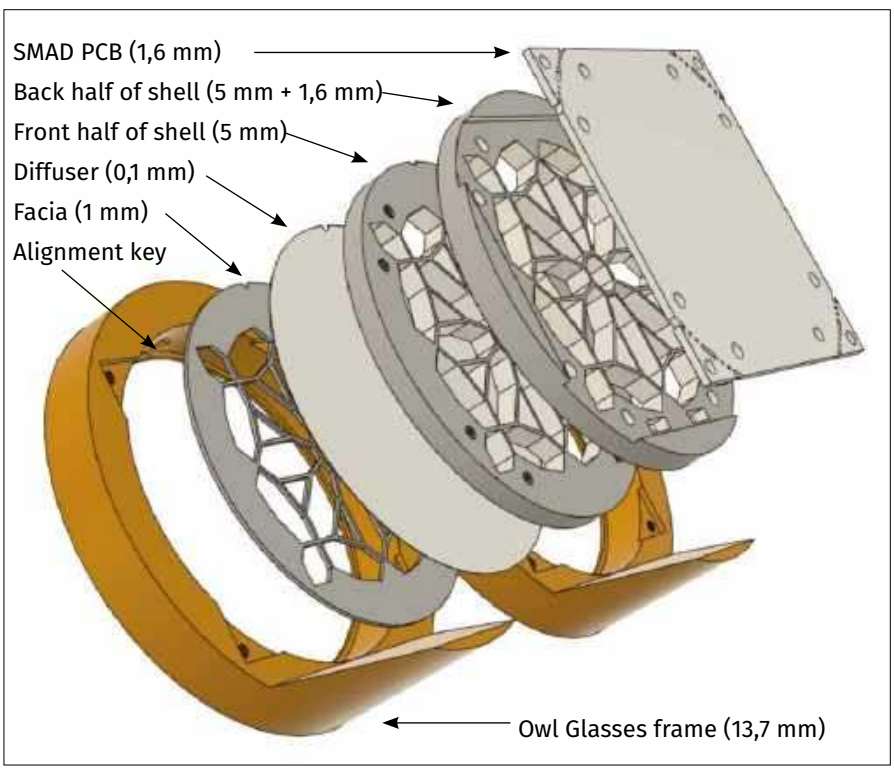


Rysunek 6. Świat SMAD, SMAD, SMAD, SMAD: (po lewej) płytka SMAD, (po prawej) dioda LED SMAD i mapa segmentów

artykułem i filmem przedstawiającym dzieło sztuki słownej stworzone przez Matta Gorbetta w 2007 roku (https://bit.ly/2THZLQf). Utwór ten składał się z ośmiu znaków i dwóch spacji, które brzmiały „I #### YOU" (po uwzględnieniu spacji zajęłoby to wszystkie 10 znaków na moim wyświetlaczu).

W implementacji Matta pod czterema znakami #### znajdują się cztery potencjometry. Przechodnie mogą użyć potencjometrów, aby wybrać litery do uzupełnienia wiadomości, takiej jak „I LOVE YOU". Po pewnym czasie system zaczyna zamieniać poszczególne litery, tworząc powiązane wiadomości, aż w końcu powraca do stanu „I #### YOU".

W moim przypadku, w duchu nadmiernego projektowania wszystkiego, postanowiłem, że każdy z moich znaków będzie miał przypisany potencjometr. Oczywiście, oznacza to, że będę potrzebował 10 analogowych pinów wejściowych w moim mikrosterowniku. Niestety (a może i szczęśliwie, w zależności od punktu widzenia), przy zakupie potencjometrów nie zwróciłem tyle uwagi na system zamówień online, a może powinienem. W rezultacie dopiero po otrzymaniu przesyłki odkryłem, że mają one wbudowane przełączniki. Cóż, pomyślałem, że „nie marnować, to nie chcieć", ale to oznacza, że będę potrzebował 10 cyfrowych pinów wejściowych w mikrosterowniku, co daje w sumie 20 pinów (smutna mina).



Rysunek 7. Rozłożony widok wyświetlacza Owl Glasses (źródło obrazu: Steve Manley)

Na szczęście sprytne chłopaki i dziewczyny ze SparkFun mają dla nas dość fajną płytkę z multiplekserem analogowo-cyfrowym 16:1 (https://bit.ly/2TPFY1a – patrz **rysunek 5**). Używając tylko czterech cyfrowych pinów wyjściowych mikrokontrolera, możemy wybrać jeden z szesnastu sygnałów analogowych z potencjometrów, który możemy podać do jednego z wejść analogowych mikrokontrolera. Jeśli dodamy drugą płytkę, możemy użyć tych samych czterech pinów sterujących, aby wybrać jeden z szesnastu sygnałów cyfrowych z przełączników potencjometrów i możemy podać ten sygnał do jednego z wejść cyfrowych mikrokontrolera. W ten sposób, używając tylko sześciu pinów mikrokontrolera, możemy odczytywać wartości analogowe i cyfrowe z dziesięciu potencjometrów i powiązanych z nimi przełączników. Całkiem fajne, co?

Czy jesteś SMAD?

Jak omówiliśmy w ostatnim odcinku (EdW 3/2025), stworzenie pełnego 10-znakowego 21-segmentowego wyświetlacza wiktoriańskiego jest większym projektem, niż większość Czytelników miałaby ochotę rozpocząć. Ponadto oprogramowanie dla tego malucha jest bardziej złożone niż chcemy tutaj omawiać. Zamiast tego stworzyliśmy płytki SMAD, które są dostępne w PE PCB Service (https://bit.ly/3wVUgLq) za jedyne 11,95 GBP za sztukę, co obejmuje wysyłkę w Wielkiej Brytanii (wysyłka poza Wielką Brytanię będzie wyceniana osobno).

Każdy SMAD zawiera 45 trójkolorowych diod LED (**rysunek 6** po lewej). Zazwyczaj dołączamy „powłokę" do przedniej części płytki, aby rozdzielić światło z diod LED, gdzie te powłoki mogą być drukowane w 3D lub wycinane laserowo (więcej szczegółów można znaleźć w artykule z zeszłego miesiąca). Nasze oryginalne powłoki składały się z 29 segmentów, z czego 13 segmentów zawierało tylko jedną diodę LED, a 16 segmentów zawierało dwie diody LED (**rysunek 6** po prawej). Steve postanowił jednak poeksperymentować z 45-segmentowymi powłokami z jedną diodą LED na powłokę, co pozostawiło nas w pewnym kłopocie. Z jednej strony zachwycamy się efektami gradientu, które można uzyskać poprzez zmianę kolorów diod LED tworzących segmenty z podwójnymi diodami LED w 29-segmentowej powłoce; z drugiej strony rozkoszujemy się efektem witrażu prezentowanym przez 45-segmentowe powłoki. Ostatecznie zdecydowaliśmy się na oba rozwiązania.

eprasa.pl cc29c17e01

Jesteśmy zgodni

Wspaniałą rzeczą w SMADach jest to, że można stworzyć niesamowity wyświetlacz przy użyciu tylko jednej płytki. To powiedziawszy, podobnie jak z jedzeniem chipsów, trudno jest poprzestać na jednym. Na przykład, jedną z rzeczy, o których rozmawialiśmy ze Stevem, była możliwość użycia dwóch SMAD-ów do stworzenia „oczu" pseudo-głowy robota.

Uzbrojony w swoją zaufaną drukarkę 3D, Steve stworzył coś, co nazywam jego wyświetlaczem „Owl Glasses". Spójrzmy na widok rozłożony, pokazujący główną ramę (pomarańczową) i jeden SMAD (**rysunek 7**). Jeśli chcesz stworzyć swój własny wyświetlacz Owl Glasses, Steve uprzejmie udostępnił pliki źródłowe. Skompresowany plik ZIP zawierający źródła jest dostępny na stronie PE z września 2021 r. pod adresem: https://bit.ly/3oouhbl – plik CB-September21-01.zip zawiera pliki dla głównej ramy i zaktualizowane wersje zarówno 29-segmentowych, jak i 45-segmentowych powłok.

Należy pamiętać, że obudowy drukowane 3D Steve'a składają się z trzech części – przedniej, tylnej i czołowej. Jedynym powodem podzielenia głównej powłoki na dwie połówki jest ułatwienie ich malowania (użyj białego podkładu, a następnie błyszczącego białego wykończenia, aby uzyskać najjaśniejsze i najbardziej żywe kolory).

Zauważ również, że te obudowy różnią się nieco od wersji autonomicznych, które omawialiśmy wcześniej. Tamte obudowy miały przezroczyste otwory na wkręty maszynowe używane do montażu wyświetlaczy, ponieważ lubię widzieć łby wkrętów na moich panelach frontowych. W porównaniu do nich, w przypadku obudów dla Owl Glasses, otwory w przedniej obudowie są gwintowane (tak samo jak ślepe otwory w ramce), ponieważ Steve woli wygląd bez wkrętów. Ponadto, we frontach nie ma otworów na wkręty, które są trzymane na miejscu przez małe występy w ramce i wyrównane za pomocą narzędzia do ustawiania (tak samo jak obudowy). W przypadku dyfuzora używamy białych plastikowych separatorów, które można kupić do używania z teczkami na dokumenty. (Na przykład te białe dzielniki polipropylenowe od Toner Ink Online (https://bit.ly/3inEODY – ale oczywiście inne również będą odpowiednie).

Steve stworzył dwie wersje swojego wyświetlacza Owl Glasses – jedną z 29-segmentowymi powłokami i drugą z 45-segmentowymi powłokami (**rysunek 8**). Ważną rzeczą, na którą należy zwrócić uwagę, jest to, że wszystkie cztery SMAD wyświetlają dokładnie te same kolory. To naprawdę ilustruje różnicę między większymi segmentami w 29-segmentowych obudowach, w których kolory z dwóch diod LED są rozproszone razem, w porównaniu do mniejszych segmentów w 45-segmentowych obudowach, w których kolory są oddzielone.

Dla porównania, postanowiłem stworzyć dwie „głowy robotów", inspirowane częściowo przez WALL-E (https://youtu.be/_kslEYbMr1g – zobacz **rysunek 9**). Na pierwszym planie tej ilustracji znajduje się makieta, którą stworzyłem jako prototyp. Zauważ, że wciąż muszę zbudować nawisłe górne i boczne części dla prawdziwych głów. Dla urozmaicenia postanowiłem mieć czarne obudowy na niklowanej twarzy dla jednej głowy, a niklowane obudowy na czarnej twarzy dla drugiej. Do przymocowania obudów użyłem wkrętów maszynowych ze stalowymi główkami, ponieważ pasuje to do mojego „steampunkowej estetyki" (w przypadku czarnych obudów użyłem płynnego środka „gun blue", aby poczernić łby wkrętów).

Pierwszy test

W moim pierwszym teście chciałem tylko sprawdzić, czy potrafię zapalić kanały czerwony, zielony i niebieski w każdej z moich diod LED indywidualnie (mój kod można zobaczyć w pliku CB-September21-02.txt). Pamiętaj, że używamy diod LED WS2812 (znanych również jako NeoPixele), które można łączyć ze sobą łańcuchowo. W moim przypadku połączyłem również łańcuchowo wszystkie cztery SMAD-y, uzyskując w ten sposób pojedynczy ciąg 4×45=180 diod LED. W górnej części mojego szkicu (programu) znajdują się następujące definicje:



Rysunek 8. Dwa wyświetlacze Owl Glasses z 29-segmentowymi powłokami (góra) i 45-segmentowymi powłokami (dół) (Zdjęcie: Steve Manley)

```
#define NUM_NEOS_PER_SMAD 45
#define NUM_SMADS          4
```

Ponadto definiuję **NUM_NEOS** jako **NUM_NEOS_PER_SMAD** pomnożony przez **NUM_SMADS**. Oznacza to, że można łatwo zmodyfikować ten program, aby działał z własną konfiguracją obejmującą jeden, dwa lub więcej SMAD-ów, po prostu zmieniając wartość przypisaną do **NUM_SMADS**.

NeoPiksele przedstawiliśmy dogłębnie we wcześniejszym artykule (EdW 2/2024), ale dobrym pomysłem może być krótkie przypomnienie, jak działają te małe cudeńka na wypadek, gdybyś był nowy na imprezie. Po pierwsze, upewnij się, że masz najnowszą wersję zintegrowanego środowiska



Rysunek 9. Dwie głowice robota z 45-segmentowymi powłokami (po lewej) i 29-segmentowymi powłokami (po prawej)

eprasa.pl cc29c17e01

programistycznego Arduino (IDE) pobraną na komputer ze strony Arduino.cc (aktualna wersja w momencie pisania tego tekstu to 1.8.15).

Następnie upewnij się, że masz najnowszą wersję biblioteki, której chcesz używać do sterowania NeoPixelami. Jeśli chcesz użyć biblioteki NeoPixel firmy Adafruit, uruchom Arduino IDE, wybierz „Narzędzia -> Zarządzaj bibliotekami”, wyszukaj „Adafruit NeoPixel” i zainstaluj pozycję „Adafruit NeoPixel” (nie daj się zwabić DMA i innymi opcjami). Alternatywnie, jeśli wolisz korzystać z biblioteki FastLED stworzonej przez Daniela Garcię, wyszukaj „FastLED” w menedżerze bibliotek Arduino. (Jeśli masz już zainstalowane te biblioteki, możesz użyć tego samego mechanizmu, aby sprawdzić, czy wymagają aktualizacji).

Kiedy tworzysz instancję swojego łańcucha NeoPixeli (ja swoją instancję nazwałem „Neos”), określasz liczbę pikseli w łańcuchu oraz pin Arduino, którego używasz do ich sterowania (zobacz mój program testowy, aby zobaczyć przykład).

Czynność tworzenia instancji łańcucha tworzy tablicę w pamięci Arduino. Ta tablica zawiera trzy bajty dla każdego piksela, gdzie te bajty są używane do przechowywania czerwonych, zielonych i niebieskich składników tego piksela określonych jako 8-bitowe liczby całkowite o wartościach od 0 do 255. Załóżmy, że chcemy zmienić kolory dotyczące piksela 6 na czerwony = 255 (0xFF w systemie szesnastkowym), zielony = 128 (0x80) i niebieski = 66 (0x42). Możemy to zrobić, określając każdy kanał indywidualnie za pomocą **Neos.setPixelColor(6, 255, 128, 66)** lub **Neos.setPixelColor(6, 0xFF, 0x80, 0x42)**. Alternatywnie, możemy określić wszystkie trzy składowe koloru jako pojedynczą wartość za pomocą **Neos.setPixelColor(6, 0xFF8042)**.

Ważną rzeczą do zapamiętania jest to, że funkcja **setPixelColor()** w rzeczywistości nie modyfikuje wyświetlacza w rzeczywistości. Wszystko, co robi, to zmiana wartości w tablicy przechowywanej w pamięci Arduino. Dopiero gdy użyjemy funkcji **Neos.show()**, wszystkie wartości kolorów w tablicy zostaną przesłane do łańcucha NeoPixel i zaprezentowane użytkownikowi.

Dobre daktyle

Wcześniej zadaliśmy pytanie o najlepszy sposób ustawienia daty na wyświetlaczu wiktoriańskim. Chyba mam daktyle w głowie, bo właśnie przypomniała mi się scena z „Poszukiwaczy zaginionej arki”, kiedy Indiana Jones rzuca daktyl w powietrze, a jego przyjaciel Sallah, widząc to, łapie daktyla (który w tym kontekście jest po prostu rodzajem owocu) i mówi „Bad dates”, co jest tu moim żartem językowym, ponieważ „dates” to zarówno „daktyle” (owoc), jak i „daty” w kontekście czasowym (zobacz: https://bit.ly/2UzTgiu).

Oczywiście mamy do czynienia z drugim rodzajem (tj. dobrymi datami). Początkowo, gdy przyszło do ustawiania daty na moim wiktoriańskim wyświetlaczu, myślałem o wyświetlaniu rzeczy w formie RRRR/DD/MM lub DD/MM/RRRR, a nawet MM/DD/RRRR, jak omówiliśmy wcześniej. Ale potem dotarło do mnie, że mamy pełną możliwość wyświetlania alfanumerycznego, co oznacza, że możemy użyć wyświetlacza, aby pokazać „ROK=?”, a następnie „MIESIĄC=?”, a następnie „DZIEŃ=?” i – w każdym przypadku – po prostu pozostawić użytkownikowi wprowadzenie odpowiedniej liczby, a następnie naciśnięcie przycisku OK.

Już wkrótce

W następnym odcinku zaczniemy eksperymentować z niektórymi sprytnymi efektami, które możemy osiągnąć za pomocą naszych SMADów. W międzyczasie chętnie zobaczę zdjęcia, jeśli zdecydujesz się stworzyć własną głowę robota lub jakąkolwiek inną formę artefaktu opartego na SMAD (a może nawet przedstawimy Twoje dzieło w kolejnym artykule?). Do tego czasu, jak zawsze, czekam na komentarze, pytania i sugestie. ■

Clive „Max” Maxfield

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

REKLAMA

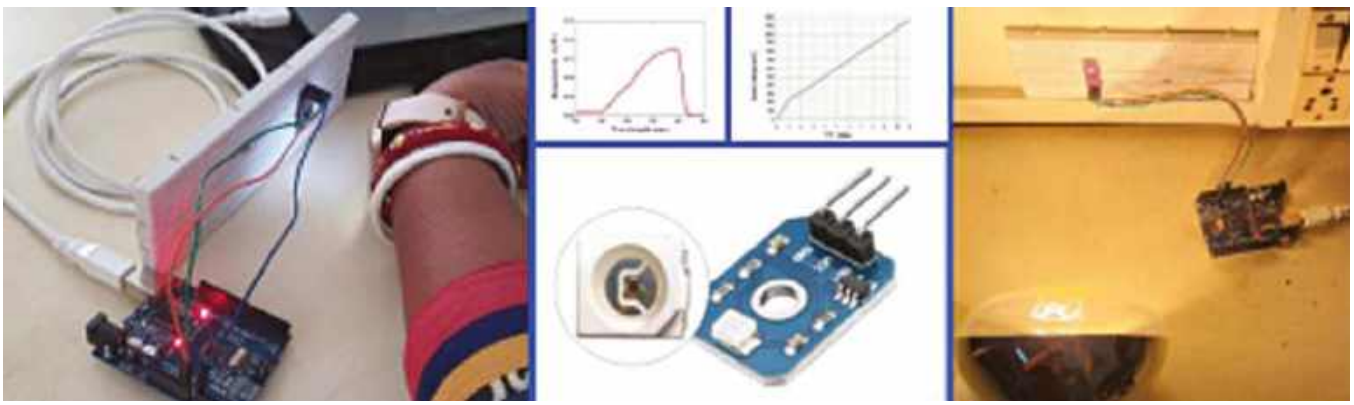


eprasa.pl cc29c17e01

Czy twój smartwatch emituje promieniowanie UV?

Urządzenie wykrywające promienie UV

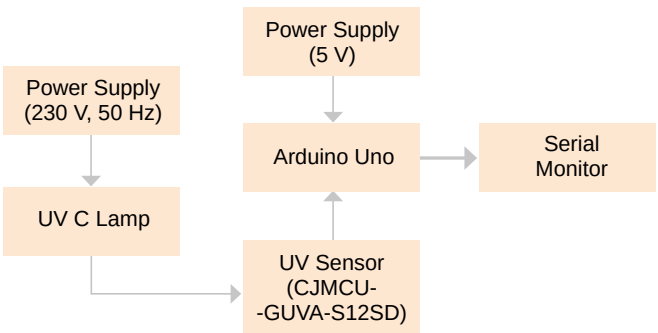
Promieniowanie ultrafioletowe to światło o częstotliwości przekraczającej percepcję naszego wzroku. Cieszy się ono zasłużenie złą opinią. A jaki jest tego powód? Oczywiście negatywny wpływ na różne aspekty szeroko rozumianego zdrowia. I jest tak niezależnie od pożądanej opalenizny, szczególnie Pań wracających z udanego urlopu w letnie słoneczne dni. Ale równocześnie w wielu zastosowaniach zarówno technicznych jak i medycznych, promieniowanie UV jest pożądane. Promienie UV są często emitowane przez różnego rodzaju „nowoczesne ekrany". W tym przez smartfony czy smartwatche wypierające tradycyjne zegarki naręczne. Często pierwszą rzeczą którą robimy rano po przebudzeniu, jest zerkanie na taki zegarek lub ekran telefonu komórkowego. Ale, czy jest to dobry nawyk? Czy jest to w pełni bezpieczne dla naszego wzroku i nie tylko? Aby to ocenić, przydałby się jakiś miernik natężenia promieniowania ultrafioletowego.



Rysunek 1. Prototyp autora „UV ray intensity"

Bieżący projekt wychodzi naprzeciw właśnie takim potrzebom. Zmierzysz nim natężenie promieni UV zarówno zegarka z niewielkim ekranem OLED jak również lampy bakteriobójczej stosowanej w wielu sanitariatach. Taka informacja jest ciekawa zarówno z technicznego punktu widzenia, jak również dla „spokoju sumienia", czy te urządzenia są bezpieczne dla naszego zdrowia. Na **rysunku 1** widzimy prototyp wykonany przez autora projektu, użyty w tego rodzaju eksperymentach. Można sprawdzić reakcję układu na promieniowanie elektromagnetyczne o różnej długości fali, jak również odpowiedź w sensie napięcia wyjściowego zastosowanego czujnika w zależności od indeksu promieniowania UV. Na **rysunku 2** pokazano z kolei schemat blokowy systemu w jakim pracuje nasz miernik promieni UV.

Sercem projektu jest czujnik GUVA-S12SD. Ten niewielki chip pozwala zmierzyć natężenie UV pochodzące z różnych źródeł. W szczególności: ze słońca, latarek LED-owych, wspomnianych ekranów ciekłokrystalicznych bądź OLED, jak również z innych źródeł jak lampy grzejne będące promiennikami podczerwieni, czy np. z ogniska, na którym pieczesz kiełbaski. Zastosowany czujnik zawiera jedynie trzy wyprowadzenia, z czego dwa to zasilanie. Jest zatem bardzo prosty i łatwo go zintegrować w spójny system w wielu aplikacjach. GUVA-S12SD łatwo jest połączyć z dowolnym mikrokontrolerem jak również



Rysunek 2. Schemat blokowy systemu

UV Index	0	1	2	3	4	5
Vout(mV)	<50	227	318	408	503	606
Analog Value	<10	46	65	83	103	124
UV Index	6	7	8	9	10	11+
Vout(mV)	696	795	881	976	1079	1170+
Analog Value	142	162	180	200	221	240

Rysunek 3. Tabela przyjętej skali indeksu UV

eprasa.pl cc29c17e01

z prostszym systemem analogowym. Czujnik ten charakteryzuje wyjście analogowe w postaci napięcia proporcjonalnego do natężenia promieni UV, którym jest oświetlony. Czułość spektralna mieści się w zakresie długości fali od ok. 240 nm do ok. 370 nm. To pokrywa całe pasmo UV-B i większą część pasma UV-A. Przechwytuje także górną część pasma UV-C promieniowania ultrafioletowego.

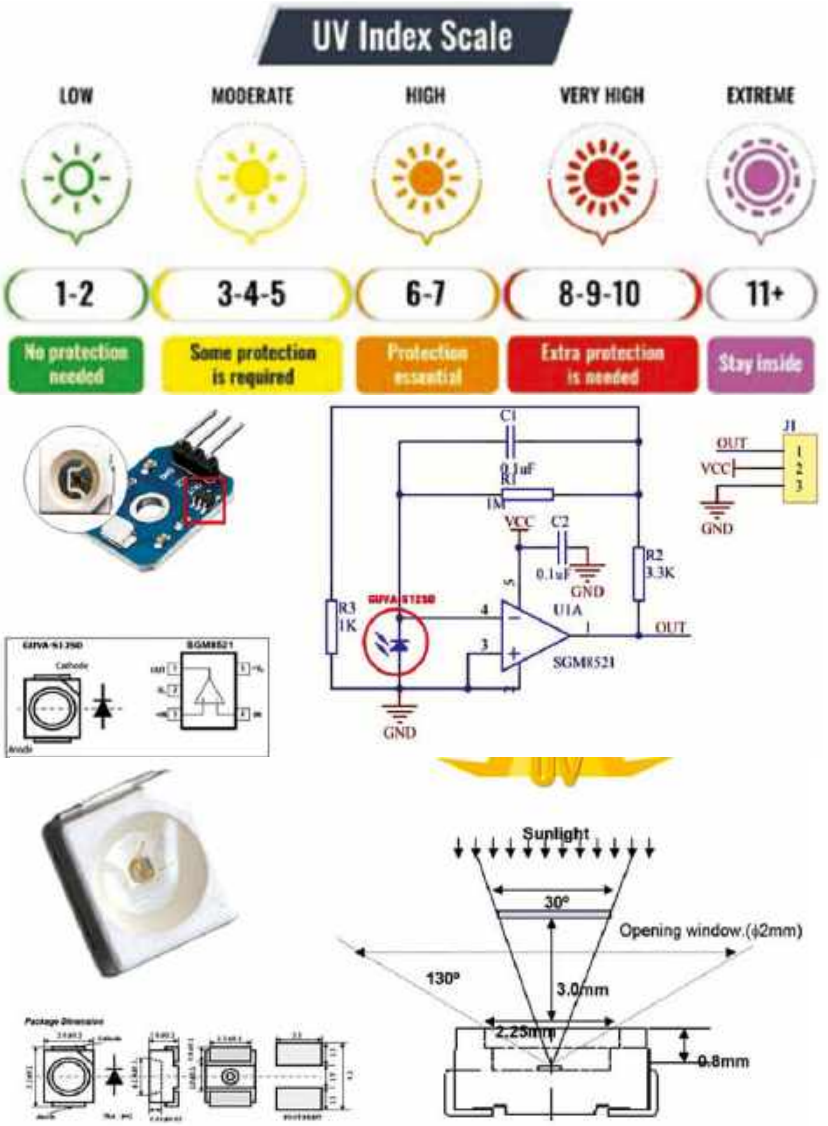
Istotnym wskaźnikiem, czy poziom promieniowania UV jest bezpieczny, jest tzw. UV-indeks. Dane pochodzące z różnych mierników powinny być przeliczane właśnie na UV-indeks. Takie podejście lansowane jest przez wiele organizacji międzynarodowych, w tym przez Światową Organizację Zdrowia WHO (World Health Organization). Powszechnie zaakceptowana skala jaką reprezentuje indeks promieniowania UV pokazana jest na **rysunku 3**. Widać tu, że skala ta jest monotonicznie rosnąca wraz ze wzrostem natężenia promieni ultrafioletowych. W okolicach indeksu UV od zera do ok. 3, skala ta obejmuje w pełni bezpieczne natężenie. Z kolei wyższe indeksy mogą określać skuteczność działania takich urządzeń jak lampy bakteriobójcze lub wiele innych stosowanych w celach medycznych, a także w przemyśle.

W konkretnych zastosowaniach, istotne może być nie tylko natężenie promieniowania. Celowym może być także dostosowanie optymalnej częstotliwości, czyli długości fali elektromagnetycznej. I tak np. lampy UV mają być skuteczne w niszczeniu drobnoustrojów w powietrzu, w sieciach wodociągowych lub np. do sterylizacji narzędzi chirurgicznych lub dentystycznych. Promieniowanie UV o znacznej wartości indeksu jest też szeroko stosowane w przemyśle farmaceutycznym. W tabelce na rysunku 3 jest zestawienie indeksu UV z wartością analogową napięcia na wyjściu czujnika. Sercem czujnika GUVA-S12SD jest fotodioda Schottkyego wykonana na bazie azotku galu. Fotodioda ta zoptymalizowana jest do pracy w trybie fotowoltaicznym. W czujniku GUVA zintegrowano wzmacniacz operacyjny SGM8521.

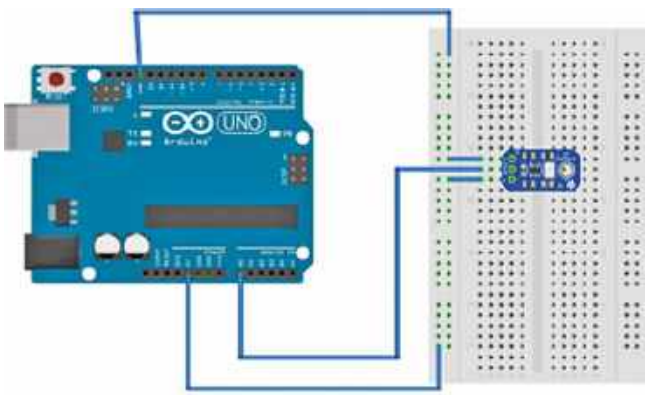
Tabela 1. Spis materiałów

Arduino UNO (MOD1)	1 szt.	w celu programowania
Sensor UV CJMCU-GUVA--S12SD (MOD1)	1 szt.	w celu detekcji UV rays
lampa UVC (MOD3)	1 szt.	lampa stosowana w celach dezynfekcyjnych
złącza – zworki	3 szt.	zworki z zakończeniami żeńskie/męskie

Wzmacniacz ten pracuje z napięciowym ujemnym sprzężeniem zwrotnym i jest to WO typu rail-to-rail zarówno od strony wejścia jak i wyjścia. Oznacza to, iż zakres napięcia wspólnego wejść jak i wyjścia pokrywa pełny przedział zasilania wzmacniacza operacyjnego. Wykorzystanie pełnego zakresu napięcia na wyjściu WO skutkuje brakiem, lub jedynie niewielkim ograniczeniem skali miernika względem zakresu jego zasilania. Rail-to-rail na wejściu jest istotny jedynie od strony ujemnego bieguna zasilania,

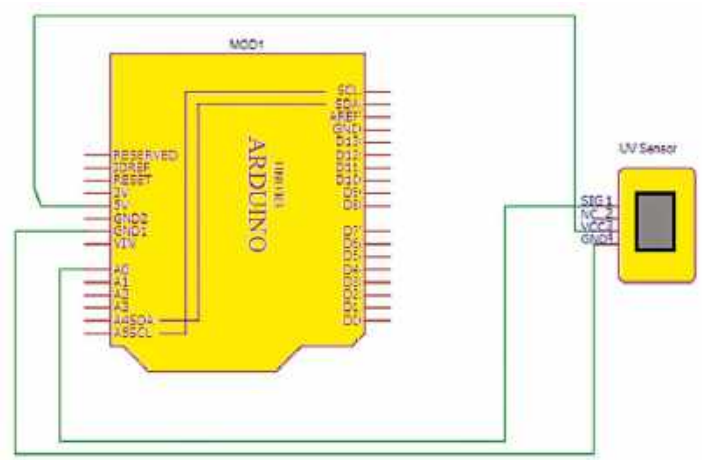


Rysunek 4. Schemat wewnętrzny oraz istotne parametry czujnika UV

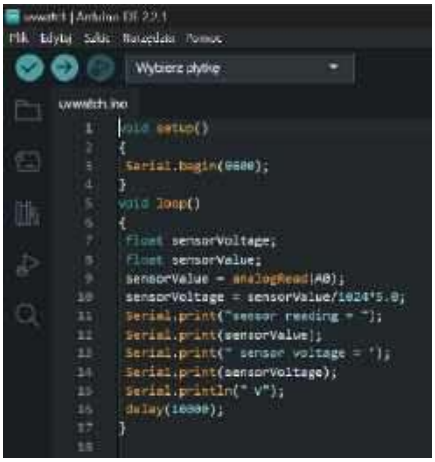


Rysunek 5. Połączenie podzespołów z wykorzystaniem uniwersalnej płytki breadboard

eprasa.pl cc29c17e01



Rysunek 6. Schemat ideowy zaproponowanego systemu



Rysunek 7. Zrzut ekranowy kodu źródłowego

co wymusza fotowoltaiczny tryb pracy fotodiody. Wzmacniacz operacyjny SGM8521 potrafi także pracować przy skrajnie niskim napięciu zasilania, co może mieć znaczenie szczególnie w przypadku zasilania bateryjnego. Przewidziany zakres Uzas to 2,1 V do 5,5 V. W zakresie częstotliwości pracy, SGM8521 charakteryzuje pasmo do 150 kHz i bardzo mały pobór prądu na linii zasilania, ok. 4,7 µA. Więcej informacji na temat samego czujnika zastosowanego w tym projekcie zebrano na rysunku 4. W tabeli 1 zebrano natomiast spis podzespołów niezbędnych dla niniejszego projektu.

Opis schematu

Bieżący projekt bazuje na płytce Arduino, i jedynym dodatkowym podzespołem jest moduł czujnika promieni UV. Schemat ideowy jest zatem bardzo prosty. Pokazano go na **rysunku 6**. Po skompletowaniu podzespołów zgodnie **z tabelą 1**, należy je połączyć wg schematu. Można posłużyć się schematem ideowym z rysunku 6 lub zbliżonym do niego schematem z rysunku 5. Z uwagi na daleko posuniętą prostotę schematu, praktycznie to samo można odczytać z **tabeli 2**.

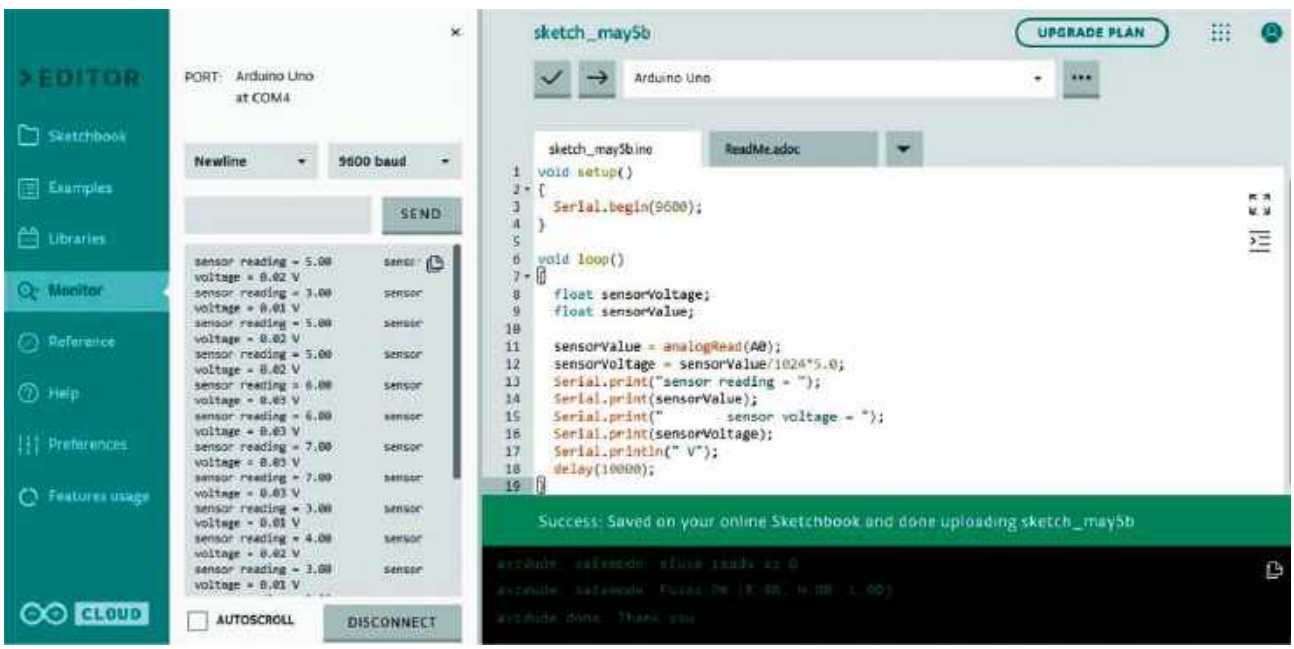
Po fizycznym zmontowaniu podzespołów, należy przystąpić do części softwareowej, co jest niezbędne z uwagi na wykorzystanie mikroprocesora. Należy zainstalować najnowszą wersję programu Arduino IDE i połączyć komputer z Arduino kablem USB. Działanie programu zarządzającego projektem sprowadza się do ciągłego czytania wartości analogowej z linii A0. Częstotliwość odczytów określona jest w pętli programowej na pozycji opóźnienia delay. Zrzut ekranowy szkicu kodu źródłowego pokazano na **rysunku 7**.

Testowanie układu

W celu przetestowania pracy układu, należy na fotodiodę czujnika skierować dowolne źródło promieni UV. Czujnik generuje odpowiednią wartość napięcia na swoim wyjściu. Wartość ta jest czytana z użyciem pętli programowej i instrukcji odczytu wartości analogowej. W kodzie programu ujęty jest przelicznik i na ekranie monitora wyświetlane są obie wartości, sensorValue i sensorVoltege. Na **rysunkach 8** i **9** widoczny jest wynik testów z wykorzystaniem smartwatcha i lampy UV C. Użyta do testów lampa jest stosowana w celach dezynfekcyjnych. Na obu rysunkach widać znaczną różnicę wskazań w obu przypadkach.

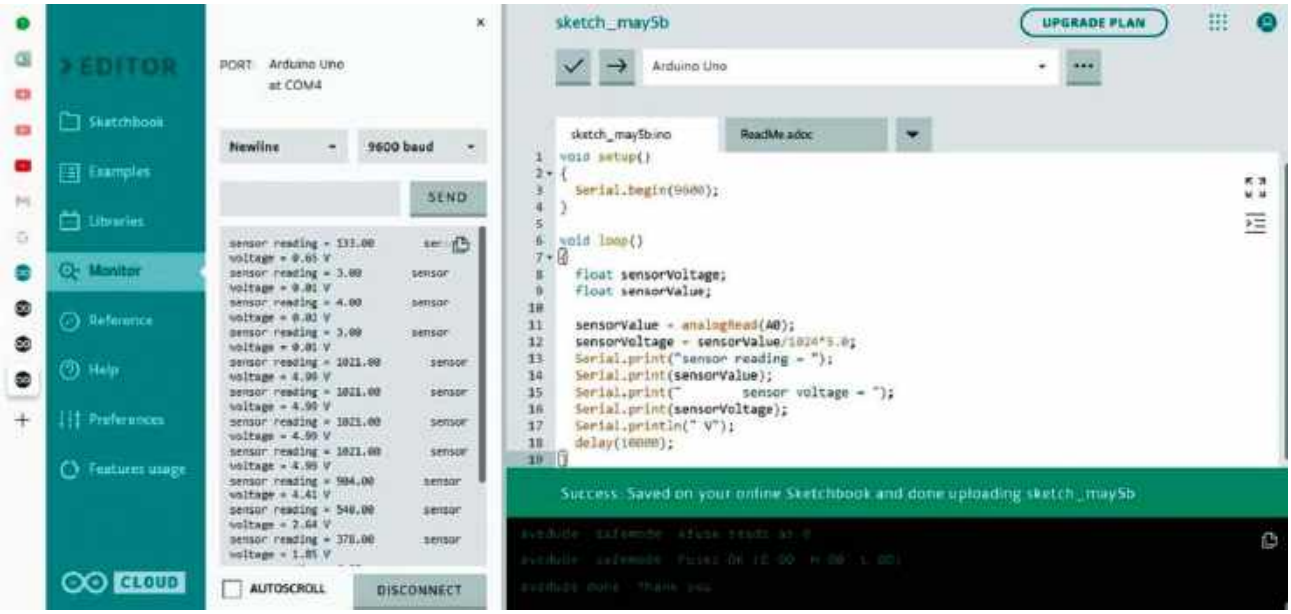
Parametry lampy użytej przez autora w celu przetestowania miernika natężenia światła ultrafioletowego są następujące:

- kształt i rozmiar lampy: A21,



Rysunek 8. Zrzut ekranowy podczas testowania smartwatcha

eprasa.pl cc29c17e01



Rysunek 9. Typowe odczyty dla lampy UV C

Tabela 2. Tabela połączeń między czujnikiem i Arduino board

Oznaczenie sygnału	Pin czujnika UV	Pin na Arduino Uno
GND	masa układu	GND
5 V	Zasilanie +5 V	5 V
OUT	Wyjście czujnika	Pin A0

- temperatura barwy: 4000 K,
- jasność: 22500 lumenów,
- moc lampy: 250 W,
- żywotność: 5000 godzin.

Konkludując wyniki testów, można wyciągnąć następujące wnioski. Ekran smartwatcha wytwarza minimalne promieniowanie w zakresie ultrafioletu. Tu odczytujemy indeks UV w przedziale 0...2. Odczyt ten jest z jednej strony testem urządzenia-miernika. Równocześnie powinien on nas uspokoić, iż noszenie zegarka smartwatch jest bezpieczne i nie stanowi żadnego zagrożenia dla zdrowia z powodu promieni UV. ■

Dr Geetali Saha
Parth Shah

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY", sierpień 2023 (efymag.com)

REKLAMA

UWAGA! **Tylko prenumeratorzy czasopism Elektronika dla Wszystkich, Elektronika Praktyczna, Świat Radio oraz Elektronik mogą korzystać z atrakcyjnych rabatów w Sklepie AVT:**

- ✓ **do 50% na wydania specjalne czasopism Wydawnictwa AVT**
- ✓ **20% na kity w wersji A (płytki drukowane do projektów AVT)**
- ✓ **10% na pozostałe wersje kitów: (A+, B, C, D)**
- ✓ **10% na książki**
- ✓ **5% na pozostałe produkty z oferty sklepu**

Ponadto każdy prenumerator ww. czasopism korzysta z rabatów od 30% do 50% na zakup czasopism z oferty www.UlubionyKiosk.pl

KLUB AVT ELEKTRONIKA

Jak uzyskać rabat? Podczas zamówienia powołaj się na swój numer prenumeraty – otrzymasz go mailowo po zakupie prenumeraty wraz z kartą członkowską Klubu AVT-Elektronika.

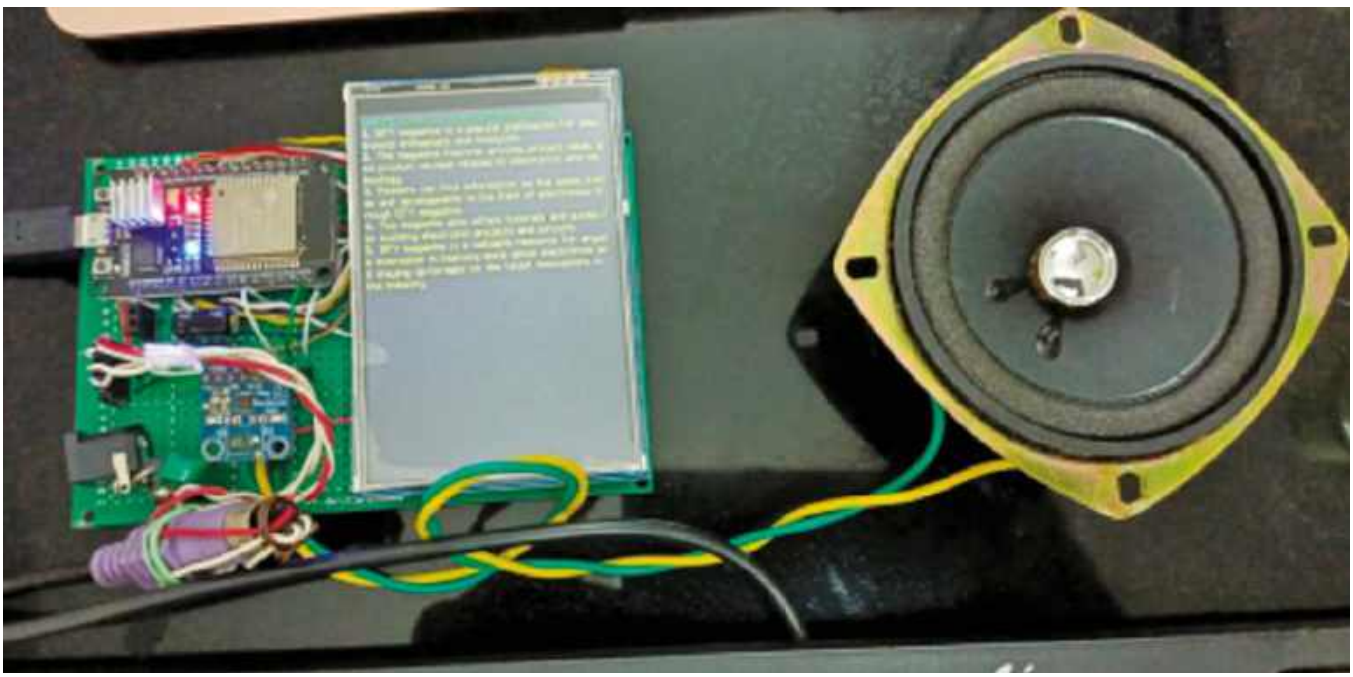
Regulamin Klubu AVT-Elektronika znajdziesz na stronie https://sklep.avt.pl/klub-avt-elektronika



eprasa.pl cc29c17e01

Terminal ChatGPT, który mówi z wykorzystaniem Google TTS

Ten projekt przenosi terminal ChatGPT opisany w EFY w listopadzie 2023 r. na wyższy poziom. Teraz mówi on z jakością VoiceGPT. W nowym projekcie funkcja wypowiadania pytań i odpowiedzi jest realizowana z użyciem modułu dźwiękowego MAX98357A. Siła i jakość dźwięku z głośnika jest imponująca, jest on wolny od zniekształceń, trzeba to usłyszeć, aby uwierzyć.



Rysunek 1. Prototyp urządzenia wykonany przez autora

Na **rysunku 1** widoczny jest prototyp urządzenia wykonany przez autora, a komponenty wymagane do budowy terminala są wymienione w zestawieniu materiałów (**tabela 1**).

W **tabeli 2** przedstawione są połączenia między płytką ESP32 (MOD1) a wyświetlaczem TFT o przekątnej 8,89 cm (3,5 cala) (MOD2).

Tabela 1. Zestawienie materiałów

Przedmioty	Ilość
ESP32 – MCU (MOD1)	1
Klawiatura PS2	1
Wyświetlacz TFT 3,5 cala (MOD2)	1
Przewody, płytka drukowana, złącza	20
Układ scalony regulatora 5 V (IC1)	1
Moduł dźwiękowy I²S MAX98357A (MOD3)	1
Kondensator 100 µF (C1, C2)	2
Dioda prostownicza 1N4007 (D1)	1

W **tabeli 3** przedstawione są połączenia między wtykiem na kablu od klawiatury PS2 a płytką ESP32.

Schemat i działanie układu

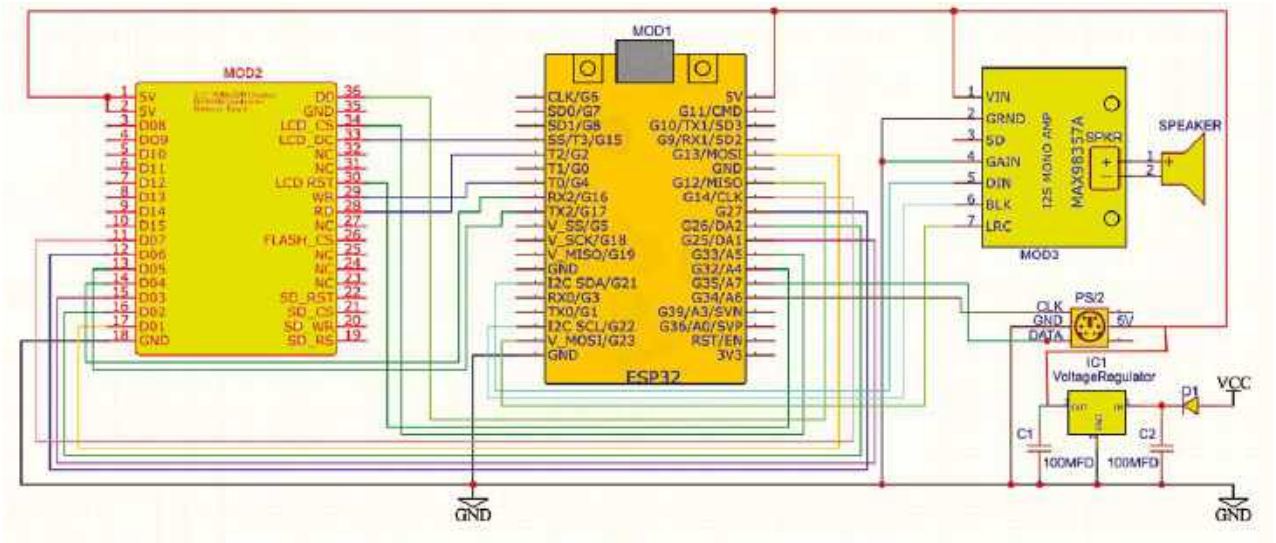
Na **rysunku 2** przedstawiony jest schemat układu terminala ChatGPT, zbudowanego z użyciem modułu ESP32 (MOD1), wyświetlacza TFT o przekątnej 3,5 cala (MOD2), wzmacniacza MAX98357A (MOD3), regulatora napięcia 7805 (IC1), klawiatury PS2 i kilku innych komponentów.

Wszystkie komponenty, w tym wyświetlacz, należy połączyć zgodnie ze schematem.

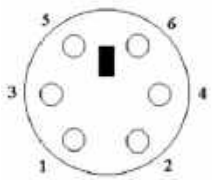
Tabela 2. Połączenia pinów między płytką ESP32 i 8,89 cm (3,5 cala) TFT

8,89 cm (3,5 cala) pin TFT	Pin płytki ESP32	8,89 cm (3,5 cala) TFT Pin	Pin ESP32
LCD_CS	G33	D02	G26
LCD_DC	G15	D03	G25
LED RST	G32	D04	G16/RX2
WR	G4	D05	G17/TX2
RD	G2	D06	G27
D0	G12	D07	G14
D01	G13	VCC/5 V	Regulator 5 V
GND	GND	ESP32 Gnd należy podłączyć do masy regulatora 5 V, a ESP32 Vin należy podłączyć do wyjścia regulatora 5 V.	

eprasa.pl cc29c17e01



Rysunek 2. Schemat układu terminala



Pin	Name
1	+Keyboard Data
2	Unused
3	Ground
4	+5 Volts
5	Clock
6	Unused

Rysunek 3. Wtyk klawiatury i myszy PS2

W miejsce regulatora napięcia typu 7805 można użyć zasilacza o napięciu wyjściowym równym 5 V.

Należy zwrócić uwagę, że pin GAIN wzmacniacza MAX98357A jest podłączony do masy w celu zwiększenia mocy wyjściowej. Usunięcie tego połączenia nieznacznie zmniejszy moc wyjściową.

Klawiatura PS2, podobnie jak klawiatura USB, potrzebuje tylko dwóch przewodów sygnałowych do połączenia z mikrokontrolerem, który w tym przypadku jest urządzeniem typu data-in. Dlatego można wykorzystać piny G34 i G35 płytki ESP32, które stanowią wejścia cyfrowe. Tych pinów nie należy używać do sterowania ekranem TFT, diodami LED, przekaźnikami itp. jednak doskonale nadają się do współpracy z klawiaturą. Oczywiście klawiaturę PS2 można podłączyć do dowolnych innych pinów GPIO.

Na **rysunku 3** przedstawiony jest rozkład wyprowadzeń we wtyku klawiatury i myszy PS2.

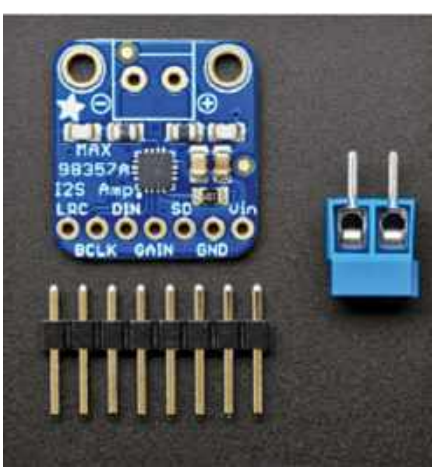
Na **rysunku 4** przedstawiony jest moduł głosowy pracujący na szynie I²S.



Rysunek 4. Moduł głosowy I²S

Prowadzenie rozmów przez ChatGPT

Prowadzenie rozmów przez ChatGPT jest proste dzięki przełomowemu rozwiązaniu Google TTS (text-to-speech) i wykorzystaniu płytki ESP32. We wcześniejszych projektach stosowano kilka darmowych, sterowanych sprzętowo bibliotek dźwiękowych, takich jak ESP8266SAM.h, AudioOutputI2S.h i AudioGeneratorRTTl.h. Pomimo, że działają one poprawnie także na płytce ESP32, jakość dźwięku jest



rozczarowująca. W przypadku dłuższej wypowiedzi maleje jej zrozumiałość, ma się wrażenie jakby ktoś mówił przez długą rurę. Biblioteka AudioGeneratorRTTL.h generuje piękne dzwonki, jednak nie pozwala na tworzenie komunikatów głosowych. Dlatego wybór padł na Google TTS.

Aby wzmacniacz MAX98357A z interfejsem I²S współpracował z Google TTS wymagane są tylko trzy połączenia z pinami GPIO i dostęp do Internetu. Ponadto niezbędne są cztery pliki nagłówkowe, dostępne na GitHub w postaci skompresowanej do pliku zip.

W ramach jednego konta Google TTS może bezpłatnie wypowiedzieć milion znaków miesięcznie. Ponadto, liczba znaków wypowiadanych za jednym razem jest ograniczona do dwustu. Po przekroczeniu

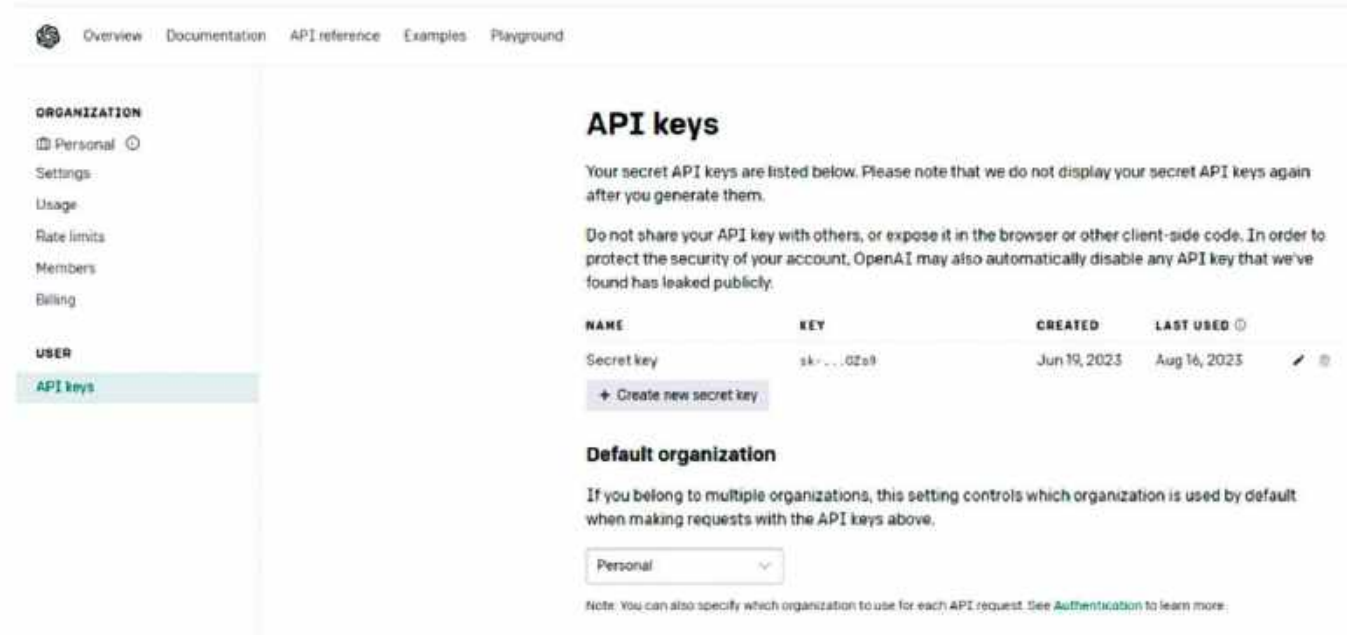
Tabela 3. Połączenia pinów między klawiaturą PS2 a płytką ESP32

Pin klawiatury PS2	Pin ESP32
pin DATA	G35
pin CLK	G34
5 V	Pin 5 V regulatora napięcia 7805 (IC1)
GND	GND

Tabela 4. Połączenia pinów między MAX98357A (MOD3) i płytką ESP32 (MOD1)

MAX98357A	Pin ESP32
DIN	G21
BLK	G22
LRC	G23
GND	GND
5 V	Pin 5 V regulatora napięcia 7805 (IC1)

eprasa.pl cc29c17e01



Rysunek 5. Tworzenie kluczy API OPEN-AI

tych ograniczeń wymagane jest płatne konto Google TTS. Dlatego warto stosować skróty i zamiast Electronics For You powiedzieć EFY.

Wystarczy zadać pytanie, poszukać odpowiedzi lub poprosić o fragment kodu, a moduł ESP32 z klawiaturą PS2 pomoże w stworzeniu opisu problemu na ekranie TFT. Następnie moduł ESP32 wyśle pytanie do ChatGPT, a uzyskane dane wyjściowe zostaną wyświetlone na tym samym ekranie. Jednocześnie głośnik podłączony do wzmacniacza MAX98357A będzie wypowiadał tekst widoczny na ekranie.

Do tej pracy nie jest wymagany komputer multimedialny, choć niezbędne jest połączenie internetowe i własny klucz dostępu do interfejsu API ChatGPT, stanowiący jedyne kryterium dostępu do interfejsu API openai.com. Nie jest wymagane użycie loginu i hasła.

Można się zastanawiać, dlaczego w projekcie użyto starej klawiatury PS2 zamiast nowszego modelu USB. Podjęto próbę użycia małej klawiatury USB, jednak nie komunikowała się ona z modułem ESP32. To samo dotyczyło klawiatury Bluetooth.

Kod oprogramowania został opracowany w Arduino IDE. Należy w nim skonfigurować klucz do API OPEN AI oraz SSID i hasło dla Wi-Fi. Skompilowany kod źródłowy trzeba przesłać do modułu ESP32, wybierając odpowiedni port COM i płytkę ESP32.

Na **rysunku 5** przedstawiony jest sposób tworzenia kluczy API OPEN-AI.

Na **rysunku 6** przedstawiony jest fragment kodu źródłowego.

Montaż i testowanie urządzenia

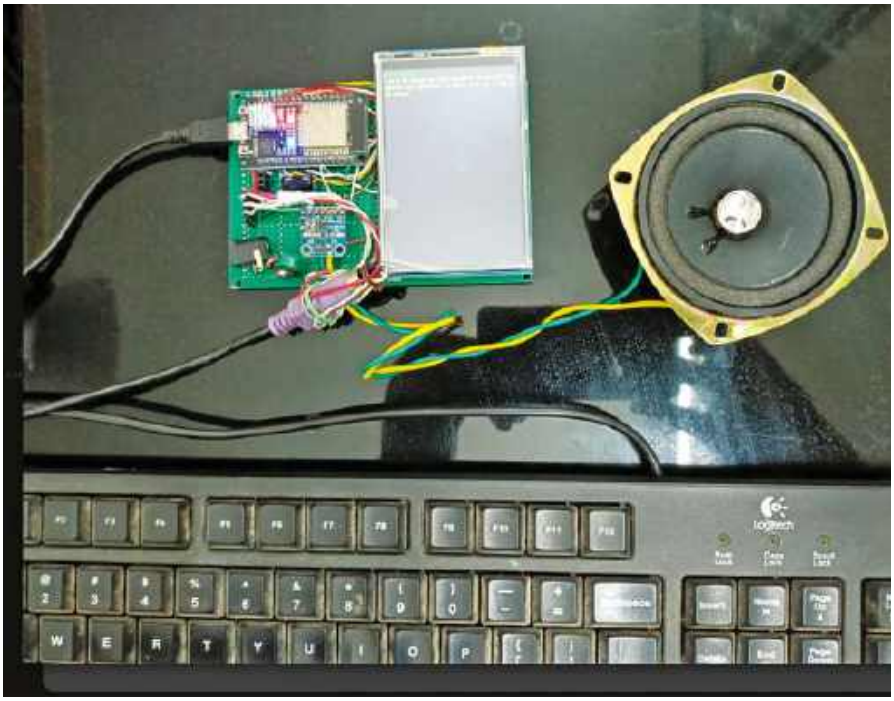
Układ można zmontować na płytce drukowanej ogólnego przeznaczenia, jak to zrobiono w prototypie wykonanym przez autora. Najpierw na płytkę ESP32 należy wgrać skompilowany kod źródłowy terminala. Następnie, przed przystąpieniem do montażu, należy zapoznać się z tabelami od 2 do 4. Gdy wszystko jest gotowe należy włączyć zasilanie i odczekać pewien czas.

Opóźnienia używane wewnątrz pętli są dość specyficzne. Można je dostosować, ale zaleca się rozpoczęcie prób od podanych wartości. W razie potrzeby, po uzyskaniu zrozumiałych dźwięków można dokonać korekt. Odpowiedzi

```
26  byte x, y;  // track lcd position
27  int datalength;
28
29  int a=0;
30  int b=5;
31  String msg="";
32  const char backslash = 3;
33  char c;
34
35  const char* ssid = "*****";
36  const char* password = "**********";
37  const char* api_key = "**********";
38
39  void connectToWiFi() {
40    WiFi.begin(ssid, password);
41    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
42      delay(1000);
43      Serial.println("Connecting to WiFi...");
44    }
45    Serial.println("Connected to WiFi!");
46  }
47
48  // currently un-used:
49  #define is_printable(c) (!(c&0x80))   // don't print if top bit is set
50
51  void setup() {
52    delay(300);
53    keyboard.begin(DataPin, IRQpin);
54    Serial.begin(115200);
55    tft.init();
56    audio.setPinout(I2S_BCLK, I2S_LRC, I2S_DOUT);
57    audio.setVolume(50);
```

Rysunek 6. Fragment kodu źródłowego

eprasa.pl cc29c17e01



Rysunek 7. Testowanie układu z podłączoną klawiaturą i głośnikiem

na początkowe pytania, takie jak „kim jesteś?”, są skrupulatnie udzielone przez ChatGPT. Na ekranie tworzona jest autoprezentacja, a głośnik ładnie ją wygłasza.

Następnie w ramach testów zadawano bardziej zaawansowane pytania, takie jak „powiedz coś o EFY” i „odległość między Ziemią a Słońcem”. Za każdym razem ChatGPT wyraźnie rozumiał narrację i udzielał skrupulatnych odpowiedzi. Głośnik działał bezbłędnie, przekazując dźwięki wyraźnie i głośno.

Najbardziej zaawansowany poziom pytań obejmował zadania, takie jak napisanie pięciu zdań o EFY, Indiach, NTPC, Google.com itp. We wszystkich testach ChatGPT wypadł wyjątkowo dobrze.

Ponieważ jednak długości tych odpowiedzi przekraczały dwieście znaków, Google TTS odmawiał ich wypowiadania. Aby temu zaradzić, ciąg znaków został przycięty i skrócony do dwustu. W ten sposób pełna odpowiedź pojawiała się na ekranie a wypowiadanych było tylko dwieście znaków. Ostateczną wersję prototypu autora, w tym klawiaturę używaną podczas testów, pokazano na **rysunku 7**.

Dalsze działania

Kolejna modyfikacja tego terminala sprawi, że będzie on w pełni interaktywny głosowo, dzięki temu będzie słuchał pytań i odpowiadał jak posłuszny robot! Wykonanie tego zadania pozostawiamy czytelnikom EFY. ■

Somnath Bera

Strona projektu: https://www.electronicsforu.com/electronics-projects/voice-chatgpt-terminal

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY”, maj 2024 (efymag.com)

REKLAMA

Publikujemy dla projektantów i programistów elektroniki

ELPORTAL.pl

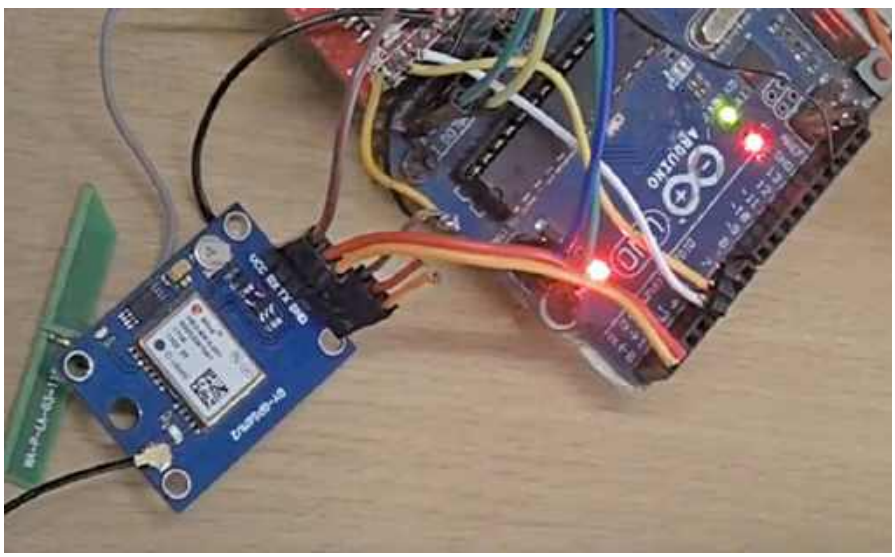


eprasa.pl cc29c17e01

Lokalizator GPS zbudowany na Arduino

Lokalizator GPS pracuje w czasie rzeczywistym i wykorzystuje sygnały satelitarne do dokładnego określenia lokalizacji jakiegoś obiektu lub osoby. System GPS został opracowany przez Departament Obrony Stanów Zjednoczonych. Pierwotnie służył wyłącznie do zastosowań wojskowych. Obecnie stał się powszechnie dostępny, także do użytku cywilnego. Lokalizatory GPS składają się z komponentów sprzętowych i programowych, które współpracują ze sobą w celu odbioru sygnałów z satelitów GPS, obliczania dokładnych współrzędnych geograficznych i przesyłania tych informacji do urządzenia końcowego. Lokalizatory GPS mogą być instalowane w pojazdach, smartfonach, urządzeniach przenośnych lub dołączane do różnych zasobów w celu monitorowania ich ruchu, lokalizacji i zbierania innych istotnych danych. Są one powszechnie stosowane w różnych branżach, takich jak transport, logistyka, zarządzanie flotą, bezpieczeństwo osobiste i śledzenie zasobów. W ostatnich latach dostępność systemów GPS doprowadziła do ich masowego stosowania również w aplikacjach konsumenckich.

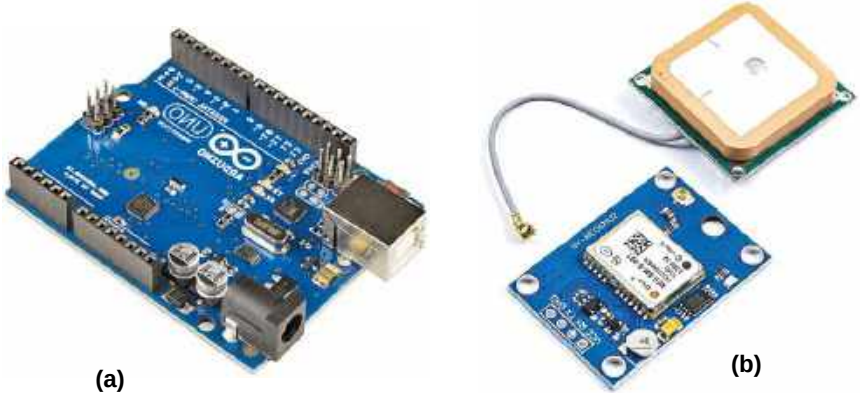
Opisywane urządzenie śledzące zostało zaprojektowane z myślą o instalacji w robotach i pojazdach, z możliwością zaprogramowania zgodnie z potrzebami użytkowników. Autorski prototyp pokazano na **rysunku 1**. Komponenty wymagane do zbudowania tego urządzenia są wymienione w zestawieniu materiałów, zaś ich wygląd jest pokazany na **rysunku 2**.



Rysunek 1. Autorski prototyp

Płytka Arduino Uno

Arduino Uno to jedna z najpopularniejszych płytek z w ofercie firmy Arduino. Jest zbudowana w oparciu o mikrokontroler ATmega328P i stanowi prostą, dostępną platformę dla entuzjastów elektroniki, hobbystów i profesjonalistów, służącą do tworzenia własnych interaktywnych projektów. Sercem Arduino Uno jest mikrokontroler ATmega328P, który odpowiada za wykonywanie programu i sterowanie urządzeniem. Pracuje on z częstotliwością taktowania 16 MHz. Płytka, ma 14 cyfrowych pinów wejścia/wyjścia i jedno złącze USB, umożliwiające przesyłanie kodu z komputera na płytkę i komunikowanie się z nią.



(a) (b)

Rysunek 2. Płytka Arduino i moduł GPS NEO-6M

Moduł GPS NEO-6M

Jest to kompaktowy, niedrogi odbiornik GPS, szeroko stosowany w różnych aplikacjach elektronicznych, które wymagają dokładnych informacji o położeniu i czasie. Podstawowe informacje dotyczące modułu GPS NEO-6M wraz z jego specyfikacją można zobaczyć na **rysunku 3**.

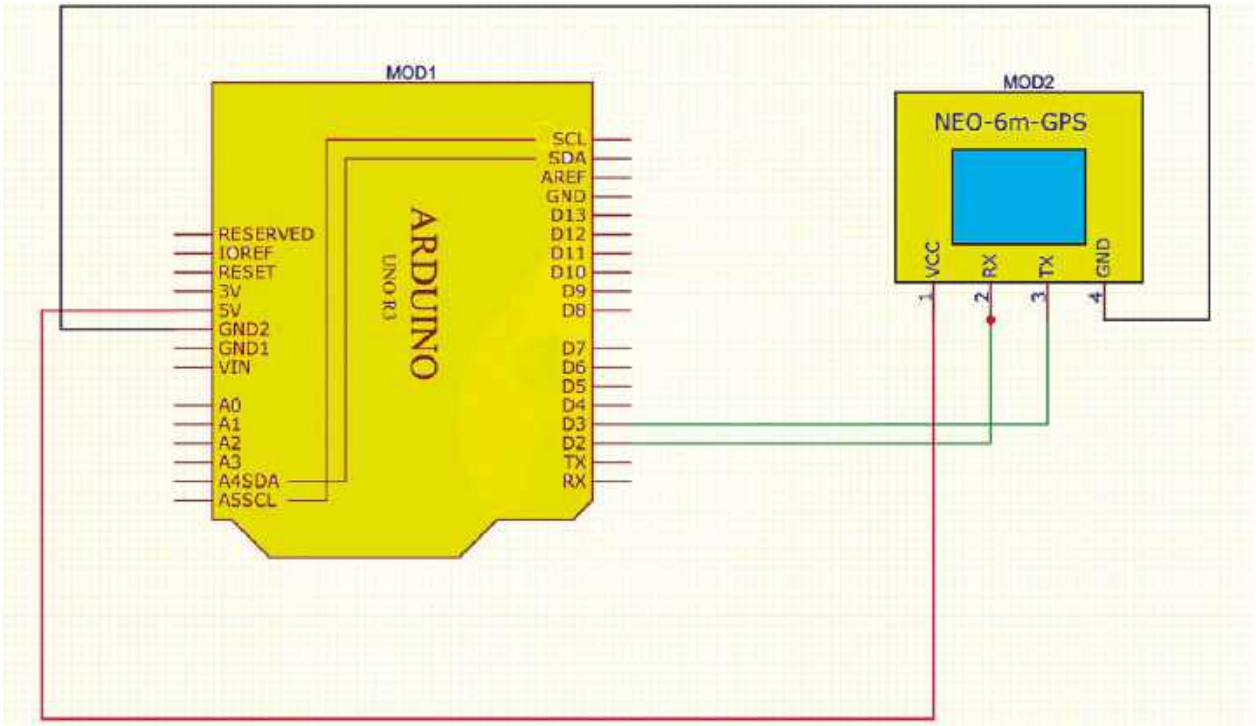
Typ odbiornika:

- 50-kanałowy silnik pozycjonujący u-blox 6
- Systemy satelitarne: GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou

Dokładność pozycjonowania:

- Poziomo: <2,5 metra (pozycjonowanie GPS/GNSS)

eprasa.pl cc29c17e01



Rysunek 4. Schemat urządzenia śledzącego GPS

Zestawienie materiałów	
Arduino Uno (MOD1)	1
Moduł GPS NEO 6M lub podobny (MOD2)	1
Przewody połączeniowe	10
zasilacz USB typu C	1

- Pionowo: <4,0 metrów (pozycjonowanie GPS/GNSS)
- Częstotliwość aktualizacji: do 5 Hz (konfigurowalna)

Czułość odbiornika:
- Śledzenie: –161 dBm
- Ponowna akwizycja: –160 dBm
- Zimny start: –147 dBm

Napięcie robocze:
- od 3,0 V do 5,0 V DC

Interfejsy:
- UART (poziom TTL), domyślna szybkość transmisji: 9600bps
- Gniazdo antenowe: złącze SMA lub u.fl

Temperatura pracy:
- od –40°C do +85°C

```
#include <SoftwareSerial.h>

// Define the RX and TX pins for the SoftwareSerial interface
#define GPS_TX_PIN 2
#define GPS_RX_PIN 3

// Create a SoftwareSerial object for communication with the NEO-6M GPS module
SoftwareSerial gpsSerial(GPS_RX_PIN, GPS_TX_PIN);

void setup() {
  // Initialize serial communication with the computer
  Serial.begin(9600);

  // Initialize serial communication with the GPS module
  gpsSerial.begin(9600);
}

void loop() {
  // Read data from the GPS module and send it to the computer
  if (gpsSerial.available()) {
    char c = gpsSerial.read();
    Serial.write(c);
  }

  // Read data from the computer and send it to the GPS module
  if (Serial.available()) {
    char c = Serial.read();
    gpsSerial.write(c);
  }
}
```

Rysunek 5. Fragment kodu źródłowego

Schemat połączeń

Na **rysunku 4** przedstawiony jest schemat układu wykorzystującego moduł Arduino Uno (MOD1) i moduł GPS NEO-6M (MOD2). Ponieważ moduł GPS komunikuje się z mikrokontrolerem z użyciem łącza szeregowego, piny D2 i D3 płytki Arduino Uno są podłączone odpowiednio do pinów 2 (RX) i 3 (TX) modułu GPS NEO-6M. W tym projekcie używany jest programowy interfejs szeregowy, zdefiniowany w kodzie.

Płytka Arduino jest zasilana z wbudowanego złącza USB zaś moduł GPS pobiera napięcie zasilające z pinów 5 V i GND na płytce Arduino.

Oprogramowanie

Kod źródłowy jest tworzony w kompilatorze Arduino IDE. Ponieważ moduł GPS przesyła dane przez interfejs szeregowy, użyta została biblioteka SoftwareSerial. W kodzie są zdefiniowane numery pinów RX i TX

eprasa.pl cc29c17e01

```ino
#include <SoftwareSerial.h>
#include <TinyGPS.h>

// Define the RX and TX pins for the SoftwareSerial interface
#define GPS_TX_PIN 2
#define GPS_RX_PIN 3

// Create a SoftwareSerial object for communication with the GPS module
SoftwareSerial gpsSerial(GPS_RX_PIN, GPS_TX_PIN);

// Create a TinyGPS object
TinyGPS gps;

void setup() {
  // Initialize serial communication with the computer
  Serial.begin(9600);

  // Initialize serial communication with the GPS module
  gpsSerial.begin(9600);
}

void loop() {
  // Read data from the GPS module
  while (gpsSerial.available() > 0) {
    if (gps.encode(gpsSerial.read())) {
      // If a valid NMEA sentence is decoded, extract and print the data
      float latitude, longitude;
      unsigned long fix_age;
      gps.f_get_position(&latitude, &longitude, &fix_age);

      Serial.print("Latitude: ");
      Serial.println(latitude, 6);
      Serial.print("Longitude: ");
      Serial.println(longitude, 6);
    }
  }
}
```

Rysunek 6. Końcowy fragment kodu źródłowego

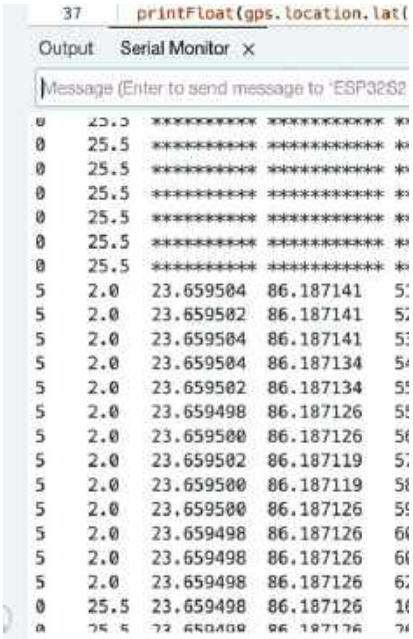
dla interfejsu SoftwareSerial. Szybkość transmisji jest ustawiona na 9600. Dalszy fragment kodu służy do przerzucania danych między modułem GPS a komputerem. Na **rysunku 5** przedstawiony jest przykładowy fragment kodu źródłowego.

Strumień danych można obserwować otwierając monitor szeregowy na komputerze. Jedna z przykładowych linii danych może wyglądać następująco:

```
$GPGGA,123519,4807.038,N,01131.000,E,
1,08,0.9,545.4,M,46.9,M,,*47
```

W tym przykładzie $GPGGA to przedrostek wskazujący na typ danych (w tym przypadku dane są wytwarzane przez system GPS). Kolejne pola zawierają szczegółowe informacje, takie jak czas (123519), szerokość geograficzna (4807.038 N), długość geograficzna (01131.000 E), liczba satelitów zasięgu odbiornika (08), wysokość (545.4 metrów) itp.

Do dekodowania zdań zgodnych ze specyfikacją NMEA (National Marine Electronics Association) za pomocą Arduino można użyć bibliotek, takich jak TinyGPS. Na rysunku 6 przedstawiony jest końcowy fragment kodu, w którym biblioteka TinyGPS jest używana do dekodowania zdań NMEA odbieranych z modułu GPS za pośrednictwem SoftwareSerial. Znaki z interfejsu szeregowego modułu GPS są odczytywane wewnątrz pętli loop(), następnie są przekazywane do funkcji gps.encode(). Gdy kompletne zdanie NMEA zostanie odebrane i pomyślnie zdekodowane, szerokość i długość



Rysunek 7. Monitor szeregowy pokazujący dane GPS

Dla tego projektu przygotowano film, dostępny pod adresem: https://youtu.be/keBg3BC__XY.

geograficzna są wyodrębniane za pomocą funkcji gps.f_get_position() i drukowane na monitorze szeregowym.

Testowanie

Po wgraniu skompilowanego kodu źródłowego do mikrokontrolera i połączeniu płytki Arduino Uno z modułem NEO-6M, układ jest gotowy do użycia. Na tym etapie należy włączyć zasilanie układu i na komputerze otworzyć monitor szeregowy. Na ekranie monitora będą wyświetlane bieżące dane, dotyczące szerokości i długości geograficznej odbiornika GPS.

Dane dotyczące lokalizacji mogą być przeniesione na mapę. W tym celu należy je odczytać i wprowadzić do aplikacji Google Maps. Na **rysunku 7** przedstawiony jest ekran monitora szeregowego pokazujący przykładowe dane lokalizacyjne z odbiornika GPS. ■

Rajesh Rathakrishnan

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY”, czerwiec 2024 (efymag.com)

REKLAMA

numery archiwalne . prenumerata . książki
www.UlubionyKiosk.pl

eprasa.pl cc29c17e01



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

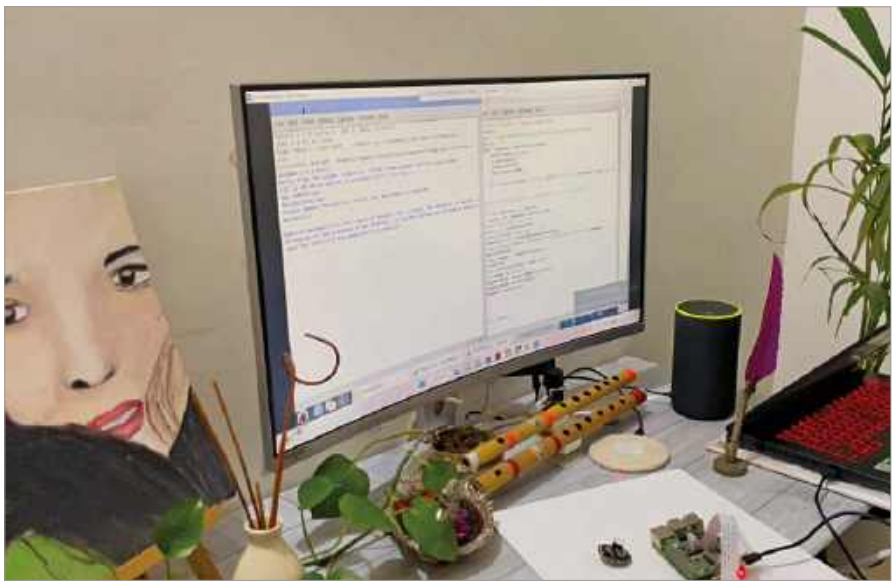
- Centrum Edukacji Zawodowej, 82-200 Malbork, De Gaulle'a 75a
- Centrum Edukacji Zawodowej i Biznesu, 66-400 Gorzów Wielkopolski, Pomorska 67
- Gminny Zespół Szkolno-Przedszkolny nr 4 w Więckach, 42-110 Popów, Więcki, Szkolna 1
- Górnośląskie Centrum Edukacyjne im. Marii Skłodowskiej-Curie w Gliwicach,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

eprasa.pl cc29c17e01

VoiceGPT z obsługą wielu języków

Kiedyś korzystaliśmy z pakietu ChatGPT, później przekształciliśmy go w VoiceGPT, czyniąc go zaawansowanym asystentem głosowym, który potrafi rozmawiać. Zakończyliśmy projekt z obietnicą opracowania bardziej zaawansowanych funkcji i wydania kolejnej wersji. Obecnie nasz VoiceGPT potrafi już mówić w wielu językach.

Do urządzenia z pakietem ChatGPT można mówić w swoim własnym języku, ponieważ obsługuje on ponad sto różnych języków. Jest to duża zmiana w stosunku do aplikacji Alexy. Teraz można korzystać z inteligentnego asystenta, który komunikuje się z użytkownikiem w wielu językach. Na **rysunku 1** przedstawiona jest konfiguracja stosowana przez autora do testowania projektu. Zestawienie podzespołów systemu przedstawiono w ramce. Wystarczy zebrać wszystkie te elementy i połączyć z wykorzystaniem istniejących gniazd, bez konieczności odwoływania się do schematu połączeń.



Rysunek 1. Autorska konfiguracja do testowania projektu

Red: Materiał jest kontynuacją wcześniejszego opracowania autora, dostępnego pod adresem: https://www.electronicsforu.com/electronics-projects/hardware-diy/how-to-convert-chatgpt-into-an-advanced-voice-assistant

Konfiguracja sterowania głosowego ChatGPT

Aby rozpocząć pracę, należy założyć konto na portalu OpenAI i uzyskać klucz API dla aplikacji OpenAI. Po skonfigurowaniu konta AI można dodać funkcję tworzenia raportów, w oparciu o własne wymagania i sposób wykorzystania aplikacji. Po wykonaniu tych czynności można już zająć się kodem.

Opracowaliśmy wersję do ręcznego wprowadzania kodu asystenta głosowego VoiceGPT, oraz wersję automatyczną, która sama wykrywa używany język i wprowadza kod. Przejdźmy do kodowania.

Kod do rozmowy z użyciem ChatGPT

Najpierw należy zaimportować niezbędne biblioteki do rozpoznawania mowy, takie jak NLP lub GTTS. Alternatywnie można użyć OpenAI Whisper. Następnie należy wybrać model ChatGPT, który będzie używany. Z uwagi na potrzebę obsługi wielu języków, zastosujemy model „text-davinci-003”. Na koniec należy skonfigurować API OpenAI.

Zestawienie materiałów

Element	Liczba	Opis
Raspberry Pi 4	1	1 GB
USB MIC	1	Mikrofon
Głośnik	1	wyjście audio
zasilacz 5 V DC	1	5 V 2 A

```
File  Edit  Format  Run  Options  Window  Help
import speech_recognition as sr
import math
import time
import sys
import openai
import pygame
from gtts import gTTS
pygame.mixer.init()
import pyttsx3
from langdetect import detect

#model_to_use="text-davinci-003" # most capable
#model_to_use="text-curie-001"
#model_to_use="text-babbage-001"
model_to_use="text-davinci-003" # lowest token cost
language_code= "hi"
r = sr.Recognizer()
#openai.api_key="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"
#openai.api_key="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"
openai.api_key="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"

def chatGPT(query):
        response = openai.Completion.create(
                model=model_to_use,
                prompt=query,
                temperature=0.7,
                max_tokens=100
```

Rysunek 2. Fragment kodu ustawiający API i nazwę modelu GPT

eprasa.pl cc29c17e01

```
with sr.Microphone() as source:
    r.adjust_for_ambient_noise(source)
    print("Say something!")
    audio = r.listen(source)
    print("Recognizing Now .... ")
    try:
        # using google speech recognition
        #command=str(r.recognize_google(audio))
        text = r.recognize_google(audio, language="hi")
        command=str(text)
        print(command)
    except Exception as e:
        print("Error: " + str(e))
        command=""
    print("Google Speech Recognition thinks you said " + command)
    query=command
    (res, usage) = chatGPT(query)
    print(res)
    tts = gTTS(text=res, lang='hi')
    tts.save("good.mp3")
    pygame.mixer.music.load("good.mp3")
    pygame.mixer.music.play()
    #espeak.synth(res)
```

Rysunek 3. Fragment kodu ustawiający kod używanego języka

Stworzyliśmy funkcję ChatGPT, w której definiujemy zapytanie do modelu, wybieramy model, ustawiamy temperaturę oraz inne istotne parametry. Można modyfikować te wartości zgodnie z własnymi wymaganiami. **Rysunek 2** przedstawia fragment kodu konfigurującego API oraz model GPT.

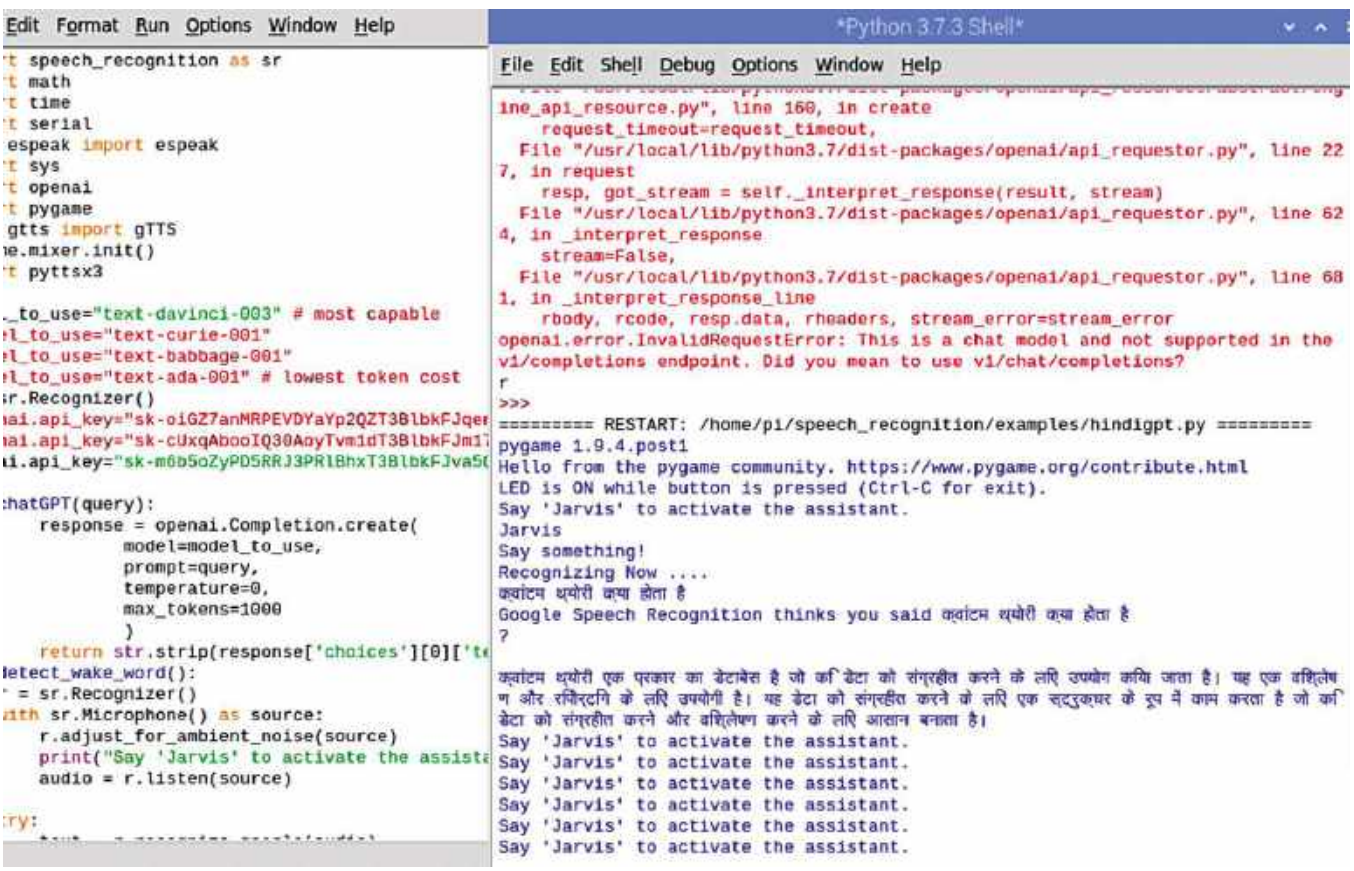
Następnie w kodzie tworzona jest pętla analizująca sygnał z mikrofonu i przechwytująca ludzki głos, z jednoczesną filtracją szumów z tła. Kluczowym krokiem jest ustawienie w kodzie języka, co pozwala NLP rozpoznać mowę w wybranym języku i przekazać ją do ChatGPT, aby odpowiedź została wygenerowana w tym samym języku. Następnie NLP przetwarza odpowiedź i konwertuje ją na mowę, dzięki czemu możesz usłyszeć wynik w preferowanym języku.

W tej wersji kodu sami definiujemy język wymagany przez użytkownika. Na przykład, jeśli rozmowa ma się odbyć w języku hindi należy ustawić kod języka jako „hi”. W ten sposób aplikacja NLP rozpozna wszystko, co zostanie wypowiedziane w tym języku a ChatGPT też w nim odpowie. Aplikacja NLP przetworzy odpowiedź na komunikat głosowy w języku hindi. Na **rysunku 3** przedstawiony jest fragment kodu, który decyduje o użyciu konkretnego języka.

Teraz, gdy kod jest gotowy do użycia, można go uruchomić i mówić w języku hindi lub innym, który został wybrany. Moduł VoiceGPT rozpoznaje mowę i odpowiada z użyciem ChatGPT. Na **rysunku 4** przedstawiona jest reakcja modułu VoiceGPT działającego w języku hindi, dostarczającego zarówno informację tekstową, jak i głosową.

Wielojęzyczny czat głosowy z użyciem ChatGPT

Na wstępie wspomniano, że ChatGPT jest wielojęzyczny, co oznacza, że może automatycznie wykrywać język i zmieniać parametry komunikacji. W takim przypadku wystarczy uruchomić kod tylko raz, nie zachodzi potrzeba jego ręcznej korekty. By to uzyskać konieczna jest modyfikacja dotychczasowego kodu i stworzenie kolejnej wersji, która automatycznie wykrywa język. Do tego niezbędny jest kolejny moduł o nazwie „languagedetect”. Aby go zainstalować należy wpisać w terminalu następujące polecenie:



Rysunek 4. VoiceGPT rozpoznający język hindi i mówiący w tym języku z tekstem i głosem jako danymi wyjściowymi

eprasa.pl cc29c17e01

Dla tego projektu przygotowano film, dostępny pod adresem: https://youtu.be/Mm6CNqXj02M.

```
sudo pip3 install langdetect
```

Powoduje to import niezbędnych modułów Pythona, w tym „langdetect" wraz z OpenAI. Na **rysunku 5** przedstawiony jest proces importowania modułu do wykrywania języka.

Następnie należy stworzyć kolejną funkcję o nazwie „detect_language", która prosi o wprowadzenie tekstu i automatycznie wykrywa język w zapytaniu wejściowym. Można wprowadzić tekst w dowolnym języku, takim jak koreański, dewanagari, marlin, łacina itp., a funkcja automatycznie go wykryje. Na **rysunku 6** przedstawiony jest proces tworzenia funkcji do wykrywania języka.

Po wykryciu języka należy zmienić kod używając wartości określonej przez funkcję „detect_language". W pętli while przechwytujemy dźwięk, wyodrębniamy ludzki głos i używamy NLP w wykrytym języku, aby przekonwertować głos na tekst.

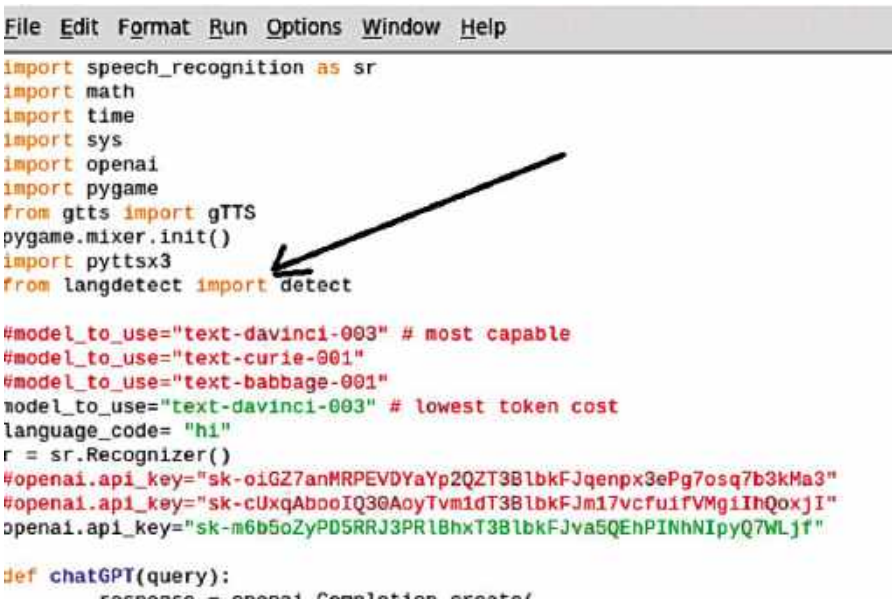
Tekst ten jest następnie wysyłany do ChatGPT jako zapytanie, a NLP konwertuje odpowiedź na komunikat głosowy w tym samym języku. Gratulacje, kod jest gotowy do użycia, a pakiet VoiceGPT z obsługą wielu języków jest przygotowany do wygłaszania odpowiedzi przez głośnik.

Testowanie systemu sterowania głosowego ChatGPT

Teraz można uruchomić kod. Użytkownik zostanie poproszony o wprowadzenie zapytania w dowolnym języku, a urządzenie automatycznie wykryje jaki to język i skomunikuje się z ChatGPT. Od tego momentu można rozmawiać z użyciem ChatGPT w dowolnym języku. Program zrozumie mowę i odpowie za pomocą tego samego interfejsu. Na **rysunku 7** pokazany jest przykładowy kod użyty do przetestowania tego projektu. ■

Ashwini Kumar Sinha

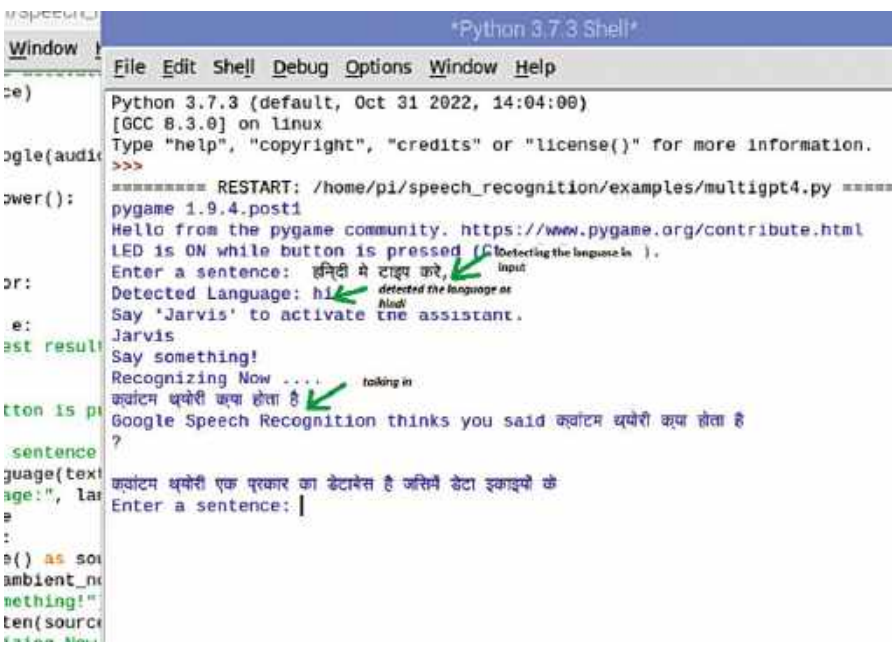
Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY", sierpień 2023 (efymag.com)



Rysunek 5. Importowanie modułu wykrywania języka

```
def chatGPT(query):
        response = openai.Completion.create(
                model=model_to_use,
                prompt=query,
                temperature=0.7,
                max_tokens=100,
                n=1,
                stop=None,
                )
        return str.strip(response['choices'][0]['text']), response['usage']['tot
def detect_language(text):
    return detect(text)
```

Rysunek 6. Tworzenie funkcji wykrywania języka



Rysunek 7. Kod użyty do testowania

Znajdziesz nas również na Facebooku: facebook.com/ElportalPL

eprasa.pl cc29c17e01

ELEKTRONIKA dla wszystkich
JUNIOR
nr 4/2025 (10)



Karol. Młodzi Entuzjaści Elektroniki, Szkoła Podstawowa nr 86, Wrocław

Stroboskop to urządzenie emitujące szybkie i intensywne rozbłyski światła. Juniorom może kojarzyć się przede wszystkim ze szkolnymi dyskotekami, gdzie często stanowi ważny element oprawy takiego wydarzenia. Podczas tego spotkania zbudujesz niezawodny, bezpieczny w użytkowaniu, a do tego mobilny stroboskop oparty na układzie 4060 i diodach LED. Co go wyróżnia spośród podobnych urządzeń? Możliwość precyzyjnego ustawienia tempa błysków, liczby rozbłysków w serii oraz długości przerw między nimi. Gotowy na kolejną przygodę? A zatem zaczynamy!

Obok generatorów dymu, laserowych świateł, błyskające szybkimi seriami mocnego światła stroboskopy czynią prawdziwą magię na niemal każdej scenie, imprezie czy dyskotece. Prędzej czy później każdego Juniora nachodzi chęć posiadania własnego, by móc później zabierać go na szkolne imprezy lub używać w domu, zmieniając większy pokój czy salon w niemal profesjonalną salę zabaw.

Jednak, gdy młody adept elektroniki zaczyna zbierać informacje o konstrukcji takiego układu często dowiaduje się od bardziej doświadczonych kolegów, nauczycieli, z książek czy Internetu, że ksenonowa lampa wyładowcza, stosowana w klasycznych stroboskopach, wymaga zasilenia wysokim napięciem i może być niebezpieczna dla początkujących elektroników. To często studzi nawet największy zapał i zniechęca do budowania takiego układu.

Rzeczywiście, aby zainicjować błysk w rurce ksenonowej, konieczne jest bardzo wysokie napięcie rzędu kilku tysięcy woltów. W typowych stroboskopach stosuje się transformatory impulsowe lub układy z kondensatorami i tyrystorami, które generują impulsy zapłonowe.

Wysokie napięcie może porazić nawet po odłączeniu zasilania, ponieważ kondensatory w układzie mogą utrzymywać je przez długi czas. Ponadto lampa ksenonowa nagrzewa się i może pęknąć, jeśli jest uszkodzona lub niewłaściwie zamontowana.

Na szczęście istnieje bezpieczna alternatywa. Świetny stroboskop możesz zbudować wykorzystując większą liczbę jasnych diod LED, lub panele LED o większej mocy. Układ **AVTEDU641** (**fotografia 2**), który za chwilę zbudujesz, może być tego świetnym przykładem.

Zalety stroboskopów LED-owych:

- działają przy niskim napięciu o wartości nawet pojedynczych woltów,
- nie wymagają układów wysokiego napięcia,
- są łatwiejsze w budowie i sterowaniu,
- nie stwarzają zagrożenia porażeniem prądem ani poparzeniem.

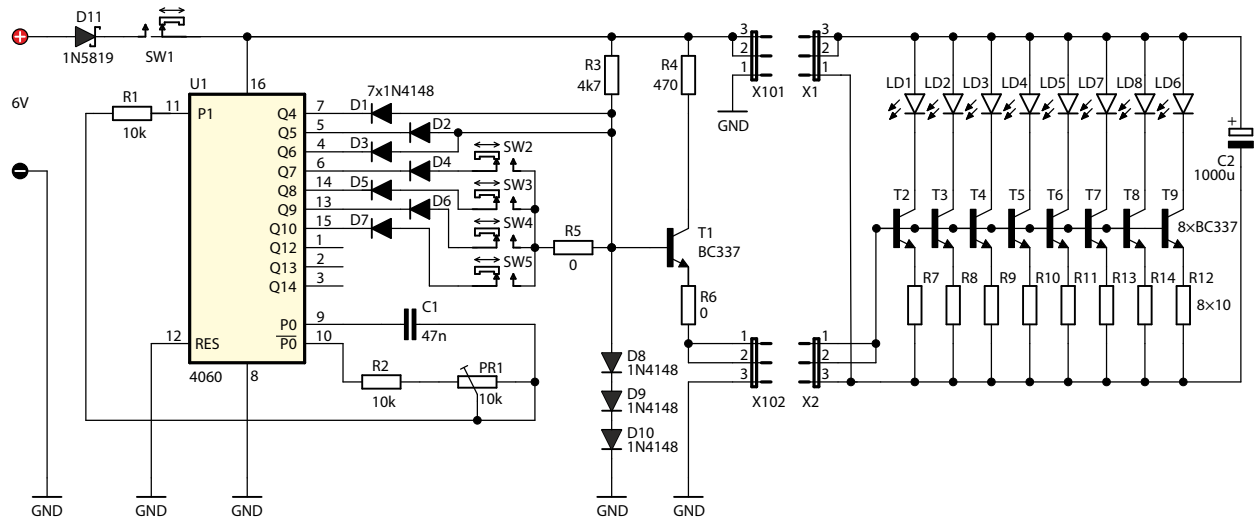


Fotografia 2. Stroboskop dyskotekowy LED, kod handlowy: AVTEDU641

Podsumowując, stroboskop ksenonowy to zaawansowany projekt dla doświadczonych elektroników, a dla Juniorów i początkujących LED-owa wersja będzie znacznie bezpieczniejsza i łatwiejsza do wykonania.



Fotografia 1. Montaż stroboskopów dyskotekowych LED AVTEDU641, od lewej Krystian, Kornel, Kornel, Karol, Adam. Młodzi Entuzjaści Elektroniki, Szkoła Podstawowa nr 86, Wrocław



Rysunek 1. Schemat ideowy układu stroboskopu dyskotekowego LED

Tym razem opis działania budowanego układu będzie dosyć obszerny i być może nieco zawiły dla młodego Czytelnika. Na szczęście nie jest on obowiązkowy. Jeśli chcesz zgłębić meandra działania tego układu, zapraszam Cię do zapoznania się z opisem, rozpoczynając lekturę tego spotkania od akapitu *Omówienie układu*. **Nie przejmuj się jednak, gdy czegoś nie zrozumiesz. Jeśli nie jesteś gotów, albo zwyczajnie nie masz ochoty wgłębiać się w zawiłości tego opisu, i chciałbyś po prostu zmontować kolejną zabawkę, przejdź do akapitu *Montaż układu*. Opis teoretyczny nie jest do tego niezbędny.**

Omówienie układu

Schemat układu elektronicznego przedstawiono na **rysunku 1**.

Schemat stroboskopu podzielony jest na dwie części, sterującą i wykonawczą. Całość zostanie również zmontowana na dwóch odrębnych płytkach. Nieco większa płytka zawiera logikę sterującą (lewa część schematu), a ta mniejsza mieści układy wykonawcze (prawa część schematu). Na koniec obie płytki zostaną trwale połączone za pomocą odpowiednio wlutowanych konektorów.

Część sterująca
Dioda D11

Prąd z baterii trafia w pierwszej kolejności na **diodę D11**. Zastosowano tu diodę Schottky'ego, zatem wystąpi na niej spadek napięcia około 0,3…0,4 V. Jest to nieco mniej niż w przypadku diod krzemowych (typowo około 0,6…0,7 V). Dzięki niższemu spadkowi napięcia, np. w przypadku zastosowania diody 1N5819 (dostępnej w zestawie), układ zasilany bateryjnie może działać nieco dłużej w porównaniu do wariantu z klasyczną diodą prostowniczą, taką jak 1N4007.

Ponieważ diody przewodzą prąd tylko w jednym kierunku, główną rolą diody D11, umieszczonej szeregowo na wejściu zasilania, jest ochrona układu przed odwrotną polaryzacją napięcia. Jeśli użytkownik przypadkowo podłączy baterię odwrotnie, dioda zablokuje przepływ prądu, zapobiegając uszkodzeniu elektroniki.

Włącznik zasilania

Za diodą D11 prąd trafia na **włącznik zasilania SW1**. Ponieważ urządzenie zasilane jest z pakietu baterii, pełni on całkiem istotną rolę – pozwala w wygodny sposób, na czas gdy urządzenie jest nieużywane, odłączyć pakiet baterii od układu. Gdyby SW1 nie był obecny w układzie, aby zapobiec rozładowaniu baterii, należałoby za każdym razem ręcznie wyciągać baterie z koszyczka po zakończeniu pracy stroboskopu. Baterie w koszyczku są połączone szeregowo (plus pierwszej do minusa drugiej, plus drugiej do minusa trzeciej, plus trzeciej do minusa czwartej), co oznacza, że rozłączenie obwodu wymagałoby usunięcia co najmniej jednej baterii.

Jednak wyjęcie baterii może być niewygodne, zwłaszcza jeśli ciasno siedzą w koszyczku – czasem wymaga to podważenia ich, na przykład śrubokrętem. Dlatego włącznik zasilania znacząco ułatwia obsługę urządzenia, pozwalając odłączyć pakiet baterii bez konieczności ich wyjmowania.

Rezystory 0 Ω

W układzie znajdują się dwa **rezystory 0 Ω** (**R5** i **R6**). Ich jedyną rolą jest „przeskoczenie" nad ścieżką na płytce PCB, która stoi na drodze sygnału, odpowiadającego każdemu z tych rezystorów. Można je zastąpić kawałkiem drutu (np. odciętym wyprowadzeniem innego komponentu). Ponieważ nie wprowadzają do obwodu żadnych zmian elektrycznych, zostaną one zignorowane podczas omawiania układu elektronicznego. Należy je traktować jak zworę lub ścieżkę.

Układ scalony 4060

Układ o symbolu 4060 oznaczony na schemacie jako **U1**, to **14-bitowy licznik binarny z oscylatorem**. Dwie pierwsze cyfry sugerują, że układ pochodzi z rodziny 40xx. Jest to seria układów logicznych, wykonanych w technologii CMOS. W przeciwieństwie do układów z rodziny TTL (rodzina 74xx), dla której napięcie zasilania nie może przekroczyć wartości 5 V, układy produkowane w technologii CMOS mogą być zasilane napięciami 12 V a nawet wyższymi. Według noty katalogowej użyta w projekcie kostka 4060 powinna wytrzymać zasilanie napięciem nawet 20 V. Nie możesz jednak zasilić stroboskopu takim napięciem, choćby z powodu dołączonego do zestawu kondensatora elektrolitycznego na napięcie 16 V. Pozostałe komponenty i ich wartości z pewnością również dobierane bądź wyliczane były z myślą o zasilaniu układu napięciem stałym o wartości 6 V. Jeśli chcesz zasilić stroboskop wyższym napięciem, na przykład z użyciem zasilacza 12 V, należałoby odpowiednio dobrać wartości komponentów, albo też, idąc po najniższej linii oporu, zastosować na wejściu dodatkowy stabilizator napięcia. W dalszej części tekstu podpowiem Ci, jak to zrobić. Teraz spróbuję opowiedzieć nieco więcej na temat budowy i zasady działania licznika 4060.

Układ jest czternastobitowym licznikiem binarnym, co oznacza, że potrafi

eprasa.pl cc29c17e01

zliczać impulsy podawane na jego wejście. Wynik zliczania (liczba zliczonych impulsów) „pokazywany jest" na wyjściach Q tego układu w postaci binarnej, czyli jako uporządkowany ciąg logicznych zer i jedynek. Ponieważ licznik jest czternastobitowy, należałoby się spodziewać czternastu wyjść.

Jeśli nie do końca rozumiesz (albo nie do końca pamiętasz) tematykę logicznych zer i jedynek, koniecznie zajrzyj do EdW Junior z września 2024, gdzie opisywałem budowę Konsoli Audiochaos (AVTEDU624). Na stronie 84 znajdziesz akapity *Z logiką za pan brat* oraz *Powrót do świata elektroniki* w których, po krótce starałem się wprowadzić Czytelników, na potrzeby budowanego gadżetu, w świat elektroniki cyfrowej.

Tutaj przypomnę tylko, że te zera i jedynki ustawiane przez układ 4060 na jego wyjściach (na podstawie zliczonych impulsów) to nic innego jak wartości napięć względem GND. Dla logicznego zera wartość napięcia jest bliska 0 V, a dla logicznej jedynki będzie ona bliska napięciu zasilania układu scalonego, czyli w naszym przypadku, bliska napięciu 6 V.

Sekwencje świetlne

Jak możesz spostrzec na schemacie z rysunku 1, wykorzystane zostało zaledwie siedem wyjść. Są to wyjścia Q4…Q10. Reszta wyjść pozostała niepodłączona. Być może zauważyłeś także, że na schemacie, w obrębie układu U1 (czyli naszego licznika 4060), brakuje wyjść Q1…Q3 oraz Q11. To świadoma decyzja projektantów układu 4060, choć cała sytuacja może sprawiać wrażenie, że zabrakło dla nich miejsca w szesnastonóżkowej obudowie tego układu. Nie są nam one jednak potrzebne (podobnie jak Q12…Q14, które w obudowie występują, a jednak pozostawiliśmy je niepodłączone). Obecność niedostępnych na obudowie oraz tych niewykorzystanych wyjść, również będzie miała wpływ na zachowanie naszego stroboskopu. W jaki sposób? Na ten moment podpowiem tylko, że zliczanie impulsów zajmuje czas, i żeby zmienił się stan na wyjściu Q4 licznik musi zliczyć osiem impulsów, bo tyle kombinacji ustawień zer i jedynek mamy na trzech pozycjach kodu dwójkowego. Gdyby Q1 było wyprowadzone na obudowę stan na tym wyjściu zmieniałby się co jeden impuls).

Wyjścia licznika w roli sekwencera dla stroboskopu

Pora przyjrzeć się, w jaki sposób stany wyjść licznika przekładają się na sekwencję rozbłysków diod LED stroboskopu. Najpierw jednak trzeba wyobrazić sobie, w jaki sposób napięcia będą się ustawiały na wyjściach podczas zliczania przez układ kolejnych impulsów. Trzeba też wiedzieć, że licznik 4060 prezentuje na swoich wyjściach liczbę zliczonych impulsów w kodzie dwójkowym.

Aby przełożyć sposób zapisu liczby z systemu dziesiętnego na dwójkowy (binarny), należy wartość liczby dziesiętnej „ułożyć" z dostępnych wartości kolejnych potęg liczby 2 i w ciągu zer na pozycjach użytych potęg wpisać jedynkę. Na przykład liczba 5 wyrażona w systemie dziesiętnym jest równa sumie potęg 2^0 oraz 2^2 (bo $2^0=1$ oraz $2^2=4$, a $1+4=5$). Zatem zapisowi „5" w systemie dziesiętnym będzie odpowiadał zapis „101" w systemie dwójkowym (liczba początkowych zer nie ma znaczenia). W **tabeli 1** pokazano przykładową konwersję kilku kolejnych liczb (1…8) z postaci dziesiętnej na binarną.

W **tabeli 2** pokazano w jaki sposób ustawią się wyjścia układu 4060 w zależności od liczby zliczonych przez układ 4060 impulsów. Należy zwrócić uwagę na pełną analogię z tabelą 1.

Dla dociekliwych Czytelników przygotowałem plik Excela, pokazujący to, co będzie się działo na poszczególnych wyjściach Q1…Q14 licznika 4060. Szarym kolorem zaznaczono wyjścia, które nie są dostępne na obudowie. Choć te wyjścia nie są wyprowadzone na obudowę, ich obecność wpływa na to, ile impulsów zostanie zliczonych, zanim zmiany na używanych w stroboskopie wyjściach Q4…Q10 staną się zauważalne. W tym czasie sekwencja na wyjściach Q4…Q10 (wykorzystywanych przez stroboskop) w sposób niezmienny zostanie powtórzona każdorazowo osiem razy.

Nagłówek tabeli w udostępnionym pliku pokazuje, które wyjścia i do których diod sygnałowych zostały podłączone w budowanym stroboskopie. Jest również informacja o tym, które diody sygnałowe można odłączyć od układu za pomocą przełączników SW2…SW5.

Powyższe tabele, a zwłaszcza **tabela 3**, powinny pomóc Ci dostrzec, że każda kolumna odpowiadająca danemu wyjściu Q tworzy powtarzające się serie zer i jedynek. Ponieważ każda jedynka i każde zero trwa określony czas, każde z wyjść Q4…Q10 staje się swojego rodzaju źródłem sygnału prostokątnego o odpowiedniej dla siebie częstotliwości.

Z uwagi na opisaną wyżej charakterystykę kodu binarnego (zachęcam do zapoznania się z tabelą 3, a najlepiej z zawartością przygotowanego pliku .xlsx) liczniki binarne wykorzystywane są bardzo często w roli dzielników częstotliwości z kolejnymi stopniami podziału: 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 i tak dalej. Pozwala to uzyskać różne częstotliwości sygnałów z jednego źródła. Warto zauważyć, że mówimy

Tabela 1. Przykłady zmiany zapisu liczby z systemu dziesiętnego na dwójkowy (binarny)

dziesiętnie:	binarnie:			
	2^3	2^2	2^1	2^0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0

Tabela 2. Przykłady poziomów napięć, jakie ustawi na swoich wyjściach układ 4060 w zależności od liczby zliczonych impulsów. Należy zauważyć, że wyjścia Q1…Q3 nie są wyprowadzone na obudowę. Pierwsze dostępne wyjście to Q4, które zmieni stan z 0 V na 6 V w momencie zliczenia przez układ 8 impulsów zegara

zliczone impulsy	wyjścia układu 4060			
	Q4	Q3	Q2	Q1
1	0 V	0 V	0 V	6 V
2	0 V	0 V	6 V	0 V
3	0 V	0 V	6 V	6 V
4	0 V	6 V	0 V	0 V
5	0 V	6 V	0 V	6 V
6	0 V	6 V	6 V	0 V
7	0 V	6 V	6 V	6 V
8	6 V	0 V	0 V	0 V

eprasa.pl cc29c17e01

Tabela 3. Fragment większej tabeli, dostępnej w materiałach dodatkowych do numeru EdW 4/2025, dostępnych online

					D7 SW5	D6 SW4	D5 SW3	D4 SW2	D1, D2 i D3					
Numer impulsu	**Q14**	**Q13**	**Q12**	**Q11**	**Q10**	**Q9**	**Q8**	**Q7**	**Q6**	**Q5**	**Q4**	**Q3**	**Q2**	**Q1**
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
32	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
34	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
36	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
38	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
40	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1
42	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1
44	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0

eprasa.pl cc29c17e01

jedynie o podziale częstotliwości, a to znaczy, że częstotliwości dostępne na poszczególnych wyjściach licznika będą zależały od częstotliwości sygnału podanego na wejście licznika. Ponieważ okres i częstotliwość są własnymi odwrotnościami (są wzajemnie powiązane) czasy trwania logicznych zer i jedynek dostępnych na poszczególnych wyjściach licznika będą zależały od czasów trwania logicznego zera i logicznej jedynki w sygnale podawanym na wejście licznika. Co jest więc w naszym stroboskopie źródłem sygnału dla licznika?

Generator sygnału zegarowego

Wspomniano wcześniej, że licznik 4060 zlicza sygnały, a każdy z nich trwa określony czas. Ale skąd wziąć sygnał zegarowy? Otóż impulsy sygnału zegarowego, w naszym układzie stroboskopu, wytwarzane są przez… sam układ 4060 a częstotliwość zależy od czterech dołączonych do układu 4060 komponentów. Na schemacie z rysunku 1, te elementy to C1 (47 nF), R2 (10 kΩ), PR1 (10 kΩ) oraz rezystor R1 (10 kΩ). Częstotliwość generowanych impulsów w stroboskopie można łatwo regulować za pomocą potencjometru PR1. W przypadku potrzeby zastosowania konkretnej częstotliwości, wartości tych komponentów można obliczyć, korzystając ze wzoru zamieszczonego w nocie katalogowej układu.

Załączanie tranzystora T1

Wróćmy teraz do analizy schematu i sprawdźmy, w jaki sposób sekwencje napięć pojawiające się na poszczególnych wyjściach wykorzystywane są do sterowania tranzystorem T1. Co tu widzimy? Na schemacie znajduje się **siedem diod sygnałowych D1…D7 typu 1N4148**, skierowanych katodą w stronę wyjść licznika. Wszystkie anody tych diod są ze sobą połączone (niektóre za pośrednictwem wstawionego w szereg z diodą przełącznika). Jeśli na wyjściu, do którego podłączona jest katoda danej diody wystąpi potencjał 0 V, wówczas przez diodę tę zostanie ściągnięte do masy napięcie polaryzacji tranzystora T1. Napięcie to znajduje się na bazie tranzystora dzięki obecności rezystora **R3** o wartości **4,7 kΩ**, który łączy tę bazę z plusem zasilania. Gdy przez dowolną z diod D1…D7 popłynie prąd, tranzystor T1 zostanie zatkany, co spowoduje wyłączenie wszystkich tranzystorów T2…T9 i wygaszenie wszystkich diod LED (LD1… LD8). Diody LED zostaną załączone ponownie dopiero wówczas, gdy na wszystkich wyjściach układu 4060 połączonych diodami sygnałowymi z bazą T1 pojawi się logiczna jedynka, czyli napięcie bliskie 6 V.

Szesnaście sekwencji świetlnych do wyboru

Jeśli **przełączniki SW2…SW5** są załączone, wszystkie diody LED (LD1…LD8) zostaną wygaszone, jak tylko na którymś z wyjść Q4…Q10 układu 4060 pojawi się logiczne zero, czyli napięcie bliskie 0 V, a załączą się ponownie, gdy na wszystkich wejściach Q4…Q10 pojawi się logiczna jedynka, czyli napięcie bliskie 6 V.

Jeśli natomiast przełączniki SW2…SW5 są wyłączone, wpływ na załączanie i wyłączanie diod LED będą miały wyłącznie diody D1…D3, które nie mają w szeregu przełącznika, przez co nie można tych diod z układu odłączyć.

Za pomocą czterech przełączników można włączać do układu diody sygnałowe D4…D7 na szesnaście różnych sposobów. W związku z powyższym na finalną sekwencję świetlną będą miały wpływ na pewno sekwencje pochodzące z wyjść Q4…Q6 oraz opcjonalnie sekwencje pochodzące z wyjść Q7…Q10, które będą mogły być dowolnie załączane i „włączane do gry" za pomocą przełączników SW2…SW5.

Załączanie tranzystorów T2-T9

Następnie warto przeanalizować sposób, w jaki sygnał sterujący jest podawany na płytkę wykonawczą. W normalnych warunkach tranzystor T1 jest włączony, a jego emiter załącza tranzystory T2...T9. Pojawiające się na wyjściach licznika 4060 napięcia bliskie 0 V powodują cykliczne wyłączanie T1 za pośrednictwem diod D1… D7 i włączników SW2…SW5.

T1 pełni rolę wtórnika emiterowego (bufora), który dostarcza odpowiedni prąd do baz tranzystorów T2...T9. Jego bazę polaryzuje rezystor R3 (4,7 kΩ) podłączony do napięcia zasilania. Jego kolektor jest podciągnięty do tego samego napięcia zasilania przez rezystor R4 (470 Ω). Jego emiter steruje bazami tranzystorów T2...T9.

Diody D8...D10 (1N4148) pełnią kluczową rolę w ograniczaniu napięcia na bazie T1. Każda dioda 1N4148 powoduje spadek napięcia około 0,65 V. Trzy diody połączone szeregowo powodują więc spadek około 1,95 V względem masy. To oznacza, że napięcie na bazie T1 nie może przekroczyć 1,95 V.

Dzięki temu zapobiega się nadmiernemu wzrostowi napięcia na bazie T1, co mogłoby prowadzić do przeciążenia tranzystora. Ponadto, określone zostaje napięcie na emiterze tranzystora T1 – skoro napięcie bazy jest ograniczone do 1,95 V, to napięcie na emiterze osiąga maksymalnie 1,25 V. W konsekwencji T1 poprawnie reaguje na sterowanie z układu 4060, co zapewnia prawidłową logikę działania całego układu.

Część wykonawcza

Elementy wykonawcze w postaci **tranzystorów NPN BC337 T2…T9**, **diod LED LD1… LD8**, **rezystorów R7…R14** zostały umieszczone na oddzielnej płytce PCB, nieco mniejszej niż płytka sterownika. Na płytce wykonawczej zamontowano również **kondensator elektrolityczny C2** o wartości 1000 µF na napięcie 16 V, co jest zasadne z uwagi na to, że główne skoki napięcia w liniach zasilania będą generowały rozbłyskujące diody LED. Warto więc zadbać o odpowiednie tłumienie zakłóceń „u źródeł", czyli możliwie najbliżej diod LED. Należy zauważyć, że wszystkie bazy tranzystorów T2…T9 są ze sobą połączone. Tym samym, jeśli na bazy trafi odpowiednie napięcie dodatnie (około 1,25 V względem masy z płytki sterującej (piny 1 i 2 złącza X2), wszystkie tranzystory zostaną załączone i przez diody LED popłynie prąd ograniczony rezystorami R7…R14. Gdybyś potrzebował przypomnieć sobie, w jaki sposób wylicza się wartość rezystora, niezbędną dla bezpiecznej pracy diody LED o określonym kolorze i przy określonym napięciu zasilania, warto zajrzeć do odcinka EdW Junior z numeru EdW 1/2025, gdzie omawiany był zestaw *MigoLEDki* (AVTEDU634) albo do treści z numeru 10/2024 *UFOledek* (AVTEDU632). Polecam również *Wykład 28 Diody LED w praktyce* opublikowany w EdW 3/2025 (strony 58…68). Warto zwrócić uwagę na fakt, że rezystory zostały zamontowane nie szeregowo z diodami LED w obwodzie kolektora tranzystora NPN, ale w obwodzie jego emitera.

Rezystory emiterowe pełnią funkcję ujemnego sprzężenia zwrotnego, które ogranicza prąd kolektora i stabilizuje pracę układu. Gdy prąd kolektora rośnie, wzrasta również napięcie na rezystorze emiterowym, co zmniejsza napięcie baza-emiter (U_{BE}). To z kolei ogranicza dalszy wzrost prądu, stabilizując go i zmniejszając wpływ rozrzutu parametrów tranzystorów. Ponieważ wszystkie tranzystory BC337 mają wspólną bazę, brak rezystorów w emiterach mógłby prowadzić do nierównomiernego nasycania się tranzystorów. Ze względu na różnice w parametrach, takich jak różne

eprasa.pl cc29c17e01

wzmocnienie prądowe (h_{FE}), część tranzystorów mogłaby przewodzić znacznie większy prąd niż inne. Rezystory w emiterach wymuszają bardziej równomierny podział prądów, zapobiegając nierównym obciążeniom.

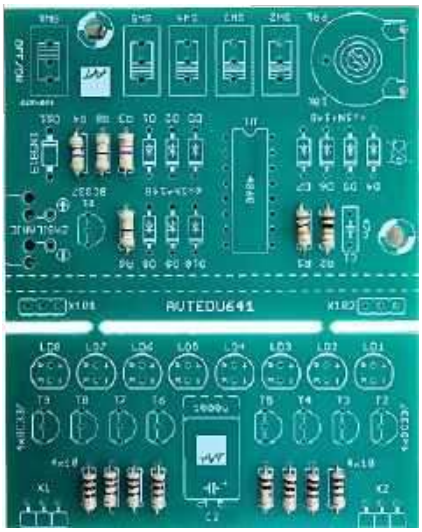
Montaż układu

Montaż rezystorów

Najniższymi komponentami w układzie są rezystory, dlatego montaż rozpoczniemy od nich. Zestaw zawiera dwadzieścia rezystorów o pięciu różnych wartościach rezystancji. Zgodnie z informacją na liście materiałowej dołączonej do zestawu, na płytce drukowanej w lokalizacjach R1 oraz R2 należy zamontować rezystory o wartości 10 kΩ, na pozycji R3 rezystor o wartości 4,7 kΩ, na pozycji R4 rezystor o wartości 470 Ω, a na pozycjach R5 oraz R6 należy umieścić rezystory o wartości 0 Ω. Zamiast rezystorów 0 Ω można oczywiście wlutować srebrzankę (cienki drut bez izolacji sprzedawany w rolkach, idealnie nadający się do realizowania zwor na płytkach drukowanych) albo fragmenty wyprowadzeń odciętych od płytki po przylutowaniu innych komponentów. Wszystkie one będą miały rezystancję bliską 0 Ω, czyli zerowy opór. Wszystkie te rezystory należy zamontować na większej z dwóch dołączonych do zestawu płytek (na płytce sterującej). Pozostałe 8 rezystorów, o wartości 10 Ω każdy, należy zamontować na mniejszej płytce wykonawczej, na pozycjach R7...R14.

Aby wśród wszystkich elementów odnaleźć rezystor o właściwej wartości, można posłużyć się jego kodem paskowym, pod warunkiem że dysponujemy wystarczająco dobrym wzrokiem oraz potrafimy odczytać ten kod, lub gdy mamy odpowiednią tabelkę, która wiąże kolory na odpowiednich pozycjach z cyframi. Taka tabelka pomoże w odczytaniu zakodowanej wartości rezystancji, a czasem także tolerancji danego rezystora. Niemniej jednak, kod taki może być mało czytelny, co będzie zależało nie tylko od wydajności naszego wzroku, ale również od jakości wykonanego przez producenta oznakowania. Niejednokrotnie np. kolor pomarańczowy będzie łudząco przypominał kolor czerwony i odwrotnie. Z uwagi na te okoliczności, najpewniejszym sposobem sprawdzenia wartości rezystora będzie zawsze jego pomiar za pomocą multimetru.

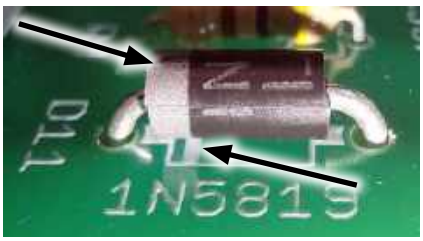
Gdybyś miał jakiekolwiek problemy z pomiarem rezystorów za pomocą multimetru, przypomnę, że na stronie https://elportal.pl/do-pobrania jako materiał dodatkowy do numeru EdW 11/2024 dostępna jest instrukcja robocza: Pomiar wartości rezystorów za pomocą multimetru. Warto ją pobrać, wydrukować i postępować zgodnie z zamieszczonymi tam wskazówkami.



Fotografia 3. Rezystory są elementami bez polaryzacji więc można je zamontować w dowolnym kierunku. Jednak montujemy je w taki sposób, aby na właściwych pozycjach znalazły się rezystory o odpowiednich wartościach, zgodnie z listą materiałową dołączoną do zestawu. Wartości rezystorów można zmierzyć za pomocą multimetru. Na koniec, dla weryfikacji, można posłużyć się powyższą fotografią, zwracając uwagę na kolory pasków rezystorów w każdej z lokalizacji



Fotografia 4. Poprawny montaż diod sygnałowych na płytce PCB. Kierunek paska na każdej z diod musi pokrywać się z kierunkiem paska nadrukowanym na płytce PCB



Fotografia 5. Poprawny, zgodny z polaryzacją montaż diody D11. Strzałki na fotografii wskazują, że paski polaryzacji, jeden namalowany na obudowie diody, drugi namalowany na obrysie komponentu na płytce PCB znajdują się po tej samej stronie

Rezystory są oczywiście komponentami bez polaryzacji, co oznacza, że stawiają opór przepływającemu przez nie prądowi, niezależnie od kierunku jego przepływu. Można je więc zawsze montować w dowolnym kierunku.

Fotografia 3 przedstawia płytkę z zamontowanymi w niej rezystorami.

Montaż diod sygnałowych

W skład zestawu wchodzi dziesięć diod sygnałowych w szklanej obudowie o charakterystycznym wyglądzie, które należy zamontować w lokalizacjach D1... D10. Podczas montażu kluczowe jest zachowanie właściwej polaryzacji. Czarny pasek na obudowie diody musi być zgodny z białym paskiem na symbolu diody na płytce drukowanej (PCB). Na każdej z pozycji pasek na diodzie powinien być skierowany w tę samą stronę co pasek na PCB (**fotografia 4**).

Montaż diody Schottky'ego

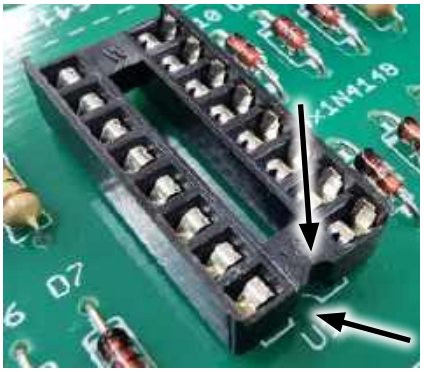
Jako kolejną zamontuj proszę w lokalizacji D11 diodę Schottky'ego, pamiętając o zachowaniu właściwej polaryzacji, czyli w taki sposób, by biały (a może raczej szary?) pasek na obudowie diody zwrócony był w stronę paska zaznaczonego białym nadrukiem dla tego komponentu na warstwie opisowej na płytce drukowanej (**fotografia 5**). Gdybyś zamontował ją na odwrót, a koszyczek z bateriami zamontował poprawnie, mimo załączenia przełącznika SW1 prąd w obwodzie nie popłynie. Jeśli natomiast niepoprawnie zamontowałeś diodę D11 oraz, dodatkowo niepoprawnie zamontowałeś również koszyczek z bateriami, to prąd popłynie i najpewniej uszkodzi układ scalony U1, a po kilku chwilach spowoduje również dezintegrację (wybuch) kondensatora C2.

Montaż podstawki pod układ scalony

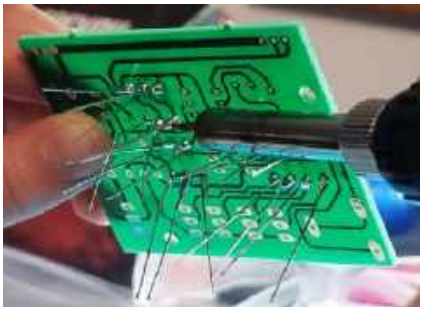
Kolejnym elementem do zamontowania jest podstawka pod układ scalony U1. Należy zwrócić uwagę, aby znacznik kierunku na podstawce (wycięcie) pokrywał się ze wskaźnikiem kierunku nadrukowanym na warstwie opisowej PCB (**fotografia 6**).

Po umieszczeniu podstawki zgodnie z wytycznymi widocznymi na fotografii 6, należy docisnąć ją do płytki, pilnując, by każde z wyprowadzeń bez żadnego zagięcia przeszło przez swój otwór na płytce PCB, następnie zagiąć jej dwa przeciwległe wyprowadzenia (np. piny 8 i 16) po stronie lutowania. W ten sposób zabezpieczymy

eprasa.pl cc29c17e01



Fotografia 6. Znacznik kierunku w obudowie podstawki musi być zamontowany zgodnie ze wskaźnikiem kierunku nadrukowanym na płytce PCB



Fotografia 8. Nadmiar cyny na padach lutowniczych może powodować zwarcia między sąsiednimi wyprowadzeniami komponentów. Aby je usunąć, wystarczy ponownie podgrzać luty i odpowiednio manewrować grotem lutownicy, umożliwiając nadmiarowi cyny spłynięcie. Ilustracja przedstawia właściwą technikę



Fotografia 9. Montaż kondensatora stałego C1. Kierunek montażu jest obojętny. Na obudowie kondensatora widać napis „473” informujący o pojemności 47 i 3 zera pikofaradów (47000 pF) czyli 47 nF

podstawkę, by nie wypadła z płytki podczas jej odwracania oraz podczas samego lutowania (**fotografia 7**). Następnie opieramy płytkę komponentami na blacie roboczym i ostrożnie lutujemy wszystkie wyprowadzenia podstawki do płytki PCB. Robimy to w taki sposób, by cyna rozpłynęła się wokół wszystkich pinów i przytwierdziła je do padów na płytce PCB, ale równocześnie pilnując, aby na płytce nie powstały niechciane połączenia pomiędzy sąsiednimi wyprowadzeniami podstawki.

Jeśli powstaną zwarcia, tzw. mostki lutownicze (*solder bridge*), by się od nich uwolnić najprościej, jest trzymając jedną ręką płytkę, postawić ją pod kątem prostym w kierunku blatu lub trzymać nieco nad blatem, a następnie podgrzać ponownie połączone pola lutownicze i odpowiednio manewrując grotem rozgrzanej lutownicy oraz korzystając z ciężaru cyny i sił grawitacji pozwolić nadmiarowi cyny spłynąć na blat, tym samym uwalniając pady podstawki od zwarć (**fotografia 8**).

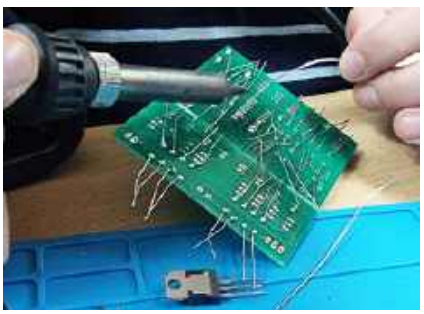
Montaż kondensatora stałego

Elementem sugerowanym do zamontowania w następnej kolejności jest kondensator stały C1 o wartości 47 nF. Jest on elementem niespolaryzowanym (symetrycznym), w związku z czym jego kierunek montażu jest dowolny. Nawet, jeśli w zestawie znajduje się tylko jeden taki kondensator, warto sprawdzić, czy zgadza się jego wartość.

Na obudowie kondensatora o wartości 47 nF (**fotografia 9**) znajduje się napis „473”. Jednak w zależności od producenta kondensatora równie dobrze mógłby się tam znaleźć napis, np. „47n” lub „473”.

- W przypadku opisu pojemności (której jednostką podstawową jest Farad) „47n” literka „n” oznacza, że wartość została podana w nanofaradach. Mamy zatem 47 nF.
- W przypadku opisu „473” brak literki „n” oznacza, że wartość podana jest w pikofaradach. Jednak ostatnia pozycja wskazuje na liczbę zer, którą należy dodać do liczby poprzedzającej. Mamy tu więc 47 i 3 zera pikofaradów, czyli: 47000 pF. Żeby otrzymać wynik w nanofaradach, trzeba pikofarady podzielić przez tysiąc. Otrzymamy zatem wynik 47 nF.

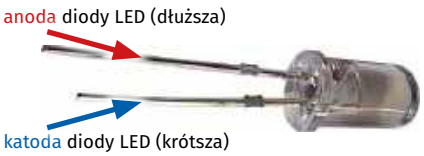
Innymi słowy oznaczenia „47n” oraz „473” opisują dokładnie tę samą wartość: 47 nF.



Fotografia 7. Po umieszczeniu podstawki w płytce PCB warto zagiąć jej dwie skrajne nóżki. Dzięki temu podstawka nie wypadnie z płytki podczas jej odwracania lub w trakcie lutowania

Montaż diod LED

Podczas montażu diod LED należy zachować szczególną ostrożność, ponieważ są to elementy o zdefiniowanej polaryzacji. Każda z diod LED posiada anodę, którą należy podłączyć do dodatniego potencjału zasilania, oraz katodę, którą podłącza się do ujemnego bieguna zasilania. W przypadku diod LED anoda jest zawsze wyprowadzeniem dłuższym a katoda jest krótsza (**fotografia 10**). Do mniejszej płytki PCB należy przylutować osiem diod LED. Montujemy je na pozycjach LD1…LD8. Anody (dłuższe wyprowadzenia diod LED) należy zamontować do otworów oznaczonych literą „A” lub znakiem „+”. Krótsze katody muszą trafić



Fotografia 10. Opis wyprowadzeń diody LED („plusowe” wyprowadzenie dłuższe, „minusowe” krótsze)

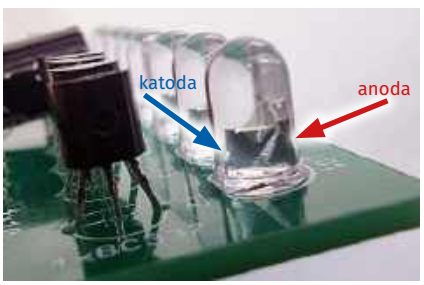
do otworów sąsiednich, oznaczonych literą „K” lub znakiem „–”, umiejscowionym przy fragmentach okręgów odwzorowujących obwody diod LED, zastąpionych linią prostą (**fotografia 11**).

Poprawnie zamontowane diody LED pokazano na **fotografii 12**.

Należy pamiętać, że jeśli przylutujemy diodę LED w niewłaściwym kierunku, nie będzie ona świecić, a ponadto na skutek wymuszonego przepływu pądu wstecznego może ona ulec trwałemu uszkodzeniu. Zdarza się, że gdy zorientujemy się, że diodę LED zamontowaliśmy w sposób



Fotografia 11. W otwory oznakowane literą „A” lub znakiem „+” należy zamontować anody (dłuższe wyprowadzenia diod LED) natomiast katody (krótsze wyprowadzenia diod LED) należy umieścić w otworach oznakowanych literą „K” lub znakiem „–”. Lokalizację katod wskazuje również linia prosta w obrysie diody LED

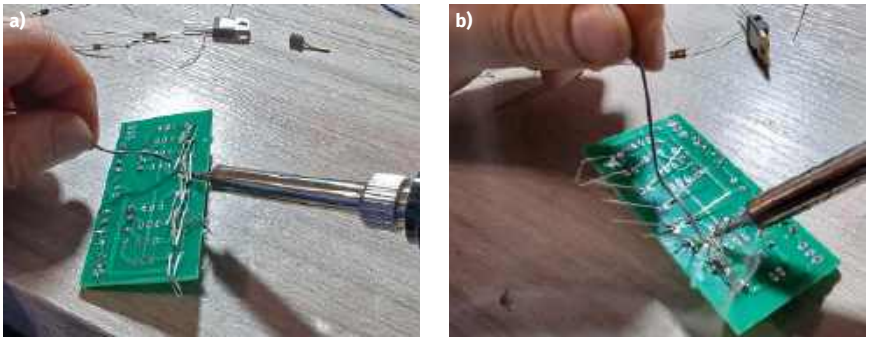


Fotografia 12. Poprawnie zamontowane diody LED. Katody (krótsze wyprowadzenia) znajdują się w otworach sąsiadujących z prostą linią w obrysie diody LED na warstwie opisowej PCB

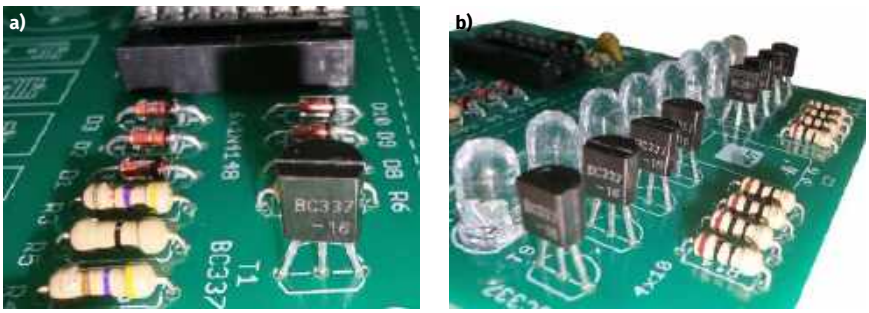
eprasa.pl cc29c17e01



Fotografia 13. Sprawdzanie diody LED za pomocą multimetru ustawionego na testowanie diod. Po przyłożeniu sondy czerwonej do anody, a czarnej do katody sprawna dioda LED powinna się zaświecić. Jeśli dioda ma odpowiednio długie (jeszcze nie przycięte) wyprowadzenia można się wspomóc krokodylkami



Fotografia 14. a) Dociskanie wyprowadzeń pod kątem prostym i w jednakowym kierunku sprawia, że lutowanie komponentów do płytki jest bardzo trudne, o ile w ogóle możliwe, b) Wyprowadzenia włożonych do płytki PCB komponentów warto rozginać pod kątem 45 stopni na zewnątrz komponentu. Dzięki temu komponenty nie wypadną, a jednocześnie zapewnimy sobie wygodny dostęp do pól lutowniczych, co zwiększy jakość i niezawodność wykonanych połączeń



Fotografia 15. Poprawny montaż tranzystorów a) T1 na płytce sterownika oraz b) T2...T9 na płytce z diodami LED. Wszystkie tranzystory są tego samego typu. Korpusy tranzystorów (w kształcie litery „D") odpowiadają obrysom (również w kształcie litery „D") na warstwie opisowej płytki PCB

nieprawidłowy, po jej wylutowaniu i ponownym przylutowaniu, już we właściwym kierunku, dioda wciąż nie będzie chciała świecić. Dlatego po wylutowaniu błędnie zamontowanej diody LED z płytki PCB należy ją uprzednio sprawdzić z użyciem multimetru ustawionego w tryb pomiaru diod lub testu ciągłości obwodu, czy wylutowana dioda LED aby na pewno ciągle jest sprawna. W tym celu, po ustawieniu wspomnianego trybu pracy multimetru, do anody diody LED przykładamy czerwoną jego sondę, a do katody przykładamy sondę czarną (**fotografia 13**). Jeśli w tym momencie dioda LED się zaświeci, oznacza to, że jest ona sprawna i możemy przylutować ją ponownie, tym razem pamiętając o właściwym kierunku montażu.

Po włożeniu każdej z diod LED do płytki PCB, po stronie lutowania warto rozgiąć ich wyprowadzenia nieco na boki (mniej więcej pod kątem 45° do płytki PCB). Dzięki temu diody LED nie wypadną z płytki, gdy odwrócimy ją stroną lutowania do góry, a jednocześnie zachowamy możliwość wygodnego przylutowania każdej nogi do przeznaczonego dla danego wyprowadzenia, pola lutowniczego.

Wspominam o tym, ponieważ jeden z naszych Entuzjastów przesadził nieco z zaginaniem wyprowadzeń diod LED, zaginając je niemal pod kątem prostym do płytki. W efekcie podczas lutowania rozpływ cyny po całej powierzchni miedzianego pierścienia wokół nogi komponentu był utrudniony. Ponadto kolega zagiął wszystkie wyprowadzenia w jednym kierunku, przez co wyprowadzenia jednych komponentów nachodziły na wyprowadzenia innych, co sprawiło, że lutowanie płytki z tak obsadzonymi komponentami stało się zadaniem karkołomnym (**fotografia 14a**).

Kolega ostatecznie zastosował się do podpowiedzi, by z umiarem rozginać nóżki komponentów na zewnątrz ich obrysów oraz nie dociskać tych wyprowadzeń do płytki PCB, a „trudne lutowanie" natychmiast przerodziło się w przyjemną błahostkę (**fotografia 14b**).

Montaż tranzystorów

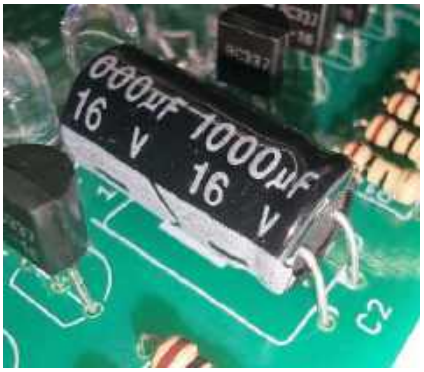
Czas zamontować tranzystory na pozycjach T1...T9. Wszystkie tranzystory są tego samego typu: BC337 (równie dobrze można użyć BC338), więc nie ma ryzyka, że pomylimy ich pozycje. Tranzystor T1 należy zamontować na płytce sterownika, pozostałe T2...T9 na tej mniejszej z diodami LED.

Przed przylutowaniem tranzystorów do płytki warto sprawdzić napisy na obudowach i upewnić się, że widnieje na nich napis BC337 (lub BC338). Tranzystory są elementami niesymetrycznymi, zatem należy je zamontować zgodnie z obrysem na płytce drukowanej. Mówiąc precyzyjniej, należy je zamontować w takim kierunku, by kształt ich obudowy (litera „D") pasował do odpowiedniego obrysu na warstwie opisowej płytki PCB. Poprawnie

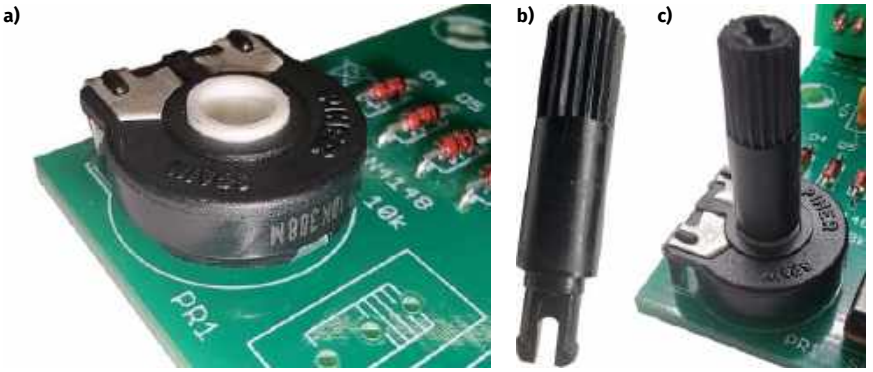


Fotografia 16. Poprawny, zgodny z polaryzacją sposób włożenia kondensatora elektrolitycznego C2 do płytki PCB. Na płytce znakiem „+" oznaczono otwór, w którym należy umieścić dodatnie (dłuższe) wyprowadzenie kondensatora elektrolitycznego a na korpusie (obudowie) kondensatora wyraźnie zaznaczono jego wyprowadzenie ujemne, które jest przy okazji wyprowadzeniem krótszym. Należy je zamontować do sąsiedniego otworu kondensatora elektrolitycznego (bez znaku)

eprasa.pl cc29c17e01



Fotografia 17. Wygląd kondensatora elektrolitycznego C2 zamontowanego na płytce PCB w pozycji leżącej. Na zdjęciu widać również oznaczenia dotyczące pojemności oraz maksymalnego napięcia pracy tego kondensatora. Widać też, że nóżka przy długim białym pasku na korpusie kondensatora (oznaczenie „minusa") została umieszczona w otworze bez znaku



Fotografia 18. a) Przylutowany do płytki potencjometr PR1, b) wałek regulacyjny, c) potencjometr z zamontowanym wałkiem regulacyjnym

zamontowane tranzystory pokazano na **fotografiach 15a** i **b**.

Montaż kondensatora elektrolitycznego

W aktualnie budowanym zestawie do zamontowania jest tylko jeden kondensator elektrolityczny, opisany na schemacie i płytce jako C2. Powinien mieć on wartość 1000 µF, co możemy odczytać na korpusie (obudowie) tego kondensatora (**fotografia 17**). Na korpusie możemy odczytać też dopuszczalne napięcie pracy tego kondensatora. W moim zestawie znalazłem kondensator o pojemności 1000 µF na napięcie 16 V. Wartość 16 V oznacza maksymalne napięcie, które nie może być przekroczone w docelowym zastosowaniu. Nasz układ zasilany jest napięciem 6 V, a po spadku napięcia na diodzie D11 będzie to niecałe 5,7 V, co oznacza, że użycie kondensatora o napięciu 16 V jest w tym przypadku całkowicie bezpieczne. Możemy także użyć kondensatora o wyższym napięciu znamionowym (np. 25 V lub 50 V), jednak nie należy stosować kondensatorów na niższe napięcie. Pamiętajmy, że większe dopuszczalne napięcie skutkuje większymi gabarytami kondensatora, co może spowodować, że komponent nie zmieści się w przeznaczonym dla niego obszarze na płytce drukowanej.

Kondensator elektrolityczny, jak zapewne pamiętasz, jest elementem spolaryzowanym. Podobnie jak ma to miejsce w przypadku diod LED, dłuższa nóżka nowego (jeszcze nieprzyciętego) kondensatora jest wyprowadzeniem dodatnim (+) a krótsza ujemnym (–). Poprawny montaż kondensatora elektrolitycznego C2 na płytce PCB pokazano na **fotografii 16** oraz fotografii 17.

Obrys komponentu (prostokąt zamiast okręgu) sugeruje, że zamysłem projektanta był montaż poziomy kondensatora, dlatego, zgodnie z takim zamysłem, kondensator ten warto zamontować w pozycji leżącej (fotografia 17).

Montaż potencjometru

W układzie zastosowano tylko jeden potencjometr, więc nie ma ryzyka pomylenia wartości. Niemniej jednak warto upewnić się, że do zestawu dołączono potencjometr o właściwej wartości. Na jego obudowie powinieneś odnaleźć opis „10 k", który pokrywa się ze wskazaną w załączonej do zestawu liście materiałowej wartością 10 kΩ.

Ze względu na niesymetryczny układ wyprowadzeń tego komponentu, praktycznie niemożliwe jest jego błędne zamontowanie. Należy osadzić go w trzech otworach na pozycji opisanej jako PR1, a następnie z wyczuciem docisnąć do płytki

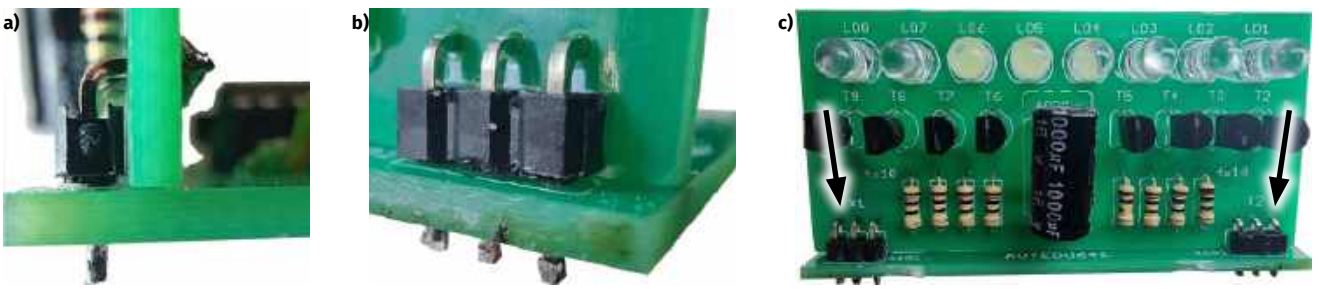


Fotografia 19. Poprawnie zamontowane przełączniki SW1...SW5.

PCB (**fotografia 18a**), tak aby wszystkie trzy wyprowadzenia potencjometru przeszły przez płytkę PCB i wystawały po stronie lutowania na taką samą wysokość. Na koniec pozostaje przylutować do płytki PCB wszystkie trzy wyprowadzenia oraz wpiąć do tego potencjometru wałek regulacyjny (**fotografia 18b**). Poprawnie zamontowany potencjometr pokazano na **fotografii 18c**.

Montaż przełączników

Pora na zamontowanie włącznika zasilania SW1 oraz czterech dodatkowych przełączników służących do ustawiania pożądanej sekwencji świetlnej: SW2...SW5. Wszystkie przełączniki są tego samego typu i działają w sposób klasyczny. Każdy z przełączników łączy swój pin środkowy z jednym z dwóch skrajnych, w którego kierunku jest w danym momencie skierowany hebelek przełącznika. Z uwagi na taką konstrukcję, kierunek montażu tych elementów nie ma żadnego znaczenia. Podczas



Fotografia 20a, b i c. Sposób łączenia płytki sterownika i wykonawczej za pomocą dwóch kątowych, pojedynczych, trzypinowych złączy goldpin o rastrze 2,54 mm.

eprasa.pl cc29c17e01

montażu warto przylutować środkowy pin każdego z przełączników do płytki PCB sterownika, a, po upewnieniu się czy komponenty dobrze leżą na płytce, przylutować ich pozostałe wyprowadzenia. Poprawnie zamontowane przełączniki pokazano na **fotografii 19**.

Połączenie płytki sterownika z płytką wykonawczą

Po zmontowaniu zarówno płytki sterującej (większej), jak i płytki wykonawczej (mniejszej), czas na ich połączenie. Do tego celu użyjemy dwóch złączy kątowych typu goldpin o rastrze 2,54 mm (inne popularne nazwy to listwa szpilkowa, listwa kołkowa, a na zagranicznych portalach aukcyjnych najlepiej posługiwać się angielską nazwą pin header). W poprawnym zamontowaniu tych złącz i trwałym zestawieniu ze sobą obu płytek PCB pomogą z pewnością **fotografie 20a**, **b** i **c**.

Na czas lutowania ze sobą płytek sterującej i wykonawczej przydać się może dodatkowa podpora, lub pomocna dłoń opiekuna. Kornelowi wystarczyła podpórka w postaci wcześniej zamontowanego do potencjometru PR1 wałka regulacyjnego (**fotografia 21**).

Montaż koszyczka baterii

Na koniec pozostaje przylutować do płytki PCB kabelki od dołączonego do zestawu koszyczka na cztery baterie AA (popularne „duże paluszki"). Tak jak w innych zestawach serii AVTEDU, kabelki najpierw przeciągamy przez otwory pomocnicze,

Fotografia 21. Kornel łączy wcześniej zmontowane płytki (sterującą i wykonawczą) stroboskopu dyskotekowego LED w jedną całość. Młodzi Entuzjaści Elektroniki, Szkoła Podstawowa nr 86, Wrocław





Fotografia 22. Kabelki złącza baterii należy a) przeprowadzić przez otwory pomocnicze od strony komponentów, następnie b) patrząc „od spodu" przełożyć je przez kolejną parę otworów, i na końcu c) przylutować odizolowane i pocynowane wcześniej końcówki kabelków do odpowiednich pól lutowniczych na płytce PCB

pełniące funkcję stabilizującą przewody w miejscu zamocowania. Dzięki takiemu rozwiązaniu połączenie będzie miało lepszą wytrzymałość mechaniczną i kabelki nie oderwą się tak szybko od płytki. Przewody należy wprowadzić w te otwory, tym razem od strony komponentów (**fotografia 22a**), następnie, patrząc „od spodu", należy ponownie przewlec oba kabelki przez kolejną parę otworów pomocniczych, by na samym końcu, uprzednio pozbawione izolacji, skręcone i pocynowane końcówki umieścić w otworach docelowych (**fotografia 22b**), a następnie je w nich zalutować (**fotografia 22c**). Czerwony kabelek powinien trafić do otworu oznaczonego znakiem „+", natomiast czarny kabelek należy zamontować do otworu oznaczonego znakiem „–".

Stabilizator zamiast baterii (opcja)

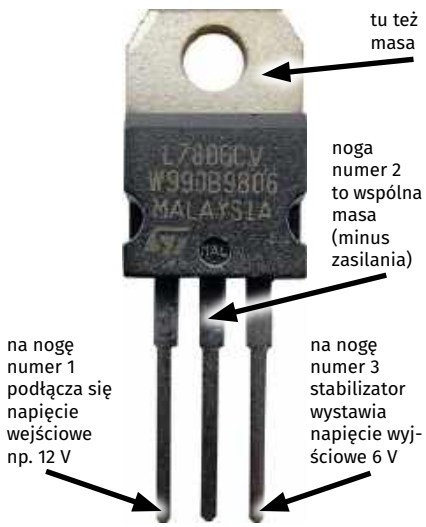
Jeśli chcesz zaoszczędzić nieco pieniędzy, zamiast kupować kolejne pakiety drogich baterii, możesz użyć zasilacza wtyczkowego (pewnie każdy z nas ma ich kilka w swoich szpargałach). Zasilacz taki pobiera prąd z instalacji elektrycznej, tej samej, z której korzystają inne urządzenia w Twoim domu. Zasilacz przekształca napięcie przemienne o wartości 230 V z sieci elektrycznej na napięcie stałe o niższej wartości, zwykle kilkunastu woltów.

By nie zniszczyć układu zaprojektowanego do poprawnej pracy przy napięciu 6 V (takiego napięcia dostarcza koszyczek szeregowo łączący cztery baterie AA o napięciu nominalnym 1,5 V każda), musiałbyś użyć zasilacza o napięciu stałym, nie przekraczającym wspomnianej wartości 6 V.

Jeśli ucieszyłeś się, bo właśnie znalazłeś w swoich szpargałach zasilacz napięcia stałego, ale szybko posmutniałeś, bo chwilę później odczytałeś z jego tabliczki znamionowej, że dostarcza on nieco wyższego napięcia niż potrzebujesz, załóżmy 12 V, to mam dla Ciebie dobrą wiadomość! Otóż istnieje co najmniej kilka sposobów na to, by z napięcia stałego 12 V uzyskać napięcie stałe o niższej wartości, na przykład potrzebne Ci 6 V. Najprostszym rozwiązaniem jest użycie gotowego stabilizatora napięcia dostępnego w niemal każdym sklepie elektronicznym w postaci trójnóżkowego układu scalonego. Najpopularniejszym rodzajem stabilizatora jest seria 78xx, gdzie xx oznacza wytwarzane przez dany stabilizator napięcie wyjściowe. W przypadku napięcia 6 V potrzebujesz stabilizatora 7806 (**fotografia 23**). Wystarczy go odpowiednio wlutować w układ.

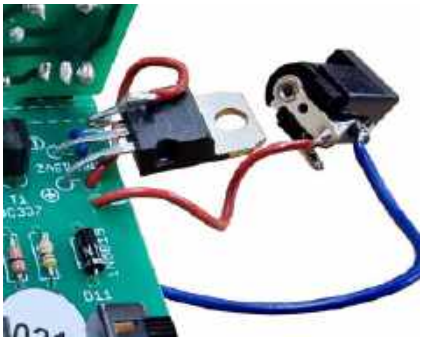
Zgodnie z zaleceniami not katalogowych stabilizatorów liniowych, należy zastosować kondensatory filtrujące zarówno po stronie wejściowej, jak i wyjściowej stabilizatora. Ponieważ jednak na płytce nie przewidziano miejsca na stabilizator, o kondensatorach nie wspominając, stosowanie kondensatorów świadomie zaniedbamy, gdyż, jak się okaże, w tej sytuacji ich obecność nie jest krytyczna. Z jednej strony dlatego, że posiadany zasilacz z dużym prawdopodobieństwem dostarcza już stabilizowanego napięcia 12 V na wejście stabilizatora 7806, a funkcję kondensatora wyjściowego (za stabilizatorem) przejmie obecny w układzie kondensator C2.

Należy pamiętać, że maksymalne napięcie wejściowe, które można podłączyć



Fotografia 23. Stabilizator 7806 w obudowie TO220

eprasa.pl cc29c17e01



Fotografia 24. Przykładowy sposób zastąpienia koszyczka z bateriami gniazdkiem baryłkowym na zasilacz napięcia stałego 8 V...35 V i stabilizatora 7806 dostarczającego na wyjściu napięcie 6 V

do stabilizatora 7806 z rodziny 78xx, wynosi 35 V. Powyżej tego napięcia stabilizator najpewniej ulegnie uszkodzeniu. Stabilizator 7806 dostarczy stabilne napięcie 6 V na wyjściu tylko wtedy, gdy napięcie wejściowe będzie co najmniej o 2 V wyższe niż napięcie wyjściowe. W praktyce oznacza to, że stabilizator 7806 będzie działał z zasilaczami o stałym napięciu wyjściowym w przedziale od 8 V do 35 V.

Gdy na wejście stroboskopu podłączymy wyjście stabilizatora, a na wejście stabilizatora dostarczymy napięcie 12 V, stabilizator 7806 obniży napięcie do 6 V. To napięcie zasili zbudowane urządzenie, które będzie działać tak samo, jak przy zasileniu czterema szeregowo połączonymi bateriami AA.

Należy jednak bezwzględnie pamiętać, by zasilać układ tylko z jednego źródła – albo z zasilacza, albo z baterii. Podłączenie zasilacza do układu z bateriami może spowodować niekontrolowane ładowanie baterii, co prowadzi do ryzyka ich wybuchu (zwykłych baterii nie wolno ładować!). Taka sytuacja może zagrażać bezpieczeństwu Twojemu oraz osób w pobliżu, dlatego traktuj tę informację priorytetowo – zdrowie i życie mamy tylko jedno.

Przykładowy montaż stabilizatora 7806 na wejściu stroboskopu dyskotekowego LED obrazuje **fotografia 24**. Po prawej stronie widać gniazdo baryłkowe, do którego będzie można podłączyć zasilacz napięcia stałego 12 V. Blaszka znajdująca się na tyle gniazda baryłkowego połączona jest z bolcem wewnątrz gniazda. Ponieważ w większości zasilaczy przeznaczonych na rynek europejski plus (biegun dodatni) wyprowadza się na wewnętrzną średnicę wtyku baryłkowego, do blaszki tej przylutowany został kabelek czerwony.

Po drugiej stronie czerwony kabelek przylutowany dostał do odpowiednio wygiętej, pierwszej nogi stabilizatora 7806, a więc na jego wejście. To tutaj dociera napięcie 12 V z zasilacza wtyczkowego. Widać też, że wyjście stabilizatora 7806 (noga numer trzy stabilizatora) zostało przylutowane do pola lutowniczego oznaczonego na płytce PCB jako „+". A zatem zmontowany układ będzie zasilany napięciem 6 V.

Masa (kabelek niebieski) jest wspólna dla obu zasilań. Po umieszczeniu wtyku zasilacza w gnieździe baryłkowym blaszka znajdująca się centralnie pod gniazdem baryłkowym łączy się ze średnicą zewnętrzną wtyku, a więc, w przypadku zasilaczy produkowanych na rynek europejski, z masą (minusem). Dlatego do blaszki pod gniazdem przylutowano kabelek w kolorze niebieskim. Środkowa noga stabilizatora, czyli masa (minus) przylutowana została do pola lutowniczego na płytce PCB oznaczonego na warstwie opisowej znakiem „–" do tego samego pola lutowniczego kabelkiem w kolorze niebieskim doprowadzono masę („–") zasilacza.

Przed włożeniem układu scalonego do podstawki warto po podłączeniu zasilacza do wtyku baryłkowego pomierzyć napięcia na stabilizatorze. Po ustawieniu miernika na funkcję pomiaru napięć stałych w zakresie „do 20 V", sondę czarną przykładamy do masy (na przykład do radiatora stabilizatora 7806), natomiast sondą czerwoną sprawdzamy napięcie na wejściu stabilizatora (w naszym przypadku powinno wynieść 12 V). Następnie sondę czerwoną przekładamy na nogę trzecią (wyjście) stabilizatora. Multimetr powinien pokazać na wyświetlaczu wartość 6 V.

Podsumowanie montażu

Niezależnie od tego, czy zdecydowałeś się na zastosowanie baterii, czy zasilacza, zanim włożysz w podstawkę układ scalony i podłączysz napięcie upewnij się proszę, czy wszystkie połączenia lutowane są błyszczące i nie ma zimnych lutów, oraz, czy żadne sąsiednie pola lutownicze nie są ze sobą połączone. Poprawnie zmontowany układ powinien wyglądać jak na **fotografii 25a**, **b** i **c**.

Montaż układu scalonego w podstawce

Podobnie jak poprzednio, celem kształtowania dobrych nawyków inżynierskich, zanim cokolwiek włożysz do podstawki, sprawdź proszę, czy na odpowiednich pinach znajduje się poprawne napięcie zasilania. Na schemacie z rysunku 1 widać, że nasz układ scalony U1 powinien być zasilony w taki sposób, że do pinu 16, za pośrednictwem diody D11 oraz włącznika SW1 doprowadzony jest „plus" zasilania, a do pinu 8 doprowadzona jest masa (GND) czyli „minus".

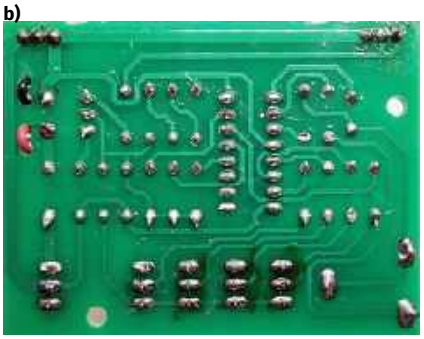
Ustaw więc proszę multimetr w tryb pomiaru napięcia stałego w zakresie do 20 V, upewniając się, że sondy pomiarowe są wpięte do multimetru w sposób prawidłowy (**fotografia 26**).

Teraz podłącz baterię, ustaw przełącznik SW1 ON/OFF w pozycji ON. Ponieważ nieosadzony jeszcze w podstawce układ 4060 nie będzie miał sposobności zatkać normalnie załączonego tranzystora T1, wszystkie diody LED będą w tym momencie świeciły. Teraz przyłóż sondy pomiarowe, czerwoną do pinu numer 16 podstawki a czarną do pinu numer 8 podstawki. Z uwagi na rezystancję wewnętrzną zastosowanych baterii oraz znaczny prąd pobierany przez diody LED miernik powinien wskazać napięcie około

a)



b)



c)

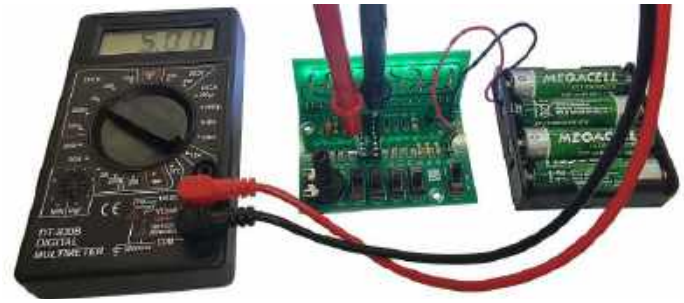


Fotografia 25. Poprawnie zmontowany stroboskop. Widok a) płytki sterującej od strony komponentów oraz płytki wykonawczej od strony lutowania, b) płytki sterującej od strony lutowania oraz c) płytki wykonawczej od strony elementów

eprasa.pl cc29c17e01



Fotografia 26. Poprawne podłączenie kabli na przykładzie multimetru DT-830B ustawionego na funkcję woltomierza napięć stałych



Fotografia 27. Pomiar na zaciskach 16 („plus”) i 8 („minus”) podstawki pod układ scalony wskazał poprawne napięcie baterii (bez znaku „–”, który sugerowałby błędną polaryzację). Można odłączyć zasilanie i zamontować układ scalony w podstawce

5 V, czyli blisko o 1 V niższe niż napięcie znamionowe baterii (**fotografia 27**). Jest to jednak sytuacja jak najbardziej poprawna.

Gdyby na pierwszej pozycji wyświetlacza pojawił się znak „–” oznaczałoby to, że gdzieś podczas montażu popełniliśmy błąd. Na przykład na odwrót podłączyliśmy kabelki od baterii. Gdyby na wyświetlaczu pojawiła się wyłącznie cyfra „1” oznaczać to, że przyrząd „nie widzi” pomiędzy mierzonymi pinami żadnego napięcia, więc albo przycisk SW1 ON/OFF znajduje się w pozycji OFF, albo bateria nie jest podłączona do układu, lub też gdzieś na skutek słabego montażu (zimne luty, zerwane pady) wystąpiła przerwa w obwodzie i trzeba usterkę odnaleźć i naprawić. Gdyby natomiast na wyświetlaczu multimetru pokazały się trzy zera, oznacza to, że linie zasilania zostały zwarte i trzeba od układu odłączyć szybko baterię (by jej bez potrzeby nie rozładować) a następnie zlokalizować zwarcie na płytce i je usunąć.

Zakładam jednak, że u Ciebie sytuacja wygląda tak jak na fotografii 27, i jeśli tak właśnie jest, możesz ustawić przełącznik SW1 ON/OFF w pozycji OFF i ewentualnie dodatkowo odłączyć baterię oraz zamontować układ scalony w podstawce.

Osadzenie układu w podstawce wydaje się rzeczą prostą, jednak wymaga skupienia i ostrożności. Należy tu zadbać nie tylko o prawidłowy kierunek układu scalonego w podstawce (o czym przypomnę za chwilę) ale też dopilnować, by wszystkie wyprowadzenia układu scalonego (a jest ich tu aż szesnaście) trafiły w odpowiednie gniazda podstawki, oraz nie wygięły się i nie złamały).

Przypominam o tym, bo jednemu z naszych kolegów podczas ostatnich zajęć stacjonarnych przytrafiła się podobna historia. Część pinów układu scalonego nie trafiła dokładnie w gniazda podstawki, przez co dociskanie układu scalonego spowodowało, że część wyprowadzeń zaczęło się giąć (**fotografia 28**).

Gdyby nasz kolega w porę nie zauważył problemu i nie przerwał procesu dociskania, nóżki mogłyby się połamać. Na szczęście kolega przerwał jej dociskanie, wyciągnął układ z podstawki, za pomocą miniaturowych kombinerek i śrubokręta wyprostował wszystkie wygięte piny, by chwilę później móc ponowić montaż, tym razem z zachowaniem pełnej ostrożności. Historia miała dobry finał, gdyż wszystkie nogi układu scalonego przetrwały, a za drugim podejściem proces umieszczenia układu scalonego w podstawce zakończył się pełnym sukcesem. Dodam tylko, że nawet, gdyby jakieś wyprowadzenia odłamały się od układu scalonego, można by je było uzupełnić poprzez przylutowanie w ich miejsce fragmentów odciętych pinów od przylutowanych już do płytki komponentów, których na stole roboczym zapewne masz pod dostatkiem.

Drugą obok ostrożności podczas montażu sprawą, o jaką należy zadbać, jest właściwy kierunek montażu układu scalonego w podstawce. W tym celu należy przypilnować, by kropka lub wycięcie na układzie scalonym, wskazujące kierunek montażu, pokrywało się z pozostałymi znacznikami w podstawce oraz na warstwie opisowej PCB (**fotografia 29**). Gdy lokalizacja znacznika na układzie scalonym zgadza się z pozostałymi, można przystąpić do wciśnięcia układu w podstawkę.



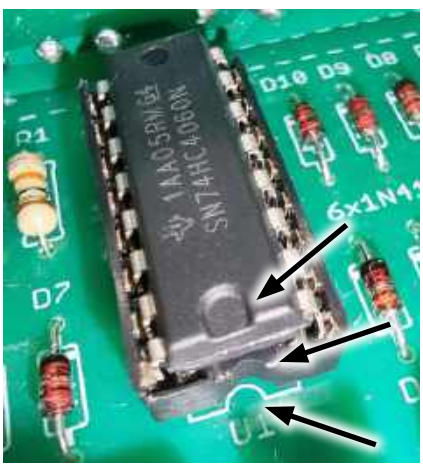
Fotografia 28. Przed wciśnięciem układu scalonego w podstawkę, należy upewnić się, że wszystkie wyprowadzenia układu scalonego trafiły w odpowiednie gniazda, a następnie wzrokowo kontrolować cały proces dociskania. W przeciwnym wypadku nóżki układu scalonego mogą zacząć się giąć, a nawet złamać

Mamy to! Po załączeniu przełącznika SW1 w pozycję ON, powinieneś ujrzeć rozbłyski stroboskopu. Możesz teraz do woli bawić się ustawieniami za pomocą potencjometru PR1 oraz przełączników SW2…SW5 celem uzyskania najbardziej atrakcyjnego dla Ciebie efektu świetlnego.

Prawdopodobnie złożyłeś dziś swój pierwszy stroboskop, i to nie byle jaki, bo raz, że bezpieczny, dwa, z uwagi na zastosowanie diod LED niezawodny i długowieczny i po trzecie wreszcie, konfigurowalny w bardzo szerokim zakresie, ponieważ posiada on nie tylko regulację częstotliwości impulsów (za pomocą potencjometru PR1, ale też ustawienie bardzo wielu różnych sekwencji, pomiędzy ilością błysków i przerw między błyskami. Wielką jego zaletą może być również zasilanie bateryjne, a co za tym idzie, pełna mobilność. Życzę Ci długiej i przyjemnej zabawy nowo zbudowanym gadżetem!

Na tę chwilę to tyle. Nie żegnam się jednak na długo, bo przecież „widzimy się” już za miesiąc! ■

Mariusz Ciszewski



Fotografia 29. Przed zamontowaniem układu scalonego w podstawce należy upewnić się, że znacznik kierunku montażu na płytce, w podstawce i na układzie scalonym znajdują się w tej samej pozycji

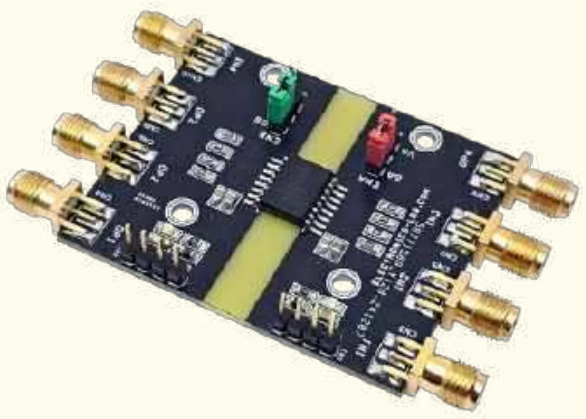
eprasa.pl cc29c17e01

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.



Inteligentny ściemniacz LED z Bluetooth – 4-kanałowy włącznik/wyłącznik Bluetooth

Inteligentny ściemniacz LED Bluetooth, 4-kanałowy przełącznik ON/OFF to wszechstronny układ, który umożliwia użytkownikom sterowanie różnymi urządzeniami, w tym oświetleniem, wentylatorami i silnikami DC, za pomocą aplikacji Bluetooth na urządzeniu z systemem Android. Urządzenie ma 4-kanałowy ściemniacz, który może obsługiwać obciążenia indukcyjne lub rezystancyjne z zakresem zasilania od 12 V do 48 V i wydajnością prądową do 3 A na kanał.



Czterokanałowy izolator cyfrowy, wzmocniony, szybki, o niskim poborze mocy

Prezentowany projekt to szybki, 4-kanałowy cyfrowy izolator galwaniczny o niskim poborze mocy. To innowacyjne rozwiązanie umożliwia przesyłanie sygnałów cyfrowych między obwodami o różnych domenach zasilania, osiągając imponujący pobór mocy wynoszący zaledwie 0,74 mW na kanał przy szybkości transmisji danych 1 Mb/s, przy zasilaniu 1,8 V. Sercem tego projektu jest układ MAX22445FAWE, który charakteryzuje się wzmocnioną izolacją, dzięki czemu może wytrzymać napięcie znamionowe 5 kV RMS do 60 sekund. Ta solidna konstrukcja zapewnia niezawodną i bezpieczną transmisję sygnału.

Niektóre projekty aktualnie dostępne tylko dla prenumeratorów EdW w rubryce DIY PLUS na www.elportal.pl:

1. Sterowanie prędkością, kierunkiem i zatrzymaniem silnika DC z modułem RF NRF24L01
2. Nadajnik zdalnego sterowania z pojedynczym joystickiem wykorzystujący NRF24L01
3. 8-kanałowy zdalny nadajnik RF z protokołami: Holtek i szeregowym
4. 8-kanałowy zdalny odbiornik RF z protokołami: Holtek i szeregowym
5. Pojemnościowy czujnik wilgotności do konwertera wyjścia analogowego
6. Mostek H dla wysokiej mocy szczotkowego silnika prądu stałego z czujnikiem prądu
7. Przetwornica DC-DC buck 12...75 V na 10 V na wyjściu
8. Czujnik prądu low-side 10 µA...10 mA
9. Kontroler ramienia robota z bezprzewodowym pilotem PS3
10. Termiczny czujnik masowego przepływu powietrza – anemometr stałotemperaturowy
11. Precyzyjny wzmacniacz transimpedancyjny z przełączanym integratorem
12. Kontroler pełnego mostka z przesunięciem fazowym i prostowaniem synchronicznym wykorzystujący UCC28950
13. Wysokowydajny monofoniczny wzmacniacz audio klasy D o mocy 20 W
14. Monitorowanie poziomu cieczy za pomocą czujnika ciśnienia – wyświetlacz słupkowy
15. Sterowanie silnikiem DC za pomocą joysticka
16. 16-kanałowy sterownik serwomechanizmów RC z interfejsem I²C
17. Programowalny kondycjoner sygnału z czujnika rezystancyjnego mostkowego
18. Choinka z Arduino i pikselowymi diodami
19. 20-segmentowy wyświetlacz słupkowy w rozmiarze jumbo
20. Stacja pogodowa lilygo ttgo t5-4.7 z wyświetlaczem typu e-papier
21. Półprzewodnikowy przekaźnik mocy DC z prądowym sprzężeniem zwrotnym
22. Wyłącznik nadprądowy – przekaźnik wyłączający nadprądowy
23. TinyML – Rozpoznawanie ruchu przy pomocy RPi Pico
24. Uniwersalny konwerter napięcia AC – wyjście 18 V DC z wejścia 85...265 V AC
25. Moduł procesora echa głosu – urządzenie opóźniające do efektów dźwiękowych, echo, reverb
26. Sterownik silnika krokowego z joystickiem
27. RPi – stacja pogodowa IoT
28. Niskobudżetowy monitor jakości powietrza IoT oparty o RaspberryPi 4
29. Automatyczny system ogrodniczy z NodeMCU i Blynk, ArduFarmBot 2
30. Wzmacniacz piezoelektryczny do gitary i skrzypiec
31. Wysokowydajny i niezawodny sterownik bipolarnego silnika krokowego
32. Sonarowy theremin MIDI
33. Sterownik silnika prądu stałego z wykorzystaniem przekaźnika i mosfetu – interfejs Arduino
34. Super prosty czuły wykrywacz metali
35. Najlepszy sposób na próbkowanie dźwięku za pomocą ESP32

Miesięcznik „**Elektronika dla Wszystkich**”
(12 numerów w roku) jest wydawany we współpracy z kilkoma redakcjami zagranicznymi

Wydawnictwo:
AVTKorporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel. 22 257 84 99, e-mail: avt@avt.pl

Wydawca:
Wiesław Marciniak

Redaktor naczelny:
Mariusz Ciszewski
mariusz.ciszewski@elportal.pl

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:
Jakub Sobański
jakub.sobanski@elportal.pl

Sekretarz redakcji:
Dariusz Welik
dariusz.welik@elportal.pl

DTP, 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)
www.ulubionykiosk.pl

Copyright AVTKorporacja 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 cc29c17e01

Elektor Bestsellers

SAVE UP TO 26% NOW!

















www.elektor.com/sale/deals

Elektor SUMMER SALE

eprasa.pl cc29c17e01

elektor design > share > earn