Edukacja w EdW dla szkół i uczelni:
Wykład 46: Kwadraturowa modulacja amplitudy



JUNIOR

strona 80

ELEKTRONIKA dla wszystkich

nr 10/2026 (369) • październik • www.elportal.pl

DIY PLUS tylko dla prenumeratorów

PROJEKTY dla elektroników

- Zegar „analogowy” z diodami LED RGB
- Zabezpieczenia zasilania DC
- Generator funkcyjny Wi-Fi DDS, część 2

DIY dla wszystkich

- Inteligentny system automatyki domowej z zastosowaniem ESP8266 NodeMCU
- Zdalnie sterowane stereofoniczne radio FM z RDS i modułem ESP-01

TUTORIALE

- Nauka elektroniki z modułem ESP32, część 3. Wejścia i wyjścia cyfrowe
- Kick Start część 13: Jak dołączyć kolorowy wyświetlacz LCD do modułu Raspberry Pi Pico
- Przejściówka BNC do oscyloskopu Mini 4 – druk 3D
- Chirurgia obwodowa: Rezystancja sterowana elektronicznie, część 3

Zegar „analogowy”





Zabezpieczenia zasilania DC

ISSN 1425-1698 Index 33362X
9 771425 169269 10
19,90 zł 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

eprasa.pl 8b2d0f1415



TRZECIARĘKA ZD-11P
Uchwyt montażowy typu „Trzecia ręka”, pająk – uchwyt z latarką, ZD11P



TRZECIARĘKA ZD-11P-1
Uchwyt montażowy typu „Trzecia ręka”, pająk – uchwyt z latarką i lupą, ZD11P-1



TRZECIARĘKA SN-394
Uchwyt montażowy typu „Trzecia ręka”, pająk z lupą 50 mm, przykręcany do blatu Proskit SN-394

BESTSELLERY sklepu AVT – sklep.avt.pl

Trzecia ręka

Rabat dla Czytelników EdW
przy zakupie podaj kod **EdW2505TR** **-3%**

Rabat dla Prenumeratorów EdW
przy zakupie podaj numer prenumeraty **-6%**



TRZECIARĘKA ZD-11M-1
Uchwyt montażowy typu „Trzecia ręka”, pająk – z uchwytem na szpulkę cyny, ZD11M-1



TRZECIARĘKA ZD-11M-2
Uchwyt montażowy typu „Trzecia ręka”, pająk – uchwyt z lupą i podświetleniem LED ZD11M-2



TRZECIARĘKA ZD-11M-3
Uchwyt montażowy typu „Trzecia ręka”, pająk – uchwyt z lupą i podświetleniem LED ZD-11M-3



TRZECIARĘKA ZD-11M
Uchwyt montażowy typu „Trzecia ręka”, pająk – uchwyt ZD11M



TRZECIARĘKA SN-392
Uchwyt montażowy typu „Trzecia ręka” z lupą 90 mm, Proskit SN-392



TRZECIARĘKA
Uchwyt montażowy typu „Trzecia ręka” z lupą 60 mm

eprasa.pl 8b2d0f1415

prenumerata

–15%
NA START
203,00 zł

–30%
po pierwszym roku prenumeraty
167,20 zł

–40%
po drugim roku prenumeraty
143,30 zł

–50%
po trzecim roku nieprzerwanej prenumeraty
119,40 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 15%** 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 133,60 zł.

Dodatkowa oferta dla prenumeratorów wersji drukowanej: jeśli już subskrybujesz wersję papierową, możesz dokupić równoległe e-wydania w cenie 38,20 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

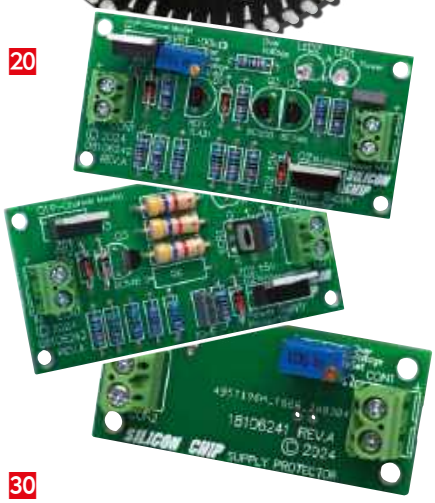
ELEKTRONIKA dla wszystkich

Październik 2026 • 10 (369)

8



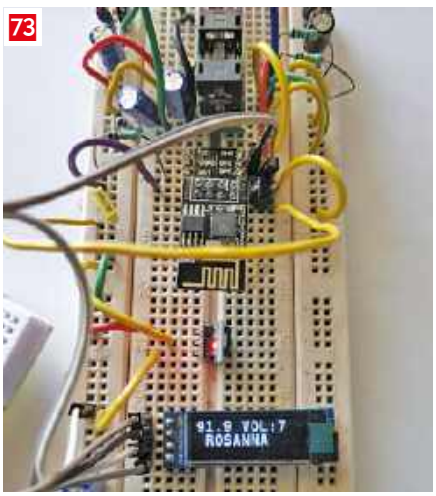
20



30



73



Projekty dla elektroników:

Zegar „analogowy” z diodami LED RGB 8

Zabezpieczenia zasilania DC 20

Generator funkcyjny DDS z Wi-Fi, część 2 30

Tutoriale:

Nauka elektroniki z modułem ESP32, część 3.

Wejścia i wyjścia analogowe 38

Przejściówka BNC do oscyloskopu Mini 4 – druk 3D 50

Chirurgia obwodowa: Rezystancja sterowana elektronicznie, część 3 52

Edukacja w EdW dla szkół i uczelni.

Wykład 46: Kwadraturowa modulacja amplitudy 57

Kick Start, część 13: Jak podłączyć kolorowy wyświetlacz LCD

do modułu Raspberry Pi Pico 60

DIY dla wszystkich:

Inteligentny system automatyki domowej

z zastosowaniem ESP8266 NodeMCU 69

Zdalnie sterowane stereofoniczne radio FM z RDS i modułem ESP-01 73

Junior:

Dwudzieste ósme spotkanie z najmłodszymi pasjonatami elektroniki 80

Na zdjęciu na okładce Jakub – Młodzi Entuzjaści Elektroniki – Wrocław

DIY PLUS

tylko dla prenumeratorów zamawiających prenumeratę na www.UlubionyKiosk.pl

Sterownik grzałki PWM 91

Liniowy sterownik LED z opcją ściemniania 91

Rubryki stałe:

Prenumerata 3

Od redakcji 5

Poczta 6

eprasa.pl 8b2d0f1415

A za miesiąc w listopadowym EdW



Komputer Pico z Raspberry Pi Pico
Jak zmienić cyfrowy terminal w samodzielny komputer? Płytka Pico Computer współpracująca z modułem Raspberry Pi Pico, Pico W lub Pico 2 dodaje m.in. zegar czasu rzeczywistego, pamięć masową, dźwięk i odbiornik podczerwieni. W artykule przedstawione zostaną budowa, montaż, uruchomienie oraz przykładowe wykorzystanie z PicoMite BASIC, Arduino i MicroPython.

Symulator odgłosu fal
Szum rześkich morskich fal w listopadzie? A jakże! Ten prosty układ wykorzystuje biały szum, dwa generatory przebiegu trójkątnego i modulatory do odtworzenia narastania i zanikania fal, a sporadycznie także silniejszego uderzenia. W artykule przedstawione zostaną zasada działania, budowa, montaż i uruchomienie symulatora z wbudowanym głośnikiem oraz wyjściem liniowym.

Analizator logiczny sygnałów mieszanych USB
Sygnały cyfrowe i analogowe na jednym ekranie? Ten analizator z modułem Raspberry Pi Pico umożliwia jednoczesną obserwację do 20 sygnałów cyfrowych i trzech analogowych, a wyniki prezentuje w programie PulseView. W artykule przedstawione zostaną zasada działania, budowa, montaż, uruchomienie, kalibracja oraz praktyczne wykorzystanie urządzenia.

Dla studentów i uczniów:
garść technicznych tutoriali

Dla szukających inspiracji:
ciekawe projekty DIY

Dla najmłodszych:
kolejny zestaw z serii AVTEDU

W kioskach od 28 października

Sezon na ochronę



Październik przypomina o sobie nie tylko coraz krótszym dniem i chłodniejszymi porankami. Ledwie dzieci zdążyły wrócić do szkół, opowiedzieć kolegom o wakacyjnych przygodach, wymienić się nową wiedzą i doświadczeniami, a już zaczynają dzielić się także tym, czym wcale dzielić się nie planowały. Katar, kaszel i kolejne infekcje szybko przypominają, że jesień ma również tę mniej przyjemną stronę.

Nie ma w tym zresztą nic szczególnie zaskakującego. Więcej czasu spędzamy w zamkniętych pomieszczeniach, pogoda coraz częściej wystawia nas na próbę, a organizm musi radzić sobie z warunkami innymi niż jeszcze kilka tygodni wcześniej. Warto więc o niego zadbać: dobrze się odżywiać, wysypiać, nie lekceważyć odpoczynku i dostarczać mu tego, czego rzeczywiście potrzebuje. Jesień nie musi przecież oznaczać kapitulacji przed pierwszym wirusem, który postanowi sprawdzić nasze zabezpieczenia.

A skoro o zabezpieczeniach mowa – elektronika także nie przepada za niespodziankami. Zamiast wirusów i bakterii grożą jej zbyt wysokie napięcie, odwrotna polaryzacja albo zwyczajna pomyłka człowieka. I podobnie jak w przypadku naszego organizmu, rozsądniej jest pomyśleć o ochronie wcześniej niż później usuwać skutki.

John Clarke pokazuje więc trzy proste układy zabezpieczające urządzenia zasilane napięciem stałym. Dwie wersje mają regulowany, a jedna ustalony próg zadziałania. Autor wyjaśnia ich działanie oraz prowadzi przez montaż i uruchomienie.

Przy audio pozostaniemy za sprawą Iana Bella. W trzeciej części cyklu o rezystancji sterowanej elektronicznie przygląda się kompresorom i limiterom oraz pokazuje, jak tranzystor JFET pracujący jako rezystor sterowany napięciem może służyć do regulacji wzmocnienia. Tu także chodzi przecież o utrzymanie sygnału w określonych granicach, zanim jego poziom zacznie sprawiać kłopoty.

Richard Palmer wraca natomiast z drugą częścią opisu dwukanałowego generatora funkcyjnego DDS. Po poznaniu jego możliwości przyszedł czas na montaż, programowanie i uruchomienie urządzenia, sprawdzenie jego działania oraz praktyczne korzystanie z funkcji dostępnych z kolorowego ekranu dotykowego i przez Wi-Fi.

Koloru zresztą w październikowym numerze nie zabraknie. Mike Tooley pokazuje, jak współpracować z niedrogimi wyświetlaczami TFT i IPS za pomocą Raspberry Pi Pico – od tekstu i grafiki po regulację jasności i obsługę przycisków. Praktycznym przykładem jest dwukanałowy wskaźnik wysterowania.

Ten sam autor kontynuuje naukę elektroniki z modułem ESP32, tym razem zajmując się wejściami i wyjściami analogowymi, przetwornikami ADC, PWM, generowaniem przebiegów oraz sterowaniem jasnością LED. Całość prowadzi do praktycznego testera baterii alkalicznych 1,5 V z trzystopniową sygnalizacją ich stanu.

Jos Verstraten zabierze nas natomiast w świat kwadraturowej modulacji amplitudy. Od BPSK przejdziemy przez QPSK i 8-PSK aż do odmian QAM, obserwując na diagramach konstelacji, jak kolejnym symbolom przypisywane są kombinacje bitów.

Sterowanie pojawi się także w dwóch praktycznych konstrukcjach. Nilesh Ramesh Thakre przedstawia system automatyki domowej oparty na module ESP8266 NodeMCU, przekaźnikach i platformie Blynk, a K.N. Antony – niewielkie radio stereo FM z RDS, modułem ESP-01, wyświetlaczem OLED i obsługą pilotem podczerwieni.

I jeszcze zegar. Jesienią często można odnieść wrażenie, że czas płynie jakoś szybciej – ledwie zaczyna się dzień, a za oknem znów robi się ciemno. Nicholas Vinen proponuje jednak, aby przynajmniej samo spoglądanie na upływające godziny nie kojarzyło się z jesienną szarością. Jego „analogowy" zegar wykorzystuje 60 diod RGB rozmieszczonych wokół tarczy, a godziny, minuty i sekundy wskazuje za pomocą różnych kolorów.

Świetlnych efektów nie zabraknie również w EdW Junior, gdzie 19 nieruchomych diod LED stworzy złudzenie obracającego się wiatraczka, a dwa przyciski pozwolą sterować prędkością i kierunkiem jego animacji.

Październik to więc całkiem dobry moment, żeby pomyśleć o ochronie. Własnego organizmu przed tym, co przynoszą chłodniejsze dni i zatłoczone szkolne korytarze, elektroniki przed tym, co może pojawić się na wejściu zasilania, a sygnału przed tym, co mogłoby wymknąć się spod kontroli. Nie wszystko da się przewidzieć i przed wszystkim zabezpieczyć. Warto jednak zrobić tyle, ile można – a przy okazji pamiętać, że nawet gdy dni stają się krótsze, elektronika potrafi dodać im trochę koloru.

Mariusz Ciszewski

eprasa.pl 8b2d0f1415

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.

Generator funkcyjny Wi-Fi DDS i błąd na schemacie modułu z układem PCM5102A

Dzień dobry,

piszę do Państwa w sprawie artykułu jak w temacie. Na stronie 14 zamieściliście Państwo schemat modułu z przetwornikiem PCM5102A. Niestety zarówno na schemacie, jak i na wielu dostępnych płytkach z układem PCM5102A istnieje poważny błąd, który powoduje duże zniekształcenia przy większych poziomach sygnału wyjściowego.

Chodzi o podłączenie pinu 3 (CPGND) układu IC1. W przedstawionym na rysunku 6 schemacie jest on podłączony tylko do kondensatora 2,2 µF, a zgodnie z kartą katalogową (rysunek 33) powinien być połączony z masą.

Dodanie brakującego połączenia zmienia całkowicie jakość sygnału wyjściowego. Problem ten dotyczy na pewno proponowanej przez Państwa płytki z wyprowadzeniem w kształcie litery L.

Pozdrawiam

Tomasz Spociński

Red. Dzień dobry,

bardzo dziękujemy za wiadomość i za uważne przeanalizowanie schematu z pierwszej części artykułu „Generator funkcyjny Wi-Fi DDS”. Po otrzymaniu Pana listu wróciliśmy do oryginalnego artykułu, dokumentacji układu PCM5102A firmy Texas Instruments oraz dostępnych materiałów dotyczących zastosowanego modułu. Sprawa okazała się ciekawa, ponieważ trzeba wyraźnie rozdzielić błąd widoczny na schemacie od rzeczywistego wykonania płytki modułu.

W odniesieniu do samego rysunku 6 Pana uwaga jest słuszna. Wyprowadzenie 3 układu PCM5102A, oznaczone CPGND, nie ma tam narysowanego połączenia z masą. Zgodnie z kartą katalogową Texas Instruments CPGND jest masą wewnętrznej pompy ładunkowej (charge-pump ground). W typowym układzie aplikacyjnym pokazanym w dokumentacji jako rysunek 33 CPGND jest połączone z masą. Sam kondensator 2,2 µF widoczny przy tym wyprowadzeniu nie zastępuje stałoprądowego połączenia z masą.

Dokumentacja układu PCM5102A: ti.com/product/PCM5102A

Pełna karta katalogowa: ti.com/lit/ds/symlink/pcm5102a.pdf

Ma to znaczenie praktyczne. PCM5102A wykorzystuje wewnętrzną pompę ładunkową do wytworzenia ujemnego napięcia potrzebnego do uzyskania wyjść analogowych odniesionych do masy. Nieprawidłowe odniesienie tej części układu może zakłócić pracę pompy, a w konsekwencji prowadzić do ograniczania amplitudy i wzrostu zniekształceń przy większych poziomach sygnału. Pana obserwacja dotycząca wyraźnej poprawy po dodaniu brakującego połączenia jest więc zasadna. Bez pomiarów konkretnego egzemplarza nie chcemy jednak przesądzać, jak duży będzie wpływ tego błędu w każdej wersji modułu.

Warto też zaznaczyć, że MOD2 nie jest płytką zaprojektowaną specjalnie przez Silicon Chip. W oryginalnym artykule autor wyjaśnia, że niewielkie moduły z PCM5102A są powszechnie dostępne w handlu, a rysunek 6 przedstawia schemat rekomendowanego modułu. Główna płytka generatora została przy tym przygotowana do współpracy z dwoma popularnymi wariantami takich modułów. Mamy więc do czynienia z gotową płytką handlową, a nie z modułem DAC opracowanym od podstaw na potrzeby tego projektu.

Podczas dalszego sprawdzania odnaleźliśmy materiał z 2021 roku zawierający schemat bardzo podobnego modułu PCM5102A. Zgadza się wiele charakterystycznych szczegółów: dwa stabilizatory ME6211C33M5G, rezystory 22 Ω w liniach cyfrowych, rezystory 470 Ω na wyjściach, cztery kondensatory 2,2 µF oraz zestaw zworek konfiguracyjnych. Co szczególnie interesujące, na tym schemacie występuje dokładnie to samo pominięcie: CPGND również nie ma narysowanego połączenia z masą.

Schemat: macsbug.wordpress.com/wp-content/uploads/2021/02/pcm5102a_dac_schematic.pdf

Fotografie i opis jednego z modułów tej rodziny: robotics.org.za/PCM5102-MOD

10.1.1 Typical Applications

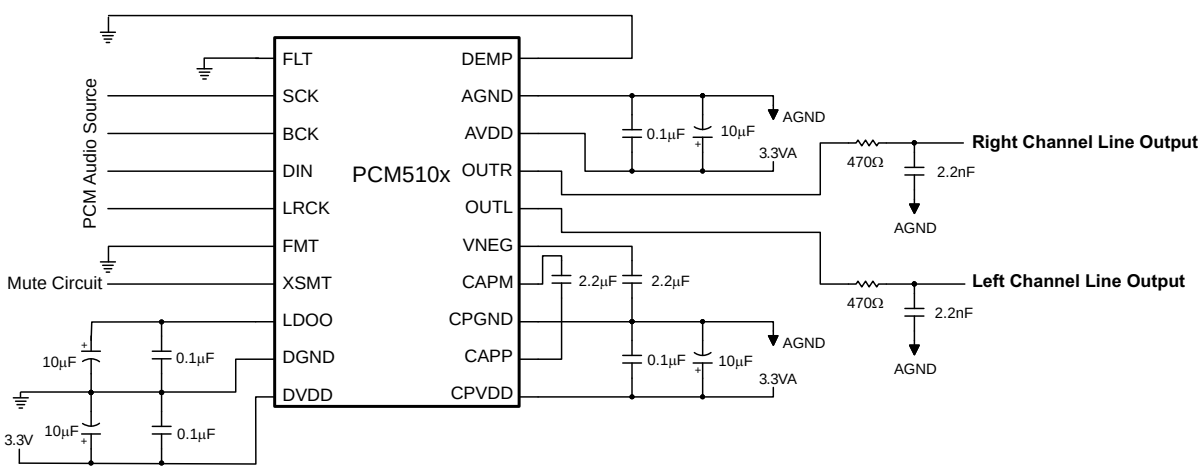


Figure 33. Simplified Schematic, Hardware-Controlled Subsystem

eprasa.pl 8b2d0f1415

Nie udało nam się natomiast znaleźć wiarygodnej, oficjalnej dokumentacji producenta samej płytki ani jej oryginalnych plików PCB lub Gerber. Tego rodzaju moduły są oferowane przez wielu sprzedawców, często bez jednoznacznie wskazanego producenta. Dostępnego w Internecie schematu nie można więc traktować na równi z dokumentacją układu scalonego wydaną przez Texas Instruments ani zakładać, że każda rewizja płytki została wykonana dokładnie według tego rysunku.

Najciekawsze potwierdzenie znaleźliśmy jednak w dyskusji dotyczącej podobnego modułu PCM5102A. Jeden z internautów zwrócił tam uwagę na ten sam problem: brak połączenia CPGND z masą na rozpowszechnionym schemacie. Autor wpisu sprawdził swoją płytkę miernikiem i potwierdził, że w jego egzemplarzu pin 3 CPGND jest rzeczywiście połączony z GND.

Opis, fotografie i dyskusja z informacją o wykonanym pomiarze: todbot.com/blog/2023/05/16/cheap-stereo-line-out-i2s-dac-for-circuitpython-arduino-synths/

To ważny szczegół, ponieważ pokazuje, że błąd schematu nie musi oznaczać błędu samej płytki. Przynajmniej w jednym fizycznie sprawdzonym egzemplarzu tej rodziny modułów połączenie CPGND–GND istniało mimo braku odpowiedniej linii na rysunku. Z drugiej strony moduły te występują w różnych wersjach i rewizjach, dlatego nie można wykluczyć, że niektóre płytki rzeczywiście powielają błąd dokumentacji.

Z tego powodu ostrożniej podeszlibyśmy do stwierdzenia, że problem „na pewno" dotyczy proponowanej w artykule płytki z wyprowadzeniami w kształcie litery L. Sam rysunek 6 tego nie rozstrzyga. Jeśli w Pana egzemplarzu pomiar wykazał brak połączenia między CPGND a GND lub AGND, a jego dodanie przyniosło wyraźną poprawę sygnału, byłaby to dla nas bardzo cenna informacja. Chętnie otrzymamy zdjęcia obu stron modułu, oznaczenia na laminacie oraz, jeśli to możliwe, wyniki pomiarów przed i po modyfikacji. Pozwoliłoby to stwierdzić, czy mamy do czynienia z inną rewizją płytki, w której błąd schematu został rzeczywiście powielony na PCB.

Mamy też prośbę do czytelników korzystających z takich modułów PCM5102A. Jeśli macie pod ręką podobną płytkę, sprawdźcie przy wyłączonym zasilaniu ciągłość pomiędzy pinem 3 CPGND a masą modułu i dajcie znać redakcji, jaki był wynik. Szczególnie interesują nas różne wersje i rewizje płytek. Jeśli możecie, dołączcie zdjęcia obu stron modułu i oznaczeń na laminacie. Z przyjemnością zbierzemy te informacje i podzielimy się wynikami z pozostałymi czytelnikami na łamach EdW. Być może wspólnie uda się ustalić, czy problem dotyczy wyłącznie błędnego schematu, czy również niektórych rzeczywistych wersji tej popularnej płytki.

Jeszcze raz dziękujemy za zwrócenie uwagi na ten szczegół. Takie spostrzeżenia są szczególnie cenne w czasopiśmie technicznym, bo pozwalają nie tylko poprawić pojedynczy rysunek, lecz także ustalić źródło problemu i przekazać innym czytelnikom praktycznie użyteczną informację.

Na dziś możemy więc bezpiecznie stwierdzić: brak połączenia CPGND z masą na rysunku 6 jest błędem schematu, ale dostępne materiały nie pozwalają uznać, że wszystkie odpowiadające mu moduły mają fizycznie tę samą wadę. W przypadku konkretnej płytki rozstrzygający pozostaje prosty pomiar ciągłości.

Czy podzespoły elektroniczne mają termin przydatności?

Szanowna Redakcjo,

porządkując warsztat, znalazłem kilka pudełek z elementami kupionymi kilkanaście, a w niektórych przypadkach nawet kilkadziesiąt lat temu. Są tam rezystory, kondensatory, tranzystory, diody i układy scalone. Większość nigdy nie była używana.

Zacząłem się zastanawiać, czy podzespoły elektroniczne mają coś w rodzaju terminu przydatności. Czy prawidłowo przechowywany rezystor albo tranzystor sprzed 20 czy 30 lat można bez obaw wykorzystać w nowym układzie? A może niektóre elementy starzeją się również wtedy, gdy przez cały ten czas leżą w szufladzie?

Domyślam się, że szczególnym przypadkiem są kondensatory elektrolityczne, ale czy podobne ograniczenia dotyczą także innych elementów? Co warto sprawdzić przed wykorzystaniem starych zapasów?

Pozdrawiam
Jan

Red. Sam wiek elementu nie przesądza o jego przydatności. Texas Instruments przebadał 56 partii półprzewodników przechowywanych w kontrolowanych warunkach przez 10...21 lat. Badano między innymi lutowalność, stan obudów i wyprowadzeń oraz niezawodność. Nie stwierdzono mechanizmu pogarszającego parametry elektryczne lub niezawodność wskutek samego długiego magazynowania. W praktyce problemem może być natomiast stan wyprowadzeń i ich lutowalność. Trzeba przy tym pamiętać, że wyniki TI dotyczą elementów przechowywanych w kontrolowanym środowisku.

W przypadku rezystorów warto obejrzeć element, sprawdzić wyprowadzenia i po prostu zmierzyć rezystancję. Jeżeli wynik mieści się w tolerancji, a element nie nosi śladów korozji czy uszkodzeń, sam wiek nie jest powodem do jego odrzucenia.

Więcej ostrożności wymagają kondensatory. Nippon Chemi-Con podaje, że podczas długiego przechowywania aluminiowych kondensatorów elektrolitycznych może wzrastać prąd upływu. Producent opisuje też procedurę ponownego formowania warstwy dielektrycznej. Przed użyciem starego elektrolitu warto więc sprawdzić jego wygląd, pojemność i ESR, a w bardziej wymagających zastosowaniach także prąd upływu.

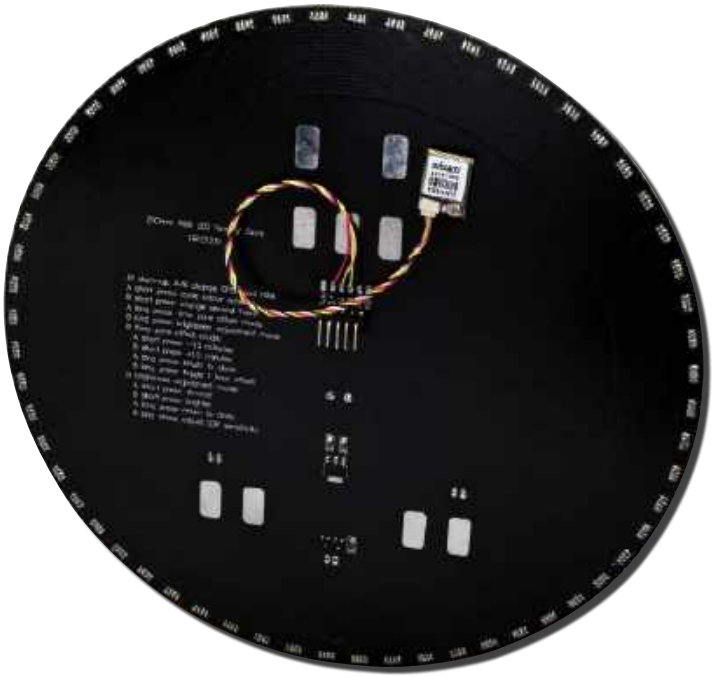
Starzenie dotyczy również niektórych kondensatorów ceramicznych. Murata informuje, że w elementach z dielektrykiem X5R i X7R pojemność z czasem maleje.

A jeśli nawet jakiś element utracił już swoje parametry katalogowe, nie musi od razu trafić do kosza – na stronie 79 EdW 10/2024 relacjonowaliśmy pomysł jednego z młodych pasjonatów na drugie życie starych podzespołów.

Źródła:
Texas Instruments: www.ti.com/lit/pdf/slpa019
Nippon Chemi-Con: www.chemi-con.co.jp/en/faq/detail.php?id=alStorage
Murata: www.murata.com/support/faqs/capacitor/ceramiccapacitor/char/0013

eprasa.pl 8b2d0f1415





Zegar „analogowy” z diodami LED RGB

Kolorowy i wyjątkowy zegar opisany w artykule wskazuje czas za pomocą diod LED ułożonych w okręgu i świecących w różnych kolorach, odpowiadających wskazówkom godzinowej, minutowej i sekundowej. Opcjonalnie można również włączyć efekt świetlnego pościgu, który sprawia, że diody LED co sekundę „pędzą” po okręgu. Jest to prosta konstrukcja zapewniająca doskonały efekt.

Zegar LED RGB jest prosty w budowie, a jednocześnie bardzo efektowny. Poza diodami LED zawiera bardzo niewiele elementów.

Pomysł na ten zegar zrodził się w mojej głowie, gdy przypomniałem sobie nieco podobny zegar „Mesmeriser” firmy Grantronics, który ukazał się w czerwcowym numerze Silicon Chip z 2005 roku i był wówczas dostępny jako zestaw firmy Jaycar. Wiedziałem, że zastosowano w nim jednokolorowe diody LED, ale pomyślałem, że o wiele ładniej byłoby wykonać mój zegar z wielokolorowymi diodami LED RGB.

Jest to zegar hybrydowy, łączący technikę cyfrową i analogową. Pomiar czasu i sterowanie wyświetlaniem są realizowane cyfrowo, ale sposób wskazywania czasu naśladuje zegar analogowy. Zamiast dwóch lub trzech fizycznych wskazówek obracających się wokół środka tarczy i wskazujących cyfry, na jej obwodzie rozmieszczonych jest 60 diod LED. Świecą one w miejscach, na które wskazywałyby wskazówki zegara analogowego.

W prawdziwym zegarze analogowym do rozróżnienia wskazówek godzinowej, minutowej i sekundowej stosuje się wskazówki różnej długości. Natomiast w tym zegarze diody LED świecą w różnych kolorach. Jeśli wskazówki „nakładają się” na siebie, barwa światła jest mieszaniną obu kolorów! Na przykład, jeśli wskazówka godzinowa jest czerwona, a minutowa zielona, to gdy wskazują tę samą liczbę, dioda LED świeci na żółto (co wynika z połączenia światła czerwonego i zielonego).

Co ciekawe, jeśli znasz ten zegar, zauważysz, że wpadłem na podobne pomysły jak jego projektanci, a jednym z głównych było dodanie opcjonalnego „wskaźnika”, który raz na sekundę okrąża tarczę zegara. Jest to bardzo efektowny element, który dodatkowo sygnalizuje upływ każdej sekundy.

Chociaż jest to rozwiązanie podobne do zastosowanego w zegarze Mesmeriser, mój wskaźnik działa nieco inaczej. Film przedstawiający zegar, gdy funkcja ta jest włączona, można obejrzeć pod adresem siliconchip.au/Videos/RGB+Clock

Jeśli nie podoba się ten efekt lub nie chcesz go oglądać, możesz go łatwo wyłączyć jednym naciśnięciem przycisku.

Jedną z głównych różnic w stosunku do zegara Mesmeriser jest stopień złożoności. Chciałem, aby ten zegar był jak najprostszy (zgodnie z zasadą KISS – keep it simple, stupid, czyli „nie komplikuj, wybieraj najprostsze rozwiązanie”). Poza diodami LED jest tu więc tylko jeden mikrokontroler, 20 rezystorów i kilka innych drobiazgów. Wcześniejszy projekt miał znacznie więcej elementów, a jego wykonanie wymagałoby sporo pracy. Powiedziałbym, że ten zegar jest elegancki w swojej prostocie.

Chciałem też, żeby części były stosunkowo tanie, tak aby można było przygotować niedrogi zestaw do samodzielnego montażu. Rozważałem użycie diod LED RGB typu SMD, ale diody LED 5 mm do montażu przewlekanego, które ostatecznie zastosowałem,

eprasa.pl 8b2d0f1415

sprawdzają się znakomicie i przy zakupie w większych ilościach są dość tanie. Jedynym drogim elementem jest płytka drukowana, ponieważ ma dość dużą średnicę – 200 mm. Z drugiej strony zegar ścienny o znacznie mniejszych rozmiarach raczej nie byłby zbyt atrakcyjny.

Myślę, że zasada KISS sprawdziła się całkiem nieźle, ponieważ ten projekt jest znacznie łatwiejszy do wykonania niż projekt „Mesmeriser" sprzed prawie 20 lat. Ten ostatni również miał wyświetlacz cyfrowy, ale uznałem, że większość osób wolałaby albo odczyt cyfrowy, albo analogowy, a nie oba naraz. Jedynym ustępstwem na rzecz zegarów cyfrowych było dodanie opcjonalnych diod LED wskazujących AM/PM, aby czas był jednoznaczny.

Chociaż uważam, że ten zegar jest ładniejszy od modelu „Mesmeriser", zestaw kosztuje mniej niż połowę jego ceny (a uwzględniając 20-letnią inflację – nawet jeszcze mniej). Jest też nieco większy od „Mesmerisera", a umieszczone przy krawędzi diody LED sprawiają wrażenie, że wyświetlacz jest jeszcze większy.

Nie wydawało mi się realne zasilanie z baterii zegara wykorzystującego diody LED do wyświetlania czasu, dlatego jest on po prostu zasilany napięciem stałym od 5 V do 12 V (najlepiej w zakresie 6...9 V). Może to być zasilacz sieciowy lub zasilacz USB. Najprostszym sposobem podłączenia jest poprowadzenie cienkiego, dwużyłowego przewodu o przekroju w kształcie ósemki, zwisającego od spodu zegara do najbliższego gniazda zasilania.

Jeśli naprawdę chcesz zasilać urządzenie z baterii, to przy średnim poborze prądu przez nasz prototyp wynoszącym około 25 mA cztery baterie AA powinny wystarczyć na około pięć dni pracy. Dlatego warto używać akumulatorów o dużej pojemności (na przykład NiMH), aby uniknąć wydawania fortuny na baterie alkaliczne.

Jeśli chodzi o odmierzanie czasu, zadanie to powierzyłem wybranemu modułowi GPS lub modułowi Wi-Fi, który pobiera informacje o czasie z serwera NTP przez Internet za pośrednictwem sieci Wi-Fi. Dzięki temu zegar jest niezwykle dokładny, bez narastającego błędu odmierzania czasu, a jednocześnie pozwala zachować prostotę układu.

Zegar został zaprojektowany do zawieszenia na ścianie w postaci nieosłoniętej płytki drukowanej. Może się nieco zakurzyć, ale zegarów zazwyczaj nie dotyka się zbyt często, więc obudowa nie jest bezwzględnie konieczna. Jeśli jednak chcesz umieścić go w obudowie, prawdopodobnie znajdziesz odpowiednią. Najprostszym rozwiązaniem będzie prawdopodobnie zakup niedrogiego zegara w plastikowej obudowie o odpowiednich wymiarach, wyjęcie z niego mechanizmu i zamontowanie tej płytki drukowanej. Najpierw upewnij się tylko, że wszystko się zmieści!

Opis układu

Pełny schemat ideowy przedstawiono na **rysunku 1**. Kluczem do zachowania prostoty konstrukcji jest zastosowanie techniki Charlieplexingu, która pozwala na sterowanie wszystkimi 60 diodami LED RGB – zawierającymi łącznie 180 struktur LED (plus dwie opcjonalne diody LED AM/PM) – za pomocą 20-wyprowadzeniowego układu scalonego.

Technika ta polega na utrzymywaniu większości pinów podłączonych do diod LED w stanie wysokiej impedancji (na przykład przez skonfigurowanie ich jako wejść cyfrowych). Jeden z pinów jest ustawiany w stan wysoki (+5 V), a drugi w stan niski (0 V). Między każdą możliwą parą pinów jest podłączona inna struktura LED, więc w zależności od tego, który pin znajduje się w stanie wysokim, a który w niskim, świeci tylko jedna z nich.

Dzięki takiemu rozmieszczeniu połączeń możemy w dowolnym momencie zapalić dowolną kombinację czerwonych, zielonych i niebieskich struktur w jednej diodzie LED.

Dzięki multipleksowaniu (szybkiemu przełączaniu między różnymi stanami) możemy sprawić, że wiele diod LED będzie sprawiało wrażenie świecących jednocześnie. W przypadku tego zegara musimy w ten sposób sterować maksymalnie pięcioma diodami LED: „wskazówki" godzinowej, „wskazówki" minutowej, „wskazówki" sekundowej, opcjonalnego „wskaźnika" (który okrąża tarczę raz na sekundę) oraz opcjonalnej diody LED AM lub PM.

Oznacza to, że każda dioda LED świeci maksymalnie przez 20% czasu. Aby to zrekompensować, zasilamy je dość dużym prądem, dzięki czemu nadal świecą dość jasno. Skracając czas, przez jaki świecą (to jest wyłączając niekiedy wszystkie diody LED), możemy również regulować jasność.

Liczbę struktur LED (l), którymi można sterować w układzie Charlieplex przy określonej liczbie pinów n, można obliczyć z zależności: $l = 2(n-1) + 2(n-2) + 2(n-3) + \ldots + 2$, co można uprościć do postaci $l = n(n-1)$. Jest to równanie kwadratowe, więc możemy je rozwiązać względem n, uzyskując ostatecznie wzór $n = (1 + \sqrt{(1 + 4l)}) \div 2$.

Po podstawieniu wartości $l = 182$ możemy ustalić, że wystarczy nam dokładnie 14 pinów wejścia/wyjścia. Jednak w naszym układzie używamy 15 pinów, ponieważ pozwala to na zastosowanie znacznie prostszego rozwiązania, w którym ustalenie, które piny należy ustawić w stanie wysokim, a które w niskim, aby zapalić daną diodę LED, jest banalnie proste. Zastosowany przez nas układ jest widoczny na schemacie.

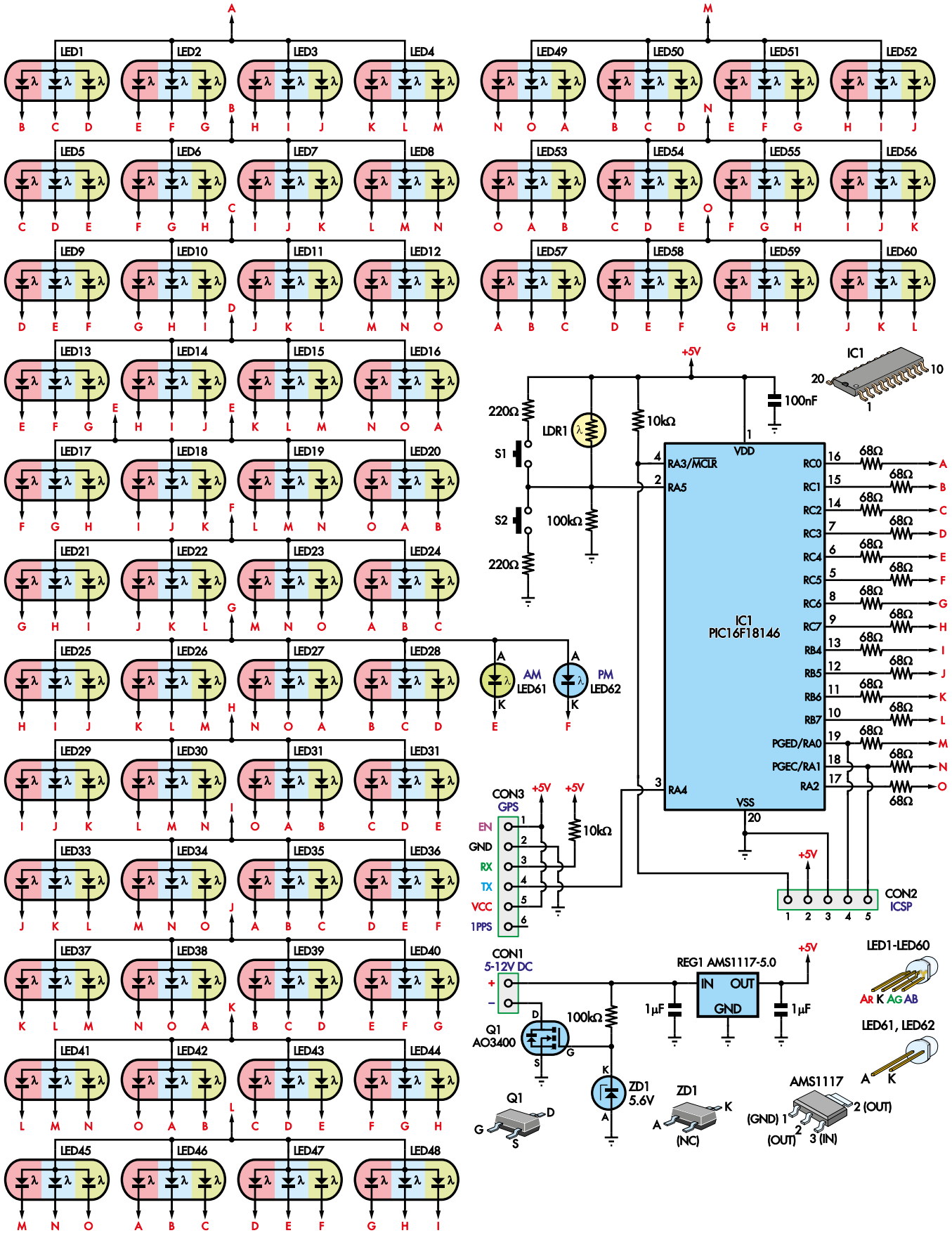
Diody LED RGB są pogrupowane w kolejne zestawy po cztery, przy czym ich wspólne anody są połączone ze sobą i podłączone kolejno do pinów wejścia/wyjścia A (LED1...LED4), B (LED5...LED8) i tak dalej, aż do piętnastego pinu wejścia/wyjścia O (LED57...LED60).

W przypadku pierwszej grupy, której anody są sterowane przez pin wejścia/wyjścia A, katody są sterowane przez piny B, C, D, ... K, L i M. W przypadku drugiej grupy, której anody są sterowane przez pin wejścia/wyjścia B, katody są sterowane przez piny C, D, E, ... L, M i N. W trzeciej grupie ostatnia katoda jest sterowana przez piętnasty pin wejścia/wyjścia (O), po czym w kolejnej grupie sekwencja rozpoczyna się ponownie od pinu A.

Cechy i specyfikacja

- **Czarna tarcza zegara o średnicy 200 mm z 60 diodami LED RGB, które świecą w różnych kolorach, odpowiadających wskazaniom godzin, minut i sekund**
- **6 różnych schematów kolorów do wyboru**
- **Opcjonalna funkcja wskaźnika podsekundowego**
- **Regulowane, automatyczne ściemnianie z wykorzystaniem modulacji PWM oraz fotorezystora (LDR) do pomiaru natężenia oświetlenia otoczenia**
- **Dwie opcjonalne jednokolorowe diody LED (w dowolnych kolorach) do wskazywania pory dnia (AM lub PM)**
- **Źródło czasu: moduł GPS lub serwery NTP dostępne przez Internet za pośrednictwem sieci Wi-Fi**
- **Dokładność: zazwyczaj do jednej sekundy**
- **Strefa czasowa: od GMT–14 godzin do GMT+14 godzin, w odstępach co 15 minut**
- **Przełączanie na czas letni: ręczne przesunięcie o jedną godzinę**
- **Zasilanie: 5...12 V DC przy poborze prądu około 50 mA, z zasilacza sieciowego lub USB**
- **Opcje prędkości transmisji źródła czasu: 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 bodów**

eprasa.pl 8b2d0f1415



Rysunek 1. Układ składa się głównie z 60 diod LED RGB, które są podłączone do mikrokontrolera IC1 za pośrednictwem piętnastu rezystorów szeregowych 68 Ω. Mikrokontroler może zaświecić dowolną strukturę LED w tych diodach (lub jedną z dwóch dodatkowych diod), ustawiając jeden z podłączonych pinów w stan wysoki, a drugi w stan niski, natomiast pozostałe piny są skonfigurowane jako cyfrowe wejścia o wysokiej impedancji

eprasa.pl 8b2d0f1415

Najważniejsze jest to, że żaden pin wejścia/wyjścia nie pojawia się dwukrotnie w tej samej grupie. Diody LED AM i PM są podłączone do wolnych kombinacji pinów, które nie są wykorzystywane przez żadną z diod LED RGB.

Aby zaświecić jedną diodę LED, wystarczy ustalić, do której grupy należy, i ustawić odpowiedni pin wspólnej anody w stanie wysokim. Następnie ustawiamy w stanie niskim jeden, dwa lub trzy piny katodowe podłączone do tej diody, aby zaświeciła w określonym kolorze.

Sieci oznaczone literami od A do O są połączone z pinami mikrokontrolera IC1 za pośrednictwem rezystorów 68 Ω ograniczających prąd. Ich wartości dobrano na podstawie podanej w danych katalogowych wartości granicznej prądu pojedynczego wyprowadzenia mikrokontrolera wynoszącej ±25 mA, a także typowego ograniczenia prądu diody LED do 20 mA (chociaż przy współczynniku wypełnienia zawsze poniżej 50% nie stanowi to tak naprawdę problemu).

Każda dioda LED podczas świecenia będzie miała dwa rezystory połączone szeregowo – jeden w obwodzie anodowym, a drugi w obwodzie katodowym. Przyjmując, że najniższe napięcie przewodzenia diody LED przy prądzie 20 mA wynosi 1,8 V, a napięcie zasilania dokładnie 5 V, na rezystorach wystąpi napięcie 3,2 V, co pozwoli na przepływ prądu o maksymalnej wartości 23,5 mA (3,2 V ÷ [68 Ω × 2]). Jednak tranzystory wyjściowe mikrokontrolera również mają własną rezystancję, którą na podstawie danych katalogowych możemy oszacować na około 68 Ω.

Ostatecznie rezystancja szeregowa dla każdej diody LED wynosi w praktyce około 200 Ω, więc rzeczywisty prąd jest ograniczony do około 16 mA, czyli znacznie poniżej limitu 25 mA.

Regulacja jasności

Chcemy, aby diody LED w zegarze świeciły jasno w dobrze oświetlonym pomieszczeniu, ale nie były zbyt jasne w nocy, aby nie raziły w oczy. W związku z tym w pobliżu środka tarczy zegara umieszczono fotorezystor (LDR), który reaguje na poziom oświetlenia otoczenia. Fotorezystor LDR jest połączony z szyną 5 V, a rezystor 100 kΩ z masą, razem tworząc dzielnik napięcia.

Przy większym natężeniu światła rezystancja LDR jest mała, więc napięcie na wejściu analogowym RA5 układu scalonego IC1 będzie bliskie 5 V (prawdopodobnie około 4,5 V). W miarę spadku natężenia światła rezystancja LDR wzrośnie do 100 kΩ lub więcej, co spowoduje spadek napięcia do 2,5 V, a nawet mniej. Mikrokontroler może zatem wykorzystać swój przetwornik analogowo-cyfrowy (ADC) do pomiaru napięcia na tym pinie i regulacji jasności diod LED.

Zastosowano tu modulację szerokości impulsu (PWM). O tym, jak ją zrealizowano, można przeczytać w części dotyczącej oprogramowania.

Dodatkowo pin 2 układu IC1 służy do wykrywania naciśnięć przycisków S1 i S2. Służą one do zmiany konfiguracji zegara, ustawiania strefy czasowej, wyboru czasu letniego, regulacji czułości fotorezystora LDR i tak dalej.

Po naciśnięciu jednego z nich napięcie na pinie 2 wzrasta niemal do 5 V albo spada do 0 V. Rezystancja fotorezystora nie zmienia się na tyle, aby napięcie mogło zbliżyć się tak bardzo do którejkolwiek z tych wartości granicznych, dzięki czemu mikrokontroler rozpoznaje naciśnięcie przycisku. Rezystory 220 Ω mają wystarczająco małą rezystancję, aby nie zakłócać tego działania, ale jednocześnie wystarczająco dużą, aby uniknąć uszkodzenia w przypadku naciśnięcia obu przycisków (co jest sytuacją nieprawidłową).

Pomiar czasu

Chociaż układ IC1 ma wewnętrzny generator, nie jest on zbyt dokładny, dlatego służy jedynie do odmierzania czasu z dokładnością do sekundy. W przypadku dłuższych przedziałów czasowych korzystamy z zewnętrznego źródła czasu – może to być moduł GNSS (na przykład GPS), który uzyskuje informację o czasie z sygnałów satelitarnych opartych na pokładowych zegarach atomowych, albo moduł pobierający czas z internetowych serwerów NTP za pośrednictwem sieci Wi-Fi.

W obu przypadkach polegamy na tym, że moduł ma rezonator kwarcowy zapewniający stabilne odmierzanie czasu, a my po prostu pobieramy jego aktualizacje (raz na sekundę lub częściej) i wyświetlamy podawany przez niego czas.

Moduł GNSS lub NTP jest podłączany za pomocą sześciopinowego złącza CON3. Niektóre moduły mają cztery lub pięć przewodów, dlatego część tych pinów pozostaje niepodłączona. W rzeczywistości potrzebne są tylko trzy: Vcc (5 V) i GND (0 V) do zasilania modułu oraz TX – pin, przez który moduł wysyła do mikrokontrolera dane szeregowe zawierające informację o czasie.

Jest też punkt lutowniczy do podłączenia przewodu RX modułu, podciąganego do stanu wysokiego za pośrednictwem rezystora 10 kΩ, dzięki czemu moduł nie odbiera fałszywych danych szeregowych wywołanych zakłóceniami elektromagnetycznymi (EMI). W rzeczywistości nie musimy wysyłać żadnych danych. Punkt lutowniczy 1PPS służy do podłączenia przewodu 1PPS, jeśli moduł jest w niego wyposażony. To połączenie również nie jest potrzebne. Pole EN podciąga przewód EN modułu (jeśli taki istnieje) do stanu wysokiego, aby go włączyć.

Pozostałe elementy układu

Układ scalony IC1 ma kondensator odsprzęgający zasilanie o pojemności 100 nF oraz rezystor 10 kΩ podciągający pin \MCLR (reset), który zapobiega niepożądanym zerowaniom układu. Opcjonalne złącze programowania szeregowego w układzie (ICSP) CON2 umożliwia przeprogramowanie układu scalonego IC1.

Chociaż podczas tej operacji niektóre diody LED będą świecić słabo (ponieważ piny 18 i 19 układu IC1 służą zarówno do programowania, jak i do sterowania diodami LED), nie stwierdziliśmy, aby miało to wpływ na programowanie układu.

Pozostaje już tylko prosty liniowy układ zasilania. REG1 to stabilizator 5 V o niskim spadku napięcia, który umożliwia zasilanie układu napięciem wejściowym 6...12 V DC i zapewnia stabilne napięcie 5 V do zasilania zegara. Ponieważ pobór prądu wynosi zazwyczaj mniej niż 50 mA, stabilizator rozprasza co najwyżej 350 mW mocy ([12 V – 5 V] × 0,05 A). Stabilizator ma obudowę SOT-223 przylutowaną do płytki, więc z łatwością rozproszy taką moc.

W projekcie na wejściu i wyjściu stabilizatora AMS1117 zastosowano kondensatory ceramiczne o pojemności 1 µF. Zastosowanie jednakowych wartości upraszcza montaż.

Tranzystor MOSFET Q1 zapewnia ochronę przed odwrotną polaryzacją, ponieważ zasilanie jest podłączane za pomocą prostego dwupinowego złącza lub przylutowanych przewodów. Jeśli zasilanie zostanie podłączone z prawidłową polaryzacją, bramka tranzystora Q1 jest podciągana do dodatniego potencjału, co powoduje jego włączenie i połączenie ujemnego przewodu zasilania z masą układu. Jeśli przewody zasilające zostaną zamienione, napięcie bramki tranzystora Q1 zostanie ściągnięte do masy, a jego wewnętrzna dioda będzie spolaryzowana zaporowo, więc prąd nie popłynie.

ZD1 zabezpiecza bramkę tranzystora Q1 na wypadek podłączenia do płytki ujemnego napięcia o wartości bezwzględnej przekraczającej 16 V, choć jest to mało prawdopodobne.

Przypis redaktora: Dioda Zenera ZD1 ogranicza napięcie między bramką a źródłem tranzystora Q1, chroniąc jego bramkę przed przekroczeniem dopuszczalnej wartości.

eprasa.pl 8b2d0f1415

Opcje

Chociaż w specyfikacji podajemy diody LED RGB ze wspólną anodą, układ będzie działał również z diodami ze wspólną katodą. Jedyna zmiana wymagana w przypadku zastosowania diod LED ze wspólną katodą polega na odwróceniu stanów sterujących, to znaczy zamiast ustawiać pin w stanie wysokim, należy ustawić go w stanie niskim i odwrotnie.

Jedynym haczykiem jest to, że jeśli montujesz diody LED AM i PM (LED61 i LED62) i używasz diod LED RGB ze wspólną katodą, należy je odwrócić (obrócić o 180°), tak aby ich polaryzacja była zgodna z pozostałymi diodami LED.

Płytka drukowana

Można by pomyśleć, że przy tak dużej liczbie połączeń diod LED prowadzenie ścieżek na płytce drukowanej będzie prawdziwym koszmarem, ale w rzeczywistości okazało się dość proste. Postaraliśmy się, by połączenia były jak najbardziej przejrzyste i dość symetryczne, ponieważ płytka drukowana stanowi jednocześnie tarczę zegara (**rysunek 2**). Moglibyśmy ukryć większość połączeń na dolnej stronie płytki, ale uznaliśmy, że ciekawiej będzie umieścić część z nich na górnej stronie!

Mikrokontroler IC1 znajduje się dokładnie pośrodku tarczy, co wydaje się właściwe, ponieważ logicznie rzecz biorąc, stanowi on również centrum całego układu. Większość rezystorów znajduje się po jego lewej i prawej stronie. Kondensator odsprzęgający znajduje się nad nim, natomiast fotorezystor (LDR) jest umieszczony pośrodku poniżej. Przyciski znajdują się po lewej i prawej stronie, w jednej linii z IC1.

Elementy zasilacza montuje się na dolnej stronie płytki drukowanej, w jej dolnej części.

Początkowo rozważaliśmy użycie automatycznego trasowania do wykonania około 244 połączeń z diodami LED, ale wpadliśmy na lepszy (i znacznie schludniejszy!) pomysł.

Piętnaście linii wejścia/wyjścia (oznaczonych na schemacie układu literami od A do O) przypisano do 15 ścieżek poprowadzonych po współśrodkowych okręgach na dolnej warstwie, biegnących w stałych odstępach wewnątrz okręgu diod LED RGB. Promieniowe ścieżki na górnej warstwie biegną od każdego pola diody LED RGB częściowo w kierunku środka płytki drukowanej, a wszystkie kończą się tuż nad najbardziej wewnętrzną ze współśrodkowych ścieżek na dolnej warstwie.

Dzięki takiemu rozwiązaniu wystarczyło umieścić po jednej przelotce na każdej z tych ścieżek promieniowych w odpowiednim miejscu, aby połączyć ją z właściwą ścieżką współśrodkową (A...O). Następnie każda ze ścieżek promieniowych połączonych z liniami A...O jest poprowadzona do rezystora szeregowego, który łączy się z odpowiednim pinem mikrokontrolera (dziękujemy Timowi Blythmanowi za pomoc w opracowaniu tego sprytnego rozwiązania!)

Chociaż na górnej stronie płytki znajdują się pola lutownicze przeznaczone do podłączenia trzech złączy, uznaliśmy, że ich wystające końcówki nie wyglądałyby najlepiej. Aby zachować estetyczny wygląd, pola te nie mają odsłoniętej miedzi na górnej stronie płytki, ale nadal istnieje możliwość przylutowania pionowych lub (najlepiej) kątowych złączy od dolnej strony.

Większość konstruktorów nie będzie musiała montować złącza ICSP. Ponieważ moduły GPS są zazwyczaj dostarczane z gotowymi wiązkami przewodów, nie ma potrzeby montowania złącza CON3. Zamiast tego sugerujemy po prostu przylutowanie przewodów do tych pól lutowniczych na dolnej stronie płytki, tak jak to zrobiliśmy. Aby ukryć moduł GPS, przykleiliśmy go do dolnej strony płytki drukowanej za pomocą taśmy dwustronnej. Gdybyśmy tak nie zrobili, okablowanie wyglądałoby trochę niechlujnie.

Pozostaje jeszcze tylko gniazdo zasilania CON1. Masz tu kilka możliwości. Możesz przylutować polaryzowane złącze kątowe do dolnej strony płytki i podłączyć je za pomocą wtyczki. Możesz też po prostu przylutować do tych pól odizolowane końcówki przewodów (bezpośrednio z zasilacza lub prowadzących do gniazda cylindrycznego).

Istnieje również możliwość zastosowania małej, oddzielnej płytki, którą opracowaliśmy i którą można przylutować do płytki głównej za pomocą listwy goldpin. Ma ona wbudowane gniazdo USB. Zegar można wtedy zasilać napięciem 5 V z USB. Chociaż prawdopodobnie spowoduje to, że różnica napięć między wejściem a wyjściem REG1 będzie zbyt mała do prawidłowej stabilizacji napięcia, a diody LED mogą nie świecić tak jasno, nie zauważyliśmy, aby miało to znaczący wpływ na działanie urządzenia.

Wspomniana niewielka płytka dodatkowa przyda się w wielu zastosowaniach i została przedstawiona jako osobny projekt.

Przypis redaktora: Płytkę określaną w artykule jako USB Power Breakout Board (PCB 18101251) opisano jako osobny projekt „USB Power Adaptor" w „Silicon Chip" 5/2025, na stronach 78...80.

Oprogramowanie

Oprogramowanie jest w zasadzie proste, choć po dokładniejszym przyjrzeniu się okazuje się dość złożone. Mikrokontroler pracuje z częstotliwością zegara systemowego 16 MHz („Fosc"), co przekłada się na częstotliwość taktowania instrukcji wynoszącą 4 MHz. Wykorzystywane są trzy timery sprzętowe: TMR0, TMR1 i TMR2. Pozostałe wykorzystywane układy peryferyjne to przetwornik analogowo-cyfrowy oraz interfejs UART do odbioru danych szeregowych.

TMR1 służy do odmierzania czasu oraz do sterowania częstotliwością wykonywania pętli głównej. Jest to 16-bitowy timer taktowany zegarem Fosc ÷ 4 i wykorzystujący preskaler 1:1, co oznacza, że przepełnia się z częstotliwością około 61,035 Hz (16 MHz ÷ 4 ÷ 65536).

Na szczęście jest to niemal dokładnie to, czego chcemy. Zakładając, że włączono wskaźnik (a wygląda to efektownie, więc dlaczego by tego nie zrobić?), wykonuje on 61 kroków na sekundę. Dzieje się tak, ponieważ musi raz okrążyć tarczę zegara (60 diod LED) oraz przesunąć się o jeden krok wraz ze wskazówką sekundową (o jedną diodę LED). Jest to czysty zbieg okoliczności, ale działa naprawdę świetnie!

Kiedy przesuwamy wskazanie zegara o kolejną sekundę po upływie 999,4 ms (61 ÷ 61,035), oczekujemy, że moduł GPS/NTP dostarczy aktualizację czasu dokładnie po 1000 ms, więc zdarzenie to służy do wyzerowania licznika. W ten sposób, o ile otrzymujemy aktualizacje czasu co sekundę, nie występują żadne zakłócenia w wyświetlaniu czasu.

TMR0 i TMR2 są używane odpowiednio do multipleksowania diod LED i sterowania PWM. Oba są 8-bitowymi licznikami taktowanymi zegarem Fosc ÷ 4 z preskalerem 4:1, więc przepełniają się z częstotliwością około 3,906 kHz (16 MHz ÷ 4 ÷ 4 ÷ 256). Za każdym razem, gdy TMR0 ulegnie przepełnieniu, wyzwalana jest procedura przerwania, która powoduje zapalenie kolejnej diody LED (przy użyciu masek portów obliczonych wcześniej przez pętlę główną).

Rejestry TMR0 i TMR2 działają synchronicznie. Przy pełnej jasności TMR2 nigdy nie wyzwala przerwania. Rejestr PR2 określa, jak szybko po przepełnieniu TMR0 nastąpi przerwanie TMR2. W miarę zmniejszania wartości w PR2 przerwanie TMR2 następuje wcześniej, a jego procedura obsługi przerwania (ISR) po prostu wyłącza wszystkie diody LED. Im wcześniej nastąpi to po ich włączeniu, tym mniejsza jest jasność wyświetlacza.

eprasa.pl 8b2d0f1415

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

Oznacza to, że możemy wykorzystać rejestr PR2 do 8-bitowej regulacji PWM wszystkich diod LED, ponieważ przerwanie to występuje w takim samym odstępie czasu po każdym etapie multipleksowania.

Oprócz obliczania, które diody LED mają się zaświecić w zależności od aktualnego trybu i czasu, pętla główna odbiera również dane szeregowe z modułu GPS/NTP, dekoduje je i wykorzystuje do aktualizacji bieżącego czasu. Po pobraniu czasu UTC/GMT, przed aktualizacją wskazań zegara, uwzględniane są skonfigurowane przesunięcie strefy czasowej oraz przesunięcie związane z czasem letnim (jeśli jest włączone).

Przy każdym przebiegu pętli odczytywane jest napięcie z dzielnika LDR, które następnie jest filtrowane i wykorzystywane do obliczenia nowego poziomu jasności.

Sprawdzane jest również, czy naciśnięto przycisk S1 lub S2, eliminowane są drgania styków, rozróżniane długie i krótkie naciśnięcia oraz odpowiednio zmieniany jest tryb pracy.

Budowa

Zegar LED RGB jest zbudowany na dużej okrągłej płytce drukowanej o wymiarach 200 mm × 200 mm (to jest o średnicy 200 mm), z czarną maską lutowniczą, oznaczonej numerem 19101251. Zalecamy rozpoczęcie montażu od elementów SMD na górnej stronie płytki, zaczynając od układu IC1.

Powinieneś mieć pod ręką lutownicę z regulacją temperatury, pęsetę z cienkimi końcówkami, cynę, strzykawkę z topnikiem w postaci pasty oraz plecionkę lutowniczą. Prace należy wykonywać w dobrze wentylowanym pomieszczeniu, korzystając z wentylatora, przy otwartym oknie lub na zewnątrz, ponieważ wdychanie oparów topnika jest szkodliwe dla zdrowia.

Jeśli kupiłeś zestaw lub zaprogramowany mikrokontroler w sklepie internetowym Silicon Chip, układ będzie już zaprogramowany i wystarczy go po prostu przylutować do płytki. Jeśli masz pusty układ i możliwość zaprogramowania go poza płytką, zrób to teraz. W naszym artykule poświęconym adapterowi do programowania układów PIC, opublikowanym we wrześniu 2023 roku (siliconchip.au/Article/15943), opisaliśmy, jak należy to zrobić.

Jeśli nie dysponujesz takim zestawem do programowania, a twój układ nie jest zaprogramowany, przylutuj go teraz. Później będzie można użyć złącza CON2 do jego zaprogramowania.

Przed lutowaniem upewnij się, że zidentyfikowałeś pin 1 i wyrównałeś go z oznaczeniami na płytce oraz na schemacie montażowym pokazującym rozmieszczenie elementów na górnej stronie (rysunek 2). Naprawianie odwróconego układu SMD nie jest przyjemnością! Przylutuj jeden pin do płytki niewielką ilością cyny, a następnie sprawdź wyprowadzenia, aby upewnić się, że wszystkie znajdują się na odpowiednich polach lutowniczych. Jeśli tak nie jest, ponownie roztop cynę i delikatnie przesuń układ we właściwe położenie.

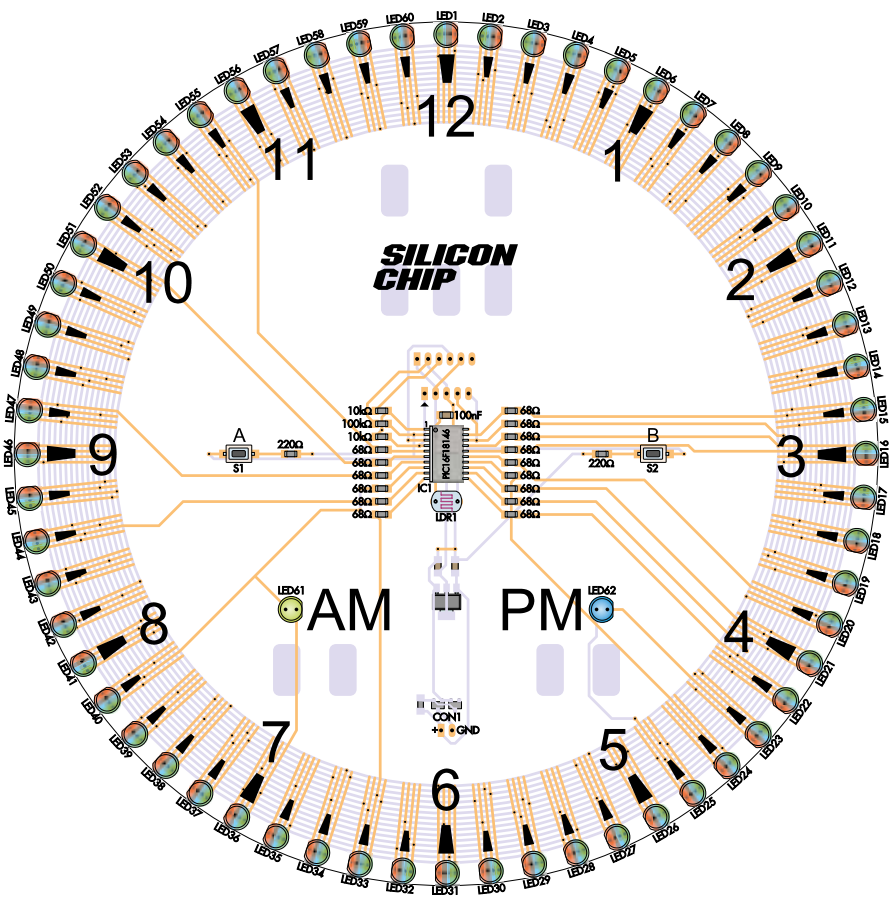
Sprawdź jeszcze raz, czy układ scalony jest prawidłowo ustawiony, a następnie przylutuj pin znajdujący się po przekątnej. Nałóż topnik wzdłuż pinów po obu stronach, a następnie przylutuj wszystkie pozostałe piny. Możesz to zrobić pojedynczo, nakładając niewielką ilość cyny na grot lutownicy i przykładając go do miejsca styku wyprowadzenia układu z polem lutowniczym, albo metodą przeciągania grotu („drag soldering"), lutując po kilka wyprowadzeń jednocześnie.

Jeśli powstaną mostki lutownicze (co jest prawdopodobne w przypadku lutowania metodą przeciągania), nałóż niewielką ilość topnika, a następnie użyj plecionki lutowniczej do usunięcia nadmiaru cyny.

Sprawdź wszystkie połączenia lutowane i piny pod powiększeniem, aby upewnić się, że wszystkie wyprowadzenia zostały przylutowane do odpowiednich pól lutowniczych, spoiny są prawidłowe i nie pozostały żadne mostki, a następnie przejdź do elementów pasywnych, korzystając z rysunku 2. Najlepiej najpierw zamontować rezystory 220 Ω, 10 kΩ i 100 kΩ, ponieważ wszystkie pozostałe rezystory będą miały tę samą rezystancję (68 Ω). Jedyny kondensator na tej stronie ma pojemność 100 nF.

Podczas prac można stosować podobną technikę jak w przypadku układów scalonych. Przylutuj element do jednego pola lutowniczego, sprawdź jego położenie, w razie potrzeby skoryguj je, a następnie przylutuj drugie pole. Na pierwsze pole nałóż odrobinę topnika i podgrzej je lutownicą, aby ponownie roztopić cynę.

Po zamontowaniu wszystkich elementów usuń resztki topnika z płytki za pomocą alkoholu lub rozpuszczalnika do topnika. O wiele łatwiej jest wyczyścić płytkę przed zamontowaniem jakichkolwiek elementów przewlekanych. Będzie to tarcza zegara, więc warto zadbać o to, aby wyglądała estetycznie! Prawdopodobnie będziesz musiał



Rysunek 2. Płytka drukowana o średnicy 200 mm stanowi tarczę zegara, a 60 diod LED RGB rozmieszczono co 6° wzdłuż jej zewnętrznej krawędzi

eprasa.pl 8b2d0f1415

wyczyścić ją dwa lub trzy razy, za każdym razem używając nowego kawałka bezwłóknistej ściereczki. W ten sposób uzyskasz zadowalający efekt.

Teraz przylutuj dwa przyciski, stosując tę samą technikę. Prawdopodobnie pozostaną po tym niewielkie ślady topnika, ale nie należy zanurzać przycisków w rozpuszczalniku, ponieważ może to je uszkodzić. Nałóż więc odrobinę rozpuszczalnika na fragment bezwłóknistej ściereczki i wytrzyj nią pozostałości topnika.

Odwróć płytkę (połóż ją na ściereczce, aby jej powierzchnia nie uległa zabrudzeniu ani zarysowaniu), a następnie przylutuj elementy na dolnej stronie, jak pokazano na **rysunku 3**. Nie pomyl tranzystora Q1 (prawdopodobnie oznaczonego kodem XORB) z diodą ZD1 (prawdopodobnie oznaczoną kodem T12 lub Z3), ponieważ mają one taką samą obudowę. Po zakończeniu usuń pozostałości topnika, choć staranność nie ma tu większego znaczenia, ponieważ płytka będzie później przylegała do ściany.

Teraz, od górnej strony, możesz przylutować fotorezystor (LDR). Dopasowanie jego wyprowadzeń do pól lutowniczych może wymagać wygięcia ich do wewnątrz. Element ten powinien być zamontowany estetycznie, upewnij się więc, że jest ustawiony prosto i znajduje się blisko powierzchni płytki.

Lutowanie diod LED

Teraz czas na poważniejszą pracę. Zajmie to prawdopodobnie co najmniej kilka godzin. Nie spiesz się, ponieważ usuwanie problemów, takich jak mostki lutownicze, jest trudniejsze niż wykonanie tego zadania poprawnie za pierwszym razem.

Upewnij się, że każda z 60 diod LED RGB jest zamontowana we właściwej orientacji. Zwróć uwagę na położenie płaskich krawędzi zaznaczonych na warstwie opisowej płytki drukowanej oraz na rysunku 2.

Każdą diodę LED należy najpierw włożyć, a następnie oprzeć płytkę na powierzchni roboczej tak, aby jej ciężar dociskał tę diodę do płytki. Aby to zapewnić, można umieścić między soczewką lutowanej diody a stołem lutowniczym na przykład gumkę do wycierania. Następnie należy przylutować jedno z zewnętrznych wyprowadzeń, trzymając lutownicę od strony zewnętrznej i używając minimalnej ilości cyny.

Nie używaj zbyt małej ilości cyny – musisz widzieć, że utworzyła się prawidłowa spoina lutownicza. Mimo to powinieneś użyć tylko tyle cyny, ile jest potrzebne do jej uzyskania. Następnie sprawdź, czy dioda LED leży płasko i prosto. Jeśli nie, nadal masz szansę docisnąć ją palcem do płytki drukowanej, jednocześnie ponownie roztapiając lut w pierwszym połączeniu lutowanym.

Gdy będziesz zadowolony z efektu, przylutuj przeciwległe wyprowadzenie, ponownie przykładając lutownicę od strony zewnętrznej. Najważniejsze jest to, że pola lutownicze znajdują się bardzo blisko siebie, mają duże otwory i grube wyprowadzenia, więc dość łatwo można spowodować zwarcie między nimi, a usunięcie takiego zwarcia jest dość trudne.

W przypadku dwóch pozostałych wyprowadzeń należy przyłożyć lutownicę od strony środka lub od strony zewnętrznej płytki tak, aby dotykała pola lutowniczego i wyprowadzenia, a następnie dodać od strony zewnętrznej minimalną ilość cyny, aż się stopi, jak pokazano na **rysunku 4**. Ponownie należy użyć tylko tyle cyny, aby utworzyć prawidłową spoinę lutowniczą. Czynność tę należy powtórzyć dla ostatniego wyprowadzenia i pola lutowniczego, a następnie za pomocą ostrych obcinaczek bocznych przyciąć wszystkie cztery wyprowadzenia równo i dość blisko płytki drukowanej.

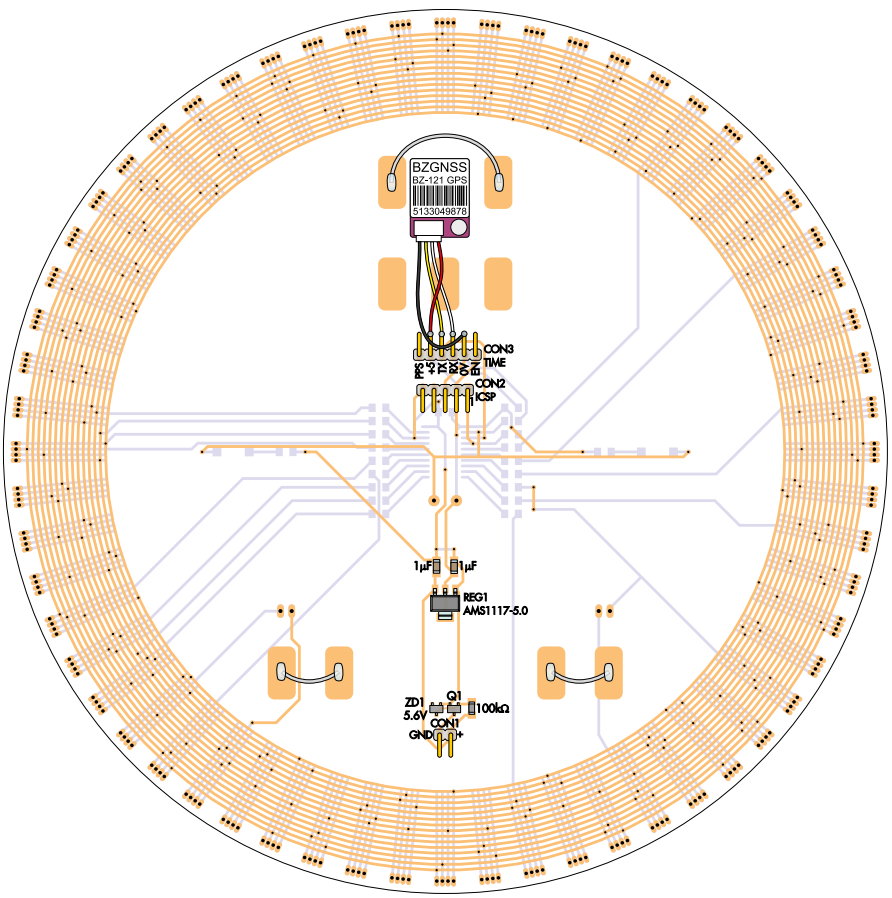
Podczas przycinania używaj okularów ochronnych i/lub przytrzymuj odcinane wyprowadzenia, aby nie wpadły do oka! Po odcięciu mogą osiągać dość dużą prędkość.

Teraz sprawdź, czy między polami lutowniczymi nie powstały mostki. Jeśli dokładnie postępowałeś zgodnie z naszymi instrukcjami, nie powinno ich być. Jeśli jednak się pojawiły, nałóż odrobinę topnika i użyj plecionki lutowniczej, aby usunąć nadmiar cyny, aż mostki znikną. Następnie możesz ponownie nałożyć odrobinę cyny na pola lutownicze, aby upewnić się, że jest go wystarczająco dużo.

Powtarzaj tę czynność, aż przylutujesz 5...10 diod LED.

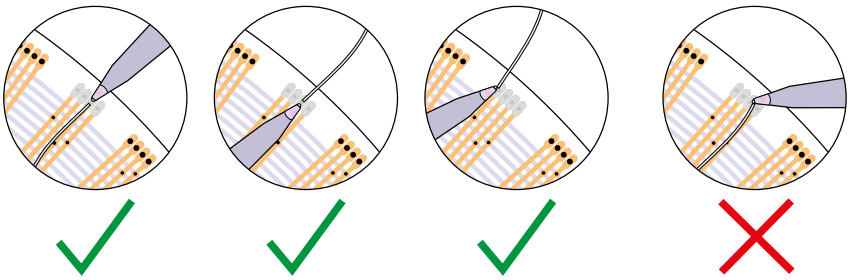
Testowanie diod LED

Najlepiej jest sprawdzać diody LED na bieżąco, ponieważ zwarcie w dowolnym miejscu na płytce może spowodować nieprawidłowe działanie całego wyświetlacza (w końcu wszystkie 60 diod LED jest połączonych za pomocą zaledwie 15 oddzielnych ścieżek). Po pierwszym włączeniu zasilania oprogramowanie układowe uruchamia



Rysunek 3. Na dolnej stronie nie ma zbyt wielu elementów – sześć elementów SMD zasilacza w dolnej części, maksymalnie trzy złącza (w zależności od preferencji), źródło czasu (na rysunku przedstawiono moduł GNSS) oraz... kilka drutów do zawieszenia urządzenia na ścianie. Przedstawione okablowanie jest dostosowane do używanego przez nas modułu BZ-121, ale w zasadzie powinien działać każdy moduł TTL zasilany napięciem 5 V. Można również użyć modułu Pico (2) W zaprogramowanego jako źródło czasu NTP

eprasa.pl 8b2d0f1415



Rysunek 4. Bez wątpienia istnieje wiele sposobów lutowania diod LED RGB bez przypadkowego tworzenia mostków między bardzo blisko położonymi polami lutowniczymi, ale właśnie ta metoda okazała się dla nas najskuteczniejsza. Grot lutownicy i cynę należy przykładać z przeciwnych stron, wzdłuż długiej osi pól lutowniczych. Minimalizuje to ryzyko powstania przypadkowych mostków, które trudno usunąć. Ostateczna wersja płytki drukowanej będzie miała większe odstępy między polami lutowniczymi, dzięki czemu czynność ta będzie nieco łatwiejsza niż w przypadku naszego prototypu (chociaż nam się udało)

test wyświetlacza, podczas którego diody RGB LED1...LED60 zapalają się kolejno na biało z częstotliwością około 4 Hz, a następnie zapalają się diody LED61 i LED62. Powinno to umożliwić szybkie wykrycie ewentualnych problemów.

Stwierdziłem, że najprościej jest zasilić płytkę ze stabilizowanego źródła napięcia 5 V (na przykład z zasilacza laboratoryjnego) i za pomocą zacisków podłączyć do jego wyjść dwa przewody męsko-męskie. Trzymając płytkę pionowo, tarczą zegara skierowaną do siebie, umieść czarny (ujemny) przewód w skrajnym prawym otworze złącza CON1 (oznaczonym na rysunku 2 jako GND). Ciężar przewodu spowoduje, że jego pin zetknie się z metalizacją otworu przelotowego.

W podobny sposób włóż dodatni przewód do otworu złącza CON1 oznaczonego symbolem „+” i upewnij się, że oba przewody nie są ze sobą zwarte, a następnie włącz zasilanie. Najlepiej byłoby, gdyby ograniczenie prądu zasilacza było ustawione na około 50 mA (w tej konfiguracji płytka pobiera mniej niż 20 mA). Włącz zasilanie i sprawdź, czy zapala się dioda LED1, a następnie LED2 i tak dalej.

Jeśli nie dysponujesz zasilaczem z ograniczeniem prądu, możesz użyć zasilacza napięcia stałego z rezystorem szeregowym, aby zapobiec uszkodzeniom w razie wystąpienia usterki. Na przykład zasilacz 12 V z rezystorem szeregowym 150 Ω/1 W z łatwością dostarczy prąd o natężeniu około 20 mA potrzebny do zasilania układu podczas testów, ale w przypadku awarii prąd zostanie ograniczony do 80 mA (przy czym rezystor będzie rozpraszał nieco poniżej 1 W mocy).

Po podłączeniu zasilania, jeśli którakolwiek z diod LED nie świeci na biało lub zapala się w niewłaściwym momencie, wyłącz zasilanie i sprawdź ostatnio przylutowane diody, zwracając uwagę na mostki lutownicze i wadliwe połączenia. Gdy wszystkie będą świecić prawidłowo, wróć do montażu i przylutuj kilka kolejnych diod. Kontynuuj testowanie, aż wszystkie 60 diod LED zostanie zamontowanych i będą prawidłowo świecić.

Następnie możesz przylutować diody LED61 i LED62, jeśli zamierzasz z nich korzystać. Pamiętaj, aby odwrócić ich polaryzację, jeśli używasz diod LED RGB ze wspólną katodą. Podczas testu będą zapalać się kolejno po wszystkich 60 diodach LED RGB.

Chociaż połączenia lutowane diod LED znajdują się na dolnej stronie płytki, jeśli pozostało na nich dużo resztek topnika, warto je usunąć, aby uniknąć lepienia się rąk podczas manipulowania zegarem. W tym przypadku lepszy od alkoholu jest odpowiedni środek do usuwania topnika, ponieważ alkohol szybko wysycha, ale można go użyć, jeśli nie masz nic innego. Ze względu na ostre wyprowadzenia należy je delikatnie osuszyć, a nie wycierać.

Zajęło nam to trochę czasu, ale pozostałości topnika udało się usunąć. Staraj się, aby nic nie dostało się na górną stronę płytki, bo w przeciwnym razie będziesz musiał ją ponownie wyczyścić, aby uzyskać estetyczny wygląd.

Montaż końcowy

Do ukończenia montażu zegara pozostało już niewiele. Jeśli korzystasz ze złącza CON2, zamontuj je teraz. Większość konstruktorów nie będzie go potrzebować. Sugerujemy przyklejenie modułu GNSS lub NTP do dolnej strony zegara za pomocą dwustronnej taśmy piankowej. Przytnij ją na wymiar i przyklej. Moduł GPS ma zazwyczaj płaską, nieprzewodzącą antenę ceramiczną, którą można przykleić w dowolnym miejscu, w którym nie przebiega zbyt wiele ścieżek.

Moduł NTP ma elementy przewodzące umieszczone na dolnej stronie, dlatego należy upewnić się, że żaden z nich nie spowoduje zwarcia z płytką drukowaną. Większość dolnej strony płytki drukowanej zegara jest pokryta maską lutowniczą, więc zwarcia są mało prawdopodobne, ale mimo to warto to sprawdzić.

Jeśli korzystasz z modułu NTP, takiego jak „Wi-Fi Time Source for GPS Clocks” (Silicon Chip, czerwiec 2023, siliconchip.au/Article/15823), konieczne będzie skonfigurowanie go tak, aby mógł połączyć się z siecią Wi-Fi. Zazwyczaj najlepiej jest

Wykaz elementów

1 czarna dwustronna płytka drukowana o wymiarach 200 mm × 200 mm, oznaczona kodem 19101251
1 zasilacz 5...12 V DC, 100 mA (zalecane napięcie 6...9 V DC)
1 dwupinowe złącze pionowe lub kątowe (CON1, do zasilania – patrz tekst)
1 pięciopinowe złącze kątowe (CON2, opcjonalne – do ICSP)
1 sześciopinowe złącze kątowe (CON3, opcjonalne – dla modułu GPS)
1 moduł GPS 5 V lub kompatybilne źródło czasu NTP (MOD1) [zalecany moduł GPS BZ-121, Silicon Chip SC7414]
2 czarne przyciski SMD, dwupinowe (S1, S2)
1 kawałek dwustronnej taśmy piankowej o wymiarach 20 mm × 20 mm (do zamocowania modułu GPS)
1 odcinek cynowanego drutu miedzianego o długości 200 mm (do wykonania wieszaków i elementów dystansowych)
1 moduł zasilania przez USB (opcjonalny, patrz tekst i przypis redaktora)

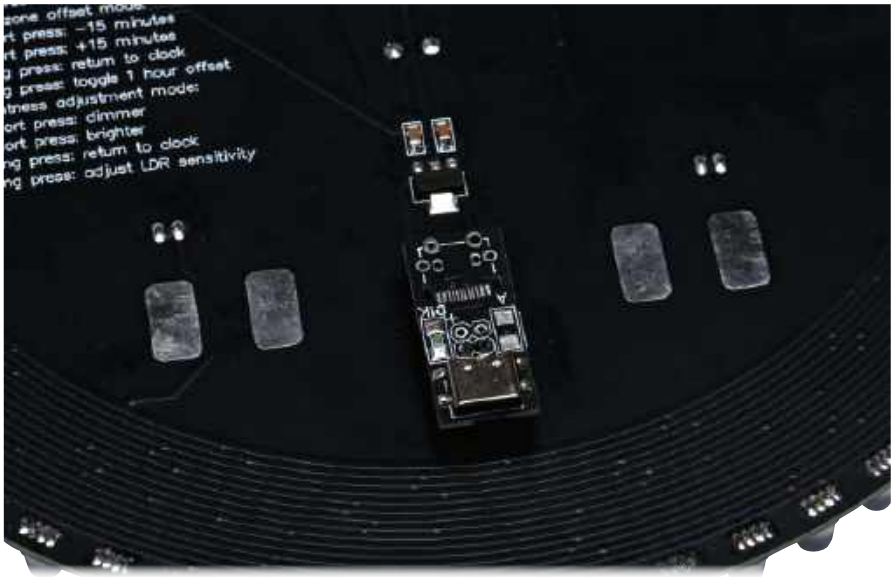
Półprzewodniki
1 mikrokontroler PIC16F18146-I/SO z oprogramowaniem 1910125A.HEX, w szerokiej obudowie SOIC-20 (IC1)
1 stabilizator liniowy AMS1117-5.0 o niskim spadku napięcia, o maksymalnym napięciu wejściowym 15 V, w obudowie SOT-223 (REG1)
1 tranzystor MOSFET AO3400 z kanałem N typu logic-level lub równoważny, w obudowie SOT-23 (Q1)
1 dioda Zenera BZX84B5V6 lub BZX84C5V6 5,6 V, w obudowie SOT-23 (ZD1)
60 diod LED RGB o średnicy 5 mm z matową soczewką (LED1...LED60) *
2 diody LED 5 mm o wysokiej jasności, z soczewkami rozpraszającymi, w różnych kolorach

(LED61 i LED62, opcjonalne wskaźniki AM i PM)
* zestaw zawiera diody LED ze wspólną anodą, ale można również użyć diod ze wspólną katodą

Kondensatory (wszystkie SMD M3216/1206, 50 V, X7R)
2 1 µF 1 100 nF

Rezystory (wszystkie w obudowach SMD M3216/1206, o ile nie zaznaczono inaczej)
1 fotorezystor 100 kΩ (LDR1) [GL5528]
2 100 kΩ 2 10 kΩ 2 220 Ω 15 68 Ω

eprasa.pl 8b2d0f1415



Na płytce drukowanej nie ma odpowiedniego miejsca na zamontowanie złącza USB, więc jeśli chcesz korzystać z zasilania przez USB, możesz podłączyć płytkę dodatkową tak, jak pokazano na fotografii

to zrobić przed podłączeniem przewodów – instrukcje znajdziesz w tym artykule.

Teraz podłącz moduł GPS lub NTP do złącza CON3. Jeśli chcesz, możesz użyć gniazda i wtyczki (lub wtyczek), ale naszym zdaniem wystarczy przylutować przewody bezpośrednio do pól lutowniczych.

Jak wspomniano wcześniej, do złącza CON3 niekoniecznie trzeba podłączać wszystkie sześć przewodów. Nie ma to znaczenia. Najważniejsze są VCC, GND oraz sygnał TX z modułu (który podłącza się do pola oznaczonego TX, a nie RX, to znaczy oznaczenia podano z punktu widzenia modułu).

Jeśli moduł ma przewód EN, sprawdź, czy jest on aktywny w stanie wysokim. Jeśli tak, możesz przylutować go do pola EN. W przeciwnym razie przylutuj go do GND. Większość modułów ma pin RX, który należy przylutować do pola RX, dzięki czemu będzie utrzymywany w stanie wysokim.

Zasilanie

Jednym z rozwiązań zasilania jest zastosowanie cienkiego, dwużyłowego przewodu o przekroju w kształcie ósemki, który można przylutować do pól złącza CON1 na dolnej stronie płytki, a z drugiej strony połączyć na stałe bezpośrednio z zasilaczem 6...12 V DC lub podobnym źródłem zasilania. Można też zamontować na końcu tego przewodu gniazdo cylindryczne lub inne złącze służące do podłączenia źródła napięcia stałego. Należy zwrócić uwagę na prawidłową polaryzację (patrz rysunki 2 i 3), chociaż płytka nie powinna ulec uszkodzeniu w przypadku przypadkowego odwrócenia polaryzacji.

Inną opcją jest zbudowanie płytki USB Power Breakout Board, opisanej w osobnym artykule. Jest to niewielka płytka drukowana, która może być wyposażona w gniazdo USB typu C lub USB typu B (Micro/Mini) oraz listwę goldpin. Po podłączeniu zasilacza USB dostarcza ona do tego złącza napięcie około 5 V DC. Być może nie pozwoli to na pracę zegara przy pełnej jasności, ale różnica nie będzie znaczna, a zasilacze USB są powszechnie dostępne i wygodne w użyciu.

Na samej płytce drukowanej zegara nie umieściliśmy pól lutowniczych pod gniazdo USB, ponieważ wzdłuż krawędzi nie było na nie miejsca (cała krawędź jest zajęta przez diody LED). Gdyby gniazdo nie znajdowało się blisko krawędzi, nie byłoby miejsca na podłączenie przewodu, więc w płytce musiałoby powstać nieestetyczne wycięcie.

Odsunięcie tej małej płytki od dolnej strony płytki zegara za pomocą złącza wtykowego zapewnia wystarczająco dużo miejsca na podłączenie przewodu. Jedynymi elementami potrzebnymi na tej płytce są gniazdo USB, rezystor SMD 0 Ω w obudowie M3216/1206 oraz listwa goldpin. Przypis redaktora: W przypadku zastosowania gniazda USB typu C należy dodatkowo zamontować dwa rezystory 5,1 kΩ na liniach CC.

Po zmontowaniu można ją przylutować do dolnej strony płytki zegara, jak pokazano na fotografii.

Zwróć uwagę, że płytka drukowana USB Power Breakout Board ma cztery przewlekane pola lutownicze. Umożliwia to zamontowanie dwupinowej listwy goldpin w kilku różnych położeniach. Położenie złącza pokazane na fotografii musi odpowiadać polaryzacji złącza CON1. Jeśli nie masz pewności, zapoznaj się z osobnym artykułem i dołączonymi do niego schematami montażowymi płytki drukowanej. Możesz wtedy sprawdzić, jak położenie złącza wpływa na polaryzację.

Na koniec z pewnością zauważyłeś kilka dużych prostokątnych pól lutowniczych na dolnej stronie płytki drukowanej zegara. Służą one do przylutowania pętli z drutu, na której zawiesza się zegar. Pozostałe pola lutownicze w dolnej części służą do przylutowania pętli z drutu, dzięki której zegar będzie wisiał pionowo na ścianie.

Na kolejnej fotografii pokazano, w jaki sposób przymocowaliśmy druty do naszego zegara w celu jego zawieszenia. Możesz zastosować podobne rozwiązanie. Druty można wygiąć w różne położenia, dostosowując je do rodzaju mocowania (niezależnie od tego, czy jest to gwóźdź, śruba, haczyk czy cokolwiek innego). Jeśli to możliwe, zrób to przed przylutowaniem drutów, aby uniknąć obciążania połączeń lutowanych.

Testy końcowe

Jeśli dotarłeś do tego etapu, można założyć, że testy diod LED przebiegły pomyślnie, a więc mikrokontroler i diody LED działają. Poza okablowaniem modułu GPS/NTP i samym zasilaniem nie ma już zbyt wielu elementów, które mogłyby zawieść.

Zalecamy zastosowanie tej samej procedury, którą stosowaliście podczas testowania diod LED, i sprawdzenie, czy pobór prądu nie przekracza 100 mA. W przypadku modułu BZ-121, który zastosowaliśmy, nasz zegar pobierał około 45 mA. Jeśli tak jest, to raczej nie ma żadnej poważnej usterki.

Możesz teraz przetestować regulację jasności za pomocą fotorezystora (LDR). Umieść nad fotorezystorem mały, nieprzezroczysty przedmiot, taki jak karta kredytowa, i obserwuj diody LED. Gdy zasłonisz światło docierające do fotorezystora, powinny przygasnąć, a po usunięciu przeszkody ponownie się rozjaśnić. Musisz dokładnie zakryć fotorezystor, ponieważ nawet niewielka ilość światła przedostająca się wzdłuż jego krawędzi wystarczy, aby diody LED świeciły dość jasno.

Jeśli test nie da oczekiwanego wyniku, prawdopodobnie występuje problem z lutowaniem fotorezystora (LDR) lub jego rezystora szeregowego, któryś z przycisków pozostał wciśnięty albo zastosowano niewłaściwy typ fotorezystora.

Jeśli korzystasz z modułu GPS, zalecamy umieszczenie zegara w pobliżu okna i ustawienie prędkości transmisji odpowiedniej

eprasa.pl 8b2d0f1415

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

dla danego modułu, zgodnie z poniższym opisem. Pozostaw urządzenie pod napięciem na około 30 minut, a następnie sprawdź, czy wyświetla czas UTC. Jeśli tak, oznacza to, że urządzenie odebrało sygnał i poprawnie dekoduje dane. Następnie możesz zakończyć testowanie, konfigurując urządzenie.

Jeśli korzystasz z modułu NTP, powinieneś go wcześniej skonfigurować, więc po ustawieniu właściwej prędkości transmisji (zgodnie z poniższym opisem) moduł powinien nawiązać połączenie i wyświetlić czas UTC w ciągu kilku sekund. W takim przypadku przejdź do następnej sekcji.

Konfiguracja

Pierwszym ustawieniem jest prędkość transmisji. Można ją zmienić dopiero po włączeniu zasilania, gdy zakończy się wstępny test diod LED, a wirujący wskaźnik (wykonujący około jednego „obrotu" na sekundę) działa, sygnalizując oczekiwanie na dane GPS/NTP. Jeśli zamiast tego widzisz wskazanie czasu na tarczy zegara, prawdopodobnie początkowa prędkość transmisji była już prawidłowa i urządzenie odbiera dane, więc możesz pominąć ten etap.

Wskaźnik będzie początkowo świecił na czerwono, jeśli nie odbiera żadnych prawidłowych danych, a zmieni kolor na zielony, jeśli dane są dostępne, ale nie ma jeszcze prawidłowego czasu. Gdy wskaźnik zaświeci się na zielono, zegar powinien wkrótce zacząć wyświetlać prawidłowy czas (zakładając, że sygnał GPS lub Wi-Fi jest wystarczająco silny).

W tym czasie jedna z cyfr od 1 do 6 będzie świecić na niebiesko, wskazując prędkość transmisji:

1. 4800 bodów
2. 9600 bodów
3. 19200 bodów
4. 38400 bodów
5. 57600 bodów
6. 115200 bodów (domyślnie)

Naciśnięcie przycisku A spowoduje przejście do następnej niższej prędkości transmisji, natomiast naciśnięcie przycisku B – do następnej wyższej. Jeśli nie znasz prawidłowej prędkości transmisji, wypróbuj każdą z nich przez kilka sekund, aż wskaźnik zmieni kolor na zielony. Jeśli nie zmieni koloru przy żadnej prędkości transmisji, wyłącz urządzenie i sprawdź okablowanie. Pamiętaj, że sygnał TX z modułu powinien być podłączony do pola TX na płytce drukowanej.

Wszystkie ustawienia, w tym prędkość transmisji, są zapisywane w pamięci EEPROM, więc ponowne wykonywanie tej czynności nie powinno być konieczne.

Pozostałe ustawienia dostępne w trybie wyświetlania godziny to:

1. przesunięcie strefy czasowej oraz opcjonalne uwzględnienie czasu letniego (+1 godzina po włączeniu)
2. schemat kolorów
3. tryby wskazówki sekundowej i podsekundowej
4. regulacja jasności diod LED (minimalna i maksymalna jasność)

Po przejściu do trybu zegara i pobraniu czasu można ustawić przesunięcie strefy czasowej. Należy przytrzymać przycisk A przez sekundę, a następnie go zwolnić. Wyświetlacz czasu powinien pozostać aktywny, ale będzie teraz migał z częstotliwością 1 Hz i współczynnikiem wypełnienia 50%.

Jeśli w twojej okolicy obowiązuje czas letni, przytrzymaj przycisk B przez jedną sekundę, aby włączyć uwzględnianie czasu letniego. Krótkie naciśnięcie przycisku A cofnie czas o 15 minut, a przycisku B – przesunie go o 15 minut do przodu. Skorzystaj z tej funkcji, aby ustawić prawidłowy czas lokalny, a następnie przytrzymaj przycisk A, aby powrócić do normalnego wyświetlania. Ustawiona strefa czasowa zostanie zapisana w pamięci EEPROM.

Następnie, jeśli w twojej okolicy obowiązuje czas letni (DST) i nastąpi zmiana czasu, wystarczy przejść do tego trybu, przytrzymać przycisk B przez jedną sekundę, aby przełączyć się między czasem letnim a standardowym, a następnie przytrzymać przycisk A przez jedną sekundę, aby powrócić do normalnego wyświetlania. Alternatywnie możesz po prostu zmienić przesunięcie strefy czasowej, aż wskazywany czas będzie prawidłowy.

Schemat kolorów

W trybie wyświetlania czasu krótkie naciśnięcia przycisku A powodują przełączanie między sześcioma możliwymi schematami kolorów wskazówek godzinowej, minutowej i sekundowej. Każda z nich może być czerwona, zielona lub niebieska, ale wszystkie trzy muszą mieć różne kolory. Wybierz schemat, który najłatwiej zapamiętasz. Domyślnie wskazówka godzinowa jest niebieska, minutowa – zielona, a sekundowa – czerwona.

Krótkie naciśnięcie przycisku B powoduje przełączanie między sześcioma możliwymi trybami wskazówki sekundowej. Domyślnie widoczna jest wskazówka sekundowa oraz „wskaźnik" w tym samym kolorze.

Wskaźnik podsekundowy to wskaźnik „goniący", który co sekundę okrąża tarczę zegara. Zaczyna w miejscu, w którym znajduje się wskazówka sekundowa, okrąża całą tarczę i „przesuwa" ją na następną sekundę w chwili tyknięcia.

Krótkie naciśnięcie przycisku B powoduje przełączanie między sześcioma możliwymi trybami wskazówki sekundowej:

1. wskazówka sekundowa i wskaźnik podsekundowy są widoczne i mają ten sam kolor (ustawienie domyślne)
2. tak samo jak w opcji nr 1, ale z mniej widocznym wskaźnikiem podsekundowym
3. wskazówka sekundowa i wskaźnik podsekundowy są widoczne, a wskaźnik podsekundowy jest biały
4. tak samo jak w opcji nr 3, ale z przyciemnionym wskaźnikiem podsekundowym
5. wskazówka sekundowa jest widoczna, a wskaźnik podsekundowy nie jest widoczny
6. wskazówka sekundowa nie jest widoczna, widoczne są tylko wskazówki godzinowa i minutowa

Regulacja jasności

Długie naciśnięcie przycisku B w trybie wyświetlania czasu spowoduje przejście do trybu regulacji jasności. W tym trybie można ustawić zarówno maksymalną jasność, jak i sposób jej zmniejszania przy mniejszym natężeniu oświetlenia otoczenia. Domyślnie maksymalna jasność wynosi 100% i w całkowitej ciemności zmniejsza się do niskiego poziomu, ale nie do najniższego możliwego.

Po przejściu do tego trybu można ustawiać maksymalną jasność. Naciśnięcie przycisku A spowoduje zmniejszenie maksymalnej jasności, a wyświetlacz stanie się ciemniejszy. Naciśnięcie przycisku B spowoduje jej zwiększenie (o ile nie jest ustawiona na maksimum). Podczas tej regulacji odczyt z fotorezystora LDR jest ignorowany; wyświetlany jest poziom jasności, który będzie stosowany przy największym natężeniu oświetlenia otoczenia.

Należy pamiętać, że w zależności od tego, gdzie znajduje się zegar, może on zazwyczaj nie „wykrywać" bardzo dużego natężenia oświetlenia otoczenia. Z tego powodu można ustawić maksymalną jasność powyżej 100%. Nie spowoduje to zwiększenia jasności wyświetlacza, ale sprawi, że natężenie oświetlenia otoczenia będzie musiało spaść jeszcze bardziej, zanim jasność zacznie się zmniejszać.

W tym trybie na tarczy zegara wyświetla się ciągły pasek, który pomaga sprawdzić ustawiony poziom jasności. Pasek ten zajmuje część tarczy odpowiadającą możliwemu zakresowi jasności. Odcinek od godziny szóstej

eprasa.pl 8b2d0f1415



Do tych pól lutowniczych na dolnej stronie płytki drukowanej zegara przylutowaliśmy gruby drut służący do zawieszenia zegara na ścianie



Tarcza zegara została zaprojektowana tak, aby nie odciągała uwagi od diod LED

do dwunastej odpowiada maksymalnemu ustawieniu jasności, więc pasek staje się krótszy wraz ze zmniejszaniem jasności i dłuższy wraz z jej zwiększaniem.

Długie naciśnięcie przycisku A powoduje powrót do wyświetlania czasu, natomiast długie naciśnięcie przycisku B w tym trybie powoduje przejście do regulacji drugiego końca zakresu, to jest stopnia przyciemnienia przy słabym oświetleniu.

Podobnie jak w przypadku ustawienia maksymalnej jasności, masz tu dość szeroki zakres regulacji, ponieważ możesz chcieć, aby zegar całkowicie przygasł jeszcze przed zapadnięciem całkowitej ciemności.

Możesz też chcieć, aby nigdy nie osiągał minimalnej jasności, nawet gdy do fotorezystora (LDR) nie dociera żadne światło. Ustawienie domyślne leży pomiędzy tymi dwiema skrajnościami.

Podczas dokonywania tej regulacji fotorezystor (LDR) jest aktywny, a jasność wyświetlacza zmniejsza się w zależności od aktualnego natężenia oświetlenia otoczenia i bieżącego ustawienia, dzięki czemu można zobaczyć efekt zmiany. Aby zasymulować sytuację, w której zegar znajduje się w ciemności, należy przykryć fotorezystor czymś nieprzezroczystym, na przykład kartą kredytową.

Małe przedmioty mogą łatwo przepuszczać światło wzdłuż krawędzi, dlatego jeśli chcesz zasymulować całkowitą ciemność, upewnij się, że przedmiot styka się z całą powierzchnią fotorezystora LDR i wystaje poza nią we wszystkich kierunkach. Pomocne będzie przeprowadzenie tej regulacji w słabo oświetlonym pomieszczeniu.

W tym trybie długie naciśnięcie przycisku A spowoduje powrót do trybu wyświetlania czasu, natomiast długie naciśnięcie przycisku B spowoduje powrót do regulacji maksymalnej jasności, zgodnie z powyższym opisem.

Zasady użytkowania

Po ustawieniu strefy czasowej, upewnieniu się, że źródło czasu działa prawidłowo, dostosowaniu poziomu jasności oraz wybraniu preferowanego schematu kolorów i trybu pracy zegar jest skonfigurowany i gotowy do użycia. Po utracie zasilania i jego przywróceniu zegar powróci dokładnie do tego samego trybu pracy, w jakim znajdował się wcześniej. Przywrócenie działania źródła czasu może jednak zająć dłuższą chwilę, zwłaszcza jeśli jest to moduł GNSS/GPS.

Pozostaje już tylko powiesić zegar na ścianie i podłączyć stałe źródło zasilania. Zalecamy przylutowanie kawałka cynowanego drutu miedzianego w kształcie odwróconej litery U między parą pól lutowniczych znajdujących się po obu stronach górnej części zegara.

Należy go wygiąć tak, aby swobodnie zaczepiał się o łeb śruby w ścianie lub o haczyk ścienny.

Kilka mniejszych pętli przylutowanych między dwiema parami pól lutowniczych w dolnej części zegara zapobiegnie przyleganiu jego dolnej części do ściany. Być może jednak zechcesz ustawić zegar pod kątem w dół, ponieważ może to ułatwić odczytywanie wskazań. Możesz więc pominąć te pętle lub wykonać je tak, aby wystawały mniej niż górna.

Jeśli w miejscu, w którym chcesz powiesić zegar, nie ma gniazda elektrycznego, możesz poprowadzić cienki, dwużyłowy przewód o przekroju w kształcie ósemki od złącza CON1 w górę, za zegarem, następnie wzdłuż ściany, a potem w dół do dogodniejszego miejsca. Przewód będzie mniej widoczny, jeśli będzie w tym samym kolorze co ściana (można go pomalować).

Chociaż obecnie w niewielu domach znajdują się na ścianach listwy do wieszania obrazów, jeśli masz szczęście mieć takie listwy, stanowią one doskonały sposób na ukrycie takich przewodów!

Nicholas Vinen

Materiały dodatkowe dostępne są na stronie Silicon Chip:
https://www.siliconchip.com.au/Shop/8/7415

Kompletny zestaw do zegara „analogowego” z diodami LED RGB (SC7416, 65,00 $). Zawiera wszystkie elementy z wykazu elementów z wyjątkiem zasilacza. Mikrokontroler jest wstępnie zaprogramowany. Jako źródło czasu wybierz moduł GPS BZ-121 lub moduł Pico W (który należy zaprogramować)
https://www.siliconchip.com.au/Shop/20/7416.

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

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

eprasa.pl 8b2d0f1415



FN-SWM10
Zgrzewarka do ogniw – spawarka punktowa z kolorowym wyświetlaczem i funkcją powerbank FNIRSI SWM10



FN-DPOS-350P
Dwukanałowy oscyloskop 350 MHz, FNIRSI DPOS350P



FN-2C53T
Dwukanałowy oscyloskop z multimetrem i generatorem 50 MHz FNIRSI 2C53T

BESTSELLERY sklepu AVT – sklep.avt.pl

Mierniki Testery FNIRSI

Rabat dla Czytelników EdW
przy zakupie podaj kod **EdW2505FN**

-3%

Rabat dla Prenumeratorów EdW
przy zakupie podaj numer prenumeraty

-6%



FN-LCR-ST1
Miernik pęsetowy, tester elementów FNIRSI LCR-ST1



FN-LCR-P1
Tester elementów FNIRSI LCR-P1



FN-HRM10
Tester rezystancji wewnętrznej akumulatorów FNIRSI HRM-10



FN-G1200
Mikroskop cyfrowy G1200 z wyświetlaczem 7 cali, powiększenie ×1200, tryb foto/video



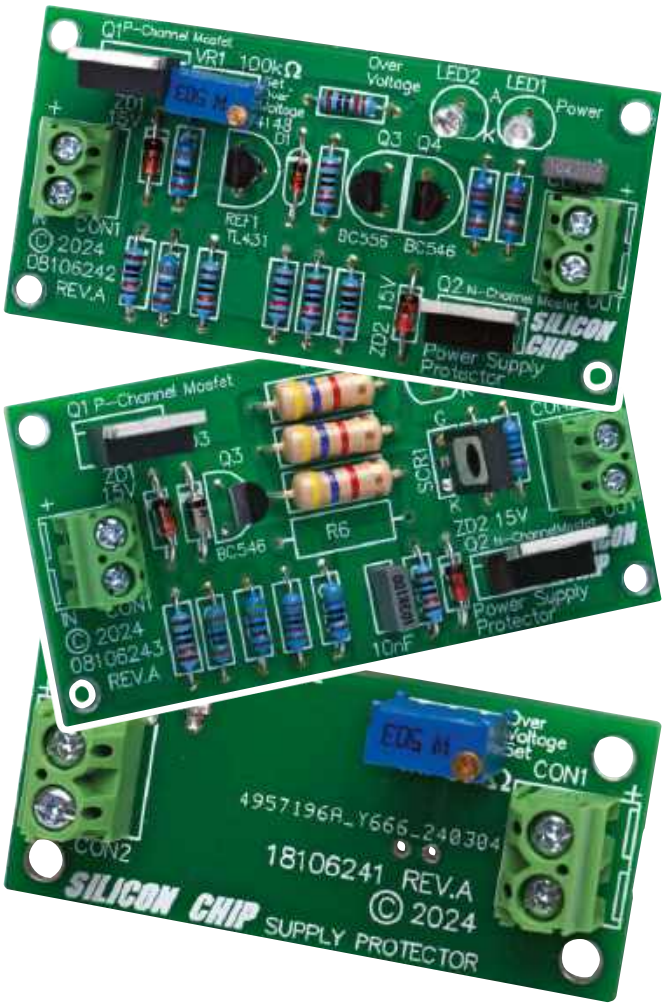
FN-DWS200-F245
Stacja lutownica 200 W z kolbą F245, FNIRSI DWS200



FN-1014D
Oscyloskop dwukanałowy 100 MHz; Generator sygnału DDS, FNIRSI 1014D

Zabezpieczenia zasilania DC

Każdy z trzech opisanych w artykule prostych i niedrogich układów zabezpieczy sprzęt przed uszkodzeniem spowodowanym nieprawidłowym podłączeniem lub awarią zasilacza. Układy te chronią przed napięciem wyższym niż oczekiwane lub odwróconą polaryzacją zasilania, a ich wpływ na napięcie dostarczane do urządzenia jest znikomy.



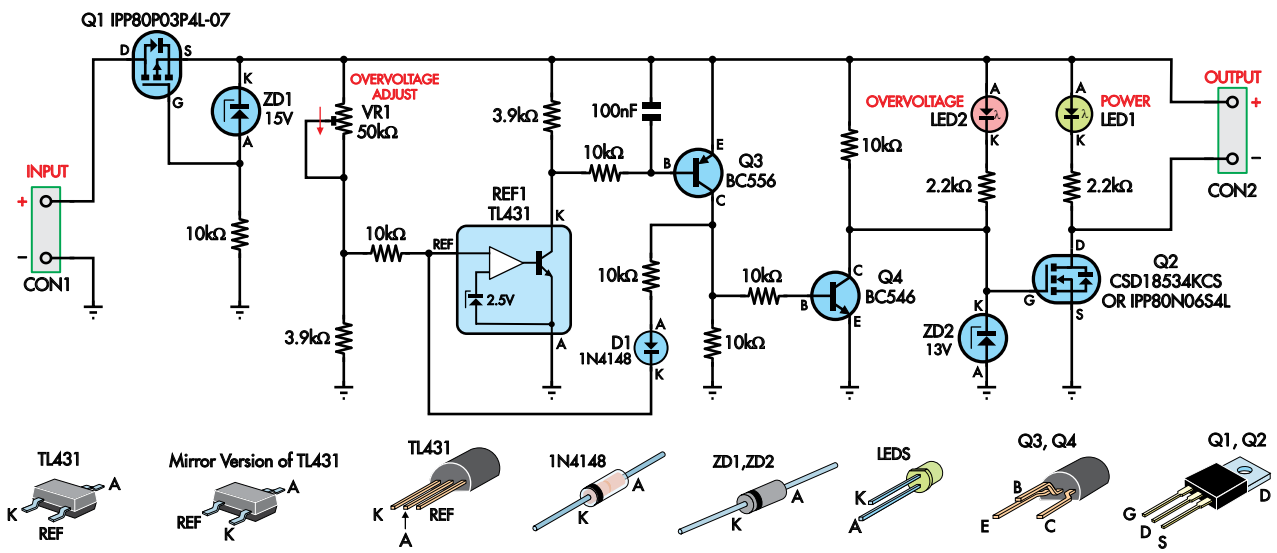
Wiele urządzeń jest zasilanych za pomocą zasilacza wtyczkowego lub innego zewnętrznego zasilacza sieciowego. Wszystko jest dobrze, jeśli używa się odpowiedniego zasilacza i jest on prawidłowo podłączony. Jednak w przypadku użycia niewłaściwego zasilacza lub nieprawidłowego podłączenia może dojść do uszkodzenia urządzenia, ponieważ zostanie ono zasilone napięciem o niewłaściwej polaryzacji lub zbyt wysokiej wartości.

Jest to szczególnie poważny problem, jeśli urządzenie nie było używane przez wiele lat, konieczne było kupienie nowego zasilacza (z powodu awarii lub utraty poprzedniego) lub z urządzenia korzysta osoba, która nie zna prawidłowych parametrów zasilania.

Nasze układy zabezpieczające zasilanie zapobiegają uszkodzeniom sprzętu w przypadku nieprawidłowego napięcia wejściowego. Odłączają zasilanie od sprzętu, jeśli napięcie wejściowe jest zbyt wysokie, oraz zapobiegają przepływowi prądu w przypadku nieprawidłowej polaryzacji.

Zasilanie napięciem wyższym niż przewidziane dla danego urządzenia może spowodować uszkodzenie jego elementów wewnętrznych. Podłączenie do urządzenia zasilacza z odwróconą polaryzacją może również nieodwracalnie uszkodzić takie elementy jak układy scalone i kondensatory elektrolityczne, chyba że zastosowano zabezpieczenie przed odwrotną polaryzacją.

Tego rodzaju zabezpieczenie (na przykład dioda) zwykle obniża napięcie dostępne dla urządzenia. Jednak przedstawione tutaj projekty wyróżniają się tym, że zastosowano w nich tranzystor MOSFET, który powoduje bardzo niewielki (praktycznie zerowy) spadek napięcia.



Rysunek 1. Regulowana wersja układu z elementami przewlekanymi, z tranzystorem MOSFET Q1 służącym do zabezpieczenia przed odwróconą polaryzacją oraz tranzystorem MOSFET Q2, sterowanym przez układ scalony TL431, służącym do zabezpieczenia przed zbyt wysokim napięciem zasilającym

eprasa.pl 8b2d0f1415

Układy te można wykonać jako urządzenia zewnętrzne. Są jednak niewielkie i niedrogie, dlatego najlepiej zainstalować je w istniejącym sprzęcie. W ten sposób nie powinno dojść do żadnych niepożądanych zdarzeń, o ile nie zostanie podłączone źródło zasilania o parametrach wykraczających poza dopuszczalne wartości znamionowe.

Przedstawiamy trzy wersje układu. Dwie z nich mają potencjometr do ustawiania progu zabezpieczenia przed zbyt wysokim napięciem zasilającym i mogą być stosowane z zasilaczami sieciowymi o napięciu wyjściowym do 27 V DC.

W jednej z tych dwóch wersji zastosowano elementy do montażu powierzchniowego, dzięki czemu jest ona mniejsza od pozostałych rozwiązań i można ją zmieścić w mniejszej przestrzeni. Maksymalny prąd tej wersji wynosi 3 A, a próg zabezpieczenia przed zbyt wysokim napięciem zasilającym można ustawić na poziomie zaledwie 3 V. Odpowiednik w wersji do montażu przewlekanego może pracować z większym prądem, do 7 A. Jednak do działania wymaga napięcia co najmniej 5 V.

Trzecia wersja jest nieco tańsza w wykonaniu, ale próg zabezpieczenia można ustawiać jedynie w krokach określonych napięciem przebicia Zenera lub przebicia lawinowego zastosowanej diody. Znamionowy zakres napięcia wejściowego tej wersji wynosi 5...30 V, natomiast przy doborze elementów zabezpieczenia uwzględniono maksymalne napięcie wejściowe V_{MAX} wynoszące 50 V. Zaletą tej wersji jest brak jakiejkolwiek procedury konfiguracyjnej. Wystarczy zmontować i zainstalować układ, aby można było rozpocząć jego użytkowanie. Minimalne ustawienie zabezpieczenia przed zbyt wysokim napięciem zasilającym wynosi 7,5 V.

Szczegóły układu

Na **rysunkach 1...3** przedstawiono schematy wszystkich trzech wersji. Każda z nich zapewnia zabezpieczenie przed odwróconą polaryzacją za pomocą tranzystora MOSFET z kanałem P (Q1). Przy prawidłowej polaryzacji prąd początkowo płynie przez wewnętrzną diodę tranzystora MOSFET Q1, co umożliwia przepływ prądu i pojawienie się napięcia na jego źródle.

Rezystor 10 kΩ łączy wówczas bramkę z masą, co powoduje włączenie kanału tranzystora Q1. Dzięki temu prąd omija diodę wewnętrzną, co znacznie zmniejsza spadek napięcia. Dioda Zenera ZD1 ogranicza napięcie między bramką a źródłem tranzystora Q1. W wersji SMD zastosowano diodę Zenera 10 V, natomiast w wersji do montażu przewlekanego – diodę Zenera 15 V, odpowiednio do parametrów zastosowanych tranzystorów MOSFET.

Z drugiej strony, jeśli polaryzacja wejściowego napięcia zasilania zostanie odwrócona, dioda wbudowana w tranzystor Q1 zostanie spolaryzowana wstecznie, a napięcie na bramce będzie takie samo jak na źródle. W związku z tym tranzystor MOSFET pozostaje wyłączony i do obciążenia nie płynie prąd.

Regulowany układ zabezpieczający przed niewłaściwym napięciem zasilającym

Układy regulowanego zabezpieczenia przed niewłaściwym napięciem zasilającym przedstawiono na rysunkach 1 i 2. Schemat jest identyczny dla płytki przeznaczonej do montażu przewlekanego (TH – rysunek 1) i SMD (rysunek 2), z wyjątkiem tego, że niektóre elementy mają inne oznaczenia lub obudowy, a niektóre rezystory do montażu przewlekanego o mocy 1/2 W zostały zastąpione dwoma połączonymi równolegle rezystorami SMD o mocy 1/4 W (tam, gdzie wymagana jest wyższa moc znamionowa).

Opisywany tu układ zabezpieczający przed niewłaściwym napięciem zasilającym składa się z tranzystora MOSFET z kanałem N (Q2), układu TL431 (REF1) oraz tranzystorów bipolarnych Q3 i Q4. Tranzystor Q2 jest zazwyczaj utrzymywany w stanie przewodzenia dzięki napięciu bramki podawanemu przez rezystor 10 kΩ z dodatniego bieguna zasilania. W tym stanie ma on niską rezystancję między drenem a źródłem, łącząc zacisk masy CON1 z ujemnym zaciskiem CON2, dzięki czemu prąd może płynąć między obciążeniem a źródłem zasilania.

Dioda Zenera ZD2 chroni bramkę tranzystora Q2 przed nadmiernym napięciem. W wersji SMD zastosowano diodę Zenera o napięciu 10 V, natomiast w wersji do montażu przewlekanego – diodę Zenera o napięciu 13 V, co wynika z parametrów znamionowych wybranych typów tranzystorów MOSFET.

Dioda LED1 sygnalizująca zasilanie świeci dzięki przepływowi prądu przez rezystor 2,2 kΩ do ujemnego bieguna zasilania. W wersji SMD rezystor 2,2 kΩ zastąpiono dwoma rezystorami 4,7 kΩ połączonymi równolegle, na wypadek gdyby napięcie zasilania osiągnęło górną granicę dopuszczalnego zakresu.

Programowalne źródło napięcia odniesienia – układ scalony TL431 (REF1) – powoduje obniżenie napięcia na katodzie po przekroczeniu przez napięcie na wejściu REF wartości progowej.

Cechy i specyfikacje

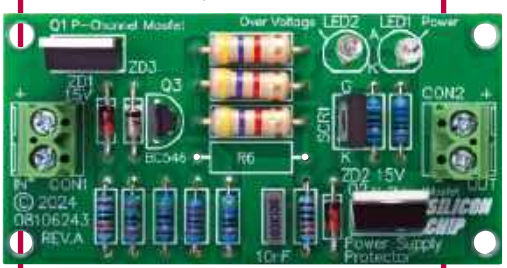
Wersja regulowana do montażu przewlekanego
- Próg zabezpieczenia przed zbyt wysokim napięciem zasilającym: 5...27 V (3...27 V w przypadku zastosowania układu TL431 w wersji SMD)
- Zakres napięcia wejściowego: 5...27 V
- Maksymalny prąd: 7 A



Wersja regulowana do montażu SMD
- Próg zabezpieczenia przed zbyt wysokim napięciem zasilającym: 3...27 V
- Zakres napięcia wejściowego: 3...27 V
- Maksymalny prąd: 3 A



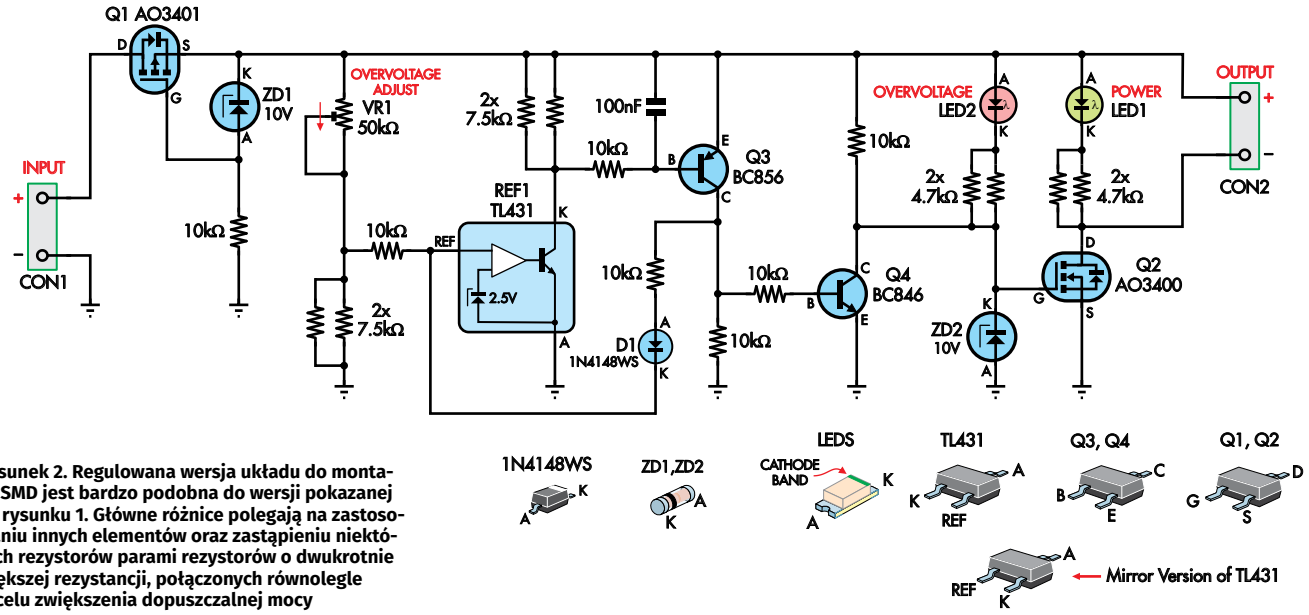
Wersja z ustalonym progiem zabezpieczenia do montażu przewlekanego
- Próg zabezpieczenia przed zbyt wysokim napięciem zasilającym: 7,5...47,7 V
- Zakres napięcia wejściowego: 5...30 V
- Maksymalny prąd: 7 A



Na **rysunku 4** przedstawiono schemat wewnętrzny układu TL431. Zawiera on źródło napięcia odniesienia 2,5 V, wzmacniacz operacyjny, tranzystor wyjściowy oraz diodę zabezpieczającą.

W przypadku zastosowania tego układu jako źródła napięcia odniesienia wejście REF należy połączyć z katodą, co powoduje, że układ TL431 pracuje w konfiguracji

eprasa.pl 8b2d0f1415



Rysunek 2. Regulowana wersja układu do montażu SMD jest bardzo podobna do wersji pokazanej na rysunku 1. Główne różnice polegają na zastosowaniu innych elementów oraz zastąpieniu niektórych rezystorów parami rezystorów o dwukrotnie większej rezystancji, połączonych równolegle w celu zwiększenia dopuszczalnej mocy

ze sprzężeniem ujemnym, w której stabilizuje napięcie na katodzie tak, aby odpowiadało ono jego wewnętrznemu napięciu odniesienia. Jeśli potrzebne jest wyższe napięcie na katodzie, między katodą a anodą stosuje się dzielnik napięcia, z którego napięcie jest podawane na wejście REF.

W naszym układzie napięcie podajemy na wyprowadzenie REF poprzez rezystor. W tym przypadku układ TL431 pracuje w konfiguracji z otwartą pętlą, bez sprzężenia zwrotnego służącego do stabilizacji napięcia. Wewnętrzny wzmacniacz operacyjny pełni tu rolę komparatora, wyłączając tranzystor wyjściowy, jeśli napięcie wejściowe (V_{IN}) jest niższe od napięcia odniesienia, lub włączając go w przeciwnym razie.

Gdy tranzystor jest wyłączony, katoda jest podciągana do napięcia zasilania poprzez R_{SUPPLY}, natomiast gdy tranzystor jest włączony, potencjał katody jest utrzymywany na poziomie zbliżonym do potencjału anody, wynoszącego 0 V.

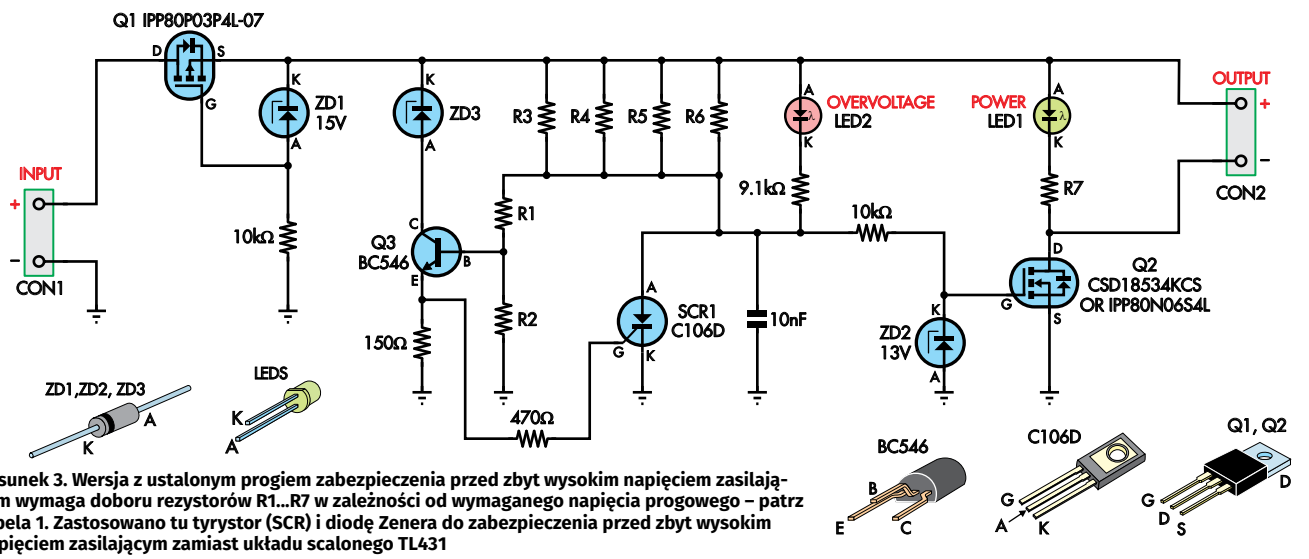
Wysoki lub niski stan na wyjściu zależy od napięcia przyłożonego do wejścia REF. W naszym układzie (rysunek 1 lub 2) napięcie to pochodzi z dzielnika napięcia wejściowego zasilania, utworzonego przez potencjometr montażowy VR1 i rezystor 3,9 kΩ (lub dwa rezystory 7,5 kΩ połączone równolegle, dające 3,75 kΩ).

Gdy to podzielone (obniżone) napięcie jest niższe od napięcia odniesienia 2,5 V, potencjał katody REF1 jest wysoki. Gdy podzielone napięcie jest wyższe od 2,5 V, potencjał katody jest niski, zbliżony do potencjału masy.

Potencjometr montażowy VR1, w połączeniu z rezystorem 3,9 kΩ, ustala próg zabezpieczenia przed zbyt wysokim napięciem zasilającym. Po osiągnięciu tego progu katoda REF1 przechodzi w stan niski, co powoduje włączenie tranzystora Q3. Ten z kolei włącza tranzystor Q4, który obniża napięcie na bramce tranzystora MOSFET Q2, wyłączając go.

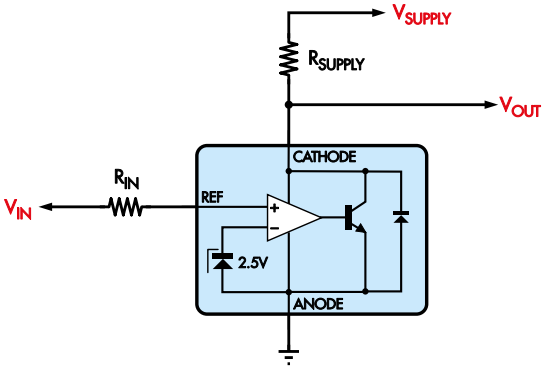
W tym stanie wysokie napięcie na kolektorze tranzystora Q3 ponownie podnosi napięcie na wyprowadzeniu REF układu REF1 poprzez diodę D1 i rezystor 10 kΩ. Zapewnia to histerezę napięciową, dzięki której katoda REF1 pozostaje na niskim poziomie, dopóki napięcie zasilania nie spadnie znacznie poniżej ustawionego progu zadziałania zabezpieczenia.

Kondensator 100 nF umieszczony między bazą a emiterem tranzystora Q3 ma zapobiegać początkowemu zablokowaniu układu w stanie zadziałania zabezpieczenia przed zbyt wysokim napięciem podczas włączania zasilania. Zaraz po podaniu napięcia na CON1 układ REF1 przez chwilę przewodziłby prąd, który w przeciwnym razie włączyłby tranzystor

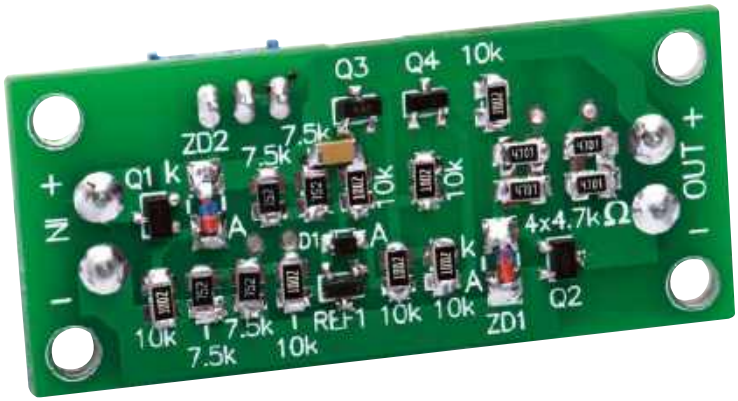


Rysunek 3. Wersja z ustalonym progiem zabezpieczenia przed zbyt wysokim napięciem zasilającym wymaga doboru rezystorów R1...R7 w zależności od wymaganego napięcia progowego – patrz tabela 1. Zastosowano tu tyrystor (SCR) i diodę Zenera do zabezpieczenia przed zbyt wysokim napięciem zasilającym zamiast układu scalonego TL431

eprasa.pl 8b2d0f1415



Rysunek 4. Podstawowy schemat z układem źródła napięcia odniesienia TL431. Zazwyczaj wyprowadzenie REF jest podłączone do dzielnika napięcia między anodą a katodą (praca w zamkniętej pętli). W tym przypadku układ pracuje w konfiguracji z otwartą pętlą jako detektor napięcia



Powiększone zdjęcie dolnej strony regulowanej wersji SMD zabezpieczenia zasilania DC. W porównaniu z pozostałymi wersjami w tej zastosowano elementy zamontowane po obu stronach płytki drukowanej

Q3 i spowodowałby zablokowanie REF1, gdyby nie kondensator chwilowo utrzymujący tranzystor Q3 w stanie wyłączonym.

Dioda LED2 służy jako wskaźnik zbyt wysokiego napięcia i zaczyna świecić w dwóch sytuacjach. Jeśli wejściowe napięcie zasilania przekroczy napięcie przebicia diody ZD2, prąd będzie przepływał przez diodę LED2, jej rezystor szeregowy 2,2 kΩ oraz diodę ZD2. Jeśli jednak próg zadziałania zabezpieczenia zostanie ustawiony poniżej napięcia przebicia diody ZD2, dioda LED2 zaświeci się tylko w przypadku zadziałania zabezpieczenia przed zbyt wysokim napięciem zasilającym, za pośrednictwem tranzystora NPN Q4.

Zadziałanie zabezpieczenia przed zbyt wysokim napięciem jest sygnalizowane świeceniem diody LED2 przy wyłączonej diodzie LED1. Gdy działa zabezpieczenie przed odwróconą polaryzacją, obie diody LED pozostają wyłączone, mimo obecności napięcia wejściowego.

Ograniczenia układu TL431

Należy zwrócić uwagę na fakt, że podczas pracy układu TL431 w konfiguracji z otwartą pętlą jego charakterystyka zależy od prądu katody i warunków pracy. W zastosowanym układzie z TL431 w obudowie TO-92 zaobserwowano przełączanie przy napięciu na wejściu REF bliższym 2 V niż 2,5 V. Z tego względu rzeczywisty próg zadziałania może odbiegać od wartości wynikającej z nominalnego napięcia odniesienia 2,5 V.

Próg ten zmienia się również wraz z temperaturą, jednak o ile temperatura nie ulega znacznym wahaniom, uzyskana dokładność będzie zadowalająca. Więcej informacji na temat stosowania układu TL431 w układzie z otwartą pętlą do wykrywania zbyt niskiego i zbyt wysokiego napięcia można znaleźć w nocie aplikacyjnej firmy Texas Instruments SLVA987A (PDF) dostępnej pod adresem www.ti.com/lit/pdf/slva987.

Wydaje się, że układ TL431 w wersji SMD nie ma tego samego problemu, ponieważ wykazuje bardzo ostre przejście na charakterystyce napięcia w funkcji prądu nawet przy bardzo małych prądach. Z tego powodu płytka drukowana w wersji do montażu przewlekanego umożliwia zastosowanie układu w obudowie do montażu powierzchniowego zamiast wersji w obudowie TO-92.

Układ zabezpieczający przed zbyt wysokim napięciem zasilającym o ustalonym progu zadziałania

Na rysunku 3 przedstawiono układ zabezpieczający przed zbyt wysokim napięciem zasilającym o ustalonym progu

Tabela 1. Wartości rezystancji dla wersji do montażu przewlekanego o stałym progu zabezpieczenia

ZD3	V_{OVL}	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
47 V	47,7 V	130 kΩ	13 kΩ	18 kΩ	18 kΩ	×	×	8,2 kΩ
43 V	43,7 V	110 kΩ	13 kΩ	16 kΩ	16 kΩ	×	×	6,8 kΩ
39 V	39,7 V	100 kΩ	13 kΩ	15 kΩ	15 kΩ	×	×	5,6 kΩ
36 V	36,7 V	91 kΩ	13 kΩ	16 kΩ	13 kΩ	×	×	4,3 kΩ
30 V	30,7 V	75 kΩ	13 kΩ	12 kΩ	12 kΩ	×	×	3,0 kΩ
27 V	27,7 V	68 kΩ	13 kΩ	5,6 kΩ	×	×	×	2,4 kΩ
24 V	24,7 V	62 kΩ	13 kΩ	4,7 kΩ	×	×	×	2,2 kΩ
22 V	22,7 V	56 kΩ	13 kΩ	8,2 kΩ	10 kΩ	×	×	2,0 kΩ
20 V	20,7 V	51 kΩ	13 kΩ	8,2 kΩ	8,2 kΩ	×	×	1,8 kΩ
16 V	16,7 V	36 kΩ	10 kΩ	10 kΩ	10 kΩ	8,2 kΩ	×	1,3 kΩ
15 V	15,7 V	33 kΩ	10 kΩ	10 kΩ	8,2 kΩ	8,2 kΩ	×	1,3 kΩ
13 V	13,7 V	30 kΩ	10 kΩ	8,2 kΩ	8,2 kΩ	6,8 kΩ	×	1,2 kΩ
12 V	12,7 V	27 kΩ	8,2 kΩ	6,8 kΩ	6,8 kΩ	6,8 kΩ	×	1 kΩ
11 V	11,7 V	24 kΩ	8,2 kΩ	5,6 kΩ	6,8 kΩ	6,8 kΩ	×	1 kΩ
10 V	10,7 V	18 kΩ	6,2 kΩ	6,8 kΩ	5,6 kΩ	5,6 kΩ	×	910 Ω
9,1 V	9,8 V	15 kΩ	4,3 kΩ	5,6 kΩ	5,6 kΩ	5,6 kΩ	×	820 Ω
8,2 V	8,9 V	12 kΩ	4,3 kΩ	4,7 kΩ	4,7 kΩ	4,7 kΩ	×	750 Ω
7,5 V	8,2 V	7,5 kΩ	2,4 kΩ	5,6 kΩ	5,6 kΩ	5,6 kΩ	5,6 kΩ	620 Ω
6,8 V	7,5 V	3,6 kΩ	1,2 kΩ	4,7 kΩ	4,7 kΩ	5,6 kΩ	5,6 kΩ	560 Ω

Kolory: czarny = 1/2 W, niebieski = 1 W; × = brak elementu

eprasa.pl 8b2d0f1415

zadziałania. Zawiera on zabezpieczenie przed odwróconą polaryzacją z tranzystorem MOSFET Q1 z kanałem P, podobnie jak na rysunkach 1 i 2. Zabezpieczenie przed zbyt wysokim napięciem zasilającym również oparto na tranzystorze MOSFET Q2 z kanałem N, chociaż w tym układzie Q2 jest sterowany inaczej.

Zamiast regulowanego progu zadziałania zabezpieczenia ustalanego przez układ scalony TL431 i potencjometr, próg ten jest ustalany i wykrywany za pomocą diody Zenera ZD3. Jeśli napięcie przyłożone do diody Zenera przekroczy próg zadziałania zabezpieczenia i dioda zacznie przewodzić, zostaje wyzwolony tyrystor SCR1, który wyłącza tranzystor MOSFET Q2.

Do tyrystora dołączono kondensator 10 nF, który zapobiega przypadkowemu załączeniu SCR1 spowodowanemu gwałtownym wzrostem napięcia (dV/dt) w momencie podania zasilania na złącze CON1. Każdy wzrost napięcia szybszy niż 8 V/µs prawdopodobnie spowoduje załączenie SCR1. Kondensator o pojemności 10 nF spowalnia narastanie napięcia.

Tranzystor MOSFET Q2 jest zwykle utrzymywany w stanie przewodzenia dzięki napięciu bramki podawanemu przez rezystor 10 kΩ oraz połączone równolegle rezystory R3...R6. Dioda Zenera ZD2 chroni bramkę przed nadmiernym napięciem. Gdy Q2 jest w stanie przewodzenia, między drenem a źródłem występuje mała rezystancja, dzięki czemu zacisk masy CON1 jest połączony z ujemnym zaciskiem CON2.

W takim przypadku dioda LED1 sygnalizująca zasilanie świeci w wyniku przepływu prądu przez rezystor R7 do ujemnego bieguna zasilania.

Tranzystor Q3 jest zazwyczaj włączany prądem polaryzującym płynącym z dodatniego bieguna zasilania przez rezystory R3...R6 i R1. Gdy Q3 jest włączony, prąd może płynąć przez diodę ZD3 dołączoną do jego kolektora oraz przez rezystor 150 Ω w obwodzie emitera, ale tylko wtedy, gdy napięcie zasilania przekracza napięcie przebicia diody ZD3.

Zanim napięcie na rezystorze 150 Ω osiągnie wartość 0,6 V, wystarczającą do wyzwolenia SCR1 poprzez rezystor bramkowy 470 Ω, przez diodę ZD3 musi przepłynąć prąd o natężeniu 4 mA.

Zatem, gdy SCR1 włącza się i odłącza obciążenie, napięcie zasilania jest równe znamionowemu napięciu przebicia diody ZD3 powiększonemu o wymagane 0,6 V na rezystorze 150 Ω. Gdy SCR1 przechodzi w stan przewodzenia, między jego anodą (A) a katodą (K) panuje napięcie około 1 V, wskutek czego tranzystor Q3 wyłącza się.

Po włączeniu tyrystora SCR1 niskie napięcie na bramce tranzystora Q2 powoduje jego wyłączenie, odłączając masę zasilania od złącza CON2. Dioda LED1 jest teraz wyłączona, natomiast niski spadek napięcia na SCR1 powoduje zaświecenie diody LED2, a prąd płynie przez rezystor 9,1 kΩ do włączonego tyrystora SCR1.

Należy pamiętać, że dioda LED2 zaświeci się również wtedy, gdy napięcie na diodzie ZD2 osiągnie jej napięcie przebicia wynoszące 13 V. Wraz ze wzrostem napięcia zasilania dioda LED2 świeci coraz jaśniej, ponieważ przez nią, rezystor 9,1 kΩ oraz diodę ZD2 płynie coraz większy prąd. Zadziałanie zabezpieczenia przed zbyt wysokim napięciem zasilającym jest sygnalizowane świeceniem diody LED2 przy wyłączonej diodzie LED1.

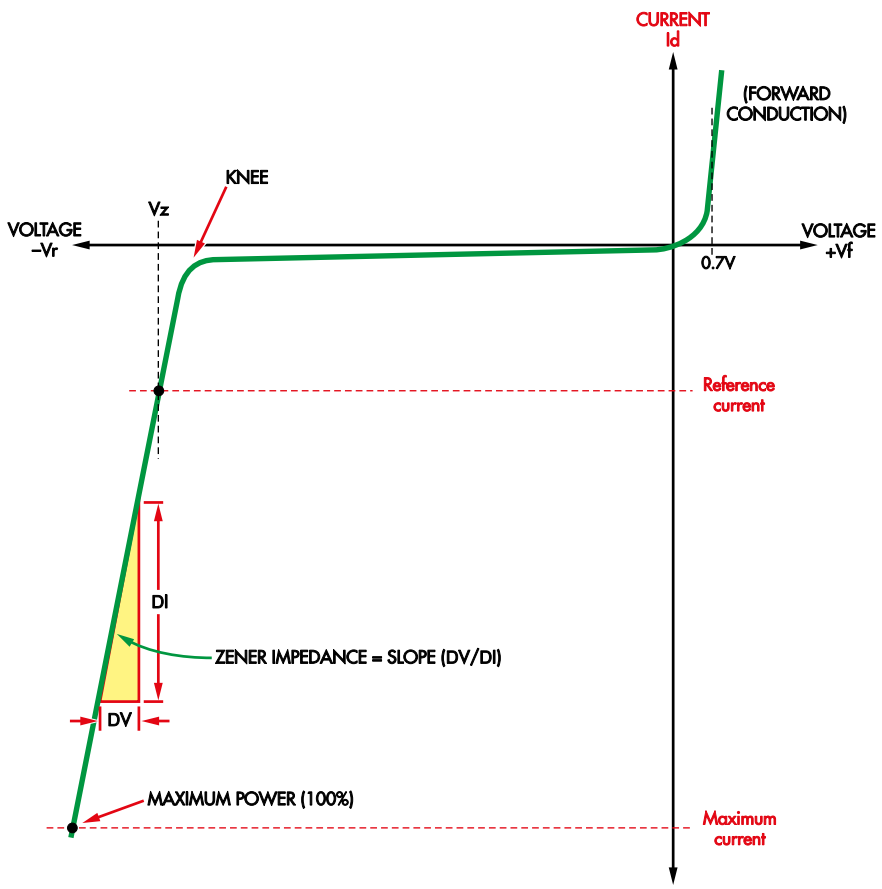
Dzielnik napięcia utworzony z rezystorów R1 i R2 zapewnia, że napięcie na bazie tranzystora Q3 jest znacznie niższe od 0,6 V, co powoduje, że tranzystor Q3 pozostaje wyłączony, gdy tyrystor SCR1 jest włączony. Gdy tranzystor Q3 jest wyłączony, sterowanie bramką tyrystora SCR1 zostaje wyłączone, ale tyrystor ten pozostaje w stanie włączonym dzięki przepływającemu przez niego prądowi. Rezystory R3... R6 zapewniają prąd 5 mA, wystarczający do załączenia i podtrzymania przewodzenia tyrystora w tym stanie.

Jeśli zastanawiasz się, dlaczego używamy tranzystora Q3 zamiast dołączać diodę ZD3 bezpośrednio szeregowo z rezystorem 150 Ω, przyczyną jest możliwość uszkodzenia diody ZD3 wskutek przepływu nadmiernego prądu, gdy napięcie zasilania wzrośnie znacznie powyżej jej napięcia przebicia. Na przykład, jeśli ZD3 jest diodą Zenera 12 V, będzie przewodzić prąd o natężeniu 4 mA przy napięciu zasilania wynoszącym 12,6 V, ale już 186 mA przy 40 V. W takim przypadku moc wydzielana w diodzie znacznie przekroczyłaby jej moc znamionową.

Ponadto w rezystorze 150 Ω wydzielałoby się nieco ponad 5 W mocy. Zastosowanie tranzystora Q3 powoduje, że po osiągnięciu progu zadziałania zabezpieczenia przepływ tego prądu zostaje przerwany, co zapobiega wydzielaniu dużej mocy w diodzie ZD3 i rezystorze 150 Ω.

Polaryzacja diody Zenera

Rezystancję rezystora 150 Ω można by zwiększyć, ale oznaczałoby to, że próg zabezpieczenia przed zbyt wysokim napięciem zasilającym zostałby osiągnięty przy napięciu



Rysunek 5. Typowa charakterystyka V=f(I) diody Zenera

eprasa.pl 8b2d0f1415

znacznie niższym niż napięcie przebicia diody Zenera. Układ zachowywałby się mniej stabilnie niż w przypadku pracy diody Zenera w bardziej stromym obszarze jej charakterystyki przewodzenia.

Na **rysunku 5** przedstawiono typową charakterystykę V=f(I) diody Zenera. W kierunku przewodzenia (prąd płynący od anody do katody) zachowuje się ona jak zwykła dioda, przewodząc prąd przy napięciu 0,6...0,7 V. W kierunku zaporowym dioda Zenera początkowo zachowuje się jak zwykła dioda, blokując przepływ prądu, z wyjątkiem minimalnego prądu upływu. Jednak powyżej pewnego napięcia prąd „upływu" wzrasta, a następnie przez diodę zaczyna płynąć znaczny prąd wsteczny. Jest to efekt przebicia wstecznego, który powoduje, że charakterystyka V=f(I) poza obszarem kolana jest stosunkowo stroma.

Każda dioda Zenera charakteryzuje się określonym prądem odpowiadającym jej napięciu Zenera. Jeśli taka dioda pracuje przy znacznie mniejszym prądzie, napięcie na niej również będzie niższe. W naszym układzie chcemy, aby dioda Zenera pracowała raczej w obszarze liniowym, w którym charakterystyka V=f(I) jest stroma, a nie w obszarze kolana, i najlepiej w pobliżu prądu odniesienia diody Zenera.

Zalecana seria diod Zenera BZX79Cxx dla naszego układu charakteryzuje się prądem odniesienia 5 mA dla napięć od 2,4 V do 24 V oraz 2 mA dla napięć powyżej tej wartości. Prąd 4 mA dla diody Zenera w naszym układzie stanowi rozsądny kompromis między tymi wartościami.

Obliczenia rezystancji

Wymagane wartości rezystancji R1...R7 zależą od napięcia progowego zabezpieczenia (V_{OVL}), maksymalnego napięcia wejściowego (V_{MAX}) oraz prądu załączenia i podtrzymania tyrystora SCR1. Należy uwzględnić moc znamionową rezystorów, prądy diod LED, prąd bazy tranzystora Q3 oraz prąd diody ZD3.

W tabeli 1 przedstawiono wartości rezystorów i ich moce znamionowe dla różnych progów zadziałania zabezpieczenia oraz maksymalnego napięcia wejściowego wynoszącego 50 V. W ramce opisano bardziej szczegółowo obliczenia wykorzystane do sporządzenia tej tabeli.

Wersja regulowana do montażu SMD

Wersję regulowaną SMD zbudowano na dwustronnej płytce drukowanej z metalizacją otworów, oznaczonej kodem 08106241, o wymiarach 51 mm × 23 mm. Jak pokazano na schematach montażowych (**rysunek 6**), wszystkie elementy SMD, z wyjątkiem dwóch diod LED, są montowane po jednej stronie płytki, natomiast elementy przewlekane, takie jak dwa złącza śrubowe i potencjometr montażowy, po drugiej stronie.

Zacznij od przylutowania elementów SMD. Można to zrobić, lutując najpierw jedno wyprowadzenie i przytrzymując element pęsetą. Po prawidłowym ustawieniu elementu (w razie potrzeby ponownie podgrzewając spoinę lutowniczą) należy przylutować pozostałe wyprowadzenia. Przy wykonywaniu tego zadania bardzo przydatne są dobre oświetlenie i lupa.

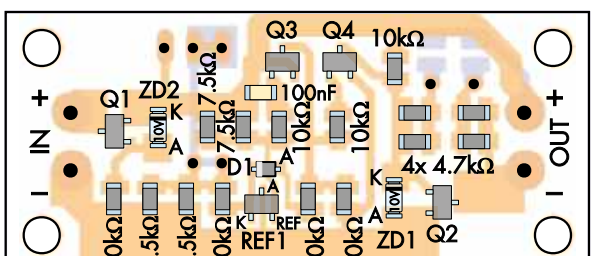
Najpierw należy zidentyfikować elementy. Rezystory są oznaczone trzy- lub czterocyfrowymi kodami, zgodnie z wykazem elementów. Kondensator o pojemności 100 nF nie będzie miał oznaczenia. Mniejsze elementy półprzewodnikowe w obudowach SOT-23 również mają oznaczenia zgodne z wykazem elementów, choć oznaczenia te mogą się różnić.

Diody Zenera 10 V mają obudowę cylindryczną i niebieskie oznaczenie od strony katody (K). Dioda D1 ma również pasek wskazujący katodę.

Należy pamiętać, że układ TL431 może mieć różne rozmieszczenie wyprowadzeń. W standardowym układzie wyprowadzeń katoda znajduje się po lewej stronie, a wyprowadzenie REF po prawej, gdy wyprowadzenie anody jest u góry. W układzie lustrzanym katoda i wyprowadzenie REF są zamienione miejscami. Na płytce drukowanej uwzględniliśmy oba układy wyprowadzeń, stosując obudowę z 6 polami kontaktowymi zamiast trzech wymaganych dla jednego układu wyprowadzeń.

Układ TL431 należy ustawić zgodnie z rozkładem wyprowadzeń zastosowanej wersji. Na warstwie opisowej płytki drukowanej zaznaczyliśmy wyprowadzenia, wskazując pola anody, katody i wyprowadzenia REF. Elementy dostarczone w naszym zestawie powinny być w wersji z lustrzanym rozkładem wyprowadzeń. Aby to sprawdzić, należy użyć multimetru w trybie pomiaru diod. Przykładając czerwony przewód do wyprowadzenia REF, a czarny do wyprowadzenia katody, na wyświetlaczu powinna pojawić się wartość odpowiadająca spadkowi napięcia na diodzie (około 0,7 V). Następnie układ można prawidłowo ustawić na płytce drukowanej i przylutować. Podczas tej czynności należy uważać, aby cyna nie połączyła wykorzystywanych i niewykorzystywanych pól lutowniczych. Jeśli tak się stanie, jej nadmiar można usunąć za pomocą plecionki lutowniczej (dodanie topnika w postaci pasty ułatwi tę czynność).

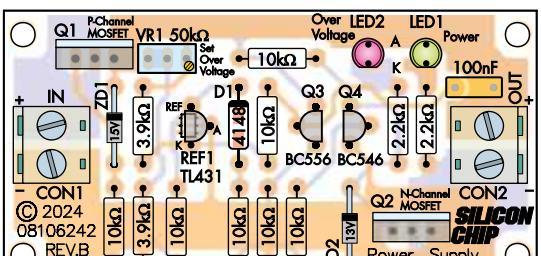
Podczas montażu diod upewnij się, że są one prawidłowo zorientowane. Orientacja anody (A) i katody (K) jest zaznaczona na warstwie opisowej płytki drukowanej.

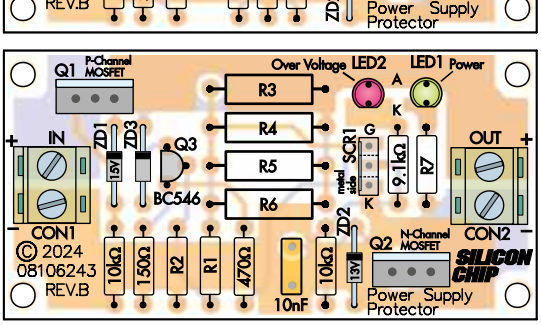


Rysunek 6 (po lewej). Schematy montażowe układu zabezpieczenia zasilania w wersji regulowanej do montażu SMD (przedstawione w powiększeniu 150%)

Rysunek 7 (prawy górny róg). Schemat montażowy płytki drukowanej wersji regulowanej do montażu przewlekanego

Rysunek 8 (prawy dolny róg). Schemat montażowy płytki drukowanej wersji z ustalonym progiem zabezpieczenia przed zbyt wysokim napięciem zasilającym do montażu przewlekanego





eprasa.pl 8b2d0f1415

Po przylutowaniu wszystkich elementów SMD po jednej stronie należy odwrócić płytkę i zamontować diody LED, zwracając uwagę na prawidłową orientację każdej z nich (zgodnie z wcześniejszymi wskazówkami) oraz właściwe rozmieszczenie pod względem kolorów. Diody sygnalizujące zasilanie są zielone, a sygnalizujące zbyt wysokie napięcie – czerwone, choć w razie potrzeby kolory można dobrać zgodnie z własnym uznaniem.

Diody LED do montażu powierzchniowego najlepiej przetestować za pomocą multimetru ustawionego w trybie pomiaru diod. Po podłączeniu czerwonego przewodu do anody, a czarnego do katody, dioda LED powinna się zaświecić, co pozwoli sprawdzić jej kolor. Użyliśmy diody zielonej do sygnalizacji zasilania, a czerwonej do sygnalizacji zbyt wysokiego napięcia. Często na katodzie znajduje się pasek lub kropka, ale zdarzały się też diody LED z oznaczeniem na anodzie, dlatego lepiej to sprawdzić.

Potencjometr montażowy lutujemy tak, aby śruba regulacyjna była ustawiona zgodnie z rysunkiem. Obracanie jej w prawo powoduje wzrost progu zadziałania zabezpieczenia. Dwa złącza śrubowe należy zamontować tak, aby otwory do wprowadzania przewodów były skierowane na zewnątrz płytki drukowanej.

Wykaz elementów:

Wspólne dla wszystkich wersji
2 dwudrożne złącza śrubowe do montażu na płytce drukowanej o rastrze 5 mm lub 5,08 mm (CON1, CON2)

Wersja regulowana do montażu SMD
1 dwustronna płytka drukowana z metalizacją otworów, oznaczona kodem 08106241, o wymiarach 51 mm × 23 mm
1 kondensator ceramiczny 100 nF, 50 V, X7R, w obudowie 3216/1206 do montażu SMD
1 wieloobrotowy potencjometr montażowy 50 kΩ z regulacją od góry, typu Bourns 3296W (VR1)

Półprzewodniki
1 tranzystor MOSFET AO3401(A), 30 V, 4 A, z kanałem P, sterowany poziomami logicznymi, w obudowie SOT-23 (Q1, oznaczenie: X15V)
1 tranzystor MOSFET AO3400, 30 V, 5,8 A, z kanałem N, sterowany poziomami logicznymi, w obudowie SOT-23 (Q2, oznaczenie: XORB)
1 tranzystor PNP BC856C, 65 V, 100 mA, w obudowie SOT-23 (Q3, oznaczenie: 9AC)
1 tranzystor NPN BC846C, 65 V, 100 mA, w obudowie SOT-23 (Q4, oznaczenie: 1C)
1 układ TL431, regulowane źródło napięcia odniesienia, w obudowie SOT-23 (REF1, oznaczenie: 431) *
1 1N4148WS, dioda przełączająca 75 V, 150 mA, SOD-323 (D1)
2 BZV55-C10, diody Zenera 10 V, 500 mW, SOD-80C (ZD1, ZD2)
1 zielona dioda LED SMD, w rozmiarze M3216/1206 (LED1)
1 czerwona dioda LED SMD, w rozmiarze M3216/1206 (LED2)

Rezystory (wszystkie SMD, w rozmiarze M3216/1206, 1/4 W, 1%)
7 rezystorów 10 kΩ (kod 1002 lub 103), 4 rezystory 7,5 kΩ (kod 7501 lub 752), 4 rezystory 4,7 kΩ (kod 4701 lub 472)

Wersja regulowana z montażem przewlekanym
1 dwustronna płytka drukowana z metalizacją otworów, oznaczona kodem 08106242, o wymiarach 70,5 mm × 35,5 mm
1 kondensator poliestrowy MKT 100 nF, 63 V/100 V
1 wieloobrotowy potencjometr montażowy 50 kΩ, z regulacją od góry, typ Bourns 3296W (VR1)

Półprzewodniki
1 IPP80P03P4L-07, tranzystor MOSFET z kanałem P, sterowany poziomami logicznymi, 30 V, 80 A, w obudowie TO-220 (Q1)
1 CSD18534KCS lub IPP80N06S4L, tranzystor MOSFET z kanałem N, sterowany poziomami logicznymi, 60 V, w obudowie TO-220 (Q2)
1 BC556, tranzystor PNP 65 V, 100 mA, w obudowie TO-92 (Q3)
1 BC546, tranzystor NPN 65 V, 100 mA, w obudowie TO-92 (Q4)
1 TL431, regulowane źródło napięcia odniesienia, w obudowie TO-92 (REF1) LUB
1 TL431, regulowane źródło napięcia odniesienia, w obudowie SOT-23 (REF1, oznaczenie: 431) *
1 1N4148, dioda sygnałowa 75 V, 200 mA (D1)
1 dioda Zenera 15 V, 500 mW lub 1 W (ZD1)
1 dioda Zenera 13 V, 500 mW lub 1 W (ZD2)
1 zielona dioda LED 3 mm (LED1)
1 czerwona dioda LED 3 mm (LED2)

Rezystory (wszystkie 1/2 W, metalizowane, 1%)
7 10 kΩ 2 3,9 kΩ 2 2,2 kΩ

Wersja do montażu przewlekanego z ustalonym progiem zadziałania zabezpieczenia
1 dwustronna płytka drukowana z metalizowanymi otworami, oznaczona kodem 08106243, 70,5 mm × 35,5 mm
1 kondensator poliestrowy MKT 10 nF, 63 V/100 V

Półprzewodniki
1 IPP80P03P4L-07, tranzystor MOSFET z kanałem P, sterowany poziomami logicznymi, 30 V, 80 A, obudowa TO-220 (Q1)
1 CSD18534KCS lub IPP80N06S4L, tranzystor MOSFET z kanałem N, sterowany poziomami logicznymi, 60 V, obudowa TO-220 (Q2)
1 BC546, tranzystor NPN 65 V, 100 mA, obudowa TO-92 (Q3)
1 C106B 200 V lub C106D 400 V, tyrystor 4 A, obudowa TO-126/TO-225AA (SCR1)
1 dioda Zenera 15 V, 500 mW lub 1 W (ZD1)
1 dioda Zenera 13 V, 500 mW lub 1 W (ZD2)
1 BZX79Cxx, dioda Zenera o mocy 500 mW (prąd odniesienia 2 mA lub 5 mA) (ZD3) [wartości napięcia podano w tabeli 1]
1 zielona dioda LED 3 mm (LED1)
1 czerwona dioda LED 3 mm (LED2)

Rezystory (wszystkie 1/2 W, metalizowane, 1%)
2 10 kΩ 1 9,1 kΩ 1 470 Ω 1 150 Ω R1...R7: patrz tabela 1

* Układy TL431QDBZR, TL431FDT lub TL431SDT mają standardowy układ wyprowadzeń. Układy TL431MFDT lub TL431MSDT mają lustrzany układ wyprowadzeń

Wersja regulowana do montażu przewlekanego

Wersję regulowaną do montażu przewlekanego zbudowano na dwustronnej płytce drukowanej z metalizacją otworów (numer katalogowy 08106242) o wymiarach 70,5 mm × 35,5 mm. Podczas montażu należy kierować się **rysunkiem 7** – schematem rozmieszczenia elementów na płytce.

Jeśli korzystasz z wersji SMD układu TL431, zacznij montaż od tego elementu, ale zachowaj ostrożność, ponieważ mogą występować różne rozkłady wyprowadzeń, w których wyprowadzenia REF i katody są zamienione miejscami. Zapoznaj się z podanymi wcześniej instrukcjami dotyczącymi określenia rozkładu wyprowadzeń posiadanego elementu, dopasowania go do oznaczeń na płytce drukowanej oraz lutowania.

Następnie można zamontować diody Zenera i diodę D1. ZD1 to dioda Zenera 15 V, natomiast ZD2 ma napięcie znamionowe 13 V. Każdą z nich należy ustawić zgodnie z rysunkiem 7, z paskiem oznaczającym katodę skierowanym do góry.

Następnie można zamontować rezystory. Należy sprawdzić rezystancję każdego z nich multimetrem, aby upewnić się, że w każdym miejscu zamontowano właściwy rezystor.

Dwie diody LED należy zamontować tak, aby górna krawędź ich kopułek znajdowała się około 12 mm nad górną krawędzią płytki drukowanej. Jeśli soczewki nie są przyciemnione, przed montażem należy sprawdzić kolor diody, korzystając z trybu pomiaru diod w multimetrze. Użyliśmy zielonej diody LED do sygnalizacji zasilania (LED1) oraz czerwonej do sygnalizacji zbyt wysokiego napięcia (LED2). W obu przypadkach dłuższe wyprowadzenie to anoda.

Następnie zamontuj tranzystory Q1...Q4, zwracając uwagę na to, aby każdy z nich znalazł się we właściwym miejscu (sprawdź oznaczenia elementów na rysunku 7 oraz na warstwie opisowej płytki drukowanej). Jeśli korzystasz z układu TL431 w obudowie TO-92 (REF1), możesz go również zamontować w tym momencie. Następnie zamontuj kondensator 100 nF.

Potencjometr montażowy należy przylutować tak, aby śruba regulacyjna była ustawiona zgodnie z rysunkiem, co zapewnia wzrost progu zadziałania zabezpieczenia przy obracaniu jej w prawo. Dwa złącza śrubowe należy zamontować tak, aby otwory do wprowadzania przewodów były skierowane na zewnątrz płytki drukowanej.

eprasa.pl 8b2d0f1415

Wersja do montażu przewlekanego z ustalonym progiem zabezpieczenia przed zbyt wysokim napięciem zasilającym

Wersję z ustalonym progiem zabezpieczenia przed zbyt wysokim napięciem zasilającym, przeznaczoną do montażu przewlekanego, zbudowano na dwustronnej płytce drukowanej oznaczonej kodem 08106243, o wymiarach 70,5 mm × 35,5 mm. Schemat montażowy tej wersji przedstawiono na **rysunku 8**.

Najpierw, korzystając z tabeli 1, należy dobrać wartości rezystorów R1...R7, uwzględniając wymagany próg zadziałania zabezpieczenia. W tabeli tej podano również wymagane napięcie znamionowe diody ZD3. Należy pamiętać, że rezystory R3...R6 mogą wymagać zastosowania elementów o mocy 1 W (jeśli w tabeli 1 są zaznaczone na żółto) i nie wszystkie cztery rezystory muszą być używane dla wszystkich możliwych napięć progowych.

Teraz można zamontować diody Zenera ZD1, ZD2 oraz ZD3. ZD1 ma napięcie znamionowe 15 V, ZD2 – 13 V, natomiast napięcie znamionowe diody ZD3 należy dobrać zgodnie z tabelą 1. Każdą z nich należy ustawić zgodnie z rysunkiem 8, z paskiem oznaczającym katodę skierowanym do góry.

Obliczenia wartości rezystancji

W tabeli 1 przedstawiono wymagane wartości rezystancji oraz moce znamionowe rezystorów dla zabezpieczenia z ustalonym progiem zadziałania zabezpieczenia 7,5...47,7 V przy maksymalnym napięciu wejściowym wynoszącym 50 V. Dla progów zadziałania poniżej 7,5 V nie można dobrać wartości rezystancji spełniających wszystkie wymagania. Jeśli potrzebujesz tak niskiego progu, zbuduj jedną z pozostałych wersji.

Obliczenia rezystorów R3...R6

Najpierw oblicza się całkowitą rezystancję rezystorów R3...R6. Przez rezystory te płynie prąd zasilający tyrystor SCR1 oraz bazę tranzystora Q3 poprzez R1. Aby uzyskać wystarczającą moc znamionową i wymaganą rezystancję, można połączyć równolegle maksymalnie cztery rezystory.

Do obliczeń przyjęto prąd 5 mA, który zapewnia załączenie i podtrzymanie przewodzenia tyrystora SCR1 w najgorszym przypadku w temperaturze 25°C.

Całkowita wymagana rezystancja R jest równa różnicy między napięciem progowym zadziałania zabezpieczenia (V_{OVL}) a napięciem 1 V (spadkiem napięcia między anodą a katodą przewodzącego tyrystora), podzielonej przez 5 mA, to jest: $R = (V_{OVL} - 1\ V) \div 5\ mA$.

Wymagana całkowita moc znamionowa rezystorów jest określona przez kwadrat różnicy między maksymalnym napięciem roboczym układu (np. 50 V) a napięciem 1 V, podzielony przez rezystancję, to jest: $(V_{MAX} - 1\ V)^2 \div R$.

Wymaganą moc znamionową można zmniejszyć, rozkładając ją na dwa do czterech rezystorów połączonych równolegle. Jeśli wszystkie rezystory mają taką samą wartość, moc rozprasza się równomiernie. Jeśli ich wartości są różne, należy obliczyć moc rozpraszaną w każdym z nich.

Obliczenia rezystorów R1 i R2

Rezystor R1 steruje bazą tranzystora Q3, który musi przejść w stan nasycenia przy prądzie kolektora wynoszącym 4 mA. Prąd ten przepływa przez diodę ZD3, tranzystor Q3 i rezystor 150 Ω po osiągnięciu progu zadziałania zabezpieczenia. Do bazy tranzystora Q3 doprowadzamy prąd o natężeniu co najmniej 250 µA (1/16 prądu kolektora), aby zapewnić przejście tranzystora Q3 w stan nasycenia.

Rezystor R2, umieszczony między bazą tranzystora Q3 a masą, jest niezbędny, ponieważ po załączeniu tyrystora SCR1, dzięki działaniu dzielnika napięcia utworzonego z rezystorów R1 i R2, obniża napięcie na bazie do wartości mniejszej niż 0,3 V. Zazwyczaj napięcie na SCR1 wynosi około 1 V, więc pod warunkiem, że R1 ma wartość co najmniej trzykrotnie większą od R2, napięcie to zostanie obniżone do 250 mV lub mniej. Zapobiega to przewodzeniu tranzystora Q3 przez diodę ZD3 po wykryciu zbyt wysokiego napięcia i załączeniu tyrystora SCR1.

W przypadku progów zadziałania zabezpieczenia wynoszących 20,7 V i więcej ustalamy wartość R2 tak, aby przy progu zadziałania zabezpieczenia przepływał przez niego prąd o natężeniu 100 µA. Przy tym progu napięcie między bazą a emiterem tranzystora Q3 wyniesie 0,66 V, a napięcie na emiterze Q3 – 0,6 V, co daje łączne napięcie na rezystorze R2 wynoszące 1,26 V. Aby uzyskać prąd o natężeniu około 100 µA, rezystor R2 musi mieć wartość 12,6 kΩ (13 kΩ jest najbliższą wartością z szeregu E24). Rezystor 13 kΩ zapewnia prąd o natężeniu 96,9 µA, co jest wartością wystarczająco zbliżoną do 100 µA.

Przy obliczaniu wartości R1 należy uwzględnić także prąd 100 µA płynący przez R2, który omija bazę tranzystora Q3. Rezystor R1 musi więc dostarczać łącznie 350 µA: 250 µA do bazy Q3 oraz 100 µA przez R2.

R1 oblicza się jako różnicę między napięciem progowym zadziałania zabezpieczenia (V_{OVL}) a napięciem 1,26 V na bazie tranzystora Q3, podzieloną przez 350 µA. Ponieważ R1 jest połączony szeregowo z równoległym połączeniem rezystorów R3...R6, od tej wartości odejmuje się rezystancję zastępczą tego połączenia, co daje rezystancję R1, to jest: $R1 = (V_{OVL} - 1{,}26\ V) \div 350\ \mu A - (R3 \parallel R4 \parallel R5 \parallel R6)$.

Jeśli obliczona rezystancja R1 jest mniejsza niż trzykrotność wartości R2, należy zwiększyć prąd płynący przez R2 i ponownie wykonać obliczenia. Na przykład, aby uzyskać prąd 200 µA płynący przez R2, $R2 = 1{,}26\ V \div 200\ \mu A = 6{,}3\ k\Omega$ (należy zastosować rezystor 6,2 kΩ). Wówczas $R1 = (V_{OVL} - 1{,}26\ V) \div 450\ \mu A$, gdzie 450 µA to suma prądu 200 µA płynącego przez R2 oraz 250 µA wymaganych dla bazy tranzystora Q3.

Prąd diody LED

Dioda LED1 wyłącza się po przekroczeniu progu zadziałania zabezpieczenia, więc maksymalny prąd wystąpi, gdy napięcie zasilania osiągnie ustawiony próg zadziałania zabezpieczenia. Przyjmując maksymalny prąd 10 mA, rezystancję R7 można obliczyć jako różnicę między napięciem progowym zadziałania zabezpieczenia a spadkiem napięcia 2 V na diodzie LED, podzieloną przez 10 mA, to jest: $R7 = (V_{OVL} - 2\ V) \div 10\ mA$.

Należy również uwzględnić moc znamionową rezystora R7, dlatego jego rezystancja musi być większa niż $(V_{OVL} - 2\ V)^2 \div 250\ mW$, gdzie 250 mW stanowi bezpieczną wartość mocy dla rezystora o mocy znamionowej 500 mW. Jeśli wynik tego obliczenia będzie większy od wartości wyznaczonej na podstawie prądu 10 mA, należy zastosować większą rezystancję R7. Wówczas maksymalny prąd diody LED będzie mniejszy niż 10 mA, co pozwoli uniknąć przegrzania rezystora ograniczającego prąd.

Rezystancję rezystora szeregowego diody LED sygnalizującej zbyt wysokie napięcie (LED2) oblicza się w podobny sposób, z tą różnicą, że tym razem należy uwzględnić maksymalne wejściowe napięcie zasilania. Wynika to z faktu, że dioda LED2 będzie świecić w zakresie od progu zadziałania zabezpieczenia do maksymalnego wejściowego napięcia zasilania V_{MAX}. Obliczenia są więc następujące: różnicę między V_{MAX} a sumą spadków napięcia na diodzie LED2 i tyrystorze SCR1 należy podzielić przez 10 mA, to jest: $R = (V_{MAX} - 3\ V) \div 10\ mA$.

Analogicznie, minimalna wartość rezystancji, wynikająca z mocy znamionowej rezystora, wynosi $(V_{MAX} - 3\ V)^2 \div 250\ mW$. Dla napięcia V_{MAX} wynoszącego 50 V wybraliśmy rezystor 9,1 kΩ o mocy 1/2 W.

eprasa.pl 8b2d0f1415

Następnie można zamontować rezystory. Należy sprawdzić wartość rezystancji każdego z nich multimetrem, aby upewnić się, że w każdym miejscu zastosowano właściwy element.

Dwie diody LED należy zamontować tak, aby górna krawędź ich kopułek znajdowała się około 12 mm nad górną krawędzią płytki drukowanej. Jeśli soczewki nie są przyciemnione, przed montażem należy sprawdzić kolor diody, korzystając z funkcji pomiaru diod w multimetrze. Do sygnalizacji zasilania (LED1) zastosowaliśmy diodę zieloną, a do sygnalizacji zbyt wysokiego napięcia (LED2) – diodę czerwoną. W obu przypadkach dłuższe wyprowadzenie to anoda.

Podczas montażu tranzystorów Q1...Q3 upewnij się, że każdy z nich jest umieszczony we właściwym miejscu i prawidłowo zorientowany. Tyrystor należy umieścić stroną z metalowym wyprowadzeniem skierowaną w stronę rezystorów R3...R6.

Dwa złącza śrubowe należy zamontować tak, aby otwory do wprowadzania przewodów były skierowane na zewnątrz płytki drukowanej.

Testowanie

Jeśli dysponujesz zasilaczem z regulacją napięcia, możesz podłączyć zasilanie do wejścia i sprawdzić, czy dioda LED sygnalizująca zasilanie świeci się, a zabezpieczenie przed zbyt wysokim napięciem zasilającym działa przy wymaganym napięciu. W wersji z ustalonym progiem zadziałania zabezpieczenia wartość ta jest ustalona, natomiast w wersjach regulowanych można ją zmienić za pomocą potencjometru VR1.

Po osiągnięciu progu zadziałania zabezpieczenia dioda LED sygnalizująca zasilanie gaśnie, a zapala się dioda LED sygnalizująca zbyt wysokie napięcie. Aby przywrócić zasilanie na wyjściu, należy wyłączyć zasilanie lub znacznie obniżyć napięcie.

Należy również pamiętać, że dioda LED sygnalizująca zbyt wysokie napięcie może zaświecić się, gdy napięcie zasilania przekroczy napięcie przebicia diody ZD2. Zadziałanie zabezpieczenia przed zbyt wysokim napięciem zasilającym jest sygnalizowane, gdy dioda LED sygnalizująca zasilanie (LED1) jest wyłączona, a dioda LED sygnalizująca zbyt wysokie napięcie (LED2) świeci. Nie dotyczy to sytuacji, gdy obie diody LED świecą jednocześnie.

W przypadku wersji regulowanych próg zadziałania zabezpieczenia można ustawić w przybliżeniu, mierząc rezystancję potencjometru VR1 przy wyłączonym zasilaniu. Jeśli zastosowano układ TL431 w obudowie TO-92, należy podzielić rezystancję VR1 przez 3,9 kΩ, dodać jeden, a następnie pomnożyć wynik przez 2 V. Jeśli zastosowano wersję SMD, należy użyć wartości 3,75 kΩ i napięcia odniesienia 2,5 V. Dla wersji SMD wzór ma zatem postać: V_{OVL} = (R(VR1) ÷ 3,75 kΩ + 1) × 2,5 V. Pozwoli to w przybliżeniu określić napięcie, przy którym nastąpi odcięcie, z dokładnością do około 1 V.

Aby wykonać obliczenia odwrotne i określić, jaka rezystancja potencjometru VR1 jest potrzebna do uzyskania przybliżonego progu napięcia, należy podzielić wymagany próg przez 2 V (TL431 w obudowie TO-92) lub 2,5 V (TL431 w wersji SMD), następnie odjąć jeden i pomnożyć wynik przez 3,9 kΩ (3,75 kΩ dla wersji SMD). Wzór ma postać: R(VR1) = (V_{OVL} ÷ V_{REF} − 1) × 3,9 kΩ.

Do dokładniejszego ustawienia potrzebny będzie regulowany zasilacz lub prosty układ zasilający wykorzystujący potencjometr drutowy 1 kΩ podłączony do stałego źródła zasilania (należy jednak uważać, aby nie przekroczyć jego mocy znamionowej).

John Clarke

Materiały dodatkowe dostępne są na stronie Silicon Chip:
https://www.siliconchip.com.au/Shop/8/6945
https://www.siliconchip.com.au/Shop/8/6946
https://www.siliconchip.com.au/Shop/8/6947

Zestawy zabezpieczeń zasilania DC
Wersja regulowana do montażu SMD (SC6948, 17,50 USD): zawiera płytkę drukowaną i wszystkie elementy.
Wersja regulowana do montażu przewlekanego (SC6949, 22,50 USD): zawiera płytkę drukowaną oraz wszystkie elementy montowane na płytce, w tym układy scalone TL431 w obudowach SOT-23 i TO-92.
Wersja z ustalonym progiem zabezpieczenia do montażu przewlekanego (SC6950, 20,00 USD): zawiera płytkę drukowaną oraz wszystkie elementy montowane na płytce z wyjątkiem diody ZD3 i rezystorów R1...R7.

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

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

REKLAMA



eprasa.pl 8b2d0f1415



AT-AD269S
Mikroskop cyfrowy
z ekranem 10 cali,
powiększenie do 5000×,
5 obiektywów i endoskop
ANDONSTAR AD269S-M



AT-AD409PRO
Mikroskop do lutowania
z profesjonalnym
metalowym stojakiem,
ekran 10,1 cala,
powiększenie do 300×, HDMI
ANDONSTAR AD409Pro

BESTSELLERY sklepu AVT – sklep.avt.pl

Mikroskopy cyfrowe dla elektroników

Rabat dla Czytelników EdW
przy zakupie podaj kod **EdW2505MC**

-3%

Rabat dla Prenumeratorów EdW
przy zakupie podaj numer prenumeraty

-6%



AT-AD246S-M
Mikroskop cyfrowy 7 cali
z powiększeniem:
60...240×, 18...720×,
1560...2040×
ANDONSTAR AD246S-M



AT-AD407
Mikroskop cyfrowy 7 cali,
powiększenie do 270×
ANDONSTAR AD407



AT-AD249S-M
Mikroskop cyfrowy 10 cali
z powiększeniem:
60...240×, 18...720×, 1560...2040×
ANDONSTAR AD249S-M



AT-AD210
Mikroskop cyfrowy 5...260×
z wyświetlaczem 10,1 cala
ANDONSTAR AD210

Generator funkcyjny DDS z Wi-Fi, część 2

Uniwersalny generator funkcyjny, opisany w 1. części artykułu, może pracować w siedmiu różnych trybach wyjściowych. Użytkownik może ponadto korzystać z innych przydatnych ustawień, takich jak tryby burst i sweep (generowanie serii przebiegów i przemiatanie częstotliwości). Urządzeniem można sterować za pomocą wbudowanego ekranu dotykowego, zdalnie przez Wi-Fi z poziomu przeglądarki internetowej lub za pomocą poleceń SCPI.



Pomimo bogatego zestawu funkcji interfejs z dotykowym ekranem LCD sprawia, że obsługa urządzenia jest prosta. Urządzeniem można również sterować za pomocą komputera, tabletu lub telefonu komórkowego, korzystając z interfejsu dostępnego w przeglądarce internetowej. W drugiej, ostatniej części skupiono się na budowie, uruchomieniu i obsłudze urządzenia.

Podobnie jak inne zaprojektowane przeze mnie przyrządy laboratoryjne (zasilacz laboratoryjny, obciążenie programowalne i „szwajcarski scyzoryk"), urządzenie obsługuje również polecenia SCPI. Generator idealnie mieści się w obudowie typu „snap-together" (zamykanej na zatrzaski), a wszystkie podzespoły, w tym ekran LCD, elementy sterujące i złącza, zmieszczono na jednej płytce drukowanej.

Moduł Raspberry Pi Pico W charakteryzuje się znacznie prostszą metodą programowania typu „przeciągnij i upuść" w porównaniu z układami ESP32, które stosowałem we wcześniejszych urządzeniach tej serii, co znacznie ułatwia programowanie.

Konstrukcja

W projekcie jest wystarczająco dużo miejsca, aby stosować niemal wyłącznie elementy przewlekane, ponieważ przełączniki, enkoder obrotowy i różne złącza wymagają zastosowania dużej płytki drukowanej.

Jak pokazano na **rysunku 8**, moduły Raspberry Pi Pico i PCM5102A są montowane po jednej stronie płytki drukowanej wraz ze wszystkimi elementami pasywnymi, natomiast wyświetlacz LCD, diody LED i przełączniki znajdują się po drugiej stronie.

Dla modułu PCM5102A przewidziano dwa obrysy montażowe, dostosowane do dwóch najpopularniejszych wersji dostępnych w Internecie.

Najlepiej najpierw zamontować wszystkie elementy po stronie płytki, po której znajduje się moduł Pico, przeprowadzić kilka testów, a dopiero potem przejść do montażu po drugiej stronie. Wynika to z faktu, że wyświetlacz LCD zasłania pola lutownicze kilku elementów. Jest on zamontowany na tulejach dystansowych o wysokości 6 mm, dzięki czemu jego powierzchnia znajduje się na jednej płaszczyźnie z płytą czołową, enkoderem obrotowym i przyciskami.

Podczas montażu elementów na płytce drukowanej należy kierować się schematem montażowym (rysunek 8). Można również sprawdzić zdjęcia płytki drukowanej z pierwszej części artykułu, aby zobaczyć, jak powinna wyglądać. Należy zacząć od jedynego elementu do montażu powierzchniowego, jakim jest dioda D1. Należy tymczasowo przylutować jedno wyprowadzenie do odpowiedniego pola lutowniczego, upewniając się, że wyprowadzenia są wygięte w dół, w kierunku płytki drukowanej, a następnie sprawdzić jej położenie względem pozostałych pól lutowniczych.

Jeśli element jest źle ustawiony, należy ponownie roztopić spoiwo lutownicze i delikatnie przesunąć go na właściwe miejsce, a następnie przylutować pozostałe wyprowadzenia i poprawić pierwsze połączenie lutowane. Można to zrobić, dodając odrobinę spoiwa lutowniczego lub – co jest jeszcze lepszym rozwiązaniem – nakładając niewielką ilość topnika, a następnie podgrzewając połączenie czystym grotem lutownicy.

Następnie zajmij się rezystorami. Najlepiej byłoby sprawdzić każdą partię multimetrem, aby upewnić się, że mają prawidłową rezystancję (paski kodu barwnego bywają czasami trudne do rozróżnienia). Następnie zamontuj diodę D2, jedyną diodę przewlekaną, tak aby pasek oznaczający katodę znajdował się po lewej stronie, jak pokazano na rysunku 8.

Jeśli korzystasz z podstawek pod układy scalone, zamontuj je tak, aby wycięcia na końcach były skierowane we właściwych kierunkach (IC2 w dół, pozostałe w górę), a następnie umieść REG3 w podstawce tak, aby pin 1 znajdował się w lewym górnym rogu. Jeśli nie korzystasz z podstawek, przylutuj REG3, również zwracając uwagę na prawidłową orientację. Na razie nie montuj układów IC1 i IC2.

Następnie zamontuj REG1 i REG2. Chociaż nie wydzielają one znacznych ilości ciepła, warto zamontować je z cienką warstwą pasty termoprzewodzącej między obudową a płytką drukowaną. Zacznij od zgięcia ich wyprowadzeń w dół pod kątem 90° tuż za końcem grubszej części, włóż je do odpowiednich pól lutowniczych, przymocuj obudowę za pomocą śruby i nakrętki, a następnie przylutuj i przytnij wyprowadzenia.

eprasa.pl 8b2d0f1415

Nie pomyl REG1 i REG2, ponieważ mają różne napięcia wyjściowe, choć są w takich samych obudowach.

Teraz przylutuj wszystkie kondensatory ceramiczne. Nie są one spolaryzowane, więc ich orientacja nie ma znaczenia. Wiele z nich ma pojemność 100 nF, ale występują też inne wartości, więc uważaj, aby ich nie pomylić. Następnie przylutuj kondensatory elektrolityczne, które są spolaryzowane. W każdym przypadku dłuższe wyprowadzenie należy włożyć do pola lutowniczego znajdującego się najbliżej symbolu „+” na płytce drukowanej.

Zamontuj gniazdo DC, upewniając się, że przed przylutowaniem jego wyprowadzeń jest ono całkowicie dociśnięte do płytki drukowanej. Następnie możesz przystąpić do wstępnego testowania. Podłącz napięcie 12 V DC i użyj multimetru cyfrowego ustawionego na pomiar napięcia stałego, aby sprawdzić linie zasilania +5 V, +9 V i –9 V.

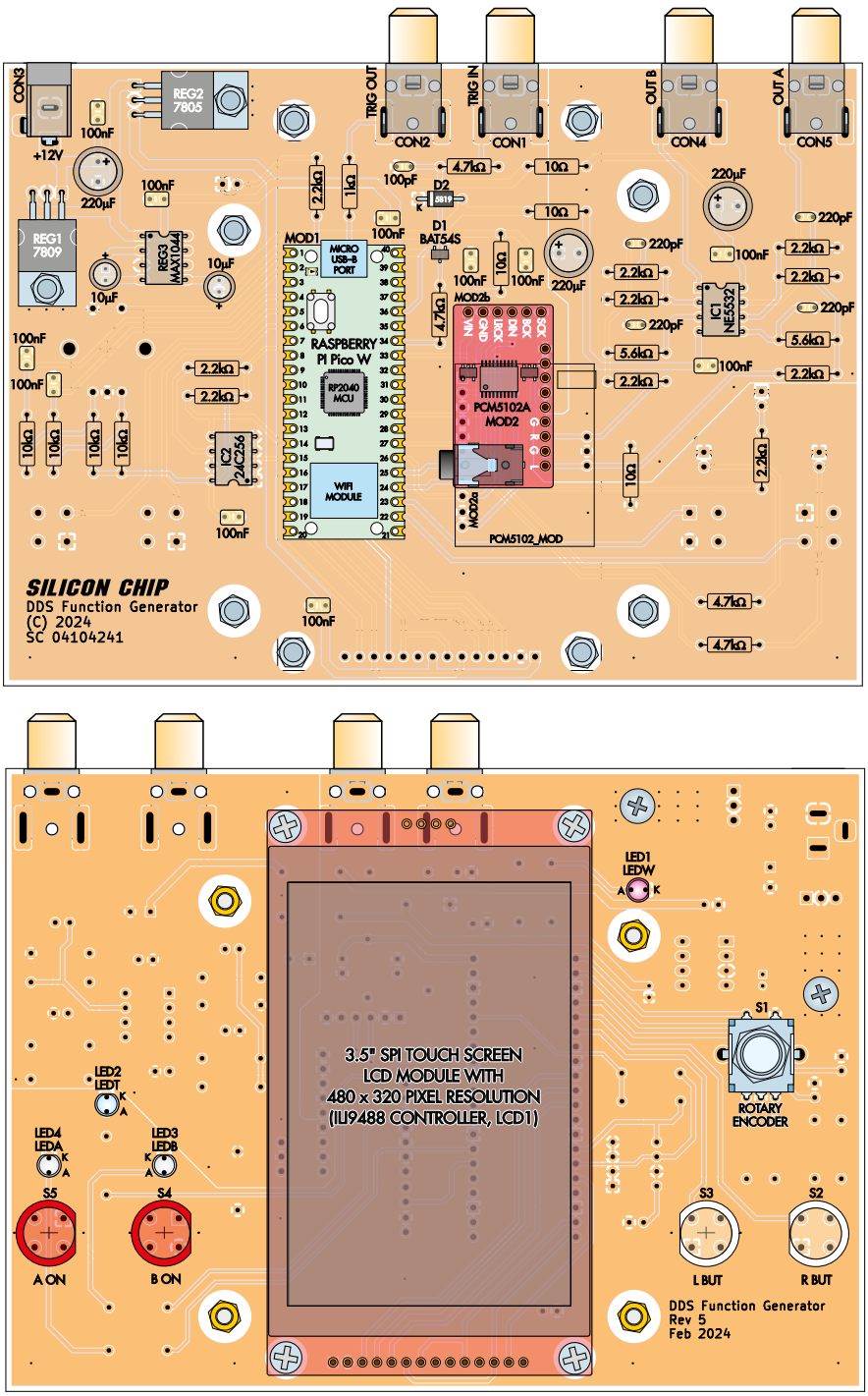
Jako wygodnego punktu odniesienia dla masy (biegun ujemny) można użyć radiatora stabilizatora 5 V i zmierzyć napięcie na wyprowadzeniu 40 modułu Raspberry Pi Pico (+5 V), wyprowadzeniu 8 układu IC1 (+9 V) oraz wyprowadzeniu 4 układu IC1 (–9 V). Każde z tych napięć nie powinno różnić się o więcej niż pół wolta od oczekiwanej wartości. Jeśli tak nie jest, należy wyłączyć zasilanie i sprawdzić, czy nie ma elementów nieprawidłowo zamontowanych, źle zorientowanych lub niewłaściwie przylutowanych.

Zakładając, że wszystko jest zamontowane prawidłowo, przylutuj lub podłącz układy IC1 i IC2, upewniając się, że w każdym przypadku wyprowadzenie 1 znajduje się we właściwym miejscu.

Następnie wlutuj podstawki dla modułów Raspberry Pi Pico W i PCM5102A. 20-pinowa podstawka dla modułu Raspberry Pi Pico W oraz 6-pinowa dla modułu DAC mogą być dostępne jako gotowe elementy. Jeśli nie, możesz je przyciąć z dłuższych podstawek. 9-pinową podstawkę dla modułu DAC prawdopodobnie trzeba będzie wyciąć z podstawki mającej co najmniej 10 pinów. Aby uzyskać czyste cięcie, przetnij podstawkę w połowie długości pinu.

Ostatnimi elementami, które należy zamontować na tej stronie płytki, są cztery złącza RCA. Przed przylutowaniem ich wyprowadzeń upewnij się, że są całkowicie dociśnięte do płytki.

Teraz przejdź do drugiej strony płytki drukowanej. Zamontuj przełączniki i enkoder po dolnej stronie płytki, jak pokazano na **rysunku 9**. Przełączniki muszą być ustawione płaskimi krawędziami w kierunku pokazanym na rysunku, w przeciwnym razie mogą nie działać. Diody LED i wyświetlacz LCD dodamy później.



Rysunki 8 i 9. Zamontuj elementy po obu stronach płytki drukowanej zgodnie z ilustracją. Najlepiej najpierw przylutować elementy po górnej stronie płytki (zaczynając od jedynego elementu SMD, a następnie elementów przewlekanych). Przełączniki, wyświetlacz LCD i tym podobne elementy zamontuj po dolnej stronie płytki dopiero po wlutowaniu i przetestowaniu wszystkich elementów po drugiej stronie

Programowanie modułu Raspberry Pi Pico W

Wgrywanie oprogramowania do modułu Raspberry Pi Pico W jest bardzo proste. Do wykonania tej czynności nie trzeba montować modułu na płytce drukowanej. Podłącz go do dowolnego komputera z systemem Windows, Linux lub macOS za pomocą odpowiedniego kabla USB. W systemie moduł pojawi się jako dysk wirtualny o nazwie „RPI-RP2”. Jeśli dysk wirtualny się nie pojawi, odłącz moduł Raspberry Pi Pico W i, przytrzymując biały przycisk BOOTSEL, podłącz go ponownie.

eprasa.pl 8b2d0f1415



Ekran 1. Generator funkcyjny udostępnia panel sterowania dostępny przez przeglądarkę internetową, który umożliwia zdalną obsługę urządzenia przez Wi-Fi

Skopiuj plik binarny 0410421A.uf2 (do pobrania na stronie siliconchip.au/Shop/6/398) na ten dysk za pomocą dowolnego menedżera plików. Moduł Raspberry Pi Pico automatycznie uruchomi się ponownie i rozpocznie wykonywanie wgranego kodu zaraz po zakończeniu przesyłania pliku.

Po zakończeniu programowania moduł Raspberry Pi Pico W uruchomi się ponownie, a dysk wirtualny zniknie z systemu – w tym momencie można odłączyć moduł.

Przesłanie tego pliku spowodowało w rzeczywistości wykonanie dwóch czynności: wgranie oprogramowania do modułu Raspberry Pi Pico W oraz plików służących do generowania interfejsu przeglądarkowego do zdalnego sterowania, przechowywanych w systemie plików „LittleFS”. Połączyliśmy je w jeden plik, aby maksymalnie ułatwić programowanie.

W pakiecie do pobrania, do którego link znajduje się powyżej, znajduje się plik o nazwie „Pico Production Programming.pdf”. W dokumencie tym wyjaśniono, jak można wgrać te pliki osobno, jeśli jesteś tym zainteresowany.

Dalsze testy

Główne funkcje generatora można teraz przetestować, podłączając zaprogramowany moduł Raspberry Pi Pico W oraz moduł PCM5102A, a następnie włączając zasilanie. Jeśli złącza nie są jeszcze zamontowane, należy je przylutować; podczas tej czynności jako uchwytu można użyć gniazd na głównej płytce drukowanej.

Naciśnięcie przełączników kanałów A i B powinno spowodować, że generator zacznie generować sinusoidę o częstotliwości 1 kHz i amplitudzie międzyszczytowej 1 V w kanale A oraz sinusoidę o częstotliwości 500 Hz i amplitudzie międzyszczytowej 1 V w kanale B. Oba sygnały nie powinny wykazywać znaczącej składowej stałej. Na wyjściu Trig Out powinien pojawić się również przebieg prostokątny o częstotliwości 1 kHz i napięciu 3,3 V.

Wyświetlacz LCD można teraz zamontować na 6-milimetrowych tulejach dystansowych. Chociaż w prototypie użyłem metalowych tulei dystansowych z gwintem, można również zastosować tuleje plastikowe lub bez gwintu wraz ze śrubami z łbem wpuszczanym o długości 12 mm i nakrętkami. Jeśli wyświetlacz LCD ma czteropinowe złącze umieszczone po stronie modułu, na której znajduje się gniazdo karty SD, należy odciąć piny równo z powierzchnią plastikowej listwy, aby zapobiec ich zahaczaniu o płytkę drukowaną i gniazda RCA.

Długość wyprowadzeń wyświetlacza LCD jest zaledwie wystarczająca, aby sięgały pól lutowniczych na płytce drukowanej, dlatego należy je przylutować po obu stronach płytki, co zapewni dobre połączenia.

Po włączeniu urządzenia na wyświetlaczu LCD powinien pojawić się ekran roboczy. Jeśli orientacja ekranu jest nieprawidłowa lub ekran reaguje na dotyk w sposób niestabilny, należy przeprowadzić jego kalibrację zgodnie z instrukcją zawartą w pliku PDF dołączonym do pakietu pobranego z Internetu. Powinno to rozwiązać wszelkie problemy związane z obrotem ekranu i kalibracją ekranu dotykowego.

Konfiguracja sieci Wi-Fi

W razie potrzeby poniższe czynności służące włączeniu funkcji Wi-Fi można wykonać później.

Edytuj dane logowania do sieci Wi-Fi za pomocą interfejsu dotykowego (patrz **ekrany 6** i **7**), a następnie naciśnij przycisk AC, aby włączyć Wi-Fi. Po nawiązaniu połączenia z siecią Wi-Fi czerwona dioda LED przestanie migać i zacznie świecić światłem ciągłym. Dane logowania do sieci Wi-Fi muszą zostać zapisane w pamięci EEPROM, dlatego nie wyłączaj urządzenia przez 30 sekund po zakończeniu konfiguracji.

Teraz można uzyskać dostęp do urządzenia za pomocą przeglądarki internetowej pod adresem http://dds.local

Jeśli oprogramowanie układowe i pliki zostały poprawnie załadowane, wyświetlacz powinien wyglądać tak, jak na **ekranie 1**, a wartości powinny po około sekundzie zostać zaktualizowane tak, aby odpowiadały wartościom na ekranie LCD. Jeśli tak się nie stanie, spróbuj wymusić ponowne załadowanie strony internetowej, przytrzymując klawisz Shift podczas odświeżania strony.

Poza opcjonalną kalibracją urządzenie powinno teraz działać bez zarzutu.

Przygotowanie obudowy

Główne wgłębienie na spodzie obudowy jest nieco większe niż to na górze, a miejsce wokół wyświetlacza LCD jest bardzo ograniczone. Dlatego obudowę montujemy odwróconą do góry nogami, tak aby cztery małe okrągłe wgłębienia obok zaokrąglonego prostokątnego wgłębienia znajdowały się na górze.

Na **rysunku 10** przedstawiono szczegóły dotyczące wiercenia otworów w obudowie. Rysunek ten jest również dostępny do pobrania w formacie PDF (siliconchip.au/Shop/11/400). Jeśli wydrukujesz ten dokument, wybierając opcję „rzeczywisty rozmiar” lub skalę 1:1 (a nie „zmniejsz” lub „dopasuj do strony”), możesz go użyć jako szablonu do wiercenia.

Ostrożnie przytnij szablony do odpowiednich wymiarów, ale nie wycinaj żadnych otworów. Połóż górny szablon na obudowie i zaznacz środki czterech diod LED, czterech przełączników, czterech otworów montażowych płytki drukowanej i otworu montażowego enkodera oraz narożniki wycięcia na wyświetlacz LCD. Następnie wywierć wszystkie otwory: o średnicy 3,5 mm dla diod LED i otworów montażowych płytki drukowanej oraz o średnicy 10 mm dla wszystkich pozostałych.

Następnie należy wykonać wycięcie na wyświetlacz LCD. Najłatwiejszym sposobem jest prawdopodobnie wywiercenie szeregu małych

eprasa.pl 8b2d0f1415

(około 3,5 mm) otworów wzdłuż wewnętrznej krawędzi obrysu, usunięcie środkowej części, a następnie wygładzenie krawędzi pilnikiem. Wycięcie na wyświetlacz LCD jest celowo o około milimetr większe z każdej strony niż rzeczywisty wyświetlacz, a naklejka zakryje wszelkie szczeliny.

Pogłęb cztery otwory montażowe płytki drukowanej tak, aby łby śrub były zlicowane z powierzchnią obudowy. Zamontuj płytkę drukowaną na próbę na tulejach dystansowych o wysokości 10 mm. W razie potrzeby rozwierć otwory na przełączniki w górnej części obudowy, aby zapobiec ich zacinaniu się.

Gdy pokrywa będzie już dobrze przylegać, pozostawiając niewielki luz wokół przełączników, enkodera i wyświetlacza LCD, pomaluj czarnym markerem permanentnym obszary wokół otworów i ich wnętrza dla przełączników i diod LED, a także krawędzie wycięcia na wyświetlacz LCD. Dzięki temu szare tworzywo sztuczne nie będzie widoczne przez otwory w naklejce.

Zamontuj płytkę drukowaną do górnej pokrywy na tulejach dystansowych o wysokości 10 mm. Jeśli śruby mocujące wyświetlacz LCD ocierają się o wewnętrzną powierzchnię pokrywy, wywierć w niej otwory przelotowe lub delikatnie pogłęb otwory na śruby w płytce drukowanej wyświetlacza LCD.

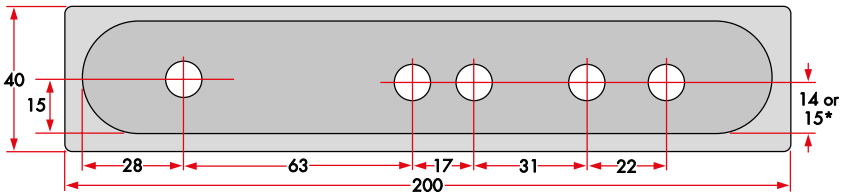
Sprawdź, jak diody LED przylegają do wewnętrznej powierzchni górnej części obudowy. Ich górne krawędzie powinny wystawać na około 1 mm. Jeśli diody LED nie wystają wystarczająco daleko, może być konieczne lekkie pogłębienie tylnych krawędzi otworów w górnej części obudowy.

Włóż diody LED, ale ich nie lutuj. Dwie białe diody LED należy umieścić nad przyciskami kanałów A i B, niebieską (trigger) nad nimi, a czerwoną (Wi-Fi) w pobliżu stabilizatora 5 V. Zamontuj płytkę drukowaną w górnej części obudowy i przylutuj diody LED, upewniając się, że płaskie powierzchnie ich obudów są skierowane tak, jak pokazano na rysunku 9.

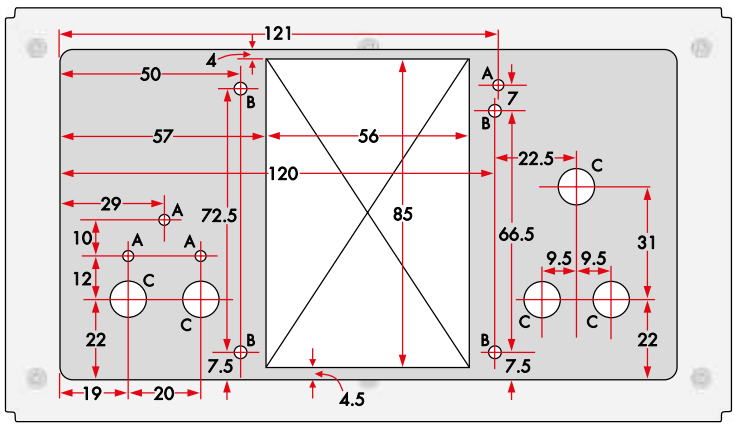
Jeśli wybierzesz diody LED w innych kolorach, może być konieczna zmiana wartości rezystorów ograniczających prąd, aby wyrównać ich jasność. Podczas prac nad układem rezystory 2,2 kΩ zapewniały odpowiednią jasność czerwonych i niebieskich diod LED, ale białe diody LED wymagały rezystorów o wartości 4,7 kΩ, aby zmniejszyć ich jasność i dopasować ją do pozostałych.

Wydrukuj i zalaminuj etykiety (**rysunek 11**), dostępne również do pobrania pod powyższym linkiem, upewniając się, że zostały wydrukowane w skali 1:1.





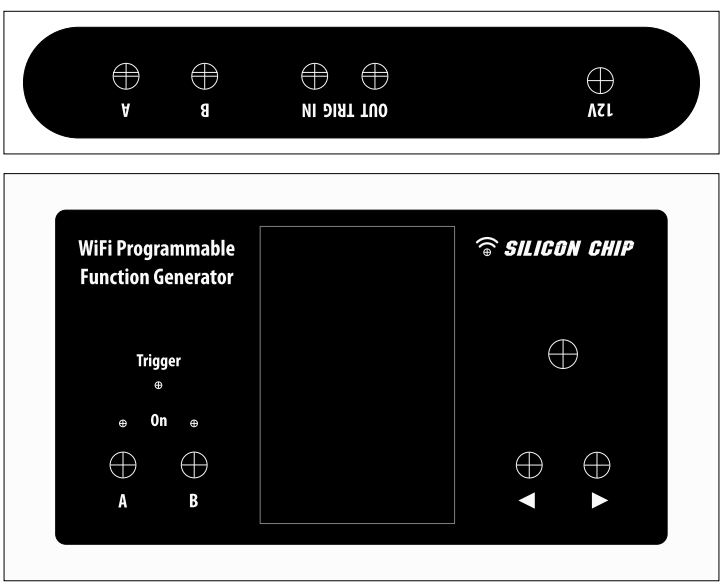
REAR PANEL DRILLING DETAILS (SHOWN HERE AT 50% OF FULL SIZE) ALL HOLES ARE 10mm DIAMETER



HOLES A: 3.0mm DIAMETER; HOLES B: 3.5mm DIAMETER; HOLES C: 10mm DIAMETER

CASE LID/FRONT PANEL DRILLING & CUTTING DETAILS (SHOWN HERE AT 50% OF FULL SIZE)

Rysunek 10. Obudowę można oznaczyć zgodnie z wymiarami podanymi na tym schemacie wiercenia lub wydrukować albo skopiować go w rzeczywistym rozmiarze i użyć jako szablonu, który można tymczasowo przymocować do obudowy. Jeśli używasz go jako szablonu, przed wierceniem nakłuj środki poszczególnych otworów lub wywierć w nich małe otwory, aby zaznaczyć ich położenie



Rysunek 11. Grafiki etykiet można pobrać z naszej strony internetowej, wydrukować w „rzeczywistym rozmiarze”, zalaminować, wyciąć i przykleić do obudowy

eprasa.pl 8b2d0f1415

Ostrożnie przytnij je wzdłuż zewnętrznych krawędzi do odpowiedniego rozmiaru.

W głównej naklejce wycinamy otwór na enkoder. Do tego zadania doskonale nadaje się wykrojnik o średnicy 10 mm. Otwory na diody LED można wyciąć za pomocą wykrojnika szczypcowego o średnicy 3 mm. Otwory na przełączniki wycinamy wykrojnikiem o średnicy 8 mm, aby pozostawić pewien luz na wypadek, gdyby przełączniki nie były idealnie wycentrowane. Jeśli nie masz wykrojników, możesz użyć ostrego noża modelarskiego.

Umieść naklejkę we właściwym miejscu i sprawdź, czy wszystkie otwory są wyrównane. W razie potrzeby skoryguj położenie otworów na przełączniki w naklejce, a następnie wybij lub wytnij otwory o średnicy 10 mm. Jeśli otwory na diody LED w naklejce są nieco przesunięte, nieznacznie powiększ otwory w górnej części obudowy. Naklejka zakryje wszelkie ślady.

Na koniec sprawdź wyrównanie wyświetlacza LCD, wyczuwając jego rogi przez naklejkę. Zaznacz rogi ekranu LCD na naklejce i usuń zbędny fragment ostrym nożem.

Powtórz tę procedurę dla tylnego panelu, pamiętając, że dokładna wysokość złączy RCA będzie się nieznacznie różnić w zależności od użytej wersji. Zaznacz wszystkie otwory na etykiecie i wywierć otwory o średnicy 3 mm na gniazdo zasilania oraz jedno z gniazd RCA.

Luźno załóż tylną część obudowy i umieść urządzenie na stole warsztatowym, a następnie przesuń panel złączy w górę do złączy RCA i sprawdź położenie otworów pozycjonujących. W razie potrzeby skoryguj ich położenie i rozwierć wszystkie pięć otworów do średnicy 10 mm, zapewniając odpowiedni prześwit dla obudów wtyków RCA i współosiowego wtyku zasilającego.

Umieść teraz przyciętą naklejkę w wycięciu na tylnym panelu. Przytrzymując urządzenie pod światło, powinieneś móc ustalić prawidłowe położenie otworów w naklejce. Wytnij otwory za pomocą wykrojnika o średnicy 10 mm.

Pomaluj otwory w panelu złączy oraz obszar wokół nich czarnym markerem, aby ukryć szare tworzywo sztuczne znajdujące się pod naklejką. Naklejki można teraz przymocować za pomocą cienkiej taśmy dwustronnej, a następnie zamontować pokrętło enkodera. Przyklej małe gumowe nóżki do spodu obudowy.

Jeśli korzystasz z opcjonalnej podstawki akrylowej, zmontuj ją i umieść generator na podstawce, upewniając się, że całość jest ustawiona prostopadle. Odwróć zestaw do góry nogami i nałóż niewielką kroplę superglue na każde połączenie. Przyklej gumowe nóżki w miejscach przecięcia elementów podstawki. W tym momencie urządzenie jest już gotowe.

Obsługa

Podstawowa obsługa generatora jest bardzo prosta: podłącz zasilanie do urządzenia i naciśnij przycisk włączania/wyłączania kanału, co spowoduje rozpoczęcie generowania wybranego przebiegu. Biała dioda LED sygnalizująca stan świeci się, gdy kanał jest aktywny.

Ustawienia można zmieniać, dotykając odpowiedniej wartości na ekranie i obracając pokrętło enkodera. Podświetloną cyfrę zmienia się za pomocą białych przycisków „number position” znajdujących się pod pokrętłem. Lewy przycisk przesuwa podświetlenie na bardziej znaczącą cyfrę, a prawy na mniej znaczącą.

Dostęp do ustawień kanałów A i B uzyskuje się przez dotknięcie litery A lub B u góry ekranu (**ekran 2**). Przycisk wybranego kanału jest podświetlony. Aby zmienić przebieg, należy dotknąć etykiety przebiegu u góry ekranu i wybrać żądaną funkcję z listy rozwijanej. Ze względu na wymagania obliczeniowe przebieg IMD jest dostępny wyłącznie w kanale A.

Możliwe jest ustawienie niektórych nieprawidłowych kombinacji parametrów, na przykład przebiegu sinusoidalnego o amplitudzie 10 V i składowej stałej +5 V. Błędne kombinacje parametrów są sygnalizowane na dole wyświetlacza LCD oraz w interfejsie przeglądarkowym. Jeśli dana kombinacja spowodowałaby przesterowanie urządzenia lub w inny sposób doprowadziła do powstania zniekształconego przebiegu, oprogramowanie zapewnia poprawność kombinacji ustawień.

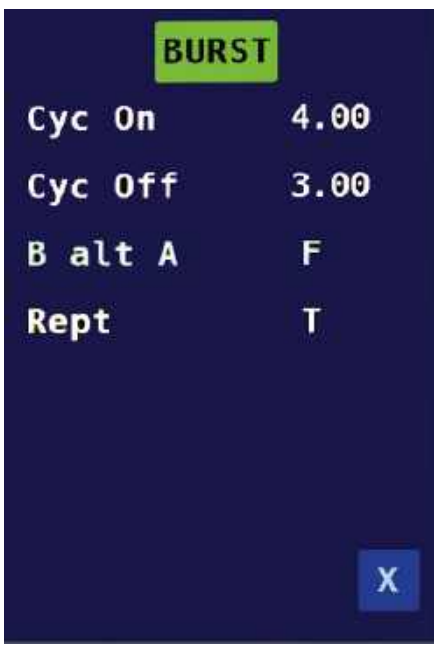
W powyższym przypadku amplituda przebiegu sinusoidalnego jest automatycznie



Ekran 2. Przykładowy widok wyświetlacza generatora funkcyjnego na dotykowym ekranie LCD o przekątnej 3,5 cala. Ekran ten służy do ustawiania parametrów wyjściowych przebiegu impulsowego

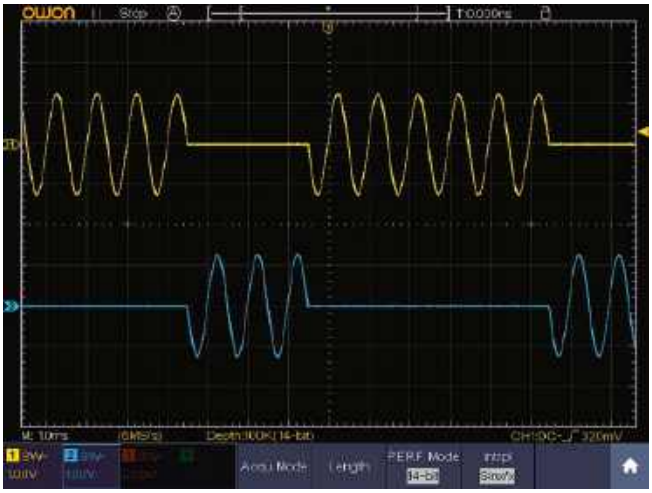


Ekran 3. Dostęp do menu przemiatania uzyskuje się za pomocą przycisku „Swp” na ekranie głównym



Ekran 4. Menu „Burst” pozwala skonfigurować kanał tak, aby sygnał był włączany i wyłączany w określonych odstępach czasu albo aby przełączał się między dwoma kanałami (ustawienie „B alt A”)

eprasa.pl 8b2d0f1415



Oscylogram 9. Gdy opcja „B alt A" jest włączona w trybie burst, sygnał przełącza się naprzemiennie między kanałami A i B. Poziomem spoczynkowym aktualnie nieaktywnego kanału jest wartość składowej stałej dla przebiegów sinusoidalnych lub V Low dla innych przebiegów



Oscylogram 10. Sygnał kanału A jest odwracany w kanale B (niebieska krzywa), gdy włączone jest sprzężenie, a przesunięcie fazy jest ustawione na wartość większą niż 0° dla przebiegów skokowych i impulsowych

zmniejszana, aby zapobiec przesterowaniu. Dalsze szczegóły dotyczące postępowania w przypadku nieprawidłowych kombinacji ustawień znajdują się w instrukcji obsługi w formacie PDF, dołączonej do pakietu oprogramowania do pobrania.

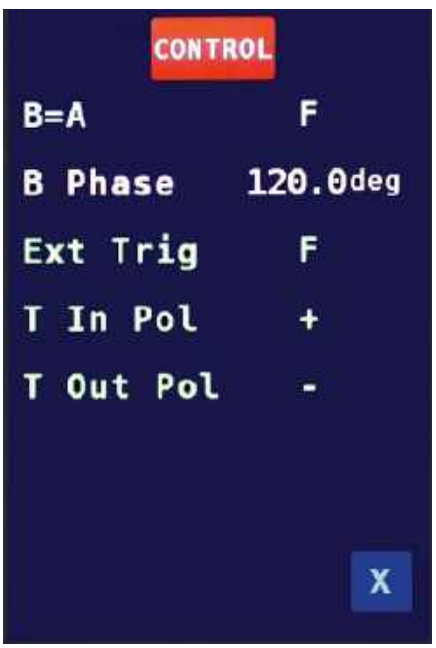
W dolnej części ekranu znajdują się przyciski poszczególnych pozycji podmenu pokazanych na **ekranach 3...7**.

W menu „Sweep" (Swp) (**ekran 3**) ustawienie wartości V/F/D określa, czy przemiatana będzie amplituda, częstotliwość czy współczynnik wypełnienia przebiegu kanału A. Następnie można ustawić początkową i końcową wartość parametru podlegającego przemiataniu.

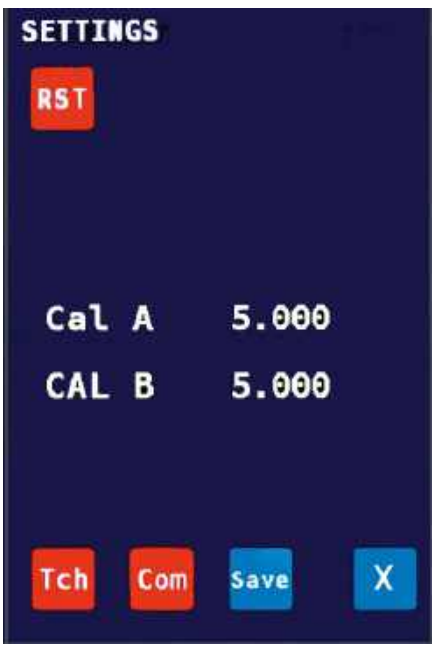
Przemiatanie może być jednorazowe lub powtarzane w sposób ciągły i może odbywać się w krokach liniowych lub logarytmicznych. Logarytmy można obliczać wyłącznie dla wartości dodatnich, dlatego w przypadku przemiatania logarytmicznego, gdy wartość początkowa jest ustawiona na zero lub wartość ujemną, stosowana jest wartość 0,01.

Dotknięcie przycisku „Sweep" u góry ekranu LCD lub naciśnięcie przycisku enkodera spowoduje uruchomienie sekwencji. Podobnie zadziała zewnętrzny impuls wyzwalający, o ile funkcja ta została włączona w menu sterowania. Parametry przemiatania są zapisywane oddzielnie dla każdego przebiegu i każdej kombinacji V/F/D. Przycisk „X" w prawym dolnym rogu powoduje wyjście z menu i powrót do ekranu przebiegu kanału A.

W przypadku przebiegów seryjnych („burst" – **ekran 4**) należy ustawić liczbę cykli, przez które sygnał kanału A ma być aktywny i nieaktywny. Naciśnięcie przycisku „Burst" u góry ekranu LCD lub naciśnięcie pokrętła enkodera spowoduje uruchomienie sekwencji. Możliwe jest generowanie



Ekran 5. Menu „Control" pozwala ustawić różnicę faz między kanałami, włączyć zewnętrzne wejście wyzwalające oraz ustawić polaryzację sygnałów wejściowych i wyjściowych wyzwalacza

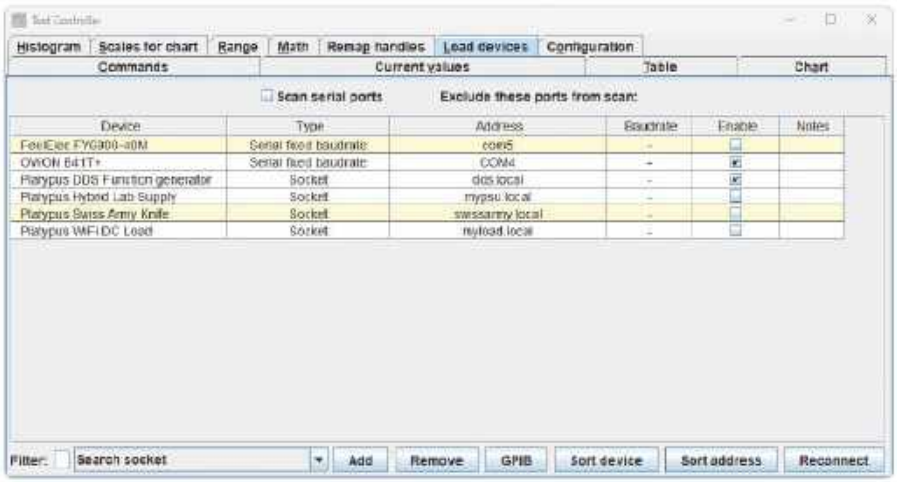


Ekran 6. Menu „Ustawienia" pozwala skalibrować poziomy wyjściowe oraz zapewnia dostęp do ekranów kalibracji ekranu dotykowego i ustawień Wi-Fi



Ekran 7. Dostęp do menu ustawień komunikacji („COMMS") uzyskuje się z menu ustawień, do którego można przejść, naciskając przycisk SET na ekranie głównym

eprasa.pl 8b2d0f1415



Ekran 8. Dodanie generatora funkcyjnego do oprogramowania TestController jest proste; należy wybrać urządzenie z listy rozwijanej i wprowadzić jego nazwę hosta

sekwencji jednorazowych lub powtarzanych w sposób ciągły.

Kanał B można również skonfigurować tak, aby działał na przemian z kanałem A. Po wybraniu funkcji „B alt A" kanał B wykorzystuje ustawienia przebiegu kanału A (**ekran 9**). To ustawienie ma pierwszeństwo przed ustawieniem B=A w menu Control.

Menu Con (Control) (**ekran 5**) służy do ustawiania sprzężenia sygnałów między kanałami B i A, fazy oraz funkcji wejścia i wyjścia wyzwalacza. W przypadku większości przebiegów wyjście kanału B można ustawić tak, aby odpowiadało wyjściu kanału A, korzystając z opcji B=A w menu Control.

W przypadku przebiegów sinusoidalnych, prostokątnych i trójkątnych można ustawić przesunięcie fazy w zakresie od 0 do 359,99°. W przypadku przebiegów skokowych i impulsowych każde ustawienie fazy powyżej 0° powoduje odwrócenie przebiegu w kanale B (**ekran 10**).

Menu „Set" (Ustawienia – **ekran 6**) umożliwia kalibrację napięcia wyjściowego i ekranu dotykowego, konfigurację ustawień komunikacyjnych oraz przywracanie ustawień fabrycznych.

Aby skonfigurować parametry sieci Wi-Fi, przejdź do podmenu „Com" (komunikacja – **ekran 7**). Zastąp „mySSID" i „myPass" danymi logowania do swojej sieci Wi-Fi, korzystając z klawiatury ekranowej, a następnie naciśnij przycisk AC, aby urządzenie automatycznie połączyło się z lokalną siecią Wi-Fi. Proces łączenia może potrwać kilka sekund, podczas których dioda LED Wi-Fi będzie migać.

Można zapisać wiele sieci Wi-Fi – instrukcje dotyczące tej czynności znajdują się w instrukcji obsługi w formacie PDF.



Gotowy generator funkcyjny DDS z obsługą Wi-Fi. Ekran dotykowy służy do wybierania funkcji, natomiast pokrętło i przyciski pozwalają ustawiać wartości oraz niezależnie włączać i wyłączać kanały

Wszystkie parametry są zapisywane w pamięci EEPROM w ciągu 30 sekund od ostatniej zmiany wartości. Czerwona dioda LED sieci Wi-Fi zmieni swój stan na dwie sekundy, sygnalizując zapisanie danych w pamięci EEPROM.

Sterowanie za pomocą przeglądarki internetowej

Po wprowadzeniu danych logowania do sieci Wi-Fi i włączeniu połączenia w podmenu „Com" urządzeniem można sterować za pomocą przeglądarki internetowej (ekran 1), korzystając z adresu http://dds.local. Oba kanały oraz menu „Control" i „Burst/Sweep" są wyświetlane na ekranie obok siebie.

Obsługa jest podobna do tej na ekranie LCD. Należy kliknąć wartość, którą chce się zmienić, a następnie obrócić wirtualne pokrętło. Przyciski opcji pod pokrętłem wskazują, która cyfra zostanie zmieniona. Parametry typu „true/false" lub „+/–" najlepiej zmieniać po zaznaczeniu przycisku opcji jednostek (po lewej stronie przecinka dziesiętnego).

Więcej informacji na temat interfejsu przeglądarkowego można znaleźć w instrukcji obsługi w formacie PDF.

Zdalne sterowanie SCPI

Prawie wszystkie ustawienia i funkcje można konfigurować i odczytywać za pomocą poleceń SCPI. Wyniki autotestu po włączeniu zasilania (POST) oraz ostatni komunikat o błędzie można również odczytać zdalnie przez interfejs szeregowy modułu Raspberry Pi Pico lub port TCP 5025, korzystając z adresu http://dds.local. Instrukcja obsługi zawiera szczegółowe objaśnienie poleceń SCPI, parametrów i wyników.

Korzystanie z programu takiego jak TestController (siliconchip.au/link/abev) umożliwia przeprowadzanie automatycznych i powtarzalnych testów przy użyciu jednego lub kilku zdalnie sterowanych przyrządów.

Chociaż bardziej szczegółowe instrukcje znajdują się w instrukcji obsługi, podłączenie generatora funkcyjnego do programu TestController jest bardzo proste: wystarczy skopiować dwa pliki z pakietu do pobrania i zarejestrować urządzenie w menu „Load Devices" programu TestController (**ekran 8**).

Aby zilustrować możliwości automatycznego testowania, zamieściłem skrypt służący do testowania charakterystyki częstotliwościowej przetwornika cyfrowo-analogowego (DAC) sterowanego przebiegiem sinusoidalnym (**listing 1**). Skrypt ten

eprasa.pl 8b2d0f1415

TestController sinewave frequency response script

```
; DDS to B41T multimeter and DSO
=var sVal=20       ; create a control variable
#log 4             ; log readings every 4 seconds
#while (sVal<70000)
PlatyDDS:::SINE:FREQ (sVal)
#hasLogged         ; wait for the log delay to expire
=sVal=(sVal*1.2)   ; exponential frequency increment
#endwhile
#log 0             ; stop logging
```

Listing 1. Skrypt TestController zwiększa częstotliwość wyjściową generatora w postępie geometrycznym od 20 Hz do 70 kHz, rejestrując jednocześnie poziomy wyjściowe za pomocą oddzielnych mierników

przechodzi przez zakres częstotliwości DDS przy stałym napięciu wyjściowym.

Po odczekaniu kilku sekund, aż wskazania ustabilizują się w każdym punkcie pomiarowym, skrypt odczytuje wartości z multimetru Owon B41T z obsługą Bluetooth oraz cyfrowego oscyloskopu XDS3000, zapisuje wartości częstotliwości i napięcia w tabeli wyników, a następnie przechodzi do kolejnej wartości.

Tabela odczytów została wyeksportowana do programu Excel w celu przeprowadzenia analizy, którą można również przeprowadzić w programie TestController. Wartości te wykorzystano do sporządzenia wykresu charakterystyki częstotliwościowej przedstawionego na rysunku 3, opublikowanego w poprzednim odcinku (po skorygowaniu wyników o charakterystykę częstotliwościową multimetru B41T).

Po każdej zmianie ustawień automatyczne testy były wykonywane w tle, co pozwoliło zaoszczędzić wiele godzin, które w przeciwnym razie trzeba byłoby poświęcić na ręczną regulację częstotliwości i zapisywanie wyników. Przy odrobinie dodatkowego wysiłku mógłbym skorzystać z funkcji matematycznych programu TestController w celu wykreślenia ostatecznej charakterystyki.

Więcej informacji na temat korzystania z programu TestController można znaleźć w moim artykule poświęconym temu oprogramowaniu, opublikowanym w czasopiśmie Silicon Chip w kwietniu 2023 roku (siliconchip.au/Article/15740)

Kalibracja

W stanie nieskalibrowanym napięcia wyjściowe urządzenia powinny charakteryzować się dokładnością w granicach 1%, przy czym ewentualny błąd wynika z tolerancji rezystorów we wzmacniaczu buforowym. Jeśli wymagana jest większa dokładność, należy ustawić oba kanały w trybie PULSE oraz ustawić wartości V High i V Low na 5,00 V. Co najmniej jedna z wartości czasu powinna być różna od zera.

Uruchom oba kanały i wejdź do menu ustawień na dotykowym ekranie LCD (ekran 6). Wprowadź napięcia zmierzone na wyprowadzeniach wyjściowych w odpowiednich polach, a następnie dotknij przycisku „Save” i ponownie włącz wyjście każdego kanału. Napięcia wyjściowe będą teraz odpowiadać nowym ustawieniom kalibracji. Odczekaj 30 sekund przed wyłączeniem urządzenia, aby mieć pewność, że ustawienia zostały trwale zapisane.

Wnioski

Zastosowanie modułów uprościło projektowanie i budowę urządzenia, które w przeciwnym razie mogłoby stanowić znacznie większe wyzwanie. Moduł PCM5102A pozwala uniknąć lutowania gęsto rozmieszczonych wyprowadzeń układu DAC i zapewnia optymalne rozmieszczenie elementów wokół głównego układu DAC.

Podobnie moduł Raspberry Pi Pico W jest niedrogi i wysoce funkcjonalny, obsługuje Wi-Fi i jest znacznie prostszy w programowaniu niż układ ESP32 stosowany we wcześniejszych urządzeniach tej serii.

Zastosowanie tych dwóch modułów pozwoliło niemal całkowicie uniknąć lutowania elementów montowanych powierzchniowo. Dzięki temu projekt może stać się dostępny dla osób, które nie mają łatwego dostępu do elementów SMD lub nie czują się pewnie podczas pracy z nimi.

Możliwość zdalnego sterowania zwiększa użyteczność urządzenia w sytuacjach, gdy dostęp do elementów sterujących na ekranie LCD jest utrudniony. Co ważne, umożliwia również połączenie urządzenia z innymi przyrządami pomiarowymi w celu przeprowadzania testów automatycznych.

Richard Palmer

Materiały dodatkowe dostępne są na stronie Silicon Chip:
https://www.siliconchip.com.au/Shop/8/6941

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

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

REKLAMA



eprasa.pl 8b2d0f1415

Nauka elektroniki z modułem ESP32, część 3

Wejścia i wyjścia analogowe

W poprzedniej części tego cyklu przedstawialiśmy wejścia i wyjścia cyfrowe. Pokazaliśmy, jak podłączyć przyciski i przełączniki, a także jak sterować obciążeniami takimi jak diody LED, przekaźniki i sygnalizatory dźwiękowe. Demonstrowaliśmy również użycie monitora szeregowego wbudowanego w środowisko Arduino IDE. W niniejszej trzeciej części wkroczymy w świat analogowy, przedstawiając przetwornik analogowo-cyfrowy (ADC) modułu ESP32. Projektem praktycznym będzie tester baterii alkalicznych 1,5 V.



Celem tego odcinka jest przekazanie czytelnikowi wiedzy z zakresu:
- konfigurowanie i obsługa prostych wejść/wyjść analogowych
- dołączanie czujników analogowych do systemu
- posługiwanie się systemami liczbowymi: dwójkowym, ósemkowym i szesnastkowym oraz kodem ASCII.

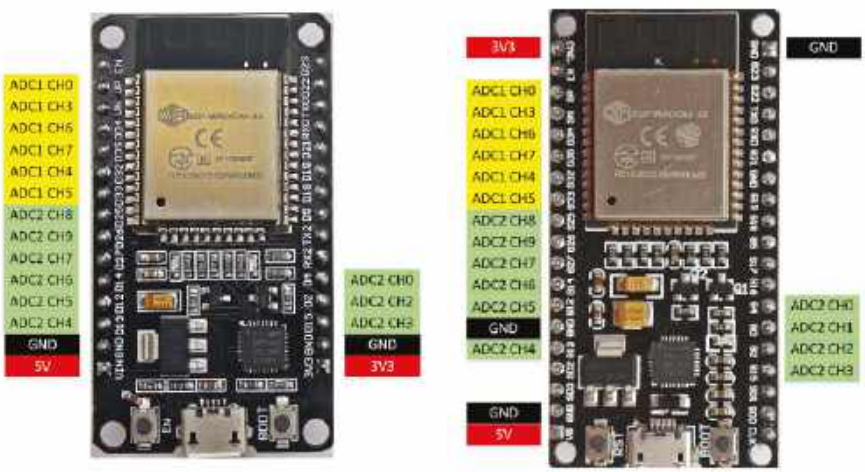
Nauka elektroniki

Jest to nasz nowy cykl edukacyjny, poświęcony wykorzystaniu popularnego modułu ESP32 do nauki podstaw elektroniki i programowania. Nie zakładamy u czytelnika żadnych wcześniejszych umiejętności programistycznych ani doświadczenia w elektronice. Jeśli znacie się na jednym, ale nie na drugim, to dobrze trafiliście, a jeśli w obu tych dziedzinach jesteście kompletnymi nowicjuszami, to też nie ma powodu do obaw, ponieważ cykl polega na stopniowym i praktycznym zdobywaniu wiedzy. Będzie mnóstwo czasu na jej poszerzanie i wiele okazji do wypróbowania nowych rzeczy.
Nie zamieszczamy zbyt wielu podstawowych informacji teoretycznych, ponieważ można je znaleźć w innych miejscach, między innymi w numerach „Practical Electronics", w odcinkach serii „Teach-In": https://bit.ly/pe-ti, https://bit.ly/pe-ti-bundle
W prezentowanym cyklu pojawią się projekty i zadania, które pomogą Wam lepiej zrozumieć poruszane tematy.

Wejścia analogowe ESP32

ESP32 zawiera dwa 12-bitowe przetworniki analogowo-cyfrowe (ADC), obsługujące łącznie 18 kanałów analogowych, jednak w danej wersji płytki rozwojowej nie wszystkie mogą być wyprowadzone. Na przykład płytka 30-pinowa, której używamy w większości naszych projektów praktycznych, dysponuje zaledwie sześcioma kanałami przetwornika ADC1 i dziewięcioma ADC2. Kolejnym ograniczeniem jest to, że ADC2 nie można używać podczas korzystania z Wi-Fi. Jeśli Wi-Fi nie potrzebujemy, nie stanowi to oczywiście problemu. W przeciwnym przypadku, gdy chcemy używać wielu kanałów analogowych, mamy kłopot. **Rysunek 3.1** przedstawia piny ADC na najpopularniejszych 30- i 36-pinowych płytkach ESP32.

Przetwornik analogowo-cyfrowy (ADC) w układzie ESP32 wykorzystuje metodę „kolejnych przybliżeń". Polega ona na tym, że analogowy sygnał wejściowy jest w komparatorze porównywany z sygnałem wyjściowym przetwornika cyfrowo-analogowego (DAC; **rysunek 3.2**). Sygnał cyfrowy na wejściu DAC-a (wartość 12-bitowa) pochodzi

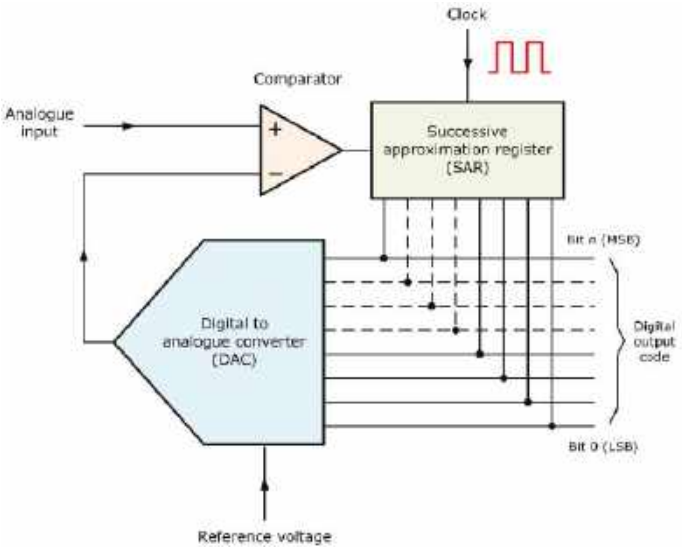


No jasne!

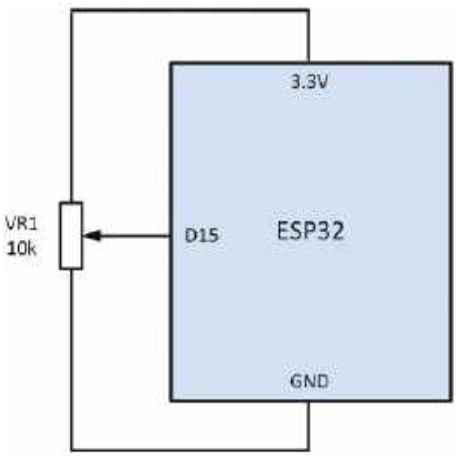
Mikrokontroler ESP32 dysponuje 18 kanałami analogowymi, ale na różnych wariantach płytek rozwojowych nie wszystkie z nich mogą być wyprowadzone.

Rysunek 3.1. Piny analogowe na dwóch popularnych płytkach rozwojowych ESP32 (po lewej 30-pinowa, po prawej 36-pinowa)

eprasa.pl 8b2d0f1415



Rysunek 3.2. Przetwornik analogowo-cyfrowy (ADC) wykorzystujący metodę kolejnych przybliżeń



Rysunek 3.3. Testowanie przetwornika ADC przy użyciu potencjometru

No jasne!

Przetwornik ADC2 nie może być używany podczas korzystania z Wi-Fi. W takim przypadku należy używać wyłącznie ADC1.

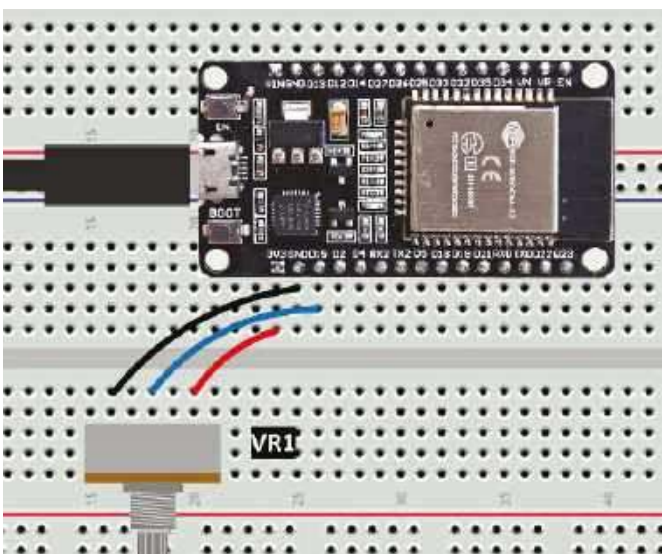
ze specjalnego rejestru *kolejnych przybliżeń* (SAR). W rejestrze tym tworzony jest ciąg wartości, które szybko przybliżają się do wartości odpowiadającej sygnałowi analogowemu. Cały proces kończy się, gdy dane w rejestrze SAR zostaną przez DAC przekształcone na taką wartość analogową, którą komparator uzna za identyczną z sygnałem wejściowym.

Odczyt napięć analogowych

W zeszłym odcinku do odczytywania cyfrowych pinów wejściowych modułu ESP32 używaliśmy funkcji `digitalRead()`. Wynikiem był stan `HIGH` lub `LOW`. Odpowiednikiem tej funkcji dla wejść analogowych jest `analogRead()`.

Jak można się spodziewać, funkcja `analogRead()` wymaga podania jako argumentu numeru pinu wejścia/wyjścia. Pamiętajmy, że pin przypisujemy zazwyczaj przed główną częścią programu, używając instrukcji w rodzaju:

```
int analogPin = 15;       // Napięcie wyjściowe czujnika
                          // jest na pinie 15
```



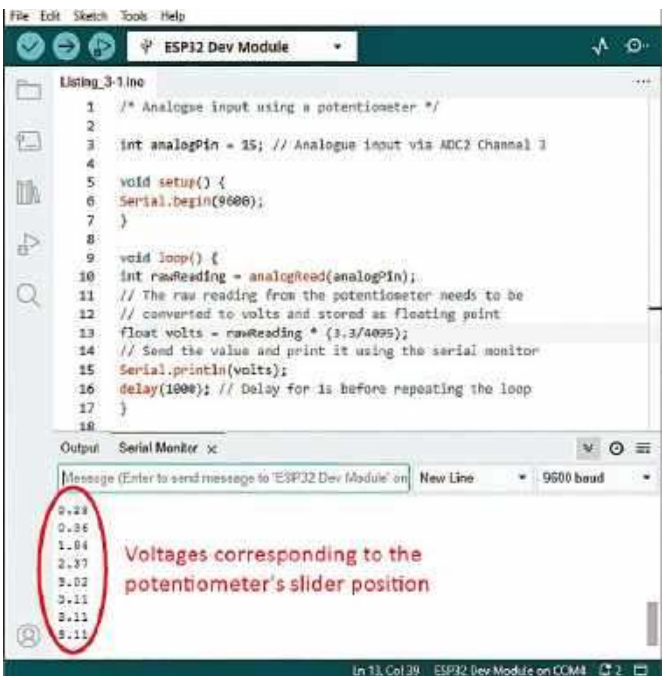
Rysunek 3.4. Połączenia układu z rysunku 3.3

W tym przypadku pin GPIO15 (na płytkach rozwojowych zwykle oznaczony „D15”) odpowiada kanałowi nr 3 przetwornika ADC2. W dalszej części programu będziemy potrzebować zmiennej, w której będzie zapisywana wartość analogowa odczytana z pinu 15. Możemy to zrobić za pomocą:

```
int rawReading = analogRead(analogPin); // Wartość z czujnika
```

Wynik zapisywany w zmiennej rawReading będzie 12-bitową wartością z przetwornika analogowo-cyfrowego (ADC). Może ona wynosić 0...4095. Wartość 4095 odpowiada pełnej skali przetwornika ADC, zależnej od ustawionego tłumienia sygnału wejściowego.

Przypis redaktora: Nominalne wewnętrzne napięcie odniesienia ADC układu ESP32 wynosi około 1,1 V, natomiast zakres napięcia

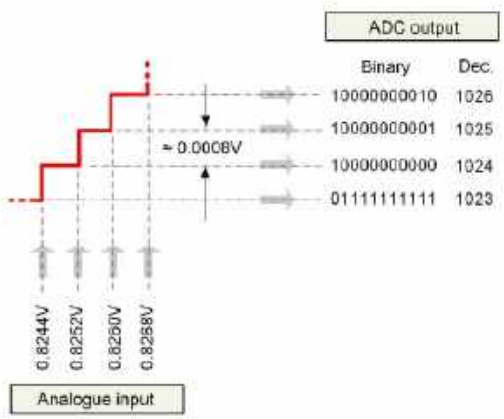


Rysunek 3.5. Przykładowe odczyty wejścia analogowego w monitorze szeregowym

eprasa.pl 8b2d0f1415

No jasne!

Przetworniki analogowo-cyfrowe w ESP32 wykazują na obu krańcach zakresu nieliniowość. Pamiętajmy, że napięcia wejściowe poniżej 0,1 V będą odczytywane jako 0, a napięcia powyżej 3,2 V – jako 3,2 V. W zakresie od 0,5 V do 2,5 V liniowość przetworników jest całkiem dobra.



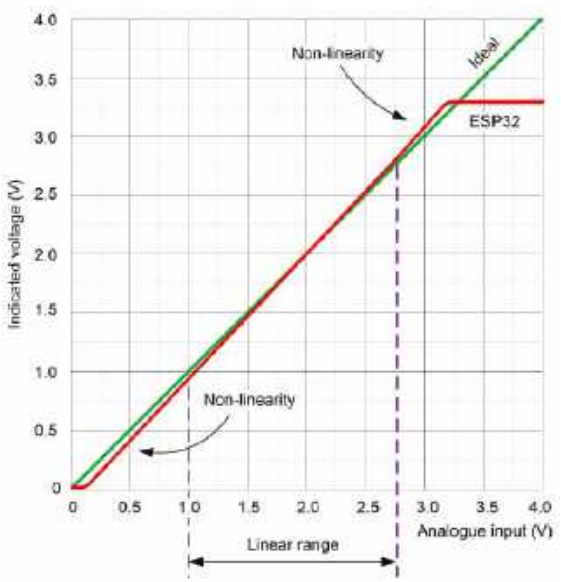
Rysunek 3.6. Definicja kroku przetwornika ADC w ESP32

No jasne!

Na analogowe piny wejściowe modułu ESP32 nie mogą być nigdy podawane napięcia spoza zakresu 0...3,3 V. Jeśli chcemy mierzyć wyższe napięcie, konieczne będzie użycie dzielnika napięcia. Ważne jest również, aby zapobiegać pojawieniu się na wejściu napięcia ujemnego, co w niektórych zastosowaniach może się zdarzyć.

mierzonego na wejściu jest rozszerzany przez wewnętrzny układ tłumienia. Z tego względu napięcia wejściowego nie należy utożsamiać bezpośrednio z napięciem odniesienia ADC.

W niektórych zastosowaniach może zaistnieć potrzeba przekształcenia 12-bitowej wartości z ADC na odpowiadającą jej wartość napięcia



Rysunek 3.7. Nieliniowość przetwornika ADC w ESP32. Można uznać, że w miarę liniowy jest zakres 1 V...2,75 V

Listing 3.1. Testowanie przetwornika ADC z potencjometrem

```
/* Wejście analogowe z potencjometru */

int analogPin = 15; // Wejście analogowe: ADC2, kanał 3

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  int rawReading = analogRead(analogPin);
  // odczyty potencjometru muszą być przeliczane
  // na wolty
  // i zapisywane jako liczby zmiennoprzecinkowe
  float volts = rawReading * (3.3/4095);
  // Wyślij wartość do monitora szeregowego
  Serial.println(volts);
  delay(1000);
  // Opóźnienie o 1 s przed powtórzeniem pętli
}
```

Listing 3.2. Użycie plotera szeregowego

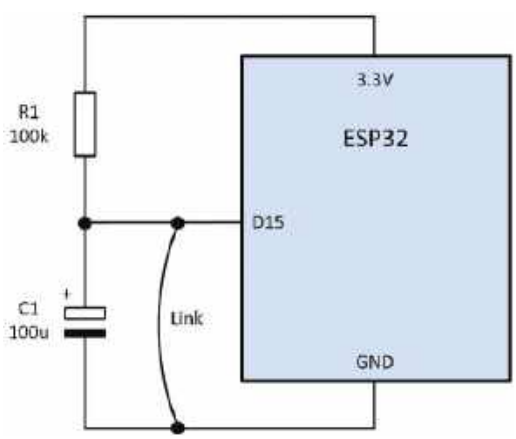
```
// Korzystanie z plotera szeregowego
void setup() {
    // zainicjuj komunikację szeregową z prędkością
    // 9600 bps
    Serial.begin(9600);
}

void loop() {
    // Wybierz kanał 3 przetwornika ADC2 (pin GPIO15)
    int gpioPin = 15;
    // Odczyt napięcia na D15
    int analogVolts = analogReadMilliVolts(gpioPin);
    // Wyświetl aktualne napięcie w mV
    Serial.printf("Wejście ADC = %d mV\n", analogVolts);
    // Odczekaj chwilę
    delay(1000);
}
```

w woltach. W tym celu należy dokonać konwersji wartości zwracanej przez ADC i zapisać ją w zmiennej typu float, tak jak poniżej:

```
float volts = rawReading * (3.3/4095);  // Konwersja na napięcie
```

Przypis redaktora: Przeliczenie z użyciem współczynnika 3,3/4095 należy traktować jako uproszczenie. W rzeczywistym układzie zależność między wynikiem przetwarzania a napięciem wejściowym zależy między innymi od ustawionego tłumienia wejścia ADC oraz charakterystyki przetwornika. W nowszych wersjach Arduino-ESP32 można również skorzystać z funkcji analogReadMilliVolts(), która zwraca wynik w miliwoltach.



Rysunek 3.8. Układ do zademonstrowania użycia plotera szeregowego

eprasa.pl 8b2d0f1415

Listing 3.3. Program testowy układu z fotorezystorem

```
/* Prosty układ analogowy z fotorezystorem */
int analogPin = 15;
// Użyjemy kanału 3 przetwornika ADC2

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

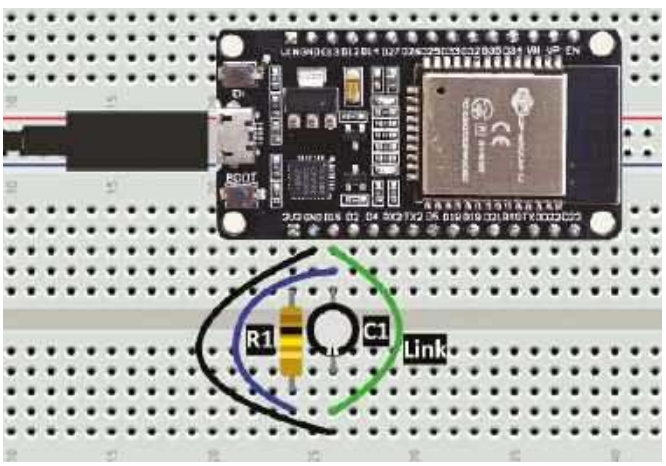
void loop() {
  // Odczytaj aktualną wartość z wejścia analogowego
  int ldrValue = analogRead(analogPin);
  Serial.println(ldrValue);
  delay(1000);
  // Powtarzaj w nieskończoność
}
```

Należy tu zwrócić uwagę na dwie rzeczy. Po pierwsze: musimy użyć typu float, ponieważ w przypadku napięcia nie mamy już do czynienia z wartościami całkowitymi. Po drugie: aby przeprowadzić konwersję wartości z ADC na odpowiadające jej napięcie w woltach, potrzebny jest współczynnik skalowania (3.3/4095).

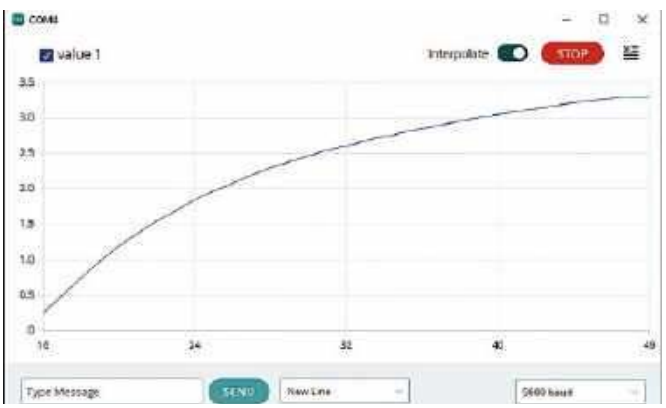
Warto to sprawdzić, podłączając zwykły potencjometr (najlepiej o rezystancji 10...20 kΩ) między napięcie 3,3 V a masę, z suwakiem dołączonym do danego wejścia ADC, jak pokazano na **rysunku 3.3**. Proponowany układ połączeń przedstawia **rysunek 3.4**.

Wpisujemy lub pobieramy z Internetu program z **listingu 3.1** (wszystkie programy użyte w tym odcinku można pobrać ze strony „Practical Electronics" z maja 2024 r. – https://bit.ly/pe-downloads).

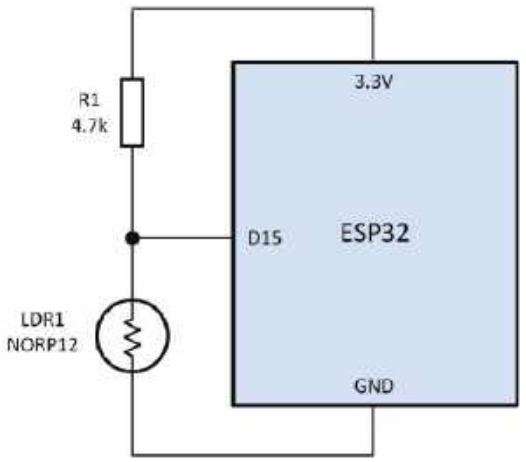
Przypis redaktora: Przykłady programów przygotowano dla starszej wersji pakietu Arduino-ESP32. W wersjach 3.x część funkcji obsługujących PWM i przetwornik ADC została zmieniona. W przypadku korzystania z nowszej wersji pakietu należy dostosować kod zgodnie z aktualną dokumentacją Arduino-ESP32.



Rysunek 3.9. Proponowane połączenia dla układu z rysunku 3.8



Rysunek 3.10. Wykres w ploterze szeregowym dla programu z listingu 3.2



Rysunek 3.11. Prosty sposób dołączenia fotorezystora

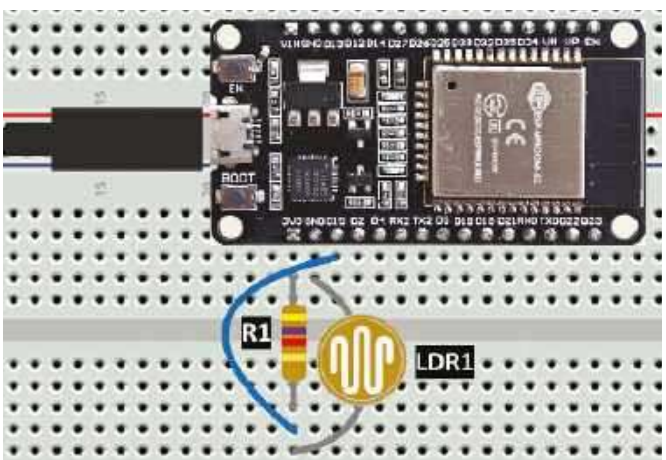
Po uruchomieniu programu i otwarciu monitora szeregowego co sekundę będzie wyświetlana bieżąca wartość napięcia na pinie 15. Jeśli będziecie kręcić wałkiem potencjometru w pełnym zakresie, zauważycie zmiany napięcia od 0 V w jednym skrajnym położeniu do 3,3 V w drugim. Przykładowe odczyty przedstawiono na **rysunku 3.5**.

Parametry przetwornika analogowo-cyfrowego w ESP32

Zanim przejdziemy do zastosowań praktycznych przetwornika analogowo-cyfrowego, warto wyjaśnić jego niektóre parametry i ograniczenia.

Rozdzielczość

Rozdzielczość przetwornika analogowo-cyfrowego (ADC) wynika z wielkości kroku przetwarzania. W ESP32 przetwarzanie jest domyślnie 12-bitowe, co daje 4096 różnych wartości. Zakres mierzonego napięcia, a tym samym wielkość kroku przetwarzania odniesiona do wejścia, zależy od ustawionego tłumienia sygnału wejściowego. Przedstawiono to na **rysunku 3.6**. Jeśli nie potrzeba nam pełnej rozdzielczości 12-bitowej, możemy funkcją `analogReadResolution()` wybrać inną rozdzielczość. Na przykład rozdzielczość 10-bitową (2^{10} = 1024 różne wartości) można wybrać wywołaniem `analogReadResolution(10)`.



Rysunek 3.12. Proponowane połączenia dla układu z rysunku 3.11

eprasa.pl 8b2d0f1415

Listing 3.4. Program automatycznego sterownika oświetlenia

```
/* Prosty analogowy sterownik oświetlenia z wyjściem
na przekaźnik.
Uwaga: interfejs przekaźnika jest aktywny w stanie
niskim, więc stan LOW na wyjściu załączy obciążenie,
a stan HIGH je wyłączy.
*/

int ldrPin = 15;   // Wejście analogowe: ADC2, kanał 3
int relayPin = 4;  // Wyjście cyfrowe na pinie GPIO 4
int thresholdValue = 2000;  // próg ciemności

void setup() {
   pinMode(relayPin, OUTPUT);
   // Ustaw wyjście sterujące przekaźnikiem
   digitalWrite(relayPin, HIGH);
   // Rozpocznij od stanu wyłączonego
}

void loop() {
   // Pobierz aktualne napięcie analogowe
   // z fotorezystora
   int ldrValue = analogRead(ldrPin);
   if (ldrValue < thresholdValue)
      digitalWrite(relayPin, HIGH);
   // Wystarczające natężenie światła,
   // więc wyłączamy przekaźnik
   else
      digitalWrite(relayPin, LOW);
   // Zbyt małe natężenie światła,
   // więc załączamy przekaźnik
   delay(1000);            // Opóźnienie 1 s
   // Powtarzamy w nieskończoność
}
```

Dokładność

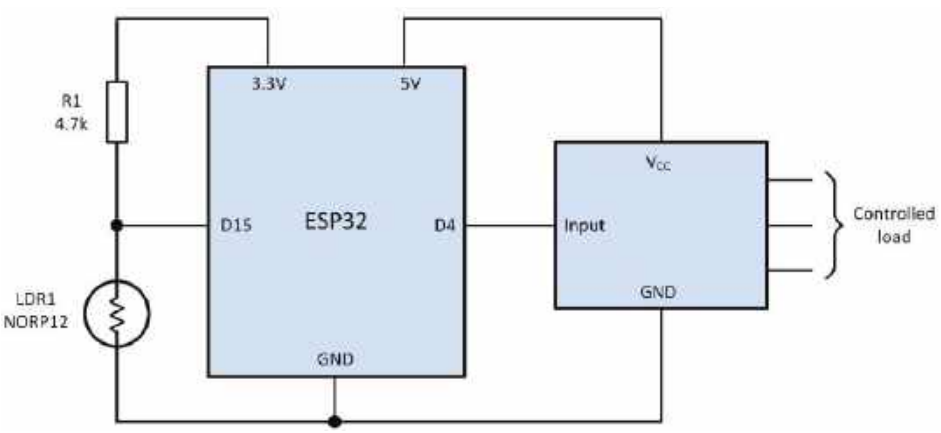
Dokładność przetwornika ADC zależy między innymi od dokładności jego napięcia odniesienia. W ESP32 nominalne napięcie odniesienia przetwornika ADC wynosi 1,1 V. Nie ma możliwości podłączenia dokładniejszego zewnętrznego źródła napięcia odniesienia.

Liniowość

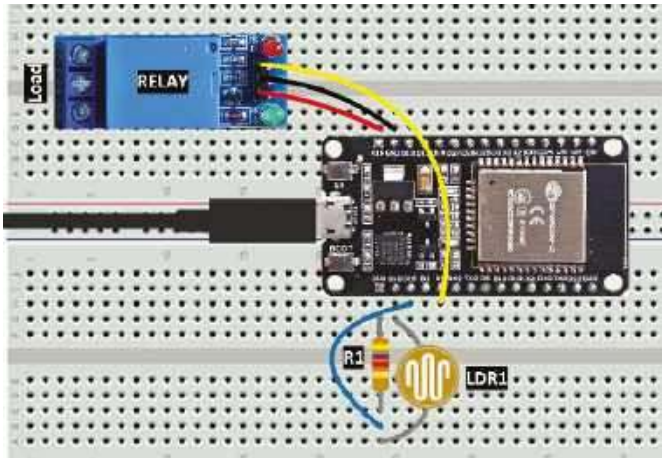
Idealny przetwornik analogowo-cyfrowy powinien być w pełni liniowy. Cechą przetworników rzeczywistych, a więc i tego w ESP32, jest jednak pewna nieliniowość, co pokazano na **rysunku 3.7**.

Zakres

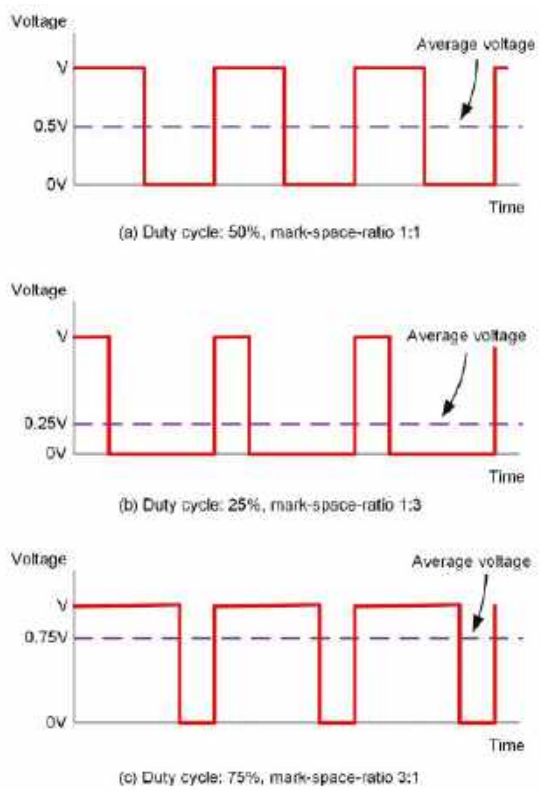
Zakres napięcia na wejściu analogowym ESP32 zależy od ustawionego tłumienia sygnału wejściowego. Napięcie na wejściu nie może przekraczać 3,3 V.



Rysunek 3.13. Układ automatycznego sterownika oświetlenia



Rysunek 3.14. Proponowane połączenia dla układu z rysunku 3.13



Rysunek 3.15. Zasada działania wyjścia analogowego z modulacją PWM

Poznajemy Serial Plotter

W poprzednich częściach naszego cyklu korzystaliśmy z monitora szeregowego wbudowanego w środowisko IDE. Istnieje jeszcze jedno przydatne narzędzie, o którym warto wiedzieć. Jest to „Serial Plotter" (ploter szeregowy), który umożliwia w przejrzysty sposób wizualizację danych zmieniających się w czasie. Pokażemy w ploterze szeregowym, jak wzrasta napięcie na kondensatorze w trakcie jego ładowania. Program przedstawiono w **listingu 3.2**, schemat na **rysunku 3.8**, a układ połączeń na **rysunku 3.9**. Przed każdym

eprasa.pl 8b2d0f1415

uruchomieniem programu należy kondensator rozładować, wkładając zworkę (rysunek 3.8).

Po skompilowaniu i wgraniu kodu źródłowego z listingu 3.2, z paska menu środowiska IDE wybieramy opcję „Tools", a następnie „Serial Plotter". Następnie usuwamy zworę, w wyniku czego kondensator zacznie się ładować. Na wyświetlaczu plotera szeregowego powinien pojawić się wykres podobny do tego z **rysunku 3.10**. Gdy kondensator się w pełni naładuje (czyli gdy napięcie na pinie D15 ustabilizuje się na poziomie 3,3 V), wkładamy zworę z powrotem. Zmieniamy wartości C1 i R1 (wypróbujcie na przykład 10 µF, 47 µF i 220 µF) i pomiar powtarzamy. Zwróćcie uwagę, jak wartości tych elementów wpływają na szybkość ładowania. Obwody RC są w elektronice powszechnie stosowane. Przekonamy się o tym nieco później, gdy będziemy przeprowadzać uśrednianie napięcia w pewnym przedziale czasu.

Dołączanie czujników analogowych

Wejścia analogowe modułu ESP32 umożliwiają dołączenie wielu prostych i tanich czujników analogowych. Jako przykład pokażemy, jak mierzyć poziom oświetlenia otoczenia z użyciem fotorezystora (LDR).

Na przykładzie fotorezystora pokażemy, że dołączanie czujników analogowych do ESP32 jest zazwyczaj bardzo proste. Większość fotorezystorów charakteryzuje się rezystancją w całkowitej ciemności rzędu kilku megaomów, która stopniowo spada do kilkuset omów przy jasnym świetle słonecznym. Ponieważ ESP32 nie może bezpośrednio mierzyć rezystancji, zmiana rezystancji musi zostać przekształcona na odpowiednią zmianę napięcia. Można to łatwo zapewnić, dołączając rezystor szeregowy, który dostarczy do fotorezystora prąd. Spadek napięcia na fotorezystorze będzie wtedy odwrotnie proporcjonalny do natężenia padającego światła. Napięcie to można doprowadzić do wejścia analogowego ESP32 i mierzyć.

Prosty układ wykrywania światła przedstawiono na **rysunku 3.11**. R1 i LDR1 tworzą dzielnik napięcia zasilania 3,3 V. Zmierzony poziom oświetlenia można wyświetlać w monitorze szeregowym, korzystając z programu przedstawionego w listingu 3.3. Ponownie wykorzystaliśmy kanał 3 przetwornika ADC2 (pin wejścia/wyjścia D15). Układ połączeń pokazuje **rysunek 3.12**.

Kiedy uruchomicie program z **listingu 3.3**, zobaczycie wartości, które będą maleć wraz ze wzrostem natężenia padającego światła. Nasze odczyty wahały się od zaledwie 200 w silnym świetle słonecznym do 4095 w całkowitej ciemności. Średni poziom oświetlenia w pomieszczeniu dawał wartość około 2200.

Sprawdź sam!

Widzimy, jak łatwo jest mierzyć natężenie światła tanim fotorezystorem. Warto pokazać, w jaki sposób element ten może stanowić podstawę prostego automatycznego sterownika oświetlenia. **Rysunek 3.13** przedstawia schemat takiego sterownika. Wyjście cyfrowe z ESP32 (pin D4) jest dołączone do interfejsu przekaźnika (patrz poprzedni odcinek). Przekaźnik jest aktywowany poziomem niskim (LOW) pinu D4. Przykładowy układ połączeń przedstawiono na **rysunku 3.14**. Zauważmy, że przekaźnik pobiera zasilanie z pinu +5 V/V_{IN} modułu, a nie z +3,3 V.

Program automatycznego sterownika oświetlenia przedstawiono w **listingu 3.4**. Kod został obszernie opatrzony komentarzami i powinien być dość zrozumiały. Zwróćmy uwagę, że próg przełączania ustawiono na 2000. Jest to wartość przyjęta arbitralnie i w zależności od potrzeb można ją zmienić.

Wyjście analogowe ESP32

Po omówieniu wejść analogowych nadszedł czas na wyjścia analogowe. ESP32 ma dwa 8-bitowe przetworniki cyfrowo-analogowe (DAC), dostępne na pinach GPIO25 i GPIO26. Napięcie o charakterze analogowym można jednak uzyskać także metodą znaną jako modulacja szerokości impulsu (PWM). Funkcja `analogWrite()` służy do wytwarzania prostokątnego przebiegu impulsowego, a nie ciągłego napięcia analogowego. Cała koncepcja może być niełatwa do zrozumienia, więc poświęcimy trochę czasu na jej objaśnienie.

Rysunek 3.15 przedstawia trzy różne przebiegi prostokątne. W dowolnej chwili stan każdego przebiegu może być tylko wysoki (`HIGH`) albo niski (`LOW`).

Przebieg na rysunku 3.15a jest przebiegiem symetrycznym i ma stan `HIGH` przez 50% czasu, a `LOW` przez pozostałe 50%. Odpowiada to stosunkowi czasu trwania stanu wysokiego do czasu trwania stanu niskiego 1:1 i *współczynnikowi wypełnienia* 50%.

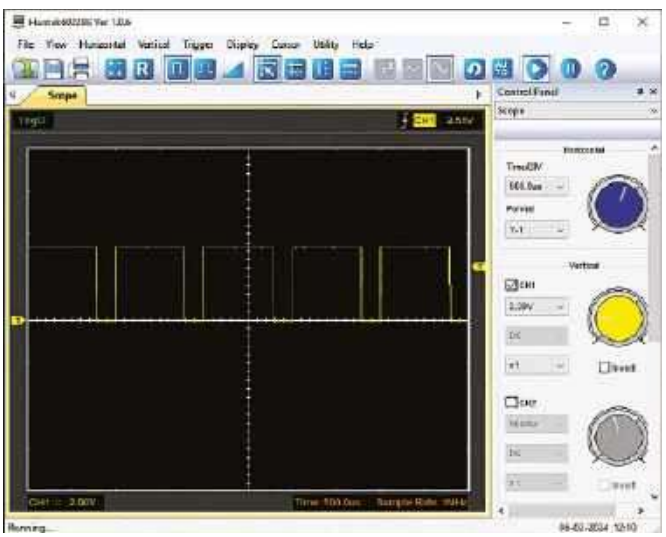
Przebieg na rysunku 3.15b ma poziom wysoki przez 25% czasu, a poziom niski przez pozostałe 75%. Stosunek czasu trwania poziomu wysokiego do czasu trwania poziomu niskiego wynosi 1:3. Czas trwania poziomu wysokiego to jedna czwarta okresu, wypełnienie wynosi zatem 25%.

Przebieg na rysunku 3.15c jest w stanie `HIGH` przez 75% czasu, a w stanie `LOW` przez pozostałe 25%. Stosunek czasu trwania stanu wysokiego do czasu trwania stanu niskiego wynosi 3:1. Czas trwania stanu `HIGH` stanowi trzy czwarte okresu, a współczynnik wypełnienia wynosi 75%.

Spójrzmy teraz na te trzy przebiegi i zwróćmy uwagę, jak w zależności od współczynnika wypełnienia zmienia się średnia wartość napięcia. Na rysunku 3.15a średnia wynosi 0,5 V (V to wartość maksymalna). Średnie dla przebiegów 3.15b i 3.15c to odpowiednio 0,25 V i 0,75 V. Zmieniając współczynnik wypełnienia przebiegu, zmieniamy zatem wartość średnią jego napięcia.

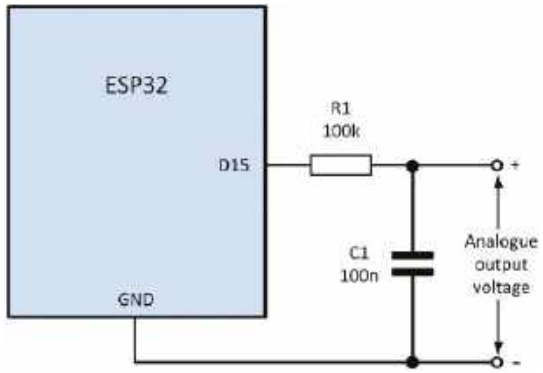
W funkcji `analogWrite()` pierwszym z dwóch parametrów jest numer pinu wejścia/wyjścia. Drugi parametr dotyczy współczynnika wypełnienia przebiegu i może przyjmować wartości od 0 do 255, co odpowiada wypełnieniu od 0 do 100%. Aby na przykład wygenerować na wyjściu D15 przebieg o wypełnieniu 50%, użylibyśmy następujących wierszy programu:

```
int outPin = 15;  // pin wyjściowy PWM
```



Rysunek 3.16. Oscylogram przebiegu PWM

eprasa.pl 8b2d0f1415



Rysunek 3.17. Wygładzenie przebiegu wyjściowego filtrem dolnoprzepustowym

oraz

```
analogWrite(outPin, 128);  // Wartość średnia wyjścia = 1,65 V
```

Zauważmy, że 1,65 V to 50% napięcia 3,3 V.

W kolejnym przykładzie załóżmy, że musimy uzyskać napięcie wyjściowe o wartości średniej 2,64 V. Wartość parametru wypełnienia możemy obliczyć jako (2,64/3,3)·255 = 204, więc wymagany zapis to:

```
analogWrite(outPin, 204);  // Wyjście 2,64 V
```

Rysunek 3.16 przedstawia przebieg wyjściowy wytwarzany po wykonaniu tej funkcji. Podkreślmy, że w efekcie otrzymujemy impulsowy przebieg wyjściowy, a nie prawdziwy sygnał analogowy w postaci napięcia stałego.

Funkcji można zadać niestandardowy zakres współczynnika wypełnienia. Jeśli potrzebujemy rozdzielczości 10-bitowej, a nie 8-bitowej, użyjemy zapisu:

```
analogWrite(outPin, 511, 1023); // Wyjście 1,65 V
```

Przypis redaktora: Sposób ustawiania rozdzielczości i parametrów PWM zależy od wersji pakietu Arduino-ESP32. W nowszych wersjach rdzenia składnia funkcji obsługujących PWM uległa zmianie; przed uruchomieniem przykładu należy sprawdzić dokumentację używanej wersji.

Domyślna częstotliwość PWM kanałów analogowych wynosi 5 kHz, ale w razie potrzeby można ją zmienić. Aby częstotliwość tę przestawić na 10 kHz, można użyć następującego wywołania:

```
analogWriteFrequency(10000);
```

Listing 3.5. Program generujący napięcie schodkowe

```
/* Prosta aplikacja do wytwarzania sygnału schodkowego
przy domyślnym ustawieniu PWM (5 kHz) */

int outPin = 15;  // Używamy GPIO15

void setup() {
}

void loop() {
    for (int krok = 0; krok < 10; krok++) {
        analogWrite(outPin, krok * 25);
        delay(2000);
        // 2 s opóźnienia między kolejnymi schodkami
    }
}
```

Wytwarzanie przebiegów okresowych

Przejdźmy teraz do wytwarzania nie stałej wartości, lecz zmieniającego się przebiegu. Jest to nieco trudniejsze, ponieważ będziemy musieli zaprogramować wytwarzanie przebiegu w powtarzającej się pętli, w której na wyjście PWM są podawane kolejne wartości składające się na okres.

Przykład programu do wytwarzania przebiegu schodkowego przedstawia **listing 3.5**. Jeśli wprowadzicie i uruchomicie ten program, a następnie dołączycie woltomierz napięcia stałego między pin 15 a masę, powinniście zaobserwować ciąg napięć, które rosną skokowo od zera do około 2,9 V w krokach po około 0,32 V. Jest to prosty, zmieniający się powoli przebieg schodkowy.

Być może zastanawiacie się teraz, czy jest możliwe wytworzenie fali sinusoidalnej. W takim razie przyjrzyjmy się dwóm sposobom uzyskania takiego przebiegu. Po pierwsze, można użyć tak zwanej tablicy przeglądowej (ang. „look-up table"; LUT). Po drugie, można obliczać wartości sinusa, korzystając z biblioteki funkcji matematycznych.

Program z **listingu 3.6** wytwarza falę sinusoidalną o amplitudzie międzyszczytowej około 2 V i częstotliwości 10 Hz. Na jakość przebiegu wyjściowego korzystnie wpłynie dodanie prostego filtra dolnoprzepustowego RC z **rysunku 3.17** (R1 i C1). Filtr wygładzi przebieg wyjściowy i poprawi jego kształt. Przypis redaktora: bez tego filtra przebieg nie będzie niczym innym jak dwustanowym sygnałem cyfrowym, tyle że jego wartość średnia będzie miała kształt sinusoidy 10 Hz. Dopiero filtr uczyni z tego sygnału gładki przebieg analogowy. Częstotliwość można zmienić, modyfikując argument funkcji `delay()`. Zmiana tego argumentu w zakresie 1...20 spowoduje zmianę częstotliwości odpowiednio od 31 Hz do 1,6 Hz. Wygenerowany przebieg przedstawiono na **rysunku 3.18**.

Inny sposób wytwarzania fali sinusoidalnej wykorzystuje wbudowaną bibliotekę matematyczną. Wartości sinusoidy nie są pobierane z tabeli, lecz obliczane na bieżąco. Jak to jest robione, pokazuje **listing 3.7**. Częstotliwość przebiegu sinusoidalnego jest znów określona przez parametr funkcji `delay()`. Wygenerowany przebieg przedstawia **rysunek 3.19**.

Funkcje tone() i noTone()

ESP32 może wytwarzać sygnał prostokątny o zadanej częstotliwości. Do tego celu służy funkcja `tone()`, stanowiąca rozwiązanie proste i praktyczne. Przykładowy program z **listingu 3.8**

Listing 3.6. Program do wytwarzania przebiegu sinusoidalnego z użyciem tablicy przeglądowej

```
/* Generator sinusoidalny małej częstotliwości.
Program wykorzystuje domyślne ustawienia PWM. */

int outPin = 15;  // Używamy GPIO15
// Tablica wartości fali sinusoidalnej:
const uint8_t sineLUT[] = {
    128, 152, 176, 198, 218, 234, 245, 253,
    255, 253, 245, 234, 218, 198, 176, 152,
    128, 103, 79, 57, 37, 21, 10, 2,
    0, 2, 10, 21, 37, 57, 79, 103
};

void setup() {
}

void loop() {
    for (int krok = 0; krok < 32; krok++) {
        analogWrite(outPin, sineLUT[krok]);
        delay(3);  // Opóźnienie wyznacza częstotliwość
    }
}
```


eprasa.pl 8b2d0f1415

Listing 3.7. Program do wytwarzania przebiegu sinusoidalnego przy użyciu biblioteki funkcji matematycznych

```
/* Generator sinusoidalny małej częstotliwości
z wykorzystaniem biblioteki matematycznej. */

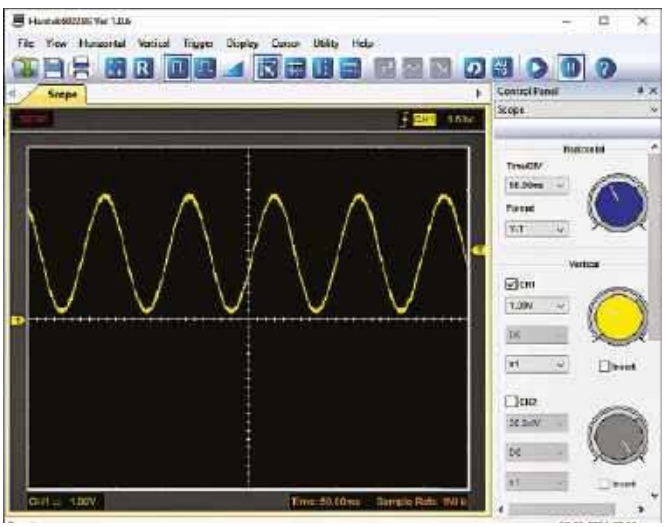
int outPin = 15;  // Używamy GPIO15
int poziom;

void setup() {
}

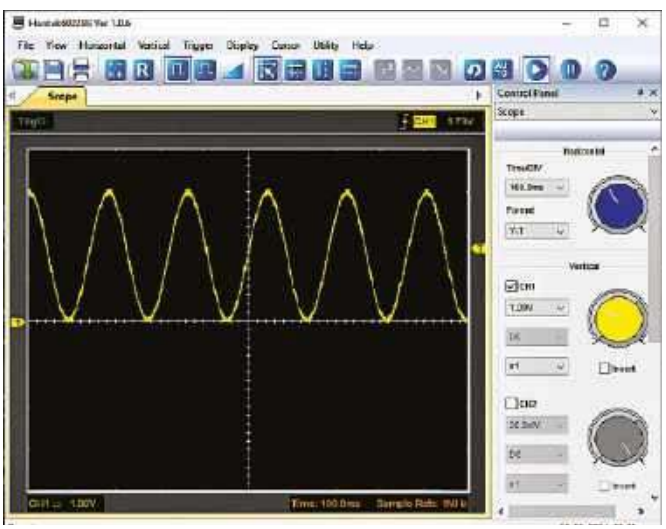
void loop() {
    for (int krok = 0; krok < 36; krok++) {
        poziom = 128 + (127 * sin(krok * 10 * (6.28 / 360)));
        analogWrite(outPin, poziom);
        delay(5);  // Opóźnienie wyznacza częstotliwość
    }
}
```

No jasne!

Jeśli w celu wyłączenia sygnału dźwiękowego chcemy skorzystać z funkcji `notone()`, należy pamiętać, aby w nazwie wpisać dużą literę „T”. Funkcji o nazwie `notone()` zwyczajnie nie ma!



Rysunek 3.18. Sygnał sinusoidalny na wyjściu wytworzony przez program z listingu 3.6



Rysunek 3.19. Sygnał sinusoidalny wytworzony przez program z listingu 3.7

generuje sygnał alarmowy składający się z trwających jedną sekundę i powtarzanych co 2 sekundy sygnałów o częstotliwości 1 kHz. Wystarczy między pin 15 a masę dołączyć przetwornik dźwiękowy.

Generowanie poziomów TTL

Może zaistnieć potrzeba wytworzenia przebiegu prostokątnego dobrej jakości o poziomach TTL (logika 5 V). Realizujemy to przez dodanie zewnętrznego stopnia buforującego (oddzielającego) z tranzystorem, jak pokazano na **rysunku 3.20**. Wygenerowany prostokątny sygnał TTL przedstawiono na **rysunku 3.21**. Został użyty program z **listingu 3.8**.

Regulacja jasności diody LED

Kolejnym ważnym zastosowaniem modulacji PWM jest regulacja jasności diody LED. Można to łatwo osiągnąć poprzez doprowadzenie do diody LED impulsów o zmiennym współczynniku wypełnienia. Moduł ESP32 udostępnia do tego celu kilka funkcji, między innymi `ledcSetup()`, `ledcAttachPin()` i `ledcWrite()`. Sterowanie diodą realizuje program z **listingu 3.9**.

Przypis redaktora: Listing wykorzystuje interfejs LEDC stosowany w starszych wersjach Arduino-ESP32. W Arduino-ESP32 3.x API obsługi PWM zostało zmienione, dlatego podczas kompilacji z nowszym pakietem może być konieczne dostosowanie wywołań funkcji.

Co do samej regulacji jasności diody LED jest ona jednym z najczęstszych zastosowań modulacji PWM. Nie jest przy tym wymagany żaden filtr. Przy zastosowanej częstotliwości PWM oko nie rozróżnia poszczególnych impulsów, a zmianę współczynnika wypełnienia odbieramy jako zmianę jasności diody LED.

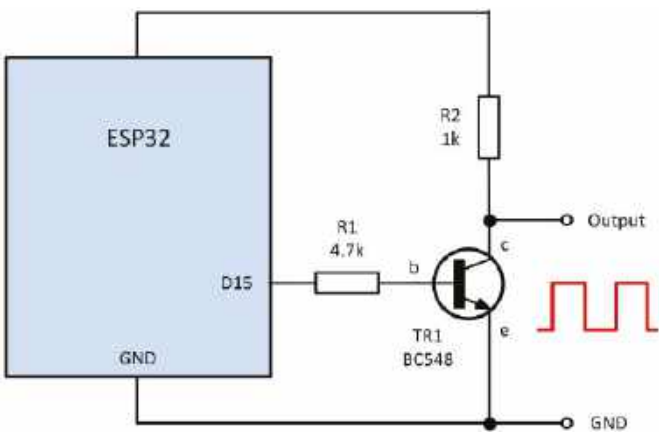
Listing 3.8. Testowanie funkcji tone() i noTone()

```
/* Test funkcji tone() */

int outPin = 15;  // Używamy GPIO15

void setup() {
}

void loop() {
    tone(outPin, 1000);
    delay(1000);
    noTone(outPin);
    delay(1000);
}
```



Rysunek 3.20. Zewnętrzny bufor tranzystorowy pozwalający uzyskać sygnał wyjściowy o amplitudzie międzyszczytowej 5 V, zgodny ze standardem TTL

eprasa.pl 8b2d0f1415

Listing 3.9. Wykorzystanie modulacji PWM do ustawiania jasności diody LED

```
/* Prosta aplikacja PWM do powolnego zwiększania
jasności diody LED */

int ledPin = 15;      // Używamy GPIO15
int ledChan = 0;      // Kanał PWM
int freq = 1000;      // Częstotliwość PWM
int bits = 8;         // Rozdzielczość 8-bitowa
int delayTime = 50;   // Opóźnienie między poziomami
                      // jasności

void setup() {
    ledcSetup(ledChan, freq, bits);  // Skonfiguruj PWM
    ledcAttachPin(ledPin, ledChan);
    // i przypisz pin diody LED do kanału
    ledcWrite(ledChan, 0);
    // Rozpoczynamy od wyłączonej diody LED
}

void loop() {
    for (int dutyCycle = 0; dutyCycle <= 255;
dutyCycle++) {
        ledcWrite(ledChan, dutyCycle);
        // Wyślij sygnał do diody LED
        delay(delayTime);
    }
}
```

Warsztaty programowania

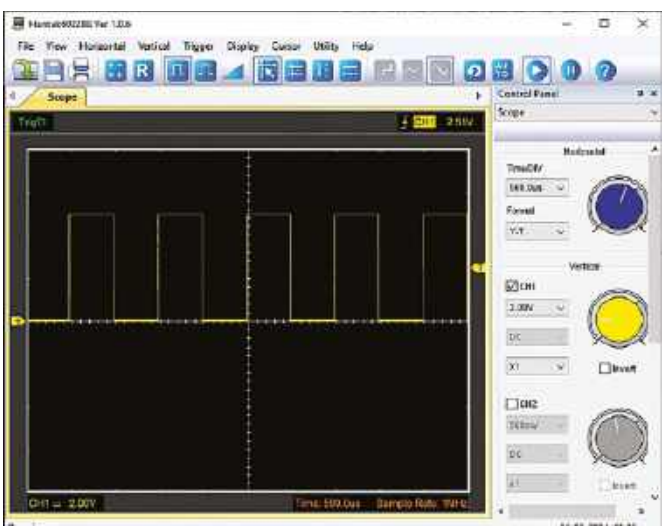
W ramach warsztatów przedstawiamy sposoby reprezentowania w programach liczb i znaków. Stanie się to przydatne szczególnie wtedy, gdy będziemy wysyłać informacje do urządzeń zewnętrznych i odbierać je z tych urządzeń. Zaczniemy od znanego nam wszystkim systemu liczbowego o podstawie 10 (dziesiętnego; ang. „decimal"), a następnie przejdziemy do innych systemów liczbowych: dwójkowego (o podstawie 2; ang. „binary"), ósemkowego (o podstawie 8; ang. „octal") i szesnastkowego (o podstawie 16; ang. „hexadecimal").

System dziesiętny

System dziesiętny jest nam wszystkim znakomicie znany, ponieważ używamy go na co dzień. Cyfry występujące w tym systemie to 0...9, a wartość pozycyjna każdej cyfry jest dziesięciokrotnie większa od wartości pozycyjnej cyfry znajdującej się bezpośrednio po jej prawej stronie. Cyfra znajdująca się najbardziej po prawej stronie (w liczbie całkowitej, bez części ułamkowej) to cyfra jedności, cyfra po jej lewej stronie to cyfra dziesiątek, następna to cyfra setek i tak dalej. Przykład: wartość cyfr występujących w liczbie dziesiętnej 123 wyznaczamy w następujący sposób:

$$123_{10} = (1 \times 100) + (2 \times 10) + (3 \times 1)$$

Zauważmy indeks dolny 10 oznaczający podstawę systemu liczbowego. Zapis ten pomaga uniknąć nieporozumień, gdy stosuje się obok siebie różne systemy liczbowe.



Rysunek 3.21. Przebieg prostokątny zgodny ze standardem TTL wytworzony przez układ z buforem tranzystorowym z rysunku 3.20 i program z listingu 3.8

Dec.	Binary	Octal	Hex.
0	0000	0	0
1	0001	1	1
2	0010	2	2
3	0011	3	3
4	0100	4	4
5	0101	5	5
6	0110	6	6
7	0111	7	7
8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F

Rysunek 3.22. Zapis dziesiętny, dwójkowy, ósemkowy i szesnastkowy

System dwójkowy

W systemie tym waga każdej cyfry jest dwukrotnie większa od wagi cyfry znajdującej się bezpośrednio po jej prawej stronie. Cyfra znajdująca się najbardziej po prawej stronie liczby całkowitej to cyfra jedności, następna cyfra po lewej to cyfra dwójek, potem czwórek, następnie ósemek i tak dalej. W tym systemie jedynymi prawidłowymi cyframi są 0 i 1. Wartość cyfr występujących w przykładowej liczbie dwójkowej 1011 obliczamy w następujący sposób:

$$1011_2 = (1 \times 8) + (0 \times 4) + (1 \times 2) + (1 \times 1) = 8 + 2 + 1 = 11_{10}$$

System ósemkowy

W systemie ósemkowym waga każdej cyfry jest osiem razy większa niż waga cyfry znajdującej się bezpośrednio po jej prawej stronie. Cyfra znajdująca się w liczbie całkowitej najbardziej po prawej stronie to cyfra jedności, następna cyfra z lewej to cyfra ósemek, kolejna ma wagę 64 i tak dalej. Cyfry dopuszczalne to 0...7. Na przykład wartość liczby ósemkowej 127 można obliczyć następująco:

$$127_8 = (1 \times 64) + (2 \times 8) + (7 \times 1) = 64 + 16 + 7 = 87_{10}$$

System szesnastkowy

Mikrokontrolery bez problemu radzą sobie z liczbami dwójkowymi składającymi się z 8, 16, a nawet 32 cyfr. Człowiekowi operowanie na tak dużej liczbie cyfr sprawia jednak trudność. Praktycznym kompromisem jest tu system szesnastkowy. Jedna cyfra szesnastkowa reprezentuje cztery cyfry dwójkowe. 8-bitową liczbę dwójkową można zatem zapisać za pomocą zaledwie dwóch cyfr szesnastkowych. Zapis szesnastkowy jest znacznie bardziej zwięzły niż dwójkowy, a w użyciu bywa łatwiejszy niż notacja dziesiętna.

W systemie szesnastkowym waga każdej cyfry jest szesnastokrotnie większa od wagi cyfry znajdującej się bezpośrednio po jej prawej stronie. W liczbie całkowitej cyfra znajdująca się najbardziej po prawej stronie to cyfra jedności, następna cyfra po lewej to cyfra szesnastek, kolejna ma wagę 256 i tak dalej. Dopuszczalne cyfry to 0...9 oraz A...F (które reprezentują wartości odpowiednio od 10 do 15).

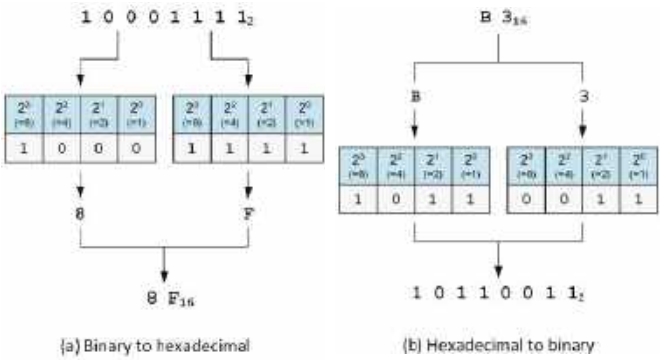
Na **rysunku 3.22** pokazano pierwsze 16 liczb naturalnych w systemie dziesiętnym, dwójkowym, ósemkowym i szesnastkowym.

Przykład zapisu liczby szesnastkowej 7F:

$$7F_{16} = (7 \times 16) + (15 \times 1) = 112 + 15 = 127_{10}$$

Przeliczanie z systemu dwójkowego na szesnastkowy – i odwrotnie – jest bardzo proste. Wystarczy wydzielić w liczbie dwójkowej grupy po cztery cyfry, zaczynając od prawej strony, a następnie zamienić każdą grupę na jej odpowiednik szesnastkowy. Pokazano to na **rysunku 3.23**.

eprasa.pl 8b2d0f1415



Rysunek 3.23. Zamiana liczb dwójkowych na szesnastkowe i odwrotnie

Listing 3.10. Tabela liczb dziesiętnych, dwójkowych, ósemkowych i szesnastkowych

```
/* Tabela dziesiętna, dwójkowa, ósemkowa i szesnastkowa
*/

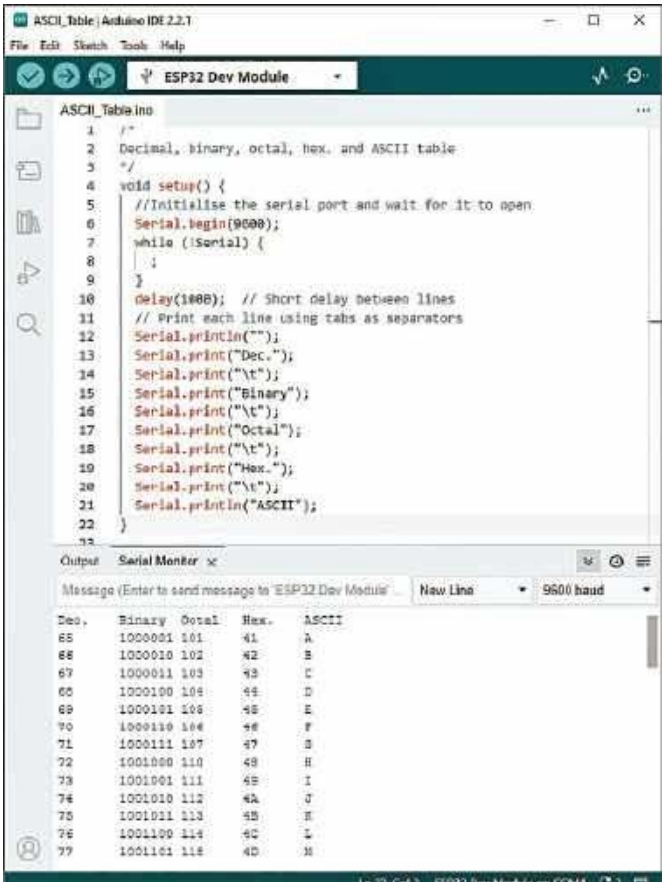
void setup() {
    // Inicjalizacja portu szeregowego i oczekiwanie
    // na otwarcie portu:
    Serial.begin(9600);
    while (!Serial) {
        ;  // Czekaj na port szeregowy
    }
    delay(1000);
    // Wyświetlamy nagłówek tabeli i używamy tabulatorów
    // do oddzielania kolumn
    Serial.println("");
    Serial.print("Dec.");
    Serial.print("\t");
    Serial.print("Binary");
    Serial.print("\t");
    Serial.print("Octal");
    Serial.print("\t");
    Serial.print("Hex.");
    Serial.print("\t");
    Serial.println("ASCII");
}

int lineValue = 64;  // Wartość początkowa
int endValue = 127;  // Wartość końcowa

void loop() {
    delay(200);
    Serial.print(lineValue);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(lineValue, BIN);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(lineValue, OCT);
    Serial.print("\t");
    Serial.print(lineValue, HEX);
    Serial.print("\t");
    Serial.println(char(lineValue));
    if (lineValue == endValue) {
while (true) {
continue;     // Dotarliśmy do końca!
}
}
lineValue++;  // Przechodzimy do następnej wartości ...
}
```

No jasne!

Jest bardzo istotne, aby nie wstawiać przed liczbą niepotrzebnego zera, ponieważ zostanie ona wówczas zinterpretowana jako ósemkowa. Używajcie zera na początku liczby tylko wtedy, gdy ma być ona rzeczywiście podana w systemie ósemkowym!



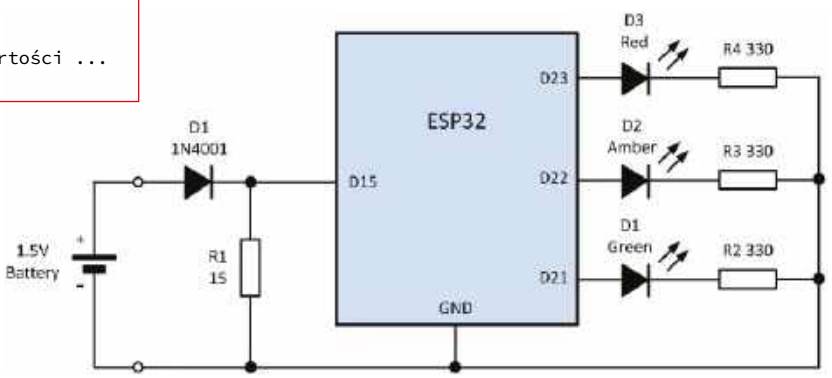
Rysunek 3.24. Wyświetlanie w monitorze szeregowym wyników programu z listingu 3.10

Przedrostki systemów liczbowych

Przy pisaniu programów domyślnym sposobem przedstawiania liczb jest system dziesiętny. Liczby dwójkowe, ósemkowe i szesnastkowe są oznaczane specjalnymi przedrostkami, co pokazano w **tabeli 3.1**.

Jako przykład użycia wartości szesnastkowych niech posłuży poniższy fragment programu. Zawiera on definicję tablicy przeglądowej (LUT) fali sinusoidalnej z **listingu 3.6**, ale zapisaną w systemie szesnastkowym, a nie dziesiętnym:

```
const uint8_t sineLUT[] = {
0x80,0x98,0xb0,0xc6,0xda,0xea,0xf5,0xfd,
0xff,0xfd,0xf5,0xea,0xda,0xc6,0xb0,0x98,
0x80,0x67,0x4f,0x39,0x25,0x15,0x0a,0x02,
```



Rysunek 3.25. Schemat testera baterii 1,5 V

eprasa.pl 8b2d0f1415

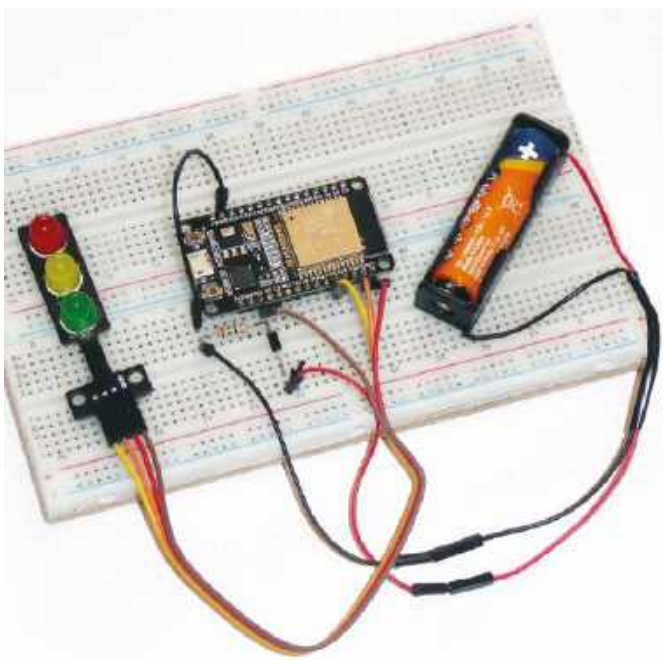
Listing 3.11. Program testera baterii 1,5 V

```
/* Prosty tester baterii 1,5 V na ESP32 */

// Przypisanie diod LED do cyfrowych linii wejścia/wyjścia
int redLED = 23;        // Dioda LED sygnalizująca koniec życia baterii: czerwona
int amberLED = 22;      // Dioda LED sygnalizująca połowę życia baterii: żółta
int greenLED = 21;      // Dioda LED pokazująca początek cyklu życia: zielona
int analogPin = 15;     // Wejście analogowe: ADC2, kanał 3
float end = 1.1;        // Próg końca żywotności = 1,1 V
float mid = 1.4;        // Próg połowy okresu eksploatacji = 1,4 V
float diodeFwd = 0.75;  // spadek napięcia na diodzie wejściowej [V]

void setup() {
    // Inicjalizacja wyjść cyfrowych pinów I/O
    pinMode(redLED, OUTPUT);
    pinMode(amberLED, OUTPUT);
    pinMode(greenLED, OUTPUT);
    // Musimy dostosować progi, aby uwzględnić spadek napięcia przewodzenia diody
    end = end - diodeFwd;
    mid = mid - diodeFwd;
}

void loop() {
    // odczytaj napięcie baterii pod obciążeniem
    int rawReading = analogRead(analogPin);
    // Przekształć odczyt wejścia analogowego
    // na napięcie w woltach i zapisz jako liczba zmiennoprzecinkowa
    float volts = rawReading * (3.3 / 4095);
    if (volts > mid) {
// Wartość przekracza próg środkowy, włącz światło zielone
digitalWrite(greenLED, HIGH);
digitalWrite(amberLED, LOW);
digitalWrite(redLED, LOW);
    }
    if ((volts > end) && (volts < mid)) {
// napięcie jest między dwoma progami, włącz LED żółty
digitalWrite(greenLED, LOW);
digitalWrite(amberLED, HIGH);
digitalWrite(redLED, LOW);
    }
    if (volts < end) {
// napięcie jest poniżej progu końcowego, włącz diodę czerwoną
digitalWrite(greenLED, LOW);
digitalWrite(amberLED, LOW);
digitalWrite(redLED, HIGH);
    }
    delay(100);   // Krótkie opóźnienie
}
```



Rysunek 3.26. Układ połączeń testera baterii

Tabela 3.1. Przedrostki systemów liczbowych

system	podstawa	przedrostek	dopuszczalne cyfry	przykład
dziesiętny	10	brak	0...9	109
dwójkowy	2	0b	0 i 1	0b11001000
ósemkowy	8	0	0...7	0102
szesnastkowy	16	0x	0...F	0x2C

```
0x00,0x02,0x0a,0x15,0x25,0x39,0x4f,0x67
};
```

Wartości liczbowe w monitorze szeregowym można wyświetlać w systemie dziesiętnym (domyślnie), dwójkowym, ósemkowym lub szesnastkowym. Można również wyświetlić znak o określonym kodzie ASCII. Jak to zrobić, pokazano w **listingu 3.10**. Po wprowadzeniu i uruchomieniu programu otrzymamy tablicę wartości w różnych systemach, jak ta pokazana na **rysunku 3.24**. Zwróćcie uwagę, jak na przykład znak ASCII 'A' może być różnie reprezentowany: jako 65 (w systemie dziesiętnym), `0b1000001` (dwójkowym), `0101` (ósemkowym) i `0x41` (szesnastkowym).

eprasa.pl 8b2d0f1415

Projekt praktyczny

Nasze zadanie praktyczne obejmuje zaprojektowanie, zbudowanie i zaprogramowanie prostego testera baterii alkalicznych 1,5 V. Tester ma wyświetlać sygnały w trzech kolorach na wyświetlaczu typu „sygnalizator świetlny". Zielona dioda LED będzie wskazywać, że bateria jest nowa i w pełni gotowa do użytku. Pomarańczowa dioda LED będzie oznaczać, że bateria jest częściowo rozładowana, ale wciąż nadaje się do użytku. Czerwona dioda LED będzie sygnalizować, że bateria jest całkowicie rozładowana.

Schemat testera baterii przedstawiono na **rysunku 3.25**. Wejście analogowe modułu ESP32 (pin D15) jest zabezpieczone diodą krzemową D1. Dioda będzie przewodzić prąd tylko wtedy, gdy bateria zostanie prawidłowo włożona. W przeciwnym przypadku dioda będzie spolaryzowana odwrotnie i nie będzie przewodzić. Rezystor 15 Ω (R1) stanowi obciążenie testowe. Jego wartość wynika stąd, że bateria wymaga prądu testowego o natężeniu około 50 mA, a nie zapominajmy, że na diodzie D1 wystąpi spadek napięcia wynoszący 0,7 V. Trzy szeregowe rezystory ograniczające prąd (R2 do R4) znajdują się już na płytce drukowanej sygnalizatora świetlnego (patrz poprzedni odcinek). Układ połączeń testera pokazano na **rysunku 3.26**.

Przypis redaktora: Spadek napięcia na przewodzącej diodzie krzemowej nie jest wartością stałą i zależy między innymi od prądu oraz temperatury. Przyjęte wartości 0,7 V (tekst) i 0,75 V (program) są wartościami przybliżonymi użytymi na potrzeby tego przykładu.

Zadanie

W niniejszym odcinku zadanie polega na modyfikacji testera baterii. Podłączcie brzęczyk piezoelektryczny między pin D18 (GPIO18) a masę. Następnie przeróbcie program tak, aby brzęczyk wydawał sygnały dźwiękowe zawsze wtedy, gdy do uchwytu zostanie włożona nowa, w pełni sprawna bateria. Dzięki temu użytkownicy będą mieli dźwiękowe potwierdzenie stanu sprawnej baterii bez konieczności patrzenia na diody LED. Przedstawiamy wiersze programu, które należy dopisać – ale to Wy musicie zdecydować, w których miejscach!

```
int outPin = 18;     // Wyjście dźwiękowe dla brzęczyka
tone(outPin, 1000); // Wyemituj sygnał dźwiękowy
delay(500);
noTone(outPin);
```

Za miesiąc

W czwartej części tego cyklu omówimy wyświetlacze LED siedmiosegmentowe i matrycowe. Warsztaty programowania będą poświęcone generowaniu liczb losowych, a w ramach projektu praktycznego zrealizujemy program rzucania kostką do gry.

Mike Tooley

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „Practical Electronics", maj 2024 (www.epemag3.com)

REKLAMA

pakiet promocyjny KOCHAM SZACHY
7 e-booków z rabatem 50%



Dla prenumeratorów – 30% rabatu!
Promocja internetowa – w formularzu zamówienia online zaznacz pole „Jestem prenumeratorem wydawnictwa AVT, kupuję ze zniżką" i podaj swój numer prenumeraty
www.UlubionyKiosk.pl

eprasa.pl 8b2d0f1415

Przejściówka BNC do oscyloskopu Mini 4 – druk 3D

Treść publikacji zawiera opis techniczny prostej przejściówki do oscyloskopu Mini 4 umożliwiającej jego współpracę ze współczesnymi sondami oscyloskopowymi wyposażonymi w złącza BNC. Do jej wykonania posłużono się technologią druku 3D.

Rozwiązanie to umożliwia wykorzystanie zabytkowego, lampowego oscyloskopu w wielu współczesnych zastosowaniach bez konieczności ingerencji w jego oryginalną konstrukcję mechaniczną. Samodzielne wykonanie takiej przejściówki można szczególnie polecić pasjonatom elektroniki i elektroakustyki.



Rysunek 1. Wygląd zewnętrzny oscyloskopu typu Mini 4



Rysunek 2. Wygląd zewnętrzny współczesnej sondy oscyloskopowej wyposażonej w złącze BNC

Lista części

1. Pięć wtyczek bananowych ∅ 4 mm typu Amass.
2. Dwa przełączniki dwupozycyjne typu MTS-102.
3. Dwa gniazda BNC.
4. Pięć śrub z łbem stożkowym i gwintem metrycznym typu M3×20.
5. Wydruk 3D w dwóch częściach.



Rysunek 3. Wygląd zewnętrzny wtyczki bananowej Ø 4 mm typu Amass po demontażu



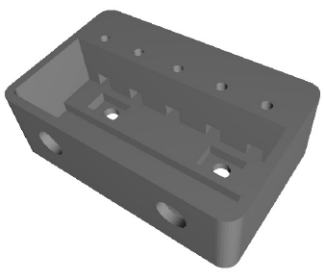
Rysunek 4. Wygląd zewnętrzny przełącznika dwupozycyjnego typu MTS-102



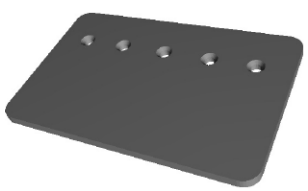
Rysunek 5. Wygląd zewnętrzny gniazda BNC



Rysunek 6. Wygląd zewnętrzny śruby z łbem stożkowym i gwintem metrycznym typu M3×20



Rysunek 7. Model 3D obudowy przejściówki BNC do oscyloskopu Mini 4



Rysunek 8. Model 3D pokrywki przejściówki BNC do oscyloskopu Mini 4

Montaż przejściówki

Rozstaw gniazd bananowych w tym oscyloskopie jest nietypowy i nie wynosi standardowych 19 mm, tylko 15 mm i 16 mm. W załączniku znajdują się nie tylko pliki *.stl i *.g, ale także pliki *.ipt, aby można było wykonać ewentualną korektę rozstawu wtyczek bananowych pod konkretny egzemplarz oscyloskopu.

Po wykonaniu wydruku 3D przystępujemy do oklejenia wnętrza obudowy folią miedzianą, która będzie pełnić rolę ekranu:

W następnej kolejności musimy przygotować wtyczki bananowe typu Amass, wykręcając oryginalne śruby, wkręcając śruby z łbem stożkowym i gwintem metrycznym



Rysunek 10. Obydwie części wydruku 3D po oklejeniu folią miedzianą



Rysunek 9. Oryginalny rozstaw gniazd bananowych badanego egzemplarza oscyloskopu MINI 4

eprasa.pl 8b2d0f1415



Rysunek 11. Metalowy element wtyczki bananowej typu Amass po przylutowaniu przewodu



Rysunek 12. Wygląd zewnętrzny przejściówki BNC do oscyloskopu Mini 4 podczas montażu

typu M3×20 i lutując przewody bezpośrednio do metalowego elementu.

Po przygotowaniu wtyczek przystępujemy do montażu mechanicznego przejściówki.

Po przeprowadzeniu montażu mechanicznego możemy przykleić naklejki z opisem, które są zalaminowane z jednej strony przezroczystą taśmą klejącą, a z drugiej strony podklejone taśmą dwustronną.

Ostatnim etapem jest lekkie dokręcenie pokrywki pięcioma śrubami do gwintów we wtyczkach bananowych. Po wstępnym



Rysunek 13. Wygląd zewnętrzny przejściówki BNC do oscyloskopu Mini 4 po oklejeniu



Rysunek 14. Przejściówka współpracująca z oscyloskopem Mini 4

dokręceniu śrub przejściówkę należy podłączyć do gniazd bananowych oscyloskopu, a następnie ostrożnie dociągnąć śruby, zwracając uwagę na to, aby nie pozrywać gwintów we wtyczkach bananowych. Wymiary projektu 3D zawierają pewne luzy pozwalające na dopasowanie rozstawu wtyczek bananowych do konkretnego egzemplarza oscyloskopu.



Rysunek 15. Okładka książki pt. „Wprowadzenie do projektowania układów elektronicznych subwooferów aktywnych. Poradnik praktyczny”

Książka o układach elektronicznych do subwooferów aktywnych

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

- https://www.youtube.com/watch?v=j7HMMxHFCwg
- https://www.youtube.com/watch?v=KIo1eqxj4AE
- https://www.youtube.com/watch?v=gpQe89R5HEk ■

mgr inż. Tomasz Łysek

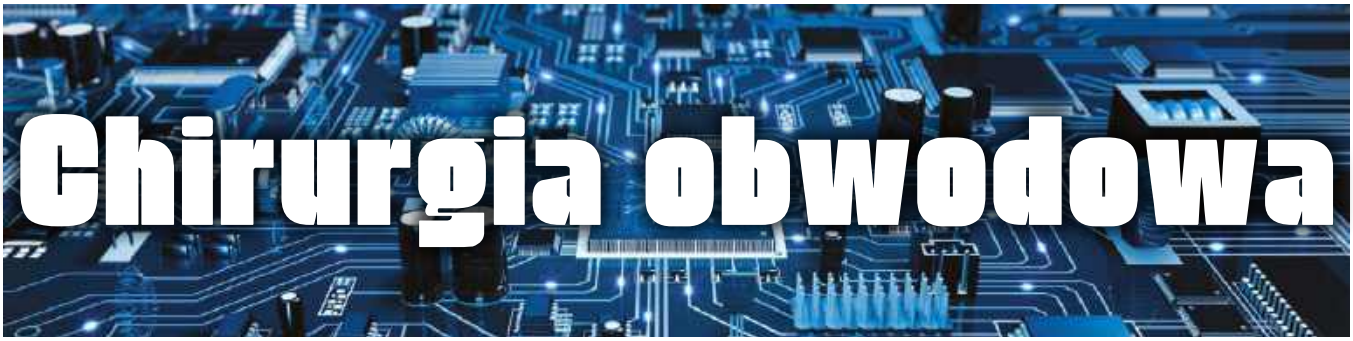
Materiały dodatkowe są dostępne na stronie https://skroc.pl/tGAYbQJ

REKLAMA

Mnóstwo doskonałych artykułów: kursów, projektów i nie tylko, przeczytasz na:

EP.com.pl

eprasa.pl 8b2d0f1415



Rezystancja sterowana elektronicznie, część 3

W dwóch poprzednich odcinkach omawialiśmy wykorzystanie tranzystorów JFET (złączowych tranzystorów polowych) jako rezystorów sterowanych napięciem. Najpierw przyjrzeliśmy się podstawowym właściwościom tranzystorów JFET, które sprawiają, że nadają się one do realizacji tego zadania. Następnie omówiliśmy szczegóły dotyczące tłumików z regulowanym tłumieniem, w których tranzystory JFET zastępują jeden z rezystorów w dzielniku napięcia. Omówiliśmy wpływ charakterystyki tranzystorów JFET na konstrukcję i działanie tego układu, w tym wykorzystanie sprzężenia zwrotnego w celu zmniejszenia zniekształceń spowodowanych nieliniowością charakterystyk tranzystorów JFET. Na koniec przyjrzeliśmy się przykładowym układom, w których tłumik JFET jest połączony ze wzmacniaczami operacyjnymi w celu uzyskania wzmacniacza sterowanego napięciem, określanego skrótem VCA.

Takie wzmacniacze sterowane napięciem mają wiele zastosowań, zarówno w układach radiowych, jak i akustycznych. Mogą być wykorzystywane do automatycznej regulacji wzmocnienia w odbiornikach radiowych w celu dostosowania ich do zmieniającego się poziomu odbieranego sygnału. W układach akustycznych mają wiele konkretnych zastosowań, takich jak bramki szumów i układy wyciszające, które zmniejszają wzmocnienie wzmacniacza przy braku sygnału wejściowego, aby ograniczyć szumy, albo obniżają głośność dźwięków tła, gdy pojawia się sygnał główny (na przykład komunikat głosowy). Są również stosowane w syntezatorach muzycznych jako kształtowniki obwiedni, które określają, jak głośność każdej z zagranych nut zmienia się w czasie (na przykład jak długo nuta wybrzmiewa po naciśnięciu klawisza). Innym ważnym zastosowaniem wzmacniaczy sterowanych napięciem są kompresory dynamiki i limitery akustyczne. Na tych układach skupimy się w bieżącym odcinku, ponieważ, przynajmniej historycznie, jest to ważne zastosowanie tranzystorów JFET w roli rezystorów sterowanych napięciem. Obecnie przetwarzanie dźwięku realizuje się za pomocą nowoczesnych układów cyfrowych i odpowiedniego oprogramowania DSP, niemniej jednak warto zastanowić się, jak działają układy oparte na tranzystorach JFET.

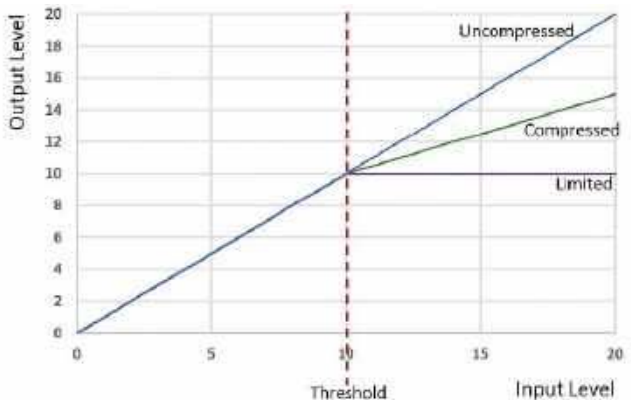
Zanim omówimy budowę kompresorów i limiterów dźwięku, musimy opisać ich działanie i zdefiniować ich podstawowe właściwości, skupiając się na roli rezystorów zmiennych JFET w tych układach. Nie będziemy zagłębiać się w szczegóły projektowe ani w złożone warianty realizacji. Czytelnicy zainteresowani kompletnymi projektami kompresorów opartych na tranzystorach JFET znajdą wiele przykładów, przeszukując Internet.

Zastosowanie kompresorów i limiterów w akustyce

Sygnały akustyczne wykazują znaczne wahania amplitudy w funkcji czasu. Zakres tych zmian, od dźwięków najcichszych do najgłośniejszych, nazywany jest zakresem dynamiki sygnału akustycznego. W niektórych sytuacjach jest on na tyle duży, że stwarza problemy. Przykładowo, gdy najcichsze fragmenty nagrania są odtwarzane z wymaganym poziomem głośności, najgłośniejsze mogą osiągać poziomy niebezpieczne dla słuchaczy lub powodować nadmierne zniekształcenia we wzmacniaczach i głośnikach. Podobnie podczas konwersji sygnałów analogowych na cyfrowe przetwornik analogowo-cyfrowy ma określony maksymalny zakres dynamiki, który nie powinien być mniejszy niż zakres dynamiki przetwarzanego sygnału. Jeśli zostanie on przekroczony, wystąpią zniekształcenia sygnału. Inną sytuacją, w której zmiany amplitudy sygnału mogą stanowić problem, jest przełączanie między różnymi źródłami dźwięku, na przykład różnymi rozmówcami, wśród których jedni mówią znacznie głośniej od innych. Może to utrudniać odsłuch, nawet jeśli najgłośniejsze dźwięki nie powodują zniekształceń.

Kompresory i limitery akustyczne mogą rozwiązać te problemy poprzez zmniejszenie zakresu dynamiki sygnału, co pozwala uniknąć zniekształceń oraz zapewnia bezpieczny i przyjemny odsłuch. Urządzenia te można również wykorzystywać w bardziej wyrafinowany sposób, na przykład do modyfikowania brzmienia instrumentów muzycznych. Kompresja zakresu dynamiki sygnału może sprawić, że dźwięk będzie brzmiał głośniej, zwłaszcza gdy istnieje ograniczenie maksymalnej amplitudy szczytowej. W takim przypadku nie dochodzi do przekroczenia maksymalnego poziomu

eprasa.pl 8b2d0f1415



Rysunek 1. Zależność między poziomami wejściowymi i wyjściowymi dla sygnałów nieskompresowanych, skompresowanych i ograniczonych

sygnału, co spowodowałoby zniekształcenia, ale rośnie jego wartość średnia, więc przy zachowaniu pozostałych parametrów bez zmian odczuwalna głośność także wzrasta. Wytwórnie płytowe przez lata stosowały kompresję dynamiki nagrywanego materiału dźwiękowego, aby stworzyć wrażenie zwiększonej głośności swoich produktów. Niestety często ma to negatywny wpływ na jakość odtwarzanej muzyki, w której dynamika jest zazwyczaj ważnym elementem dobrego odbioru. Na podobnej zasadzie materiał dźwiękowy w reklamach jest często silnie skompresowany i brzmi głośniej niż inne treści.

Działanie kompresora dynamiki – próg zadziałania i współczynnik kompresji

Kompresja zakresu dynamiki sygnału akustycznego w swojej najprostszej formie nie wpływa na poziom najcichszych dźwięków, a jedynie obniża poziom dźwięków najgłośniejszych. W związku z tym wzrost poziomu w najgłośniejszych fragmentach materiału dźwiękowego nie powoduje proporcjonalnego wzrostu średniego poziomu sygnału wyjściowego. Ograniczanie jest skrajnym przypadkiem kompresji, w którym wzrost poziomu sygnału w najgłośniejszych fragmentach nie powoduje żadnej zmiany poziomu wyjściowego. Różnice w przetwarzaniu sygnałów „cichych" i „głośnych" wskazują na istnienie progu dzielącego te dwa rodzaje sygnałów. Na **rysunku 1** przedstawiono wykres poziomu wyjściowego w funkcji poziomu wejściowego dla sygnału nieskompresowanego, poddanego kompresji i poddanego ograniczaniu. Poziomy podano w skali umownej, na przykład w decybelach (dB), przy wzmocnieniu równym 1 dla sygnału bez kompresji.

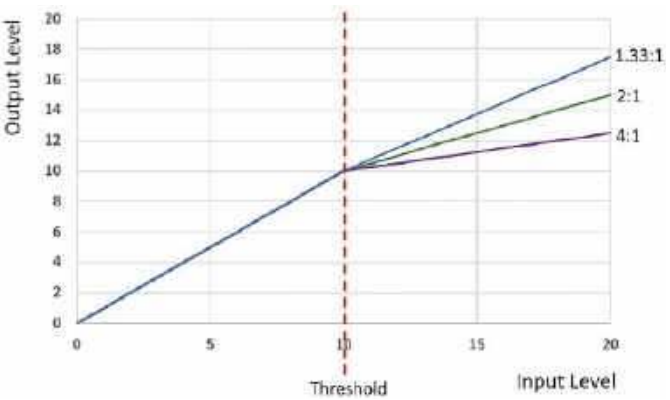
Zanim przejdziemy dalej, warto wyjaśnić pewną ważną kwestię terminologiczną. Z powyższego wynika, że słowo „próg" ma dwa różne znaczenia w kontekście kompresora opartego na tranzystorze JFET. Próg lub napięcie progowe tranzystora JFET to wartość napięcia między bramką a źródłem, po przekroczeniu której tranzystor zaczyna przewodzić. Próg zadziałania kompresora został opisany w poprzednim akapicie. W dalszej części, o ile nie zaznaczono inaczej, należy założyć, że użycie słowa „próg" odnosi się do działania kompresora.

Współczynnik kompresji określa, jak mocno tłumiona jest nadwyżka sygnału po przekroczeniu progu zadziałania kompresora. Wyraża się go jako stosunek przyrostu poziomu wejściowego do przyrostu poziomu wyjściowego w obszarze powyżej progu. Dla sygnału nieskompresowanego współczynnik ten wynosi 1:1, natomiast dla idealnego limitera dąży do nieskończoności (∞:1). W praktyce za limiter uznaje się już urządzenia o współczynniku kompresji wynoszącym 10:1 lub więcej. Ponieważ limiter jest po prostu skrajnym przypadkiem kompresora, w dalszej części tekstu będziemy używać wyłącznie terminu „kompresor".

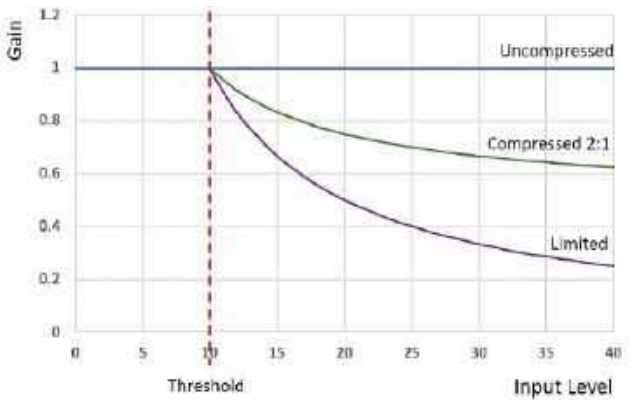
Aby odpowiednio obniżyć poziom wyjściowy w stosunku do poziomu sygnału nieskompresowanego, kompresor musi zmniejszać swoje wzmocnienie w miarę wzrostu poziomu sygnału wejściowego po przekroczeniu progu zadziałania. Wartości wzmocnienia dla przypadków przedstawionych na rysunku 1 pokazano na **rysunku 3**. Zakres zmian poziomów wejściowych został rozszerzony, aby lepiej uwidocznić kształt krzywych. Przy braku kompresji wzmocnienie jest stałe dla wszystkich poziomów wejściowych. W przypadku kompresji lub ograniczania wzmocnienie jest stałe tylko poniżej progu zadziałania układu, natomiast powyżej tego progu maleje asymptotycznie do wartości 1/R, gdzie R jest współczynnikiem kompresji. Na przykład krzywa dla kompresji 2:1 widoczna na rysunku 3 będzie dążyć do wartości 0,5 dla bardzo dużych poziomów sygnału wejściowego, a wzmocnienie limitera będzie dążyć do zera (=1/∞).

Parametry czasowe kompresora – czasy ataku i powrotu

Krzywe przedstawione na rysunku 1 i **rysunku 2** odnoszą się do poziomu sygnału uśrednionego w długim przedziale czasu, a nie do chwilowego poziomu poszczególnych szczytów. Rzeczywiste dźwięki, takie jak mowa czy muzyka, mają złożone przebiegi, z następującymi po sobie szczytami o różnych poziomach. Gdyby kompresor zmieniał wzmocnienie przy każdej zmianie amplitudy sygnału, przebieg wyjściowy zostałby poważnie zniekształcony. Rozważmy sygnał akustyczny, w którym nastąpił nagły wzrost poziomu. Podczas pierwszych kilku cykli nie można stwierdzić, czy dotyczy on tylko

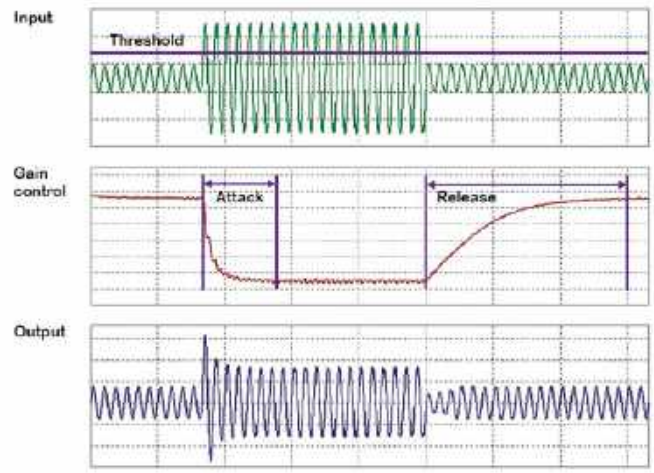


Rysunek 2. Przykłady różnych współczynników kompresji



Rysunek 3. Wzmocnienie kompresora w funkcji poziomu sygnału wejściowego

eprasa.pl 8b2d0f1415

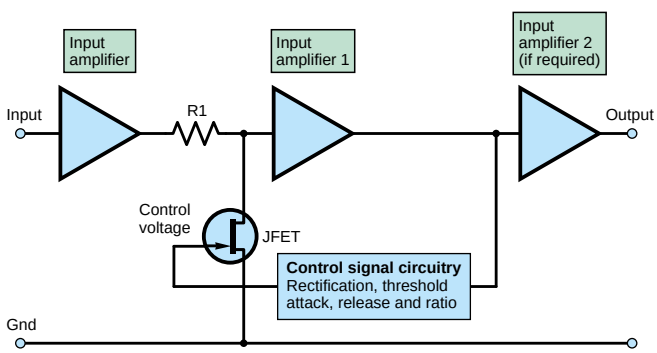


Rysunek 4. Przykładowe czasy ataku i powrotu kompresora

kilku szczególnie dużych szczytów, czy też nastąpiła znacząca zmiana poziomu całego sygnału. Z tego powodu w przypadku skokowych zmian poziomu sygnału powyżej progu zadziałania układu kompresor reaguje powolnym zwiększaniem lub zmniejszaniem wzmocnienia.

Szybkość reakcji może się różnić w przypadku wzrostu i spadku poziomu, dlatego zdefiniowano dwa parametry, które ją określają. Czas ataku to czas potrzebny do reakcji na wzrost średniego poziomu sygnału wejściowego, a czas powrotu to czas potrzebny do reakcji na spadek średniego poziomu sygnału wejściowego. Czasy te wynoszą zazwyczaj od kilku do kilkuset milisekund i mogą mieć znaczący wpływ na postrzeganą jakość skompresowanego dźwięku. W zależności od rodzaju przetwarzanego dźwięku i konkretnego powodu użycia kompresora można stosować różne wartości.

Na **rysunku 4** przedstawiono typowy przebieg wyjściowy powstający po przejściu sygnału o skokowo zmieniającej się amplitudzie przez kompresor. Początkowo poziom sygnału wejściowego mieści się poniżej progu zadziałania kompresora, po czym gwałtownie wzrasta (patrz górna krzywa). Sygnał sterujący wzmocnieniem, widoczny na rysunku 4, ulega zmniejszeniu, aby ograniczyć wzmocnienie dla nowego poziomu sygnału wejściowego. Obniżanie wzmocnienia odbywa się w czasie ataku. Po pewnym czasie poziom sygnału wejściowego skokowo spada, a wzmocnienie powraca do pierwotnej wartości. Tak jak poprzednio, nie następuje to natychmiast, lecz po upływie czasu powrotu, który jest zazwyczaj dłuższy od czasu ataku. Z analizy przebiegów widocznych na rysunku 4 wynika, że względna zmiana poziomu wyjściowego spowodowana działaniem kompresora jest mniejsza niż względna zmiana poziomu wejściowego.



Rysunek 5. Uproszczony schemat blokowy układu kompresora wykorzystującego tłumik JFET do regulacji wzmocnienia

Układ kompresora z tranzystorem JFET

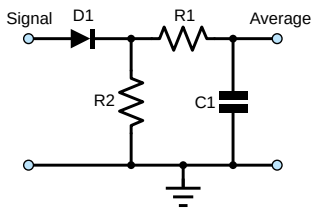
Na **rysunku 5** przedstawiono uproszczony schemat blokowy kompresora lub limitera zakresu dynamiki sygnału akustycznego, opartego na omówionych w poprzednim odcinku układach tłumika lub wzmacniacza sterowanego napięciem z tranzystorem JFET. Zazwyczaj, aby zminimalizować zniekształcenia, na bramkę tranzystora JFET podaje się napięcie sprzężenia zwrotnego wynoszące 50% wartości sygnału występującego między drenem a źródłem, jednak w celu uproszczenia schematu pominięto je na rysunku 5. Napięcie sprzężenia zwrotnego może pochodzić z bezpośredniego otoczenia tranzystora JFET lub z wyjścia jednego ze wzmacniaczy operacyjnych, jak omówiono w poprzednim odcinku.

Układ przedstawiony na rysunku 5 działa w następujący sposób. Sygnał wejściowy jest wzmacniany lub tłumiony przez wzmacniacz wejściowy, który zapewnia wysoką impedancję wejściową, aby dzielnik napięcia z tranzystorem JFET nie obciążał źródła sygnału. Wzmacniacz ten, wraz z odpowiednio dobraną wartością R1, zapewnia również właściwy poziom napięcia doprowadzanego do tranzystora JFET. Napięcie dren–źródło musi być małe, aby ograniczyć zniekształcenia.

Sygnał ze wzmacniacza wejściowego jest tłumiony przez dzielnik napięcia utworzony przez R1 i tranzystor JFET. Wielkość tłumienia jest ustalana przez napięcie sterujące przyłożone do bramki tranzystora JFET. Jest to ta sama zasada działania, co w przypadku wzmacniacza o zmiennym wzmocnieniu omówionego w poprzednim odcinku. W tym przypadku wartość napięcia sterującego zależy od poziomu sygnału wyjściowego. W ten sposób zamyka się pętla sprzężenia zwrotnego, powodująca zmniejszenie wzmocnienia układu wraz ze wzrostem poziomu sygnału. Wzmacniacz wyjściowy może być potrzebny, jeśli poziom sygnału z pierwszego wzmacniacza jest niewystarczający lub konieczne jest buforowanie.

Jak wspomniano powyżej, regulacja wzmocnienia opiera się na pomiarze poziomu sygnału uśrednionego w określonym przedziale czasu i musi odbywać się z odpowiednią szybkością, czyli z określonymi powyżej czasami ataku i powrotu. Można to uzyskać poprzez wyprostowanie sygnału wyjściowego wzmacniacza (1) oraz podanie go na filtr RC, który ustala czasy reakcji. Na podobnej zasadzie działają układy detekcji AM w prostych odbiornikach radiowych oraz prostowniki stosowane w zasilaczach AC/DC. Najprostszą wersję takiego układu przedstawiono na **rysunku 6**, ale zazwyczaj w rzeczywistych konstrukcjach kompresorów stosuje się bardziej złożone układy. Na rysunku 6 przedstawiono prostownik półfalowy, ale lepiej zastosować prostownik pełnookresowy. Zazwyczaj realizuje się go za pomocą precyzyjnego układu detekcyjnego opartego na wzmacniaczu operacyjnym, co pozwala uniknąć błędów wynikających ze spadków napięcia na diodach. Prostownik ze wzmacniaczem operacyjnym może również pełnić funkcję wzmacniacza (1). Zasadniczo jeszcze lepsze działanie można uzyskać, stosując układ pozwalający określić rzeczywistą wartość skuteczną (RMS) sygnału akustycznego.

W układzie widocznym na rysunku 6 czas ataku jest określany przez stałą czasową obwodu RC utworzonego przez elementy R1 i C1. Gdyby nie było rezystora R2, kondensator C1 naładowałby się do wartości odpowiadającej maksymalnemu

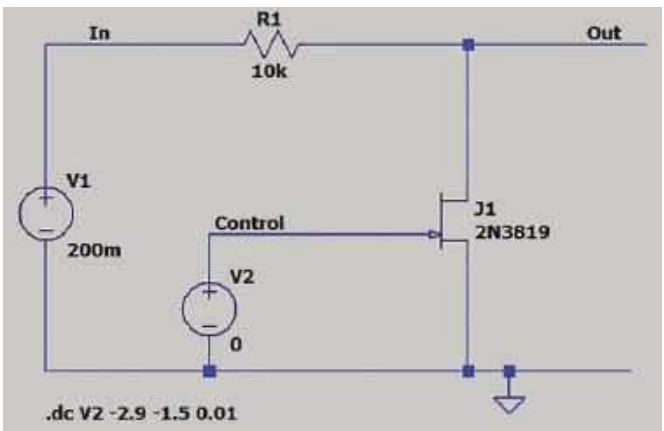


Rysunek 6. Prosty układ do wytwarzania napięcia sterującego z regulacją czasów ataku i powrotu

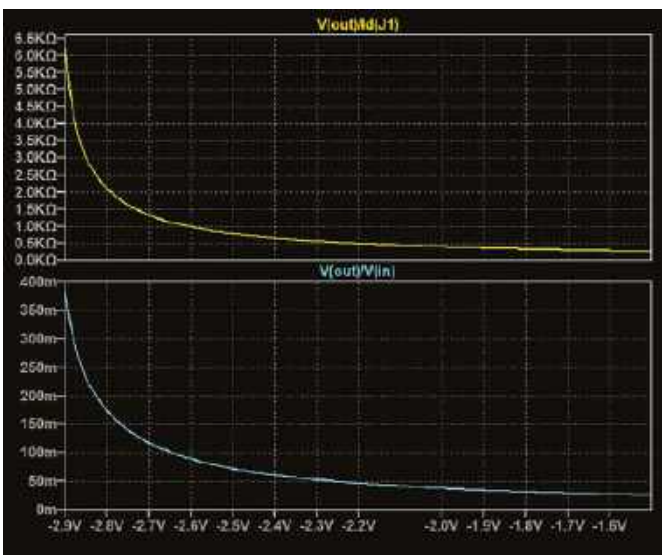
eprasa.pl 8b2d0f1415

poziomowi sygnału i nigdy by się nie rozładował. Rezystor R2 rozładowuje ten kondensator i pozwala na obniżanie się napięcia regulacyjnego wraz ze spadkiem poziomu sygnału akustycznego. Ponieważ prąd rozładowujący kondensator C1 przepływa zarówno przez R1, jak i R2, łączna rezystancja R1 i R2 wraz z pojemnością C1 określa czas powrotu. Rezystor R2 jest podłączony w sposób pokazany na rysunku, a nie równolegle do C1, aby uniknąć podziału napięcia na wyjściu prostownika.

Tranzystor JFET przedstawiony na rysunku 5 wymaga sterowania napięciem ujemnym i wyłącza się dopiero przy stosunkowo dużych ujemnych napięciach na bramce. W takich warunkach stanowi w przybliżeniu obwód otwarty, a dzielnik napięcia złożony z tranzystora JFET i rezystora R1 nie wprowadza tłumienia. Wraz ze wzrostem napięcia sterującego, czyli jego zbliżaniem się do 0 V, napięcie na bramce osiąga wartość progową, tranzystor JFET zaczyna przewodzić, a jego rezystancja maleje. W efekcie poziom sygnału wyjściowego także maleje. Dalszy wzrost napięcia sterującego w kierunku 0 V powoduje dalsze zmniejszanie wzmocnienia. Jeśli zastosowany układ zapewni odpowiednią polaryzację bramki tranzystora JFET, a amplituda sygnału wejściowego będzie odpowiednio dobrana, próg rozpoczęcia przewodzenia tranzystora JFET będzie odpowiadał progowi zadziałania kompresora.



Rysunek 7. Układ symulowany w programie LTspice, służący do badania rezystancji tranzystora JFET i współczynnika podziału dzielnika napięcia



Rysunek 8. Wyniki symulacji układu z rysunku 7: u góry rezystancja tranzystora JFET, na dole współczynnik podziału dzielnika napięcia

Charakterystyka regulacji wzmocnienia tranzystorów JFET

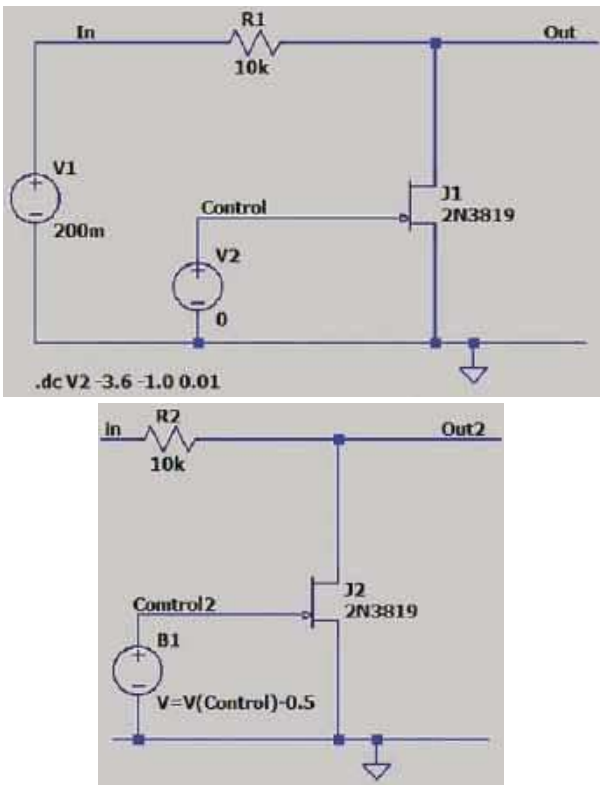
Możemy przeprowadzić kilka symulacji, aby pokazać, że charakterystyka dzielnika napięcia z tranzystorem JFET może spełniać wymagania dotyczące regulacji wzmocnienia w kompresorze przedstawionym na rysunku 3. W poprzednim artykule przedstawiliśmy wykresy zależności rezystancji tranzystora JFET od napięcia bramka–źródło i zauważyliśmy, że zależność ta jest nieliniowa, ale nie omawialiśmy jej bardziej szczegółowo. Tymczasem zależność między rezystancją dren–źródło RDS tranzystora JFET a napięciem bramka–źródło V_{GS} przy małych napięciach dren–źródło jest określona wzorem:

$$R_{DS} = \frac{A}{(V_{GS} - V_T)}$$

gdzie A jest stałą zależną od konstrukcji tranzystora JFET, a V_T jest jego napięciem progowym. Zazwyczaj dla tranzystorów z kanałem typu n wynosi ono około −3 V. Kluczową rzeczą, na którą należy zwrócić uwagę, jest to, że powyżej napięcia progowego rezystancja dren–źródło tranzystora JFET jest odwrotnie proporcjonalna do różnicy między napięciem bramka–źródło a napięciem progowym. Jeśli do bramki tranzystora JFET pracującego w dzielniku napięcia przedstawionym na rysunku 5 doprowadzone zostanie napięcie polaryzujące zsumowane z napięciem regulacyjnym, którego wartość zależy od poziomu sygnału akustycznego, dla małych i średnich poziomów sygnału dzielnik nie będzie tłumił sygnału, a wypadkowe wzmocnienie wyniesie 1.

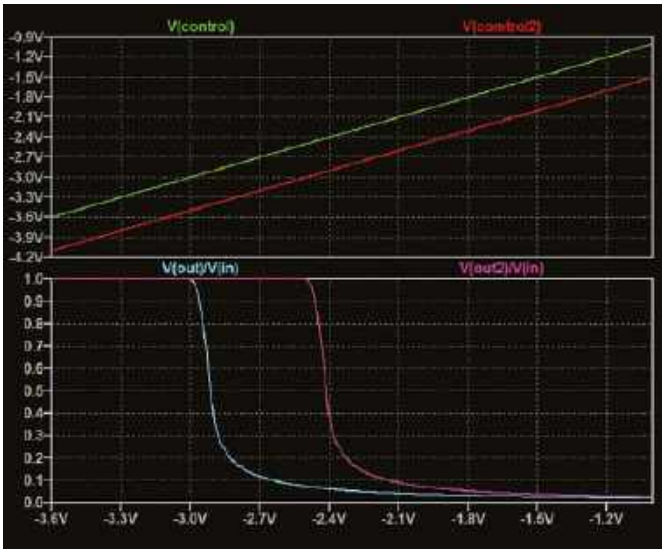
Symulacje

Na **rysunku 7** przedstawiono schemat układu symulowanego w programie LTspice, który można wykorzystać



Rysunek 9. Układ symulowany w programie LTspice, służący do badania współczynnika podziału dzielnika napięcia R1–JFET w odniesieniu do wymagań dotyczących regulacji wzmocnienia w kompresorze

eprasa.pl 8b2d0f1415



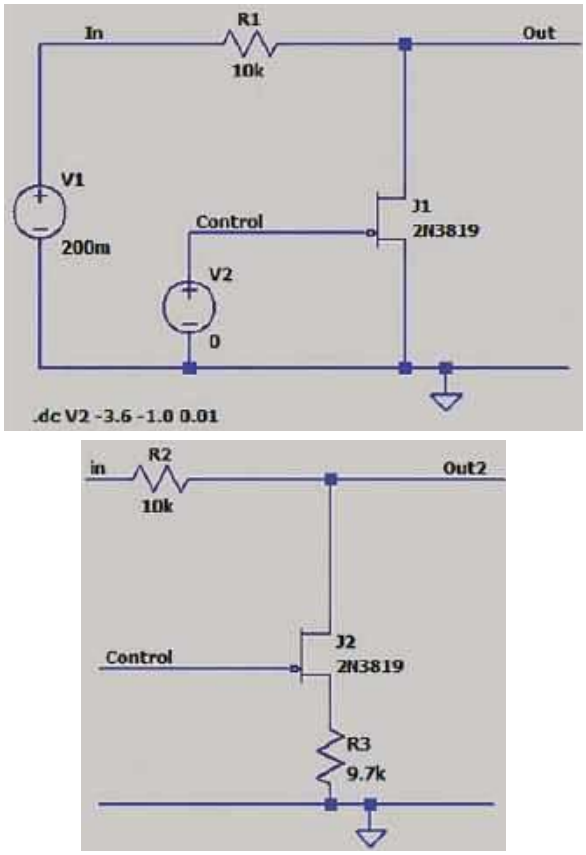
Rysunek 10. Wyniki symulacji układu z rysunku 9

do zilustrowania omówionej powyżej zależności między rezystancją tranzystora JFET a współczynnikiem podziału dzielnika napięcia w funkcji napięcia V_{GS}. Na dzielnik napięcia R1–JFET podawane jest napięcie stałe o wartości 200 mV, a napięcie V_{GS} zmienia się w zakresie od −2,9 V do −1,5 V. Zakres przemiatania zaczyna się od −2,9 V, ponieważ jest to wartość nieco wyższa od napięcia progowego V_T tranzystora JFET typu 2N3819, które w modelu LTspice wynosi −3 V. Wyniki symulacji przedstawiono na **rysunku 8**. Górna krzywa przedstawia rezystancję tranzystora JFET, wyznaczoną przez podzielenie napięcia dren–źródło, równego V(out), przez natężenie prądu dren–źródło Id tranzystora J1. Dolna krzywa przedstawia współczynnik podziału dzielnika napięcia R1–JFET, wyznaczony z zależności V(out)/V(in). Możemy zaobserwować, że zarówno rezystancja tranzystora JFET, jak i współczynnik podziału dzielnika napięcia wykazują odwrotną zależność od napięcia bramka–źródło powyżej V_T.

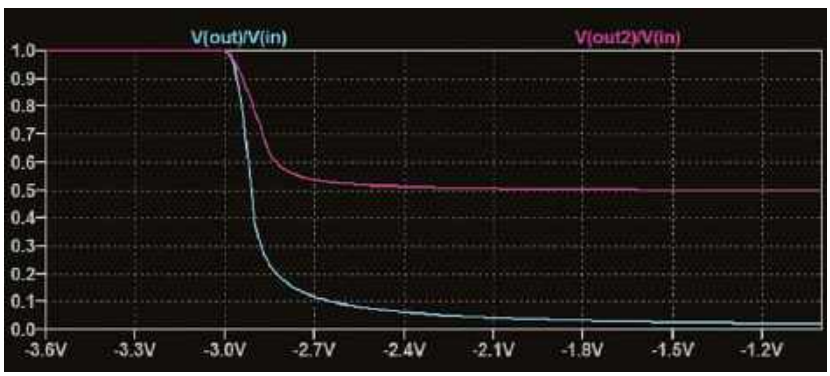
Układy symulowane w programie LTspice przedstawione na **rysunku 9** stanowią dwie wersje układu z rysunku 7. Jedna z nich jest zasadniczo taka sama jak na rysunku 7, natomiast w drugiej zastosowano zmodyfikowane źródło B1, aby wprowadzić stałe przesunięcie napięcia sterującego V_{GS} tranzystora JFET o 0,5 V względem pierwszej wersji. Zakres pomiaru został rozszerzony w stosunku do rysunku 7, tak aby rozpoczynał się poniżej napięcia progowego tranzystora JFET.

Wyniki symulacji przedstawiono na **rysunku 10**. Na górnym wykresie pokazano jedynie napięcia sterujące, aby uwidocznić stałe przesunięcie wynoszące 0,5 V. Na dolnym wykresie pokazano współczynnik podziału dzielnika dla obu układów. Kształt krzywych jest bardzo podobny do wykresu z rysunku 3. Z symulacji wynika, że jeśli napięcie sterujące pracą dzielnika R1–JFET będzie zawierało odpowiednio przesuniętą składową regulacyjną proporcjonalną do amplitudy sygnału akustycznego, uzyskamy charakterystykę zmian wzmocnienia wymaganą przez układ kompresora. Zmieniając stałe przesunięcie napięcia sterującego, możemy modyfikować położenie progu zadziałania kompresora.

Charakterystyka dzielnika napięcia R1–JFET może być także modyfikowana poprzez dodanie dodatkowych rezystorów.



Rysunek 11. Kolejny układ symulowany w programie LTspice, służący do badania współczynnika podziału dzielnika napięcia R1–JFET w odniesieniu do wymagań dotyczących regulacji wzmocnienia w kompresorze



Rysunek 12. Wyniki symulacji obwodu z rysunku 11

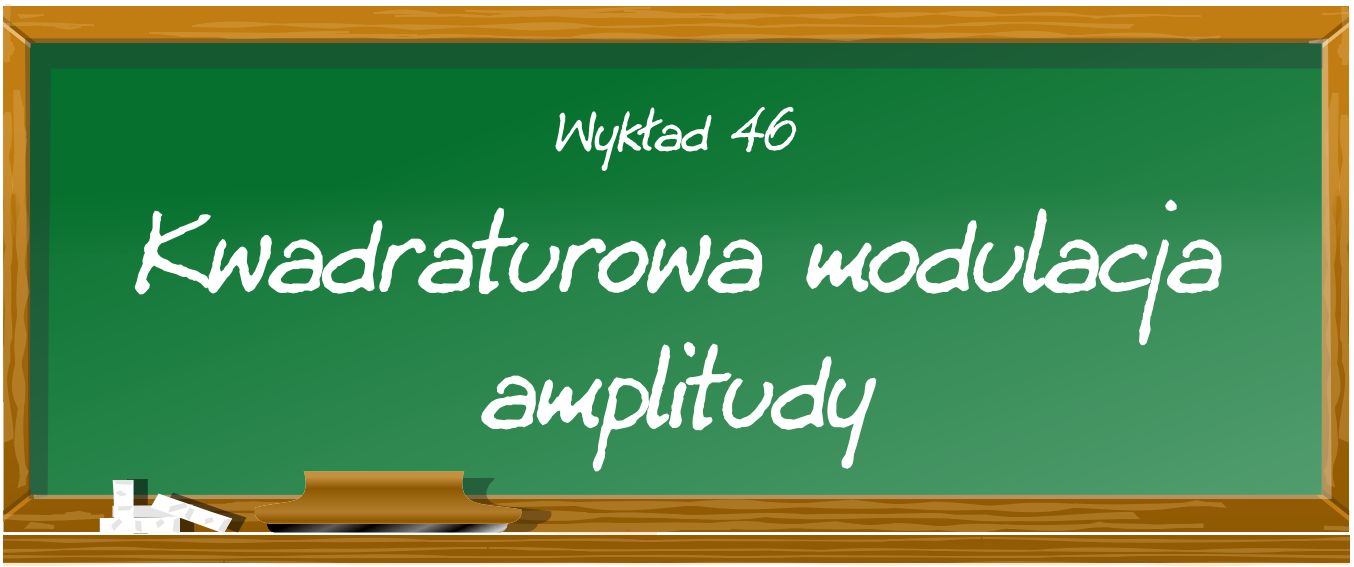
Zilustrowano to w programie LTspice na przykładzie układu przedstawionego na **rysunku 11**, w którym szeregowo ze źródłem tranzystora JFET dodano rezystor R3. Rezystor ten zmienia graniczną wartość współczynnika podziału dzielnika napięcia, gdy rezystancja tranzystora JFET jest mała. Wyniki symulacji przedstawiono na **rysunku 12**. Porównując wykresy z rysunku 12 z rysunkiem 3, widzimy, że rezystor w obwodzie źródła może służyć do modyfikacji współczynnika kompresji. ■

Ian Bell

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

eprasa.pl 8b2d0f1415

Patronat EdW nad szkołami i uczelnianymi Kołami Naukowymi rozkwita i daje redakcji EdW impulsy zachęcające do wspierania edukacji szkolnej i uczelnianej. Działa sprzężenie zwrotne. Dostajemy mnóstwo wiadomości od uczniów, nauczycieli i studentów. Dla nich jest ta rubryka.



QAM to technika umożliwiająca nałożenie sygnałów cyfrowych na analogową falę nośną. Jest stosowana we wszystkich metodach przesyłania cyfrowej telewizji do odbiorcy.

Przypis redaktora: QAM jest szeroko stosowana w systemach telewizji cyfrowej. Nie jest jednak jedyną metodą modulacji – przykładowo w systemie DVB-S2 wykorzystuje się również QPSK, 8PSK i APSK.

Wprowadzenie
Dlaczego QAM?

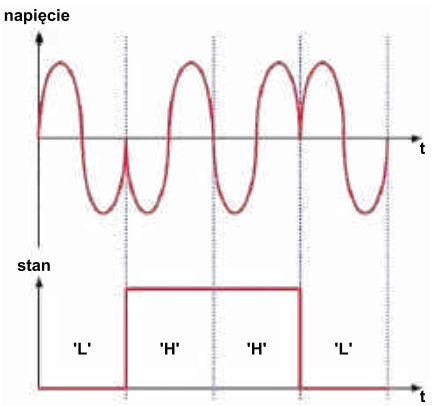
Jeśli chcemy przesłać kablem cyfrowy strumień bitów, taki jak stosowany w telewizji cyfrowej, musimy zmodulować nim falę nośną. Fala nośna jest sinusoidalnym sygnałem o wysokiej częstotliwości, a takie sygnały można modulować na różne sposoby. Z pewnością znacie AM, czyli modulację amplitudy, oraz FM, czyli modulację częstotliwości. Metody te nie są jednak w stanie przenieść ogromnej ilości danych, jaką trzeba przesyłać w każdej sekundzie w przypadku telewizji wysokiej rozdzielczości. Dlatego w telewizji kablowej i DVB stosuje się połączenie modulacji amplitudy i fazy, czyli kwadraturową modulację amplitudy (Quadrature Amplitude Modulation, QAM), która umożliwia przesyłanie znacznie większej ilości danych w ciągu sekundy.

Prędkość modulacji

Najpierw jednak kilka słów o prędkości modulacji. Dla kanału o szerokości pasma wynoszącej na przykład 8 MHz można uzyskać określoną prędkość transmisji, wyrażaną liczbą symboli na sekundę. Symbol reprezentuje stan, jaki sygnał przyjmuje w określonych, stałych odstępach czasu. Sposób modulacji sygnału nie wpływa na liczbę symboli, które można przesłać w ciągu sekundy.

Binarne kluczowanie fazy
BPSK

Najprostszą metodą modulowania fali nośnej cyfrowym strumieniem danych jest binarne kluczowanie fazy (Binary Phase Shift Keying, BPSK). W tej metodzie modulacji możliwe są dwa stany, odpowiadające przesunięciu fazy sygnału o 0° i 180°. Każdemu z nich przypisuje się stan binarny, na przykład 0° odpowiada „L”, a 180° – „H”. Metodę tę przedstawiono na poniższym rysunku. W tym przykładzie cztery bity, kolejno „L”, „H”, „H” i „L”, są modulowane przez zmianę fazy kolejnych okresów fali nośnej o 180°. Zaletą tego rozwiązania jest to, że przesunięcie fazy o 180° może być niezawodnie rozpoznawane przez demodulator nawet w środowisku o dużym poziomie zakłóceń. Wadą jest oczywiście bardzo mała prędkość transmisji. W przypadku BPSK prędkość symbolowa (prędkość modulacji) jest równa prędkości bitowej, ponieważ na jeden symbol przypada jeden bit.



Zasada działania BPSK (© 2017 Jos Verstraten)

Diagram konstelacji

BPSK można przedstawić w prostszy, symboliczny sposób, jak pokazano na poniższym rysunku. Taki sposób prezentacji nazywa się diagramem konstelacji. Dwa stany

eprasa.pl 8b2d0f1415

zmodulowanego sygnału przedstawia się w układzie współrzędnych z poziomą osią X i pionową osią Y. W układzie tym stany zmodulowanego sygnału można przedstawić za pomocą wektorów. Długość wektora odpowiada amplitudzie sygnału, natomiast jego kąt – przesunięciu fazy względem przyjętej wartości odniesienia. Jedyną różnicą między tymi dwoma stanami jest przeciwna faza, co przedstawiają dwa wektory o jednakowej długości, ustawione względem siebie pod kątem 180°. Oczywiście do określenia fazy i amplitudy zmodulowanego sygnału nie trzeba rysować całego wektora. Wystarczy punkt odpowiadający jego grotowi. Symboliczne przedstawienie stanów zmodulowanego sygnału można więc jeszcze bardziej uprościć do dwóch punktów leżących na osi X, w jednakowej odległości od początku układu współrzędnych.

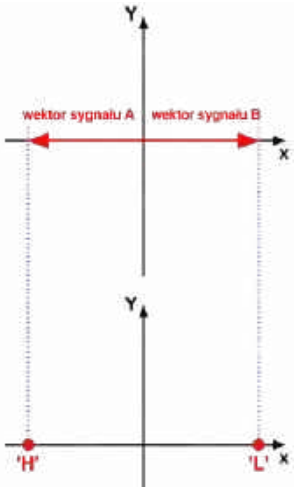


Diagram konstelacji BPSK (© 2017 Jos Verstraten)

Czterowartościowe kluczowanie fazy QPSK

Inną metodą modulacji jest czterowartościowe kluczowanie fazy (*Quaternary Phase Shift Keying*, QPSK). W tej metodzie faza przesyłanego sygnału jest zmieniana skokowo co 90°. Możliwe są więc cztery stany zmodulowanego sygnału, a ponieważ występują tylko dwa stany bitu, „L” i „H”, można im przypisać cztery kombinacje bitów, na przykład:

Przesunięcie fazy o 45°: odpowiada sekwencji bitów „L”–„H”

Przesunięcie fazy o 135°: odpowiada sekwencji bitów „L”–„L”

Przesunięcie fazy o 225°: odpowiada sekwencji bitów „H”–„H”

Przesunięcie fazy o 315°: odpowiada sekwencji bitów „H”–„L”

Oczywiste jest, że przy tej metodzie modulacji prędkość przesyłania danych binarnych jest znacznie większa. Można bowiem przesłać dwa bity na symbol. Symbolicznie tę metodę modulacji można przedstawić tak jak na poniższym rysunku, czyli za pomocą czterech wektorów o jednakowej długości (amplituda sygnałów się nie zmienia), rozmieszczonych względem siebie co 90°. Również w tym przypadku nie trzeba rysować całych wektorów; wystarczą cztery punkty odpowiadające ich końcom.

Zastosowanie QPSK

QPSK jest stosowana w standardach modemów kablowych do transmisji danych w kierunku zwrotnym, czyli od użytkownika do operatora. Jest to bardzo odporna metoda modulacji, dobrze znosząca wysoki poziom szumów i zakłóceń, ponieważ odbiornik musi rozróżniać tylko cztery stany zmodulowanego sygnału.

8-PSK Trzy bity na symbol

Zmieniając fazę zmodulowanego sygnału skokowo co 45°, można uzyskać jeszcze więcej stanów, jak pokazano na poniższym rysunku. Układ staje się wprawdzie bardziej wrażliwy na zakłócenia, ale umożliwia przesyłanie większej liczby bitów na symbol, a mianowicie trzech.

Kwadraturowa modulacja amplitudy QAM

Inną metodą modulacji, która również umożliwia przesyłanie trzech bitów na symbol, jest kwadraturowa modulacja amplitudy (*Quadrature Amplitude Modulation*, QAM). W QAM zmieniana jest nie tylko faza, lecz także amplituda sygnału.

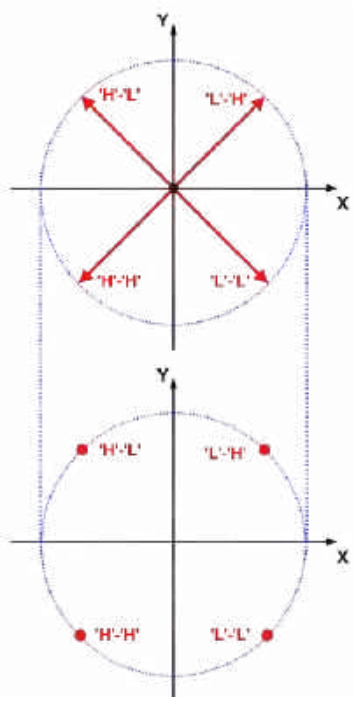


Diagram konstelacji QPSK (© 2017 Jos Verstraten)

8-QAM

Najprostszą odmianą tej metody modulacji jest 8-QAM, przedstawiona symbolicznie na poniższym rysunku. Można tu ponownie wyróżnić cztery przesunięcia fazy. Dla każdego z nich możliwe są jednak dwa poziomy amplitudy. W ten sposób uzyskuje się cztery dodatkowe stany położone bliżej początku układu współrzędnych. Łączna liczba możliwych stanów wynosi więc osiem, dzięki czemu w jednym symbolu można przesłać trzy bity. Cztery wektory o jednakowej, maksymalnej długości przedstawiają stany różniące się przesunięciem fazy, natomiast cztery krótsze wektory odpowiadają pozostałym stanom, w których występuje przesunięcie fazy i zmniejszona amplituda.

16-QAM

Aby dalej zwiększyć liczbę bitów przypadających na symbol, trzeba wprowadzić więcej stanów fazy i amplitudy. W ten sposób otrzymuje się na przykład 16-QAM. W przypadku 16-QAM można rozróżnić szesnaście różnych stanów, co pozwala przesyłać cztery bity na symbol. Na poniższym rysunku tę metodę modulacji przedstawiono w sposób symboliczny. Cały schemat modulacji jest teraz reprezentowany przez 16 punktów, odpowiadających końcom

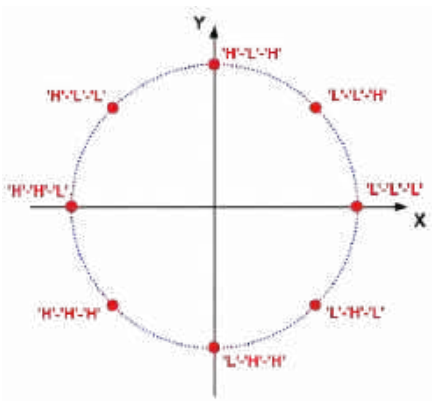


Diagram konstelacji 8-PSK (© 2017 Jos Verstraten)

eprasa.pl 8b2d0f1415

szesnastu wektorów sygnałowych. Widać, że wykorzystuje się cztery stany fazy i cztery stany amplitudy. Dlatego wektory mają cztery różne długości.

Przypis redaktora: Na przedstawionym diagramie kwadratowej konstelacji 16-QAM osie X i Y odpowiadają odpowiednio składowym I (zgodnej w fazie) i Q (kwadraturowej). Każda z nich przyjmuje cztery poziomy. Punkty konstelacji odpowiadają przy tym trzem wartościom amplitudy oraz większej liczbie wartości fazy.

64-QAM

Kolejnym stopniem jest modulacja 64-QAM. Można w niej zakodować 64 różne stany, dzięki czemu w jednym symbolu można przesłać sześć bitów. Jest to bardzo wydajny sposób przesyłania danych cyfrowych. Dlatego tę metodę modulacji stosuje się w transmisji danych do abonenta w modemach kablowych. Nadaje się ona do transmisji w tym kierunku, ale nie do transmisji zwrotnej, ponieważ w torze do abonenta stosuje się wzmacniacze pośrednie, dzięki którym sygnał dociera do użytkownika końcowego w lepszej jakości.

Przypis redaktora: 64-QAM może być stosowana również w kanale zwrotnym. Przewiduje ją w tym kierunku między innymi standard DOCSIS 3.0. W praktyce dobór modulacji zależy od jakości toru transmisyjnego i poziomu zakłóceń.

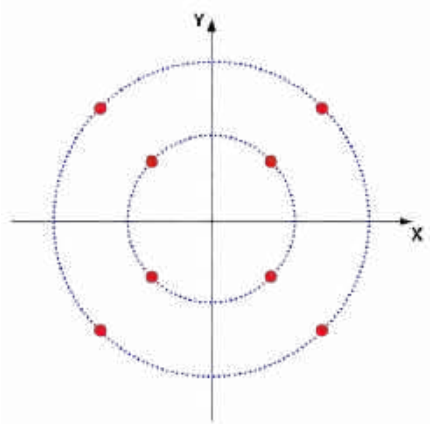


Diagram konstelacji 8-QAM (© 2017 Jos Verstraten)

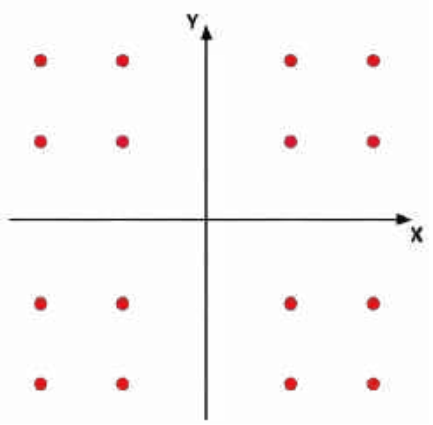


Diagram konstelacji 16-QAM (© 2017 Jos Verstraten)

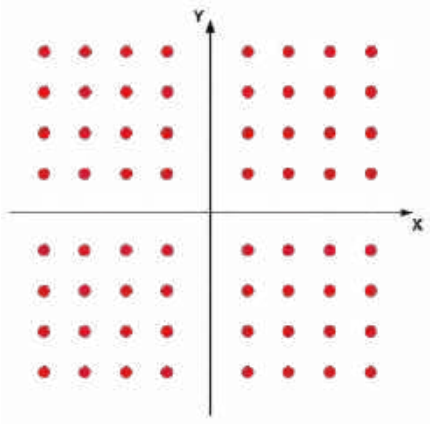


Diagram konstelacji 64-QAM (© 2017 Jos Verstraten)

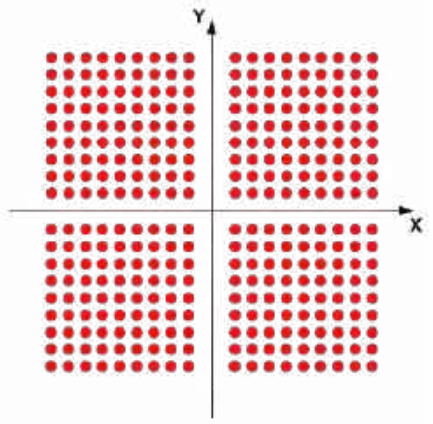


Diagram konstelacji 256-QAM (© 2017 Jos Verstraten)

256-QAM

Obecnie stosuje się również 256-QAM, w której liczba możliwych stanów na diagramie została jeszcze bardziej zwiększona. Jest to modulacja o najwyższym rzędzie stosowana w modemach kablowych, a zarazem najbardziej wrażliwa na zakłócenia. Aby możliwe było bezbłędne rozpoznawanie stanów, sygnał musi być odpowiednio czysty. Ponieważ występuje 256 możliwych stanów, w jednym symbolu można przesłać osiem bitów. Odpowiada to jednemu bajtowi na symbol.

Przypis redaktora: W standardzie DOCSIS 3.1 możliwe jest stosowanie modulacji wyższego rzędu, między innymi 4096-QAM.

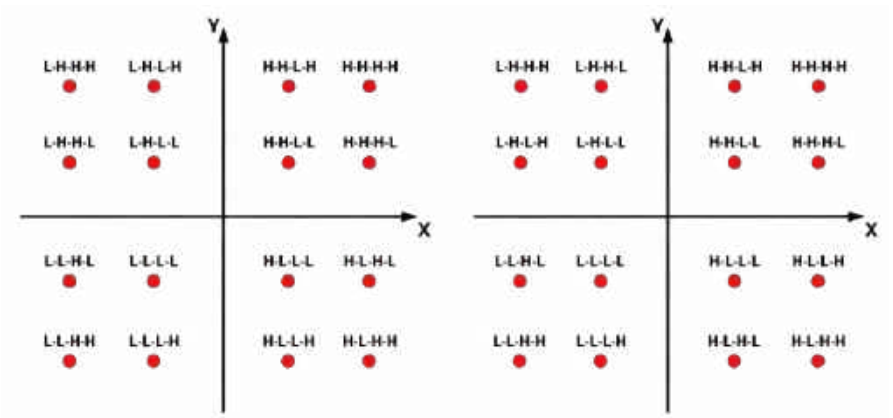
Przypisanie bitów do symboli
Na przykładzie 16-QAM

Przypisanie kombinacji bitów do symboli można przeprowadzić na różne sposoby. Weźmy na przykład 16-QAM. W tym przypadku w jednym symbolu można przesłać cztery bity. Możliwych jest bowiem $2^4=16$ różnych stanów modulacji. Tych szesnaście stanów trzeba przypisać do kombinacji bitów od „L-L-L-L” do „H-H-H-H”. Na poniższym rysunku przedstawiono dwa sposoby takiego przypisania:

- Tabela z kodem Graya
- Tabela z kodowaniem różnicowym.

W tabeli z kodem Graya (po lewej) zarówno między stanami sąsiadującymi w poziomie, jak i w pionie zmienia się tylko jeden bit. Dotyczy to również przejść między ćwiartkami. W tabeli z kodowaniem różnicowym (po prawej) w obrębie każdej ćwiartki stosuje się tę samą zasadę, natomiast między ćwiartkami zachowana jest symetria obrotowa. ■

Jos Verstraten



Różnica między tabelami z kodem Graya a tabelami z kodowaniem różnicowym (© 2017 Jos Verstraten)

eprasa.pl 8b2d0f1415

KickStart

Część 13: Jak podłączyć kolorowy wyświetlacz LCD do modułu Raspberry Pi Pico

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 liczbą informacji, aby móc je dostosować i rozszerzyć do własnych potrzeb.

W trzynastej części cyklu pokażemy, jak do projektów opartych na module Raspberry Pi Pico dodać niedrogi kolorowy wyświetlacz LCD w technologii IPS/TFT. Taki element może bardzo ożywić wasze projekty, umożliwiając wyświetlanie komunikatów, informacji i kolorowej grafiki, a także dodając funkcję przycisków dotykowych, co pozwoli na interakcję z modułem Raspberry Pi Pico.

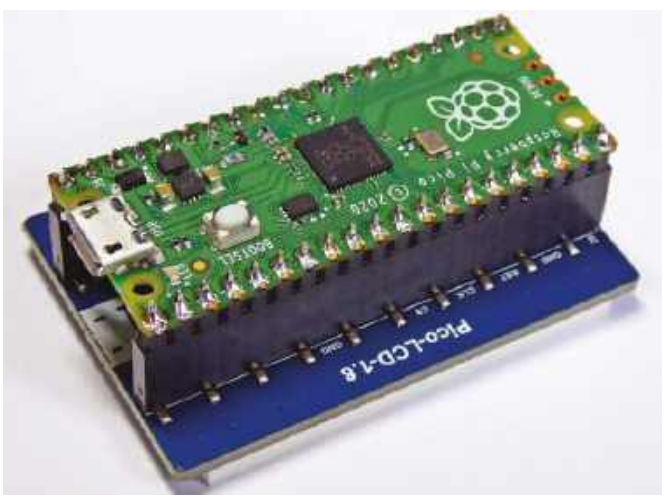
Aby zademonstrować, jak łatwe w użyciu są te układy, przeprowadzimy was krok po kroku przez proces projektowania użytecznej aplikacji audio dla modułu Raspberry Pi Pico w postaci analogowego wskaźnika wysterowania.

Krótki przegląd ostatnich wydań czasopisma Practical Electronics wykazał, że proste projekty z wykorzystaniem mikrokontrolerów można często zrealizować przy użyciu zaledwie kilku czujników i paru diod LED. Gdy jednak zadania stają się nieco bardziej złożone, potrzebny jest lepszy sposób wyświetlania informacji. Można to wszystko osiągnąć za pomocą prostego wyświetlacza alfanumerycznego 16×2 lub 20×4 znaków. Obecnie jest jednak do dyspozycji cała gama bardzo przystępnych cenowo kolorowych wyświetlaczy LCD, które zapewniają znacznie większą elastyczność, a przy tym są atrakcyjne. Dzięki odpowiedniemu oprogramowaniu sterującemu wyświetlacze te są niezwykle łatwe w użyciu, a ich programowanie jest bardzo proste. Na przykład, aby wyświetlić wiersz żółtego tekstu na czerwonym tle, wystarczy umieścić w programie następujące instrukcje:

```
LCD.fill(LCD.RED)
LCD.text("TEMPERATURA
CPU",6,16,LCD.YELLOW)
```



Fotografia 1. Kolorowe pasy wyświetlane na wyświetlaczu LCD Waveshare o przekątnej 1,8 cala



Fotografia 2. Wyświetlacz LCD o przekątnej 1,8 cala można łatwo podłączyć od spodu modułu RPi Pico

eprasa.pl 8b2d0f1415

Aby wyświetlić niebieski prostokąt zawierający biały tekst, użyjemy instrukcji:

```
LCD.fill_rect(0,40,160,20,LCD.BLUE)
LCD.text("Pico-LCD-1.8",2,48,LCD.WHITE)
```

Rodzaje wyświetlaczy i technologie

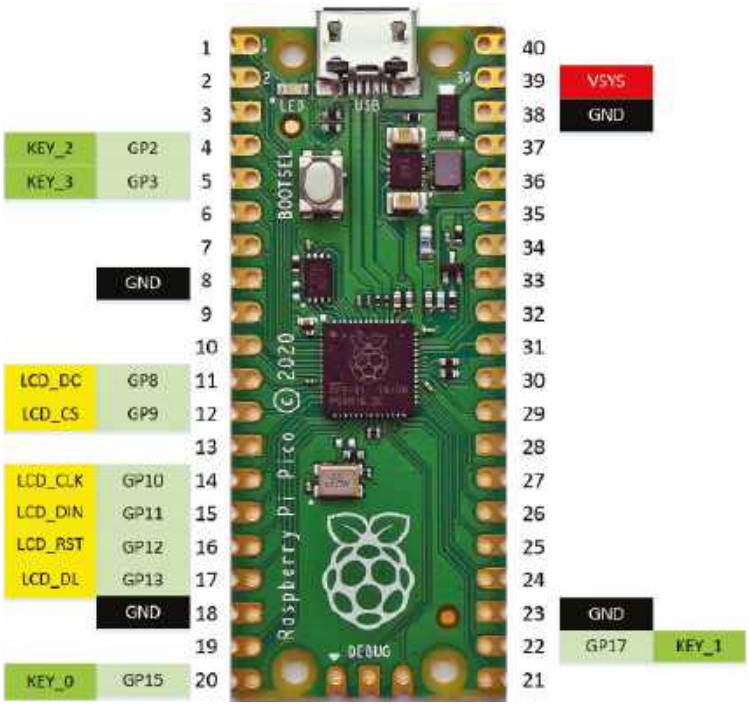
W tanich wyświetlaczach kolorowych LCD wykorzystuje się dwie ściśle powiązane ze sobą technologie. Są to: TFT (tranzystory cienkowarstwowe) oraz IPS (In-Plane Switching; przełączanie w płaszczyźnie). Nowoczesne niedrogie wyświetlacze TFT oferują dobre parametry przy niewielkich wymiarach, natomiast bardziej złożone wyświetlacze IPS zapewniają lepsze odwzorowanie kolorów i szersze kąty widzenia.

W przeciwieństwie do wyświetlaczy OLED, wyświetlacze TFT i IPS są „transmisyjne" i wymagają oddzielnego źródła podświetlenia. Jasność wyświetlacza można regulować współczynnikiem wypełnienia przebiegu prostokątnego sterującego podświetleniem. Funkcja ta bardzo się przyda, jeśli wyświetlacz ma być używany w otoczeniu, w którym występują duże wahania natężenia oświetlenia.

Kilku producentów dostrzegło zapotrzebowanie na tanie wyświetlacze TFT i wypuściło szereg modeli mogących współpracować z popularnymi obecnie mikrokontrolerami. Wyświetlacz taki stanowi moduł wyposażony w odpowiedni sterownik oraz interfejs szeregowy (SPI). W **tabeli 1** zestawiono moduły z oferty firmy Waveshare (oparte na technologiach TFT i IPS). Jeśli potrzebujecie kolorowego wyświetlacza LCD do Raspberry Pi Pico (RPi Pico), to nie musicie szukać dalej.

Kolorowy wyświetlacz LCD wybrany do naszej przykładowej aplikacji (patrz dalej) to moduł Waveshare o przekątnej 1,44 cala. Ten niedrogi wyświetlacz ma następujące parametry techniczne:

- 65 tysięcy kolorów (RGB),
- rozdzielczość 128 × 128 pikseli (rozmiar piksela 0,2 mm),
- czteroprzewodowy interfejs SPI do mikrokontrolera,
- zgodność z modułem RPi Pico dzięki wbudowanemu złączu żeńskiemu,
- sterownik wyświetlacza ST7735S,
- napięcie zasilania 3,15 V...5 V,
- całkowite wymiary 52,0 × 30,0 mm,
- wsparcie programistyczne w językach C/C++ i MicroPython,
- cztery konfigurowalne przyciski użytkownika.



Rysunek 1. Piny modułu Pico wymagane do podłączenia wyświetlacza LCD Waveshare 1,44 cala

Podłączanie do modułu RPi Pico

Wyświetlacz LCD Waveshare o przekątnej 1,44 cala wymaga podłączenia do zasilania modułu Pico oraz do kilku jego linii wejścia/wyjścia. Wyświetlacz używa następujących pinów Pico: GP8...GP13 (interfejs SPI) oraz – jeśli chcecie skorzystać z czterech przycisków użytkownika – GP2, GP3, GP15 i GP17 (**rysunek 1**). Nadal pozostaje wiele możliwości dołączenia innych układów zewnętrznych (dostępne do użytku są wszystkie piny nieoznaczone na rysunku 1).

Zestawienie połączeń modułu wyświetlacza i odpowiadających im sygnałów zawiera **tabela 2**. Pamiętajmy, że wszystkie te połączenia zostaną wykonane automatycznie po podłączeniu wyświetlacza do modułu Pico. Jeśli macie już w RPi Pico wlutowane złącza, nie ma potrzeby dodatkowego lutowania ani wykonywania połączeń przewodowych.

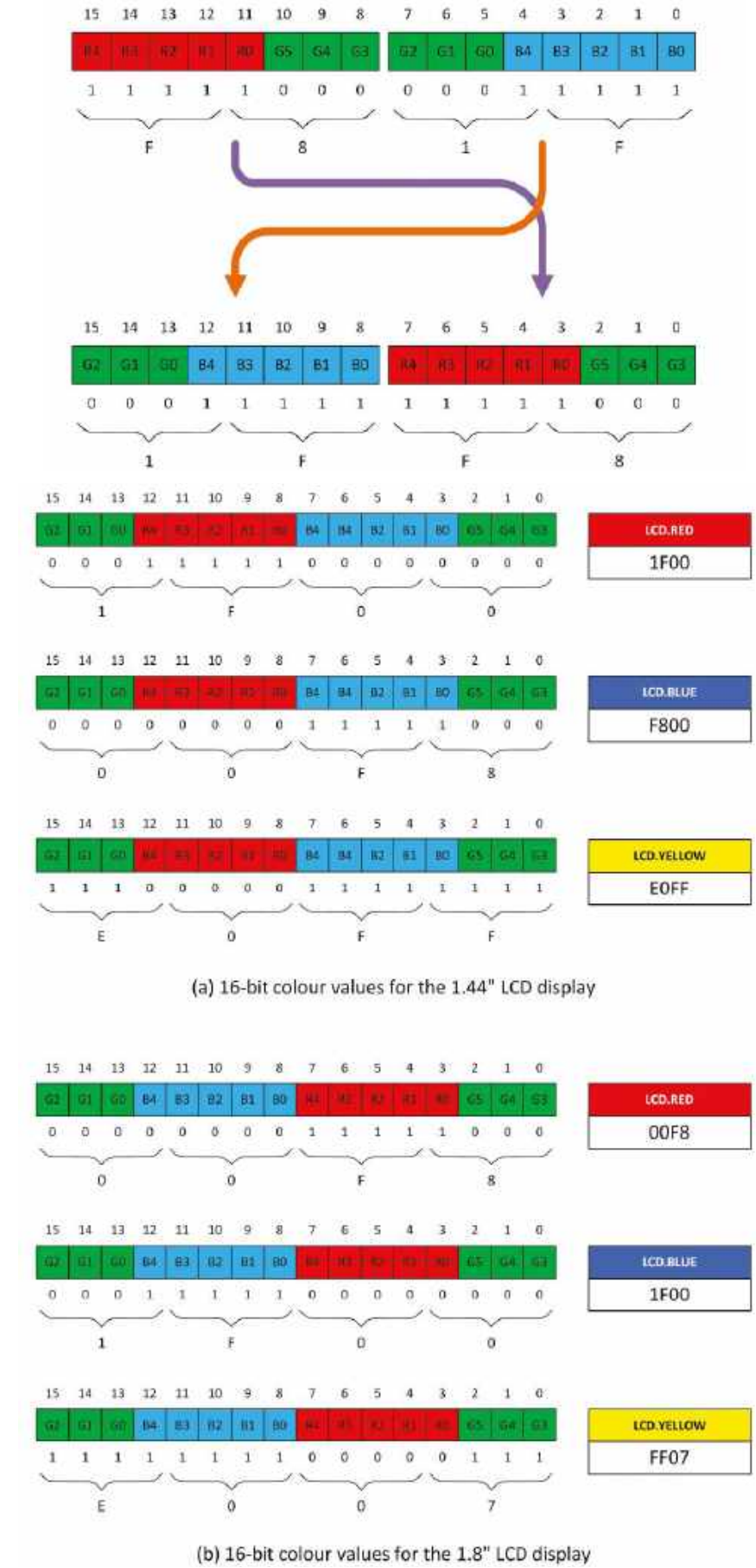
Użycie koloru

Zanim przejdziemy do tematu kolorów, przypomnijmy, że dane obrazu są przed wysłaniem do wyświetlacza LCD

Tabela 1. Tanie wyświetlacze kolorowe LCD firmy Waveshare

Wyświetlacz	Typ	Kolory	Rozdzielczość	Wymiary ekranu	Interfejs	Sterownik	Rozmiar płytki (mm)
Pico-LCD-0.96	IPS	65K	160×80	21,70×10,80	SPI	ST7735S	52,00×25,00
Pico-LCD-1.14	IPS	65K	240×135	24,91×14,86	SPI	ST7789	52,00 × 25,00
Pico-LCD-1.3	IPS	65K	240×240	23,40×23,40	SPI	ST7789	52,00×26,50
Pico-LCD-1.44	TFT	65K	128×128	25,50 × 26,50	SPI	ST7735S	52,00×26,50
Pico-LCD-1.8	TFT	65K	160×128	35,04×28,03	SPI	ST7735S	52,00×34,50
Pico-LCD-2	IPS	65K	320×240	40,80×30,60	SPI	ST7789VW	52,00×35,00
Pico-ResTouch-LCD-2.8	IPS	262K	320×240	57,60 × 43,20	SPI	ST7789	70,20×50,20
Pico-ResTouch-LCD-3.5	IPS	65K	480×320	73,44×48,96	SPI	ILI9488	86,00×57,20

eprasa.pl 8b2d0f1415



Rysunek 2. Dwa różne formaty zapisywania tego samego koloru

przechowywane w pamięci modułu Pico. Za każdym razem, gdy treść wyświetlacza ma ulec zmianie, po odpowiednich poleceniach musi nastąpić wywołanie funkcji `LCD.show()`. Jeśli w kodzie nie umieścimy wywołania tej funkcji, na ekranie nie pojawi się nic nowego. Jest to istotna kwestia, o której łatwo się zapomina.

Kolor można w programie wyrażać na różne sposoby. W większości przypadków najwygodniejsze jest użycie 16-bitowych wartości w kodzie szesnastkowym. Na przykład kolor tła można ustawić poleceniem `LCD.fill()`. Polecenie to ma jeden parametr służący do określenia koloru tła, który jest 16-bitową liczbą z zakresu szesnastkowego 0000... FFFF. Przykładowo `LCD.fill(0x0000)` – albo po prostu `LCD.fill(0)` – ustawia tło czarne, natomiast `LCD.fill(0xFFFF)` służy do ustawienia tła białego.

Użycie wartości szesnastkowych do określenia intensywności kolorów czerwonego, zielonego i niebieskiego (RGB) może być nieco skomplikowane. Moduły Waveshare wykorzystują sprytny sposób kodowania koloru, zaprojektowany w celu zmniejszenia zajętości pamięci. Trzybajtowe wartości koloru (24 bity na piksel) są redukowane do dwóch bajtów (16 bitów), przez co zajętość pamięci zmniejsza się o 33%. Oko ludzkie jest bardziej wrażliwe na kolor zielony niż na inne kolory (czerwony i niebieski), wykorzystano zatem sześć z dostępnych 16 bitów do reprezentowania koloru zielonego, a z bitów pozostałych – po pięć do reprezentowania kolorów czerwonego i niebieskiego. W ten sposób możliwe jest uzyskanie 64 poziomów koloru zielonego oraz 32 poziomów kolorów czerwonego i niebieskiego.

Dane koloru RGB każdego piksela wyświetlacza są przechowywane w sposób, który na pierwszy rzut oka może wydawać się mało logiczny. Sytuację komplikuje fakt, że różne wyświetlacze mogą mieć inne formaty kodowania niż moduły 1,44 cala i 1,8 cala omawiane tutaj. Ich formaty mogą mieć inny układ bitów, co dla każdego modułu wymaga innego zestawu stałych kodujących wartości kolorów. Tę różnicę ilustrują **rysunki 2** i **3**. Jeśli będziecie brać to pod uwagę, wszystko będzie w porządku. Po prostu pamiętajcie, że nie ma uniwersalnego systemu kodowania kolorów.

Rysunek 3. 16-bitowe formaty koloru używane w wyświetlaczach LCD Waveshare o przekątnych 1,44 cala i 1,8 cala. Zwróćmy uwagę na różne wartości szesnastkowe dla identycznych kolorów

eprasa.pl 8b2d0f1415

Tabela 2. Połączenia między modułem Raspberry Pi Pico a wyświetlaczem LCD Waveshare 1,44 cala

RPi Pico	LCD	Funkcja
VSYS	VSYS	Zasilanie (od 3,15 do 5 V)
GND	GND	Masa/0 V
GP2	KEY_2	Przycisk użytkownika 2
GP3	KEY_3	Przycisk użytkownika 3
GP8	LCD_DC	Dane/rozkazy (poziom wysoki: dane; poziom niski: rozkazy)
GP9	LCD_CS	Wybór układu scalonego (aktywny przy niskim poziomie logicznym)
GP10	LCD_CLK	Zegar SPI
GP11	LCD_DIN	Dane SPI
GP12	LCD_RST	Reset (aktywny przy niskim poziomie logicznym)
GP13	LCD_BL	Podświetlenie LCD
GP15	KEY_0	Przycisk użytkownika 0
GP17	KEY_1	Przycisk użytkownika 1

Przypisanie kolorom nazw

Tanie wyświetlacze TFT mogą wyświetlać ogromną gamę kolorów, ale w większości zastosowań wystarcza niewielki ich zestaw. Zamiast używać wartości w kodzie szesnastkowym, warto odwoływać się do symboli oznaczających najczęściej stosowane kolory. W poniższym fragmencie programu zdefiniowano 16 kolorów preferowanych przez autora, przeznaczonych dla modułu wyświetlacza LCD Waveshare 1,44 cala. Każdy użytkownik może jednak określić własne wartości i nazwy kolorów.

```
# Definicje 16 wartosci kolorow dla
# modulu LCD 1,44 cala
self.CYAN       = 0xE0FF
self.BLACK      = 0x0000
self.BLUE       = 0x00F8
self.MAGENTA    = 0x1FF8
self.GREY       = 0x1084
self.GREEN      = 0x0004
self.LIME       = 0xE007
self.MAROON     = 0x1000
self.NAVY       = 0x0080
self.OLIVE      = 0x1004
self.PURPLE     = 0x1080
self.RED        = 0x1F00
self.SILVER     = 0x18C6
self.TEAL       = 0x0084
self.WHITE      = 0xFFFF
self.YELLOW     = 0xFF07
```

Inne sposoby kodowania kolorów

W programach przydają się środki umożliwiające konwersję kolorów z jednego formatu na inny. Dane reprezentujące kolory 24-bitowe (zajmujące trzy bajty) są zwykle określane jako RGB888, ponieważ do przedstawienia każdego z trzech kolorów używa się 8 bitów. Zamiast 24-bitowych wartości szesnastkowych może być wygodniejsze stosowanie liczb dziesiętnych, co określa się jako RGB dec. Reprezentacja 16-bitowa (tylko dwa bajty, jak wspominaliśmy wcześniej) jest określana jako RGB565. **Tabela 3** pokazuje, jak w różnych formatach można przedstawić 16 najczęściej używanych kolorów.

Konwersja kolorów RGB

Do konwersji kolorów RGB dec na kolory RGB565 hex dla wyświetlaczy 1,44 cala i 1,8 cala udostępniliśmy kilka prostych narzędzi w Pythonie. Można je pobrać ze strony internetowej „Practical Electronics” (patrz rozdział „Dalsze informacje”). Choć narzędzia te są proste w użyciu, pomocny może być przykład. Załóżmy, że chcecie na wyświetlaczu Waveshare 1,44 cala wyświetlić kolor złoty (odpowiadający w formacie RGB888 dec wartościom 255,202,0). Te wartości wprowadzone do naszej aplikacji do kodowania kolorów zwrócą wynik w formacie RGB565 o wartości szesnastkowej 5F06. Ten nowy kolor można następnie zdefiniować następująco:

```
LCD.GOLD = 0x5F06
```

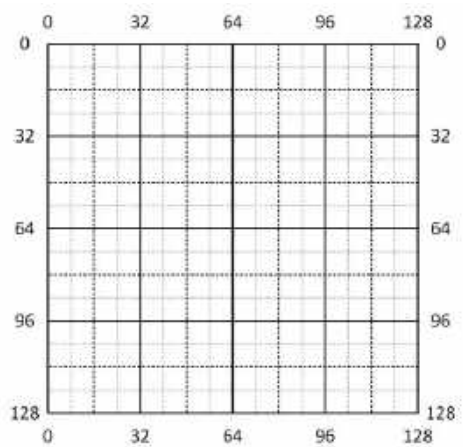
Ewentualnie wystarczy wcześniej umieścić go na liście definicji kolorów jako:

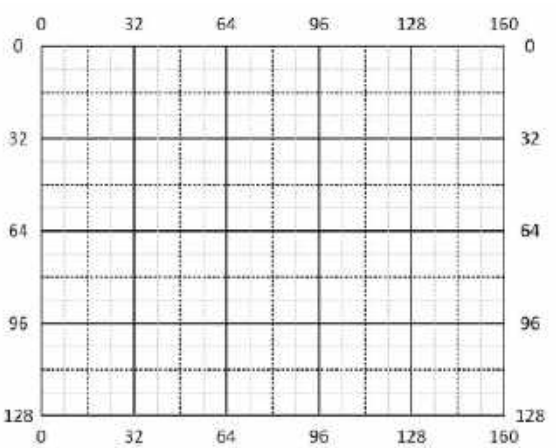
```
self.GOLD = 0x5F06
```

Prawda, że proste?

Ustawianie jasności wyświetlacza

Jak wspominaliśmy, jasność wyświetlacza można regulować przez zmianę współczynnika wypełnienia sygnału PWM podawanego na wejście podświetlenia wyświetlacza. Odbywa się to za pomocą polecenia `pwm.duty_u16()`. Parametr przekazywany do tego polecenia może przyjmować dowolną wartość z zakresu 0...65535 (0xFFFF szesnastkowo), przy czym największa wartość odpowiada jasności maksymalnej. **Listing 1** pokazuje, jak można zmniejszać jasność wyświetlacza od maksymalnej do zerowej





Rysunek 4 (po lewej). Szablon ekranu wyświetlacza LCD 1,44 cala

Rysunek 5 (po prawej). Szablon ekranu wyświetlacza LCD 1,8 cala

eprasa.pl 8b2d0f1415

i odwrotnie. Program ten zakłada, że zaimportowano wymagane biblioteki (Pin i utime) oraz że w kodzie zostały umieszczone definicje używanych kolorów (patrz „Dalsze informacje").

Format wyświetlania

Przed przystąpieniem do projektowania układu grafiki na wyświetlaczu LCD należy zapoznać się z parametrami, których będziemy używać. Weźmy na przykład wyświetlacz LCD o przekątnej 1,44 cala, który składa się z matrycy 128×128 pikseli. Każdy piksel można zidentyfikować poprzez jego numer kolumny (oś x) i numer wiersza (oś y). Zatem współrzędne piksela w lewym górnym rogu ekranu (kolumna 0, wiersz 0) wynoszą (0,0). Aby ustawić kolor tego piksela na biały (0xFFFF), należy użyć:

```
LCD.pixel(0,0,0xFFFF)
# Bialy piksel w lewym gornym rogu
```

Analogicznie, aby ustawić czarny piksel dokładnie w środku (64,64) 1,44-calowego wyświetlacza LCD, używamy:

```
LCD.pixel(64,64,0x0000)
# Czarny piksel na srodku
```

Wyświetlacz o przekątnej 1,44 cala ma rozdzielczość 128×128 pikseli, więc całkowita liczba pikseli wynosi 16 384. Przy dwóch bajtach danych o kolorze przypisanych do każdego piksela do przechowywania danych całego ekranu potrzeba zatem 32 768 bajtów pamięci. Aby wam pomóc w tworzeniu własnych układów ekranu, udostępniliśmy szablony dla wyświetlaczy LCD o przekątnej 1,44 cala i 1,8 cala. Można je pobrać w formacie PDF i wydrukować (patrz rozdział „Dalsze informacje").

Wyświetlanie tekstu

W przypadku tanich wyświetlaczy LCD wykorzystuje się zwykle czcionkę 8×8, więc każdy wyświetlany znak zajmuje 64 piksele. W przypadku wyświetlacza o przekątnej 1,44 cala w jednym wierszu tekstu może wystąpić maksymalnie 16 znaków. W przypadku modułu o przekątnej 1,8 cala liczba ta wzrasta do 20 znaków. Aby przykładowo wyświetlić w kolorze białym tekst „WITAJ, RPi PICO!", zaczynając od lewego górnego rogu ekranu (0,0), można użyć instrukcji:

```
LCD.text(„WITAJ, RPi PICO!",0,0,LCD.WHITE)
```

Te 16 znaków tekstu dokładnie wypełni cały górny wiersz wyświetlacza 1,44 cala.

Listing 1. Przyciemnianie wyświetlacza

```
# Przyciemnianie wyswietlacza
LCD.fill(LCD.RED) # Czerwone tlo
LCD.text("JASNOSC >>>>",16,48,LCD.WHITE)
pwm = PWM(Pin(BL))
pwm.freq(1000)
intensity = 0xFFFF  # Rozpocznij od maksymalnej jasnosci
for i in range(16): # Przyciemnianie
    pwm.duty_u16(intensity)
    intensity -= 0x0FFF
    LCD.show()
    utime.sleep(0.25)
for i in range(16): # Rozjasnianie
    pwm.duty_u16(intensity)
    intensity += 0x0FFF
    LCD.show()
    utime.sleep(0.25)
# Powiadomienie o zakonczeniu
pwm.duty_u16(0xFFFF)
LCD.fill(LCD.BLACK)
LCD.text("Zakonczono!",24,48,LCD.WHITE)
LCD.show()
```

Listing 2. Przewijanie tekstu

```
# Przewijanie komunikatu
def scroll(my_string,xpos,ypos,colour):
    x = 0
    while x < len(my_string):
        char = my_string[x]
        LCD.text((my_string)[x],xpos,ypos,colour)
        LCD.show()
        utime.sleep(0.2)
        x += 1
        xpos = xpos + 8

# Przewijaj komunikat
x = 0
xpos = 0
ypos = 16
scroll("Prosze czekac >",8,48,LCD.WHITE)
utime.sleep(4)
# Powiadomienie o zakonczeniu
pwm.duty_u16(0xFFFF)
LCD.fill(LCD.BLACK)
LCD.text("Zakonczono!",24,48,LCD.WHITE)
LCD.show()
```

Zauważmy, że w tym przykładzie użyliśmy wartości koloru zdefiniowanej wcześniej (LCD.WHITE). Zamiast tego mogliśmy również napisać:

```
LCD.text(„WITAJ, RPi PICO!",0,0,0xFFFF)
```

Przewijanie tekstu

Tekst na wyświetlaczu można łatwo przewijać. Patrz **listing 2**.

Linie proste i prostokąty

Linie i prostokąty można łatwo tworzyć, jak w poniższych przykładach.

1. Rysujemy żółtą linię o grubości 1 piksela od punktu (32,32) do punktu (64,96):

```
LCD.line(32,32,64,96,LCD.YELLOW)
```

2. Rysujemy czerwonymi liniami prostokąt zaczynający się od punktu (16,16), o szerokości 96 pikseli i wysokości 16 pikseli:

```
LCD.rect(16,16,96,16,LCD.RED)
```

3. Rysujemy prostokąt wypełniony na zielono, zaczynający się od punktu (0,48), o szerokości 112 pikseli i wysokości 16 pikseli:

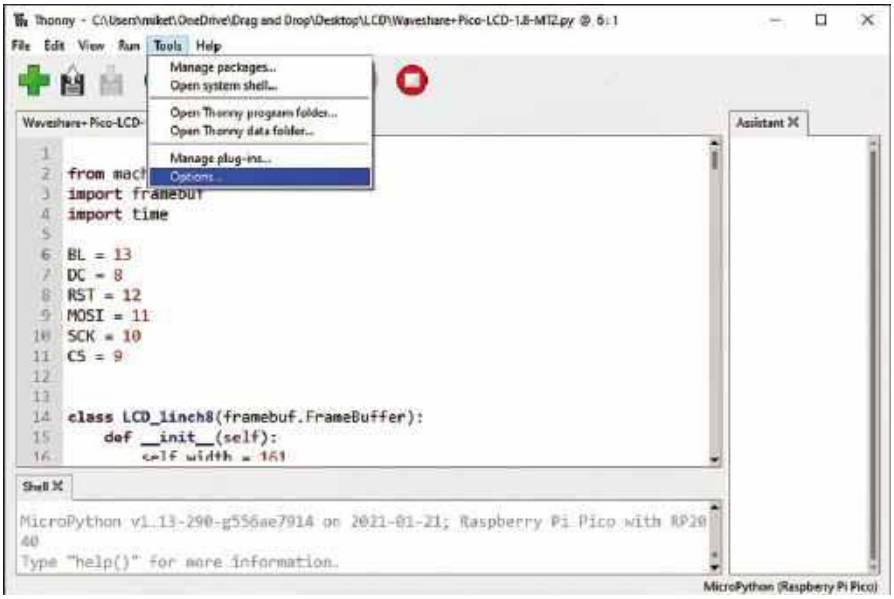
```
LCD.fill_rect(0,48,112,16,LCD.GREEN)
```

Inne przykłady, opatrzone odpowiednimi komentarzami, można pobrać ze strony internetowej „Practical Electronics" (patrz „Dalsze informacje").

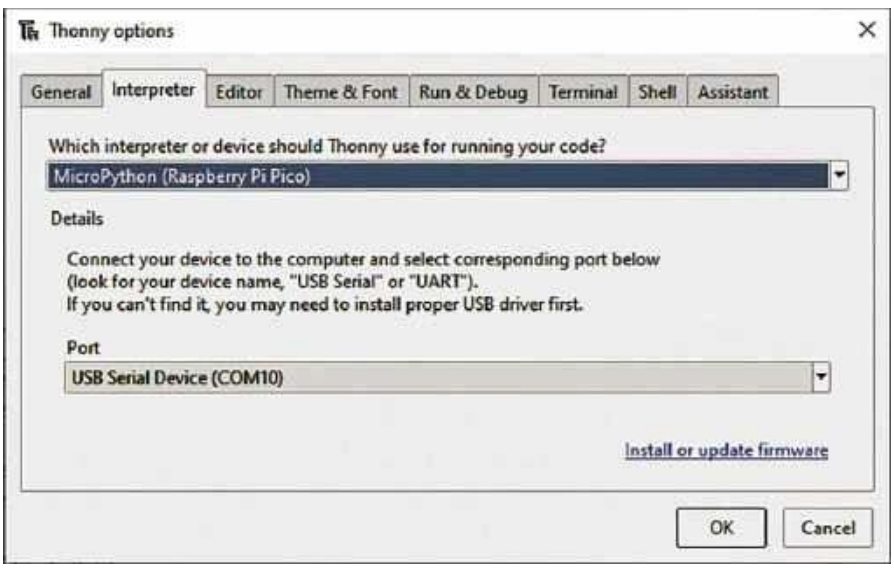
Przyciski użytkownika

Atutem wyświetlacza Waveshare 1,44 cala są cztery przyciski, którym można przypisać funkcje zdefiniowane przez użytkownika. Przyciski te (key0... key3) są podłączone do linii GP2, GP3, GP15 i GP17, a ich funkcje można zdefiniować w programie zawierającym poniższe instrukcje:

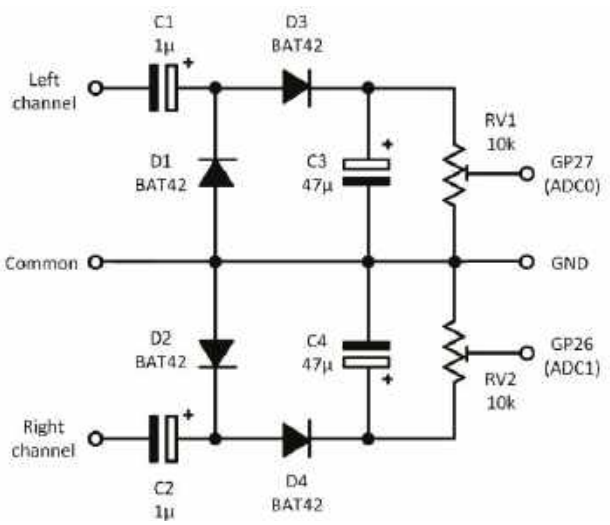
eprasa.pl 8b2d0f1415



Zrzut 1. Wybór podmenu Opcje z głównego paska menu w programie Thonny



Zrzut 2. Wybór interpretera oraz portu USB



Rysunek 6. Schemat detektora poziomu sygnału

```
# Konfiguracja przyciskow
key0 = Pin(15,Pin.IN,Pin.PULL_UP)
key1 = Pin(17,Pin.IN,Pin.PULL_UP)
key2 = Pin(2,Pin.IN,Pin.PULL_UP)
key3 = Pin(3,Pin.IN,Pin.PULL_UP)
```

Zauważmy, że w stanie aktywnym przyciski wymuszają stan niski i dlatego na wejściach zostały uaktywnione rezystory podciągające (parametr `Pin.PULL_UP`). Po zdefiniowaniu przycisków można sprawdzać ich stan.

Listing 3 to kompletny przykład typowego wykorzystania przycisków do uruchamiania różnych funkcji z wyświetlaniem wyników na ekranie LCD. Przykład można pobrać ze strony internetowej „Practical Electronics" (patrz rozdział „Dalsze informacje").

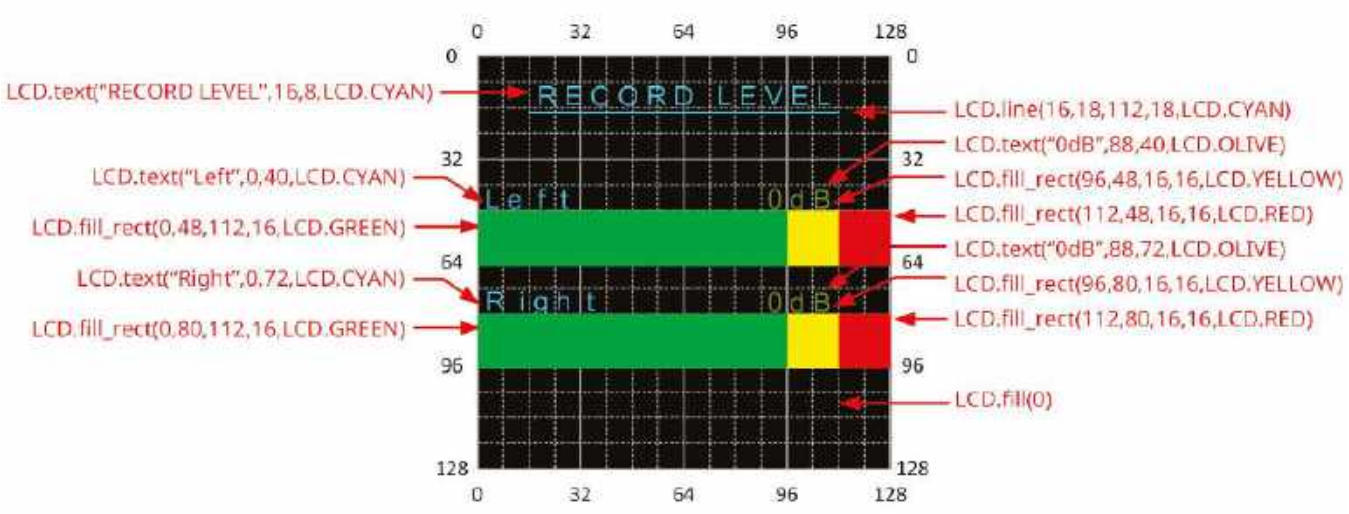
Wskaźnik wysterowania na RPi Pico

Podsumowując temat, pokażemy, jak użyć skromnego modułu RPi Pico z 1,44-calowym wyświetlaczem kolorowym LCD w roli analogowego wskaźnika wysterowania. Do tradycyjnej realizacji takiego układu potrzebne byłyby dwa mierniki z ruchomą cewką – jeden dla kanału lewego, jeden dla prawego. Do tego zadania doskonale nada się jednak kolorowy wyświetlacz LCD, ponieważ wygląd i działanie takiego wskaźnika będzie można wówczas łatwo zaprogramować w zaledwie paru wierszach kodu.

Jeśli nie macie jeszcze zainstalowanego środowiska programistycznego, musicie pozyskać kopię programu Thonny (patrz rozdział „Dalsze informacje"). Instrukcje dotyczące instalacji i uruchamiania programu Thonny z modułem RPi Pico pojawiły się w „Practical Electronics" w maju 2022 r. („Dalsze informacje"). Wystarczy podłączyć kabel USB, a następnie z paska menu programu Thonny wybrać opcję Tools and Options (patrz **zrzut 1**). Następnie wybieramy interpreter RPi Pico i odpowiedni port USB (patrz **zrzut 2**). Najlepiej zacząć od kodu przykładowego, który udostępniliśmy na stronie internetowej Practical Electronics („Dalsze informacje"). Przenosimy kod do wybranego katalogu, otwieramy go w programie Thonny, a następnie klikamy ikonę „Run" (zielona strzałka w kółku).

Wskaźnik wysterowania używa dwóch kanałów analogowych Pico (ADC0 i ADC1). Muszą być do nich doprowadzone przebiegi z układu prostego detektora (**rysunek 6**), który przekształca sygnał audio o niskim poziomie na napięcie stałe odpowiadające jego wartości szczytowej. Elementy detektora

eprasa.pl 8b2d0f1415



Rysunek 7. Układ grafiki na ekranie, sporządzony przy wykorzystaniu szablonu z rysunku 4

Listing 3. Wskaźnik temperatury

```
# Skonfiguruj kanaly wejsc analogowych i czujnik temperatury
analog_input = machine.ADC(26)# GP26 w Pico jest przypisany do ADC0
sensor_temp = machine.ADC(4)      # Czujnik temperatury w Pico
start = utime.ticks_ms()

def handle_key1():
    # Odczyt danych z wejscia analogowego
    data = analog_input.read_u16()
    # Konwersja danych na napiecie i wyswietlanie wyniku
    LCD.fill(LCD.BLUE)
    LCD.text("WEJSCIE ANALOG.",6,16,LCD.YELLOW)
    LCD.text("ADC(0)",40,32,LCD.YELLOW)
    LCD.line(0,56,127,56,LCD.YELLOW)
    LCD.text(str(convert_voltage(data)) + " V",20,64,LCD.WHITE)
    LCD.line(0,80,127,80,LCD.YELLOW)
    LCD.show()
    utime.sleep(2)
    LCD.fill(0)

def handle_key2():
    now = utime.ticks_ms()
    elapsed = utime.ticks_diff(now, start)
    LCD.fill(LCD.NAVY)
    LCD.text("uplynelo",18,16,LCD.YELLOW)
    LCD.line(0,56,127,56,LCD.YELLOW)
    LCD.text(str(elapsed) + " ms",32,64,LCD.WHITE)
    LCD.line(0,80,127,80,LCD.YELLOW)
    LCD.show()
    utime.sleep(2)
    LCD.fill(0)

def handle_key3():
    LCD.fill_rect(0,0,16,128,LCD.RED)
    LCD.fill_rect(16,0,32,128,LCD.BLUE)
    LCD.fill_rect(32,0,48,128,LCD.LIME)
    LCD.fill_rect(48,0,64,128,LCD.YELLOW)
    LCD.fill_rect(64,0,80,128,LCD.CYAN)
    LCD.fill_rect(80,0,96,128,LCD.MAGENTA)
    LCD.fill_rect(96,0,112,128,LCD.MAROON)
    LCD.fill_rect(112,0,128,128,LCD.PURPLE)
    LCD.show()
    utime.sleep(2)
    LCD.fill(0)

def get_temperature():
    reading = sensor_temp.read_u16() * 0.0000504
    temperature = 27 - (reading - 0.706)/0.001721
    temperature = round(temperature, 2)
    return temperature

def convert_voltage(data):
    voltage = (data - 336) * (3.3 / 65198)
    return voltage
```

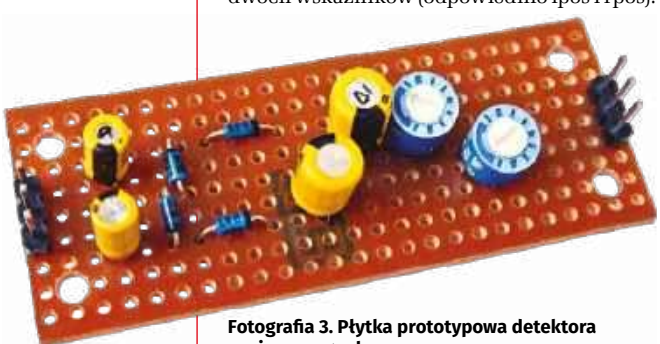
można zmontować na małej płytce prototypowej. Rozmieszczenie elementów i połączenia nie są szczególnie krytyczne, ale jeśli gniazda wejściowe sygnału znajdują się daleko od detektora, warto użyć kabla ekranowanego.

Podłączamy kabel USB i z paska menu programu Thonny (zrzut 1) wybieramy opcję Tools and Options. Następnie wybieramy interpreter RPi Pico i port USB (zrzut 2). Po wykonaniu tych czynności można przesłać program, klikając w programie Thonny ikonę „Run".

Program

W projekcie tego typu warto zacząć od naszkicowania wymaganego układu graficznego wyświetlacza i zidentyfikowania wszystkich funkcji, które będą wyświetlane (**rysunek 7**). Mogą być pomocne załączone szablony ekranu.

Tworzenie programu miernika poziomu sygnału jest proste. Wykorzystujemy wejścia ADC0 i ADC1 modułu RPi Pico do odczytu odpowiednio lewego i prawego kanału. Wejścia te są przypisane odpowiednio do pinów GP26 i GP27 modułu. Wartości z przetwornika ADC (left_data i right_data) wyznaczają odchylenia wzdłuż osi poziomej dwóch wskaźników (odpowiednio lpos i rpos).



Fotografia 3. Płytka prototypowa detektora poziomu sygnału

eprasa.pl 8b2d0f1415

Listing 4. Wskaźnik wysterowania

```
# Wskaznik wysterowania
LCD.fill(0)    # Wyczysc wyswietlacz LCD na czarno
LCD.show()
scale = 184      # Wspolczynnik skalowania poziomu sygnalu
delay = 0.1      # Opoznienie 100 ms miedzy odczytami
while True:
    # Pozycje lewego i prawego wskaznika
    left_input = machine.ADC(26)   # GP26 w Pico jest przypisany do ADC0
    right_input = machine.ADC(27) # GP27 w Pico jest przypisany do ADC1
    left_data = left_input.read_u16()
    right_data = right_input.read_u16()
    lpos = int(left_data / scale) # Konwersja float na int
    rpos = int(right_data / scale)
    # Opisy miernika
    LCD.text("POZIOM SYGNALU",16,8,LCD.CYAN)
    LCD.line(16,18,112,18,LCD.CYAN)
    LCD.text("Lewy",0,40,LCD.CYAN)
    LCD.text("Prawy",0,72,LCD.CYAN)
    LCD.text("0dB",88,40,LCD.OLIVE)
    LCD.text("0dB",88,72,LCD.OLIVE)
    # Dwa obszary zielone
    LCD.fill_rect(0,48,112,16,LCD.GREEN)
    LCD.fill_rect(0,80,112,16,LCD.GREEN)
    # Dwa obszary zolte
    LCD.fill_rect(96,48,16,16,LCD.YELLOW)
    LCD.fill_rect(96,80,16,16,LCD.YELLOW)
    # Dwa obszary czerwone
    LCD.fill_rect(112,48,16,16,LCD.RED)
    LCD.fill_rect(112,80,16,16,LCD.RED)
    # Wskaznik lewego kanalu
    LCD.line(lpos,46,lpos,66,LCD.WHITE)
    # Wskaznik prawego kanalu
    LCD.line(rpos,78,rpos,98,LCD.WHITE)
    # Wyswietlanie tarczy miernika
    LCD.show()
    utime.sleep(delay)
    LCD.fill(0)
```



Fotografia 4. Zbliżenie na ekran wyświetlacza



Fotografia 5. Uruchomiony wskaźnik wysterowania na RPi Pico. Cztery przyciski mogą służyć do różnych funkcji, takich jak przyciemnianie wyświetlacza lub zmiana jego wyglądu

Tabela 3. Porównanie kodowania koloru

Kolor (uwaga 1)	RGB888 hex (24-bit)	RGB dec (24-bit)	RGB565 hex (16-bit) (uwaga 1)	Nazwa koloru LCD (uwaga 2)
Turkusowy	0x00FFFF	0,255,255	0xFF07	LCD.AQUA
Czarny	0x000000	0,0,0	0x0000	LCD.BLACK
Niebieski	0x0000FF	0,0,255	0x1F00	LCD.BLUE
Fuksja	0xFF00FF	255,0,255	0x1FF8	LCD.FUCHSIA
Szary	0x808080	128,128,128	0xEF7B	LCD.GRAY
Zielony	0x008000	0,128,0	0xE003	LCD.GREEN
Jasnozielony	0x00FF00	0,255,0	0xE007	LCD.LIME
Bordowy	0x800000	128,0,0	0x0078	LCD.MAROON
Granatowy	0x000080	0,0,128	0x0F00	LCD.NAVY
Oliwkowy	0x808000	128,128,0	0xE07B	LCD.OLIVE
Fioletowy	0x800080	128,0,128	0x0F78	LCD.PURPLE
Czerwony	0xFF0000	255,0,0	0x00F8	LCD.RED
Srebrny	0xC0C0C0	192,192,192	0xF7BD	LCD.SILVER
Turkus	0x008080	0,128,128	0xEF03	LCD.TEAL
Biały	0xFFFFFF	255,255,255	0xFFFF	LCD.WHITE
Żółty	0xFFFF00	255,255,0	0xE0FF	LCD.YELLOW

Uwagi: 1. Wartości dla modułu LCD Waveshare 1,8 cala; 2. Nazwy kolorów mogą być inne.

eprasa.pl 8b2d0f1415

Tabela 4. Dalsze kroki z tanimi wyświetlaczami kolorowymi LCD i modułem RPi Pico

Temat	Źródło	Uwagi
Moduły RPi Pico	Wielu dostawców: na przykład The Pi Hut (www.thepihut.com), który oferuje płytki RPi Pico ze złączami i bez złączy	Płytki ze złączami są droższe od tych bez złączy. Aby samodzielnie przylutować złącza, konieczna jest umiejętność lutowania!
RPi Pico, MicroPython i Thonny	KickStart, część 8 („Practical Electronics”, maj 2022 r.) zawiera ogólne wprowadzenie do RPi Pico oraz szczegółowe informacje na temat instalacji oprogramowania układowego MicroPython oraz programowania przy użyciu MicroPython i Thonny.	Archiwalne numery PE można znaleźć na stronie https://bit.ly/pe-backissues
Moduły wyświetlaczy do RPi	Część 38 popularnej serii Make it with Micromite autorstwa Phila Boyce’a („Practical Electronics”, sierpień 2022 r.) zawiera przydatne informacje na temat wyboru i użytkowania różnych typów wyświetlaczy do RPi (w tym większych modułów Waveshare o przekątnych 2,8 cala i 3,5 cala oraz rozdzielczości odpowiednio 320×240 i 480×320).	Archiwalne numery Practical Electronics można znaleźć na stronie https://bit.ly/pe-backissues
1,44-calowy wyświetlacz Pico LCD	Dokumentacja i programy demonstracyjne (w tym sterownik wyświetlacza) są dostępne pod adresem https://bit.ly/pe-oct23-144	
1,8-calowy wyświetlacz Pico LCD	Dokumentacja i programy demonstracyjne (w tym sterownik wyświetlacza) są dostępne na stronie https://bit.ly/pe-oct23-18	
Sterownik i kod przykładowy	Sterownik i przykładowy kod dla wyświetlaczy LCD Waveshare o przekątnej 1,44 cala i 1,8 cala są dostępne do pobrania na stronie internetowej „Practical Electronics”: https://bit.ly/pe-downloads	Narzędzia do konwersji kolorów RGB i szablony układu w formacie PDF są dostępne na stronie internetowej Practical Electronics: https://bit.ly/pe-downloads
MicroPython i Thonny	Najnowsza dokumentacja dotycząca MicroPython jest dostępna pod adresem https://docs.micropython.org/en/latest/ Najnowsze wersje Thonny dla systemów Windows, macOS i Linux są dostępne na stronie www.thonny.org	
Książki dotyczące RPi Pico	Oficjalnym przewodnikiem po RPi Pico jest książka „Początki z MicroPythonem na Raspberry Pi Pico” autorstwa Garetha Halfacree i Bena Everarda (ISBN 978-1-912-04786-4). Zawiera ona wprowadzenie do RPi Pico, a ponadto opisuje różne proste projekty dla początkujących, wykorzystujące Thonny. „Programowanie Pico – naucz się programowania i elektroniki z Raspberry Pi Pico” (ISBN 979-8-464-88217-1) – kolejna doskonała książka wprowadzająca autorstwa Simona Monka.	Obie książki są przeznaczone dla całkowicie początkujących i zakładają niewielką wiedzę z zakresu elektroniki i programowania.
Wyświetlacze kolorowe LCD Waveshare	Szczegółowe informacje na temat wszystkich wyświetlaczy Waveshare można znaleźć na stronie: https://bit.ly/pe-oct23-wave	Szeroki asortyment wyświetlaczy kolorowych LCD Waveshare jest dostępny u dostawców internetowych.
Projekty RPi Pico	https://bit.ly/pe-may22-pico1	Przydatny przewodnik dla początkujących. Pokazuje, jak podłączyć RPi Pico do komputera, zainstalować środowisko programistyczne Thonny i napisać w MicroPythonie program migający diodą LED.

Następnie w pamięci buforowej tworzone są dane do wyświetlacza, zaczynając od tekstu opisu, a kończąc na kolorowych skalach miernika. W miejscach określonych przez lpos i rpos są rysowane wskaźniki. Następnie zawartość bufora jest wysyłana do wyświetlacza. Po jednej dziesiątej sekundy cały proces jest powtarzany i pozycje wskaźników są aktualizowane. Wszystko ilustruje program przedstawiony na **listingu 4**.

Elementy

Do zbudowania wskaźnika wysterowania potrzebne będą następujące podzespoły:

- płytka uniwersalna z paskami miedzi (9 pasków po 25 otworów)
- 2 listwy goldpin 3-stykowe
- 2 miniaturowe potencjometry 10 kΩ (RV1 i RV2)
- 2 kondensatory elektrolityczne 1 µF 35 V (C1 i C2)
- 2 kondensatory elektrolityczne 47 µF 25 V (C3 i C4)
- 4 diody Schottky’ego BAT42 (D1...D4)

Dalsze informacje

W niniejszym rozdziale wymieniono szereg źródeł, które pomogą wam uzyskać informacje przydatne przy wykorzystaniu wyświetlacza LCD z modułem Raspberry Pi Pico. Podano też linki do odpowiednich informacji podstawowych i not katalogowych producentów. ■

Mike Tooley

Przypis redaktora: W polskiej wersji listingów przetłumaczono komentarze i komunikaty ekranowe, stosując w kodzie wyłącznie znaki ASCII. Długość komunikatów dostosowano do rozdzielczości wyświetlacza i czcionki 8×8 pikseli, zachowując funkcjonalność oryginalnych programów.

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „Practical Electronics”, październik 2023 (www.epemag3.com)

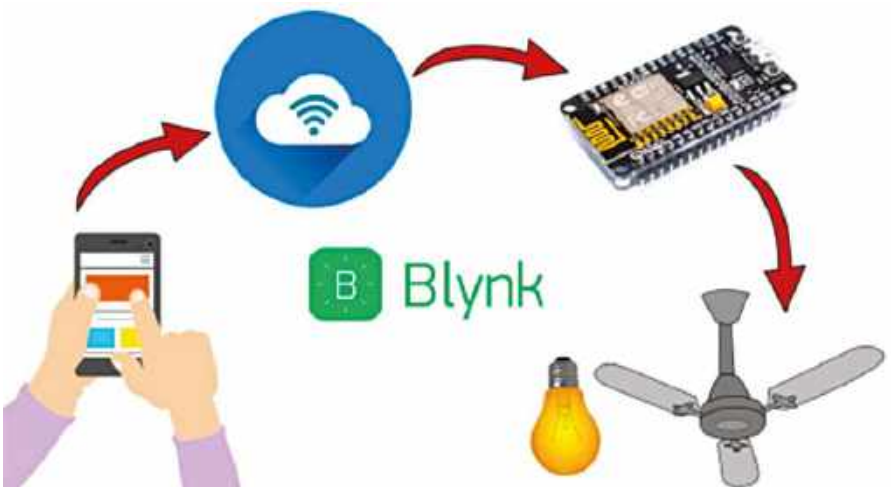
eprasa.pl 8b2d0f1415

Inteligentny system automatyki domowej z zastosowaniem ESP8266 NodeMCU

Inteligentna automatyka domowa oparta na IoT pozwala właścicielom domów wygodnie sterować urządzeniami za pomocą smartfonów i laptopów. Urządzenia i światła często pozostają włączone niepotrzebnie, co powoduje znaczne straty energii.

Wdrożenie automatyki domowej i inteligentnych technologii może zautomatyzować działania sprzyjające oszczędzaniu energii, takie jak wyłączanie świateł lub urządzeń elektronicznych, gdy nie są używane. Inteligentna automatyka domowa umożliwia właścicielom domów monitorowanie urządzeń nawet podczas ich nieobecności.

Technologia inteligentnego domu może poprawić ogólną jakość życia poprzez uproszczenie codziennych zadań i zmniejszenie stresu. Na przykład zautomatyzowane oświetlenie i żaluzje mogą stworzyć bardziej komfortowe i przyjemne warunki życia. Cel tego systemu został zilustrowany na schemacie blokowym pokazanym na **rysunku 1**. Elementy użyte w systemie automatyki są wymienione w **tabeli 1**.



Rysunek 1. Schemat blokowy projektu

Schemat układu

Schemat inteligentnego systemu automatyki domowej pokazano na **rysunku 2**. Najważniejszym elementem jest moduł ESP8266 (MOD1), inne to czterokanałowy moduł przekaźników (MOD2) i kilka zworek. Do zasilania systemu zastosowano baterię 5 V. Połączenia między ESP8266 a wejściami przekaźników podano w **tabeli 2**, natomiast połączenia między modułem przekaźników a obciążeniem (żarówką lub wentylatorem) podano w **tabeli 3**.

Projekt panelu sterowania z zastosowaniem Blynk Cloud

Mając już wszystkie elementy, możemy zacząć tworzyć nasz inteligentny system automatyki domowej oparty na IoT – projekt panelu sterowania przy użyciu Blynk Cloud. Najpierw utwórz BLYNK_TEMPLATE_ID, BLYNK_TEMPLATE_NAME

Tabela 1. Wykaz elementów

Nazwa elementu	Liczba sztuk	Opis
ESP8266 (MOD1)	1	programowalny moduł sterujący
Czterokanałowy moduł przekaźników (MOD2)	1	moduł wykonawczy do załączania obciążenia zasilanego z sieci 230 V AC
Przewody połączeniowe męski-żeński	10	przewody do wykonania połączeń pomiędzy modułami
Akumulator/zasilacz 5 V	1	źródło zasilania

Tabela 2. Połączenia między ESP8266 i modułem przekaźnika

ESP8266 (MOD1)	Wyprowadzenie modułu przekaźnika
ESP8266 Pin D1	IN0 (kanał 0 modułu przekaźnika)
ESP8266 Pin D2	IN1 (kanał 1 modułu przekaźnika)
ESP8266 Pin D5	IN2 (kanał 2 modułu przekaźnika)
ESP8266 Pin D6	IN3 (kanał 3 modułu przekaźnika)
VCC ESP8266	VCC modułu przekaźnika
GND ESP8266	GND modułu przekaźnika

Tabela 3. Połączenia między przekaźnikiem a obciążeniem

Wyprowadzenie przekaźnika	Sposób podłączenia
Styk COM modułu przekaźnika	Podłączony do linii fazowej zasilania 230V AC
Styk N/O (normalnie otwarty) modułu przekaźnika	Podłączony do jednego zacisku każdej lampy
Styk N/C (normalnie zwarty) modułu przekaźnika	Niepodłączony. Linia neutralna zasilania 230 V AC jest podłączona bezpośrednio do drugiego zacisku każdej lampy

eprasa.pl 8b2d0f1415

i BLYNK_AUTH_TOKEN, wykonując następujące kroki:

Krok 1. Odwiedź stronę https://blynk.io/ i zakończ proces rejestracji. Otrzymasz identyfikator użytkownika i hasło.

Krok 2. Zaloguj się do Blynk Cloud na laptopie przy użyciu wygenerowanego identyfikatora użytkownika i hasła. Kliknij opcję „create new template", a następnie wybierz „web dashboard". Na **rysunku 3** pokazano tworzenie szablonu w Blynk, a na **rysunku 4** dodawanie komponentów do panelu sterowania Blynk.

Krok 3. Z Widget Box przeciągnij przełącznik i suwak zgodnie z wymaganiami aplikacji (potrzebujemy przełączników). Kliknij ustawienia przełącznika (patrz znak strzałki). W Switch Setting utwórz DataStream dla przełącznika, nazwij go „Fan", wybierz Pin V0 dla przełącznika wentylatora i kliknij Save. Pusty panel sterowania pokazano na **rysunku 5**, a na **rysunku 6** przedstawiono ustawienia przełącznika Blynk.

Po zapisaniu ustawień ustaw parametry zgodnie z fragmentem kodu pokazanym na **rysunku 9**. Dodaj w ten sam sposób drugi przełącznik, zmieniając jego nazwę na „Light" i przypisując mu pin V1. Na **rysunku 7** pokazano nadawanie nazw przełącznikom w Blynk.

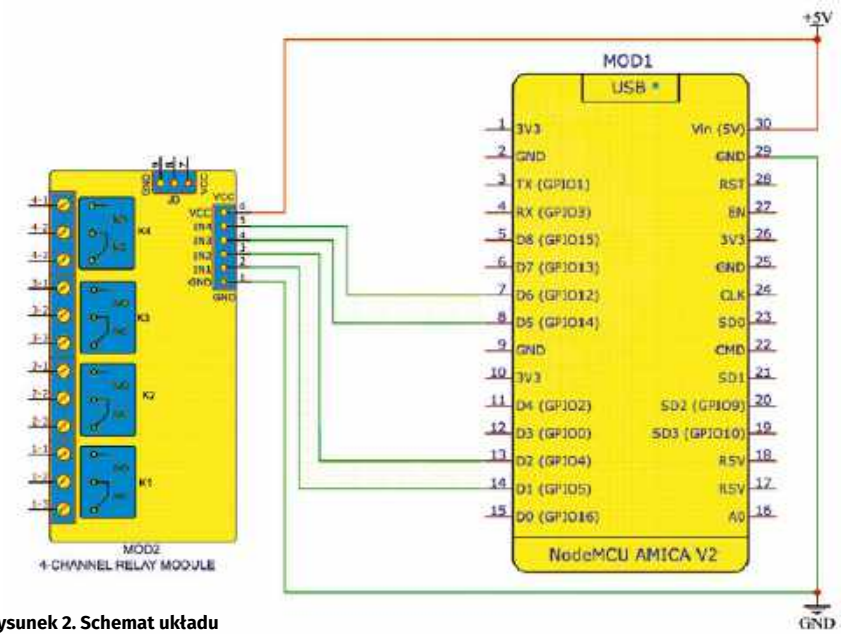
Po zakończeniu projektowania szablonu dodaj go do systemu, wybierz opcję utworzenia urządzenia z szablonu i podaj ścieżkę do utworzonego szablonu. Zostanie wygenerowany komunikat o utworzeniu nowego urządzenia, podający BLYNK_TEMPLATE_ID, BLYNK_TEMPLATE_NAME,

Skopiuj BLYNK_AUTH_TOKEN i dodaj go do programu.

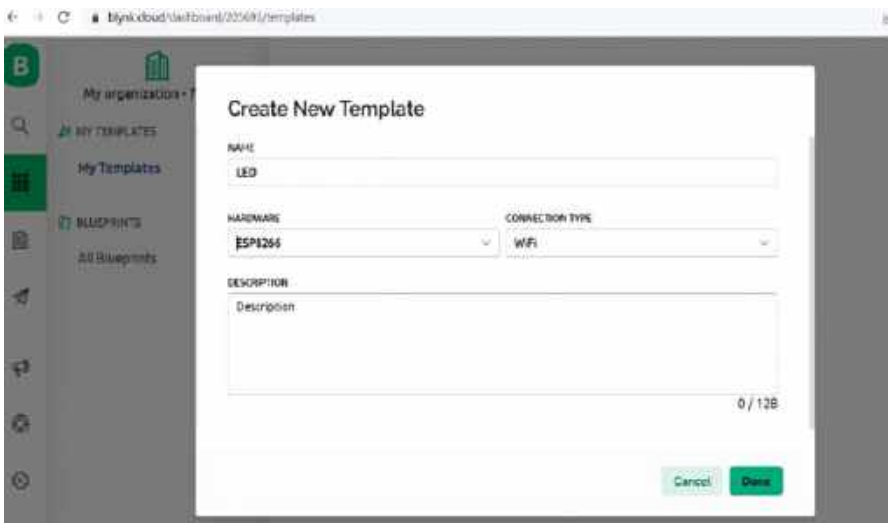
Na koniec pobierz aplikację Blynk IoT ze Sklepu Play na telefon z systemem Android i utwórz w niej panel sterowania. Widok aplikacji Blynk w telefonie pokazano na **rysunku 8**.

Programowanie

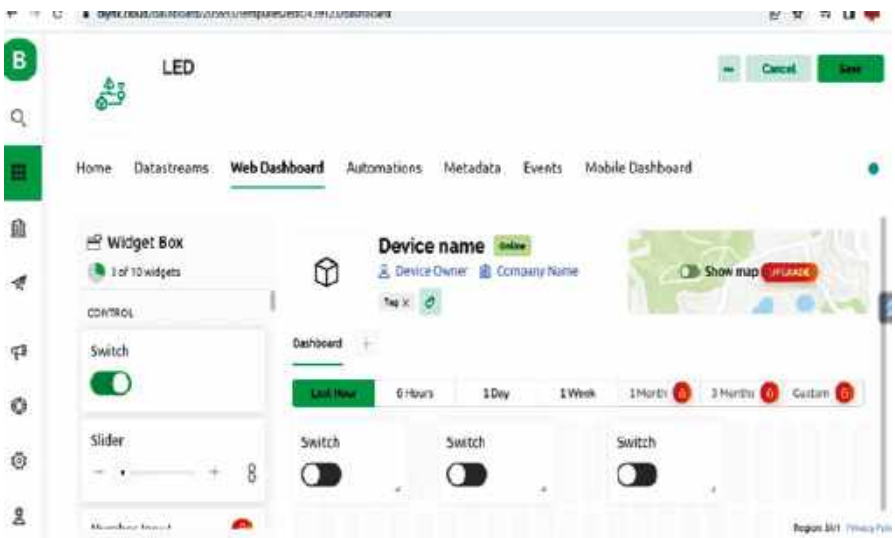
Teraz należy rozpocząć programowanie ESP8266, korzystając ze środowiska Arduino IDE. Pierwszym krokiem potrzebnym do podłączenia płytki ESP8266 do laptopa jest zainstalowanie sterowników CP210X USB to UART Bridge VCP. Skopiuj BLYNK_TEMPLATE_ID, BLYNK_TEMPLATE_NAME, BLYNK_AUTH_TOKEN z utworzonego urządzenia w Blynk, a następnie dołącz bibliotekę Blynk i bibliotekę ESP8266, jak we fragmencie kodu na **listingu 1**.



Rysunek 2. Schemat układu

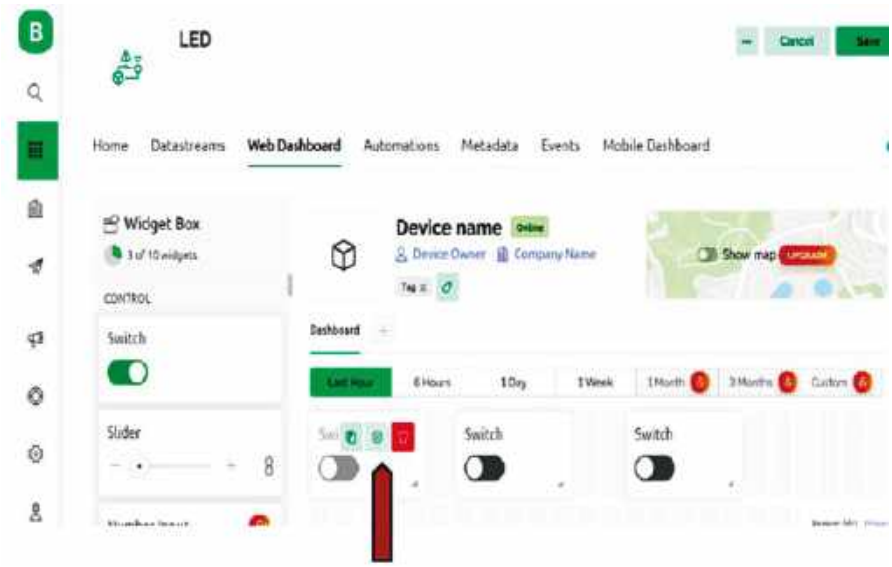


Rysunek 3. Tworzenie szablonu w Blynk

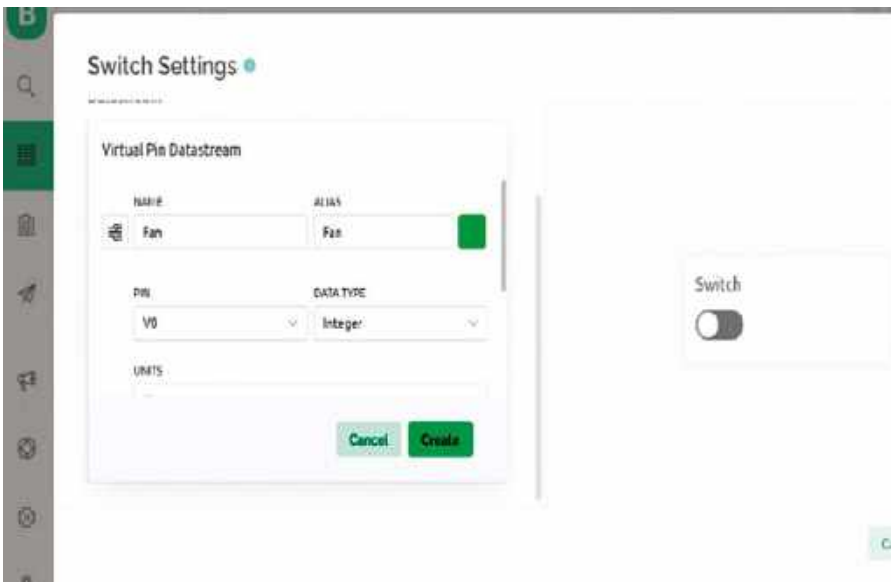


Rysunek 4. Dodawanie komponentów do panelu sterowania Blynk

eprasa.pl 8b2d0f1415



Rysunek 5. Panel sterowania Blynk



Rysunek 6. Ustawienia przełącznika Blynk



Rysunek 7. Nadawanie nazwy przełącznikowi w Blynk



Rysunek 8. Telefon z działającą aplikacją Blynk

```
#Listing 1. Kod ustawiający SSID
i BLYNK auth

#define BLYNK_TEMPLATE_ID
"TMPL30ivTLQ9v"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "LED"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "_
f6ZWfUM3gYyntxJ65_EOUH0ELIxwgfS"
#define BLYNK_PRINT Serial
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
#define RelayPin1 5 //D1
#define RelayPin2 4 //D2
#define RelayPin3 14 //D5
#define RelayPin4 12 //D6
char auth[] = BLYNK_AUTH_TOKEN;
char ssid[] = "Redmi Note 11";//
type our SSID from mobile
char pass[] = "snjb@123";//type our
password
// This function is called every
time the Virtual Pin 0 state
changes
BLYNK_WRITE(V0)
{
int value = param.asInt();
value ? digitalWrite(RelayPin1,
HIGH) : digitalWrite(RelayPin1,
LOW);
}
BLYNK_WRITE(V2)
{
int value = param.asInt();
value ? digitalWrite(RelayPin2,
HIGH) : digitalWrite(RelayPin2,
LOW);
}
BLYNK_WRITE(V1)
{
int value = param.asInt();
value ? digitalWrite(RelayPin3,
HIGH ) : digitalWrite(RelayPin3,
LOW);
}
BLYNK_WRITE(V3)
{
int value = param.asInt();
value ? digitalWrite(RelayPin4,
HIGH) : digitalWrite(RelayPin4,
LOW);
}
void setup()
{
pinMode(RelayPin1, OUTPUT);
pinMode(RelayPin2, OUTPUT);
pinMode(RelayPin3, OUTPUT);
pinMode(RelayPin4,OUTPUT);
Serial.begin(115200);
Blynk.begin(auth, ssid, pass);
}
void loop(){
Blynk.run();
}
```


eprasa.pl 8b2d0f1415

Budowa i testowanie

Zmontuj obwód zgodnie ze schematem (rysunek 2 oraz tabele 2 i 3). Po prawidłowym zmontowaniu podłącz urządzenie do zasilacza 5 V. Otwórz aplikację Blynk, po czym możesz już sterować przekaźnikiem za pomocą panelu sterowania Blynk z dowolnego urządzenia: telefonu, tabletu lub laptopa. Na **rysunku 9** przedstawiono ostateczny prototyp autora, demonstrujący sterowanie urządzeniem za pomocą Blynk. ■

Nilesh Ramesh Thakre

Przypis redaktora: W oryginalnej tabeli informację o podłączeniu przewodu neutralnego do drugiego zacisku lampy umieszczono w wierszu dotyczącym styku N/C. Przy przedstawionym połączeniu, w którym styk COM jest połączony z przewodem fazowym, styk N/C nie może być połączony z przewodem neutralnym. W adaptacji przyjęto zatem, że styk N/C pozostaje niewykorzystany, a przewód neutralny jest doprowadzony bezpośrednio do drugiego zacisku lampy.



Rysunek 9. Prototyp autora pokazujący sterowanie urządzeniem za pomocą Blynk

Materiał filmowy do artykułu: https://youtu.be/hSw1GukRfa8

- Strona projektu: https://www.electronicsforu.com/electronics-projects/smart-home-automation-system

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

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „Electronics For You", luty 2024, dodatkowe informacje i ew. materiały dostępne są na stronie https://www.electronicsforu.com

REKLAMA

młody m.technik
Ciekawi świata są zawsze młodzi

Ciekawszy,
na czasie,
na topie...
wiecznie młody!

przejrzysz i kupisz na stronie
www.ulubionykiosk.pl



eprasa.pl 8b2d0f1415

Zdalnie sterowane stereofoniczne radio FM z RDS i modułem ESP-01

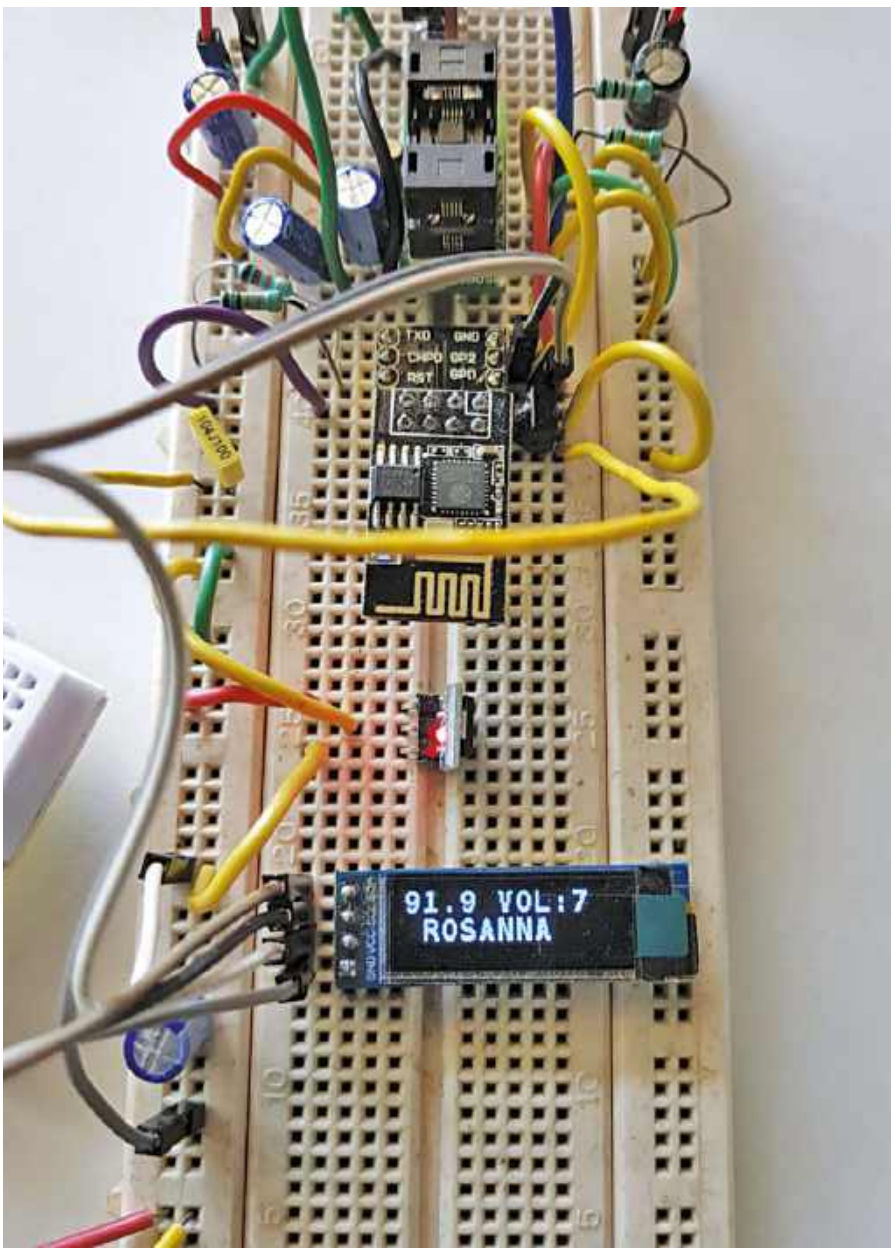
W artykule opisano, jak w prosty sposób można zbudować zdalnie sterowane pilotem na podczerwień radio FM z systemem RDS (Radio Data System), wykorzystujące moduł ESP-01. Do opracowania i uruchomienia oprogramowania użyjemy Arduino IDE. Naszym głównym celem jest zaprojektowanie niedrogiego, kompaktowego, lekkiego i przenośnego radia FM zasilanego bateryjnie, z wyświetlaczem komunikatów RDS oraz ułatwiającym obsługę pilotem na podczerwień.

Wprawdzie istnieje kilka odbiorników radiowych FM opartych na Arduino, wykorzystujących moduły takie jak TEA5767, RDA5807M i Si4703, ale często mają one wady, takie jak nieporęczność, duży pobór energii i nadmierne koszty. Na przykład realizacja radia FM z użyciem Arduino Uno wiąże się z dużym poborem energii i nie jest opłacalna. Nawet Arduino Nano, choć mniejsze, jest stosunkowo drogie i ma większą liczbę punktów lutowniczych.

Dążąc do pokonania tych ograniczeń, wybraliśmy moduł ESP-01. O jego wyborze decydowały w dużym stopniu cztery dostępne porty I/O. ESP-01 jest łatwy w programowaniu i montażu, do czego wystarczy minimalna wiedza specjalistyczna. W przeciwieństwie do projektów opartych na mikrokontrolerach, które wymagają dodatkowych komponentów i drogich programatorów, programowanie ESP-01 można wykonać za pomocą niedrogiego konwertera USB-TTL. Co więcej, dostępnych jest wiele dobrze znanych bibliotek Arduino dla radia FM, pilota na podczerwień i wyświetlaczy LCD/OLED, dzięki czemu tworzenie oprogramowania jest dziecinnie proste.

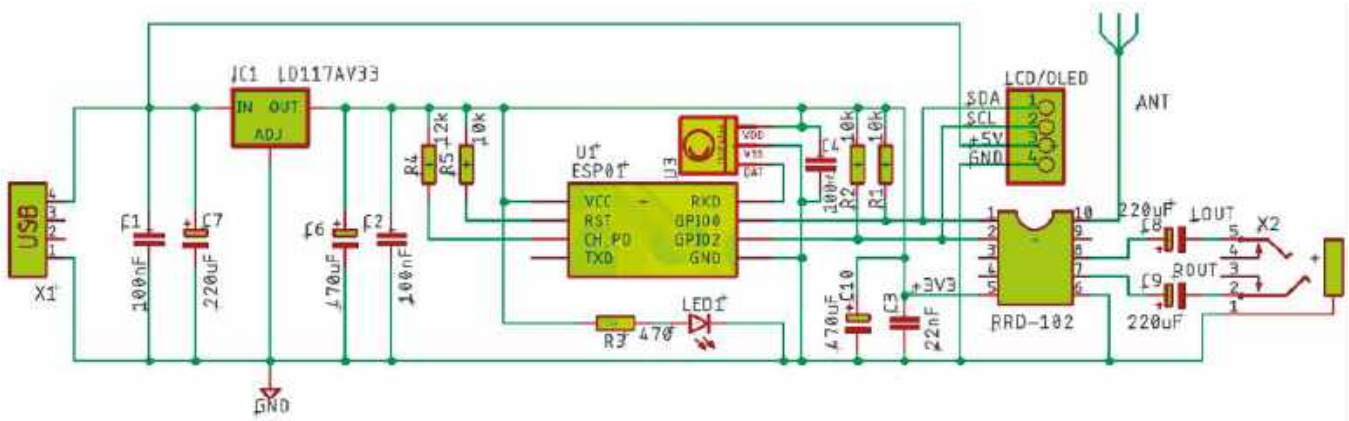
Do komunikacji I²C z modułem radia FM potrzebujemy dwóch portów I/O. Do zdalnego sterowania IR potrzebujemy jednego portu I/O. Okazuje się więc, że za pomocą zaledwie trzech portów I/O możemy zrealizować radio FM z pilotem na podczerwień wraz z wyświetlaczem komunikatów RDS. Może to być wyświetlacz z interfejsem I²C (LCD lub OLED).

Dzięki tym zaletom, używając modułu ESP-01, możemy bardzo szybko opracować i zintegrować radio FM. Na **rysunku 1** przedstawiono autorski prototyp stereofonicznego radia FM z RDS opartego na module ESP-01.



Rysunek 1. Prototyp autora przetestowany na płytce stykowej

eprasa.pl 8b2d0f1415



Rysunek 2. Schemat układu

Tabela 1. Wykaz elementów

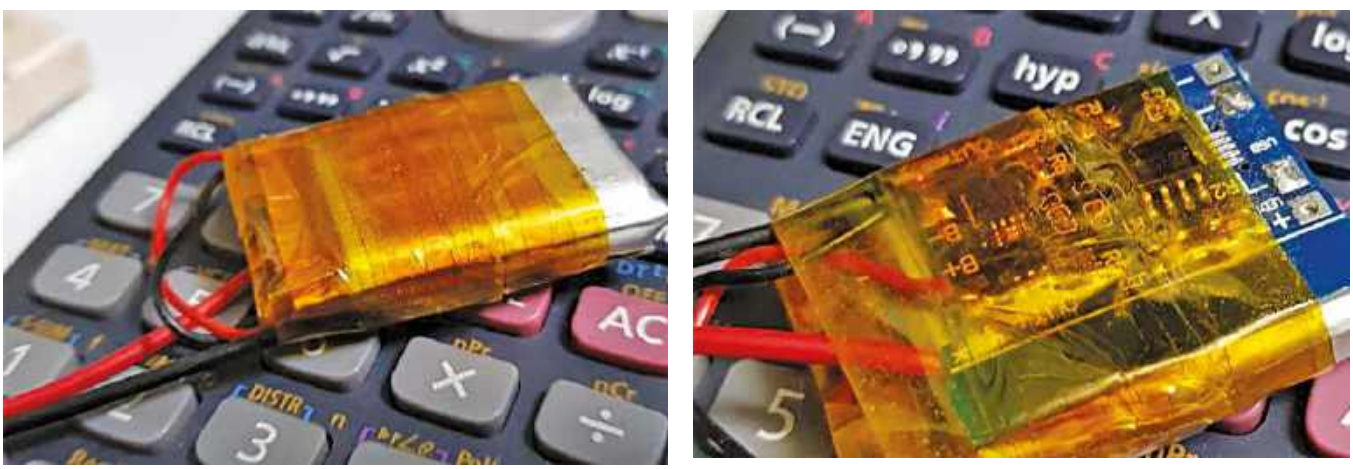
Lp.	Opis	Desygnator	Liczba sztuk
1	Kondensator elektrolityczny 220 µF/16 V	C7, C8, C9	3
2	Kondensator elektrolityczny 470 µF/16 V	C6, C10	2
3	Kondensator 100 nF	C1, C2, C4	3
4	Kondensator 22 nF	C3	1
5	LD1117V33 (TO-220) lub AMS1117-3.3 (SOT-223) liniowy stabilizator napięcia 3,3 V	IC1	1
6	ESP-01 lub ESP-01S	U1	1
7	RDA5807M moduł stereo FM RRD-102 V2	U2	1
8	4-pinowe złącze 2,54 mm	LCD/OLED	1
9	Złącze audio stereo 3,5 mm	X2	1
10	Bateria litowo-jonowa 3,7 V/500 mAh		1
11	Moduł ładowarki TP4056		1
12	Kabel micro USB		1
13	Słuchawki douszne lub nagłowne, 32 Ω		1
14	Przewód SWG#22 długości 75 cm do anteny		1
15	Wyświetlacz OLED 23 mm 128×32 SSD1306		1
16	Odbiornik zdalnego sterowania IR 3,3 V 38 kHz i nadajnik zdalnego sterowania IR	U3	1

Przed przystąpieniem do prac nad projektem warto przyjrzeć się wykazowi elementów (**tabela 1**).

Schemat i zasada działania

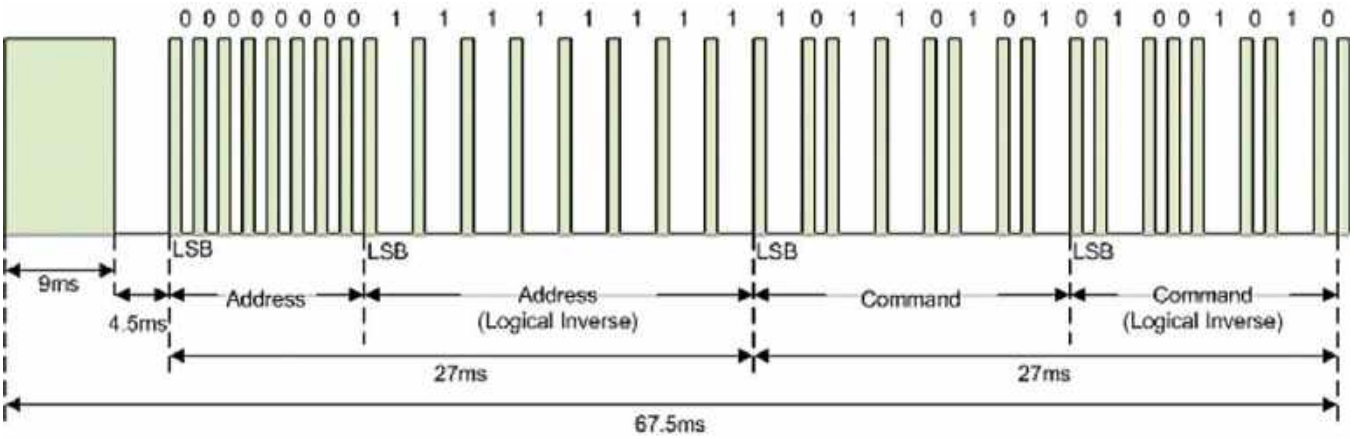
Schemat zdalnie sterowanego stereofonicznego radia FM z RDS-em przedstawiono na **rysunku 2**. Układ składa się ze stabilizatora napięcia 3,3 V LD1117AV33 (IC1), modułu ESP-01 (U1), modułu radia stereo FM RRD-102 V2 RDA5807M (U2), modułu odbiornika podczerwieni 3,3 V 38 kHz (U3), wyświetlacza OLED 128×32 SSD1306 o przekątnej 23 mm (0,91 cala), 32-omowych słuchawek i kilku innych elementów.

Zarówno ESP-01, jak i odbiornik podczerwieni wymagają zasilania 3,3 V. Można użyć stabilizatora 1117 ze stałym napięciem wyjściowym 3,3 V w obudowie TO-220 lub zastosować AMS1117-3.3 w obudowie SOT-223. Aby zapewnić dobrą stabilizację napięcia, zarówno na wejściu, jak i na wyjściu stabilizatorów 3,3 V zostały zastosowane kondensatory filtrujące i odsprzęgające. Układ został przetestowany ze stabilizatorami napięcia 3,3 V w obudowach TO-220 i SOT-223.



Rysunek 3. Ogniwo używane w radiu

eprasa.pl 8b2d0f1415



Rysunek 4. Ramka komunikatu NEC z synchronizacją czasową

Tabela 2. Kody zdalnego sterowania NEC

Lp.	Przycisk	Kod HEX
1	WŁ./WYŁ.	1FE48B7
2	TRYB	1FE58A7
3	WYCISZENIE	1FE7887
4	PAUSE/PLAY	1FE807F
5	POPRZEDNI	1FE40BF
6	NEXT	1FEC03F
7	EQ	1FE20DF
8	VOL-	1FEA05F
9	VOL+	1FE609F
10	0	1FEE01F
11	RPT	1FE10EF
12	U/SD	1FE906F
13	1	1FE50AF
14	2	1FED827
15	3	1FEF807
16	4	1FE30CF
17	5	1FEB04F
18	6	1FE708F
19	7	1FE00FF
20	8	1FEF00F
21	9	1FE9867

W przypadku zastosowań domowych można zastosować zasilanie 5 V z zasilacza sieciowego 230 V AC/5 V DC. Lżejszą, przenośną konfigurację można uzyskać, zastępując złącze USB (X1) ogniwem litowo-jonowym 3,7 V, co pokazano na **rysunku 3**. Przypis redaktora: Przy zasilaniu z ogniwa litowo-jonowego 3,7 V stabilizator z rodziny 1117 nie ma wystarczającego zapasu napięcia, aby zapewnić stabilne napięcie wyjściowe 3,3 V w całym zakresie rozładowania ogniwa. Do ładowania akumulatora używamy modułu ładowarki TP4056.





Rysunek 5. a) Pilot na podczerwień, b) moduł odbiornika podczerwieni

```
// TX  - 4.7kΩ-/\/\/\- 3V3 [UNUSED]-AVAILABLE FOR USER
#include <Wire.h>
#include <radio.h>
#include <RDA5807M.h>
#include <RDSParser.h>
#include <IRremote.h>
#include "SSD1306Ascii.h"
#include "SSD1306AsciiWire.h"
#define I2C_ADDRESS 0x3C // make sure your OLED's I2C address is correct

#define RST_PIN -1  // Define proper RST_PIN if required.

RDA5807M radio;
RDSParser rds;
SSD1306AsciiWire oled;

/// State definition for this radio implementation.
enum RADIO_STATE {
  STATE_PARSECOMMAND, //<- waiting for a new command character.
  STATE_PARSEINT,     //<- waiting for digits for the parameter.
  STATE_EXEC          //<- executing the command.
};
RADIO_STATE state; //< The state variable is used for parsing input characters.

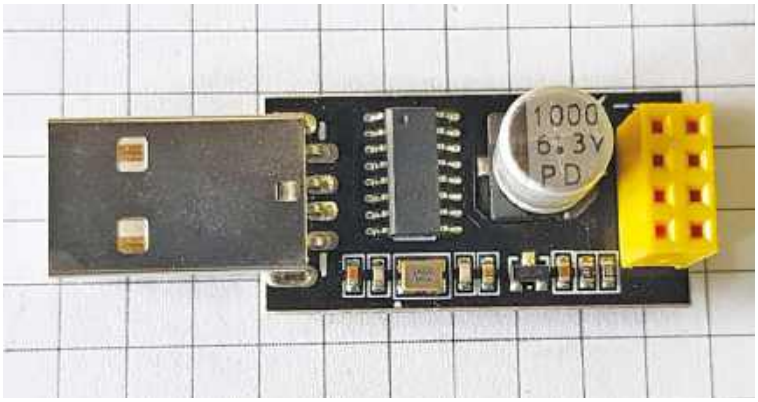
int RECV_PIN = 3; //Connect the IR data to RX pin(IO3) of ESP-01 // Rx pin // No UART poss
IRrecv irrecv(RECV_PIN);
decode_results results;
```

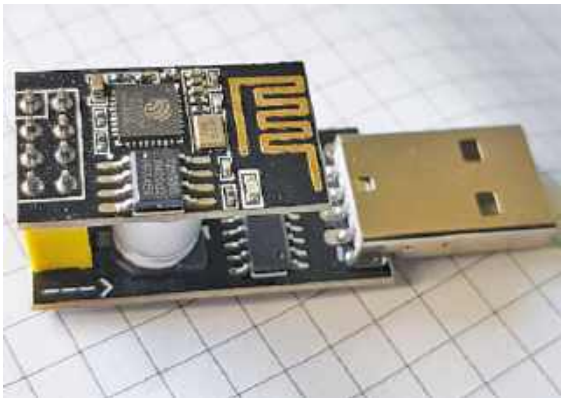
Rysunek 6. Fragment kodu zawierający bibliotekę

```
int volume = 2;  // start with the volume level = 2
int channellist[]= {911,919,927,935,943,950,983,1001,1013,1029,1030,1040,1064}; // Define some radio stations
int maxc = 12;   // Define the number of radio stations used [0..n]
int channel = 1; // Start with a favorite station [0,1,2,3,4,..]
```

Rysunek 7. Fragment kodu do ustawiania wartości domyślnych

eprasa.pl 8b2d0f1415



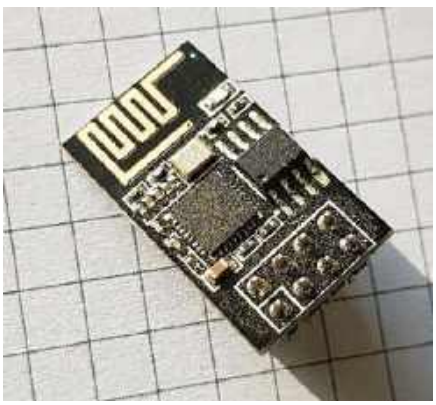


Rysunek 8. Programator używany do programowania modułu ESP-01





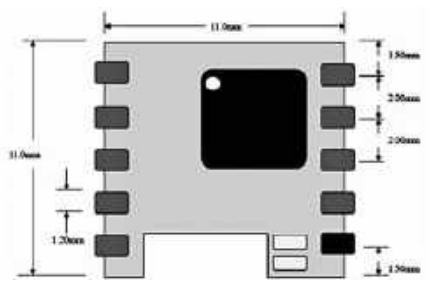
Rysunek 9. a) OLED 128×32, b) OLED 128×64



Rysunek 10. Moduł ESP-01



Rysunek 11. Moduł radia FM RRD-102 V2 RDA5807M

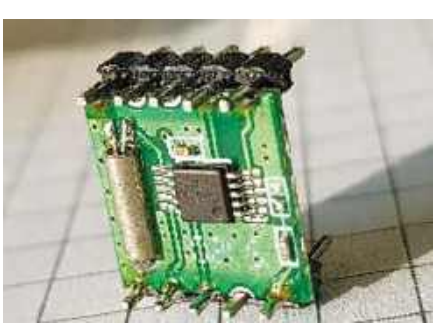


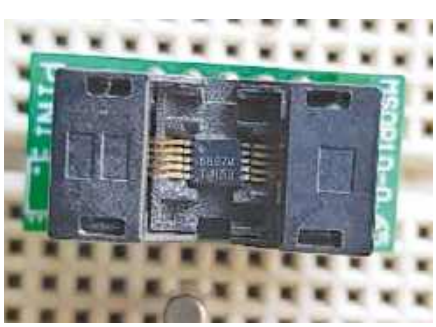
Rysunek 12. Wzorzec pól lutowniczych układu scalonego FM RDA5807M

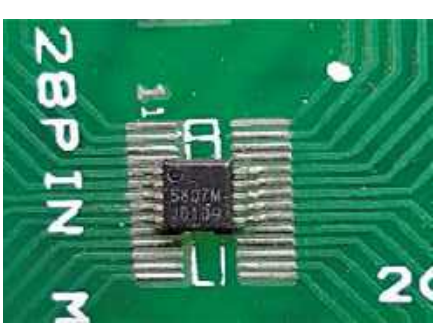
Oprogramowanie

Przed rozpoczęciem prac nad oprogramowaniem należy zainstalować Arduino IDE oraz obsługę płytek ESP. Kod należy skompilować za pomocą Arduino 1.8.19 IDE. Potrzebne będą również biblioteki, takie jak Radio-2.0.0, Irremote-3.9.0, SSD1306Ascii-1.3.5, RDSParser i RDA5807M. Biblioteki te można zainstalować za pomocą menedżera bibliotek Arduino dostępnego na pasku menu „Sketch". Biblioteka SSD1306Ascii-1.3.5 jest używana do obsługi wyświetlacza OLED, wskazującego częstotliwość kanału FM, poziom głośności radia i komunikaty RDS.

Do wyświetlania komunikatów RDS używana jest biblioteka Radio-2.0.0, natomiast odbiornik NEC do dekodowania sygnału IR odbieranego z nadajnika zdalnego sterowania NEC wykorzystuje bibliotekę IRremote-3.9.0.







Rysunek 13. Układ scalony radia FM zamontowany w module i złącze o rastrze 2 mm

eprasa.pl 8b2d0f1415



Rysunek 14. Słuchawki i głośnik, które mogą być używane z naszym radiem

Nadajnik i odbiornik zdalnego sterowania na podczerwień

W tej konfiguracji używamy pilota na podczerwień z protokołem NEC. Na **rysunku 4** przedstawiono ramkę komunikatu NEC, a w **tabeli 2** zawarto listę kodów pilota NEC. Na **rysunku 5** przedstawiono pilot i moduł odbiornika podczerwieni.

Wybór protokołu NEC wynika z dostępności, niewielkich rozmiarów i niskiego kosztu nadajnika podczerwieni. Nadajnik działa na częstotliwości nośnej 38 kHz. Możemy spotkać dwa rodzaje odbiorników podczerwieni: jeden działa w szerokim zakresie napięć wejściowych (od 2,8 V do 5 V), natomiast drugi działa wyłącznie przy napięciu 5 V. W naszym radiu zastosowaliśmy odbiornik zdalnego sterowania o szerokim zakresie napięcia wejściowego, który działa dobrze przy napięciu 3,3 V. Ma on tylko trzy wyprowadzenia, które można podłączyć zgodnie ze schematem układu. Upewnij się, że częstotliwość środkowa modułu odbiornika podczerwieni wynosi 38 kHz.

Strojenie modułu radia FM można realizować na dwa sposoby: przez bezpośrednie ustawianie częstotliwości lub wyszukiwanie dostępnych kanałów w obu kierunkach. W naszym radiu zdecydowaliśmy się na bezpośrednie ustawianie częstotliwości.

Ramki komunikatów NEC wraz z wymaganiami czasowymi przedstawiono na rysunku 4. Nie korzystamy z funkcji „REPEAT" podczas dłuższego przytrzymywania przycisku. Ważne jest, aby zdefiniować domyślną głośność w kodzie. Konieczne będzie również edytowanie lokalnych częstotliwości kanałów FM w kodzie źródłowym. Na rysunku 6 przedstawiono fragment kodu, w tym niezbędną bibliotekę, a na **rysunku 7** widoczny jest fragment kodu do ustawiania wartości domyślnych.

Zmienna Maxc powinna być ustawiona na całkowitą liczbę stacji występujących na liście, licząc od zera. Przypis redaktora: W pokazanym kodzie lista zawiera 13 stacji, natomiast zmienna Maxc ma wartość 12, ponieważ pozycje są indeksowane od zera. Maxc oznacza więc indeks ostatniej stacji, a nie liczbę stacji. Linia `int channel = 1;` definiuje domyślną stację podczas uruchamiania. Po kompilacji należy zapisać program w pamięci Flash modułu ESP-01 za pomocą dowolnego konwertera USB-TTL lub specjalnej płytki programatora ESP-01 z liniami Tx i Rx. Prędkość transmisji powinna być ustawiona na 115200 bit/s. Na **rysunku 8** widoczny jest programator używany do programowania modułu ESP-01.

Można również ustawiać i zmieniać warianty wyświetlacza OLED w funkcji `setup()` w kodzie. Dostępne są dwa warianty, jak pokazano na **rysunku 9**. Moduł ESP-01 pokazano na **rysunku 10**.

Budowa i testowanie

Po wgraniu kodu należy zmontować układ na płytce prototypowej lub płytce drukowanej. Połączenia ESP-01 (U1) z innymi komponentami, takimi jak wyświetlacz OLED, moduł IR i tym podobne (rysunek 2), są następujące:

1. Podłącz IO0 do SDA. Jest to linia danych magistrali I²C. Zasadniczo linia ta powinna być podciągnięta do napięcia 3,3 V rezystorem 10 kΩ.
2. Podłącz IO2 do SCL. Jest to linia zegarowa magistrali I²C. Podobnie powinna być podciągnięta do napięcia 3,3 V rezystorem 10 kΩ.
3. Podłącz RX do wejścia IR Rx I/P. Linia ta służy do odbierania sygnału z odbiornika zdalnego sterowania IR. Odbiornik podczerwieni można dołączyć bezpośrednio bez żadnych dodatkowych elementów, ale należy upewnić się, że działa przy napięciu 3,3 V.
4. Podłącz RST do RESET. Podciągnij pin RST modułu ESP-01 rezystorem 10 kΩ do napięcia 3,3 V.
5. Podłącz EN do ENABLE. Ten pin powinien być podłączony do napięcia 3,3 V za pomocą rezystora 12 kΩ.
6. W obu modułach połącz 3,3 V z 3,3 V i GND z GND.

W naszym radiu został zastosowany powszechnie dostępny moduł stereo FM RRD-102 V2 RDA5807M, pokazany na **rysunku 11**. Na **rysunku 12** pokazano wzorzec pól lutowniczych modułu z układem RDA5807M. Moduł ten ma wymiary 11 mm × 11 mm i daje użytkownikowi do dyspozycji 10 pinów w 2-milimetrowym rastrze.

Połączenie z układem scalonym FM RDA5807M jest proste i wymaga tylko siedmiu połączeń. Przypis redaktora: Podane dalej numery pinów dotyczą wyprowadzeń modułu RRD-102 V2 z układem RDA5807M, a nie wyprowadzeń samego układu scalonego RDA5807M. Pin 1 łączy się z pinem SDA wyświetlacza OLED i jest również połączony z pinem IO0 ESP-01. Pin 2 łączy się z pinem SCL wyświetlacza OLED i jest również połączony z pinem IO2 ESP-01. Pin 5 łączy się z 3,3 V, a pin 6 jest połączony z masą. Pin 7 jest używany dla lewego kanału i łączy się z gniazdem audio 3,5 mm za pośrednictwem kondensatora 220 µF. Podobnie pin 8 jest używany dla prawego kanału i łączy się z gniazdem audio 3,5 mm za pośrednictwem kondensatora 220 µF. Pin 10, oznaczony jako ANT, łączy się z 75-centymetrowym przewodem, działającym jako antena dla wejścia FM RF.

Wymiary modułu FM i rozstaw padów potrzebne do zaprojektowania płytki pokazano na **rysunku 13**. Moduł ma wymiary 11 mm × 11 mm, a odstępy między padami wynoszą 2 mm. Dodatkowe wymiary podano na tym samym rysunku.

Obok modułu RDA5807M można umieścić gniazdo o rastrze 2 mm, jak pokazano na rysunku 13, lub zdecydować się na płytkę adaptera MSOP do DIP albo gniazdo ZIF do szybkiego testowania.

Moduł radia FM może obsługiwać słuchawki douszne lub słuchawki z obciążeniem 32-omowym. Można korzystać ze słuchawek 32-omowych, 32-omowych słuchawek dousznych lub 32-omowych głośników 40 mm, jak pokazano na **rysunku 14**.

Poziom głośności jest wystarczający do słuchania muzyki przez słuchawki. Aby uzyskać większą moc wyjściową, można dołączyć zewnętrzny wzmacniacz mocy.

eprasa.pl 8b2d0f1415

Po wykonaniu wszystkich niezbędnych połączeń zgodnie ze schematem umieść zaprogramowany moduł ESP-01 w układzie. Podłącz słuchawki lub 32-omowy głośnik do wyjścia audio i przewód antenowy do pinu 10 modułu FM.

Działający prototyp z gniazdem MSOP-10 ZIF o rastrze 2,54 mm wraz z odbiornikiem podczerwieni, ESP-01 i wyświetlaczem OLED z komunikatami RDS pokazano na **rysunku 15**.

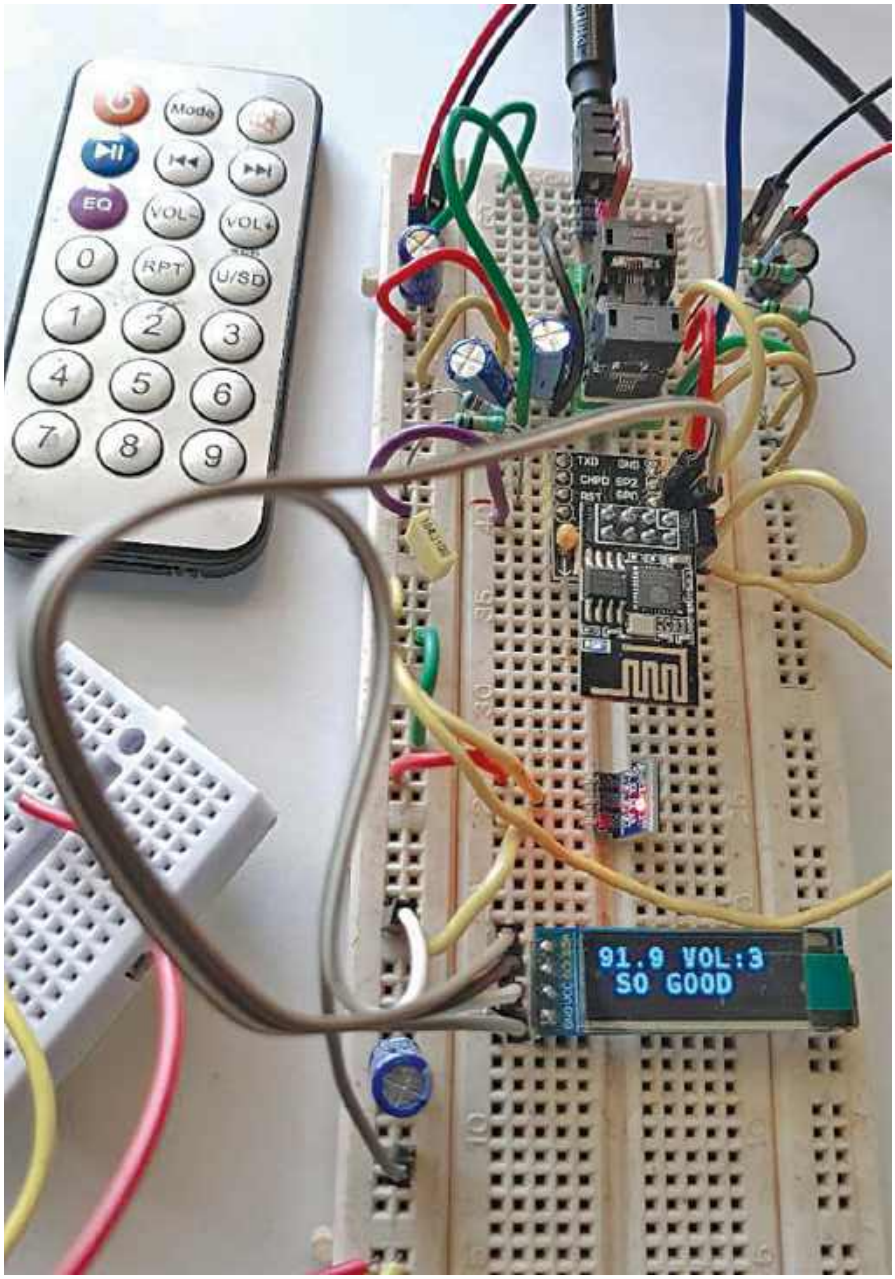
Do testów należy zastosować zasilanie 5 V lub 3,7 V. Głośność można zmieniać za pomocą przycisków VOL+ i VOL–, a częstotliwość kanału FM za pomocą przycisków << (PREVIOUS) i >> (NEXT) na pilocie. Informacje na temat przypisania przycisków znajdują się w tabeli kodów NEC oraz w kodzie źródłowym.

Obecnie pilot obsługuje tylko cztery funkcje, ale ich zakres można rozszerzyć, na przykład o MUTE, BASS BOOST i RSSI, a także zmodyfikować wyświetlacz tak, aby wskazywał stan. Można również przypisać stacje PRESET do przycisków pilota 1, 2, 3 i tak dalej oraz zapisać w wewnętrznej lub zewnętrznej pamięci nieulotnej ostatnio używaną stację, informacje o głośności i inne szczegóły stanu. Może to pomóc w uruchomieniu radia z ostatnio używaną głośnością i częstotliwością kanału.

Co więcej, jeśli posiadasz stereofoniczne nadajniki FM, możesz nadawać i odbierać własny kanał ze stereofonicznymi sygnałami audio. Otwiera to możliwość obsługi zdalnych głośników FM, podobnych do głośników Bluetooth, zapewniających wygodną łączność bezprzewodową.

Należy pamiętać, że nie wszystkie stacje FM przesyłają informacje RDS. Wyświetlacz OLED wskaże komunikat RDS, jeśli jest on dostępny dla danej stacji, w przeciwnym razie pozostanie pusty. ■

K. N. Antony



Rysunek 15. Działający prototyp z gniazdem MSOP-10 ZIF o rastrze 2,54 mm wraz z odbiornikiem podczerwieni, ESP-01 i wyświetlaczem OLED z komunikatami RDS

Przypis redaktora: W oryginalnym wykazie elementów pominięto rezystory R1…R5 oraz diodę LED1, mimo że występują one na schemacie. Ze schematu wynikają następujące wartości: R1, R2, R5 – 10 kΩ; R4 – 12 kΩ; R3 – 470 Ω. Typ ani kolor diody LED1 nie zostały określone w materiale źródłowym.

Materiał filmowy do artykułu: https://youtu.be/49JpnvbgzAA

- Strona projektu: https://www.electronicsforu.com/electronics-projects/diy-stereo-fm-radio

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

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „Electronics For You”, październik 2023, dodatkowe informacje i ew. materiały dostępne są na stronie https://www.electronicsforu.com

REKLAMA

Znajdziesz nas również na Facebooku:
facebook.com/ElportalPL

eprasa.pl 8b2d0f1415

TAWOIA Glass (szkło kwarcowe)

https://sklep.avt.pl/pl/menu/tawoia-glass-4505.html



BESTSELLERY sklepu AVT – sklep.avt.pl

3 unikalne serie gniazdek i włączników

Rabat dla Czytelników EdW
przy zakupie podaj kod EdW2505GW

Kod ważny do 30.09.2025

-5%

Rabat dla Prenumeratorów EdW
przy zakupie podaj numer prenumeraty

-10%

Ceramic Loft (ceramika)

https://sklep.avt.pl/pl/menu/seria-ceramic-loft-4190.html



Retro PRL (bakelit)

https://sklep.avt.pl/pl/series/retro-prl-3237.html



eprasa.pl 8b2d0f1415

ELEKTRONIKA dla wszystkich
nr 10/2026 (28)
JUNIOR



W gronie Juniorów witamy Jakuba. To dopiero jego drugie spotkanie z nami, a na jednych zajęciach zdążył zmontować aż cztery zestawy! Taki zapał robi wrażenie. Młodzi Entuzjaści Elektroniki – Wrocław

Czy da się zbudować wiatraczek, w którym nic się nie obraca? Brzmi podejrzanie, bo przecież wiatraczek bez obracających się łopatek jest trochę jak rower bez kół. A jednak elektronika pozwala coś takiego zrealizować – i właśnie tym zajmiemy się w tym odcinku EdW Junior.

W budowanym układzie ruch zastąpimy światłem. Choć na płytce znajdzie się aż 19 diod LED, żadna z nich nie zamierza nigdzie podróżować. Odpowiednio sterowane utworzą animację, która naśladuje pracę śmigła wiatraczka. Cały układ pozostanie nieruchomy, a mimo to będzie sprawiał wrażenie, jak gdyby wiatraczek się kręcił.

Co więcej, cała zabawa nie skończy się na jednym niezmiennym pokazie. Dwa przyciski pozwalają sterować ruchem świetlnego wiatraczka, przy czym każdy z nich „rozpędza" animację w innym kierunku. Jeśli podczas obrotu przytrzymamy przycisk działający przeciwnie do aktualnego kierunku ruchu, wiatraczek będzie stopniowo zwalniał, aż w końcu zatrzyma się i zacznie obracać w przeciwną stronę, coraz szybciej. Po zwolnieniu tego przycisku i naciśnięciu drugiego sytuacja się odwróci: animacja znów zacznie zwalniać, zatrzyma się, zmieni kierunek i ponownie przyspieszy. Nie można więc powiedzieć, że jeden przycisk służy do przyspieszania, a drugi do zwalniania. Każdy z nich powoduje rozpędzanie animacji w określonym kierunku.

To dobry przykład na to, że ciekawy efekt nie zawsze wymaga silnika, przekładni i skomplikowanego mechanizmu złożonego z wielu ruchomych części. Często wystarczy kilka sprytnie połączonych elementów elektronicznych, które pozwoli na odpowiednie sterowanie diodami LED.

Właśnie dlatego ten projekt świetnie pasuje do naszych zajęć. Wystarczy poprawnie rozpoznać poszczególne elementy, umieścić je we właściwych miejscach na płytce i przylutować, by po podłączeniu baterii i ustawieniu przełącznika zasilania w pozycji ON zobaczyć efekt swojej pracy. Jeśli wszystko wykonamy prawidłowo, diody LED ożyją, tworząc wirujący świetlny wiatraczek.

Przy okazji przekonamy się również, że kilka diod LED może działać wspólnie i tworzyć coś znacznie ciekawszego niż zwykłe świecenie. Tutaj 19 punktów świetlnych tworzy trzy ramiona, które dzięki odpowiedniemu sterowaniu sprawiają wrażenie obracającego się śmigła. Ponadto dwa mikroswitche pozwalają zmieniać prędkość oraz kierunek animacji, a więc w pewnym sensie przejąć kontrolę nad ruchem naszego świetlnego śmigła.

Nie zabraknie również odrobiny bardziej klasycznej elektroniki. Na płytce znajdą się rezystory, kondensatory, trzy tranzystory BC547 (lub BC548) oraz stabilizator 78L05, o którym na łamach Juniora nie mieliśmy chyba jeszcze okazji szerzej porozmawiać. Całością steruje układ ATtiny13A, zasilany napięciem stabilizowanym przez 78L05. Źródłem zasilania całego urządzenia jest bateria 9 V typu 6F22.

Warto dodać, że efekt dodatkowo uatrakcyjnia wygaszanie diod LED podczas ich przełączania. Dzięki temu animacja nie sprowadza się wyłącznie do prostego przełączania kolejnych etapów animacji, lecz ma bardziej płynny charakter.

Co zbudujemy tym razem?

Bohaterem tego odcinka będzie zestaw **AVTEDU626 Wiatraczek LED**. Zapowiada się więc bardzo ciekawie, a przy tym znów będzie można nauczyć się czegoś nowego albo powtórzyć wcześniej zdobytą wiedzę. Mamy sporo diod LED, a więc elementów wymagających zwrócenia uwagi na sposób montażu, układ scalony w podstawce, tranzystory, przyciski oraz zasilanie bateryjne. Jest co lutować, i warto się postarać, bo po wykonaniu ostatniego połączenia czeka nas ciekawy efekt miły dla oka.

Gdy układ będzie gotowy, pozostanie już tylko włączyć zasilanie i sprawdzić, jak 19 nieruchomych diod LED potrafi stworzyć świetlny wiatraczek. Potem przyjdzie pora na eksperymenty z prędkością i kierunkiem animacji. Najpierw jednak czeka nas najważniejsza część pracy – staranny



Fotografia 1. Od lewej: Sebastian i Jakub podczas montażu zestawów AVTEDU626 „Wiatraczek LED". Młodzi Entuzjaści Elektroniki – Wrocław

eprasa.pl 8b2d0f1415



Fotografia 2. Można współzawodniczyć, można też grać do jednej bramki. Czasem razem łatwiej poradzić sobie z mniejszym lub większym wyzwaniem. Sebastian i Jakub wybrali dziś ten drugi model. A Wy – który preferujecie?

Wykaz elementów:

Rezystory:
R1...R6: rezystor
330 Ω (pomarańczowy-pomarańczowy-brązowy-złoty)
R7: rezystor 680 Ω (niebieski-szary-brązowy-złoty)
Z1, Z2: rezystor 0 Ω (czarny)
R8...R12: rezystor
4,7 kΩ (żółty-fioletowy-czerwony-złoty)

Kondensatory:
C1, C2: kondensator 100 nF (może być oznaczony 104)

Półprzewodniki:
US2: układ ATtiny13A + podstawka
US1: 78L05
T1...T3: BC547 lub BC548
LED1-LED19: czerwone diody LED 5 mm

Pozostałe:
S1, S2: mikroprzycisk (tact switch)
SW1: przełącznik zasilania (suwakowy)
złączka baterii: czerwony ⊕, czarny ⊖

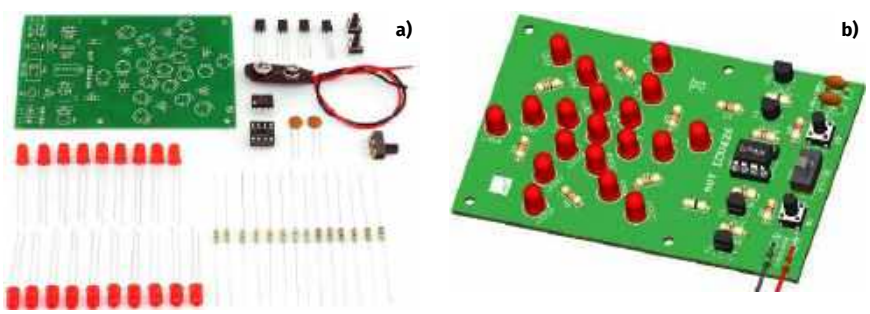
montaż. Zestaw do samodzielnego montażu (**rysunek 1a**), a także zmontowany układ (**rysunek 1b**) pokazano poniżej.

Schemat montażowy

Schemat montażowy to rysunek, który pokazuje, gdzie dokładnie na płytce drukowanej należy umieścić każdy z elementów zestawu. Dzięki niemu łatwo odnaleźć właściwe miejsce dla rezystorów, kondensatorów, diod, układów scalonych i innych podzespołów, ponieważ wszystkie komponenty są oznaczone takimi samymi desygnatorami na schemacie montażowym, liście elementów oraz schemacie ideowym. Ułatwia to bezbłędne i szybkie składanie układu, nawet osobom początkującym. Schemat montażowy pomaga również uniknąć pomyłek, takich jak wlutowanie elementu w niewłaściwe miejsce lub ustawienie go w niewłaściwej orientacji. Schemat montażowy, który dodatkowo pokazuje układ ścieżek i padów, bardzo pomaga w kontroli poprawności wykonanych połączeń lutowanych. Dzięki temu łatwo ustalić, czy połączenia pomiędzy sąsiednimi polami są przewidziane w projekcie, czy też powstały przez pomyłkę, na przykład na skutek przypadkowego zwarcia ich cyną podczas nieostrożnego lutowania. Taki podgląd znacząco ułatwia wykrywanie błędów i zwiększa pewność, że układ został zmontowany prawidłowo. Schemat montażowy pokazano na **rysunku 2**.

Montaż rezystorów

Zgodnie z informacjami z listy elementów przylutuj rezystory o określonych



Rysunek 1. Wiatraczek LED (kod AVTEDU626), a) zestaw do samodzielnego złożenia; b) zmontowany układ

Zanim przystąpisz do montażu, zapoznaj się z instrukcjami dostępnymi online:

Lutowanie komponentów przewlekanych do płytki drukowanej
https://elportal.pl/files/2026/02/15/3678-lutowanie-komponentow-przewlekanych-do-plytki-drukowanej.pdf

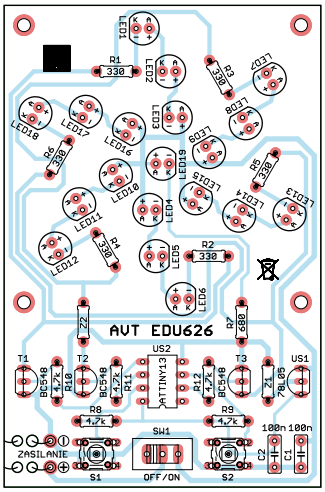
Montaż przyjazny naprawom + Przycinanie nadmiaru wyprowadzeń
https://elportal.pl/files/2026/02/15/3679-montaz-przyjazny-naprawom-przycinanie-nadmiaru-wyprowadzen.pdf

Zagadnienia BHP związane z lutowaniem
https://elportal.pl/files/2026/02/15/3680-zagadnienia-bhp-zwiazane-z-lutowaniem.pdf

Zagadnienia BHP związane z przycinaniem nadmiaru wyprowadzeń
https://elportal.pl/files/2026/02/15/3681-zagadnienia-bhp-zwiazane-z-przycinaniem-nadmiaru-wyprowadzen.pdf

Zagadnienia BHP związane z uruchamianiem zmontowanego układu
https://elportal.pl/files/2026/02/15/3682-zagadnienia-bhp-zwiazane-zuruchamianiem-zmontowanego-ukladu.pdf

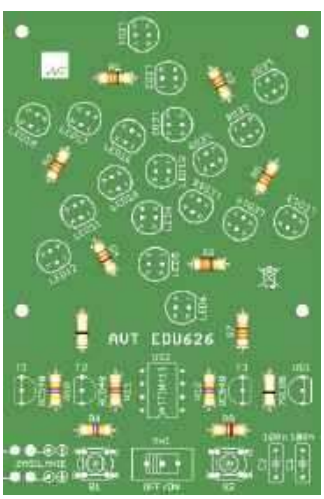
eprasa.pl 8b2d0f1415



Rysunek 2. Schemat montażowy układu

wartościach rezystancji na odpowiednich pozycjach na płytce drukowanej. Przed przystąpieniem do tej czynności zapoznaj się ze wskazówkami poniżej.

- Rezystor jest elementem, który ogranicza przepływ prądu w obwodzie elektrycznym. Dzieje się tak dlatego, że ma on określoną rezystancję – właściwość powodującą spadek napięcia podczas przepływu prądu. Energia elektryczna zamienia się w nim w ciepło, co jest naturalnym skutkiem przepływu prądu przez rezystancję.
- Rezystor nie ma biegunowości – działa tak samo niezależnie od kierunku przepływu prądu. Dlatego podczas jego montażu na płytce nie trzeba zwracać uwagi na orientację. Ważne jest jedynie, aby w danym miejscu umieścić rezystor o właściwej wartości. Kierunek jego montażu pozostaje dowolny.



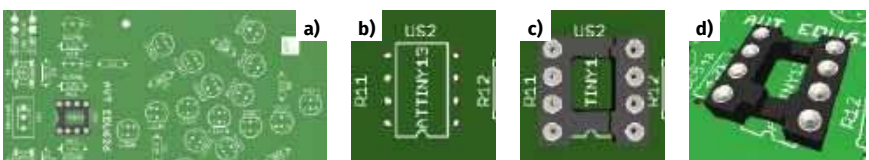
Rysunek 3. Rezystory o odpowiednich wartościach, oznaczone za pomocą kodu kolorowych pasków, zamontowane na właściwych pozycjach zgodnie z listą elementów

- Rezystory są zazwyczaj jednymi z najniższych elementów montowanych na płytce drukowanej. Ich przylutowanie nie utrudnia późniejszego montażu wyższych komponentów, dlatego lutuje się je zazwyczaj w pierwszej kolejności.
- Spośród wszystkich komponentów znajdujących się w zestawie wyodrębnij rezystory i odłóż je na osobną stertę.
- Pozostałe elementy odłóż na bok, a podczas montażu sięgaj wyłącznie po kolejne rezystory z wcześniej przygotowanej sterty.
- Za każdym razem, gdy weźmiesz do ręki kolejny rezystor, zmierz jego wartość za pomocą multimetru ustawionego w tryb omomierza. Odczytaną rezystancję zapamiętaj.
- Jeśli pomiar rezystorów sprawia Ci trudność, poproś o pomoc kolegę lub osobę prowadzącą zajęcia. Gdy masz dostęp do Internetu, możesz też skorzystać z instrukcji dostępnej na stronie https://elportal.pl/do-pobrania – znajdziesz tam dokument „Pomiar wartości rezystorów za pomocą multimetru", przygotowany jako materiał uzupełniający do EdW 11/2024.
- Na dołączonej do zestawu liście elementów odszukaj zmierzoną wcześniej wartość rezystancji (w Ω, kΩ lub MΩ), a następnie odczytaj desygnator lub desygnatory przypisane do tej wartości.
- Zegnij wyprowadzenia rezystora i umieść go w płytce (**rysunek 3**) w miejscu oznaczonym właściwym desygnatorem.
- Zadbaj o to, aby każdy rezystor był włożony do płytki do końca i dobrze do niej przylegał. Estetyczny montaż nie tylko poprawia wygląd gotowego urządzenia, lecz także stabilizuje element w płytce, chroniąc go przed uszkodzeniami mechanicznymi, oraz ułatwia późniejszą diagnostykę i ewentualne naprawy.
- Przylutuj element do płytki. Jeśli nie wiesz, jak to zrobić, lub chcesz upewnić się, że wykonujesz tę czynność prawidłowo, przeczytaj sekcję *Zanim przystąpisz do montażu…* oraz zapoznaj się z dostępnymi poradnikami, w szczególności z instrukcjami BHP.
- Usuń nadmiar wyprowadzeń za pomocą obcinaczek. Jeśli nie wiesz, jak to zrobić, lub chcesz upewnić się, że wykonujesz tę czynność prawidłowo, przeczytaj sekcję *Zanim przystąpisz do montażu…* oraz zapoznaj się z dostępnymi poradnikami, w szczególności z instrukcjami BHP.

Montaż podstawki pod układ scalony

Przylutuj do płytki podstawkę pod układ US2 (mikrokontroler ATtiny13A). Przed przystąpieniem do tej czynności zapoznaj się ze wskazówkami poniżej.

- Podstawka pod układ scalony przewodzi prąd pomiędzy wyprowadzeniami układu a ścieżkami na płytce, ale sama w sobie nie pełni żadnej aktywnej funkcji elektrycznej – nie zmienia sygnałów, nie wzmacnia ich ani nie ogranicza. Jej głównym zadaniem jest zapewnienie wygodnego, bezpiecznego i wielokrotnego montażu układu scalonego bez ryzyka uszkodzenia jego wyprowadzeń lub pól lutowniczych na płytce. Podstawka umożliwia między innymi łatwą wymianę układu scalonego w razie jego uszkodzenia lub pomyłki podczas montażu.
- Podstawka pod układ scalony nie ma biegunowości w sensie elektrycznym, ale ma określoną orientację montażową. W jej obudowie znajduje się znacznik (najczęściej wycięcie lub kropka), który musi być ustawiony zgodnie ze znakiem na płytce drukowanej (**rysunek 4**). Prawidłowa orientacja podstawki jest konieczna, aby później poprawnie włożyć do niej układ scalony.
- Podstawki pod układy scalone należą do elementów o średniej wysokości, dlatego zazwyczaj montuje się je po przylutowaniu najniższych komponentów, takich jak rezystory. Dzięki temu płytka pozostaje stabilna, a podstawka nie zasłania dostępu do miejsc montażowych przeznaczonych dla pozostałych elementów.
- Przylutuj element do płytki. Jeśli nie wiesz, jak to zrobić, lub chcesz upewnić się, że wykonujesz tę czynność



Rysunek 4. a) lokalizacja podstawki na płytce; b), c), d) poprawny montaż tego elementu z uwzględnieniem kierunku

eprasa.pl 8b2d0f1415

prawidłowo, przeczytaj sekcję *Zanim przystąpisz do montażu…* oraz zapoznaj się z dostępnymi poradnikami, w szczególności z instrukcjami BHP.

- Podczas lutowania pinów do płytki staraj się, by pomiędzy lutowanymi wyprowadzeniami nie powstały niechciane połączenia, czyli zwarcia, zwane również mostkami lutowniczymi. Jeśli podczas lutowania pojawią się zwarcia, najłatwiej będzie, trzymając płytkę jedną ręką, ustawić ją pod kątem prostym względem blatu. Następnie należy ponownie podgrzać połączone pola lutownicze oraz przy pomocy grotu lutownicy i siły grawitacji pozwolić nadmiarowi cyny spłynąć na blat. Dzięki temu uwolnisz pady podstawki od zwarć.
- W przypadku podstawek nie ma potrzeby przycinania wyprowadzeń. Po przylutowaniu pozostaw je w oryginalnej długości.

Montaż kondensatorów stałych

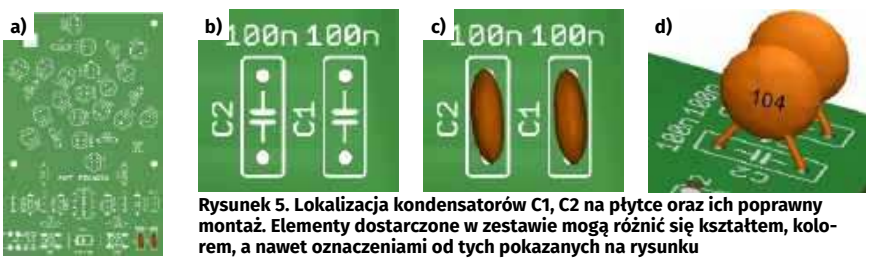
Zgodnie z informacjami z listy elementów przylutuj kondensatory C1, C2 o pojemności 100 nF. Przed przystąpieniem do tej czynności zapoznaj się ze wskazówkami poniżej.

- Kondensator stały (na przykład foliowy lub ceramiczny) to element elektroniczny służący do magazynowania ładunku elektrycznego. W układach może pełnić wiele funkcji: filtrować zakłócenia, stabilizować pracę obwodów, blokować składową stałą lub współpracować z rezystorami w układach czasowych.
- Kondensatory C1 i C2 zastosowane w tym zestawie nie wymagają zachowania biegunowości, dlatego można je zamontować w dowolnym kierunku.
- Przed montażem sprawdź zgodność pojemności każdego kondensatora z listą elementów. Kondensatory C1 i C2 mają pojemność 100 nF więc najpewniej będą oznaczone kodem 104. Upraszczając nieco wywód potęgowy, zapis ten oznacza „dziesięć i cztery zera”, czyli 100000 pikofaradów, co po podzieleniu przez tysiąc zwróci wartość w nanofaradach: 100 nF.
- Zadbaj o to, aby kondensatory C1 i C2 były osadzone stabilnie i estetycznie. Ich wyprowadzenia powinny przechodzić swobodnie przez odpowiednie otwory w płytce, bez używania nadmiernej siły.
- Kondensatory C1 i C2 należą do niskich elementów, dlatego zamontuj je po rezystorach i podstawce pod układ scalony, ale przed diodami LED, tranzystorami i pozostałymi wyższymi elementami.
- Po włożeniu każdego kondensatora do odpowiednich otworów delikatnie odchyl jego wyprowadzenia, aby element nie wypadł podczas odwracania płytki. Wystarczy niewielkie odchylenie każdego z wyprowadzeń od linii prostej.
- Przylutuj osadzone w płytce elementy. Jeśli nie wiesz, jak to zrobić, albo chcesz upewnić się, że wykonujesz to prawidłowo, przeczytaj sekcję *Lutowanie komponentów przewlekanych do płytki drukowanej*. Nieco poniżej znajdziesz również informacje, jak wykonać tę czynność w sposób bezpieczny dla siebie i pozostałych uczestników zajęć.
- Usuń nadmiar wyprowadzeń za pomocą obcinaczek. Jeśli nie wiesz, jak to zrobić, albo chcesz upewnić się, że wykonujesz to prawidłowo, przeczytaj sekcję *Przycinanie nadmiaru wyprowadzeń*. Nieco poniżej znajdziesz również informacje, jak wykonać tę czynność w sposób bezpieczny dla siebie i pozostałych uczestników zajęć.

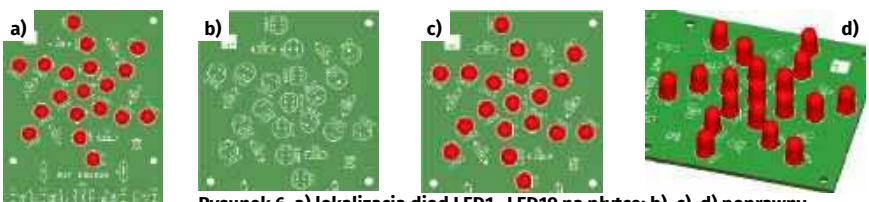
Montaż diod LED

Zgodnie z informacjami z listy elementów przylutuj dziewiętnaście czerwonych diod LED o średnicy 5 mm oznaczonych LED1…LED19. Przed przystąpieniem do tej czynności zapoznaj się ze wskazówkami poniżej.

- Dioda LED to element elektroniczny, który świeci, gdy płynie przez niego prąd w odpowiednim kierunku. Łączy w sobie działanie zwykłej diody – przewodzi prąd tylko w jedną stronę – oraz funkcję źródła światła. Dzięki temu LED-y mogą sygnalizować działanie układu, informować o stanie pracy urządzenia lub pracować w układach generujących efekty świetlne.
- Tak jak każda dioda, LED ma biegunowość. Oznacza to, że musi być podłączona we właściwym kierunku, inaczej nie zaświeci, a w szczególnym przypadku może ulec uszkodzeniu. Jej katodę najczęściej oznacza ścięcie na obudowie oraz krótsza nóżka (**rysunek 7**). Przed montażem sprawdź, gdzie na PCB znajduje się oznaczenie katody, i ustaw diodę zgodnie z nim.
- Dioda LED jest elementem, który od razu przyciąga wzrok obserwatora, dlatego estetyka jej montażu ma duży wpływ na końcowy wygląd budowanego urządzenia. Warto zadbać o to, aby LED była ustawiona prostopadle do płytki i równo do niej przylegała – nawet drobne odchylenia mogą być widoczne po uruchomieniu układu, szczególnie gdy diod jest więcej.
- Diody LED najlepiej zamontować po rezystorach, podstawce pod układ scalony oraz kondensatorach stałych. Na tym etapie miejsca lutowania są jeszcze dobrze dostępne, co ułatwia ustawienie wszystkich dziewiętnastu diod LED1… LED19 równo i estetycznie przed montażem tranzystorów oraz pozostałych wyższych elementów.
- Po upewnieniu się, że wszystkie diody LED są ustawione zgodnie z oznaczeniami katod na płytce, przylutuj je do PCB. Jeśli nie wiesz, jak to zrobić lub chcesz upewnić się, że wykonujesz tę czynność prawidłowo, przeczytaj sekcję *Zanim przystąpisz do montażu…*

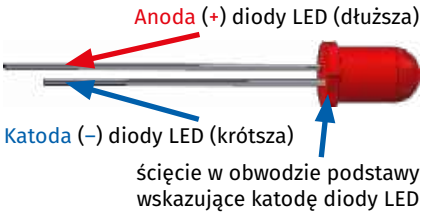


Rysunek 5. Lokalizacja kondensatorów C1, C2 na płytce oraz ich poprawny montaż. Elementy dostarczone w zestawie mogą różnić się kształtem, kolorem, a nawet oznaczeniami od tych pokazanych na rysunku



Rysunek 6. a) lokalizacja diod LED1…LED19 na płytce; b), c), d) poprawny montaż diod z uwzględnieniem właściwej orientacji. Fragment prostej linii w obrysie diody LED wskazuje katodę

eprasa.pl 8b2d0f1415



Rysunek 7. Opis wyprowadzeń standardowej diody LED: anoda (A) ma dłuższe wyprowadzenie, natomiast katoda (K) – krótsze; katodę wskazuje również ścięcie obudowy

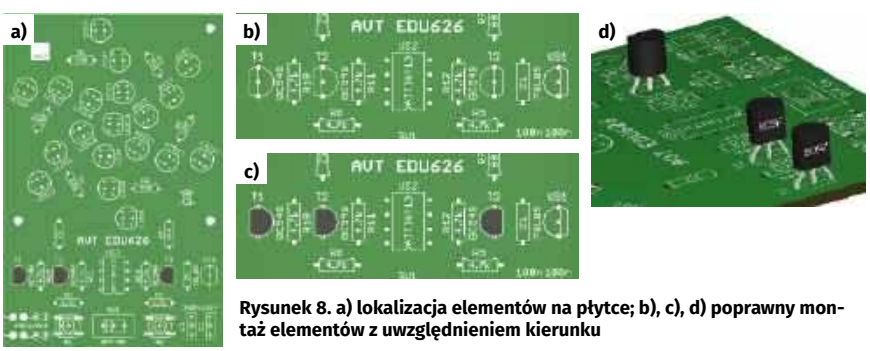
oraz zapoznaj się z dostępnymi poradnikami, w szczególności z instrukcjami BHP.

- Usuń nadmiar wyprowadzeń za pomocą obcinaczek. Jeśli nie wiesz, jak to zrobić lub chcesz upewnić się, że wykonujesz tę czynność prawidłowo, przeczytaj sekcję *Zanim przystąpisz do montażu…* oraz zapoznaj się z dostępnymi poradnikami, w szczególności z instrukcjami BHP.

Montaż tranzystorów

Zgodnie z informacjami z listy elementów przylutuj tranzystory NPN, T1...T3, wszystkie takiego samego typu BC547 (lub BC548). Przed przystąpieniem do tej czynności zapoznaj się ze wskazówkami poniżej.

- Tranzystor bipolarny (BJT) to element elektroniczny, który umożliwia sterowanie przepływem prądu. Może wzmacniać sygnały, włączać lub wyłączać obwody, a także pełnić rolę klucza sterującego innymi elementami, takimi jak diody LED, przekaźniki czy brzęczyki.
- Istnieją dwa podstawowe typy tranzystorów: NPN i PNP. Choć na pierwszy rzut oka mogą wyglądać identycznie, nie są zamienne. Każdy z nich pracuje w inny sposób i wymaga innego sposobu podłączenia. Montaż tranzystora PNP w miejscu przewidzianym dla NPN (lub odwrotnie) spowoduje, że układ nie zadziała, a w najgorszym wypadku element ulegnie uszkodzeniu. Zawsze sprawdź w liście elementów, jaki typ tranzystora ma znaleźć się w danej lokalizacji.
- Tranzystor ma trzy wyprowadzenia: bazę, kolektor i emiter. Ich rozmieszczenie zależy od typu i producenta, dlatego przed montażem koniecznie porównaj układ nóżek z oznaczeniem na płytce oraz z dokumentacją elementu. Włożenie tranzystora w niewłaściwej orientacji uniemożliwi jego poprawne działanie. Jeśli chcesz zastosować zamiennik zachowaj szczególną ostrożność.
- Ponieważ tranzystory mają określony kształt obudowy (najczęściej półokrągły z jednej strony), ważne jest ich prawidłowe ustawienie. Należy włożyć je do płytki tak, aby płaska i zaokrąglona część obudowy dokładnie odpowiadała oznaczeniu na PCB. Niesymetryczny kształt obudowy wraz z odpowiednim obrysem komponentu na płytce pozwala uniknąć pomyłek oraz ułatwia montaż i późniejsze serwisowanie układu.
- Tranzystory T1...T3 należy montować po elementach niższych, czyli rezystorach, podstawce pod układ scalony, kondensatorach stałych i diodach LED, a przed stabilizatorem napięcia, mikroprzyciskami oraz przełącznikiem zasilania. Dzięki temu ich wyprowadzenia pozostaną łatwo dostępne podczas lutowania, a obudowy będzie można wygodnie ustawić we właściwej pozycji.
- Każdy tranzystor zamontuj estetycznie. Jego obudowa powinna być ustawiona pionowo, a wyprowadzenia równomiernie dociśnięte do płytki. Przechylony tranzystor nie tylko wygląda nieestetycznie, ale też jest bardziej narażony na uszkodzenia mechaniczne.
- Po umieszczeniu każdego tranzystora w płytce delikatnie odegnij jego dwie skrajne nóżki, aby nie wypadł podczas lutowania. Następnie przylutuj środkową nóżkę, ustaw do pionu dwie skrajne i je również przylutuj. Lutując, pamiętaj, aby nie przegrzewać wyprowadzeń – nadmierna temperatura może skrócić żywotność elementu.
- Jeśli chcesz upewnić się, że czynność lutowania wykonujesz prawidłowo, przeczytaj sekcję *Lutowanie komponentów przewlekanych do płytki drukowanej*. Nieco poniżej znajdziesz również informacje, jak wykonać tę czynność w sposób bezpieczny dla siebie i pozostałych uczestników zajęć.
- Usuń nadmiar wyprowadzeń za pomocą obcinaczek. Jeśli nie wiesz, jak to zrobić, albo chcesz upewnić się, że wykonujesz to prawidłowo, przeczytaj sekcję *Przycinanie nadmiaru wyprowadzeń*. Nieco poniżej znajdziesz również informacje, jak wykonać tę czynność w sposób bezpieczny dla siebie i pozostałych uczestników zajęć.



Rysunek 8. a) lokalizacja elementów na płytce; b), c), d) poprawny montaż elementów z uwzględnieniem kierunku

Montaż stabilizatora napięcia

Zgodnie z informacjami z listy elementów przylutuj stabilizator napięcia US1 typu 78L05. Przed przystąpieniem do tej czynności zapoznaj się ze wskazówkami poniżej.

- 78L05 jest liniowym stabilizatorem napięcia, którego zadaniem jest utrzymywanie na wyjściu napięcia około 5 V mimo zmian napięcia zasilającego i pobieranego prądu. Dzięki temu może zasilać elementy układu wymagające stabilnego napięcia 5 V. Typowe układy z rodziny 78L05 mogą dostarczać prąd do około 100 mA.
- Oznaczenie 78L05 informuje, że jest to stabilizator napięcia dodatniego o napięciu wyjściowym 5 V. Nie należy zastępować go bez sprawdzenia innym układem z rodziny 78Lxx, ponieważ podobnie wyglądające stabilizatory mogą mieć inne napięcie wyjściowe, na przykład 6 V, 8 V, 9 V lub 12 V.
- Stabilizator 78L05 ma trzy wyprowadzenia: wejście (IN), masę (GND) i wyjście (OUT). W popularnych wersjach TO-92 kolejność wyprowadzeń wynosi OUT, GND, IN (**rysunek 10**), jednak zawsze należy kierować się dokumentacją konkretnego elementu oraz oznaczeniem na płytce. Obudowa 78L05 przypomina niewielki tranzystor, ale element ten pełni zupełnie inną funkcję.
- Ponieważ obudowa TO-92 ma z jednej strony płaską powierzchnię, stabilizator trzeba umieścić w płytce we właściwej orientacji. Płaska i zaokrąglona część obudowy powinny

eprasa.pl 8b2d0f1415

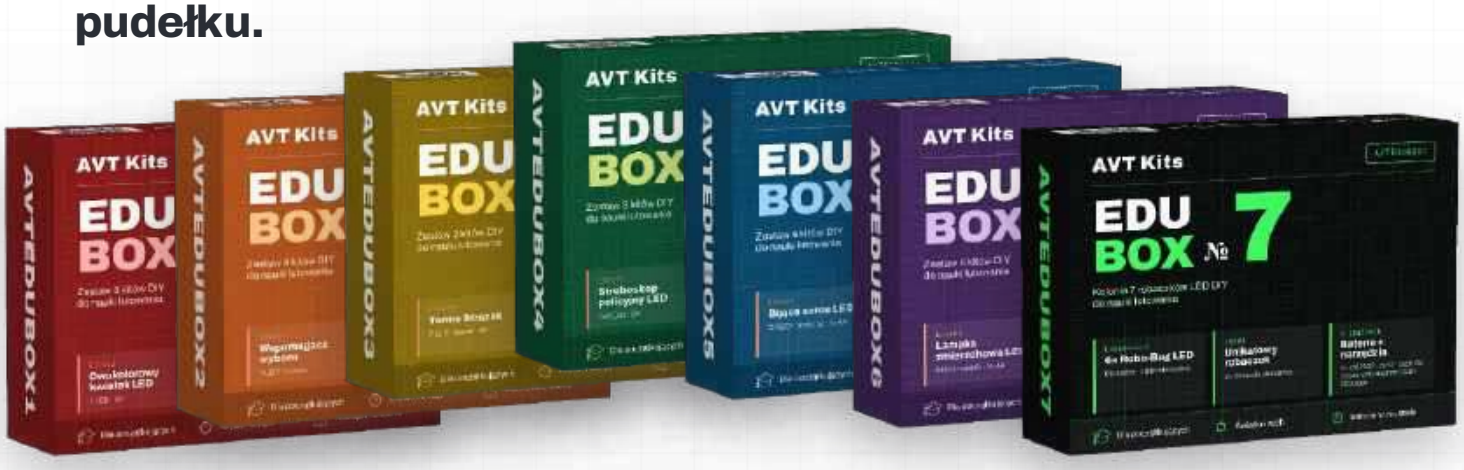
AVT Kits

SERIA ZESTAWÓW DO NAUKI LUTOWANIA

NOWOŚĆ · SIEDEM PUDEŁEK

EDU BOX

Otwierasz, lutujesz, działa. Komplet elementów i kolorowa instrukcja po polsku w każdym pudełku.



1 · 3 KITY	2 · 3 KITY	3 · 3 KITY	4 · 3 KITY	5 · 4 KITY	6 · 5 KITÓW	7 · 7 ROBACZKÓW
◆ THE BEST OF	◆ THE BEST OF	◆ THE BEST OF	◆ THE BEST OF	◆ THE BEST OF	◆ THE BEST OF	◆ THE BEST OF
Dwukolorowy kwiatek LED	**Kolorofon LED**	**Super Ucho**	**Pikająca kostka do gry**	**Bijące serce LED**	**Minipianino**	**6× Robo-Bug LED**



Kolorowa instrukcja po polsku w każdym zestawie

ZDJĘCIA MONTAŻU · SCHEMAT · WYKAZ ELEMENTÓW · KOLEJNOŚĆ LUTOWANIA

Lutownica, kilka elementów i układ, który świeci, gra albo mierzy temperaturę.

EDU BOX to siedem pudełek dla tych, którzy dopiero biorą lutownicę do ręki. W każdym od trzech do siedmiu kompletnych zestawów AVT — płytki, komplet elementów i kolorowa instrukcja po polsku. Od pierwszego migającego LED-a po kolonię świecących robaczków na wibrujących silniczkach.

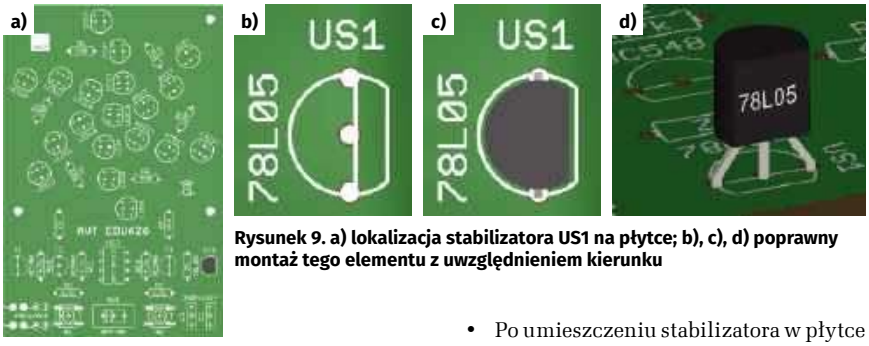
1. **Dla początkujących**
   Montaż przewlekany, bez elementów SMD
2. **Komplet elementów**
   Płytki, podzespoły, cyna i instrukcja. Lutownicę i baterie dokupujesz osobno
3. **Kolorowa instrukcja po polsku**
   Zdjęcia montażu, schemat i wykaz elementów — w pełnym kolorze
4. **Efekt widać od razu**
   Światło, dźwięk i czujniki — działa zaraz po zmontowaniu

sklep.avt.pl

AVT SPV Sp. z o.o. · ul. Leszczynowa 11 · 03-197 Warszawa

EDU BOX 1–7
AVTEDUBOX1 … AVTEDUBOX7
zeskanuj i zobacz serię

eprasa.pl 802d0f1415



Rysunek 9. a) lokalizacja stabilizatora US1 na płytce; b), c), d) poprawny montaż tego elementu z uwzględnieniem kierunku



Rysunek 10. Opis wyprowadzeń stabilizatora 78L05

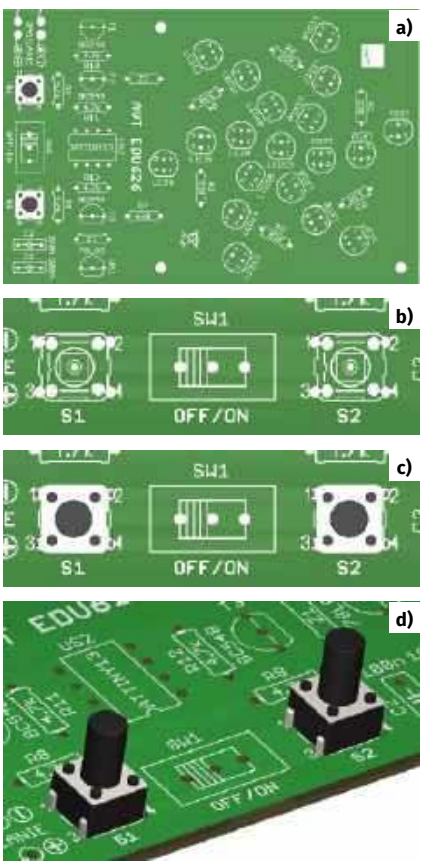
odpowiadać obrysowi nadrukowanemu na PCB. Odwrócenie stabilizatora spowoduje zamianę wejścia z wyjściem i układ nie będzie działał prawidłowo, a w pewnych warunkach może dojść również do uszkodzenia elementów.

- 78L05 potrzebuje na wejściu napięcia wyższego od 5 V, ponieważ stabilizator musi mieć pewien zapas napięcia potrzebny do prawidłowej pracy. Nie należy jednak samodzielnie zmieniać napięcia zasilającego zestaw – należy korzystać ze źródła zasilania przewidzianego w jego instrukcji. Dopuszczalne napięcia zależą również od konkretnej wersji stabilizatora.
- Stabilizator US1 należy zamontować po niższych elementach: rezystorach, podstawce pod układ scalony, kondensatorach stałych, diodach LED i tranzystorach, a przed mikroprzyciskami i przełącznikiem zasilania. Dzięki temu jego wyprowadzenia pozostaną łatwo dostępne, a ustawienie obudowy we właściwej pozycji będzie prostsze.
- Zadbaj o estetyczny montaż stabilizatora. Jego obudowa powinna być ustawiona pionowo, a wszystkie trzy wyprowadzenia powinny przechodzić przez przeznaczone dla nich otwory bez nadmiernego wyginania. Nie wciskaj obudowy na siłę ani nie rozginaj nóżek tuż przy miejscu, w którym wychodzą z obudowy.
- Po umieszczeniu stabilizatora w płytce delikatnie odegnij jego dwie skrajne nóżki, aby nie wypadł podczas lutowania. Następnie przylutuj środkową nóżkę, sprawdź ustawienie obudowy, a potem przylutuj pozostałe. Podczas lutowania nie nagrzewaj wyprowadzeń dłużej, niż jest to konieczne.
- Stabilizator 78L05 ma wbudowane zabezpieczenia ograniczające prąd oraz chroniące układ przed nadmiernym wzrostem temperatury. Nie oznacza to jednak, że można dowolnie zwiększać pobierany z niego prąd lub napięcie wejściowe – element zawsze powinien pracować w warunkach przewidzianych dla danego układu.
- Jeśli chcesz upewnić się, że czynność lutowania wykonujesz prawidłowo, przeczytaj sekcję *Lutowanie komponentów przewlekanych do płytki drukowanej*. Nieco poniżej znajdziesz również informacje, jak wykonać tę czynność w sposób bezpieczny dla siebie i pozostałych uczestników zajęć.
- Usuń nadmiar wyprowadzeń za pomocą obcinaczek. Jeśli nie wiesz, jak to zrobić, albo chcesz upewnić się, że wykonujesz to prawidłowo, przeczytaj sekcję *Przycinanie nadmiaru wyprowadzeń*. Nieco poniżej znajdziesz również informacje, jak wykonać tę czynność w sposób bezpieczny dla siebie i pozostałych uczestników zajęć.

Montaż mikroprzycisków

Zgodnie z informacjami z listy elementów zamontuj mikroprzyciski S1 i S2 na wskazanych miejscach. W budowanym układzie służą one do sterowania prędkością i kierunkiem animacji. Przed przystąpieniem do tej czynności zapoznaj się ze wskazówkami poniżej.

- Mikroprzycisk (*tact switch*) to chwilowy przełącznik, który zwiera styki tylko w czasie naciśnięcia przycisku. Po zwolnieniu nacisku automatycznie wraca do stanu początkowego. Najczęściej wykorzystywany jest jako przycisk sterujący, reset lub przycisk funkcyjny.
- Typowy mikroprzycisk ma cztery wyprowadzenia, po dwa połączone ze sobą wewnętrznie. Naciśnięcie przycisku powoduje zwarcie obu par styków. Z tego powodu elektrycznie wystarczy wykorzystać dowolne dwa przeciwległe piny.
- Orientacja montażu mikroprzycisku na płytce PCB nie ma znaczenia elektrycznego, o ile jego wyprowadzenia pasują do otworów w płytce. Ważne jest jedynie prawidłowe dopasowanie mechaniczne do footprintu.
- Włóż kolejno mikroprzyciski S1 i S2 do płytki tak, aby wszystkie ich wyprowadzenia swobodnie przeszły przez odpowiednie otwory. Obudowy obu elementów powinny równo przylegać do powierzchni PCB.
- Wyprowadzenia mikroprzycisków są specjalnie wyprofilowane w taki sposób, aby po włożeniu do płytki były w niej sprężyście trzymane. Dzięki temu elementy utrzymują się w otworach PCB i nie ma potrzeby wyginania ich wyprowadzeń



Rysunek 11. a) lokalizacja mikroprzycisków S1 i S2 na płytce; b), c), d) poprawny montaż tych elementów

eprasa.pl 8b2d0f1415

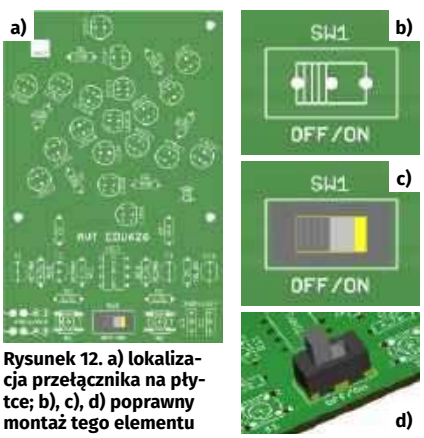
ani przytrzymywania przycisków podczas lutowania.

- Mimo to warto najpierw przylutować po jednym wyprowadzeniu każdego mikroprzycisku. Pozwoli to ustabilizować elementy i w razie potrzeby skorygować ich ustawienie względem płytki. Jeśli nie wiesz, jak to zrobić lub chcesz upewnić się, że wykonujesz tę czynność prawidłowo, przeczytaj sekcję *Zanim przystąpisz do montażu…* oraz zapoznaj się z dostępnymi poradnikami, w szczególności z instrukcjami BHP.
- Po upewnieniu się, że oba mikroprzyciski równo przylegają do PCB, przylutuj pozostałe wyprowadzenia. Zapewni to dobrą stabilność mechaniczną elementów.
- Prawidłowe luty powinny być gładkie, błyszczące i mieć kształt niewielkiego stożka. W przypadku wątpliwości przeczytaj sekcję *Zanim przystąpisz do montażu…* oraz zapoznaj się z dostępnymi poradnikami, w szczególności z instrukcjami BHP.
- Po zakończeniu montażu sprawdź działanie obu przycisków. Każdy z nich powinien dawać wyraźne „kliknięcie" i sprężyście wracać do pozycji wyjściowej po zwolnieniu nacisku.
- W przypadku mikroprzycisków nie ma potrzeby przycinania ich wyprowadzeń. Po przylutowaniu pozostaw je w oryginalnej długości.

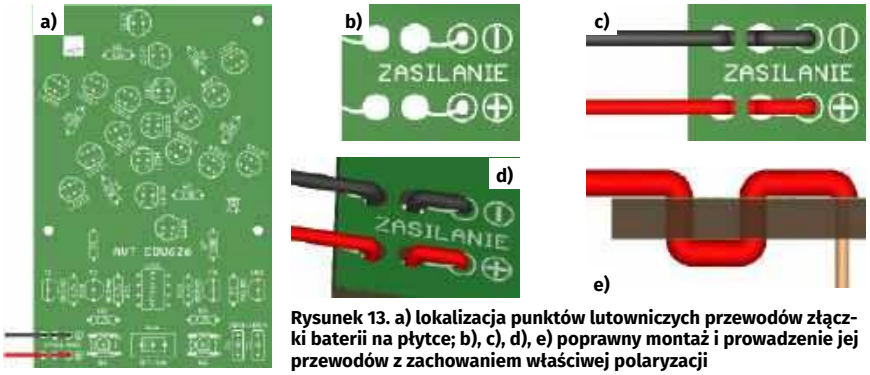
Montaż przełącznika zasilania

Zgodnie z informacjami z listy elementów zamontuj przełącznik SW1 na wskazanej lokalizacji. Przed przystąpieniem do tej czynności zapoznaj się ze wskazówkami poniżej.

- Przełącznik zasilania SW1 służy do włączania i wyłączania zasilania układu. Zamontuj go zgodnie z obrysem na płytce drukowanej i upewnij się, że po przylutowaniu suwak może swobodnie przemieszczać się między pozycjami OFF i ON.
- Przed lutowaniem ustaw przełącznik równo względem płytki i dociśnij jego obudowę do powierzchni PCB. Zapobiegnie to przylutowaniu elementu pod kątem.
- Włóż przełącznik do płytki tak, aby jego wyprowadzenia swobodnie przeszły przez odpowiednie otwory. Piny przełącznika są sztywne, dlatego nie należy ich wyginać w celu stabilizacji elementu.
- Ponieważ wyprowadzenia są sztywne, przełącznik trzeba przytrzymać podczas lutowania – można to zrobić ręką albo poprosić o pomoc kolegę lub opiekuna.
- Najpierw przylutuj jedno z wyprowadzeń przełącznika. Pozwoli to ustabilizować element i skorygować jego położenie przed przylutowaniem pozostałych wyprowadzeń. Jeśli nie wiesz, jak to zrobić, lub chcesz upewnić się, że wykonujesz tę czynność prawidłowo, przeczytaj sekcję *Zanim przystąpisz do montażu…* oraz zapoznaj się z dostępnymi poradnikami, w szczególności z instrukcjami BHP.
- Po upewnieniu się, że przełącznik jest ustawiony prawidłowo i dobrze przylega do PCB, przylutuj pozostałe wyprowadzenia.
- Prawidłowe luty powinny być gładkie, błyszczące i mieć kształt niewielkiego stożka. W przypadku wątpliwości przeczytaj sekcję *Zanim przystąpisz do montażu…* oraz zapoznaj się z dostępnymi poradnikami, w szczególności z instrukcjami BHP.
- Po zakończeniu montażu sprawdź mechaniczne działanie suwaka. Przełącznik powinien poruszać się lekko i wyraźnie wskakiwać w dwie pozycje pracy.
- W przypadku tego typu przełącznika nie ma potrzeby przycinania jego wyprowadzeń. Po przylutowaniu pozostaw je w oryginalnej długości.



Rysunek 12. a) lokalizacja przełącznika na płytce; b), c), d) poprawny montaż tego elementu



Rysunek 13. a) lokalizacja punktów lutowniczych przewodów złączki baterii na płytce; b), c), d), e) poprawny montaż i prowadzenie jej przewodów z zachowaniem właściwej polaryzacji

Montaż złączki baterii

Zgodnie z informacjami z listy elementów przylutuj złączkę przeznaczoną do baterii 9 V (6F22).

- Złączka baterii 9 V służy do połączenia baterii z układem. Jest wyposażona w dwa przewody: czerwony przewód odpowiada biegunowi dodatniemu (+), a czarny biegunowi ujemnemu (–). Podczas montażu należy bezwzględnie zachować właściwą polaryzację.
- Przed lutowaniem sprawdź oznaczenia na płytce drukowanej. Czerwony przewód należy przylutować w miejscu oznaczonym symbolem „+", a czarny w miejscu oznaczonym symbolem „–". Zamiana przewodów spowoduje odwrócenie polaryzacji zasilania i może doprowadzić do uszkodzenia jego elementów.
- Wprowadź końcówki przewodów do przeznaczonych dla nich otworów w płytce. Przewody powinny przechodzić przez otwory swobodnie, bez nadmiernego zaginania i naprężania. Zwróć uwagę, aby izolacja znajdowała się możliwie blisko płytki, ale nie wchodziła w miejsce wykonywania połączenia lutowanego.
- Przed lutowaniem ułóż przewody tak, aby po zamontowaniu nie były mocno naprężone. Niewielki zapas długości zmniejsza ryzyko wyrwania przewodu z płytki podczas późniejszego podłączania i odłączania baterii.
- Najpierw przylutuj jeden przewód, a następnie drugi, cały czas kontrolując ich położenie oraz polaryzację. Podczas lutowania nie nagrzewaj połączenia dłużej, niż jest to konieczne, ponieważ nadmierna temperatura może stopić izolację przewodu.
- Prawidłowe połączenie lutowane powinno dokładnie obejmować zarówno

eprasa.pl 8b2d0f1415

przewód, jak i pole lutownicze na płytce. Jeśli nie wiesz, jak wykonać tę czynność, lub chcesz upewnić się, że wykonujesz ją prawidłowo, przeczytaj sekcję *Zanim przystąpisz do montażu…* oraz zapoznaj się z dostępnymi poradnikami, w szczególności z instrukcjami BHP.

- Po ostygnięciu lutów delikatnie pociągnij kolejno za oba przewody. Nie powinny przesuwać się w otworach ani odrywać od pól lutowniczych. Nie ciągnij jednak mocno za samą złączkę, ponieważ mogłoby to uszkodzić przewody lub połączenia z płytką.
- Złączka ma dwa zatrzaskowe styki o różnych rozmiarach, dzięki czemu pasuje do styków typowej baterii 9 V tylko w jednym położeniu. Podłączając baterię, chwyć złączkę za jej korpus i dociśnij ją do styków baterii. Nie podłączaj ani nie odłączaj baterii, ciągnąc za przewody.
- Po przylutowaniu przewodów złączki baterii pozostaw ich długość bez zmian, jeśli odizolowane końce nie wystają nadmiernie poza pola lutownicze. Jednak jeżeli odizolowany odcinek przewodu jest zbyt długi, w szczególności jeśli może się zagiąć i spowodować zwarcie, jego nadmiar należy obowiązkowo przyciąć.
- Baterię należy podłączyć dopiero po zakończeniu montażu i sprawdzeniu poprawności wszystkich połączeń, zwłaszcza polaryzacji zasilania. Przed pierwszym podłączeniem zasilania do zmontowanego układu tymczasowo wyjmij układ scalony – w tym przypadku mikrokontroler – z podstawki. Dzięki temu zmniejszysz ryzyko jego uszkodzenia wskutek ewentualnej pomyłki montażowej.

Pierwsze podłączenie zasilania do płytki

Przed przystąpieniem do opisanych poniżej czynności koniecznie zapoznaj się z dokumentem *Zagadnienia BHP związane z uruchamianiem zmontowanego układu* https://elportal.pl/files/2026/02/15/3682-zagadnienia-bhp-zwiazane-zuruchamianiem-zmontowanego-ukladu.pdf

Na początku warto zmierzyć samą baterię 6F22 jeszcze przed podłączeniem do układu. Ponieważ na nieobciążonej baterii spadek napięcia na jej rezystancji wewnętrznej będzie bliski zeru, napięcie zmierzone bezpośrednio na zaciskach nowej baterii powinno mieć wartość nieco większą niż 9 V – prawdopodobnie około 9,6 V. Po podłączeniu takiej baterii do złączki baterii przy wyłączonym przełączniku zasilania (pozycja „OFF”) napięcie na jej zaciskach nie powinno ulec zmianie.

Po upewnieniu się, że w podstawce nie ma jeszcze zamontowanego mikrokontrolera US2 i ustawieniu przełącznika zasilania SW1 w pozycję ON powinna zaświecić się dioda LED19 – ta w samym środku śmigła, przy czym napięcie na zaciskach baterii nie powinno znacząco ulec zmianie.

Jeśli jednak dioda LED19 nie świeci lub świeci słabo, a napięcie na zaciskach baterii zaczyna gwałtownie spadać, będzie to oznaczało błąd montażowy lub zwarcie w obwodzie zasilania. Należy wówczas odłączyć baterię oraz namierzyć i usunąć usterkę.

W układzie ze stabilizatorem napięcia warto, a przed zamontowaniem mikrokontrolera US2 wręcz należy, sprawdzić napięcie na wejściu oraz na wyjściu stabilizatora US1. Opis jego wyprowadzeń pokazano na rysunku 10.

Pomiar na wejściu stabilizatora (**rysunek 14**) powinien potwierdzić obecność napięcia o wartości zbliżonej do napięcia znamionowego baterii 6F22, natomiast pomiar na wyjściu stabilizatora (**rysunek 15**) powinien wykazać napięcie około 5 V, niezbędne do prawidłowej i bezpiecznej pracy układu ATtiny13A (US2).

Pomiar napięcia zasilania na podstawce pod mikrokontroler

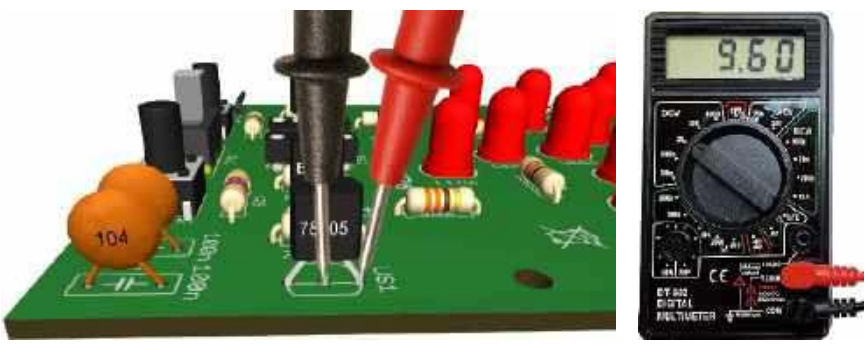
Przed zamontowaniem układu ATtiny13A warto jeszcze sprawdzić napięcie bezpośrednio na wyprowadzeniach podstawki. Pozwala to upewnić się, że do układu US2 zostanie doprowadzone napięcie o prawidłowej wartości i polaryzacji, bez narażania go na skutki ewentualnego błędu montażowego.

Spoglądając na schemat ideowy (**rysunek 18**), można stwierdzić, że „plus” zasilania układu US2 powinien być dostępny na wyprowadzeniu numer 8 podstawki, a „minus” na jej wyprowadzeniu numer 4. Sondy multimetru ustawionego w tryb woltomierza napięć stałych w zakresie do 20 V należy przyłożyć do podstawki w sposób pokazany na **rysunku 16**. Zmierzona wartość powinna wynosić około 5 V.

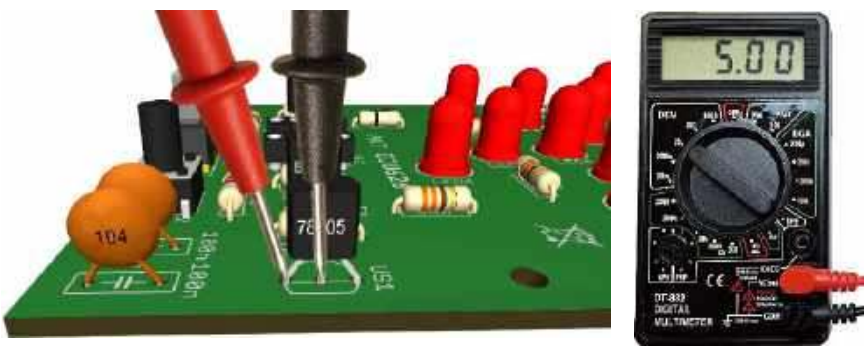
Jeśli napięcie na podstawce wynosi około 5 V i ma prawidłową polaryzację, można przejść do montażu układu ATtiny13A.

Montaż układu ATtiny13A w podstawce

Włożenie układu ATtiny13A do podstawki wydaje się łatwe, jednak podczas tej czynności należy zachować uwagę i ostrożność. Ważne jest, aby układ był skierowany we właściwą stronę oraz aby wszystkie jego wyprowadzenia trafiły dokładnie



Rysunek 14. Pomiar napięcia na wejściu stabilizatora 78L05



Rysunek 15. Pomiar napięcia na wyjściu stabilizatora 78L05

eprasa.pl 8b2d0f1415





Rysunek 16. Pomiar napięcia zasilania na wyprowadzeniach podstawki pod układ US2. Pamiętaj, aby przed pomiarem podłączyć baterię 9 V do złączki oraz ustawić przełącznik SW1 w pozycji ON

w otwory podstawki. Wyprowadzenia nie mogą się wygiąć ani tym bardziej złamać. Gdyby jednak któreś z nich uległo uszkodzeniu, czasem można je zastąpić kawałkiem odciętego wyprowadzenia innego elementu przylutowanego wcześniej do płytki.

Drugą ważną kwestią jest właściwy kierunek montażu układu ATtiny13A w podstawce. Należy dopilnować, aby kropka lub wycięcie na obudowie układu, wskazujące jego orientację, znajdowało się po tej samej stronie co odpowiednie znaczniki na podstawce oraz warstwie opisowej PCB (**rysunek 17**). Gdy położenie wszystkich znaczników jest zgodne, można ostrożnie wcisnąć układ w podstawkę.

Podsumowanie montażu

Po ukończeniu montażu sprawdź, proszę, czy wszystkie połączenia lutowane są błyszczące i nie ma zimnych lutów oraz czy żadne sąsiednie pola lutownicze nie są ze sobą błędnie połączone.

W przypadku wątpliwości dotyczących poprawności wykonanych połączeń lutowanych skorzystaj z poradnika Lutowanie komponentów przewlekanych do płytki drukowanej https://elportal.pl/files/2026/02/15/3678-lutowanie-komponentow-przewlekanych-do-plytki-drukowanej.pdf

Ale właściwie... dlaczego to działa?

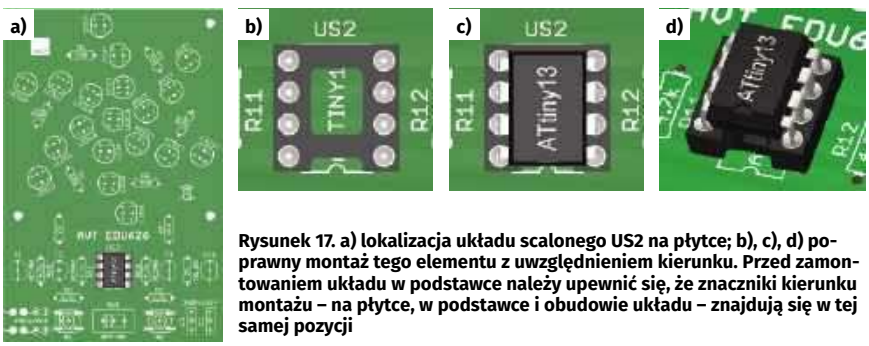
Schemat ideowy układu przedstawiono na **rysunku 18**.

Wiatraczek LED nie ma silnika ani żadnych poruszających się części. Wrażenie obrotu powstaje dzięki odpowiedniemu sterowaniu 19 diodami LED. Osiemnaście z nich, LED1...LED18, tworzy trzy świetlne ramiona, które są kolejno włączane i wygaszane. Gdy zmiany zachodzą dostatecznie szybko, nasze oczy nie widzą już osobnych etapów – powstaje złudzenie wirującego wentylatora.

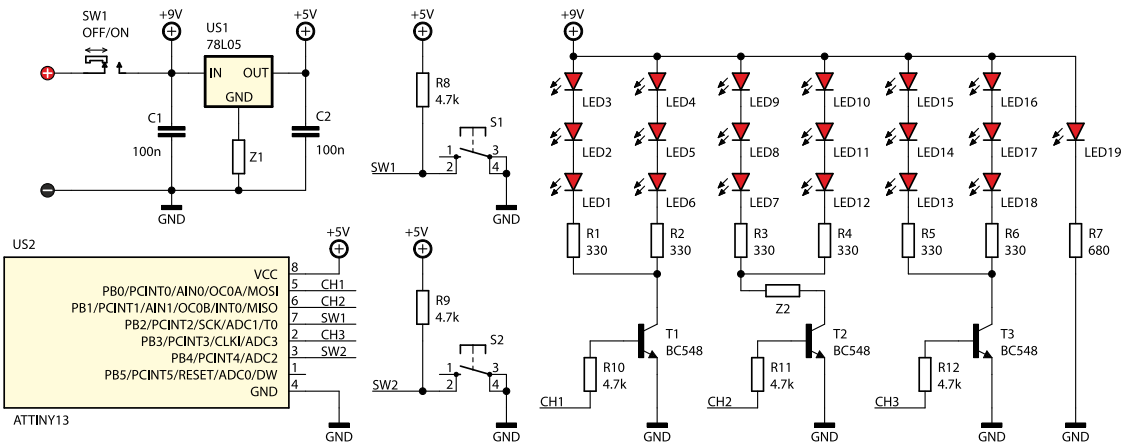
Układ jest zasilany z baterii 9 V. Po włączeniu SW1 napięcie baterii trafia do obwodów diod LED oraz na wejście stabilizatora US1 typu 78L05. Stabilizator wytwarza napięcie 5 V potrzebne mikrokontrolerowi ATtiny13A i obwodom sterującym. Kondensator C1 o pojemności 100 nF filtruje zasilanie na wejściu stabilizatora a C2 o tej samej pojemności filtruje napięcie na jego wyjściu. Oba przyczyniają się do ograniczenia wpływu zakłóceń na szynach zasilania na pracę układu.

Sercem wiatraczka LED jest układ ATtiny13A oznaczony jako US2. Zapisany w nim program decyduje o kolejności i czasie świecenia poszczególnych ramion. Do wejść US2 dołączone są także przyciski S1 (do portu PB2) i S2 (do portu PB4). Rezystory R8 i R9 o wartości 4,7 kΩ utrzymują odpowiednie wejścia mikrokontrolera w stanie wysokim, gdy przyciski są zwolnione, natomiast naciśnięcie przycisku zwiera dane wejście do masy. Dzięki temu program może rozpoznać naciśnięcie konkretnego przycisku i odpowiednio zmienić prędkość lub kierunek animacji.

Do sterowania diodami służą trzy kanały CH1...CH3. Oznaczenia CH1...CH3 są nazwami sieci, które wirtualnie łączą jednakowo opisane punkty schematu bez konieczności prowadzenia między nimi ciągłych linii, co znacząco poprawia jego estetykę i czytelność. W rzeczywistości CH1 to sieć podłączona do portu PB0 mikrokontrolera, CH2 – do portu PB1, a CH3 – do portu PB3.



Rysunek 17. a) lokalizacja układu scalonego US2 na płytce; b), c), d) poprawny montaż tego elementu z uwzględnieniem kierunku. Przed zamontowaniem układu w podstawce należy upewnić się, że znaczniki kierunku montażu – na płytce, w podstawce i obudowie układu – znajdują się w tej samej pozycji



Rysunek 18. Schemat ideowy układu

eprasa.pl 8b2d0f1415

Wspomniane wyjścia układu ATtiny13A (PB0, PB1 i PB3) sterują przez rezystory R10, R11 i R12 bazami tranzystorów T1, T2 i T3 typu BC547 (lub BC548). Tranzystory pracują tutaj jak elektroniczne przełączniki: po włączeniu zamykają drogę przepływu prądu przez odpowiednią grupę diod do masy. W niektórych fragmentach animacji można dopatrzeć się nieco łagodniejszego, stopniowego wygaszania diod LED. Sugeruje to, że program może w tych momentach wykorzystywać sterowanie impulsowe PWM, zmieniając współczynnik wypełnienia impulsów, a tym samym średnią jasność diod LED. Dzięki tranzystorom sygnały z układu US2 mogą sterować całymi ramionami złożonymi z kilku diod LED.

Pierwsze ramię tworzą diody LED1... LED6, drugie LED7...LED12, a trzecie LED13...LED18. W każdym ramieniu znajdują się dwie gałęzie po trzy diody połączone szeregowo. Rezystory R1...R6 o wartości 330 Ω ograniczają prąd płynący przez te gałęzie. Program kolejno steruje tranzystorami T1...T3, a sposób przechodzenia pomiędzy kolejnymi stanami powoduje również wygaszanie diod. Zmiana kolejności włączania kanałów zmienia pozorny kierunek obrotu, natomiast zmiana czasu pomiędzy kolejnymi etapami animacji wpływa na jej prędkość.

Dioda LED19 tworzy osobny obwód. Jest połączona z szyną +9 V przez własną gałąź z rezystorem R7 o wartości 680 Ω i nie jest przełączana przez tranzystory T1... T3, dlatego po włączeniu zasilania świeci niezależnie od animacji trzech ramion. Rezystory Z1 i Z2 mają wartość 0 Ω i pełnią funkcję zworek, czyli elektrycznie zachowują się niemal jak krótkie odcinki przewodu potrzebne do wykonania połączeń na płytce. Cały efekt powstaje więc bez ruchomych części: układ ATtiny13A wyznacza sekwencję, tranzystory przełączają trzy grupy diod, a szybkie zmiany ich jasności tworzą wrażenie obracającego się wiatraczka.

Podsumowanie

Gotowe! Na płytce działa już 19 diod LED rozmieszczonych w trzech ramionach, a odpowiednia sekwencja ich zaświecania i wygaszania tworzy efekt przypominający obracający się wirnik wentylatora.

Podczas montażu było przy tym całkiem sporo okazji do ćwiczeń. Trzeba było rozpoznać rezystory o różnych wartościach, poprawnie zamontować diody LED, a także wśród czterech elementów w obudowach TO-92 rozpoznać i wydzielić stabilizator 78L05 oraz trzy tranzystory BC547 (lub BC548). Po zmontowaniu układu należało podłączyć baterię 9 V i ostrożnie sprawdzić napięcia w obwodzie zasilania. Dopiero po upewnieniu się, że napięcia są poprawne, osadziliśmy układ ATtiny13A w podstawce, dzięki czemu nie narażaliśmy go na skutki ewentualnego błędu montażowego.

To dobre ćwiczenie pokazujące, że uruchamianie zbudowanego układu powinno być procesem świadomym, ostrożnym i bezpiecznym, a nie jedynie szybkim sprawdzeniem, czy po włączeniu zasilania „coś się dzieje". Taki pośpiech bardzo kusi początkujących elektroników, ale nie zawsze przynosi dobre efekty. Na szczęście nasi Juniorzy mają dobrą okazję, by podążać tą lepszą, bardziej świadomą ścieżką.

Najciekawsze przychodzi po bezpiecznym uruchomieniu. Dwa przyciski pozwalają sterować prędkością i kierunkiem animacji, więc ten sam układ może wyglądać zupełnie inaczej zależnie od wybranego ustawienia.

Warto przyjrzeć się przy tym samemu zjawisku. Diody przecież nigdzie się nie poruszają, a mimo to nasze oczy widzą obracający się wiatraczek. To bardzo ciekawy finał całego ćwiczenia: najpierw świadomy i ostrożny montaż oraz uruchamianie, a na końcu efekt pokazujący, że elektronika potrafi nie tylko coś mierzyć albo sterować urządzeniem, lecz także bardzo sprytnie oszukiwać nasz wzrok.

Możecie więc poeksperymentować z dostępnymi ustawieniami i sprawdzić, przy jakiej prędkości efekt obrotu wydaje się najbardziej przekonujący. Być może każdy z Was wybierze inne ustawienie – i właśnie na tym polega dobra zabawa z własnoręcznie zbudowanym układem.

A skoro 19 nieruchomych diod potrafi zamienić się w wirujący świetlny wiatraczek, to warto zapamiętać jedno: w elektronice czasem najbardziej interesujące okazuje się nie to, co naprawdę się porusza, lecz to, co tylko potrafi nas przekonać, że się porusza.

Do zobaczenia w następnym numerze!

Mariusz Ciszewski

REKLAMA



eprasa.pl 8b2d0f1415





Sterownik grzałki PWM

Prezentowany projekt to wysokoprądowe, regulowane źródło PWM (modulacji szerokości impulsów), zaprojektowane do zasilania różnych obciążeń, takich jak elementy PTC (dodatni współczynnik temperaturowy), silniki prądu stałego (DC), elektromagnesy, diody LED dużej mocy oraz zawory. Projekt składa się z trzech głównych elementów: generatora PWM SG3525, sterownika bramki MOSFET MCP4015 oraz tranzystora MOSFET do sterowania obciążeniem.

https://youtu.be/PxsnavsKoug

Liniowy sterownik LED z opcją ściemniania

Ten liniowy sterownik LED 48 V/200 mA z możliwością ściemniania, to wysoce niezawodne rozwiązanie przeznaczone do różnorodnych zastosowań oświetleniowych. Układ bazuje na chipie BCR602, który obsługuje moduły LED, matryce LED (LED engines) oraz taśmy LED. Driver wykorzystuje tranzystor MOSFET (Q1) oraz układ BCR602 do zapewnienia stabilizacji stałoprądowej; może pracować również z tranzystorem bipolarnym (BJT).

https://youtu.be/2X0E_M4RdB8

Niektóre projekty aktualnie dostępne tylko dla prenumeratorów EdW w rubryce DIY PLUS na www.elportal.pl:

1. 3-przewodowy przedwzmacniacz mikrofonu elektretowego
2. Nakładka Sound to Light Color Shield dla OLEDUINO v2
3. Mini Power Monitor Shield dla OLEDUINO v2 z układem INA219
4. Uniwersalna nakładka sterownika silników (Motor Driver Shield) dla OLEDUINO v2
5. Płytka sterująca silnikami elektromagnetycznymi i prądu stałego do OLEDUINO v2
6. Moduł elektronicznej wagi do OLEDUINO v2
7. Wszechstronny odbiornik światłowodowy Versatile Link
8. Wszechstronny nadajnik światłowodowy Versatile Link
9. Bezprzewodowy kontroler samochodu-robota Bluetooth
10. Kontroler ramienia robotycznego wykorzystujący bezprzewodowego pada z konsoli PS3
11. 7-segmentowy mini zegar wykorzystujący PIC16F628A i DS1307 RTC
12. Światło LED oparte na czujniku zbliżeniowym
13. OLEDUINO – wyświetlacz OLED kompatybilny z Arduino
14. Inteligentny regulator lutownicy – precyzyjny regulator grzałki
15. Wskaźnik poziomu paliwa z wyświetlaczem OLED
16. Bezprzewodowy odbiornik wilgotności i temperatury
17. Przerwania zewnętrzne (sprzętowe) i przerwania zegara w MicroPython
18. Laserowy czujnik odległości z wyświetlaczem OLED i RP2040
19. Inklinometr z 17-segmentowym wyświetlaczem słupkowym
20. Izolowany repeater USB – USB 2.0
21. Knight Rider Light – 16 diod LED dużej mocy (kompatybilny z Arduino)
22. Dźwięk do kolorowych efektów świetlnych (kompatybilny z Arduino)
23. Nowy i ulepszony licznik Geigera – teraz z Wi-Fi!
24. Detektor zalania
25. Lampa nastrojowa LED o dużej mocy
26. Kontroler dzwonów kościelnych
27. Arduino Nano – włączanie/wyłączanie urządzeń za pomocą pilota na podczerwień (dwa kanały)
28. Lampa sufitowa LED z czujnikiem ruchu PIR – kompatybilna z Arduino
29. Inteligentny ściemniacz LED z Bluetooth – 4-kanałowy włącznik/wyłącznik Bluetooth
30. Czterokanałowy izolator cyfrowy, wzmocniony, szybki, o niskim poborze mocy
31. Sterowanie prędkością, kierunkiem i zatrzymaniem silnika DC z modułem RF NRF24L01
32. Nadajnik zdalnego sterowania z pojedynczym joystickiem wykorzystujący NRF24L01
33. 8-kanałowy zdalny nadajnik RF z protokołami: Holtek i szeregowym
34. 8-kanałowy zdalny odbiornik RF z protokołami: Holtek i szeregowym
35. Pojemnościowy czujnik wilgotności do konwertera wyjścia analogowego
36. Mostek H dla wysokiej mocy szczotkowego silnika prądu stałego z czujnikiem prądu
37. Przetwornica DC-DC buck 12...75 V na 10 V na wyjściu
38. Czujnik prądu low-side 10 µA...10 mA
39. Kontroler ramienia robota z bezprzewodowym pilotem PS3
40. Termiczny czujnik masowego przepływu powietrza – anemometr stałotemperaturowy
41. Precyzyjny wzmacniacz transimpedancyjny z przełączanym integratorem
42. Wysokowydajny monofoniczny wzmacniacz audio klasy D o mocy 20 W

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 8b2d0f1415

KURS PRAKTYCZNY AI

Praktyczne podejście. Zero marketingowej mgły!



Zyskaj **15%** rabatu

W prenumeracie tylko

~~116,00 zł~~

98,60 zł

prenumerata drukowana 4 kolejnych wydań

(zima 2026, wiosna, lato, jesień 2027)

Zamów na www.UlubionyKiosk.pl

lub zeskanuj kod QR i zaprenumeruj w 1 minutę

Wydania archiwalne (wiosna, lato, jesień 2026)
są dostępne na www.UlubionyKiosk.pl

eprasa.pl 8b2d0f1415