Edukacja w EdW dla szkół i uczelni:
Wykład 43: Modulacja delta


JUNIOR
strona 82

# ELEKTRONIKA dla wszystkich

nr 07/2026 (366) • lipiec • www.elportal.pl

DIY PLUS tylko dla prenumeratorów

## PROJEKTY dla elektroników

- Zbuduj własne Laserowe łącze komunikacyjne
- Radiobudzik na Raspberry Pi, część 2
- Wielokanałowy regulator głośności, część 2

## DIY dla wszystkich

- Watchbot – wykrywanie intruzów kamerą Raspberry Pi z zapisem wideo
- Kamera do identyfikacji i klasyfikacji obiektów
- System wykrywania i fotografowania intruzów z platformą Firebase
- Stacja pogodowa z Internetem Rzeczy oparta na module Blue Pi II
- Bezprzewodowy monitoring bez naruszania prywatności osobistej

## TUTORIALE

- Ekscytacje Maxa: Migające diody LED i śliniący się inżynierowie, część 33
- Kick Start, część 10: wracamy do tradycyjnych układów logicznych
- Audio Out: Trzaski powodowane przez potencjometry, część 1

# Laserowe łącze komunikacyjne



# Radiobudzik na Raspberry Pi

ISSN 1425-1698 Indeks 33362X
nr 05/2026 • cena: 19,90 zł (w tym 8% VAT)

Pomocna dłoń

automatykaB2B.pl

EP.com.pl
Największy portal dla elektroników konstruktorów




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

# 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



**–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

Lipiec 2026 • 07 (366)

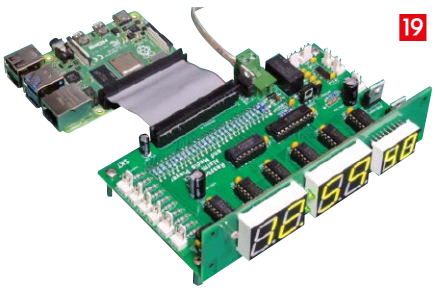



## Projekty dla elektroników:

Zbuduj własne Laserowe łącze komunikacyjne ..... 8
Radiobudzik na Raspberry Pi, część 2 ..... 19
Wielokanałowy regulator głośności, część 2 ..... 31

## Tutoriale:

Ekscytacje Maxa:
Migające diody LED i śliniący się inżynierowie, część 33 ..... 42
Kick Start, część 10: wracamy do tradycyjnych układów logicznych ..... 48
Audio Out: Trzaski powodowane przez potencjometry, część 1 ..... 55
Edukacja w EdW dla szkół i uczelni.
Wykład 43: Modulacja delta ..... 59




## DIY dla wszystkich:

Watchbot – wykrywanie intruzów
kamerą Raspberry Pi z zapisem wideo ..... 62
Kamera do identyfikacji i klasyfikacji obiektów ..... 66
System wykrywania i fotografowania intruzów z platformą Firebase ..... 70
Stacja pogodowa z Internetem Rzeczy oparta na module Blue Pi II ..... 74
Bezprzewodowy monitoring bez naruszania prywatności osobistej ..... 79




## Junior:

Dwudzieste piąte spotkanie z najmłodszymi pasjonatami elektroniki ..... 82

Na zdjęciu na okładce Dawid – Młodzi Entuzjaści Elektroniki, Szkoła Podstawowa nr 86, Wrocław




**DIY PLUS** tylko dla prenumeratorów zamawiających prenumeratę na www.UlubionyKiosk.pl

Mini Power Monitor Shield dla OLEDUINO v2 z układem INA219 ..... 90
Uniwersalna nakładka sterownika silników
(Motor Driver Shield) dla OLEDUINO v2 ..... 90

## Rubryki stałe:

Prenumerata ..... 3
Od redakcji ..... 5
Poczta ..... 7

## A za miesiąc w sierpniowym EdW




**Cyfrowy terminal wideo z Raspberry Pi Pico, część 1**
Czy do pracy z PicoMite, WebMite lub Micromite potrzebny jest komputer PC? Niekoniecznie. W pierwszej części projektu poznamy budowę cyfrowego terminala współpracującego z monitorami HDMI i klawiaturami USB oraz dowiemy się, w jaki sposób mikrokontroler RP2040 generuje sygnał wideo. Przy okazji zajrzymy pod maskę sprzętu i oprogramowania tego nietypowego urządzenia.

**Dzielnik częstotliwości wzorcowej 10 MHz**
Masz do dyspozycji wzorzec częstotliwości 10 MHz, ale potrzebujesz precyzyjnego sygnału 1 Hz? Ten niewielki układ generuje sygnały 1 MHz i 1 Hz o bardzo małym jitterze, zachowując wysoką dokładność źródła odniesienia. Może pełnić rolę zamiennika sygnału 1PPS wykorzystywanego przez urządzenia synchronizowane z GPS.

**Pico Gamer – konsola do gier w stylu retro**
Tęsknisz za czasami przenośnych konsol w stylu Game Boya? Pico Gamer to niewielka konsola oparta na mikrokontrolerze RP2040, wyposażona w kolorowy ekran 3,2", głośnik i akumulator zapewniający wiele godzin zabawy. W pamięci urządzenia zapisano dziewięć gotowych gier, a bardziej ambitni użytkownicy mogą także tworzyć własne programy i gry w języku BASIC.

**Dla studentów i uczniów: garść technicznych tutoriali**

**Dla szukających inspiracji: ciekawe projekty DIY**

**Dla najmłodszych: kolejny zestaw z serii AVTEDU**

**W kioskach od 27 lipca**

# A co będzie, jeśli...? Nie było. Pstryk – jest!



Kilka dni temu, zupełnie bez celu przeglądając nowinki w sklepach internetowych, zwróciłem uwagę na dość interesujący moduł. Niewielką płytkę łączącą mikrokontroler ESP32-C3 ze sprzętowym syntezatorem MIDI opartym na układzie SAM2695. Sam moduł był ciekawy, ale jeszcze ciekawsze okazało się pytanie, które pojawiło się w myślach kilka chwil później.

Co by było, gdyby wsad pamięci EPROM z jednej z legendarnych pozytywek firmy MIK, zaprojektowanych przez Stanisława Gardynika w latach dziewięćdziesiątych, odtworzyć za pomocą takiego zestawu? Nie jako prosty przebieg o określonej częstotliwości, generowany przez układ sprzed kilkudziesięciu lat, lecz przy użyciu sprzętowego syntezatora MIDI dysponującego biblioteką prawdziwych instrumentów muzycznych?

Jeszcze nie tak dawno podobny pomysł prawdopodobnie trafiłby do notesu z projektami oznaczonymi „na później". Tym razem jednak nie minęła nawet godzina, a przy drzwiach wejściowych działał już prototyp nowoczesnego dzwonka do drzwi. Urządzenie łączy się z domową siecią Wi-Fi, uruchamia serwer FTP do wgrywania i podmiany nawet kilku wsadów .bin pamięci EPROM jednocześnie, udostępnia interfejs przeglądarkowy do zarządzania melodiami i przy cyklicznych naciśnięciach przycisku dzwonka odtwarza utwory zapisane przed ponad trzydziestu laty przy użyciu fortepianu, gitary, skrzypiec i dziesiątek innych instrumentów.

Co ciekawe, najmniej niezwykły był sam efekt końcowy. Najbardziej niezwykłe okazało się to, jak szybko udało się go osiągnąć.

Przez wiele lat największą przeszkodą dzielącą pomysł od gotowego urządzenia była ilość pracy potrzebnej do jego realizacji. Trzeba było zdobyć wiedzę, napisać oprogramowanie, zaprojektować elektronikę i poświęcić sporo czasu na uruchamianie całości. Dziś coraz częściej wystarczy pomysł, kilka gotowych modułów oraz narzędzia wykorzystujące sztuczną inteligencję. Nie oznacza to oczywiście, że elektronika stała się całkowicie automatyczna. Nadal trzeba wiedzieć, czego się chce, umieć ocenić rezultaty i połączyć wszystko w działającą całość. Zmieniło się jednak coś bardzo istotnego – droga od pytania „a co będzie, jeśli..." do uzyskania odpowiedzi nigdy wcześniej nie była tak krótka.

Być może właśnie dlatego wakacje wydają się dobrym momentem na realizację takich pomysłów. To czas, kiedy można na chwilę zwolnić, oderwać się od codziennych obowiązków i pozwolić sobie na odrobinę technicznej ciekawości. Nie dlatego, że trzeba coś zbudować. Po prostu dlatego, że jest się czegoś ciekawym.

A co będzie, jeśli spróbujemy przesłać głos za pomocą wiązki światła?

Odpowiedź znajdziemy w projekcie komunikatora laserowego. To konstrukcja, która pozwala transmitować mowę i muzykę przy użyciu modulowanej wiązki lasera, a przy okazji w bardzo praktyczny sposób pokazuje zależności pomiędzy elektroniką, optyką i techniką analogową.

A co będzie, jeśli niewielki moduł ESP32-CAM nauczymy rozpoznawania warzyw, owoców i innych przedmiotów? Albo jeśli Raspberry Pi połączymy z kamerą, czujnikiem ruchu i komunikatorem internetowym? W tym numerze znajdziemy projekty pokazujące, że rozwiązania jeszcze niedawno kojarzone głównie z laboratoriami badawczymi lub profesjonalnymi systemami są dziś dostępne praktycznie dla każdego elektronika-hobbysty.

Można też w drugą stronę: a co będzie, jeśli do rozwiązania problemu nie użyjemy mikrokontrolera, lecz klasycznego układu logicznego? Mike Tooley po raz kolejny przypomina, że starsze rozwiązania wcale nie muszą oznaczać gorszych efektów. Czasami okazują się po prostu najprostsze.

Nie zabraknie również tematów związanych z dźwiękiem. W drugiej części budowy wielokanałowego regulatora głośności oraz internetowego radiobudzika przyjdzie czas na konfigurację, uruchamianie i praktyczne wykorzystanie możliwości tych urządzeń. Z kolei artykuły poświęcone potencjometrom i modulacji delta pokazują, że nawet dobrze znane zagadnienia potrafią skrywać wiele interesujących szczegółów.

Wakacje to również czas wyjazdów. Niestety nie wszystkie domowe obowiązki mogą wyjechać razem z nami. Ktoś musi jeszcze pamiętać o kwiatach pozostawionych na parapecie. Z pomocą przychodzą Juniorzy EdW, którzy zbudowali prosty sygnalizator wilgotności gleby przypominający o konieczności podlania rośliny.

Patrząc na tempo rozwoju współczesnych narzędzi, czasami zastanawiam się, ile ciekawych pomysłów jeszcze kilka lat temu nigdy nie doczekałoby się realizacji. Dziś wystarczy chwila inspiracji, jedno pytanie i odrobina wolnego czasu. Reszta często okazuje się znacznie prostsza, niż moglibyśmy przypuszczać.

Życzę Państwu, aby tegoroczne wakacje przyniosły jak najwięcej takich pytań zaczynających się od słów „a co będzie, jeśli...?". To właśnie od nich bardzo często zaczynają się najciekawsze projekty.

**Mariusz Ciszewski**

# www.UlubionyKiosk.pl






















**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.

**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.**

## Maszyna – też człowiek!

*Szanowna Redakcjo,*

*od wielu lat zajmuję się szeroko pojętą inżynierią. Projektuję elektronikę, tworzę płytki PCB, piszę oprogramowanie, przygotowuję modele 3D i dokumentację techniczną. W związku z tym coraz częściej wykorzystuję w swojej codziennej pracy narzędzia oparte na sztucznej inteligencji. Chciałbym podzielić się kilkoma refleksjami na ten temat.*

*Na co dzień bardzo często spotykam się z prześmiewczymi komentarzami dotyczącymi AI. Nie brakuje osób, które przy każdej okazji próbują udowadniać, jak bardzo jest ona „głupia”, jak rzekomo celowo wprowadza użytkownika w błąd albo jak kompletnie nie nadaje się do poważnych zastosowań. Muszę przyznać, że z takimi opiniami zdecydowanie się nie zgadzam.*

*Mam wręcz wrażenie, że podobne sądy najczęściej wynikają nie tyle z rzeczywistych doświadczeń, ile z nieznajomości specyfiki pracy z tego rodzaju narzędziami. AI nie jest magiczną kulą, która zna odpowiedź na każde pytanie. Nie jest też wszechwiedzącym ekspertem. To narzędzie, z którym trzeba nauczyć się współpracować. Im lepiej rozumiemy jego możliwości i ograniczenia, tym lepsze efekty możemy uzyskać.*

*Co więcej, bardzo wyraźnie obserwuję systematyczny postęp. Każda kolejna generacja modeli jest zwykle bardziej użyteczna, dokładniejsza i skuteczniejsza od poprzedniej. Szczególnie łatwo zauważyć to na przykładzie generowania grafiki.*

*Jeszcze stosunkowo niedawno stworzenie ilustracji zawierającej poprawny tekst było dużym wyzwaniem. Polskie znaki potrafiły być przekręcone, pojawiały się losowe symbole, dodatkowe ogonki lub całkowicie nieistniejące litery. Dzisiaj sytuacja wygląda zupełnie inaczej. Coraz częściej można wygenerować grafikę zawierającą długie fragmenty tekstu i nie znaleźć w nich ani jednego błędnego znaku. Jeszcze kilka lat temu wydawało się to praktycznie nieosiągalne.*

*W moim przekonaniu największym błędem jest traktowanie AI jako czegoś, co ma wszystko zrobić za człowieka. Tak to nie działa. Sztuczna inteligencja nie jest zastępstwem ludzkiego intelektu. Jest raczej jego bardzo skutecznym uzupełnieniem.*

*Kiedy człowiek i AI współpracują, potrafią stworzyć niezwykle efektywny tandem. Warto jednak pamiętać, że jakość odpowiedzi zależy również od jakości zadawanego pytania. Jeżeli powiemy jedynie „napisz mi skrypt”, otrzymamy jakiś rezultat. Jeżeli jednak doprecyzujemy, że ma to być skrypt w Pythonie, określimy środowisko pracy, format danych wejściowych i oczekiwany efekt, szansa na sukces gwałtownie rośnie. Jak z dobrym kolegą z pracy.*

*Jeżeli wiemy, że świetnie radzi sobie z Pythonem, warto od razu skierować go właśnie w tę stronę. Jeżeli znamy go na tyle dobrze, że wiemy, iż gorzej wychodzi mu generowanie wykresów bezpośrednio przez model graficzny, również możemy to wykorzystać na swoją korzyść. Zamiast prosić o gotowy obrazek, możemy poprosić o wygenerowanie kodu dla programu GNU Octave. Dla niewtajemniczonych jest to darmowe środowisko obliczeniowe bardzo podobne do komercyjnego Matlaba, powszechnie wykorzystywane przez inżynierów, naukowców i studentów. Wystarczy wkleić wygenerowany przez AI kod do zainstalowanego lokalnie programu, uruchomić go i po chwili otrzymujemy wykres wykonany przez sprawdzone narzędzie matematyczne, dokładnie według naszych założeń. Często z lepszym efektem niż podczas próby wygenerowania go bezpośrednio przez model graficzny.*

*Właśnie na tym polega skuteczna współpraca. Nie oczekujemy, że kolega z zespołu będzie najlepszy we wszystkim. Znamy jego mocne strony, wiemy, kiedy warto je wykorzystać, i potrafimy omijać obszary, w których radzi sobie gorzej.*

*Z AI warto pracować trochę jak z dobrym kolegą z zespołu. Trzeba znać jej mocne strony, ale również słabości.*

*Zdarza się bowiem, że potrafi zabrnąć w ślepą uliczkę dokładnie tak samo jak człowiek.*

*Pamiętam sytuację, gdy przez dwa dni próbowałem przy pomocy AI stworzyć narzędzie do obracania modeli 3D zapisanych w formacie STEP. Sam obrót nie był problemem. Problem pojawiał się podczas eksportu. Model zachowywał poprawną geometrię, ale tracił informacje o kolorach. AI proponowała kolejne rozwiązania, generowała następne wersje skryptu, testowała różne metody eksportu. Powstały dziesiątki wariantów programu, ale efekt pozostawał ten sam.*

*W końcu postanowiłem podejść do sprawy bardziej „po ludzku”. Zasugerowałem, aby przestać walczyć z samym eksportem. Skoro nie potrafi zachować kolorów, to może należy je wcześniej odczytać i zapisać, następnie wykonać transformację modelu, wyeksportować go do nowego pliku, a na końcu przywrócić zapisane informacje o kolorach.*

*I wtedy wszystko ruszyło praktycznie od razu. Powstała wersja programu, która nie tylko poprawnie obracała bryłę w przestrzeni, ale również zachowywała kolory wszystkich ścian i detali modelu.*

*Czyli jednak można.*

*Tyle że czasami AI, podobnie jak człowiek, gubi się i uporczywie podąża niewłaściwą drogą. W takich momentach potrzebuje świeżego spojrzenia, zmiany perspektywy albo po prostu dobrej podpowiedzi.*

*Dlatego nie zgadzam się ani z twierdzeniem, że sztuczna inteligencja jest głupia, ani z opinią, że zrobi wszystko za nas. Prawda leży gdzieś pośrodku.*

*Jak w wielu innych dziedzinach życia, o sukcesie nie decyduje pojedynczy człowiek ani pojedyncze narzędzie. Decyduje współpraca. Zgrany zespół. Dobry tandem.*

*A w takim tandemie człowiek i AI potrafią osiągnąć naprawdę imponujące rezultaty.*

*Z pozdrowieniami*
**Czytelnik EdW**

**Red.** Dziękujemy za interesujący list. Trudno nie zgodzić się z obserwacją, że wokół sztucznej inteligencji narosło dziś wiele skrajnych opinii. Jedni widzą w niej niemal wszechwiedzącego elektronicznego guru, inni zaś z upodobaniem tropią każdą pomyłkę, traktując ją jako dowód całkowitej bezużyteczności tej technologii.

Nasze doświadczenia są podobne do opisanych przez Czytelnika. AI potrafi zaskakiwać zarówno skutecznością, jak i spektakularnymi pomyłkami. Czasami znajduje rozwiązanie problemu w kilka sekund, nad którym człowiek zastanawiałby się godzinami. Innym razem z godnym podziwu uporem próbuje rozwiązać problem metodą, która od początku nie ma szans powodzenia.

Szczególnie trafne wydaje nam się porównanie AI do współpracownika. Dobry współpracownik nie musi wiedzieć wszystkiego. Ważne, aby potrafił pomóc, inspirować i przyspieszać pracę. Tak samo jest z nowoczesnymi modelami AI. Ich największą wartością nie jest nieomylność, lecz zdolność do wspierania ludzkiej kreatywności i produktywności.

Warto też pamiętać, że historia techniki zna wiele podobnych sporów. Kalkulator miał rzekomo zabić umiejętność liczenia, komputer miał pozbawić ludzi myślenia, a Internet miał być wyłącznie źródłem dezinformacji. Tymczasem każde z tych narzędzi okazało się po prostu kolejnym etapem rozwoju warsztatu inżyniera.

Czy sztuczna inteligencja popełnia błędy? Oczywiście. Czy należy jej bezgranicznie ufać? Zdecydowanie nie. Czy warto nauczyć się z nią współpracować? Naszym zdaniem zdecydowanie tak.

A czy „maszyna też człowiek”? Tego jeszcze nie przesądzajmy. Na razie pozostaniemy przy ostrożniejszym stwierdzeniu, że niektóre maszyny coraz częściej zachowują się jak bardzo specyficzni koledzy z zespołu.

# Zbuduj własne Laserowe łącze komunikacyjne



**Opisany w artykule projekt jest idealny dla osób rozpoczynających przygodę z elektroniką. Dostarczy Czytelnikom, zwłaszcza dzieciom, wiele satysfakcji i dobrej zabawy. Umożliwia opanowanie podstawowych umiejętności, takich jak lutowanie, a jednocześnie pokazuje możliwości prostych układów elektronicznych. Doskonale nadaje się do wspólnej realizacji z młodszymi członkami rodziny oraz jako pomoc dydaktyczna podczas zajęć szkolnych.**

Laserowe łącze komunikacyjne służy do zabawy. Nie jest to urządzenie szczególnie praktyczne, choć być może znajdziesz dla niego zastosowania wykraczające poza rozrywkę i naukę. Jeśli tak, to gratulacje! Jak wiadomo, każdy projekt staje się ciekawszy, gdy doda się do niego laser.



**Fotografia 1. Obudowa nadajnika jest stosunkowo niewielka. Śruba regulacyjna służy do ustawiania wysokości wiązki laserowej. Po ustawieniu wysokości można łatwo i precyzyjnie regulować azymut wiązki**

Czym więc jest laserowe łącze komunikacyjne? Jest to urządzenie umożliwiające przesyłanie głosu lub muzyki za pomocą wiązki laserowej. Transmisja może odbywać się na drugą stronę pokoju, wzdłuż korytarza, a nawet na większe odległości. Jakość dźwięku jest daleka od standardu Hi-Fi, a prawidłowe działanie wymaga wykonania kilku regulacji. Nie są one jednak szczególnie trudne.

Podczas testów i prób mój 10-letni wnuk, Zak, był w stanie rozmawiać przez to urządzenie na odległość około 15 metrów, wykorzystując do tego nasz korytarz. Trzeba jednak przyznać, że utrzymanie właściwego ustawienia na takiej odległości było wyzwaniem. Uginające się podczas chodzenia deski podłogowe powodowały bowiem niewielkie przemieszczenia urządzeń, przez co wiązka laserowa przestawała trafiać dokładnie w odbiornik.

Zachowaliśmy niewielką gęstość upakowania elementów oraz duże pola lutownicze, ułatwiające montaż początkującym elektronikom. Najtrudniejszą czynnością podczas budowy tego projektu jest wykonanie otworów i wycięć w obudowie. Płytkę nadajnika zaprojektowaliśmy tak, aby można było korzystać z niej również bez obudowy, jednak naszym zdaniem wersja umieszczona w obudowie jest znacznie praktyczniejsza i wygodniejsza w użytkowaniu.

Zak z przyjemnością wywiercił otwory montażowe, ale wykonanie większego otworu pod głośnik pozostawił moim, bardziej doświadczonym rękom.

Podczas budowy urządzenia podzieliliśmy montaż płytki drukowanej na dwa etapy, z których każdy zajął około godziny. Dodatkowo jedno spotkanie poświęciliśmy na wiercenie i przygotowanie obudów, a kolejne na końcowy montaż oraz uruchomienie układu.

Postanowiłem złożyć jeden egzemplarz razem z Zakiem. W ten sposób mogłem pokazać mu, co należy robić, a zdobyte doświadczenie pozwoliło mu samodzielnie wykonać większość prac. Starsi konstruktorzy prawdopodobnie poradzą sobie szybciej i bez większej pomocy.

Zacznijmy od ostrzeżenia. W urządzeniu zastosowano laser (mogliśmy użyć diody LED emitującej podczerwień, ale nie byłoby to nawet w połowie tak efektowne). Wykorzystaliśmy diodę laserową o mocy 1 mW i zaprojektowaliśmy jej sterownik w taki sposób, aby nie mógł dostarczyć większej mocy. Dzięki temu laser pracuje z mocą mieszczącą się w zakresie urządzeń klasy 2. Jest to ten sam poziom mocy, z jakim mamy do czynienia w przypadku typowego wskaźnika laserowego.

Laser klasy 2, którego używamy, wywołuje naturalny odruch mrugania, dlatego większość osób automatycznie odwraca wzrok

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

od wiązki. Nie powoduje on uszkodzenia wzroku, chyba że ktoś celowo wpatruje się w wiązkę przez dłuższy czas. Stosowanie okularów ochronnych podczas pracy z takim laserem zazwyczaj nie jest konieczne. Laser tej klasy nie stwarza również ryzyka oparzenia skóry ani uszkodzenia materiałów.

Dodatkowo, dla bezpieczeństwa, zaprojektowaliśmy układ tak, aby dioda laserowa pracowała przy 60% swojego standardowego prądu roboczego. Dzięki temu średnia moc wyjściowa lasera jest znacznie niższa niż 1 mW, co zapewnia zapas niezbędny do zastosowania modulacji amplitudy wiązki laserowej w celu transmisji sygnału audio.

Wiązki laserowe charakteryzują się bardzo małą rozbieżnością, a nawet laser o mocy 1 mW może powodować zakłócenia widzenia z odległości znacznie przekraczającej 100 m. Dlatego nigdy nie należy kierować go w stronę ludzi ani pojazdów. Jeśli budujesz to urządzenie z dzieckiem, upewnij się, że w pełni rozumie ono, iż nigdy nie wolno kierować wiązki laserowej w stronę ludzi, i nadzoruj je podczas użytkowania.

## Zasada działania

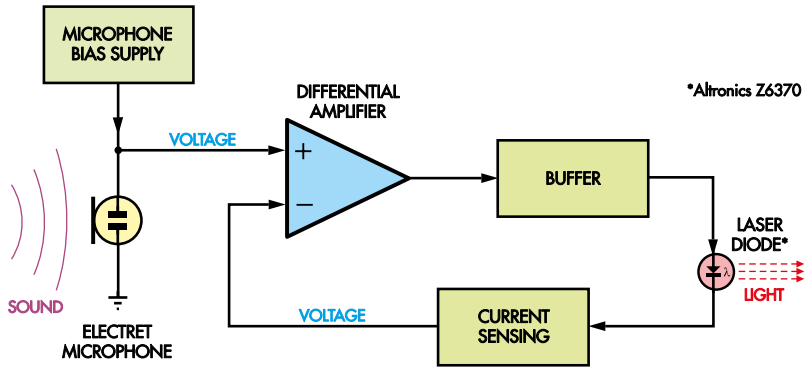
Wiele urządzeń w naszym codziennym życiu wykorzystuje sygnały przesyłane bezprzewodowo. Telewizory, radia i telefony komórkowe korzystają z transmisji sygnałów elektrycznych za pomocą fal radiowych. Są w nich zainstalowane anteny dostosowane do odpowiedniego pasma częstotliwości (zarówno w nadajniku, jak i w odbiorniku).

W tym projekcie przesyłamy informacje audio drogą optyczną, wykorzystując światło (wiązkę laserową) jako nośnik. Sam sygnał audio jest nakładany na światło za pomocą modulacji amplitudy. Oznacza to, że zmieniamy intensywność wiązki laserowej, aby przenosiła informacje audio, które chcemy przesłać.

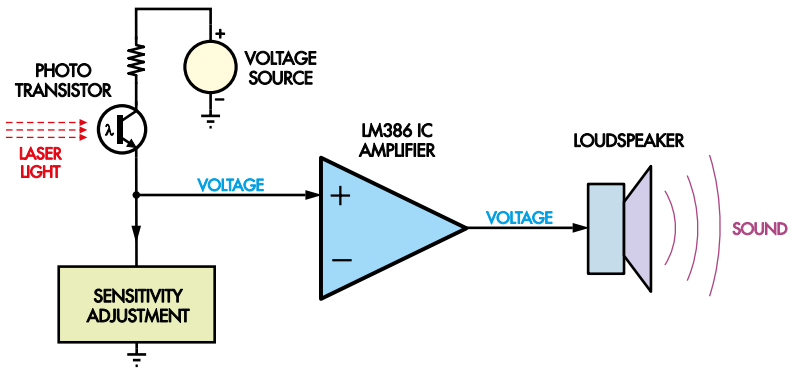
Można to sobie wyobrazić jako system radiowy pracujący z częstotliwością 430 THz (teraherców), choć promieniowanie elektromagnetyczne o takiej częstotliwości z pewnością zachowuje się nieco inaczej niż przy częstotliwościach 430 MHz czy 5 GHz!

Amplitudę wiązki laserowej możemy modulować, zmieniając prąd przepływający przez laser, co jest prostym sposobem realizacji modulacji amplitudowej (w zasadzie podobnie robi się to w przypadku częstotliwości radiowych). Po stronie odbiornika musimy wykryć światło lasera i w jakiś sposób przekształcić tę modulację amplitudową w sygnał elektryczny, który można przesłać do głośnika (czyli zdemodulować sygnał).

Nasze podejście polega na użyciu fototranzystora i odfiltrowaniu składowej stałej




**Rysunek 1. Modulator w nadajniku wykorzystuje wzmacniacz różnicowy skonfigurowany jako przetwornik napięcia na prąd**




**Rysunek 2. W odbiorniku zastosowano fototranzystor sterujący wzmacniaczem LM386, który z kolei napędza głośnik o średnicy 100 mm**

odbieranego prądu poprzez przepuszczenie go przez kondensator połączony szeregowo. Pozostała składowa zmienna prądu, odpowiadająca zmianom intensywności odbieranego światła laserowego, jest podawana na wejście wzmacniacza.

Zarówno nadajnik, jak i odbiornik są tak proste, jak to tylko możliwe, ponieważ jest to projekt edukacyjny. W rzeczywistych systemach komunikacji laserowej stosuje się znacznie bardziej złożone rozwiązania, ale celem tego projektu jest nauka i zabawa.

Laserowe łącze komunikacyjne składa się z dwóch części: nadajnika i odbiornika. Każda z nich mieści się w standardowej obudowie Jiffy: UB3 (130 mm × 67 mm) dla nadajnika i UB2 (197 mm × 112 mm) dla odbiornika. Schemat blokowy nadajnika przedstawiono na **rysunku 1**, a schemat blokowy odbiornika – na **rysunku 2**.

Nadajnik pokazano na **fotografii 1** oraz na zdjęciu tytułowym. Obudowa zawiera układ współpracujący z mikrofonem elektretowym, układ polaryzacji, przetwornik napięciowo-prądowy oraz sam laser.

Zastosowaliśmy stałe napięcie polaryzujące diodę laserową, ustawiające prąd na poziomie około 20 mA. Okazało się, że wartość ta jest wystarczająca dla wszystkich testowanych przez nas diod laserowych i umożliwia bezproblemowe korzystanie z nadajnika.

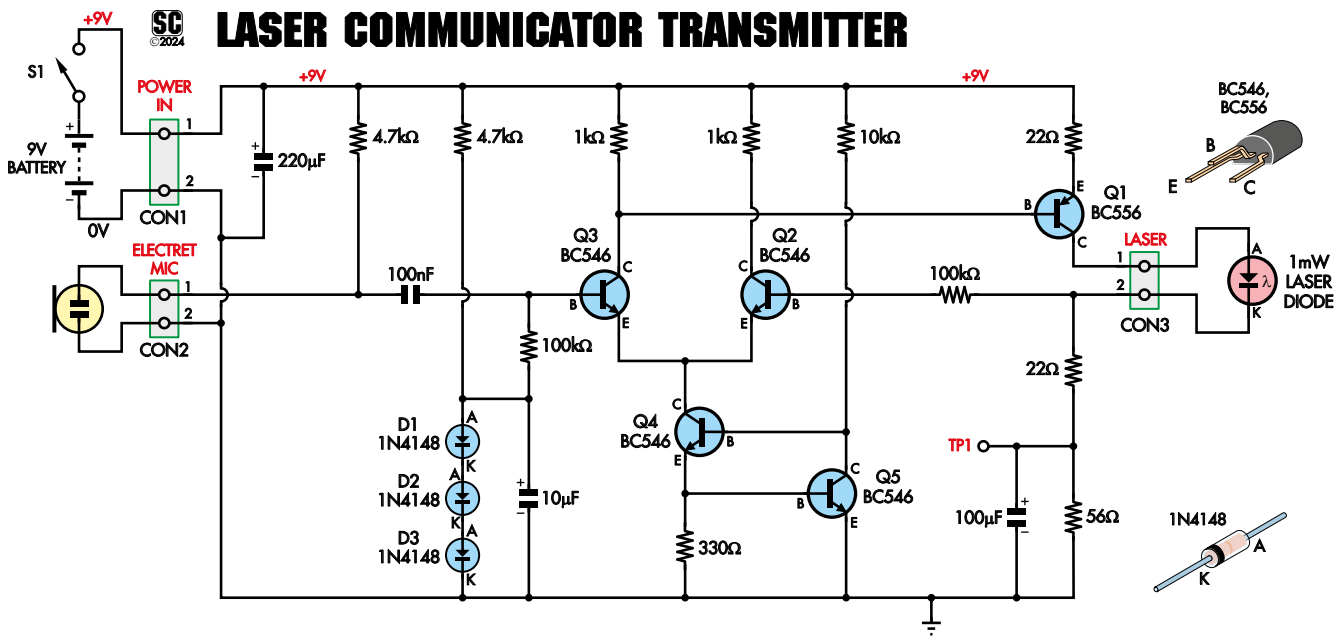
Połączone napięcie polaryzacji i sygnał audio zasilają przetwornik napięciowo-prądowy, zbudowany z pięciu tranzystorów tworzących buforowany wzmacniacz operacyjny. Jako źródło światła wybraliśmy moduł laserowy Keyes (Altronics Z6370). Są to bardzo powszechnie dostępne moduły rozszerzeń do Arduino.

W podstawie obudowy zamontowaliśmy podnośnik śrubowy, wykorzystując nakrętkę i śrubę o średnicy 3/16 cala, które znaleźliśmy w domowych zapasach. Jest on przyklejony do kawałka płytki drukowanej (równie dobrze sprawdzi się nakrętka i śruba M5 lub M6).



**Ostrzeżenie: laser klasy 2**

Nie patrz bezpośrednio w wiązkę. Zastosowany poziom mocy jest bezpieczny w przypadku przypadkowej ekspozycji trwającej krócej niż 0,25 s (250 ms). Nigdy nie obserwuj wiązki lasera przez przyrządy optyczne.




**Rysunek 3. Kilka elementów dyskretnych wystarcza do realizacji nadajnika laserowego z modulacją amplitudy, w którym sygnał jest przenoszony przez bezpośrednią modulację prądu diody laserowej**

Umożliwia to precyzyjną regulację nachylenia nadajnika, co przy większych odległościach jest niezbędne do ustawienia go w jednej linii z odbiornikiem.

Odbiornik mieści się w znacznie większej obudowie, co widać na **fotografii 2** i na zdjęciu tytułowym. W obudowie znajduje się płytka drukowana z fototranzystorem i wzmacniaczem, a także głośnik o średnicy 100 mm. Odbiornik wyposażono w regulator czułości, który pełni również funkcję regulatora głośności.



**Fotografia 2. Obudowa odbiornika pełni jednocześnie funkcję przegrody głośnikowej. Karteczka samoprzylepna z narysowanym celem jest istotnym elementem, ponieważ ułatwia celowanie i rozprasza światło lasera, dzięki czemu ustawienie łącza jest znacznie łatwiejsze (dobrze sprawdza się również taśma maskująca)**

Poziom natężenia światła docierającego do odbiornika będzie się znacznie zmieniał w zależności od odległości oraz od tego, jak precyzyjnie skierowany jest laser. Oznacza to, że fototranzystor musi pracować w szerokim zakresie natężenia światła. Osiągamy to poprzez regulację rezystancji obciążenia fototranzystora.

Wpływa ona również na głośność, dlatego nie ma potrzeby stosowania oddzielnej regulacji głośności.

Mimo że laser pracuje z małą mocą, wytwarza wiązkę o dość dużej intensywności. Możemy to wykorzystać, aby ułatwić celowanie, przyklejając kawałek białego papieru nad otworem odbiornika, przed fototranzystorem. Umieściliśmy na nim znacznik celu, aby mieć wyraźny punkt celowania.

Korzyści z tego rozwiązania są dwojakie: widzimy dokładnie, gdzie należy wycelować, a papier rozprasza światło lasera wewnątrz obudowy odbiornika, dzięki czemu pada ono na fototranzystor nawet wtedy, gdy celowanie nie jest idealnie precyzyjne. Okazało się, że jest to najlepszy sposób na zapewnienie poprawnego działania urządzenia nawet na dość dużych odległościach.

## Szczegóły dotyczące schematu nadajnika

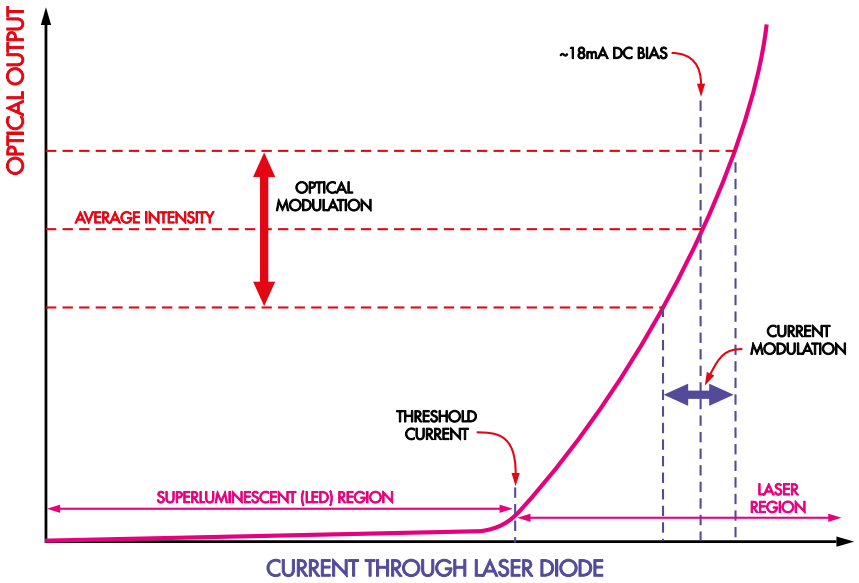
Schemat nadajnika przedstawiono na **rysunku 3**. Zastosowano w nim mikrofon elektretowy, który przekształca dźwięk w sygnał elektryczny. Przy normalnym poziomie głosu jego sygnał wyjściowy osiąga kilkaset miliwoltów. Jeśli jako źródło sygnału audio chcesz użyć telefonu lub innego urządzenia o liniowym poziomie sygnału, możesz pominąć rezystor 4,7 kΩ znajdujący się po lewej stronie i zastąpić mikrofon gniazdem jack 3,5 mm.

Mikrofon elektretowy jest połączony ze wzmacniaczem różnicowym za pośrednictwem kondensatora 100 nF. Wybraliśmy tę stosunkowo niewielką wartość, ponieważ młodsi użytkownicy mają tendencję do mówienia bezpośrednio do mikrofonu, co przy większej pojemności tego kondensatora powodowałoby liczne trzaski i przesterowanie łącza laserowego.

Zrobiliśmy prosty mikrofon ręczny, wykorzystując pustą obudowę długopisu. Chociaż jest to bardzo prosta konstrukcja, działa dobrze, a Zakowi bardzo podobało się klejenie i obkurczanie wszystkich elementów. Dowiedział się też, że Super Glue na palcach jest naprawdę bardzo lepki! Więcej o tym, jak wykonaliśmy mikrofon, później.

Chcemy modulować amplitudę światła emitowanego przez diodę laserową za pomocą sygnału audio. Diody laserowe, podobnie jak diody LED, muszą być zasilane ze źródła prądowego, co oznacza, że nie możemy po prostu podłączyć mikrofonu bezpośrednio do lasera. Ponadto, jak pokazano na **rysunku 4**, diody laserowe mają prąd progowy, poniżej którego nie emitują światła laserowego, dlatego musimy odpowiednio kontrolować ich prąd pracy.

Napięcie z mikrofonu przekształcamy na prąd lasera za pomocą wzmacniacza różnicowego. Na wejście nieodwracające podawane jest




**Rysunek 4. Moc optyczna lasera w funkcji prądu wejściowego. Diody laserowe nie emitują promieniowania laserowego, dopóki nie popłynie przez nie wystarczająco duży prąd. Dlatego podczas modulowania mocy lasera konieczne jest ustawienie minimalnego prądu polaryzacji**

napięcie z mikrofonu nałożone na napięcie polaryzacji, natomiast na wejście odwracające (sprzężenia zwrotnego) podawane jest napięcie pochodzące od prądu przepływającego przez diodę laserową. Prąd lasera jest przekształcany na napięcie sprzężenia zwrotnego przez rezystor połączony szeregowo z diodą laserową.

Wzmacniacz różnicowy tworzy pięć tranzystorów. Tranzystory NPN Q4 i Q5 pełnią rolę źródeł prądu stałego, pobierając stały prąd ze wspólnego punktu emiterów tranzystorów NPN Q2 i Q3.

Te dwa tranzystory działają jako komparator napięcia, ponieważ ich łączny prąd emiterowy jest stały. Gdy jeden z nich przewodzi mniej prądu, drugi musi przewodzić więcej. Tranzystor o wyższym napięciu na bazie przepuści więcej prądu niż drugi, ponieważ będzie miał wyższe napięcie baza-emiter (emitery są połączone).

Tranzystor PNP Q1 pełni rolę bufora wyjściowego sterującego laserem. Warto zauważyć, że kolektory tranzystorów Q2 i Q3 są połączone z tą samą szyną +9 V poprzez rezystory 1 kΩ. Oznacza to, że wszelki dodatkowy prąd potrzebny tranzystorowi Q3 (gdy Q2 przewodzi mniej) będzie pochodził z bazy tranzystora Q1, a więc prąd bazy Q1 jest zależny od różnicy między dwoma napięciami wejściowymi.

Gdy Q3 przewodzi więcej prądu, Q1 włącza się mocniej, a gdy Q3 przewodzi go mniej, Q1 zaczyna się wyłączać.

Aktywny obwód pochłaniający prąd, składający się z tranzystorów Q4 i Q5, jest prawdopodobnie zbędny. Niemniej jednak to właśnie ten prąd ogranicza maksymalny prąd lasera, a my chcemy zapewnić jego stałość w miarę rozładowywania się baterii i spadku napięcia na jej zaciskach.

Rezystor 330 Ω ustawia całkowity prąd pary różnicowej na 1,8 mA. Oznacza to, że przez każdy z dwóch rezystorów kolektorowych o rezystancji 1 kΩ dla tranzystorów Q2 i Q3 przepływa około 0,9 mA (chociaż Q3 zazwyczaj przewodzi nieco więcej prądu niż Q2).

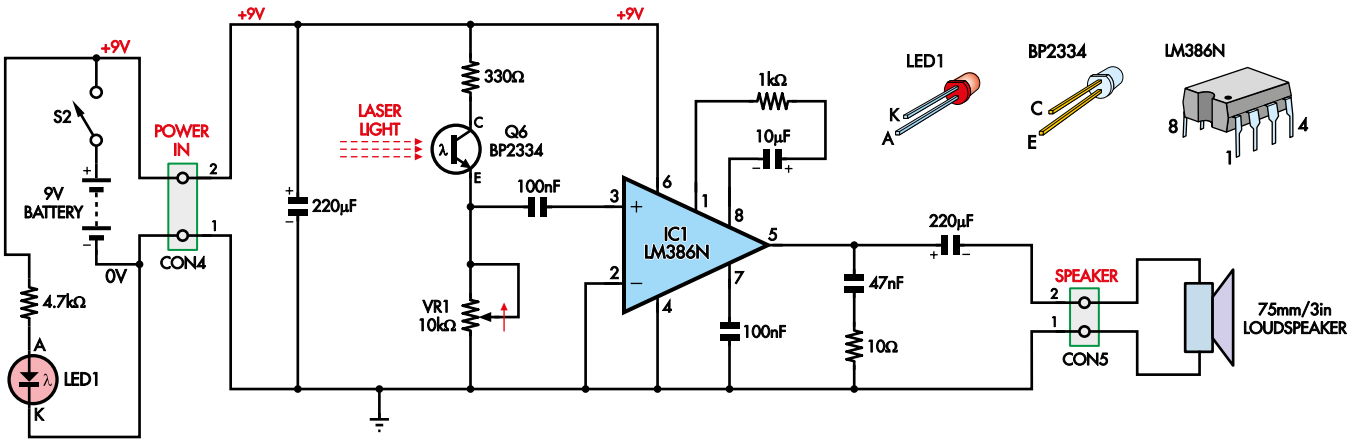
Stałoprądowy punkt pracy diody laserowej jest ustalany przez trzy diody 1N4148, które mają łączny spadek napięcia przewodzenia wynoszący około 1,8 V. Napięcie stałe na bazie Q3 przy braku sygnału, lub napięcie odpowiadające średniej wartości sygnału AC, jest ustalane za pomocą rezystora 100 kΩ. Prąd bazy tranzystora Q3 wynosi około 40 µA, dlatego napięcie na bazach Q2 i Q3 wynosi około 1,4 V.

Sprzężenie zwrotne jest realizowane przez tranzystory Q2 i Q3, przy czym baza tranzystora Q2 jest sterowana przez rezystor 100 kΩ, doprowadzający napięcie z katody diody laserowej. Prąd katody przepływa do masy przez rezystory 22 Ω i 56 Ω. Pętla sprzężenia zwrotnego utrzymuje napięcia na bazach Q2 i Q3 na tym samym poziomie, więc średnie napięcie na tych dwóch rezystorach wynosi 1,4 V. W ten sposób prąd polaryzacji stałej diody laserowej wynosi 18 mA (1,4 V÷[22 Ω+56 Ω]).

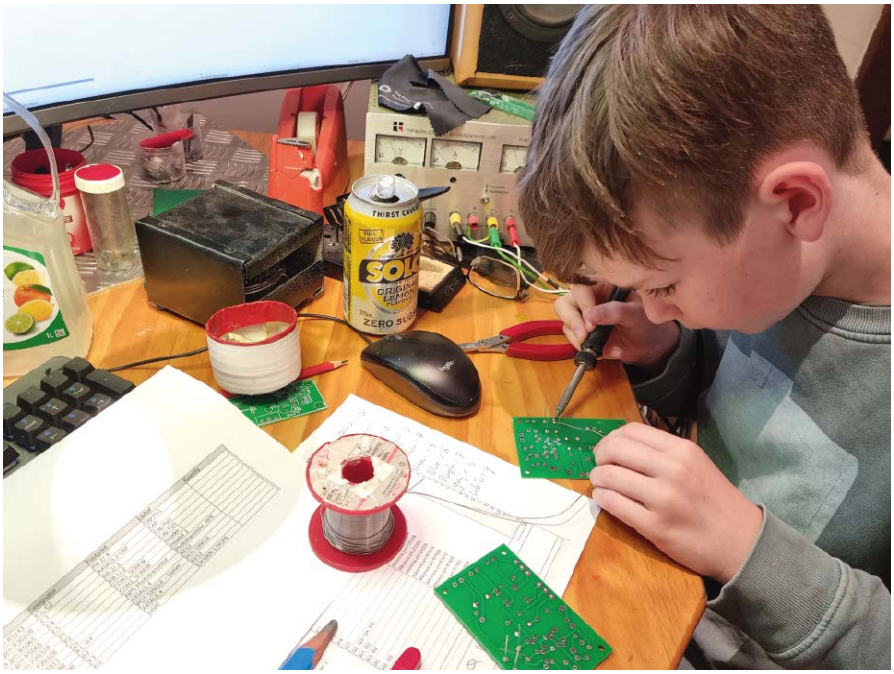
Wszystkie testowane przez nas diody laserowe miały prąd progowy znacznie niższy od tej wartości, dlatego w tym układzie działały bez konieczności regulacji. Jeśli z jakiegoś powodu użyta dioda laserowa świeci wyraźnie zbyt słabo, a pozostałe elementy układu działają prawidłowo, punkt polaryzacji lasera można zmienić, zmniejszając wartość rezystora 56 Ω.

Należy jednak zachować szczególną ostrożność, ponieważ może to spowodować przekroczenie limitu mocy przewidzianego dla lasera klasy 2, co jest niedopuszczalne bez stosowania odpowiedniej ochrony oczu.

Wnikliwi Czytelnicy zauważą kondensator o pojemności 100 µF połączony równolegle z rezystorem 56 Ω. Zwiększa on wzmocnienie dla składowej zmiennej w układzie, co pozwala




**Rysunek 5. Odbiornik jest prosty i wykorzystuje klasyczny wzmacniacz mocy LM386 sterowany fototranzystorem**



**Fotografia 3. Opinie użytkowników dotyczące prototypu skłoniły nas do wprowadzenia kilku zmian w projekcie i rozmieszczeniu elementów, dzięki czemu konstrukcja stała się bardziej przystępna dla początkujących. Zbudowałem oba urządzenia razem z Zakiem, aby mógł obserwować sposób montażu, ale swój egzemplarz wykonał samodzielnie**

uzyskać dwukrotnie większe wzmocnienie przetwornika napięciowo-prądowego. Zapewnia to około 11 dB dodatkowego wzmocnienia dla sygnałów audio.

Prąd zmienny diody laserowej wynosi 45 mA/V. Maksymalne napięcie wejściowe przed przesterowaniem wynosi około 500 mV w szczycie.

## Szczegóły schematu odbiornika

Jak pokazano na **rysunku 5**, w odbiorniku zastosowano prosty fototranzystor z obciążeniem rezystancyjnym, wykrywający padające na niego światło laserowe.

Ponieważ wiązkę lasera modulujemy amplitudowo, sygnał wyjściowy tego detektora zawiera zarówno składową stałą (DC), jak i składową zmienną (AC), nałożone na siebie.

Ponieważ fototranzystor reaguje wyłącznie na natężenie padającego światła, a nie na częstotliwość nośną, dokonuje on również demodulacji sygnału. Prąd płynący przez fototranzystor wytwarza napięcie na potencjometrze VR1. Napięcie to składa się ze składowej stałej (odpowiadającej średniemu poziomowi odbieranego światła laserowego) oraz składowej zmiennej (modulowanego sygnału audio).

Jeśli rezystancja obciążenia fototranzystora (VR1) jest zbyt wysoka, składowa stała



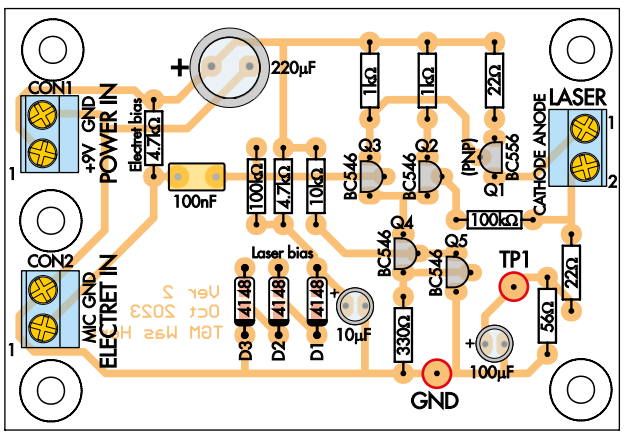
**Fotografia 4. Na fotografii pokazano sposób przylutowania ekranowanego przewodu do mikrofonu elektretowego. Oplot ekranu jest przylutowany do pola lutowniczego połączonego z obudową mikrofonu**

sygnału pochodzącego z lasera może spowodować jego nasycenie. Będzie to widoczne jako wzrost napięcia na kolektorze fototranzystora aż do osiągnięcia stanu nasycenia. Aby uniknąć nasycenia fototranzystora przy dużym natężeniu odbieranego światła, rezystancję VR1 można zmniejszyć.

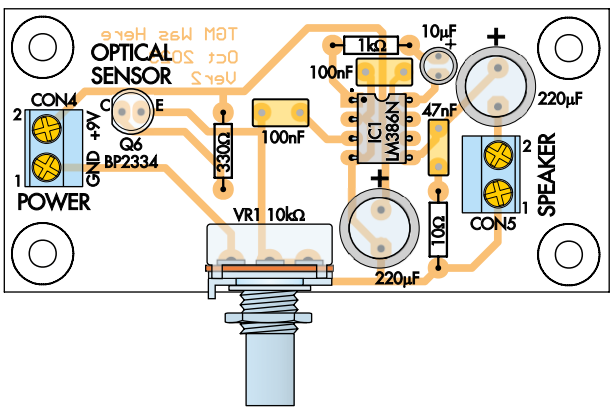
Pozwala nam to dostosować czułość odbiornika do natężenia padającego światła laserowego, pełniąc jednocześnie funkcję regulatora głośności. Rezystor 330 Ω znajduje się w układzie po to, aby po ustawieniu potencjometru VR1 w położeniu zerowym fototranzystor nadal był obciążony rezystancją 330 Ω, zamiast powodować zwarcie baterii.

Sygnał jest doprowadzony do wejścia wzmacniacza mocy LM386 (IC1) poprzez sprzężenie zmiennoprądowe. Układ ten został zastosowany w niemal podręcznikowej konfiguracji. Wyprowadzenie 7 jest połączone z masą przez kondensator 100 nF. Ponieważ odbiornik jest zasilany z baterii, poziom szumów zasilania powinien być niewielki.

Do ustawienia dość dużego wzmocnienia wykorzystaliśmy piny regulacji wzmocnienia (nóżki 1 i 8). Jeśli konieczne okaże się




**Rysunek 6. Schemat montażowy nadajnika. W przypadku kondensatorów elektrolitycznych należy upewnić się, że dłuższe wyprowadzenia są umieszczone w otworach oznaczonych symbolem „+". Płaskie ścianki tranzystorów powinny być ustawione zgodnie z rysunkiem**




**Rysunek 7. W podobny sposób zamontuj elementy odbiornika. Układ scalony ma kropkę lub inne oznaczenie wskazujące pin 1, który powinien znajdować się w lewym górnym rogu. Podobnie jak w przypadku nadajnika, należy zwrócić szczególną uwagę na prawidłową orientację kondensatorów elektrolitycznych oraz fototranzystora Q6**

zmniejszenie wzmocnienia odbiornika, należy zwiększyć wartość rezystora 1 kΩ.

W projekcie zastosowaliśmy głośnik o średnicy 100 mm i zalecamy zamontowanie go w obudowie UB2 Jiffy. Jest to konieczne, aby uzyskać przyzwoitą głośność i jakość dźwięku z odbiornika. We wstępnym prototypie zastosowaliśmy znacznie większy głośnik Hi-Fi, który sprawdził się bardzo dobrze. Jeśli więc chcesz zbudować wersję bez obudowy, dobrym rozwiązaniem będzie podłączenie wyjścia odbiornika do dużego głośnika.

Stwierdziliśmy, że zastosowanie małego głośnika o średnicy 57 mm bez obudowy dawało dość rozczarowujące rezultaty, dlatego lepiej unikać takiego rozwiązania.

## Budowa

Duże odstępy między elementami i duże pola lutownicze sprawiają, że jest to idealny projekt dla początkujących (**fotografia 3**). Chcieliśmy, aby przy niewielkiej pomocy był on przystępny dla osób o różnym poziomie doświadczenia. Nie będziemy powtarzać wskazówek dotyczących lutowania, ponieważ pojawiały się już w wielu naszych publikacjach.

Proces montażu obu płytek jest podobny. Na **rysunku 6** przedstawiono schemat montażowy nadajnika, pokazujący rozmieszczenie poszczególnych elementów, natomiast na **rysunku 7** zamieszczono schemat montażowy odbiornika.

Montaż zawsze zaczynaj od rezystorów. Sprawdzaj ich wartości na bieżąco, a jeśli nie masz pewności co do ich rezystancji, użyj multimetru. Wykorzystaliśmy tę okazję, aby pokazać Zakowi, jak rozpoznawać rezystory. Nadajnik ma jedenaście rezystorów, a w odbiorniku są tylko trzy. Niezależnie od tego porównaj je z wartościami zaznaczonymi na płytce drukowanej. Zaczynamy od nich, ponieważ są to najniższe elementy.

Następnie zamontuj trzy diody na płytce nadajnika. Upewnij się, że są wlutowane we właściwy sposób, w przeciwnym razie nadajnik nie będzie działał.

Zalecamy zastosowanie diody 1N4148 (popularnego typu, podobnego do 1N914, ale o mniejszym prądzie upływu). Można jednak użyć praktycznie dowolnej diody krzemowej. Zalecamy jednak stosowanie elementów, które przetestowaliśmy.

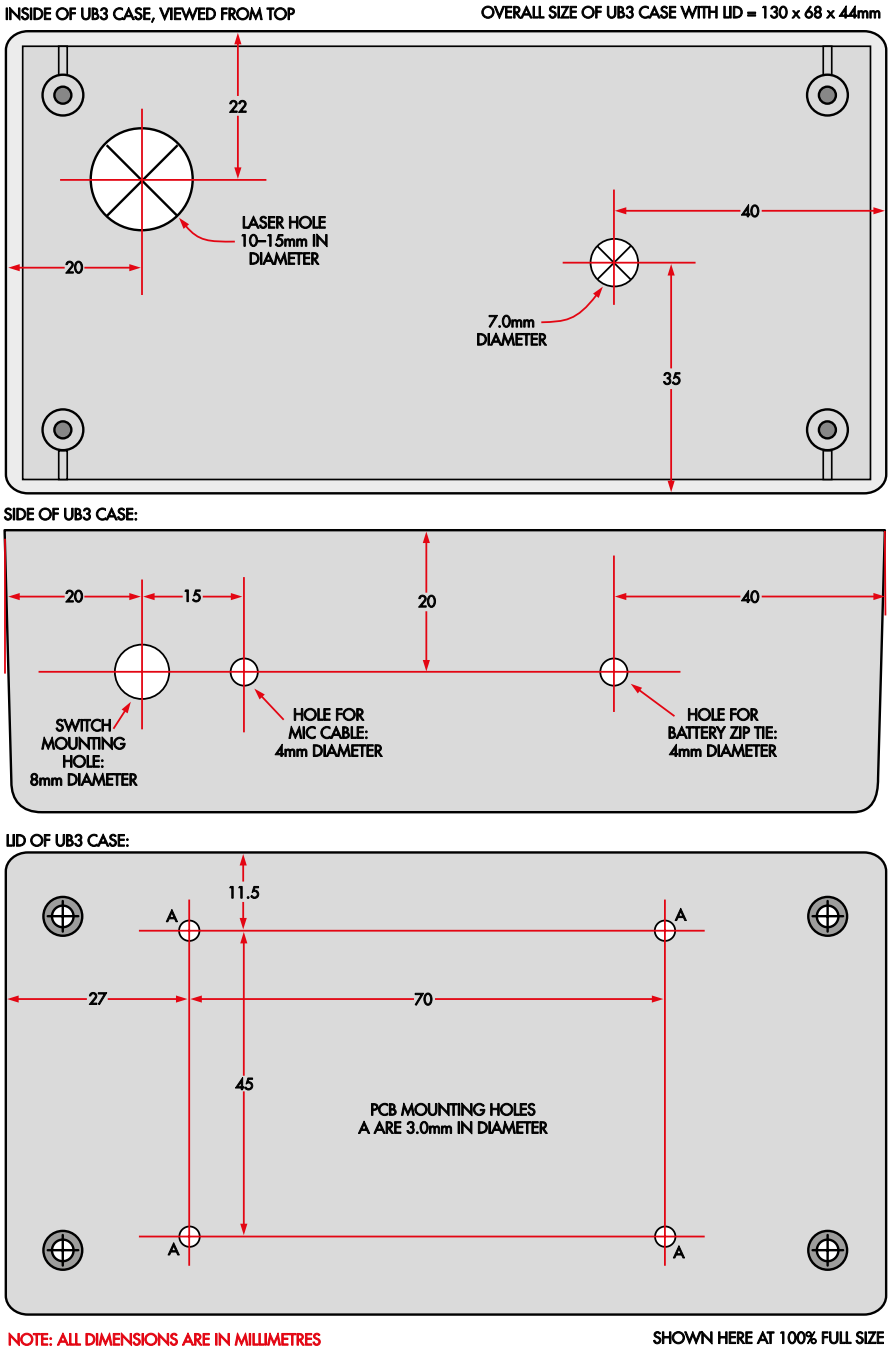
Następnie zamontuj kondensatory. Zadbaliśmy o to, aby wszystkie kondensatory elektrolityczne były skierowane w tę samą stronę, ale sprawdź to jeszcze raz, ponieważ ich odwrotne wlutowanie może mieć niezbyt przyjemne skutki.

Następnie przylutuj tranzystory nadajnika. Q1 jest typu PNP (np. BC55x), a pozostałe są typu NPN (BC54x). Możesz śmiało użyć tranzystorów BC556/7/8/9 dla PNP i BC546/7/8/9 dla NPN. Najważniejsze, aby nie pomylić ich typów.

Teraz zamontuj układ LM386. Być może, aby dopasować go do otworów montażowych, trzeba będzie lekko dogiąć jego wyprowadzenia.

Na koniec zamontuj na płytce drukowanej odbiornika potencjometr wraz ze wszystkimi zaciskami śrubowymi. Zastosuj tutaj potencjometr logarytmiczny. Potencjometr liniowy również będzie działał, ale regulacja będzie mniej wygodna.

Teraz zamontuj diodę laserową. Wyprostowaliśmy środkowe wyprowadzenie naszego modułu Altronics Z6370, a pozostałe wyprowadzenia można wsunąć bezpośrednio do zacisku śrubowego. Oznaczenie „S” widoczne na module wskazuje anodę, czyli biegun dodatni, natomiast „–” wskazuje katodę, czyli biegun ujemny.




**Rysunek 8. Wykonanie otworów w pokrywie nadajnika jest proste. Do zamocowania płytki drukowanej wystarczy wywiercić cztery otwory o średnicy 3 mm rozmieszczone w narożach prostokąta. W podstawie nadajnika należy wykonać tylko dwa otwory, przy czym większy z nich powinien być dopasowany do średnicy diody laserowej. Dodatkowo w bocznej ściance należy wywiercić trzy otwory**

Jeśli posiadasz inną diodę laserową, możesz sprawdzić, który biegun jest anodą, a który katodą, używając baterii 9 V połączonej szeregowo z rezystorem 4,7 kΩ (taki rezystor znajduje się już w zestawie do diody LED zasilającej). Laser zaświeci się, gdy anoda zostanie podłączona do dodatniego bieguna baterii. Nie zapomnij o rezystorze, ponieważ możesz uszkodzić diodę laserową!

## Porady dotyczące okablowania

Przed przystąpieniem do kolejnych czynności zapoznaj się ze schematami połączeń. Najpierw kilka wskazówek.

Większość okablowania stanowią przewody połączeniowe zacisków baterii. Pozostałe połączenia zasilające można wykonać cienkim przewodem montażowym.

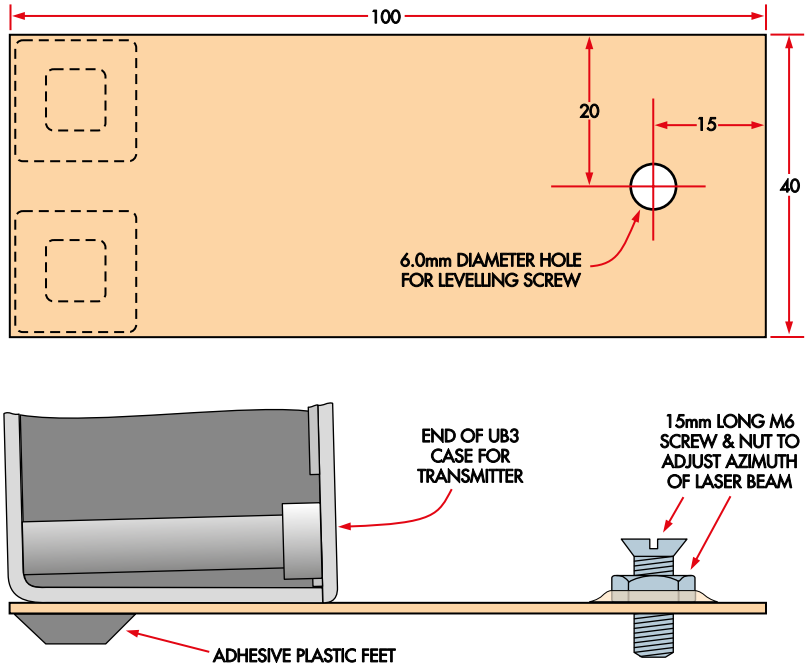
Do sygnalizacji zasilania odbiornika zastosowano czerwoną diodę LED połączoną z rezystorem 4,7 kΩ ograniczającym prąd. Należy upewnić się, że anoda diody (dłuższe wyprowadzenie) jest podłączona do przełączanego napięcia 9 V, natomiast rezystor jest połączony z katodą diody LED, a następnie z punktem masy wejścia zasilania.

Mikrofon powinien być połączony przewodem ekranowanym. My użyliśmy około metra przewodu Altronics Cat W3010. Dobrze sprawdzi się również przewód Jaycar Cat WB1500. Pleciony ekran należy połączyć z wyprowadzeniem masy mikrofonu elektretowego. To wyprowadzenie jest połączone z metalową obudową mikrofonu elektretowego (**fotografia 4**).

Wewnętrzny przewód kabla przylutuj do wyjścia mikrofonu elektretowego (drugiego styku). Ekran tego kabla podłącz do zacisku GROUND złącza mikrofonowego na płytce nadajnika, a żyłę wewnętrzną do zacisku MIC.

Jako uchwyt mikrofonu wykorzystaliśmy starą obudowę długopisu – przeciągnęliśmy przez nią przewód ekranowany, a następnie przylutowaliśmy do niego mikrofon elektretowy i na koniec przykleiliśmy go klejem Super Glue. W ten sposób uzyskaliśmy prosty mikrofon przy minimalnych kosztach.

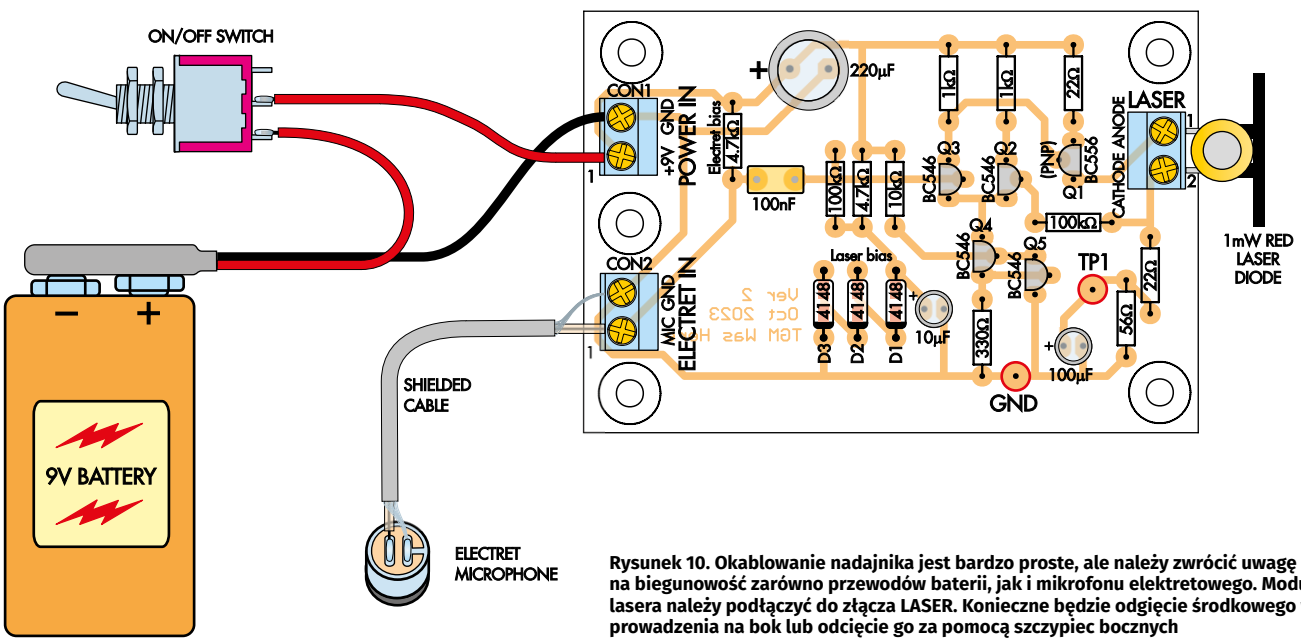
Aby mikrofon wyglądał schludnie i był wygodny w użyciu, nałożyliśmy na niego, wraz z fragmentem przewodu, rurkę termokurczliwą o średnicy 10 mm. Jeśli nie masz stacji hot air lub opalarki do jej obkurczenia, wiele suszarek do włosów również będzie się do tego celu nadawać.




**Rysunek 9. Przyklejenie nakrętki do podstawy i wkręcenie w nią śruby pozwala na łatwą regulację kąta nachylenia obudowy względem podłoża w niewielkich krokach, co umożliwia precyzyjne ustawienie wiązki lasera.**

## Montaż płytek

Montaż w obudowach jest opcjonalny, ale zdecydowanie go zalecamy. Dołączamy schematy rozmieszczenia otworów, które pozwolą zamontować nadajnik i odbiornik w estetycznych obudowach.




**Rysunek 10. Okablowanie nadajnika jest bardzo proste, ale należy zwrócić uwagę na biegunowość zarówno przewodów baterii, jak i mikrofonu elektretowego. Moduł lasera należy podłączyć do złącza LASER. Konieczne będzie odgięcie środkowego wyprowadzenia na bok lub odcięcie go za pomocą szczypiec bocznych**

## Więcej wskazówek dla dzieci od dziecka!

**Co było ważne podczas montażu płytek?**
– Ustalenie, który element należy zamontować na płytce.
– Wyszukiwanie oznaczeń na płytce i sprawdzanie wspólnie z osobą dorosłą, czy mam właściwe elementy.
– Uczenie się „rozszyfrowywania" kodów rezystorów, aby sprawdzić, czy osoba dorosła podała mi właściwe elementy.

**Kilka wskazówek dotyczących lutowania:**
– Trzymaj grot lutownicy z dala od ludzi!
– Nie spiesz się. Każde połączenie lutuj spokojnie i starannie.
– Pamiętaj, gdzie przyłożyć grot lutownicy. Grot powinien dotykać jednej strony lutowanego połączenia, a cynę należy podawać z drugiej strony.
– Poza tym, samo topienie cyny to świetna zabawa!

**Czy masz jakieś wskazówki dotyczące zakładania rurki termokurczliwej na przewody?**
– Nie kieruj strumienia gorącego powietrza w stronę innych osób ani ich palców (i uważaj na swoje palce, gdy pomagasz!)
– Nie spiesz się. Poczekaj, aż rurka całkowicie się skurczy.
– Nie przykładaj źródła gorącego powietrza bezpośrednio do rurki termokurczliwej. Między nim a rurką powinien pozostać niewielki odstęp.

**Wskazówki dotyczące wiercenia otworów w obudowie**
– Zakładaj okulary ochronne i nigdy nie uruchamiaj wiertarki, gdy palce znajdują się w pobliżu wiertła.
– Przyklej taśmę w miejscu, w którym będziesz wiercić, a następnie zaznacz punkt wiercenia długopisem.
– Podczas wiercenia pewnie przytrzymuj obrabiany element. Przy wierceniu małych otworów w obudowie trzymaj ją mocno dłonią.

**Umieszczanie elementów w obudowie:**
– Upewnij się, że w obudowie zostały wywiercone wszystkie otwory we właściwych miejscach. W tym pomógł mi Phil.
– Rozmieść elementy w obudowie i sprawdź, czy mieszczą się na swoich miejscach. W razie potrzeby poproś o pomoc.
– Przytrzymuj elementy nieruchomo podczas zakładania opasek zaciskowych oraz dokręcania nakrętek i śrub.

**Użytkowanie łącza komunikacyjnego:**
– Nie ustawiaj nadajnika i odbiornika zbyt daleko od siebie, ponieważ utrudnia to ich wzajemne ustawienie (już przy odległości 15 m było to dość trudne).
– Nie trzymaj mikrofonu tuż przy ustach podczas mówienia ani zbyt daleko od nich.
– Nie musisz krzyczeć.
– Aby odtworzyć muzykę przez to połączenie, wystarczy włączyć wybrany utwór i przyłożyć mały głośnik telefonu lub innego urządzenia do mikrofonu. Działa to naprawdę nieźle.

**Czy są jeszcze jakieś inne fajne rzeczy?**
– Machanie rękami w wiązce światła powoduje powstawanie naprawdę ciekawych dźwięków.
– Machanie sitkiem w wiązce światła powoduje jeszcze bardziej zwariowane dźwięki.
– Włożenie dłoni w wiązkę całkowicie odcina dźwięk.

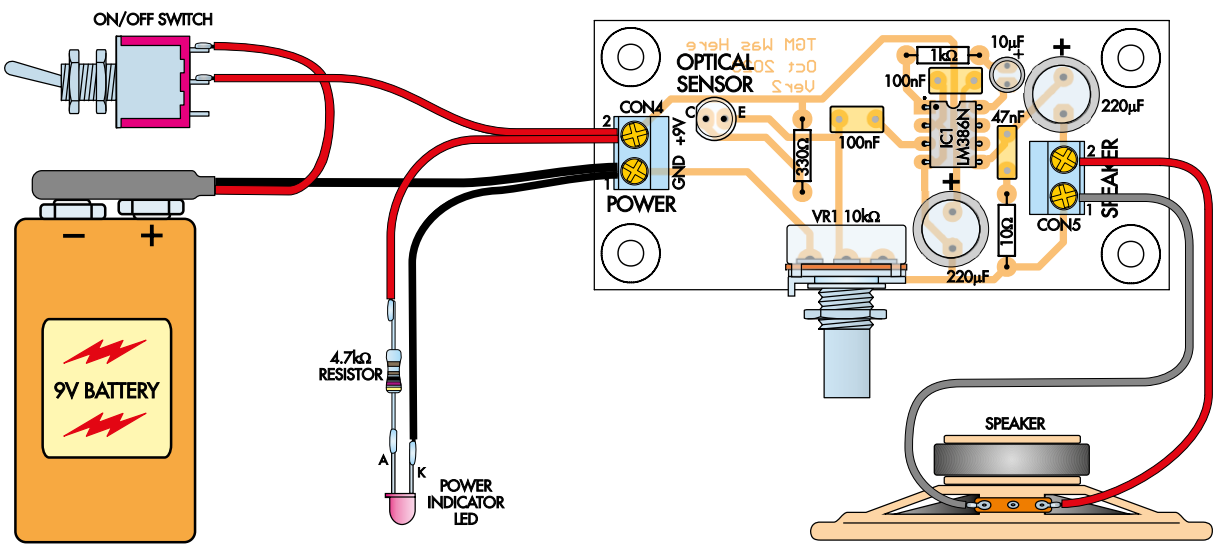
**Jak to wszystko uruchomić?**
– Najpierw włącz oba urządzenia.
– Odszukaj kropkę lasera. Jest jasna i trudno ją przeoczyć.
– Obracaj śrubę regulacyjną, aby przesuwać plamkę lasera w górę i w dół, aż znajdzie się na odpowiedniej wysokości.
– Przesuwaj obudowę nadajnika w lewo i w prawo, aż plamka znajdzie się na papierowym celu.

**Gotowe!**

W przypadku nadajnika należy zaznaczyć i wywiercić otwory w pokrywie obudowy, jak pokazano na **rysunku 8**. Przed wierceniem warto sprawdzić położenie zaznaczonych punktów, przykładając do nich płytkę drukowaną. Następnie należy zaznaczyć i wywiercić otwory w podstawie obudowy, co również pokazano na rysunku 8. Są to otwory na przełącznik zasilania, przewód mikrofonu oraz opaskę zaciskową (kablową) służącą do unieruchomienia baterii.

Teraz zaznacz i wywierć otwór wyjściowy lasera. Otwór ten może mieć dowolną średnicę, byle tylko zapewniał swobodne wyjście wiązki laserowej.

Przeprowadź przewód mikrofonu przez otwór, zamontuj przełączniki i podłącz przewody




**Rysunek 11. Podczas podłączania odbiornika biegunowość głośnika nie ma znaczenia, natomiast należy zwrócić uwagę na biegunowość baterii. Jeśli dioda LED zostanie podłączona nieprawidłowo, nie zaświeci się**

**Wykaz elementów – nadajnik**
1 płytka drukowana oznaczona kodem 16102241, 81,5 mm × 55,5 mm
1 obudowa UB3 Jiffy, 130 mm × 67 mm
1 bateria 9 V
1 zacisk do baterii 9 V z przewodami
1 moduł czerwonej diody laserowej o mocy 1 mW [Altronics Z6370]
1 mikrofon elektretowy (MIC1)
1 miniaturowy przełącznik dwupozycyjny z wyprowadzeniami do lutowania (S1) [Altronics S1310, Jaycar ST0554]
3 dwustykowe listwy zaciskowe (CON1...CON3)
1 obudowa długopisu (do wykorzystania jako obudowa mikrofonu)

**Półprzewodniki**
1 tranzystor PNP BC556, BC557, BC558 lub BC559 (Q1)
4 tranzystory NPN BC546, BC547, BC548 lub BC549 (Q2...Q5)
3 diody sygnałowe 1N4148 lub podobne (D1...D3)

**Kondensatory**
1 kondensator elektrolityczny radialny 220 µF 16 V
1 kondensator elektrolityczny radialny 100 µF 16 V
1 kondensator elektrolityczny radialny 10 µF 16 V
1 kondensator MKT 100 nF 63 V

**Rezystory** (wszystkie 1/4 W, 1%)
2 100 kΩ 1 10 kΩ 2 4,7 kΩ 2 1 kΩ 1 330 Ω 1 56 Ω 2 22 Ω

**Elementy montażowe**
1 śruba maszynowa z łbem płaskim M5 lub M6 × 40 mm i nakrętka sześciokątna
8 śrub maszynowych z łbem płaskim M3 × 6 mm
4 tuleje dystansowe z gwintem M3 × 10 mm
8 podkładek gwiaździstych M3 (z ząbkami)
2 gumowe nóżki o wysokości 6 mm [Altronics H0940, Jaycar HP0816]
1 opaska zaciskowa 150 mm
1 m jednoprzewodowego kabla ekranowanego
2 odcinki przewodu połączeniowego o długości 200 mm (czerwony i czarny)
1 rurka termokurczliwa o długości 150 mm i średnicy 10 mm
1 rurka termokurczliwa o długości 100 mm i średnicy 3 mm
1 skrawek płytki drukowanej o wymiarach 100 mm × 40 mm

do płytki nadajnika. Płytkę drukowaną przymocuj do górnej części obudowy, używając tulei dystansowych M3 o długości 10 mm, śrub o długości 6 mm oraz podkładek sprężystych.

Wykonaj podstawę z podnośnikiem śrubowym dla nadajnika, jak pokazano na **rysunku 9**. Nasza podstawa miała 100 mm długości i 40 mm szerokości, ale wystarczy dowolna konstrukcja umożliwiająca regulację nachylenia nadajnika. Przykleiliśmy nakrętkę do podstawy, aby śruba lub wkręt mogły pełnić funkcję podnośnika śrubowego.

Przyklej podstawę podnośnika śrubowego do spodu obudowy nadajnika. Zmatowij tworzywo ABS, aby klej dobrze się trzymał. My zmatowiliśmy powierzchnię papierem ściernym, a do przyklejenia nakrętki do podstawy podnośnika śrubowego użyliśmy kleju Araldite. Zmatowiona powierzchnia zapewnia klejowi Araldite dobrą przyczepność. Podczas utwardzania zapewnij dobrą wentylację.

Na koniec przyklej gumowe nóżki do przedniej części podstawy. Użyliśmy nóżek Altronics H0940.

## Okablowanie nadajnika

Wystarczy wykonać tylko kilka połączeń, zgodnie z **rysunkiem 10**. Można użyć przewodów w dowolnym kolorze, ale zalecamy czerwony i czarny do podłączenia baterii i przełącznika.

Ekranowany przewód mikrofonowy poprowadziliśmy przez obudowę i zawiązaliśmy wewnątrz supeł, tworząc w ten sposób skuteczne zabezpieczenie przed wyrwaniem przewodu. Zapobiega ono wyrwaniu przewodu mikrofonowego z zacisku na płytce nadajnika wskutek nadmiernej aktywności młodych użytkowników.

## Obudowa odbiornika – montaż i okablowanie

Zaznacz i wywierć otwory w pokrywie, jak pokazano na **rysunku 12**. W podstawie obudowy znajdują się dwa otwory na opaskę zaciskową służącą do zamocowania baterii (**rysunek 13**).

Wycięcie otworu na głośnik może sprawić trochę kłopotu. My użyliśmy do tego otwornicy. Tworzywo ABS jest bardzo miękkie, więc zwykła piła ręczna również z łatwością poradzi sobie z tym zadaniem. Jeśli pracujesz z młodymi konstruktorami, jest to zadanie, które najlepiej powierzyć osobie dorosłej.

Następnie wywierć otwór na potencjometr czułości i jego kołek ustalający, otwór na fotodetektor, przełącznik zasilania oraz diodę LED. Przełóż diodę LED przez otwór o średnicy 5 mm w obudowie i przyklej ją odrobiną kleju Super Glue.

Przymocuj przełącznik zasilania za pomocą podkładki i nakrętki. Pomocne mogą być tutaj duże szczypce, ale dla młodszych konstruktorów zadanie to może okazać się kłopotliwe. Użyj śrub maszynowych M3 o długości 10 mm, podkładek płaskich i sprężystych M3 oraz nakrętek do zamocowania głośnika.

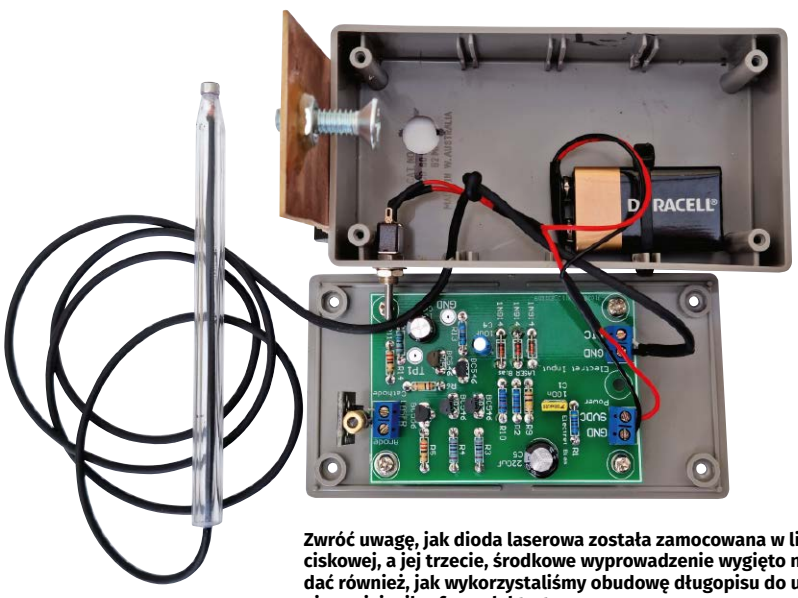
Podłącz baterię, diodę LED (z rezystorem szeregowym) i głośnik do płytki odbiornika, jak pokazano na rysunku 11.

## Uruchomienie

Najpierw sprawdź okablowanie i upewnij się, że czarny przewód baterii jest podłączony do zacisku GND złącza zasilania na obu płytkach.

Włącz zasilanie nadajnika – laser powinien natychmiast się zaświecić. Zmierz napięcie w punkcie TP1, ustawiając multimetr w tryb pomiaru napięcia i podłączając czerwoną sondę do TP1, a czarną do GND. Powinieneś odczytać napięcie od 0,8 V do 1,2 V.

Jeśli laser nie świeci lub napięcie na jego katodzie wykracza poza podany zakres, sprawdź, czy został on podłączony we właściwy sposób. Podłącz miernik szeregowo z diodą laserową, ustawiony na zakres pomiaru prądu




**Zwróć uwagę, jak dioda laserowa została zamocowana w listwie zaciskowej, a jej trzecie, środkowe wyprowadzenie wygięto na bok. Widać również, jak wykorzystaliśmy obudowę długopisu do umieszczenia w niej mikrofonu elektretowego**

w mA, i zmierz prąd. Powinien on mieścić się w zakresie od 14 mA do 22 mA.

Należy również sprawdzić napięcia na diodach D1...D3. Na każdej z nich powinno być około 0,6 V. Jeśli tak nie jest, sprawdź, czy są one podłączone we właściwym kierunku. Następnie upewnij się, że kondensator elektrolityczny 10 µF jest podłączony z zachowaniem właściwej polaryzacji.

Aby sprawdzić działanie źródła prądowego, zmierz napięcie na bazie Q5 (środkowy pin). Powinno ono wynosić około 0,6 V względem GND (emitera). Napięcie na bazie Q4 (środkowy pin) powinno natomiast wynosić około 1,2 V względem GND. Jeśli wartości te są nieprawidłowe, sprawdź, czy zamontowano właściwe tranzystory i czy zostały one wlutowane we właściwy sposób.

Napięcia baza-emiter tranzystorów Q2 i Q3 powinny wynosić około 0,6 V. Jeśli płaska ścianka tranzystora jest skierowana do Ciebie, baza znajduje się na środkowym wyprowadzeniu, a emiter po prawej stronie.

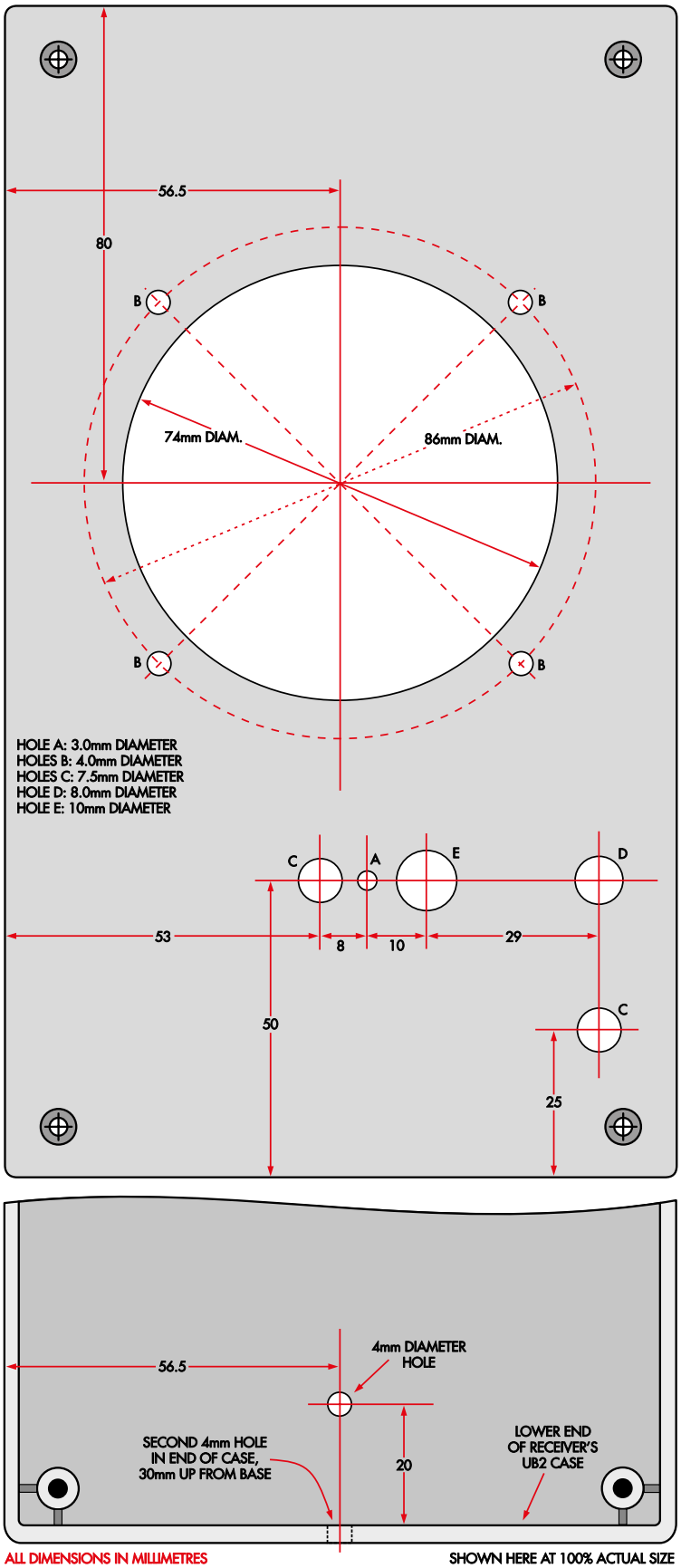
Jeśli napięcia są nieprawidłowe, sprawdź, czy typy tranzystorów są prawidłowe i czy są one zamontowane we właściwym kierunku. Napięcia na rezystorach 1 kΩ powinny wynosić około 0,8 V...1 V, przy czym napięcie na rezystorze podłączonym do Q2 powinno być nieco niższe niż na drugim.

## Uruchomienie odbiornika

Przed włączeniem urządzenia sprawdź okablowanie i upewnij się, że bateria jest podłączona z zachowaniem właściwej polaryzacji. Włącz urządzenie i zmierz napięcie między pinami 4 (lewy dolny) i 6 (jeden powyżej prawego dolnego) układu scalonego LM386. Zmierzone napięcie powinno być bardzo zbliżone do napięcia baterii. Jeśli jest niższe, sprawdź, czy układ scalony LM386 został zamontowany prawidłowo, a następnie sprawdź okablowanie i przełącznik.

Następnie zmierz napięcie na pinie 5 układu LM386 względem zacisku GND złącza CON4. Powinno ono wynosić około połowy napięcia baterii. Jeśli tak nie jest, sprawdź, czy kondensatory elektrolityczne znajdujące się w prawym górnym rogu płytki zostały podłączone prawidłowo.

Moja lampka stołowa LED wprowadza wyraźny szum, gdy znajduje się blisko fototranzystora. Przy maksymalnym wzmocnieniu zakłócenia wprowadzają również domowe lampy LED. Taki szum oznacza, że układ działa. Wypróbuj to z lampą LED zasilaną z sieci w domu lub w laboratorium. Jeśli nie uzyskasz takiego efektu, sprawdź, czy fototranzystor jest zamontowany we właściwym położeniu.




**Rysunki 12 i 13. Wykonanie otworów w pokrywie odbiornika (górny rysunek) jest najbardziej pracochłonnym etapem projektu. Wymaga wykonania jednego dużego otworu pod głośnik za pomocą otwornicy oraz sześciu mniejszych otworów. Na dolnym rysunku pokazano położenie dwóch otworów, przez które przechodzi opaska zaciskowa mocująca baterię 9 V**

**Wykaz elementów – odbiornik**
1 płytka drukowana o kodzie 16102242, 80 mm × 37,5 mm
1 obudowa UB2 Jiffy, 197 mm × 112 mm
1 głośnik o średnicy 100 mm [Altronics C0616, Jaycar AS3008]
1 miniaturowy przełącznik dwupozycyjny z wyprowadzeniami lutowniczymi (S2) [Altronics S1310, Jaycar ST0554]
1 bateria 9 V
1 zacisk do baterii 9 V z przewodami
2 dwustykowe listwy zaciskowe (CON4, CON5)
1 potencjometr logarytmiczny 10 kΩ, średnica 16 mm, pojedynczy (VR1)

**Półprzewodniki**
1 układ scalony wzmacniacza audio LM386N 1 W, DIP-8 (IC1) [Altronics Z2556, Jaycar ZL3386]
1 fototranzystor NPN BP2334 (Q6) [Altronics Z1613, Jaycar ZD1950]
1 czerwona dioda LED 5 mm (LED1)

**Kondensatory**
2 kondensatory elektrolityczne radialne 220 µF 16 V
1 kondensator elektrolityczny radialny 10 µF 16 V
2 kondensatory MKT 100 nF 63 V
1 kondensator MKT 47 nF 63 V

**Rezystory** (wszystkie 1/4 W, 1%)
1 4,7 kΩ
1 1 kΩ
1 330 Ω
1 10 Ω

**Elementy montażowe**
4 śruby maszynowe z łbem stożkowym M3 × 10 mm
4 podkładki płaskie M3
4 podkładki gwiaździste M3 (z ząbkami)
4 nakrętki sześciokątne M3
4 gumowe nóżki o wysokości 6 mm [Altronics H0940, Jaycar HP0816]
1 opaska zaciskowa 150 mm
2 odcinki przewodu połączeniowego o długości 200 mm (czerwony i czarny)
1 rurka termokurczliwa o długości 100 mm i średnicy 3 mm

Jeśli układ działa prawidłowo, przejdź do etapu konfiguracji. W przeciwnym razie, jako ostateczny test, monitoruj napięcie na środkowym pinie potencjometru za pomocą woltomierza i obracaj potencjometr czułości w górę i w dół od minimum do maksimum. W takim przypadku powinieneś zobaczyć zmiany napięcia DC, zwłaszcza jeśli fototranzystor jest oświetlony.

Po podłączeniu głośnika można podać sygnał audio o napięciu około 10...100 mV i częstotliwości 1 kHz (przy sprzężeniu zmiennoprądowym!) na środkowe wyprowadzenie potencjometru przy maksymalnym ustawieniu głośności. Z głośnika powinien być słyszalny głośny (być może zniekształcony) ton.

## Konfiguracja

Aby skonfigurować system, włącz zarówno nadajnik, jak i odbiornik, umieszczając je w odległości co najmniej kilku metrów od siebie. Skieruj wiązkę lasera na odbiornik. Zawsze używamy do tego kartki papieru z naklejonym celem, umieszczonej nad otworem fototranzystora. Dzięki temu znacznie łatwiej jest uzyskać dobre połączenie, a także uniknąć nasycenia fototranzystora światłem lasera.

Aby ustawić nadajnik, skieruj wiązkę lasera w przybliżeniu na cel odbiornika, a następnie obracaj śrubę regulacyjną, aż plamka lasera znajdzie się na odpowiedniej wysokości. Wykonaj tę czynność bez trzymania górnej części nadajnika, ponieważ po puszczeniu obudowy spowoduje to zmianę ustawienia wiązki.

Gdy wysokość wiązki jest już ustawiona prawidłowo, delikatnie skoryguj jej położenie w poziomie, przesuwając śrubę regulacyjną w lewo lub w prawo. Ponownie, nie próbuj obracać nadajnika, trzymając obudowę Jiffy, ponieważ po jej puszczeniu ustawienie wiązki ulegnie zmianie. Wystarczy delikatnie poruszyć nadajnikiem.

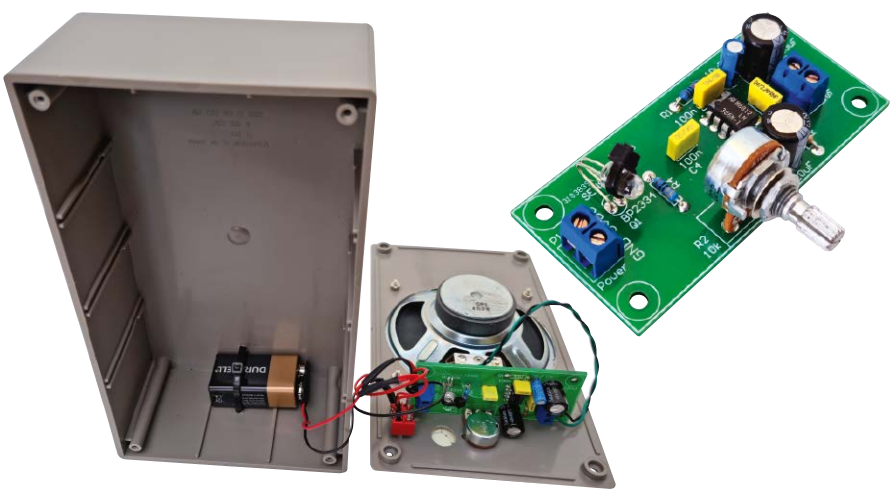
Jeśli czułość jest wystarczająco wysoka, po prawidłowym ustawieniu wiązki poziom szumów w odbiorniku powinien wyraźnie się zmniejszyć. Reguluj czułość, zaczynając od minimum, aż do uzyskania czystego połączenia. Przy maksymalnym wzmocnieniu prawdopodobnie pojawi się sprzężenie zwrotne. Gdy to nastąpi, zmniejszaj czułość odbiornika, aż uzyskasz czysty sygnał.

Aby ułatwić sobie to zadanie, warto umieścić obok mikrofonu radio lub smartfon odtwarzający muzykę, tak aby mieć stały sygnał dźwiękowy ułatwiający regulację.

Jeśli wszystkie opisane wcześniej testy zakończyły się pomyślnie, a mimo to z odbiornika nadal nie słychać dźwięku, włącz nadajnik i skieruj wiązkę lasera na ścianę. Kilkakrotnie stuknij palcem w przednią część mikrofonu i obserwuj intensywność plamki lasera. Przy każdym stuknięciu jej jasność powinna na krótko nieznacznie się zmieniać. Jeśli zmiany te nie są widoczne, sprawdź, czy mikrofon jest prawidłowo podłączony.

Jeśli masz oscyloskop, sprawdź sygnał z mikrofonu elektretowego na wejściu MIC płytki drukowanej oraz na bazie tranzystora Q3. Powinien on być dobrze widoczny przy czułości pionowej 100 mV/div. Następnie poszukaj podobnego sygnału na katodzie lasera. Powinien być on bardzo podobny do sygnału obserwowanego na wejściu. ■

**Phil Prosser**
**Zak Wallingford**



**Po lewej: pokazano sposób zamocowania baterii, płytki drukowanej, przełącznika i głośnika w odbiorniku. Płytka drukowana jest przymocowana do tylnej części pokrywy za pomocą nakrętki potencjometru. Pokazano również osobne ujęcie płytki drukowanej.**

Materiały dodatkowe dostępne są na stronie Silicon Chip:
https://www.siliconchip.com.au/Shop/8/6897
https://www.siliconchip.com.au/Shop/8/6898

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

# Radiobudzik na Raspberry Pi, część 2

**Jak opisaliśmy w pierwszej części, radiobudzik może również pełnić funkcję odtwarzacza multimedialnego i oferuje wiele opcji alarmów, dzięki czemu można obudzić się o odpowiedniej porze i w wybrany sposób. Można nawet synchronizować alarmy w wielu urządzeniach. Ponieważ wyjaśniliśmy już zasadę działania tego rozwiązania, w tym artykule omówimy budowę urządzenia oraz sposób jego użytkowania.**




Główne funkcje radiobudzika realizuje komputer Raspberry Pi (model 2, 3, 4, Zero W lub Zero 2 W). Konieczne jest jednak wyposażenie urządzenia w dodatkowe elementy, takie jak wyświetlacz LED do prezentacji czasu, przyciski, przełączniki, wzmacniacz audio do zasilania głośników i inne podzespoły. Umieszczono je na dwóch specjalnie zaprojektowanych płytkach drukowanych, które należy zamontować pod kątem prostym względem siebie i połączyć szeregiem lutowanych zworek.

Proces montażu polega na osadzeniu elementów na obu płytkach drukowanych, połączeniu ich ze sobą, podłączeniu do komputera Raspberry Pi (za pomocą taśmy ze złączami IDC), a następnie zamontowaniu całego zespołu w obudowie. Po wykonaniu tych czynności można podłączyć wszystkie zewnętrzne przełączniki, gniazda i pozostałe elementy wyposażenia.

Oprogramowanie będzie działać niezależnie od tego, jakie dodatkowe elementy zostaną dołączone do urządzenia, dlatego niepotrzebne części można pominąć podczas montażu płytki drukowanej bez konieczności modyfikowania oprogramowania. Na przykład, jeśli nie chcesz wyświetlać sekund, nie musisz montować dwucyfrowego wyświetlacza LED.

## Budowa

Zalecamy rozpoczęcie montażu od elementów SMD na płytce wyświetlacza. Płytkę wykonano na laminacie o wymiarach 150 mm × 44 mm, oznaczonym kodem 19101242. Rozmieszczenie elementów przedstawiono na **rysunku 4**.

Zamontuj 48 rezystorów ograniczających prąd. Jeśli nie masz pewności, czy jasność większych i mniejszych wyświetlaczy będzie odpowiednio dobrana, możesz początkowo zamontować tylko 32 rezystory przeznaczone dla wyświetlaczy 0,8-calowych. Niezależnie od wybranego rozwiązania najwygodniej jest lutować je grupami.

Jeśli używasz diod LED 3 mm innych niż dwa typy wymienione w wykazie elementów, na razie pomiń dwa rezystory szeregowe 1,3 kΩ przeznaczone dla diod LED tworzących separator godzin i minut. W przeciwnym razie zamontuj je na tym etapie.

Elementy SMD lutuje się łatwiej, jeśli przed ich umieszczeniem na płytce drukowanej naniesie się niewielką ilość topnika. Po przylutowaniu wszystkich rezystorów SMD można usunąć jego pozostałości za pomocą alkoholu izopropylowego, spirytusu lub specjalnego preparatu do usuwania resztek topnika. Trudniej dostępne miejsca można oczyścić szczoteczką do zębów lub niestrzępiącą się ściereczką.

Warto zrobić to przed zamontowaniem pozostałych elementów, aby resztki topnika nie dostały się na powierzchnie optyczne. Czyszczenie płytki po zamontowaniu elementów przewlekanych jest również znacznie trudniejsze.

Następnie zamontuj wyświetlacze 7-segmentowe. Upewnij się, że powierzchnia robocza jest czysta, ponieważ najłatwiej wykonać tę operację, opierając wyświetlacze przednią stroną o blat. Zamontuj dwa wyświetlacze 0,8-calowe po stronie płytki drukowanej przeciwnej do rezystorów, tak aby ich kropki dziesiętne były skierowane w stronę złączy krawędziowych.

Najpierw przylutuj po dwa przeciwległe piny narożne każdego wyświetlacza. Umożliwi to ustawienie ich tak, aby ściśle przylegały do płytki drukowanej i były prawidłowo wyrównane. Po sprawdzeniu ich położenia przylutuj pozostałe piny.

Wyświetlacz 0,56-calowy ma mniejszą wysokość niż pozostałe, dlatego należy zamontować go tak, aby wystawał kilka milimetrów ponad płytkę drukowaną. Dzięki temu jego przednia powierzchnia znajdzie się w jednej płaszczyźnie z pozostałymi wyświetlaczami.

Włóż mniejszy wyświetlacz w odpowiednie otwory i sprawdź, czy jest prawidłowo ustawiony, tzn. czy jego kropki dziesiętne są skierowane w stronę złącza krawędziowego. Następnie odwróć cały zespół wyświetlaczami do dołu i połóż go na płaskiej powierzchni. Delikatnie dociśnij płytkę, aby dwa większe wyświetlacze ściśle przylegały do blatu. Zauważysz wtedy, że wyprowadzenia wyświetlacza 0,56-calowego wystają z płytki drukowanej tylko nieznacznie.

Przylutuj dwa przeciwległe wyprowadzenia narożne, tak jak poprzednio, a następnie sprawdź rezultat. Możesz użyć prostej krawędzi, na przykład linijki, aby upewnić się, że przednie powierzchnie wszystkich trzech wyświetlaczy znajdują się w jednej płaszczyźnie. W razie potrzeby skoryguj położenie

mniejszego wyświetlacza, aż uzyskasz zadowalający efekt. Następnie przylutuj pozostałe wyprowadzenia.

Umieść diody LED o średnicy 3 mm w szczelinie między większymi wyświetlaczami. Katody (krótsze wyprowadzenia) powinny być skierowane w stronę złącza krawędziowego. Ponownie połóż zespół wyświetlaczami do dołu na płaskiej powierzchni i przylutuj po jednym wyprowadzeniu każdej diody LED. Wyreguluj ich położenie oraz wysokość, a gdy uzyskasz właściwy efekt, przylutuj pozostałe wyprowadzenia.

Następnie zamontuj fotorezystor. Postępuj podobnie jak podczas montażu diod LED, z tą różnicą, że w przypadku fotorezystora orientacja elementu nie ma znaczenia.

## Montaż płyty głównej

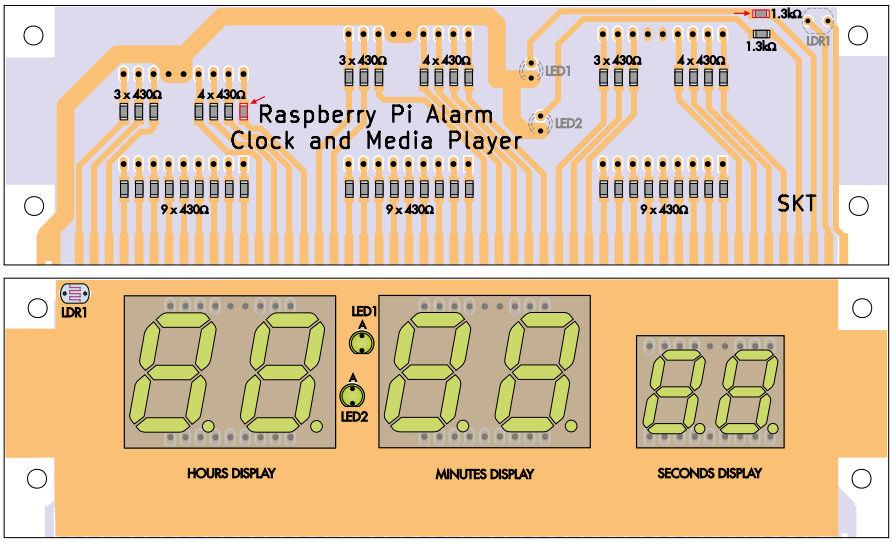
Płytka główna ma numer katalogowy 19101241 i wymiary 150 mm × 83 mm. Rozmieszczenie elementów przedstawiono na **rysunku 5**.

Przed rozpoczęciem montażu warto sprawdzić, czy podczas produkcji płytki drukowanej nie powstało przypadkowe zwarcie między szynami zasilającymi. Za pomocą multimetru sprawdź, czy nie występuje zwarcie między pinami 10 i 20 układu 74HCT374 (pinami położonymi po przekątnej układu) oraz między pinami 8 i 16 sąsiedniego układu 74HC139 (również położonymi po przekątnej).

Zdarza się to bardzo rzadko, ale jeśli takie zwarcie wystąpi, można uniknąć czasochłonnego poszukiwania usterki, która po zmontowaniu płytki byłaby bardzo trudna do zlokalizowania.

Rozpocznij montaż od układu scalonego wzmacniacza (IC13) w obudowie SMD, zwracając szczególną uwagę na jego prawidłową orientację. Pin 1 jest oznaczony kropką lub wgłębieniem na obudowie oraz odpowiednim oznaczeniem na warstwie opisowej płytki drukowanej. Nanieś niewielką ilość topnika na pola lutownicze, a następnie umieść układ na płytce.

Najpierw przylutuj tylko jeden z narożnych pinów, a następnie sprawdź, czy wszystkie wyprowadzenia są ustawione nad odpowiednimi polami lutowniczymi oraz czy układ jest w przybliżeniu wyśrodkowany. Jeśli tak nie jest, podgrzej lut do chwili jego stopienia i delikatnie przesuń układ, aż znajdzie się we właściwym położeniu względem pól lutowniczych. Gdy wszystkie wyprowadzenia będą ustawione prawidłowo, przylutuj pin w przeciwległym narożniku i ponownie sprawdź położenie układu. Następnie przylutuj pozostałe dwa narożne piny, a dopiero potem pozostałe wyprowadzenia.




**Rysunek 4. Na przedniej stronie płytki wyświetlacza znajdują się trzy wyświetlacze 7-segmentowe, dwie diody LED tworzące dwukropek oraz fotorezystor. Na stronie tylnej umieszczono rezystory SMD ograniczające prąd. Najwygodniej jest rozpocząć montaż od rezystorów, jednak warto zapoznać się z uwagami zawartymi w tekście, ponieważ w zależności od zastosowanych wyświetlaczy LED może być konieczna zmiana wartości niektórych z nich. Dwa rezystory zaznaczone czerwoną strzałką można wymieniać podczas doboru jasności diod LED dwukropka oraz małego wyświetlacza 7-segmentowego**

Ewentualne mostki lutownicze usuń za pomocą plecionki lutowniczej, a następnie oczyść płytkę z pozostałości topnika, tak jak w przypadku płytki wyświetlacza.

Następnie zamontuj elementy przewlekane, zaczynając od najniższych. Najpierw wlutuj trzy diody (zwracając uwagę na polaryzację oznaczoną paskiem na katodzie) oraz rezystory, następnie podstawki pod układy scalone (z wycięciem skierowanym w dół lub w prawo), a potem kondensatory ceramiczne i foliowe MKT, z wyjątkiem kondensatora 100 nF znajdującego się przy górnej krawędzi płytki.

Kolejnym etapem jest montaż kondensatorów elektrolitycznych. Ich dłuższe wyprowadzenie (biegun dodatni) należy umieścić w otworze oznaczonym symbolem „+”. Strona obudowy oznaczona paskiem wskazuje wyprowadzenie ujemne. Następnie przylutuj przekaźnik, a po nim tranzystory, montując je od najniższego do najwyższego, z wyjątkiem tranzystora Q2. Upewnij się, że wszystkie są ustawione zgodnie z rysunkiem 5.

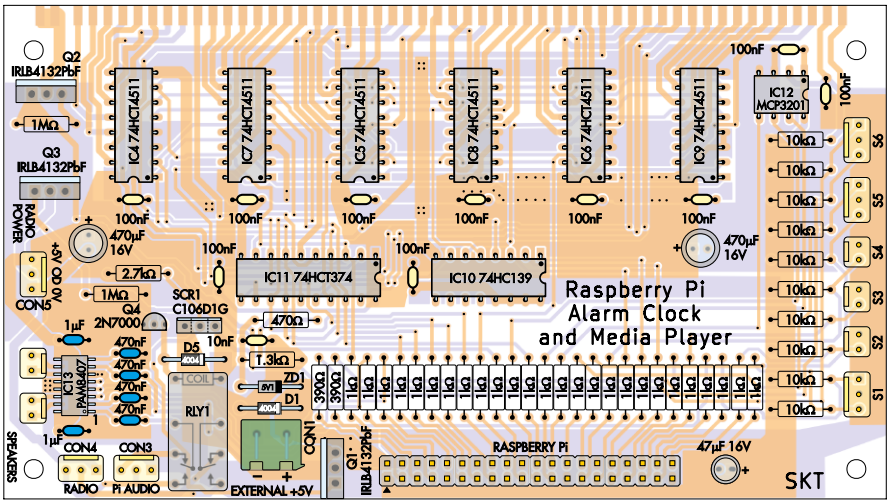
Nie montuj jeszcze układów scalonych w podstawkach – zostaną one osadzone dopiero po połączeniu obu płytek. Na tym etapie można już zamontować złącze CON5 oraz 40-pinowe złącze przeznaczone do połączenia z komputerem Raspberry Pi, ale należy wstrzymać się z montażem spolaryzowanych złączy umieszczonych przy krawędziach płytki. Zapewni to wygodny dostęp podczas łączenia obu płytek.

### Zabezpieczenie przed przekroczeniem dopuszczalnego napięcia zasilania może zadziałać przy źle stabilizowanym zasilaczu

Jeden z zasilaczy 5 V, który znalazłem wśród zapasowych części, miał napięcie wyjściowe 5,45 V przy pracy bez obciążenia. Uznałem, że będzie odpowiedni do tego zastosowania, ponieważ układ zabezpieczający zegara zadziała dopiero przy napięciu około 5,65 V, a więc znacznie wyższym od napięcia wyjściowego zasilacza.

W praktyce okazało się jednak, że po podłączeniu zasilania w dziewięciu przypadkach na dziesięć diody LED Raspberry Pi migały tylko przez chwilę, po czym gasły. Był to wyraźny sygnał, że zadziałało zabezpieczenie przed przekroczeniem dopuszczalnej wartości napięcia zasilania. Obserwacja przebiegu napięcia za pomocą oscyloskopu wykazała, że zasilacz bardzo słabo stabilizował napięcie wyjściowe. W chwili podłączenia obciążenia pojawiały się wahania napięcia wystarczające do wyzwolenia układu zabezpieczającego.

Problem udało się rozwiązać przez dołączenie dodatkowego kondensatora elektrolitycznego o pojemności 10000 µF do zacisków zasilania zegara. Kondensator skutecznie ograniczył tętnienia napięcia, dzięki czemu nie osiągały one poziomu wyzwalającego zabezpieczenie. Nie spotkałem się z takim problemem w przypadku żadnego z pozostałych zasilaczy 5 V, dlatego najlepiej od razu stosować zasilacze zapewniające prawidłowo stabilizowane napięcie.




**Rysunek 5. Większość elementów na płytce głównej jest przeznaczona do montażu przewlekanego. Pady lutownicze rozmieszczone wzdłuż górnej krawędzi tej płytki zostaną później połączone z padami znajdującymi się wzdłuż dolnej krawędzi płytki wyświetlacza. Podczas montażu należy zwrócić szczególną uwagę na prawidłową orientację układów scalonych, tranzystorów (w tym tranzystorów MOSFET i tyrystora), diod oraz kondensatorów elektrolitycznych**

## Łączenie płytek

Jeśli nigdy wcześniej nie łączyłeś dwóch płytek drukowanych lutowanymi połączeniami pod kątem prostym, warto poświęcić chwilę na przygotowanie stanowiska pracy. Idealnie byłoby, gdyby obie płytki były ustawione dokładnie pod kątem prostym, jednak odchylenie o jeden lub dwa stopnie w dowolną stronę nie będzie miało większego znaczenia.

Z moich doświadczeń wynika, że najłatwiej jest unieść płytkę główną nad blatem za pomocą czterech tulejek dystansowych przykręconych do PCB. Następnie ostrożnie przymocuj taśmą płytkę główną i płytkę wyświetlacza do ekierki, tak jak pokazano na fotografii.

Upewnij się, że płytka wyświetlacza wystaje równomiernie ponad krawędź strony lutowania płytki głównej o około 1 mm na całej długości łączonej krawędzi. Takie niewielkie wysunięcie umożliwia wykonanie połączeń lutowanych z obu stron płytki głównej, ponieważ połączenia elektryczne znajdują się po obu stronach laminatu. Zapewnia ono również większą wytrzymałość mechaniczną konstrukcji.

Najpierw wykonaj połączenie lutowane przy lewym końcu łączonej krawędzi, a następnie przy prawym. W przypadku tych dwóch pierwszych połączeń lutuj wyłącznie od strony górnej płytki głównej. Takie mocowanie będzie jeszcze niezbyt sztywne, ale pozwoli sprawdzić i w razie potrzeby łatwo skorygować ustawienie płytki wyświetlacza względem płytki głównej.

Jeśli płytki nie są idealnie wyrównane, podgrzewaj naprzemiennie jedno i drugie połączenie, wprowadzając niewielkie korekty położenia, aż uzyskasz zadowalający rezultat.

Gdy ustawienie płytek będzie prawidłowe, wykonaj jeszcze trzy lub cztery połączenia lutowane rozmieszczone wzdłuż górnej krawędzi, aby unieruchomić cały zespół, a następnie odwróć go i przejdź do drugiej strony. Przylutuj połączenia na obu końcach, aby zwiększyć wytrzymałość mechaniczną konstrukcji, po czym wykonaj wszystkie pozostałe połączenia. Na koniec ponownie odwróć zespół i dokończ lutowanie po pierwszej stronie. Po zakończeniu prac płytki będą już trwale połączone i będzie można usunąć ekierkę.

Dokończ montaż elektroniki, wlutowując tranzystor MOSFET Q2, kondensator 100 nF znajdujący się w prawym górnym rogu płytki głównej oraz wszystkie spolaryzowane złącza.

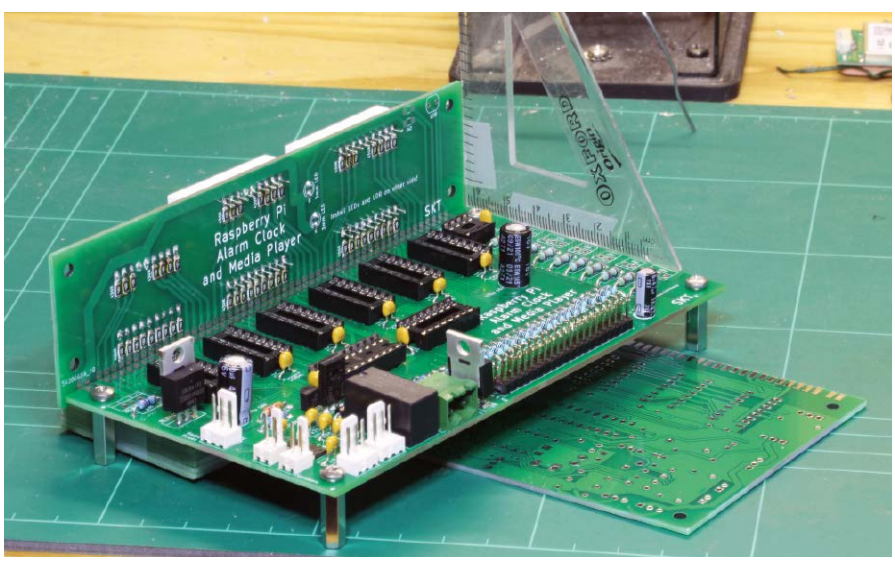
## Montaż końcowy

40-żyłową taśmę do połączenia komputera Raspberry Pi z płytką zegara można wykonać samodzielnie lub wykorzystać stary przewód od dysku twardego IDE, jeśli jest dostępny. Aby wykonać ją samodzielnie, umieść złącze IDC w szczękach imadła, przekładając je kawałkami drewna, które zapewnią równomierny nacisk na całej długości złącza.

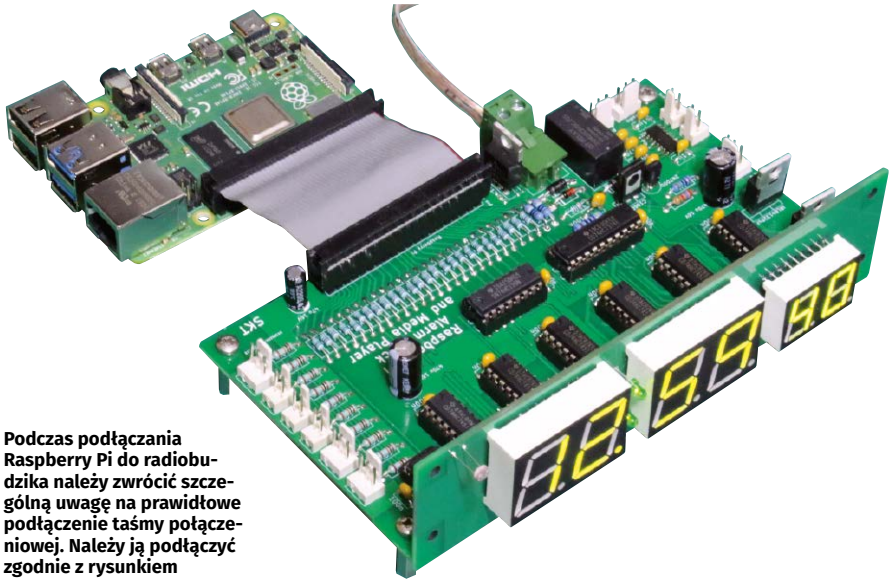
Podczas wsuwania 40-żyłowej taśmy do złącza zwróć uwagę, aby była ustawiona prostopadle do złącza. Bardzo łatwo jest zacisnąć je nieznacznie ukośnie, co najprawdopodobniej uniemożliwi prawidłowe działanie przewodu. W trakcie dokręcania imadła usłyszysz charakterystyczne zatrzaśnięcie obu końców złącza. Gdy to nastąpi, należy przestać zwiększać nacisk.

Do tego zastosowania można wykorzystać stary przewód IDE, jednak jeśli jest on wyposażony w trzy złącza (do podłączenia dwóch napędów), należy odciąć jedno z nich za pomocą noża modelarskiego. Przed wykonaniem tej operacji dokładnie sprawdź, czy w obu złączach IDC wszystkie 40 otworów jest drożnych. W niektórych przewodach IDE jeden z otworów jest zaślepiony i takie przewody nie nadają się do wykorzystania w tym projekcie.

Następnie potrzebny będzie przewód zakończony z jednej strony wtykiem stereo 3,5 mm, a z drugiej 3-pinowym spolaryzowanym złączem. W moim przypadku wykorzystałem stary przewód słuchawkowy zakończony wtykiem 3,5 mm. Po odcięciu




**Stwierdziłem, że lekkie uniesienie płytki wyświetlacza ułatwia jej połączenie z płytką główną. Po ustawieniu płytek we właściwym położeniu można je unieruchomić taśmą, a następnie przylutować po obu stronach**



**Podczas podłączania Raspberry Pi do radiobudzika należy zwrócić szczególną uwagę na prawidłowe podłączenie taśmy połączeniowej. Należy ją podłączyć zgodnie z rysunkiem**

niepotrzebnego końca usunąłem izolację, zacisnąłem przewody na stykach złącza, naniosłem topnik i przylutowałem przewody sygnałowe oraz ekran. Na końcu umieściłem styki w obudowie złącza.

Ponieważ przewody słuchawkowe są dość delikatne, zastosowałem niewielką ilość kleju na gorąco, aby zabezpieczyć górną część obudowy złącza, luźne przewody oraz miejsce wyprowadzenia kabla słuchawkowego. Zapewnia to podstawowe odciążenie mechaniczne przewodów. Zamiast kleju na gorąco można również użyć silikonowego uszczelniacza utwardzanego pod wpływem wilgoci z powietrza.

Dokładnie sprawdź orientację tranzystorów, diod i kondensatorów elektrolitycznych na płytce głównej. Jeśli wszystko jest prawidłowo zamontowane, ostrożnie umieść układy scalone w podstawkach, zwracając uwagę na ich typy oraz orientację. Upewnij się również, że wszystkie wyprowadzenia zostały prawidłowo włożone do podstawek.

Trzy przyciski monostabilne montowane w obudowie (S2...S4) są połączone z płytką główną za pomocą dwużyłowych przewodów zakończonych spolaryzowanymi złączami. Należy więc przylutować przewody do przycisków, a na ich drugim końcu zamontować odpowiednie styki i umieścić je w obudowach złączy.

W podobny sposób należy przygotować trzy przełączniki monostabilne ze środkowym położeniem wyłączonym. Wymagają one przewodów trójżyłowych, które można uzyskać przez rozdzielenie odpowiedniej liczby żył taśmy przewodowej. Przewody należy zakończyć 3-pinowymi spolaryzowanymi złączami.

Gniazda bananowe lub zaciski głośnikowe (dwa dodatnie i dwa ujemne) należy połączyć z kolejnymi dwoma spolaryzowanymi złączami, używając nieco grubszego przewodu. Nie powinien on jednak być zbyt gruby, ponieważ musi dać się zamocować w stykach złącza. Odpowiedni będzie przewód połączeniowy o średnim przekroju. Do każdego złącza podłącz po jednym zacisku czerwonym i jednym czarnym. Polaryzacja nie ma znaczenia, pod warunkiem że w obu złączach zostanie zachowana taka sama kolejność przewodów.

W przypadku zewnętrznego zasilania 5 V przylutuj przewody do gniazda montowanego w obudowie, a następnie zamocuj je w zaciskach złącza śrubowego. Po podłączeniu do płytki drukowanej biegun dodatni powinien znajdować się po prawej stronie.

Jeśli urządzenie zostanie wyposażone w odbiornik radiowy, jego wyjście audio należy podłączyć do 3-pinowego spolaryzowanego złącza o takim samym układzie wyprowadzeń jak wejście audio Raspberry Pi. Styk masy (GND) znajduje się najbliżej przekaźnika, natomiast kanały lewy i prawy są podłączone do dwóch pozostałych styków.

Jeżeli źródło sygnału jest monofoniczne, wejścia lewego i prawego kanału należy połączyć ze sobą, a następnie podłączyć do wyjścia monofonicznego. Zasilanie należy doprowadzić do złącza CON5 zgodnie z jednym z wariantów przedstawionych na rysunku 3 w pierwszej części artykułu.

## Testowanie zegara

Przed rozpoczęciem testowania sprzętu zalecamy zainstalowanie oprogramowania zegara na Raspberry Pi (jeśli nie zostało jeszcze zainstalowane) i upewnienie się, że działa ono prawidłowo, zgodnie z opisem zamieszczonym w pierwszej części artykułu.

Testowanie sprzętu rozpocznij od ponownego sprawdzenia multimetrem, czy między szynami zasilającymi nie występuje zwarcie. Tym razem szyny nie będą całkowicie odizolowane, ponieważ na płytce znajdują się kondensatory i układy scalone, nie powinny jednak wykazywać zwarcia.

Jeśli dysponujesz zasilaczem laboratoryjnym z ograniczeniem prądu, możesz sprawdzić działanie układu zabezpieczającego przed podaniem zbyt wysokiego napięcia zasilania. W przeciwnym razie zalecamy pominięcie tego testu i przyjęcie, że układ działa prawidłowo. W przypadku usterki zabezpieczenia podanie zbyt wysokiego napięcia mogłoby doprowadzić do uszkodzenia pozostałych elementów urządzenia.

Jeśli masz odpowiedni zasilacz laboratoryjny, wykonaj następującą procedurę. Za pomocą dokładnego woltomierza zmierz napięcie wyjściowe zasilacza. Jeżeli zasilacz jest wyposażony we wbudowany miernik napięcia, można go wykorzystać do tego celu. Różnice rzędu kilku dziesiątych wolta mają tutaj znaczenie, dlatego przyrząd pomiarowy powinien zapewniać odpowiednią dokładność i rozdzielczość co najmniej 100 mV.

Za pomocą drugiego woltomierza monitoruj napięcie między wejściem zasilania 0 V na płytce a radiatorem tranzystora MOSFET Q1.

Rozpoczynając od niskiego napięcia, stopniowo zwiększaj napięcie wyjściowe regulowanego zasilacza do około 4,5 V, a następnie zwolnij tempo regulacji. Gdy napięcie wejściowe będzie zbliżało się do 5 V, na drugim woltomierzu podłączonym do tranzystora Q1 powinno pojawić się napięcie bliskie zeru, co oznacza, że tranzystor MOSFET przewodzi. Jest to jego normalny stan podczas pracy urządzenia. Następnie kontynuuj powolne zwiększanie napięcia zasilacza, aż jego wartość nieznacznie przekroczy 5 V.

Napięcie zadziałania zabezpieczenia zależy od temperatury otoczenia oraz rzeczywistych parametrów diody Zenera 5,1 V i tyrystora. Gdy napięcie wejściowe osiągnie wartość z zakresu 5,6 V...5,8 V (z pewnością poniżej 6,0 V), na radiatorze tranzystora MOSFET Q1 powinno pojawić się napięcie świadczące o jego wyłączeniu.

Nie należy zwiększać napięcia zasilacza laboratoryjnego powyżej 5,85 V. Jeżeli przy napięciu 5,85 V tyrystor SCR nie zadziała, należy wyłączyć zasilanie i sprawdzić elementy układu zabezpieczającego znajdujące się powyżej oraz na prawo od przekaźnika RLY1.

Po potwierdzeniu, że tranzystor Q1 wyłącza się zgodnie z oczekiwaniami przy

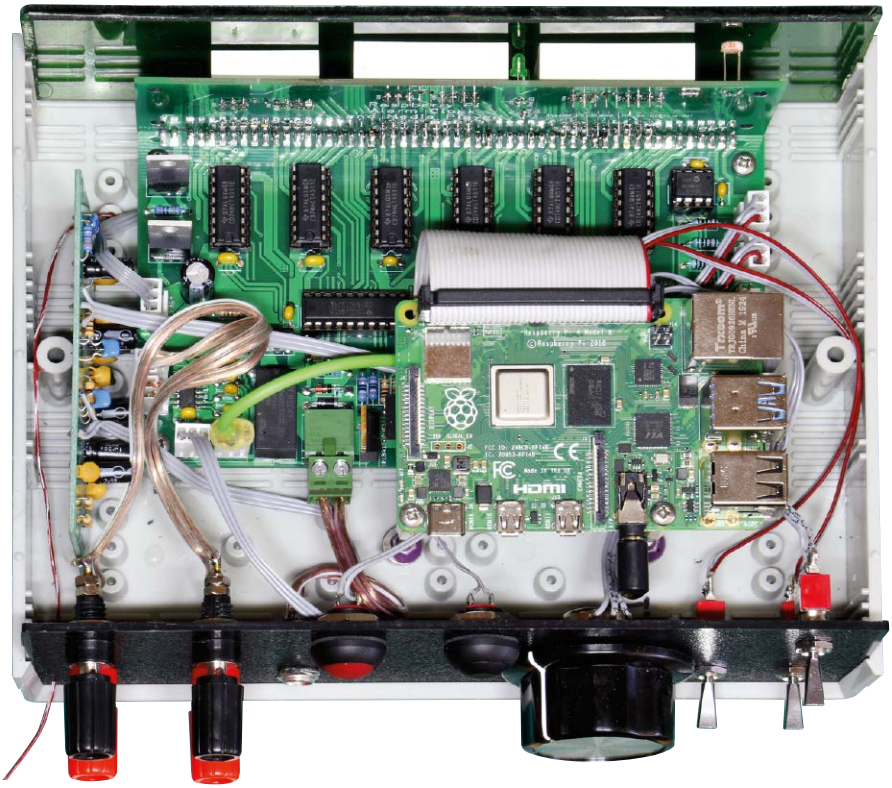
napięciu około 5,6 V...5,8 V, a przed wyłączeniem zasilacza laboratoryjnego sprawdź napięcie na rezystorze 2,7 kΩ. Powinno ono być zbliżone do napięcia wyjściowego zasilacza, co będzie potwierdzeniem, że tyrystor SCR zadziałał prawidłowo.

## Finalizacja okablowania

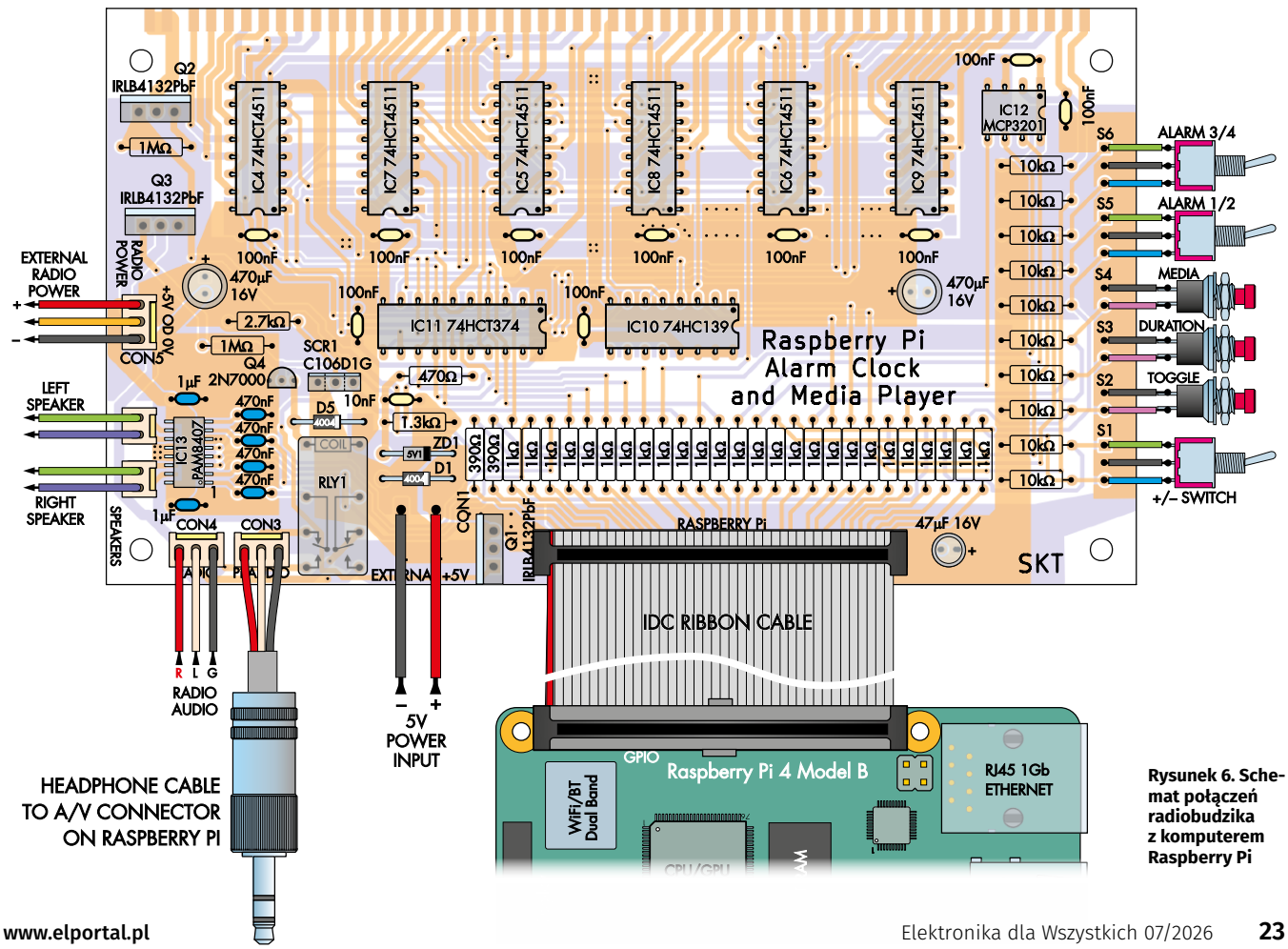
Teraz można podłączyć wszystkie elementy do płytki głównej. Dotyczy to przycisków, przełączników, przewodu audio łączącego wyjście audio komputera Raspberry Pi z 3-pinowym spolaryzowanym złączem na płytce, zewnętrznego źródła zasilania 5 V, zacisków głośnikowych oraz opcjonalnego modułu radiowego.

Podłącz również komputer Raspberry Pi za pomocą taśmy połączeniowej, zwracając szczególną uwagę na prawidłową orientację połączenia. Szczegóły pokazano na fotografii oraz na **rysunku 6**. Pin 1 komputera Raspberry Pi należy połączyć z lewym dolnym stykiem złącza na płytce głównej. Przed podłączeniem zasilania warto potwierdzić to za pomocą multimetru pracującego w trybie sprawdzania ciągłości obwodu.

Podłączając zasilanie do zestawu, należy doprowadzić je wyłącznie do płytki zegara. Nie podłączaj dodatkowego zasilacza bezpośrednio



**Ze względu na ograniczoną wysokość zalecanej obudowy najlepiej zamontować Raspberry Pi w sposób pokazany na rysunku. Zapewnia to wystarczającą ilość miejsca na pozostałe elementy. Zwróć uwagę na wąski moduł radiowy umieszczony po lewej stronie. Jego antena została wyprowadzona przez niewielki otwór w tylnej ściance obudowy**




**Rysunek 6. Schemat połączeń radiobudzika z komputerem Raspberry Pi**

do komputera Raspberry Pi, ponieważ będzie on zasilany przez układ zegara za pośrednictwem taśmy połączeniowej.

Po pierwszym włączeniu zasilania wyświetlacz pozostanie wygaszony, a komputer Raspberry Pi rozpocznie proces uruchamiania. W tym czasie powinna świecić kontrolka zasilania Raspberry Pi, natomiast wyświetlacz zegara pozostanie pusty przez około 30 s. Gdy wyświetlacz się uaktywni, będzie pokazywał nieprawidłowy czas.

Komputer Raspberry Pi spróbuje połączyć się z siecią lokalną, a po uzyskaniu połączenia pobierze aktualny czas z Internetu. Wówczas wyświetlacz zacznie pokazywać prawidłowy czas i od tego momentu będzie synchronizowany z zewnętrznym źródłem czasu.

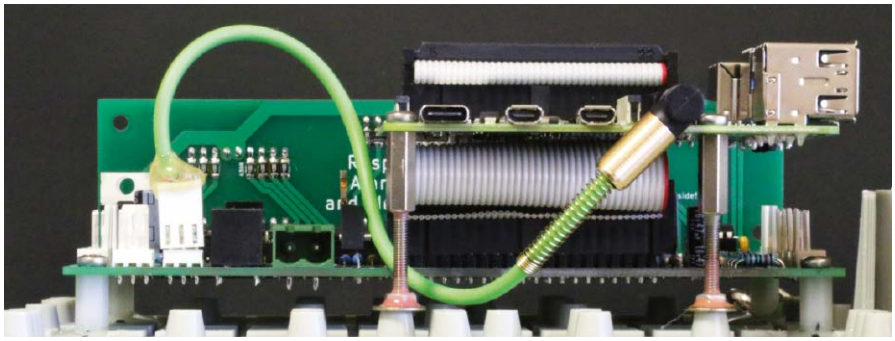
Jeśli wyświetlacze 7-segmentowe nadal pozostają wygaszone, ponownie sprawdź ustawienia jasności diod LED oraz wartości progowe na stronie konfiguracyjnej. Mogły one zostać ustawione na bardzo niskim poziomie i wystarczy je zwiększyć. Jeżeli to nie pomoże, połącz się z komputerem Raspberry Pi za pomocą protokołu SSH (na przykład przy użyciu programu PuTTY i skorzystaj z trybów diagnostycznych budzika opisanych w dokumentacji instalacji oprogramowania, aby sprawdzić jego stan.

Skrypt instalacyjny dla Raspberry Pi powinien zakończyć działanie bez żadnych błędów. Jeżeli tak się nie stanie, komunikaty wyświetlane podczas instalacji mogą pomóc w ustaleniu przyczyny problemu.

Jeśli wyświetlacz nadal pozostaje wygaszony, mimo że oprogramowanie wydaje się działać prawidłowo, należy za pomocą sondy logicznej, oscyloskopu lub miernika częstotliwości sprawdzić, czy na liniach GPIO magistrali danych i adresowej łączących obie płytki występuje aktywność. Warto również sprawdzić sygnał PWM doprowadzony do bramki tranzystora MOSFET Q2. Należy także upewnić się, że zastosowano właściwe tranzystory MOSFET z bramką sterowaną poziomami logicznymi.

## Dopasowanie jasności diod LED wyświetlacza

Jeśli nie zamontowałeś jeszcze rezystorów ograniczających prąd dla dwóch diod LED tworzących separator godzin i minut („:") ani dla małego wyświetlacza, możesz teraz dobrać ich wartości doświadczalnie. Wyłącz zegar i tymczasowo wlutuj po jednym rezystorze o wybranej wartości. Wszystkie segmenty danego wyświetlacza będą miały taką samą jasność, dlatego po dobraniu odpowiedniego rezystora dla jednego segmentu ta sama wartość powinna sprawdzić się również dla pozostałych.



**Zbliżenie pokazujące podłączenie kabla słuchawkowego do Raspberry Pi**

Do takich prób wygodniej jest używać rezystorów przewlekanych niż SMD, chyba że dysponujesz zestawem rezystorów SMD o różnych wartościach. Rozpocznij od zalecanych wartości: 430 Ω dla wyświetlacza oraz 1,3 kΩ dla separatora godzin i minut. Jeśli nie masz takich rezystorów, możesz użyć wartości 470 Ω i 1,2 kΩ.

Do doboru rezystora dla małego wyświetlacza najwygodniej wykorzystać ten znajdujący się najbliżej większych cyfr, ponieważ odpowiada on za segment sąsiadujący z większymi wyświetlaczami, co ułatwia porównanie jasności. Oba rezystory odpowiedzialne za dwukropek są łatwo dostępne. Zwróć uwagę na dwa rezystory zaznaczone czerwoną strzałką na rysunku 4.

Włącz Raspberry Pi, przejdź do strony konfiguracyjnej i umieść zegar w zaciemnionym pomieszczeniu. Ustaw minimalną jasność na poziomie, przy którym świecące segmenty LED są ledwo widoczne, a następnie ustaw maksymalną jasność w środkowym położeniu. Pamiętaj o zapisaniu ustawień za pomocą przycisku „Save" na stronie konfiguracyjnej, w przeciwnym razie kolejny krok nie przyniesie oczekiwanego rezultatu.

Kliknij przycisk „Start the LED brightness test" na stronie konfiguracyjnej, aby włączyć wszystkie segmenty wyświetlacza (tak, by pokazywał cyfrę 8) i na krótko ustawić minimalną jasność świecenia. Oceń, czy testowany segment małego wyświetlacza oraz testowany dwukropek świecą z taką samą jasnością jak duże cyfry, czy też są od nich jaśniejsze lub ciemniejsze. Dla ułatwienia porównania jasność wyświetlacza zostanie również na krótko ustawiona na wartość maksymalną.

Jeśli jasność nie jest jednakowa, zwiększ wartość testowanego rezystora, aby zmniejszyć jasność diod LED, lub zmniejsz jego wartość, aby zwiększyć jasność. Przed każdą zmianą wartości rezystora wyłącz zasilanie zegara, ponieważ przypadkowe zwarcie pól lutowniczych rezystorów ograniczających prąd może spowodować uszkodzenie wyświetlacza 7-segmentowego.

Podczas doboru wartości rezystorów należy zmieniać je skokowo o około 25%, ponieważ przy mniejszych zmianach różnica jasności będzie trudna do zauważenia. Na przykład, aby zmniejszyć jasność, można zwiększyć wartość rezystora z 430 Ω do 560 Ω, a aby ją zwiększyć, zmniejszyć ją z 430 Ω do 360 Ω.

Po ustaleniu optymalnych wartości rezystorów można dokupić i zamontować brakujące rezystory ograniczające prąd. Na tym etapie zegar będzie już gotowy do pracy. Jeśli nie chcesz czekać na wyniki prób, możesz od razu zamówić po 16 rezystorów o wartościach 360 Ω, 430 Ω, 560 Ω, 750 Ω i 1 kΩ, ponieważ jedna z tych wartości prawdopodobnie okaże się odpowiednia. Nie stosuj rezystorów o wartości mniejszej niż 360 Ω, aby nie przekroczyć dopuszczalnego prądu wyjściowego układu 74HCT4511.

## Uruchomienie

Działanie poszczególnych przełączników najłatwiej sprawdzić, włączając jeden z trybów diagnostycznych oprogramowania i generując dziennik diagnostyczny. Należy to zrobić podczas sesji SSH. Zgodnie z opisem zawartym w dokumentacji instalacji oprogramowania należy użyć polecenia `sudo alarm-clock -B`. Po naciśnięciu każdego przycisku w dzienniku zostanie zapisany odpowiedni komunikat, który jednoznacznie potwierdzi prawidłowe działanie urządzenia.

Jeśli wyświetlacze LED świecą, zasłoń dłonią fotorezystor LDR, ograniczając dopływ światła zarówno do jego powierzchni czołowej, jak i boków. Po kilku sekundach jasność wyświetlacza powinna się zmniejszyć. Fotorezystory LDR mogą wykazywać dużą czułość na światło, a sposób działania funkcji automatycznego przyciemniania zależy od ustawień wybranych w opcjach zegara.

Do obserwacji sposobu, w jaki oprogramowanie mierzy poziom oświetlenia, można użyć polecenia `sudo alarm-clock -X`. Sprawdź, czy wskazywane wartości maleją po zaciemnieniu fotorezystora LDR i rosną po zwiększeniu natężenia padającego na niego światła.

Jeżeli dziennik diagnostyczny potwierdza takie działanie, a różnica między odczytami dla jasnego i ciemnego otoczenia jest wystarczająco duża (na przykład wynosi 500 zliczeń lub więcej), układ działa prawidłowo. W takim przypadku można wyregulować suwaki na stronie konfiguracyjnej, aby uzyskać pożądany efekt automatycznego przyciemniania wyświetlacza.

Użyj przycisku „Start the display test" na stronie konfiguracyjnej, aby sprawdzić działanie wszystkich wyświetlaczy 7-segmentowych oraz kropek dziesiętnych. Jeśli niektóre segmenty LED nigdy się nie zapalają, sprawdź, czy rezystory szeregowe ograniczające prąd zostały prawidłowo przylutowane oraz czy wszystkie wyprowadzenia układów 74HCT4511 są prawidłowo osadzone w podstawkach.

Jeżeli choć jedna z sześciu cyfr nie jest wyświetlana prawidłowo, przyczyną problemu najprawdopodobniej jest układ 74HCT4511. Jeśli kilka cyfr jest wyświetlanych nieprawidłowo w ten sam sposób, sprawdź sygnały na liniach GPIO magistrali danych i adresowej oraz skontroluj połączenia 40-żyłowej taśmy łączącej płytkę z komputerem Raspberry Pi.

Ostatnimi elementami wymagającymi sprawdzenia są wzmacniacz oraz wejścia audio. Włącz wzmacniacz, uruchamiając odtwarzanie lokalnego pliku multimedialnego lub strumienia radia internetowego, i sprawdź, czy z głośników słychać dźwięk odtwarzany przez Raspberry Pi. Jeśli dźwięk nie jest słyszalny, podłącz słuchawki bezpośrednio do Raspberry Pi i sprawdź, czy komputer generuje sygnał audio. Jeżeli tak, należy szukać usterki w układzie wzmacniacza radiobudzika.

Następnie wróć do strony odtwarzacza multimedialnego. Jeśli zamiast ścieżki do pliku lub adresu URL wpiszesz słowo „radio" (bez cudzysłowów), powinieneś usłyszeć kliknięcie przekaźnika, a sygnał audio zostanie przełączony na wejście radiowe. Po załączeniu przekaźnika środkowy pin złącza CON5 zostanie połączony z masą za pośrednictwem tranzystora Q3, co spowoduje włączenie zasilania modułu radiowego.

## Obudowa

Zapewne zechcesz zamontować zegar w odpowiedniej obudowie, tak jak zrobiłem to w swoim egzemplarzu.

Do tego projektu raczej nie należy stosować obudowy metalowej, ponieważ może ona znacząco osłabiać sygnały Wi-Fi i Bluetooth odbierane przez Raspberry Pi.

Jeśli masz zdolności stolarskie, możesz pokusić się o wykonanie bardzo efektownej obudowy. Spotkałem się kiedyś z ciekawym rozwiązaniem wykorzystującym fornir drewniany. Cienki fornir może częściowo przepuszczać światło, jeśli zostanie oświetlony od tylnej strony. Jasność wyświetlaczy LED zastosowanych w zegarze można ustawić na stosunkowo wysokim poziomie, szczególnie w przypadku elementów firmy Lumex, dzięki czemu cyfry powinny być dobrze widoczne przez jasny fornir o grubości około 0,4 mm lub mniejszej.

Warto wykonać szablon panelu przedniego z płyty MDF. Górną krawędź można zaokrąglić frezarką, a otwory pod wyświetlacze 7-segmentowe wywiercić i dopasować pilnikiem. Umieszczenie przednich powierzchni wyświetlaczy bezpośrednio za fornirem zapewni dodatkowe usztywnienie mechaniczne i ochroni fornir przed uszkodzeniem.

Należy również wykonać otwór na fotorezystor lub zamontować go w innym miejscu obudowy. Jeśli zdecydujesz się na takie rozwiązanie i uzyskasz dobre rezultaty, chętnie zobaczę zdjęcia gotowej konstrukcji.

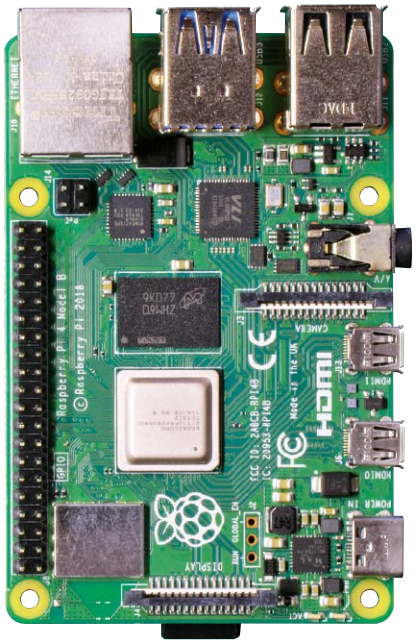
Jeśli wybierzesz bardziej tradycyjne rozwiązanie i zastosujesz obudowę z tworzywa sztucznego, możesz wykonać przedni panel podobnie jak ja. W moim przypadku przyciąłem zieloną płytę z pleksi o grubości 3 mm do odpowiednich wymiarów i wykorzystałem ją zamiast oryginalnego panelu przedniego. Do cięcia użyłem piły stołowej wyposażonej w tarczę o drobnym uzębieniu. Ponieważ szczelina przeznaczona na panel przedni ma szerokość 2 mm, okleiłem płytę taśmą ochronną, a następnie obrobiłem jej krawędzie frezarką tak, aby idealnie pasowała do obudowy.

Dostępne są również płyty akrylowe (pleksi) o grubości 2 mm, nie wiem jednak, czy można kupić półprzezroczysty materiał w kolorze zielonym o takich samych właściwościach.

W razie potrzeby można zamaskować i pomalować czarną farbą wnętrze ramki z pleksi, tak aby widoczne pozostawały jedynie wyświetlacze. Nie zastosowałem jednak tego rozwiązania w swoich zegarach i uważam, że również bez tego prezentują się dobrze.

Przycisk drzemki zamontowałem na górnej ściance obudowy, natomiast wszystkie pozostałe przyciski i przełączniki, zaciski głośnikowe oraz gniazdo zasilania umieściłem na tylnej ściance obudowy.

Jeśli korzystasz z zalecanej obudowy o głębokości 160 mm, pamiętaj, że zespół płytek zegara wraz z zamontowanymi wyświetlaczami LED zajmuje nieco mniej niż 100 mm głębokości, natomiast krótszy wymiar płytki Raspberry Pi wynosi 56 mm. Nie uwzględnia to wtyku audio 3,5 mm ani przewodu,



**Chociaż w opisanej konstrukcji wykorzystano komputer Raspberry Pi 4, można również zastosować modele Raspberry Pi 2, Raspberry Pi 3, Raspberry Pi Zero W lub Raspberry Pi Zero 2 W**

które zajmują dodatkową przestrzeń. Oznacza to, że za płytką główną nie ma wystarczająco dużo miejsca, aby zamontować komputer Raspberry Pi w całości.

W moim egzemplarzu komputer Raspberry Pi został zamontowany tak, że częściowo wystaje poza obrys płytki głównej, co pokazano na fotografii. Do uniesienia go ponad płytkę główną można wykorzystać dwie długie śruby M3 przechodzące przez dno obudowy, zabezpieczone nakrętkami, oraz tuleje dystansowe M3 nasunięte na śruby. Tuleje można unieruchomić niewielką ilością kleju Loctite o małej sile zabezpieczania gwintów (na przykład 222).

Dwie krótkie śruby M3 służą do zamocowania Raspberry Pi do tulei dystansowych M3. Pozostałe dwa otwory montażowe Raspberry Pi znajdują się poza obrysem płytki głównej i nie są wykorzystywane. Takie rozwiązanie zapewnia wystarczająco sztywne mocowanie, pod warunkiem że nie próbuje się podłączać ani odłączać 40-pinowej taśmy połączeniowej Raspberry Pi, gdy komputer jest przykręcony tylko w dwóch punktach.

Ostatecznie uznałem, że lepszym rozwiązaniem będzie zamocowanie Raspberry Pi na formowanych tulejach dystansowych znajdujących się w dnie obudowy. Rozstaw tych elementów nie odpowiadał jednak dokładnie rozstawowi otworów montażowych Raspberry Pi. W celu dopasowania wydłużyłem jeden z otworów montażowych, a następnie zamocowałem śruby za pomocą podkładek, nakrętek oraz kleju Loctite 222.

## Wykorzystanie budzika jako głośnika Bluetooth

Modele Raspberry Pi od wersji Raspberry Pi 2 wzwyż umożliwiają radiobudzikowi emulowanie głośnika Bluetooth. Dzięki temu z urządzeniem można sparować komputer, telefon lub tablet i odtwarzać dźwięk przez głośniki radiobudzika. Po sparowaniu urządzenia wystarczy nawiązać połączenie, aby przesyłać dźwięk do głośników zegara.

Ikona „Pair Bluetooth Device" na stronie WWW zegara umożliwia włączenie trybu parowania, dzięki któremu inne urządzenia mogą wykryć radiobudzik i nawiązać z nim połączenie. Tryb ten można również uruchomić, naciskając jednocześnie dwa fizyczne przyciski wyboru alarmu znajdujące się na urządzeniu. Po jego włączeniu są trzy minuty na zakończenie procedury parowania. Z radiobudzikiem można sparować dowolną liczbę urządzeń.

Urządzenia przeznaczone do sparowania muszą jednocześnie znajdować się w trybie parowania, w przeciwnym razie nie będą mogły się wzajemnie wykryć. Należy postępować zgodnie z instrukcją parowania i nawiązywania połączenia dla danego urządzenia. Jeśli podczas parowania z radiobudzikiem wystąpią problemy, a nie masz doświadczenia z konfiguracją połączeń Bluetooth, warto najpierw sprawdzić działanie urządzenia, próbując sparować je z innym sprzętem Bluetooth.

Po nawiązaniu połączenia dźwięk będzie odtwarzany przez głośniki radiobudzika. Głośność można regulować za pomocą fizycznego przycisku zwiększania i zmniejszania głośności albo suwaka dostępnego na stronie WWW urządzenia.

### Dźwięk przesyłany przez Bluetooth zacina się

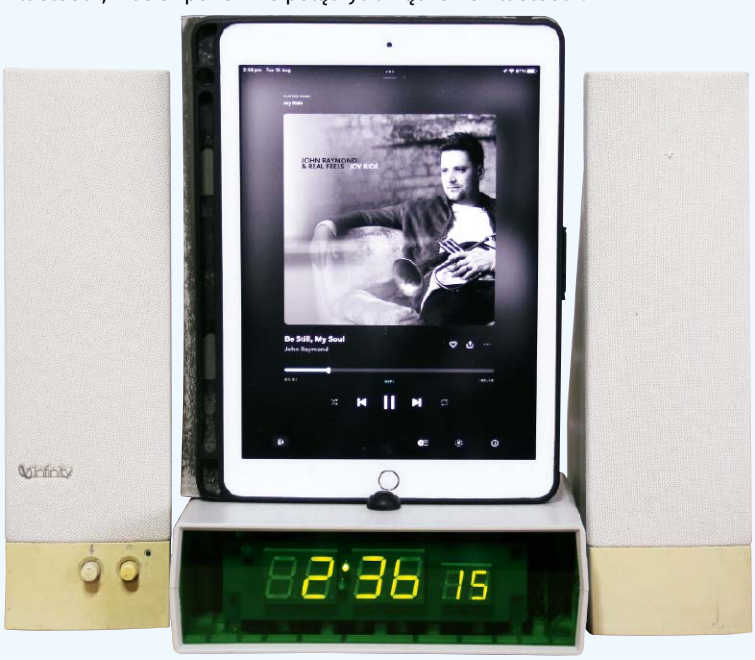
Funkcja przesyłania dźwięku przez Bluetooth została przetestowana w systemach Windows i macOS oraz na telefonach z systemem Android i iPhone. We wszystkich przypadkach działała poprawnie zarówno z komputerem Raspberry Pi 3, jak i Raspberry Pi 4. Istnieją jednak sytuacje, w których mogą występować sporadyczne przerwy w odtwarzaniu dźwięku lub rozłączenia połączenia Bluetooth.

Najbardziej oczywistą przyczyną jest zbyt duża odległość między sparowanymi urządzeniami, powodująca wyjście poza zasięg połączenia Bluetooth.

Mniej oczywistym źródłem problemów mogą być zakłócenia związane z pracą sieci Wi-Fi, opisane w ramce zamieszczonej w pierwszej części artykułu. Z tego powodu mogą występować chwilowe przerwy w odtwarzaniu dźwięku, jeśli korzystasz z interfejsu WWW radiobudzika opartego na Raspberry Pi 3 w tym samym czasie, gdy przesyłasz do niego dźwięk przez Bluetooth.

Kanał Bluetooth jest zazwyczaj przypisywany podczas procesu parowania. Jeśli na Twoim kanale Bluetooth występują zakłócenia, możesz spróbować usunąć parowanie i przeprowadzić cały proces od nowa. Na stronie konfiguracyjnej znajduje się przycisk umożliwiający usunięcie wszystkich sparowanych urządzeń.

Załóżmy, że przesyłasz dźwięk przez Bluetooth w chwili uruchomienia odtwarzacza multimedialnego budzika, w tym również wtedy, gdy budzik ma odtworzyć źródło multimedialne inne niż radio. W takim przypadku budzik rozłączy urządzenia Bluetooth, aby poprawnie odtworzyć wybrane źródło. Jeśli chcesz kontynuować przesyłanie dźwięku przez Bluetooth, musisz ponownie połączyć urządzenie Bluetooth.




**Gotowe radiobudziki połączone z iPadem przez Bluetooth**

Następnie zamocowałem cztery tuleje dystansowe do płytki głównej i ustawiłem ramkę z pleksi we właściwym położeniu. Po ostrożnym umieszczeniu zespołu w obudowie przykleiłem tuleje dystansowe do jej dna za pomocą żywicy epoksydowej. Pozwoliło to uniknąć czasochłonnego wyznaczania położenia otworów montażowych i ich wiercenia.

W tej konkretnej obudowie pozostaje jeszcze dość miejsca, aby zmieścić z boku niewielki moduł radiowy, jeśli chcesz dodać taką funkcję (tak jak zrobiłem to w swoim egzemplarzu). W przypadku większych modułów radiowych może być konieczne zastosowanie większej obudowy.

Wybrana przeze mnie obudowa nie zapewnia dostępu z zewnątrz do portów USB ani Ethernet. Nie stanowiło to dla mnie problemu, jednak jeśli używana obudowa jest wystarczająco głęboka, można obrócić Raspberry Pi tak, aby porty USB i sieciowy były dostępne od strony tylnej ścianki. W takim przypadku konieczne będzie zagięcie 40-żyłowej taśmy połączeniowej w kształt litery L, aby umożliwić wygodne połączenie między płytką główną a komputerem Raspberry Pi.

Długość taśmy połączeniowej ustaliłem na 150 mm i z powodzeniem zastosowałem ją w kilku prototypach. Krótsze taśmy również będą działały, jednak jeśli w swoim projekcie musisz użyć dłuższej, zwróć uwagę na ewentualne problemy pojawiające się podczas odświeżania wyświetlacza LED.

Jeżeli przy zastosowaniu dłuższej taśmy pojawią się błędy wyświetlania cyfr, można wydłużyć czas ustalania sygnałów. W tym celu należy zmodyfikować plik źródłowy „alarm_clock.c" i zmienić wartość stałej WRITE_BYTE_DELAY z domyślnej wartości 5000 (ns) na większą. Dzięki temu sygnały magistrali będą miały więcej czasu na ustabilizowanie się.

Mikroprocesor komputera Raspberry Pi pobiera około 1 W mocy, dlatego należy się spodziewać, że obudowa w jego pobliżu będzie nieco cieplejsza od otoczenia. Nie powinno to powodować żadnych problemów, jednak w razie potrzeby można poprawić chłodzenie przez wykonanie dodatkowych otworów wentylacyjnych.

## Oprogramowanie

Radiobudzik został zaprojektowany tak, aby jego obsługa za pośrednictwem interfejsu internetowego była intuicyjna. Dostępne są również liczne odnośniki do pomocy, ułatwiające korzystanie z urządzenia. Jeśli jednak chcesz poznać szczegóły działania systemu i w pełni zrozumieć zasadę jego działania, potrzebne

będą bardziej szczegółowe informacje dotyczące oprogramowania.

Rozpoczniemy od omówienia najczęściej używanych funkcji, które zainteresują większość konstruktorów, a następnie przejdziemy do szczegółowego opisu działania oprogramowania.

## Konfiguracja zegara za pośrednictwem przeglądarki internetowej

Aby uzyskać dostęp do interfejsu WWW, otwórz przeglądarkę internetową i przejdź pod adres `http://clock.local` albo wpisz nazwę hosta lub adres IP używany do połączenia z zegarem za pomocą protokołu SSH.

Zostanie wyświetlona strona główna zegara, zawierająca odnośniki do funkcji konfiguracyjnych i odtwarzacza multimedialnego, podsumowanie skonfigurowanych alarmów, listę odtwarzania (jeżeli aktualnie są odtwarzane multimedia) oraz wykaz innych zegarów wykrytych w sieci lokalnej, o ile takie są dostępne (**ekran 1**).

Na ekranie 1 pokazano inne zegary wykryte w sieci lokalnej. Jeśli korzystasz tylko z jednego zegara, ten panel nie będzie wyświetlany.

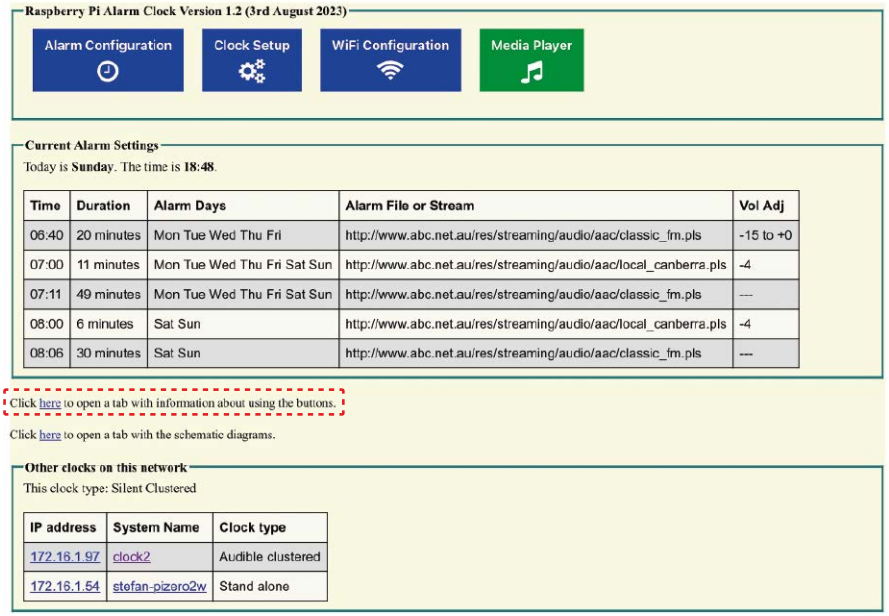
Obsługa interfejsu powinna być intuicyjna. Do skonfigurowania własnych ustawień służy strona Clock Setup. Po najechaniu kursorem na niektóre opcje zostaną wyświetlone podpowiedzi oraz dodatkowe informacje.

Aby utworzyć alarm, wystarczy wypełnić pola na stronie Alarm Configuration (**ekran 2**), określając kolejno godzinę uruchomienia, czas działania, dni tygodnia oraz sposób powtarzania alarmu.

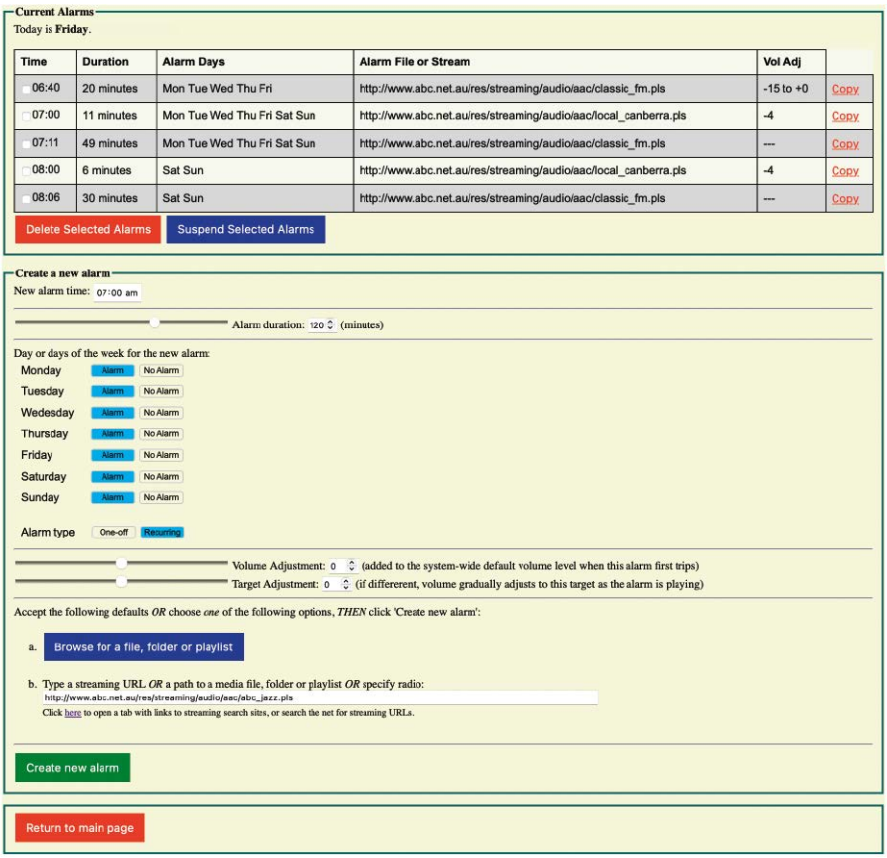
Poziom głośności alarmu jest określany względem aktualnie ustawionej głośności głównej. Jest to przydatne podczas korzystania z sekwencji alarmów wykorzystujących różne źródła dźwięku, które mogą mieć różne poziomy głośności. Funkcję tę można również wykorzystać do stopniowego zwiększania lub zmniejszania głośności przy kolejnych alarmach.

W każdym polu przeznaczonym do wprowadzania źródła dźwięku można podać adres URL strumienia internetowego, pełną ścieżkę do pliku multimedialnego lub listy odtwarzania w systemie Linux albo słowo „radio” (bez cudzysłowów), aby przełączyć urządzenie na zewnętrzne wejście audio. Ścieżki do plików znajdujących się na pamięciach USB zazwyczaj rozpoczynają się od katalogu `/media/`.

Znalezienie internetowych źródeł dźwięku nie jest trudne. Każda stacja radiowa, której można słuchać za pomocą przeglądarki internetowej, powinna współpracować z radiobudzikiem. Większym problemem bywa ustalenie właściwego adresu URL strumienia. Informacje dotyczące sposobu ustalenia takiego adresu za pomocą przeglądarki internetowej znajdują się na wbudowanych stronach pomocy urządzenia (zobacz również ekran 2).




**Ekran 1. Na stronie głównej wyświetlana jest lista alarmów oraz innych radiobudzików wykrytych w sieci lokalnej (jeżeli są dostępne). Przeznaczenie przycisków znajdujących się w górnej części strony powinno być intuicyjne. Kliknięcie odnośnika zaznaczonego na czerwono umożliwia wyświetlenie opisu funkcji sześciu przycisków i przełączników radiobudzika. Można ich używać pojedynczo lub w różnych kombinacjach, co zapewnia dostęp do wielu dodatkowych funkcji**




**Ekran 2. Podczas konfigurowania alarmu można określić godzinę jego uruchomienia, czas działania, dni tygodnia, w których ma być aktywny, sposób powtarzania, ustawienia głośności oraz źródło dźwięku**

## Łączenie alarmów

Ponieważ mieszkam z dala od dużych miast, zazwyczaj słucham ogólnokrajowej sieci radiowej, która emituje regionalne serwisy informacyjne przygotowywane przez najbliższą rozgłośnię regionalną. Zdarza się jednak, że dostawca usług internetowych przydzieli adres IP przypisany do innego regionu kraju lub zmienią się trasy przesyłania danych w Internecie. W efekcie można otrzymywać lokalne wiadomości z zupełnie innej części Australii.

Odkryłem, że problem ten można rozwiązać za pomocą funkcji alarmów sekwencyjnych. Gdy rozpoczyna się emisja lokalnych wiadomości, uruchamiany jest alarm korzystający ze strumienia lokalnej stacji radiowej. Następnie kolejny alarm przełącza odtwarzanie z powrotem na wcześniej używany strumień ogólnokrajowy po zakończeniu serwisu informacyjnego.

Takie wykorzystanie alarmów sekwencyjnych sprawdza się bardzo dobrze. Od kilku miesięcy słucham lokalnych wiadomości, automatycznie przełączając się między odpowiednimi strumieniami radiowymi.

Jeżeli skonfigurujesz kilka alarmów uruchamianych kolejno, a następny alarm rozpocznie się przed upływem czasu działania poprzedniego, poprzedni alarm zostanie przerwany i zastąpiony nowym. Nie zostanie on wznowiony po zakończeniu kolejnego alarmu. Aby powrócić do pierwotnego źródła dźwięku lub strumienia, należy dodać do sekwencji trzeci alarm.

## Budzenie ze stopniowym zwiększaniem głośności

Funkcję sekwencyjnego uruchamiania alarmów można wykorzystać do stopniowego zwiększania głośności budzenia, uruchamiając kolejne alarmy o coraz wyższym poziomie głośności. Istnieje jednak prostszy sposób uzyskania takiego efektu.

Każdy alarm ma dwa parametry związane z głośnością: poziom początkowy oraz poziom docelowy. Poziom początkowy jest stosowany w chwili uruchomienia alarmu. Następnie, co minutę, cyfrowa regulacja głośności zwiększa lub zmniejsza poziom dźwięku o jeden krok w kierunku wartości docelowej, aż do jej osiągnięcia lub do chwili uruchomienia kolejnego alarmu.

Aby więc uzyskać efekt stopniowego zwiększania głośności po uruchomieniu alarmu, można ustawić poziom początkowy na –15, a poziom docelowy na 0. Alarm rozpocznie odtwarzanie przy niskiej głośności, a następnie będzie stopniowo ją zwiększał, aż osiągnie normalny poziom ustawiony dla systemu.

Wartości te są dodawane do aktualnego ustawienia głośności całego systemu.

## Konfiguracja alarmu (alarmów)

Za każdym razem, gdy zmienisz główną głośność systemu, poziomy głośności wszystkich przyszłych alarmów zostaną odpowiednio skorygowane. Działa to podobnie jak regulacja głośności w tradycyjnym radiobudziku przed nadejściem kolejnego alarmu.

Jeżeli dla danego alarmu ustawiono wartość korekcji głośności różną od zera, zostanie ona dodana do aktualnego ustawienia głośności systemowej. Dzięki temu zachowane zostaną wzajemne proporcje poziomów głośności.

Na stronie Clock Setup dostępna jest również opcja „Minimal Alarm Volume". Pozwala ona określić minimalny poziom głośności alarmu, dzięki czemu będzie on wystarczająco głośny, aby Cię obudzić, nawet jeśli ogólna głośność systemu została ustawiona na niskim poziomie.

Ustawienia głośności przypisane do poszczególnych alarmów nadal są uwzględniane przy wyznaczaniu minimalnej głośności alarmu. Dzięki temu zachowane zostają proporcje między poziomami głośności różnych alarmów, a ich działanie pozostaje zgodne z oczekiwaniami.

Jednocześnie nie można przypadkowo ustawić ogólnej głośności systemu na tak niskim poziomie, że alarm okaże się zbyt cichy, aby Cię obudzić. Z tego względu zdecydowanie zalecam sprawdzenie i dostosowanie tego ustawienia podczas konfiguracji urządzenia.

## Klawisze sterujące

Chociaż zegar jest wyposażony tylko w sześć przycisków, można używać ich w różnych kombinacjach, dzięki czemu liczba dostępnych funkcji jest większa, niż mogłoby się wydawać. Szczegółowy opis działania przycisków można znaleźć pod odpowiednim odnośnikiem na wbudowanej stronie WWW zegara (ekran 1).

Ponieważ wszystkie funkcje są dostępne również za pośrednictwem interfejsu WWW, montaż przycisków nie jest bezwzględnie konieczny. Możesz zamontować wszystkie, tylko wybrane lub zrezygnować z nich całkowicie – wybór należy do Ciebie.

## Wyświetlanie czasu w formacie 12- lub 24-godzinnym

Strona konfiguracyjna umożliwia wybór między 12- a 24-godzinnym formatem wyświetlania czasu. Ustawienie to dotyczy wyłącznie wyświetlacza LED zegara i nie wpływa na sposób prezentacji czasu na stronach WWW urządzenia. Na większości stron internetowych czas jest wyświetlany zgodnie z ustawieniami regionalnymi urządzenia, na którym działa przeglądarka.

Oznacza to, że nawet jeśli w ustawieniach zegara wybierzesz określony format czasu, przeglądarka internetowa może nadal wyświetlać go w innym formacie wynikającym z lokalnych ustawień systemu.

## Automatyczne wznawianie list odtwarzania

Jeśli nie chcesz korzystać z internetowych strumieni audio, jako źródło alarmu możesz wykorzystać listę odtwarzania plików MP3 z własnej biblioteki multimedialnej. Nic nie stoi również na przeszkodzie, aby łączyć alarmy wykorzystujące lokalne listy odtwarzania, radio oraz internetowe strumienie audio.

Gdy podczas tworzenia alarmu wskażesz katalog jako jego źródło, serwer WWW aplikacji zegara utworzy listę odtwarzania obejmującą pliki znajdujące się w wybranym katalogu i jego podkatalogach. Taka sama lista odtwarzania zostanie utworzona również wtedy, gdy podczas korzystania z odtwarzacza multimedialnego wskażesz katalog jako źródło odtwarzania.

Podczas odtwarzania multimediów z listy zegar zapamiętuje ostatnio odtwarzany utwór i przy następnym użyciu tej samej listy rozpoczyna odtwarzanie od kolejnego utworu. Dzięki temu można przełączać się między listą odtwarzania a audycjami radiowymi, a po powrocie odtwarzanie zostanie wznowione od miejsca, w którym zostało przerwane.

## Testowanie części sprzętowej

Podczas sprawdzania poprawności działania przełączników oraz pomiaru poziomu oświetlenia otoczenia konieczne będzie skorzystanie z trybu diagnostycznego oprogramowania zegara i przejrzenie dziennika diagnostycznego. W tym celu trzeba tymczasowo wyłączyć zarządzanie zegarem przez system operacyjny.

Domyślnie program „alarm-clock" jest uruchamiany automatycznie podczas startu systemu. Jeżeli proces ten zostanie zakończony wskutek awarii, system uruchomi go ponownie. W normalnych warunkach komunikaty tekstowe programu nie są wyświetlane użytkownikowi. Aby uzyskać dostęp do dziennika diagnostycznego, należy uruchomić program „alarm-clock" ręcznie w sesji SSH z włączonym trybem diagnostycznym.

W tym celu zatrzymaj tymczasowo działającą instancję programu „alarm-clock", wydając w sesji SSH następujące polecenie:

```
stop-alarm-clock
```

Po następnym uruchomieniu Raspberry Pi program powróci do trybu automatycznego uruchamiania i nadzorowania przez system.

Po zatrzymaniu programu można uruchomić go ręcznie za pomocą polecenia `sudo alarm-clock` lub wyświetlić pomoc i dostępne opcje, używając polecenia `alarm-clock -h`. Polecenie `sudo alarm-clock -V` uruchamia program z pełnym rejestrowaniem komunikatów diagnostycznych. Podczas pracy programu komunikaty wraz ze znacznikami czasu pochodzące z różnych wątków mogą pojawiać się w przeplatanej kolejności.

Dostępna jest również możliwość zapisywania komunikatów do pliku, co ułatwia wykrywanie problemów występujących pod nieobecność użytkownika. Plik konfiguracyjny zegara znajduje się w katalogu `/etc/alarm-clock/` i nosi nazwę `setup.conf`. Aby włączyć rejestrowanie do pliku, można go edytować za pomocą poniższego polecenia, które uruchomi edytor tekstu:

```
sudo nano /etc/alarm-clock/setup.conf
```

Następnie odszukaj poniższe wiersze i usuń znaki `#` znajdujące się na ich początku:

```
#VERBOSE=0x090
#LOG_FILE = "/var/log/alarm-clock.log"
```

Po wprowadzeniu zmian zapisz plik, naciskając CTRL+O, a następnie zakończ pracę edytora, naciskając CTRL+X, aby powrócić do wiersza poleceń.

Więcej informacji dotyczących konfiguracji, kompilacji oraz pracy z kodem można znaleźć w plikach README znajdujących się w katalogu `alarm-clock`, wyodrębnionym wcześniej z archiwum .tgz.

## Sprawdź, czy oprogramowanie działa

Aby sprawdzić, czy program „alarm-clock” działa prawidłowo, wpisz następujące polecenie:

```
ps -A | grep alarm
```

Jeżeli proces jest uruchomiony, zostanie wyświetlona informacja o czasie jego działania. Brak odpowiedzi oznacza, że proces nie jest uruchomiony. W podobny sposób można sprawdzić, czy działa demon pigpio, który musi być uruchomiony, aby możliwe było sterowanie liniami wejścia/wyjścia GPIO komputera Raspberry Pi:

```
ps -A | grep pigpiod
```

Aby możliwe było odtwarzanie dźwięku przez Bluetooth, muszą być uruchomione proces sterujący Bluetooth oraz odpowiedni demon systemowy. Po wykonaniu poniższego polecenia powinny zostać wyświetlone dwa procesy:

```
ps -A | grep bluetooth
```

Serwer WWW oraz jego procesy robocze zwykle pozostają w stanie oczekiwania na przychodzące połączenia. Po wykonaniu poniższego polecenia powinno zostać wyświetlonych kilka wpisów:

```
ps -A | grep apache
```

Pełną listę uruchomionych procesów wraz z informacjami o wykorzystaniu pamięci można wyświetlić za pomocą polecenia `top`. Po jego wpisaniu i naciśnięciu klawisza Enter zostanie uruchomiony ekran aktualizowany na bieżąco. Aby zakończyć działanie programu, należy nacisnąć klawisz „q”.

Polecenie `top` wyświetla wiele przydatnych informacji, między innymi bieżące wykorzystanie czasu procesora przez poszczególne procesy, wyrażone jako procent obciążenia jednego rdzenia.

Ponieważ większość komputerów Raspberry Pi jest wyposażona w czterordzeniowy procesor, całkowite obciążenie systemu osiąga maksimum przy sumarycznym wykorzystaniu procesora wynoszącym 400%. Największe obciążenie procesora powoduje zwykle demon pigpio.

## Restart „Watchdog”

Podczas testów oraz eksploatacji czterech prototypów zegara w ciągu ostatnich sześciu miesięcy zauważyłem, że dwa z nich zawiesiły się po dłuższym spadku napięcia zasilającego.

Z tego powodu oprogramowanie wyposażono w kilka mechanizmów wykrywania nieprawidłowości. Jeśli którykolwiek z nich

### Aktualizacje oprogramowania

Skrypt Install_Clock pobiera i instaluje pakiet automatycznych aktualizacji „unattended-upgrades”, a następnie konfiguruje go tak, aby co trzy dni o godzinie 3:30 sprawdzał dostępność aktualizacji. Jeśli dla któregokolwiek z zainstalowanych pakietów pojawi się aktualizacja, na przykład poprawka zabezpieczeń systemu Linux, mechanizm automatycznych aktualizacji pobierze ją i zainstaluje bez udziału użytkownika.

Jeżeli zainstalowanie aktualizacji będzie wymagało ponownego uruchomienia systemu, również zostanie ono wykonane automatycznie.

Od lat korzystam z automatycznych aktualizacji na kilku komputerach Raspberry Pi i nie napotkałem żadnych problemów. Jeśli jednak wolisz samodzielnie decydować o instalowaniu aktualizacji, możesz wyłączyć mechanizm automatycznych aktualizacji, wydając przez SSH następujące polecenie:

```
sudo systemctl disable unattended-upgrades
```

Następnie możesz samodzielnie wyszukiwać i instalować aktualizacje, używając polecenia:

```
sudo apt-get upgrade
```

**Nowe wersje oprogramowania radiobudzika**

Po zainstalowaniu oprogramowania radiobudzika dostępne są dwie metody instalowania jego nowszych wersji.

Pierwsza metoda polega na otwarciu obudowy, wyjęciu karty SD z komputera Raspberry Pi i podłączeniu jej do innego komputera. Następnie należy skopiować nowy plik oprogramowania w formacie .tgz na kartę SD, ponownie umieścić kartę w komputerze Raspberry Pi, rozpakować zawartość archiwum i ponownie uruchomić skrypt Install_Clock.sh.

Druga metoda polega na skopiowaniu nowego pliku przez sieć do katalogu domowego użytkownika na komputerze Raspberry Pi za pośrednictwem serwera plików Samba.

Aby zainstalować nową wersję oprogramowania, można użyć poniższych poleceń, zakładając, że plik .tgz został skopiowany do katalogu domowego użytkownika na komputerze Raspberry Pi oraz że instalowana aktualizacja ma numer v02:

```
tar zxf alarm-clock_v02.tgz
cd alarm-clock
make
make install
```

wykryje problem, system zostanie automatycznie uruchomiony ponownie.

W przypadku całkowitego zawieszenia systemu operacyjnego komputer Raspberry Pi zostanie zrestartowany przez sprzętowy układ watchdog. Jeżeli zawiesi się tylko jeden z procesów systemowych, zegar co 30 minut przeprowadza kontrolę poprawności działania i uruchamia restart w przypadku wykrycia nieprawidłowości. Dodatkowe kontrole programowe wykonuje również serwer WWW przy każdym dostępie do strony.

Materiały dodatkowe dostępne są na stronie Silicon Chip:
https://www.siliconchip.com.au/Shop/8/6892
https://www.siliconchip.com.au/Shop/8/6893

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

Jeśli w celu diagnostyki lub testowania uruchomisz polecenie `stop-alarm-clock`, mechanizmy nadzoru po pewnym czasie wykryją brak działania programu i procedura automatycznego restartu uruchomi zegar ponownie.

Aby zapobiec automatycznemu restartowi po wydaniu polecenia `stop-alarm-clock`, uruchom program `alarm-clock` ręcznie z wiersza poleceń, dodając odpowiednie opcje diagnostyczne.

Mechanizmy nadzoru nie spowodują ponownego uruchomienia systemu, jeśli wykryją, że program budzika działa.

## Opóźnienia w strumieniowym przesyłaniu dźwięku z Internetu

Podczas korzystania z internetowych stacji radiowych jako źródła alarmu można zauważyć pewną osobliwość. Załóżmy, że alarm został ustawiony dokładnie na pełną godzinę i oczekujesz, że obudzi Cię serwis informacyjny rozpoczynający się o tej porze, podobnie jak w tradycyjnym radiobudziku.

Szybko okaże się jednak, że internetowe strumienie audio są zwykle opóźnione względem sygnału nadawanego drogą naziemną. Opóźnienie może wynosić od kilku sekund do nawet kilku minut.

Oznacza to, że podczas słuchania strumienia internetowego wiadomości nie rozpoczną się dokładnie o pełnej godzinie, lecz z pewnym opóźnieniem.

Niewielkie opóźnienie transmisji internetowej jest zjawiskiem normalnym, jednak trudno wyjaśnić, dlaczego jego wartość różni się między stacjami i potrafi zmieniać się z dnia na dzień, a nawet z miesiąca na miesiąc.

Jeśli zauważysz takie opóźnienie podczas słuchania ulubionych stacji, nie oznacza to, że z zegarem dzieje się coś nieprawidłowego. Jest to po prostu jedna z cech współczesnych systemów cyfrowej transmisji dźwięku.

Jeśli wyposażyłeś zegar w tradycyjny odbiornik radiowy, audycje będą odbierane bez dodatkowego opóźnienia charakterystycznego dla transmisji internetowych. Jest to prawdopodobnie jedyny sposób, aby mieć pewność, że serwis informacyjny rozpocznie się dokładnie o wyznaczonej godzinie.

Życzę satysfakcji z użytkowania nowego zegara. Jeśli zbudujesz kilka takich urządzeń, z pewnością docenisz wygodę zdalnego sterowania nimi z dowolnego miejsca w sypialni – zarówno Ty, jak i Twój partner. ■

**Stefan Keller-Tuberg**

REKLAMA



# Wielokanałowy regulator głośności, część 2

**Wielokanałowy regulator głośności może obsługiwać do 20 niezależnych kanałów, co pozwala zbudować własne kino domowe lub system surround. Do sterowania można wykorzystać panel dotykowy LCD, pilota na podczerwień albo moduł OLED z enkoderem obrotowym. W artykule opisano wszystkie szczegóły konstrukcyjne.**




Wielokanałowy regulator głośności może regulować poziom głośności nawet 20 kanałów audio za pomocą ekranu dotykowego, pilota na podczerwień lub enkodera obrotowego. Ma konstrukcję modułową, dlatego można go zbudować w wersji cztero-, ośmio-, dwunasto- lub szesnastokanałowej, jeśli taka liczba kanałów jest wystarczająca.

Urządzenie to zostało zaprojektowane jako element większego systemu wzmacniacza, na przykład z wykorzystaniem kilku modułów wzmacniacza Hummingbird (Silicon Chip, grudzień 2021 oraz EdW 8/2024). Nie ma jednak przeszkód, aby zbudować je jako samodzielne urządzenie w osobnej obudowie.

Po omówieniu zasad działania w pierwszej części nadszedł czas, aby rozpocząć budowę. Zakładamy, że wybraliście już moduły, które chcecie zbudować, i macie przygotowane potrzebne elementy.

Kolejno opiszemy budowę każdego typu modułu. Będziesz potrzebować jednego modułu sterująco-zasilającego oraz co najmniej jednego modułu regulacji głośności. Jeśli chcesz regulować głośność za pomocą enkodera obrotowego, musisz również zbudować moduł OLED.

Następnie omówimy testowanie modułów oraz ich łączenie w kompletny system. Wszystkie trzy typy modułów zawierają elementy montowane powierzchniowo, dlatego upewnij się, że dysponujesz narzędziami niezbędnymi do ich montażu.

Zdecydowanie zalecamy użycie lutownicy z cienkim grotem, topnika w postaci pasty (oraz odpowiedniego środka do usuwania jego pozostałości), plecionki lutowniczej, pęsety i odciągu oparów lutowniczych. Osobom ze słabszym wzrokiem przydadzą się również lupa i dobre oświetlenie stanowiska pracy. Mówimy to z własnego doświadczenia!

Dobrą alternatywą dla odciągu oparów lutowniczych jest praca na świeżym powietrzu, pod warunkiem zapewnienia odpowiedniego oświetlenia stanowiska pracy.

## Obudowy

Jeśli wybrałeś już obudowę, możesz wykorzystać nieobsadzone płytki drukowane do wyznaczenia położenia otworów montażowych. Łatwiej zrobić to teraz, przed zamontowaniem elementów.

Na **rysunkach 12** i **13** pokazano wycięcia, jakie należy wykonać odpowiednio dla modułu sterująco-zasilającego oraz modułu OLED.

## Moduł sterujący i moduł zasilania

Elementy przewlekane w tym module znajdują się głównie w części zasilającej, natomiast elementy SMD są związane przede wszystkim z mikrokontrolerem.

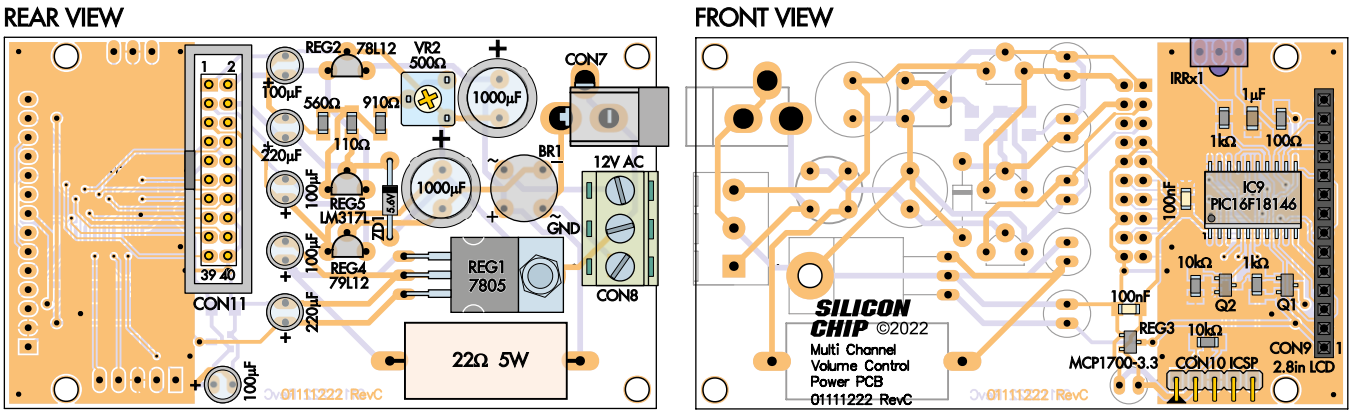
Montaż rozpocznij od elementów SMD. Najmniejsze z nich to trzy elementy w obudowach SOT-23, należące do różnych typów, dlatego należy zwrócić uwagę, aby ich nie pomylić. Ich orientację można sprawdzić na podstawie zdjęć oraz oznaczeń na płytce drukowanej (**rysunek 8**). Elementy w obudowach SOT-23 są niewielkie, jednak odstępy między ich wyprowadzeniami są na tyle duże, że podczas lutowania nie powinny powstawać mostki lutownicze.

REG3 to stabilizator MCP1700-3.3. Nałóż topnik w postaci pasty na trzy pady i przytrzymaj element pęsetą. Przylutuj jedno wyprowadzenie, a następnie skoryguj położenie elementu (w razie potrzeby ponownie roztapiając lut), tak aby był prawidłowo ustawiony względem padów i płasko przylegał do płytki drukowanej. Następnie przylutuj pozostałe wyprowadzenia. W razie potrzeby popraw lutowanie pierwszego wyprowadzenia.

W ten sam sposób przylutuj dwa tranzystory MOSFET: Q1 i Q2. Q1 jest tranzystorem z kanałem P, natomiast Q2 tranzystorem z kanałem N (2N7002).

Następnie przylutuj układ IC9, czyli 20-wyprowadzeniowy mikrokontroler PIC16F18146. Sprawdź jego orientację i upewnij się, że wyprowadzenie 1 znajduje się przy oznaczeniu pinu 1 na płytce drukowanej, obok miejsca przeznaczonego do montażu kondensatora.

Podobnie jak w przypadku poprzednich elementów, nałóż topnik i umieść układ scalony




**Rysunek 8. Na obu stronach modułu znajdują się elementy montowane powierzchniowo oraz przewlekane. Na szczęście żaden z elementów SMD nie ma bardzo małych wymiarów. Podczas montażu należy zwrócić szczególną uwagę, aby nie pomylić elementów oraz zachować prawidłową orientację układu scalonego, mostka prostowniczego, kondensatorów elektrolitycznych i złączy**

na płytce. Jest on większy, dlatego przytrzymywanie go pęsetą może nie być konieczne. Przylutuj jedno wyprowadzenie, a następnie skoryguj położenie układu, tak aby był wyśrodkowany względem padów i płasko przylegał do płytki drukowanej.

Następnie ostrożnie przylutuj każde wyprowadzenie układu scalonego do odpowiedniego pada na płytce drukowanej. Jeśli powstanie mostek lutowniczy, na razie go nie usuwaj. Przylutuj pozostałe wyprowadzenia, aby pewnie zamocować układ we właściwym położeniu.

Aby usunąć mostki lutownicze, nałóż dodatkową ilość topnika i dociśnij plecionkę lutowniczą do mostka za pomocą lutownicy. Gdy lut zostanie wchłonięty przez plecionkę, ostrożnie odsuń ją od układu scalonego i w razie potrzeby powtórz tę czynność.

Po użyciu plecionki napięcie powierzchniowe powinno pozostawić wystarczającą ilość lutu do utworzenia solidnego połączenia, o ile układ scalony płasko przylega do płytki drukowanej. W razie wątpliwości obejrzyj połączenia pod lupą i popraw wyprowadzenia lutownicą, używając niewielkiej ilości cyny oraz topnika.

Pozostałe elementy montowane powierzchniowo to wyłącznie elementy pasywne w obudowach 3216 (1206), o wymiarach 3,2 mm × 1,6 mm, które można zamontować przy użyciu tych samych technik. Obejmują one dwa kondensatory 100 nF, jeden nieoznaczony kondensator 1 µF oraz kilka rezystorów. Pięć rezystorów SMD montuje się po tej samej stronie płytki drukowanej, a trzy po stronie przeciwnej.

Objaśnienia kodów rezystancji nadrukowanych na rezystorach zestawiono w **tabeli 1**.

Do usunięcia pozostałości topnika z płytki drukowanej użyj odpowiedniego środka czyszczącego. Do tego celu dobrze nadaje się alkohol izopropylowy (izopropanol). Usuń możliwie jak najwięcej zanieczyszczeń, a następnie pozostaw płytkę do wyschnięcia.

Obejrzyj płytkę drukowaną pod lupą i upewnij się, że wszystkie połączenia lutowane zostały wykonane prawidłowo. Znacznie łatwiej będzie wprowadzić ewentualne poprawki teraz, przed zamontowaniem pozostałych elementów.

## Elementy przewlekane

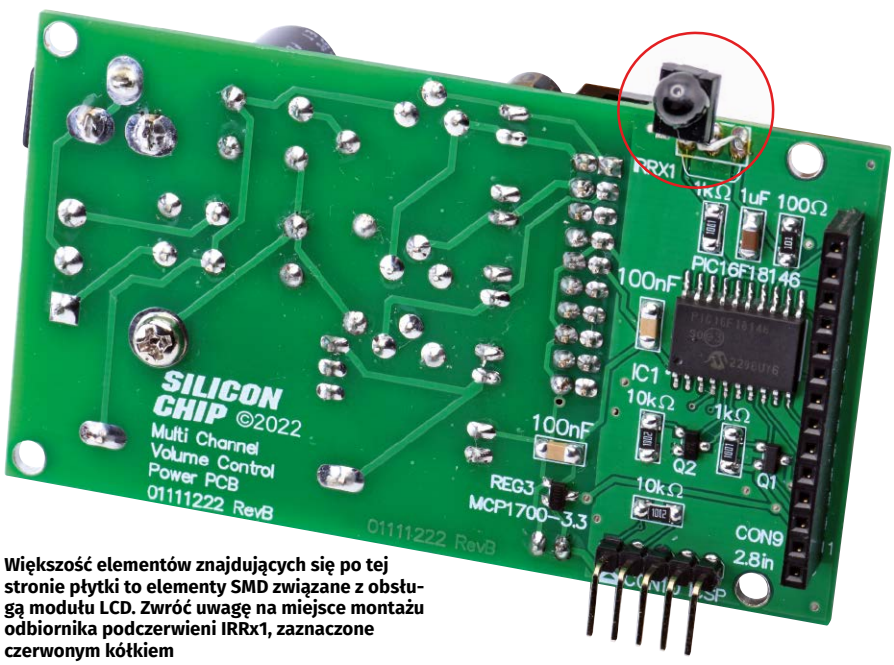
Elementy przewlekane w module sterująco-zasilającym należy montować od najniższych do najwyższych, ponieważ ułatwia to montaż. W razie potrzeby skorzystaj ze zdjęć i rysunków montażowych.

Zacznij od diody Zenera ZD1 o napięciu 5,6 V. Zegnij jej wyprowadzenia pod kątem 90° i włóż je w odpowiednie otwory płytki drukowanej, upewniając się, że pasek oznaczający katodę jest zgodny z oznaczeniem na płytce.

Następnie przylutuj wyprowadzenia i przytnij ich nadmiar.

Następnie zamontuj REG1, jedyny stabilizator w obudowie TO-220. Zegnij jego wyprowadzenia pod kątem 90° w odległości około 7 mm od obudowy. Włóż wyprowadzenia w odpowiednie otwory płytki drukowanej i zamocuj stabilizator za pomocą śruby, nakrętki oraz podkładki. Gdy będzie prawidłowo ustawiony, przylutuj wyprowadzenia i w razie potrzeby przytnij ich nadmiar.

Następnie zamontuj mostek prostowniczy BR1, zwracając uwagę, aby oznaczenie „+” na obudowie mostka było zgodne z oznaczeniem na płytce drukowanej. Przed lutowaniem dociśnij go do płytki drukowanej tak, aby przylegał do niej płasko. Następnie ustaw suwak potencjometru VR2 o wartości 500 Ω w położeniu środkowym i przylutuj potencjometr do płytki drukowanej.




**Większość elementów znajdujących się po tej stronie płytki to elementy SMD związane z obsługą modułu LCD. Zwróć uwagę na miejsce montażu odbiornika podczerwieni IRRx1, zaznaczone czerwonym kółkiem**

| Table 1. Kody rezystorów SMD | | |
|---|---|---|
| Wartość | 3 cyfry | 4 cyfry |
| 100 kΩ | 104 | 1003 |
| 47 kΩ | 473 | 4702 |
| 22 kΩ | 223 | 2202 |
| 10 kΩ | 103 | 1002 |
| 2,2 kΩ | 222 | 2201 |
| 1 kΩ | 102 | 1001 |
| 910 Ω | 911 | 910R |
| 680 Ω | 681 | 680R |
| 560 Ω | 561 | 560R |
| 110 Ω | 111 | 110R |
| 100 Ω | 101 | 100R |

Następnie zamontuj złącza CON7 i CON8. Nie ma potrzeby montowania obu, ponieważ do doprowadzenia zasilania wystarczy jedno z nich, jednak w naszym prototypie zastosowano oba do celów testowych. Złącze CON8 jest wymagane w przypadku zasilania z transformatora 24 V AC z odczepem środkowym, natomiast przy zasilaniu napięciem 12 V AC można wykorzystać dowolne z tych złączy. Jeśli masz wybór, zalecamy zastosowanie transformatora 24 V AC z odczepem środkowym i złącza CON8.

Następnie zamontuj trzy różne stabilizatory w obudowach TO-92, uważając, aby ich nie pomylić. REG2 to 78L12, REG4 to 79L12, a REG5 to LM317L. Ich oznaczenia znajdują się również na warstwie opisowej płytki drukowanej.

Teraz zamontuj złącze CON11 tak, aby szczelina ustalająca była skierowana w stronę przeciwną do pozostałych elementów znajdujących się po tej stronie płytki. Na złączu może znajdować się również oznaczenie wyprowadzenia 1, które powinno znajdować się bliżej górnej krawędzi płytki drukowanej.

Następnie zamontuj kondensatory elektrolityczne. W pobliżu złącza CON11 znajdują się cztery kondensatory o pojemności 100 µF oraz dwa o pojemności 220 µF. Przed lutowaniem upewnij się, że wartości i biegunowość kondensatorów są prawidłowe. Dłuższe dodatnie wyprowadzenia powinny być umieszczone w otworach oznaczonych symbolem „+” na płytce drukowanej.

Dwa większe kondensatory o pojemności 1000 µF, znajdujące się w pobliżu BR1, mają przeciwną biegunowość niż pozostałe kondensatory elektrolityczne.

Ostatnim elementem montowanym po tej stronie płytki drukowanej jest rezystor 5 Ω. Zegnij jego wyprowadzenia i włóż je w odpowiednie otwory płytki drukowanej. Odstęp między korpusem rezystora a płytką powinien wynosić około 5 mm. Najpierw przylutuj jedno wyprowadzenie, a następnie w razie potrzeby skoryguj położenie rezystora przed przylutowaniem drugiego wyprowadzenia.

## Elementy po drugiej stronie płytki

Aby ułatwić prawidłowe ustawienie złącza CON9 względem modułu dotykowego wyświetlacza LCD, zamocuj cztery tuleje dystansowe M3 o długości 12 mm za pomocą czterech śrub M3. Tuleje należy zamontować po tej samej stronie płytki drukowanej co elementy przewlekane.

Umieść 14-stykowe gniazdo żeńskie CON9 w odpowiednich otworach płytki drukowanej, a następnie wsuń w nie moduł LCD, tak aby gniazdo było ustawione prostopadle do płytki. Po sprawdzeniu ustawienia przylutuj CON9 do płytki drukowanej.

Następnie należy ustalić sposób zamocowania odbiornika podczerwieni IRRx1. W naszym prototypie został on umieszczony tak, aby wystawał tuż ponad górną krawędź wyświetlacza LCD (patrz zdjęcia). Odbiornik IRRx1 można zamontować na wiele sposobów, jednak naszym zdaniem przedstawione rozwiązanie sprawdzi się w większości przypadków. Niezależnie od wybranej metody montażu należy upewnić się, że wyprowadzenia IRRx1 są podłączone do właściwych pól lutowniczych na płytce drukowanej.

Należy również zamontować złącze CON10 przeznaczone do programowania w układzie, chyba że dysponujesz już zaprogramowanym mikrokontrolerem. W naszym prototypie zostało ono umieszczone przy górnej krawędzi płytki drukowanej, jednak w razie potrzeby można je zamontować również po drugiej stronie płytki.

## Programowanie mikrokontrolera

Jeśli mikrokontroler będzie programowany w układzie, należy użyć napięcia zasilania 3,3 V. Przed rozpoczęciem programowania należy również odłączyć moduł LCD, aby ograniczyć obciążenie zasilania dostarczanego przez programator.

Nowsze mikrokontrolery PIC można programować wyłącznie za pomocą programatora PICkit 4 (lub nowszego) albo Snap. W przypadku korzystania z programatora Snap należy zapewnić zewnętrzne zasilanie programowanego układu. W wydaniu z czerwca 2021 r. w artykule „PIC Programming Helper” omówiono modyfikację programatora Snap umożliwiającą zasilanie programowanego układu.




**Ekran 1. Jeśli po włączeniu wielokanałowego regulatora głośności pojawi się taki ekran, oznacza to, że moduł sterujący działa prawidłowo. Czerwone kółko w prawym górnym rogu jest wskaźnikiem odbioru sygnału podczerwieni (IR) i pojawia się po odebraniu sygnału z pilota, niezależnie od tego, czy został on rozpoznany przez urządzenie**

Za pomocą programu IPE zaprogramuj mikrokontroler plikiem 0111122B.HEX (plik 0111122C.HEX jest przeznaczony dla modułu OLED) i upewnij się, że zostanie wyświetlony komunikat „Program/Verify complete”. Nie pojawią się od razu żadne oznaki potwierdzające prawidłowe działanie układu.

## Testowanie

Podczas sprawdzania napięć zasilających w module sterująco-zasilającym pozostaw moduł LCD odłączony. Kontrolę najlepiej przeprowadzić bez podłączonych modułów peryferyjnych, zwłaszcza że konieczna będzie regulacja napięcia szyny 5,5 V.

Do zacisków śrubowych złącza CON8 można podłączyć zasilacz prądu stałego z ograniczeniem prądu (na przykład zasilacz laboratoryjny). Ujemny biegun zasilacza podłącz do środkowego zacisku GND złącza CON8, a dodatni do jednego z dwóch pozostałych zacisków. Zapewni to zasilanie dodatnich stabilizatorów napięcia. Po odwróceniu polaryzacji zasilony zostanie stabilizator napięcia ujemnego, co zostanie sprawdzone w dalszej części procedury.

Ustaw ograniczenie prądu na około 100 mA i powoli zwiększaj napięcie zasilania. W naszym prototypie przy napięciu zasilającym 15 V napięcia na szynach 12 V, 5,5 V, 5 V oraz 3,3 V miały prawidłowe wartości (z dokładnością do 0,1 V), a pobór prądu wynosił około 60 mA.

Napięcia szyn 12 V, 5,5 V i 3,3 V można zmierzyć odpowiednio na wyprowadzeniach 2, 4 i 9 złącza CON11. Napięcie szyny 5 V jest

dostępne na wyprowadzeniu 1 złącza CON9, do którego podłączany jest panel LCD. Jako punkt odniesienia dla pomiarów można wykorzystać środkowy zacisk złącza CON8 lub wyprowadzenie masy stabilizatora REG1.

Zakładając, że napięcie szyny 12 V ma prawidłową wartość, wyreguluj potencjometr VR2 tak, aby napięcie mierzone na diodzie Zenera ZD1 wynosiło 5,50 V lub było możliwie najbliższe tej wartości. Nie należy przekraczać 5,6 V, ponieważ dioda ZD1 zacznie przewodzić, co może spowodować jej nagrzewanie.

Jeśli nie możesz wyregulować napięcia szyny 5,5 V, sprawdź wartości rezystorów. Pozostałe stabilizatory mają ustalone napięcia wyjściowe, dlatego poza zamontowaniem niewłaściwego stabilizatora lub błędnym podłączeniem mostka prostowniczego niewiele może być przyczyn nieprawidłowych napięć.

Aby sprawdzić napięcie szyny –12 V dostępne na wyprowadzeniu 3 złącza CON11, odwróć polaryzację zasilania podłączonego do złącza CON8. W naszym prototypie pobór prądu w tej konfiguracji wynosił około 30 mA.

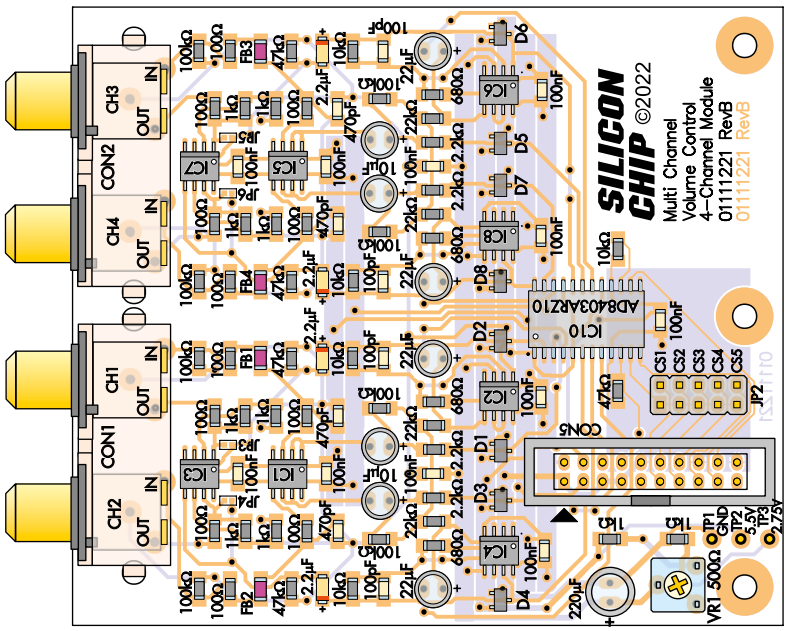
## Podświetlenie modułu LCD

Jednym z problemów, na które natrafiliśmy podczas projektowania i testowania tego projektu oraz wcześniejszego przedwzmacniacza cyfrowego, jest duży pobór prądu przez podświetlenie wyświetlacza LCD. Spośród wszystkich elementów układu to właśnie ono pobiera najwięcej prądu.

W przedwzmacniaczu cyfrowym zastosowaliśmy powszechnie stosowaną metodę regulacji jasności podświetlenia za pomocą sygnału PWM sterującego jego zasilaniem. W tym projekcie postanowiliśmy rozwiązać ten problem w inny sposób, ponieważ okazało się, że sygnał PWM miał niewielki, ale mierzalny wpływ na parametry audio.

Dlatego w tym projekcie zrezygnowaliśmy ze sterowania podświetleniem wyświetlacza LCD za pomocą sygnału PWM. Można zauważyć, że w części zasilającej zastosowano rezystor o mocy 5 W zamiast kilku rezystorów o mocy 1 W, dzięki czemu układ może bez problemu przenosić pełny prąd podświetlenia.

Zauważyliśmy jednak, że rezystor o mocy 5 W nadal się nagrzewał, dlatego postanowiliśmy sprawdzić, co można zrobić, aby zmniejszyć straty mocy. Chociaż obniżenie temperatury pracy modułu jest samo w sobie korzystne, liczyliśmy również na to, że mniejszy pobór prądu zmniejszy tętnienia napięcia na głównych kondensatorach zasilacza, a tym samym poprawi parametry pracy układu.




**Rysunek 9. Wszystkie elementy modułu regulacji głośności są montowane po tej samej stronie płytki drukowanej. Nieco mniejsze elementy pasywne w obudowach M2012/0805 również pasują do tych samych pól lutowniczych. Należy zwrócić uwagę na orientację układów scalonych, kondensatorów elektrolitycznych (w tym tantalowych) oraz złącza CON5**

W sekcji „Modyfikacje podświetlenia wyświetlacza LCD" wyjaśniono zasadę działania podświetlenia w modułach LCD oraz opisano prostą modyfikację pozwalającą zmniejszyć pobór prądu.

Modyfikacja ta jest opcjonalna i można ją pominąć. Zamontuj ponownie moduł LCD i przykręć go za pomocą czterech śrub. Teraz można sprawdzić, czy mikrokontroler działa prawidłowo oraz czy na wyświetlaczu LCD pojawiają się prawidłowe wskazania.

Korzystając z połączeń użytych wcześniej do sprawdzania dodatnich stabilizatorów napięcia (ujemny biegun zasilacza do GND, dodatni do dowolnego zacisku AC[~]), ustaw ograniczenie prądu na około 300 mA i stopniowo zwiększaj napięcie. Przy napięciu wejściowym około 8 V lub wyższym na wyświetlaczu LCD powinny pojawić się pierwsze oznaki działania układu. Jeżeli przy napięciu 15 V wyświetlacz nadal pozostaje pusty, oznacza to prawdopodobnie usterkę lub błąd montażu.

Rzeczywisty pobór prądu zależy od rodzaju podświetlenia wyświetlacza LCD i może się różnić, zwłaszcza jeśli wprowadzono opisaną wcześniej modyfikację. Nie powinien jednak przekraczać 300 mA.

Na wyświetlaczu powinien pojawić się obraz podobny do przedstawionego na **ekranie 1**, a przyciski UP/DOWN/MUTE powinny reagować na naciskanie. To wszystko, co można sprawdzić na tym etapie uruchamiania.

## Moduł regulacji głośności

Jeśli chcesz obniżyć koszt i skrócić czas montażu, moduł regulacji głośności można zbudować bez końcowego stopnia wzmacniacza operacyjnego. Jeżeli nie jest wymagane duże maksymalne wzmocnienie, rozwiązanie to dodatkowo zwiększy użyteczny zakres regulacji głośności. Wszystkie podane parametry techniczne dotyczą wersji w pełni wyposażonej. Można jednak oczekiwać, że parametry układu bez tych dodatkowych wzmacniaczy operacyjnych będą co najmniej równie dobre, a prawdopodobnie nawet lepsze.

Opiszemy montaż kompletnej wersji modułu. Jeśli chcesz zrezygnować z końcowego stopnia wzmacniacza operacyjnego, nie montuj układów IC3 i IC7, przypisanych do nich kondensatorów 100 nF (po jednym na każdy układ) oraz ośmiu rezystorów 1 kΩ znajdujących się w tej części płytki drukowanej.

Dwa pozostałe rezystory 1 kΩ, związane z potencjometrem VR1, znajdują się na drugim końcu płytki drukowanej i należy je zamontować.

Jeśli nie montujesz układów IC3 i IC7, zewrzyj cztery pary pól lutowniczych JP3...JP6. W tym celu przyłóż grot lutownicy do obu pól i nanieś tyle lutu, aby utworzyć trwały mostek lutowniczy.

W razie potrzeby mostki lutownicze można usunąć za pomocą plecionki lutowniczej.

Na **rysunku 9** oraz na zdjęciach płytki pokazano w pełni wyposażoną wersję modułu, której montaż zostanie teraz opisany.

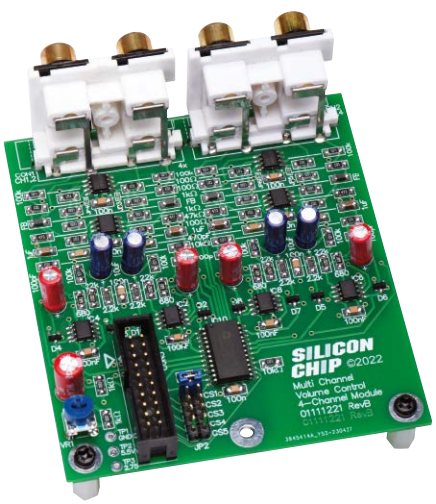
Moduł regulacji głośności zawiera głównie elementy SMD, a jedynie kilka elementów przewlekanych. Zacznij od zamontowania ośmiu podwójnych diod w obudowach SOT-23.

Nałóż topnik na pady i umieść każdą diodę we właściwym położeniu, zwracając uwagę na orientację pokazaną na zdjęciach i rysunku montażowym. Najpierw przylutuj jedno wyprowadzenie, następnie skoryguj położenie elementu, a potem przylutuj pozostałe wyprowadzenia. W razie potrzeby można poprawić pierwsze połączenie lutowane, nanosząc świeży topnik i ponownie podgrzewając je lutownicą.

Następnie zamontuj osiem wzmacniaczy operacyjnych IC1...IC8. Wszystkie są zorientowane w ten sam sposób, a wyprowadzenie 1 każdego układu jest skierowane w stronę dolnej krawędzi płytki drukowanej. Tak małe układy mogą nie mieć na obudowie kropki oznaczającej wyprowadzenie 1, lecz zamiast niej mogą być oznaczone niewielkim skosem lub ścięciem krawędzi znajdującej się najbliżej wyprowadzenia 1.

Następnie przylutuj układ IC10 w 28-wyprowadzeniowej obudowie SOIC. Jego wyprowadzenie 1 jest skierowane w stronę przeciwną niż w przypadku układów IC1...IC8. Jeśli podczas lutowania powstaną mostki lutownicze, usuń je za pomocą dodatkowej ilości topnika i plecionki lutowniczej.

Górna połowa płytki drukowanej została podzielona poziomymi liniami, a wartości elementów podano pośrodku, co wskazuje na cztery identyczne sekcje rozmieszczone obok siebie. Każda z nich odpowiada jednemu z czterech kanałów, stąd symetryczny układ elementów (dla większej czytelności na rysunku 9 wartości podano oddzielnie).




**Moduł regulacji głośności w stanie całkowicie zmontowanym. Jeśli nie jest wymagany wysoki maksymalny poziom sygnału wyjściowego, można pominąć wzmacniacze operacyjne znajdujące się bezpośrednio za gniazdami RCA. W finalnej wersji prototypu cztery kondensatory ceramiczne o pojemności 1 µF zastąpiono kondensatorami tantalowymi o pojemności 2,2 µF, co poprawiło parametry układu**

Pozostałe elementy SMD na tej płytce drukowanej to dwuwyprowadzeniowe elementy pasywne. Następnie zamontuj koraliki ferrytowe FB1...FB4. Wszystkie są identyczne i oznaczone symbolem FB zarówno na płytce drukowanej, jak i na rysunku montażowym. Koraliki ferrytowe są zwykle ciemnoszare, co wynika z zastosowanego materiału ferrytowego. Kondensatory ceramiczne mają natomiast zazwyczaj jaśniejszy, beżowy lub jasnobrązowy kolor.

W pobliżu układów IC1 i IC5 znajduje się rząd czterech kondensatorów tantalowych. Są to elementy spolaryzowane, dlatego należy zwrócić szczególną uwagę na oznaczenia biegunowości. W przeciwieństwie do typowych aluminiowych kondensatorów elektrolitycznych, w których pasek oznacza biegun ujemny, w prostokątnych kondensatorach tantalowych pasek wskazuje biegun dodatni. Takie samo oznaczenie stosuje się również w wielu tantalowych kondensatorach przewlekanych.

Ponadto w naszym prototypie zastosowano kondensatory ceramiczne, które wyglądają inaczej niż kondensatory tantalowe dostarczane w zestawach. W ostateczności można zastosować ceramiczne kondensatory SMD o dużej pojemności, jednak do sprzęgania sygnałów audio są one na ogół mniej odpowiednie niż kondensatory elektrolityczne.

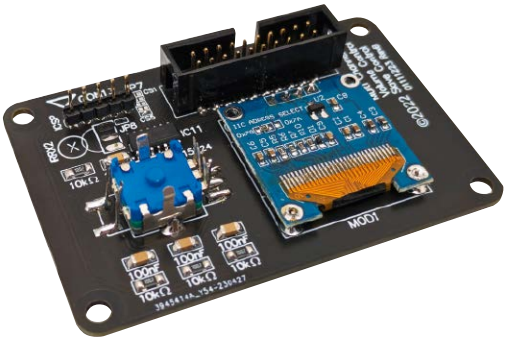
Następnie zamontuj jedenaście kondensatorów o pojemności 100 nF, cztery kondensatory o pojemności 470 pF oraz kondensatory o pojemności 100 pF.

Na płytce znajduje się wiele rezystorów SMD o różnych wartościach, dlatego należy zwrócić uwagę, aby ich nie pomylić. Na szczęście większość z nich ma nadrukowane oznaczenia wartości, które można na bieżąco sprawdzać (w razie potrzeby przy użyciu lupy) – patrz tabela 1. Jeśli odczyt oznaczenia budzi wątpliwości, warto sprawdzić rezystancję elementu za pomocą multimetru przed jego zamontowaniem.

Szczególnie wygodnie można je zmierzyć za pomocą pęsety pomiarowej do elementów SMD opisanej w Silicon Chip z lutego i marca 2023 r. oraz w EdW 10–11/2025.

## Czyszczenie i sprawdzanie

Użyj odpowiedniego środka do usuwania pozostałości topnika z płytki drukowanej, a następnie pozostaw ją do wyschnięcia. To dobry moment, aby dokładnie obejrzeć płytkę i sprawdzić, czy wszystkie elementy zostały prawidłowo przylutowane, zanim przystąpisz do montażu pozostałych podzespołów.




**Na fotografii pokazano sposób zamocowania enkodera obrotowego i wyświetlacza OLED do płytki drukowanej. Oba elementy są połączone z płytką za pomocą krótkich odcinków przewodów, wykonanych na przykład z odciętych wyprowadzeń elementów. Widać również sposób montażu złącza CON13 przeznaczonego do programowania mikrokontrolera w układzie (ICSP)**

W przypadku zworki JP2, jeśli docelowa konfiguracja modułów jest już znana, można wykonać połączenie za pomocą krótkiego odcinka przewodu. W takim przypadku na pierwszej płytce należy wybrać CS1, na drugiej CS2 itd. Jeśli nie masz jeszcze pewności co do konfiguracji, na potrzeby uruchomienia zamontuj listwę stykową i załóż zworki zgodnie z opisem.

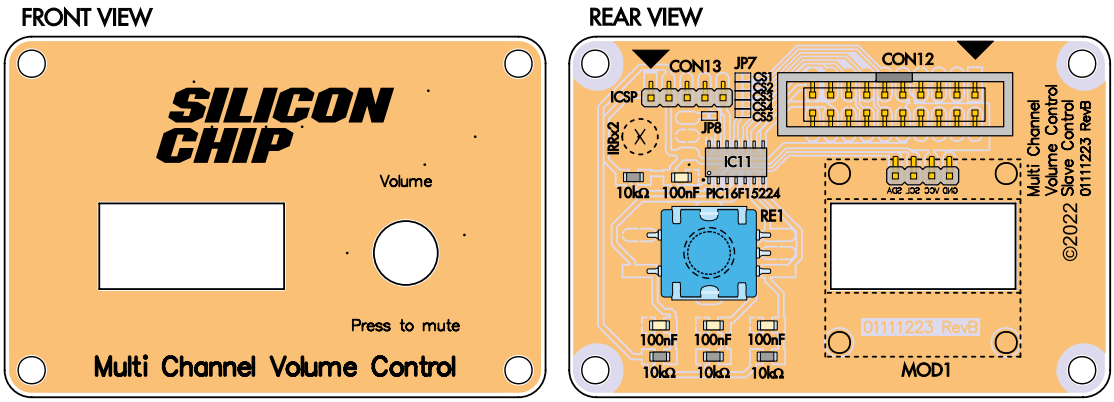
Ustaw potencjometr montażowy VR1 o wartości 500 Ω w przybliżeniu w położeniu środkowym, a następnie przylutuj go do płytki (lub wyreguluj do położenia środkowego po przylutowaniu).

Następnie zamontuj złącze CON5. Klucz ustalający złącza powinien znajdować się po lewej stronie, a wyprowadzenie 1 powinno być skierowane w stronę środka płytki drukowanej, zgodnie ze strzałką na warstwie opisowej. W razie potrzeby można zastosować dwurzędową listwę kołkową, należy jednak pamiętać, że nie zapewnia ona zabezpieczenia przed odwrotnym podłączeniem wtyczki.

Następnie zamontuj dziewięć kondensatorów elektrolitycznych. Zwróć uwagę na ich biegunowość (dłuższe wyprowadzenie oznacza biegun dodatni, a pasek na obudowie biegun ujemny) i zamontuj je zgodnie z rysunkiem montażowym.

Ostatnimi elementami do zamontowania są gniazda RCA. Ich styki oraz piny pozycjonujące mają dużą pojemność cieplną i wymagają dostarczenia większej ilości ciepła podczas lutowania, dlatego przed przylutowaniem upewnij się, że korpusy gniazd przylegają płasko do płytki drukowanej.

Zalecamy również zamontowanie gwintowanych tulei dystansowych w każdym z dolnych rogów płytki drukowanej. Przymocuj je od góry za pomocą śrub. Ułatwią one




**Rysunek 10. Aby płytka drukowana modułu OLED mogła pełnić funkcję panelu czołowego, wszystkie elementy muszą być zamontowane po tej samej stronie płytki, w tym również te, które zwykle montuje się techniką przewlekaną. Sposób montażu pokazano również na fotografiach**

zamocowanie płytek w obudowie, a podczas uruchamiania i testowania będą utrzymywać je nad powierzchnią stołu.

## Moduł OLED

Opcjonalny moduł OLED jest najmniejszym z trzech modułów. Składa się z mikrokontrolera, enkodera obrotowego oraz wyświetlacza OLED. Wszystkie elementy są zamontowane po jednej stronie płytki drukowanej, natomiast druga strona pełni funkcję panelu czołowego. Pokazano to na schemacie montażowym przedstawionym na **rysunku 10** oraz na zdjęciach.

Najpierw zamontuj mikrokontroler PIC16F15224 (IC11). Nałóż topnik na pady płytki drukowanej, umieść układ we właściwym położeniu, przylutuj jedno wyprowadzenie i sprawdź jego ustawienie przed przylutowaniem pozostałych wyprowadzeń.

Na płytce znajdują się cztery kondensatory 100 nF oraz cztery rezystory 10 kΩ. Żaden z tych elementów nie jest spolaryzowany, dlatego można je zamontować w dowolnej orientacji. Na tym etapie należy również wykonać mostek lutowniczy w pozycji CS5 (najniższej) zworki JP7.

Teraz usuń pozostałości topnika i pozostaw płytkę do wyschnięcia. Sprawdź połączenia lutowane mniejszych elementów i popraw ewentualne błędy montażowe. Będzie to znacznie łatwiejsze przed zamontowaniem większych elementów.

Jeśli układ IC11 nie jest jeszcze zaprogramowany, należy zamontować złącze CON13 przeznaczone do programowania ICSP. Jak pokazano na zdjęciu, zastosowaliśmy kątowe złącze montowane powierzchniowo.

Aby zaprogramować układ IC11, ustaw programator na napięcie 3,3 V, podłącz go do złącza ICSP i zaprogramuj mikrokontroler plikiem 0111122C.HEX.

Następnie przylutuj złącze CON12 typu box header przeznaczone do montażu powierzchniowego. Zwróć uwagę na oznaczenie wyprowadzenia 1, które określa prawidłową orientację złącza. Klucz ustalający wtyczki powinien być skierowany w stronę górnej krawędzi płytki drukowanej.

Jeśli nie dysponujesz złączem typu box header, możesz zastosować standardową dwurzędową listwę kołkową do montażu powierzchniowego. Nie posiada ona jednak klucza ustalającego, który zapobiega nieprawidłowemu podłączeniu wtyczki.

Podobnie jak przy montażu pozostałych elementów, nałóż niewielką ilość topnika, ustaw złącze we właściwym położeniu i przylutuj jedno wyprowadzenie. W razie potrzeby skoryguj jego położenie, a następnie przylutuj pozostałe wyprowadzenia. Ponieważ odstęp między pinami wynosi 0,1 cala (2,54 mm), nie trzeba oszczędzać topnika. Przez szczelinę między płytką drukowaną a obudową złącza można sprawdzić, czy nie powstały mostki lutownicze.

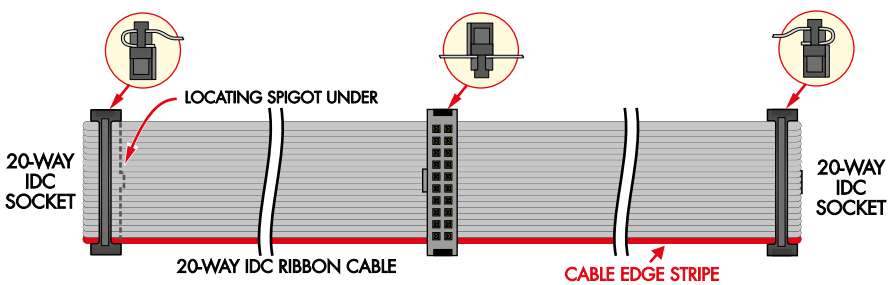
Następnie zamontuj enkoder obrotowy RE1. Zamocuj go za pomocą dołączonej nakrętki, a następnie przylutuj krótkie odcinki przewodów do znajdujących się poniżej pól lutowniczych.

Podczas montażu enkodera upewnij się, że jego wyprowadzenia są zgodne z oznaczeniami na płytce drukowanej (dwa wyprowadzenia po jednej stronie i trzy po drugiej).

Po prawidłowym ustawieniu enkodera można go dodatkowo zamocować mechanicznie, wykorzystując pola lutownicze znajdujące się po obu stronach obudowy. W naszym prototypie użyliśmy odcinków przewodu o długości około 1 cm, zagiętych w odległości około 3 mm od jednego końca. Najpierw pocynowaliśmy pola lutownicze na płytce drukowanej oraz końce przewodów, a następnie przylutowaliśmy krótsze końce przewodów do płytki.

Podczas lutowania przytrzymywaliśmy wolne końce przewodów pęsetą, a następnie delikatnie doginaliśmy je do styków enkodera obrotowego i przylutowywaliśmy. Sposób montażu pokazano na fotografii.

Podobnie należy zamontować wyświetlacz OLED, wykorzystując jego cztery krótko przycięte wyprowadzenia. Nie montuj złącza dostarczanego zwykle z wyświetlaczem OLED, ponieważ nie będzie ono używane.




**Rysunek 11. Przedstawiono przykładowe wykonanie kabla taśmowego. W zależności od zastosowanej konfiguracji modułów szczegóły wykonania mogą się różnić. Kabel będzie działał prawidłowo, o ile wyprowadzenie 1 każdego złącza jest połączone z tą samą krawędzią taśmy oznaczoną jako przewód 1. Należy zwrócić uwagę, że złącza zamontowane po jednej stronie taśmy są skierowane przeciwnie niż złącza znajdujące się po drugiej stronie**




**Ekran 2. Wygląd wyświetlacza modułu OLED przy włączonej lub wyłączonej funkcji MUTE. Jeśli wyświetlane są trzy kreski, oznacza to, że moduł OLED nie odbiera danych z modułu sterującego**

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

Jeśli złącze zostało już zamontowane, odlutuj je i usuń pozostałości lutu z otworów montażowych.

Pocynuj każde z czterech pól lutowniczych na płytce drukowanej, a następnie przylutuj do nich pionowo ustawione odcinki wyprowadzeń. Zdejmij folię ochronną z wyświetlacza OLED i ostrożnie nasuń moduł na przewody, aż będzie płasko przylegał do płytki drukowanej.

Delikatnie skoryguj położenie wyświetlacza OLED tak, aby dokładnie pokrywał się z oznaczeniami na płytce drukowanej, a następnie przylutuj każde z czterech wyprowadzeń do odpowiednich pól lutowniczych. Następnie włóż dwa dodatkowe odcinki wyprowadzeń w dwa większe dolne otwory modułu OLED i przylutuj je do odpowiadających im pól lutowniczych na płytce drukowanej.

Po podłączeniu napięcia 3,3 V i masy (GND) – przez złącze ICSP lub wyprowadzenia 9 i 20 złącza CON12 – wyświetlacz OLED powinien się włączyć. To w zasadzie wszystko, co można sprawdzić na tym etapie.

## Połączenia taśmowe

Teraz należy połączyć wszystkie moduły za pomocą 20-żyłowego kabla taśmowego wykonanego na odpowiedni wymiar. Dokładny sposób wykonania połączeń zależy od planowanego rozmieszczenia modułów w obudowie, dlatego nie przedstawiamy jednego konkretnego schematu okablowania.

Na **rysunku 11** pokazano przykładowe wykonanie takiego kabla. Należy użyć jednego odcinka 20-żyłowej taśmy i zamontować na niej po jednym 20-stykowym złączu IDC dla każdego zbudowanego modułu. Złącza nie muszą być rozmieszczone w określonej kolejności, ponieważ wszystkie moduły są podłączone do wspólnej magistrali.

Wyprowadzenie 1 każdego złącza musi odpowiadać żyle oznaczonej jako przewód 1 taśmy (zwykle oznaczonej czerwonym paskiem). Poza zachowaniem tej zgodności orientacja złączy nie ma większego znaczenia. Złącza mogą być montowane po dowolnej stronie taśmy, natomiast w przypadku złączy znajdujących się na jej końcach warto przełożyć taśmę przez element odciążający obudowy złącza, aby zwiększyć wytrzymałość mechaniczną połączenia.

Najlepiej użyć specjalnego narzędzia do zaciskania złączy IDC, takiego jak model T1540 firmy Altronics, jednak przy zachowaniu ostrożności można również posłużyć się imadłem stołowym. Taśmę należy ustawić prostopadle do złącza i zastosować kawałki drewna między szczękami imadła a złączem, aby równomiernie rozłożyć nacisk. Należy pracować ostrożnie, aby nie uszkodzić obudowy złącza IDC.

## Uruchomienie

Teraz połącz wszystkie moduły za pomocą taśmy i podłącz wybrane źródło zasilania AC. Pojedyncze uzwojenie 12 V AC można podłączyć do złącza CON7 lub między zacisk GND a jeden z zacisków AC złącza CON8. W przypadku transformatora 24 V AC z odczepem środkowym należy podłączyć odczep środkowy do zacisku GND złącza CON8. Końce uzwojenia 2×12 V należy podłączyć do dwóch pozostałych zacisków CON8 (kolejność nie ma znaczenia).

Włącz wielokanałowy regulator głośności i sprawdź, czy na wyświetlaczu LCD pojawiają się oczekiwane informacje. Pozostał jeszcze ostatni etap konfiguracji każdego modułu regulacji głośności.

Za pomocą multimetru sprawdź, czy między punktami testowymi TP1 (GND) i TP2 (5,5 V) każdego modułu regulacji głośności występuje napięcie 5,5 V. Jeśli tak, wyreguluj potencjometr VR1 w każdym module tak, aby napięcie mierzone w punkcie TP3 wynosiło 2,75 V. Na tym kończy się konfiguracja sprzętowa.

Teraz przejdziemy do konfiguracji oprogramowania układowego, kończąc tym samym proces uruchamiania urządzenia. Następnie omówimy działanie elementów sterujących.

## Moduł OLED

Jeśli zamontowano moduł OLED, jego elementy sterujące powinny działać, a oba wyświetlacze powinny być aktualizowane jednocześnie. Na **ekranie 2** pokazano typowy wygląd wyświetlacza modułu OLED. Moduł OLED nie wymaga żadnej dodatkowej konfiguracji.

Po włączeniu zasilania moduł OLED wyświetla trzy kreski, które pozostają widoczne do chwili odebrania danych przez kabel taśmowy. Jeśli utrzymują się one dłużej niż kilka sekund, może to oznaczać, że moduł OLED nie odbiera danych prawidłowo. W takim przypadku należy sprawdzić taśmę oraz złącza, zwracając szczególną uwagę na poprawność zaciśnięcia złączy IDC na taśmie.

Jeśli okaże się, że enkoder obrotowy działa w przeciwnym kierunku, należy zamienić miejscami połączenia dwóch skrajnych wyprowadzeń, używając krótkich odcinków izolowanego przewodu. Nie spotkaliśmy się dotąd z taką sytuacją, jednak jej usunięcie jest bardzo proste.




**Ekran 3. Ekran konfiguracji z obszarem przeznaczonym do wyświetlania parametrów konfiguracyjnych oraz przyciskami sterującymi. Aby wyświetlić ten ekran i rozpocząć konfigurację, naciśnij i przytrzymaj przycisk SETUP przez pięć sekund**




**Ekran 4. Widok wyświetlacza przy aktywnej funkcji MUTE. Żółty napis „EEPROM" oznacza, że bieżące ustawienia nie zostały jeszcze zapisane w pamięci EEPROM. Po 10 sekundach braku aktywności ustawienia zostaną zapisane automatycznie i przywrócone po wyłączeniu oraz ponownym włączeniu regulatora głośności**

## Modyfikacja podświetlenia wyświetlacza LCD

Dotykowe wyświetlacze LCD o przekątnej 2,8 cala są dostępne w dwóch popularnych wersjach. Najbardziej zauważalna różnica polega na odmiennym sposobie wykrywania dotyku, co wymaga zastosowania różnych ustawień kalibracji.

Jak wspomniano w pierwszej części artykułu, wielokanałowy regulator głośności został zaprogramowany tak, aby obsługiwać oba warianty modułu LCD.

Kolejna różnica dotyczy układu sterującego diodami LED podświetlenia wyświetlacza. Dwie spotkane przez nas wersje są oznaczone jako v1.1 i v1.2, co pokazano na fotografiach obok i poniżej.

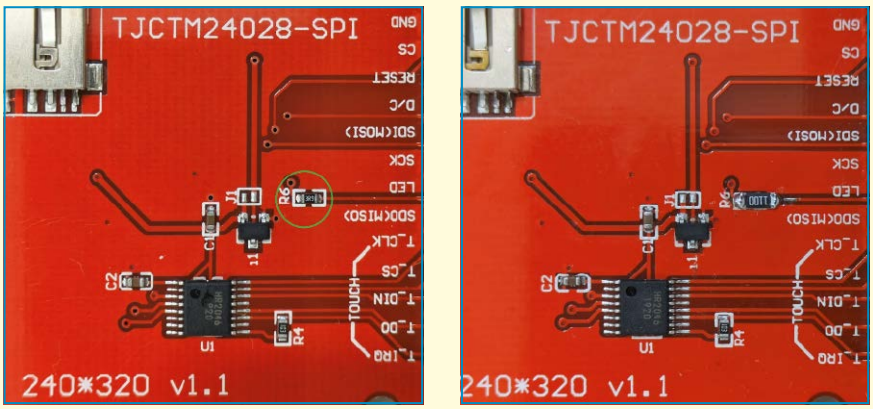
Obie wersje są wyposażone w stabilizator XC6206 3,3 V, który zasila sterownik podświetlenia LED z linii VCC modułu, oraz w układ XPT2046 pełniący funkcję kontrolera rezystancyjnego panelu dotykowego.

Na rysunku a pokazano różnice w sposobie podłączenia linii sterującej podświetleniem LED, wyprowadzonej na jeden z pinów 14-stykowego złącza. W wersji V1.1 linia ta jest połączona bezpośrednio z diodami LED podświetlenia, a następnie z masą przez szeregowo włączony rezystor ograniczający prąd.

W nowszej wersji V1.2 linia sterująca podświetleniem LED steruje tranzystorem NPN S8050 (Q1) pracującym jako klucz po stronie masy. Diody LED są podłączone do linii VCC, dlatego po włączeniu tranzystora prąd płynie przez diody LED, rezystor ograniczający prąd oraz tranzystor do masy.

Konstrukcja płytki w wersji 1.1 umożliwia zmniejszenie jasności podświetlenia przez włączenie dodatkowego rezystora szeregowo z diodami LED. Przykładowo, w oryginalnym zestawie Micromite LCD BackPack (Silicon Chip, luty 2016; siliconchip.au/Article/9812) zastosowano potencjometr umożliwiający ręczną regulację jasności podświetlenia. W wersji 1.2 takie rozwiązanie nie jest już możliwe, dlatego obecnie korzystamy z niego coraz rzadziej.

Chociaż w obu wersjach jasność podświetlenia może być regulowana za pomocą sygnału PWM o odpowiednio dużej wydajności prądowej (zapewnianej przez tranzystory Q1 i Q2 modułu sterująco-zasilającego), w tym projekcie zrezygnowano z takiego rozwiązania ze względu na generowane przez nie zakłócenia cyfrowe.




**Rysunek b i c. Moduł LCD z panelem dotykowym w wersji V1.1 przed (po lewej) i po (po prawej) wymianie rezystora R6 na element o wartości 110 Ω, w celu zmniejszenia prądu podświetlenia**

Zastanawialiśmy się więc, jak zmodyfikować moduł LCD, aby liniowo ograniczyć prąd podświetlenia. Na szczęście wystarczyło zmienić wartość rezystora ograniczającego prąd diod LED, co też zrobiliśmy.

Na rysunkach b i c pokazano płytkę w wersji 1.1 przed i po modyfikacji. Zielone kółko na rysunku b wskazuje omawiany rezystor oznaczony jako R6, który pierwotnie miał wartość 3,9 Ω.

Oryginalny rezystor ma obudowę M1608/0603 (1,6 mm × 0,8 mm), jednak zastąpiliśmy go większym elementem w obudowie M3216/1206 (3,2 mm × 1,6 mm). W tym celu konieczne było usunięcie niewielkiego fragmentu sąsiedniej maski lutowniczej, aby uzyskać miejsce do przylutowania większego elementu.

Należy wykonywać tę modyfikację ostrożnie, ponieważ otaczający obszar miedzi jest połączony z masą. Powstanie mostka lutowniczego spowoduje zwarcie linii sterującej podświetleniem LED do masy. W naszych testach zastosowaliśmy rezystory o wartości 110 Ω, ponieważ pozostały nam one po budowie prototypów.

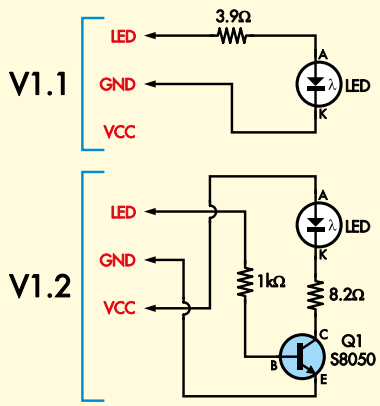
Na rysunkach d i e pokazano moduły LCD w wersji 1.2 przed i po modyfikacji. W tej wersji rezystor jest oznaczony jako R5 i ma wartość 8,2 Ω. Postąpiliśmy w ten sam sposób, usuwając fragment maski lutowniczej aż do odsłonięcia miedzi, a następnie wlutowując rezystor zamienny.

Można nawet zastosować rezystor przewlekany z wyprowadzeniami osiowymi, wyginając jego wyprowadzenia do tyłu tak, aby rozstaw odpowiadał polom lutowniczym elementu SMD.

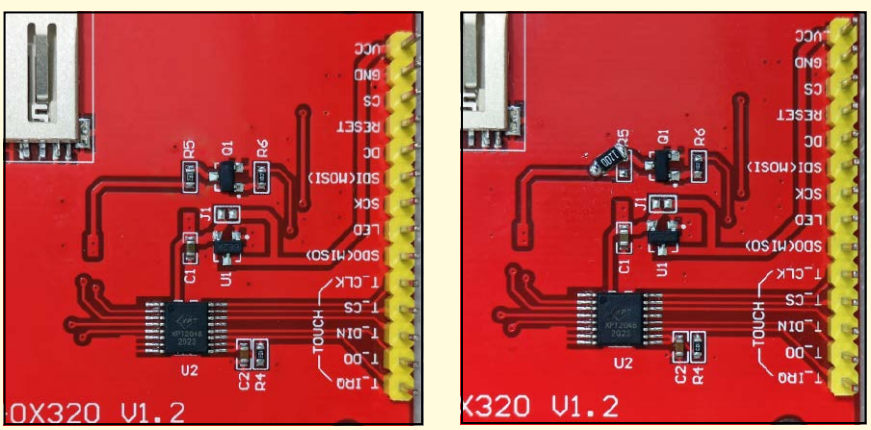
### Dobór rezystancji

Rezystory 110 Ω skutecznie ograniczały pobór prądu i nagrzewanie się układu, jednak uzyskana jasność podświetlenia okazała się zbyt mała do pracy w dobrze oświetlonym pomieszczeniu. Za rozsądny kompromis uznaliśmy rezystory 22 Ω. Jeśli zachodzi potrzeba dostosowania jasności do konkretnych warunków, dobrym rozwiązaniem będzie potencjometr regulacyjny 100 Ω połączony szeregowo z rezystorem 10 Ω.

Do zestawów modułu sterująco-zasilającego dołączono rezystor SMD 22 Ω w obudowie M1608/0603, dzięki czemu opisaną modyfikację będzie można wykonać przez bezpośrednią wymianę istniejącego rezystora.




**Rysunek a. Sposób podłączenia linii sterującej podświetleniem LED w modułach LCD w wersjach V1.1 i V1.2**




**Rysunek d i e. W modułach LCD w wersji V1.2 konieczne było usunięcie fragmentu maski lutowniczej, aby umożliwić montaż rezystora o odpowiedniej wielkości w miejscu R5**

## Konfiguracja

Domyślna konfiguracja wielokanałowego regulatora głośności przewiduje obsługę 16 kanałów przy podłączonym module OLED oraz z zamontowanymi końcowymi stopniami wzmacniaczy operacyjnych we wszystkich modułach regulacji głośności.

Jeśli system ma mniej niż 16 kanałów, nieużywane kanały pozostaną nieaktywne, dlatego nie ma potrzeby zmiany ustawień, nawet w przypadku konfiguracji sześcio- lub ośmiokanałowej.

Domyślna konfiguracja sterowania IR umożliwia współpracę regulatora głośności z pilotem na podczerwień Jaycar XC3718. Do regulacji głośności służą przyciski „–” i „+”, natomiast do wyciszania i ponownego włączania dźwięku przycisk PLAY/PAUSE.

Po odebraniu sygnału z pilota na wyświetlaczu LCD powinien pojawić się czerwony wskaźnik w postaci kółka. Jeśli nie pojawia się on podczas naciskania przycisków pilota, może to oznaczać rozładowane baterie lub nieprawidłowe podłączenie odbiornika podczerwieni. Na ekranie 1 pokazano wskaźnik odbioru sygnału podczerwieni.

Aby przejść do menu SETUP modułu sterującego, naciśnij i przytrzymaj przycisk SETUP na dotykowym panelu LCD, aż ekran zmieni się na pokazany na **ekranie 3**. Przycisk „>” służy do przechodzenia między kolejnymi ustawieniami, natomiast przyciski „+” i „–” do zmiany ich wartości.

Pierwsze cztery parametry służą do konfiguracji kodu urządzenia oraz kodów poleceń pilota podczerwieni. Wszystkie polecenia muszą być przypisane do tego samego kodu urządzenia. Parametry te można wprowadzić ręcznie lub skorzystać z funkcji automatycznego zapamiętywania kodów.

Naciśnij przycisk na wybranym pilocie i sprawdź, czy wartość wyświetlana w nawiasach ulega zmianie. Są to kody urządzenia i polecenia odebrane przez odbiornik podczerwieni. Może być konieczne naciśnięcie innego przycisku, a następnie ponowne naciśnięcie wybranego przycisku w celu potwierdzenia wyboru.

Dotknięcie pola wyświetlającego kody IR powoduje przypisanie ostatnio odebranego kodu urządzenia lub kodu polecenia jako aktualnie używanego. Wartości są zapisywane w pamięci EEPROM i zaczynają obowiązywać natychmiast, dzięki czemu można od razu sprawdzić, czy regulator głośności reaguje na nowe kody IR zgodnie z oczekiwaniami.

Znaleźliśmy również zestaw kodów, którego można użyć z programowalnym pilotem na podczerwień Altronics A1012A. Zaprogramuj pilot A1012A kodem AUX 0724, przeznaczonym dla wzmacniacza Yamaha.

Odpowiada to kodowi urządzenia 94 oraz kodom poleceń 216 (DOWN), 88 (UP) i 56 (MUTE). Zamiast ręcznie wprowadzać te wartości, można skorzystać z funkcji uczenia kodów.

Wielu japońskich producentów wykorzystuje protokół NEC. Jeśli kod Yamaha koliduje z innym używanym sprzętem, można wybrać jeden z pozostałych kodów z listy pilota Altronics A1012A rozpoczynających się od 07. Są to również prawidłowe kody NEC, które regulator głośności potrafi rozpoznawać.

Parametr MAX VOLUME określa maksymalny poziom głośności, jaki można ustawić. Jego wartość można zwiększyć maksymalnie do 20 dB, natomiast wartość domyślna wynosi 5 dB. Moduł OLED można wyłączyć, ustawiając parametr SLAVE IN USE na 0. Jeśli moduł OLED nie reaguje, sprawdź, czy parametr ten ma wartość 1.

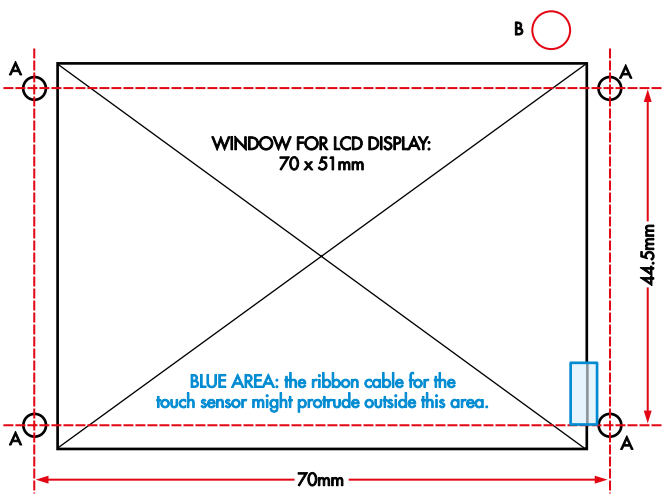
Parametr LEVEL OFFSET umożliwia korekcję całkowitego wzmocnienia układu. Jeśli w modułach regulacji głośności nie zamontowano końcowego stopnia wzmacniacza operacyjnego, parametr ten należy ustawić na −6 dB, aby skompensować brak ostatniego stopnia o wzmocnieniu ×2.

Kolejny parametr określa liczbę używanych kanałów, czyli liczbę kanałów sterowanych przez regulator głośności. Wartość ta powinna być wielokrotnością czterech i odpowiadać liczbie zainstalowanych modułów regulacji głośności. W razie wątpliwości zaleca się ustawienie maksymalnej dopuszczalnej wartości.

Przykładowo, jeśli zainstalowano dwa moduły regulacji głośności, a wykorzystywanych jest tylko sześć kanałów, parametr należy ustawić na 8. Dzięki temu dwa nieużywane kanały pozostaną ustawione na bezpiecznych poziomach. Jeśli moduł OLED jest włączony, nie można ustawić wartości większej niż 16.

W przypadku tych ustawień (z wyjątkiem kodów IR) wartości podane w nawiasach określają minimalne i maksymalne dopuszczalne wartości danego parametru.

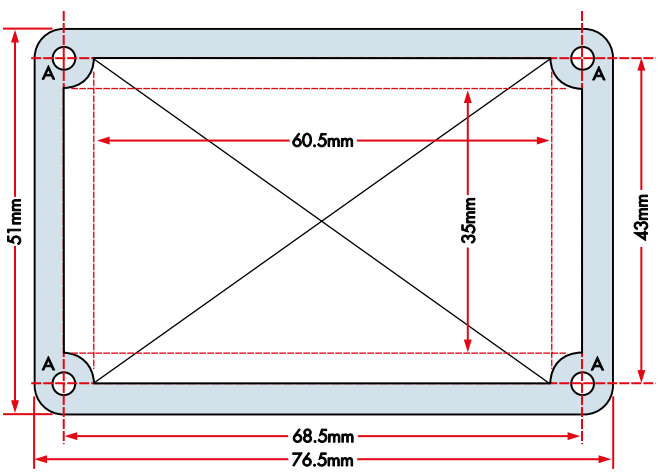
Pozostałe parametry są przesunięciami regulacyjnymi (offsetami) wyrażonymi w krokach potencjometru cyfrowego i mogą być



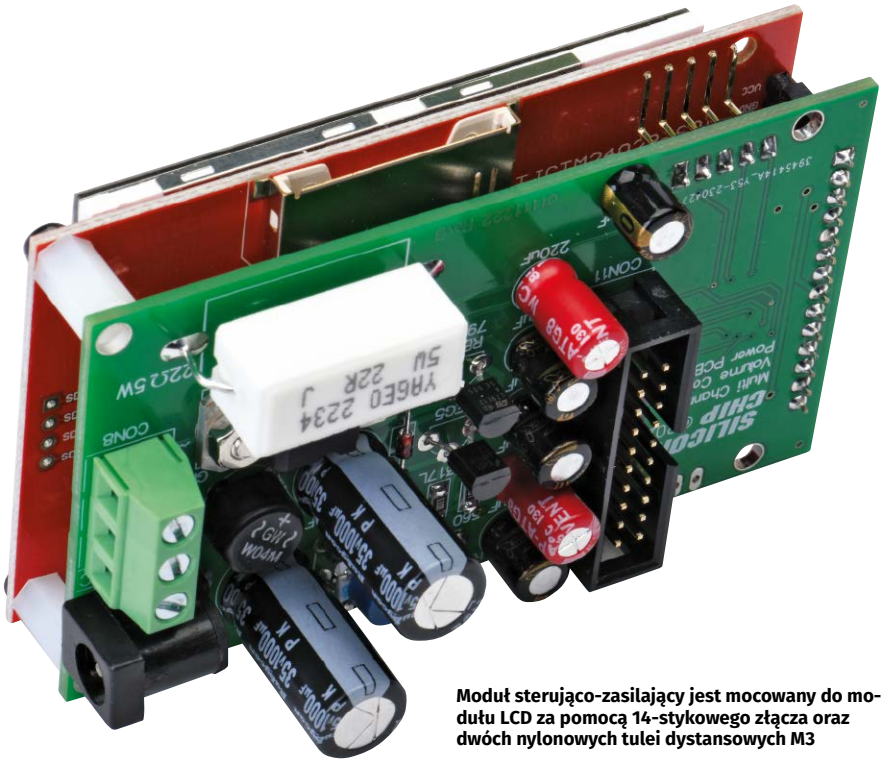

HOLES A: 3.0mm in diameter, for LCD mounting screws

HOLE B: Approximate size (5.0mm) and location of IR receiver hole, based on our prototype

**Rysunek 12 (po lewej). Do zamontowania wyświetlacza LCD o przekątnej 2,8 cala, a wraz z nim modułu sterująco-zasilającego, wymagane jest wykonanie dużego prostokątnego wycięcia oraz czterech niewielkich otworów montażowych. Może być również konieczne wykonanie dodatkowego otworu dla odbiornika podczerwieni, umożliwiającego odbiór sygnałów z pilota z zewnątrz obudowy, takiego jak otwór oznaczony literą „B”**




**Rysunek 13 (po prawej). Dokładne wymiary wycięcia pod moduł OLED nie mają kluczowego znaczenia, ponieważ jego krawędzie nachodzą na obszar otworu na około 4 mm. Niemniej, w przypadku obudowy metalowej może być konieczne zastosowanie taśmy piankowej lub podobnego materiału w celu ochrony tylnej strony płytki drukowanej**



**Moduł sterująco-zasilający jest mocowany do modułu LCD za pomocą 14-stykowego złącza oraz dwóch nylonowych tulei dystansowych M3**

ustawiane niezależnie dla każdego kanału. Umożliwia to wyrównanie poziomów sygnału oraz regulację balansu między poszczególnymi głośnikami.

Krótkie naciśnięcie przycisku SETUP powoduje powrót do normalnego ekranu. Na **ekranie 4** pokazano widok wyświetlacza przy aktywnej funkcji MUTE. Napis EEPROM ma wówczas również żółty kolor, co oznacza, że bieżące ustawienia nie zostały jeszcze zapisane w pamięci EEPROM. Zapis następuje automatycznie po 10 sekundach braku aktywności użytkownika.

## Montaż modułów

Aby ułatwić dopasowanie modułów do wybranej obudowy, na **rysunkach 12** i **13** pokazano wymiary wycięć pod wyświetlacze modułu sterująco-zasilającego oraz modułu OLED.

Wycięcie dla modułu sterująco-zasilającego jest zasadniczo takie samo jak dla wyświetlacza LCD o przekątnej 2,8 cala. Można również rozważyć zastosowanie wycinanej laserowo akrylowej ramki, na przykład modelu SC3456, która pozwala estetycznie zamontować panel LCD.

Ten akrylowy element montażowy jest przeznaczony do obudowy UB3 Jiffy i ma wysokość 68 mm, dlatego nie zmieści się w obudowie rack 3U. W takim przypadku należy skorzystać z rysunku 12, na którym podano wymiary wycięcia oraz rozmieszczenie otworów montażowych dla wyświetlacza LCD o przekątnej 2,8 cala.

Jeśli stosowany jest odbiornik podczerwieni, należy również wykonać odpowiedni otwór montażowy. Jego dokładne położenie zależy od przyjętego sposobu montażu odbiornika.

W przypadku montażu wyświetlacza LCD w metalowej obudowie zalecamy zastosowanie plastikowej ramki lub taśmy piankowej, aby zapobiec przypadkowemu zwarciu styków wyświetlacza z elementami obudowy lub innymi częściami urządzenia.

Na rysunku 13 pokazano obrys modułu OLED. Zewnętrzne wymiary 76,5 mm × 51 mm odpowiadają rzeczywistym wymiarom modułu, dlatego od nich warto rozpocząć wyznaczanie położenia otworów i wycięć w obudowie. Do znakowania należy używać oznaczeń, które można później usunąć, lub wykonywać je po wewnętrznej stronie obudowy, ponieważ po zamontowaniu modułu część oznaczeń może pozostać widoczna.

Następnie narysuj kolejny zestaw linii w odległości 4 mm od wcześniej wyznaczonego obrysu, a potem jeszcze jeden zestaw linii oddalony o następne 4 mm. W rezultacie drugi zestaw linii będzie znajdował się 8 mm od krawędzi modułu. Linie te wyznaczają położenie czterech otworów montażowych oraz wycięcia panelu, zgodnie z rysunkiem 13. Nie ma potrzeby wykonywania wewnętrznego wycięcia z dużą dokładnością. Należy jedynie pozostawić wystarczającą ilość materiału wokół otworów, aby zapewnić pewne zamocowanie śrub.

Jeśli panel jest metalowy, warto przykleić od jego wewnętrznej strony taśmę piankową w miejscu styku z modułem OLED. Zapobiegnie to uszkodzeniu maski lutowniczej oraz zmniejszy ryzyko zwarcia ścieżek płytki drukowanej do metalowego panelu.

## Zakończenie

Wielokanałowy regulator głośności został zaprojektowany jako podsystem przeznaczony do współpracy z większym urządzeniem, na przykład wzmacniaczem wielokanałowym. Sposób jego podłączenia zależy od konfiguracji konkretnego systemu.

W przypadku gniazd RCA białe górne gniazda stanowią wejścia sygnału, natomiast czerwone dolne gniazda są wyjściami poszczególnych modułów regulacji głośności. ■

**Tim Blythman**

Materiały dodatkowe dostępne są na stronie Silicon Chip:
https://www.siliconchip.com.au/Shop/8/6790
https://www.siliconchip.com.au/Shop/8/6791
https://www.siliconchip.com.au/Shop/8/6792

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

Znajdziesz nas również na Facebooku: facebook.com/ElportalPL



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

# Ekscytacje Maxa

## Migające diody LED i śliniący się inżynierowie (33)

**Wciąż nie przestaje mnie zadziwiać jak mało wiem i jak jeszcze wiele muszę się nauczyć. W poprzednim artykule (Practical Electronics, wrzesień 2022 r.; EdW 4/2026) rozpisywałem się na temat silników serwo, ich przekładni i układów przekładniowych. Wspomniałem wtedy, że niektórzy Anglosasi – zwłaszcza w Wielkiej Brytanii – nieformalnie nazywają koła zębate „cogs", chociaż termin „cog" oficjalnie oznacza pojedynczy ząb koła.**

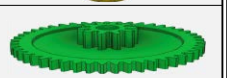
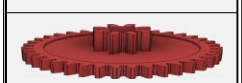
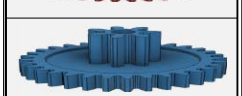
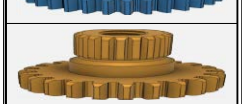
### Koła się kręcą

Po opublikowaniu tamtego artykułu otrzymałem e-mail od emerytowanego matematyka, fizyka i inżyniera Petera Breareya, który napisał: „Jedną z kwestii, o której nie wspomniałeś (a którą widać na pokazanym przez ciebie przykładowym układzie przekładniowym), jest to, że ułamek wyrażający przełożenie nie powinien mieć wspólnych czynników. Każdy ząb na jednym kole zębatym musi wcześniej czy później mieć kontakt z każdym z zębów na drugim kole. Zapewni to równomierne zużycie przekładni i pozwoli na demontaż i ponowny montaż układu przekładniowego bez problemów z zacinaniem się i niedopasowaniem."

Jak tylko to przeczytałem, pomyślałem: „ma to sens". Uderzyło mnie również, że prawdopodobnie sam bym o tym nie pomyślał. Wiele tego typu rozwiązań powstało w odległej przeszłości, kiedy w krajobrazie technicznym dominowały inżynieria mechaniczna i maszyny parowe. Uświadamia mi to, że nasi poprzednicy w dziedzinie inżynierii wiedzieli bardzo dużo o wielu rzeczach.

Myśląc o tym, ponownie przyjrzałem się kołom zębatym tworzącym układ przekładni w prostym serwomechanizmie, który mój przyjaciel Steve Manley zdemontował i zamodelował (**rysunek 1**). Natychmiast przykuł moją uwagę stosunek 8:32 między stopniami 2B i 3A, więc wysłałem do Petera e-mail z pytaniem: „W nawiązaniu do twojej uwagi o tym, że ilości zębów na kołach nie powinny mieć wspólnego mianownika: w serwomechanizmie, który w numerze wrześniowym rozłożyliśmy na części, mamy między 2B a 3A przejście z 8 na 32 zęby. Steve właśnie jeszcze raz policzył zęby, aby mieć sto procent pewności. Czy mamy tu wyjątek potwierdzający regułę?".

Peter odpowiedział, że rzeczywiście jest to stosunek niefortunny, dodając: „Stosunek ilości zębów 10:38 między 1B a 2A również nie jest zbyt dobry. Dla 1B/2A lepiej byłoby zastosować 11:38, a dla 2B/3A – 8:33. W tym przypadku jest jednak mało prawdopodobne, aby ktoś ten układ przekładni rozmontowywał, a następnie składał ponownie. Ponadto koła są plastikowe, więc łatwo dopasowują swój profil do naprężeń, pod warunkiem, że zostały wykonane z rozsądną tolerancją. Potrzeba stosowania przełożeń, które nie mają wspólnego dzielnika, jest tym większa, im większej precyzji oczekujemy. Tolerancja 1/100 jest mniej kłopotliwa niż 1/1000 lub 1/10000. Jest to kwestia konkretnego zastosowania i tego, gdzie zużycie i/lub uszkodzenia są tolerowane najłatwiej. W przypadku produkcji masowej ważne są koszty i możliwość ponownego wykorzystania części oraz łatwość montażu bez błędów (stąd zróżnicowana kolorystyka kół). Porównywanie produkcji masowej z pojedynczym, ręcznie wyregulowanym egzemplarzem to jak porównywanie jabłek z gruszkami".

| | Shaft | Gear | # Teeth | Ratio |
|---|---|---|---|---|
|  | Input | Input | 9 | |
|  | Intermediate | 1A | 47 | 5.2222 |
| | | 1B | 10 | |
|  | Output | 2A | 38 | 3.8000 |
| | | 2B | 8 | |
|  | Intermediate | 3A | 32 | 4.0000 |
| | | 3B | 7 | |
|  | Output | Output | 23 | 3.2857 |

**Rysunek 1. Elementy przekładni serwomechanizmu**

### Magia analogu

Zauważyłem, że moje meandrujące rozważania wydają się budzić wiele wspomnień wśród Czytelników. Na przykład w moim poprzednim felietonie („Practical Electronics", październik 2022 r.; EdW 5/2026) poruszyłem temat wykorzystania rtęciowych linii opóźniających i magnetycznych pamięci rdzeniowych we wczesnych komputerach cyfrowych.

Skłoniło to emerytowanego fizyka i inżyniera oprogramowania („mówcie mi po prostu Jim") do wysłania mi e-maila o następującej treści: „Cześć Max, właśnie przeczytałem twój najnowszy artykuł i jak zawsze mi się podobał. Mam ciekawą anegdotę, którą chciałbym się z tobą podzielić. W odległych latach 80. robiłem doktorat na Uniwersytecie Warwick, korzystając z wysłużonego spektrometru elektronowego Augera. Musiałem go w dużym stopniu przerabiać, często od podszewki. Zawierał wyłącznie elektronikę analogową. Był podłączony do równie wysłużonego komputera GEC4080, który miał pamięć rdzeniową, prymitywny przetwornik analogowo-cyfrowy do pomiaru sygnału oraz nie mniej prymitywny przetwornik cyfrowo-analogowy do sterowania spektrometrem.

Pewnego dnia, w połowie długiego eksperymentu, nastąpiła całkowita przerwa w dostawie prądu trwająca około 15 minut. Oczywiście cały sprzęt i komputery, w tym GEC, przestały działać. Kiedy prąd wrócił, komputer BBC Micro w naszym laboratorium natychmiast przystąpił do formatowania obu dyskietek, a cały nowoczesny (w tamtych

czasach) sprzęt cyfrowy albo się zrestartował, albo zawiesił w jakimś niezrozumiałym stanie. A mój sprzęt uruchomił się bez problemu i, jakby nigdy nic, pobrał kolejne dane pomiarowe. Tak więc elektronika analogowa + pamięć rdzeniowa = czarodziejstwo. Na dobrą sprawę to zdarzenie otworzyło mi oczy, ponieważ tak właśnie powinna działać cała elektronika – i tak będzie działać w przyszłości, gdy tylko opanujemy powszechne użycie pamięci prawdziwie nieulotnych".

Jim pisał dalej: „Jeden z moich wykładowców na Uniwersytecie Warwick opowiedział mi następującą historię o rtęciowych liniach opóźniających. Pracował przy jednym z pierwszych komputerów, wyposażonym w długą linię opóźniającą w postaci szklanej rurki wypełnionej rtęcią, biegnącej przez całe laboratorium. Nad rurką zbudowano wygodną ławkę, aby ją chronić i jednocześnie zapewnić miejsce do siedzenia. Wkrótce zauważono pojawianie się przypadkowych błędów w działaniu komputera. Tamte wczesne komputery były całkowicie zależne od dokładnego czasu propagacji impulsów wzdłuż linii opóźniającej. Po pewnym czasie odkryto, że gdy ktoś siadał na ławce, ciepło jego ciała ogrzewało rtęć na tyle, że zmieniało czas propagacji impulsów, co prowadziło do błędów w pracy komputera".

Na koniec Jim stwierdził: „Tęsknię za czasami, kiedy zasilanie było załączane wyłącznikiem, a nie w wyniku negocjacji". Przypis redaktora: Autor nawiązuje do współczesnych systemów zasilania i komunikacji, w których przed podaniem zasilania urządzenia często wymieniają informacje i negocjują parametry pracy. Przykładem jest technika PoE (Power over Ethernet) lub USB Power Delivery.

Muszę przyznać, że ta ostatnia uwaga wywołała na mojej twarzy ironiczny uśmiech, ponieważ sam obecnie pracuję nad przełącznikami i doskonale rozumiem, o czym Jim mówi.

## Jestem radosny jak szczygiełek

W poprzednich felietonach wspomniałem, że na początku września 2022 roku wybierałem się do Trondheim w Norwegii. Wygłosiłem tam gościnny wykład dla studentów informatyki systemów wbudowanych na Norweskim Uniwersytecie Nauki i Techniki (NTNU). Wygłosiłem również prezentację podczas Forum FPGA. Jest to miejsce, gdzie „trzeba się pokazać", jeśli ma się cokolwiek wspólnego z układami FPGA w Norwegii i krajach sąsiednich. Z radością informuję, że oba moje wystąpienia wypadły całkiem nieźle (przynajmniej nikt we mnie niczym nie rzucił, co zawsze uważam za dobry znak).



**Rysunek 2. Opuszczona elektrownia na Węgrzech. Źródło: André Joosse**

Jeśli jesteście zainteresowani, możecie dowiedzieć się o tych wystąpieniach więcej, odwiedzając strony https://bit.ly/3BlWJTr i https://bit.ly/3xvOZx3.

Jednym z zagadnień, którymi dzieliłem się ze studentami, jest koncepcja „urbexu" (urban exploration), która oznacza eksplorację obiektów stworzonych przez człowieka – zazwyczaj opuszczonych ruin lub innych elementów, ukrytych w środowisku naturalnym. Obiekty eksploracji są różne w różnych krajach, a do najbardziej znanych tego typu miejsc należą parki rozrywki, elewatory zbożowe, fabryki, elektrownie, silosy rakietowe, schrony przeciwatomowe, szpitale, zakłady psychiatryczne, więzienia, szkoły, przytułki dla ubogich i sanatoria.

Nie wiem dlaczego, ale uwielbiam wędrować po takich starych fabrykach, elektrowniach i innych budynkach. Lubię też oglądać zdjęcia z tych miejsc. Być może wynika to z mojego zainteresowania postapokaliptycznymi opowiadaniami science fiction. Najważniejsze jest to, że nie jestem w tym osamotniony, ponieważ wiele osób również przejawia podobne zainteresowania.

Jednym z moich idoli w tej dziedzinie jest André Joosse, który pochodzi z miasta i gminy Goes na wyspie Zuid-Beveland w prowincji Zeeland leżącej w południowo-zachodniej Holandii. Na stronie internetowej André można znaleźć mnóstwo niesamowitych zdjęć z wypraw urbexowych (www.urbex.nl). Jedno z moich ulubionych, które dzięki uprzejmości André wolno mi udostępnić studentom i Czytelnikom, przedstawia opuszczoną elektrownię na Węgrzech (**rysunek 2**).

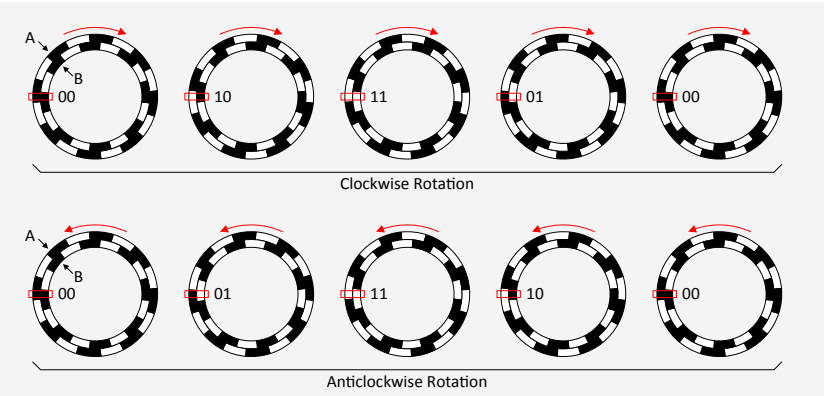
Studentom przedstawiłem to zdjęcie jako wstęp do rozmowy o starych technikach wyświetlania. A na potrzeby naszej niniejszej dyskusji chcę po prostu, abyśmy nacieszyli oczy tym niesamowitym pięknem. Szczerze mówiąc, brakuje mi słów. Wiele z tego, co budujemy obecnie, to „hołd dla betonu" i brakuje w tym nawet podstaw stylu. Natomiast sterownia na zdjęciu André emanuje prawdziwym szykiem.

## Jestem chory jak papuga

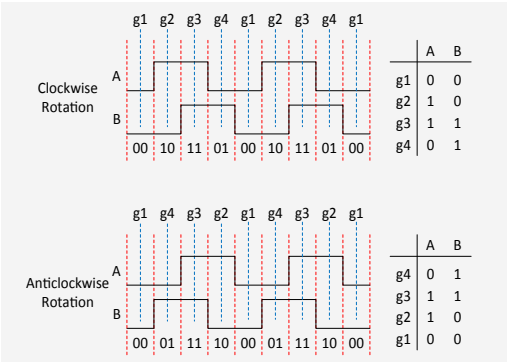
Skoro mowa o papugach (właściwie nie było o nich jeszcze mowy – ale teraz jest): w poprzednim artykule eksperymentowaliśmy z użyciem dwóch 2-osiowych joysticków do sterowania dwoma serwomechanizmami obrotu i pochylenia. Ponieważ sygnały z joysticków podawaliśmy bezpośrednio do Arduino Uno, wymagało to użycia czterech analogowych pinów wejściowych. I analogicznie – serwomechanizmami sterowaliśmy bezpośrednio z Arduino, więc wymagało to użycia czterech cyfrowych pinów wyjściowych z modulacją szerokości impulsu (PWM).

W przypadku animatronicznej głowy, stworzonej przez Steve'a Manleya i opatrzonej sugestiami – czasami przydatnymi – Waszego skromnego narratora („Practical Electronics" marzec, kwiecień i maj 2022 r.; EdW 10, 11 i 12/2025), mamy dwa joysticki 3-osiowe i siedem silników serwo. Projekty Wasze (i nasze przyszłe) mogą się zapewne pochwalić znacznie większą liczbą wejść sterujących i wyjść.

Wskutek tego w niniejszym artykule planowałem pierwotnie omówić wykorzystanie płytek-rozgałęziaczy (ang. „breakout boards", w skrócie BOB) z interfejsem I²C. Jednych do zbierania sygnałów z wielu wejść analogowych, a innych ze sterownikami serwomechanizmów mogących sterować szesnastoma serwomechanizmami. Takie




**Rysunek 3. Schemat działania obrotowego enkodera kwadraturowego**




**Rysunek 4. Do określenia kierunku obrotów służy sygnał wyprzedzający**

płytki pozwoliłyby nam odczytywać dużą liczbę wejść analogowych i sterować dużą ilością serwomechanizmów poprzez zaledwie dwie linie cyfrowe naszego mikrokontrolera.

A powodem, dla którego o tym nie napisałem, jest to, że czuję się obecnie chory jak papuga. Nie jestem pewien, skąd pochodzi to wyrażenie. Niektóre źródła podają, że wywodzi się ono stąd, iż niektóre papugi żywią się fermentującymi – zawierającymi alkohol – owocami i w rezultacie mają kaca. Czytałem również, że zwrot ten wprowadziła Aphra Behn, angielska dramatopisarka, poetka, prozaiczka i tłumaczka z okresu Restauracji Stuartów (lata 1660–1685; przypis redaktora) w swojej komedii z 1682 roku „The False Count" („Fałszywy hrabia"), w której pokojówka Jacinta mówi o swojej pani Julii: „Panie, pani, jesteś tak pogrążona w melancholii jak chora papuga". Ale niezależnie od tego, jakie jest źródło tego wyrażenia – na pewno nie mam teraz na twarzy radosnego wyrazu.

Kiedy Steve i ja po raz pierwszy rozpoczęliśmy pracę nad naszym projektem animatronicznej głowy, odwiedziłem warsztat mojego przyjaciela „Stolarza Boba" i skonstruowałem z drewna kilka małych stanowisk testowych do umieszczania na nich joysticków i serwomechanizmów („Practical Electronics", marzec 2022; EdW 10/2025). W międzyczasie Steve zabrał się do pracy nad swoim arcydziełem wydrukowanym w 3D.

Kiedy Steve ukończył znacznie lepszą wersję, był tak miły i jedną zbudował dla mnie, co sprawiło, że z dumą „trzymałem głowę w dłoniach" („Practical Electronics", maj 2022; EdW 12/2025). Kilka dni przed wyjazdem do Norwegii miałem okazję pojechać do centrum miasta i postanowiłem przynieść w pełni funkcjonalną animatroniczną głowę do warsztatu Boba, aby pokazać mu, jak ewoluował nasz prototyp.

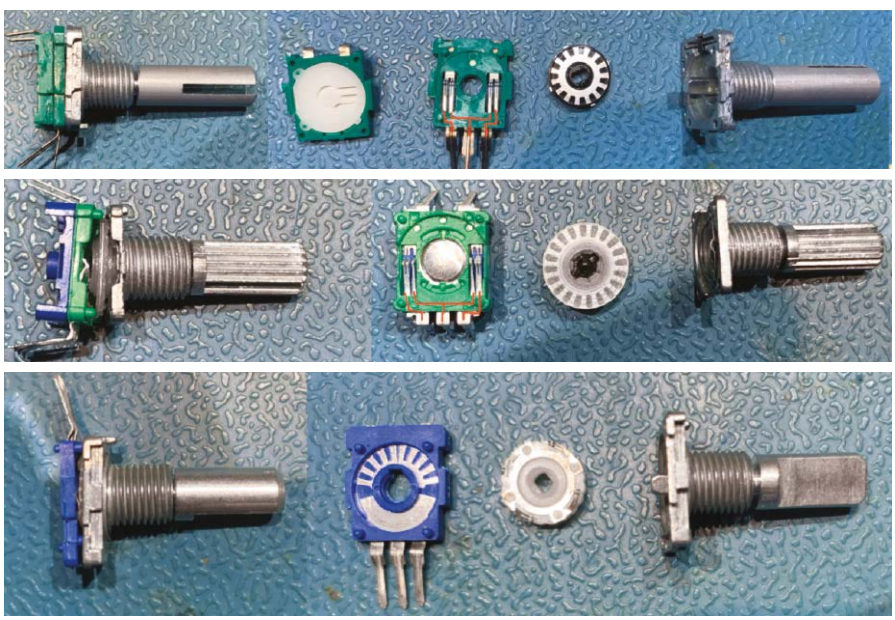
Muszę przyznać, że Bob był pod wielkim wrażeniem głowy i, kiedy tam byłem, z dumą prezentował ją każdemu, kto odwiedzał jego warsztat. Kiedy jednak wróciłem do swojego biura, przez głupotę zostawiłem głowę w bagażniku samochodu (zauważcie, że takich stwierdzeń nie wypowiada się często). Zapomniałem o pogodzie, a okazało się, że tego popołudnia temperatura na zewnątrz osiągała +38°C. Więc powód mojego smutnego wyrazu twarzy jest taki, że kiedy wróciłem z biura do domu i wyjąłem głowę z bagażnika, odkryłem, że była ona jedynie smutnym odbiciem swojej wcześniejszej postaci, dziwnie przypominającym cieknące zegary Salvadora Dalí na obrazie „Trwałość pamięci" (https://bit.ly/3BOHJPu).

Pokazałbym wam zdjęcie animatronicznej głowy w tym stanie, ale nie chcę was doprowadzać do łez. Na szczęście, jak być może pamiętacie, Steve bardzo uprzejmie udostępnił swoje pliki projektowe 3D wszystkim, którzy chcą stworzyć własne animatroniczne arcydzieło. Plik CB-May22-01.zip, zawierający te dane projektowe, możecie pobrać ze strony Practical Electronics z maja 2022 r. (https://bit.ly/3oouhbl). I właśnie to zamierzam zrobić, przywracając w ten sposób moją cenną głowę do dawnej świetności. Więcej szczegółów wkrótce.

## Zachwycające enkodery obrotowe

Kilka miesięcy temu przeczytałem biografię Leonarda da Vinci autorstwa Waltera Isaacsona (https://amzn.to/3xvzbu6). Dowiedziałem się między innymi, że Leonardo miał dar „dostrzegania różnych rzeczy". Ja na przykład przez całe życie patrzyłem na drzewa, nie myśląc o niczym głębszym niż „jakie ładne drzewo". Natomiast Leonardo wyciągał taśmę mierniczą i ustalał, że suma pól przekroju poprzecznego gałęzi drzewa powyżej punktu rozgałęzienia jest równa polu przekroju poprzecznego pnia (lub gałęzi) bezpośrednio poniżej tego punktu rozgałęzienia. Geniusz!

Czuję się jak stary głupiec. Mówię to, bo zdałem sobie sprawę, że w dużej



**Rysunek 5. Enkodery o liczbie kliknięć 30 (u góry), 20 (w środku) i 20 (u dołu). Zdjęcie: Joe Farr**




**Rysunek 6. Stanowisko testowe do badania sześciu różnych enkoderów obrotowych. Zdjęcie: Joe Farr**

mierze błąkam się po ścieżkach życia nie zauważając tego, co dzieje się wokół mnie. Moja żona (Gina Wspaniała) wypomina mi to od lat. Na przykład dzisiaj rano stwierdziła: „Nie słuchałeś ani słowa z tego, co przed chwilą mówiłam!". A ja pomyślałem: „Dziwny sposób na rozpoczęcie rozmowy!".

Niedawno ktoś zadał mi pytanie dotyczące odbić styków w cyfrowych enkoderach obrotowych. Na początku myślałem, że mowa o obrotowych przełącznikach, ale okazało się, że temat był zupełnie inny.

Weźmy na przykład regulator głośności w radiu samochodowym. W przeszłości, nie tak znowu odległej, był on realizowany na potencjometrze (rezystorze nastawnym) o stałym zakresie obrotu. Obecnie regulatory takie realizowane są na enkoderach obrotowych, dających podczas obracania wyczuwalne „klik-klik-klik...". Ciekawostką jest tutaj brak „ograniczników końcowych". Oznacza to, że regulator można do woli obracać w prawo lub w lewo.

Przyznam, że proces ten podświadomie zaobserwowałem na przykładzie mojego własnego samochodu, ale nigdy nie zatrzymałem się, aby się nad tym zjawiskiem zastanowić głębiej. A założę się, że Leonardo natychmiast by to wychwycił. Okazuje się, że enkodery są stosowane wszędzie. Na przykład w moim samochodzie są dwa w radiu (głośność i strojenie) i trzy w samym tylko systemie klimatyzacji.

Po krótkim rozpoznaniu tematu odkryłem, że istnieje wiele rodzajów tych cudeniek. Zacznijmy od tego, że istnieją dwa główne typy, które możemy sklasyfikować jako absolutne i inkrementalne. Enkoder absolutny wytwarza unikatowy kod cyfrowy dla każdego odrębnego kąta wałka. Natomiast enkoder inkrementalny zgłasza zmianę położenia, ale nie daje informacji o położeniu bezwzględnym.

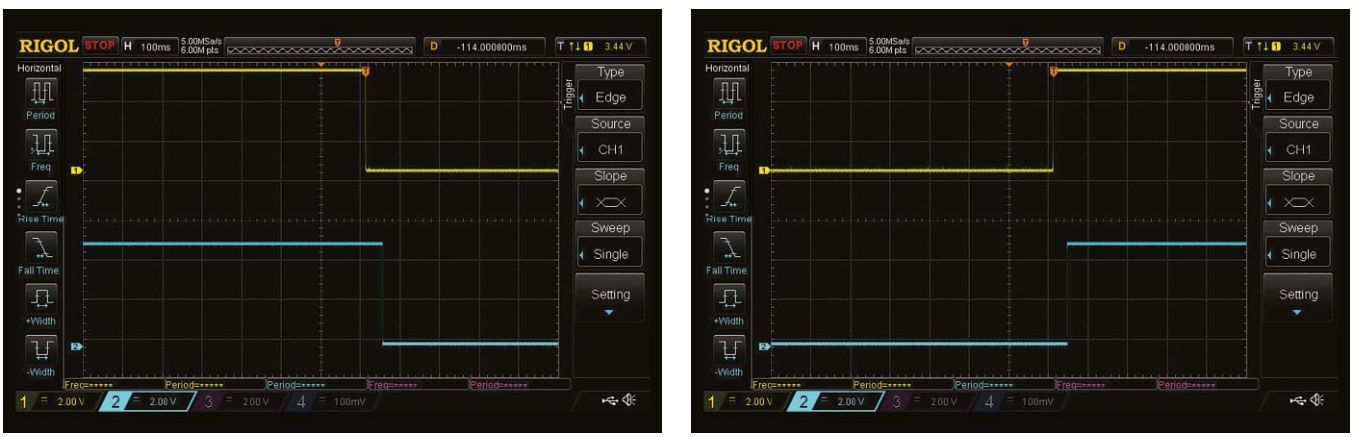
W obu typach kodowanie można zrealizować poprzez sposoby mechaniczne, optyczne, magnetyczne lub pojemnościowe. Na potrzeby niniejszej dyskusji skupiamy się na mechanicznych inkrementalnych enkoderach kwadraturowych, ponieważ elementy te są tanie, niezawodne i powszechnie dostępne. Na Amazonie można znaleźć wiele przykładów ich zastosowań w projektach hobbystycznych: https://amzn.to/3di9mHf.

## Bułka z masłem

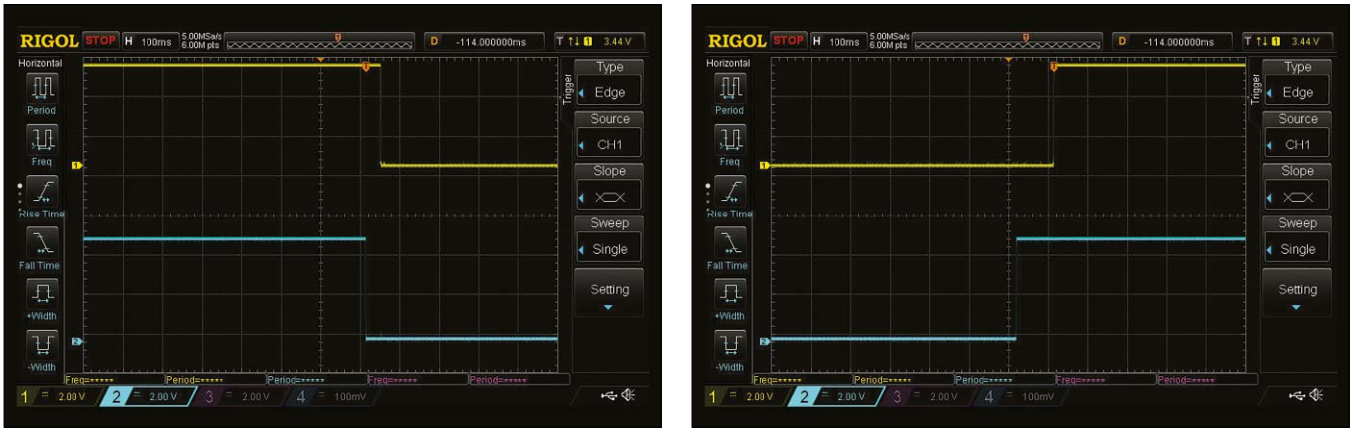
Kiedy po raz pierwszy zacząłem zgłębiać temat enkoderów, wszystkie wyjaśnienia wydawały się stosunkowo proste i zrozumiałe. Zacznijmy od tego, że z enkodera wychodzą trzy piny. Jeden z nich to zacisk wspólny, który podłączamy do masy. Towarzyszą mu dwa piny kodujące, zwane A i B, do których podłączone zostają rezystory podciągające (do „plusa" zasilania; przypis redaktora). Koncepcyjny schemat mechanizmu czujnika kwadraturowego enkodera inkrementalnego wraz z odpowiadającymi mu stanami logicznymi sygnałów A i B pokazano na **rysunku 3**.

Na schemacie sygnały A i B są dołączone do styków na dwóch pierścieniach. Czarne obszary możemy traktować jako miedź podłączoną do masy (logiczne zero). Obszary białe są niepodłączone do niczego, co pozwala rezystorom podciągać sygnały A i B do stanu logicznej jedynki. Sygnały A i B są przesunięte w fazie o 90°. Skutkuje to czterema kombinacjami sygnałów A i B tworzącymi „kod Graya" (https://bit.ly/pe-nov22-gray). Kombinacje te oznaczymy g1, g2, g3 i g4. Jeśli A wyprzedza B, to mechanizm obraca się zgodnie z ruchem wskazówek zegara. Jeśli B wyprzedza A, mechanizm obraca się w drugą stronę (**rysunek 4**).

Kiedy się patrzy na te schematy, wszystko wygląda stosunkowo prosto, prawda? Fakt, że moją pierwszą, odruchową




**Rysunek 7. Enkoder o 30 kliknięciach. Z lewej: obrót pokrętła o jeden klik w prawo, po prawej: obrót o kolejny klik w prawo**




**Rysunek 8. Enkoder o 30 kliknięciach. Z lewej: obrót pokrętła o jeden klik w lewo, po prawej: kolejny klik w lewo**

reakcją była myśl, że wystarczy dołączyć sygnały A i B do dwóch cyfrowych wejść mikrokontrolera – powiedzmy Arduino Uno, żeby było prościej – i, jak to się mówi, „jesteśmy w domu".

## Takie proste to nie jest

Oczywiście w życiu nic nie jest proste. Rozmawiałem z moim przyjacielem Joe Farrem, który mieszka w Wielkiej Brytanii, a on wspomniał, że w przeszłości miał kilka doświadczeń z enkoderami obrotowymi przeczących intuicji. W wyniku naszych rozmów obaj zamówiliśmy po kilka różnych enkoderów i rozmontowaliśmy je, aby zobaczyć, co jest w środku. No i trzymajcie mnie – każdy z nich był zrealizowany w inny sposób (**rysunek 5**)!

Może pamiętacie, jak wspominałem, że podczas obracania enkoderów słychać charakterystyczne „klik-klik-klik...". Efekt ten uzyskuje się mechanicznie dzięki niewielkim wgłębieniom w obudowie. W rezultacie po każdym kliknięciu przełącznik ustawia się w ściśle określonym położeniu.

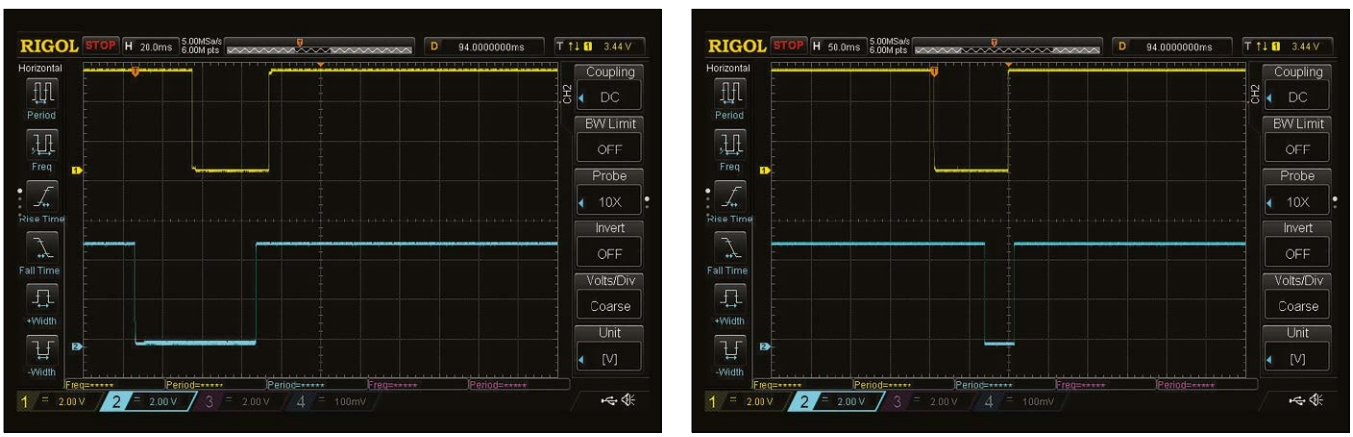
Zacznijmy od elementu z 30 kliknięciami. Ma on 30 mechanicznych wgłębień (rysunek 5 u góry). Joe zaznaczył na czerwono sygnał wspólny oraz sygnały A i B. Styki A i B są lekko przesunięte względem siebie, dzięki czemu mamy kodowanie kwadraturowe. Szczególnie interesujący jest fakt, że sam dysk kodujący ma tylko 15, nazwijmy to, „ramion". Oznacza to, że jeśli stany wyjść A i B zaczynają się od 11, to po jednym „kliknięciu" w dowolnym kierunku zakończą się na 00. Kolejne kliknięcie spowoduje, że znów przyjmą wartość 11. Pamiętajcie, że określenie kierunku obrotu polega na sprawdzeniu który z sygnałów zmienił się jako pierwszy.

Zbadajmy teraz pierwszy enkoder o 20 kliknięciach, z 20 mechanicznymi wgłębieniami (rysunek 5 w środku). W tym przypadku tarcza kodująca ma 20 „ramion". W rezultacie wyjścia A i B zawsze na początku mają wartości 11. Po kliknięciu powracają one do 11, ale po drodze przechodzą przez wartości pośrednie 10-00-01 lub 01-00-10. Tu również o kierunku obrotu decyduje ten z sygnałów, który zmienia się jako pierwszy.

Na koniec spójrzmy na drugi enkoder o 20 kliknięciach i 20 mechanicznych wgłębieniach (rysunek 5 na dole). Sprawił on, że przez chwilę nieźle łamaliśmy sobie głowę. Zacznijmy od niebieskiego plastikowego elementu po lewej stronie. Duży obszar metalizacji połączony jest ze środkowym pinem wspólnym, połączonym z masą. Piny A i B po każdej stronie są połączone z dwoma obszarami „szprych" u góry. Każdy z obszarów ma po pięć „szprych". Teraz spójrzmy na dysk obracający się pośrodku. To właśnie on jest połączony z głównym wałkiem i obracany. Dysk ten ma cztery styki przewodzące, które są umiejscowione pod kątem 90° względem siebie i połączone ze sobą. Co najmniej jeden z tych styków jest zawsze w kontakcie z głównym obszarem masy, a dwa z trzech pozostałych styków stykają się z dwoma obszarami „szprych". Trudno pojąć, jak to działa (a także dlaczego ktoś w ogóle zdecydował się zrealizować enkoder w ten sposób), ale efekt końcowy jest taki, że element wytwarza sygnały podobne jak w pierwszym enkoderze 20-klikowym.

Następnym krokiem było obserwowanie zachowania enkoderów na oscyloskopie. Do tego celu Joe utworzył małe stanowisko testowe (**rysunek 6**).

Wystarczy powiedzieć, że czekało nas sporo niespodzianek. Na przykład w niektórych z tych elementów wyjścia A i B pod względem kolejności przejść działają odwrotnie do tego, czego można by się spodziewać




**Rysunek 9. Enkoder o 20 kliknięciach. Z lewej: obrót pokrętła o jeden klik w prawo, po prawej: obrót o jeden klik w lewo**

na podstawie karty katalogowej. Oczywiście łatwo można zamienić przewody biegnące do mikrokontrolera lub rozwiązać ten problem w oprogramowaniu. Niemniej jednak nieco niepokojące jest, że elementy pochodzące od różnych dostawców, mające rzekomo działać w ten sam sposób, mogą mieć wyjścia A i B zamienione miejscami.

## Przejdźmy do testów

Zaczniemy od jednego z enkoderów 30-pozycyjnych. W tym przypadku wystartowaliśmy ze stanem 11 zarówno dla kanału A (lewy), jak i B (prawy). Gdyby pokrętło zostało uprzednio obrócone o jedno kliknięcie w dowolnym kierunku, sygnały startowałyby od stanu 00. Obrót pokrętła o jedno kliknięcie w prawo dał przebiegi pokazane na **rysunku 7a**, kończące się stanami 00 sygnałów A i B (jako pierwszy zmienił się sygnał A). Kolejny obrót pokrętła o jedno kliknięcie w prawo dał przebiegi z **rysunku 7b**, kończące się powrotem sygnałów do stanu 11 (znów jako pierwszy zmienił się sygnał A).

Analogicznie, obrót pokrętła o jedno kliknięcie w lewo dał przebiegi z **rysunku 8a**, kończące się stanami 00 (jako pierwszy zmienił się sygnał B). Obrót o kolejne kliknięcie w lewo dał przebiegi z **rysunku 8b**, kończące się stanami 11 (ponownie najpierw zmienił się sygnał B).

Zbadajmy teraz jeden z elementów 20-pozycyjnych. W tym przypadku zawsze zaczynamy od stanu 11 sygnałów A i B. Obrót pokrętła o jedno kliknięcie w prawo dał przebiegi z **rysunku 9a**, gdzie sygnały A (lewy) i B (prawy) przeszły przez stany 10, 00 i 01, kończąc na 11. W tym enkoderze jako pierwszy zmienił się sygnał B. Obrót o jedno kliknięcie w lewo dał przebiegi z **rysunku 9b** – sygnały A i B przechodzą przez stany 01, 00 i 10, po czym wracają do 11. Tym razem jako pierwszy zmienił się sygnał A.

Wszystko to rzecz jasna daje nam wiele do myślenia. Jeśli na przykład nie wiedzieliście, że elementy te mogą zachowywać się w tak różny sposób, możecie być zaskoczeni odkryciem, że w przypadku jednego typu enkodera potrzebne były dwa fizyczne kliknięcia, by oprogramowanie zarejestrowało jeden impuls. Z kolei w innym typie enkodera pojedyncze kliknięcie może spowodować, że oprogramowanie zliczy dwa impulsy.




**Rysunek 10. Styki w enkoderach obrotowych potrafią odbijać**

## Jak na sprężynce

Obawiam się, że nie opowiedziałem wam całej historii (to u mnie typowe). Przebiegi, które pokazałem do tej pory, były stosunkowo czyste. Sygnały w niektórych enkoderach mogą jednak niesamowicie „skakać", a wszelkie skoki nasilają się wraz ze wzrostem prędkości obracania (**rysunek 10**).

Zwróćcie szczególną uwagę na wahania w środkowej części ekranu. Wystarczająco kłopotliwy jest już sam fakt, że sygnały A i B drgają każdy osobno. Jeśli jednak wahają się jednocześnie, może to stanowić prawdziwą udrękę. Łatwo sobie wyobrazić, jak tego typu sytuacja zmyli oprogramowanie.

Właśnie ta myśl sprawiła, że wskoczyłem do mojego Subaru rocznik 2019 i zacząłem bawić się pokrętłem regulacji głośności radia. Kiedy obracamy pokrętłem, na ekranie pojawia się graficzny wskaźnik przedstawiający aktualny poziom głośności. Każde kliknięcie pokrętła powoduje zapalenie lub zgaszenie jednego z kolorowych segmentów na wyświetlaczu.

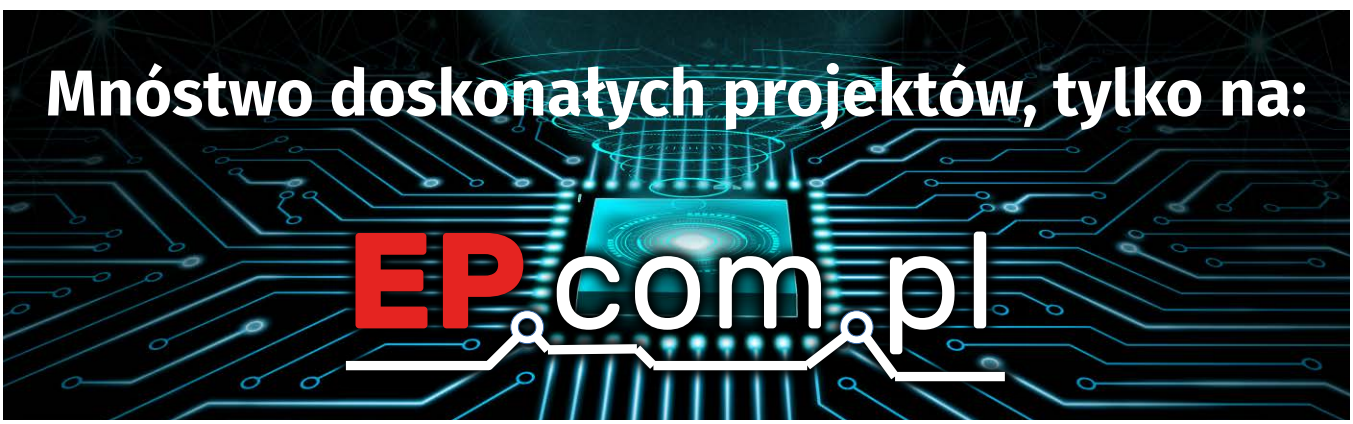
Nigdy wcześniej nie sprawdzałem tego zbyt dokładnie. Jeśli obracam pokrętło w prawo, głośność rośnie, jeśli obracam w lewo, głośność maleje. Teraz jednak, gdy zwracam na to baczną uwagę, zauważam, że nie zawsze wszystko dzieje się zgodnie z oczekiwaniami. Na przykład powolne obracanie pokrętłem o jeden „klik" do przodu i do tyłu powoduje prawie zawsze zapalenie/zgaszenie jednego segmentu wyświetlacza (i wzrost/spadek głośności) zgodnie z oczekiwaniami. Czasami jednak cofamy się na wyświetlaczu o jeden „klik", a do przodu przesuwamy się o dwa „kliki". Głośność odpowiednio maleje lub rośnie. „Coraz dziwniejsze" – powiedziałaby Alicja w Krainie Czarów.

Wszystko to dowodzi, że ludzie, którzy pisali oprogramowanie do mojego samochodu, nie przeprowadzili takich testów jak Joe i Wasz skromny narrator. W związku z tym ludzie ci nie wymyślili tak sprytnego rozwiązania tego problemu, jak my z Joe'm. Jednak to już temat na inną okazję. Czekam Jak zawsze na Wasze komentarze, pytania i sugestie. ■

**Clive „Max" Maxfield**

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

REKLAMA



KickStart

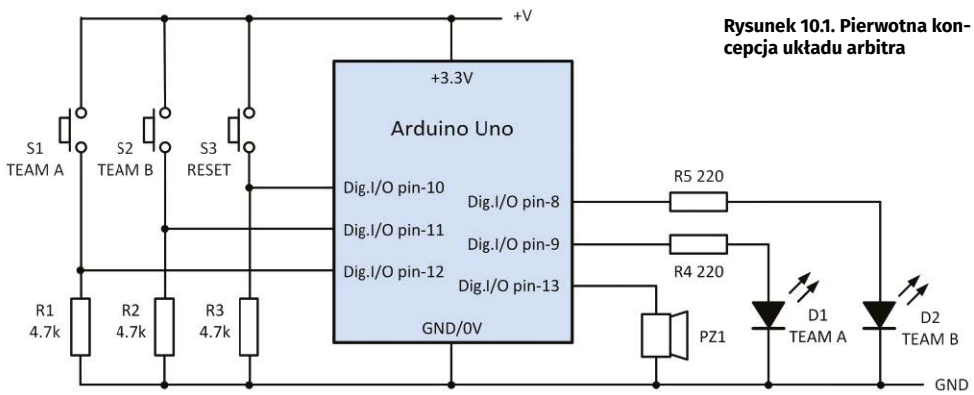
# Część 10: wracamy do tradycyjnych układów logicznych

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

W tym odcinku wyjaśnimy, w jaki sposób wykorzystanie „starej logiki" może w prosty i tani sposób rozwiązać wiele problemów występujących przy projektowaniu układów. Prześledzimy kolejne etapy procesu projektowania, podczas których autor przejrzy swoje zapasy elementów i pokaże, jak zbudować bardzo prosty układ do rozstrzygania kolejności zgłaszanych odpowiedzi. Układ jest nieporównanie prostszy niż jeden z najpopularniejszych obecnie mikrokontrolerów i kosztuje drobny ułamek jego ceny.

Przypis redaktora: chodzi o układ wykrywający, który z dwóch przycisków został naciśnięty jako pierwszy. Układ służy do rozstrzygania, która z dwóch grup uczestników zgaduj-zgaduli szybciej zgłosiła się z odpowiedzią. W dalszej części tekstu układ będzie określany jako arbiter.

Kiedy niedawno dostałem zadanie zaprojektowania prostej zabawki rozstrzygającej do turniejów, szybko zdecydowałem się na rozwiązanie typowe dla mnie. Powinien tu wystarczyć Arduino Uno z wyświetlaczem LCD i kilkoma innymi elementami. Prototyp zmontowałem bez komplikacji, napisałem kilkadziesiąt wierszy programu i wszystko działało poprawnie. Jednak później, gdy zakończyłem etap prototypu i miałem przed sobą pierwszą wersję płytki drukowanej, zacząłem mieć kilka dręczących wątpliwości co do użytego rozwiązania.




**Rysunek 10.1. Pierwotna koncepcja układu arbitra**

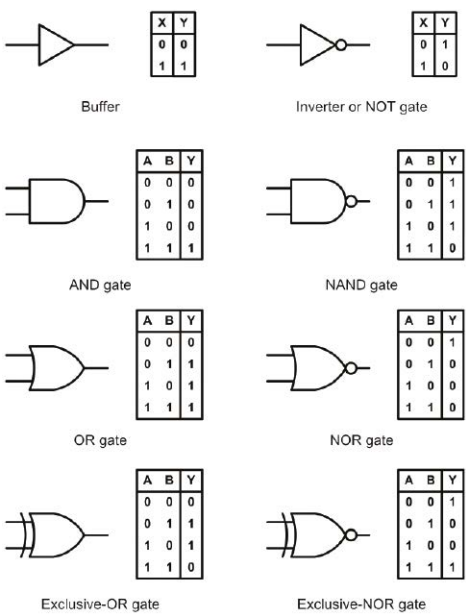
## Dlaczego stara logika?

Pierwszą kwestią był koszt. Układ nawet bez wyświetlacza LCD był dość drogi i chyba trzykrotnie przekraczał mój pierwotny budżet. Potrzebowałem rozwiązania znacznie prostszego i mniej zaawansowanego technicznie. Być może w ogóle nie powinienem używać mikrokontrolera.

Ostatecznie, po kilku nieprzespanych nocach, zdecydowałem się na rozwiązanie oparte na pojedynczym układzie logicznym, który można kupić dosłownie za złotówkę i który w ogóle nie wymaga programowania!

## Powrót do podstawowych elementów logicznych

Zaglądając do moich zapasów elementów odkryłem mnóstwo układów logicznych, które kiedyś sklasyfikowałem jako „warte zachowania" – na wypadek, gdybym musiał przeprowadzić naprawę jakiegoś starszego sprzętu – a także mnóstwo




**Rysunek 10.2. Symbole podstawowych elementów logicznych wraz z ich tablicami prawdy**

płytek komputerowych zapełnionych 14-, 16- i 18-nóżkowymi układami w obudowach dual-in-line. To miał być mój punkt wyjścia: pudło pełne kostek logicznych CMOS zgodnych z TTL, które były używane w projektach konstrukcyjnych kilka dekad temu.

Symbole niektórych podstawowych elementów logicznych pokazano wraz z ich tabelami prawdy na **rysunku 10.2**. Zauważmy, że inwertery i bufory mają tylko po jednym wejściu, bramki alternatywy wykluczającej XOR – po dwa wejścia, a inne bramki podstawowe (AND, OR, NAND i NOR) dostępne są z maksymalnie ośmioma wejściami.

Działanie każdej z podstawowych bramek logicznych można podsumować w następujący sposób:

**Bufory**

Bufory nie zmieniają stanu logicznego sygnału cyfrowego. Wejście 0 daje zawsze wyjście 0, a wejście 1 – wyjście 1. Bufory są zwykle używane do zapewnienia większego prądu na wyjściu, mogą też być stosowane do dopasowania poziomów logicznych. Trójkątny kształt symbolu nie jest przypadkiem – jest to jakby cyfrowy wzmacniacz o wzmocnieniu jednostkowym.

**Inwerter**

Inwertery są używane do zanegowania („dopełnienia") stanu logicznego. Innymi słowy, wejście 0 daje wyjście 1 i odwrotnie. Podobnie jak bufory, inwertery również zapewniają większy prąd na wyjściu oraz są używane w systemach cyfrowych do dopasowywania poziomów. Na symbolu graficznym inwersja jest oznaczona przez kółeczko.

**AND**

Wyjście bramki AND będzie miało stan logiczny 1 wtedy i tylko wtedy, gdy wszystkie wejścia mają stan 1. Każda inna kombinacja wejść skutkuje na wyjściu logicznym stanem 0.

**OR**

Bramka OR daje na wyjściu 1, gdy co najmniej jedno wejście ma wartość logiczną 1. Inaczej mówiąc bramka OR ma na wyjściu 0 wtedy i tylko wtedy, gdy wszystkie jej wejścia mają stan 0.

**NAND**

Bramka NAND (NOT-AND) daje wyjście 0 wtedy i tylko wtedy, gdy wszystkie jej wejścia mają stan 1. Każda inna kombinacja wejść da na wyjściu 1. Bramka NAND jest więc niczym innym jak bramką AND z zanegowanym wyjściem; mówiąc inaczej, bramką AND z inwerterem. Na symbolu inwersję tę oznacza kółko na wyjściu.

**NOR**

Analogicznie do bramki NAND – bramka NOR (NOT-OR) wytworzy na wyjściu 1 wtedy i tylko wtedy, gdy wszystkie wejścia mają stan 0. Każda inna kombinacja wejść daje na wyjściu stan logiczny 0. Bramka NOR jest więc po prostu bramką OR z zanegowanym wyjściem czyli bramką OR z inwerterem. I znów inwersję symbolizuje kółeczko.

**XOR**

Bramka XOR (exclusive-OR) daje 1 na wyjściu, gdy jedno z wejść ma stan 1, a drugie stan 0. Są zawsze tylko dwa wejścia. Stan 0 na wyjściu wystąpi wtedy, gdy oba wejścia mają ten sam stan logiczny tj. oba są w stanie 0 lub oba w stanie 1.

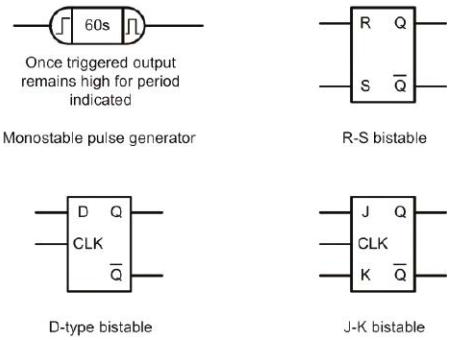
## Układy monostabilne i bistabilne

Układ logiczny, który ma tylko jeden stabilny stan wyjściowy, nazywany jest układem (przerzutnikiem) monostabilnym. Wyjście takiego układu ma początkowo stan logiczny 0, dopóki na jego wejściu wyzwalającym nie nastąpi odpowiednia zmiana poziomu. Zmiana ta może być z 0 do 1 („wyzwalanie zboczem dodatnim") lub z 1 do 0 („wyzwalanie zboczem ujemnym"), w zależności od konkretnego układu lub jego konfiguracji. Po przyjściu impulsu wyzwalającego, wyjście przerzutnika monostabilnego zmienia stan logiczny na 1. Następnie, po upływie czasu wyznaczonego przez zewnętrzne elementy RC (rezystor/kondensator), wyjście powraca do logicznego zera. Układ utrzymuje na wyjściu stan 0 aż do następnego wyzwolenia. Typowym zastosowaniem przerzutnika monostabilnego jest „rozciąganie" krótkich impulsów.

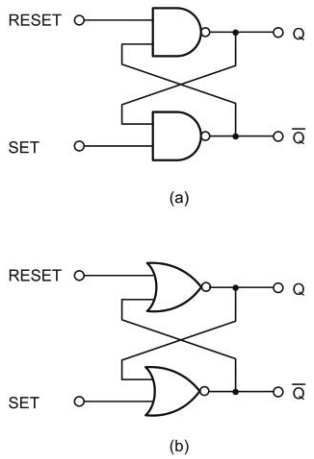
Z kolei układ (przerzutnik) bistabilny ma dwa stabilne stany: logiczne 0 lub logiczna 1, a wyjście pozostaje w ustalonym stanie przez dowolnie długi czas, aż do przełączenia w stan przeciwny. Układ bistabilny stanowi zatem prostą formę pamięci, ponieważ pozostaje on w swoim stanie (jest albo „ustawiony" albo „wyzerowany") dopóki nie otrzyma sygnału zmiany stanu – lub nie zostanie wyłączone zasilanie. Są różne rodzaje przerzutników bistabilnych, między innymi R-S, D i J-K (**rysunek 10.3**).

**Przerzutnik bistabilny typu R-S**

Przerzutnik R-S jest najbardziej podstawowym rodzajem przerzutnika bistabilnego. Układ ma dwa wejścia: SET i RESET, oraz komplementarne (dopełniające się) wyjścia Q i –Q (odwrotność Q). Stan logiczny 1 podany na wejście SET spowoduje, że wyjście Q przejdzie w stan 1 (lub nadal będzie w tym stanie). Z kolei podanie logicznej 1 na wejście RESET spowoduje, że wyjście Q przejdzie w stan 0 (lub nadal będzie w tym stanie). W obu przypadkach przerzutnik bistabilny będzie pozostawać w stanie SET lub RESET tak długo, dopóki na wejścia nie zostanie podany stan, który to zmieni. Układy bistabilne R-S można łatwo zbudować przy użyciu bramek NAND lub NOR sprzężonych na krzyż, tak jak to pokazano na **rysunku 10.4**. Przerzutniki te są jednak niedoskonałe, ponieważ gdy oba wejścia SET i RESET są jednocześnie w stanie 1, to stan wyjścia jest nieokreślony.



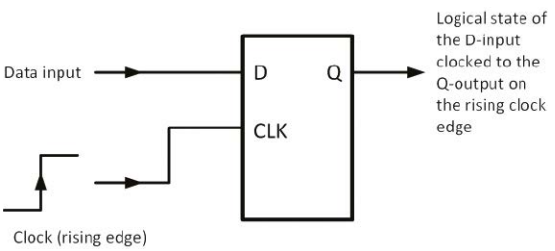

**Rysunek 10.3. Symbole przerzutników monostabilnych i bistabilnych**




**Rysunek 10.4. Użycie sprzężonych na krzyż bramek logicznych NAND i NOR do realizacji bistabilnych przerzutników R-S**

**Przerzutnik bistabilny typu D**

Układ D ma dwa główne wejścia: D („dane") oraz CLOCK („zegar"; skrót: CK lub CLK).




**Rysunek 10.5. Taktowanie przerzutnika bistabilnego D w celu zmiany stanu jego wyjścia**

Stan wejścia danych (0 lub 1) jest wpisywany do przerzutnika bistabilnego – i pojawia się na wyjściu – w chwili zmiany stanu na wejściu zegarowym (**rysunek 10.5**). Mówimy, że działanie tego przerzutnika jest synchroniczne. Są dodatkowe pomocnicze wejścia (z reguły aktywne przy stanie niskim), które mogą być używane do bezpośredniego, natychmiastowego ustawiania lub zerowania przerzutnika. Są one zwykle nazywane PRESET (PR) i CLEAR (CLR). Układy bistabilne typu D mogą być zarówno używane jako „zatrzaski" (prosta, jednobitowa forma pamięci) jak i wchodzić w skład dzielników dwójkowych.

**Przerzutniki bistabilne typu J-K**

Przerzutnik J-K jest najbardziej zaawansowanym i elastycznym typem przerzutnika bistabilnego i może być skonfigurowany na różne sposoby, w tym jako dzielnik dwójkowy, element rejestru przesuwnego czy „zatrzask". Układ bistabilny J-K ma dwa synchroniczne wejścia (J i K), dwa wejścia bezpośrednie (PRESET i CLEAR), wejście CLOCK (CK) oraz wyjścia (Q i ~Q). Tak jak w przypadku innych przerzutników bistabilnych, oba wyjścia są wzajemnie komplementarne (tj. gdy jedno ma stan 0, to drugie ma stan 1 i na odwrót). Wejścia PRESET i CLEAR są na ogół aktywne przy stanie niskim, tj. 0 na wejściu PRESET ustawia wyjście Q na 1, a 0 na wejściu CLEAR ustawia wyjście Q na 0.

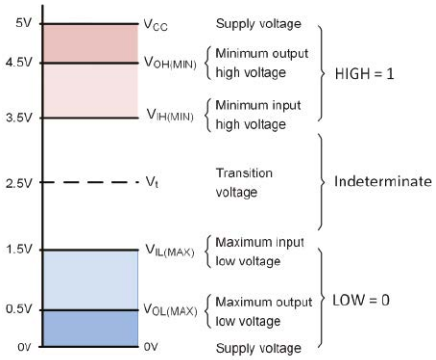
## Rodziny układów logicznych

Cyfrowe układy scalone są zwykle klasyfikowane według technologii półprzewodnikowej stosowanej do ich produkcji. Rodzina układów logicznych, do której należy dany układ, w dużej mierze decyduje o jego charakterystykach operacyjnych, takich jak pobór mocy, szybkość i odporność na zakłócenia. Dwie najważniejsze rodziny układów logicznych to CMOS (*Complementary Metal-Oxide Semiconductor*) i TTL (*Transistor-Transistor Logic*). W trakcie ostatnich 50 lat każda z tych rodzin została rozszerzona i podzielona na mniejsze rodziny. Rodzina układów logicznych najodpowiedniejsza do zastosowania w naszym arbitrze opiera się na szybkiej technologii CMOS. Rodzina „HC", bo o niej mowa, łączy w sobie kilka korzystnych cech technologii CMOS z zaletami tradycyjnie szybszej i odpornej na zakłócenia technologii TTL.

## Poziomy logiczne

Poziomy logiczne to po prostu zakresy napięć używanych do reprezentowania stanów logicznych 0 i 1. Poziomy logiczne w układach z rodziny HC są podobne do poziomów standardowych układów CMOS i różnią się od poziomów typowych dla konwencjonalnych układów TTL i LS-TTL. **Rysunek 10.6** pokazuje typowe zakresy napięć i odpowiadające im poziomy logiczne w układach z rodziny HC. Jest kilka istotnych rzeczy, które należy wziąć pod uwagę w oparciu o rysunek 10.6:

1. $V_{OHmin}$ (minimalne napięcie wyjściowe w stanie wysokim) musi być większe niż VIHmin (minimalne napięcie wejściowe dla stanu wysokiego).
2. $V_{OLmax}$ (maksymalne napięcie wyjściowe w stanie niskim) musi być niższe niż $V_{ILmax}$ (maksymalne napięcie wejściowe dla stanu niskiego).
3. Projektant obwodu musi zapewnić, że napięcia na wejściach układów logicznych – wysokie ($V_{IH}$) i niskie ($V_{IL}$) – będą mieścić się w dopuszczalnym zakresie. Niespełnienie tego wymagania może skutkować nieprzewidywalnym działaniem układu.
4. Napięcie przełączania wejść układów logicznych ($V_t$) wynosi standardowo 50% napięcia zasilania ($V_{CC}$).




**Rysunek 10.6. Standardowe poziomy logiczne dla układów z serii HC**

Gdy wejściowe poziomy logiczne zmieniają się z 0 na 1 lub z 1 na 0, zakłada się zwykle, że zmiana stanu wyjścia następuje w momencie przejścia napięcia wejściowego przez punkt $V_t$.

Zauważmy, że układy z rodziny HC mogą działać przy konwencjonalnym napięciu zasilania TTL (5 V ±10%), a także przy zwykłym zakresie poziomów wejściowych używanych przez standardowe układy TTL (przypis redaktora: ta druga cecha dotyczy wyłącznie układów z pokrewnej rodziny HCT). Układy HC i HCT mają taki sam rozkład wyprowadzeń jak odpowiadające im układy TTL, jednak pełną zgodność poziomów wejściowych zapewnia rodzina HCT. Użycie układów HC/HCT prowadzi do zmniejszenia zużycia energii bez utraty szybkości. Przypis redaktora: to nie zawsze obowiązuje przy dużych częstotliwościach pracy, powiedzmy powyżej 20 MHz. Może się wtedy zdarzyć, że układ HC/HCT pobiera więcej mocy niż odpowiadający mu układ z rodziny LS TTL. Niektóre typowe parametry rodziny HC podsumowano w **tabeli 10.1**, a kilkanaście popularnych typów układów z tej rodziny i ich funkcje logiczne wymieniono w **tabeli 10.2**.

Wejścia i wyjścia układów HC są, w przeciwieństwie do wczesnych serii układów CMOS i MOS, chronione przed wyładowaniami elektrostatycznymi, jakie mogą wystąpić w typowych sytuacjach. Niemniej jednak przy korzystaniu z tych układów dobrze jest wyrobić sobie nawyk przestrzegania środków ostrożności ESD (patrz *Idąc Dalej*).

W niektórych zastosowaniach nie używamy wszystkich elementów logicznych wchodzących w skład układu scalonego (np. w układzie 74HC02 mogą być użyte tylko dwie z czterech bramek NOR). W takim przypadku należy postępować zgodnie z zaleceniami producenta dotyczącymi nieużywanych wejść i wyjść. Czyli, ogólnie rzecz biorąc, nieużywane wejścia powinny zostać podłączone do masy ($V_{SS}$, GND) lub zasilania ($V_{CC}$),

**Tabela 10.1 Charakterystyka układów rodziny HC**

| Symbol | Parametr | Wartość | | | Jednostka |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Min | Typ | Maks. | |
| $V_{CC}$ | Napięcie zasilania | 2,0 | 5,0 | 6,0 | V |
| $V_I$ | Zakres napięcia wejściowego 1 | 0 | – | VCC | V |
| $V_O$ | Zakres napięcia wyjściowego 1 | 0 | – | VCC | V |
| $t_r$, $t_f$ | Czas narastania/opadania 2 | 0 | 6,0 | 500 | ns |
| $V_{IH}$ | Napięcie wejściowe w stanie wysokim 2 | 3,5 | 4,8 | 5,0 | V |
| $V_{IL}$ | Napięcie wejściowe w stanie niskim 2 | 0 | 0,2 | 1,5 | V |
| $V_{OH}$ | Napięcie wyjściowe w stanie wysokim 2 | 4,5 | 4,9 | 5,0 | V |
| $V_{OL}$ | Napięcie wyjściowe w stanie niskim 2 | 0 | 0,1 | 0,5 | V |

Uwagi
1. Nie może wykraczać poza podany zakres
2. Wartości dla typowego napięcia $V_{CC}$ wynoszącego 5 V.

| Tabela 10.2 Typowe układy z rodziny HC | | |
|---|---|---|
| **Układ** | **Funkcja logiczna** | **Obudowa (wersja DIL)** |
| 74HC00 | Poczwórna 2-wejściowa bramka NAND | 14 pinów |
| 74HC02 | Poczwórna 2-wejściowa bramka NOR | 14 pinów |
| 74HC04 | Sześciokrotny inwerter (NOT) | 14 pinów |
| 74HC08 | Poczwórna 2-wejściowa bramka AND | 14 pinów |
| 74HC14 | Sześciokrotny inwerter z wejściami Schmitta | 14 pinów |
| 74HC32 | Poczwórna 2-wejściowa bramka OR | 14 pinów |
| 74HC73 | Podwójny bistabilny przerzutnik J-K z asynchronicznym ustawianiem i zerowaniem | 14 pinów |
| 74HC74 | Podwójny bistabilny przerzutnik D z wpisywaniem zboczem dodatnim | 14 pinów |
| 74HC123 | Podwójny przerzutnik monostabilny z możliwością przedłużania impulsu (retriggerable) | 16 pinów |
| 74HC138 | Dekoder z 3 na 8 linii | 16 pinów |
| 74HC164 | 8-bitowy rejestr przesuwający z wejściem szeregowym | 14 pinów |
| 74HC165 | 8-bitowy rejestr przesuwający z wejściem równoległym | 16 pinów |
| 74HC595 | 8-bitowy szeregowo-równoległy rejestr przesuwający | 16 pinów |

a nieużywane wyjścia być po prostu nigdzie nie podłączone.

Ponadto jak najbliżej pinów $V_{SS}$ i $V_{CC}$ każdego układu scalonego (np. między pinem 7 i pinem 14 układu 74HC02) powinien być dołączony kondensator (ceramiczny; przypis redaktora) o pojemności typowo 100 nF.

Nieprzestrzeganie wymienionych środków może skutkować zawodnym działaniem, oscylacjami i niestabilną pracą.

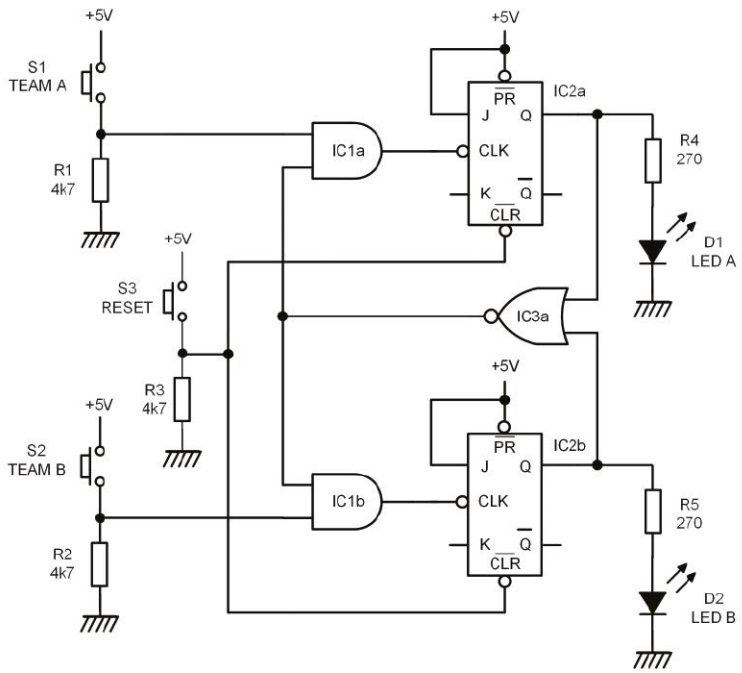
## Specyfikacja projektu

Tak jak w przypadku każdego projektu elektronicznego, prace należy rozpocząć od sformułowania wystarczająco szczegółowej specyfikacji. Nasz arbiter ma mieć dwa przyciski chwilowe – po jednym dla każdej drużyny. Po naciśnięciu jednego z przycisków powinna zaświecić się dioda LED identyfikująca drużynę odpowiadającą. Aby nie było wątpliwości, która z drużyn udzieliła odpowiedzi jako pierwsza, przycisk drugiej drużyny musi wtedy zostać „zablokowany". Gdy odpowiedź zostanie oceniona, prowadzący zabawę będzie kasować układ trzecim przyciskiem – RESET – przed oczekiwaniem na odpowiedź na kolejne pytanie.

Mamy więc trzy wejścia z przyciskami chwilowymi. Oznaczymy je jako „TEAM A", „TEAM B" i „RESET". Wyjściami będą dwa duże wskaźniki LED, które, o ile zajdzie taka potrzeba, będzie można później uzupełnić o sygnalizatory zewnętrzne i brzęczyki. Układ ma działać przy niskim napięciu zasilania (5 V) i być na tyle mały, by zmieścić się w małej obudowie z tworzywa ABS.

## Pamięć

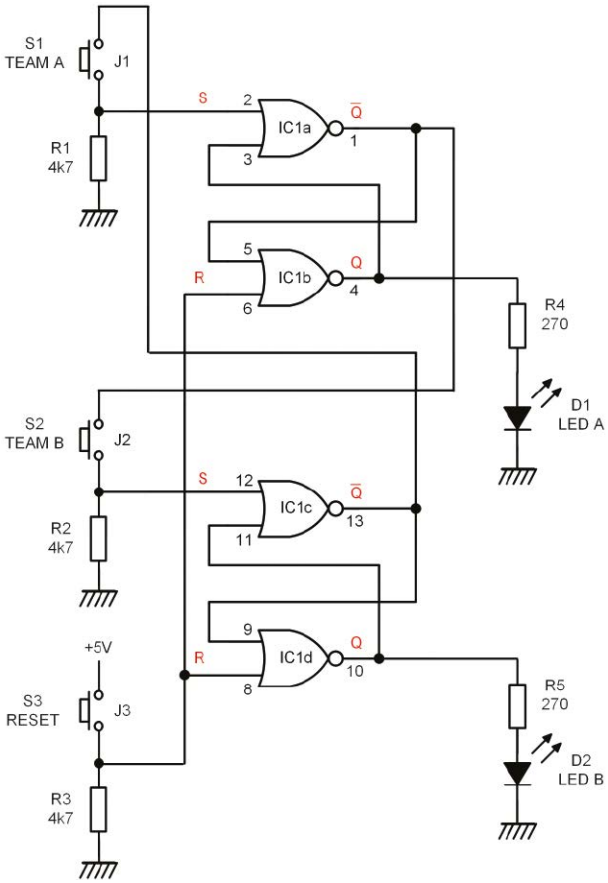
Ze specyfikacji projektu wynika w oczywisty sposób, iż arbiter musi „pamiętać", że jeden z dwóch przycisków TEAM został naciśnięty. Po naciśnięciu przycisku nie



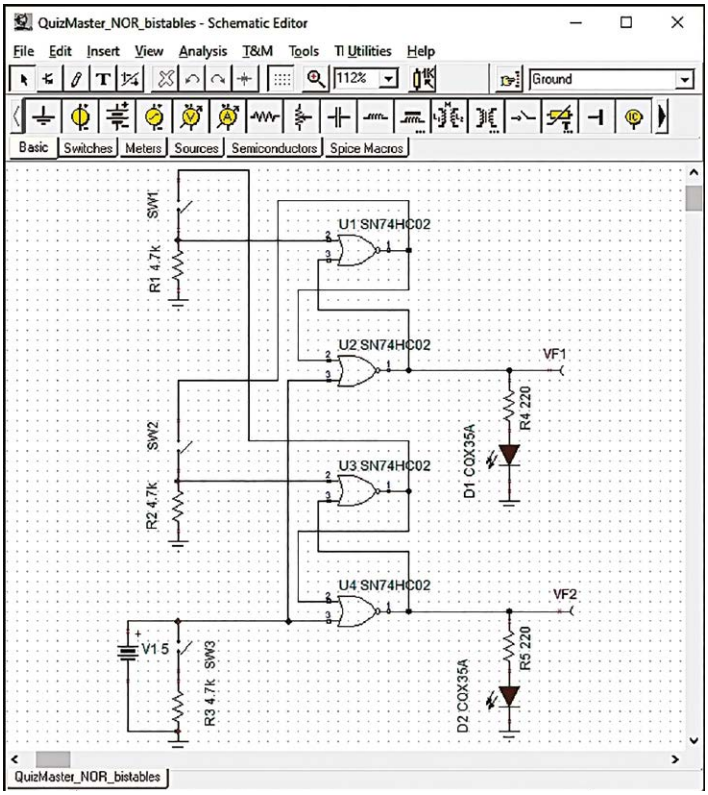

**Rysunek 10.7. Arbiter oparty na bramkach logicznych i przerzutnikach bistabilnych J-K**

powinno być konieczne ciągłe go przytrzymywanie. Używając mikrokontrolera można to osiągnąć, odpowiednio ustawiając zmienne programu po odczytaniu stanu przycisków. W wersji układu z logiką tradycyjną tę funkcję „pamięci" można zrealizować poprzez ustawianie przerzutnika bistabilnego przyciskami TEAM. Zauważmy, że będziemy potrzebować dwóch przerzutników bistabilnych – po jednym dla każdego z przycisków. Musimy się również upewnić, że po tym, jak jeden z przerzutników zostanie ustawiony, drugi z nich nie będzie już w stanie reagować na naciśnięcie swojego przycisku. W ten sposób „zablokujemy" przycisk drugiej drużyny. Można to osiągnąć poprzez prosty układ logiczny jak na **rysunku 10.7**. Układ można zrealizować na trzech układach w obudowach DIL: 74HC02, 74HC08 i 74HC73 (tabela 10.2).

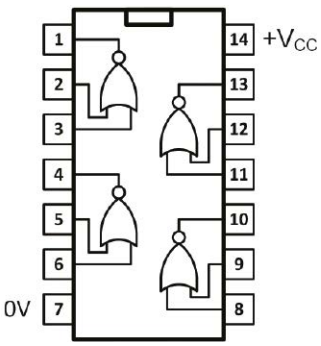
Układ z rysunku 10.7 można uznać za dobry punkt wyjścia. Aczkolwiek, jak to zwykle bywa przy projektowaniu układów logicznych, możliwe jest uproszczenie go. Jeśli zastąpimy dwa przerzutniki bistabilne J-K sprzężonymi na krzyż bramkami NOR, możemy zmniejszyć liczbę układów scalonych o jeden. Dalszą redukcję można uzyskać, wykorzystując wyjścia Q przerzutników jako źródło stanu logicznego 1 dla przycisków, zamiast dołączać przyciski do zasilania +5 V. Ten zminimalizowany układ pokazano na **rysunku 10.8**. Wykorzystuje on jeden jedyny logiczny układ scalony 74HC02 (**rysunek 10.9**).



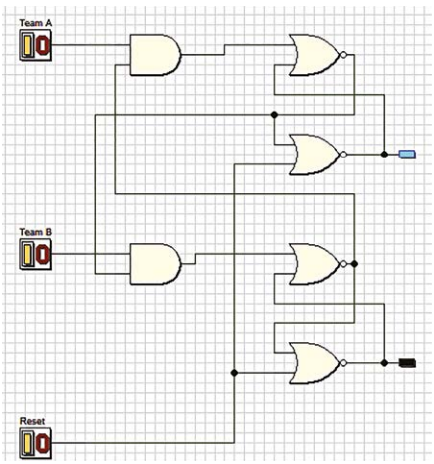

**Rysunek 10.8. Zminimalizowana wersja układu arbitra, wykorzystująca dwie pary sprzężonych na krzyż dwuwejściowych bramek NOR**




**Rysunek 10.10. Symulacja układu z rysunku 10.8 w programie Tina Pro**




**Rysunek 10.9. Rozkład wyprowadzeń układu scalonego 74HC02, zawierającego cztery dwuwejściowe bramki NOR**




**Rysunek 10.11. Symulacja wcześniejszej wersji układu w symulatorze układów logicznych Deeds**

## Symulacja

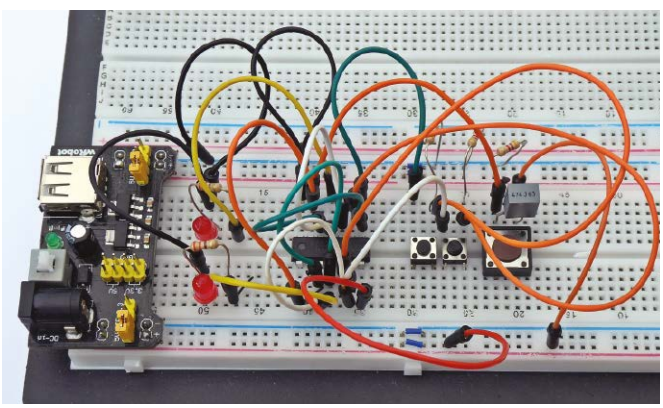
Przed zaprojektowaniem płytki drukowanej warto przetestować cały układ w programie symulacyjnym na przykład Tina lub Deeds. Symulator pozwoli zbudować „układ wirtualny" i sprawdzić, czy wszystko działa zgodnie z oczekiwaniami. Jak to zrobić, pokazują **rysunki 10.10** i **10.11**. Można wysterowywać każde z wejść (SW1, SW2 i SW3) i obserwować stany obu wyjść (D1 i D2). Ważne jest sprawdzenie, czy przycisk RESET (SW3) funkcjonuje poprawnie i czy funkcja „blokady" działa zgodnie z założeniami.

## Płytka prototypowa

Po sprawdzeniu układu w symulacji, i przed przejściem do końcowego etapu prototypowania, pomocne może być zmontowanie obwodu na płytce stykowej przy użyciu rzeczywistych elementów (**rysunek 10.12**). Mogą się wtedy ujawnić różnice między zachowaniem wirtualnych elementów w symulatorze a ich fizycznych odpowiedników. Będzie to również dodatkowe potwierdzenie prawidłowości działania układu zanim zostanie on zbudowany na płytce uniwersalnej lub (wariant droższy) drukowanej. Kolorowe przewody łączące na płytce stykowej pomagają ustrzec się pomyłek, które mogą się zdarzyć na płytce uniwersalnej.

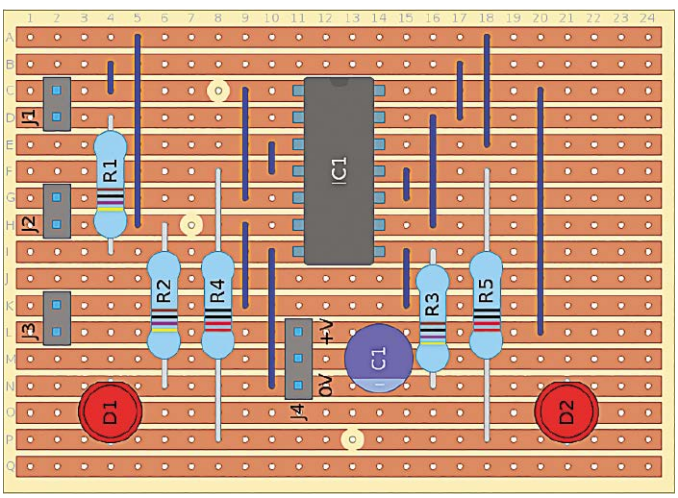
## Prototyp

Układ prototypowy arbitra pokazano na **rysunku 10.13**. Zajmuje on mały kawałek płytki uniwersalnej (17 pasków po 24 otwory).

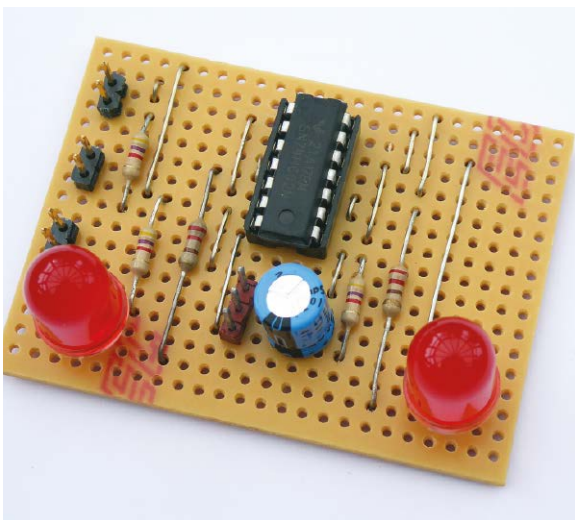


**Rysunek 10.12. Testowanie układu z rysunku 10.8 na płytce stykowej**

| Tabela 10.3 Dalsze kroki z tradycyjnymi układami logicznymi | | |
|---|---|---|
| **Temat** | **Źródło** | **Uwagi** |
| Rodziny układów logicznych | Doskonały przegląd różnych rodzin układów logicznych udostępnia Texas Instruments (TI). | Przewodnik po układach logicznych Texas Instruments znajduje się pod adresem https://bit.ly/pe-dec23-ti |
| Układy logiczne serii HC | Przydatne informacje i szczegółowe specyfikacje techniczne serii HC zawiera Nota Aplikacyjna Toshiba. Układy logiczne serii HC można nabyć u większości dostawców podzespołów elektronicznych. | Nota aplikacyjna firmy Toshiba znajduje się na stronie https://bit.ly/pe-dec23-tosh |
| Oprogramowanie symulacyjne Deeds | Środowisko Deeds, pomyślane jako podstawa do pracy w zakresie elektroniki cyfrowej, jest doskonałym produktem edukacyjnym, pozwalającym szybko i łatwo budować, testować i poprawiać cyfrowe układy logiczne. | Pakiet symulacyjny Deeds można bezpłatnie pobrać spod https://bit.ly/pe-dec23-deeds |
| Oprogramowanie symulacyjne Tina | Rozbudowany, a przy tym intuicyjny pakiet Tina Design Suite firmy DesignSoft może znacznie ułatwić symulację szerokiej gamy układów analogowych i cyfrowych. | Specjalną wersję oprogramowania Texas Instruments – Tina-TI – można pobrać bezpłatnie ze strony https://bit.ly/pe-dec23-tinati<br><br>Wersje Student i Full/Hobbyist pakietu Tina Design Suite można nabyć na stronie Practical Electronics. Tanie wersje tego oprogramowania dla odpowiednio studentów i hobbystów znajdują się pod adresami: https://bit.ly/pe-dec23-tinastud https://bit.ly/pe-dec23-tinahob |
| Układy logiczne | Dla osób bez doświadczenia Część 4. Electronics Teach-in 4 (wydawca: Electron Publishing) będzie stanowić podstawowe wprowadzenie do układów logicznych. Wydawnictwo pokazuje, w jaki sposób można wykorzystać popularne oprogramowanie Circuit Wizard do symulacji i testowania praktycznych projektów logicznych. | Dostępny (jako część pakietu Teach-in) w wydawnictwie Electron Publishing pod adresem: https://bit.ly/pe-dec23-eti345 |
| Układy logiczne i techniki symulacji | Ogólne wprowadzenie do układów logicznych i symulacji zawiera autorska książka Electronic Circuits: Fundamentals and Applications (Fifth Edition 2020 opublikowana przez Routledge 9780367421984). | W wydawnictwie Electron Publishing pod adresem https://bit.ly/pe-dec23-mtoo |




**Rysunek 10.13. Prototyp układu z rysunku 10.8 na płytce uniwersalnej. Konieczne jest, niewidoczne na rysunku, przecięcie ścieżek między pinami układu scalonego w miejscach od 12C do 12I**



**Rysunek 10.14. Zmontowany prototyp, gotowy do testów**

Należy pamiętać, że wszystkie ścieżki pod układem IC1 muszą zostać przecięte (na rysunku 10.13 tego nie widać). Ukończony, gotowy do testów prototyp pokazano na **rysunku 10.14**.

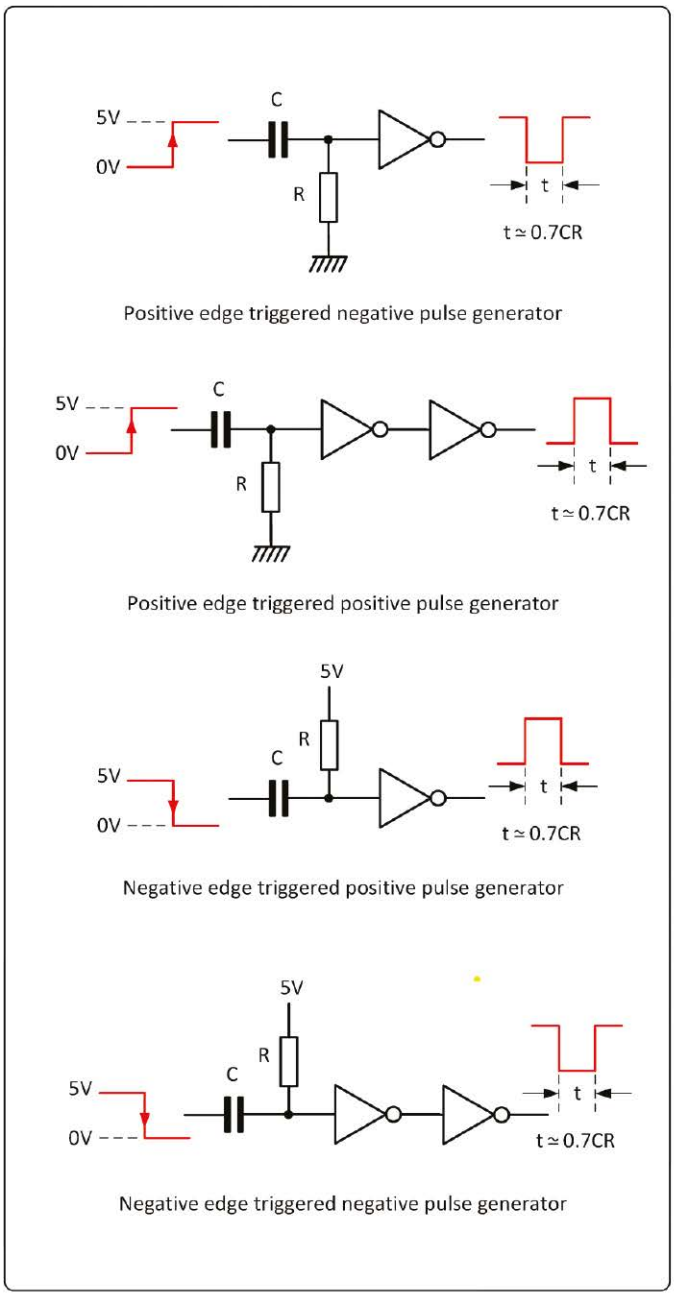
I na koniec nieco „pożywki dla szarych komórek" – różne fragmenty układów wykorzystujących „starą logikę", używanych przez autora (**rysunek 10.15**). Jeśli macie jakiś prosty projekt, to może się okazać, że tradycyjne układy logiczne zapewnią proste i niedrogie rozwiązanie bez konieczności uciekania się do skomplikowanego i kosztownego mikrokontrolera!

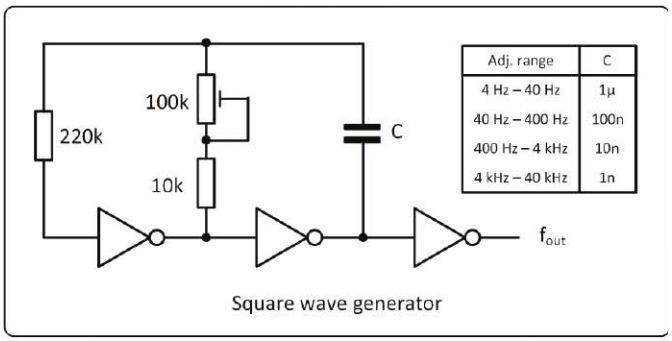
## Idąc dalej

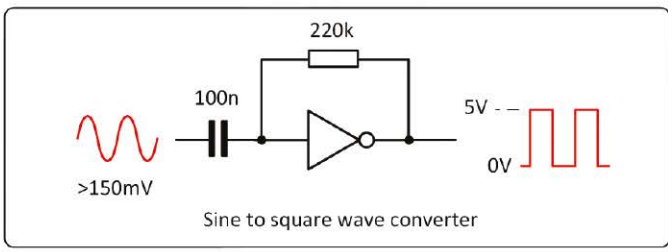
W tym podrozdziale wymieniono szereg źródeł, pod którymi można znaleźć dalsze informacje na temat tradycyjnych układów logicznych. Są też linki internetowe do wartościowych materiałów teoretycznych i programów narzędziowych. ■

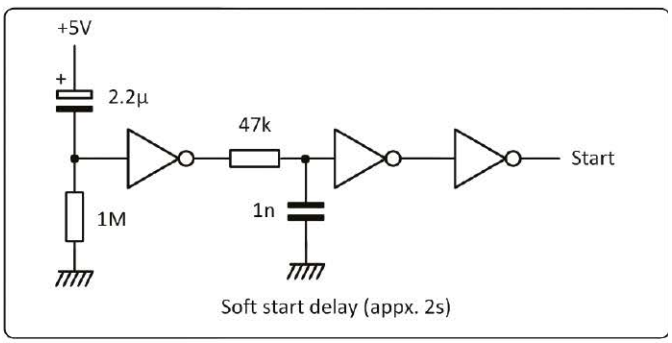
**Mike Tooley**

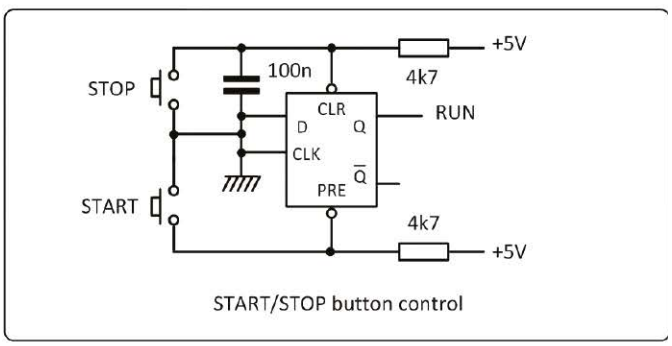
Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „Practical Electronics", grudzień 2023 (www.epemag3.com)

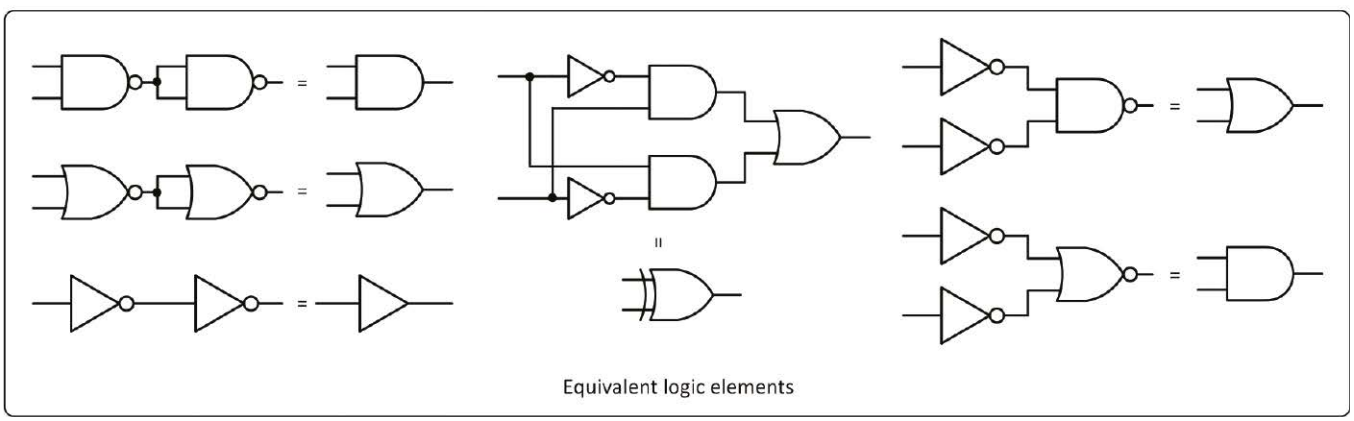


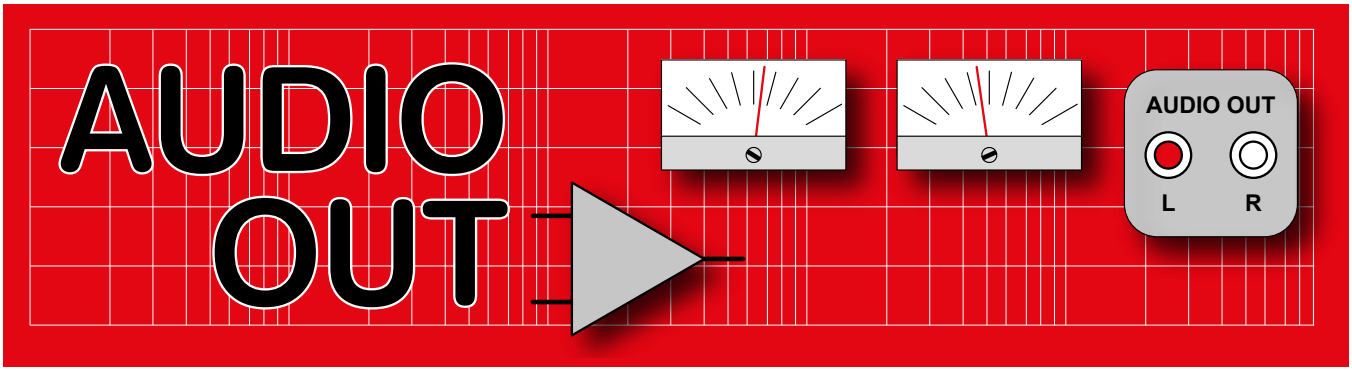




**Rysunek 10.15. Trochę przydatnych rozwiązań układowych opartych na „klasycznej logice”**




# Trzaski powodowane przez potencjometry, część 1

**Od momentu pojawienia się pierwszych elektronicznych urządzeń akustycznych, co miało miejsce ponad sto lat temu, klasyczne regulatory głośności opierają swoje działanie na rezystorach nastawnych – potencjometrach. Od samego początku potencjometry miały irytującą wadę. Powodowały, że podczas regulacji głośności dźwięk był zakłócony przez trzaski, skrzypienia i inne hałasy. Tego typu usterki często występowały w analogowych urządzeniach akustycznych. Przeważnie wynikało to z zanieczyszczenia lub zużycia potencjometrów, jednak powodem mogła też być niewłaściwa konstrukcja układu i zły dobór elementów.**

Zawsze uważałem, że stosowanie potencjometrów obrotowych jest jednym z najlepszych rozwiązań w dziedzinie regulacji poziomu sygnałów akustycznych. Byłoby szkoda, gdyby fizyczne pokrętło stało się tylko kolejną skeumorficzną ikoną (graficznym elementem naśladującym wygląd rzeczywistego przedmiotu – przypis redaktora) we współczesnym świecie. W tym i w następnym odcinku omówię sposoby pozwalające na pozbycie się trzasków powstających podczas obracania potencjometrami.

## Historia z życia wzięta

W latach siedemdziesiątych, będąc jeszcze dzieckiem, próbowałem zarobić trochę pieniędzy na własne wydatki, naprawiając




**Rysunek 1. Najlepszym sposobem na zapoznanie się z budową potencjometru jest jego rozłożenie na części. Większość obudów potencjometrów jest po prostu zaciśnięta. Wystarczy odgiąć zaczepy za pomocą cęgów bocznych**

trzeszczące potencjometry regulacji głośności w radioodbiornikach i innych urządzeniach audio. Niektóre z nich nadal zgrzytały, nawet po wymianie potencjometrów na nowe. Powodem tego zjawiska była duża upływność kondensatorów sprzęgających i zła konstrukcja układu, ale wtedy jeszcze tego nie wiedziałem. W literaturze nie ma zbyt wielu informacji na ten temat. Najwcześniejszy artykuł jaki znalazłem napisał E. Dexter w magazynie „Practical Wireless" z sierpnia i września 1962 roku. Dotyczył on głównie układów lampowych. James Kerrick napisał artykuł zatytułowany „Clearing Noisy Volume Controls" w kwietniowym numerze magazynu „Radio and Electronics Constructor" z 1974 roku. Kolejny artykuł zatytułowany „Circuit Ideas" napisał C.H. Banthorpe w magazynie „Wireless World" z kwietnia 1971 roku.

Informacje na temat szumów powodowanych przez potencjometry rzadko pojawiają się w ich specyfikacjach technicznych, ja zaś badam to zjawisko od kilkudziesięciu lat. Doszedłem do wniosku, że przy doborze elementów i projektowaniu układów kluczowe znaczenie mają praktyczne doświadczenia zebrane w rzeczywistych warunkach, i właśnie o tym zamierzam tutaj napisać.

## Konstrukcja potencjometru

Budowa potencjometrów była już wcześniej omawiana, jednak warto praktycznie zapoznać się z ich konstrukcją. Najlepszym sposobem jest rozłożenie potencjometru na części.

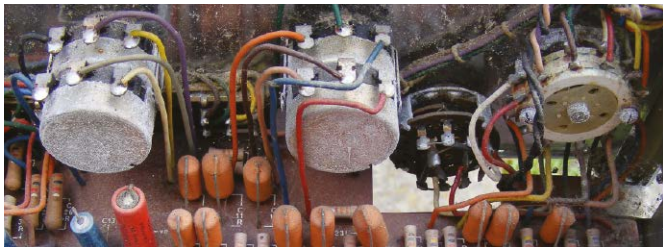



**Rysunek 2. Najstarszymi regulatorami głośności były potencjometry drutowe. Oto nietypowy, podwójny potencjometr o dużej mocy, służący do regulacji poziomu wysterowania głośnika wysokotonowego**

Potencjometry Alpha 24 mm firmy Rapid są łatwe w demontażu i można je z łatwością złożyć z powrotem. Technikę otwierania metalowych zaczepów obudowy pokazano na **rysunku 1**. Widoczna jest ścieżka przewodząca, suwak oraz zespół pierścienia ślizgowego i styku środkowego.

## Nie znoszę tego hałasu

Głównym zadaniem potencjometru jest zapewnienie płynnej zmiany rezystancji w miarę obrotu jego osi. Takie są idealne założenia teoretyczne, jednak w praktyce rezystancja ścieżki zawsze wykazuje pewną nieregularność. Z tego powodu sygnał akustyczny doprowadzony do potencjometru podlega szkodliwej modulacji powodującej powstawanie szumów podczas jego obracania.



**Rysunek 3. We wczesnych urządzeniach Hi-Fi stosowano potencjometry ze ścieżką węglową firmy Morganite. Znalazły one zastosowanie we wzmacniaczu Leak Stereo 30 z 1964 roku, zbudowanym na tranzystorach germanowych. Nadal działają pomimo utlenienia i zabrudzeń**

## Technologia produkcji potencjometrów

Światowi producenci opracowali wiele sposobów wytwarzania potencjometrów. Poniżej znajduje się przegląd najważniejszych ich odmian. Należy zauważyć, że w poniższych opisach przez ścieżkę rozumie się materiał rezystancyjny rozłożony między dwoma końcowymi zaciskami potencjometru, a suwak to część poruszająca się wzdłuż ścieżki, połączona z trzecim zaciskiem potencjometru.

## Potencjometry drutowe

Potencjometry drutowe (**rysunek 2**) zapewniają najlepszą stabilność i dokładność regulacji, a także relatywnie dużą zdolność do rozpraszania ciepła. Historycznie były to pierwsze tego typu konstrukcje. Obecnie ich jedynym zastosowaniem w akustyce jest regulacja poziomu średnich i wysokich tonów w pasywnych zwrotnicach głośnikowych, gdzie wymagane są niskie wartości rezystancji (od 2 Ω do 100 Ω) i wysokie moce znamionowe (od 2 W do 5 W). Potencjometry drutowe charakteryzują się skokowymi zmianami rezystancji, co powoduje słyszalny szum podczas obracania pokrętła, nazywany czasem szumem zamka błyskawicznego.

## Potencjometry węglowe

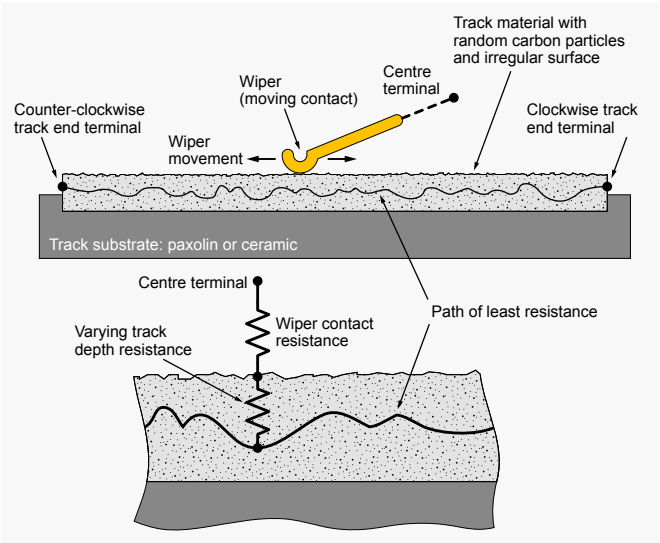
Dawni konstruktorzy sprzętu radiowego zrezygnowali z używania potencjometrów drutowych na rzecz elementów ze ścieżką rezystancyjną wykonaną z węgla. Wykorzystywali materiał przewodzący podobny do stosowanego w rezystorach warstwowych. Kiedyś największą popularnością cieszyły się potencjometry firmy Morganite (**rysunek 3**), która początkowo specjalizowała się w produkcji szczotek węglowych do silników i pantografów kolejowych. Potencjometry węglowe zostały dobrze przyjęte przez pionierów rodzącej się branży Hi-Fi, takich jak firma Quad, w ich lampowych przedwzmacniaczach z lat pięćdziesiątych.



**Rysunek 5. Zastosowanie potencjometrów Alpha stanowi ekonomiczne i skuteczne rozwiązanie. Na zdjęciu są widoczne wersje 16 mm, używane w gitarowym pedale Colorsound Silver Tonebender**



**Rysunek 6. W stylowym radiu Bush TR82 zastosowano potencjometry Plessey z serii E. Te radia rzadko ulegają awarii. Wymagają jedynie czyszczenia i wymiany starych kondensatorów elektrolitycznych na nowe**



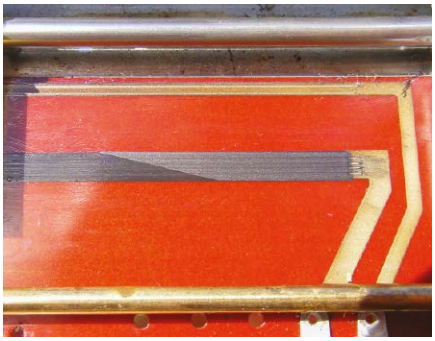

**Rysunek 4. Rysunek pokazujący, jak podczas obrotu osi potencjometru powstają nieregularne, losowe zmiany rezystancji**

Ścieżki potencjometrów węglowych są zazwyczaj tworzone z materiału zawierającego drobnoziarnistą sadzę zmieszaną z żywicą fenolową oraz z ceramicznego wypełniacza izolacyjnego. Nadal występują w nich pewne nierówności, ale mają one charakter płynnych, losowych zmian rezystancji, jak pokazano na **rysunku 4**, na poziomie ±0,2 do 3% średniej wartości rezystancji ścieżki. Tak określony parametr jest nazywany szumem dynamicznym. Zawsze podaje się go jako wartość początkową dla nowego potencjometru. W miarę zużywania się ścieżki jej powierzchnia staje się bardziej chropowata, a poziom szumu wzrasta.

Receptury do tworzenia powłok ścieżek rezystancyjnych są zazwyczaj pilnie strzeżoną tajemnicą, pomimo to firma Omeg poinformowała mnie, że w swoich ścieżkach stosuje sadzę, termoutwardzalną żywicę fenolowo-aralkilową, środek usztywniający, taki jak żywica Butar, oraz suchy środek smarny, np. PTFE oraz odpowiednie rozpuszczalniki. Nazywają to „polimerem przewodzącym" firmy Omeg. Najtańszym sposobem wykonania potencjometru węglowego jest naniesienie natryskowo lub metodą sitodruku warstwy farby węglowej na krążek z papieru Paxolin lub papieru spajanego żywicą fenolową. Najlepsze potencjometry węglowe produkują firmy Alps i Alpha (**rysunek 5**). Są one stosowane w wielu wzmacniaczach audio przeznaczonych na rynek konsumencki. Ścieżki węglowe mają ograniczoną żywotność, zazwyczaj od 10 000 do 20 000 obrotów. W latach pięćdziesiątych firma Morganite stwierdziła, że pokrętło głośności w domowym radio-odbiorniku jest poruszane średnio 2000 razy w ciągu roku. W profesjonalnych studiach nagraniowych główne pokrętło głośności lub potencjometr monitora może wytrzymać tylko rok lub dwa.

## Potencjometry z formowaną ścieżką

Metodą zapewniającą dłuższą żywotność potencjometrów jest zastosowanie grubszej ścieżki węglowej formowanej na gorąco. Przykładem mogą być stare potencjometry Plessey E (**rysunek 6**), stosowane w modułach Neve i radioodbiornikach Bush z lat sześćdziesiątych, takich jak słynny model TR82 (pokazany na rysunku 6). Radioodbiorniki te są nadal produkowane jako chińskie repliki. Odchyłki rezystancji są równie duże jak w innych typach potencjometrów ze ścieżką formowaną na gorąco, podobnie jak to ma miejsce w przypadku rezystorów węglowych. Jednak w regulatorach

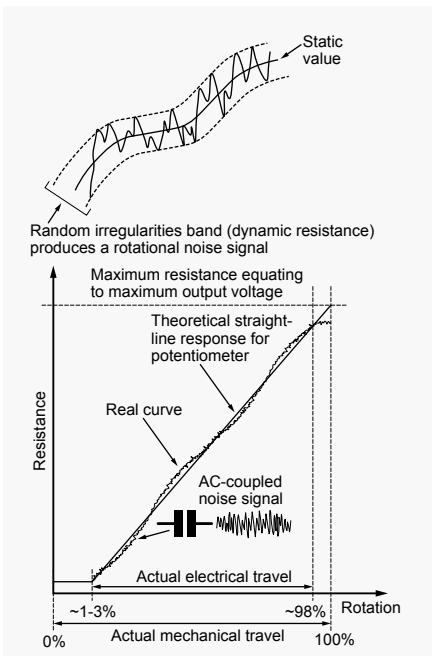


**Rysunek 7. Obszar przejściowy logarytmicznego potencjometru suwakowego firmy Alps**

głośności sterowanych przez układy o niskiej impedancji wyjściowej i obciążonych wysoką impedancją, wahania rezystancji ścieżki mają znikomy wpływ na uzyskiwane efekty.

## Potencjometry z przewodzącego polimeru

Aby uzyskać jak najniższy poziom szumów dynamicznych należy stosować ścieżki przewodzące wykonane z tworzywa sztucznego, zawierające drobnoziarniste cząstki węgla związane żywicą epoksydową, z dokładnie wypolerowaną powierzchnią. Rozwiązanie to zostało po raz pierwszy zastosowane w słynnych potencjometrach suwakowych Penny and Giles, pierwotnie stosowanych w lotniczych czujnikach położenia. Tym razem potencjometry polimerowe zostały wykorzystane w drogich konsolach mikserskich. Te kosztowne




**Rysunek 8. Prąd stały przepływający przez niejednorodną ścieżkę potencjometru przyczynia się do powstawania szumu i trzasków podczas regulacji**

produkty nadal borykają się z problemami wynikającymi ze skończonych rozmiarów cząstek węgla. Być może pewnego dnia uda się uzyskać naprawdę płynnie działające potencjometry węglowe, wykorzystujące nanocząsteczki. W chwili obecnej ograniczenie negatywnych efektów wynikających z wad potencjometrów jest zadaniem dla projektantów układów.

## Potencjometry cermetowe

Innym materiałem powszechnie stosowanym do tworzenia ścieżek przewodzących jest cermet, czyli powłoka ceramiczno-metalowa wypalona na ceramicznym podłożu izolacyjnym. Takie potencjometry wykorzystuje się w urządzeniach pomiarowych, gdzie decydujące znaczenie ma wysoka stabilność i zdolność do rozpraszania ciepła. Charakteryzują się one krótką żywotnością, powodowaną szybkim ścieraniem się ruchomego styku na twardej i chropowatej powierzchni ścieżki przewodzącej. Z tych samych powodów nie nadają się do stosowania jako regulatory głośności. Są produkowane wyłącznie w wersji liniowej. W układach akustycznych, ze względu na swoją stabilność, znajdują zastosowanie jako potencjometry montażowe, do ustalania prądu spoczynkowego wzmacniaczy mocy.

## Ruchome elementy stykowe

Większość elementów stykowych wykonanych jest ze sprężystego metalu, takiego jak mosiądz. Aby zmniejszyć poziom szumów stosuje się suwaki wielopalcowe, które łagodzą wpływ nierówności ścieżek. Jeśli zależy nam na cichej pracy potencjometru, rozsądne jest zastosowanie czteropalcowych elementów stykowych. Pomocne jest również posrebrzanie. Potencjometry firmy Bourns posiadają unikalne elementy stykowe z co najmniej dziesięcioma palcami, co decyduje o ich wyższości nad innymi produktami.

Potencjometry z formowaną ścieżką wykorzystują pojedynczą szczotkę węglową, co poprawia jej trwałość i zapewnia odpowiednią powierzchnię styku. Co najważniejsze, nie ulegają one utlenianiu, choć nadal może to dotyczyć pierścienia ślizgowego, na którym się poruszają. Ważnym aspektem szczotek węglowych jest to, że mają one niewielką, ale znaczącą rezystancję, wynoszącą około 20 Ω, zwaną rezystancją końcową. Jej obecność oznacza, że regulacja głośności może nie odbywać się do zera. W przypadku potencjometrów podwójnych, takich jak Alpha, tanim sposobem na uzyskanie dodatkowych szczotek i na zmniejszenie poziomu szumów jest połączenie równoległe obu sekcji. Dzięki tej technice poziom szumu zostaje zmniejszony o 3 dB.

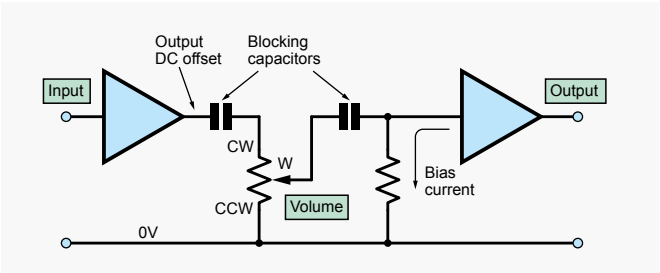
## Charakterystyka potencjometru

Aby uwzględnić fizjologiczne właściwości ludzkiego słuchu regulatory głośności mają logarytmiczne charakterystyki zmian rezystancji. Słowo „logarytmiczny” ma znaczenie umowne, w rzeczywistości rezystancja ścieżki potencjometru rośnie wykładniczo wraz z obrotem osi potencjometru w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara. Powoduje to wykładniczy wzrost napięcia sygnału, co przekłada się na subiektywnie płynną regulację głośności podczas obracania potencjometrem. Najczęściej stosowanym oznaczeniem potencjometrów logarytmicznych jest litera „A” umieszczona po wartości rezystancji. Potencjometry liniowe są oznaczone literą „B”, a antylogarytmiczne literą „C”. Austriacka firma Ruwido oznacza swoje potencjometry logarytmiczne jako +exp. Aby jeszcze bardziej zdezorientować inżynierów dźwięku, istnieje mnóstwo sprzecznych, zastrzeżonych systemów oznaczania. Europejscy producenci i brytyjska firma Omeg zamieniają litery A i B, podczas gdy Bourns używa litery D, a Allen-Bradly litery R w numerach katalogowych swoich potencjometrów logarytmicznych. Preh i inne niemieckie firmy oznaczają je jako +log. Przed użyciem jakiegoś potencjometru należy sprawdzić jego parametry w nocie katalogowej lub przetestować go za pomocą omomierza.

W wielu potencjometrach logarytmicznych wymagana krzywa zmian rezystancji jest uzyskiwana poprzez nakładanie na siebie odcinków ścieżki wykonanych z materiałów o różnej rezystywności. Jest to w istocie połączenie odcinków prostych o różnych nachyleniach. Poziom szumu wyraźnie wzrasta w obszarach przejściowych (**rysunek 7**), ponieważ występują tam największe nieregularności. W większości potencjometrów logarytmicznych zjawisko to występuje w obszarze obejmującym około 70% zakresu regulacji.

## Umiejscowienie potencjometru w układzie

Trzeba pogodzić się z tym, że potencjometry są z natury urządzeniami generującymi szumy. W końcu są to elementy z ruchomym stykiem. Dlatego rozsądnie jest umieszczać je w tych częściach toru akustycznego, gdzie poziom sygnału jest wysoki. Amplituda szumu generowanego przez potencjometr umieszczony tuż za mikrofonem jest




**Rysunek 9. Usuwanie składowej stałej sygnału za pomocą kondensatorów sprzęgających**

porównywalna do amplitudy sygnału z tego mikrofonu. Szum podlega dalszemu wzmacnianiu razem z sygnałem z mikrofonu, co powoduje bardzo przykre efekty. Na podobnej zasadzie wiele wczesnych odbiorników radiowych miało wyraźne mankamenty, ponieważ poziom sygnału akustycznego z detektora wynosił zaledwie 20…100 mV, a później następowało znaczne wzmocnienie. Potencjometr umieszczony za przedwzmacniaczem podnoszącym poziom sygnału do około 1 Vrms lub umieszczony bezpośrednio przed wzmacniaczem mocy nie spowoduje szkodliwych efektów.

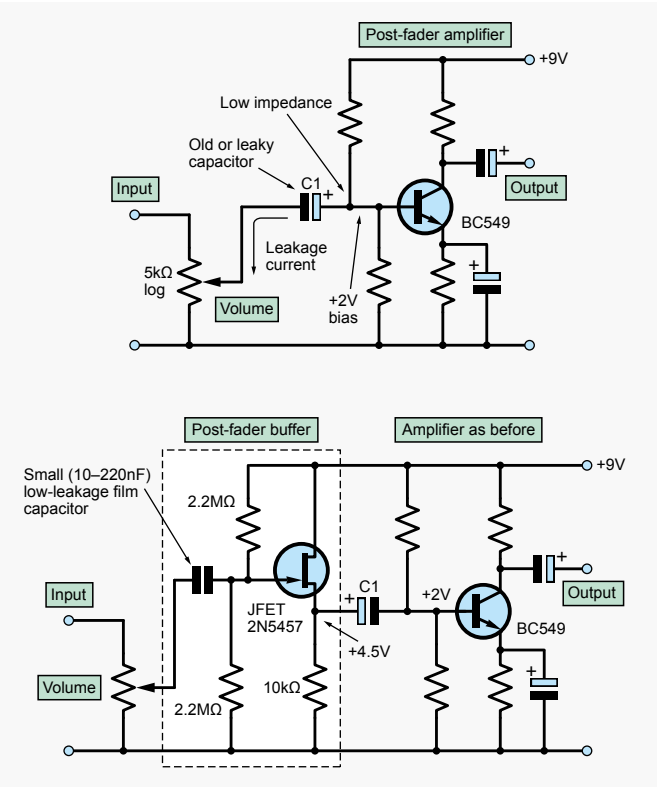
## Rezystancja potencjometru

Powszechnie wiadomo, że rezystory generują szum Johnsona, który jest proporcjonalny do ich rezystancji. Ponadto potencjometry o wysokiej rezystancji odznaczają się dodatkowym szumem dynamicznym, wynikającym z mniejszej zawartości węgla w materiale ścieżki przewodzącej, co sprawia, że jest ona bardziej chropowata. Wyższa impedancja sprzyja generacji większego napięcia szumowego w sytuacji, gdy przez potencjometr przepływa prąd upływowy z kondensatorów sprzęgających, a także nasila się wpływ zakłóceń zewnętrznych. Najlepiej jest stosować regulatory głośności o rezystancji w zakresie od 1 kΩ do 22 kΩ. W wielu starych urządzeniach lampowych stosowane są potencjometry o rezystancji do 2,2 MΩ, dlatego w tych układach należy spodziewać się silnych szumów podczas regulacji głośności. Nowoczesne wzmacniacze operacyjne tolerują obciążenie, na poziomie 600 Ω, bez uszczerbku na jakości sygnału, a wielu projektantów stosuje potencjometry o niskiej rezystancji, aby uniknąć szumów.

## Usuwanie składowej stałej

Podczas regulacji poziomu sygnału akustycznego z użyciem potencjometru bardzo ważne jest usunięcie napięcia stałego ze ścieżki przewodzącej. Jeśli takie napięcie występuje, jest ono przekształcane w sygnał o charakterze losowym, czyli w szum, na skutek przemieszczania się suwaka po niejednorodnej ścieżce przewodzącej. Im szybciej obraca się potencjometr, tym wyższy jest poziom szumu. W prawidłowo zaprojektowanym układzie do potencjometru jest doprowadzona wyłącznie składowa zmienna sygnału akustycznego. Dotyczy to także pobierania sygnału z suwaka potencjometru. Separacja odbywa się z użyciem kondensatorów sprzęgających (**rysunek 8**).

Potencjometr do regulacji głośności należy odizolować od reszty układu za pomocą kondensatorów sprzęgających, zarówno na wejściu jak i na wyjściu, jak pokazano na **rysunku 9**. Jeśli kondensatory wykazują upływność, podczas ruchu suwaka pojawią się zakłócenia. Skrzypiący potencjometr jest często oznaką użycia nieodpowiedniego kondensatora sprzęgającego, zazwyczaj elektrolitycznego. Możliwe jest stosowanie potencjometrów bez kondensatorów, gdy przesunięcia prądu stałego w stopniu sterującym




**Rysunek 10. Dzięki buforom post-fader (PFB) można uniknąć stosowania kondensatorów elektrolitycznych. Sterowanie regulatora głośności ze źródła o niskiej impedancji wyjściowej sprawia, że tolerancja rezystancji ścieżki staje się nieistotna. Należy zwrócić uwagę na konieczność odwrócenia biegunowości międzystopniowego kondensatora sprzęgającego (C1)**

są wyzerowane, a suwaki są obciążone wejściami tranzystorów polowych (FET), ale z mojego doświadczenia wynika, że takie systemy często ulegają dryftowi, powodując z czasem przepływ prądów wyrównawczych i szumów.

W rozwiązaniach układowych z lat siedemdziesiątych próbowano radzić sobie z trzaskami generowanymi przez potencjometry metodą zwiększenia impedancji obciążenia i stosowania foliowych kondensatorów sprzęgających o małej upływności. Zazwyczaj wiązało się to z umieszczeniem wzmacniacza buforowego za potencjometrem, jak pokazano na **rysunku 10**.

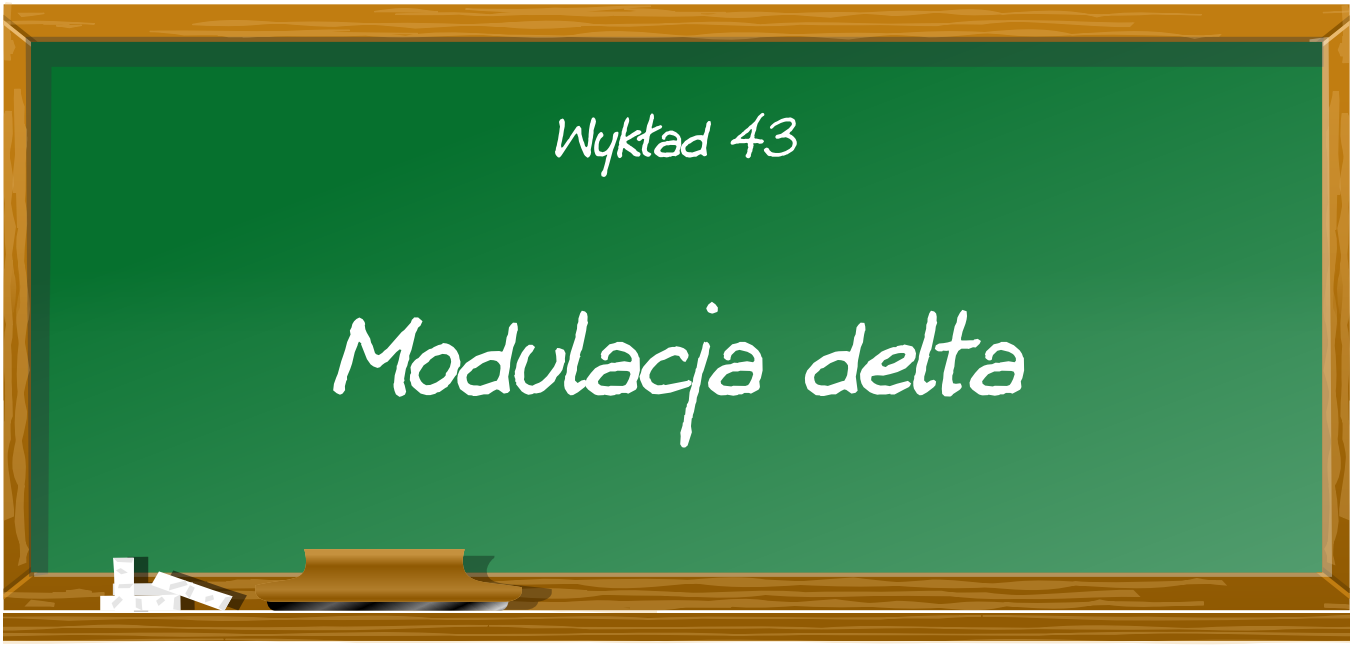
Trzaski powstałe na skutek nadmiernej upływności kondensatorów sprzęgających występują podczas obracania potencjometrem nawet przy braku wejściowego sygnału akustycznego. Jeśli trzaski występują tylko w obecności sygnału, ich przyczyną jest zużycie ścieżki lub problemy z kontaktowaniem suwaka. Podczas testów należy się posłużyć ciągłym sygnałem sinusoidalnym o częstotliwości około 300 Hz. Jest to prosta metoda sprawdzania jakości suwaków w mikserach. Podczas takiego testu sygnał muzyczny jest mniej przydatny, gdyż maskuje drobne trzeszczenia.

**W kolejnym odcinku wejdziemy głębiej w tematykę trzeszczących potencjometrów!** ■

**Jake Rothman**

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „Practical Electronics”, czerwiec 2023 (www.epemag3.com)

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.




**Za pomocą modulacji delta można w bardzo prosty sposób przekształcić sygnał analogowy w jednobitowy cyfrowy strumień danych. Taki strumień można równie łatwo ponownie przekształcić w odzyskany sygnał analogowy.**

## Jednobitowy przetwornik ADC

Modulator delta jest szeregowym przetwornikiem analogowo-cyfrowym. Ciągle zmieniające się napięcie analogowe zostaje przekształcone w szeregowy ciąg impulsów. Szerokość impulsów nie jest jednak stała, lecz zależy od przebiegu napięcia analogowego. Gdy napięcie wejściowe rośnie, modulator delta przełącza swoje napięcie wyjściowe ze stanu „L" na „H". Powstaje więc zbocze narastające, gdy napięcie wejściowe wzrasta. Gdy napięcie wejściowe maleje, wyjście modulatora przełącza się ze stanu „H" na „L". Malejące napięcie wejściowe powoduje więc zbocze opadające. Jeśli napięcie wejściowe pozostaje stałe, sygnał wyjściowy modulatora delta bardzo szybko przełącza się pomiędzy stanami „L" i „H". Powstają wtedy bardzo wąskie, symetryczne impulsy, czyli w praktyce zwykły przebieg prostokątny.

## Brak konieczności stosowania układu sample-and-hold

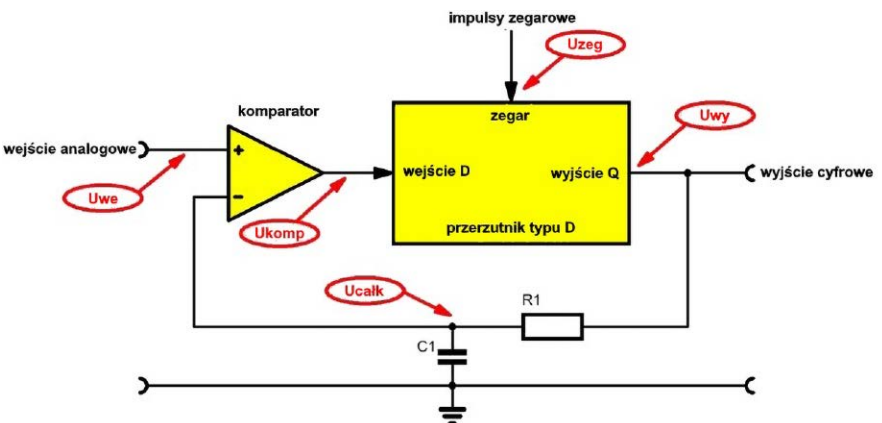
Jedną z podstawowych cech tego systemu jest możliwość pracy bez układu sample-and-hold, w którym próbki przetwarzanego napięcia analogowego są tymczasowo przechowywane. Oznacza to, że na wejście można podać szybkozmienne napięcie analogowe, a na wyjściu modulator będzie generował ciąg stanów logicznych stanowiący cyfrowe odwzorowanie zmian napięcia wejściowego

Modulator delta wymaga jednak sygnału zegarowego, którego częstotliwość określa szybkość przetwarzania.

## Schemat ideowy modulatora delta

Na poniższym rysunku przedstawiono podstawowy schemat modulatora delta. Układ jest więc bardzo prosty i składa się z szybkiego komparatora analogowego, przerzutnika typu D oraz pasywnego integratora. Integrator tworzą rezystor R1 i kondensator C1.

Analogowe napięcie wejściowe jest doprowadzane do wejścia nieodwracającego komparatora. Wyjście komparatora steruje wejściem danych przerzutnika typu D. Wejście zegarowe tego układu jest sterowane zewnętrznym sygnałem impulsowym, który określa szybkość działania systemu. Wyjście przerzutnika




**Podstawowy schemat modulatora delta (© 2018 Jos Verstraten)**

stanowi wejście integratora. Napięcie wyjściowe integratora jest doprowadzane do wejścia odwracającego komparatora. W ten sposób powstaje układ z pętlą sprzężenia zwrotnego.

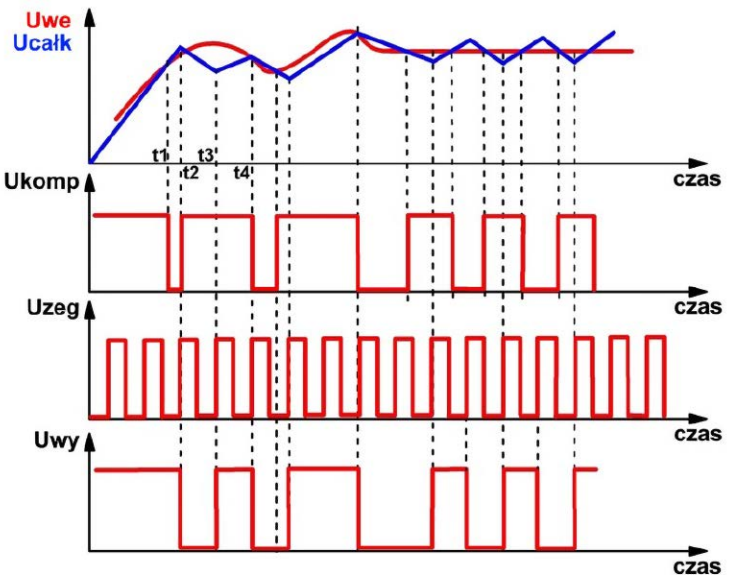
## Działanie przerzutnika typu D

Działanie całego układu jest całkowicie zależne od sposobu pracy przerzutnika typu D. Ten rodzaj komórki pamięci ma wejście danych oznaczone literą D. Wyjście Q przerzutnika przyjmuje stan logiczny obecny na wejściu D w chwili pojawienia się zbocza narastającego sygnału zegarowego. Przerzutnik pozostaje w tym stanie nawet wtedy, gdy poziom logiczny na wejściu D ulegnie zmianie. Dopiero przy następnym zboczu narastającym sygnału zegarowego wyjście Q przejmuje tę zmianę.

## Graficzne wyjaśnienie działania modulatora delta

Działanie układu wyjaśniono za pomocą przebiegów przedstawionych na poniższym rysunku.

Po włączeniu zasilania napięcie na kondensatorze integratora C1 jest oczywiście równe zeru. Napięcie wejściowe ma w tym momencie pewną dodatnią wartość. Napięcie na wejściu nieodwracającym komparatora jest więc większe niż na wejściu odwracającym. Wyjście komparatora przyjmuje stan „H". Ten stan logiczny pojawia się na wejściu przerzutnika i zostaje zapisany w przerzutniku przy pierwszym zboczu narastającym sygnału zegarowego. Wyjście Q układu, będące jednocześnie wyjściem Uwy modulatora delta, przechodzi więc w stan „H".




**Graficzne wyjaśnienie działania modulatora delta (© 2018 Jos Verstraten)**

Poziom wysoki na wyjściu Q powoduje ładowanie kondensatora C1 przez rezystor R1. Napięcie na wejściu odwracającym komparatora zaczyna więc powoli rosnąć. W chwili t1 napięcie to osiąga wartość równą napięciu wejściowemu. Komparator przełącza się, a jego wyjście przyjmuje stan „L".

W chwili t2, przy następnym aktywnym zboczu sygnału zegarowego, nowy stan z wejścia D zostaje zapisany w przerzutniku. Napięcie wyjściowe układu również przechodzi więc w stan „L".

W rezultacie kondensator integratora zaczyna rozładowywać się przez rezystor R1 do potencjału masy obecnego na wyjściu układu. Napięcie na wejściu odwracającym komparatora maleje, co powoduje natychmiastowe przełączenie komparatora, ponieważ napięcie wejściowe nadal rośnie i napięcie na wejściu nieodwracającym jest większe niż napięcie na wejściu odwracającym. Wejście D ponownie przyjmuje stan „H".

Przy następnym aktywnym zboczu sygnału zegarowego (chwila t3) stan ten zostaje ponownie zapisany w przerzutniku. Napięcie wyjściowe układu Uwy znów przechodzi w stan „H". Kondensator zaczyna się ładować, a napięcie na wejściu odwracającym komparatora rośnie.

W ten sposób układ ze sprzężeniem zwrotnym powoduje, że napięcie na wejściu odwracającym komparatora staje się możliwie najlepszym przybliżeniem napięcia wejściowego.

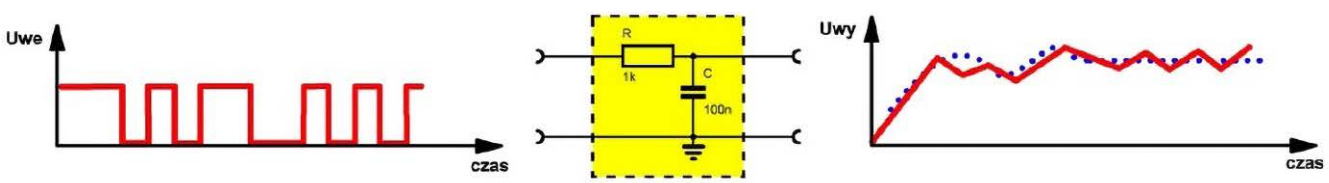
Jeśli napięcie wejściowe pozostaje stałe (prawa część wykresów), przerzutnik będzie przełączał się w rytmie sygnału zegarowego, a napięcie na wejściu odwracającym komparatora będzie oscylowało wokół stałej wartości napięcia wejściowego, przyjmując kształt przebiegu trójkątnego.

Nazwa modulacji delta pochodzi od greckiej litery Δ oznaczającej przyrost lub różnicę. W systemie tym przesyłana jest informacja o kierunku zmian sygnału, a nie jego bezwzględnej wartości.

## Demodulacja sygnału modulowanego delta

Podczas przetwarzania sygnału modulowanego delta należy ponownie przekształcić go w napięcie analogowe. Zasada działania modulatora delta w praktyce pokazuje już, jak można to zrobić. Integrator R1-C1 przekształca napięcie wyjściowe modulatora delta w napięcie analogowe możliwie najlepiej odwzorowujące napięcie wejściowe. Wystarczy więc przepuścić zmodulowany sygnał przez identyczny integrator, aby odtworzyć napięcie pojawiające się na wejściu odwracającym komparatora w modulatorze.

Jest oczywiste, że ta prosta metoda odzyskiwania sygnału modulowanego delta w dużym stopniu przyczynia się do prostoty całego systemu.

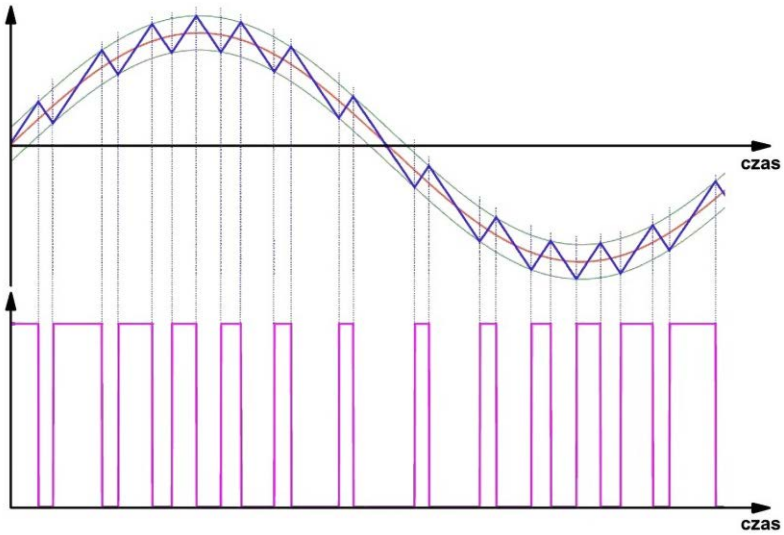



**Odtwarzanie oryginalnego sygnału (© 2018 Jos Verstraten)**

## Właściwości modulatorów delta
## Szum granularny

Jak każdy system ADC/DAC, również modulator delta jest podatny na szum kwantyzacji. Odtworzony sygnał wyjściowy jest jedynie przybliżeniem sygnału analogowego. O ile w większości typów przetworników szum ten określa się jako „schodkowe przybliżenie napięcia wejściowego", to w przypadku modulatora delta mówi się o „szumie granularnym".

Zjawisko to dobrze ilustruje poniższy rysunek, na którym jeden okres sygnału sinusoidalnego został przetworzony przez modulator/demodulator delta. Czerwony przebieg przedstawia jeden okres sygnału analogowego. Fioletowy przebieg pokazuje kod cyfrowy na wyjściu modulatora delta. Niebieski przebieg to odtworzony sygnał analogowy uzyskany na wyjściu integratora. Wyraźnie widać, jak wygląda szum granularny obecny w tym sygnale. Dwie zielone linie pokazują wartość międzyszczytową tego szumu granularnego.



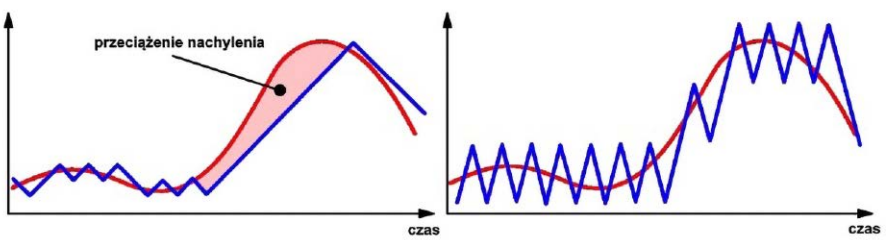

**Szum granularny na wyjściu modulatora/demodulatora delta (© Wikimedia Commons & Jos Verstraten)**

## Ustawienie nachylenia i błąd nadążania

Stała czasowa przypisana integratorowi jest ważnym parametrem podczas projektowania modulatorów delta. Parametr ten nazywa się tutaj „ustawieniem nachylenia" (slope setting). Jego wartość w dużym stopniu decyduje o dokładności odtwarzania sygnału analogowego. Zjawisko to wyjaśniono na poniższym rysunku.

Po prawej stronie pokazano system, w którym integrator ma małe ustawienie nachylenia. Odtworzony sygnał dość dokładnie odwzorowuje sygnał oryginalny, jednak występuje stosunkowo duży szum granularny. Po lewej stronie przedstawiono system z dużym ustawieniem nachylenia. Szum granularny jest znacznie mniejszy, lecz układ nie jest w stanie śledzić szybkich zmian sygnału analogowego. Przy takich gwałtownych zmianach odtworzony sygnał zaczyna opóźniać się względem sygnału oryginalnego. Zjawisko to nazywa się „błędem nadążania" (slope overload).

Jest więc oczywiste, że podczas projektowania modulatora delta należy znaleźć akceptowalny kompromis pomiędzy małym szumem granularnym a niewielkim błędem nadążania.



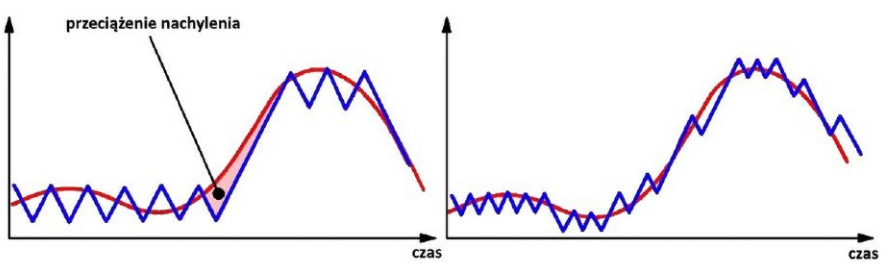

**Wpływ ustawienia nachylenia na jakość odtwarzanego sygnału (© 2018 Jos Verstraten)**

## Wpływ częstotliwości zegara

Również częstotliwość sygnału zegarowego ma duży wpływ na jakość odtwarzanego sygnału. Zjawisko to wyjaśniono na poniższym rysunku. Po lewej stronie przedstawiono modulator delta pracujący z niską częstotliwością zegara. Jak można się spodziewać, taki system charakteryzuje się dużym błędem nadążania. Po zwiększeniu częstotliwości zegara odtworzony sygnał znacznie dokładniej odwzorowuje sygnał oryginalny, jednak wymaga to zmniejszenia ustawienia nachylenia.

Wysoka częstotliwość zegara oraz małe ustawienie nachylenia dodatkowo minimalizują szum granularny na sygnale wyjściowym.

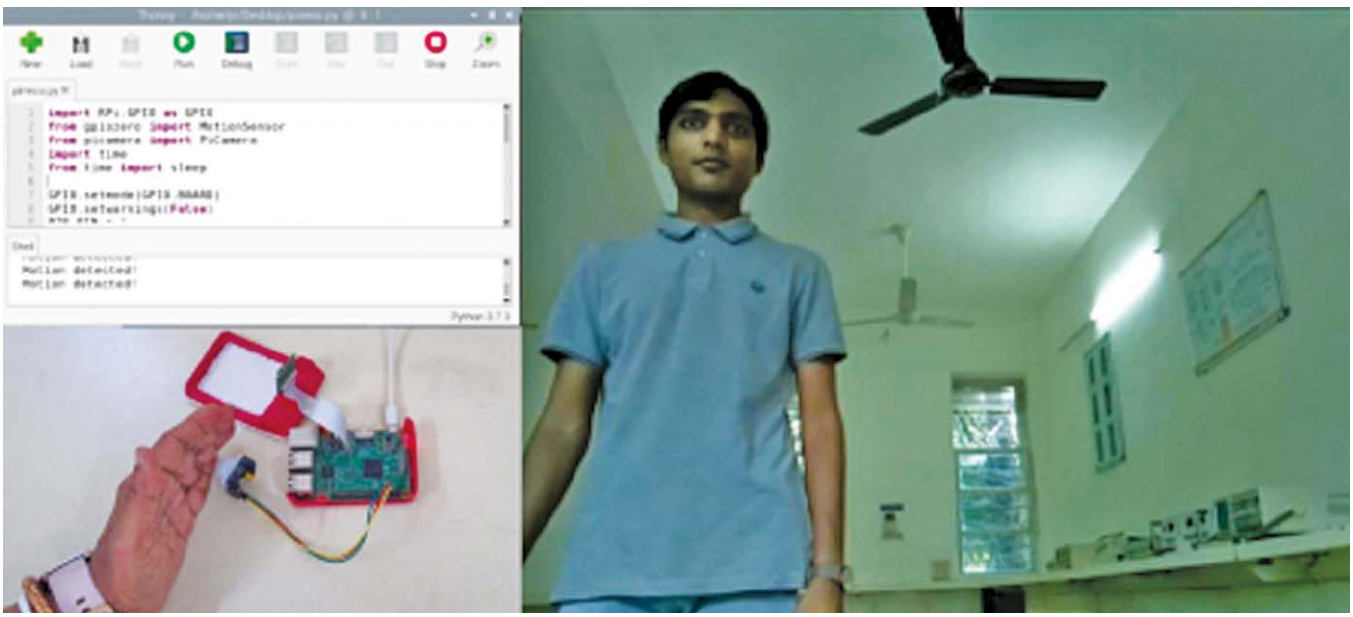
**Jos Verstraten**




**Wpływ częstotliwości zegara na jakość odtwarzanego sygnału (© 2018 Jos Verstraten)**

# Watchbot – wykrywanie intruzów kamerą Raspberry Pi z zapisem wideo

**Zdalny nadzór nad różnymi miejscami za pomocą telefonu komórkowego jest dziś wykorzystywany przez wiele osób na całym świecie. W jednym z naszych poprzednich artykułów przedstawiliśmy sposób wykrywania włamań za pomocą czujnika PIR oraz przechowywania przechwyconych obrazów w Firebase – otwartym narzędziu Google Cloud. Tym razem wykorzystaliśmy komunikator Telegram do przechowywania nagrań wideo.**



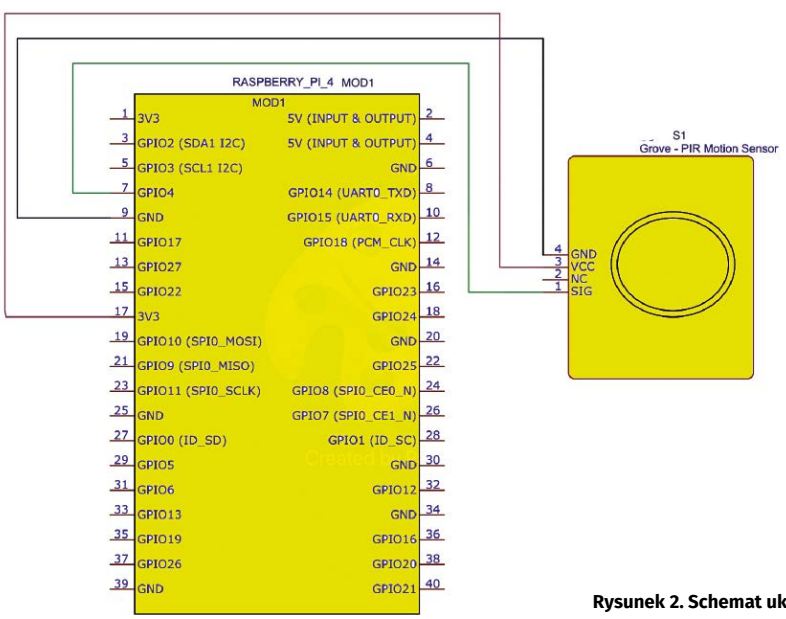
**Rysunek 1. Prototyp autora**

W naszym projekcie pasywny czujnik podczerwieni (PIR), podłączony do modułu Raspberry Pi, wykrywa obecność intruzów w pomieszczeniu. Jeśli wykryje ruch człowieka, system przechwytuje obraz z kamery i wysyła go do bota Telegram. Na **rysunku 1** pokazano prototyp autora przedstawiający strefę obserwacyjną. Niewielkie ruchy dłoni aktywują kamerę Raspberry Pi, która rejestruje pięciosekundowe nagranie wideo. Wykaz elementów potrzebnych do budowy urządzenia zamieszczono w tabeli 1.

Uwaga redakcji Electronics For You: dodatkowo potrzebna będzie karta SD o pojemności co najmniej 16 GB oraz zasilacz 5 V o wydajności prądowej 2 A.

## Połączenia

Na **rysunku 2** przedstawiono schemat układu wykrywania intruzów. Układ




**Rysunek 2. Schemat układu**

| Lista elementów | | |
|---|---|---|
| element | liczba sztuk | opis |
| Raspberry Pi 4B+ (MOD1) | 1 | Moduł sterujący |
| Czujnik PIR (S1) | 1 | Pasywny czujnik podczerwieni |
| Kamera Pi | 1 | Kamera Pi 5 Mpix |
| Przewód połączeniowy | 3 | Przewód połączeniowy żeński–żeński |

zawiera moduł Raspberry Pi 4B+ (MOD1), czujnik PIR (S1), kamerę Pi oraz kilka przewodów połączeniowych.

## Instalacja i skonfigurowanie

Do programowania użyliśmy języka Python. Przed rozpoczęciem pracy należy skonfigurować na Raspberry Pi system operacyjny Raspbian i zainstalować niezbędne biblioteki obsługi kamery Pi.

Aby korzystać z kamery Raspberry Pi (podłączonej za pomocą taśmy), należy najpierw uaktywnić interfejs kamery w ustawieniach konfiguracyjnych Raspberry Pi. Można to zrobić w terminalu, wpisując następujące polecenia:

```
$ sudo apt-get install python-picamera
$ sudo apt-get install python3-picamera
```

Interfejs kamery można również włączyć za pomocą menu konfiguracji Raspberry Pi (Main Menu → Select Preferences → Raspberry Pi Configuration). Następnie należy przejść do zakładki Interfaces i włączyć kamerę. **Rysunek 3** przedstawia menu konfiguracji Raspberry Pi, a **rysunek 4** – okno konfiguracji umożliwiające włączenie kamery.

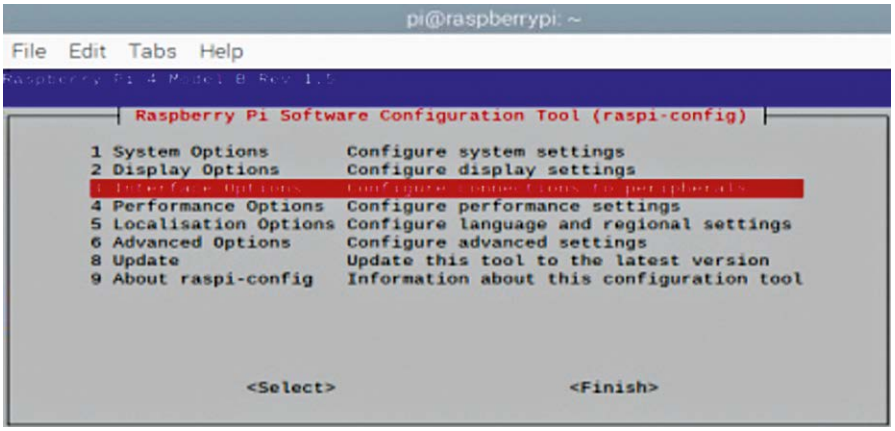
Po pomyślnym włączeniu kamery w Raspberry Pi zaleca się zaktualizowanie oprogramowania. Można to zrobić, uruchamiając w terminalu następujące polecenia systemu Linux:

```
$ sudo apt-get update
$ sudo apt-get upgrade
```

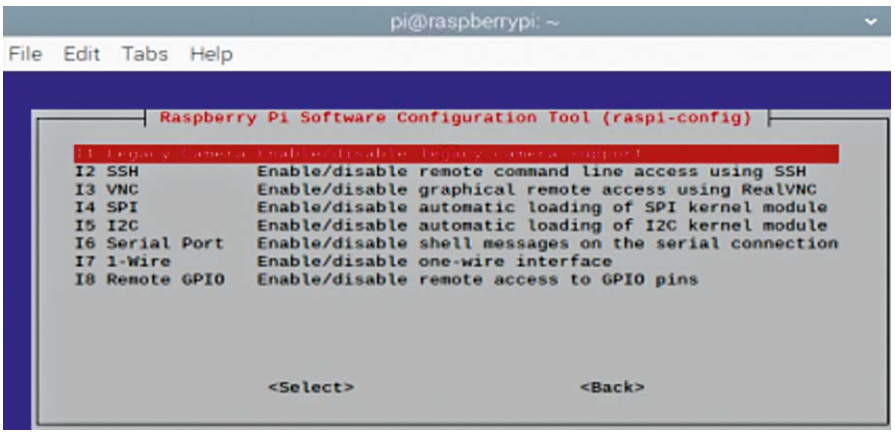
Po zakończeniu aktualizacji należy ponownie uruchomić system. Następnie trzeba napisać program bota, wykorzystując język Python3 i środowisko Thonny IDE. **Rysunek 5** przedstawia ogólny schemat blokowy proponowanej konfiguracji.

## Przygotowanie bota Telegram

Najpierw należy utworzyć bota Telegram i uzyskać jego klucz API. W tym celu należy postępować zgodnie z instrukcjami tworzenia




**Rysunek 3. Menu konfiguracji Raspberry Pi**




**Rysunek 4. Włączanie kamery w konfiguracji Raspberry Pi**

botów dostępnymi pod adresem https://core.telegram.org/bots/api.

Aby rozpocząć korzystanie z botów Telegram, należy wysłać do BotFather polecenie /start. W odpowiedzi zostanie wyświetlona lista podstawowych poleceń. Aby utworzyć nowego bota:

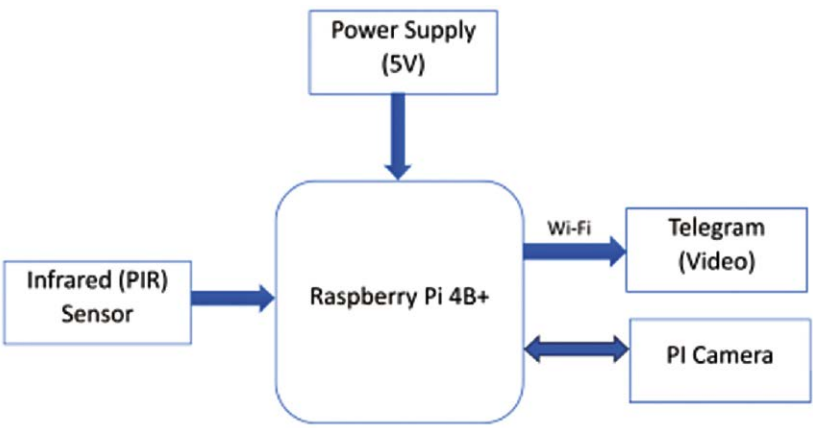
1. Wydajemy polecenie `/newbot`.
2. Podajemy nazwę bota.
3. Wybieramy nazwę użytkownika bota.

Jeśli nazwa zostanie zaakceptowana, uzyskamy token i klucz HTTP API.

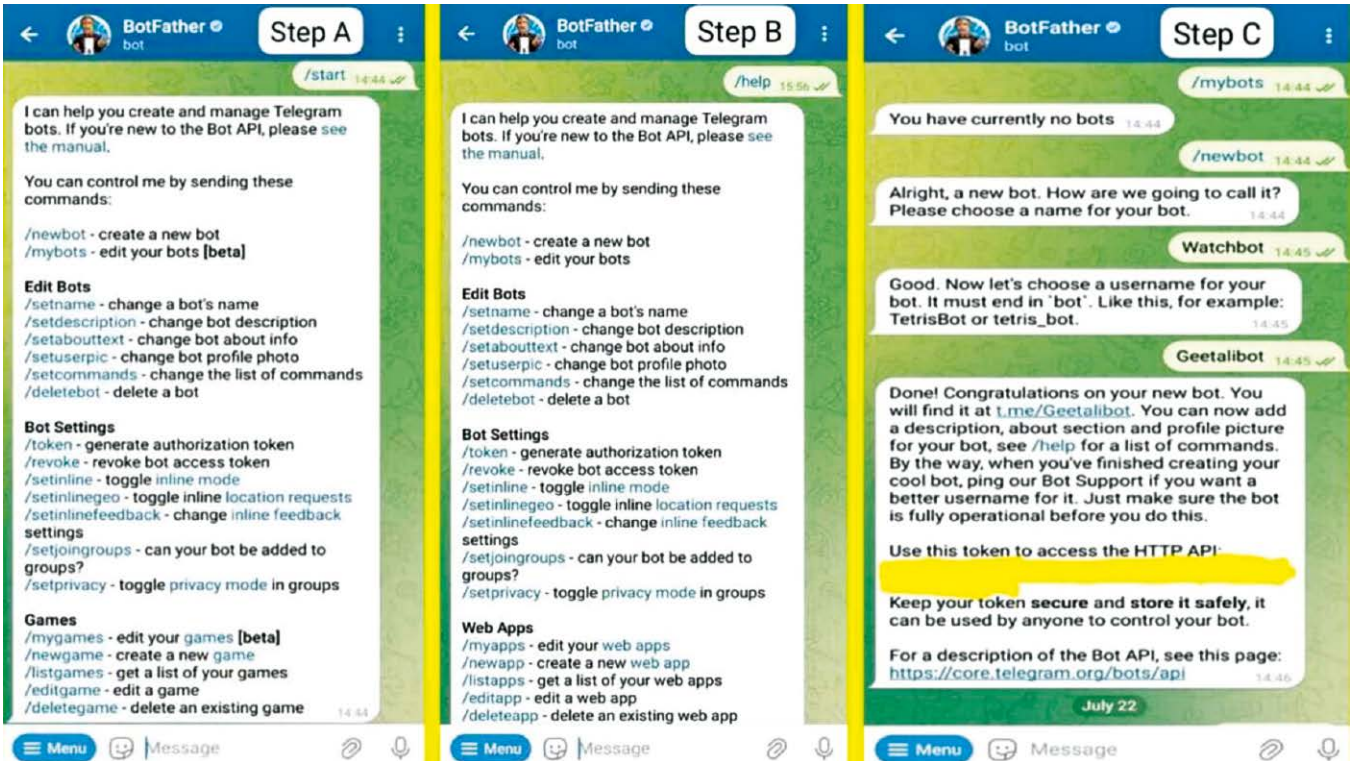
Uwaga Redakcji Electronics For You: klucz ten jest poufny, dlatego nie należy go nikomu udostępniać. Na **rysunku 6** pokazano kolejne kroki prowadzące do uzyskania klucza API. Należy zapisać go w celu późniejszego wykorzystania w programie.

## Program

Instalujemy moduł Telegram Bot dla języka Python, wydając polecenie `sudo pip install telepot`. Należy zwrócić uwagę na następujące kwestie:




**Rysunek 5. Ogólny schemat blokowy proponowanej konfiguracji**




**Rysunek 6. Uruchamianie bota Telegram i uzyskiwanie klucza API**

W proponowanej konfiguracji nasz bot Telegram – Watchbot – może być aktywowany poleceniem `/start`, `/ON` lub `/on`, ponieważ został tak zaprogramowany.

Raspberry Pi domyślnie zapisuje nagrania w formacie .H264, który należy przekonwertować do formatu .mp4 – najczęściej używanego formatu plików wideo.




**Rysunek 7. Wizualizacja odbierania nagrań wideo za pośrednictwem Telegrama**

```
import telepot
from picamera import PiCamera
import RPi.GPIO as GPIO
import time
from time import sleep
import datetime
from telepot.loop import MessageLoop
from subprocess import call
PIR = 7
camera = PiCamera()
camera.resolution = (640, 480)
camera.framerate = 25
GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
GPIO.setup(PIR, GPIO.IN)
motion = 0
motionNew = 0
def handle(msg):
    global telegramText
    global chat_id
    chat_id = msg['chat']['id']
    telegramText = msg['text']
    print('Message received from ' + str(chat_id))
    if telegramText == '/start || /Start || /ON || /on':
        bot.sendMessage(chat_id, 'Security camera is activated.')#Put your welcome note here  while True:
    main()
```

**Rysunek 8. Fragment programu importujący biblioteki oraz konfigurujący piny czujnika i parametry kamery**

Aby przetestować funkcję przechwytywania obrazu z kamery, używamy poniższego fragmentu programu:

```
camera = PiCamera()
camera.start_preview()
camera.capture(path + ,/pic.jpg',
resize=(640,480))
time.sleep(2)
camera.stop_preview()
camera.close()

# Wysyłanie obrazu
bot.sendPhoto(id, open(path + ,/pic.
jpg', ,rb'))
```

Na tym etapie możemy potwierdzić prawidłowość podłączenia kamery do Raspberry Pi. Jednocześnie konfigurujemy ustawienia Telegramu. **Rysunek 7** przedstawia wizualizację przesyłania nagrań wideo za pośrednictwem komunikatora Telegram.

## Dołączenie Raspberry Pi z kamerą do bota Telegrama

Następnym krokiem po utworzeniu bota jest napisanie programu w języku Python, który będzie komunikował się z botem i odbierał polecenia. W tym celu otwieramy edytor na Raspberry Pi i tworzymy program łączący Raspberry Pi z botem Telegram. My korzystaliśmy ze środowiska Python 3 IDE. Testowanie opisano w ostatniej części

```
        bot.sendMessage(chat_id, 'Security camera is activated.')#Put your welcome note here  while True:
    main()
    bot = telepot.Bot('**********:**********************_**********')# API key bot.message_loop(handle)
def main():
    global chat_id
    global motion
    global motionNew
if GPIO.input(PIR) == 1:
    print("Motion detected")
    motion = 1
if motionNew != motion:
 motionNew = motion
 sendNotification(motion)
elif GPIO.input(PIR) == 0:
 print("No motion detected")
 motion = 0
if motionNew != motion:
 motionNew = motion
def sendNotification(motion):
global chat_id
if motion == 1:
filename = "/home/pi/Desktop/" + (time.strftime("%y%b%d_%H%M%S")) # default folder camera.start_recording(filena
sleep(5)
camera.stop_recording()
command = "MP4Box -add " + filename + '.h264' + " " + filename + '.mp4' # Convert .H264 to MP4  print(command)
call([command], shell=True)
bot.sendVideo(chat_id, video = open(filename + '.mp4', 'rb'))
bot.sendMessage(chat_id, 'The motion sensor is triggered!') #Message displayed on Telegram screen while 1:
time.sleep(5)
```

**Rysunek 9. Przykładowy fragment programu wykorzystujący klucz API**

artykułu. Tworzymy nowy plik i nadajemy mu nazwę telegrm_video.py.

W programie należy najpierw zaimportować wymagane biblioteki, zainicjować pętlę komunikatów oraz skonfigurować parametry kamery i piny GPIO czujnika.

Następnie inicjujemy identyfikator czatu, tekst wyświetlanej wiadomości, klucz API oraz tekst inicjalizacyjny. W programie można również umieścić wiadomość powitalną. Następnie tworzymy pętlę sprawdzającą ruch, przechwytującą kolejne klatki wideo i konwertującą je do formatu .mp4. **Rysunek 9** przedstawia przykładowy fragment programu wykorzystujący klucz API.

Uwaga Redakcji Electronics For You:

Prawidłową konwersję nagrania wideo zapewnia program MP4Box.

Aby przesłać plik wideo i wiadomość tekstową, należy wstawić następujące polecenia:

```
command = „MP4Box -add „ + filename +
„.h264” + „ „ + filename + „.mp4”  #
Konwersja .h264 do MP4
bot.sendVideo(chat_id,
video=open(filename + „.mp4”, „rb”))
bot.sendMessage(chat_id, „Czujnik
wykrył ruch!”)
```

## Konstrukcja i testowanie

Podłączamy kamerę do złącza kamery w Raspberry Pi. Następnie podłączamy czujnik PIR zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 2.

Włączamy zasilanie Raspberry Pi, podłączamy go do sieci Wi-Fi i Internetu, a następnie uruchamiamy program. Wykonujemy ruch przed czujnikiem. System przechwyci nagranie z kamery, przekonwertuje je do formatu .mp4 i wyśle do bota Telegram działającego w telefonie lub innym urządzeniu. **Rysunek 10** przedstawia zrzut ekranu autorskiego bota Telegram – Watchbot – z fragmentami nagrania wideo. ■

**dr Geetali Saha**
**Parth Shah**




**Rysunek 10. Zrzut ekranu autorskiego bota Telegram Watchbot z fragmentami nagrania wideo**

Materiał filmowy do artykułu:
https://youtu.be/BqekOhhidEM

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

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

REKLAMA



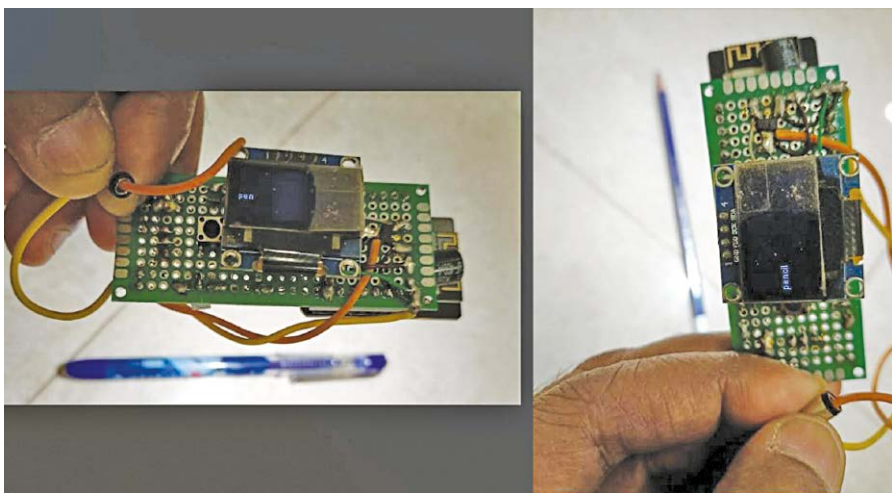
# Kamera do identyfikacji i klasyfikacji obiektów

**Opisywane urządzenie może rozpoznawać przedmioty – na przykład warzywa i owoce – pomagać w ich segregacji oraz klasyfikować je według rozmiaru i innych cech. W projekcie wykorzystano narzędzie Edge Impulse ML, które można uruchomić na różnych platformach i modułach, takich jak Arduino, moduł ESP32-CAM, ESP-EYE, laptop, telefon komórkowy czy komputer Raspberry Pi. Wynik można wyeksportować w postaci biblioteki C++, którą można wykorzystać niemal w dowolnym środowisku.**

Załóżmy, że trzeba segregować warzywa, takie jak cytryny, cebule i pomidory, albo na przykład długopisy i ołówki. Do realizacji takiego zadania wystarczy płytka Raspberry Pi lub moduł ESP32-CAM oraz kilka przekaźników. W tym projekcie jako przykład wykorzystamy moduł ESP32-CAM do identyfikacji warzyw.

Gdy kamera wykryje pomidor, cebulę lub cytrynę, zostanie załączony odpowiedni przekaźnik, który otworzy pojemnik przeznaczony dla danego warzywa.

Na **rysunku 1** pokazano prototyp autora. Podzespoły potrzebne do budowy urządzenia wymieniono w liście elementów.



**Rysunek 1. Prototyp autora**

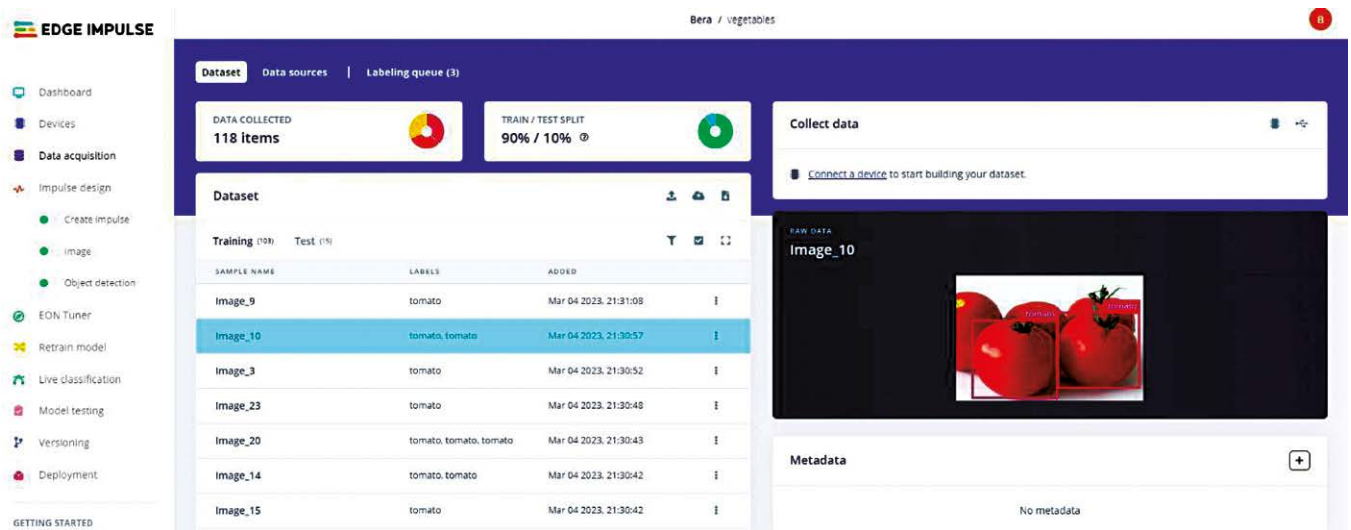
## Przygotowanie modelu uczenia maszynowego (ML)

Aby rozpocząć pracę, należy otworzyć stronę Edge Impulse i utworzyć nowy projekt. Aby urządzenie mogło poprawnie rozpoznawać segregowane przedmioty, trzeba zgromadzić ich zdjęcia wykonane pod różnymi kątami, zarówno pojedynczych obiektów, jak i ich grup. Pozostałe etapy przygotowania modelu zostaną zrealizowane automatycznie przez środowisko Edge Impulse.

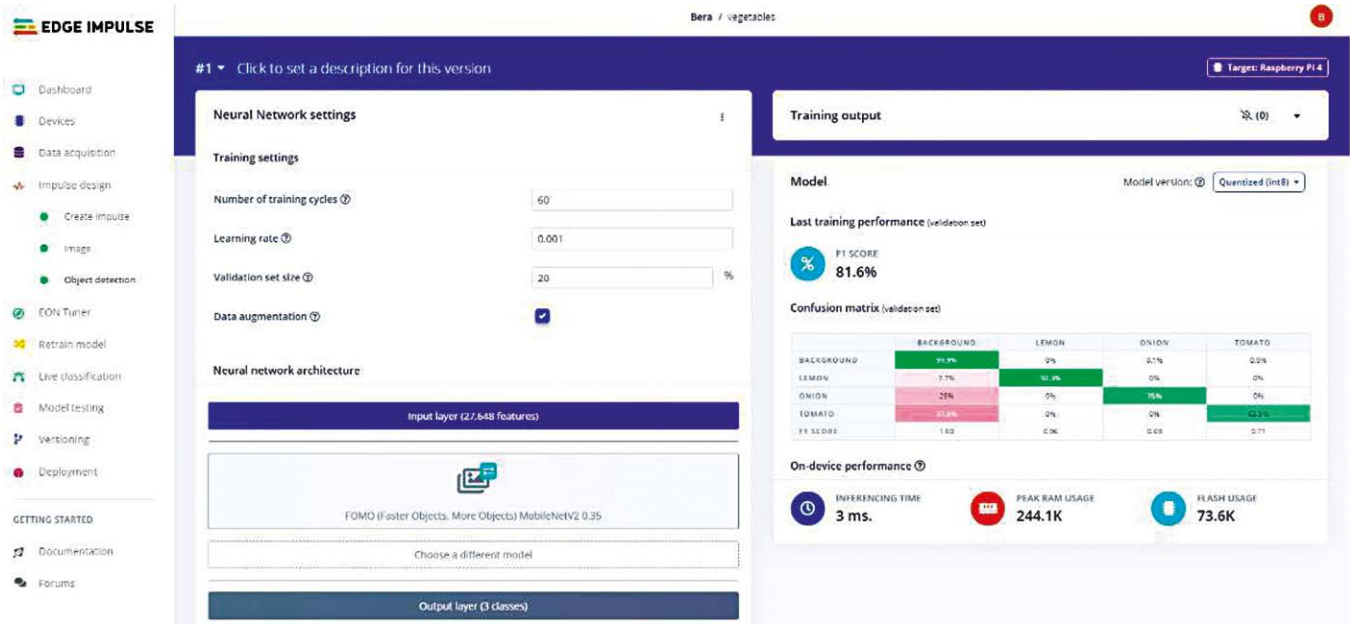
Aby zebrać zdjęcia obiektów, wykorzystamy w projekcie minikomputer Raspberry Pi oraz kamerę smartfonu lub laptopa. Kolejne kroki przedstawiono poniżej.

Wchodzimy na stronę Edge Impulse, logujemy się i tworzymy nowy projekt. W prawym górnym rogu ekranu klikamy Collect data (zbieranie danych), a następnie Connect a device to start building your dataset (podłącz urządzenie, aby rozpocząć tworzenie zestawu danych).

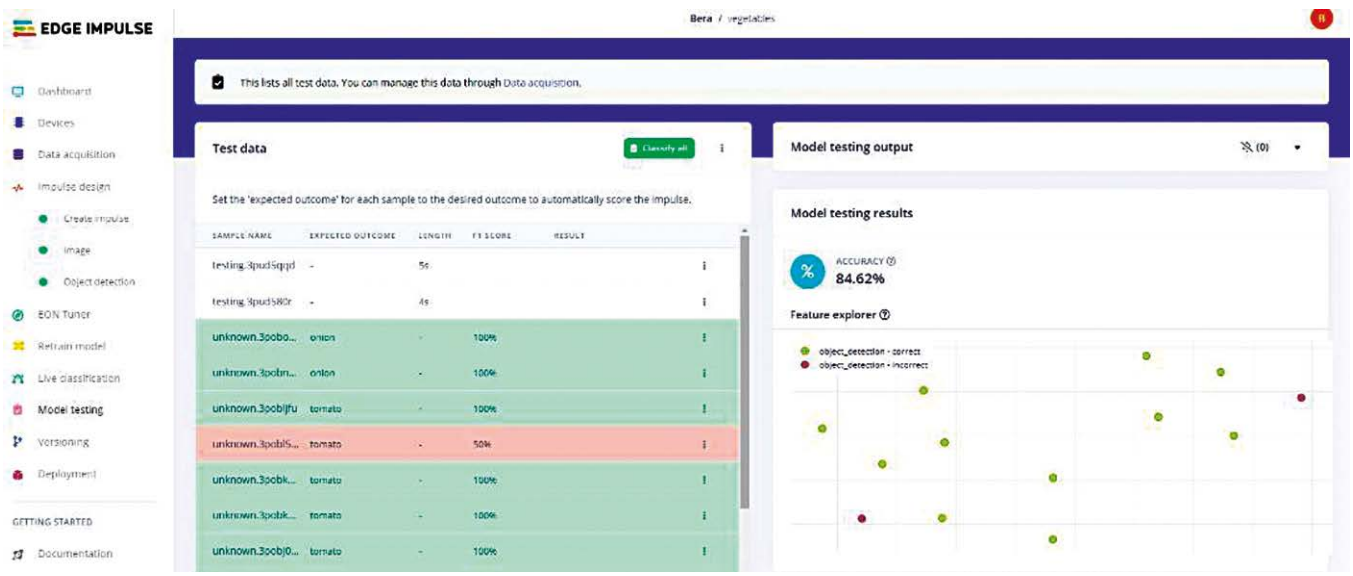
Gromadzimy dużą liczbę zdjęć obiektów wykonanych pod różnymi kątami i w różnych konfiguracjach. Przykład zbierania




**Rysunek 2. Zbieranie zestawu danych**




**Rysunek 3. Trenowanie modelu uczenia maszynowego**




**Rysunek 4. Testowanie modelu**

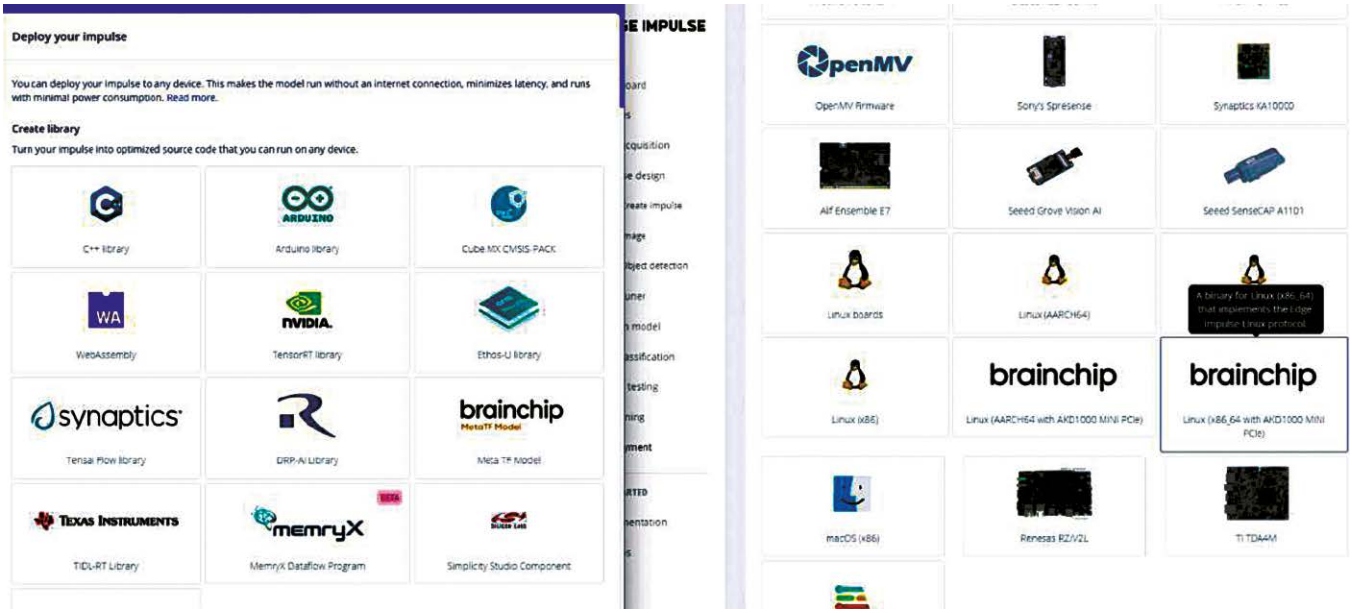
takiego zestawu danych pokazano na **rysunku 2**. W lewej górnej części ekranu znajdują się trzy zakładki: Dataset (zestaw danych), Data source (źródło danych) oraz Labeling queue (kolejka etykietowania). Klikamy Data source i wskazujemy kamerę smartfonu lub laptopa. Od tej chwili wybrana kamera jest gotowa do wykonywania zdjęć potrzebnych do budowy zestawu danych.

Tworzymy projekt, przechodząc do Dashboard → Devices → Data acquisition (Impulse design → Create impulse → Image → Object detection). Po zebraniu odpowiedniej liczby zdjęć wszystkich rozpoznawanych obiektów (na przykład około 200) dzielimy je w proporcji 80:20 na zbiór treningowy i testowy. Każdy obiekt na zdjęciu należy oznaczyć za pomocą otaczającej go ramki. Aby ograniczyć konieczność ręcznego oznaczania obiektów, można w sekcji Label suggestions (sugestie etykiet) przejść do Labeling queue (kolejka etykietowania) i wybrać opcję Classify using YOLOv5.

W sekcji Object detection (wykrywanie obiektów) dostępnych jest kilka modeli wykrywania i klasyfikacji obiektów. Spośród nich najłatwiejsze w użyciu są YOLO i FOMO, które zapewniają zadowalającą skuteczność wykrywania i klasyfikacji obiektów. Po wybraniu modelu uruchamiamy proces trenowania. Operacja ta zajmuje pewien czas, dlatego należy uzbroić się w cierpliwość.

**Lista elementów**

| Element | Liczba sztuk |
|---|---|
| ESP32-CAM lub TTGO T Plus Camera (MOD1) | 1 |
| Stabilizator napięcia LM1117-3.3 (MOD3) | 1 |
| Przekaźnik z cewką na 5 V | 1 |
| Tranzystor BC547 (T1) | 1 |
| Wyświetlacz OLED SSD1306 (MOD2) | 1 |
| Kondensator elektrolityczny 100 µF/6,3 V (C1, C2) | 2 |
| Dioda (D1) | 1 |
| Programator USB FTDI | 1 |




**Rysunek 5. Eksport kodu modelu do wdrożenia**

Proces trenowania modelu uczenia maszynowego pokazano na **rysunku 3**.

Pod koniec procesu trenowania sprawdzamy wartość wskaźnika F1 (F1 score). Powinna ona wynosić co najmniej 85%. Jeżeli wynik jest niższy, może być konieczna zmiana modelu lub usunięcie niektórych niereprezentatywnych obrazów, które pogarszają skuteczność działania modelu.

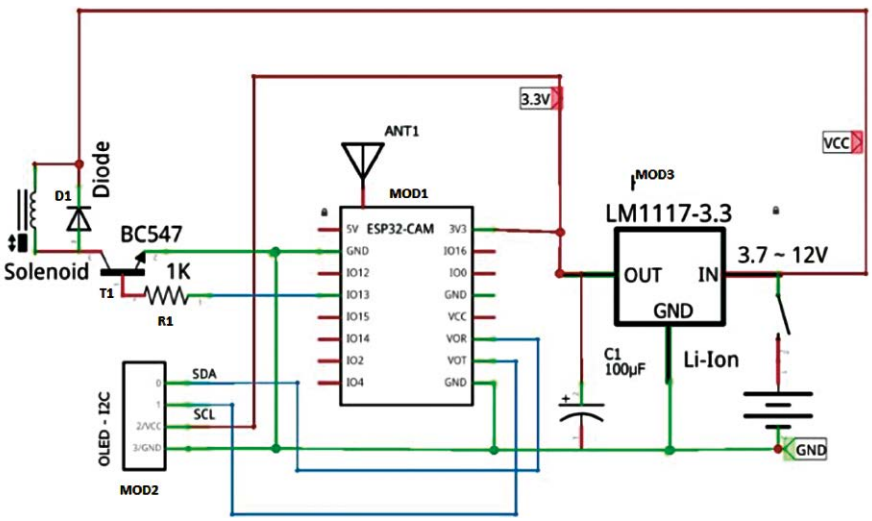
Teraz możemy przetestować model, wykorzystując 20% danych odłożonych wcześniej do testów. Można analizować obrazy pojedynczo lub przetestować cały zbiór jednocześnie. Skuteczność rozpoznawania powinna mieścić się w akceptowalnym zakresie (81%...91%). Co ciekawe, wynik bliski 100% nie zawsze jest korzystny, ponieważ może świadczyć o nadmiernym dopasowaniu modelu do danych treningowych. Proces testowania modelu pokazano na **rysunku 4**.

## Wdrożenie modelu

Po przetestowaniu modelu uczenia maszynowego możemy wdrożyć go na wielu platformach sprzętowych. Ponieważ w projekcie wykorzystujemy moduł ESP32-CAM, wybieramy środowisko Arduino IDE. Na **rysunku 5** pokazano eksport kodu modelu przeznaczonego do wdrożenia.

Po wybraniu platformy Arduino klikamy znajdujący się na dole przycisk Build. Na komputer zostaną pobrane szkic Arduino oraz niezbędna biblioteka. W środowisku Arduino IDE instalujemy pobrany plik ZIP jako nową bibliotekę, wybierając kolejno: Sketch → Include Library → Add .ZIP Library...

Po zainstalowaniu biblioteki przechodzimy do: File → Library → Find the latest library →




**Rysunek 6. Schemat układu**

Examples → esp32_camera. W tym miejscu znajduje się przykładowy szkic dołączony do biblioteki.

## Pobieranie szkicu

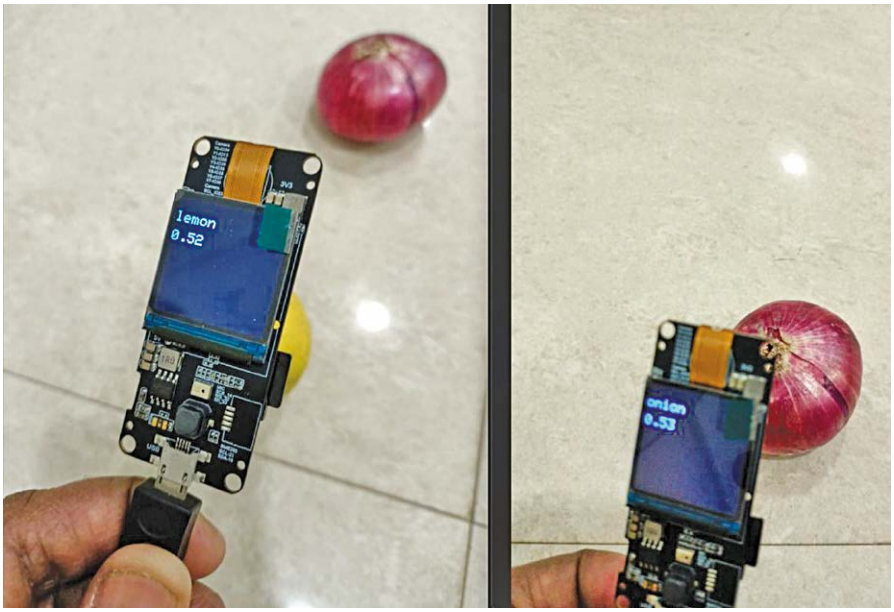
Model dla ESP32 został przygotowany z myślą o module kamery ESP-EYE. Tanie moduły kamer ESP32 dostępne na rynku to najczęściej ESP32 AI Thinker CAM oraz nieco droższy ESP32 TTGO T Plus Camera. Dla obu tych modułów odpowiednie definicje wyprowadzeń zostały już uwzględnione w szkicu programu. Wystarczy odkomentować właściwy model kamery, a szkic będzie gotowy do skompilowania i wgrania do modułu.

Podczas procesu identyfikacji wymagane jest dobre oświetlenie. Moduł ESP32 AI Thinker CAM ma superjasną diodę LED, stanowiącą dodatkowe źródło światła, które ułatwia wykrywanie obiektów.

Proces wgrywania szkicu zajmuje sporo czasu – czasami 7...8 minut. Należy więc wykazać odrobinę cierpliwości.

Na **rysunku 6** pokazano schemat układu. Jest on zbudowany z modułu ESP32-CAM (MOD1), wyświetlacza OLED SSD1306 (MOD2), stabilizatora napięcia LM1117-3.3 (MOD3) oraz przekaźnika z cewką na napięcie 5 V sterującego elektromagnesem wykonawczym.

Moduł ESP32-CAM rozpoznaje obiekty za pomocą kamery, a sygnał wyprowadzony na pin GPIO13 załącza przekaźnik. W celu uzyskania lepszych parametrów można zastosować moduł TTGO T Plus Camera wyposażony w układ ESP32-D0WDQ6, 8 MB pamięci PSRAM,




**Rysunek 7. Identyfikacja warzyw**

kamerę OV2640, wyświetlacz o przekątnej 1,3 cala oraz obiektyw typu „rybie oko”. Moduł ten dysponuje również większą ilością pamięci RAM. Odpowiednie definicje wyprowadzeń są już zawarte w szkicu programu – wystarczy wybrać właściwy typ kamery.

Po wgraniu programu podłączamy moduł ESP32-CAM zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 6 oraz fotografią prototypu z rysunku 1. Następnie włączamy zasilanie i umieszczamy przed kamerą kolejne warzywa. Wyniki rozpoznawania będą wyświetlane na ekranie, a odpowiedni przekaźnik zostanie załączony zgodnie z wynikiem identyfikacji. Prototyp urządzenia podczas identyfikacji warzyw pokazano na **rysunku 7**.

Projekt stanowi punkt wyjścia do dalszych prac rozwojowych. Mogą one okazać się niezbędne, zanim urządzenie stanie się rzeczywiście przydatne w praktyce.

Uwaga redakcji Electronics For You. Do programowania modułu ESP32 można wykorzystać programator USB FTDI. W artykule opisano wersję projektu przeznaczoną do rozpoznawania warzyw, opartą na module TTGO T Plus Camera. Na podobnej zasadzie można zbudować urządzenie przeznaczone do rozpoznawania i sortowania innych przedmiotów, na przykład długopisów i ołówków. Połączenia elektryczne pozostaną bardzo podobne. Pliki projektów i programów można pobrać ze strony Electronics For You. ■

**Somnath Bera**

Materiał filmowy do artykułu:
https://youtu.be/T06xYzUArLU

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

REKLAMA



# System wykrywania i fotografowania intruzów z platformą Firebase

**Opisywany projekt to system bezpieczeństwa oparty na module Raspberry Pi, wykorzystujący bierny czujnik podczerwieni (PIR) do wykrywania ruchu oraz kamerę Pi do wykonywania zdjęć. Uzyskane obrazy są przechowywane w Firebase – platformie Google ułatwiającej szybkie tworzenie wysokiej jakości aplikacji mobilnych.**

System może obserwować dowolny obszar (wewnątrz lub na zewnątrz budynku) i wykrywać nawet niewielki ruch ciał emitujących ciepło, takich jak człowiek, kot czy pies. Po wykryciu ruchu czujnik uruchamia kamerę, która rejestruje obraz obserwowanego obszaru. System można zmodyfikować do fotografowania dzikich zwierząt, rozpoznawania twarzy lub innych podobnych zastosowań.

Jeśli nie skonfigurowano usługi Firebase, wykonane zdjęcia są domyślnie zapisywane w pamięci Raspberry Pi. Automatycznie generowana nazwa pliku zawiera datę i czas wykrycia ruchu, dzięki czemu użytkownik może łatwo prześledzić historię zdarzeń i sprawdzić, czy w obserwowanym obszarze doszło do oczekiwanego lub nieoczekiwanego pojawienia się osoby albo zwierzęcia. Dostęp do zapisanych zdjęć można również uzyskać za pośrednictwem systemu Firebase na urządzeniu z systemem Android lub iOS albo poprzez aplikację internetową.

Do napisania programu wykorzystano język Python. Przed rozpoczęciem pracy należy skonfigurować system operacyjny Raspbian na module Raspberry Pi. Aby korzystać z kamery Pi, trzeba zainstalować odpowiednie biblioteki programowe obsługujące ten moduł.

**Rysunek 1** przedstawia prototyp autora w sytuacji, gdy czujnik PIR nie wykrywa żadnego ruchu. **Rysunek 2** pokazuje działanie układu po wykryciu niewielkiego ruchu dłoni, który powoduje uaktywnienie kamery Pi i zarejestrowanie obrazu. Zarejestrowany obraz jest zapisywany do późniejszego wykorzystania.

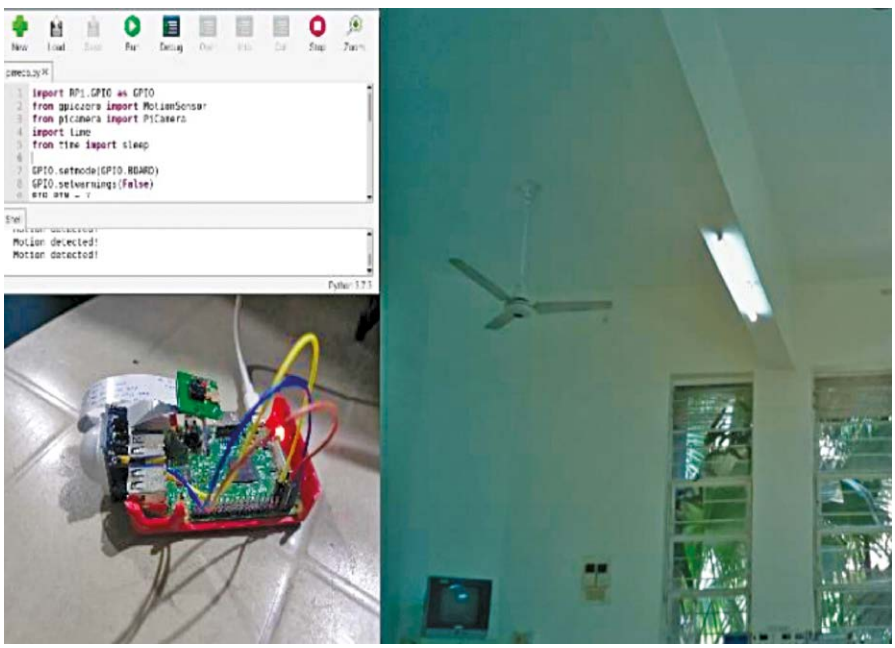
**Tabela 1. Lista elementów**

| Element | Liczba sztuk | Opis |
|---|---|---|
| Raspberry Pi 3B+ | 1 | Moduł Raspberry Pi 3B+ |
| Czujnik PIR | 1 | Czujnik ruchu |
| Kamera Pi | 1 | Kamera Pi 5 Mpix |
| Przewód połączeniowy | 3 | Przewód połączeniowy żeńsko-żeński |

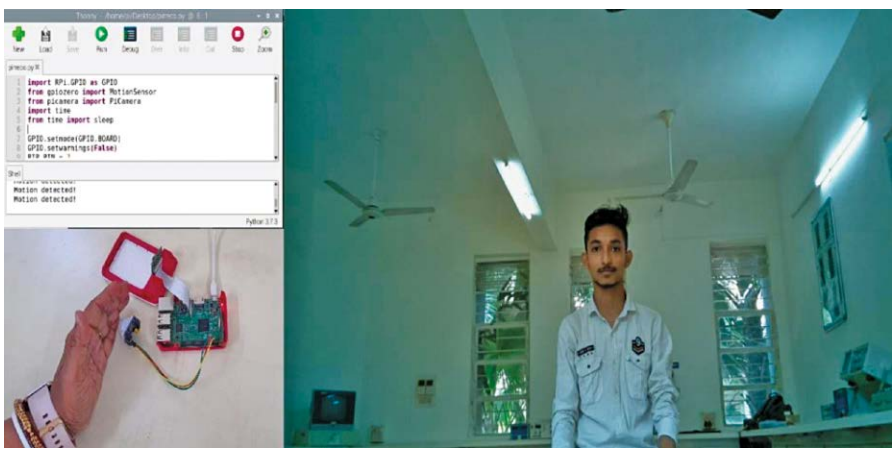
Elementy wykorzystane w projekcie zestawiono w **tabeli 1**.

## Instalacja i konfiguracja

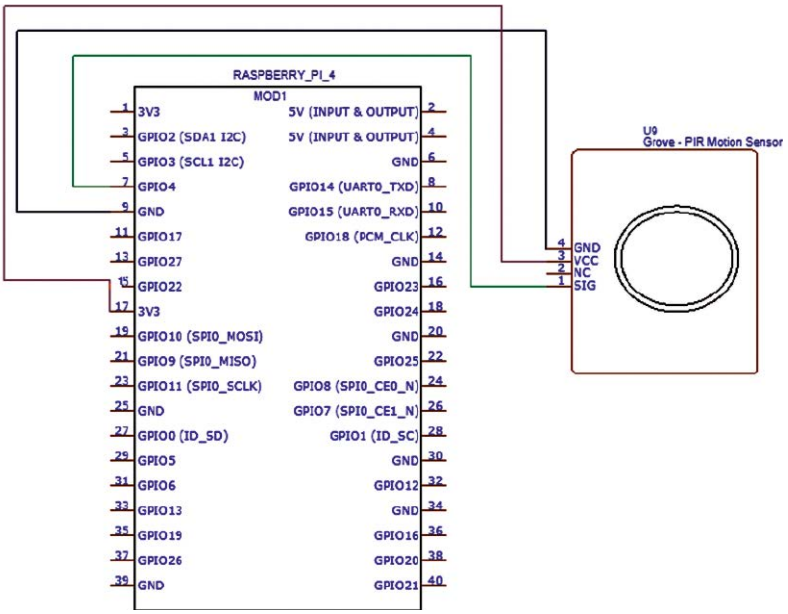
Aby używać kamery Raspberry Pi z kablem taśmowym, należy najpierw uaktywnić




**Rysunek 1. Prototyp autora – w obserwowanej strefie nie wykryto ruchu**




**Rysunek 2. Prototyp autora po wykryciu ruchu dłoni przez czujnik PIR**




**Rysunek 3. Schemat ideowy układu**

**Tabela 2. Połączenia między czujnikiem PIR a Raspberry Pi**

| Sygnał na płytce | Funkcja pinu (PIR) | Raspberry Pi |
|---|---|---|
| GND | masa | GND |
| 5 V | wejście zasilania | 5 V |
| OUT | wyjście czujnika | Pin 7 (GPIO 4) |

interfejs kamery w ustawieniach konfiguracyjnych Raspberry Pi. W tym celu użyty jest następujący fragment kodu:

```
$ sudo apt-get install python-picamera
$ sudo apt-get install python3-picamera
```

Następnie należy postępować krok po kroku zgodnie z poniższymi instrukcjami:

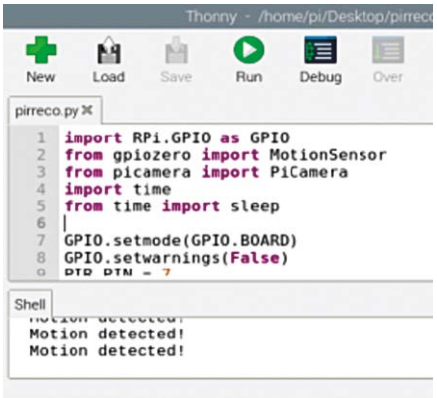
1. Przed użyciem modułu kamery należy włączyć obsługę kamery Raspberry Pi. W środowisku graficznym wybieramy kolejno: Menu → Preferences → Raspberry Pi Configuration. Następnie przechodzimy do zakładki Interfaces i włączamy kamerę (Enable).
2. Po pomyślnym wykonaniu kroku 1 aktualizujemy oprogramowanie, uruchamiając w terminalu Linuksa następujące polecenia:

```
$ sudo apt-get update
$ sudo apt-get upgrade
```

3. Po zakończeniu aktualizacji uruchamiamy system ponownie.
4. Po ponownym uruchomieniu systemu tworzymy program projektu w języku Python 3, korzystając ze środowiska Thonny IDE.

## Układ i testowanie

Układ jest bardzo prosty, co pokazano na schemacie ideowym przedstawionym na **rysunku 3**.




**Rysunek 4. Testowanie działania kamery Pi**

Połączenia między czujnikiem PIR a modułem Raspberry Pi zestawiono w **tabeli 2**.

Działanie kamery Pi można sprawdzić w terminalu, uruchamiając poniższe polecenie, które wykonuje zdjęcie testowe.

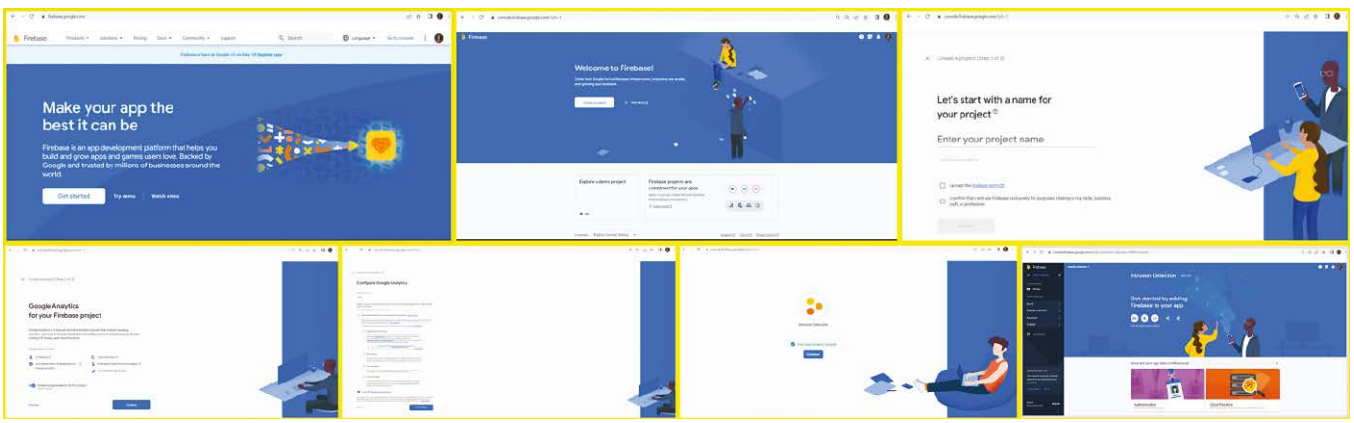
```
raspistill -o test.jpg
```

Pozwala to sprawdzić poprawność działania kamery. Wynik działania programu powinien być podobny do pokazanego na **rysunku 4**.

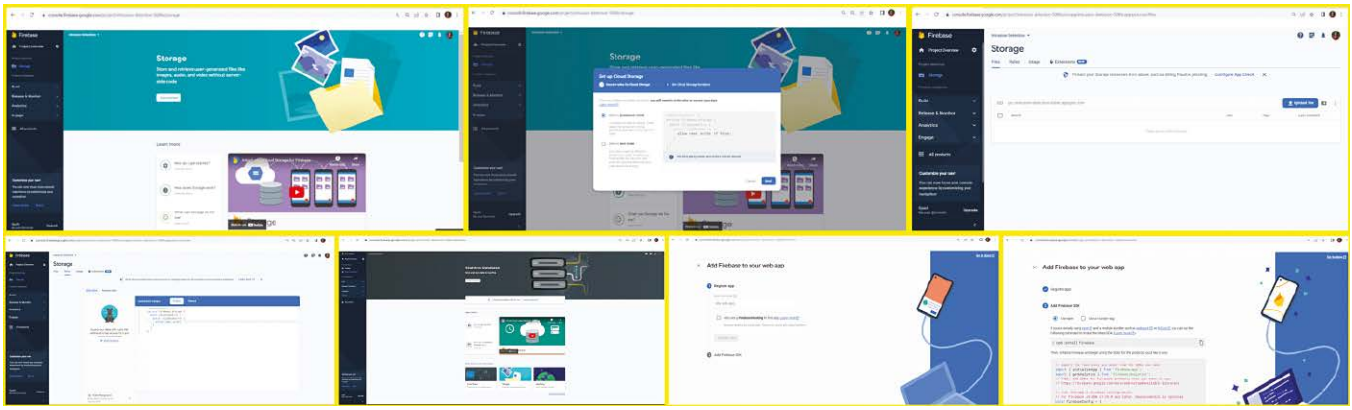
Ponieważ zdjęcia zajmują stosunkowo dużo miejsca w pamięci, warto przechowywać je w usłudze Firebase, stanowiącej zestaw usług chmurowych przeznaczonych dla różnego rodzaju aplikacji. Firebase oferuje między innymi bazy danych NoSQL, hosting danych w czasie rzeczywistym, przechowywanie plików, mechanizmy uwierzytelniania użytkowników, system powiadomień oraz usługi komunikacji w czasie rzeczywistym.

Oto instrukcje dla nowych użytkowników Firebase:

Otwieramy stronę internetową https://firebase.google.com. Projekt Firebase stanowi wspólne środowisko dla aplikacji przeznaczonych dla systemów Apple, Android oraz aplikacji internetowych. Aplikacje




**Rysunek 5. Zrzuty ekranu przedstawiające najważniejsze etapy konfiguracji**



**Rysunek 6. Zrzuty ekranu przedstawiające kolejne etapy konfiguracji (od kroku 5)**

wchodzące w skład projektu mogą korzystać ze wspólnych zasobów, takich jak baza danych, zarządzanie użytkownikami czy konfiguracja zdalna. Projekt Firebase jest projektem chmurowym. Utworzenie nowego projektu w konsoli Firebase powoduje automatyczne utworzenie odpowiadającego mu projektu Google Cloud. Klikamy przycisk Get Started, co spowoduje przejście do konsoli projektu https://console.firebase.google.com. Następnie klikamy Create a Project i tworzymy nowy projekt. Nadajemy mu nazwę – w przypadku projektu autora jest to Intrusion Detection. Akceptujemy warunki korzystania z Firebase i klikamy przycisk Continue. Konfigurujemy usługę Google Analytics. Jest to bezpłatne narzędzie analityczne, umożliwiające między innymi analizę danych, raportowanie oraz współpracę z usługami Firebase Crashlytics, Cloud Messaging, In-App Messaging, Remote Configuration, A/B Testing i Cloud Functions. Aby je włączyć, klikamy przycisk Enable Google Analytics, a następnie Continue.

Następnie wybieramy lokalizację usługi Analytics, podając kraj i region organizacji. Nie ma to wpływu na miejsce przetwarzania i przechowywania danych klientów Firebase przez Google. Autor nie korzystał z domyślnych ustawień udostępniania danych Google Analytics. Po zaakceptowaniu warunków korzystania z Google Analytics klikamy przycisk Create a Project.

Nowy projekt jest już gotowy. Klikamy przycisk Continue. Na ekranie powinna pojawić się nazwa utworzonego projektu. W panelu bocznym dostępne są różne opcje związane z projektem. Wybieramy kolejno Build, Storage i Get Started.

Najważniejsze etapy opisanej procedury przedstawiono na **rysunku 5**.

Autor zaleca rozpoczęcie pracy w trybie produkcyjnym. W tym celu klikamy przycisk

```
File  Edit  Format  Run  Options  Window  Help
import RPi.GPIO as GPIO
import time
from datetime import datetime
from picamera import PiCamera
from time import sleep
import os
GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
PIR_PIN = 7
#camera.rotation = 180
GPIO.setup(PIR_PIN, GPIO.IN)
import pyrebase
firebaseConfig = {
'apiKey': _____,
'authDomain': "_____",
'databaseURL': "_____",
'projectId': "_____",
'storageBucket': "_____",
'messagingSenderId': "_____",
'appId': "_____",
'measurementId': "_____"
}
firebase = pyrebase.initialize_app(firebaseConfig)
storage = firebase.storage()
camera = PiCamera()
```

**Rysunek 7. Fragment programu zawierający konfigurację połączenia z Firebase**

Next i wybieramy lokalizację usługi Cloud Storage. Po jej określeniu zostanie utworzony domyślny zasobnik pamięci (bucket). Wybranej lokalizacji nie można później zmienić. Będzie ona również domyślną lokalizacją usługi Cloud Firestore. Autor wybrał lokalizację Asia South1.

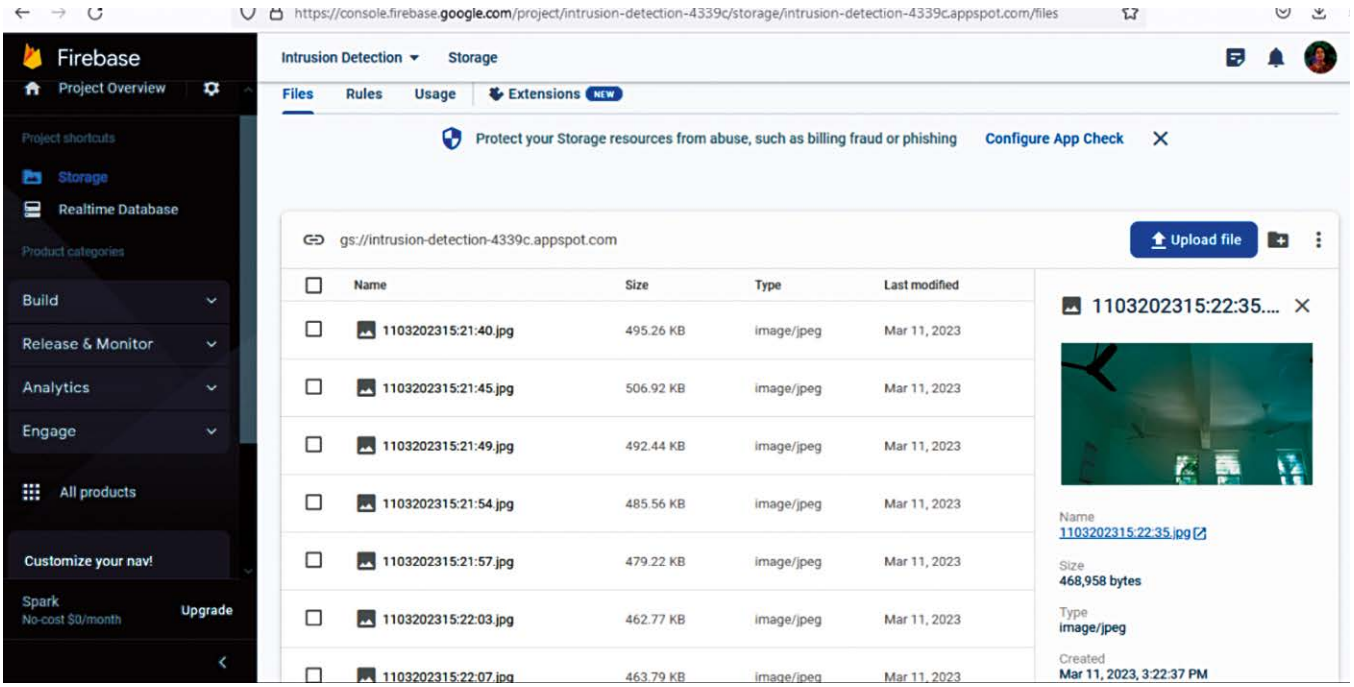
W sekcji Storage przechodzimy do zakładki Rules i wybieramy Edit Rules. Aby umożliwić odczyt i zapis danych bez dodatkowych ograniczeń, w regułach wyświetlanych po prawej stronie okna usuwamy fragment `: if false`, a następnie klikamy przycisk Publish.

Przechodzimy do sekcji Build i wybieramy Real Time Database. Klikamy Create Database i wybieramy opcję Start in test mode. Dane są wówczas domyślnie dostępne bez ograniczeń, co ułatwia szybką konfigurację systemu. Należy jednak pamiętać, że w ciągu 30 dni trzeba zmodyfikować reguły bezpieczeństwa, aby zapewnić właściwą ochronę danych i długoterminowy dostęp do bazy.

Następnie klikamy przycisk Enable. Powinno to spowodować wyświetlenie łącza do bazy danych projektu. Dla projektu autora miało ono postać pokazaną poniżej.

Przechodzimy do sekcji Project Overview, gdzie możemy dodać aplikację do projektu. Do wyboru są trzy typy aplikacji: Android, iOS oraz Web. Autor wybrał aplikację internetową. Aby skonfigurować dostęp do projektu za pomocą przeglądarki internetowej, wybieramy opcję Web.

Rejestrujemy aplikację, wprowadzając nazwę Project Intrusion Detection w polu App Nickname. Wybieramy Register App.




**Rysunek 8. Zdjęcia zapisane w usłudze Firebase dla obserwowanej strefy**

Przechodzimy do sekcji Add Firebase SDK i wybieramy opcję Use npm. Następnie potrzebne będą dane konfiguracyjne pakietu Firebase JavaScript SDK, obejmujące między innymi klucz apiKey oraz pozostałe parametry konfiguracji aplikacji internetowej Firebase:

```
authDomain:
databaseURL:
projectId:
storageBucket:
messagingSenderId:
appId:
measurementId:
```

Należy pamiętać, że są to dane indywidualne przypisane do konkretnego projektu. Nie należy ich udostępniać osobom nieupoważnionym. W przypadku pakietu Firebase JavaScript SDK w wersji 7.20.0 i nowszych parametr measurementId jest opcjonalny.

Dane te należy uwzględnić w programie dla Raspberry Pi w celu uwierzytelniania i dalszego przetwarzania. Następnie klikamy przycisk Continue to Console. Kolejne etapy konfiguracji przedstawiono na **rysunku 6**.

Następnie tworzymy program w języku Python, w którym podajemy wcześniej zapisane dane konfiguracyjne Firebase. W pętli while sprawdzany jest stan czujnika ruchu PIR. Po wykryciu ruchu wykonywane jest zdjęcie, które następnie zostaje zapisane w usłudze Firebase. **Rysunek 7** przedstawia fragment kodu odpowiedzialnego za konfigurację połączenia z Firebase.

Jeżeli wszystkie opisane czynności zostały wykonane prawidłowo, dostęp do zapisanych zdjęć będzie możliwy w sposób pokazany na **rysunku 8**. ■

**dr Geetali Saha i Premal Talpada**

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

REKLAMA



# Stacja pogodowa z Internetem Rzeczy oparta na module Blue Pi II

**Jest to prosta stacja pogodowa mierząca parametry środowiska: temperaturę, wilgotność powietrza i wilgotność gleby. Zastosowany czujnik temperatury i wilgotności DHT11 mierzy temperaturę atmosfery, a czujnik wilgotności gleby – wilgotność ziemi.**

Schemat blokowy układu pokazano na **rysunku 1**.

Na **rysunku 2** widzimy schemat wymaganego zasilacza stabilizowanego. Zbudowany jest on w oparciu o transformator obniżający z uzwojeniem wtórnym z odczepem w środku (12 V-0-12 V, 750 mA), prostownik pełnookresowy składający się z dwóch diod 1N4007 (D1 i D2), stabilizator 5 V 7805 (IC1) oraz dwa kondensatory elektrolityczne: 1000 $\mu$F/25 V (C1) i 100 $\mu$F/25 V (C2).

Układ główny, pokazany na **rysunku 3**, składa się z modułu czujnika wilgotności gleby DHT11, modułu Blue Pill STM32F103, wyświetlacza LCD LM016L, modułu ESP8266 oraz kilku innych elementów. Napięcia zasilania to 5 V dla STM32 i 3,3...3,6 V dla modułu Wi-Fi ESP8266.

Napięcie zasilające 5 V jest obniżane do 3,6 V w obwodzie dzielnika napięcia utworzonym przez diody krzemowe D3 i D4 oraz rezystor 1k w szereg z nimi. Napięcie przewodzenia diody krzemowej wynosi 0,7 V. Tak więc dwie diody połączone szeregowo obniżają napięcie o 1,4 V i otrzymujemy 5 V–1,4 V=3,6 V.

**Wykaz elementów:**

**Półprzewodniki:**
IC1: 7805, regulator (stabilizator) napięcia 5 V
D1...D4: 1N4007, dioda prostownicza

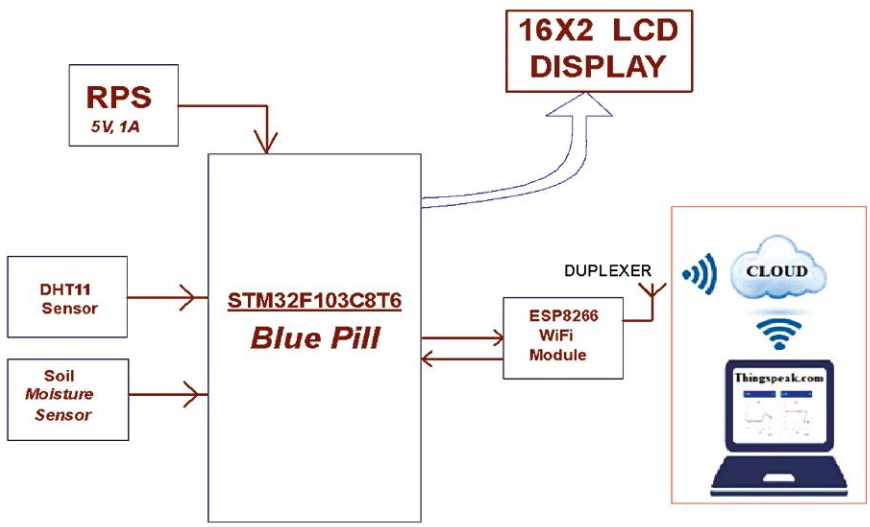
**Rezystory:** (wszystkie węglowe 1/4 W, ±5%), chyba że zaznaczono inaczej
R1...R3: 1 kΩ

**Kondensatory:**
C1: 1000 µF/25 V, elektrolityczny
C2: 100 µF/25 V, elektrolityczny

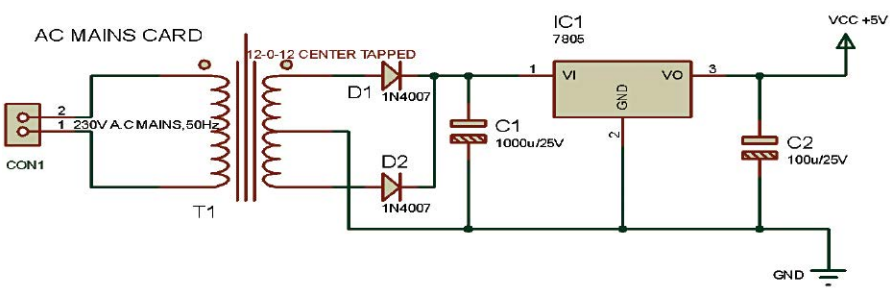
**Pozostałe:**
CON1: złącze 2-pinowe (dwupinowe)
X1: transformator sieciowy z 230 V AC (uzwojenie pierwotne) na 12 V-0-12 V, 750 mA (uzwojenie wtórne)
LCD1: wyświetlacz LCD (model LM016L)
płytka STM32F103 (Blue Pill)
płytka ESP8266
czujnik wilgotności gleby
czujnik DHT11 (temperatury i wilgotności)
przewód elastyczny (linka)

Czujnik DHT11, pokazany na rysunku 3, służy do pomiaru temperatury i wilgotności. Czujnik jest wyposażony we wbudowany termistor NTC, mierzący temperaturę. Zawiera też 8-bitowy mikrokontroler, który wysyła wartości temperatury i wilgotności w postaci szeregowej przy użyciu protokołu jednoprzewodowego. Czujnik ma tylko jedną linię danych, przez którą można odczytywać wartości zarówno temperatury, jak i wilgotności, co zmniejsza zapotrzebowanie na piny mikrokontrolera. Czujnik łatwo współpracuje z mikrokontrolerem. Jest fabrycznie skalibrowany. Układ pinów DHT11 pokazano na **rysunku 4**, a modułu Blue Pill STM32F103C8T6 – na **rysunku 5**.

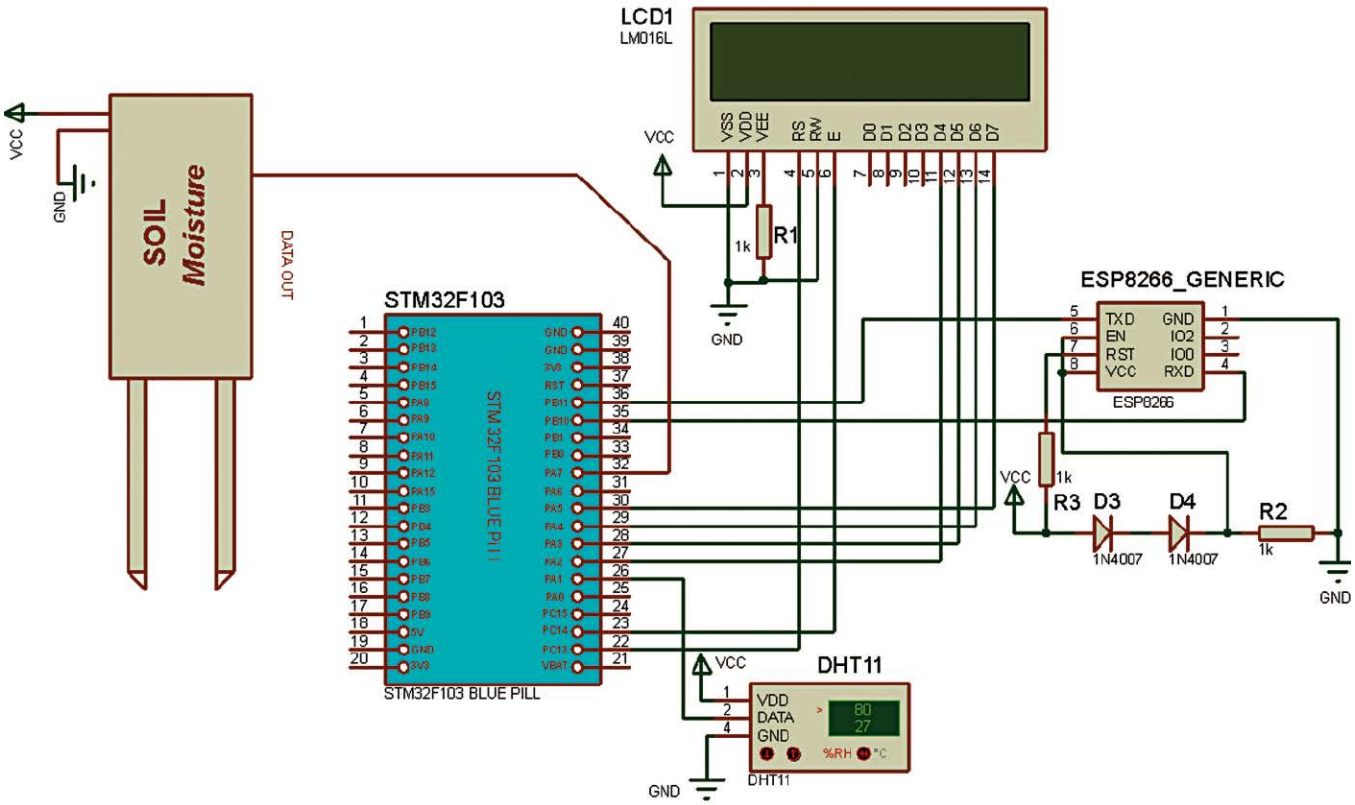
Stabilizator napięcia dla STM32 można zastąpić baterią 5 V lub zasilaczem 5 V prądu stałego. Mikrokontroler STM pobiera dane z czujników, przedstawia je na wyświetlaczu LCD i wysyła do karty Wi-Fi. Karta ESP odbiera dane i przesyła je do chmury ThingSpeak. Wcześniej jednak musimy ThingSpeak



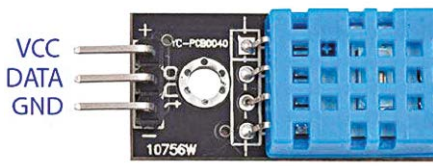

**Rysunek 1. Schemat blokowy układu**




**Rysunek 2. Zasilacz stabilizowany**



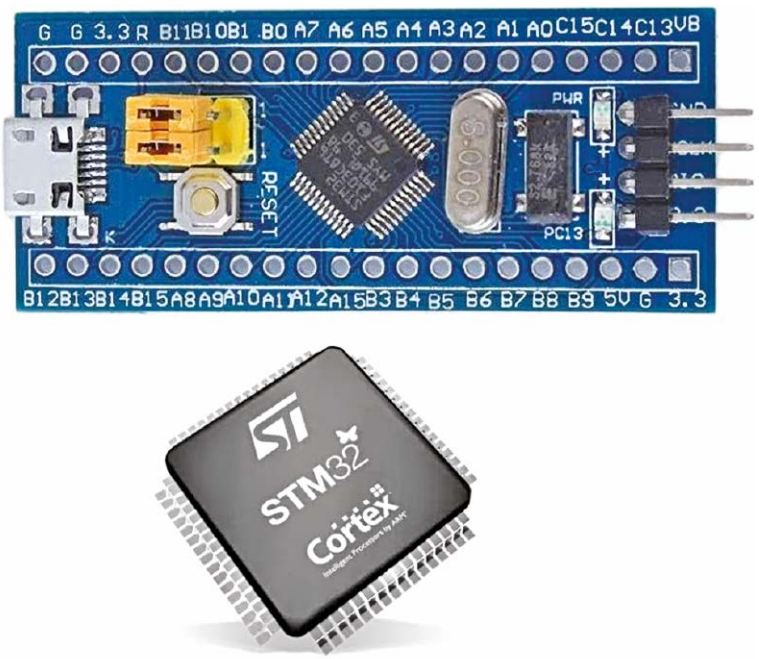

**Rysunek 3. Schemat ideowy układu**




**Rysunek 4. Układ pinów DHT11**

skonfigurować, uzyskać token API i dołączyć go do programu.

Aby przesłać dane do platformy ThingSpeak IoT i zarejestrować się, zapoznajcie się z **rysunkami 6...12** i postępujcie zgodnie z podanymi poniżej instrukcjami:

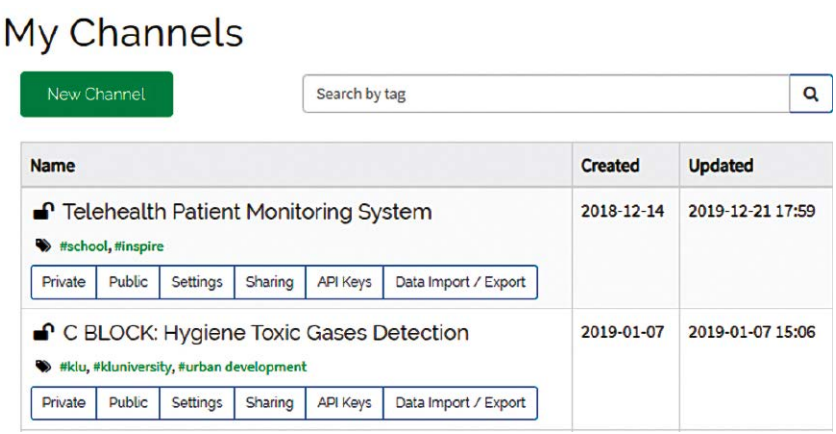



**Rysunek 5. Moduł STM32F103C8T6 Blue Pill**

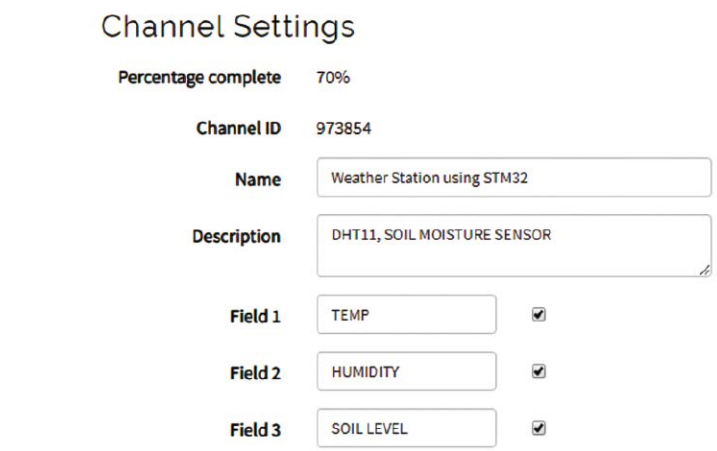
- Tworzymy konto na ThingSpeak.com, logujemy się i klikamy Get Started.
- Przechodzimy do menu Channels i na tej samej stronie klikamy opcję New Channel.
- Wyświetli się formularz tworzenia kanału, w którym można wpisać nazwę (Name) i opis (Description) wedle własnego uznania. Wypełniamy następnie pola Temperature, Humidity i Soil Level (temperatura, wilgotność i poziom gleby) w polach Field 1, Field 2 i Field 3, i zaznaczamy kwadraciki wyboru dla wszystkich trzech pól. Zaznaczamy również pole wyboru dla opcji Make Public (upublicznij) u dołu formularza, a na koniec kanał zapisujemy. Nowy kanał został utworzony.
- Klikamy następnie zakładkę API Keys i notujemy sobie klucze API Write i Read. W projekcie używamy tylko klucza Write. Należy go skopiować do zmiennej char *api_key w treści programu.
- Następnie w opcji udostępniania (Sharing) należy wybrać z listy opcję „Share channel view with everyone" (udostępnij widok kanału wszystkim). W ten sposób kanał zostaje skonfigurowany w trybie publicznym, dzięki czemu dane stacji pogodowej



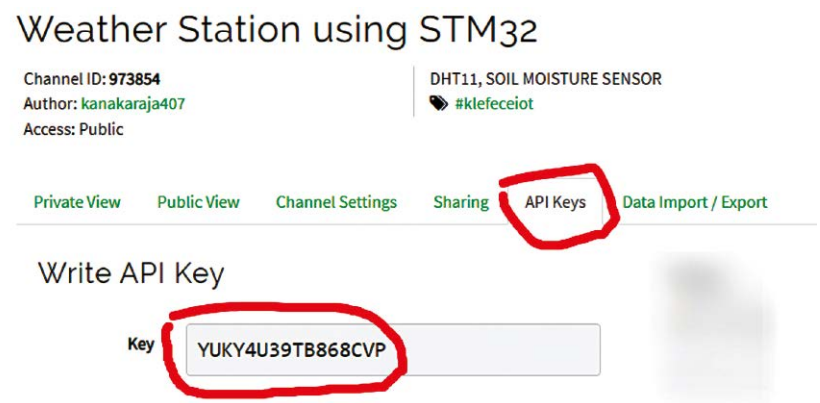

**Rysunek 6. Interfejs użytkownika ThingSpeak**




**Rysunek 7. Tworzenie kanału ThingSpeak**




**Rysunek 8. Tworzenie kanału c.d.**




**Rysunek 9. Pobieranie klucza API**

są dostępne w dowolnym miejscu na świecie. Pokazuje to **rysunek 10**.

Dane temperatury, wilgotności powietrza i wilgotności gleby zarejestrowane przez czujnik są wyświetlane na pulpicie nawigacyjnym, jak widać na **rysunku 11**.

Dane można wyświetlać na komputerze stacjonarnym lub laptopie, ale można je również oglądać na telefonie komórkowym z systemem Android z pomocą aplikacji Thingview Android, dostępnej w sklepie Google Play. Link do niej to https://play.google.com/store/apps/details?id=com.cinetica_tech.thingview&hl=en

## Oprogramowanie

STM32 jest rodziną mikrokontrolerów firmy STMicroelectronics, więc do płytki STM32 mogą być używane wszystkie istniejące metody programowania układów ARM. Jednym z powszechnie używanych środowisk programistycznych (IDE) jest Keil ARM MDK, ale możemy również używać IAR Workbench, Atollic TrueStudio, MicroC Pro ARM, Crossworks ARM, Ride 7, PlatformIO + STM32 itp. Przypis redaktora: godne polecenia jest darmowe środowisko STM32CubeIDE firmy STMicroelectronics, zdobywające rosnącą popularność.

Zobaczymy teraz, jak zaprogramować STM32 w Arduino IDE, które jest proste w użyciu i ma łatwo dostępne biblioteki. W niniejszym samouczku rozpoczniemy pracę z STM32 przy użyciu Arduino IDE.

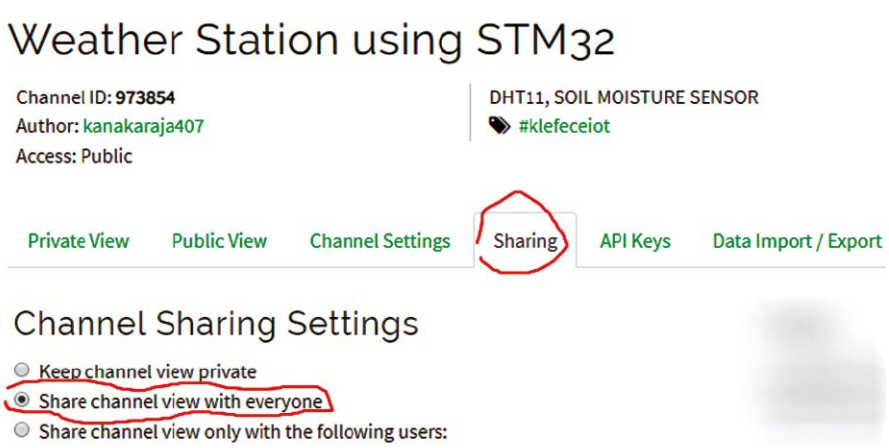
Aby uruchomić programowanie STM32 poprzez złącze micro USB, popatrzcie na **rysunki 13...16**. Do programowania płytki musimy używać portu USB, ponieważ płytka rozwojowa STM32 Blue Pill nie zawiera bootloadera, przez co nie jest kompatybilna z Arduino IDE. Bootloader można jednak do płytki STM32 wgrać, a następnie bezpośrednio używać portu USB do wgrywania programu.

Aby wgrać program bootloadera, można skorzystać z samouczka dostępnego na Youtube pod linkiem https://www.youtube.com/watch?v=Tm7IWQLrKYs&t=113s.

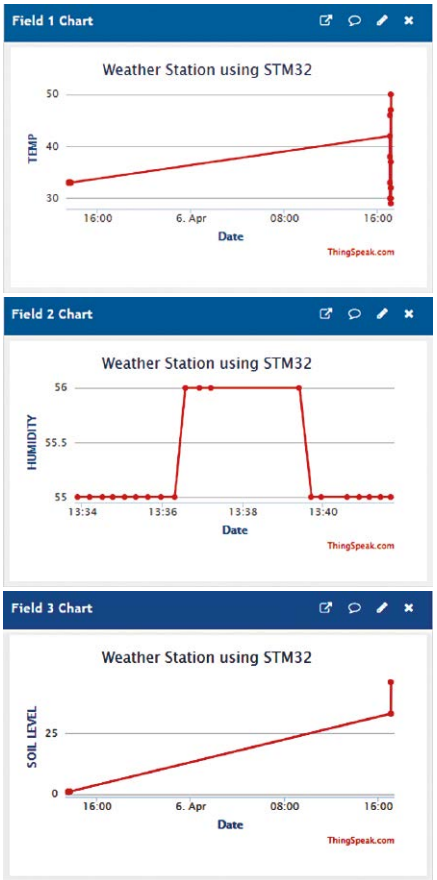
Aby przygotować Arduino IDE dla płytki STM32 (Blue Pill), wykonajemy poniższe kroki:

Krok 1. Jeśli jeszcze nie zainstalowaliście Arduino IDE, pobierzcie i zainstalujcie je teraz. Upewnijcie się, że wybraliście właściwy system operacyjny.

Krok 2. Po zainstalowaniu Arduino IDE otwieramy i pobieramy wymagane pakiety dla płytki STM32. Można to zrobić wybierając File → Preferences (Plik → Preferencje).




**Rysunek 10. Udostępnianie kanału wszystkim użytkownikom**




**Rysunek 11. Wykresy na pulpicie nawigacyjnym ThingSpeak**

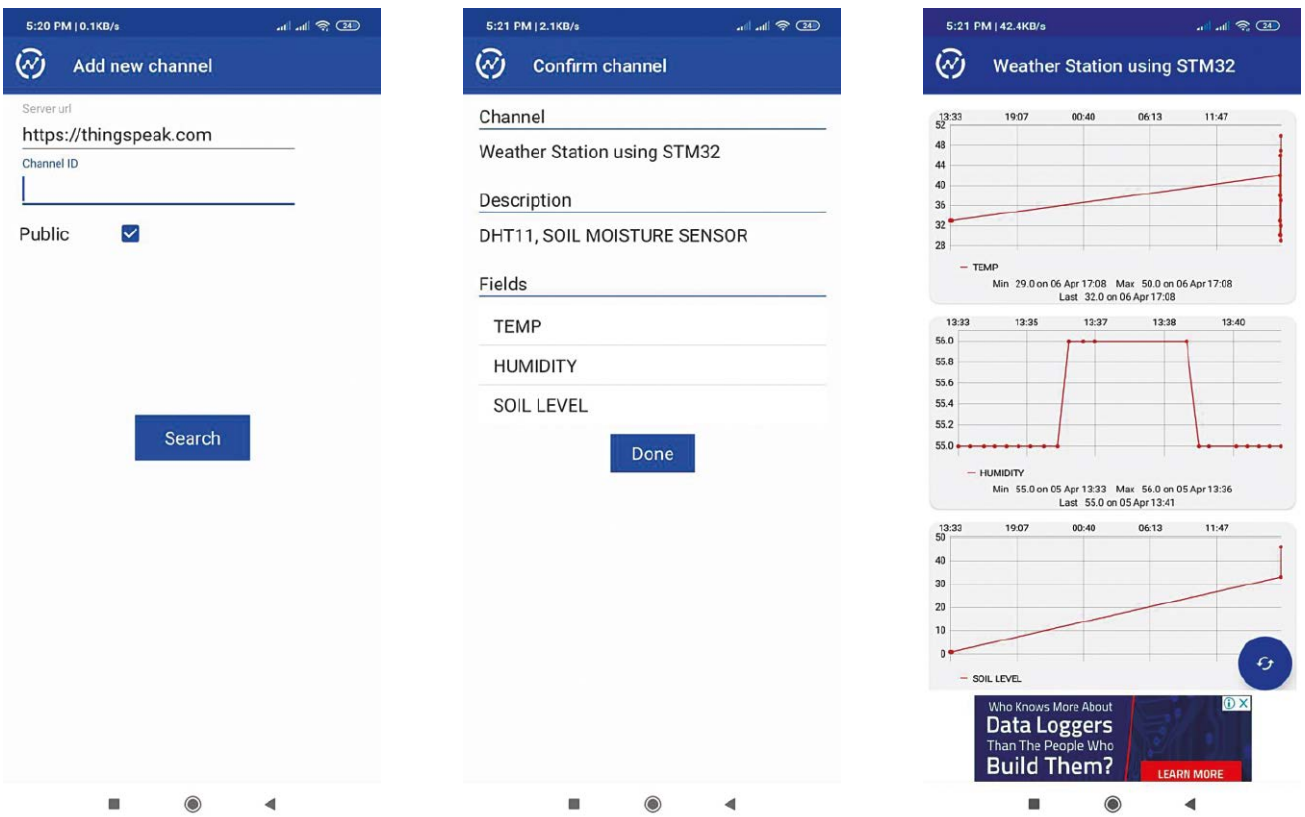
Krok 3. Kliknięcie Preferences otworzy okno dialogowe. W polu tekstowym Additional Boards Manager URLs wklejamy następujący link http://dan.drown.org/stm32duino/package_STM32duino_index.json i naciskamy OK, jak pokazano na rysunku 13.

Krok 4. Przechodzimy do Tool → Boards → Board Manager; otworzy się okno dialogowe Boards Manager; wyszukujemy STM32F103C i instalujemy pakiet, który się pojawi.

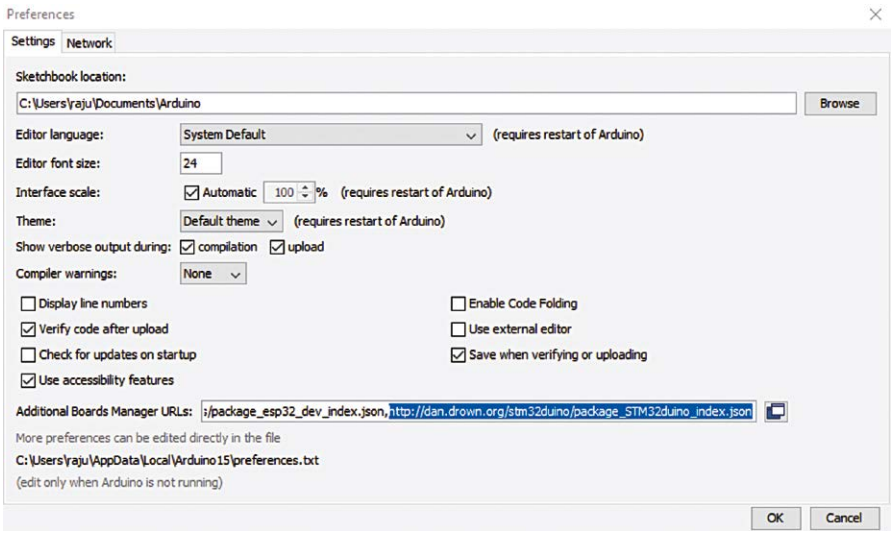
Krok 5. Po zakończeniu instalacji pakietu przechodzimy do Tools i, jak pokazano na rysunku 14, przewijamy listę w dół, żeby znaleźć serię Generic STM32F103C. Upewniamy się, że wybrany wariant to 64 K Flash, a prędkość procesora to 72 MHz. Zmieniamy metodę przesyłania na Serial.

Krok 6. Podłączamy przez złącze USB płytkę do komputera i w Menedżerze Urządzeń sprawdzamy, do którego portu COM podłączona jest płytka STM32. Ten sam numer portu ustawiamy następnie w Tools → Port (Narzędzia → Port).

Krok 7. Po wprowadzeniu wszystkich zmian sprawdzamy prawy dolny róg ekranu Arduino IDE, gdzie widzimy, do którego portu szeregowego podłączona jest płytka STM32 Blue Pill. Jak widać na **rysunku 15**, w prototypie




**Rysunek 12. Zrzut ekranu ustawień ThingSpeak na potrzeby aplikacji**




**Rysunek 13. Link do STM32 json wklejony w Preferencjach Arduino IDE**

- Materiał filmowy do artykułu:
  https://youtu.be/i7w8Gwf-j2s
  https://www.youtube.com/watch?v=Tm7IWQLrKYs&t=113s

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

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




**Rysunek 15. Wybór portu szeregowego**

autorów był to COM9, ale Wasz port będzie miał zapewne inny numer.

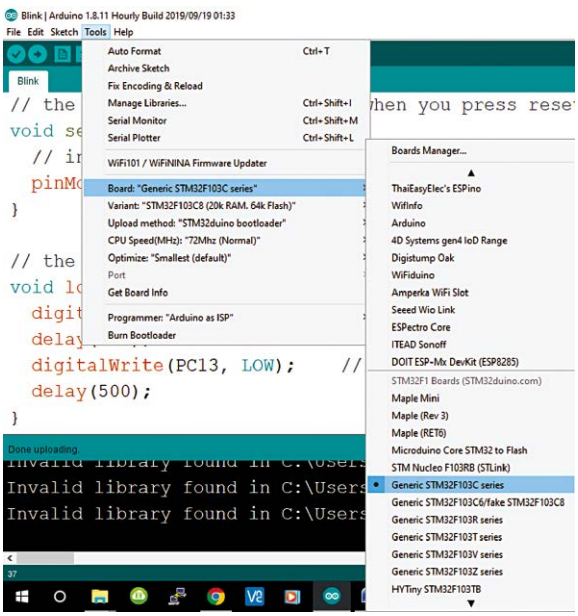
Arduino IDE jest już przygotowane do zaprogramowania płytki STM32 Blue Pill.

W programie ustawiamy token API ThingSpeak i przesyłamy skompilowany kod do STM32 Blue Pill. To samo robimy dla oprogramowania układowego ESP i przesyłamy je do modułu ESP.

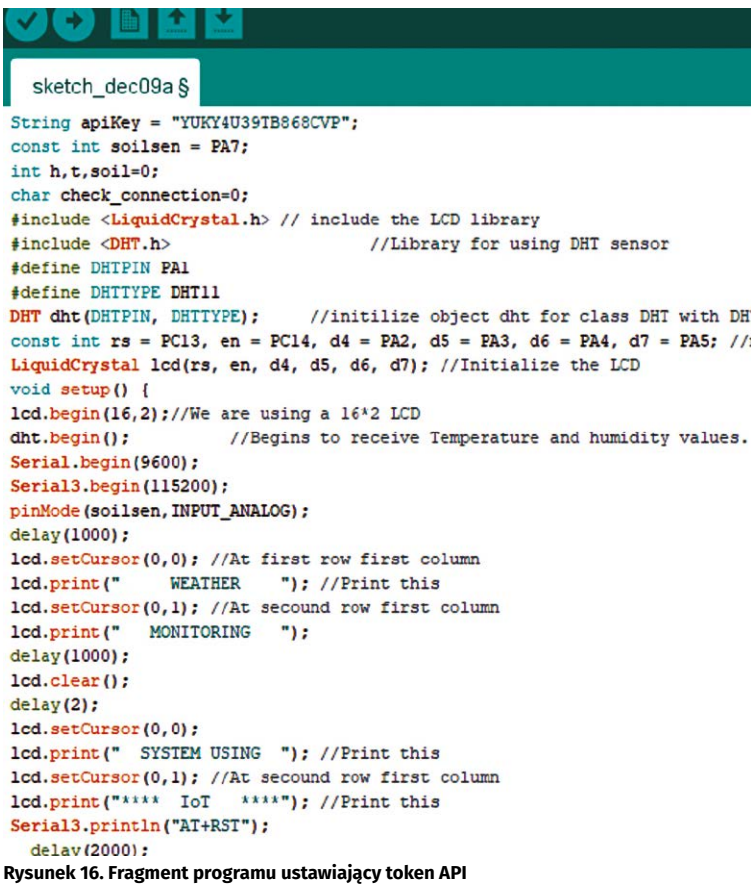
Po prawidłowym zainstalowaniu wszystkich wyżej wymienionych bibliotek ładujemy kod źródłowy MAIN_PROGRAM.ino. Montujemy następnie układ według schematów na rysunkach 3 i 4. Dołączamy uzwojenie pierwotne transformatora do napięcia sieci 230 V.

Zmontowany prototyp autorów przedstawiony jest na **rysunku 17**. ■

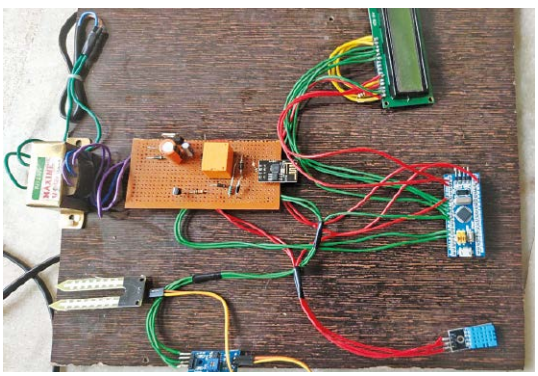
**Pamarthi Kanakaraja**
**dr Ch Sri Kavya K.**




**Rysunek 14. Proces wybierania płytki STM32F103C**



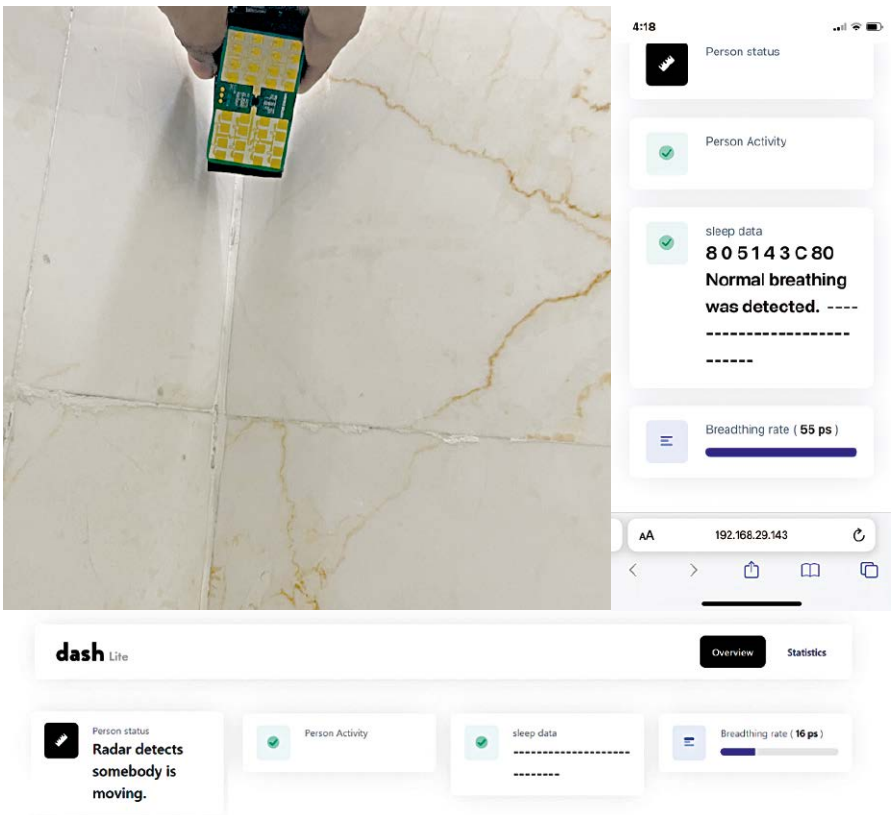

**Rysunek 16. Fragment programu ustawiający token API**



**Rysunek 17. Prototyp autorów**

# Bezprzewodowy monitoring bez naruszania prywatności osobistej

**Wielu pacjentów i osób starszych wymaga ciągłego monitorowania. Nie można tego robić poprzez kamery CCTV w łazience czy w sypialni, ponieważ naruszałoby to prywatność tych osób. Obowiązuje to również w stosunku do więźniów oraz w szeregu innych przypadków. Opisywany projekt pomoże Wam zaprojektować system, który pozwoli bez użycia kamery monitorować parametry życiowe, np. oddychanie, i nadzorować wykonywane czynności: spanie, chodzenie, czytanie, poruszanie się – zarówno długotrwałe jak i chwilowe.**




**Rysunek 1. Prototyp Autora**

**Rysunek 1** przedstawia prototyp Autora i fragment ekranu pokazujący wykonywaną czynność. Elementy wymagane do zbudowania urządzenia wymienione są w Liście elementów.

## Oprogramowanie

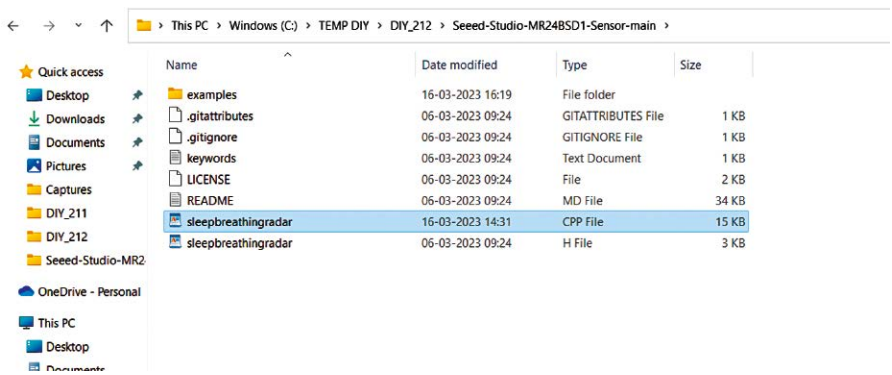
Najpierw do środowiska Arduino IDE należy dodać płytkę ESP. By zainstalować Arduino IDE, można postąpić zgodnie z instrukcjami na stronie ESP. Należy zainstalować i dodać bibliotekę do komunikacji z radarem. Bibliotekę pobieramy i dodajemy poprzez link: https://wiki.seeedstudio.com/Radar_MR24BSD1/

Następnie instalujemy bibliotekę ESP Dash na stronie hosta posiadającej pulpit nawigacyjny, co pozwoli za pośrednictwem Wi-Fi wyświetlać w czasie rzeczywistym dane dotyczące aktywności i parametrów życiowych monitorowanej osoby. Bibliotekę trzeba będzie zmodyfikować i dokonać pewnych ustawień, aby uzyskać dostęp do pinów RX2 i TX2 płytki ESP w celu odczytywania radaru przez port szeregowy (**rysunek 2**).

**Lista elementów**

| element | liczba szutk | opis |
|---|---|---|
| MR24BSD1 | 1 | czujnik radarowy na fale milimetrowe (24 GHz) |
| moduł ESP32 | 1 | płytka rozwojowa |
| przewody połączeniowe | 10 | żeński-żeński |

Najpierw otwieramy folder biblioteki, potem otwieramy główny plik biblioteczny *.cpp, a następnie wprowadzamy ustawienia i dodajemy kod pokazany na **rysunku 3**. Po zmodyfikowaniu kodu biblioteki plik zapisujemy.




**Rysunek 2. Plik biblioteczny przeznaczony do modyfikacji**

```
#include "Arduino.h"
#include "sleepbreathingradar.h"
#include <HardwareSerial.h>

HardwareSerial Serialss(2); // use UART2
#define Serial1 Serialss

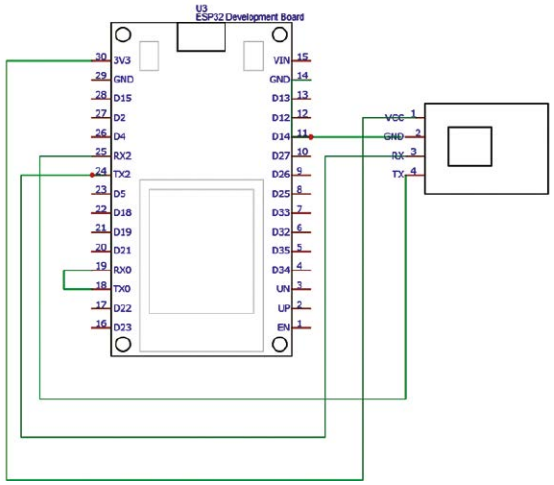
#ifdef __AVR__
  #include <HardwareSerial.h>
  HardwareSerial Serialss(2); // use UART2
  #define Serial1 Serialss
#endif

void SleepBreathingRadar::SerialInit(){
  Serial1.begin(9600, SERIAL_8N1, 16, 17);

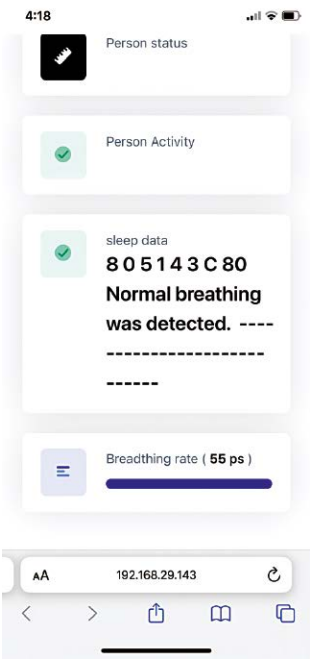
}

// Receive data and process
void SleepBreathingRadar::recvRadarBytes(){
  static boolean recvInProgress = false;
  static byte ndx = 0;
  byte startMarker = MESSAGE_HEAD;            //Header
  byte rb; // Each frame received
  while (Serial1.available() > 0 && newData == false) {
      rb = Serial1.read();
      if (recvInProgress == true) {           //Received
          if (dataLen > ndx) {                //Length
            Msg[ndx] = rb;
            if(ndx == 0)dataLen = Msg[0];     //Get leng
            ndx++;
          }
          else {                              //Ending
```

**Rysunek 3. Modyfikacja pliku .cpp biblioteki w celu uzyskania dostępu do portu szeregowego 1 w module ESP**




**Rysunek 4. Schemat układu**

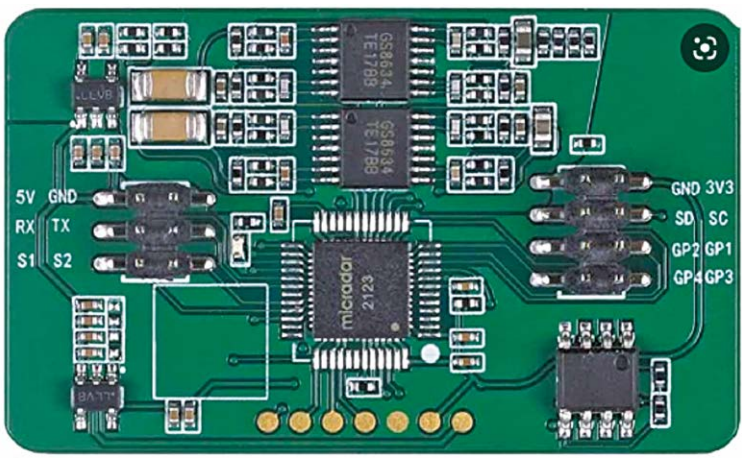



**Rysunek 6. Karta informacji o aktywności**

Do programu należy dodać bibliotekę, a następnie karty, w których będą wyświetlane informacje. Dane z radaru będą sprawdzane w pętli. Trzeba zaimplementować algorytm, który będzie wyszukiwać zmiany w danych, wyczuwając każdy ruch i działanie człowieka, a następnie tworzyć informacje wyjściowe. Informacje te należy wyświetlać i aktualizować w kartach w stworzonym przez siebie interfejsie użytkownika w webserwerze ESP Das.

Jest jedna „karta akcji", która ukazuje sytuacje takie jak poruszanie się, wychodzenie, wchodzenie, spanie, czytanie, przewrócenie się czy nawet tańczenie. Kolejna karta zawiera dane dotyczące snu – częstości oddechów, która wskazuje, czy dana osoba siedzi na łóżku, wstaje z łóżka, czy na łóżku śpi. Trzecia karta pokazuje również częstość oddechów oraz wykrywane parametry życiowe: puls i oddychanie.

Używamy radaru 24 GHz, więc mamy informację tylko o częstości oddechów. Gdybyśmy użyli radaru 6 GHz, to moglibyśmy oprócz częstości oddechów wykrywać również bicie serca i sygnały tętna.




**Rysunek 5. Płytka radaru na fale milimetrowe. Źródło: seedstudio.com**

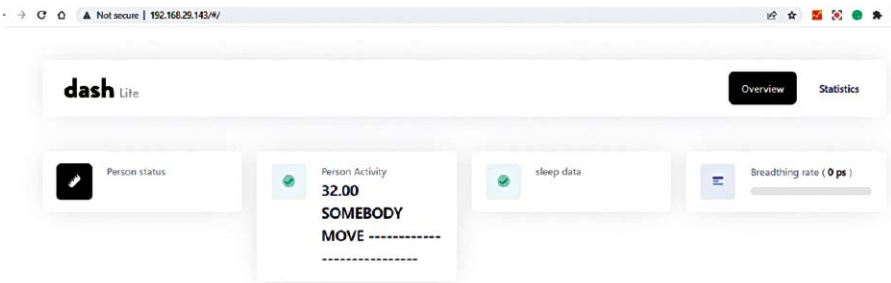
## Uruchomienie i testowanie

Elementy podłączamy zgodnie ze schematem pokazanym na **rysunku 4**. Dołączamy zaciski RX2 i TX2 płytki ESP do pinów łącza szeregowego TX i RX płytki radaru (**rysunek 5**). Na płytce ESP32 łączymy ze sobą piny RX0 i TX0.

W celu przetestowania zasilamy układ z laptopa przez USB i czekamy, aż urządzenie połączy się z siecią Wi-Fi, którą wybraliśmy w kodzie. Otrzymamy adres IP urządzenia. Adres ten notujemy. Teraz można system skonfigurować w dowolnym miejscu w celu śledzenia snu, aktywności, częstości oddechów itp. danej osoby. Można go zamontować w łazience, sypialni lub gdziekolwiek indziej, gdzie chcemy monitorować jakąś osobę bez naruszania jej prywatności.

Po pomyślnym przetestowaniu należy układ zasilić ze zwykłego zasilacza napięcia stałego 5V. Następnie wyszukujemy adres IP układu w telefonie podłączonym do tej samej sieci Wi-Fi. Teraz można monitorować aktywność danej osoby na pulpicie nawigacyjnym, co pokazano na **rysunkach 6** i **7**. ■

**Ashwini Kumar Sinha**




**Rysunek 7. Karta aktywności ruchowej**

Materiał filmowy do artykułu:
https://youtu.be/mcOgsIAngNw

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



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

ELEKTRONIKA dla wszystkich
JUNIOR
nr 07/2026 (25)



Dawid – Młodzi Entuzjaści Elektroniki, Szkoła Podstawowa nr 86, Wrocław

**Dopiero co rozpoczęły się wakacje. Dla jednych oznacza to wyjazdy nad morze, dla innych wyprawy w góry, obozy, kolonie albo odwiedziny u rodziny. Jest jednak coś, co podczas letnich wyjazdów często pozostaje w domu i cierpliwie czeka na nasz powrót. To oczywiście rośliny doniczkowe.**

Każdy miłośnik domowej zieleni zna ten problem. Przed wyjazdem trzeba pamiętać nie tylko o spakowaniu walizki, ale również o tym, kto zaopiekuje się kwiatami. Najczęściej prosimy o pomoc rodzinę, sąsiadów albo znajomych. Tyle że nawet najbardziej życzliwa osoba nie zawsze wie, które rośliny lubią wilgotną ziemię, które należy podlewać oszczędnie, a które właśnie zaczynają cierpieć z powodu braku wody.

Co ciekawe, nadmiar wody potrafi być dla wielu roślin równie niebezpieczny jak przesuszenie. Zbyt częste podlewanie może prowadzić do gnicia korzeni i chorób, dlatego nie zawsze obowiązuje zasada „im więcej wody, tym lepiej". Przy większej liczbie doniczek łatwo się pomylić, zwłaszcza gdy opiekun zagląda do mieszkania tylko od czasu do czasu. Na szczęście elektronika może i tu przyjść z pomocą.



Fotografia 1. Pierwszy kwiatek już pod nadzorem sygnalizatora

## Co zbudujemy tym razem?

Tym razem podzielimy się z Czytelnikami relacją z zajęć stacjonarnych, podczas których zbudowaliśmy kilka sztuk zestawu **AVTEDU636** o nazwie **Sygnalizator suchego kwiatka**. To niewielkie urządzenie potrafi kontrolować wilgotność gleby i informować o tym, że roślina wymaga podlania. Wystarczy umieścić jego sondę w ziemi, aby zasilany bateryjnie układ mógł stale monitorować warunki panujące w doniczce.

Po zbudowaniu zestawów sprawdziliśmy ich działanie. Umieściliśmy je w doniczkach z prawdziwymi roślinami (cóż za zbieg okoliczności, że akurat te stojące na parapetach naszej pracowni wchodziły najwyraźniej w tryb pustynny) chcąc przekonać się, czy rzeczywiście sygnalizatory zdadzą tutaj egzamin. I rzeczywiście, urządzenia wskazywały konieczność podlania roślin, a po podlaniu, zgodnie z założeniem, wygasiły swoje pulsujące czerwone światła przywoławcze.

Po zmroku efekt może okazać się szczególnie ciekawy, zwłaszcza gdy w pomieszczeniu znajdzie się więcej roślin wyposażonych w takie sygnalizatory. Jeśli przez dłuższy



Fotografia 2. Dawid przygotowuje kolejną sztukę sygnalizatora dla następnego kwiatka. Młodzi Entuzjaści Elektroniki, Szkoła Podstawowa nr 86, Wrocław

**Zanim przystąpisz do montażu, zapoznaj się z instrukcjami dostępnymi online:**

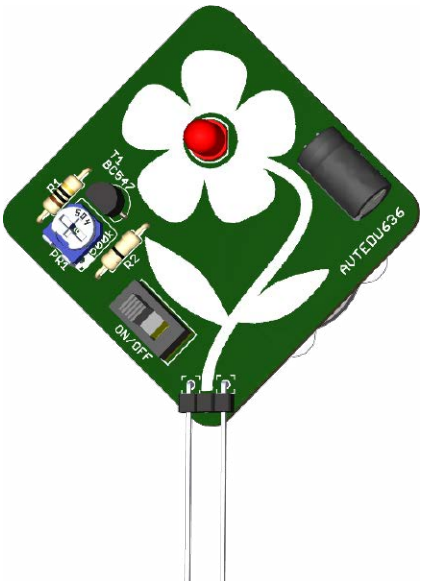
**Lutowanie komponentów przewlekanych do płytki drukowanej**
https://elportal.pl/files/2026/02/15/3678-lutowanie-komponentow-przewlekanych-do-plytki-drukowanej.pdf

**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




**Rysunek 1. Sygnalizator suchego kwiatka (kod AVTEDU636). Zmontowany układ**

**Wykaz elementów:**
**Rezystory:**
R1: 10 Ω (czarny-brązowy-czarny-złoty)
R2: 0 Ω (czarny)
PR1: potencjometr montażowy 500 kΩ

**Kondensatory:**
C1: 10 µF

**Półprzewodniki:**
LED1: dioda LED 5 mm czerwona, migająca
T1: BC547 lub BC548

**Pozostałe:**
BAT1: uchwyt baterii CR2032 (plus bateria)
SW1: włącznik
Sonda: długie szpilki goldpin wygięte pod kątem 90°

czas zapomnimy o podlewaniu roślin znajdujących się w danym pomieszczeniu, pewnego wieczora przywitać nas może całkiem niezły pokaz migających świateł. Błyskające diody będą wskazywały doniczki wymagające naszej uwagi, a po podlaniu odpowiednich roślin stopniowo zaczną gasnąć. Gdy wszystkie kwiaty otrzymają właściwą ilość wody, świetlny spektakl ustanie, a w pomieszczeniu ponownie zapanuje półmrok.

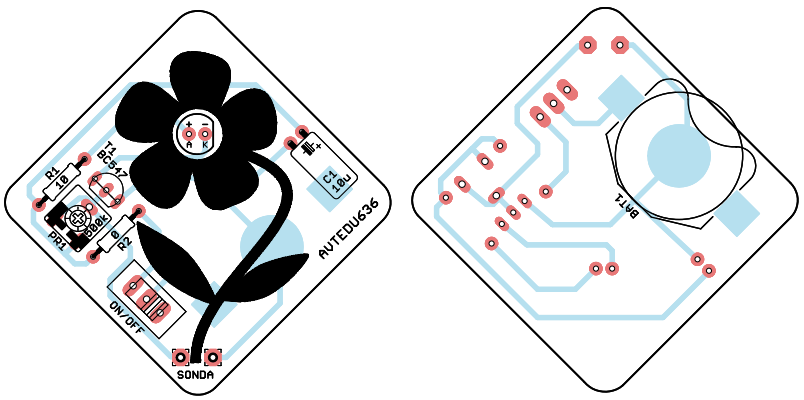
Można więc powiedzieć, że tym razem elektronika stanie się pomocnikiem ogrodnika. A nam po wakacyjnych wojażach pozostanie stwierdzić na ile zdała egzamin. Oby sprawdziła się celująco. A gdyby okazało się inaczej, będzie to kolejna cenna lekcja do rozważań na temat tego, co zawiodło, lub co można by było usprawnić, poprawić, lub zbudować inaczej.

Co ważne, nad wszystkim będzie czuwał żywy ogrodnik i to z pewnością on zda nam pierwszą relację!

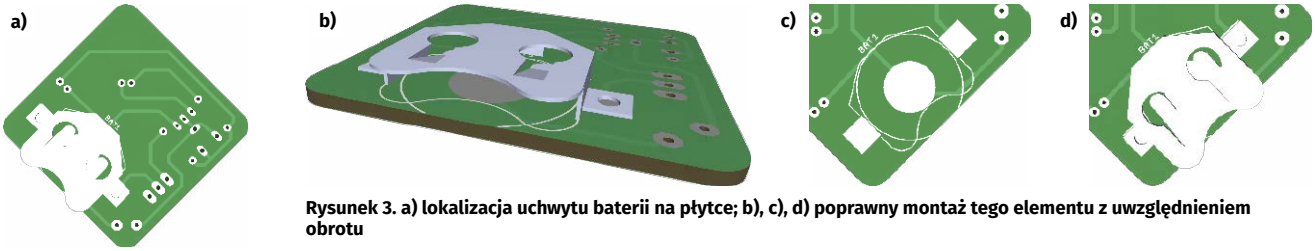
Na **rysunku 1** pokazano zmontowany układ, a na krótkim filmie pod adresem https://youtu.be/rjPzW1CFrmw możesz zobaczyć rzeczywiste działanie sygnalizatora suchego kwiatka.

## 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 czy układów scalonych i innych podzespołów, ponieważ wszystkie komponenty są oznaczone takimi samymi desygnatorami, zarówno na schemacie montażowym, liście elementów jak i na 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 złej 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




**Rysunek 2. Schemat montażowy układu. Uchwyt baterii to element do montażu powierzchniowego (SMD), który należy zamontować po stronie lutowania, pozostałe elementy do montażu przewlekanego (THT) należy zamontować po stronie przeciwnej**




**Rysunek 3. a) lokalizacja uchwytu baterii na płytce; b), c), d) poprawny montaż tego elementu z uwzględnieniem obrotu**

podczas nieostrożnego lutowania. Taki podgląd znacząco ułatwia wykrywanie błędów i zwiększa pewność, że układ został zmontowany prawidłowo. Schemat montażowy pokazano na **rysunku 2**.

## Montaż uchwytu baterii

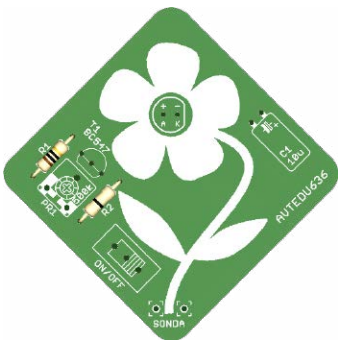
Zgodnie z informacjami z listy elementów przylutuj w odpowiednim miejscu wyprofilowaną blaszkę pełniącą rolę uchwytu baterii. Należy ją zamontować jako jedyny element po stronie lutowania płytki. Jest to element przeznaczony do montażu powierzchniowego, dlatego warto zamontować go w pierwszej kolejności, gdy po przeciwnej stronie płytki nie ma jeszcze elementów przewlekanych. Dzięki temu płytka może całą powierzchnią przylegać do blatu, co ułatwia przylutowanie uchwytu. Przed przystąpieniem do tej czynności zapoznaj się ze wskazówkami zamieszczonymi poniżej.

- Uchwyt baterii CR2032 służy do mechanicznego zamocowania oraz elektrycznego podłączenia baterii litowej typu CR2032 do płytki drukowanej. Dzięki niemu bateria może zostać łatwo wymieniona bez konieczności lutowania, co ma szczególne znaczenie w urządzeniach wymagających okresowej wymiany źródła zasilania, na przykład w zegarach, pamięciach podtrzymujących lub niewielkich układach przenośnych.
- Bateria CR2032 jest ogniwem litowym o napięciu nominalnym 3 V. Górna powierzchnia baterii oraz jej obrzeże stanowią biegun dodatni, natomiast dolna powierzchnia jest biegunem ujemnym.
- Przed przylutowaniem uchwytu zwróć uwagę na obrys nadrukowany na PCB. Kształt metalowej blaszki uchwytu powinien pokrywać się z kształtem obrysu na płytce drukowanej (rysunki powyżej). Pozwoli to zamontować uchwyt we właściwym kierunku i zapewni poprawne wkładanie baterii.
- Uchwyt należy montować równo względem płytki drukowanej. Element powinien przylegać do PCB możliwie płasko, ponieważ nawet niewielkie przekrzywienie może utrudnić wkładanie baterii lub spowodować jej niepewny styk elektryczny.
- Z uwagi na swoje stosunkowo duże rozmiary mechaniczne uchwyt baterii najlepiej lutować dopiero po zamontowaniu niższych elementów, takich jak rezystory czy podstawki pod układy scalone. Pozwala to zachować wygodny dostęp do pól lutowniczych i zmniejsza ryzyko przypadkowego zahaczenia grotem lutownicy o wyższy element. Ponieważ jednak w tym konkretnym układzie jest on jedynym elementem do montażu powierzchniowego (SMT) należy zamontować go w pierwszej kolejności.
- Po umieszczeniu uchwytu baterii zgodnie z informacjami powyżej, 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.
- Ponieważ zastosowany uchwyt jest elementem do montażu powierzchniowego, nie ma tutaj potrzeby przycinania wyprowadzeń.

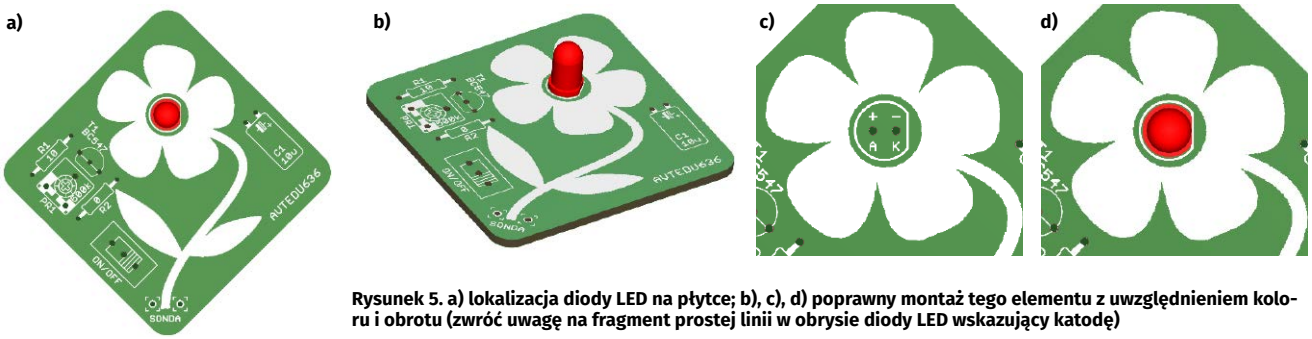
## Montaż rezystorów

Zgodnie z informacjami z listy elementów przylutuj do płytki rezystory o określonych 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 materiału wywołującą spadek napięcia podczas przepływu prądu. Energia elektryczna zamienia się w nim na ciepło, co jest naturalnym skutkiem przepływu prądu przez rezystancję.
- Rezystor nie ma biegunowości – działa tak samo niezależnie od kierunku przepływu prądu. Dlatego jego montaż na płytce nie wymaga uwzględniania orientacji. Ważne jest jedynie, aby w danym miejscu umieścić właściwy rezystor o odpowiedniej wartości. Sam kierunek montażu pozostaje dowolny.
- 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




**Rysunek 4. Rezystory o odpowiednich wartościach, oznaczone za pomocą kodu kolorowych pasków, zamontowane na właściwych pozycjach, zgodnie z listą elementów**




**Rysunek 5. a) lokalizacja diody LED na płytce; b), c), d) poprawny montaż tego elementu z uwzględnieniem koloru i obrotu (zwróć uwagę na fragment prostej linii w obrysie diody LED wskazujący katodę)**

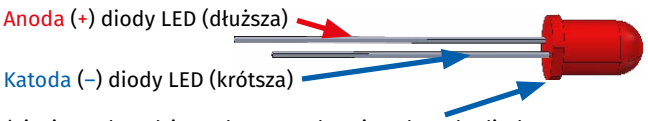
go w płytce (**rysunek 4**) w miejscu oznaczonym właściwym desygnatorem.

- 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 diody LED

Zgodnie z informacjami z listy elementów na odpowiedniej pozycji przylutuj diodę LED o właściwym kolorze. Przed przylutowaniem diody LED do płytki 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 ulegnie uszkodzeniu. Jej katodę najczęściej oznacza ścięcie na obudowie oraz krótsza nóżka (**rysunek 6**). 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.

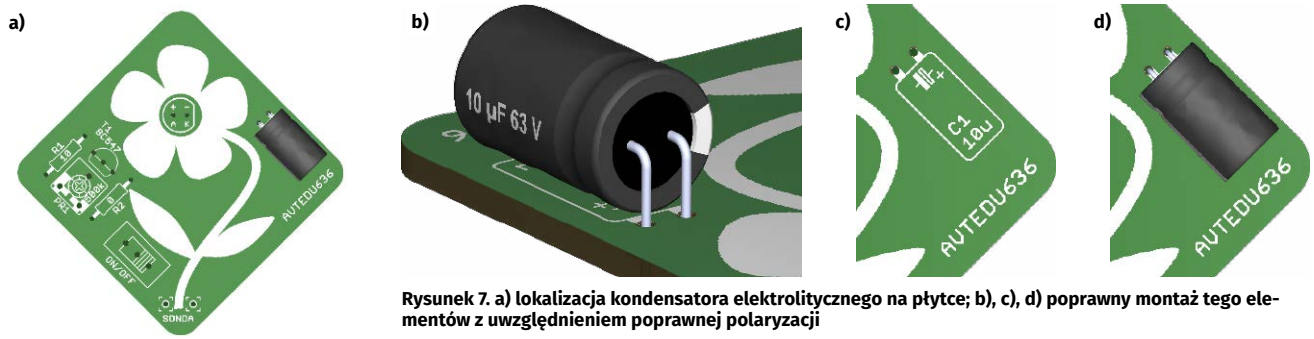



**Rysunek 6. Opis wyprowadzeń standardowej diody LED z dwoma wyprowadzeniami („plusowe" wyprowadzenie jest dłuższe, natomiast „minusowe" krótsze)**

- Z uwagi na powyższe LED-y najlepiej montować na stosunkowo wczesnym etapie lutowania. Rezystory, podstawki pod układy scalone oraz diody prostownicze i sygnałowe są zazwyczaj nieco niższe, ale zaraz po nich warto umieścić na płytce diody LED. W tym momencie pole lutownicze jest wciąż dobrze dostępne, i nic nie zasłania miejsca montażu, co ułatwia przylutowanie LED-ów równo i estetycznie.
- Zanim włożysz diodę LED do płytki, sprawdź w liście elementów, jaki kolor LED-a powinien zostać zamontowany w danej lokalizacji. Same diody – zwłaszcza w bezbarwnych obudowach – mogą wyglądać bardzo podobnie lub wręcz identycznie, dlatego warto upewnić się, jaki kolor świecenia ma LED, który trzymasz w ręku.
- Jeśli w projekcie występuje kilka kolorów diod LED w bezbarwnych obudowach, zasadne jest ich wcześniejsze posegregowanie. Najprościej zrobić to za pomocą multimetru ustawionego w tryb badania diod lub ciągłości obwodu. Przyłożenie sond – czerwonej do anody diody LED i czarnej do jej katody (**fotografia 3**) – spowoduje lekkie świecenie diody LED, co pozwoli od razu ustalić jej kolor. Dzięki temu można przyporządkować poszczególne LED-y do właściwych grup i ułożyć je na osobnych stertach. Takie przygotowanie znacząco zmniejsza ryzyko pomyłek podczas montażu i gwarantuje prawidłowy efekt wizualny w gotowym urządzeniu.
- Jeśli upewniłeś się co do odpowiedniej polaryzacji i kolorów, 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…*




**Fotografia 3. Sprawdzanie diody LED za pomocą multimetru ustawionego na funkcję testowania diod. Po przyłożeniu sondy czerwonej do anody, a czarnej do katody, sprawna dioda LED powinna się zaświecić. Jeśli dioda ma odpowiednio długie (jeszcze nie przycięte) wyprowadzenia można się wspomóc krokodylkami**




**Rysunek 7. a) lokalizacja kondensatora elektrolitycznego na płytce; b), c), d) poprawny montaż tego elementów z uwzględnieniem poprawnej polaryzacji**

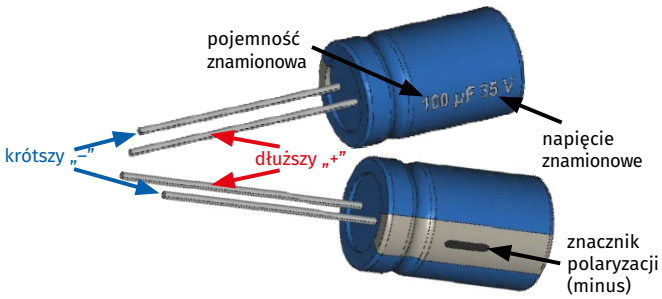
oraz zapoznaj się z dostępnymi poradnikami, w szczególności z instrukcjami BHP.

- 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 kondensatora elektrolitycznego

Zgodnie z informacjami z listy elementów przylutuj kondensator elektrolityczny o właściwej pojemności we wskazanej lokalizacji. Przed przystąpieniem do tej czynności zapoznaj się ze wskazówkami poniżej.

- Kondensator elektrolityczny to element spolaryzowany, który może magazynować stosunkowo duży ładunek elektryczny i pełnić w układzie różne funkcje: stabilizować napięcie, wygładzać tętnienia, filtrować zakłócenia lub dostarczać krótkotrwałych impulsów prądowych. Dzięki dużej pojemności w niewielkiej obudowie jest często stosowany w zasilaczach i układach energoelektronicznych.
- Kondensatory elektrolityczne mają zawsze określoną biegunowość. Na obudowie znajduje się wyraźne oznaczenie minusa (zwykle biały pasek), a dłuższa noga oznacza plus zasilania. Montaż odwrotny grozi uszkodzeniem kondensatora, a w skrajnych przypadkach nawet jego rozerwaniem (rozszczelnieniem i dezintegracją). Zawsze upewnij się, że plus i minus znajdują się we właściwych otworach na płytce.
- Przed montażem sprawdź zgodność pojemności i napięcia kondensatora z miejscem, w którym ma zostać umieszczony. Odczytaj nadruk z obudowy (na przykład „10 µF 63 V”) i porównaj go z informacją w liście elementów.
- Kondensatory elektrolityczne są wysokimi elementami, dlatego montuje się je dopiero po wlutowaniu wszystkich niższych komponentów, takich jak rezystory, diody, tranzystory czy kondensatory foliowe. Taka kolejność ułatwia pracę oraz zapewnia stabilne oparcie płytki podczas lutowania.
- Po umieszczeniu kondensatora w otworach sprawdź jeszcze raz jego orientację. W przypadku elementów polaryzowanych warto wyrobić sobie nawyk podwójnego sprawdzania przed przylutowaniem – to pozwala uniknąć potencjalnie niebezpiecznych błędów.
- Aby kondensator nie wypadł podczas obracania płytki, delikatnie odchyl jego wyprowadzenia na zewnątrz. Wystarczy niewielkie odgięcie pod kątem kilku stopni. Zbyt silne zaginanie może utrudnić przycinanie nadmiaru wyprowadzeń, a także przyszły ewentualny demontaż kondensatora.
- Przylutuj element do płytki. Jeśli nie wiesz, jak to zrobić lub chcesz upewnić się, że wykonujesz tę czynność prawidłowo,




**Rysunek 8. Na korpusie kondensatora elektrolitycznego odnajdziesz – między innymi – informacje o nominalnej pojemności oraz dopuszczalnym napięciu pracy a także znacznik polaryzacji**

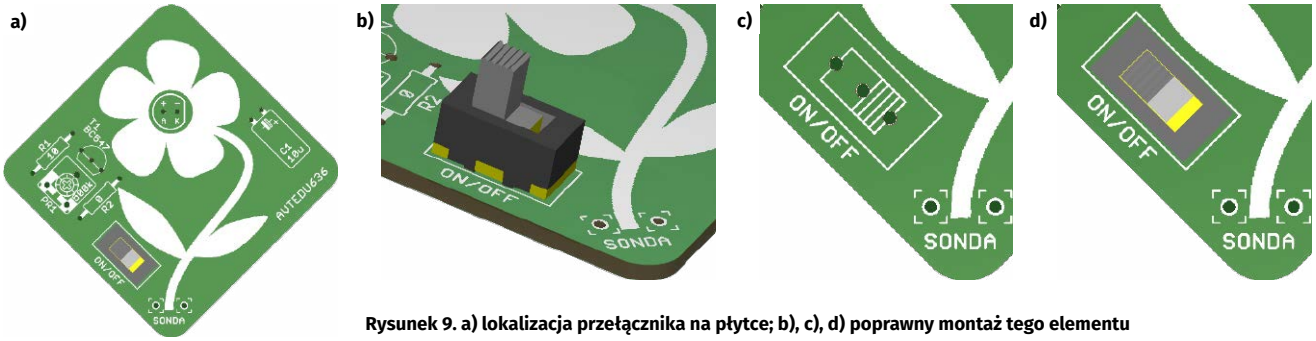
przeczytaj sekcję *Zanim przystąpisz do montażu…* oraz zapoznaj się z dostępnymi poradnikami, w szczególności z instrukcjami BHP.

- 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.
- Pamiętaj o bezpieczeństwie. Kondensator elektrolityczny zamontowany odwrotnie lub podłączony do wyższego niż znamionowe napięcie może ulec uszkodzeniu, a nawet gwałtownie wybuchnąć. Dlatego przed pierwszym podłączeniem zasilania zawsze upewnij się, że został zamontowany poprawnie i ma właściwe parametry.
- Przed pierwszym podłączeniem napięcia do układu zawierającego kondensatory elektrolityczne obowiązkowo zakładaj okulary ochronne.

## 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 to element, który przełącza połączenie pomiędzy pinem środkowym a jednym ze skrajnych, zależnie od położenia hebelka. W tego typu konstrukcji kierunek montażu nie ma żadnego znaczenia – niezależnie od tego, jak zostanie obrócony, będzie działał prawidłowo.
- Obrys na płytce PCB może zawierać dodatkowe linie symbolizujące położenie hebelka, ale służą one wyłącznie temu, by łatwo rozpoznać miejsce montażu. Nie są to oznaczenia biegunowości ani wymaganej orientacji.
- Włóż przełącznik do płytki tak, aby wszystkie trzy jego wyprowadzenia swobodnie przeszły na drugą stronę PCB. Piny przełącznika są sztywne i nie nadają się do wyginania, dlatego nie należy ich odchylać w celu stabilizacji elementu.



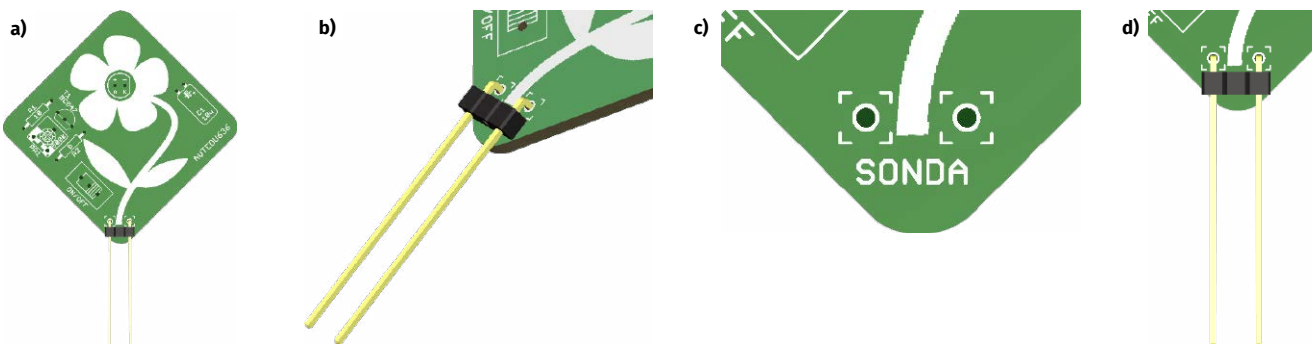

**Rysunek 9. a) lokalizacja przełącznika na płytce; b), c), d) poprawny montaż tego elementu**

- Ponieważ wyprowadzenia są sztywne, przełącznik trzeba przytrzymać podczas lutowania – można to zrobić ręką albo poprosić o pomoc kolegę lub opiekuna.
- Najpierw przylutuj środkowy pin przełącznika. Ten pojedynczy punkt lutowniczy pozwala ustabilizować komponent i kontrolować jego położenie 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 przełącznik dobrze przylega do PCB, przylutuj pozostałe dwa wyprowadzenia. Dzięki temu unikniesz sytuacji, w której element zostanie przylutowany pod kątem lub z przerwą pomiędzy obudową a powierzchnią płytki.
- 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 hebelka. 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.

## Montaż sondy pomiarowej

Zgodnie z informacjami z listy elementów zamontuj szpilki goldpin (SONDA) na wskazanej lokalizacji. Przed przystąpieniem do tej czynności zapoznaj się ze wskazówkami poniżej.

- W projekcie zastosowano fragment jednorzędowej listwy goldpin o rastrze 2,54 mm. Do wykonania sondy wilgotności gleby potrzebne są dwa piny, dlatego z trzy-pinowej listwy należy usunąć środkowy pin. Najłatwiej zrobić to za pomocą szczypiec, wyciągając go z plastikowego korpusu. Do zestawu dołączono wstępnie przygotowany element.
- Zaleca się stosowanie możliwie długich pinów. W prototypie wykorzystano listwę z pinami o długości około 28 mm, dzięki czemu sonda może zostać głębiej umieszczona w ziemi, co poprawia kontakt elektryczny i stabilizuje element.
- Ponieważ długie listwy goldpin w wersji kątowej są trudniej dostępne, można wykorzystać zwykłą prostą listwę i samodzielnie wygiąć piny pod kątem prostym za pomocą szczypiec lub niewielkich cążków.
- Podczas wyginania należy zachować ostrożność, aby nie uszkodzić plastikowego korpusu ani nie poluzować pinów. Najlepiej wyginać każdy pin osobno, podtrzymując go możliwie blisko miejsca wyjścia z tworzywa.
- Element należy zamontować zgodnie z obrysem na płytce drukowanej. Plastikowy korpus powinien przylegać do powierzchni laminatu po stronie montażu elementów.
- Włóż piny do odpowiednich otworów i upewnij się, że korpus przylega do płytki, a oba ramiona sondy są ustawione równolegle względem siebie.
- Ze względu na znaczną długość pinów warto podczas lutowania unieruchomić element, aby nie zmienił swojego położenia i pozostał ustawiony prostopadle do powierzchni PCB.
- Najpierw przylutuj jeden pin. Następnie sprawdź ustawienie sondy i w razie potrzeby skoryguj jej położenie, podgrzewając wykonany wcześniej lut.
- Po upewnieniu się, że element jest ustawiony prawidłowo, przylutuj drugi pin.
- 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, czy piny są stabilnie zamocowane, równoległe względem siebie oraz czy bez problemu można je wsunąć w ziemię bez ryzyka poluzowania elementu.




**Rysunek 10. a) lokalizacja elementu na płytce; b), c) i d), poprawny montaż tego elementu**

- W przypadku złączy goldpin nie należy przycinać wystających części pinów. Po przylutowaniu pozostaw je w oryginalnej długości.

**Uwaga!**

**Zestaw zawiera baterię guzikową (pastylkową) CR2032, która mogłaby zostać połknięta przez dziecko i – zależnie od tego, gdzie utknie – wyrządzić poważne szkody. Przepływający przez baterię prąd wywołuje reakcje elektrochemiczne prowadzące do wytwarzania silnie żrących wodorotlenków (między innymi sodu i potasu), które powodują oparzenia chemiczne i głębokie uszkodzenia tkanek. Tego typu obrażenia rozwijają się bardzo szybko, dlatego każde, nawet najmniejsze, podejrzenie połknięcia przez dziecko baterii wymaga natychmiastowej pomocy medycznej.**

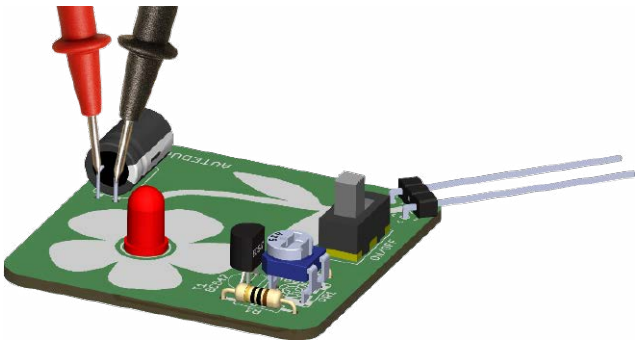
**Zabawki z baterią pastylkową można bezpiecznie udostępnić dzieciom mniej więcej od 6–7 roku życia, kiedy potrafią już zrozumieć zasady ostrożności i nie wkładają małych przedmiotów do ust. Najlepiej jednak, aby dziecko bawiło się taką zabawką w obecności dorosłego opiekuna. Każdy rodzic wie, czego może się spodziewać po własnej latorośli, dlatego udostępnia taką zabawkę na własną odpowiedzialność. U młodszych dzieci – zwłaszcza do około 4–5 lat – zdecydowanie lepiej tego unikać, bo ryzyko połknięcia baterii pozostaje bardzo wysokie. Stąd, po krótkiej zabawie gadżetem zmontowanym pod kontrolą osoby dorosłej (patrzymy czy dziecko przez przypadek nie wyciąga baterii i nie wkłada do buzi) zestawy z tą baterią, przechowujemy poza zasięgiem najmłodszych.**

## Pierwsze podłączenie zasilania do płytki

Można teraz ustawić przełącznik **SW1** w pozycji OFF a następnie wsunąć do uchwytu baterię CR2032 w taki sposób, aby jej plus był skierowany do góry i stykał się z blaszkami koszyka baterii (**rysunek 11**).

Układ jest bardzo prosty i nawet w przypadku pomyłki montażowej praktycznie nie zawiera elementów, których uszkodzenie wiązałoby się z większymi kosztami lub kłopotliwą wymianą. Nie ma tu również układów scalonych, przed umieszczeniem których w podstawkach należałoby obowiązkowo sprawdzić poprawność napięć zasilających. Teoretycznie można by więc pominąć kontrolę zasilania przed pierwszym uruchomieniem. Warto jednak trzymać się dobrych nawyków i także w tym przypadku poświęcić chwilę na wykonanie takiego pomiaru. Pozwala to już na początku wyeliminować proste problemy, takie jak rozładowana lub uszkodzona bateria, które mogłyby być przyczyną nieprawidłowego działania układu.

Ze schematu ideowego (**rysunek 13**) wynika, że napięcie z baterii po przełączeniu SW1 w pozycję ON jest podawane najpierw



**Rysunek 12. Pomiar napięcia zasilania na wyprowadzeniach kondensatora C1**

na zworę (rezystor R2 o wartości 0 Ω), a przez nią na kondensator C1 oraz do pozostałej części układu. Oznacza to, że po ustawieniu multimetru na pomiar napięcia stałego (DC, np. zakres 20 V) powinno dać się zmierzyć na tym kondensatorze napięcie o wartości zbliżonej do napięcia znamionowego baterii, czyli w tym przypadku około 3 V (**rysunek 12**).

Jeśli wartość napięcia jest zgodna z oczekiwaniami, oznacza to, że w układzie nie ma poważnych zwarć, a bateria działa poprawnie.

## Podsumowanie montażu

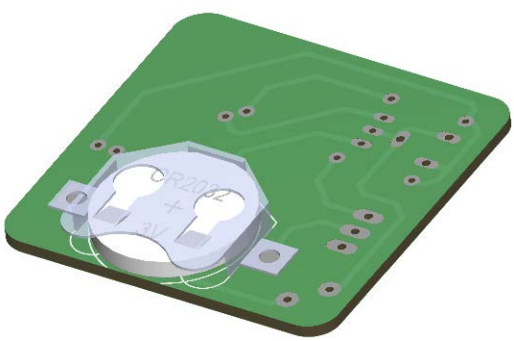
Po ukończeniu montażu sprawdź, proszę, czy wszystkie połączenia lutowane są błyszczące i nie ma zimnych lutów oraz czy żadne sąsiednie pola lutownicze nie są ze sobą błędnie połączone. Poprawnie zmontowany układ przedstawiono na **fotografiach 4a** i **4b**.

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

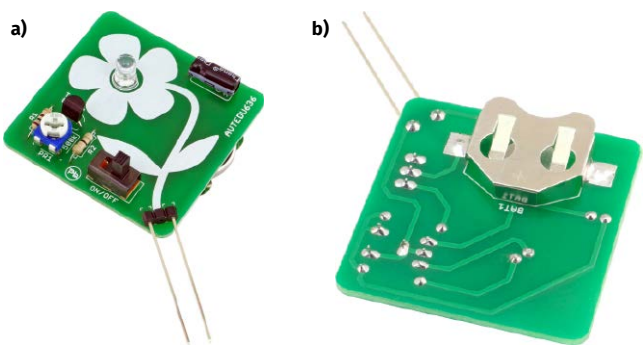
## Ale właściwie... dlaczego to działa?

Schemat sygnalizatora suchego kwiatka pokazano na rysunku 13.

Działanie układu jest bardzo proste i oparte jest na rozkładzie napięć na elementach dzielnika utworzonego przez elementy PR1 oraz rezystancję gleby w doniczce z kwiatkiem. Prąd płynący przez diodę LED1 równy prądowi $I_C$ (prądowi wpływającemu do kolektora tranzystora T1) będzie proporcjonalny do prądu $I_B$ (prądu wpływającego do bazy tranzystora T1). Prąd $I_B$ zależał będzie natomiast od napięcia jakie odłoży się pomiędzy bazą i emiterem ($U_{BE}$), czyli od napięcia, które odłoży się na sondzie. Jeśli rezystancja gleby będzie odpowiednio wysoka (w doniczce będzie sucho) przeważająca część prądu płynącego przez potencjometr PR1 popłynie do bazy, otworzy tranzystor i dioda LED1 będzie



**Rysunek 11. Bateria wsunięta do uchwytu. Górna powierzchnia baterii to jej biegun dodatni, który ma stykać się z blaszkami uchwytu**




**Fotografia 4. Zmontowany układ; a) widok od strony komponentów, b) widok od strony lutowania**

migała (bo to specjalna, migająca dioda LED) pełną mocą. Oznaczać to będzie, że kwiatek ma sucho i należy go podlać. Po podlaniu kwiatka gleba w doniczce będzie miała niewielką rezystancję, przez co prąd płynący przez potencjometr (PR1) oraz dalej przez wilgotną glebę w doniczce (sonda) popłynie w dużej mierze bezpośrednio do ujemnego bieguna baterii. Napięcie, które odłoży się na sondzie znacząco się zmniejszy przez co znacząco obniży się również prąd bazy $I_B$ i proporcjonalnie także zmniejszy się prąd $I_C$ płynący przez kolektor i diodę LED1. Gdy gleba w doniczce będzie na tyle wilgotna, że napięcie na bazie tranzystora T1 (względem emitera) spadnie poniżej około 0,6…0,7 V, prąd bazy zacznie gwałtownie maleć, a tranzystor T1 przejdzie w stan odcięcia (praktycznie przestanie przewodzić) i dioda LED1 zgaśnie. Wraz z upływem czasu gleba zacznie wysychać, a na sondzie odkładać się będzie coraz to większe napięcie. Po przekroczeniu napięcia 0,6…0,7 V tranzystor zacznie się stopniowo otwierać i wraz ze wzrostem tego napięcia dioda LED1 będzie migała z coraz większą jasnością, aż do osiągnięcia pełnej mocy. Rezystor R1 pełni pomocniczą funkcję ograniczania prądu diody LED, jednak główne ograniczenie wynika z napięcia zasilania i charakterystyki diody oraz tranzystora. Każda dioda LED, w zależności od typu, a w szczególności od koloru ma inny dopuszczalny prąd pracy i dopuszczalne napięcie pracy. Najbezpieczniej byłoby takie parametry odnaleźć w nocie katalogowej producenta użytej diody LED, a następnie świadomie do rzeczywistych warunków pracy dobrać odpowiedni rezystor. Do zestawu dołączono diodę migającą a więc ze zintegrowanym sterownikiem błysków, można więc założyć, że zawiera ona w swojej strukturze odpowiednie układy dopasowania i przystosowana jest do pracy przy napięciu zadeklarowanym przez producenta – tutaj 3 V. Kondensator C1 stabilizuje napięcie zasilające, a rezystor R2 o wartości 0 Ω jest zworą, która pomaga „przeskoczyć" ścieżkę z napięciem zasilającym nad inną ścieżką sygnałową (rysunek 2). Przełącznik SW1 pozwala całkowicie odłączyć baterię od układu, by nie zużywać jej gdy układ nie jest użytkowany.

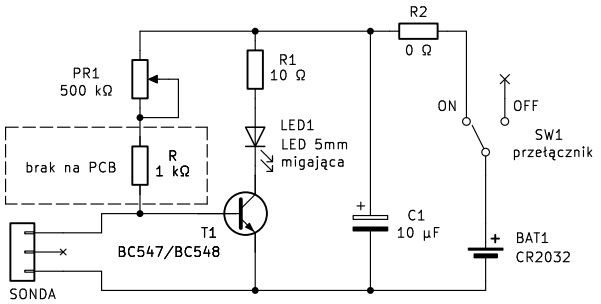
## Kiedy prosty układ już nie wystarcza

Opisany sygnalizator suchego kwiatka został zaprojektowany przede wszystkim z myślą o osobach początkujących. Jego głównym zadaniem jest nauka lutowania, rozpoznawania podstawowych elementów elektronicznych oraz zrozumienia działania prostych układów tranzystorowych. Dzięki niewielkiej liczbie komponentów jest tani, łatwy do zmontowania i uruchomienia.

Warto jednak pamiętać, że prostota ma swoją cenę. Układ nie tylko reaguje wyłącznie na chwilową rezystancję gleby, ale również przez cały czas przepuszcza przez nią niewielki prąd. Nie jest to rozwiązanie szczególnie oszczędne energetycznie, zwłaszcza w urządzeniach zasilanych z baterii. Trudno też jednoznacznie ocenić, czy długotrwały przepływ prądu przez glebę pozostaje całkowicie obojętny dla znajdujących się w niej mikroorganizmów oraz innych form życia. Temat ten pozostawiamy jako ciekawy materiał do własnych obserwacji i eksperymentów.

W bardziej zaawansowanych konstrukcjach stosuje się często układy cyfrowe wykorzystujące bramki lub przerzutniki Schmitta. Dzięki histerezie eliminują one przypadkowe przełączanie się sygnalizacji bądź elektrozaworów, gdy wilgotność gleby znajduje się blisko progu zadziałania. Dodatkowo pomiar może być wykonywany okresowo, a nie w sposób ciągły, co znacząco zmniejsza zużycie energii.

Jeszcze większe możliwości dają mikrokontrolery. Mogą one wykonywać pomiary tylko co pewien czas, analizować historię zmian wilgotności oraz automatycznie sterować pompami, elektrozaworami lub całymi systemami nawadniania.




**Rysunek 13. Schemat ideowy układu**

Coraz częściej wykorzystuje się także moduły z dostępem do Internetu, takie jak ESP32. Dzięki nim urządzenie może nie tylko mierzyć wilgotność gleby, ale również uwzględniać prognozy pogody, temperaturę, nasłonecznienie, porę dnia, porę roku oraz wiele innych czynników wpływających na zapotrzebowanie roślin na wodę. W efekcie system sam podejmuje decyzję o podlewaniu i dozuje odpowiednią ilość wody dokładnie wtedy, gdy jest potrzebna.

Przykładem takiego rozwiązania jest opisany w EdW 4/2026 Sterownik systemu nawadniania oparty na WebMite, który wykorzystuje połączenie z Internetem, współpracuje z dodatkowymi czujnikami i potrafi modyfikować harmonogram podlewania na podstawie prognoz pogody.

Jak widać, droga od dwóch szpilek wbitych w ziemię, jednego tranzystora i migającej diody LED może prowadzić do rozbudowanych systemów automatyki współpracujących z Internetem. Zachęcamy ambitnych Czytelników do dalszego zgłębiania tematu oraz własnych eksperymentów.

## Podsumowanie

Rośliny doniczkowe potrafią być piękną ozdobą domu, ale mają jedną wadę – nie potrafią same powiedzieć, że potrzebują wody. Tym razem z pomocą przyszła elektronika. Zbudowany sygnalizator suchego kwiatka nie zastąpi ani nie wyręczy wprawdzie człowieka, ale może skutecznie przypomnieć o konieczności podlania rośliny.

Układ wykorzystuje zaledwie kilka popularnych elementów, a mimo to potrafi stale kontrolować wilgotność gleby. Gdy ziemia przeschnie, zaczyna migać dioda LED. Po podlaniu rośliny sygnalizacja gaśnie, ponieważ wilgotna gleba zmienia warunki pracy tranzystora sterującego diodą. W praktyce oznacza to, że kwiatek sam zaczyna zwracać na siebie uwagę dokładnie wtedy, gdy najbardziej tego potrzebuje.

Przy okazji przypomnieliśmy sobie działanie tranzystora bipolarnego typu NPN pracującego jako prosty wzmacniacz prądu, rolę dzielnika napięcia oraz wpływ rezystancji gleby na pracę układu elektronicznego. Jak widać nawet tak proste układy mogą mieć całkiem praktyczne zastosowanie.

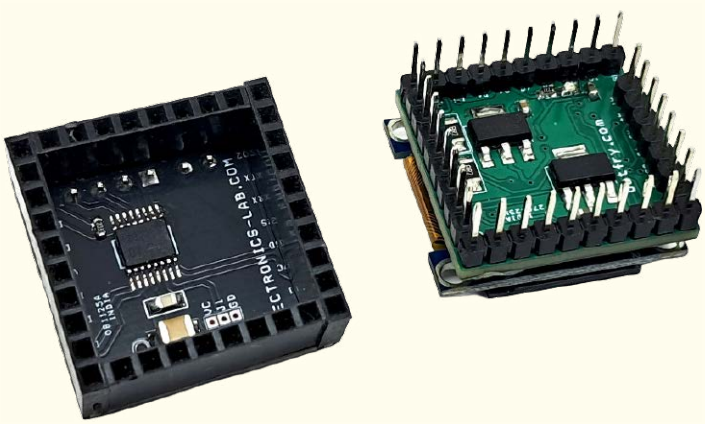
Na zakończenie życzymy wszystkim Czytelnikom udanych wakacji, wielu ciekawych przygód, słonecznej pogody i zasłużonego wypoczynku. Niech podczas letnich wyjazdów dopisują dobre humory, a domu przypilnują życzliwi sąsiedzi, gotowi dodatkowo zaopiekować się domową dżunglą. Oby po powrocie czekały na Was zdrowe, zielone i odpowiednio nawodnione kwiatki, a wszystkie wakacyjne wspomnienia były wyłącznie miłe. Życzymy bezpiecznej podróży, spokojnego wypoczynku oraz powrotu pełnego energii i sił do działania! ■

**Mariusz Ciszewski**

## Mini Power Monitor Shield dla OLEDUINO v2 z układem INA219

Jest to kompaktowa nakładka do dwukierunkowego monitorowania prądu i mocy, zaprojektowana dla płytki OLEDUINO-v2. Nakładka bazuje na układzie INA219 i została wyposażona w złącza śrubowe ułatwiające podłączenie obciążenia, co pozwala na dokładny pomiar prądu, napięcia szyny oraz mocy. Nakładkę można zamontować z tyłu płytki OLEDUINO-V2, tworząc wyjątkowo kompaktowe rozwiązanie do monitorowania prądu i mocy. Układ INA219 komunikuje się za pomocą protokołu I²C, co zapewnia prostą i wydajną integrację. INA219 to monitor mocy i spadku napięcia na boczniku (rezystorze pomiarowym) z interfejsem kompatybilnym z I²C lub SMBus. Urządzenie mierzy zarówno spadek napięcia na rezystorze bocznikowym, jak i napięcie zasilania szyny. Układ oferuje programowalny czas konwersji oraz opcje filtrowania w celu zwiększenia dokładności pomiarów. Programowalny rejestr kalibracyjny w połączeniu z wewnętrznym mnożnikiem umożliwia bezpośredni odczyt natężenia prądu w amperach. Dodatkowo, wewnętrzny rejestr obliczeniowy pozwala na bezpośredni odczyt mocy w watach. Interfejs obsługuje do 16 programowalnych adresów, co pozwala na pracę wielu urządzeń na tej samej szynie komunikacyjnej.




## Uniwersalna nakładka sterownika silników (Motor Driver Shield) dla OLEDUINO v2

Ta uniwersalna nakładka sterownika silników została zbudowana w oparciu o układ scalony BD60210FV. Zaprojektowano ją specjalnie dla płytki OLEDUINO-V2, która posiada wbudowany wyświetlacz OLED. Ta kompaktowa nakładka może być używana do sterowania małymi bipolarnymi silnikami krokowymi, dwoma dwukierunkowymi szczotkowymi silnikami DC (prądu stałego) oraz 4 elektrozaworami. Nakładka jest w stanie zasilać dwa szczotkowe silniki DC prądem ciągłym do 1 A, przy zakresie napięcia zasilania od 8 V do 12 V. Kluczową zaletą tej nakładki jest jej bezproblemowa integracja z OLEDUINO-V2, co pozwala na wyświetlanie w czasie rzeczywistym prędkości, kierunku oraz innych informacji operacyjnych.

Niektóre projekty aktualnie dostępne tylko dla prenumeratorów EdW w rubryce DIY PLUS na www.elportal.pl:

1. Płytka sterująca silnikami elektromagnetycznymi i prądu stałego do OLEDUINO v2
2. Moduł elektronicznej wagi do OLEDUINO v2
3. Wszechstronny odbiornik światłowodowy Versatile Link
4. Wszechstronny nadajnik światłowodowy Versatile Link
5. Bezprzewodowy kontroler samochodu-robota Bluetooth
6. Kontroler ramienia robotycznego wykorzystujący bezprzewodowego pada z konsoli PS3
7. 7-segmentowy mini zegar wykorzystujący PIC16F628A i DS1307 RTC
8. Światło LED oparte na czujniku zbliżeniowym
9. OLEDUINO – wyświetlacz OLED kompatybilny z Arduino
10. Inteligentny regulator lutownicy – precyzyjny regulator grzałki
11. Wskaźnik poziomu paliwa z wyświetlaczem OLED
12. Bezprzewodowy odbiornik wilgotności i temperatury
13. Przerwania zewnętrzne (sprzętowe) i przerwania zegara w MicroPython
14. Laserowy czujnik odległości z wyświetlaczem OLED i RP2040
15. Inklinometr z 17-segmentowym wyświetlaczem słupkowym
16. Izolowany repeater USB – USB 2.0
17. Knight Rider Light – 16 diod LED dużej mocy (kompatybilny z Arduino)
18. Dźwięk do kolorowych efektów świetlnych (kompatybilny z Arduino)
19. Nowy i ulepszony licznik Geigera – teraz z Wi-Fi!
20. Detektor zalania
21. Lampa nastrojowa LED o dużej mocy
22. Kontroler dzwonów kościelnych
23. Arduino Nano – włączanie/wyłączanie urządzeń za pomocą pilota na podczerwień (dwa kanały)
24. Lampa sufitowa LED z czujnikiem ruchu PIR – kompatybilna z Arduino
25. Inteligentny ściemniacz LED z Bluetooth – 4-kanałowy włącznik/wyłącznik Bluetooth
26. Czterokanałowy izolator cyfrowy, wzmocniony, szybki, o niskim poborze mocy
27. Sterowanie prędkością, kierunkiem i zatrzymaniem silnika DC z modułem RF NRF24L01
28. Nadajnik zdalnego sterowania z pojedynczym joystickiem wykorzystujący NRF24L01
29. 8-kanałowy zdalny nadajnik RF z protokołami: Holtek i szeregowym
30. 8-kanałowy zdalny odbiornik RF z protokołami: Holtek i szeregowym
31. Pojemnościowy czujnik wilgotności do konwertera wyjścia analogowego
32. Mostek H dla wysokiej mocy szczotkowego silnika prądu stałego z czujnikiem prądu
33. Przetwornica DC-DC buck 12...75 V na 10 V na wyjściu
34. Czujnik prądu low-side 10 µA...10 mA
35. Kontroler ramienia robota z bezprzewodowym pilotem PS3
36. Termiczny czujnik masowego przepływu powietrza – anemometr stałotemperaturowy
37. Precyzyjny wzmacniacz transimpedancyjny z przełączanym integratorem
38. 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".



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

# KURS PRAKTYCZNY AI

Praktyczne podejście. Zero marketingowej mgły!







**Zamów na UlubionyKiosk.pl**