Elektor w EdW – najciekawsze projekty od światowego lidera czasopism dla pasjonatów elektroniki

elektor
design > share > earn

ELEKTRONIKA dla wszystkich

nr 6/2023 (329) • czerwiec • www.elportal.pl

DIY PLUS
tylko dla prenumeratorów

PROJEKTY dla elektroników

- DIY Piec do lutowania rozpływowego SMD ze sterownikiem PID, część 2
- Szokująco poprawia parametry SDR – zwłaszcza w paśmie HF. Przestrajany przedwzmaniacz HF o regulowanym wzmocnieniu
- USB Super-Kodek, część 2. Opis modułów

DIY dla wszystkich

- Zdumiewający robot sterowany głosem i potrafiący rozwiązać grę Sudoku
- Licznik gwizdków szybkowaru (i nie tylko)
- Wykrywanie obiektów z użyciem kamery ESP32
- Automatyczny (sterowany ruchem) kran wodny

TUTORIALE

- Poznawanie IC555 dzięki eksperymentom, część 2
- Praktyczny kurs op-ampów
- Porady laboratoryjne: Transoptory w aplikacjach
- Edukacja w EdW dla szkół i uczelni: Wykład 7 „Monochromatyczne wyświetlacze LCD”
- Wzmacniacze klasy D, G i H
- Pokój Nauczycielski

CO_2-Guard

Superpilot – jeden za wszystkich

16,90 zł (w tym 8% VAT)
ISSN 1425-1698 Indeks 33362X
9 771425 169238 06

EP.com.pl
Największy portal dla elektroników konstruktorów

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

eprasa.pl c778358

YOUR PASSION IS DIY ELECTRONICS?

Electronics Projects, Reviews, Tutorials – Elektor has you covered!

FOR ONLY €5

exclusively for '*Elektronika dla Wszystkich*' readers.

DIGITAL TRIAL

elektor GREEN membership

- 2 digital editions of Elektor Magazine
- 4 months' digital access
- Access to 5,000+ Gerber files
- Stops automatically

Get this exclusive offer at
elektor.com/edw0623
or simply scan the QR code

Coupon code: EdW2023

elektor
design > share > earn

eprasa.pl c7783582f9

Zaprenumeruj „Elektronikę dla Wszystkich”, a dostaniesz bezpłatny dostęp do archiwalnych e-wydań EdW!

Nie dotyczy wydań z ostatnich 24 miesięcy.

na start do 6* wydań gratis

po 5 latach nieprzerwanej prenumeraty do 12* wydań gratis

DIY PLUS
tylko dla prenumeratorów

Tylko prenumeratorzy mają dostęp do inspirujących projektów w zbiorze DIY PLUS na www.elportal.pl

* Cena prenumeraty rocznej **na start** wynosi 185,90 zł. Przy zamówieniu prenumeraty dwuletniej za 304,20 zł oszczędność wynosi równowartość sześciu wydań „Elektroniki dla Wszystkich”.
Przedłużasz prenumeratę? Aby otrzymać zniżkę lojalnościową, przedłuż prenumeratę po zalogowaniu się do swojego panelu na **www.ulubionykiosk.pl**, gdzie znajdziesz atrakcyjną ofertę prenumeraty, która uwzględnia przysługujące Ci zniżki za lojalność. Po 5 latach nieprzerwanej prenumeraty otrzymasz **rabat 50%** na prenumeratę dwuletnią.
Oferta dotyczy prenumeraty drukowanej.

Wszystkie opcje prenumeraty i e-prenumeraty znajdziesz na stronie www.UlubionyKiosk.pl

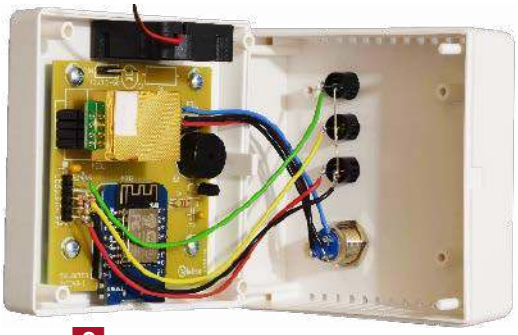
Po opłaceniu prenumeraty przyślemy Ci kod dostępu do projektów DIY plus na www.elportal.pl

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

eprasa.pl c7783582f9

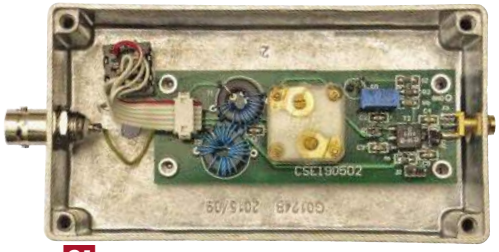
ELEKTRONIKA dla wszystkich

czerwiec 2023 • 6 (329)

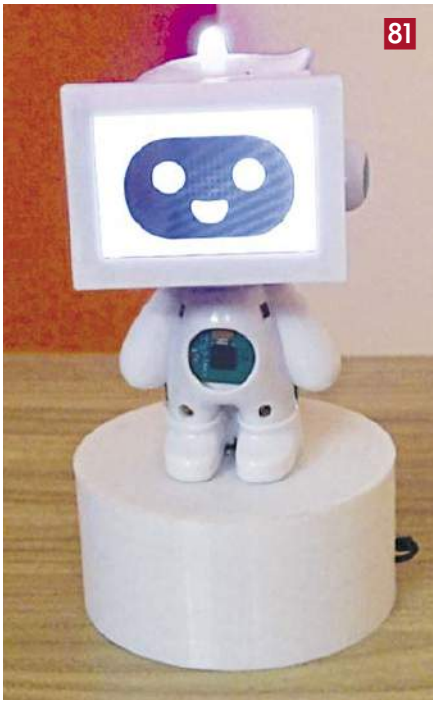


8

23



31



81

Projekty dla elektroników:

CO_2-Guard 8
DIY Piec do lutowania rozpływowego SMD
ze sterownikiem PID, część 2 15
Jeden za wszystkie – władca pilotów zdalnego sterowania IR 23
Szokująco poprawia parametry SDR – zwłaszcza w paśmie HF.
Przestrajany przedwzmaniacz HF o regulowanym wzmocnieniu 31
USB Super-Kodek, część 2. Opis modułów 36

Tutoriale:

Poznawanie IC555 dzięki eksperymentom, część 2 46
Praktyczny kurs op-ampów 50
Porady laboratoryjne: Transoptory w aplikacjach 56
Edukacja w EdW dla szkół i uczelni: Wykład 7
„Monochromatyczne wyświetlacze LCD” 60
Wzmacniacze klasy D, G i H 70
Repozytorium Robotyki
– cyfrowe udostępnianie zasobów nauki z obszaru robotyki 75
Pokój Nauczycielski 76

DIY dla wszystkich:

Zdumiewający robot sterowany głosem
i potrafiący rozwiązać grę Sudoku 79
Licznik gwizdków szybkowaru (i nie tylko) 82
Wykrywanie obiektów z użyciem kamery ESP32 84
Automatyczny (sterowany ruchem) kran wodny 86

DIY PLUS

Wyłącznik nadprądowy – przekaźnik wyłączający nadprądowy 91
Półprzewodnikowy przekaźnik mocy DC
z prądowym sprzężeniem zwrotnym 91

Rubryki stałe:

Prenumerata 3
Od wydawcy 5
Poczta 6

eprasa.pl c7783582f9

A za miesiąc w lipcowym EdW

- **Inspekcja inteligentnych wtyczek**
  Żyjemy w czasach wszechogarniającej nas inteligencji przedmiotów. Nawet zwykłe wtyczki sieciowe mogą być niezwykłe, umożliwiając zdalne sterowanie przez Wi-Fi domowego sprzętu elektrycznego, rejestrację zużycia energii, itd.
  Każdy elektronik chciałby wiedzieć co jest w środku takiej wtyczki. Z ciekawości, albo ze względu na hakerskie wyzwanie, jakim może być zastąpienie firmeware producenta innym oprogramowaniem. Autor w redakcji Elektora wziął śrubokręty, piłkę do cięcia, kamerę, szkło powiększające i dokonał sekcji takich wtyczek, ujawniając schematy układów zagrzebanych w plastikowych wtyczkach.
- **Tłumik z symetrycznym wejściem do projektu USB Super Codec, część 1**
  W EdW 07 kończymy trzyodcinkowy opis karty dźwiękowej USB, która zdumiewa nienaganną jakością nagrywania i odtwarzania. Jeśli dodamy do tego projektu symetryczny tłumik wejściowy, to otrzymamy wartościowe urządzenie pomiarowe audio. Opisujemy konstrukcję takiego tłumika o nastawach 0 dB, –10 dB, –20 dB oraz –40 dB.
- **USB Super Codec, część 3**
  W ostatnich dwóch wydaniach EdW przedstawiliśmy szczegółowo schemat i zasadę działania karty dźwiękowej USB o świetnych parametrach zapisu i odtwarzania. Przyszedł czas na równie szczegółowe omówienie budowy tego urządzenia. Krok po kroku opisujemy budowę kolejnych bloków tego urządzenia i sugerujemy testowanie bloku zaraz po wykonaniu jego montażu.
- **Elastyczny cyfrowy sterownik świateł, część 1**
  Spróbujmy tym razem nie spóźnić się z przygotowaniami do świąt Bożego Narodzenia. Jeśli już w lipcu przymierzymy się do tego projektu, to mamy szansę z dużym wyprzedzeniem zadziwić sąsiadów bożonarodzeniową feerią różnobarwnych świateł wokół naszego domu. Możliwości tego sterownika świateł są nieograniczone. Bez trudu można przy jego pomocy zrealizować nie tylko świąteczną oprawę świetlną, ale również scenariusz oświetlenia scenicznego dla przedstawienia teatralnego lub spektaklu scenicznego.
- Plus zwykła porcja intrygujących projektów DIY.
- Plus wiele artykułów w Twoich ulubionych cyklach Tutoriali.

W kioskach od 1 lipca

Czy sztuczna inteligencja zabierze nam pracę?

To pytanie dnia. Chat GPT wstrząsnął światem. Między innymi światem „ludzi pióra", w szczególności autorów w pocie czoła pisanych artykułów do czasopisma i serwisów internetowych, które AI „wypluwa" w parę sekund. W naszym wydawnictwie kilku redaktorów naczelnych pokazało w swoich tytułach jak Chat GPT potrafi ślicznie napisać za nich wstępniak. Pisząc wstępniak do majowego EdW, poświęcony nawiązanej współpracy z magazynem Elektor, chciałem uściślić jakiś fakt z historii Elektora, więc spytałem Chata GPT. Informacja, jaką otrzymałem, wydała mi się niepewna, więc dla testu zadałem czatowi pytanie:

- Jaka jest historia czasopisma Elektronika Praktyczna?

Chat GPT odpowiada:

„Czasopismo Elektronika Praktyczna to polskie czasopismo branżowe skupiające się na tematyce elektroniki i automatyki. Pierwszy numer został wydany w 1959 roku przez Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, a redaktorem naczelnym został Stanisław Dziewulski…"

I dalej toczy się opowieść nie mająca nic wspólnego z historią EP, miesięcznika założonego w 1993 roku przez Wydawnictwo AVT. Pomyślałem, że pewnie moje pytanie było mało precyzyjne. Uściśliłem pytanie.

- Jaka jest historia czasopisma Elektronika Praktyczna wydawanego przez AVT?

Chat GPT odpowiada:

„Czasopismo Elektronika Praktyczna zostało założone w Polsce w 1970 roku. Od samego początku było poświęcone szeroko pojętej elektronice oraz tematom związanym z automatyką i techniką cyfrową. Pierwszym wydawcą było Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. W 1991 roku czasopismo zostało przejęte przez wydawnictwo AVT (Audio-Video-Technology), które specjalizowało się w publikacjach związanych z elektroniką, informatyką i multimediami. Od tego momentu Elektronika Praktyczna stała się jednym z najważniejszych czasopism branżowych w Polsce. W ciągu kolejnych lat czasopismo Elektronika Praktyczna przeszło wiele zmian, w tym zmiany formatu, treści oraz dystrybucji. W 2013 roku czasopismo przeszło na format magazynowy, a w 2019 roku weszło na rynek jako dwumiesięcznik…"

Żadna data, żaden fakt nie odpowiada rzeczywistości. Totalna konfabulacja.

OK, to zadam pytanie jeszcze bardziej precyzyjnie.

- Jaka jest historia miesięcznika Elektronika Praktyczna, wydawanego od roku 1993 przez wydawnictwo AVT?

Chat GPT odpowiada:

„Miesięcznik Elektronika Praktyczna jest jednym z najstarszych i najbardziej znanych polskich czasopism poświęconych tematyce elektroniki. Pierwszy numer został wydany w 1949 roku, a wydawnictwo AVT przejęło go w 1993 roku…"

No tego już za wiele. Konfabulant doskonały. Pomyślałem, że może problemem dla Chata jest język polski, raczej peryferyjny w skali świata. Spytałem więc po francusku o historię magazynu Electronique Pratique, który nieźle znam, 30 lat temu mieliśmy ścisłą współpracę. Odpowiedź Chata poważnie rozminęła się z prawdą, szczególnie co do tak istotnego faktu, czy magazyn ten nadal istnieje. Poprosiłem też Chata po angielsku by opowiedział mi historię brytyjskiego magazynu Practical Electronics, z którym aktualnie współpracujemy. Też sporo konfabulacji. Możliwości Chata w zmyślaniu na poczekaniu historii są imponujące. Przy powtórnym zadaniu tego samego pytania dostajemy już inną historię, nawet zmieniają się nazwiska założycieli tytułu. Na moją uwagę, że te lub inne informacje nie są prawdziwe, Chat przeprasza, że mnie źle poinformował i zmienia opowieść. Jest bardzo grzeczny i elastyczny. Myślę, że po dłuższej konwersacji dopasuje fakty do moich oczekiwań. Jak inteligentna wróżka.

Nie potrafię jeszcze ocenić znaczenia tych moich doświadczeń w korzystaniu z potężnej wiedzy Chata GPT. Na razie skutek jest taki, że mu nie ufam. Konwersuję z nim, bo trudno się oprzeć pokusie uzyskania w parę sekund odpowiedzi na dowolne pytanie. Ale po otrzymaniu błyskawicznej odpowiedzi, długo i mozolnie sprawdzam istotne fakty. I trochę się lękam o przyszłość świata. Podobno żyjemy w epoce postprawdy. Może się jednak okazać, że dotychczasowe problemy z dociekaniem prawdy to mały pikuś w porównaniu z tym, co nam gotuje AI – wszystkowiedzący mózg bez twarzy. Zaraz, zaraz, ale dlaczego bez twarzy? Ktoś, z kim konwersujemy powinien mieć twarz. Może by się zaczerwienił, gdy zmyśla jak z nut. A jeśli już musi zmyślać, to chociaż będziemy mogli złapać kontakt wzrokowy i spytać: „Czy te oczy mogą kłamać, …?"

Wiesław Marciniak

eprasa.pl c7783582f9

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.

Fortissimo-100

Proszę o informację ile kosztuje kit do montażu wzmacniacza Fortissimo-100.

Czy to jest zestaw mono czy stereo?

Jakie należy zastosować zasilacze, cz też proponuje się jakieś kity?

Pozdrawiam, Wasz długoletni czytelnik...

JCh

Red. Kit mono kosztuje ok. 200 EUR. Więcej szczegółów na stronie https://www.elektor.com w dziale „elektor kits”.

Kolumny Senator

Witam!

(...) Zdecydowany jestem zbudować te kolumny Senator. Obecnie czekam na głośniki. Wysokotonowe Celestion CDX1-1730 już mam. Reszta w drodze. (...)

W marcu gdy będzie montaż kolumn mogę zrobić taki krótki reportaż ze zdjęciami i o ile redakcja EdW będzie zainteresowana to może z tego materiału skorzystać.

Pozdrawiam,

Bogusław Kuleba

Red. Poniżej prezentujemy budowę, zapowiedzianych przez Czytelnika kolumn Senator, krok po kroku. Wszystkich zainteresowanych projektem odsyłamy do lektury w EdW 09–10/2022 – dostępnych na stronie https://ulubionykiosk.pl/wydawnictwo/elektronika-dla-wszystkich.

Zdjęcia i opis Bogusław Kuleba.

Wykończone kolumny w salonie – efekt końcowy

1

2

3

4

5

1. Zdecydowałem się na wykonanie kolumn ze sklejki liściastej (olcha) grubości 18 mm, ze względu na to, że nie mogłem zdobyć czystej płyty MDF grubości 16 mm. W związku z powyższym poprawiłem wymiary wynikające ze zmiany grubości z 16 mm na 18 mm niektórych elementów w stosunku do projektu zamieszczonego w EdW 9/2022. Oto wykaz elementów na dwie kolumny, grubości 18 mm (wymiary w mm):

- **284×417 – 4 szt. – góra, dół**
- **417×720 – 2 szt. – bok**
- **302×720 – 4 szt. – przód, tył**
- **417×135 – 2 szt. – wstawka boczna**
- **453×720 – 4 szt. – ozdobne boki**
- **338×720 – 2 szt. – ozdobny front**
- **338×471 – 2 szt. – ozdobna góra**
- **415×280 – 2 szt. – wstawka korygująca**

Nazwa „ozdobna” oznacza, że element ten będzie widoczny po zakończeniu montażu kolumny.
Co do wymogów jakości wycięcia powyższych elementów to są bardzo wysokie, dokładność na poziomie 0,2–0,3 mm i bezwzględnie kąt prosty między krawędziami. Takie parametry spełni tylko obróbka na pile formatowej. Dlatego też zleciłem tę czynność warsztatowi stolarskiemu w markecie budowlanym przy zakupie sklejki. Po przywiezieniu do garażu sprawdziłem wymiary elementów i opisałem je ołówkiem.
2. Opisane elementy posegregowałem i ustawiłem partiami aby się nie pomylić przy montażu.
3. Na zdjęciu widoczne niezbędne narzędzia na tym etapie. Jako kleju używałem kleju montażowego, jedna tuba powinna wystarczyć na dwie kolumny. Najtrudniej jest zmontować dwa pierwsze elementy, przydałaby się pomoc innej osoby, ale można spróbować samemu. W pierwszym kroku skręcamy ze sobą bok i górę. 4. Odmierzamy od krawędzi 9 mm i rysujemy linię. Następnie wyznaczamy trzy miejsca na wkręty (ø 3,5× 50 mm), punktujemy i przewiercamy wiertłem ø 3 mm. Pamiętajmy aby nie planować wkrętów w narożu (może to prowadzić do rozdwojenia sklejki). Zachowujemy odległość ok. 40 mm od naroży. Wkręcamy częściowo wkręty w bok, tak aby wystawały ponad powierzchnię nie więcej niż 1 mm, nanosimy klej z tuby i precyzyjnie ustawiamy górę. Lekkie stukniecie młotkiem w montowany element pozycjonuje górę w stosunku do boku. Wkręty znajdują się poniżej powierzchni blatu montażowego, przytrzymując górę jedną ręką, drugą za pomocą wkrętarki wkręcamy kręty. Tutaj nieoceniona jest pomoc drugiej osoby. Wkrętów nie musimy dociskać, zrobimy to przy montażu dołu.
5. Montując dół do boku postępujemy podobnie, z tym, że zamiast się „gimnastykować” ze skręcaniem możemy ustawić elementy jak ławeczka i wkręty dokręcić od góry, pamiętając o dokręceniu wkrętów z pierwszego złącza.

Dokończenie na stronie 87

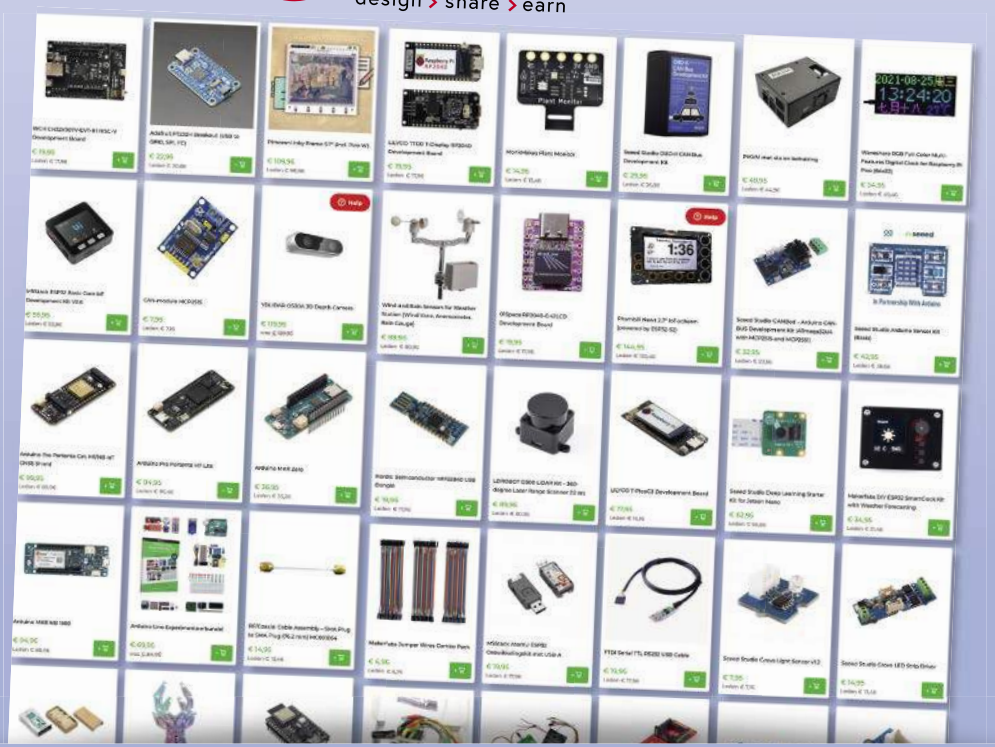
eprasa.pl c7783582f9

Everything a Maker Needs
is at Elektor Store

www.elektor.com

VERIFIED COMPANY

elektorstore
design > share > earn



Looking for high-quality electronic components?

Look no further than Elektor Store!

Our parts section has everything you need, and with a €5 coupon on every product, in that category, you can't go wrong.

Elektor Store **Coupon**

€5,-*

avtcom23

elektor design > share > earn

Visit **www.elektorcom/may-23** now and bring your electronics projects to life.

Coupon code: avtcom23

elektor
design > share > earn

eprasa.pl c7783582f9

CO_2-Guard

Wysokie stężenie CO_2 może powodować problemy w miejscach o słabej wentylacji. Projekt wskaźnika jakości powietrza, zwany przez autorów CO_2 Guard (pozostaniemy przy tej nazwie), rozwiązuje te problemy. Konstrukcja zbudowana z elementów przelotowych ostrzega użytkowników za pomocą trzech diod LED i alarmu akustycznego, kiedy nadszedł czas na przewietrzenie pomieszczenia. Pliki projektowe PCB Gerber i płyty czołowej są do pobrania bezpłatnie.

CO_2 Guard to projekt DIY do monitorowania powietrza w pomieszczeniach i oceny jego jakości na podstawie stężenia dwutlenku węgla (Indoor Air Quality, IAQ). Urządzenie wykorzystuje czujnik niedyspersyjnej absorbcji podczerwieni (NDIR) i wyświetla jakość powietrza w pięciu zakresach na potrójnej skali LED. Dodatkowo, jeśli stężenie CO_2 jest niedopuszczalnie wysokie, włącza się alarm. Istnieje możliwość przesłania zmierzonych wartości przez Wi-Fi (wartość CO_2 i temperatura) do platformy analitycznej ThingSpeak IoT i graficznej oceny danych.

Istnieje wiele czynników wpływających na jakość powietrza, ale stężenie CO_2 w pomieszczeniu jest jednym z nich, który jest odczuwalny niemal natychmiast. Zbyt wysokie stężenie tego gazu powoduje zmęczenie, utratę koncentracji, a nawet mdłości, nie wspominając o trwałych negatywnych skutkach, jeśli w Twoim otoczeniu jest zdecydowanie za dużo CO_2. To ostatnie jest (miejmy nadzieję!) mało prawdopodobne w domu lub biurze, ale nasz CO_2 Guard może dać Ci w porę wskazówkę, aby przewietrzyć pomieszczenie.

Obwód

Sercem schematu pokazanego na **rysunku 1** jest MOD2, czyli Wemos D1 Mini, który jest modułem Wi-Fi opartym na ESP8266EX z 4-MB pamięci programu flash. Zbiera on dane z czujnika CO_2 MH-Z19C (MOD1) poprzez programowy UART, napędza trzy diody LED sygnalizujące poziom CO_2 (LED1...3) oraz steruje buzerem BZ1, który służy jako alarm akustyczny, gdy poziom CO_2 jest nieakceptowalnie wysoki. CO_2 Guard jest zasilany przez złącze micro-USB modułu Wemos, przy użyciu standardowego zasilacza sieciowego 5 VDC. To napięcie zasilania jest kierowane do pinu 9 MOD2 przez wewnętrzną diodę i bezpiecznik, oraz do stabilizatora napięcia 3,3 V. Wyjście tego stabilizatora LDO jest używane do wewnętrznego zasilania samego modułu Wemos i jest również podłączone do pinu 8 modułu. Napięcie 3,3 V może być wykorzystane do zasilania miniaturowego wentylatora podłączonego do K1, co omówimy później. Wyjście 5 V z MOD2 jest używane do zasilania czujnika CO_2 oraz do dodatkowej diody LED wewnątrz przełącznika S1, która wskazuje, że połączenie Wi-Fi jest aktywne. Zasilanie to może być również podłączone do K1 (poprzez R6) jako alternatywne źródło zasilania dla wentylatora. Przycisk S1 może uruchomić czujnik CO_2 w celu rozpoczęcia automatycznej kalibracji.

Zasilanie wentylatora

W tym projekcie wentylator nie jest używany do chłodzenia, ale do przepływu powietrza obok czujnika. Chociaż wydaje się oczywiste, aby zasilać wentylator jego nominalnym napięciem 5 V, to jednak w sytuacji, gdy maksymalny przepływ powietrza nie jest najważniejszą kwestią projektową – jak w tym projekcie – dobrym pomysłem może być zminimalizowanie hałasu tego urządzenia poprzez zmniejszenie przepływu powietrza przy obniżonym napięciu zasilania. W przypadku naszego CO_2 Guarda możemy to zrealizować na kilka sposobów.

Szyna zasilająca 3,3 V modułu Wemos jest zasilana przez stabilizator Low Drop Out (LDO) w obudowie SOT23-5. Maksymalny prąd wyjściowy tego LDO jest ograniczony do 150 mA ze względu na rodzaj jego obudowy. Znaczna część prądu wyjściowego jest wykorzystywana przez układ ESP8266 samego modułu Wemos D1 Mini. Przeciążenie LDO może spowodować niestabilność ESP8266 i tym samym losowe awarie. Aby nie przeciążać stabilizatora 3,3 V, na płytce PCB CO_2 Guard znajduje się opcja podłączenia wentylatora do napięcia 5 V poprzez rezystor (R6, na płytce jest miejsce dla typu 1 W). Pozwala

eprasa.pl c7783582f9

to jeszcze bardziej ograniczyć przepływ powietrza i co ważniejsze hałas. Należy pamiętać, że wentylatory pracujące przy niższym napięciu niż to, do którego są przeznaczone, mają problemy z uruchomieniem lub nie uruchamiają się w ogóle. Jeśli wentylator powinien być podłączony bezpośrednio do 5 V, można użyć zworki na miejscu R6.

Pozostałe elementy

Brzęczyk jest również zasilany napięciem 5 V. Wysoki poziom wyjściowy I/O układu D1 Mini wynosi 3,3 V, więc aby wyłączyć brzęczyk, do bazy tranzystora PNP T1 jest podłączony dzielnik napięcia R4/R7. Niektóre buzery mają charakter indukcyjny i mogą wytwarzać impulsy napięcia, zwłaszcza przy wyłączaniu. Dioda D1 zapobiega uszkodzeniu tranzystora przez takie impulsy. Płytka posiada otwory dla montażu buzerów o skoku 6,5 mm i 7,62 mm.

Przełącznik, który zastosowaliśmy w S1, posiada wskaźnik optyczny w postaci niebieskiego pierścienia. Do diody LED znajdującej się wewnątrz przełącznika nie jest potrzebny żaden zewnętrzny rezystor. Piny z oznaczeniami + i – na płytce, obok dwóch pinów dla przełącznika, służą do podłączenia diody LED. Cztery przewody podłącza się do czterodrożnych pinów złącza S1 (lub lutuje bezpośrednio do PCB). Oczywiście można też zastosować osobny przełącznik i diodę LED, R5 określa wtedy prąd diody LED i trzeba zmodyfikować projekt płyty czołowej, aby zmieścić ten wskaźnik optyczny. Przy zastosowaniu przełącznika przepisanego z listy komponentów, R5 nie jest potrzebny i należy go zastąpić przewodem zworki.

PCB

Projekt i pliki Gerber dla płytki drukowanej pokazanej na **rysunku 2** są dostępne do pobrania z repozytorium GitHub [1] tego projektu. Mając pliki Gerber, można zamówić płytkę u preferowanego producenta PCB. Wszystkie komponenty są przelotowe, a płytka może być jednostronna; tylko górna warstwa płytki jest pokryta miedzią, aby zminimalizować koszty wykonania PCB. Nawet dla niedoświadczonych konstruktorów, lutowanie nie będzie zbyt trudne, jeśli zastosuje się podane tu wskazówki. A ponieważ na dolnej warstwie tej płytki znajduje się rysunek montażowy ze wszystkimi elementami, to stosunkowo łatwo jest odlutować komponenty, jeśli popełni się błąd. Zacznij od zamontowania najpierw najniższych elementów, rezystorów i diod, następnie kondensatorów, tranzystora, brzęczyka i gniazd (dla czujnika CO_2 MOD1, opcjonalnie dla przełącznika i diod LED). Aby zamontować moduł D1 Mini (MOD2), należy najpierw przylutować dwa ośmiopinowe męskie łebki do boku modułu, gdzie znajduje się złącze USB i większość pozostałych elementów (patrz **rysunek 3**). Radzimy nie używać gniazd na płytce drukowanej modułu MOD2, ponieważ podczas podłączania i odłączania złącza USB na moduł działa pewna siła. Najlepiej jest przylutować D1 Mini do płytki drukowanej. Ponadto użycie gniazd może ograniczyć przepływ powietrza przez otwory wentylacyjne w obudowie.

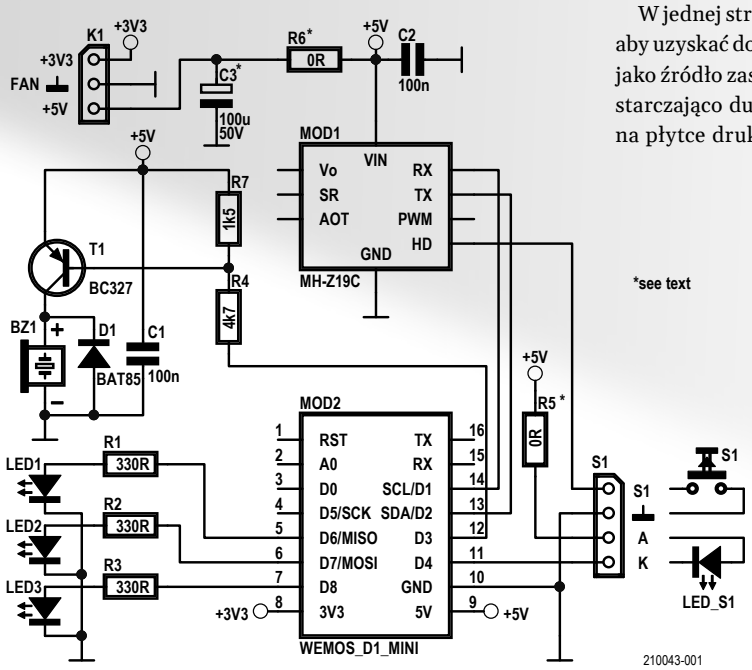
Po przymocowaniu płytki drukowanej czterema śrubami do dolnej połowy obudowy i przyklejeniu wentylatora (patrz poniżej), moduł czujnika można podłączyć do odpowiednich gniazd. Nigdy nie należy dotykać górnej części czujnika, zgodnie z informacjami zawartymi w datasheet [2]: „Proszę unikać nacisku na jego złoconą plastikową komorę z każdego kierunku, podczas spawania, montażu i użytkowania. Szczególnie nigdy nie dotykać wlotu powietrza (biały filtr przeciwpyłowy)".

Gniazda cztero- i pięciopinowe dla czujnika będą prawdopodobnie dostarczone jako jedno 10-pinowe gniazdo SIL. Należy przeciąć listwę tego gniazda w miejscu piątego pinu, aby uzyskać osobne gniazdo cztero- i pięciopinowe.

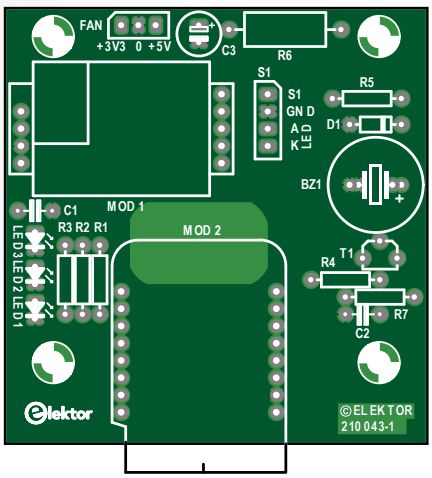
Przygotowanie obudowy

Użyj kopii projektu płyty czołowej jako szablonu dla prawidłowych pozycji czterech otworów (trzy diody LED i przełącznik), a następnie użyj punktaka do zaznaczenia środków tych otworów. Na stronie tego projektu w Elektor Labs [3] znajdują się wskazówki i porady, jak uniknąć uszkodzenia obudowy podczas wiercenia większych otworów w plastikowej płycie czołowej. W przypadku tego typu obudowy zwróć szczególną uwagę na długie kołki, które służą do jej zamykania; mogą się złamać, jeśli nie będziesz się z nimi odpowiednio obchodził!

W jednej stronie dolnej połówki obudowy należy wykonać wycięcie, aby uzyskać dostęp do złącza micro-USB modułu D1 Mini, który służy jako źródło zasilania dla CO_2 Guard. Upewnij się, że wycięcie jest wystarczająco duże dla wtyczki USB zasilacza. Umieść moduł D1 mini na płytce drukowanej, aby zaznaczyć właściwe miejsce na wycięcie.

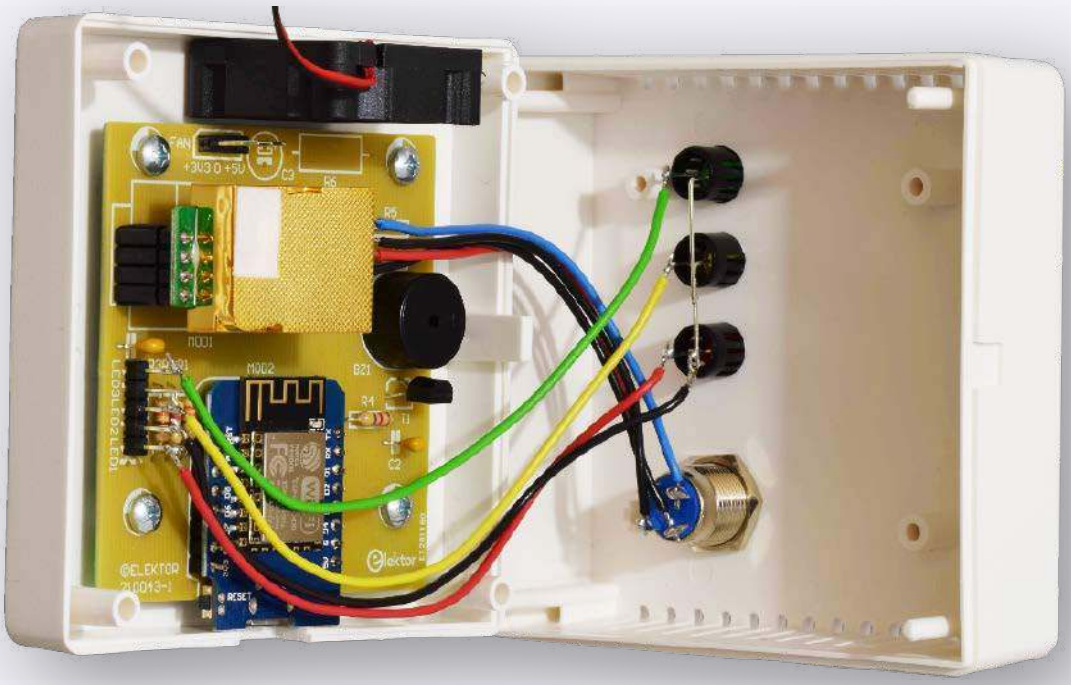


Rysunek 1. Schemat urządzenia CO_2 Guard



Rysunek 2. Płytka drukowana urządzenia CO_2 Guard

eprasa.pl c7783582f9



Rysunek 3. Zamontowany wentylator

Nie trzeba jeszcze lutować modułu z dołączonymi męskimi złączami do płytki drukowanej. Po umieszczeniu modułu na płytce drukowanej i poprawnym umieszczeniu płytki na śrubach mocujących (może użyj tymczasowo dwóch śrub) można zaznaczyć pozycję wycięcia. Jest ono lekko przesunięte względem środka.

Nie trzeba wykonywać żadnych otworów dla przepływu powietrza wentylatora, jest on przyklejony do dolnej strony obudowy za pomocą super glue lub kleju epoksydowego (**rysunek 3**). Aby uniknąć rezonansu, wentylator nie powinien dotykać pokrywy obudowy. Wentylator powinien wydmuchiwać powietrze z obudowy. Przed montażem należy sprawdzić kierunek przepływu powietrza podłączając go do zasilania 3,3...5 V lub sprawdzić czy na boku ramki wentylatora znajduje się strzałka obrazująca kierunek przepływu. Należy zwrócić baczną uwagę na polaryzację przewodów. Zła polaryzacja spowoduje uszkodzenie wentylatora (nowoczesne często mają w środku jakiś układ scalony).

Podłączanie elementów płyty czołowej

Do podłączenia diod LED potrzebne są tylko cztery przewody. Połączenie masy z PCB do trzech diod LED na froncie może być jednym wspólnym połączeniem, wystarczy połączyć trzy katody diod LED i użyć jednego przewodu.

Upewnij się, że żadne przewody nie leżą na antenie MOD2, gdy pokrywa obudowy jest ostatecznie umieszczona na dolnej części. Trzymaj je jak najdalej od modułu Wemos, ale nie rób ich dłuższych niż to konieczne. Przewody do przełącznika mogą być krótkie nawet 8,5 cm, a przewody do diod LED około 12 cm. Przy takiej długości przewodów można zdjąć górną część obudowy i położyć ją na boku obok dolnej części ze wszystkimi przewodami nadal przymocowanymi. Do zamknięcia obudowy nie potrzeba żadnych śrub, cztery długie plastikowe bolce pokrywy wsuwają się w cztery długie wypustki montażowe.

Oczywiście, nie krępuj się stworzyć własnego projektu płyty czołowej. Możesz na przykład użyć osobnej niebieskiej

Oprogramowanie

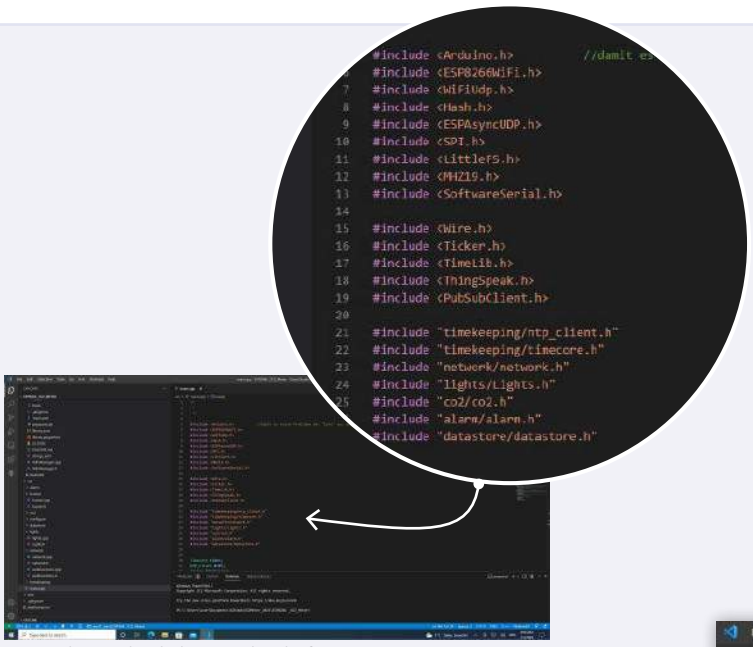
W przypadku oprogramowania, które zostało pierwotnie dostarczone przez dewelopera na platformie Elektor Labs, było kilka obszarów, które mogłyby wymagać poprawy. Na przykład, twardo zakodowane poświadczenia dla sieci Wi-Fi działają tylko wtedy, gdy nigdy nie zmieniasz nazwy sieci lub hasła, z którym urządzenie jest połączone. Również posiadanie poświadczeń gdzieś w niektórych plikach kodu nie jest najbezpieczniejszym sposobem ich przechowywania. To samo dotyczy klucza API ThingSpeak. Jeśli musisz zmienić ten klucz, oznacza to, że musisz przekompilować cały kod i wgrać go do urządzenia.

To, co laboratorium Elektora pozostawiło zakodowane na sztywno (jako #defines w /configure/configure.h), to mapowanie pinów, jak również progi CO_2 dla trzech diod LED i brzęczyka. W pliku /configure/configure.h, masz wszystkie twardo zakodowane ustawienia w jednym miejscu i możesz je zmieniać w razie potrzeby. Jeśli zmienisz jakiekolwiek ustawienia w tym pliku, musisz oczywiście przebudować firmware i wgrać go do ESP8266.

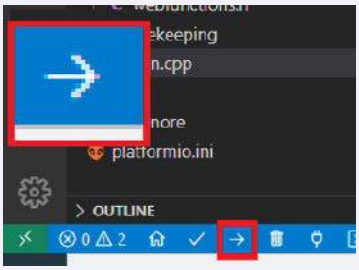
Wewnątrz oprogramowania przepływ danych jest dość prosty, jak widać na zdjęciu. Co dwie sekundy wartości czujników są odpytywane i przesyłane do różnych modułów kodu. Do lokalnego nadzorowania poziomu CO_2 mamy klasę limits, która będzie kontrolować nasze trzy diody LED, oraz klasę alarmową, która będzie wydawać dźwięk brzęczyka, jeśli określony poziom CO_2 zostanie przekroczony. Klasy te są zbudowane w sposób generyczny, dzięki czemu łatwo jest zmienić układ diod LED na inny sposób wyświetlania wartości. To samo dotyczy brzęczyka. Jeśli lubisz używać aktywnego lub nawet modułu dźwiękowego, ta klasa jest wystarczająco elastyczna, aby to osiągnąć.

W przypadku łączności z chmurą, tam gdzie było to możliwe, wykorzystano prefabrykowane biblioteki, zwłaszcza dla ThingSpeak. Dzięki temu wymiana danych z tą usługą jest dużo prostsza niż na ESP32 Weatherstation [13], którą opublikowaliśmy [14] kilka lat temu.

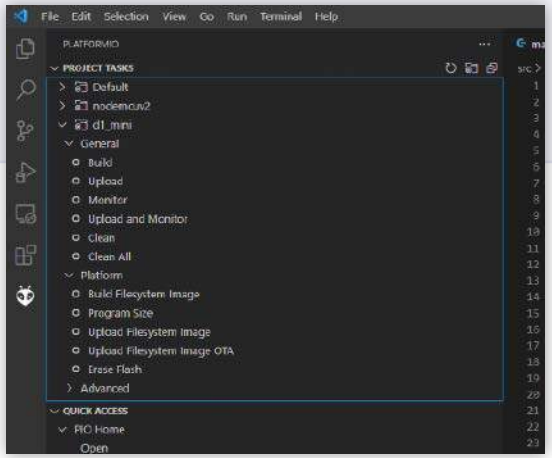
eprasa.pl c7783582f9



Rysunek 4. Kod załadowany do PlatformIO IDE



Rysunek 5. Przycisk do wgrywania firmware'u



Rysunek 6. Podświetlona ikonka (głowa mrówki) pokazuje więcej opcji

diody LED i przełącznika. Należy jednak pamiętać o umieszczeniu diod i przełącznika; nie powinny one znajdować się zbyt blisko modułów.

Pobieranie firmware do Wemos

Firmware dla ESP8266 na module Wemos jest pisany przy użyciu Arduino Framework, więc potrzebny jest szkic i zestaw bibliotek. Do opracowania kodu urządzenia CO_2 Guard użyto PlatformIO i Visual Studio Code. Biblioteki, projekt i ustawienia ładowania są połączone, więc kompilacja kodu nie powinna stanowić aż tak dużego problemu.

Aby zainstalować Visual Studio Code i PlatformIO, możesz podążać za przewodnikiem [4], który dostarcza PlatformIO. Po instalacji musisz pobrać kod źródłowy z Repozytorium Elektor GitHub. Jeśli masz wątpliwości jak pobrać kod, spójrz na film, który wykonał nasz kolega Clemens Valens [5]. Jeśli chcesz dowiedzieć się więcej o GitHubie i korzystaniu z Repozytoriów, obejrzyj webinar Elektora o GitHubie [6]. Po uzyskaniu kodu i otwarciu go za pomocą PlatformIO IDE, powinien on wyglądać tak, jak na **rysunku 4**. Podłącz Wemos do komputera i naciśnij przycisk upload (**rysunek 5**). PlatformIO pobierze wszystkie wymagane biblioteki, narzędzia, pakiety wspierające płytkę i rozpocznie kompilację, a po jej zakończeniu wgrywanie.

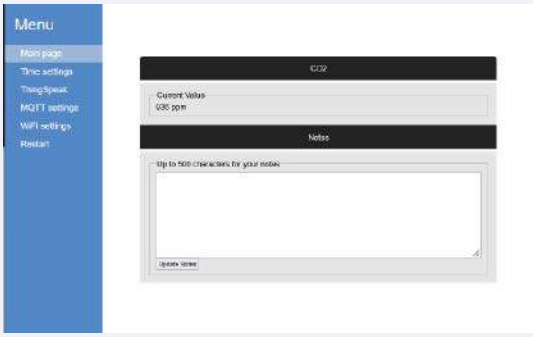
PlatformIO ma teraz zbudowany i przeflashowany firmware. Jak w przypadku większości projektów ESP8266, jest jeszcze druga część. Ponieważ firmware oferuje konfigurację poprzez webserwer, w drugim kroku musimy również napisać strony internetowe do ESP8266. Kliknij w Visual Studio Code na małą główkę mrówki i powinna pojawić się lista zadań (**rysunek 6**). Najpierw klikamy na Build Filesystem Image, a po nim na Upload Filesystem Image. Spowoduje to zapisanie zawartości dla Webservera na ESP8266. Jeśli pojawią się błędy typu „can't access COM port", upewnij się, że nie masz gdzieś otwartego terminala szeregowego, który zablokuje ten port. Po tym, firmware jest gotowy do skonfigurowania i użycia.

Łączność z siecią Wi-Fi i chmurą

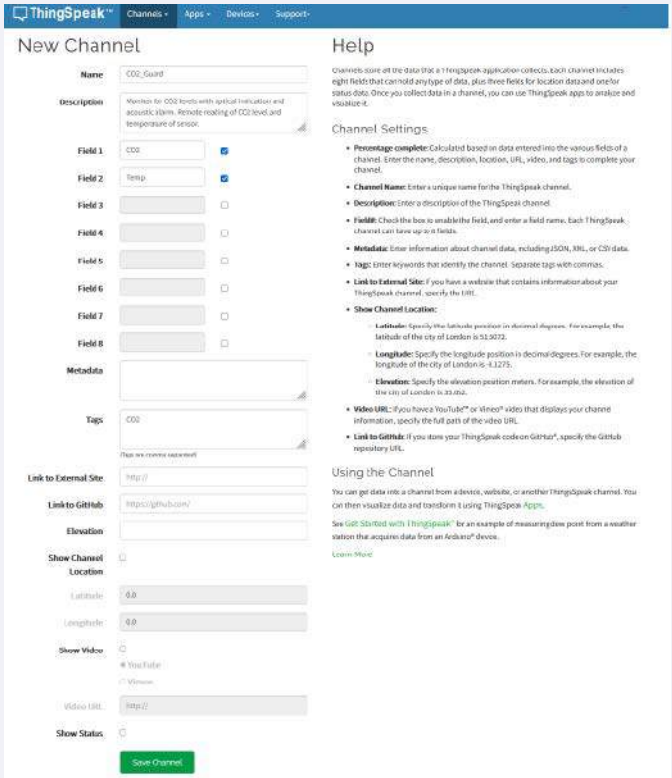
Jeśli Twój ESP8266 na module Wemos nie może połączyć się z siecią Wi-Fi, uruchomi punkt dostępu o nazwie „CO_2 Meter". Połącz się

Rysunek 7. Ustawienia Wi-Fi

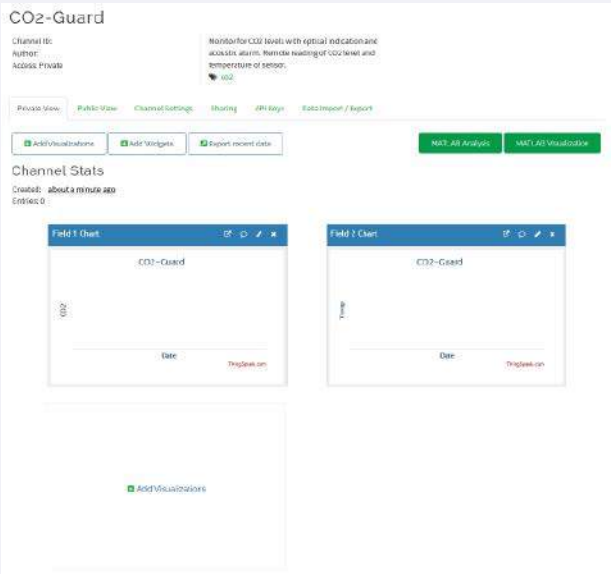
eprasa.pl c7783582f9



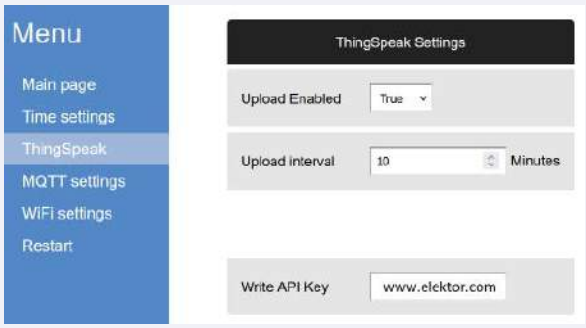
Rysunek 8. Interfejs internetowy CO_2 Guard



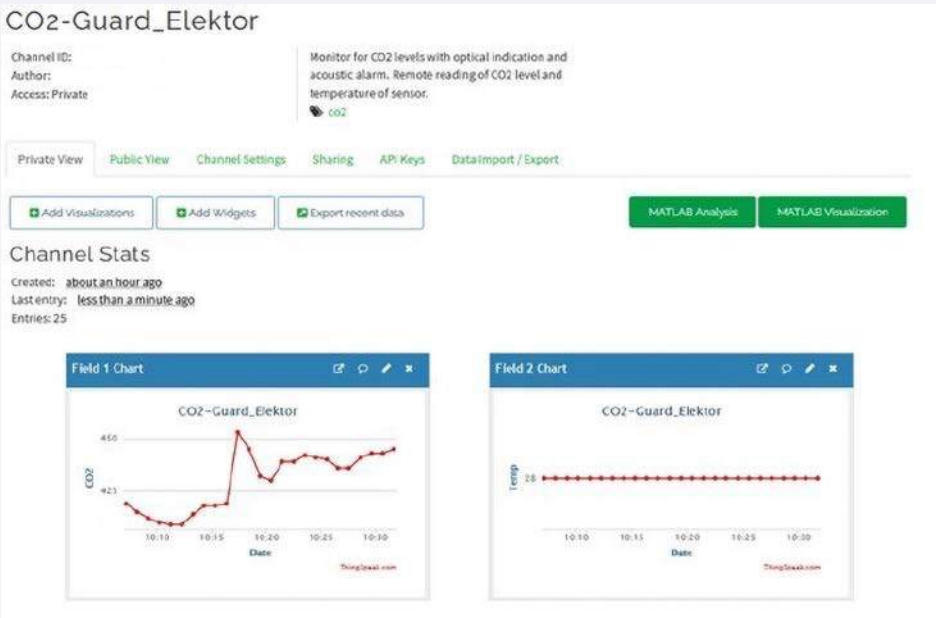
Rysunek 9. Ustawienia ThingSpeak



Rysunek 10. Nowo wygenerowany kanał ThingSpeak



Rysunek 11. Ustawienia ThingSpeak



Rysunek 12. Dane przychodzące

eprasa.pl c7783582f9

z nim i otwórz przeglądarkę wskazującą na stronę http://192.168.4.1. Powinieneś zobaczyć interfejs konfiguracyjny Wi-Fi Manager (**rysunek 7**). Naciśnij Configure Wi-Fi i wybierz swoją sieć i zastosuj wymagane ustawienia przed kliknięciem save. ESP8266 będzie teraz próbował połączyć się z Twoją siecią. Jeśli uda mu się nawiązać połączenie, możesz użyć w swojej sieci http://co2guard.local, aby uzyskać dostęp do interfejsu internetowego (**rysunek 8**). Z tego miejsca można rozpocząć konfigurację CO_2-Guard.

Jeśli chcesz, możesz połączyć CO_2-Guard z rozwiązaniem do przechowywania danych opartym na sieci, takim jak ThingSpeak lub brokerem MQTT, jak ten używany w Node-RED. Dzięki temu ostatniemu możesz dodać jeszcze więcej automatyzacji do czujnika – na przykład wysyłanie wiadomości na telefon komórkowy, jeśli CO_2 przekroczy określony poziom. Aby rozpocząć pracę z ThingSpeak, przygotowano krótką wycieczkę po konfiguracji konta.

ThingSpeak: Utwórz konto MathWorks

Jeśli chcesz tylko monitorować aktualne stężenie CO_2 w pomieszczeniu, w którym się znajdujesz, to nie potrzebujesz połączenia Wi-Fi, a już na pewno nie dostępu do konta ThingSpeak, diody (a w skrajnych przypadkach: brzęczyk) dają wtedy jasny obraz jakości powietrza, przynajmniej: w zakresie CO_2. Ale jeśli chcesz np. rejestrować przebieg tych pomiarów i analizować dane w czasie, albo móc z większej odległości zobaczyć, jakie jest aktualne stężenie, to połączenie z ThingSpeak przez Wi-Fi jest oczywistym wyborem. Można wtedy również śledzić temperaturę, która również jest mierzona przez moduł czujnika, ale nie jest w żaden sposób wyświetlana na samym CO_2-Guard.

Aby stworzyć kanał online dla swoich pomiarów, należy wejść na stronę ThingSpeak [7] i wybrać opcję Get Started For Free. Na następnej stronie możesz utworzyć konto MathWorks (jeśli jeszcze go nie masz). Po tym należy utworzyć nowy kanał i wprowadzić wymagane dane zgodnie z sugestią na **rysunku 9**. Kliknij na Zapisz kanał. Przegląd utworzonego właśnie kanału jest przedstawiony jak na **rysunku 10**.

W zakładce API Keys musimy skopiować Write API Key do późniejszego wykorzystania. Zachowaj go jako prywatny i nie pokazuj go nikomu innemu. Przejdź do interfejsu webowego CO_2-Guarda i wybierz z menu bocznego opcję ThingSpeak. Pojawi się strona z ustawieniami dla ThingSpeak. Wprowadź klucz API, wybierz interwał wysyłania danych i włącz ThingSpeak (**rysunek 11**). Przechodzisz teraz z powrotem na stronę MathWorks ThingSpeak. W menu Channels wybieramy My Channels, a następnie zakładkę Private View. Powinna ona po krótkim czasie pokazać pierwsze pomiary jak na **rysunku 12**.

Aby udostępnić dane innym osobom, można dodać poszczególnych użytkowników z uprawnieniami do przeglądania lub upublicznić kanał, aby każdy mógł zobaczyć dane. Poszczególni użytkownicy otrzymają wiadomość na adres e-mail, który możesz wpisać w zakładce Udostępnianie. Jeśli korzystasz z darmowego (niepłatnego) planu dla ThingSpeak, udostępnianie danych jest ograniczone tylko do trzech innych użytkowników. Więcej szczegółów na temat udostępniania danych można znaleźć w centrum pomocy MathWorks [8].

Połączenie MQTT

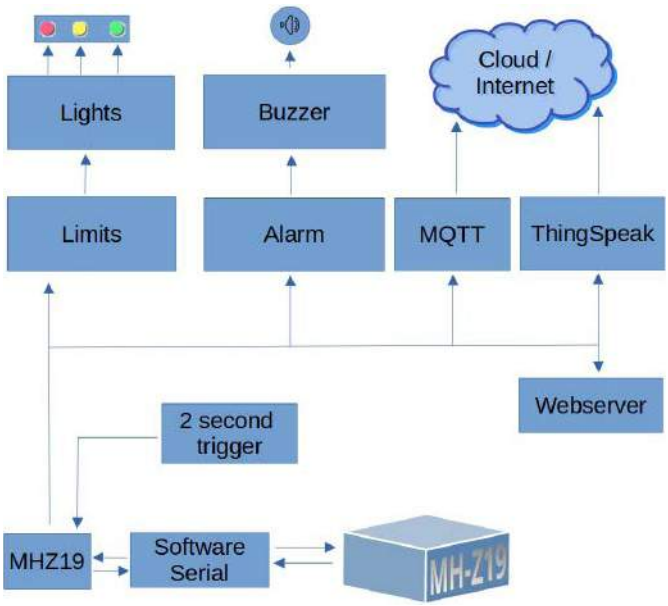
MQTT jest wszechstronnym sposobem dystrybucji danych do innych systemów, które mogą je przechowywać lub przetwarzać. Nie potrzebujesz zewnętrznej usługi do zbierania danych lub ich przetwarzania, a dane możesz przechowywać w obrębie własnej sieci. Jednym z narzędzi, które oferuje łączność MQTT jest Node-RED (np. na Raspberry Pi). W przeszłości dużo pisaliśmy o instalacji Node-RED, a jeśli chcesz mieć szybki przewodnik po instalacji na Raspberry Pi, zajrzyj na stronę Node-RED [9]. Dla MQTT w ramach interfejsu webowego CO2-Guard można podać serwer i temat, w którym mają być publikowane dane (**rysunek 13**). Same dane przesyłane są jako ciąg JSON, posiadający obiekty „CO2Value" i „Temp", prezentujące wartość CO_2 w ppm oraz temperaturę w °C. Jeśli chciałbyś przeczytać więcej o Node-RED z wykorzystaniem Raspberry Pi, zajrzyj do książki Dogana Ibrahima, Programming with Node-RED (Elektor 2020) [10].

Pliki projektowe KiCad PCB

PCB zostało oryginalnie zaprojektowane w Altium, a dostarczone pliki Gerber są oparte na tym sprawdzonym projekcie. Projekt jest dość prosty, jak widać na schemacie. Ponieważ schemat nie jest zbyt skomplikowany (patrz rysunek 1), został on odtworzony w KiCad. Oprócz schematu trzeba jeszcze przenieść płytkę drukowaną, ale ponieważ projekt rozpoczął się w ostatniej stabilnej wersji KiCad 5, nie było jeszcze natywnego (zintegrowanego) importu dla płytek Altium. Jednym z trików jest użycie dostarczonych plików Gerber i zaimportowanie ich do KiCad. Przeglądarka Gerber w KiCad jest w stanie wygenerować pliki płytek, które można wykorzystać w narzędziu do układania PCB. Daje to nie tylko zarys płytki, ale także rysunek komponentów i otwory montażowe, których możemy użyć do rozmieszczenia komponentów. Jest to sposób, który może być użyty do importu PCB do KiCad, ale preferowane jest użycie KiCad w wersji 6 i natywnego importu płytek Altium, jeśli masz pliki Altium.

Ale dlaczego ktoś powinien dokonać takiej konwersji? Po pierwsze, pozwala to innym osobom na bezpośrednią pracę z plikami KiCad i modyfikowanie ich, jeśli sobie tego życzą. Ponadto, w niektórych serwisach PCB wystarczy przeciągnąć i upuścić plik KiCad, aby płytka została wyprodukowana (np. w Aisler) [11]. Nie trzeba eksportować do Gerbera i wiercić plików, aby wygenerować plik ZIP. Jednakże, jeśli Twoja usługa PCB wymaga plików Gerber i wiercenia, nadal jesteś w stanie wygenerować je w KiCad do specyfikacji, której wymaga Twoja usługa.

Jeśli chcielibyście zaprojektować własną obudowę dla płytki drukowanej, to połączenie KiCad i FreeCad sprawdziło się bardzo dobrze, co widać na przykładzie świątecznego projektu [12]. A wydrukowanie obudowy może być dla niektórych wygodniejsze niż wiercenie otworów w gotowej. A jeśli macie w domu drukarkę 3D, która zbiera kurz, to czemu jej nie wykorzystać? Poza tym, oznacza to jeden komponent



Rysunek 13. Ustawienia MQTT

eprasa.pl c7783582f9

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

Rezystory:
R1,R2,R3: 330 Ω, 0,25 W, 5%
R4: 4,7 kΩ, 0,25 W, 5%
R5: 0 Ω, umieścić przewód, patrz tekst
R6: 0 Ω, umieścić przewód dla 5 V lub pozostawić otwarty, patrz tekst
R7: 1,5 kΩ, 0,25 W, 5%
Kondensatory:
C1,C2: 100 nF, 50 V, 10%, X7R, odstęp między końcówkami 5 mm
C3: 100 µF, 25 V, opcjonalnie, nie montowane, patrz tekst
Półprzewodniki:
D1: BAT85, DO-35
T1: BC327, PNP, TO-92
LED1: dioda LED czerwona, 5 mm
LED2: dioda LED żółta, 5 mm
LED3: dioda zielona, 5 mm

Pozostałe:
MOD1: 1×10 SIL header, żeński, dzielony na 1×4 i 1×5 (patrz tekst)
MOD1: MH-Z19C, wersja 400-5000 ppm, piny na dole
MOD2: Wemos D1 mini z 2× 1×8 SIL header
S1: przełącznik z wbudowaną diodą LED (załączenie chwilowe, samoczynne resetowanie, niebieskie kółko)
obudowa PP73BL, Supertronic
BZ1: brzęczyk prądu stałego, 5 V, skok 5 lub 7,62 mm, średnica. 14 mm max
rura termokurczliwa, I.D 2,4 mm, 20 cm
obudowa LED, do diod 5 mm (LED1..3), czarna
wentylator 5 VDC, 30×30×10,5 mm
12-pinowe męskie złącze SIL
PCB 210043-1 v2.0

Cienki przewód do połączenia diod LED i przełącznika:
skrętka, 0,25 mm², czarna (2×8,5+12 cm)
skrętka, 0,25 mm², czerwona (8,5+12 cm)
skrętka, 0,25 mm², żółta (12 cm)
skrętka, 0,25 mm², zielona (12 cm)
skrętka, 0,25 mm², niebieska (8,5 cm)

mniej do zamówienia. W przypadku obudowy wykonanej metodą druku 3D, na chwilę pisania tego artykułu, nie była ona jeszcze ukończona, ale trwały nad nią prace. Tak więc, na razie, jeśli chcesz użyć obudowy, musisz wywiercić kilka otworów.

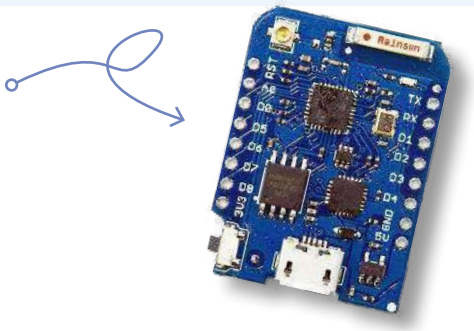
Zbuduj swój własny

Budowa czujnika CO_2 dla domu lub miejsca pracy nie jest taka trudna, a jak wiadomo, wiele mierników CO_2 zostało opracowanych zarówno jako projekty DIY, jak i komercyjne. Z czujnikiem MH-Z19 użytym w tym projekcie, otrzymujesz przyzwoite źródło pomiaru w przystępnej cenie. ESP8266 jest sprawdzonym mikrokontrolerem Wi-Fi, który nie tylko może być programowany za pomocą Arduino Framework, ale także oferuje w obecnej kombinacji wsparcie dla Home Assistant.

Chcesz zbudować swój własny? Będziesz musiał wydać około €30 za czujnik (w Europie). Przełącznik, Wemod D1 mini, PCB, diody LED, obudowa, wentylator i wysyłka dodadzą się do rachunku, więc skończysz na około 60€ w częściach. Z drugiej strony, monitorowanie stężenia CO_2 w twoich pomieszczeniach ma wiele zalet. Jeśli znasz stężenie CO_2, możesz zapewnić, że jest wystarczająco dużo świeżego powietrza. ■

Mathias Claussen, Ton Giesberts i Luc Lemmens (Elektor)
Projekt Floriana Schäffera (Niemcy)
210043-01

Współtwórcy
Oryginalny projekt urządzenia: Florian Schäffer
Projekt i tekst: Mathias Claussen, Ton Giesberts, Luc Lemmens
Redaktorzy: Jens Nickel, C. J. Abate
Projekt PCB: Harmen Heida



Pytania lub komentarze?
Masz jakieś pytania techniczne lub uwagi do tego artykułu? Skontaktuj się z redakcją Elektora pod adresem editor@elektor.com lub z redakcją EdW edw@elportal.pl

LINKI WEB
[1] Repozytorium Elektor GitHub: https://bit.ly/3LnCn1a
[2] Winsen MHZ-19 datasheet: https://bit.ly/40RnppR
[3] „CO2 Guard", Elektor-Labs.com: https://bit.ly/3LkSoF9
[4] Podręcznik instalacji PlatformIO: https://bit.ly/3LJxHDW
[5] „How to Code (Download) or Clone Something From GitHub", Elektor TV: www.youtube.com/watch?v=X5e3xQBeqf8
[6] „GitHub Webinar: My Way Into GitHub", Elektor TV: www.youtube.com/watch?v=j_LgvVhBdwQ
[7] MathWorks ThingSpeak: http://thingspeak.com
[8] Pomoc MathWorks ThingSpeak: https://bit.ly/ChannelPropertiesMATLAB
[9] Podręcznik instalacji Node-RED: https://bit.ly/44eY5Nr
[10] D. Ibrahim, Programowanie za pomocą Node-RED, Elektor 2020: https://bit.ly/429tCi2
[11] AISLER B.V.: http://aisler.net
[12] M. Claußen, „DIY Christmas Fireplace: A 3D Puzzle with PCBs, LEDs, and Raspberry Pi Pico", ElektorMagazine.com: https://bit.ly/3nkDR4f
[13] „ESP32 Weatherstation," Elektor-Labs.com: https://bit.ly/3AGzRxZ
[14] r. Aarts, „ESP32 Weatherstation", ElektorMag 1-2/2019: https://bit.ly/3Nr2irq

REKLAMA

DIY Piec do lutowania rozpływowego SMD ze sterownikiem PID, część 2

Materiały dodatkowe dostępne są na stronie Silicon Chip: http://bit.ly/3YBLTSQ
Materiały dodatkowe są również dostępne na stronie edw.elportal.pl: https://bit.ly/3J9ogeB

W zeszłym miesiącu zakończyliśmy montaż płytek drukowanych i niezbędnego sprzętu. Teraz pozostało tylko złożyć to wszystko razem – i zacząć działać!

Na wypadek, gdybyś przegapił pierwszą część w zeszłym miesiącu, krótko podsumujmy:

Bierzemy zwykły piecyk elektryczny typu małego piekarnika (kupiliśmy nasz w KMart) i dorabiamy do niego sterownik temperatury, który przekształca go w piec do lutowania rozpływowego komponentów SMD na PCB (nawet kilku płytek z dużą ilością części).

Robimy to bez żadnych modyfikacji piekarnika (opcjonalnie permanentne zasilanie wewnętrznego wentylatora) – w rzeczywistości w module sterownika do wykonania jest tylko minimalne okablowanie sieciowe. Co więcej, zadbaliśmy bardzo o Twoje bezpieczeństwo.

Jeśli chcecie poznać więcej szczegółów, proponujemy zajrzeć do pierwszej części w majowym wydaniu EdW z tego roku.

A teraz przejdźmy do prezentacji!

Składanie całości

Wszystkie moduły są zamontowane w plastikowej obudowie, z elementami rozmieszczonymi na płycie bazowej wykonanej z blachy aluminiowej o grubości 1,5 mm. Przytnij ją do rozmiaru 200×115 mm i wywierć wszystkie wymagane otwory, jak pokazano na **rysunku 8**.

Nie pokazaliśmy schematu cięcia/wiercenia dla tego elementu ze względu na jego rozmiar, ale przygotowaliśmy jego wersję elektroniczną; można ją pobrać ze strony internetowej SILICON CHIP i wydrukować w rozmiarze 1:1.

Podobnie można pobrać schematy wiercenia dla przedniego i tylnego panelu oraz schemat cięcia i wiercenia dla osłony bezpieczeństwa z preszpanu. Właśnie teraz nadszedł czas, aby pobrać te schematy i wyciąć/powiercić elementy.

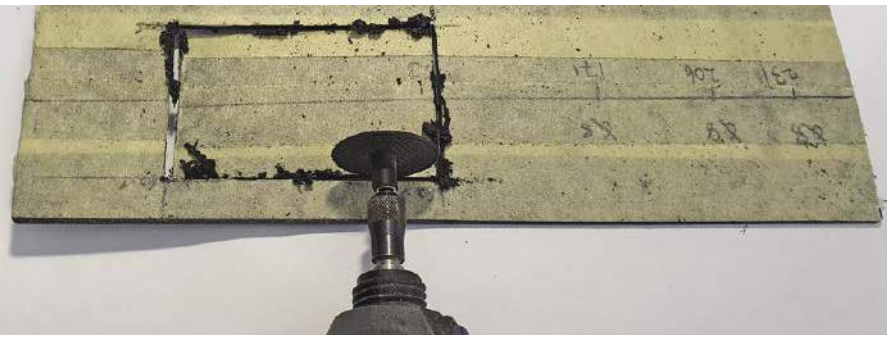
Na przedni i tylny panel nakleiliśmy taśmę maskującą i na niej zaznaczyliśmy cięcia i otwory. W przypadku wyświetlacza LCD i przyłącza IEC użyliśmy narzędzia typu Dremel z tarczą do cięcia, aby wyciąć otwory po zaznaczonych liniach, a następnie użyliśmy pilnika, aby je wygładzić. Dzięki temu uzyskaliśmy schludny wygląd.

Jako szablonu w dolnej części obudowy użyj aluminiowej płyty bazowej, aby zaznaczyć i wywiercić otwory, które posłużą do przymocowania płyty do spodu obudowy.

Uważaj, aby zostawić minimum 40 mm miejsca do przedniego panelu na złącza ekranu LCD; widać to na fotografii wnętrza obudowy.

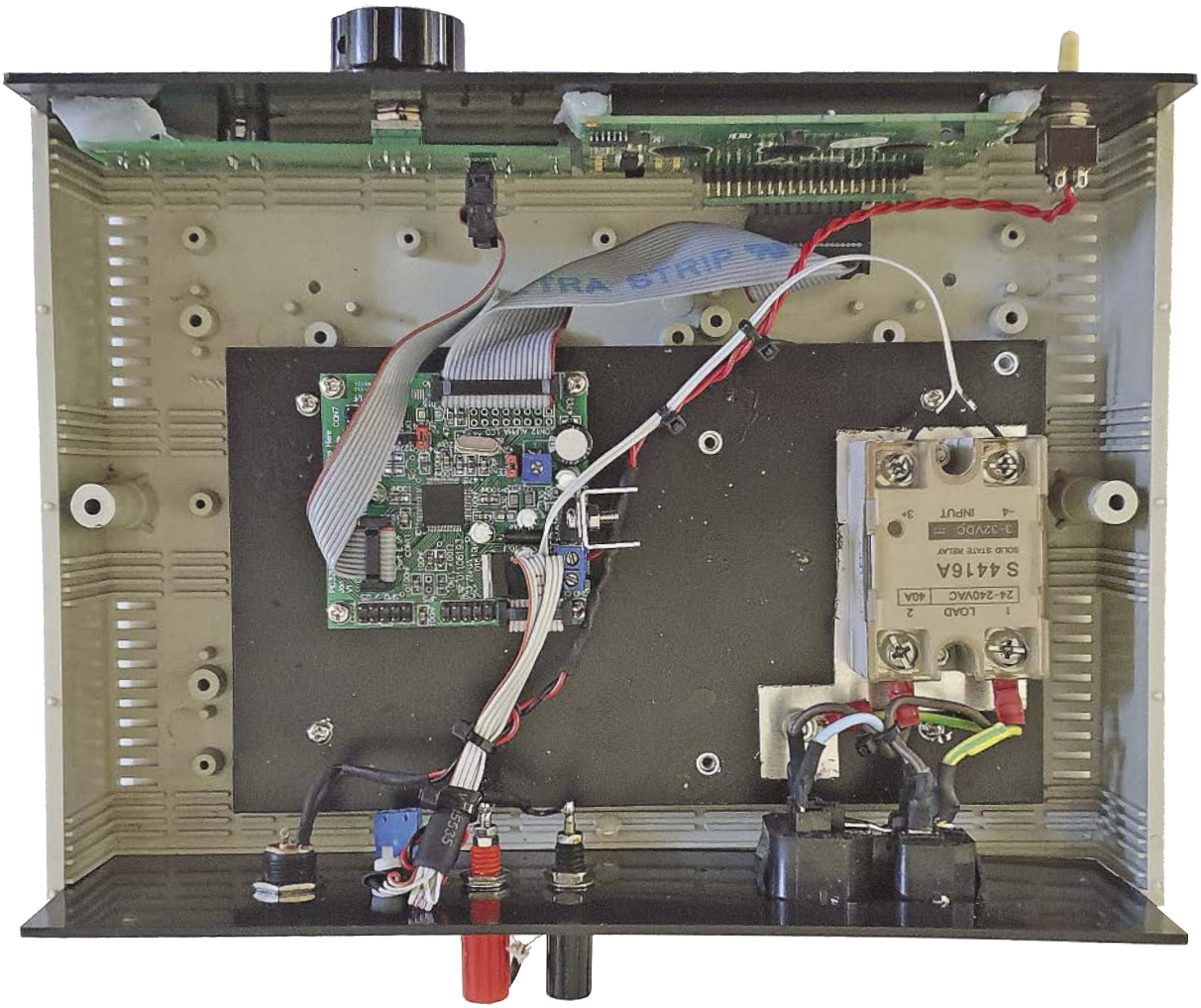
Teraz możesz zacząć dopasowywać komponenty do płyty bazowej. Pod przekaźnik półprzewodnikowy przed jego zamontowaniem należy nałożyć niewielką ilość pasty termoprzewodzącej.

Zamontuj płytkę PCB PIC32MZ używając 15 mm poliamidowych gwintowanych kołków dystansowych. Zapewniają one dobrą izolację płytki i wystarczającą odległość od płyty bazowej. Nie należy zastępować ich kołkami metalowymi. Następnie można przymocować metalową płytę do spodu



Pokrycie panelu taśmą maskującą przed wycięciem okna na ekran LCD ma dwie zalety: (a) można znacznie łatwiej zaznaczyć pozycję na taśmie (wraz z lokalizacjami innych otworów) i (b) ma tendencję do zatrzymywania opiłków i wiórków na miejscu, co skutkuje mniejszym bałaganem!

eprasa.pl c7783582f9

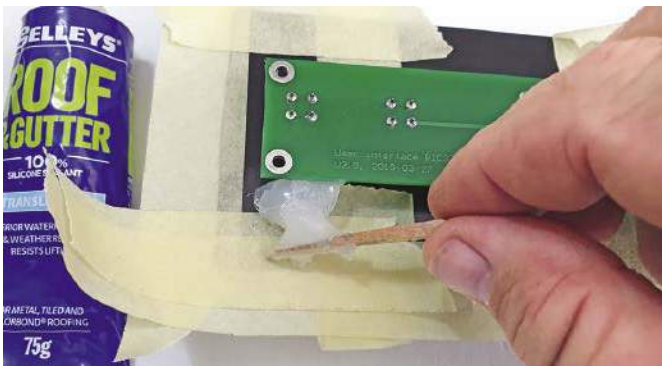


Podgląd ukończonego sterownika pokazaliśmy w zeszłym miesiącu. Oto on, ponownie demonstrujący, gdzie wszystko się znajduje. To zdjęcie zostało zrobione PRZED założeniem preszpanowej osłony, zakrywającej odsłonięte fragmenty sieci. UWAGA. Akurat to konkretne przyłącze sieciowe IEC ma fabrycznie połączone ze sobą styki uziemienia, co widać na zdjęciu. Nasz opis w tekście dotyczy sytuacji, gdy takiego połączenia brak, lub gdy zamiast podwójnego przyłącza sieciowego montujesz pojedyncze gniazda: męskie i żeńskie.

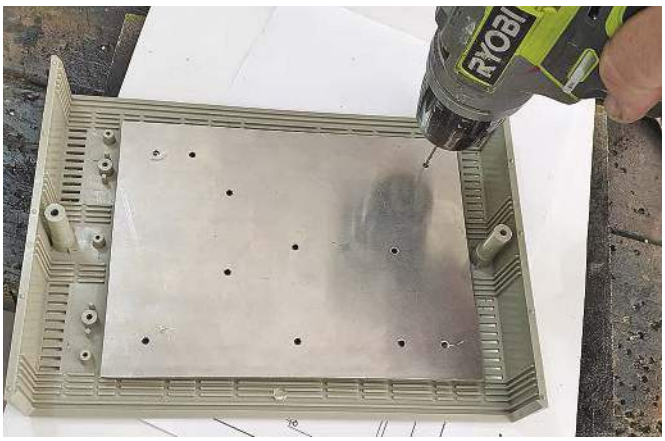
obudowy i przejść do montażu paneli przedniego i tylnego.

Na tylnej ściance należy niezawodnie zamocować podwójne złącze sieciowe IEC, gniazda termopary i gniazdo zasilania DC. Możemy później przylutować do nich przewody połączeniowe.

Teraz nadszedł czas na montaż ekranu LCD i płytki PCB panelu przedniego. Użyliśmy kleju (a właściwie uszczelniacza silikonowego), aby uniknąć nieeleganckiego wkręcania śrubek przez przedni panel. Dla tego lekkiego modułu jest to wystarczające mocowanie. Musisz być tylko nieco ostrożnym w dozowaniu silikonu. Zacznij od ekranu LCD. Jeśli Twoje wycięcie

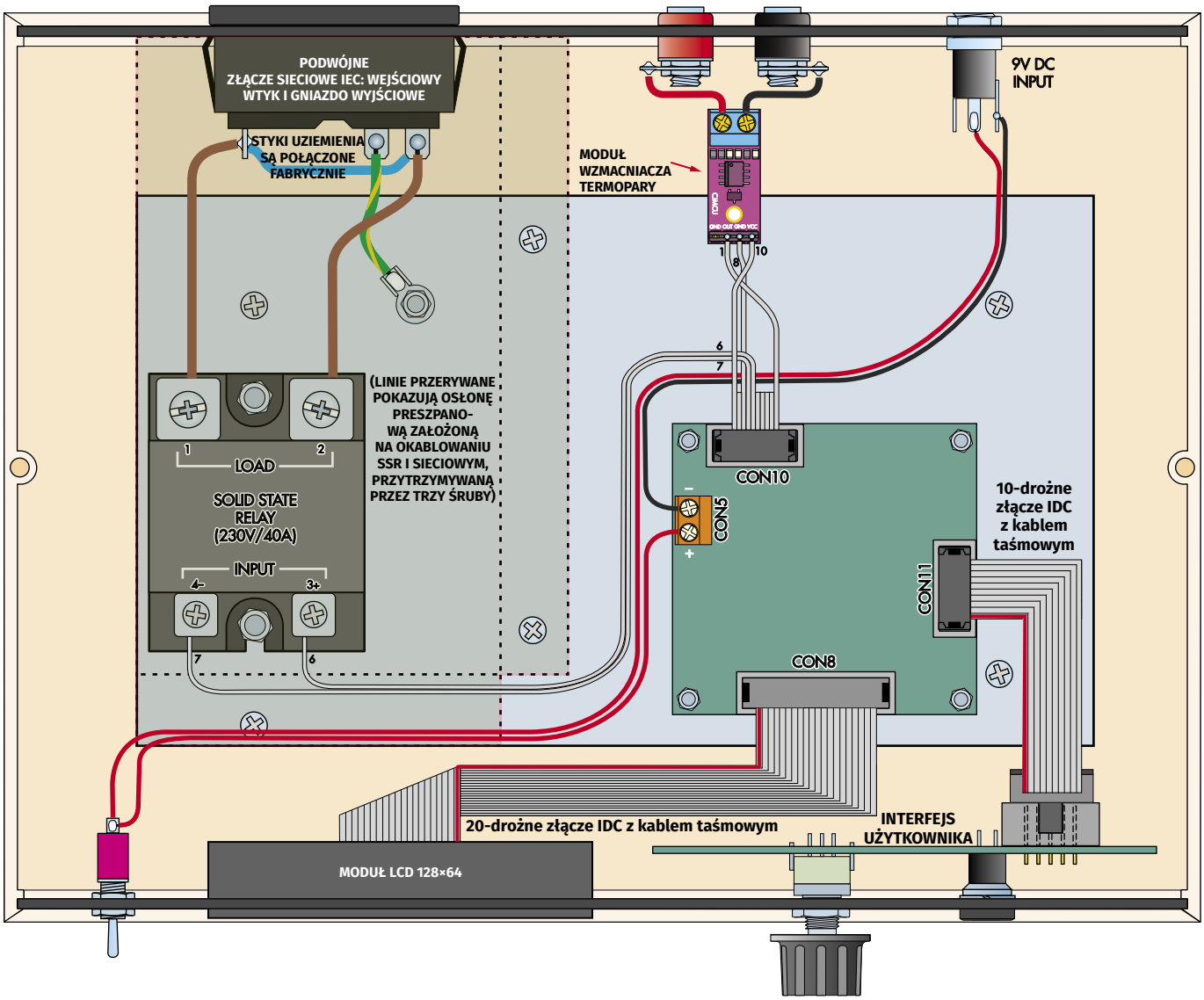


Aby uniknąć wystających z przedniego panelu łbów śrub, przykleiliśmy LCD do tylnej części panelu za pomocą uszczelniacza silikonowego. Taśma maskująca wskazała nam, gdzie ma być nałożony klej.



Po wywierceniu otworów w płycie bazowej (pobierz plik PDF z siliconchip.com.au), można użyć jej jako szablonu do wywiercenia niezbędnych czterech otworów w obudowie (pokrywają się one z czterema wspornikami uformowanymi na dnie obudowy).

eprasa.pl c7783582f9



Rysunek 11. Ten schemat elektryczny pokazuje, które przewody należy gdzie podłączyć, aby skompletować sterownik. Poza upewnieniem się, że przewody taśmowe mają czerwone żyły idące do kołka 1 wtyczki i gniazda na obu końcach, oraz że gniazda Z-FC są prawidłowo zaciśnięte na taśmach, główną rzeczą, na którą należy zwrócić uwagę, jest sposób, w jaki 10-żyłowy przewód taśmowy idący z CON10 jest podzielony i poprowadzony do dwóch miejsc. Tylko pięć żył w tym kablu jest używanych; pozostałe pięć należy skrócić. Po zakończeniu należy związać opaskami zaciskowymi wszystkie wiązki przewodów, aby nic nie mogło się poruszać. Nie zapomnij założyć i przykręcić preszpanowej osłony.

pozostawiło szczelinę wokół niego, możesz zobaczyć przez nią białą płytkę podświetlenia. W takim wypadku użyj czarnego markera, aby zamalować białe podświetlenie wokół krawędzi panelu LCD przed jego zamontowaniem.

Umieść samoprzylepną taśmę maskującą (stosowaną np. przy malowaniu ścian) w poprzek wycięcia w przednim panelu i tymczasowo zamontuj LCD, upewniając się, że złącza są na dole. Taśma powinna dość dobrze utrzymać LCD na równi z panelem przednim.

Przyklej również taśmę maskującą wokół krawędzi LCD, aby ułatwić rozprowadzenie silikonu po jego nałożeniu. Patrz załączone zdjęcie.

Następnie przymocuj płytkę sterującą na panelu przednim. Załóż jedną nakrętkę (lub kilka podkładek) na oskę enkodera obrotowego, aby ustawić minimalną głębokość, a następnie zamontuj go do panelu przedniego za pomocą dostarczonej nakrętki. Sprawdź, czy przyciski działają prawidłowo i nie zakleszczają w otworach przedniego panelu. Jeśli tak się dzieje, ostrożnie rozpiłuj otwory nieco większym okrągłym pilnikiem.

Gdy wszystko jest już w porządku, dokręć nakrętkę na enkoderze i sprawdź, czy wszystko jest dobrze osadzone. W razie potrzeby wyreguluj.

Następnie, używając zapałki lub małego kawałka drewna, nałóż odrobinę silikonu na każdy róg LCD. Zrób tak samo z płytką sterującą, na końcu przeciwległym do enkodera. Uważaj na przycisk; nie nakładaj na niego silikonu, bo przestanie działać. Nie musisz używać dużo silikonu – wystarczy odrobina na każdym rogu. My użyliśmy znacznie więcej niż trzeba.

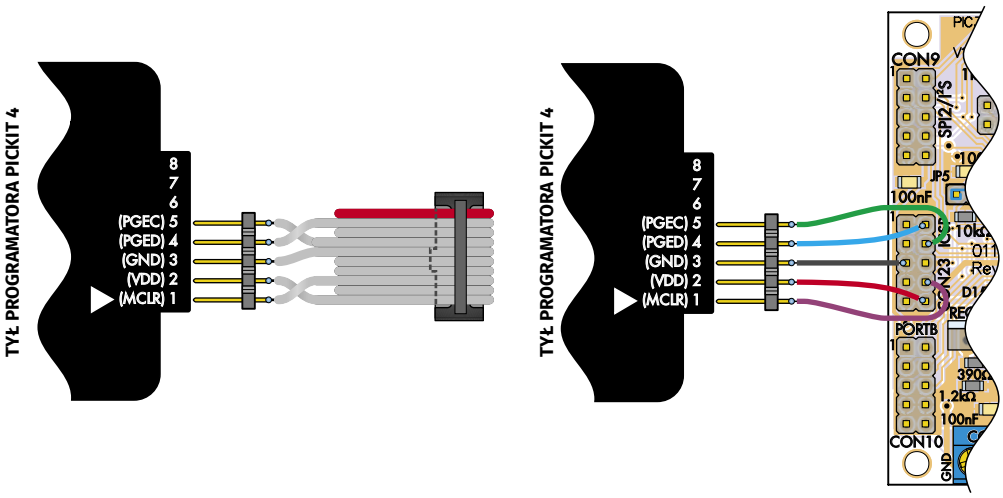
Gdy silikon stwardnieje, przymocuj przełącznik on/off w typowy sposób i wciśnij gałkę na oś enkodera. Teraz jesteś gotowy do skompletowania okablowania.

Okablowanie

Rysunek 11 pokazuje okablowanie, które jest potrzebne do ukończenia budowy regulatora. Podczas wykonywania okablowania pamiętaj, że skręcanie par lub wiązek przewodów razem i/lub zaciskanie ich rurkami termokurczliwymi pozwoli utrzymać ład.

Co ważne, przyczynia się to również do zwiększenia bezpieczeństwa, gdyż

eprasa.pl c7783582f9



Rysunek 12. Układy PIC32 zakupione do tego projektu w sklepie internetowym SC są wstępnie zaprogramowane, ale jeśli używasz nowego mikroprocesora lub istnieje aktualizacja oprogramowania, ten schemat pokaże Ci, jak podłączyć programator PICkit 4, lub podobny, do płytki, aby ponownie przeprogramować układ.

powstrzymuje przewody, które mogłyby się urwać, przed przemieszczaniem się i kontaktem z innymi częściami obwodu.

Zobacz nasze zdjęcia, aby wiedzieć, jak to wszystko powinno wyglądać, gdy skończysz pracę.

Zacznij od poprowadzenia czerwonego przewodu o niewielkiej wytrzymałości prądowej od środkowego, dodatniego styku gniazda zasilania DC do wyłącznika na przednim panelu, a następnie od drugiego zacisku wyłącznika do wejścia zasilania „+" płytki sterownika PIC32MZ. Poprowadzić analogiczny czarny przewód od masy gniazda DC (złącze zewnętrzne, jak na zdjęciu) do wejścia zasilania GND płytki PIC32MZ.

Skręć je ze sobą i użyj rurki termokurczliwej, aby połączenia były uporządkowane. Następnie podłącz dwa wcześniej wykonane kable taśmowe, jeden z wtykiem CON11 na płycie CPU do wtyku CON2 na panelu przednim, a drugi z wtyku CON8 na płycie CPU do męskiej dwurzędowej listwy kołkowej DIL z tyłu płytki adaptera LCD. W każdym przypadku upewnij się, że strona taśmy z czerwonym paskiem skierowana jest w stronę kołka 1 we wtyku.

Mam nadzieję, że kiedy wcześniej przylutowałeś adapter LCD do ekranu, połączyłeś kołek 1 na tej płytce z końcówką 1 złącza LCD. Podkreślaliśmy to i zwracaliśmy na to uwagę w pierwszej części artykułu. Jeśli tak nie jest, obróć gniazdo Z-FC20 taśmy IDC podłączone do adaptera LCD o 180°, aby to skompensować, czyli czerwony przewód łączył się z końcówką 1 złącza ekranu LCD.

Wymienione wcześniej podwójne: męskie i żeńskie złącze IEC umożliwia zasilanie urządzenia typowym przewodem sieciowym IEC, a także upraszcza podłączenie piekarnika.

Rozdziel odcinek przewodu sieciowego 10 A (lub nieużywany przewód sieciowy 10 A), aby uzyskać przewody: brązowy, jasnoniebieski i zielono-żółty, które będą potrzebne do połączenia z SSR. Nadaje się do tego świetnie kawałek kabla zasilającego od spalonego czy niepotrzebnego żelazka.

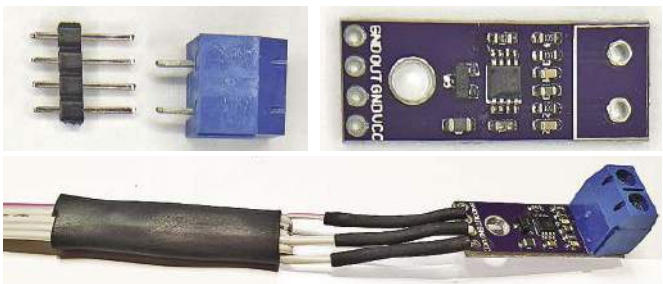
W przypadku poniższego okablowania sieciowego wszystkie przewody powinny być jak najkrótsze, aby zapewnić maksymalne bezpieczeństwo (przewód uziemiający jest mniej istotny, ale nadal lepiej jest go skrócić, jeśli to możliwe).

Użyj krótkiego odcinka jasnoniebieskiego przewodu, aby połączyć przez lutowanie ze sobą dwa złącza neutralne w gniazdku. Oba są oznaczone literą „N". Następnie przygotuj dwa odcinki zielono-żółtego prążkowanego przewodu. Ich oba końce z jednej strony przylutuj do złącza uziemienia w męskim gniazdku sieciowym. Drugi koniec pierwszego, krótkiego przewodu przylutuj do złącza uziemienia gniazda żeńskiego do zasilania piekarnika. Na drugim końcu drugiego przewodu zaciśnij końcówkę oczkową i przymocuj ją do płyty bazowej za pomocą śruby, podkładki zębatej (pod oczkiem) i dwóch nakrętek.

Utnij dwa odcinki brązowego przewodu i zaciśnij końcówki oczkowe na jednym końcu każdego z nich, a następnie przylutuj wolne końce do przychodzących i wychodzących zacisków Active (zwykle oznaczonych literą „L") na złączach sieciowych. Końcówki oczkowe przykręć do zacisków śrubowych SSR oznaczonych jako „1" i „2". Nie ma znaczenia, który przewód idzie do którego zacisku na SSR – jest to przecież prąd zmienny, więc musi płynąć w obu kierunkach.

Zauważ, że możesz podłączyć się do SSR używając gołych końcówek przewodów, ale zaciskane złącza oczkowe sprawiają, że jest to nieco bardziej uporządkowane i profesjonalne. Upewnij się tylko, że są one dobrze zaciśnięte. Nałóż izolację na wszystkie połączenia i sprawdź je dwukrotnie, a następnie zwiąż

Wzmacniacz termopary, którego używaliśmy, ma fioletową płytkę PCB. Jeśli przeszukasz eBay lub AliExpress pod kątem „AD8495", to powinieneś być w stanie znaleźć taki, który wygląda jak nasz. Na znanym polskim portalu aukcyjnym wzmacniacz znajdziesz pod hasłem: „AD8495 Armz K".



Widok połączeń na tylnym panelu – ponownie przypominamy, że jest to widok przed założeniem osłony izolacyjnej z preszpanu. Nie zapomnij o niej! Użycie czerwonej opaski termokurczliwej na żółto-zielonym przewodzie uziemienia jest złamaniem wszystkich zasad dobrej praktyki warsztatowej!

eprasa.pl c7783582f9

Osłona z preszpanu jest niezbędna dla Twojego bezpieczeństwa – wewnątrz obudowy znajdują się odsłonięte przewody pod napięciem sieciowym, które muszą być zakryte.

Połączenie męskiej wtyczki IEC do żeńskiego gniazda sieciowego (adapter jak ten od Jaycar) oznacza, że nie są wymagane żadne modyfikacje kabla zasilającego piekarnik. Od Red. EdW: w Polsce raczej nie kupisz odpowiedniej przejściówki, gdyż musi posiadać gniazdo EU z uziemieniem. Nie nadają się do wykorzystania kable od starych komputerów i zasilaczy awaryjnych, gdyż mają żyły o przekroju tylko 0,75 mm². Jak wspomnieliśmy w tekście, adapter trzeba wykonać samemu lub zlecić w warsztacie elektrycznym.

wszystkie przewody razem, tak aby w przypadku poluzowania się jednego z nich, nie mógł się on nigdzie przesunąć.

Okablowanie wejścia termopary

Dwa gniazda bananowe termopary są zamontowane w odległości 20 mm od siebie, co pozwala na bezpośrednie podłączenie termopary Jaycar QM1284. Zapewnia to profesjonalnie wyglądające rozwiązanie. Jednakże, jak wspomniano wcześniej, jeśli przeprowadzisz przewody termopar przez przelotkę w tylnym panelu i podłączysz je bezpośrednio do złącz śrubowych na płytce wzmacniacza termopary, odczyty temperatury będą bardziej dokładne.

Minusem jest to, że masz teraz przewód termopary przykręcony wewnątrz obudowy, więc jej wymiana jest żmudną pracą.

Termopara oraz sygnały sterowania przekaźnikiem półprzewodnikowym są podłączone do CON10 (PORTB) na płytce PIC32MZ. Sugerujemy, abyś zacisnął gniazdo Z-FC10 na jednym końcu 10-żyłowego kabla taśmowego. Następnie można gniazdo podłączyć do CON10, a przewody na drugim końcu rozdzielić i odizolować, aby wykonać wymagane połączenia. Upewnij się, że przewód z czerwonym paskiem idzie do kołka IDC oznaczonego numerem 1.

Z tym kablem trzeba trochę pokombinować. Nie mogliśmy wymyślić łatwiejszego sposobu na to, niż dodanie płytki drukowanej, co wydawało się zbyteczne. Pociągnij za przewody, aby rozdzielić żyły: 1 (czerwony), 6 i 7 (razem), 8 i 10. Pozostałe przewody obcinamy krótko, gdyż nie są potrzebne. Oznacz przewody 7 i 8 jako („–") jakąś opaską lub pokoloruj je markerem.

Podłącz przewód 6 do wejścia „+" przekaźnika półprzewodnikowego, a przewód 7 do wejścia „–" SSR. Mogą one być przykręcone w zaciskach śrubowych; zrób to mocno.

Podłącz przewód 1 do złącza „Out" wzmacniacza termopary, przewód 8 do jego masy, a przewód 10 do dodatniego wejścia zasilania wzmacniacza termopary.

Tak dobraliśmy długości kabli, aby możliwe było obkurczenie rurki termokurczliwej wokół wzmacniacza termopary i zablokowanie złączy. Dzięki temu wzmacniacz ma odpowiedni kontakt z przewodami termoelektrycznymi. Pamiętaj, że ten wzmacniacz ma układy korekcyjne, które uwzględniają temperaturę wtyku termopary, więc im bliżej tego wtyku się znajduje, tym lepiej. Podpowiedź – jeśli korzystasz z zewnętrznych zacisków termopary, do ich połączenia z zaciskami wzmacniacza użyj odcinków oryginalnych przewodów termopary, zwracając uwagę, aby ich nie pomylić ze sobą.

Jeśli zakupiłeś zalecany wzmacniacz termopary z fioletową płytką drukowaną, będzie

W panelu przednim należy wywiercić cztery otwory (postępuj zgodnie ze schematem wiercenia na stronie www.siliconchip.com.au), ale konieczne jest także wycięcie na wyświetlacz. Do zgrubnego wycięcia otworu użyliśmy narzędzia Dremel, a następnie wykończyliśmy go drobnym pilnikiem. Ten sam system można zastosować do wycięcia otworu gniazda sieciowego IEC na tylnym panelu.

eprasa.pl c7783582f9

tam otwór montażowy. Możesz go wykorzystać do zamocowania wzmacniacza na tylnym panelu za pomocą poliamidowej śruby i nakrętki, w pobliżu słupków wiążących/gniazd bananowych.

Porządkowanie okablowania

Po zakończeniu okablowania, użyj opasek kablowych do związania każdej wiązki przewodów razem. Jest to szczególnie ważne w przypadku okablowania sieciowego, które musi być bezpiecznie związane, a także czerwonego i czarnego przewodu z gniazda DC do włącznika/wyłącznika na panelu przednim oraz do CON4 na płycie sterującej.

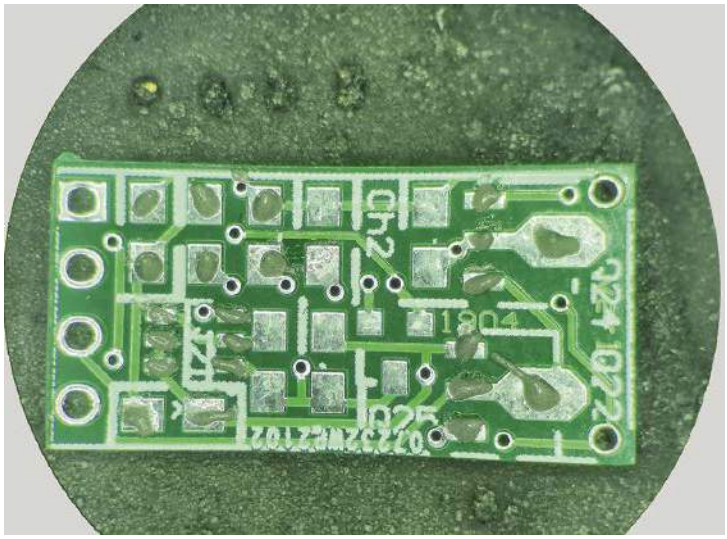
Upewnij się, że te przewody są związane tak, aby nie mogły poruszać się wewnątrz obudowy (np. poprzez przywiązanie ich do pobliskich kabli taśmowych) i że jeśli jeden z nich oderwie się na którymś końcu, nie będzie mógł nigdzie się przesunąć.

Teraz jest też dobry moment na przymocowanie osłony izolacyjnej z preszpanu do dolnej płyty za pomocą śrub, podkładek zębatych i nakrętek. Spójrz na zdjęcia, aby zobaczyć, gdzie się ona znajduje. Gdy pokrywa znajdzie się w obudowie, powinna odizolować sekcję sieciową od reszty regulatora.

Testy wstępne

Do poniższych testów nie podłączaj przewodu sieciowego. Należy używać wyłącznie zasilania z wtyczki DC 9 V. Upewnij się, że zworka JP5 na płycie mikroprocesora jest założona. Musi być też zworka na LK2 w pozycji pokazanej na rysunku 4. Nie potrzebujesz zworki na LK1; jeśli tam jest, nie ma znaczenia, w której pozycji się znajduje.

Teraz włącz urządzenie i sprawdź wyświetlacz LCD. Wyreguluj napięcie kontrastu LCD za pomocą potencjometru montażowego VR1.



Płytka użyta podczas testu lutowania rozpływowego, z demonstracją pasty lutowniczej nałożonej na pola lutownicze. Ilość pokazana na zdjęciu jest więcej niż wystarczająca!

Może to wymagać pewnych eksperymentów; LCD początkowo nie będzie pokazywał żadnego obrazu lub grafika będzie wyblakła. Reguluj kontrast od jednego do drugiego końca potencjometru, aż do uzyskania dobrego obrazu.

Następnie należy sprawdzić, czy działają elementy panelu sterującego użytkownika, naciskając prawy przycisk (EXIT); powinien pojawić się ekran z czterema polami. Obróć pokrętłem enkodera; powinieneś zobaczyć, że każdy z czterech kwadrantów jest po kolei podświetlany.

Teraz ustawimy początkowe współczynniki PID. Naciśnij lewy przycisk/gałkę kodera (SEL), gdy podświetlony jest ekran „adjust PID settings". Pojawi się ekran z pytaniem czy jesteś pewien. Obróć pokrętło na „Yes" i kliknij SEL. Wprowadź 100 dla P, 0.5 dla I i 670 dla D.

To ustawienie jest super krytyczne – jeśli tego nie zrobisz, urządzenie najprawdopodobniej pokaże 0°C i na pewno nie będzie działać.

Następnie wprowadź ustawienia lutowania, naciskając SEL, gdy ekran „Setpoints" jest podświetlony. Pojawi się ekran z pytaniem czy jesteś pewien. Obróć pokrętło na „Yes" i kliknij SEL. Wprowadź 150°C dla temperatury podgrzewania (Preheat Temp.) i 225°C dla temperatury płynięcia lutu (Reflow Temp.).

Następnie ustaw korekcję dla termopary naciskając lewy przycisk (SEL), kiedy ekran „Tempco and Offset" jest podświetlony. Zostanie wyświetlony ekran z pytaniem, czy jesteś pewien. Obróć pokrętło na „Yes" (Tak) i kliknij SEL. Wprowadź 0 dla OFFSET (w °C) i 0.161 dla TEMPCO.

Sprawdź, czy ekran główny pokazuje teraz w przybliżeniu właściwą temperaturę otoczenia. Zagotuj dzbanek wody, włóż termoparę i sprawdź czy ekran główny pokazuje coś zbliżonego do 100°C. Pamiętaj, że termopary nie są superprecyzyjnymi czujnikami i błąd kilku stopni jest OK.

Na tylnej ściance znajduje się gniazdo wejściowe 9 V DC (po lewej), a obok niego dedykowane zaciski termopary. Na prawym końcu znajduje się podwójne przyłącze sieciowe IEC: wejściowe i wyjściowe, które jest sednem tego projektu; sieć zasilająca dochodzi do prawego (męskiego) wtyku; nadzorowane/sterowane zasilanie do piekarnika tostowego pobierane jest z lewego (żeńskiego) gniazda.

eprasa.pl c7783582f9

Pomocy, to nie działa!

Nic nie widać na ekranie LCD
– Sprawdź, czy potencjometr kontrastu LCD jest ustawiony prawidłowo. Przekręć go całkowicie w lewo, a następnie powoli kręć nim w prawo, aż zobaczysz coś na wyświetlaczu.
– Sprawdź, czy mikroprocesor działa
– Sprawdź swoje części i lutowanie, szczególnie szukając mostków na stykach mikroprocesora.
– Sprawdź napięcie na wyjściach stabilizatorów 5 V i 3,3 V.

Mój piekarnik włącza się bezładnie
– Czy używasz piekarnika z inteligentnym sterownikiem? Ten projekt nie będzie z nim współpracował!

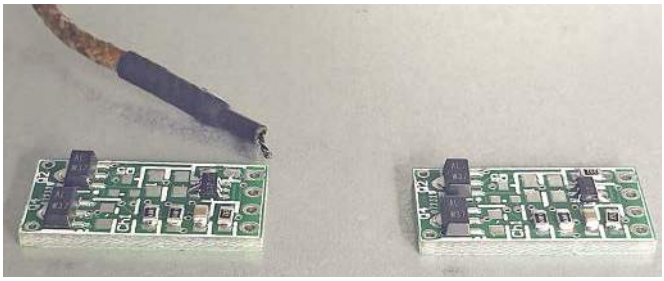
Odczyty temperatury są bardzo złe
– Czy termopara jest podłączona odwrotnie
– Czy TEMPCO i napięcie odniesienia w oprogramowaniu są właściwe ustawione dla Twojego wzmacniacza?
– Użyj DVM, aby sprawdzić napięcie na wyjściu wzmacniacza termopary. Powinno ono wynosić około 1,25 V w temperaturze pokojowej. Jeśli nie, przeczytaj panel o wzmacniaczach termopary.
– Włóż końcówkę termopary do kubka z gorącą wodą. Obserwuj, czy napięcie wzrośnie.

Odczyty temperatury są nieco błędne
– Czy termopara znajduje się w piecu obok ogrzewanego przedmiotu?
– Sprawdź, czy TEMPCO i napięcie odniesienia termopary są prawidłowe dla twojej termopary.
– Spróbuj włożyć końcówkę czujnika do lodowatej i wrzącej wody. Jeśli odczyty różnią się o więcej niż kilka stopni, sprawdź, czy nie ma błędów konstrukcyjnych

Piekarnik nie chce się nagrzewać
– Sprawdziłeś, czy piekarnik działa normalnie po bezpośrednim włączeniu do sieci, przed wprowadzeniem jakichkolwiek modyfikacji: prawda czy fałsz? (!!)
– Sprawdź, czy temperatura Twojego piekarnika jest ustawiona na maksimum, czy jest on włączony i czy wybrane są oba elementy grzewcze.
– Czy termopara odczytuje właściwą temperaturę?
– Ustaw temperaturę na regulatorze na powiedzmy 100°C i obserwuj SSR. Ma on czerwoną diodę LED, która wskazuje, kiedy jest włączony. *Od Red. EdW: tego akurat nie polecamy, bo wymaga rozebrania obudowy regulatora i zdjęcia preszpanowej osłony; zrób to w ostateczności. Twój piekarnik zapewnie ma jakąś lampkę, wskazującą na grzanie.*
– Obserwuj lampkę zasilania piekarnika. Czy włącza się jednocześnie z lampką SSR?

Piekarnik zbyt się nagrzewa, gdy jest ustawiony na stałą temperaturę
– Przy niskich temperaturach, nawet po wprowadzeniu optymalizacji, masa termiczna piekarnika powoduje, że nadal występuje duże przegrzanie. Ponadto masa termiczna elementów i piekarnika sprawia, że jego schłodzenie zajmuje dużo czasu.
– Spróbuj uruchomić go z wyprzedzeniem i dać mu czas na ustabilizowanie się temperatury przed użyciem.

Ustawienia są tracone po wyłączeniu zasilania
– Po wprowadzeniu zmian należy skorzystać z opcji zapisywania.
– Sprawdź, czy styki mikroprocesora PIC nie mają zwarć po stronie bliższej EEPROM.
– Sprawdź orientację i lutowanie układu EEPROM.



Niektóre przykładowe płytki po teście lutowania rozpływowego.

Aby sprawdzić, czy sterowanie przekaźnikiem SSR działa, wykonaj następujące kroki:

1. Zresetuj system poprzez wyłączenie i włączenie zasilania.
2. Ustaw temperaturę docelową nieco powyżej temperatury otoczenia.
3. Obserwuj diodę LED na przekaźniku półprzewodnikowym (znajduje się obok wejścia – musisz to robić przy zdjętej osłonie sekcji zasilania, więc nie musisz się spieszyć z jej zakładaniem). Powinna ona zapalać się co kilka sekund, wraz z zarysem błyskawicy na ekranie przechodzącym od konturu do pełnej jasności.
4. Obniż ustawioną temperaturę do około 20°C i przytrzymaj końcówkę termopary między palcami, tak, aby zmierzona temperatura była powyżej temperatury ustawionej.
5. Sprawdź, czy po kilku sekundach błyskawica na ekranie LCD i czerwona dioda na przekaźniku półprzewodnikowym przestały się świecić.

Należy pamiętać, że w przypadku regulatora PID może wystąpić opóźnienie w jego reakcji na zmiany temperatury i nastaw.

Testowanie na żywo

Teraz można wyłączyć zasilanie i podłączyć piekarnik do gniazda wyjściowego IEC w sterowniku za pomocą adaptera: męski wtyk

REKLAMA

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

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

REGULATORY DO KOTŁÓW Z PODAJNIKIEM
REGULATORY POGODOWE
• Prosta obsługa, bogate możliwości programowania
• Możliwość dopasowania do każdego kotła i rodzaju paliwa
• Wysoka jakość • Gwarancja 24 miesiące
www.pwkey.pl

eprasa.pl c7783582f9

IEC/gniazdo EU. *Od Red. EdW: Adapter jest na tyle nietypowy, że musisz wykonać go sam z zachowaniem najwyższej ostrożności lub zlecić jego wykonanie w warsztacie elektrycznym. Długość adaptera powinna być jak najmniejsza, ok. 30 cm wystarczy, z użyciem przewodów o obciążalności min. 10 A.*

Przed podłączeniem przewodu zasilania sieciowego IEC należy dwukrotnie sprawdzić okablowanie, a najlepiej poprosić znajomego o potrójne sprawdzenie. Sprawdź, czy:

- z zacisków, końcówek i izolacji nie wystają żadne luźne druciki
- nie ma żadnych przewodów odizolowanych na zbyt długim odcinku, pozostawiających dużo odsłoniętej miedzi, która mogłaby się z czymś stykać. W ogóle wszystkie takie końcówki powinny być ściśle zaizolowane rurkami termokurczliwymi, łącznie z lutowaniem przewodów do styków gniazd sieciowych, co widać na zdjęciu wnętrza.
- przewód ze złącza IEC „N" idzie do drugiego złącza IEC „N", zygzakiem po przekątnej. *Od Red. EdW: akurat w Polsce nie ma to żadnego znaczenia, ale skorzystanie z tego opisu pozwoli uniknąć Ci błędów w najbardziej krytycznym fragmencie okablowania sieciowego.*
- przewód uziemienia jest solidnie podłączony do płyty bazowej oraz przylutowany z drugiego końca do zacisku uziemienia gniazda IEC oznaczonego symbolemlub literami GND. **Bezwzględnie pamiętaj** o połączeniu obu styków uziemienia gniazd IEC ze sobą krótkim odcinkiem zielono-żółtego przewodu, jak to zaznaczono na Rysunku 11, chyba, że istnieje połączenie fabryczne.
- jeden przewód z każdego styku IEC „L" idzie do jednego zacisku SSR „LOAD": „1" lub „2".

Załóż i przykręć preszpanową osłonę. Zamknij obudowę i pewnie przykręć; upewnij się, że nie ma odsłoniętych przewodów sieciowych. Ustaw piekarnik na maksymalną temperaturę i włącz wszystkie nastawy. Wybierz maksymalny czas pracy piekarnika (timer), co najmniej 20 minut, podłącz piekarnik do sterownika, włącz zasilanie DC sterownika i ustaw temperaturę na 20°C. Podłącz kabel sieciowy sterownika do sieci elektrycznej i włącz całość

Piekarnik nie powinien się jeszcze włączyć, chyba, że w Twoim domu jest szczególnie zimno, poniżej 20 °C. Ustaw na sterowniku temperaturę 40°C. Wkrótce powinieneś zobaczyć, że błyskawica na wyświetlaczu zaczyna świecić, wskazując, że piekarnik jest włączony. Jeśli Twój piekarnik jest taki jak nasz, powinieneś również zobaczyć świecącą lampkę na piekarniku wskazującą, że jest on włączony. Po kilku sekundach powinieneś zobaczyć, że zmierzona temperatura zaczyna wzrastać.

Tabela 1. Połączenia CON10/PORTB (pozostałe styki nie są używane)

Styk (przewód)	Rola	Podłącz do
1	Wejście analogowe	Wyjście wzmacniacza termopary
6	Sterowanie grzałką	Wejście SSR 3+
7	GND	Wejście SSR 4-
8	GND	masa wzmacniacza termopary GND
10	+3,3 V	zasilanie wzmacniacza termopary

Bezwładność termiczna piekarnika spowoduje opóźnienie około 20 sekund; temperatura prawdopodobnie przekroczy ustawioną wartość. Jak wyjaśniono powyżej, nasz sterownik jest zoptymalizowany dla wysokich temperatur, a w niskich temperaturach można zaobserwować przegrzania rzędu 15°C lub więcej. Po prostu obserwuj, czy ogrzewanie wyłączy się zanim osiągnie temperaturę docelową.

Spróbuj ustawić sterownik na 60°C i obserwuj, jak się włącza i wyłącza. Po nagrzaniu piekarnik potrzebuje dość dużo czasu, aby ostygnąć. Pamiętaj, że podczas lutowania płytek musisz na końcu cyklu otworzyć drzwiczki.

Lutowanie

Aby zademonstrować działanie pieca, zlutowaliśmy kilka płytek z elementami SMD. Jak widać na zamieszczonych zdjęciach, jeśli nakładasz pastę lutowniczą ręcznie, użyj strzykawki i nałóż mniej niż myślisz, że będzie trzeba! Największym błędem popełnianym przez większość ludzi podczas lutowania rozpływowego elementów SMD jest dodawanie zbyt dużej ilości pasty lutowniczej.

Przykleiliśmy przewód termopary do krawędzi pieca za pomocą taśmy i kręciliśmy nią, aż termopara znalazła się blisko testowanych płytek PCB. Czujnik powinien znajdować się jak najbliżej płytek (może nawet dotykać), aby uzyskać profil temperatury w pobliżu płytki.

Profil temperaturowy, jaki uzyskał piekarnik, jest pokazany poniżej. Widać, że temperatura spadła po tym, jak otworzyliśmy nieco drzwiczki. Pozostawiliśmy je w ten sposób na około 20 sekund, a następnie otworzyliśmy je całkowicie, aby pozwolić PCB ostygnąć. Nie ruszaj płytki, dopóki nie ostygnie, ponieważ lut będzie jeszcze przez jakiś czas płynny!

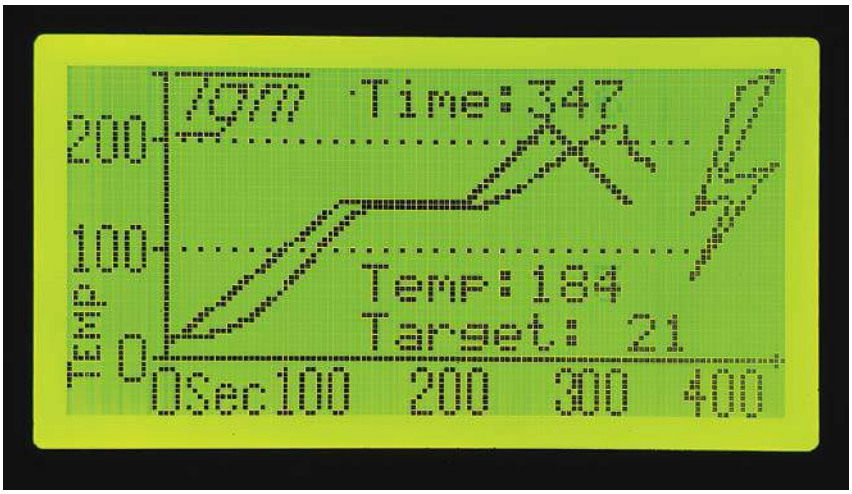
W temperaturze około 180°C topnik aktywuje się i lut zaczyna się rozpływać. Kiedy piekarnik osiągnął temperaturę 225°C i otworzyliśmy drzwiczki, płytka była już w pełni nagrzana, lut roztopiony, a elementy osadzone na polach lutowniczych. Z początku najlepiej byłoby dla Ciebie wypróbować piec na mniej ważnych lub odpadowych płytkach PCB; przed lutowaniem czegoś naprawdę drogiego.

Jeśli jednak posiadasz stację lutowniczą na gorące powietrze, możesz prawdopodobnie przy pierwszych kilku próbach naprawić wszystko, co pójdzie źle, aż do momentu, gdy w pełni opanujesz tę technikę.

Phil Prosser

Adaptacja do wydania polskiego – Andrzej Nowicki

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



Wyświetlacz regulatora pokazujący docelowe i rzeczywiste profile temperaturowe.

eprasa.pl c7783582f9

Jeden za wszystkie – władca pilotów zdalnego sterowania IR

Piloty zdalnego sterowania są wygodne, poręczne, ale czasami przy posługiwaniu się nimi sprawiają kłopoty. Wybór pomiędzy telewizją na żywo a telewizją internetową, odtwarzaczem DVD/Blu-ray, płatną telewizją kablową i strumieniem internetowym wymaga często do sterowania telewizorem naciśnięcia kolejno kilku różnych przycisków, i to bynajmniej nie na jednym pilocie. Teraz nasze urządzenie umożliwia wykonanie tych sekwencji rozkazów za pomocą jednego przycisku. Nazwaliśmy je Superpilotem zdalnego sterowania na podczerwień.

Takie dostrajanie Twojego domowego systemu audio-wizualnego jest szczególnie irytujące, gdy trzeba wykonać wiele kroków z użyciem więcej niż jednego pilota zdalnego sterowania.

Jeśli masz kilka źródeł sygnału podłączonych do telewizora, potrzebujesz otworzyć menu „Źródło" i użyć przycisków góra/dół lub lewo/prawo na pilocie, a następnie nacisnąć „Enter" aby wybrać to urządzenie, wejście czy kanał.

Być może będziesz potrzebował jeszcze więcej naciśnięć, aby uzyskać dostęp do internetowego strumienia danych audiowizualnych, takiego jak Video On Demand czy serwis wiadomości typu ABC iview.

Po jakimś czasie przyzwyczaisz się do tego (zapewnie skonfigurujesz telewizor wg własnych upodobań!), ale Twój małżonek, rodzice i przyjaciele prawdopodobnie nie doceniają złożoności Twojego systemu i być może nie będą w stanie go obsługiwać.

Superpilot IR rozwiązuje ten problem. Znacznie upraszcza procedury, nagrywając sekwencję rozkazów, nawet z kilku pilotów, a następnie odtwarzając ją po każdym, jednorazowym naciśnięciu przycisku.

Jest to przydatne nie tylko w przypadku tych złożonych sekwencji zdalnego sterowania. Możesz również wykonywać to samo polecenie za pomocą jednego przycisku, odpowiadającego identycznym przyciskom na wielu pilotach. Dzięki temu można wykonywać typowe polecenia bez konieczności sięgania do konkretnego, dedykowanego pilota urządzenia.

Na przykład można skonfigurować Superpilota IR tak, aby zapewniał regulację głośności oraz obsługiwał złożone sekwencje rozkazów.

Czy Superpilot jest lepszy od uniwersalnych pilotów uczących się?

Wiele uniwersalnych pilotów zdalnego sterowania ma funkcję uczenia się, ale są one zaprojektowane tak, aby zakodować jedną funkcję dla danego przycisku. Nie mogą one przechowywać długich sekwencji kodów sterujących podczerwieni.

W przypadku Superpilota IR jest tylko osiem przycisków i każdy z nich może być użyty do przechowywania w pamięci oddzielnych sekwencji poleceń. Przechowuje on nie tylko kody wymagane w odpowiednich sekwencjach, ale także opóźnienie między każdym kolejnym naciśnięciem przycisku.

Może to być ważne, ponieważ niektóre zestawy rozkazów wymagają, aby poczekać, aż urządzenie będzie gotowe do kontynuowania konfiguracji i akceptacji kolejnych naciśnięć przycisków.

W każdej sekwencji można zapisać do 100 oddzielnych kodów odpowiadających pojedynczym poleceniom pilota (czyli łącznie do 800 kodów). Sekwencje mogą trwać do około dwóch i pół minuty, chociaż całkowity czas może ulec skróceniu w przypadku wielu złożonych kodów.

Na przykład dla dziesięciu typowych naciśnięć przycisków maksymalny czas wysłania wszystkich poleceń wynosi dwie minuty i 36 sekund, ale dla 50 spada do około jednej minuty i 20 sekund.

W praktyce jest mało prawdopodobne, aby sekwencja poleceń była tak długa pod względem liczby kroków lub czasu trwania, że zabraknie pamięci. Urządzenie może zarejestrować osiem oddzielnych sekwencji; każda z nich ma przydzielone własne miejsce w pamięci.

Przedstawiamy Superpilota

Superpilot IR jest umieszczony w mało wyrafinowanej, prostokątnej obudowie, z oddzielną komorą na baterię 9 V typu 6LR61. Osiem przycisków poleceń znajduje się na wierzchu, natomiast z przodu znajduje się dioda LED na podczerwień (IR), która wysyła kody do telewizora lub innego urządzenia.

Znajduje się tam również odbiornik IR służący do odbierania sygnałów podczerwieni w celu nagrywania sekwencji rozkazów.

Mały przycisk służy do wyboru trybu nagrywania lub odtwarzania, a dioda LED sygnalizuje działanie urządzenia.

Superpilot IR jest łatwy w obsłudze. Po zaprogramowaniu wystarczy nacisnąć jeden z ośmiu przycisków, aby odtworzyć zapisaną sekwencję IR. Wskaźnik LED miga sygnalizując wysyłanie kodu. Podczas odtwarzania przez Superpilota IR sekwencji poleceń, można ją zatrzymać, naciskając dowolny przycisk.

Programowanie sekwencji rozkazów jest również dość łatwe; opisano je poniżej, po rozdziale przedstawiającym budowę.

Opis układu

Pełny schemat ideowy jest pokazany na **rysunku 1**. Superpilot IR wykorzystuje 8-bitowy mikroprocesor IC1, który jest elektronicznym „mózgiem" urządzenia. Chociaż w przeszłości często używaliśmy układu PIC16F88,

eprasa.pl c7783582f9

Materiały dodatkowe dostępne są na stronie Silicon Chip: https://bit.ly/3Ogxf1J, https://bit.ly/3OhUSHc

Materiały dodatkowe są również dostępne na stronie edw.elportal.pl: https://bit.ly/3McgEJP

Cechy i specyfikacja

- Głęboka pamięć
- Rozdzielczość próbkowania 666,66 ns
- Dostępnych jest osiem oddzielnych, niezależnych sekwencji poleceń
- Możliwość zapisania do 100 oddzielnych kodów IR dla jednej sekwencji poleceń
- 174 s (2 m 54 s) maksymalny czas zapisu dla jednej sekwencji poleceń
- Zakres regulacji częstotliwości modulacji od 34,4 kHz do 41, 66 kHz, w 15 krokach
- Funkcja łatwego uczenia się lub nagrywania
- Automatyczne kasowanie pamięci przed zapisem każdego polecenia
- Możliwość zbiorczego skasowania wszystkich ośmiu sekwencji poleceń
- Wskaźnik działania z diodą LED2
- Regulowana częstotliwość modulacji podczerwieni
- Zasilanie bateryjne, niski pobór prądu w stanie czuwania (typowo 3,3 μA)

do nowych projektów ten podzespół nie jest już zalecany i staje się coraz droższy. PIC16F1459 ma dużo więcej funkcji, a mimo to jest tańszy.

IC1 przechowuje zaprogramowane sekwencje kodów w 1-Mbitowej szeregowej pamięci RAM IC2. Kody zdalnego sterowania z innych urządzeń są odbierane przez odbiornik podczerwieni IRR1 i podawane bezpośrednio na wejście cyfrowe RA5 układu IC1 (styk 2). Zasilanie IRR1 napięciem 5 V jest przełączane przez MOSFET Q1 i filtrowane za pomocą rezystora szeregowego 47 Ω i kondensatora bocznikującego 10 μF, aby zapewnić stabilne zasilanie IRR1; odbiornik IR jest wrażliwy na szumy zasilania.

Bramka MOSFET-a Q1 jest sterowana bezpośrednio z wyjścia cyfrowego RC4 układu IC1 (styk 6). Ponieważ Q1 jest MOSFET-em P-kanałowym, IRR1 jest zasilany, gdy wyjście 6 ma niski poziom; i wyłączany w celu oszczędzania energii, gdy wyjście 6 ma wysoki poziom.

Podczas nadawania sekwencji kodów pilota na podczerwień, IC1 ustawia swoje wyjście cyfrowe RC5 (styk 5) w stan wysoki. Powoduje to przewodzenie złącza baza-emiter tranzystora NPN Q3 i jego włączenie, przy czym prąd jest ograniczony do kilku miliamperów przez rezystor szeregowy 150 Ω w obwodzie kolektora.

Po włączeniu, linia: dioda podczerwieni LED1, rezystor 150 Ω i tranzystor Q3 pobiera prąd około 25 mA. Prąd pobierany jest w impulsach, więc średni prąd diody podczas transmisji impulsów jest poniżej 10 mA, a nawet mniejszy, jeśli uśrednić go w czasie całej transmisji. Wyjście RC5 jest wyjściem modulowanym szerokością impulsu (PWM) pracującym z blisko 32% wypełnieniem.

Potencjometr montażowy VR1 reguluje częstotliwość modulacji diody podczerwieni LED1. Napięcie na jego zacisku jest przetwarzane na wartość cyfrową na wejściu analogowym AN8 układu IC1 (styk 8). Po przetworzeniu, wartość ta zapewnia częstotliwość modulacji na wyjściu RC5 w zakresie od 34,4 kHz przy pełnym ustawieniu w lewo do 41,66 kHz przy pełnym skręceniu w prawo.

Piloty na podczerwień zwykle używają częstotliwości 36 kHz, 38 kHz lub 40 kHz. Zastosowana regulacja jest przewidziana w celu uzyskania najlepszych wyników podczas użytkowania. Zazwyczaj ustawienie częstotliwości 38 kHz (środkowe położenie VR1) pasuje do wszystkich odbiorników IR, pod warunkiem, że Superpilot znajduje się dość blisko odbiornika. Większy zasięg może być dostępny przy innym ustawieniu częstotliwości wybranym za pomocą VR1.

Wskaźnik LED (LED2) świeci w odpowiedzi na kod IR odebrany podczas nagrywania sygnałów w podczerwieni oraz jako wskaźnik wysyłania danych podczas odtwarzania sygnałów w podczerwieni. Dioda sterowana jest z wyjścia RC3 (styk 7) poprzez rezystor 1 kΩ. Wyjście RC3, gdy jest w stanie wysokim, zasila również potencjometr VR1, oszczędzając 0,5 mA w pozostałym czasie.

Wykrywanie naciśnięcia przycisków

Przyciski S1-S9 są skonfigurowane w matrycy 3×3 z wyjściami RC0, RC1 i RC2 (styki 16, 15 i 14) podłączonymi do jednej strony matrycy przycisków oraz wejściami RA1, RA4 i RA0 (styki 18, 3 i 19) podłączonymi do drugiej strony.

Zauważ, że RA1 i RA0 mają rezystory polaryzujące 100 kΩ podłączone do zasilania 3,3 V, ale RA4 już nie. Dzieje się tak dlatego, że wejście RA4 układu IC1 może być programowo skonfigurowane z wewnętrznym ustawieniem na poziomie 5 V.

Powodem, dla którego RA1 i RA0 nie mają tej funkcji, jest to, że w tym układzie mogą być również wykorzystane jako linie sygnałowe USB D+ i D–. Wejścia te działają więc nieco inaczej niż inne porty I/O, gdy tryb USB jest wyłączony. Ich polaryzacja została zaprojektowana tak, aby pasowała do specyfikacji USB. Różni się więc od specyfikacji innych portów I/O ogólnego przeznaczenia.

Powodem, dla którego rezystory 100 kΩ są podpięte do szyny 3,3 V, a nie do 5 V jest to, że te specyficzne dla USB poziomy polaryzacji wejść są realizowane w IC1 przez wewnętrzne MOSFET-y P-kanałowe, a ich źródła podłączone są do szyny +3,3 V. Jeśli więc spolaryzowalibyśmy te styki do poziomu +5 V, to napięcie zasilania 3,3 V wzrosłoby, ponieważ przewodziłyby wewnętrzne pasożytnicze diody w tych P-kanałowych MOSFET-ach.

To spowodowałoby wzrost napięcia zasilania z 3,3 V do około 4,7 V. Zazwyczaj nie byłoby to problemem, ale my używamy zasilania 3,3 V do podtrzymania zawartości pamięci IC2. A jak zobaczymy później, napięcie 3,3 V jest już bliskie maksymalnego dopuszczalnego dla układu pamięci.

eprasa.pl c7783582f9

Pozostaje więc pytanie, czy napięcie 3,3 V jest wystarczające, aby wejścia RA0 i RA1 rozróżniały poziomy wysokie i niskie. Okazuje się, że minimalne napięcie, które gwarantuje wykrycie poziomu wysokiego dla tych wejść to 0,25xVdd + 0,8 V, co dla najwyższego możliwego napięcia zasilania Vdd wynoszącego 5,15 V, jest wciąż mniejsze niż 2,1 V. Podłączenie do szyny 3,3 V działa więc bez zarzutu.

Aby wykryć, czy któryś ze styków jest zwarty, wszystkie wyjścia RC0, RC1 i RC2 są kolejno doprowadzane do stanu niskiego. Wejścia RA1, RA4 i RA0 będą zazwyczaj w stanie wysokim dzięki polaryzacji. Jednak jedno wejście będzie utrzymywane w stanie niskim, jeśli zostanie naciśnięty przycisk. Kombinacja tego, który z trzech zestawów styków jest w stanie niskim mówi nam, który przycisk został wciśnięty.

Zauważ, że jeśli więcej niż jeden przycisk jest wciśnięty w tym samym czasie, to pierwszy wykryty zamknięty zestyk będzie tym, który zostanie uznany za aktywny. Gdy wymagamy, aby dwa przyciski były zamknięte, np. przy kasowaniu pamięci pojedynczego przycisku, przycisk S9 (przełącznik trybu pracy) jest sprawdzany pod kątem zamknięcia niezależnie od pozostałych styków.

Zapis

Jak opisano wcześniej, do zapisu kodów podczerwieni służy odbiornik podczerwieni IRR1, którego zasilanie jest włączane przez MOSFET Q1. Przed nagrywaniem napięcie zasilania dla IRR1 jest powoli zwiększane do 5 V w czasie 13 milisekund.

Odbywa się to poprzez kierowanie do jego bramki krótkich impulsów niskiego napięcia (o długości 2/3 ns), z odstępem pomiędzy impulsami zaczynającym się od ok. 66 µs i zmniejszającym się aż do momentu, gdy bramka będzie utrzymywana całkowicie na niskim poziomie. Robimy tak po to, aby IC1 nie zresetował się z powodu chwilowego spadku napięcia zasilającego, co może się zdarzyć, jeśli IRR1 zostanie natychmiast włączony, wskutek ładowania kondensatora bocznikującego 10 µF i ograniczonego prądu, który może być dostarczony przez baterię 9 V.

Po zasileniu, IRR1 jest gotowy do odbioru kodów IR. Większość pilotów podczerwieni używa częstotliwości modulacji 36-40 kHz. Odbywa się to w paczkach impulsów (burstach), przy czym długość paczek i odstępy pomiędzy nimi (pauzy) wskazują na kod.

Serie paczek imp[ulsów i pauz są zwykle w określonym formacie (lub protokole), przy czym istnieje kilka różnych powszechnie stosowanych protokołów.

Trzeba tu wymienić protokół RC5 z kodem Manchester, stworzony przez firmę Philips. Jest też Pulse Width Protocol używany przez Sony i Pulse Distance Protocol, pochodzący od NEC.

Jeśli interesują Cię szczegóły dotyczące wszystkich tych protokołów i innych, zobacz artykuł w Silicon Chip z czerwca 2019 roku na temat Steering Wheel Audio Button to Infrared Adaptor (siliconchip.com.au/Article/11669). Możesz też zapoznać się z informacjami w numerze 12 EdW z 2022 r. na stronie 16.

Napięcie na wyjściu IRR1 to zdemodulowana wersja sygnału podczerwieni, o wysokim (5 V) w przypadku braku sygnału i niskim (bliskim 0 V) poziomie w przypadku wykrycia modulowanej paczki impulsów o częstotliwości 36–40 kHz. Podczas nagrywania zapisujemy poziom i czas trwania każdego impulsu do pamięci. Zarejestrowana sekwencja jest odtwarzana podczas wysyłania kodu poprzez modulowanie zasilania diody LED1 zgodnie z przebiegiem zapisanego sygnału. Jest ona sterowana w sposób opisany powyżej.

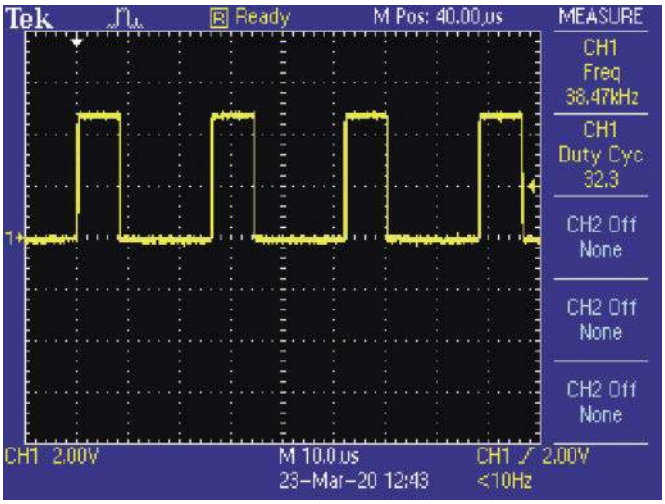
Pamięć

Układ pamięci to 1024 kbit (1 Mbit) pamięci zorganizowanej jako 128 kbytes (komórki 8-bitowe). Dostęp do pamięci odbywa się poprzez prostą magistralę szeregową (Serial Peripheral Interface – SPI). Podczas zapisu dane są wysyłane na wejście SI układu IC2 (styk 5) z wyjścia SDO (styk 9) układu IC1. Podczas odczytu dane są odbierane z wyjścia SO układu IC2 (styk 2) i przesyłane do wejścia SDI (styk 13) układu IC1.

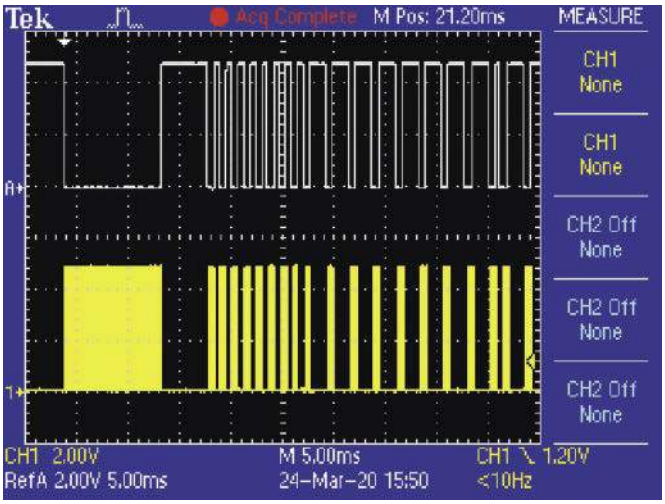
W obu przypadkach dane są taktowane sygnałem zegarowym z wyjścia SCK (styk 11) układu IC1 podawanym na wejście SCK układu IC2, na styk 6. Komunikację z IC2 umożliwia niski poziom na wejściu Chip Select (CS), podany ze styku 10 IC1 (RB7) na wejście 1 IC2.

Podczas zapisu do pamięci (po podaniu zasilania przez Q2), pamięć jest wybierana poprzez podanie stanu niskiego na wejście Chip Select. Następnie wysyłana jest instrukcja zapisu, a po niej żądany adres pamięci, od którego należy zacząć. Jest to 24-bitowy adres wysyłany jako trzy 8-bitowe bajty. Siedem najbardziej znaczących bitów adresu jest zawsze zerowe, ponieważ do zaadresowania 128 kbajtów potrzeba tylko 17 bitów.

Następnie można zapisywać dane. Pamięć zapisywana jest w trybie sekwencyjnym,

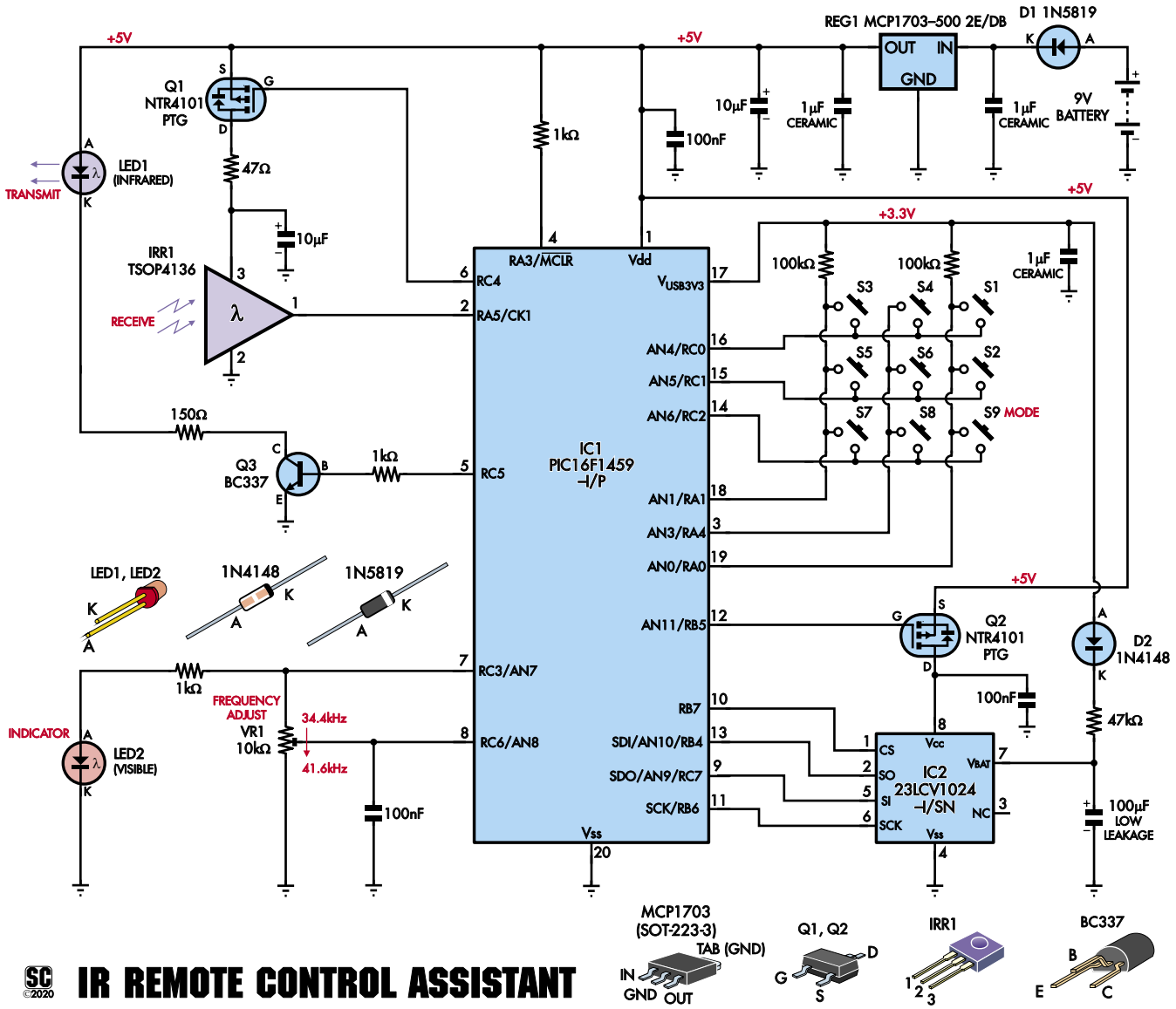


Oscylogram 1. Przebieg pokazuje modulację sygnału podczerwieni na wyjściu 5 układu IC1. Ten sygnał kluczuje tranzystor Q3, który steruje diodą podczerwieni LED1. Częstotliwość modulacji wynosi około 38,5 kHz, ponieważ potencjometr montażowy VR1 jest ustawiony w środkowej pozycji. Za pomocą VR1 można ustawić częstotliwość od 34,4 kHz do 41,66 kHz. Wypełnienie jest ustalone na około 32%



Oscylogram 2. Górny przebieg to przechwycony sygnał podczerwieni, mierzony na wyjściu (końcówce 1) odbiornika IRR1. Dolny przebieg pokazuje sygnał na wyjściu (końcówka 5) układu IC1 po tym, jak ten zakodowany w podczerwieni sygnał pokazany na górnym przebiegu został zapisany w pamięci i odtworzony. Odtworzony sygnał jest pokazany w odwrotnej fazie; analogicznie do górnego przebiegu, również dolny jest modulowany z częstotliwością 34,4 kHz

eprasa.pl c7783582f9



Rysunek 1. Schemat ideowy Superpilota nie jest zbyt skomplikowany. Zawiera mikroprocesor IC1, który zapisuje do układu RAM IC2 impulsy podczerwieni wykryte przez odbiornik IRR1. Później może je odczytać z powrotem i odtworzyć modulowanym światłem IR diody LED1. Za modulację, po naciśnięciu przycisku S1-S8, odpowiada tranzystor Q3.

w którym adres jest automatycznie zwiększany po każdym zapisanym bajcie.

Sygnał z IRR1 składa się z serii poziomów wysokich i niskich. Poziomy te są sprawdzane z dużą szybkością, ale nie zapisujemy każdego próbkowanego poziomu bezpośrednio do pamięci. To zbyt szybko pożerałoby pamięć. Na przykład, próbkując z częstotliwością 1,5 MHz (tj. co 2/3 µs) i przechowując ten poziom w kolejnych bitach, cały 1 Mbit pamięci byłby pełny po 2/3 sekundy!

Więc zamiast tego próbkujemy poziom co 666,66 ns, ale nie zapisujemy tego bezpośrednio w pamięci. Zamiast tego kontynuujemy monitorowanie poziomu i rejestrujemy jak długo pozostaje on taki sam przed zmianą. Poziom i czas trwania każdego impulsu są zapisywane za każdym razem, gdy poziom się zmienia.

Aby to zapisać, używamy dwóch kolejnych 8-bitowych lokacji adresowych (łącznie 16 bitów). Najbardziej znaczący bit (bit 15) przechowuje poziom, podczas gdy pozostałe 15 bitów służy do przechowywania długości impulsu, jako wielokrotności 666,66 ns.

Maksymalna wartość, jaką możemy zapisać w 15 bitach to 32 768, więc maksymalny okres zapisany w każdej 16-bitowej lokacji pamięci to 32 768×666,66 ns, czyli 21,845 ms. Jeśli poziom danych nie zmieni się w ciągu tego maksymalnego okresu, kontynuujemy zapisywanie czasu trwania tego samego poziomu do następnej 16-bitowej lokacji pamięci. Jest to forma bezstratnej kompresji danych zwana kodowaniem długich serii („run-length encoding”).

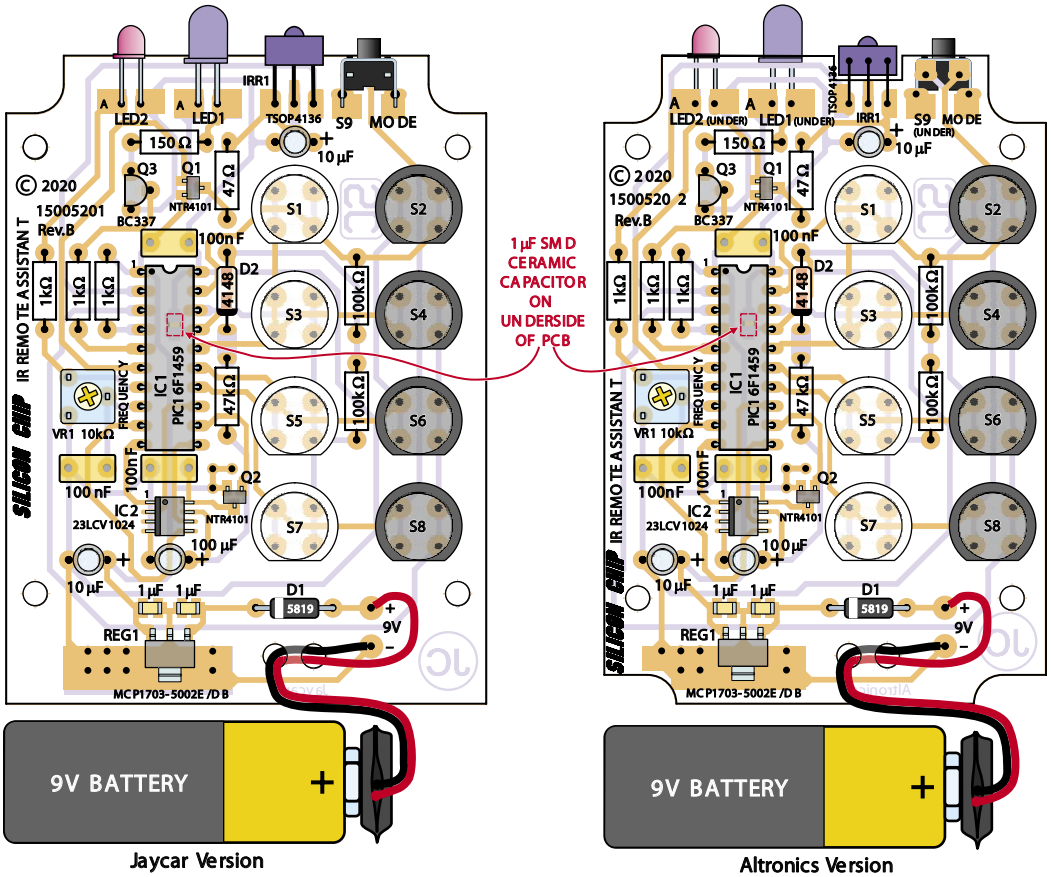
W naszym projekcie dodatkowo dzielimy pamięć na osiem oddzielnych 16-kbajtowych bloków. Tak więc pierwszy 16-kbajtowy blok jest zarezerwowany dla sekwencji zapisanej przy użyciu przycisku 1, drugi 16-kilobajtowy blok jest przeznaczony dla przycisku 2 i tak dalej, aż do przycisku 8 dla ostatniego bloku 16-kbajtowego.

Aby odczytać zapisane dane, wejście CS pamięci jest ustawiane w stanie wysokim, a następnie ponownie w stanie niskim, aby wybrać pamięć, a instrukcja odczytu jest wysyłana wraz z 24-bitową lokalizacją adresu. Następnie odczytywane są kolejno dane.

Zasilanie układu IC2 jest włączane lub wyłączane za pomocą innego P-kanałowego MOSFET-a, Q2. Pozwala to na oszczędzanie energii, ponieważ nadajnik sekwencji zdalnego sterowania IR będzie przez większość czasu uśpiony, więc sensowne jest wyłączenie pamięci. Pamięć, gdy jest aktywna,

eprasa.pl c7783582f9

Rysunek 2 (po lewej). Użyj tego schematu montażowego płytki drukowanej jako instrukcji podczas budowy wersji Superpilota, która mieści się w obudowie Jaycar. Montaż należy rozpocząć od układów SMD: IC2, Q1-Q2, REG1 oraz trzech kondensatorów ceramicznych 1 µF. Zwróć uwagę na orientację układów IC1, IC2, D1, D2, LED1, LED2, Q3 i kondensatorów elektrolitycznych, oraz na to, że jeden z kondensatorów ceramicznych 1 µF lutowany jest na spodzie płytki



Rysunek 3 (po prawej). To schemat montażowy PCB dla wersji mieszczącej się w obudowie Altronics. Budowa jest podobna do płytki pokazanej na rysunku 2, z tym, że elementy: diody LED1, LED2, przycisk S9 i odbiornik IRR1 są umieszczone po spodniej stronie płytki, a wyprowadzenia IRR1 są wygięte odwrotnie.

pobiera około 3 mA, ale tylko 4 µA w stanie czuwania.

Dane przechowywane w pamięci są podtrzymywane po odłączeniu zasilania od IC2 poprzez podanie napięcia podtrzymania (VBAT) na wejście 7. Napięcie to pochodzi z wewnętrznego regulatora 3,3 V w IC1, który jest przeznaczony do zasilania urządzeń peryferyjnych USB. Jest ono dostępne na wyjściu VUSB3V3, styk 17. Zakres katalogowego napięcia dla VBAT wynosi 1,4–3,6 V, więc zasilanie napięciem 3,3 V (zakres tolerancji 3,0–3,6 V) jest idealne.

Zasilanie dla VBAT jest podawane przez D2 i szeregowy rezystor 47 kΩ. Kondensator 100 µF o niskiej upływności utrzymuje zasilanie VBAT przez ponad 100 s w czasie, gdy zużyta bateria jest wymieniana. Dioda D2 izoluje VBAT od zasilania 3,3 V, które spadnie do zera po odłączeniu baterii.

Kondensator 100 µF jest rozładowywany tylko przez upływność w samym kondensatorze i przez rozładowanie na wejściu VBAT, co wynosi razem około 1 µA.

Od Red. EdW: aby uniknąć przykrej niespodzianki w postaci konieczności wgrywania wszystkich sekwencji poleceń po każdej wymianie baterii zasilającej, kondensator 100 µF musi być naprawdę wysokiej jakości; najlepiej wybrać jeden egzemplarz z kilku.

Zasilanie

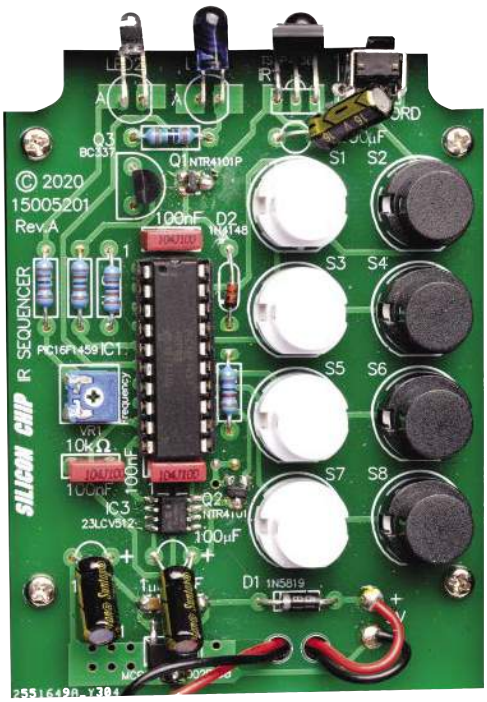
Układ jest zasilany z baterii 9 V, której napięcie jest redukowane do 5 V za pomocą stabilizatora o bardzo niskim prądzie spoczynkowym; typowo pobiera on tylko 2 µA przy niskich prądach wyjściowych. Ochrona przed odwrotną polaryzacją jest realizowana przez diodę Schottky'ego D1. Dwa ceramiczne kondensatory bocznikujące po 1 µF każdy, jeden na wejściu i jeden na wyjściu stabilizatora, służą odsprzężeniu zasilania i zapewniają stabilność pracy regulatora.

Zasilanie 5 V jest również bocznikowane kondensatorem elektrolitycznym 10 µF i kondensatorem 100 nF w pobliżu IC1.

Oszczędzanie energii

Ponieważ zasilamy Superpilota IR z baterii, należy zminimalizować pobór prądu. Można to osiągnąć poprzez zasilanie elementów tylko wtedy, gdy są potrzebne, i wprowadzanie układu IC1 w stan uśpienia, chyba że jest on niezbędny do nagrywania lub odtwarzania kodu podczerwieni. W trybie uśpienia IC1 pobiera typowo tylko 0,3 µA. IC1 jest budzony ze stanu uśpienia, gdy zostanie wciśnięty przycisk.

Inne elementy wyłączane to odbiornik podczerwieni (IRR1), układ pamięci IC2, dioda LED2 i potencjometr montażowy VR1.



Tej samej wielkości, co rysunek 2 powyżej, zdjęcie pokazuje zmontowaną płytkę w wersji Jaycar, ale wersja Altronics (rysunek 3) jest praktycznie identyczna, choć ma nieco bardziej wymodelowaną płytkę. Upewnij się, że przewody baterii są przewleczone przez otwory blokujące, jak pokazano tutaj i na schematach montażowych.

eprasa.pl c7783582f9

Całkowity pobór prądu w stanie czuwania wynosi więc 0,3 µA dla IC1 plus 1 µA dla wejścia VBAT IC2 i 2 µA dla stabilizatora REG1. Łącznie jest to około 3,3 µA, choć w przypadku naszego prototypu zmierzyliśmy pobór prądu równy tylko 2,7 µA. W stanie czuwania prąd pobierany przez Supertpilota ma znikomy wpływ na zużycie baterii. Jeśli Superpilot IR jest używany efektywnie przez jedną minutę dziennie, daje to średnio około 270 µAh poboru prądu w ciągu dnia.

Zakładając zachowawczo dla baterii alkalicznej 9 V pojemność 400 mAh, możemy oczekiwać, że bateria wytrzyma cztery lata. To prawie tyle, ile wynosi trwałość samej baterii, szacowana na pięć lat. Częstsze korzystanie z Superpilota IR skróci nieco żywotność baterii.

Budowa

Superpilot IR jest umieszczony w prostokątnej obudowie i zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej.

Zaprojektowaliśmy dwie różne płytki PCB, aby pasowały do różnych obudów pilotów. Dla obudowy pilota Jaycar HB-5610, płytka drukowana ma kod 15005201 i wymiary 63,5×86 mm. Płytka oznaczona kodem 15005202 o wymiarach 58,5×86 mm pasuje do dwóch obudów Altronics, H0342 (szara) lub H0343 (czarna).

W każdej z obudów na wierzchu (pokrywie) obudowy znajduje się etykieta, dzięki której wiadomo, do czego służy urządzenie i jego elementy sterujące.

Wybierz odpowiednią płytkę drukowaną dla swojej obudowy i zapoznaj się z odpowiednim schematem montażowym płytek drukowanych: rysunkiem 2 dla obudowy Jaycar lub rysunkiem 3 dla obudowy Altronics.

Montaż należy rozpocząć od wlutowania na miejsce układu IC2. Ma on obudowę do montażu powierzchniowego, najlepiej zamontować go umieszczając w odpowiedniej pozycji i przylutowując jeden z narożnych styków do płytki PCB. Przed przylutowaniem pozostałych styków sprawdź, czy układ scalony jest wyrównany i prawidłowo zorientowany. Jeśli nie jest wyrównany, roztop lut na styku i ponownie wyrównaj układ scalony.

Wszelkie zwarcia lutownicze pomiędzy wyprowadzeniami można usunąć za pomocą plecionki lutowniczej, aby odciągnąć nadmiar cyny. Plecionka lutownicza działa najlepiej, gdy na zwarcie nałożona jest najpierw odrobina pasty topnikowej.

Następnie zamontuj Q1, Q2, REG1 i trzy kondensatory ceramiczne 1 µF, używając podobnej techniki. Dwa z kondensatorów znajdują się w pobliżu REG1, a trzeci na spodniej stronie płytki, pod IC1.

Kolejno wlutuj rezystory. Możesz odczytać kolorowy kod rezystora, aby zorientować się w jego wartości, ale najlepiej użyć multimetru cyfrowego, aby zmierzyć każdą wartość. Następnie można zainstalować diody, które muszą być zamontowane w orientacji jak na rysunku. Zauważ, że D1 jest typu 1N5819, natomiast D2 to mniejsza 1N4148.

Dobrym pomysłem jest zamontowanie IC1 za pomocą podstawki DIL. Podczas montażu podstawki należy zwrócić uwagę na jej prawidłową orientację. Jej wycięcie powinno być ustawione jak na rysunku. Następnie należy wlutować potencjometr montażowy VR1 i tranzystor Q3.

W następnej kolejności można zamontować kondensatory, przy czym kondensatory elektrolityczne powinny być ustawione zgodnie z pokazaną polaryzacją (dłuższe wyprowadzenie jest dodatnie). Upewnij się, że kondensatory są zamontowane tak, aby ich wysokość nad płytką drukowaną nie była większa niż 12,5 mm; w przeciwnym razie pokrywa obudowy może się nie zamknąć.

Różnice pomiędzy wersjami

LED1, LED2, IRR1 i przycisk S9 są zamontowane odmiennie w zależności od wersji, którą budujesz. W wersji, która pasuje do obudowy Jaycar, części te są zamontowane na górnej stronie płytki drukowanej.

Zegnij wyprowadzenia diody LED2 w dół (do tyłu) o 90°, 6 mm od podstawy soczewki, upewniając się, że wyprowadzenie anody jest po lewej stronie. Dioda LED jest wtedy ułożona poziomo, a środek soczewki znajduje się 6 mm nad górną częścią płytki PCB.

Podobnie dioda LED1 montowana jest poziomo 6 mm nad płytką, z tym, że jej wyprowadzenia powinny być zagięte do tyłu około 4 mm od podstawy soczewki; ponownie należy upewnić się, że anoda jest po lewej stronie. Odbiornik IRR1 jest również zamontowany tak, że środek soczewki znajduje się 6 mm nad płytką PCB. Wygnij jego wyprowadzenia w kształcie litery S („psiej nogi"), tak, aby przód soczewki był w jednej linii z soczewkami LED-ów.

W wersji Altronics, diody LED1, LED2, IRR1 i przycisk S9 **znajdują się na spodzie płytki**.

Wyprowadzenia diody LED2 należy odgiąć o 90° w górę, 6 mm, od podstawy soczewki, upewniając się, że wyprowadzenie anody jest po lewej stronie. Następnie diodę montujemy poziomo, tak, aby środek soczewki znajdował się 4 mm **poniżej spodu płytki PCB**. Dioda LED1 także jest montowana poziomo, ale 3,5 mm **poniżej płytki PCB**, a jej wyprowadzenia są zagięte w górę około 4 mm od podstawy diody. Ponownie upewnij się, że anoda jest po lewej stronie.

Odbiornik IRR1 również należy zamontować tak, aby środek soczewki znajdował się 4 mm **poniżej spodu płytki**. Włóż jego wyprowadzenia **w otwory PCB od góry**, soczewką skierowaną do dolnej krawędzi PCB, a następnie zegnij je w górę, a potem w dół,

Zmontowana płytka drukowana wewnątrz obudowy. Zwróć uwagę, że niektóre elementy muszą być pochylone, aby umożliwić zamknięcie obudowy

eprasa.pl c7783582f9

Szybka instrukcja użytkowania

Tryby
Istnieją trzy tryby pracy: Odtwarzanie, Nagrywanie i Kasowanie. Odtwarzanie jest trybem domyślnym i urządzenie normalnie pracuje w tym trybie. Tryb Nagrywanie jest wywoływany po naciśnięciu i zwolnieniu przycisku „Mode", po czym zapala się dioda sygnalizacyjna (LED2). Urządzenie automatycznie powróci do trybu odtwarzania, jeśli w ciągu 10 sekund nie zostanie rozpoczęte nagrywanie.

Kasowanie zbiorcze
Pełne wymazywanie odbywa się poprzez naciśnięcie i przytrzymanie przez 10 sekund samego przycisku „Mode".

Kasowanie poszczególnych sekwencji
Naciśnij i przytrzymaj przycisk trybu pracy (S9), a następnie, przytrzymując go, naciśnij i przytrzymaj przycisk (S1–S8) przeznaczony do wymazania pamięci. Naciskaj oba przyciski przez 10 s, aż dioda LED (LED2) zacznie migać sygnalizując numer przycisku. Zwolnij przyciski; wybrana sekwencja została skasowana. Dioda LED2 powinna teraz migać tylko przez chwilę, gdy przycisk skasowanej sekwencji (jeden z S1–S8) jest wciśnięty.

Zapisywanie sekwencji
Umieść Superpilota zdalnego sterowania na podczerwień w pobliżu sprzętu audiowizualnego, tak aby jego przód był skierowany w Twoją stronę. Naciśnij przycisk trybu pracy (S9) i zwolnij. Zapali się dioda sygnalizacyjna LED2. Naciśnij przycisk (S1-S8) wymagany dla danego nagrania. Wskaźnik wyłączy się, a następnie ponownie włączy.
Skieruj pilota (piloty) w stronę sprzętu audiowizualnego, upewniając się, że jest on również skierowany w stronę odbiornika podczerwieni Superpilota. Rozpocznij sekwencję, naciskając w ciągu dziesięciu sekund przycisk pilota w celu wykonania pierwszej wymaganej operacji. Kontynuuj sekwencję używając pilota/pilotów do wykonywania poleceń. Wskaźnik LED2 będzie migał zgodnie z szybkością kodowania w podczerwieni.
Naciśnij dowolny przycisk (S1-S8), aby zakończyć nagrywanie.

Odtwarzanie sekwencji
Tryb odtwarzania jest trybem domyślnym. Skieruj Superpilota na podczerwień w stronę sprzętu audiowizualnego, a następnie naciśnij wymagany przycisk (S1-S8). Nagrana sekwencja zostanie odtworzona za pomocą wbudowanej diody LED1 na podczerwień.

za każdym razem o 90°, tak, aby korpus zawisł **pod płytką PCB**, częściowo (ok. 0,3 mm) w wykonanym specjalnie w tym celu w wersji Altronics wycięciu PCB. Tył soczewki powinien być w jednej linii z przednią krawędzią płytki PCB.

Przycisk S9 montujesz w standardowy sposób **od spodu płytki drukowanej**.

Części wspólne obu wersji

Przyciski S1–S8 montujemy zorientowane jak na Rysunkach, płaską stroną skierowaną do dolnej krawędzi płytki. Użyliśmy czterech przełączników z białą nakładką i czterech z czarną, ale można oczywiście użyć dowolnej kombinacji kolorów.

W przypadku obudowy Jaycar, zatrzask baterii jest wkładany najpierw od strony komory na baterię, a wyprowadzenia przechodzą do płytki drukowanej. W obu wersjach, przewody z zatrzasku baterii przechodzą przez otwory blokujące przewody, które znajdują się w PCB.

Najpierw przeprowadź przewody przez zewnętrzny otwór 3 mm, następnie pod PCB i do góry przez kolejny otwór 3 mm. Następnie przylutuj końcówki bezpośrednio do styków: „plus" (czerwony przewód) i „minus" (czarny przewód).

Testowanie

Podłącz zasilanie i sprawdź czy pomiędzy stykami 20 i 1 podstawki IC1 jest napięcie 4,75–5,25 V. Jeśli jest ono prawidłowe, odłącz zasilanie i włóż IC1. Sprawdzić, czy dioda LED2 świeci się po wciśnięciu przycisku „Mode" (S9).

Ponownie naciśnij przycisk „Mode", aby dioda LED2 zgasła. Następnie naciśnij jeden z przycisków S1–S8. Dioda LED2 powinna się zaświecić. Zatrzymaj odtwarzanie jakichkolwiek losowych danych, które znajdowały się w układzie pamięci, naciskając dowolny z przycisków S1–S8.

Następnie wyczyść pamięć, naciskając przycisk „Mode" (dioda LED2 zaświeci się) i trzymaj ten przycisk zamknięty przez 10 sekund, aż dioda LED zacznie migać, wskazując, że cała pamięć została wyczyszczona. Czy pamięć została wyczyszczona można sprawdzić naciskając dowolny przycisk S1–S8. Jeśli pamięć została wyczyszczona, dioda LED2 będzie migać tylko przez chwilę.

Wykończenie obudowy

Wywierć otwory w panelu przednim dla diod LED, odbiornika IR i przycisku S9. Instrukcja wiercenia jest dostępna i wraz z etykietą panelu wierzchniego (pokrywy obudowy) dołączona do projektu. Możesz ją pobrać ze strony internetowej Silicon Chip (www.siliconchip.com.au).

W przypadku obudowy Altronics przed wierceniem szablon na panelu przednim należy koniecznie umieścić w prawidłowej orientacji.

W panelu wierzchnim każdej obudowy (pokrywie) można następnie wywiercić otwory pod osiem przycisków, używając szablonu do wiercenia, który jest częścią etykiet dołączonych do projektu. Ponownie, przed wierceniem upewnij się, że pokrywa obudowy jest prawidłowo zorientowana.

Najpierw należy wywiercić mały otwór i stopniowo powiększać otwory za pomocą rozwiertaka. W miarę powiększania otworów należy regularnie sprawdzać, czy każdy otwór jest prawidłowo umiejscowiony i czy nie jest zbyt duży, umieszczając panel nad zmontowaną płytką drukowaną i przyciskami. Takie postępowanie pomaga lepiej zlokalizować przyciski, gdy panel jest podnoszony do góry, aby ustalić ich położenie względem otworów.

Projekt panelu wierzchniego zawiera prostokątne puste obramowania etykiet dla każdego przycisku. Można je nanieść przed wydrukiem za pomocą opcji „wypełnij i podpisz" w przeglądarce plików PDF. Alternatywnie można użyć markera o cienkiej końcówce do wykonania napisów na samej etykiecie, aby wskazać, do czego każdy przycisk jest zaprogramowany. Dla przycisków S2, S4, S6 i S8 przewidziano więcej miejsca na opisy, niż dla S1, S3, S5 i S7.

Etykieta na wierzch obudowy może być wykonana przy użyciu folii do rzutnika, wydrukowaną jako lustrzane odbicie, tak, aby tusz znajdował się w momencie przyklejania pomiędzy obudową a folią. Użyj folii do projektora, która jest odpowiednia dla Twojej drukarki (atramentowej lub laserowej) i przymocuj ją za pomocą neutralnie utwardzanego uszczelniacza silikonowego.

W przypadku czarnych obudów użyj silikonu w jasnym kolorze. W przypadku jasnych obudów można użyć silikonu bezbarwnego, np. typu „dach i rynna". Wyciśnij grudki i pęcherzyki powietrza zanim silikon się utwardzi.

eprasa.pl c7783582f9

Po utwardzeniu, wytnij w folii otwory na przyciski za pomocą noża modelarskiego, introligatorskiego lub podobnego.

Inne etykiety oraz więcej szczegółów na temat tworzenia etykiet można znaleźć na stronie www.siliconchip.com.au/Help/FrontPanels.

Montaż płytki drukowanej w obudowie

Płytkę drukowaną mocuje się do podstawy obudowy Jaycar za pomocą czterech wkrętów samogwintujących w zintegrowanych tulejach montażowych.

W obudowie Altronics płytka drukowana jest montowana pod pokrywą za pomocą 5 mm kołków dystansowych i 9 mm wkrętów samogwintujących. Jeśli używamy gwintowanych kołków M3, należy je przewiercić wiertłem 3 mm, aby umożliwić swobodne wkręcenie wkrętów samogwintujących. Na koniec przymocuj pokrywę do podstawy za pomocą czterech śrub dołączonych do obudowy.

Programowanie

Umieść Superpilota przednią częścią obudowy z diodami LED i odbiornikiem IRR1 skierowaną w Twoją stronę i umieść w pobliżu pilota/pilotów używanych urządzeń audiowizualnych.

Aby nagrać wymagane sekwencje IR, należy ustawić Superpilota w trybie nagrywania naciskając przycisk „Mode" przy pomocy małej sondy, np. długopisu. Wskaźnik LED2 zaświeci się. Następnie należy nacisnąć przycisk Superpilota, dla którego chcemy nagrać sekwencję poleceń. Dioda LED2 miga na znak potwierdzenia.

Superpilot IR jest gotowy do nagrywania serii kodów podczerwieni z jednego lub kilku pilotów na podczerwień. Upewnij się, że są one skierowane na odbiornik podczerwieni w Superpilocie, gdy naciskasz każdy przycisk, aby nadać wymagane kody.

Nagrywanie nie rozpocznie się, dopóki nie zostanie odebrany sygnał z pilota. Dzięki temu podczas odtwarzania sekwencja kodów rozpoczyna się od razu. Aby zakończyć nagrywanie można nacisnąć dowolny przycisk (S1–S8). Kolejne sekwencje mogą być zapisywane poprzez ponowne naciśnięcie przycisku „Mode" i użycie innego przycisku (S1–S8) dla każdego nowego nagrania.

Po rozpoczęciu nagrywania pamięć przypisana do danego przycisku zostaje wyczyszczona i jest gotowa do nowego nagrania. Oznacza to, że nowe nagranie zastępuje wszystkie poprzednie nagrania dla tego przycisku.

Należy pamiętać, że gdy Superpilot IR po raz pierwszy znajdzie się w trybie nagrywania, tryb nagrywania zakończy się po dziesięciu sekundach, jeśli w tym czasie nie zostanie naciśnięty jeden z przycisków S1–S8. Podobnie, po zainicjowaniu trybu nagrywania i naciśnięciu przycisku, tryb nagrywania zostanie przerwany, jeśli w ciągu dziesięciu sekund nie zostanie odebrany kod podczerwieni.

Jeśli chcesz wyczyścić pamięć dla jednego przycisku bez wykonywania nowego nagrania, naciśnij i przytrzymaj przycisk trybu pracy, a następnie naciśnij i przytrzymaj przycisk pamięci, która ma być wyczyszczona, i przytrzymaj oba przez dziesięć sekund. Dioda LED2 potwierdzenia będzie początkowo migać od 1 do 8 razy, wskazując numer przycisku przed skasowaniem pamięci związanej z tym przyciskiem.

Inną metodą kasowania indywidualnej pamięci jest wciśnięcie i zwolnienie przycisku „Mode", a następnie wciśnięcie przełącznika związanego z pamięcią, którą chcemy skasować. Pamięć zostanie najpierw wyczyszczona, a następnie Superpilot zdalnego sterowania IR będzie czekał na odbiór kodu podczerwieni. Naciśnij dowolny przełącznik, aby zakończyć nagrywanie. Pamięć pozostanie wyczyszczona, ponieważ nie odebrano żadnego kodu podczerwieni.

Wykaz elementów, **kupuj w sklep.avt.pl (W-wa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):**
1 etykieta na panel (patrz tekst)
1 wąska 20-stykowa podstawka DIL IC
8 przycisków z kliknięciem (typu „click action"), dowolne kolory (S1-S8), [np. Jaycar SP0720-4, Altronics S1094-1099].
1 przycisk chwilowy zwierny kątowy (S9) [Jaycar SP0604].
1 bateria alkaliczna 9 V typu 6LR61
1 klips do baterii 9 V z przewodami

Półprzewodniki:
1 mikroprocesor PIC16F1459-I/P zaprogramowany kodem 1500520A.hex, w obudowie DIP-20 (IC1)
1 pamięć statyczna RAM 23LCV1024-I/SN, obudowa SOIC-8 (IC2) [RS Components 803-2181]
1 stabilizator 5 V MCP1703-5002E/DB o ultra niskim prądzie spoczynkowym, obudowa SOT-23 (REG1) [RS Components 669-4890]
2 MOSFET-y P-kanałowe NTR4101PT1G, obudowa SOT-23 (Q1, Q2) [RS Components 688-9152]
1 tranzystor NPN BC337 (Q3)
1 odbiornik IR TSOP4136 (IRR1) [Jaycar ZD1953]
1 dioda LED IR 5 mm (LED1)
1 czerwona dioda LED 3 mm (LED2)
1 dioda Schottky'ego IN5819 1 A (D1)
1 dioda 1N4148 (D2)

Kondensatory:
1 kondensator elektrolityczny 100 µF 16 V PC MB o niskiej upływności (LowLeakage)
2 kondensatory elektrolityczne 10 µF 16 V PC MB
3 kondensatory ceramiczne 1 µF 16V X7R SMD, rozmiar 1206
3 kondensatory poliesterowe MKT 100 nF

Rezystory: (wszystkie 1/4W 1% metalizowane)
2 szt. 100 kΩ 1 szt. 47 kΩ 3 szt. 1 kΩ 1 szt. 150 Ω 1 szt. 47 Ω
1 szt. 10 kΩ miniaturowy poziomy potencjometr montażowy (raster 5 mm) (VR1)

Dodatkowe części do wersji Jaycar:
1 obudowa pilota 70×135×24 mm [Jaycar HB5610]
1 dwustronna płytka drukowana o wymiarach 63,5×86 mm i kodzie 15005201,
4 wkręty samogwintujące 4G×6

Dodatkowe części dla wersji Altronics:
1 obudowa pilota 68×130×25 mm [Altronics H0342 (szary) lub H0343 (czarny)]
1 dwustronna płytka drukowana o wymiarach 58,5×86 mm i kodzie 15005202,
4 wkręty samogwintujące 4G×9
4 kołki dystansowe 5 mm bez gwintu (lub kołki z gwintem M3 rozwierconym do 3 mm)

Wskazówki i porady

Można nagrać prawie każdą sekwencję kodów podczerwieni, ale należy pamiętać, że sekwencje mogą się rozminąć z synchronizacją, jeśli nie jest się ostrożnym.

Na przykład, jeśli zaprogramujesz urządzenie tak, aby zmieniało odbiór z jednego źródła na drugie, wybrane źródło może zależeć od tego, jakie źródło zostało wybrane pierwotnie.

Ponadto, jeśli jeden z odbiorników pominie jakiś kod podczas odtwarzania polecenia z Superpilota, kolejne kody mogą nie mieć żadnego efektu lub mieć niewłaściwy efekt.

Dlatego przed odtworzeniem złożonej sekwencji należy umieścić diodę LED nadajnika IR Superpilota w miejscu, w którym wszystkie odbiorniki będą ją odbierać w niezawodny sposób, a także unikać zbytniego poruszania urządzeniem podczas odtwarzania lub blokowania sygnałów IR. ■

John Clarke

Adaptacja do wydania polskiego – Andrzej Nowicki

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

eprasa.pl c7783582f9

Szokująco poprawia parametry SDR – zwłaszcza w paśmie HF

Przestrajany przedwzmaniacz HF o regulowanym wzmocnieniu

Istnieje wiele dostępnych tanich modułów Radia Definiowanego przez Oprogramowanie (Software Defined Radio – SDR), które działają świetnie w zakresie VHF/UHF, ale ogólnie mają kiepskie parametry w paśmie HF (3-30 MHz). Ze względu na szerokie pasmo przenoszenia obwodów wejściowych i nie najlepszą selektywność są podatne na modulację skrośną w przypadku silnych źródeł sygnału. Nasz prosty przestrajany przedwzmacniacz znacznie poprawia osiągi SDR w zakresie HF. Posiada on (opcjonalną) regulację wzmocnienia i może pracować przy zasilaniu 5 V lub z zasilaniem fantomowym.

Większość SDR-ów (i wiele innych odbiorników radiowych) może skorzystać z przedwzmacniacza w celu wzmocnienia sygnału z anteny.

Ten zaprojektowany i zbudowany przez nas jest ładny i prosty, tani, łatwy w budowie i działa dobrze w większej części zakresu HF.

Może być zbudowany z regulacją wzmocnienia lub ustawieniem jej na stałym poziomie. Regulacja wzmocnienia jest idealnym rozwiązaniem, ponieważ pozwala uniknąć przesterowania przy silnych sygnałach, jednocześnie nadal korzysta się z poprawionej selektywności dostrojonych obwodów wejściowych.

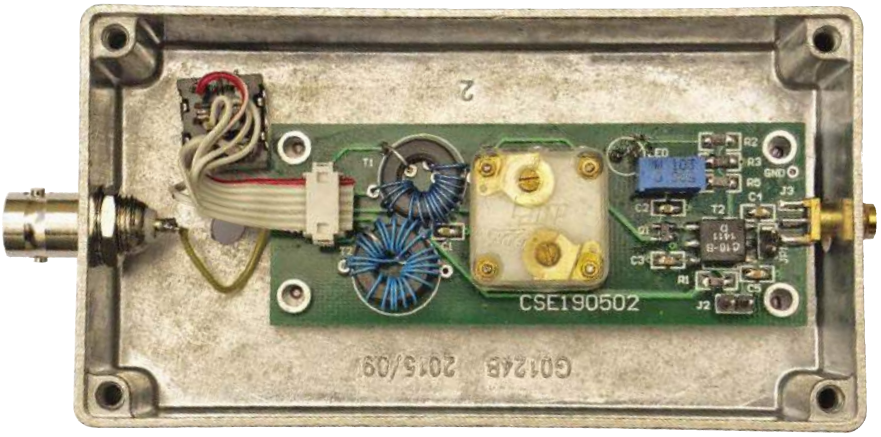
Urządzenie jest po zmontowaniu zwarte i niezbyt duże; działa z zasilaniem 5 V, które w niektórych przypadkach może być doprowadzone z samego odbiornika poprzez kabel wyjściowy przedwzmacniacza („zasilanie fantomowe").

Schemat ideowy przedwzmacniacza HF pokazany jest na **rysunku 1**.

Sygnał wejściowy jest doprowadzany do montowanego w obudowie gniazda BNC CON1, następnie do płytki drukowanej poprzez złącze CON2 i do przełącznika DPDT S1, który kieruje go do jednego z dwóch transformatorów w.cz. Umożliwia to pracę w dwóch różnych podzakresach, co pozwala na bardziej selektywne dostrojenie.

Właściwości i specyfikacja

- Zakres strojenia: 5...24 MHz w dwóch podzakresach (możliwy szerszy zakres strojenia)
- Pasmo przenoszenia: typowo 50...250 kHz (zmienia się w zależności od częstotliwości strojenia)
- Wzmocnienie: typowo 34...36 dB
- Zasilanie: 5 V DC @ 30 mA
- Złącza: wejście BNC, wyjście SMA (lub według potrzeby)



T1 pokrywa zakres około 5...11 MHz, natomiast T2 pokrywa zakres 11...24 MHz. Oba zakresy są strojone podwójnym kondensatorem obrotowym VC1, z jego dwoma sekcjami połączonymi równolegle, z zakresem zmiany pojemności 6...200 pF. Kondensator VC1 tworzy przestrajany obwód rezonansowy z uzwojeniem wtórnym transformatora T1 (lub T2 – zależnie od wybranego podzakresu).

Dostrojony sygnał jest następnie podawany na bramkę G1 dwubramkowego MOSFET-a Q1. Sygnał jest przesunięty napięciowo i utrzymywany na stałym potencjale dzięki podłączeniu dolnych końcówek wtórnych uzwojeń transformatorów T1 i T2 do nominalnej szyny zasilania +5 V poprzez rezystor 150 kΩ i do masy przez kondensator filtrujący 10 nF, eliminujący szumy zasilania.

Wzmocnienie MOSFET-a jest regulowane przez zmianę napięcia DC na drugiej bramce G2, za pomocą potencjometru VR1. Ma on szeregowe rezystory wyrównawcze na obu końcówkach, aby ograniczyć napięcie na jego suwaku do użytecznego zakresu.

Stały poziom wzmocnienia można uzyskać poprzez pominięcie VR1 i zmianę wartości rezystorów, jak opisano na schemacie.

Obciążeniem drenu Q1 jest uzwojenie pierwotne transformatora T3, o indukcyjności 1,25 mH. Drugi koniec uzwojenia podłączony jest do szyny zasilania +5 V, zbocznikowanej kondensatorem 10 nF. Podobnie podłączone jest uzwojenie wtórne o indukcyjności 75 µH. Sygnał z transformatora T3 jest sprzężony zmiennoprądowo poprzez kolejny kondensator 10 nF do wyjścia na gnieździe SMA CON3.

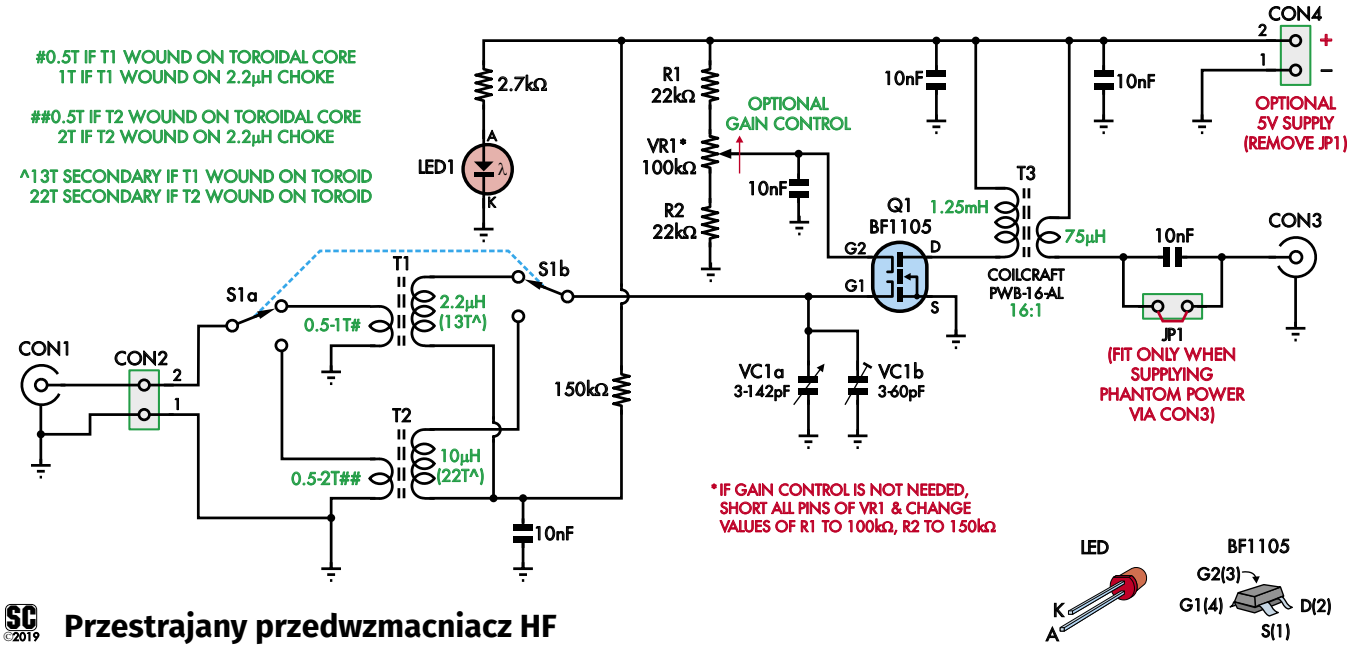
Alternatywnie, jeśli urządzenie ma być zasilane fantomowo przez CON3, założona jest zwora JP1, pozwalając na przepływ prądu stałego przez uzwojenie wtórne T3 do szyny +5 V. Jest on jednocześnie modulowany sygnałem wyjściowym, poprzez sprzężenie z uzwojeniem pierwotnym transformatora T3.

Dwie wersje

Urządzenie można zbudować w dwóch różnych wersjach. Wersja pierwsza posiada transformatory T1 i T2 nawinięte na toroidalnych rdzeniach ferrytowych. Nie są one łatwe do zdobycia, a nawijanie uzwojeń jest żmudne, ale mają zaletę w postaci bardzo wysokiej dobroci Q bez obciążenia, aż do 350.

Wersja druga jest łatwiejsza do zbudowania, ponieważ transformatory T1 i T2

eprasa.pl c7783582f9



Przestrajany przedwzmacniacz HF

Rysunek 1. Układ jest dość prosty, zwłaszcza biorąc pod uwagę jego parametry. Ma wzmocnienie około 35 dB i zakres przestrajania do około 24 MHz (ale można go rozszerzyć do około 30 MHz). VC1 a i b to miniaturowy podwójny kondensator obrotowy, sprzedawany zazwyczaj jako kondensator strojeniowy do małych odbiorników radiowych.

są nawinięte na łatwo dostępnych osiowych dławikach RF, z których każdy jest mniej więcej wielkości rezystora 1 W.

Uzwojenie pierwotne to tylko jeden lub dwa zwoje drutu wokół korpusu dławika. Cewki te wykazują zaskakująco wysoką dobroć Q, aż do 120, w interesującym nas paśmie.

Źródła zakupu części

Transformator wyjściowy T3 to szerokopasmowy podzespół firmy Coilcraft. Są one łatwo dostępne w element14 (w Polsce dystrybutorem jest Farnell). Kondensator strojeniowy pochodzi z Jaycar lub innych źródeł, w tym eBay. Złącze wyjściowe SMA jest łatwo dostępne na eBayu, lub znanym polskim portalu, i kosztuje grosze.

Pozostałe elementy to w miarę standardowe części. Te, które nie są dostępne w Jaycar lub Altronics można kupić w Digi-key, Mouser, element14 itp.

Zmiana zakresu częstotliwości

Gdybyś zmienił dławik w transformatorze T1 z 2,2 μH na 1 μH, dałoby to zakres strojenia około 12...30 MHz, co prawie w pełni pokrywa pasmo HF. Jeśli budujemy wersję pierwszą, z toroidalnymi rdzeniami ferrytowymi, można by to osiągnąć poprzez zmniejszenie liczby zwojów uzwojenia wtórnego transformatora T1 o około jedną trzecią. Jeśli budujemy drugą wersję, używając dławików RF, wystarczy zastąpić ten w transformatorze T1 dławikiem 1 μH.

Budowa

Przestrajany przedwzmacniacz HF jest zbudowany na dwustronnej płytce drukowanej o kodzie CSE190502 i wymiarach 79,5×29 mm. Proszę spojrzeć na schemat montażowy, na **rysunku 2**, wraz z fotografiami zmontowanych płytek, aby zobaczyć jak to wszystko razem wygląda.

Rysunek 2(a) pokazuje pierwszą wersję, z T1 i T2 nawiniętymi na toroidalnych rdzeniach ferrytowych, podczas gdy rysunek 2(b) pokazuje drugą wersję, z dławikami RF i zwojami drutu nawiniętymi wokół każdego z nich, w charakterze transformatorów.

Użyliśmy izolowanego drutu o średnicy 0,25 mm (idealnie pasuje drut typu Kynar), ale emaliowany drut miedziany (DNE) będzie również zadowalający.

Wiele elementów to podzespoły SMD, z kondensatorami o rozmiarze 0805 i rezystorami o rozmiarze 1206.

Uważam, że złożenie płytki z elementami SMD zajmuje mi mniej czasu niż takiej z elementami przewlekanymi, a żadna z części na tej płytce nie jest trudna do lutowania.

Zacznij od zamontowania pasywnych elementów SMD. Przylutuj jeden koniec, następnie przylutuj drugi koniec i poczekaj aż połączenie ostygnie, zanim przelutujesz pierwsze połączenie. Następnie zamontuj dwubramkowy MOSFET Q1 z jego szerszą końcówką zorientowaną jak pokazano powyżej, a następnie transformator T3, z jego stykiem 1 (kropka na obudowie) na dole po prawej.

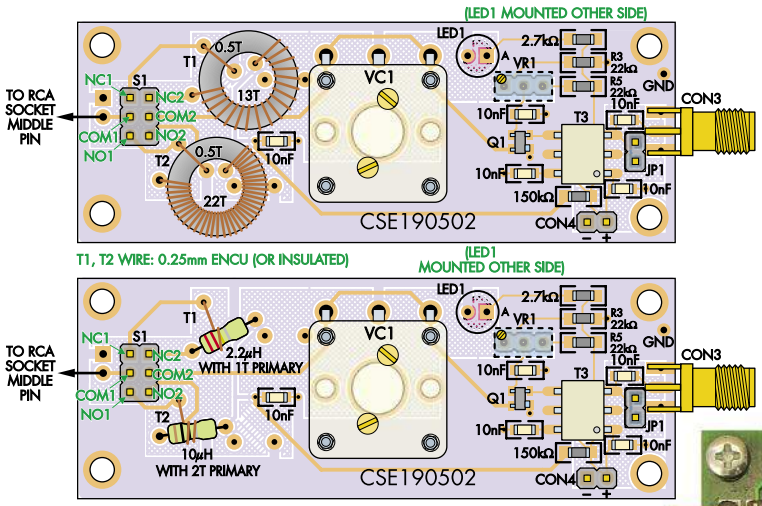
Następnie wciśnij złącze CON3 na krawędź PCB, centralnym stykiem umieszczonym nad krawędzią płytki, przed wlutowaniem jego styków na górze i na spodzie. Upewnij się, że środkowy styk jest po właściwej stronie PCB, aby pasował do pola lutowniczego. Następnie wlutuj odcinek 3×2 dwurzędowej męskiej listwy kołkowej S1 tam, gdzie pokazano.

Jeśli budujesz pierwszą wersję, teraz jest czas na nawinięcie i zamontowanie transformatorów toroidalnych. T1 ma tylko połówkę zwoju dla uzwojenia pierwotnego (najlepiej zamontować je po przylutowaniu uzwojenia wtórnego do płytki) i 13 równo rozłożonych zwojów dla wtórnego. Staraj się nawinąć uzwojenie wtórne tak, aby obejmowało ono nieco ponad połowę rdzenia, czyli początek i koniec uzwojenia odpowiada polom lutowniczym na płytce (patrz zdjęcia).

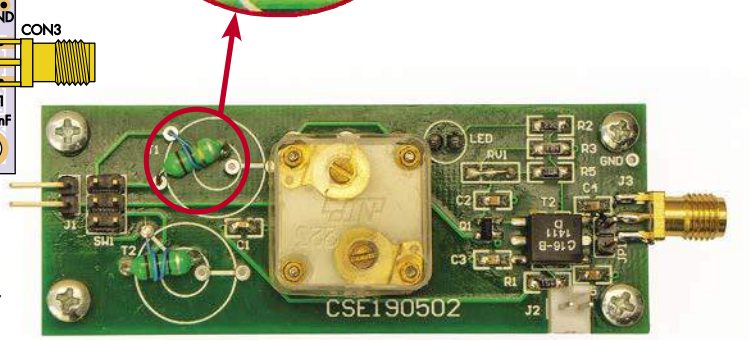
T2 ma również połówkę zwoju dla uzwojenia pierwotnego, ale 22 zwoje uzwojenia wtórnego. Nawiń je tak, aby obejmowało cały obwód rdzenia (nie pokazano tego dla przejrzystości na rysunku 2(a); rzeczywisty sposób nawinięcia – prawą ręką do lewego ucha – widać na zdjęciach). Następnie poprowadź koniec drutu z powrotem w poprzek rdzenia, aby przylutować go do drugiego pola lutowniczego przeznaczonego na PCB dla uzwojenia wtórnego.

Po nawinięciu uzwojeń wtórnych i przylutowaniu ich do płytek PCB, możesz przylutować jeden koniec każdego z uzwojeń pierwotnych, przełożyć go ciasno nad rdzeniem (w formie

eprasa.pl c7783582f9



Zdjęcie tej samej wielkości poniżej pokazuje wersję 2, z powiększoną wstawką przedstawiającą jak nawinięte jest jednozwojowe uzwojenie pierwotne. Pole lutownicze PCB dla „uziemionego" końca uzwojenia pierwotnego znajduje się bezpośrednio pod dławikiem 2,2 μH. Podobnie wygląda montaż T2.



Rysunek 2a (góra) to schemat montażowy komponentów dla wersji 1, z zastosowaniem dwóch toroidów na T1 i T2 z nawiniętymi uzwojeniami: pierwotnym i wtórnym. Rysunek 2b (dół) pokazuje wersję 2, identyczny schemat montażowy, ale z zastosowaniem osiowych dławików RF, z uzwojeniami pierwotnymi z jednego lub dwóch zwojów cienkiego izolowanego drutu wokół nich.

podkówki), a następnie przyciąć go i przylutować drugi koniec.

Jeśli budujesz drugą wersję, musisz tylko nawinąć jeden zwój drutu o średnicy 0,25 mm (DNE lub izolowanego) wokół korpusu dławika 2,2 μH i dopasować go do pól lutowniczych transformatora T1 jak pokazano, z dodanym uzwojeniem jako pierwotnym, oraz nawinąć dwa zwoje wokół dławika 10 μH i użyć go jako T2; ponownie nawinięte uzwojenie jest uzwojeniem pierwotnym.

Jeśli używasz wieloobrotowego potencjometru montażowego VR1, teraz dopasuj go i wlutuj. Jeśli chcesz, aby wzmocnienie było regulowane z zewnątrz, przylutuj przewody do trzech zacisków wybranego przez Ciebie potencjometru i dołącz drugi koniec do trójkołkowej listwy męskiej wlutowanej do PCB. Alternatywnie (i prościej), przetnij jakieś żeńsko-żeńskie przewody połączeniowe do listew kołkowych na pół i przylutuj odsłonięte końce do zacisków potencjometru. Gniazdo na drugim końcu możesz później podłączyć do listwy kołkowej na płytce.

Teraz zamontuj kondensator obrotowy. Najpierw zdejmij pokrętło, a następnie przymocuj korpus do płytki drukowanej za pomocą dwóch dostarczonych śrub, wkręconych od spodu. Przylutuj trzy końcówki. Gałkę do ośki strojenia kondensatora przykręć później, kiedy będzie już przechodzić przez otwór w obudowie.

Na razie nie podłączaj diody LED1.

Przygotowanie obudowy

Teraz umieść zespół PCB w obudowie, na jego podkładkach dystansowych, i przesuń go tak, aby CON3 dotykał boku obudowy. Zmierz odległość od środka CON3 do górnej (wierzchniej) krawędzi obudowy. Następnie zmierz tę samą odległość na zewnątrz, od góry obudowy w pobliżu CON3 i zaznacz miejsce, w którym trzeba będzie wywiercić otwór. Wyjmij płytkę drukowaną i wywierć w zaznaczonym miejscu mały otwór, a następnie powiększ go do średnicy 7 mm.

Sprawdź, czy złącze pasuje do otworu z kołkami dystansowymi przykręconymi na spodzie PCB. Jeśli tak, to usuń zadziory z otworu. W przeciwnym razie być może będziesz musiał otwór lekko powiększyć. Gdy już pasuje, wywierć mały otwór na przeciwległym końcu obudowy i powiększ go do około 10 mm, a następnie sprawdź czy pasuje gniazdo BNC. Gdy już będzie pasować, usuń zadziory z tego otworu i ponownie oczyść go z opiłków.

Teraz usuń kołki dystansowe z PCB, przesuń CON3 przez wywiercony otwór i zaznacz cztery miejsca na otwory montażowe płytki drukowanej. Zaznacz również miejsce, w którym dioda LED1 będzie wystawać przez podstawę obudowy, gdy już zostanie zamontowana, oraz zaznacz odpowiednie miejsce dla przełącznika DPDT. Należy pamiętać, że wyprowadzenia 5 mm diody LED będą musiały przechodzić przez otwory lutownicze w PCB po jej wciśnięciu. **Nie zapomnij o oznaczeniu położenia i wywierceniu otworu na oskę kondensatora obrotowego!**

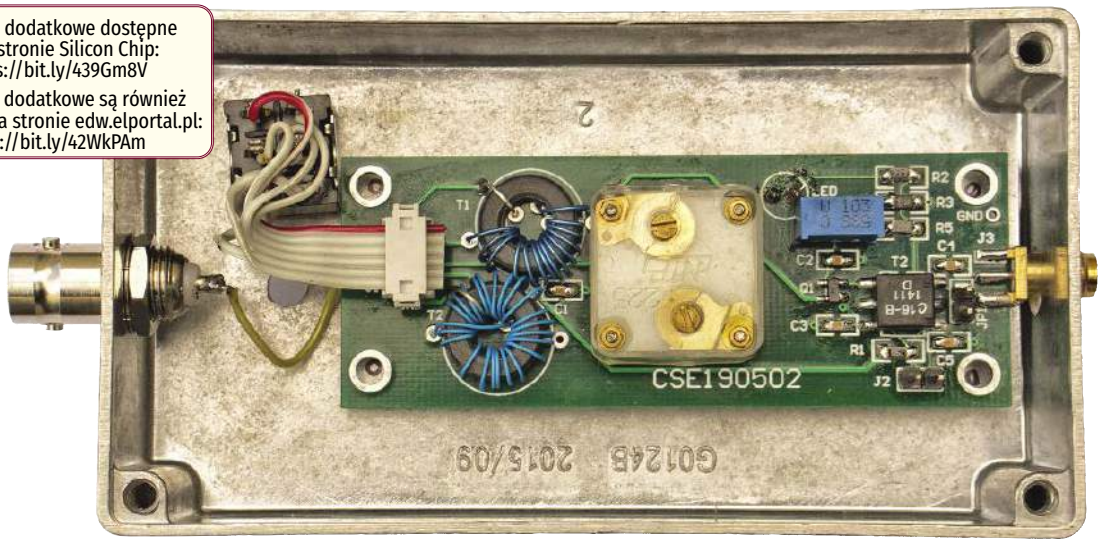
Wywierć zaznaczone otwory wiertłem 3 mm, następnie powiększ otwór na diodę LED do 5 mm oraz otwór na przełącznik, aż będzie on pasował. Zeszlifuj grady wszystkich otworów i oczyść je z opiłków. Jeśli budujesz przedwzmacniacz z zewnętrzną regulacją wzmocnienia, to teraz jest dobry moment na ustalenie, gdzie będzie zamontowany potencjometr i wywiercenie odpowiedniego otworu.

REKLAMA

eprasa.pl c7783582f9

Materiały dodatkowe dostępne są na stronie Silicon Chip: https://bit.ly/439Gm8V

Materiały dodatkowe są również dostępne na stronie edw.elportal.pl: https://bit.ly/42WkPAm



Pokazana w rozmiarze nieco większym niż rzeczywisty, gotowa płytka PCB (w tym przypadku wersja 1 z toroidami) zamontowana w odlewanej obudowie. Przełącznik podzakresów S1 jest pokazany tutaj zamontowany poza płytką PCB, ale przełącznik suwakowy Altronics S2075 mógłby być prawdopodobnie zamontowany bezpośrednio. Złącze zasilania J2 w wersji uproszczonej. Z nieznanych powodów VR1 ma rezystancję 10 kΩ, a nie 100 kΩ.

Jeśli zamierzasz zasilać przedwzmacniacz z zewnątrz, wywierć teraz otwór na gniazdo zasilania DC. Sensowne byłoby przesunięcie gniazda BNC nieco w jedną stronę obudowy, aby zrobić więcej miejsca na gniazdo DC.

Montaż końcowy

Ostatnim elementem, który należy zamontować na płytce, jest dioda LED. Jest ona zamontowana po przeciwnej stronie niż większość pozostałych elementów, a jej dłuższe wyprowadzenie musi być skierowane do pola lutowniczego oznaczonego „A" na PCB.

Ponownie przykręć kołki dystansowe do PCB. Przełóż wyprowadzenia diody przez ich otwory, tak, aby soczewka znalazła się na spodzie PCB, całkiem odsunięta od płytki. Następnie wsuń płytkę na miejsce trzymając za wyprowadzenia diody LED i użyj ich do całkowitego wciśnięcia soczewki diody do jej otworu montażowego, podczas gdy gniazdo CON3 będzie ściśle przylegało do krawędzi obudowy.

Przytrzymaj płytkę z góry tak, aby soczewka diody nie została wepchnięta z powrotem do otworu, przykręć od spodu parę śrub do kołków dystansowych pod płytką, aby upewnić się, że jest na swoim miejscu, a następnie przylutuj i przytnij wyprowadzenia diody LED1. Następnie wkręć od dołu pozostałe śrubki mocujące.

Zamontuj gniazdo BNC w wykonanym wcześniej otworze i przylutuj krótki odcinek przewodu do jego środkowego kołka. Podłącz ten przewód do dolnej szpilki listwy kołkowej CON2 (uwaga: na PCB listwa CON2 oznaczona jest J1), na lewo od listwy S1, jak pokazano na Rysunku 2(a) i (b). Nie musisz podłączać ekranu gniazda BNC, ponieważ jest on połączony z metalową obudową, a ta łączy się z masą płytki poprzez obsadę złącza SMA CON3. Unikamy w ten sposób pętli masy.

Teraz pozostaje tylko podłączyć i zamontować przełącznik S1. Zacisnij 6-ciożyłowy kabel taśmowy w gnieździe Z-FC6 (typu IDC), tak, aby zaznaczony na czerwono przewód znajdował się u góry po podłączeniu gniazda do listwy kołkowej S1 na płytce, kiedy kabel skierowany jest w lewo (tj. w kierunku najbliższej krawędzi płytki).

Teraz rozdziel i odizoluj przewody na drugim końcu. Zaczynając od czerwonego przewodu, przylutuj je do następujących zacisków przełącznika S1: NC1, NC2, COM1, COM2, NO1, NO2. W tym przypadku liczby 1 i 2 odnoszą się do dwóch sekcji (boków) przełącznika. Nie ma znaczenia, która z nich jest 1, a która 2, o ile jesteś konsekwentny. Nie ma też znaczenia, którą stronę przełącznika uważasz za NC, a którą za NO. Zobacz oznaczenia na Rysunkach 2.

Po przylutowaniu przewodów i zamontowaniu przełącznika w podstawie, podłącz gniazdo Z-FC do listwy kołkowej S1, jak pokazano na zdjęciu tytułowym.

Jeśli używasz gniazda DC do doprowadzenia zewnętrznego zasilania, przylutuj przewody do jego dwóch końcówek; jeśli twoje gniazdo ma trzy końcówki, podłącz wtyczkę i użyj DMM,

Wykaz elementów, kupuj w sklep.avt.pl (W-wa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):
1 dwustronna płytka drukowana o wymiarach 79,5×29 mm i kodzie CSE190502,
1 obudowa z odlewu aluminiowego, 115×65×30 mm [Jaycar HB5036, Altronics H0421].
1 dwubramkowy MOSFET BF1105, obudowa SMD (Q1)
1 dioda LED 5 mm (lub 3 mm) (LED1)
2 małe toroidalne rdzenie ferrytowe o średnicy 12,5/7,5 mm i grubości 5 mm (T1, T2) [np. TDK B64290A0044X830] lub
1 osiowy dławiki RF 2,2 μH [Jaycar LF1514, Altronics L7014] plus
1 osiowy dławiki RF 10 μH [Jaycar LF1522, Altronics L7022].
1 transformator Coilcraft PWB-16-AL (T3) [element14, Farnell]
1 gniazdo BNC do montażu w obudowie (CON1)
1 gniazdo SMA do montażu krawędziowego na PCB (CON3)
3 odcinki 2-szpilkowe prostej męskiej listwy kołkowej (CON2, CON4, JP1); alternatywnie dla CON2 listwa kołkowa kątowa, dla CON4 kompletne złącze 402-2/403-2
1 montowane w obudowie gniazdo DC (opcja)
1 zworka (dla JP1)
1 przełącznik suwakowy lub dźwigniowy DPDT (S1)
1 odcinek 3-szpilkowy listwy kołkowej prostej (dla zewnętrznego VR1) plus pasujące gniazdo
1 odcinek 3x2 podwójnej listwy kołkowej (dla S1)
1 6-stykowe gniazdo Z-FC6 (typu IDC) (dla S1)
1 odcinek 6-żyłowego kabla taśmowego długości 50 mm (dla S1)
4 poliamidowe kołki dystansowe 6,3 mm z gwintem M3
8 wkrętów M3×6
1 kawałek drutu DNE długości 1 m o średnicy 0,25 mm lub drutu izolowanego (np. Kynar)
1 kawałek o długości 1 m lekkiego przewodu przyłączeniowego

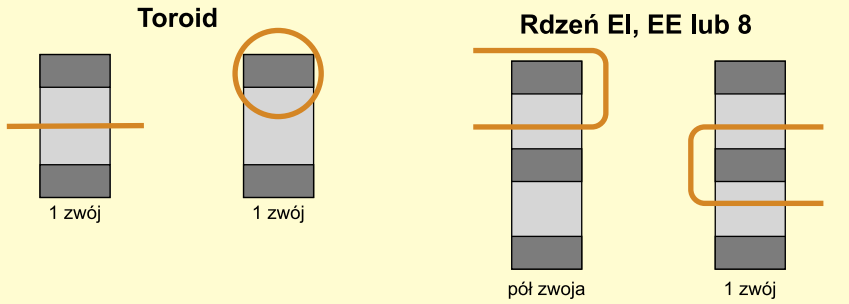
Kondensatory;
5 kondensatorów ceramicznych SMD 10 nF 50 V, rozmiar 0805, dielektryk X7R
1 podwójny obrotowy kondensator zmienny (VC1) [Jaycar RV5728].

Rezystory: (wszystkie SMD rozmiar 1206, 1%)
1 szt. 150 kΩ 2 szt. 22 kΩ* 1 szt. 2,7 kΩ
1 szt. 100 kΩ (liniowy) obrotowy potencjometr do montażu w obudowie (VR1) lub
1 szt. 100 kΩ wieloobrotowy potencjometr montażowy pionowy (VR1)
* lub 1 szt. 100 kΩ + 1 szt. 150 kΩ dla stałego wzmocnienia (pominąć obrotowy VR1 i i jego złącze)

eprasa.pl c7783582f9

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

Od Red. EdW: Mówiąc krótko i zwięźle, każde przeprowadzenie drutu przez okno toroidu odpowiada nawinięciu jednego, pełnego uzwojenia. Czyli transformatory toroidalne T1 i T2 mają po JEDNYM zwoju uzwojenia pierwotnego, oraz odpowiednio 14 zwojów i 23 zwoje uzwojeń wtórnych, można to policzyć na ostatniej fotografii w artykule.



aby sprawdzić się, która jest dodatnia, a która ujemna. Zamontuj gniazdo w wykonanym wcześniej otworze, a następnie połącz przewody z listwą CON4 (J2 na PCB), albo lutując je bezpośrednio do jej kołków (patrz schemat montażowy PCB w celu określenia polaryzacji), albo dołączając do przewodów kompletne, dwustykowe gniazdo typu 402-2 i lutując na PCB wtyk kołkowy typu 403-2, jak widać na fotografii obok rysunków schematów montażowych.

Podobnie jak w przypadku potencjometru, możesz przeciąć dwużyłowy żeńsko-żeński przewód połączeniowy na pół i przylutować jego końce do gniazda zasilania DC. Drugi koniec podłącz bezpośrednio do listwy CON4, zwracając uwagę na polaryzację żył. Alternatywnie, jeśli używasz zasilania fantomowego z odbiornika radiowego przez CON3, umieść teraz zworkę na JP1.

Jeśli montujesz zewnętrzny potencjometr regulacji wzmocnienia, to zamontuj go teraz, a jego zaciski podłącz do listwy kołkowej wlutowanej w miejsce VR1. Przewód przylutowany do lewostronnego końca potencjometru (patrząc od przodu) podłącza się do lewego skrajnego zacisku listwy VR1, patrząc na płytkę drukowaną od góry.

Na koniec załóż gałkę strojenia na oś kondensatora obrotowego.

Używanie

Teraz pozostaje tylko przykręcić pokrywę obudowy, podłączyć antenę do CON1, radio do CON3, podłączyć zasilanie 5 V (jeśli używasz zewnętrznego zasilania) i przełączyć S1 na odpowiednie pasmo. Możesz chcieć oznaczyć na obudowie, która pozycja przełącznika jest dla dolnego zakresu strojenia, a która dla górnego.

Przy włączonym zasilaniu, sprawdź czy dioda LED1 świeci się. Przełącz w komputerze oprogramowanie na widok analizatora widma Twojego SDR i ustaw zakres na 3...30 MHz. Sprawdź, czy regulacja kondensatorem VC1 decyduje, które częstotliwości są wzmacniane, oraz czy VR1 (jeśli jest zamontowany) pozwala na zmianę wzmocnienia. Sprawdź też, czy S1 przełącza podzakresy i czy pasma obu podzakresów są z grubsza zgodne z oczekiwaniami.

Ponieważ kondensator VC1 nie jest skalibrowany, będziesz musiał użyć wyświetlacza widma, aby zobaczyć, jaką częstotliwość dostrajasz, chociaż możesz dostroić „na ślepo", po prostu regulując VC1 i wybierając podzakres S1 dla maksymalnego sygnału na pożądanej częstotliwości.

Następnie należy wyregulować VR1 (jeśli jest zamontowany) w celu uzyskania najlepszego odbioru bez przesterowania odbiornika. ■

Charles Kosina

Adaptacja do wydania polskiego – Andrzej Nowicki

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

QUIZ!

Praktyczny kurs op-ampów odcinki 9, 10, 11, 12

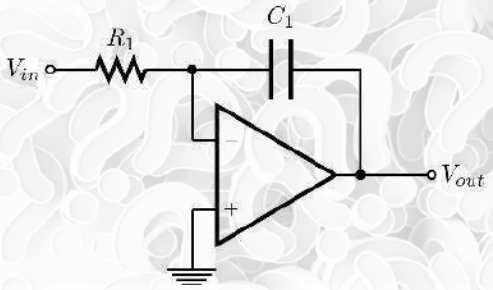
Jeżeli na wejście układu całkującego podamy napięcie stałe, to na wyjściu otrzymamy
☐ napięcie stałe o tym samym znaku
☐ napięcie stałe o przeciwnym znaku
☐ napięcie liniowo narastające o przeciwnym znaku

Jeżeli nie jest podawane żadne napięcie wejściowe na układ całkujący, to na wyjściu obserwujemy
☐ napięcie stałe
☐ napięcie powoli zmieniające się
☐ napięcie równe zeru

Jeżeli na wejście układu całkującego podamy przebieg prostokątny, to na wyjściu otrzymamy
☐ przebieg trójkątny
☐ przebieg prostokątny
☐ przebieg trapezowy

Jeżeli na wejście układu różniczkującego podamy napięcie stałe, to na wyjściu otrzymamy
☐ napięcie liniowo rosnące
☐ napięcie równe zeru
☐ napięcie stałe

Jeżeli na wejście układu różniczkującego podamy przebieg trójkątny, to na wyjściu otrzymamy
☐ przebieg sinusoidalny
☐ przebieg trójkątny
☐ przebieg prostokątny



Jeżeli na wejście komparatora podamy sygnał sinusoidalny, to na wyjściu otrzymamy
☐ sygnał sinusoidalny
☐ sygnał trójkątny
☐ sygnał prostokątny

Jak histereza wpływa na czułość komparatora?
☐ osłabia czułość
☐ wzmacnia czułość
☐ nie ma wpływu

Jak histereza wpływa na próg przełączania komparatora?
☐ zwiększa próg
☐ zmniejsza próg
☐ wprowadza dwa progi

Rozwiązanie znajdziesz na www.elportal.pl/quizy od dnia 23.06.2023.

eprasa.pl c7783582f9

USB Super-Kodek,

część 2. Opis modułów

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

W zeszłym miesiącu przedstawiliśmy naszą nową konstrukcję karty dźwiękowej USB, która może pochwalić się nienaganną jakością nagrywania i odtwarzania. Jest ona jednak przydatna nie tylko do nagrywania i odtwarzania; z niedrogim oprogramowaniem może stanowić bardzo zaawansowany system analizy sygnału audio. Teraz nadszedł czas, aby opisać szczegóły obwodów, które stoją za jej fenomenalnymi osiągami.

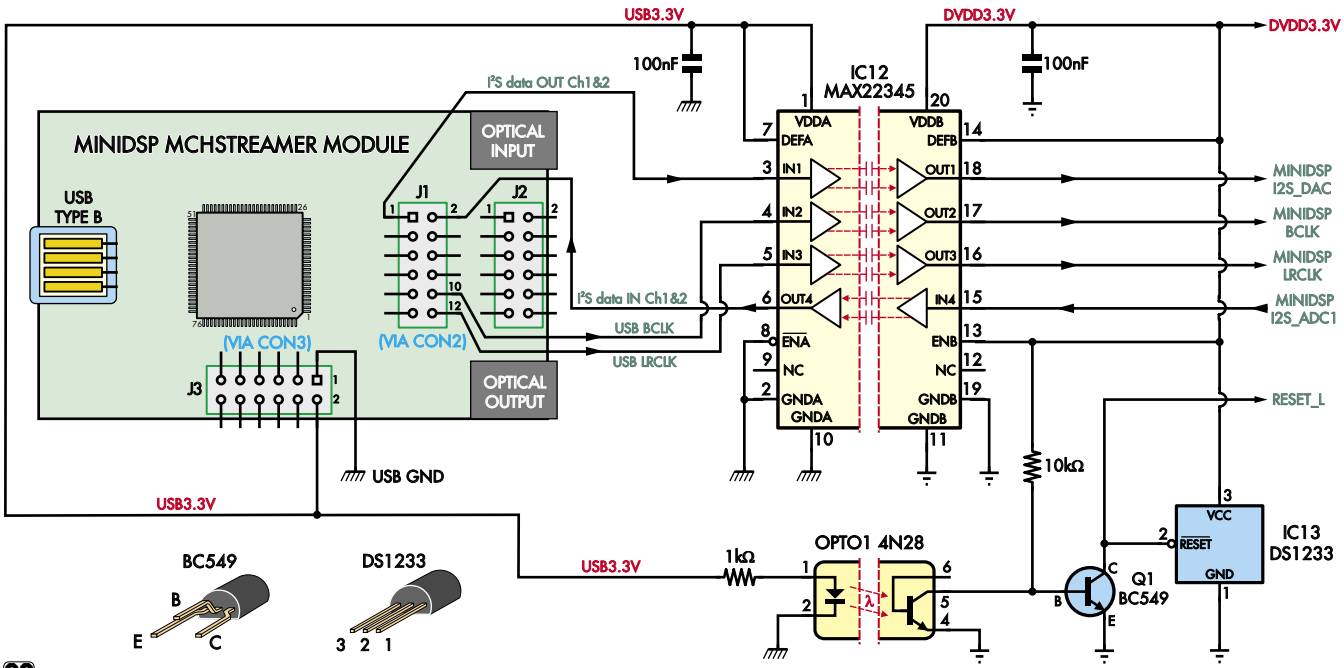
W zeszłym miesiącu w artykule wprowadzającym omówiliśmy podstawowe zasady działania Super-Kodeka, ale zabrakło nam miejsca na zamieszczenie ze szczegółami schematu układu. Jak zobaczysz w tym artykule, jest to spowodowane głównie ilością i rozmiarami poszczególnych modułów.

Ponieważ schemat Super-Kodeka jest zbyt duży, by zmieścić go na dwóch stronach, podzieliliśmy go na pięć modułów: interfejs komputera z izolacją galwaniczną (**rysunek 12**), oscylator lokalnego zegara i asynchroniczna konwersja częstotliwości próbkowania (**rysunek 13**), sekcja ADC (**rysunek 14**), sekcja DAC (**rysunek 15**) i zasilacz (**rysunek 16**).

Izolacja galwaniczna

Izolację galwaniczną zapewnia układ IC12, czyli MAX22345 firmy Maxim (patrz Rysunek 12). Jest to szybki, o małym poborze mocy, czterokanałowy układ izolacji galwanicznej. Używamy wersji 200 Mbps, ponieważ chcieliśmy mieć możliwość przesyłania sygnałów zegarowych o częstotliwości większej niż 12 MHz (zegar bitowy [BCLK]) i 24 MHz (zegar główny [MCLK – Main Clock]). Wersja, której używamy, zapewnia trzy kanały „transmisji w przód" i jeden „transmisji powrotnej". Jest to idealne rozwiązanie do galwanicznego izolowania wyjścia I^2S z MCHStreamera.

Kiedy w testach w rzeczywistym układzie mieliśmy masę komputera połączoną elektrycznie z masą karty dźwiękowej USB, okazało się, że niemożliwe jest pozbycie się szczątkowego przydźwięku sieciowego 50 Hz i szeregu zakłóceń impulsowych w widmie szumu. Aczkolwiek były one na tyle niskie, że nie były słyszalne, to wprowadzenie izolacji galwanicznej do układu spowodowało ich znaczny spadek. Niezależnie od tego, nawet



Super-kodek (karta dźwiękowa USB) moduł MiniDSP MCH Streamera i układ izolacji galwanicznej

Rysunek 12. Ta część pełnego układu łączy moduł MCHStreamer z szybkim izolatorem MAX22345 i standardowym transoptorem 4N28. Ten ostatni zwalnia linie resetujące ADC i DAC 350 ms po podłączeniu USB.

eprasa.pl c7783582f9

podłączenie uziemienia USB do obudowy Super-Kodeka USB spowodowało wzrost przydźwięku sieciowego 50 Hz o 10...20 dB!

Ten układ nie jest specjalnie drogi, ale korzyści z jego zastosowania jako części systemu pomiarowego, są ogromne.

Musimy wyjaśnić, że chociaż urządzenie to zapewnia wysoki stopień izolacji, nie zaprojektowaliśmy płytki do obsługi znacznych różnic napięcia pomiędzy dwoma systemami: komputerem i kartą dźwiękową. W żadnym wypadku konstrukcja ta nie zapewnia izolacji bezpieczeństwa pomiędzy komputerem PC a interfejsem dźwiękowym!

Izolacja galwaniczna ma na celu wyłącznie poprawę parametrów i umożliwienie ignorowania kilku woltów różnicy potencjałów pomiędzy komputerem a masą audio, co może się czasami przytrafić.

Szybkość transmisji danych przez interfejs USB jest dość wysoka. Sygnał MCLK ma częstotliwość 24,576 MHz dla częstotliwości próbkowania 192 kHz, a BCLK jest o połowę wolniejszy, ma częstotliwość 12,288 MHz.

Projekt i układ płytki do niezawodnej pracy przy 25 MHz wymaga dbałości o szczegóły, starannego i przemyślanego uziemienia oraz zakończenia długich ścieżek odpowiednim obciążeniem.

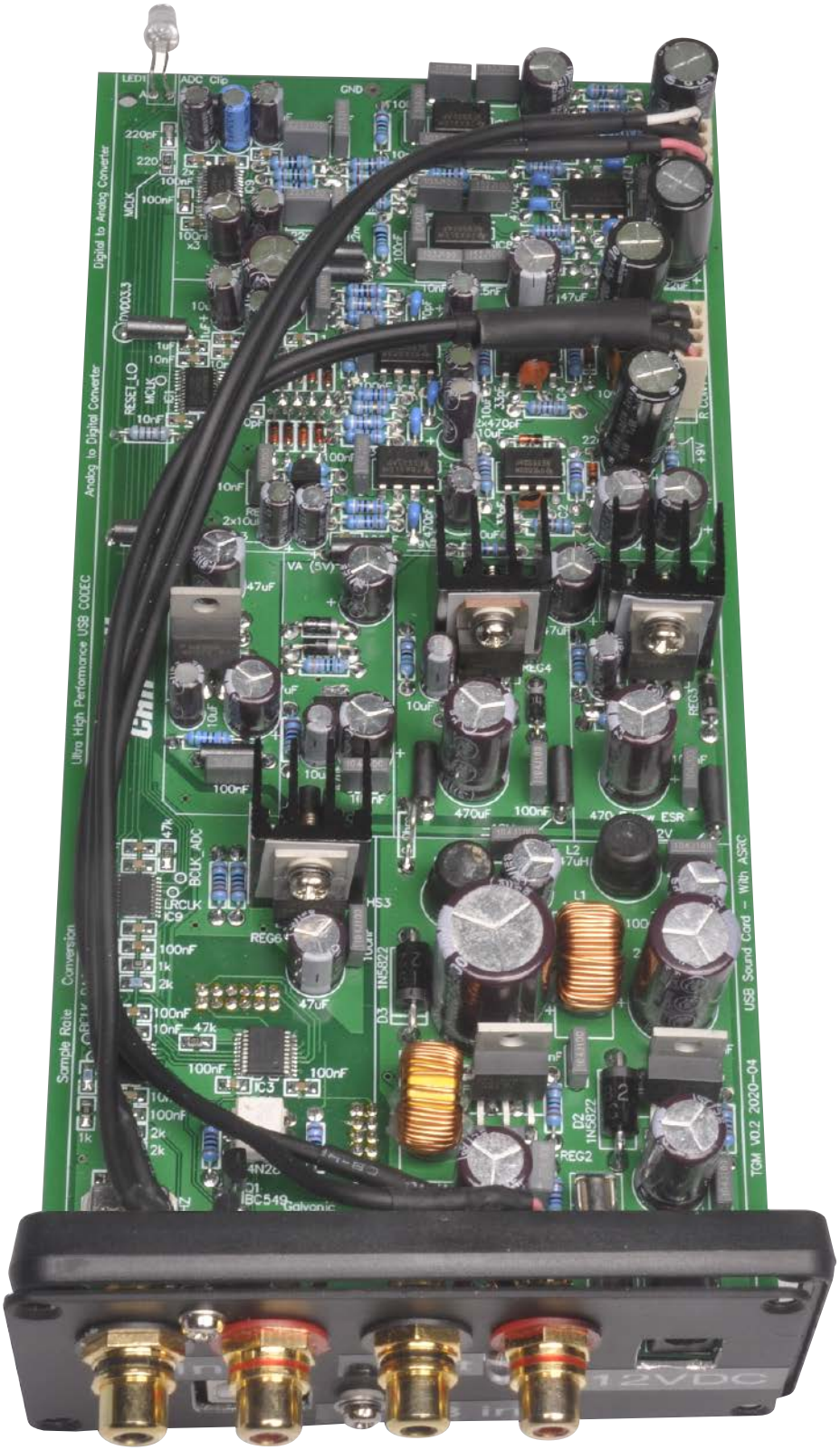
Zastosowaliśmy szereg zakończeń sygnału zegarowego 25 MHz i udało nam się zachować dla szybkich ścieżek porządek z minimalną ilością przelotek. Wszystkie ścieżki szybkich sygnałów oblane są solidną płaszczyzną uziemienia na całej swojej długości. Tam, gdzie musieliśmy poprowadzić te sygnały na skroś PCB, zrobiliśmy przelotkę w płaszczyźnie uziemienia tak małą, jak to tylko było możliwe.

Byliśmy bliscy wykorzystania w tym projekcie czterowarstwowej płytki drukowanej, ale dzięki ograniczeniu sygnałów cyfrowych do lokalnego obszaru i starannemu rozplanowaniu uniknęliśmy kosztów, jakie by to za sobą pociągnęło.

W ostatecznej wersji projektu używamy lokalnego oscylatora dla zegara 24,576/25 MHz, więc chociaż możemy uzyskać dostęp do zegara głównego z modułu MiniDSP MCHStreamera, nie jest on używany, ponieważ lokalny oscylator zegara jest lepszym rozwiązaniem. Stąd na Rysunku 12 nie widać żadnego połączenia z wyjściem MCLK modułu MCHStreamera.

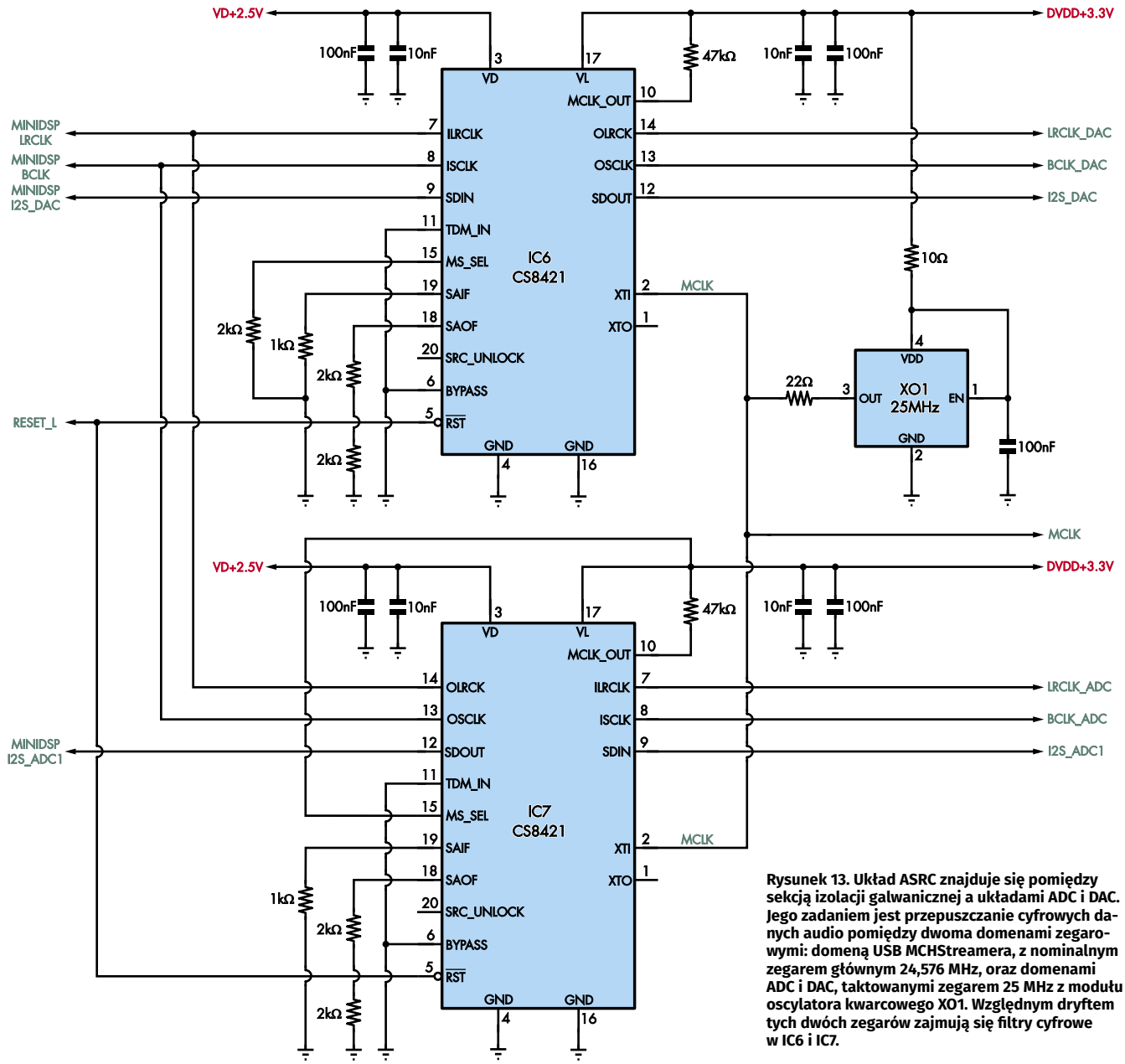
W przypadku, gdy zastanawiasz się, jak działa MAX22345, izolatory tego typu generalnie przenoszą sygnał przez barierę izolacyjną wykorzystując sprzężenie magnetyczne lub pojemnościowe (istnieją szybkie izolatory optyczne, ale są zazwyczaj bardziej masywne). Firma Maxim nie podaje wyraźnie, które rozwiązanie stosuje, ale wygląda na to, że pojemnościowe.

Używamy też zwykłego, starego transoptora 4N28. Informuje on stronę audio, czy komputer zasila złącze USB. Jeśli nie ma zasilania, to ADC i DAC są wyzerowane.



Do budowy przejdziemy w przyszłym miesiącu, jak już skończymy ten dość skomplikowany opis. Dla zaostrzenia apetytu, oto gotowa płytka drukowana zmontowana z gniazdami wejścia/wyjścia RCA, pokazana w naturalnej wielkości.

eprasa.pl c7783582f9



Rysunek 13. Układ ASRC znajduje się pomiędzy sekcją izolacji galwanicznej a układami ADC i DAC. Jego zadaniem jest przepuszczanie cyfrowych danych audio pomiędzy dwoma domenami zegarowymi: domeną USB MCHStreamera, z nominalnym zegarem głównym 24,576 MHz, oraz domenami ADC i DAC, taktowanymi zegarem 25 MHz z modułu oscylatora kwarcowego XO1. Względnym dryftem tych dwóch zegarów zajmują się filtry cyfrowe w IC6 i IC7.

Układ przetwornika częstotliwości próbkowania super-kodeka (karta dźwiękowa USB)

Gdy tylko pojawi się zasilanie 3,3 V z USBStreamera, ADC i DAC są uruchamiane po 350 ms. Opóźnienie to zapewnia IC13 DS1233; sygnały ze Streamera USB powinny się ustabilizować po 350 ms. Z punktu widzenia użytkownika oznacza to, że po podłączeniu Super-Kodeka USB, Super-Kodek zeruje się, startuje i „po prostu działa".

Generowanie lokalnego zegara i ASRC

Ta sekcja była przedmiotem wielu prac. Możliwe byłoby wysterowanie ADC i DAC bezpośrednio z MCHStreamera miniDSP, jako izolowanego przez MAX22345.

Ale co jeśli użytkownik chce obsługiwać kartę z częstotliwością 44,1 kHz, 48 kHz, 96 kHz, 192 kHz lub jakąś inną? Jak do tego celu skonfigurować ADC i DAC?

Zarówno układ CS4398 jak i CS5381 posiadają wejścia „Mode" (Tryb), które należy ustawić w zależności od częstotliwości próbkowania, z jaką chcemy pracować.

W prototypie używaliśmy zworek do ustawiania częstotliwości próbkowania dla ADC i DAC. Szybko zdecydowaliśmy, że użytkownicy będą chcieli podłączyć kartę i pozwolić jej na samodzielne ustawienie tej częstotliwości. Możliwe byłoby, powiedzmy, użycie mikrokontrolera do wykrycia częstotliwości próbkowania i odpowiedniego skonfigurowania układów. Jest jednak lepszy sposób – wykorzystanie układu zwanego asynchronicznym konwerterem częstotliwości próbkowania (ASRC).

ASRC znajdują się w profesjonalnych studiach nagraniowych, a także w urządzeniach konsumenckich, które posiadają cyfrowe interfejsy audio do cyfrowych urządzeń audio.

Wyobraźmy sobie, że mamy dwa cyfrowe urządzenia audio, powiedzmy wzmacniacz i odtwarzacz CD. Każde z nich jest samodzielnym urządzeniem z własnymi zegarami i generalnie jest autonomiczne. Kiedy podłączysz je razem, jeśli chcesz, aby odtwarzacz CD dostarczał dane cyfrowe do wzmacniacza, co się stanie, jeśli (co jest nieuniknione), zegar

eprasa.pl c7783582f9

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

odtwarzacza CD będzie miał nieco inną częstotliwość niż zegar we wzmacniaczu?

Prawdopodobnie odtwarzacz CD będzie dostarczał albo za dużo albo za mało danych do wzmacniacza. W prestiżowych sytuacjach (np. profesjonalne platformy mikserskie) można mieć system rozsyłu częstotliwości zegara głównego. Ale większość urządzeń nie ma takiej możliwości. Alternatywnie, można użyć ASRC.

Zamiast synchronizować wzajemnie zegary różnych układów, ASRC całkowicie odwraca problem. Pozwala on naszym modułom ADC i DAC na posiadanie własnych, lokalnych zegarów i wykonuje całą masę obliczeń, aby przekazać prawidłowe wartości cyfrowe do i z komputera, niezależnie od częstotliwości próbkowania, z jaką pracuje.

Wiąże się to z monitorowaniem przez ASRC różnych częstotliwości próbkowania, a następnie implementacją filtrów cyfrowych w celu dostarczenia dokładnej wartości cyfrowej potrzebnej przy każdym przedziale próbkowania.

Efektem tego jest to, że możemy użyć lokalnego oscylatora zegara 25 MHz do wysterowania zarówno ADC jak i DAC. Wybrany przez nas zegar jest dobry, choć bez przesady. Jego typowy jitter RMS (niestabilność, rozchwianie) jest mniejszy niż 1 ps (jedna bilionowa – 10...12 część sekundy!). Można by wybrać lepszy generator, ale nasza analiza wskazuje, że różnica byłaby w zasadzie niemierzalna. W istocie używanie „lepszego" zegara jest zabiegiem stosowanym przez niektórych poważnych audiofilów kultu voo-doo.

Zastosowaliśmy konwerter częstotliwości próbkowania w każdej z linii ADC i DAC, ponieważ musimy dokonać takiej translacji zarówno przy nagrywaniu, jak i odtwarzaniu.

Oba układy, z których korzystamy, to Cirrus Logic CS8421s. Jeśli obawiasz się, co te scalaki mogą zrobić z dźwiękiem, nie ma do tego podstaw. Ich dynamika jest oceniana na 175 dB, a poziom THD+N na –140 dB (0,00001%)!

Tak więc wpływ tych układów jest tak niski, że w ogóle nie jest wykrywalny, a co dopiero słyszalny (Na wszelki wypadek założyliśmy zatyczki do uszu, aby nie słyszeć piekielnego jazgotu i wyzwisk tłumu audiofili dyskredytujących ASRC)!

Rzeczywista implementacja tych układów nie jest skomplikowana, jak pokazano na rysunku 13. Cyfrowe sygnały audio dochodzą do wejść 7, 8 i 9 z określoną częstotliwością próbkowania i wystawiane są na wyjścia 12, 13 i 14 z inną częstotliwością, aby dopasować się do sygnału zegarowego przyłożonego do styków 2.

Zastosowanie ASRC ma wpływ na sposób ustawienia i wysterowania ADC i DAC.

Pozyskiwanie komponentów

Niektóre z komponentów dla tego projektu są raczej specjalistyczne, więc mogą być trudne do znalezienia.
Aby pomóc Ci w tym przedsięwzięciu, stworzyliśmy arkusz kalkulacyjny, który podaje kody katalogowe dla każdej potrzebnej części z sześciu różnych źródeł:
• Altronics • Jaycar • Digi-Key • Mouser • element14 (Farnell) • RS.
Arkusz ten znajdziesz pod adresem siliconchip.com.au/Shop/6/5597

Po pierwsze, musimy dostarczyć niskoszumny sygnał zegarowy. Ten pochodzi z XO1, modułu oscylatora zegara 25 MHz.

Po drugie, potrzebujemy lokalnego zegara dla lewej/prawej strony (tj. częstotliwości próbkowania) o wyższej częstotliwości niż 192 kHz, z której korzysta MiniDSP USBStreamer, aby zapewnić brak degradacji sygnału cyfrowego. 25 MHz podzielone przez 32 (bity w próbkach każdego kanału: L i R) podzielone przez 2, a następnie ponownie przez 2 to 195,3125 kHz. To nam wystarcza.

Musimy ustawić ASRC dla CS4398 DAC jako wyjście master, tak aby generował on na swoim wyjściu lewy/prawy zegar (LRCK) o częstotliwości 195,3125 kHz oraz sygnały sterujące dla tego przetwornika DAC na swoim wyjściu – tzn. ASRC dostarcza sygnał do DAC z tą częstotliwością przez cały czas.

Potrzebujemy ASRC dla CS5381 ADC jako wejścia głównego, aby generował on zegar 195,3152kHz i sygnały sterujące dla MCHStreamera na jego wejściu.

Styk 6, BYPASS, pozwala na wyłączenie działania ASRC, ale ponieważ tego nie chcemy (ASRC zawsze aktywny), podłączyliśmy go do GND. Podobnie, nie używamy funkcji Time Domain Multiplexing (wielokanałowej), więc styki 11 są stale na niskim potencjale.

Styk 15 MS_SEL (Master/Slave Select) układu IC6 jest spolaryzowany do masy przez rezystor 2 kΩ, co ustawia układ w tryb zarządzany (slave) po stronie wejściowej (zegary są wejściami) i tryb zarządzający (master) po stronie wyjściowej (zegary są wyjściami). Rezystory 1 kΩ od styków 19 (SAIF) do masy ustawiają wejścia obu urządzeń w 32-bitowy tryb I^2S; jeden z sześciu różnych protokołów cyfrowego audio obsługiwanych przez ten układ. Odpowiada to formatowi danych wysyłanych przez MCHStreamer.

Podobnie, całkowita rezystancja 4 kΩ od styków 18 (SAOF) do masy ustawia stronę wyjściową na tryb I^2S z danymi 24-bitowymi, co odpowiada naszym układom ADC i DAC. Jest to jeden z 16 możliwych formatów obsługiwanych przez układ.

Po skonfigurowaniu jak wyżej, tworzy to elegancki interfejs pomiędzy częściami systemu, które mogą mieć różne zegary. Czy są jakieś minusy? Nie są to tanie układy, cena 66 PLN + VAT za sztukę od Mousera. Ale uważamy, że warto to zrobić dla elastyczności, jaką zapewniają.

Konwersja analogowo-cyfrowa

Używamy układu CS5381-KZZ. Cirrus Logic produkuje dwa podobne, CS5361 i CS5381. Są one kompatybilne pod względem końcówek, ale CS5381 ma lepsze parametry ze względu na mniejsze zniekształcenia.

Podaliśmy specyfikację lepszego z nich. Można zamiast niego wstawić CS5361, ale stracimy nieco na parametrach kanałów wejściowych.

Otoczenie tego układu, pokazane na rysunku 14, jest bliskie temu, co zaleca nota aplikacyjna Cirrus Logic. Zadaliśmy sobie jednak trochę trudu, aby zapewnić bardzo symetryczne wysterowanie wejścia i upewnić się, że karta dźwiękowa ma wejście o wysokiej impedancji. Koraliki ferrytowe FB3 i FB4, a następnie kondensatory 100 pF do masy, tworzą filtry RF na wejściach.

Bipolarne kondensatory elektrolityczne 22 µF blokują napięcia stałe, ze spadkiem –3dB znacznie poniżej 1 Hz. Diody Schottky'ego D5, D10, D15 i D16 chronią wejścia wzmacniaczy operacyjnych przed skokami i zbyt wysokim napięciem. W normalnej pracy nie mają one wpływu na sygnał.

IC2a/IC4a pracują jako bufory o wzmocnieniu jednostkowym. Zapewniają one niskoimpedancyjne wysterowanie dla kolejnych dwóch stopni bez wpływu na wejście.

IC2b/IC4b pracują jako inwertery. Zastosowaliśmy rezystory sprzężenia zwrotnego 1,2 kΩ, o tak niskiej wartości, jak to tylko możliwe, aby utrzymać szumy na niskim poziomie, pozwalając jednocześnie wzmacniaczowi operacyjnemu na wysterowanie kolejnego stopnia bez obaw o zwiększenie zniekształceń poprzez przeciążenie wyjścia.

Mogliśmy zmniejszyć nieco rezystancję, ale uważamy, że jest to dobry kompromis pomiędzy parametrami a zużyciem energii.

IC3a/IC5a oraz IC3b/IC5b dostarczają sygnał na wejścia różnicowe przetwornika ADC, a wszystkie cztery stopnie są skonfigurowane w bardzo podobny sposób. Dzieje się tu kilka rzeczy.

Wejścia nieodwracające układów IC3a/IC5a/IC3b/IC5b są utrzymywane na poziomie 2,5 V dzięki rezystorom 10 kΩ z wyjścia

eprasa.pl c7783582f9

VQ (quiescent voltage – w stanie spoczynku) IC1, styk 22. Te rezystory mają lokalne kondensatory bocznikujące 10 nF, aby zapewnić wzmacniaczom operacyjnym bardzo niską impedancję źródła.

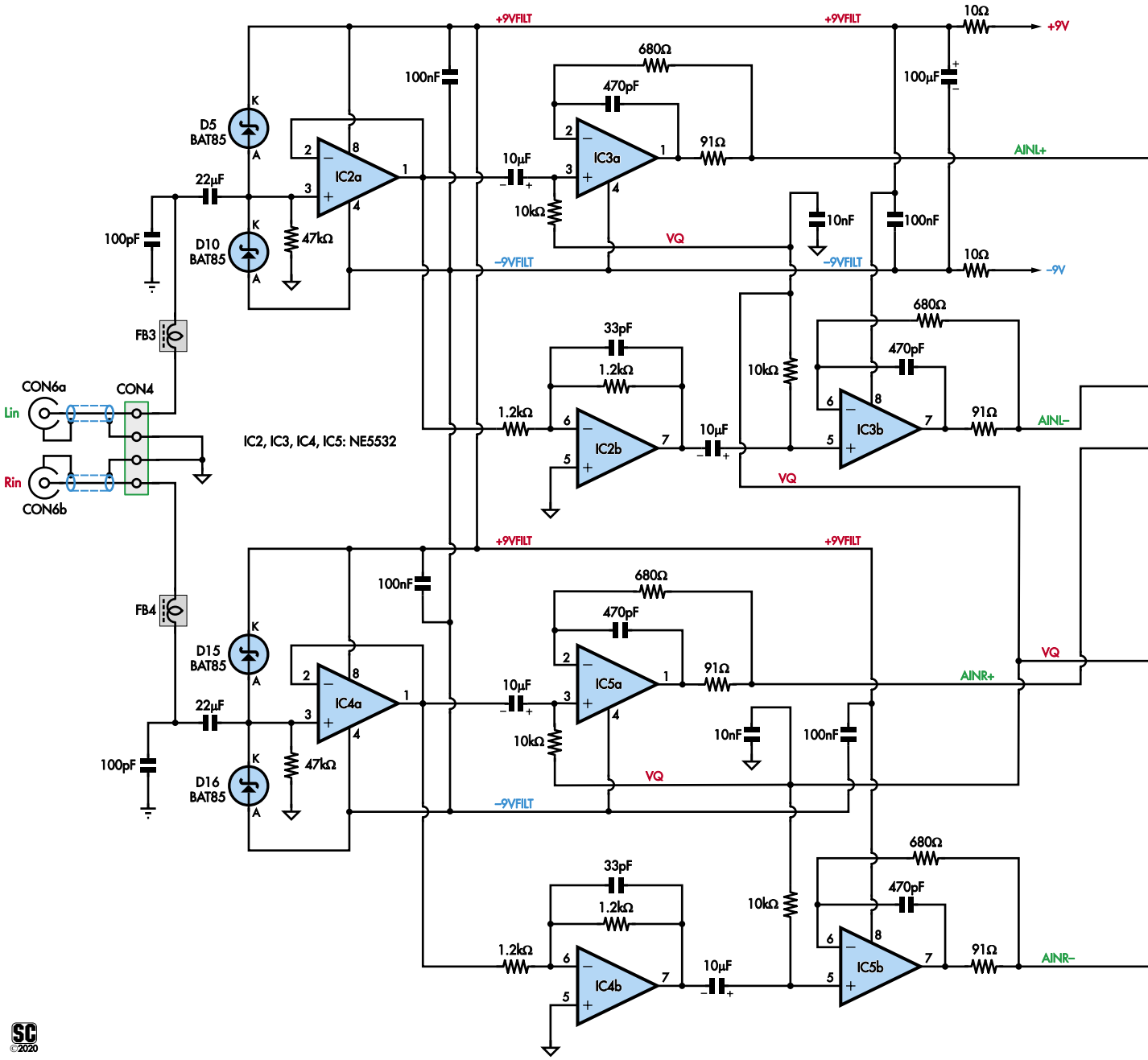
Wejścia te zasilane są sygnałami w fazie (IC3a, IC5a) lub w przeciwfazie (IC3b, IC5b) z poprzednich stopni, poprzez kondensatory 10 µF, aby nie wpływać na napięcie przesunięcia DC na wejściach wzmacniaczy operacyjnych. Mógłbyś być zaniepokojony, że sygnały wejściowe wpływają na napięcie DC 2,5 V, ale sygnały te są zbalansowane (dzięki kondensatorom 10 µF nie zawierają składowej stałej), więc ich wpływ na napięcie odniesienia zasadniczo się znosi.

Op-ampy, z kondensatorami 470 pF sprzężenia zwrotnego, w połączeniu z rezystorami 680 Ω i 91 Ω tworzą filtry dolnoprzepustowe. Mają one odcięcie znacznie powyżej pasma audio, przy około 500 kHz, aby zapewnić stabilność i pozbyć się wszelkich szumów RF, które przedostają się przez filtr wejściowy.

Przy częstotliwościach audio, te cztery stopnie tworzą bufory o wzmocnieniu jednostkowym. Fakt, że wyjściowy sygnał akustyczny jest pobierany z dzielnika rezystancyjnego, zmniejsza chwilowe obciążenie wzmacniacza operacyjnego.

Niezawodne filtrowanie dolnoprzepustowe jest zapewnione przez kombinację tych rezystorów i kondensatorów 2,7 nF zwierających obie pary wejść różnicowych ADC. Kondensatory te wlutowane są bardzo blisko styków wejściowych IC1. Nasze testy wykazały, że kondensatory te są krytyczne dla parametrów ADC.

Nie używaj żadnych starych kondensatorów. Nie używaj kondensatorów „audiofilskich". Użyj ceramicznych kondensatorów typu NP0 lub C0G, montowanych powierzchniowo, o znanym pochodzeniu. Zbudowaliśmy prototyp



Układ przetwornika analogowo-cyfrowego super-kodeka (karta dźwiękowa USB)

eprasa.pl c7783582f9

z kondensatorami foliowymi i zniekształcenia wzrosły dziesięciokrotnie. Próbowaliśmy też „audiofilskich" srebrnych kondensatorów mikowych i nie było lepiej.

Najwyraźniej nie tylko liniowość tych kondensatorów jest krytyczna; przetwornik ADC przy oversamplingu pobiera z tych kondensatorów impulsy prądu z dużą częstotliwością, więc potrzebujemy kondensatorów o niskim ESR przy częstotliwości kilku megaherców, jak również wysokiej liniowości. Tylko ceramika NP0/C0G zapewnia jedno i drugie.

Wejścia ADC mają dla ochrony pary diod BAT85 podłączone do każdej szyny. Przeglądając kartę katalogową wydaje się, że ADC powinien wytrzymać maksymalny prąd wyjściowy NE5532, ale może nie wytrzymać maksymalnego prądu wyjściowego LM4562. Ponieważ niektórzy Czytelnicy mogą próbować różnych wzmacniaczy operacyjnych – i ponieważ IC1 kosztuje około 177 PLN + VAT (!) – warto się zabezpieczyć.

Analogowe zasilanie VA dla IC1 na styku 9 to nominalnie 5 V, a my mamy lokalny stabilizator liniowy o niskim spadku napięcia wyjściowego (low-dropout) (REG5), aby zapewnić szynę zasilania 3,3 V logiki cyfrowej dla IC1 – styki 8,12 i 14. Zrobiliśmy to lokalnie, ponieważ pobór prądu jest niewielki i znacznie uprościło to układ.

Styk 15 przetwornika ADC sygnalizuje przepełnienie. Zasila on diodę LED znajdującą się z przodu urządzenia. Jeśli dioda ta miga podczas pracy, oznacza to, że ADC pracuje z obcinaniem sygnału i należy obniżyć poziom wejściowy.

Ogólnie rzecz biorąc, wejście powinno być na poziomie znacznie niższym niż taka sytuacja. Szumy i zniekształcenia są optymalne przy poziomie niższym o decybel lub więcej od poziomu obcinania, i nawet jeśli ustawisz poziom o 10 dB niższy, wpływ na parametry będzie minimalny.

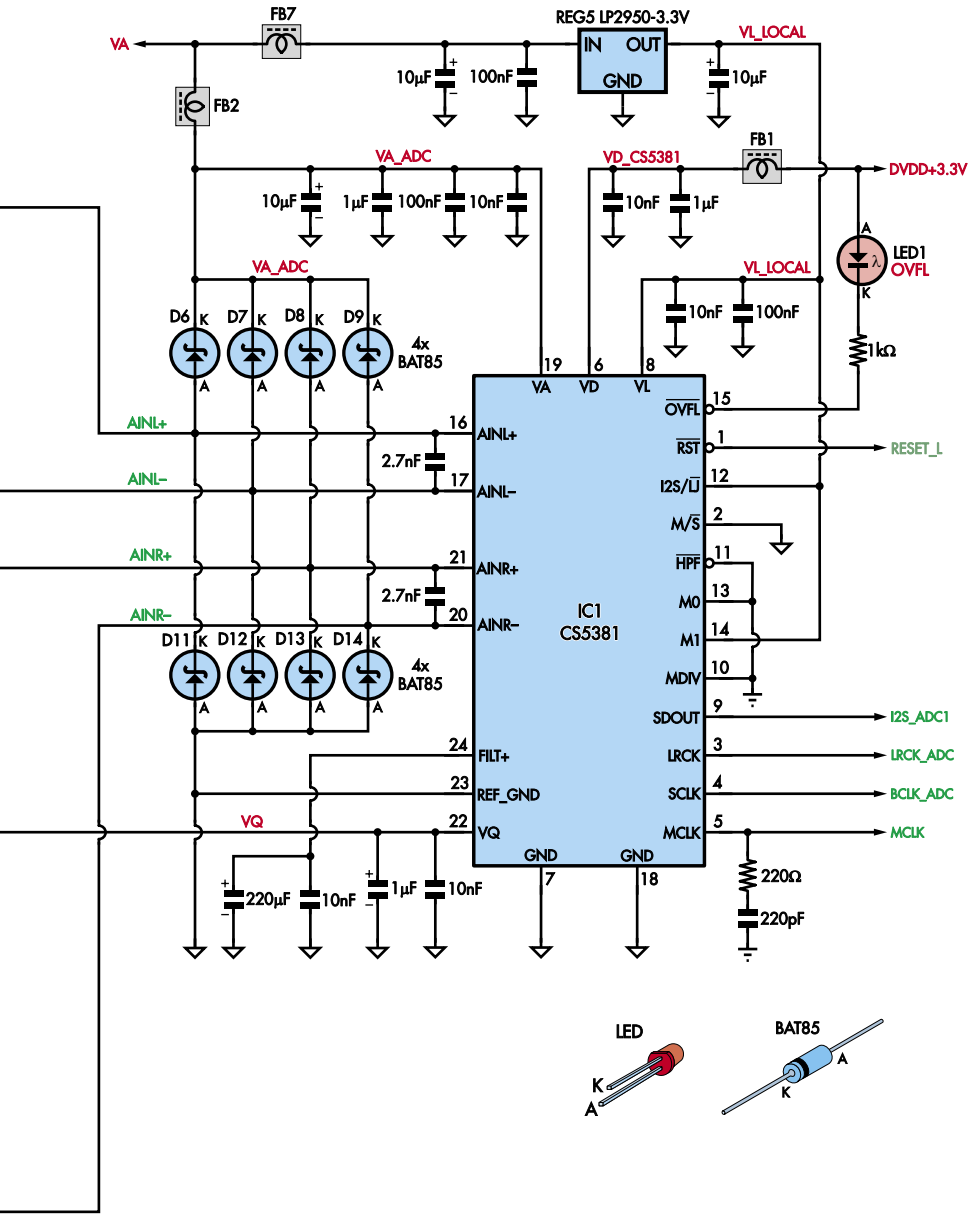
Końcówki ADC na górze po prawej stronie są podłączone albo do VL (wejście 14) albo do GND (wejście 13), aby ustawić go w „trybie sprzętowym" (tzn. nie jest zarządzany przez logikę mikrosterownika), z wybranym właściwym formatem audio. Zdigitalizowany sygnał audio pojawia się na wyjściu 9 układu IC1 i trafia do układu ASRC IC7, jak pokazano na rysunku 13. Ten sam układ ASRC oraz oscylator XO1 dostarczają sygnały zegarowe na porty 3, 4 i 5 układu IC1.

Konwersja cyfrowo-analogowa

Przetwornik D/A CS4398 jest skonfigurowany w dość konwencjonalny sposób – patrz Rysunek 15. Ograniczymy się do omówienia kanału prawego. Wyjścia różnicowe IC9 na końcówkach 19/20 i 23/24 podają sygnał na dwa filtry dolnoprzepustowe utworzone przez IC8a i IC8b. Filtr na każdym wyjściu jest ustawiony tak, aby na obu wyjściach prezentować to samo obciążenie. Impedancje zostały utrzymane na niskim poziomie, aby zminimalizować szumy. Filtry te ograniczają sygnały nadakustyczne na wyjściu.

Jako kondensatory 1,5 nF, 10 nF i 22 nF zastosowaliśmy kondensatory MKT. Samorezonans kondensatorów MKT o niewielkich pojemnościach jest zwykle w rejonie 10 MHz, więc filtr zachowywał się dobrze i zapewniał doskonałe parametry. Są one łatwiejsze do uzyskania niż ceramika NP0/C0G o tych samych wartościach, więc równie dobrze możesz użyć MKT. Ale jeśli zastosujesz bardzo szybkie wzmacniacze operacyjne w miejsce NE5532, sytuacja może się zmienić.

Układ IC10b tworzy konwerter sygnału różnicowego na pojedynczy, a wraz z kondensatorami 470 pF sprzężenia zwrotnego w tym stopniu tworzą ostatni stopień filtra dolnoprzepustowego. Wartości rezystorów 1,2 kΩ są na tyle wystarczająco niskie, aby zminimalizować szumy, ale żeby nie przeciążać wzmacniacza operacyjnego i zostawić zapas dynamiki na wysterowanie obciążenia.



Rysunek 14. Stereofoniczne analogowe sygnały audio podawane do gniazd RCA CON6a i CON6b są buforowane i przechodzą przez serię filtrów RF zanim zostaną zamienione na sygnały zbalansowane (różnicowe), które są następnie podawane do par wejść ADC na stykach 16/17 i 20/21 układu IC1. Kondensatory filtrujące 2,7 nF są krytyczne dla uzyskania dobrych parametrów, podczas gdy liczne diody Schottky'ego chronią poszczególne układy scalone przed przeciążeniem sygnałem.

eprasa.pl c7783582f9

Wyszczególniliśmy kondensatory ceramiczne C0G (lub NP0; odpowiednik) tam, gdzie zastosowano typy ceramiczne. Jest to bardzo ważne, gdyż inne dielektryki wprowadzą więcej zniekształceń.

Przesunięcie napięciowe DC sygnału wyjściowego przetwornika C/A wynosi +2,5 V. Sygnał przepływa przez filtry utworzone przez IC8a i IC8b. Zamiast sprzęgać sygnał zmiennoprądowo z różnicowym konwerterem na sygnał pojedynczy, użyliśmy konwertera do usunięcia większości napięcia przesunięcia DC. Kondensator sprzężenia zmiennoprądowego 22 µF na jego wyjściu usuwa wszelkie pozostałości prądu stałego – choć w naszym prototypie i tak był to bardzo niski poziom.

Zasilacz

Zasilacz, pokazany na Rysunku 16, może się wydawać przekombinowany. Ta konstrukcja nie wstydzi się zasilania i uziemienia zaprojektowanych i zbudowanych na najwyższym poziomie. Chcemy bowiem dostarczyć najlepszych parametrów ADC i DAC, na poziomie części miliona, to jest z odstępem >120 dB. W szczególności, jakikolwiek szum czy zakłócenia na linii +5 V (analogowej) jest bardzo deprymujący, a chcemy, aby linie +5 V (logika) i ±9 V były wolne od szumów i artefaktów związanych z taktowaniem (sygnałem zegarowym).

Pierwsza wersja tego zasilacza wykorzystywała transformator toroidalny zamontowany po przeciwnej stronie obudowy niż wrażliwe części analogowe. Zawierał on nawet miedziany pierścień ekranujący w celu redukcji promieniowanych szumów. Mimo to, wciąż mogliśmy dostrzec przydźwięk 50 Hz przenikający do charakterystyk w okolicach poziomów –110 do –130 dB.

Zastąpiliśmy więc transformator pojedynczym zasilaczem wtyczkowym +12 V DC. Ostateczna wersja zasilacza naszej karty dźwiękowej wykorzystuje dwa impulsowe regulatory obniżające napięcie LM2575 (REG1 i REG2) do generowania +6,5 V DC i –12 V DC. Taki wybór może wywołać co najmniej zdziwienie, gdyż przetwornice impulsowe nie słyną z niskiego poziomu promieniowania zakłóceń.

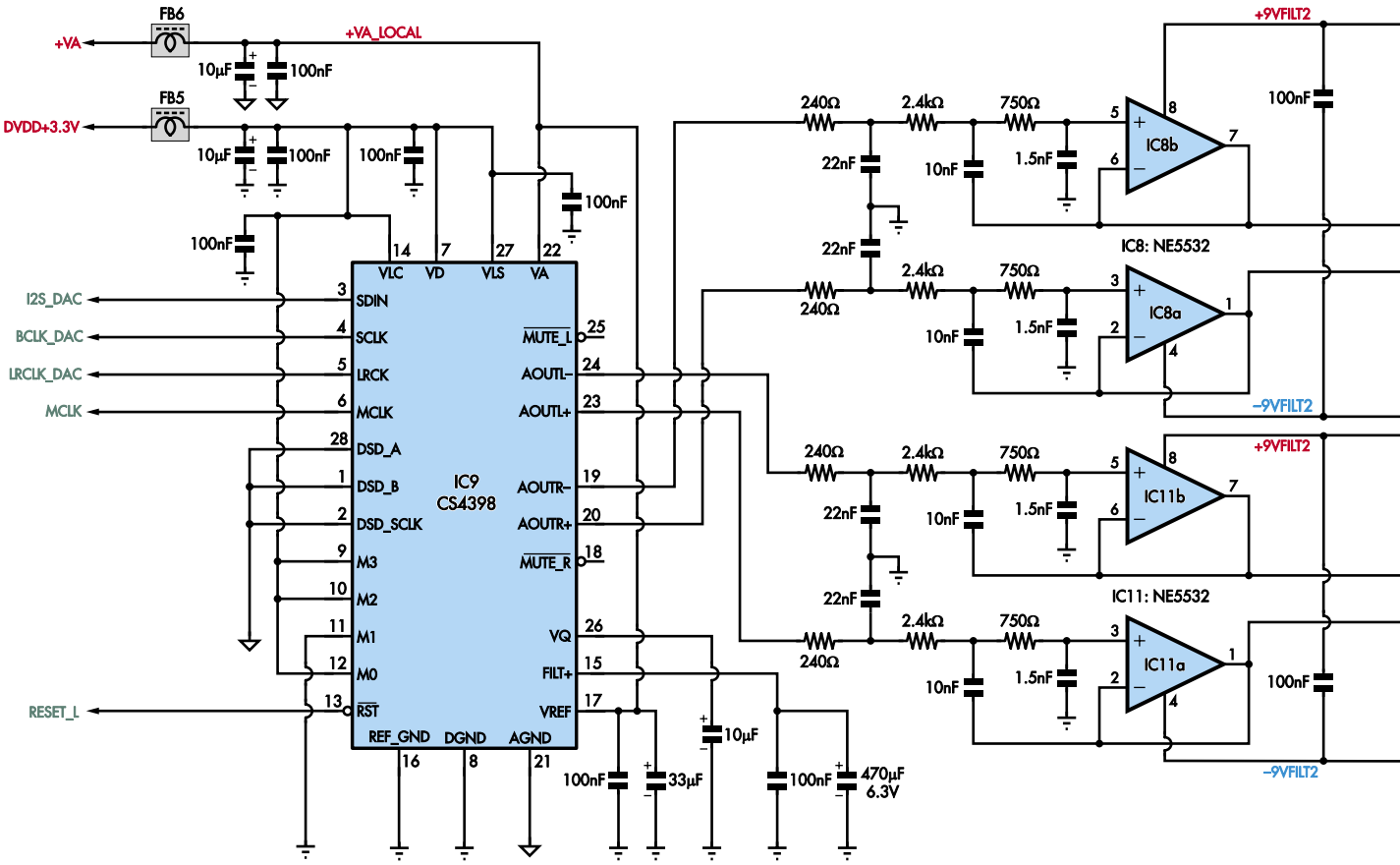
Można się też zastanawiać, jak ten sam układ został użyty do wygenerowania obu szyn: dodatniej i ujemnej, z jednego napięcia zasilającego.

Zacznijmy od tej nieszczęsnej szyny ujemnej. W istocie, obracamy REG2 do góry nogami; jego dodatnie wyjście 2 łączy się z GND (po filtrze LC), podczas gdy jego wyjście GND na końcówce 3 jest w rzeczywistości „pływającą" szyną ujemną! Może się to wydawać dziwne, ale jeśli przeanalizujesz obwód dokładnie, zobaczysz, że to będzie działać.

Jest jednak kilka rzeczy, na które musisz zwrócić uwagę, gdy używasz impulsowego regulatora obniżającego w ten sposób. Podczas uruchamiania, ma on tendencję do pobierania dużego prądu przez krótki okres czasu. Texas Instruments ostrzega przed tym w karcie katalogowej, i mają rację! Szczytowy prąd rozruchu wynosi około 2 A, więc upewnij się, że używasz zalecanego zasilacza wtyczkowego, lub sprawdź, czy Twój to wytrzymuje.

Altronics i Jaycar sprzedają również LM2576, który jest lepszą wersją LM2575. Pobiera on bliżej 4,5 A przy uruchamianiu. Działa, ale uważaj na ten prąd startowy.

Jak więc to działa? Oto krótkie wyjaśnienie: REG2 „stara się" utrzymać napięcie sprzężenia zwrotnego na styku 4 około 1,25 V powyżej swojego styku masy, końcówki 3. Ponieważ szyna –12 V jest początkowo na potencjale 0 V, taki sam potencjał jest na końcówce 4, więc wyjście włącza się zwarciowo. Oznacza to, że prąd może przepływać



Układ przetwornika cyfrowo-analogowego super-kodeka (karta dźwiękowa USB)

eprasa.pl c7783582f9

Nadal używasz NE5532 – naprawdę?

Do tego projektu wybraliśmy wzmacniacze operacyjne NE5532. To może być punkt sporny dla niektórych Czytelników.

Zbudowaliśmy osiem modułów przetworników C/A używanych w aktywnej zwrotnicy DSP, co pozwoliło na porównanie op-ampów NE5532 i LM4562 i nie byliśmy w stanie jednoznacznie stwierdzić, który jest lepszy od drugiego. Spodziewamy się, że mierzyliśmy rzeczywiste parametry ADC i DAC. Biorąc pod uwagę, że LM4562 kosztuje więcej niż NE5532 i zużywa więcej energii, nie było żadnego powodu, aby ich używać.

Użyliśmy również wzmacniaczy operacyjnych LM833; one również działają, ale nie tak dobrze; nie są w stanie wysterować tak niskich impedancji jak NE5532, więc wymagają większego kompromisu między zniekształceniami a poziomem.

Jeśli masz ulubiony wzmacniacz operacyjny, którego chcesz użyć, zalecamy zainstalowanie wysokiej jakości precyzyjnych podstawek, ponieważ wylutowywanie wzmacniaczy operacyjnych z dwustronnej płytki drukowanej zazwyczaj niszczy wzmacniacz operacyjny i może uszkodzić płytkę. Odpowiednie podstawki to Altronics P0530. Parametry, które trzeba by sprawdzić, gdybyś to zrobił, to oscylacje, przydźwięk i przenikanie zakłóceń HF z DAC-a do wyjścia.

Podejrzewamy również, że w najlepszym przypadku uzyskasz równoważną wydajność, a całkiem możliwe, że gorszą. Jeśli chcesz uzyskać nominalne parametry, najlepiej trzymać się układów, które testowaliśmy!

z wejścia 12 V, przez wejście 1 i wewnętrzny tranzystor przełączający regulatora, wyjście 2, cewkę L3 i do masy zasilacza.

Regulator przełącza swoje wyjście w impulsach z częstotliwością około 50 kHz. Gdy się wyłącza, pole magnetyczne cewki indukcyjnej powoduje, że prąd nadal płynie. Nie może on już płynąć z LM2575, więc napięcie na wyjściu 2 jest odłączone i spada, więc prąd płynie nadal do masy, ale z ujemnego bieguna kondensatora wyjściowego 2200 mF, przez diodę D3. W rezultacie napięcie na kondensatorze wyjściowym wzrasta, co oznacza, ze względu na utrzymywanie jego bieguna dodatniego na stałym potencjale masy, że ujemny biegun kondensatora staje się bardziej ujemny.

Cykl ten jest kontynuowany, kondensator ładuje się dalej z każdym cyklem przełączania, w wyniku czego napięcie na styku masy 3 osiąga potencjał ujemny w stosunku do wyjścia 2. Ponieważ napięcie na dzielniku sprzężenia zwrotnego rośnie, rośnie również napięcie na wejściu sprzężenia zwrotnego 4 względem końcówki 3. W końcu kondensator ładuje się do napięcia 12 V, a masa 3 REG2 jest teraz o 12 V poniżej napięcia wyjściowego na styku 2. Styk 4 jest wtedy na potencjale około −10,75 V, czyli 1,25 V powyżej potencjału końcówki 3. Następnie regulator działa normalnie, w stanie ustalonym, aby utrzymać to napięcie zgodnie z wymaganiami. Regulator zasadniczo podczas uruchamiania pracuje w zwarciu, stąd dość imponujące, ale krótkie zapotrzebowanie na prąd początkowy.

Od Red. EdW: Warto zauważyć, że w układzie konwersji napięcia dodatniego na ujemne regulator REG2 może pracować zarówno jako obniżający, jak i podwyższający bezwzględną wartość napięcia na wyjściu – wynika to z zasady działania i jest podkreślone w nocie katalogowej.

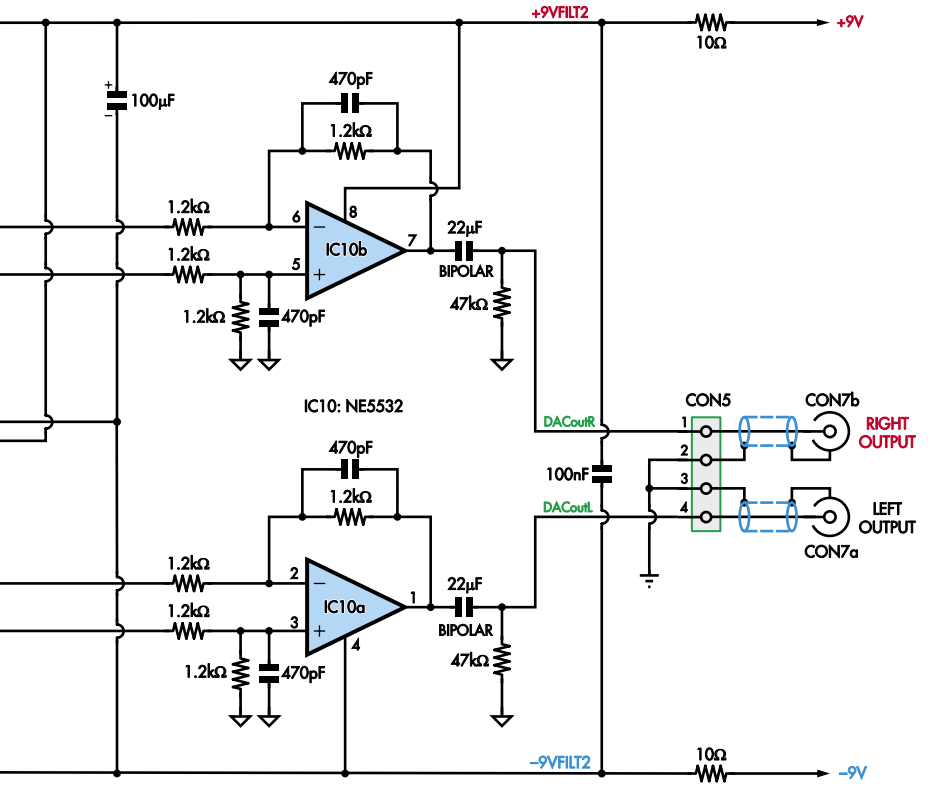
Aby utrzymać niski poziom szumu promieniowanego przez zasilacze impulsowe, byliśmy dość ostrożni przy projektowaniu ścieżek, upewniając się, że pętle prądowe są tak małe, jak to tylko możliwe. Zastosowaliśmy również kondensatory o niskim ESR, jak również ponadwymiarowe cewki toroidalne o prądzie 5 A. Pozwala to na utrzymanie pola magnetycznego wewnątrz cewek i uniknięcie nasycenia, które prowadziłoby do zwiększonego promieniowania.

Zasilacze impulsowe są również umieszczone tak odlegle od układów niskopoziomowej elektroniki analogowej, jak to tylko możliwe. Na naszych wykresach testowych, w okolicach częstotliwości roboczej 50 kHz przetwornicy widać niewielki szum, ale jest on tak niski, że nie ma znaczenia. Jest on również powyżej zakresu naszego słuchu, co nie jest przypadkiem.

Zastosowaliśmy duży kondensator wyjściowy 2200 µF, aby zminimalizować szumy. Następnie dodaliśmy filtr dolnoprzepustowy LC 47 µH/100 µF, aby jeszcze bardziej zredukować szum na wyjściu.

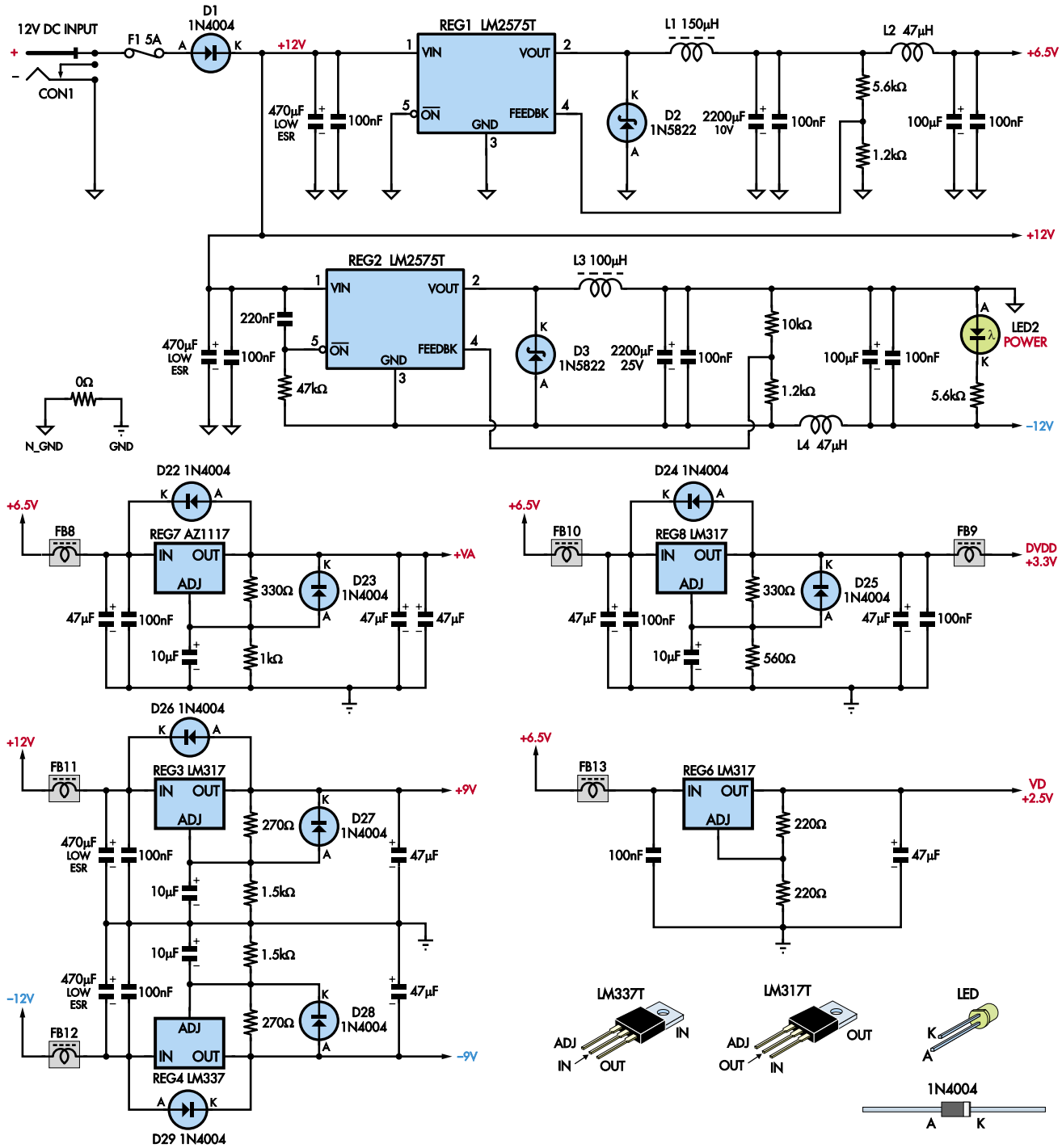
W tym momencie tętnienia na szynie zasilającej wynoszą zaledwie kilka miliwoltów.

Zasilanie +6,5 V jest dostarczane przy użyciu REG1 przez konwencjonalną implementację tego impulsowego regulatora obniżającego,. Ponownie umieściliśmy kondensator filtrujący 2200 µF i filtr 47 µH/100 µF za regulatorem. Wykorzystujemy również kondensatory o niskim ESR.



Rysunek 15. Układ scalony IC9 konwertuje cyfrowe sygnały audio ze stopnia ASRC na zbalansowane wyjścia analogowe na parach wyjść 19/20 i 23/24. Następnie są one filtrowane w celu usunięcia cyfrowych artefaktów i konwertowane na pojedynczy sygnał audio, który jest doprowadzany do gniazd wyjściowych RCA CON7a i CON7b.

eprasa.pl c7783582f9



Regulator zasilania super-kodeka (karta dźwiękowa USB)

Rysunek 16. Układ zasilający efektywnie wytwarza pięć bardzo czystych linii zasilających z potencjalnie zaszumionego wejścia 12 V DC. Są to ±9 V dla wzmacniaczy operacyjnych, +5 V dla układów ADC i DAC, +3.3 V dla sekcji cyfrowej układu DAC i dwóch układów ASRC (IC6 i IC7) plus izolator (IC12) oraz +2.5 V dla napięcia przesunięcia DC sygnałów analogowych podawanych do ADC. ADC posiada również lokalny regulator (REG5) do wytwarzania swojej cyfrowej szyny napięcia 3,3 V z szyny +5 V, ponieważ łatwiej było zaprojektować w ten sposób płytkę.

Dlaczego zdecydowaliśmy się na napięcie 6,5 V? Jednym z problemów, jakie mogą wystąpić z szybkimi układami logicznymi jest to, że mogą one pobierać spory prąd z szyn zasilających niskiego napięcia (problem doskonale znany w zasilaczach komputerowych). Nie chcemy używać liniowego regulatora do generowania szyny 2,5 V lub 3,3 V z linii zasilającej +12 V, który mógłby dostarczyć 100...200 mA. Musiałby on rozpraszać 1,7 W mocy strat (12 V...3,3 V) ×0,2 A. Jest to możliwe, ale jest to naprawdę uciążliwe dla chipów w małej obudowie.

Zamiast tego używamy regulatorów impulsowych do generowania linii +6,5 V i -12 V, a następnie podajemy je do czterech regulatorów liniowych, aby uzyskać bardzo czyste zasilanie +5 V, +3,3 V, +2,5 V i −9 V dla układów scalonych. Zasilanie +9 V generujemy z głównej linii zasilającej +12 V. Wejście każdego regulatora liniowego blokowane jest przez koralik ferrytowy, aby zminimalizować

eprasa.pl c7783582f9

Dostosowywanie wydajności SuperCodeca

Autor, Phil Prosser, dostarczył nam prototyp o doskonałych parametrach.

Jednak podczas pomiarów wykryliśmy pewną anomalię. Wartość THD+N przetwornika wzrosła dla częstotliwości testowych poniżej 200 Hz, z 0.00054% przy 1 kHz do około 0.00085% przy 20 Hz.

Nie spodziewaliśmy się tego, ponieważ parametry zwykle poprawiają się wraz ze spadkiem częstotliwości sygnału testowego.

Na początku podejrzewaliśmy, że winne mogą być bipolarne kondensatory sprzęgające 22 µF, ponieważ rosnące zniekształcenia wraz z malejącą częstotliwością są charakterystyczne dla zniekształceń indukowanych przez kondensatory sprzęgające. Jednakże wymiana tych kondensatorów na wysokiej jakości 100 µF (które mogliście zauważyć na naszych zdjęciach) nie przyniosła żadnej poprawy.

To doprowadziło nas do podejrzeń, że sygnał o niskiej częstotliwości moduluje szynę napięcia, więc zwróciliśmy uwagę na kondensatory otaczające CS4398 DAC, IC9.

Najbardziej krytyczne kondensatory to elektrolityczny kondensator filtrujący na styku 26, VQ, który stabilizuje napięcie na poziomie połowy napięcia szyny zasilającej (quiescent output voltage, stąd VQ); kondensator filtrujący 33 µF na styku 17 (VREF), który również pomaga wygładzić VA (analogowe napięcie zasilające) 5 V, do którego jest podłączony; oraz kondensator elektrolityczny na styku 15 (FILT+). Kondensator na styku 26 podłączony do masy był oryginalnie 3,3 µF. Po wlutowaniu kondensatora 47 µF, ponownie przetestowaliśmy urządzenie i stwierdziliśmy dwie rzeczy.

Po pierwsze, osiągnięcie normalnych warunków pracy trwało znacznie dłużej (prawdopodobnie większy kondensator dłużej się ładuje). I po drugie, podczas gdy wartości THD+N spadły o około 25% przy niższych częstotliwościach (i trochę w całym paśmie), nadal występował wzrost zniekształceń poniżej 200 Hz.

Dodanie kondensatora 470 µF między stykiem 17 (VREF) a masą nic nie dało, wskazując, że ta linia jest wystarczająco wolna od szumów. Ale zwiększenie pojemności kondensatora między stykiem 15 (FILT+) a masą, który pierwotnie miał 100 µF równolegle do 100 nF, całkowicie wyeliminowało wzrost zniekształceń przy niższych częstotliwościach, a także nieznacznie obniżyło zniekształcenia w całym paśmie.

Zdecydowaliśmy się więc na kompromis z kondensatorem filtrującym VQ na poziomie 10 µF; wyższym niż oryginalny 3,3 µF, dla poprawy ogólnych parametrów, ale nie tak dużym, aby urządzenie potrzebowało wieków na ustabilizowanie się po włączeniu zasilania.

I znacząco powiększyliśmy kondensator 100 µF podłączony do styku FILT+, montując wysokiej jakości kondensator 470 µF, który po prostu pasuje, stanowiąc „wisienkę na torcie" w zakresie uzyskania najwyższych parametrów.

szansę na przedostanie się jakichkolwiek sygnałów typu RF przez regulator.

„Szumiące" szyny +12 V i –12 V są redukowane do +9 V i –9 V za pomocą regulatorów LM317 i LM337. Charakteryzują się one szczególnie dobrym tłumieniem tętnień i szumów. Linie ±9 V zasilają wzmacniacze operacyjne dla sekcji ADC i DAC. Należy zauważyć, że w domenach ADC i DAC znajduje się dodatkowy filtr RC, utworzony przez rezystory 10 Ω i kondensatory 47 µF, aby zapewnić izolację pomiędzy szynami zasilania ADC i DAC.

Do generowania szyny +5 V (część analogowa) użyto regulatora AZ1117H typu LDO. Jest to szyna niskoszumna, a jeśli przeanalizujemy płytkę drukowaną, to okaże się, że jest poprowadzona z dala od sekcji cyfrowej. Szyny DVDD +3,3 V i VD +2,5 V służą do celów cyfrowych i wykorzystują zwykłe, stare, dobre układy LM317.

Sztuczka z projektowaniem PCB

W przyszłym miesiącu przedstawimy projekt płytki drukowanej, wraz z instrukcją jej montażu, testowania i okablowania. Jest jednak kilka rzeczy związanych z parametrami, które należy wziąć pod uwagę przy rozkładzie płytki drukowanej, o których krótko wspomnimy zanim się pożegnamy.

Z zasilaczem na dole, wszystkie sygnały cyfrowe i zasilania biegną po lewej stronie płytki, a sygnały niskoszumne i analogowe po prawej. Jest to celowe, aby zachować izolację pomiędzy tymi domenami.

Sekcja zasilaczy impulsowych, która generuje linie –12 V i +6,5 V, ma osobną płaszczyznę masy. Na jej wyjściu znajdują się końcowe filtry 47 µH/100 µF. Następnie jest zworka z „szumiącej masy" na wejściu do większej płaszczyzny masy dla regulatorów liniowych. Ma to na celu uniknięcie sytuacji, w której prąd w „zaszumionej masie" przesyła szum do reszty układu.

Po lewej stronie płaszczyzny masy znajduje się również pionowe nacięcie, które izoluje sekcję cyfrową od zasilaczy. Dzięki temu układy cyfrowe pracują w płaszczyźnie masy w znacznym stopniu odseparowanej od sekcji analogowej, a „połączenie" znajduje się wokół wyjścia DVDD +3,3 V.

Celem jest uniknięcie przenikania szumu przez układy cyfrowe na analogową płaszczyznę masy.

Płaszczyzna masy znajduje się na prawie całej górnej powierzchni płytki (dolna pod sekcją cyfrową), a masa wypełnia praktyczne wszystkie wolne miejsca.

Mamy więc tutaj szereg niskoszumnych, starannie izolowanych zasilaczy, które są rozmieszczone w taki sposób, aby zminimalizować zakłócanie części analogowych jakimkolwiek szumem przełączania lub cyfrowym.

W następnym miesiącu

Po raz kolejny, niestety, zabrakło nam miejsca. W trzecim i ostatnim artykule w przyszłym miesiącu przedstawimy wszystkie szczegóły konstrukcyjne, plus procedury testowe na każdym etapie budowy, aby upewnić się, że wszystko działa poprawnie, zanim przejdziemy do następnego kroku.

Następnie omówimy końcowy zestaw testów; jak pobrać, zainstalować i skonfigurować sterowniki USB oraz kilka przydatnych informacji na temat korzystania z gotowego urządzenia. ■

Phil Prosser

Adaptacja do wydania polskiego – Andrzej Nowicki

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

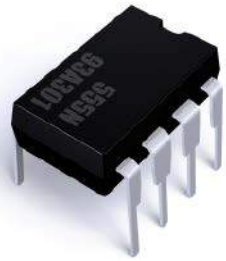
REKLAMA

Publikujemy dla projektantów i programistów elektroniki. Odwiedź

ELPORTAL.pl

eprasa.pl c7783582f9

Poznawanie IC555 dzięki eksperymentom, część 2



W pierwszej części artykułu, którego celem jest bliższe poznanie układu scalonego IC555, pokazaliśmy sześć prostych eksperymentów. Aczkolwiek podobnych, pochodnych obwodów można mnożyć, w bieżącej części chcemy pokazać 6 kolejnych modyfikacji, które przybliżą możliwości tego układu scalonego.

IC555 jest układem bardzo prostym. Zawiera dwa komparatory analogowe, dzielnik napięcia, przerzutnik R-S, stopień wyjściowy „output stage" oraz tranzystor przewidziany do rozładowywania zewnętrznego kondensatora. Dlatego wyjście stanowiące kolektor tego tranzystora nazwano DISCHARGE. Niekoniecznie tak musi być. Pokazane dalej aplikacje nie są konwencjonalne. Pokazują szersze możliwości układu aniżeli przewidział jego konstruktor. We wszystkich przykładach, 555 pracuje w jednym z trzech podstawowych trybów: multiwibratora monostabilnego, astabilnego lub bistabilnego. Także, podobnie jak we wcześniejszych eksperymentach, aktualny stan timera sygnalizowany jest zewnętrzną diodą LED. Eksperymentujemy na uniwersalnej płytce stykowej, co jest bardzo wygodne jeśli cel układu jest jedynie edukacyjny lub ma służyć dobrej zabawie. Poniższe przykłady są bardziej zaawansowane aniżeli pokazaliśmy w pierwszej części i każdy z nich wykorzystuje dwie kostki 555. Źródłem zasilania jest bateria lub zasilacz z zakresu 5 V do 9 V (aczkolwiek zgodnie z katalogiem, może to być napięcie od 4,5 V do 15 V

Eksperyment 7

W tym przykładzie oba 555 pracują w konfiguracji przerzutnika bistabilnego. Schemat połączeń pokazuje **rysunek 7**. Nietypowe jest podłączenie diod LED, między wyjście Q jednego timera 555 i DISCHARGE drugiego. W szereg z każdą diodą jest rezystor 470 Ω ograniczający prąd diody świecącej. W trybie bistabilnym IC555, timer nie odmierza żadnego czasu, nie potrzeba wtedy zewnętrznego kondensatora i standardowo pin 7 jest niewykorzystany.

Po włączeniu zasilania obie diody LED12 i LED13 powinny zostać wygaszone. Po naciśnięciu switcha S9 powinna zaświecić LED12. Z kolei po naciśnięciu S10 dioda ta powinna zgasnąć. Podobnie powinien zachować się IC13. Po naciśnięciu S11 powinien zaświecić diodę LED13, a po naciśnięciu S12 powinien ją zgasić. Ale pod warunkiem, że Flip-Flop w IC12 jest cały czas ustawiony w stan Reset.

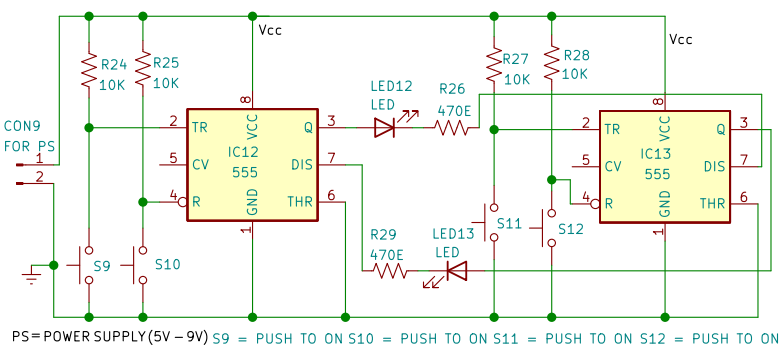
Jeśli naciśniemy najpierw S9 a następnie S11, oba przerzutniki zostaną ustawione w stan SET, ale diody LED12 i LED13 powinny zgasnąć. Takie zachowanie uwarunkowane jest tym, że wysokiemu stanowi wyjścia Q towarzyszy stan wysokiej impedancji wyjścia DISCHARGE. A diody włączone są naprzemiennie między Q (n. 3) i DIS (n. 7). Jeśli teraz naciśniemy S10, powinna zaświecić LED13. I można ją zaświecać i gasić przyciskami S9 i S10. Układ dwóch IC555 jest symetryczny, więc podobnie można zaświecać i gasić LED12 przyciskami S11 i S12. Jednak w takim układzie nie można nigdy zaświecić równocześnie obu diod LED12 i LED13.

Eksperyment 8

W eksperymencie 8 wyodrębniono dwie opcje, czyli są to w zasadzie dwa oddzielne ćwiczenia. W układzie z **rysunku 8a** oba timery pracują w konfiguracji multiwibratora astabilnego. Oba obwody są identyczne, a jedyną różnicą jest różna wartość pojemności kondensatorów C5 i C6. Niesymetrię wprowadza także obecność diody D1, przez którą niski stan Flip-Flop-a w IC14 rozładowuje pojemność C6. Bez tej diody oba multiwibratory pracowałyby asynchronicznie, tu jednak wystąpi zjawisko wzajemnej synchronizacji. Diody LED14 i LED15 informują o stanie każdego timera. Dioda świeci, jeśli jest on w stanie wysokim, czyli SET. Jakiego zachowania, świecenia obu diod LED należy się tu spodziewać?

Multiwibrator z IC14 będzie pracował swoim rytmem. To znaczy, nie ma na niego wpływu praca timera IC15. Nietrudno przeliczyć z jaką częstotliwością i z jakim wypełnieniem będzie mrugała dioda LED14. Stała czasowa „w górę", tzn. ładowania C5 jest dwukrotnie dłuższa niż stała czasowa „w dół". Wynika to z faktu sumy rezystancji R30 i R31, które są jednakowe (po 10 kΩ). Przedział histerezy jest ten sam (między 1/3 i 2/3 Vcc), zatem czas świecenia LED14 będzie dwukrotnie dłuższy aniżeli czas wygaszenia tej diody. Czyli PWM=66%, a częstotliwość wyjdzie ok. 5 Hz. A co z diodą LED15? Łatwo dojść do wniosku, że powinna świecić cały czas. Przerzutnik w IC15 będzie cały czas ustawiony i nie ma szans na zresetowanie. Wynika to nie tylko z faktu większej pojemności C6 ale także z tego, że większy przedział histerezy „musi zaliczyć" zanim przekroczony zostanie próg górnego komparatora Threshold. Praca multiwibratora IC14 na tyle często będzie „resetowała" ładunek na C6, że ów górny próg histerezy timera IC15 nie zostanie nigdy osiągnięty.

Ale autor zadaje tu ciekawsze pytanie. Jakie będzie zachowanie układu, jeśli odwrócimy biegunowość diody D1? Nie chodzi o jej obrócenie i zamianę anody z katodą. Chodzi o odwrócenie niesymetrii między pracą timera IC14 i IC15. Czyli anodę D1 łączymy na dodatni biegun C5 a katodę do nogi 7 IC15. Ta zmiana jest praktycznie równoważna zamianie pojemności C5 i C6. Teraz sytuacja jest nieco trudniejsza do przewidzenia. Co prawda stałe czasowe ładowania i rozładowania C6 są dłuższe, ale w pracy timera IC14 szerszy jest przedział



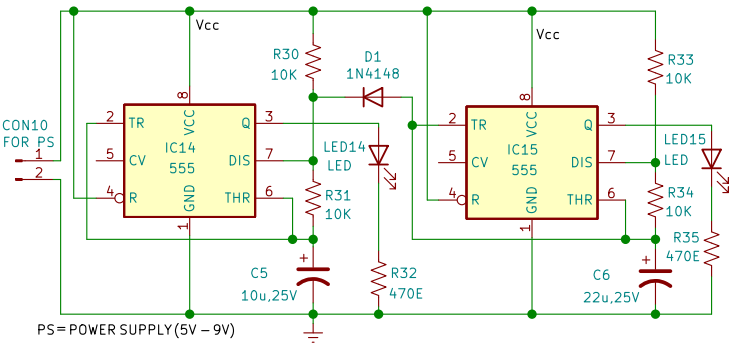
Rysunek 7. Schemat obwodu dla eksperymentu 7

eprasa.pl c7783582f9

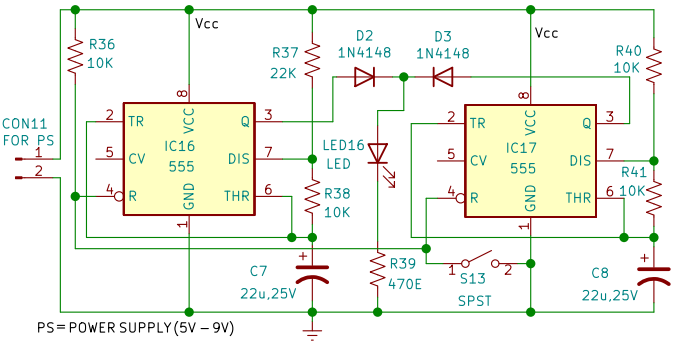
histerezy, który układ musi pokonać, aby przestawić stan swojego przerzutnika. Czy teraz czasu wystarczy? Nietrudno to przeliczyć, aczkolwiek należy rozpocząć od spostrzeżenia, iż swoim „nienaruszonym" rytmem będzie pracował multiwibrator IC15. To znaczy, praca IC15 wpływa na IC14 ale nie odwrotnie. Można wykorzystać wcześniejsze szacunkowe obliczenia aby stwierdzić, że LED15 będzie mrugała z częstotliwością ok. 2,2 Hz i z wypełnieniem 66%. A co z LED14? Na pewno można stwierdzić, że praca timera IC14 nie będzie asynchroniczna. Dosynchronizuje się do IC15. A więc częstotliwość IC14 będzie taka sama jak IC15. A co z wypełnieniem? A może teraz też LED14 będzie świeciła non stop, jak wcześniej LED15? O ile wcześniej łatwo było przewidzieć, że „zależny" multiwibrator (IC15) nie miał szans na zresetowanie, to teraz – przynajmniej takie szanse są. I trzeba to przeliczyć.

Niski stan Flip-Flop-a w IC15 rozładowuje C5. Jeśli zaniedbamy napięcie złączowe diody D1 i nasycenia tranzystora „discharge", to powiemy – rozładowuje do zera. Zatem, stan SET IC14 jest wymuszony niskim stanem wyjścia Q i DIS IC15. Wysoki stan IC15 uwalnia pracę timera IC14. Aby zdążył on się zresetować, napięcie na C5 musi dojść do poziomu 2/3 Vcc. Kondensator ten ładowany jest ze stałą czasową C5×(R30+R31). Lecz istotny jest tu punkt startu. Nie od 1/3 Vcc, lecz od poziomu napięcia bliskiego zeru. Zatem, potrzebny jest czas (na zresetowanie IC14): C5×(R30+R31)×ln3= 10 μF×20 kΩ×ln3=0,2 s×ln3.

Tyle potrzeba. A ile czasu jest dane? To znaczy ile czasu jest dane zanim wyjście DIS w IC15 rozładuje ponownie C5 do zera? Ten czas, to stan wysoki multiwibratora IC15, czyli jego stała czasowa ładowania przemnożona przez ln2. (R33+R34)×C6×ln2=20 kΩ ×22 μF×ln2. Tutaj mamy dłuższą stałą czasową wynikającą z większej pojemności C6, ale krótszy przedział histerezy między poziomami 1/3 i 2/3 Vcc. To objawia się współczynnikiem ln2, a wyżej było ln3. Należy zatem stwierdzić, czy stosunek C6/C5 stanowi „większy wkład" aniżeli histereza. ln3/ln2=1,1/0,69=1,6. Widać, że to mniej niż 2,2 (22 μF/10 μF). A więc IC14 zdąży się zresetować. W układzie z rysunku 8a stwierdziliśmy, że LED15 będzie świeciła cały czas. A teraz odpowiadamy na pytanie autora, co będzie po „obróceniu" diody D1. Stwierdzamy, że LED14 będzie mrugała synchronicznie z LED15. Synchronicznie to znaczy, że z taką samą częstotliwością. A z jakim wypełnieniem? Czas wygaszenia będzie krótki, równy różnicy (R33+R34)×C6×ln2–(R30+R31)×C5×ln3. Po podstawieniu danych liczbowych okaże się, że czas zgaszenia LED14 powinien wynieść ok. 85 milisekund. Ale czy na pewno? Czy



Rysunek 8a. Pierwsza część eksperymentu 8



Rysunek 8b. Druga część eksperymentu 8

F-F w IC14 zostanie przestawiony do pozycji SET za pośrednictwem diody D1 gdy wyzeruje się F-F w IC15, czy też wcześniej „sam się przestawi"? Trzeba te czasy porównać. Stan niski niezakłóconej pracy multiwibratora IC14, to stała czasowa R31×C5 przemnożona przez ln2 (co wynika z przedziału histerezy między 1/3 i 2/3 Vcc). R31=10 kΩ i C5=10 μF, co daje wartość 69 milisekund. To mniej niż wcześniej obliczone 85 milisekund. A więc IC14 wcześniej przestawi „się sam", po 69-ciu milisekundach. Wobec okresu 455 ms (częstotliwości 2,2 Hz) PWM mrugania LED14 wyniesie ok. 85%. LED15 mruga z „nienaruszoną" częstotliwością timera IC15, czyli 2,2 Hz/66%. Dla pełnej analizy należałoby jeszcze odpowiedzieć na pytanie, jak są na siebie nałożone obydwa timingi mrugania diod LED14 i LED15? I tu wystarczy spostrzeżenie, w którym momencie występuje synchronizacja obu multiwibratorów. A jest to moment wyzerowania Flip-Flop-a w IC15. Ten moment gasi LED15, ale LED14 zapaliła się nieco wcześniej. Ten offset to różnica czasów 85 ms i 69 ms=16 ms. Nie mniej, za moment synchronizacji należy uznać rozładowanie C5 za pośrednictwem D1. I od tego momentu należy odmierzyć obliczone wcześniej wypełnienia PWM (66% dla LED15 i 85% dla LED14) z uwzględnieniem offsetu 16 ms.

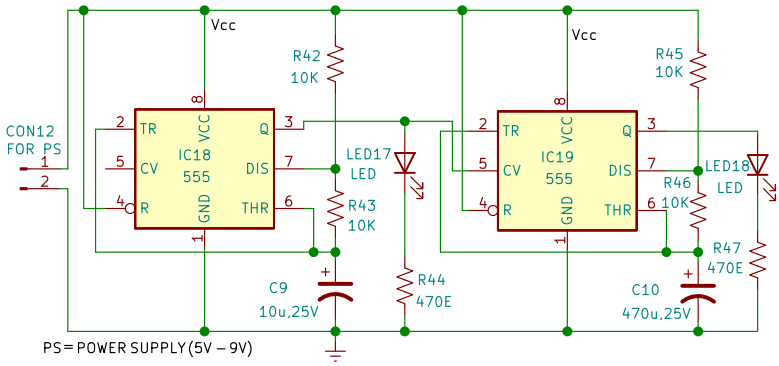
Przedstawione tu rachunki są dopiskiem „od redakcji EdW" względem oryginalnego tekstu. Dlatego że warto to zrobić!, jeśli bawimy się w proponowane przez autora eksperymenty z udziałem dwu timerów IC555. Przedstawione wartości elementów odczytane ze schematów nie stwarzają warunków trudnych do przeliczenia. Ale warto zadać też dalsze pytanie. Jak będzie wyglądała praca synchronizowanych wzajemnie multiwibratorów ze schematu 8a, jeśli stosunek pojemności C6/C5 nie będzie na poziomie 2,2, ale jeśli będzie większy lub dużo większy od tej wartości? Zadanie proponujemy dociekliwym Czytelnikom. W końcu, jeśli się bawić, to się bawić!

W eksperymencie 8 autor proponuje jeszcze modyfikację schematu jak na rysunku 8b.

Tutaj obydwa timery IC555 odrutowane są dla pracy jako multiwibrator astabilny. Obydwa są niezależne i nie ma tu wzajemnej synchronizacji. Poza faktem, że jest „wspólny start". Można to uznać za synchronizację stanu początkowego. Jednak od tego momentu praca obydwu multiwibratorów może „się rozjeżdżać". Różnica w pracy timera IC16 i IC17 polega jedynie na różnej wartości rezystora R37 względem R40. IC17 jest „szybszy". Nie ma natomiast bezpośredniej indykacji stanu każdego timera. Jest wspólna dioda LED16, która pokazuje sumę logiczną stanów Q jednego i drugiego multiwibratora. Pytanie jest takie jak wcześniej. Jaka będzie indykacja tej diody LED?

Zwarcie styków S13 resetuje obydwa przerzutniki i wtedy na pewno LED16 będzie wygaszona. Jednak od momentu rozwarcia tego switcha, praca obu multiwibratorów będzie asynchroniczna z różną częstotliwością i różnym wypełnieniem. PWM IC17 będzie na poziomie 66% wobec równości rezystorów R40 i R41.

eprasa.pl c7783582f9



Rysunek 9. Schemat dla eksperymentu 9

Równość pojemności C7 i C8 niewiele wnosi. PWM timera IC16 powinien być na poziomie 76%, co odpowiada stosunkowi rezystora R37+R38 względem R38. Wypełnienie mrugania LED16 nie może być mniejsze od tej wartości. Autor proponowanego eksperymentu sugeruje, iż w tym przypadku LED16 zaświeci non stop i praca dwóch astabilnych multiwibratorów objawi się jak praca jednego przerzutnika bistabilnego. Nie jest to jednak prawdą. Asynchroniczność obu generatorów sprawi, iż niewątpliwie wystąpią nieregularne momenty przygasania LED16. Zwarcie S13 zgasi diodę. Puszczenie tego switcha natychmiast ją zaświeci. Lecz po pewnym czasie praca obu generatorów w pełni się rozsynchronizuje. Przygasanie diody LED16 nie będzie regularne i będzie sprawiało wrażenie przypadkowości. Ale nadal można zadać pytanie o statystyczne wypełnienie PWM. Co jest zadaniem o wiele trudniejszym, aniżeli pokazywał eksperyment 8a.

Eksperyment 9

W tym eksperymencie także wykorzystano dwa timery 555. Oba odrutowano do pracy jako multiwibratory astabilne. Wartości rezystorów wyznaczających stałe czasowe także są takie same. Jedynie C10 jest dużo większej pojemności aniżeli C9. Dwie diody LED pokazują stany Q przerzutników każdego z oscylatorów. Jeśli pracowałyby niezależnie, LED18 będzie mrugać wolno, a LED17 szybko. Wypełnienia świecenia obu diod LED powinny być jednakowe (na poziomie 66%). Sprzężenie między oboma multiwibratorami jest tu bardziej skomplikowane i inne aniżeli we wszystkich poprzednich przykładach. Można powiedzieć, iż IC19 nie ingeruje w pracę IC18, czyli ten pracuje zgodnie ze swoim standardowym timingiem (w konfiguracji przerzutnika astabilnego). W drugą stronę ingerencja jest silna. Wykorzystano tu wejście CV (noga 5). To Control Voltage, wyprowadzenie rzadko wykorzystywane. Standardowo należy tu podłączyć niewielkiej pojemności kondensator względem masy (na poziomie 0,01 µF).

Potencjał Control Voltage, to wprost napięcie wejścia odwracającego górnego komparatora (Threshold), oraz po podzieleniu przez 2, napięcie wejścia nieodwracającego komparatora dolnego (Trigger). W tym układzie przedział histerezy jest zdecydowanie różny od standardowych 1/3 Vcc i 2/3 Vcc, które wnosi wewnętrzny dzielnik rezystancyjny. I taka modyfikacja nastąpi w timerze IC19. A jak, wobec tego, timer ten się zachowa?

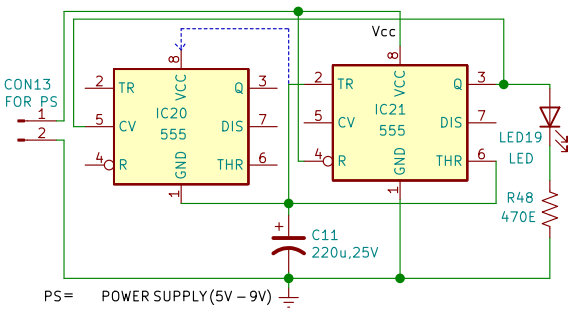
Zacznijmy od stwierdzenia, że IC18 będzie oscylował z częstotliwością bliską 5 Hz i wypełnieniem 66%. I to pokaże dioda LED17. Jeśliby odłączyć „na chwilę" nogę 5 IC19, ten oscylowałby z takim samym wypełnieniem, ale bardzo wolno. Z okresem ok. 10 sekund. I to pokazałaby dioda LED18. A jak będzie w układzie z **rysunku 9**?

Nietrudno wydedukować, iż IC18 „przejmie kontrolę" nad IC19 na tyle, że obie diody będą mrugać synfazowo i szybko (5 Hz). Inercja C10 z rezystorami R45 i R46 jest na tyle duża, że napięcie na C10 będzie praktycznie stałe, bliskie połowy zasilania. Ale i tu mogą wystąpić zakłócenia, jeśli wyjście Q IC18 będzie miało „słabą jedynkę". To znaczy, gdy stan wysoki będzie znacząco poniżej zasilania Vcc. Wtedy LED17 będzie mrugała swoim rytmem jak oszacowaliśmy wyżej. LED18 będzie podążała za tym rytmem, ale może gubić impulsy. Napięcie na C10 będzie się obniżało, aż połowa stanu wysokiego Q z IC18 będzie wyższa od Trigger IC19 i zostaną przywrócone warunki poprawnej pracy dolnego komparatora w IC19. Wtedy stan wyjścia Q IC19 powieli wyjście Q z IC18 i diody LED17 i LED18 będą mrugały równocześnie.

Ale autor zadaje następne pytanie. Jak zmieni się sytuacja, gdy zlikwidujemy połączenie pin-3 IC18 z pin-5 IC19, a wykonamy połączenie „symetryczne" – pin-3 IC19 z pin-5 IC18? Sytuacja ta jest równoważna zamianie pojemności C9 i C10. Nietrudno stwierdzić, że praca IC19 nie będzie zakłócona i LED18 będzie mrugała „swoim rytmem" bardzo wolno. Timer IC18 nie będzie podążał za „swoim kompanem" IC19, lecz jego praca będzie silnie modulowana napięciem na nóżce 5. Multiwibrator ten będzie oscylował, a decydujące będzie na ile stan niski Q IC19 leży powyżej zera wolt i na ile stan wysoki jest niższy od zasilania Vcc.

Eksperyment 10

Układ z **rysunku 10** jest wyjątkowo dziwny i fikuśny. IC21 jest „odrutowany" do pracy jako multiwibrator astabilny. Wyprowadzenia Trigger i Threshold połączono razem, a przedział histerezy wyznacza wewnętrzny dzielnik trzech rezystorów 5 kΩ. Timing wyznacza ładowanie i rozładowywanie pojemności C11 między poziomami komparacji 1/3 i 2/3 Vcc. I to jest – standard. Tylko że brak tradycyjnego obwodu rezystorów wyznaczających stałą czasową ładowania i rozładowania C11! Tym obwodem jest drugi IC555! Wykorzystano wewnętrzną rezystancję IC20 widzianą między CV i wyprowadzeniem masy, nogą 1 timera. Układ będzie oscylował, ponieważ dodatnie sprzężenie zwrotne jest zapewnione przez zapętlenie Q IC21 do TR i THR tego timera przez rezystancję CV-GND drugiego timera.



Rysunek 10. Schemat dla eksperymentu 10

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

Półprzewodniki:
IC12...IC27: Timery IC555
LED12...LED23: LED-y 5 mm
D1...D5: diody 1N4148

Rezystory: (wszystkie 0,25 W, ±5%)
R24, R25, R27, R28
R30, R31, R33, R34
R36, R38, R40...R43
R45, R46, R49...R52
R54, R57, R60, R63, R64: 10 kΩ
R26, R29, R32, R35
R39, R44, R47, R48
R53, R56, R59, R63: 470 Ω
R37: 22 kΩ
R55, R58, R61, R65: 47 kΩ

Kondensatory:
C5, C9: 10 µF/25 V elektrolityczny
C6...C8, C16...C19: 22 µF/25 V elektrolityczny
C10: 470 µF/25 V elektrolityczny
C11, C12, C13: 220 µF/25 V elektrolityczny

Inne:
CON9...CON16: złącze dwu-pinowe
S9...S12, S14...S17: switch „push-to-on"
S13: przełącznik ON/OFF
PS: bateria 9 V lub zasilacz 0–12 V
ponadto: uniwersalna płytka stykowa

eprasa.pl c7783582f9

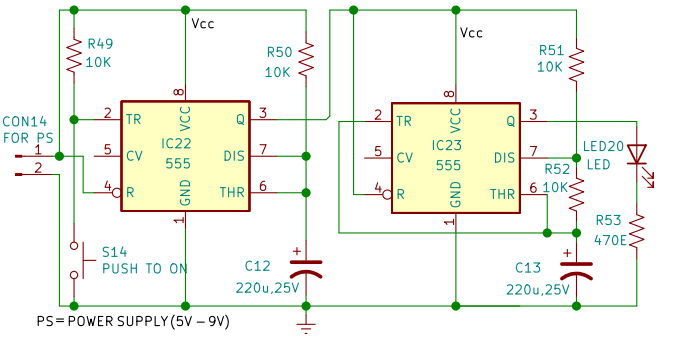
Autor proponuje także modyfikację eksperymentu 10 polegającą na przepięciu sprzężenia zwrotnego z nogi 1 (GND) na n. 8 (Vcc) IC20. Autor twierdzi, że częstotliwość mrugania LED19 wzrośnie, gdyż rezystancja widziana między n. 5 i n. 8 jest mniejsza aniżeli między n. 5 (CV) i wyprowadzeniem masy n. 1 timera 555.

Eksperyment 11

W tym ćwiczeniu jeden IC555 odrutowano do pracy jako multiwibrator monostabilny, a drugi jako astabilny. Aplikacja zewnętrznych elementów jest standardowa, i nie byłoby tu niczego dziwnego gdyby nie to, że Vcc IC23 nie podłączono do zasilania, a do wyjścia Q IC22. W obwodzie Trigger IC22 jest switch S14, którym monoflop może być wyzwolony. Elementy wyznaczające czas monoflopa to R50=10 kΩ i C12=220 μF. Stałą czasową 2,2 sekundy należy przemnożyć przez ln3 (gdyż napięcie na C startuje od zera, nie 1/3 Vcc). To czas ok. 2,5 s. Jeśli wyjście Q jest wystarczająco wydajne prądowo, przez ten czas multiwibrator IC23 może „się bujać". Ale C13 ma tą samą pojemność co C12. A rezystory R51 i R52 są tej samej wartości co R50. A więc wszystkie stałe czasowe są porównywalne i częstotliwość multiwibratora jest na tyle wolna, że przez czas monoflopa nie zdąży on „skompletować" ani jednego impulsu. Zwarcie styków S14 spowoduje prawie natychmiastowe zaświecenie diody LED20. Będzie ona świecić przez zaprogramowany czas monoflopa, po czym zgaśnie. Układ złożony z dwóch IC555 zachowa się jak jeden przerzutnik monostabilny. I tak będzie dopóki relacja C12 i C13 (i/lub R50, R51, R52) nie pozwoli multiwibratorowi IC23 na wykonanie pewnej skończonej liczby drgań. Wtedy LED20 zamruga określoną ilość razy.

Eksperyment 12

Ten eksperyment zawiera dwie opcje pokazane na **rysunku 12a** i **b**. W układzie wersji (a) oba IC555 odrutowano jednakowo, do pracy jako przerzutnik monostabilny. Jedynym niestandardowym fragmentem obwodu jest wzajemne sprzężenie obu timerów 555. Wyjście Q (n. 3) jednego sprzężone jest z Trigger (n. 2) drugiego timera przez niewielką pojemność. R54–C14 i R57–C15 stanowią krótkie człony różniczkujące. W obwodzie Trigger IC24 jest switch, którym można wyzwolić ten monoflop. Dalej obydwa timery będą wyzwalać się wzajemnie. Kiedy Q zmieni stan z wysokiego na niski, człon różniczkujący przeniesie krótki impuls tego zbocza. Stan niski na wejściu Trigger wyzwoli drugi przerzutnik monostabilny, i tak w kółko. Układ złożony z dwóch monoflopów zachowa się jak jeden multiwibrator astabilny. LED-y 21 i 22 będą mrugać naprzemiennie z tym samym czasem ok. 1 sekundy. Układ powinien tak drgać „w nieskończoność". Jednak, jeśli jakiś impuls zostanie zgubiony, układ się zatrzyma, gdyż stan spoczynku obu monoflopów jest również stanem stabilnym. Wtedy, lub po starcie zasilania układ można wyzwolić kolejnym przyciśnięciem switcha S15.



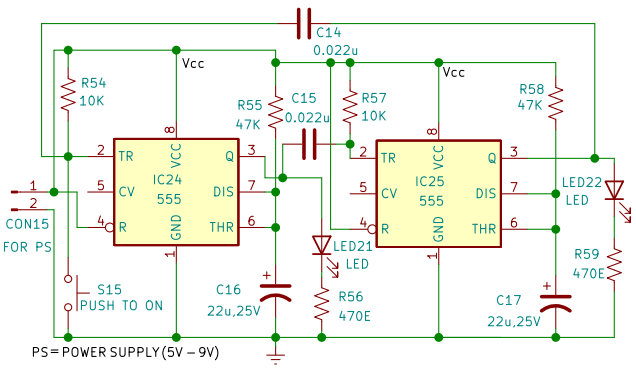
Rysunek 11. Schemat dla eksperymentu 11

Układ z rysunku 12b jest praktycznie taki sam. Jedynie inaczej wpięto diodę LED sygnalizującą stan timerów. LED23 pokazuje w istocie sumę logiczną wyjść Q obu monoflopów. IC26 i IC27 pracują tak samo jak wcześniej IC24 i IC25, wzajemnie wyzwalających się monoflopów. W tym układzie jednak LED23 będzie świeciła „światłem ciągłym". Nie rozróżnia ona bowiem, którędy jest zasilana. Na rysunku 12a oprócz switcha S16 wyzwalającego astabilną pracę dwóch przerzutników monostabilnych, umieszczono S17 zerujący oba timery. Wejście resetu jest dominujące, a puszczenie switcha S17 pozostawia oba timery w stanie reset, co jest też stanem stabilnym i może trwać dowolnie długo. Zatem, naciśnięcie S16 zaświeca LED23, a chwilowe naciśnięcie S17 gasi ją. Układ zachowa się jak przerzutnik bistabilny i po obserwacji jedynie tej diody trudno domyślić się, że w istocie zachodzi w układzie proces o wiele bardziej skomplikowany. W obu częściach tego eksperymentu 12a i 12b, pracują dwa przerzutniki monostabilne. Wersja (a) wygląda na jeden astabilny multiwibrator, a wersja (b) na jeden bistabilny.

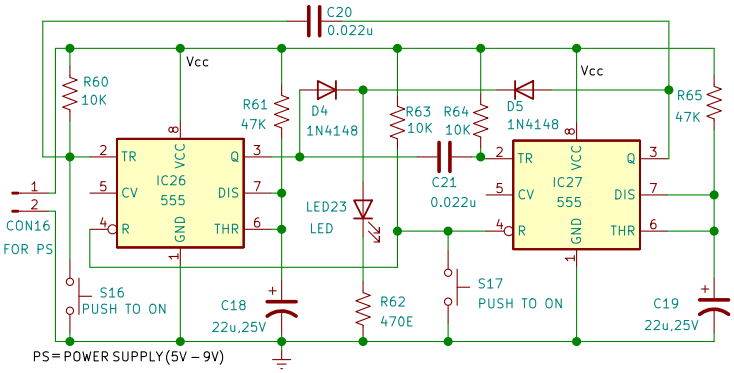
Dwanaście zaproponowanych tu ćwiczeń może być dopiero początkiem zabawy. Można wymyślać wiele podobnych eksperymentów. Wszystkie układy pokazane w pierwszej i drugiej części bieżącego opracowania zmontowano na uniwersalnej płytce stykowej unikając w ten sposób lutowania z możliwością ponownego wykorzystania elementów. Jako źródło zasilania można wykorzystać baterię 9 V lub zasilacz 0–12 V/1 A. Na wszystkich rysunkach, dla podłączenia zasilania przewidziano złącza oznaczone CON9 do CON18. ■

Rajeev Nilkanth Deshpande

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



Rysunek 12a. Schemat dla pierwszej części eksperymentu 12

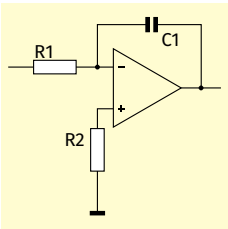


Rysunek 12b. Schemat dla drugiej części eksperymentu 12

eprasa.pl c7783582f9

Praktyczny kurs op-ampów

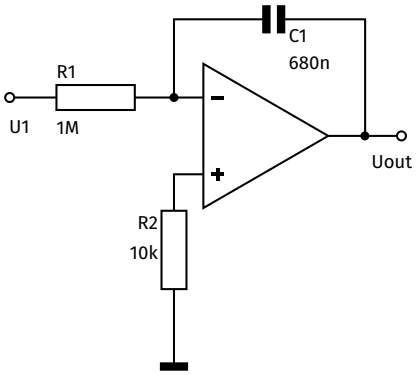
9. Układ całkujący (integrator)



Za pomocą integratora można zamienić pewną liczbę impulsów na napięcie stałe, którego wielkość jest wprost proporcjonalna do wielkości impulsów (amplitudy i ich szerokości) i do liczby impulsów w określonym czasie. Inaczej mówiąc ten układ wytwarza napięcie wyjściowe, które jest proporcjonalne do całki napięcia wejściowego po czasie.

Zasada działania integratora

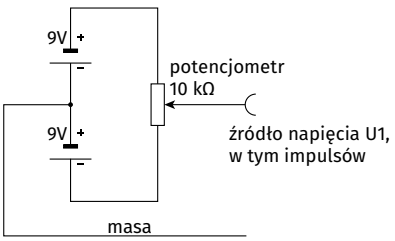
Co to jest integrator? Integrator czerpie swoje specyficzne właściwości z zastosowania kondensatora w sprzężeniu zwrotnym op-ampa. Spójrz na poniższy schemat integratora. Duży rezystor R1 (1 MΩ) znajduje się pomiędzy wejściem układu U1 a wejściem odwracającym op-ampa, a kondensator C1 sprzęga napięcie wyjściowe z wejściem odwracającym.



Podstawowy schemat integratora (© 2017 Jos Verstraten)

Uwaga! Ten układ jest bardzo wrażliwy na błędy offsetu, absolutnie konieczne jest użycie op-ampa z kompensacją offsetu! Z poprzednich odcinków tego kursu wiesz już, jak ten offset jest wykonywany.

Źródło sygnału wejściowego. Do tego eksperymentu potrzebujesz źródła, które będzie wytwarzać dodatnie lub ujemne napięcie U1. Najprostszym sposobem jest użycie dwóch baterii 9 V, które łączysz szeregowo. Do tych baterii podłączasz potencjometr o wartości 10 kΩ. Obracając suwak potencjometru możesz ustawić napięcie w zakresie od +9 Vdc do −9 Vdc. Następnie wystarczy, że połączysz węzeł między dwoma bateriami z masą GND płytki stykowej. Jeśli teraz do węzła U1 dołączysz przewód i drugim jego końcem będziesz dotykał do zacisku suwaka potencjometru, to uzyskasz generator impulsów. Możesz ustawić amplitudę i polaryzację impulsu za pomocą potencjometru, a jego szerokość możesz zmieniać poprzez zmianę czasu kontaktu przewodu z zaciskiem suwaka potencjometru.



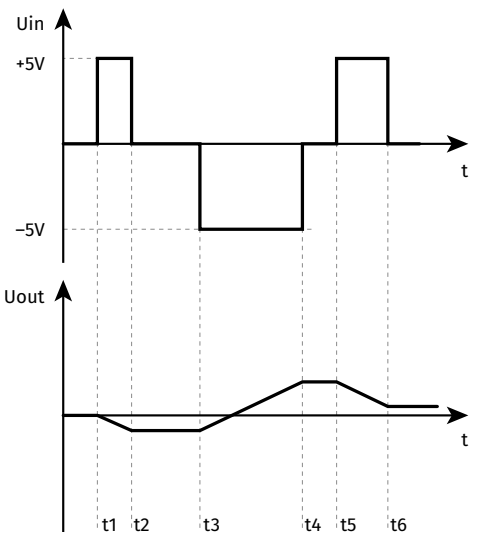
Wytwarzanie dodatnich lub ujemnych impulsów napięcia (© 2017 Jos Verstraten)

Integrator na twojej płytce eksperymentalnej. Zbuduj na płytce stykowej układ integratora według podstawowego schematu, uzupełniając go zasilaniem op-ampa i obwodem kompensacji offsetu. Między węzeł Uout i masę włącz woltomierz wskazówkowy. Na wejście U1 podłącz przewód, który wykorzystasz do podawania impulsów z opisanego wyżej źródła sygnału wejściowego.

Eksperymentowanie z obwodem. Podłącz miernik wskazówkowy pomiędzy masę GND płytki a punkt pomiarowy Uout. Zjawiska włączania mogą spowodować, że napięcie wyjściowe przyjmie wartość odbiegającą od zera. W takim przypadku należy na krótko zewrzeć kondensator, co spowoduje, że napięcie wyjściowe spadnie do zera i pozostanie na tej wartości. Obróć suwak potencjometru źródła sygnałów tak, aby na suwaku pojawiło się dodatnie napięcie. Teraz dotknij na suwaku potencjometru koniec przewodu, który drugim końcem podłączyłeś do zacisku U1. Napięcie Uout będzie powoli rosnąć w kierunku ujemnym. Możesz to pięknie obserwować na analogowym mierniku wyjściowym. Po odłączeniu potencjometru napięcie na wyjściu pozostaje na stałym poziomie ostatniej zmierzonej wartości. Teraz obracaj suwak potencjometru, aż pojawi się na nim ujemne napięcie. Ponownie nawiąż kontakt suwaka z przewodem idącym do wejścia integratora. Napięcie wyjściowe znów będzie powoli zmieniać wartość, ale teraz w przeciwnym kierunku.

Graficznie ładnie przedstawia to poniższy rysunek.

Powtórz eksperymenty z innymi wartościami wielkości skoku napięcia. Zauważ, że szybkość zmian napięcia na wyjściu zależy od amplitudy skoku napięcia na wejściu. Zauważ dalej odwracający charakter obwodu: dodatni skok na wejściu wywołuje napięcie na wyjściu rosnące w kierunku ujemnym!

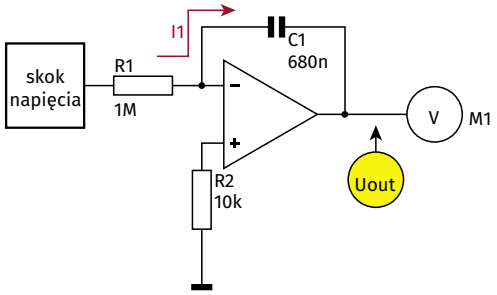


Zachowanie obwodu podsumowane graficznie (© 2017 Jos Verstraten)

eprasa.pl c7783582f9

Działanie integratora. Podając na wejście napięcie, wysyłamy przez rezystor R1 prąd I. Ponieważ wejście dodatnie op-ampa jest na potencjale masy, wejście odwracające również będzie miało potencjał masy. Wielkość prądu zależy tylko od wartości R1 i od wielkości napięcia wejściowego. Rezystancja wejściowa op-ampa jest bardzo duża, więc prąd I może płynąć tylko przez kondensator do wyjścia układu.

Być może wiesz, że kondensator, przez który przepływa stały prąd, wytwarza liniowo rosnące (lub malejące) napięcie na swoich okładkach. Tak też jest w tym przypadku. Prąd I jest stały tak długo, jak długo nie zmieniamy napięcia wejściowego. Lewa okładka kondensatora jest na potencjale masy (wirtualne zero). Napięcie na prawej okładce, a więc na wyjściu układu, będzie rosło lub spadało liniowo. Integrator jest, że tak powiem, obwodem, który pamięta, jakie napięcie było na wejściu przez dany czas.

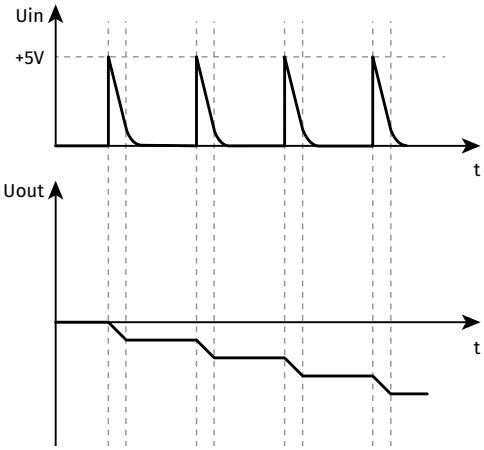


Przepływ prądu I powoduje powstanie napięcia na wyjściu (© 2017 Jos Verstraten)

Czy napięcie na wyjściu pozostaje stałe? Można by oczekiwać, że napięcie na wyjściu pozostanie stałe, jeśli nie jest podawane żadne napięcie wejściowe. W teorii jest to prawda. W praktyce jednak może się okazać, że napięcie wyjściowe zaczyna bardzo powoli spadać lub rosnąć. Po pierwsze, jest to spowodowane prądem upływu kondensatora. Po drugie, charakterystyka wzmacniaczy operacyjnych nie jest tak idealna, jak wygodnie zakładamy. Pomiędzy wejściem odwracającym a wyjściem znajduje się wprawdzie bardzo duża, ale jednak jakaś rezystancja. Przez tę rezystancję równoległą do pojemności będzie zachodził powolny proces rozładowania pojemności. Po trzecie, offset, który nie jest w pełni skompensowany, spowoduje powolny spadek lub wzrost napięcia wyjściowego.

Aplikacje integratorów

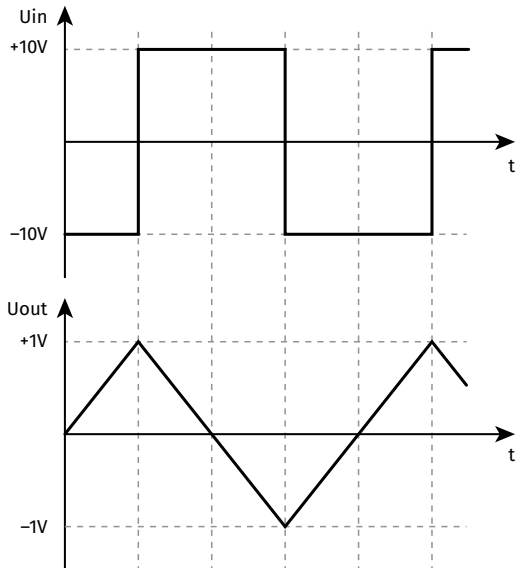
Zamiana liczby impulsów na napięcie proporcjonalne. Za pomocą układu całkującego możesz zamienić liczbę impulsów na napięcie stałe, którego wielkość jest wprost proporcjonalna do liczby impulsów w określonym czasie. Poeksperymentuj z obwodem za pomocą poniższego wykresu, a zobaczysz!



Przekształcanie impulsów na jednakowej szerokości napięcie stałe (© 2017 Jos Verstraten)

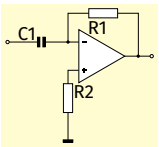
Jeśli zmierzysz napięcie wyjściowe po dziesięciu sekundach, to napięcie to jest miarą tego, ile (jednakowo szerokich) impulsów podałeś na wejście w ciągu tych dziesięciu sekund.

Konwerter przebiegu prostokątnego w trójkątny. Na poniższym rysunku przedstawiono graficznie inne zastosowanie integratora. Jeśli zastosujesz przebieg prostokątny na wejściu, możesz uzyskać przebieg trójkątny na wyjściu. Możesz to również ustalić doświadczalnie, obracając suwak potencjometru szybko tam i z powrotem, naśladując falę prostokątną.



Przekształcanie fali prostokątnej w napięcie trójkątne (© 2017 Jos Verstraten)

10. Układ różniczkujący

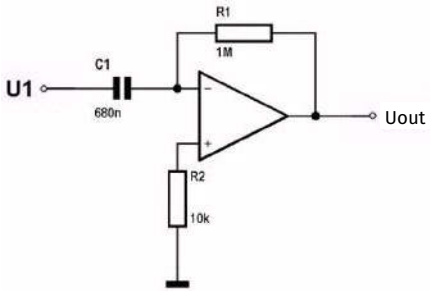


Układ różniczkujący to obwód, którego napięcie wyjściowe jest wprost proporcjonalne do szybkości zmiany wartości napięcia wejściowego. Jeżeli do wejścia tego układu przyłożymy napięcie stałe, to napięcie wyjściowe będzie równe zeru. Jeśli napięcie wejściowe zmienia wielkość bardzo szybko, to osiągniemy duże napięcie wyjściowe. Inaczej mówiąc, sygnał wyjściowy jest pochodną sygnału wejściowego.

Zasada działania układu różniczkującego

Schemat układu. Podstawowy schemat układu różniczkowego ze wzmacniaczem operacyjnym jest narysowany na poniższym rysunku. Kondensator C1 jest włączony pomiędzy wejście i wejście odwracające op-ampa. Wyjście jest doprowadzone zwrotnie do tego wejścia odwracającego za pomocą dużego rezystora. Wejście dodatnie poprzez rezystor R2, jest połączone z masą.

eprasa.pl c7783582f9

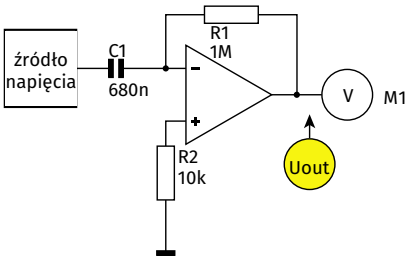


Podstawowy schemat działania układu różniczkującego (© 2017 Jos Verstraten)

Zbuduj układ różniczkujący na swojej płytce doświadczalnej. Zbuduj na swojej płytce doświadczalnej układ różniczkujący zgodnie z podanym schematem dla wartości komponentów jak poniżej:

- C1 = 680 nF
- R1 = 1 MΩ
- R2 = 10 kΩ

Podłącz punkt pomiarowy M1 do swojego miernika wskazówkowego, a wejście do źródła napięcia stałego, które możesz ustawić za pomocą potencjometru. Może to zabrzmi dziwnie i staroświecko, ale do tego eksperymentu lepiej użyć miernika wychyłowego. Wskazówka tego przyrządu lepiej reaguje na impulsy napięcia występujące w tym eksperymencie niż losowo zmieniające się cyfry miernika cyfrowego.



Schemat układu do eksperymentów (© 2017 Jos Verstraten)

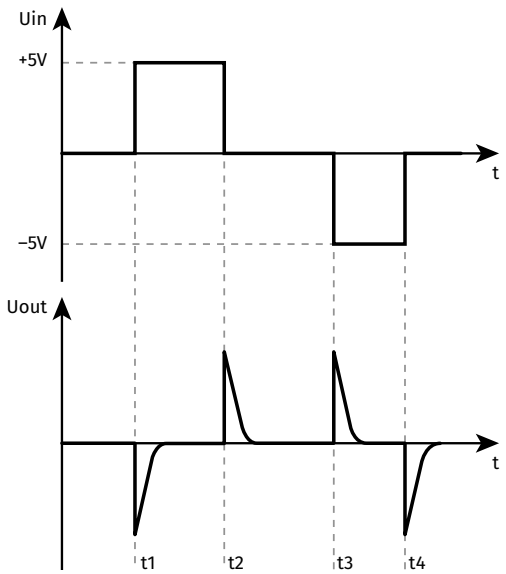
Działanie układu. Gdy układ jest włączony, wyjście pokazuje zero woltów. Teraz obracaj suwak potencjometru, który określa wartość napięcia wejściowego, i obserwuj reakcję miernika. Przy każdym obrocie suwaka potencjometru zobaczysz, że miernik na krótko zareaguje. Jeśli zostawisz potencjometr w spokoju, wyjście wróci do zera. Im szybciej kręcisz potencjometrem, czyli innymi słowy im szybciej zmieniasz wartość napięcia wejściowego, tym większe jest wychylenie miernika i tym większe napięcie wyjściowe generowane przez układ różniczkujący.

Tak więc działanie to w pełni spełnia definicję układu różniczkowego!

Drugi eksperyment. Co można zrobić z takim, na pierwszy rzut oka, dość dziwnym układem w praktyce? Można na przykład wykorzystać go do wykrywania nagłych skoków napięcia. Podłącz ujemny biegun baterii 9 V do masy obwodu. Używając przewodu, podłącz na krótko wejście uładu do dodatniego bieguna baterii 9 V. Wyjście reaguje błyskawicznie i generuje wąski ujemny impuls. Możesz to zauważyć w szybkim i znacznym odczycie miernika. Jeśli na wejście jest podany skok dodatni, to napięcie wyjściowe wygeneruje impuls ujemny. W układzie występuje więc efekt inwersji, co nie powinno Cię dziwić, ponieważ napięcie wejściowe jest podłączone do wejścia odwracającego op-ampa!

Graficzne przedstawienie działania układu różniczkowego. Na poniższym rysunku przedstawiono graficznie działanie układu. Widać dwa wykresy przedstawiające przebiegi odpowiednio napięcia wejściowego i wyjściowego w funkcji czasu. Czas przedstawiony jest na osi poziomej, napięcia na osiach pionowych.

Jeśli napięcie wejściowe nagle wzrośnie z 0 V do +5 V (czas t1), na wyjściu pojawi się wąski ujemny impuls napięcia. Jeśli napięcie wejściowe ponownie przejdzie z +5 V do 0 V (czas t2), na wyjściu pojawi się równie wąski impuls napięcia dodatniego. Jeśli w czasie t3 napięcie wejściowe przejdzie do −5 V, to na wyjściu znów pojawi się dodatni impuls. Oczywiście układ różniczkujący reaguje impulsem ujemnym, gdy napięcie wejściowe wraca do 0 V w czasie t4.

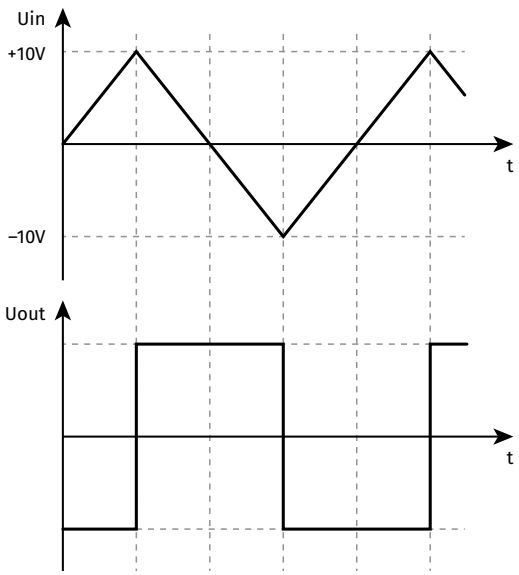


Napięcie wejściowe i wyjściowe układu różniczkowego przedstawione graficznie (© 2017 Jos Verstraten)

Aplikacje

Wykrywanie wąskich impulsów sygnałowych. Układy różniczkujące są często stosowane w elektronice. Był to podstawowy układ, który zapewniał, że twój stary analogowy telewizor kineskopowy generował stabilny, nieruchomy obraz. W momencie, gdy wiązka elektronów miała wrócić do lewej krawędzi lampy obrazowej, w sygnale wideo zapisywany był niewielki impuls (synchronizacja linii), który wykrywany był przez układ różniczkujący.

Drugim przykładem zastosowania jest „splash suppressor" używany do tłumienia szumów powodowanych przez zarysowania i cząsteczki



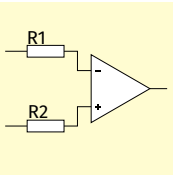
Przekształcanie napięcia trójkątnego na napięcie prostokątne za pomocą układu różniczkowego (© 2017 Jos Verstraten)

eprasa.pl c7783582f9

kurzu na płytach winylowych. Gwałtowna zmiana napięcia w sygnale dźwiękowym spowodowana przez rysę lub cząstkę kurzu jest odfiltrowywana z sygnału dźwiękowego przez układ różniczkujący. Napięcie wyjściowe tego układu wyłącza następnie na krótko wzmacniacz, dzięki czemu rysa nie wydaje się już tak niepokojąca.

Konwersja przebiegu trójkątnego na prostokątny. Poniższy rysunek przedstawia inne zastosowanie układu różniczkowego, a mianowicie przekształcanie przebiegów trójkątnych w prostokątne. Przy określonej częstotliwości i wielkości trójkąta, na wyjściu układu różniczkowego powstanie napięcie prostokątne, które jest symetryczne względem zera. To zachowanie jest również proste do wyjaśnienia. Sygnał trójkątny zmienia się liniowo w czasie. To znaczy, spadek lub wzrost napięcia pozostaje stały w jednostce czasu. Układ różniczkujący reaguje na tę stałą zmienność napięcia, generując stałe napięcie.

11. Komparator

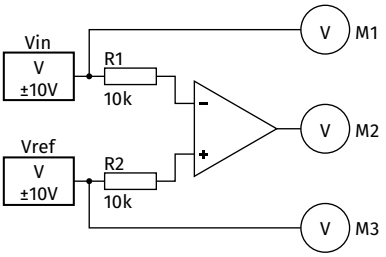


Comparo (łac.) oznacza porównać. Można porównywać wiele rzeczy, ale to, o czym będziemy tu mówić, to oczywiście porównywanie wielkości dwóch napięć. Op-amp, dzięki swojemu wysokiemu wzmocnieniu w otwartej pętli, jest idealnym elementem do budowy takiego układu.

Zasada działania komparatora

Co to jest komparator? Komparatory są dość często stosowane w elektronice analogowej, na przykład do zerowania napięcia piłokształtnego lub do konwersji sygnałów analogowych na napięcia bierne, przetwarzalne cyfrowo. Komparator znany jest również w inżynierii sterowania. Układ ten doskonale nadaje się do generowania sygnałów alarmowych, gdy pewne napięcie, pochodzące od temperatury, ciśnienia lub poziomu cieczy, staje się zbyt wysokie.

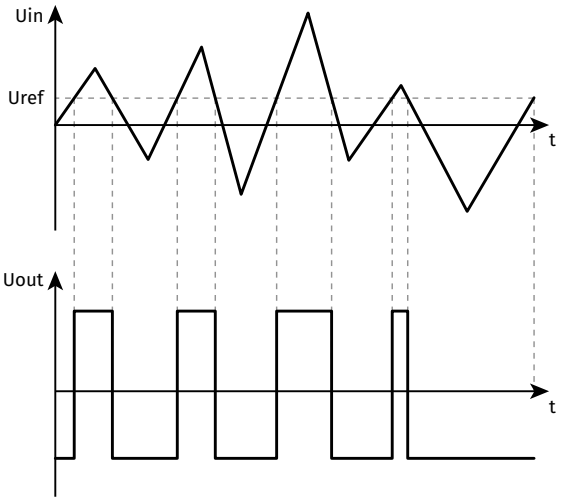
Schemat komparatora. Podstawowy schemat komparatora został przedstawiony na poniższym rysunku. Jeśli chcesz porównać, potrzebujesz dwóch wielkości: jednej, którą porównujesz i jednej, z którą porównujesz. Stąd komparator ma zawsze dwa napięcia wejściowe. Napięcie Uin jest napięciem, które chcesz porównać, napięcie Uref jest (zazwyczaj) stałym napięciem, z którym porównujesz Uin. Jedno napięcie jest przyłożone do wejścia dodatniego op-ampa, drugie do wejścia ujemnego. Między wyjściem a wejściami nie ma sprzężenia zwrotnego.



Podstawowy schemat komparatora (© 2017 Jos Verstraten)

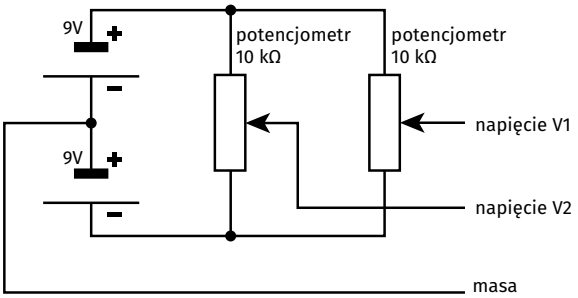
Zasada działania. Działanie układu jest już w zasadzie jasne. W jednym z poprzednich odcinków tego kursu dowiedziałeś się, że wzmacniacz operacyjny jest wzmacniaczem różnicowym, który wielokrotnie wzmacnia różnicę napięć pomiędzy swoimi dwoma wejściami. Współczynnik wzmocnienia jest tak duży, że nawet różnica napięć rzędu kilku mV między wejściami prowadzi do przesterowania układu, czyli do nasycenia wyjścia na wartości jednego z napięć zasilających. Ta właściwość op-ampa jest wykorzystana w komparatorze. Załóżmy, że ustawisz Uref na +5 V. Jeśli napięcie na wejściu dodatnim jest mniejsze od tej wartości, to między wejściem dodatnim i ujemnym op-ampa istnieje ujemna różnica napięć. Ta różnica napięć jest wzmacniana dziesiątki tysięcy razy, tak że wyjście układu dąży do ujemnego napięcia zasilania. Jeśli teraz powoli zwiększysz napięcie na wejściu dodatnim, to w pewnym momencie różnica napięć pomiędzy dwoma wejściami zmieni biegunowość. Napięcie na wejściu dodatnim stanie się wtedy większe niż napięcie na wejściu ujemnym. Ta różnica napięć również zostanie wzmocniona dziesiątki tysięcy razy, powodując nagłe przełączenie wyjścia układu z wartości bliskiej ujemnemu napięciu zasilania do wartości bliskiej dodatniemu napięciu zasilania. W skrócie: przekroczenie przez Uin napięcia odniesienia Uref, choćby tylko o kilka mV, jest wykrywane przez układ i powoduje znaczny skok napięcia na wyjściu.

Komparator objaśniony graficznie. Na poniższym rysunku przedstawiliśmy graficznie działanie układu. Górny wykres przedstawia przebieg napięcia wejściowego, w tym przykładzie trójkątnego. Napięcie odniesienia Uref jest narysowane linią przerywaną. Dolny wykres przedstawia napięcie wyjściowe i widać, że jest ono dodatnie, gdy napięcie wejściowe jest większe od napięcia odniesienia.



Działanie obwodu wyjaśnione graficznie (© 2017 Jos Verstraten)

Komparator na twojej płytce eksperymentalnej. Masz teraz tak duże doświadczenie w eksperymentowaniu z użyciem płytki



W ten sposób uzyskasz dwa napięcia wejściowe dla komparatora (© 2017 Jos Verstraten)

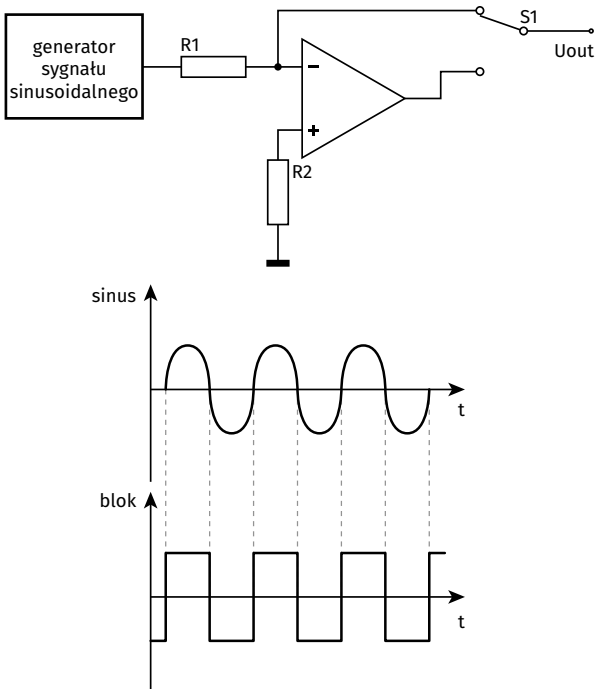
eprasa.pl c7783582f9

stykowej, że bez naszej pomocy potrafisz zmontować układ do eksperymentów według przedstawionego na początku podstawowego schematu komparatora.

Potrzebujesz tylko dwóch regulowanych napięć stałych. Te z kolei możesz uzyskać z dwóch baterii 9 V, do których podłączasz dwa potencjometry. Obracając suwaki potencjometrów, możesz zmieniać oba napięcia w zakresie od –9 V do +9 V.

Zastosowania komparatora

Od przebiegu sinusoidalnego do prostokątnego. Poniższy rysunek zapoznaje Cię z jednym z najbardziej znanych zastosowań komparatora, przekształcaniem sygnału sinusoidalnego w prostokątny. Generator sinusoidalny jest bardzo przydatny na przykład do testowania wzmacniaczy, ale czasem potrzebna jest fala prostokątna. Używając komparatora, można uzyskać sygnał prostokątny z sinusoidy. Napięcie odniesienia komparatora jest wtedy ustawione na 0 V, wyjście przełącza się wtedy za każdym razem przy przejściu sinusoidy przez zero.

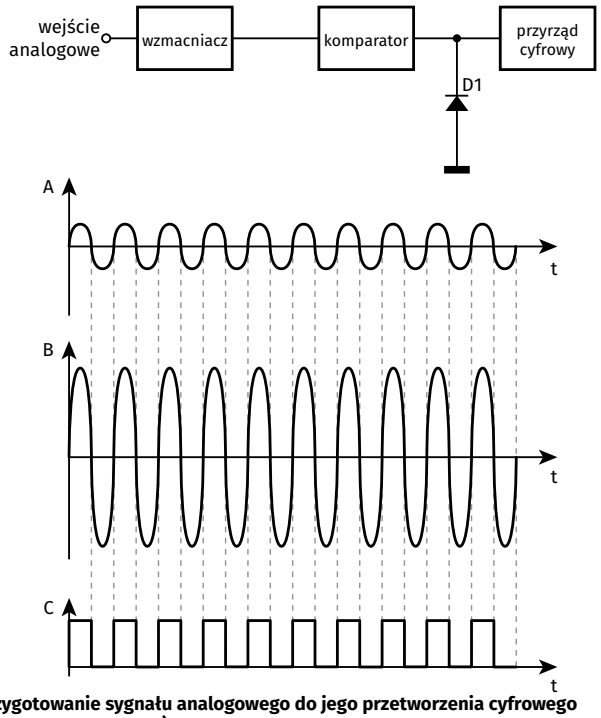


Przekształcenie przebiegu sinusoidalnego w prostokątny (© 2017 Jos Verstraten)

Sinusoida zostaje zamieniona na ładny symetryczny przebieg prostokątny o tej samej częstotliwości co sinusoida. Za pomocą przełącznika S1 można wybrać na wyjściu sinus lub prostokąt.

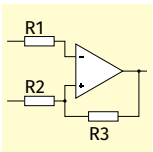
Digitalizacja napięć analogowych. Ostatni rysunek w tym odcinku pokazuje inne zastosowanie komparatora. Jeśli chcesz zmierzyć częstotliwość sygnału w sposób cyfrowy, musisz najpierw przetworzyć ten sygnał tak, aby był odpowiedni dla cyfrowych układów scalonych w przyrządzie pomiarowym. Wejściowy sygnał analogowy jest więc najpierw wzmacniany (sygnał B), a następnie podawany na komparator.

Zamienia on sygnał wejściowy w impulsy i te impulsy mogą być przetwarzane przez układy cyfrowe. Ponieważ sygnały cyfrowe pracują z napięciami od 0 V do +5 V lub do +12 V, ujemne napięcie na wyjściu komparatora musi być ograniczone do 0 V. Stąd dioda na wyjściu, która będzie przewodzić, jeśli na wyjściu op-ampa pojawi się napięcie ujemne. Większość op-ampów bezbłędnie znosi takie zwarcie wyjścia do masy przy ujemnych napięciach wyjściowych.



Przygotowanie sygnału analogowego do jego przetworzenia cyfrowego (© 2017 Jos Verstraten)

12. Komparator z histerezą



Komparator jest tak czuły, że przeskok napięcia wyjściowego następuje, gdy tylko napięcie wejściowe stanie się o kilka miliwoltów większe od referencyjnego. Jeśli to stanowi problem, to można zmniejszyć czułość komparatora wprowadzając histerezę.

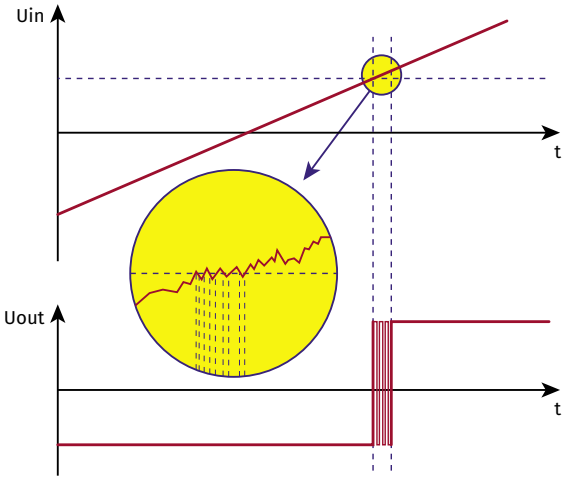
Co to jest histereza?

Duża czułość to problem. Prosty układ komparatora (taki jak w poprzednim odcinku) jest tak czuły, że trzeba od czasu do czasu podejmować działania, aby tę czułość nieco osłabić. Wystarczy różnica napięć rzędu kilku mV między napięciem wejściowym a referencyjnym, aby przerzucić wyjście z + na –.

Przykład z życia wzięty. Czasami na porównywanym napięciu mogą występować pewne tętnienia lub szumy – spójrz na poniższy rysunek. W tym przykładzie napięcie wejściowe pochodzi z detektora poziomu cieczy w zbiorniku. Komparator jest używany do wykrywania osiągnięcia określonego poziomu cieczy w zbiorniku. Jeśli w zbiorniku w naturalny sposób powstają fale na powierzchni cieczy to przyrząd przetwarzający poziom na napięcie reaguje na te fale. Stąd napięcie z przetwornika poziomu nie rośnie płynnie wraz ze wzrostem poziomu, ale raczej faluje. Każda najmniejsza fala w zbiorniku powoduje falowanie napięcia. Dopóki to napięcie jest znacznie niższe od napięcia odniesienia, to nie ma nic złego. Wyjście komparatora jest ujemne. Gdy poziom cieczy zbliży się do progu, Uin również zbliży się do referencyjnego Uref. Z powodu tętnień na napięciu wejściowym, wyjście

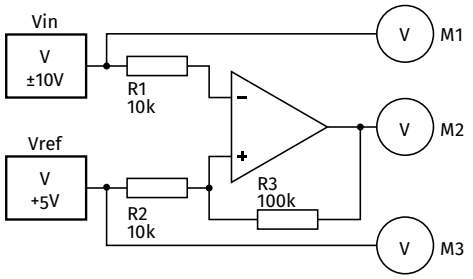
eprasa.pl c7783582f9

komparatora przełączy się kilka razy z rzędu. Rzeczywiście, tętnienia powodują teraz, że napięcie wejściowe raz będzie tuż nad napięciem odniesienia, a za chwilę tuż pod nim.



Potrzeba histerezy jest wyjaśniona na tym przykładzie (© 2017 Jos Verstraten)

Komparator z histerezą. Kilkukrotne przełączanie napięcia wyjściowego może być bardzo niepożądane, dlatego wymyślono specjalny układ, który jednoznacznie reaguje na przekroczenie pewnego progu. Jest to komparator z histerezą, którego schemat został narysowany na poniższym rysunku. Jedyną różnicą w stosunku do układu bez histerezy jest dodatkowy rezystor włączony pomiędzy wyjście op-ampa a wejście dodatnie.

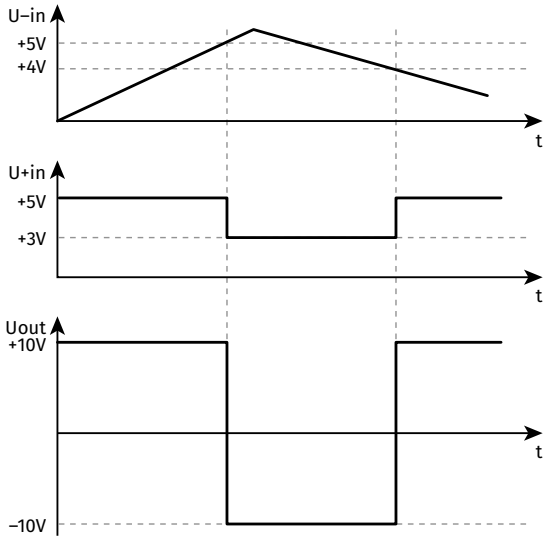


Schemat komparatora z histerezą (© 2017 Jos Verstraten)

Komparator z histerezą na twojej płytce eksperymentalnej. Bez trudu dołączysz jeden rezystor R3 do układu, który zbudowałeś w poprzednim odcinku na eksperymentalnej płytce stykowej.

Działanie histerezy ilustrują poniższe wykresy. Porównywane napięcie jest teraz doprowadzone na ujemne wejście op-ampa, natomiast napięcie referencyjne jest na wejściu dodatnim. Ustaw referencyjne +5 V na dodatnim wejściu op-ampa. Jeśli napięcie wejściowe, podawane do ujemnego wejścia wzmacniacza operacyjnego jest mniejsze od napięcia referencyjnego, to wyjście jest dodatnie.

Napięcie wejściowe rośnie, po pewnym czasie staje się nieco bardziej dodatnie niż 5 V. Odwracające wejście op-ampa staje się dodatnie w stosunku do wejścia nieodwracającego. Wyjście układu odwraca się, stając się w ten sposób –10 V. Rezystory R2 i R3 tworzą dzielnik napięcia między napięciem odniesienia a napięciem wyjściowym. Na wyjściu nagle spada napięcie o około 20 V. Ma to wpływ na zmniejszenie napięcia na wejściu dodatnim wskutek działania dzielnika napięciowego R2, R3. W tym konkretnym przypadku stosunek R2 do R3 powoduje spadek napięcia do +3 V. W rezultacie napięcie wejściowe musi spaść do tej nowej wartości odniesienia, zanim zareaguje komparator.

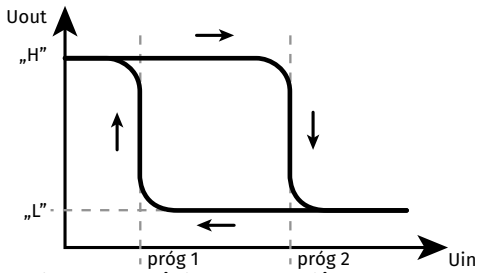


Graficzne wyjaśnienie działania komparatora z histerezą (© 2017 Jos Verstraten)

Zjawisko histerezy. Fakt, że komparator ma teraz dwa różne poziomy odniesienia, jeden dla rosnącego napięcia wejściowego i niższy dla malejącego napięcia wejściowego, nazywamy zjawiskiem histerezy. Różnica napięć pomiędzy dwoma odniesieniami nazywa się histerezą. Rozpatrywany układ ma więc histerezę równą 2 V.

Zalety histerezy. Zaleta tego układu jest oczywista. Gdyby napięcie wejściowe wykazywało tętnienia, to i tak nie mogą one spowodować wielokrotnego przełączania wyjścia. Przecież układ przełącza się w momencie, gdy napięcie wejściowe po raz pierwszy przekroczy górną wartość odniesienia. Automatycznie komparator ustawia niższą wartość odniesienia, kolejne tętnienia są znacznie powyżej nowej wartości odniesienia i wyjście układu pozostaje stabilne. To samo dzieje się przy malejącym napięciu wejściowym.

Charakterystyka przenoszenia. W tym kursie natknąłeś się już wcześniej na termin „charakterystyka przenoszenia". Jest to zależność między napięciem wejściowym a wyjściowym. Charakterystyka przenoszenia komparatora z histerezą jest narysowana na poniższym rysunku. Strzałki wskazują przebieg tej charakterystyki. Jeśli porównasz ten wykres z wykresami na poprzednim rysunku, sprawy staną się jasne.



Charakterystyka przenoszenia komparatora z histerezą (© 2017 Jos Verstraten)

Przykłady urządzeń z histerezą. Nie zdając sobie z tego sprawy, posiadasz we własnym środowisku domowym wiele urządzeń, które mogą działać prawidłowo tylko dzięki zjawisku histerezy.

Co powiesz na termostat w swoim salonie? Bez pewnej histerezy Twój kocioł centralnego ogrzewania stale włączałby się i wyłączał. Jeśli masz przy drzwiach wejściowych lampę włączającą się automatycznie o zmierzchu, to możesz być pewien, że i tam komparator z histerezą gwarantuje, że lampa nie uprzykrzy Ci życia mruganiem. ■

Jos Verstraten

eprasa.pl c7783582f9

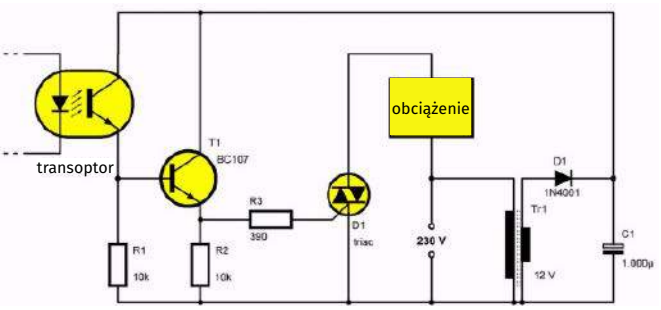
Transoptory w aplikacjach

W wykładzie 6 zajmowaliśmy się podstawowymi właściwościami transoptorów. W praktyce używamy tych elementów najczęściej jako sprzęgaczy sygnałów elektrycznych do włączania i wyłączania obciążenia sieciowego, przy zachowaniu izolacji galwanicznej między sprzęganymi obwodami. Dlatego poświęcimy uwagę głownie tym rodzajom aplikacji.

Najpierw drobna uwaga terminologiczna. Nie należy mylić dwóch rodzajów sprzęgaczy – przenoszących sygnał elektryczny lub optyczny. W terminologii angielskiej **optical coupler** lub **optocoupler** to sprzęgacz transmitujący sygnał elektryczny z wykorzystaniem światła jako medium, tj. przetwarzający sygnał elektryczny w świetlny i po transmisji światła odtwarzający sygnał elektryczny. W polskiej terminologii taki element nazywamy transoptorem lub optoizolatorem, natomiast termin **sprzęgacz optyczny** oznacza element sieci światłowodowych służący do dzielenia lub łączenia sygnałów świetlnych przesyłanych światłowodami. Taki komponent to w terminologii angielskiej **Fiber Optic Coupler**.

Przełączanie napięcia sieciowego za pomocą standardowego transoptora

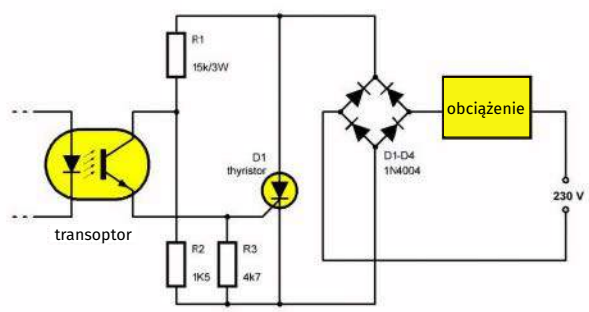
Przełączanie obciążeń sieciowych za pomocą zwykłego transoptora nie jest takie proste. Fototranzystor ma normalną charakterystykę tranzystorową i nie można po prostu podłączyć tego elementu do napięcia sieciowego. Poniższy schemat pokazuje technicznie najbardziej logiczne, ale i najdroższe rozwiązanie. Fototranzystor w transoptorze (lewa strona schematu) jest zasilany z własnego zasilacza (prawa strona schematu). Nie wolno używać tego zasilacza do niczego innego, ponieważ dostarczane przez niego napięcie stałe jest bezpośrednio połączone z napięciem sieciowym. Napięcie na rezystancji emitera fototranzystora jest zamieniane na prąd przez wtórnik emiterowy T1. Napięcie z emitera tranzystora T1 steruje bramką triaka poprzez rezystor R3. Triak jest połączony szeregowo z obciążeniem do sieci prądu zmiennego 230 V. Triak włącza się w momencie, gdy fototranzystor zaczyna przewodzić, a więc w chwili, gdy przez diodę LED transoptora przepływa prąd. Oczywiście triak pozostaje włączony do następnego przejścia przez zero napięcia sieciowego po zaniku impulsu sterującego.



Przełączanie napięcia sieciowego za pomocą transoptora z fototranzystorem (© 2018 Jos Verstraten)

Alternatywny układ ze standardowym transoptorem

Omawiany układ ma zasadniczą wadę – wymaga własnego transformatora i zasilania. Dlatego szukano rozwiązań, w których można zrezygnować z tych drogich i dużych elementów. Na schemacie poniżej

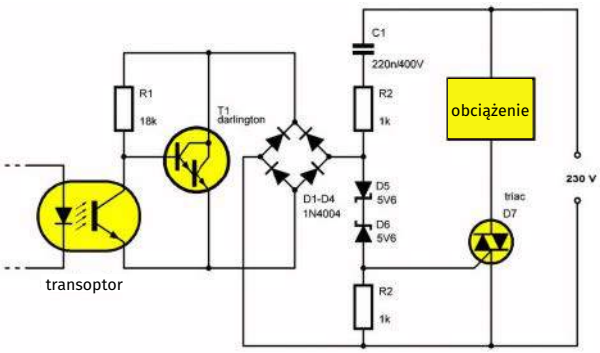


Zastąpienie transformatora dzielnikiem rezystorowym (© 2018 Jos Verstraten)

przedstawiono prosty układ alternatywny. Napięcie sieciowe jest doprowadzane przez mostek prostowniczy do dzielnika rezystorowego R1-R2. Dzięki temu wyprostowane napięcie 230 V AC zostaje zredukowane do około 20 V. Gdy dioda LED transoptora zostanie wysterowana, fototranzystor zacznie przewodzić. W efekcie prąd emitera płynie do bramki tyrystora D1 i włącza ten element. Nie należy teraz używać triaka, ponieważ napięcie zmienne jest prostowane. Po włączeniu tyrystor zwiera mostek, przez co obciążenie jest podłączone bezpośrednio do napięcia sieciowego przez mostek. Dla obciążenia nie ma to znaczenia, ponieważ prąd przepływa przez mostek w dwóch kierunkach. Jest ono zatem nadal zasilane prądem zmiennym.

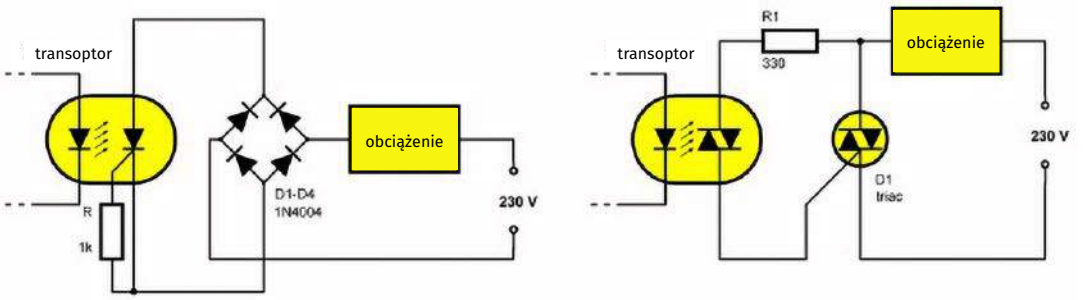
Zastępowanie dzielnika rezystorowego przez pojemnościowy dzielnik napięcia

Wadą wyżej przedstawionego rozwiązania jest to, że rezystor R1 musi rozpraszać dużą moc, a to wymaga rezystora o mocy 3 W, który dość mocno się nagrzewa. Na schemacie poniżej przedstawiono rozwiązanie tego problemu. W tym schemacie rezystorowy dzielnik napięcia jest zastąpiony pojemnościowym. Kondensator C1 ma określoną impedancję dla napięcia sieciowego 50 Hz. Wraz z rezystorem R2 i dwiema diodami Zenera o napięciu 5,6 V zapewnione jest



Zamiana rezystorowego dzielnika napięcia na pojemnościowy (© 2018 Jos Verstraten)

eprasa.pl c7783582f9



Przełączanie napięcia sieciowego transoptorem za pomocą tyrystora lub triaka (© 2018 Jos Verstraten)

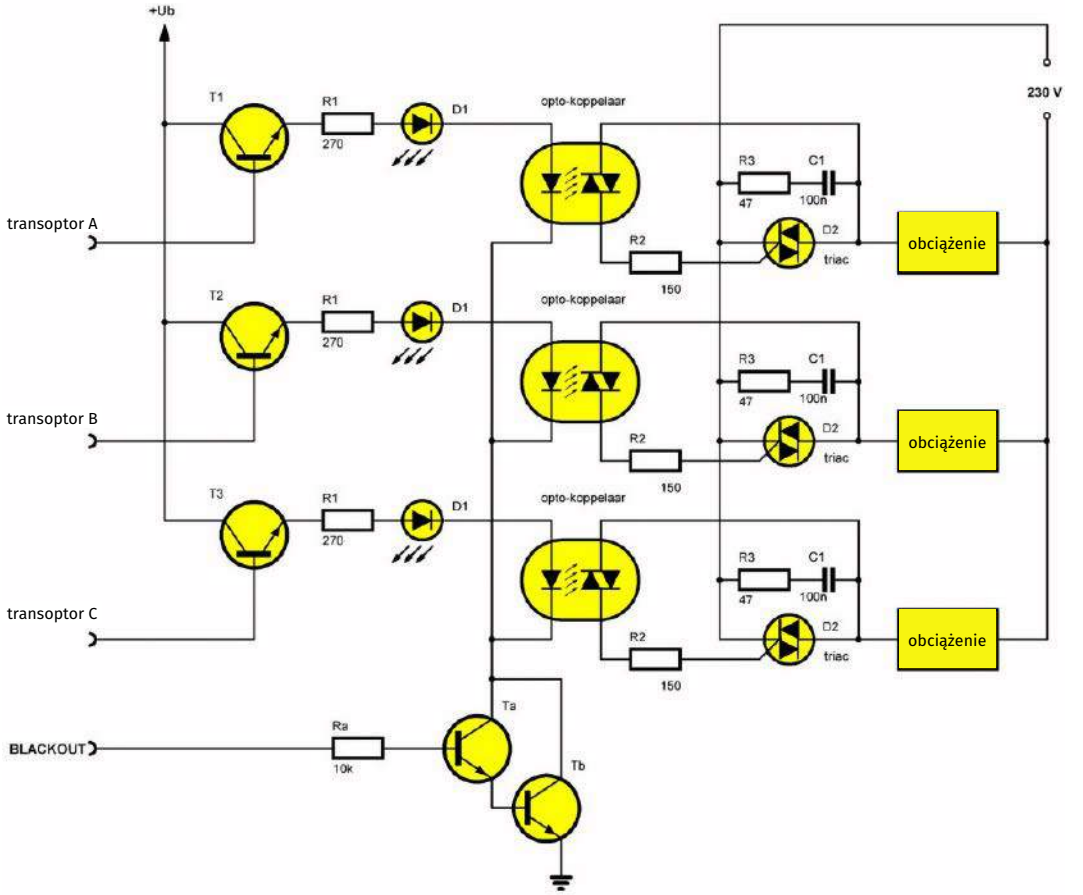
zasilanie pomocnicze o napięciu około 6,5 V, które poprzez mostek prostowniczy zasila tranzystor w transoptorze. Dostarczenie prądu bramki dla triaka D7 pozostawiono darlingtonowi T1. W tym schemacie układ wtórny zawsze pozostaje pod napięciem, nawet jeśli triak się zepsuje i podłączy obciążenie do sieci.

Przełączanie napięcia sieciowego za pomocą optotyrystora i triaka

Na poniższym rysunku przedstawiono standardowe schematy bezpośredniego przełączania obciążenia napięciem sieciowym za pomocą transoptorów z fototyrystorem lub triakiem. W przypadku tyrystora konieczny jest oczywiście mostek prostowniczy, który zapewnia, że przez element zawsze płynie prąd od anody do katody. W przypadku układu triaka ten prostownik nie jest konieczny i układ jest bardzo prosty. Fototriak służy do zasilania prądu bramki zewnętrznego triaka, który jest połączony szeregowo z obciążeniem w obwodzie sieci.

Przełączanie obciążenia 230 V za pomocą układów TTL

Na rysunku poniżej przedstawiono schemat umożliwiający przełączanie obciążeń sieci 230 V z wyjść układu cyfrowego TTL. Wyjście TTL steruje układ wtórnika emiterowego T1. Prąd emitera jest przesyłany przez rezystor ograniczający R1 do diody LED w transoptorze. Fototriak steruje bramką właściwego triaka. W schemacie tym zastosowano rozwiązanie, które pozwala na wyłączenie wszystkich obciążeń jednym zewnętrznym sygnałem sterującym. Dopóki sygnał BLACKOUT jest w stanie wysokim, tranzystory Ta i Tb będą włączone. Przewód zbiorczy wszystkich diod LED jest podciągnięty do masy. Zbiorczy prąd diod LED płynie do masy przez Tb. Jeśli doprowadzimy BLACKOUT do stanu niskiego, to oba tranzystory zostaną odcięte i diody LED nie będą świecić. Wszystkie fototriaki zostaną wtedy zablokowane, wszystkie włączone obciążenia wyłączą się przy kolejnym zerowym przejściu napięcia sieciowego.



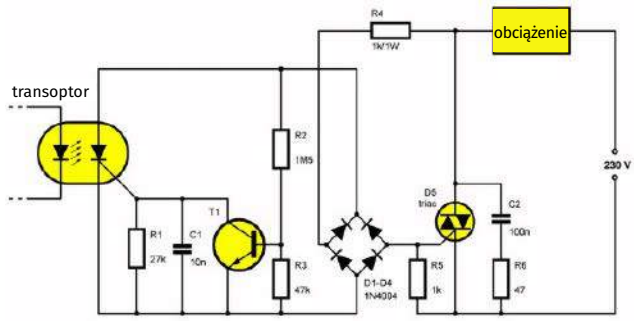
Układ pozwalający na przełączanie obciążeń sieciowych z wyjść układu TTL (© 2018 Jos Verstraten)

eprasa.pl c7783582f9

Zwróć uwagę na kondensatory i rezystory podłączone równoległe do triaków (R3-C1). Są to obwody tłumiące, które zapewniają, że wzrost napięcia na triakach nie może być zbyt szybki.

Przełączanie napięcia sieciowego przy przejściu przez zero

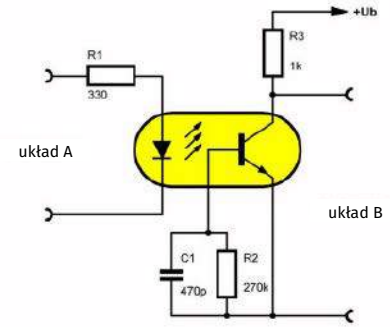
Na poniższym rysunku przedstawiono schemat z fototyrystorem, który załącza zasilanie sieciowe dopiero po przejściu przez zero napięcia sieciowego. Jest to cecha bardzo zalecana, ponieważ wtedy prąd rośnie powoli wraz z napięciem i nie ma dużych skoków prądu rozruchowego. Te wszakże powodują duże zakłócenia w obwodach sieciowych. Bramka fototyrystora jest połączona z katodą przez tranzystor T1 w czasie półcykli napięcia sieciowego. Tyrystor nie może się wtedy włączyć. Wyzwalanie bazy tranzystora T1 ustaje dopiero przy przejściach napięcia sieciowego przez zero i bramka zostaje w tych momentach zwolniona. Jeśli w takim momencie przez diodę LED transoptora popłynie prąd, fototyrystor włączy się. Spowoduje to wysterowanie triaka D5 w stan przewodzenia w sposób już opisany wcześniej.



Zapłon obwodu przy przejściach napięcia sieciowego przez zero (© 2018 Jos Verstraten)

Odizolowane sterowanie układu B przez układ A

Jeśli z jakiegoś powodu chcemy sterować układem optycznie odizolowanym od innego układu, możemy skorzystać z poniższego schematu. Wykorzystywany jest standardowy transoptor z fototranzystorem jako odbiornikiem. W tym schemacie baza opto-tranzystora jest polaryzowana za pomocą rezystora R2. Kondensator C1 zapewnia niewielkie wygładzenie napięcia bazy, co czyni układ niewrażliwym na krótkie impulsy zakłócające, które chciałyby przeniknąć z układu A do układu B.

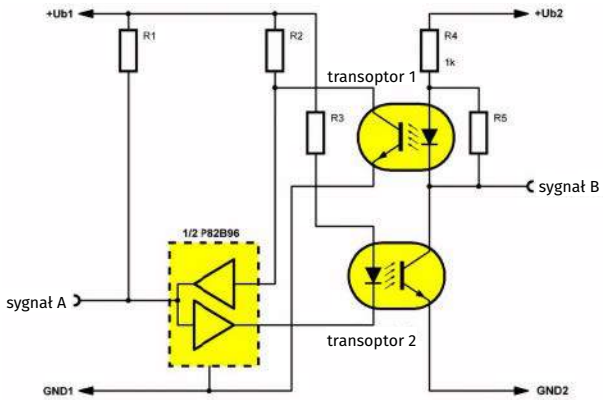


Optycznie izolowane łącze pomiędzy dwoma ukadami (© 2018 Jos Verstraten)

Dwukierunkowy sprzęgacz transoptorowy

Jeśli chcesz połączyć optycznie dwa układy, ale masz do czynienia z sygnałami dwukierunkowymi, możesz zastosować poniższy schemat. Sercem schematu jest układ P82B96, „Dual Bidirectional Bus Buffer". Oba sygnały są aktywnymi niskimi, co oznacza, że w stanie spoczynku są wysokie. Załóżmy teraz, że ściągniesz SYGNAŁ A w dół. Bufor dwukierunkowy podaje ten niski sygnał na swoje wyjście i dioda w transoptorze2 zaczyna przewodzić. Fototranzystor zaczyna przewodzić i również ściąga SYGNAŁ B w dół poprzez rezystory R4 i R5.

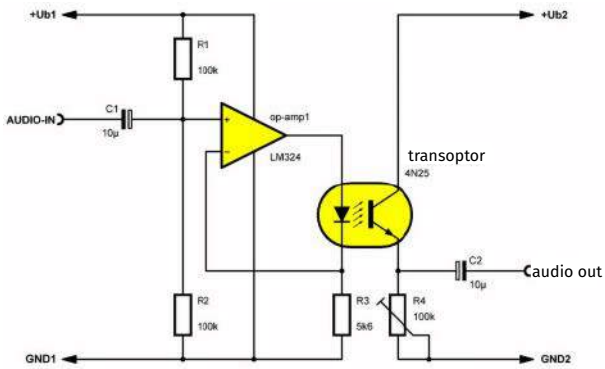
Teraz załóżmy, że ściągamy SYGNAŁ B w dół. Dioda w transoptorze 1 zacznie przewodzić. Przewodzący fototranzystor ściąga w dół również napięcie na dolnej końcówce rezystora R2. Ten sygnał jest przekazywany przez bufor dwukierunkowy do SYGNAŁ A.



Dwukierunkowy sprzęgacz transoptorowy (© 2018 Jos Verstraten)

Sprzęgacz transoptorowy dla sygnałów mowy

Poniższy schemat pozwala na przesyłanie z jednego układu do drugiego separowanych optycznie sygnałów audio w paśmie mowy do 8 kHz. Dioda LED w transoptorze jest sterowana w klasie A z wyjścia op-ampa ze sprzężeniem zwrotnym. To znaczy, że przez diodę LED płynie prąd spoczynkowy. Dodatnie wejście op-ampa jest ustawione na połowę napięcia zasilania (R1-R2). Wejście ujemne dopasuje się do tego samego napięcia, tak aby przez diodę w optoizolatorze płynął pewien prąd spoczynkowy. Dzięki temu opto-tranzystor może w pewnym stopniu przewodzić. Można to ustawić za pomocą potencjometru nastawczego R4. Obracaj go tak długo, aż emiter fototranzystora znajdzie się na potencjale równym połowie napięcia +U b2. Jeśli na wejście podamy sygnał dźwiękowy, to prąd przez diodę LED jest modulowany w ograniczonym zakresie. Prąd przez opto-tranzystor podąża za tą modulacją i na wyjściu pojawia się kopia sygnału LF, który przykładamy do wejścia. Ponieważ fototranzystor ma dość dużą pojemność baza/emiter, pasmo przenoszenia tego układu jest ograniczone. Dlatego możesz użyć tego układu tylko do izolowanego przesyłania sygnałów mowy.



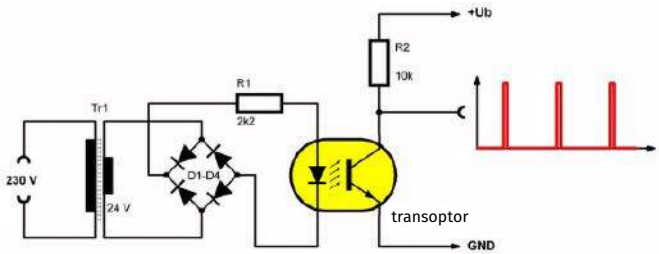
Izolowana transmisja sygnałów mowy (© 2018 Jos Verstraten)

Izolowany detektor przejścia przez zero

Jeśli potrzebujesz impulsu, gdy napięcie sieciowe przechodzi przez zero, możesz skorzystać z poniższego schematu. Działanie jest oczywiste. Napięcie z transformatora jest prostowane za pomocą mostka

eprasa.pl c7783582f9

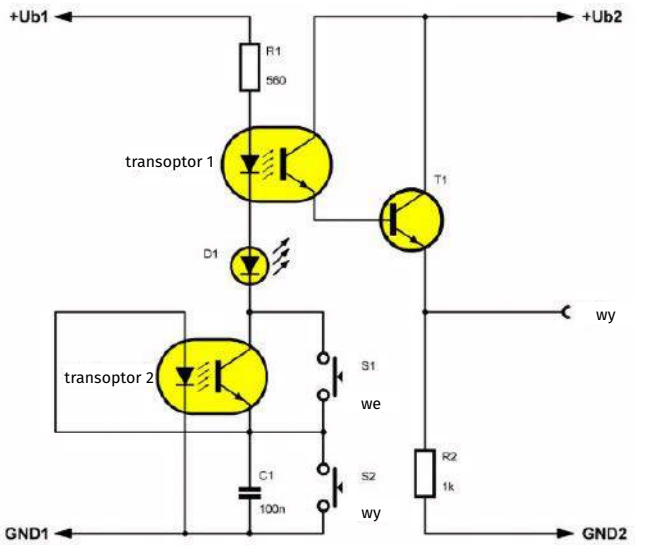
D1-D4. Napięcie to daje prąd przez diodę LED transoptora, z wyjątkiem sytuacji, gdy napięcie sieciowe jest bliskie zeru. Wtedy dioda gaśnie, fototranzystor odcina się, a napięcie na wyjściu osiąga wartość równą napięciu zasilania +U b. Oznacza to, że na wyjściu pojawiają się dodatnie impulsy, gdy napięcie sieciowe przechodzi przez zero.



Odizolowany galwanicznie detektor przejścia przez zero (© 2018 Jos Verstraten)

Optycznie izolowane sterowanie ON/OFF

Poniższy rysunek pokazuje bardzo szczególne zastosowanie transoptorów. Za pomocą dwóch przycisków S1 i S2 można włączać i wyłączać układ, całkowicie odizolowany galwanicznie. Gdy oba przyciski są w stanie spoczynku, dwie diody w transoptorach nie mogą przewodzić. Wyjście jest podłączone do masy wtórnej GND2 poprzez rezystor R2. Jeśli krótko wciśniemy S1, to prąd popłynie przez obwód +U b1, R1, diodę w transoptorze1, D1, S1, diodę w transoptorze2 i masę. Oba fototranzystory zaczynają przewodzić. W rezultacie, po zwolnieniu przycisku S1, fototranzystor w transoptorze 2 przejmuje zadanie tego przycisku, a wspomniany obwód istnieje nadal. Wyjście staje się dodatnie poprzez T1. Sytuacja ta utrzymuje się do momentu krótkiego naciśnięcia przycisku S2. Powoduje to zwarcie diody LED w transoptorze2. Ta gaśnie i fototranzystor w transoptorze 2 zostaje odcięty. Przerywa to obwód, tak że górny fototranzystor również przełącza się do stanu odcięcia i wyjście jest ponownie podłączone do masy GND2 poprzez R2.



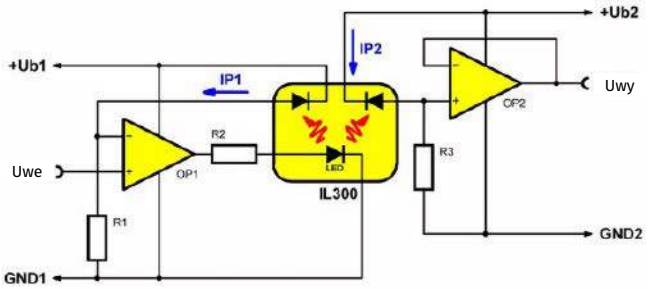
Optycznie izolowany sterownik ON/OFF (© 2018 Jos Verstraten)

W pełni liniowe sprzężenie optyczne

Specjalne liniowe transoptory pozwalają na całkowicie liniowe przeniesienie zmiennego sygnału wejściowego na drugi, optycznie izolowany sygnał. W takim liniowym transoptorze dioda LED oświetla dwie całkowicie identyczne fotodiody. Układ na rysunku poniżej pracuje w tzw. trybie fotodiodowym. W tym trybie możliwa jest do osiągnięcia liniowość porównywalna z 14-bitowym przetwornikiem C/A i to z pasmem przenoszenia do 40 kHz. W trybie fotowoltaicznym dwie fotodiody pełnią rolę źródeł zasilania. Należy pamiętać, że mówimy o prądach upływu I P1 i I P2 fotodiod, ponieważ zależą one od ilości światła padającego na elementy. Aby zmierzyć te prądy, fotodiody podłącza się między wejścia dwóch op-ampów. Wraz ze wzrostem U in rośnie prąd przez diodę, co powoduje również wzrost strumienia światła.

Strumień światła diody

LED pada na lewą fotodiodę, powodując, że do wejścia odwracającego op-ampa OP1 zaczyna płynąć prąd I P1. Prąd ten jest wprost proporcjonalny do Uwe i utrzymuje napięcie na wejściu odwracającym równe napięciu wejściowemu. Strumień światła z diody LED pada również za prawą fotodiodę na wyjściu, powodując przepływ prądu I P2 do wejścia nieodwracającego op-ampa OP2. Prąd ten powoduje powstanie napięcia na rezystorze R3, które jest wprost proporcjonalne do prądu I P2. Ponieważ I P2 jest równy I P1 (obie fotodiody są dokładnie takie same), napięcie na R3 będzie również wprost proporcjonalne do napięcia wejściowego. Napięcie to jest buforowane przez OP2 i pojawia się na wyjściu układu o niskiej impedancji. Na wyjściu wzmacniacza pojawia się zatem napięcie Uwy, które jest wprost proporcjonalne (liniowe) do napięcia wejściowego Uwe.



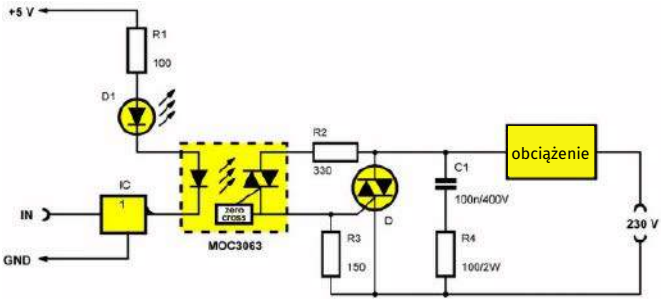
W pełni liniowa transmisja sygnału poprzez specjalny transoptor (© 2018 Jos Verstraten)

Przełączanie sieci przy przejściu napięcia przez zero z zastosowaniem MOC3063

MOC3063 to specjalny transoptor z fototriakiem w obwodzie wtórnym. Dzięki wbudowanemu obwodowi zapłonowemu, triak ten może się włączyć tylko wtedy, gdy spełnione są dwa warunki:

- Wbudowana dioda LED musi emitować światło.
- Napięcie sieciowe musi rozpocząć nowy cykl dodatni lub ujemny.

Poniższy rysunek pokazuje bardzo prosty schemat z użyciem MOC3063. Wbudowany fototriak wytrzymuje do 600 V peak-to-peak i może obsługiwać szczytowy prąd 1 A. W przypadku dużych obciążeń należy więc zainstalować dodatkowy triak na zewnątrz. ■



Wyłącznik sieciowy, który włącza się tylko wtedy, gdy napięcie sieciowe rozpoczyna nowy cykl (© 2018 Jos Verstraten)

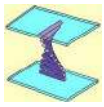
Jos Verstraten

eprasa.pl c7783582f9

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

Wykład 7

Monochromatyczne wyświetlacze LCD



Nosisz je na nadgarstku, odczytujesz temperaturę w pokoju i patrzysz na nie, by sprawdzić prędkość swojego samochodu: monochromatyczne wyświetlacze LCD.

Tło fizyczne

Wprowadzenie

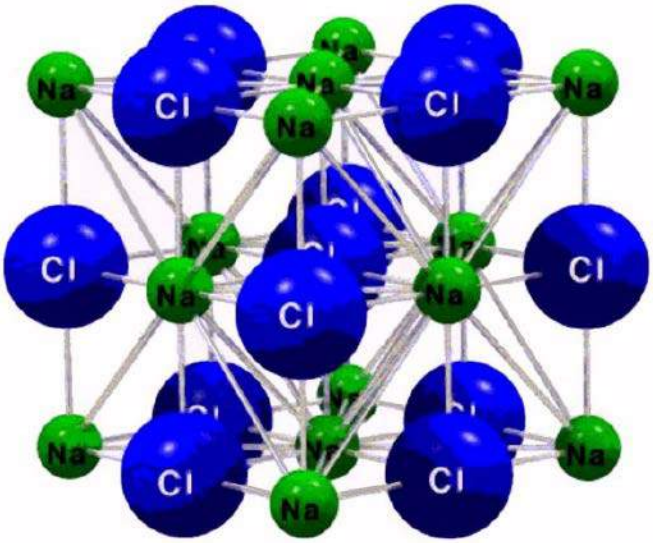
LCD jest skrótem od „Liquid Crystal Display", dosłownie przetłumaczonym „wyświetlacz z ciekłych kryształów". Termin „ciekły kryształ" odnosi się do pewnego wyjątkowego stanu fizycznego niektórych substancji. Jeśli chcesz zrozumieć podstawowe działanie wyświetlacza ciekłokrystalicznego, konieczne jest najpierw wyjaśnienie pewnych fizycznych podstaw dotyczących zachowania materii.

Trzy stany skupienia

Większość substancji chemicznych ma trzy stany skupienia: stały, ciekły i gazowy. Przejście z jednego stanu do drugiego zależy od ciśnienia i temperatury. Zjawisko to jest najlepiej znane w codziennej praktyce poprzez najbardziej rozpowszechniony na Ziemi związek chemiczny: H_2O, czyli zwykłą wodę. Poniżej 0°C woda ma postać stałą i nazywamy ją lodem. W temperaturze 0°C lód topnieje i woda przyjmuje swoją najbardziej rozpowszechnioną postać, czyli ciecz. W temperaturze 100°C woda wrze i przechodzi w swój stan gazowy, czyli parę wodną. Zarówno temperatura topnienia, jak i temperatura wrzenia (przy określonym ciśnieniu) są wyraźnie określone i te dwie dane stanowią dwie najbardziej podstawowe właściwości każdej substancji.

Kryształy

W fazie stałej większość substancji tworzy kryształy. Oznacza to, że cząsteczki tworzące daną substancję układają się w niej według ścisłych trójwymiarowych sieci. Ciała stałe zawdzięczają swoje właściwości mechaniczne, takie jak twardość lub elastyczność, sztywność lub odkształcalność, strukturze sieci krystalicznej. Poniższy rysunek przedstawia jako przykład bardzo prostą strukturę krystaliczną znanego ciała stałego, a mianowicie soli kuchennej, inaczej chlorku sodu NaCl. Widać jak atomy sodu i chloru są ze sobą połączone i tworzą stabilną, bardzo wytrzymałą strukturę: kryształ soli.



Sieć krystaliczna soli kuchennej NaCl (© Uniwersytet w Twente)

Topnienie

Kiedy materiał stały topi się, molekuły zostaną wyrzucone z ich położenia w sieci krystalicznej przez energię cieplną. Cząsteczki

eprasa.pl c7783582f9

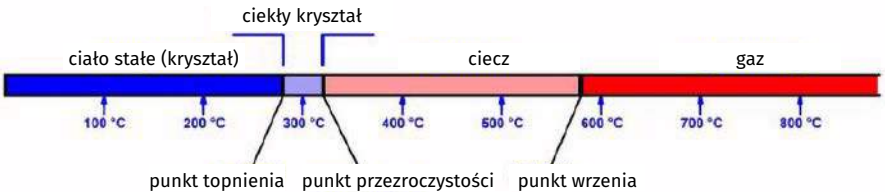
poruszają się swobodnie po substancji, jest to ruch zwany „ruchem Browna". Pomimo faktu, że cząsteczki ciągle zderzają się ze sobą, energia cieplna jest zbyt niska, aby wyrzucić cząsteczki z substancji. Mimo że ciecz jest bardzo ruchliwa, nadal tworzy zwartą masę.

Wrzenie

Dopiero w temperaturze wrzenia ruch Browna staje się tak duży, że cząsteczki są wyrzucane z cieczy przez wzajemne zderzenia. Ciecz paruje, cząsteczki opuszczają zwartą masę wrzącej cieczy i poruszają się swobodnie w przestrzeni otaczającej wrzącą ciecz.

Czwarty stan skupienia

Odkryto, że istnieją pewne związki organiczne, które posiadają pewien czwarty stan skupienia. Jak widać na poniższym rysunku, znajduje się on pomiędzy fazą stałą a ciekłą i obejmuje obszar zaledwie kilkudziesięciu stopni. Stan ten nazywany jest „ciekłym kryształem". W tym stanie cząsteczki opuszczą swoje struktury krystaliczne, ale nie będą jeszcze swobodnie poruszać się po materiale. Obrazek przedstawia oś temperatury dla substancji, w której czwarty stan skupienia występuje w temperaturze około 300°C. Udało się jednak uzyskać substancje, w których ten stan występuje w „normalnych" ziemskich temperaturach, pomiędzy –40°C a +85°C.



Pozycja czwartego stanu skupienia na osi temperatury (© 2018 Jos Verstraten)

Różne rodzaje faz

W zależności od rodzaju substancji, cząsteczki będą przybierały dwuwymiarowe struktury o określonym kształcie. W substancjach, które mają taką fazę ciekłokrystaliczną wyróżniamy trzy różne struktury molekularne:

- substancje z fazą smektyczną
- substancje z fazą nematyczną
- substancje z fazą cholesteryczną.

Substancje z fazą smektyczną

W tych substancjach cząsteczki grupują się w warstwy w fazie ciekłokrystalicznej, przy czym długie osie wszystkich cząsteczek są równoległe.

Substancje z fazą nematyczną

W fazie nematycznej cząsteczki grupują się w kierunku podłużnym substancji.

Substancje z fazą cholesteryczną

W tych ciekłych kryształach cząsteczki zachowują się tak samo jak w ciekłych kryształach nematycznych. Jeśli jednak przyjrzymy się kilku warstwom molekularnym, zauważymy, że długie osie molekuł w różnych warstwach wykazują pewien niewielki kąt względem siebie. W trzecim wymiarze materii powstaje rodzaj ruchu spiralnego w kierunku podłużnym kolejnych warstw molekuł. Jest to wyjaśnione na poniższym rysunku. Na rysunku tym przedstawiony jest obrót o 90°. W większości materiałów obrót ten jest jednak znacznie większy, średnio można mówić o pięciu pełnych obrotach na 10 μm materiału.

Położenie cząsteczek w ciekłych kryształach smektycznych (po lewej) i nematycznych (po prawej) (© harvard.edu)

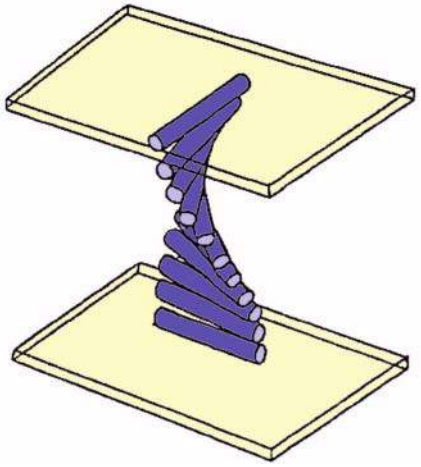
Właściwości fazy ciekłego kryształu

Jak widać z dwóch poprzednich rysunków, ważnym warunkiem jest wydłużenie cząsteczek. Tylko wtedy pojawią się fazy stanu ciekłego kryształu. Narysowany kierunek ruchu molekuł jest uśredniony. Ponieważ w substancji są już aktywne ruchy Browna, a wiązanie molekularne jest bardzo słabe, molekuły będą drgać wokół narysowanych średnich położeń. Ze względu na to słabe wiązanie molekularne możliwe jest zaburzenie wzajemnego ułożenia molekuł za pomocą oddziaływań zewnętrznych. W kontekście wyświetlaczy ciekłokrystalicznych ważne są dwa oddziaływania zewnętrzne:

- oddziaływanie z wytrawionymi płytkami szklanymi
- wpływ napięć elektrycznych.

Oddziaływanie z wytrawionymi płytkami szklanymi

Można wpływać na ułożenie molekuł poprzez umieszczenie bardzo cienkiej warstwy substancji pomiędzy dwoma szklanymi płytkami, których powierzchnia została poddana pewnej obróbce. Na przykład, jeśli wytrawisz na tych płytkach submikroskopowy wzór



Struktura ciekłych kryształów cholesterycznych (© 2018 Jos Verstraten)

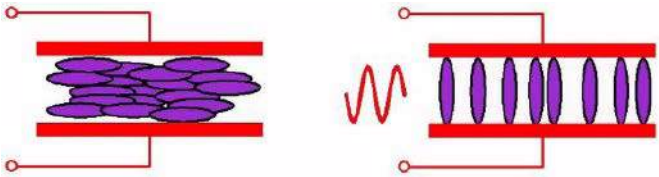
eprasa.pl c7783582f9

równoległych linii, cząsteczki ciekłokrystalicznej substancji o właściwościach nematycznych ułożą się względem szklanych płytek w tym samym kierunku, co wytrawione linie. Ze względu na elastyczność pomiędzy molekułami, wszystkie molekuły substancji ustawią się w tym kierunku. To tłumi ruch Browna molekuł, tworząc cienką warstwę z jednorodnie ułożonymi molekułami.

W ten sam sposób można sprawić, że cząsteczki cienkiej warstwy substancji cholesterycznej obrócą się o dokładnie 90°. W tym celu wystarczy wytrawić dwie szklane płytki wzorami linii, które są pod kątem 90°. Ze względu na elastyczność pomiędzy cząsteczkami, w warstwie pomiędzy 0° a 90° nastąpi jednorodny obrót.

Wpływ napięcia elektrycznego

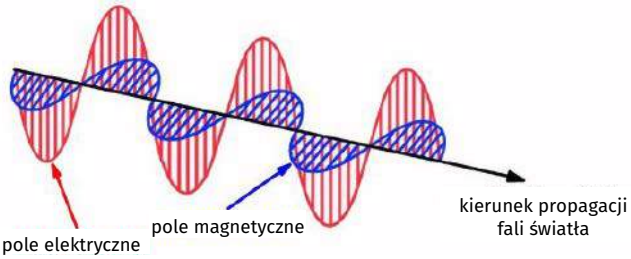
Jeśli przyłożysz napięcie elektryczne do konstrukcji kanapkowej przedstawionej w poprzednim rozdziale, zauważysz, że wraz ze wzrostem napięcia zaburzone zostaje równoległe ułożenie cząsteczek substancji ciekłokrystalicznej. Im wyższe napięcie, tym większy kąt powstaje między płytkami szklanymi a molekułami. Przy pewnym napięciu kąt ten stanie się nawet równy 90°. Zostało to przedstawione na poniższym rysunku. Jednak napięcie musi przekroczyć pewien próg, zanim pojawi się jakikolwiek wpływ na molekuły. Ma to sens, ponieważ siły pola elektrycznego wywierane na molekuły muszą najpierw pokonać siły sprężystości między molekułami oraz między molekułami a układem linii w szklanych szkiełkach.



Wpływ pola elektrycznego na ułożenie cząsteczek (© 2018 Jos Verstraten)

Światło i substancje ciekłokrystaliczne

Zanim działanie wyświetlaczy ciekłokrystalicznych stanie się jasne, należy teraz zająć się jeszcze jednym ważnym faktem fizycznym, a jest nim natura światła i sposób, w jaki światło rozchodzi się przez substancje. Jak zapewne wiesz, światło jest zjawiskiem z zakresu fal elektromagnetycznych. Oznacza to, że na przemian budowane są pola elektryczne i magnetyczne. Pola te mają określony kierunek i są do siebie prostopadłe. Schematycznie przedstawia to poniższy rysunek. W wolnej przestrzeni te wzajemnie prostopadłe pola zapewnią, że fala będzie się rozchodzić w linii prostej. Jednak od dawna wiadomo, że można wpływać na kierunek rozchodzenia się fali elektromagnetycznej poprzez materię, w której ta fala się porusza.



Przedstawienie światła jako fali elektromagnetycznej (© 2018 Jos Verstraten)

Fala świetlna w substancji ciekłokrystalicznej

Jeśli fala świetlna padnie na substancję o właściwościach ciekłokrystalicznych, to będzie ona mogła poruszać się tylko wzdłuż i pomiędzy cząsteczkami o kształcie długiego cygara. Na przykład, cholesterycznie zbudowana kanapka z dwóch szklanych płytek, która ma rotację w molekułach równą 90°, zapewni, że czoło falowe przechodzącej przez nią wiązki światła będzie podążać za tym obrotem długiej osi molekuł. Innymi słowy: czoło fali świetlnej również uzyskuje przesunięcie fazowe o 90°.

Jeśli jednak fala świetlna zechce przeniknąć przez ciekłokrystaliczną substancję, w której długie osie molekuł w kształcie cygara są całkowicie rozproszone we wszystkich możliwych kierunkach, światło zostanie całkowicie stłumione. Substancja nie jest już wtedy przezroczysta, lecz staje się nieprzezroczysta. Dlatego przejście z fazy ciekłokrystalicznej do ciekłej nazywane jest punktem przezroczystości. W tej temperaturze substancja rzeczywiście stanie się cieczą, cząsteczki tracą jakąkolwiek wzajemną strukturę, a fale świetlne są całkowicie rozpraszane w substancji przez przypadkowo skierowane osie podłużne cząsteczek.

Wyświetlacze ciekłokrystaliczne

Różne typy

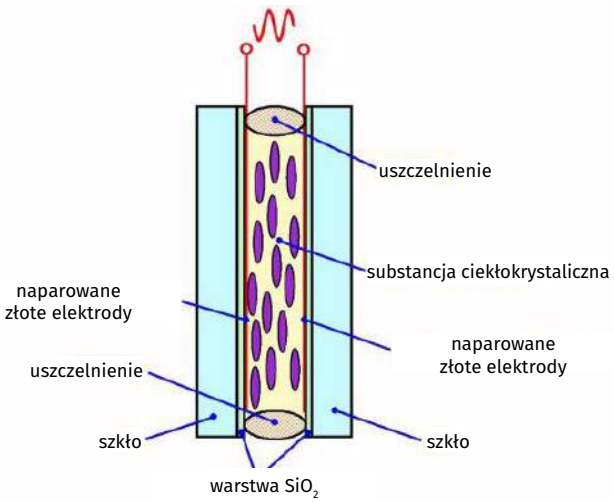
Istnieją dwa praktyczne rodzaje wyświetlaczy ciekłokrystalicznych:

- nematyczne LCD
- LCD cholesteryczne lub skręcone nematyczne.

Zaraz będzie jasne, do czego odnoszą się te nazwy.

Nematyczny wyświetlacz ciekłokrystaliczny, jakżeby inaczej, wykorzystuje substancję ciekłokrystaliczną, która ma właściwości nematyczne. Substancja ta jest nanoszona w opisany już sposób pomiędzy dwie wstępnie przygotowane płytki szklane, które są oddalone od siebie o około 10 µm. Rysunek przekroju poprzecznego takiego wyświetlacza ciekłokrystalicznego przedstawiono na poniższym rysunku.

Płytki szklane są pokryte od wewnątrz warstwą tlenku krzemu SiO_2. W tej warstwie wytrawiony jest wzór linii, który zapewnia uszeregowanie molekuł. Ponadto, warstwa ta zapewnia, że nie może dojść do reakcji chemicznej pomiędzy domieszkami w szkle a substancją ciekłokrystaliczną. Elektrody



Przekrój przez nematyczny wyświetlacz LCD (© 2018 Jos Verstraten)

eprasa.pl c7783582f9

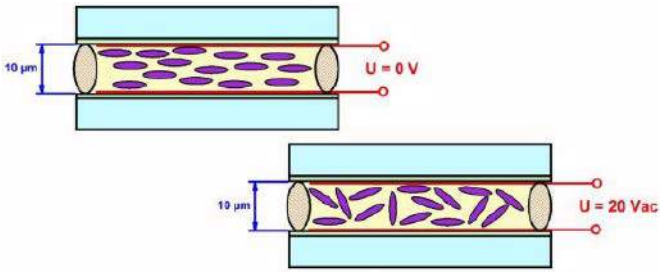
są naparowane na warstwie SiO_2. Są one wykonane z bardzo cienkiej warstwy złota. Warstwa ta jest tak cienka, że jest całkowicie przezroczysta.

Na jednej z płyt szklanych (tylnej części LCD) wytrawiona jest wspólna elektroda, tzw. „back-plane". Jak stanie się jasne, gdy omówimy sterowanie wyświetlaczami ciekłokrystalicznymi, większość wyświetlaczy ma więcej niż jedną płytę tylną. W takim przypadku na tylnej płycie szklanej wytrawia się kilka elektrod i łączy je w specyficzny sposób, tworząc trzy lub cztery grupy. Na drugiej płycie wytrawiony jest kształt segmentów (wyświetlacze siedmiosegmentowe) lub kształt piktogramów.

Wszystkie elektrody są połączone cienkimi złotymi ścieżkami ze złączami na krawędziach wyświetlacza ciekłokrystalicznego. Opcjonalnie, zewnętrzne strony szklanych płytek mogą być zaopatrzone w warstwę odbijającą światło (tył wyświetlacza LCD) i warstwę antyrefleksyjną (przód wyświetlacza). Po umieszczeniu obu szklanych płytek w odpowiedniej odległości od siebie i nałożeniu ciekłokrystalicznego medium, konstrukcja jest hermetycznie zamykana za pomocą uszczelki, najczęściej korka z indu.

Działanie elektryczne

Działanie elektryczne nematycznego wyświetlacza ciekłokrystalicznego tłumaczy z poniższy rysunek. Jeśli segment LCD nie jest zasilany energią elektryczną, to wszystkie cząsteczki substancji ciekłokrystalicznej będą ułożone równolegle. Światło może kontynuować swoją drogę pomiędzy molekułami w kształcie cygara, segment jest przezroczysty. Prawdą jest, że równolegle zorientowane molekuły wymuszają skierowanie czoła fali pola elektromagnetycznego w jednym kierunku. Wychodzące światło jest spolaryzowane, kierunek wszystkich pól jest taki sam.



Działanie elektryczne nematycznego wyświetlacza LCD (© 2018 Jos Verstraten)

Jeżeli odcinek zostanie podłączony do napięcia zmiennego o odpowiedniej wielkości, to równoległa struktura molekuł zostanie zakłócona. Pole elektryczne wywołuje siły na molekułach, w efekcie w substancji zachodzi *ahydrodynamiczna turbulencja*. Nematyczny układ cząsteczek utrzymuje się tylko w bardzo małych obszarach substancji.

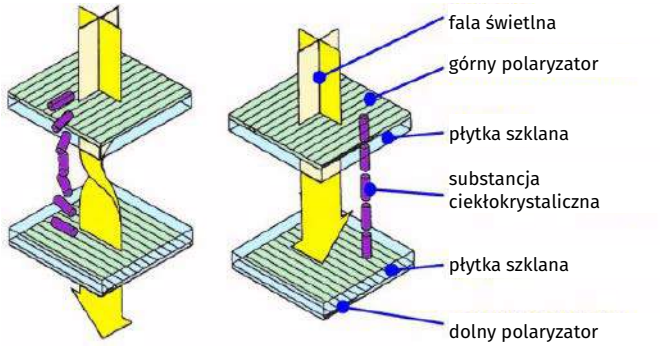
Obszary te mają wielkość zaledwie kilku μm^2. Ze względu na turbulencje w materiale, światło będzie całkowicie rozproszone pomiędzy losowo skierowanymi i ciągle zmieniającymi się obszarami. W rezultacie segment staje się nieprzezroczysty.

DSM-LCD

Ze względu na stale zmieniające się, tj. dynamiczne zachowanie w materiale, wyświetlacze te są również określane jako DSM-LCD. Akronim ten oznacza „Dynamic Scattering Mode", czyli stan dynamicznego rozpraszania molekuł.

Cholesteryczny lub skręcany nematyczny LCD

Wyświetlacze te wykorzystują substancje ciekłokrystaliczne, które posiadają strefę cholesteryczną. Jak pokazuje poniższy rysunek, jej skład jest zasadniczo identyczny jak w przypadku wyświetlaczy DSM-LCD. Rozpoznawalne są dwie szklane płytki oraz struktura molekularna cholesterycznej substancji ciekłokrystalicznej. Duża różnica polega jednak na tym, że dwie szklane płytki na zewnątrz wyposażone są w polaryzatory. Są to folie z tworzywa sztucznego, które mają tę właściwość, że przepuszczają fale zorientowane w jednym kierunku. Dodatkowo oba polaryzatory są do siebie prostopadłe.



Działanie elektryczne cholesterycznego wyświetlacza LCD (© 2018 Jos Verstraten)

W stanie nieaktywnym (lewy rysunek), fale przepuszczone przez górny polaryzator, wszystkie leżące w kierunku podłużnym górnych molekuł, będą się rozchodzić wzdłuż spiralnej, schodkowej struktury molekuł. W efekcie fale zostaną obrócone o 90° i opuszczą wyświetlacz ciekłokrystaliczny poprzez dolną płytkę szklaną i dolny polaryzator. W końcu ten polaryzator jest również obrócony o 90° w stosunku do górnego. Jeśli segment zostanie podłączony do zmiennego napięcia o odpowiedniej wielkości, to w wyniku dużego napięcia molekuły ustawią się wszystkie w linii prostopadłej do płytek szklanych (prawy rysunek). W rezultacie teraz fronty falowe światła zaczynają poruszać się wzdłuż molekuł i nie są już obracane. Nie są zatem przepuszczane przez dolny polaryzator. Segment staje się nieprzeźroczysty, nie przepuszcza światła.

Inne nazwy

Ten typ wyświetlacza ciekłokrystalicznego nosi różne nazwy:

- cholesteryczny LCD
- skręcone nematyczne LCD
- LCD Schadta-Helfricha
- TN-FEM LCD, skrót od „Twisted Nematic Field Effect Mode".

Porównanie właściwości

Nematyczny LCD ma tę wielką zaletę, że nie trzeba stosować polaryzatorów, co obniża koszty. Ponadto możliwe jest wykonanie bardzo dużych powierzchni aktywnych, ponieważ uporządkowanie molekuł poprzez wytrawianie szkła warstwowego nie stwarza żadnych

eprasa.pl c7783582f9

problemów fizycznych. Udało się już uzyskać ekrany nematyczne o przekątnej 110 cali. Tak duże elementy są oczywiście niezwykle przydatne do montażu wyświetlaczy wielkoekranowych w scenach i tym podobnych. Główną wadą tych wyświetlaczy jest jednak to, że w typach matrycowych, tj. wyświetlaczach ciekłokrystalicznych składających się z dużej liczby ściśle rozmieszczonych małych punktów lub segmentów, może wystąpić flara.

Cholesteryczne LCD mają na ogół korzystniejsze właściwości elektryczne. Tabela zawarta na poniższym rysunku mówi wyraźnie o tym aspekcie.

Tabela 1. Porównanie specyfikacji elektrycznych obu typów LCD (© 2018 Jos Verstraten)

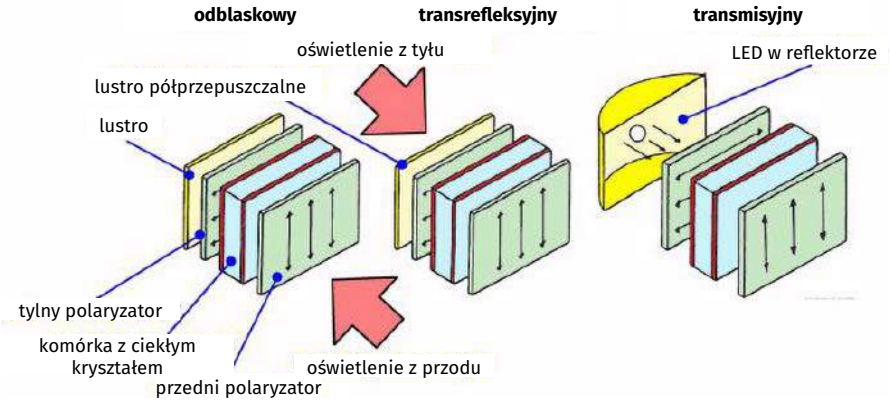
specyfikacja elektryczna	nematyczny	cholesteryczny
Napięcie	15 V ~ 40 V	1 V ~ 10 V
Prąd na 1 cm²	10 mA	1 mA ~ 4 mA
Pobór mocy	100 mW ~ 1000 mW	1 mW ~ 10 mW
Częstotliwość sterowania	50 Hz ~ 150 Hz	50 Hz ~ 1500 Hz
Czas włączenia	100 ms	100 ms
Czas wyłączenia	500 ms	300 ms

Podświetlanie wyświetlaczy ciekłokrystalicznych

Wyświetlacze LCD są z definicji pasywnymi wyświetlaczami. Oznacza to, że same nie emitują światła, a jedynie działają poprzez odbijanie światła padającego lub przepuszczanie światła tła.

Istnieją trzy praktyczne realizacje podświetlanych wyświetlaczy ciekłokrystalicznych:

- odblaskowe LCD
- transrefleksyjne wyświetlacze LCD
- wyświetlacze ciekłokrystaliczne przepuszczające światło.



Trzy sposoby podświetlenia wyświetlacza LCD. (© 2018 Jos Verstraten)

Te trzy rodzaje są schematycznie przedstawione na poniższym rysunku.

Odblaskowe LCD

Jak widać na rysunku po lewej stronie, wyświetlacze te mają z tyłu powierzchnię odbijającą światło. Komponenty te pracują więc tylko z odbiciem padającego światła otoczenia. Jest ono przekazywane prawie bez przeszkód przez nie zasilaną część wyświetlacza. Światło padające na segmenty aktywne elektrycznie jest rozpraszane. Ta niewielka część, która dociera do lustra jest całkowicie tłumiona przy drugim przejściu. Wyświetlacze te są standardowymi wyświetlaczami, które znajdziemy dziś w każdym cyfrowym zegarku na rękę. Charakteryzują się typowym kolorem ołowianej szarości dla części przezroczystej i głęboką czernią dla części pochłaniającej.

Transrefleksyjne wyświetlacze LCD

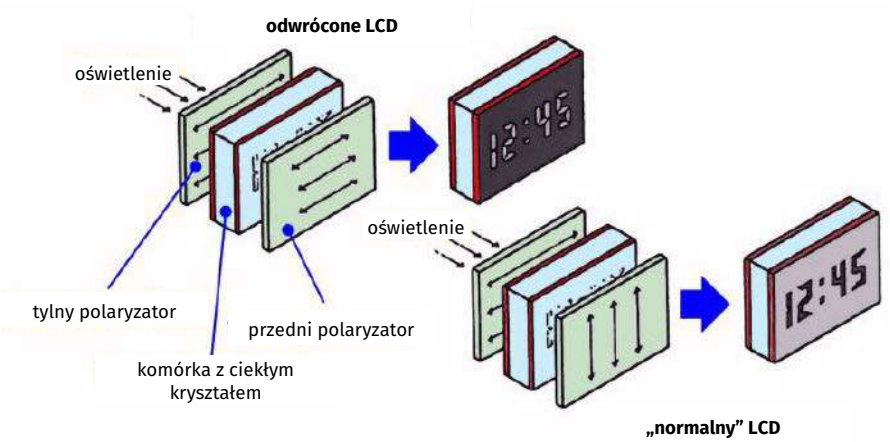
Teraz jako odbłyśnik stosuje się półprzezroczyste lustro (patrz środkowy rysunek). W rezultacie otrzymujemy wyświetlacz, który może być podświetlany zarówno od przodu, jak i od tyłu. Za pomocą prostego elektronicznego układu sterującego można włączyć podświetlenie tylnej płaszczyzny, gdy natężenie światła otoczenia spadnie poniżej pewnego progu. Wyświetlacze te mogą być zatem odczytywane zarówno w dzień, jak i w nocy i zużywają dodatkową moc na podświetlenie tylko wtedy, gdy jest to naprawdę konieczne.

Transmisyjne wyświetlacze LCD

Te elementy działają tylko z podświetleniem. Nie ma więc warstwy odbijającej światło. Źródło światła jest umieszczone za wyświetlaczem, patrz rysunek po prawej stronie. Może to być dioda LED lub warstwa fluorescencyjna, która ma tę zaletę, że nie zużywa prawie żadnej energii elektrycznej.

Odwrócone LCD

Opisana do tej pory struktura cholesterycznych wyświetlaczy ciekłokrystalicznych opiera się na dwóch prostopadłych do siebie polaryzatorach. W efekcie części odczytu pod napięciem są czarne (absorpcja), a części nie pod napięciem są przezroczyste. Możliwe jest jednak odwrócenie tych efektów poprzez zastosowanie obu polaryzatorów w tym samym kierunku. Części odczytu, które nie są wtedy aktywne, będą absorbować, części aktywne staną się przezroczyste. Można więc wtedy uzyskać



Porównanie odwróconego LCD z „normalnym" LCD (© 2018 Jos Verstraten)

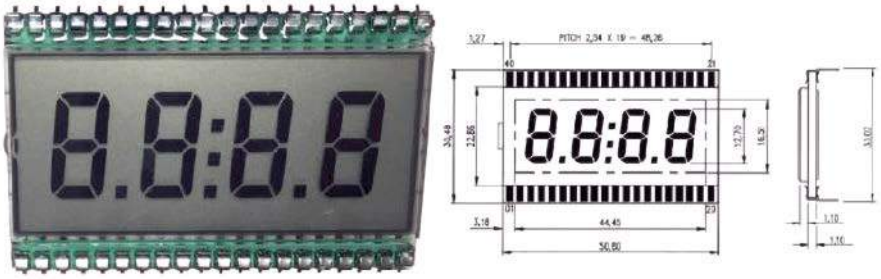
eprasa.pl c7783582f9

przezroczyste segmenty lub ikony na czarnym tle, co może poprawić czytelność. Te dwa różne rodzaje są podsumowane na rysunku powyżej.

Praktyczne realizacje monochromatycznych wyświetlaczy LCD

Wyświetlacz siedmiosegmentowy

Wyświetlacz siedmiosegmentowy jest najbardziej znanym wyświetlaczem ciekłokrystalicznym i prawie nie różni się w funkcji elektrycznej od podobnych wyświetlaczy, które są wyposażone w diody LED. Odczyty mają również wspólne połączenie dla wszystkich segmentów. Ale oczywiście nie ma teraz mowy o wspólnej anodzie (CA) lub wspólnej katodzie (CC), lecz o back-plane (elektroda tylna). Jest ona kodowana literami „BP" lub „COM" u wszystkich producentów. Na rysunku poniżej pokazano, jako przykład, połączenia odblaskowego wyświetlacza LCD DE-119-RS-20, który składa się z czterech cyfr, przecinka i dwóch dodatkowych punktów, na przykład do wskazywania sekund na zegarze cyfrowym. Wyświetlacz ten można nabyć za około 3,60 € w znanych kanałach handlowych.



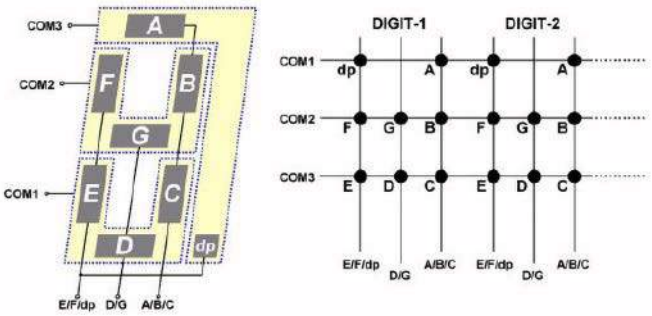
SEG.	4A	4F	4G	3B	3A	3F	3G	COL	2B	2A	2F	2G	NC	1B	1A	1F	1G	NC	NC	BP
PIN#	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
SEG.	BP	NC	NC	NC	1E	1D	1C	DP1	2E	2D	2C	DP2	3E	3D	3C	DP3	4E	4D	4C	4B
PIN#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Standardowy siedmiosegmentowy wyświetlacz LCD stosowany w zegarach itp. (© 2018 Jos Verstraten)

Więcej elektrod tylnych (back-planes)

Jeśli liczba cyfr wzrośnie, w większości przypadków trzeba będzie pracować z różnymi backplanami. Nie jest wtedy tak, że każda cyfra ma swój własny BP, jak to jest w przypadku wskaźników LED (oczywiście BP zastępujemy CA lub CC). Te wyświetlacze są zawsze multipleksowane, przy czym poszczególne BP są sterowane w bardzo skomplikowany sposób razem z segmentami z zaledwie kilku linii. Jako przykład na rysunku poniżej pzedstawiono strukturę matrycową, która jest często stosowana z wyświetlaczami siedmiosegmentowymi składającymi się z ośmiu cyfr. Każda cyfra jest połączona z trzema backplanami. Segmenty C, D i E są podłączone do pierwszej elektrody tylnej, tutaj nazwanej COM1. Segmenty B, G i F idą do COM2, a segment A wraz z kropką dziesiętną DP idzie do COM3.

Elektrody przednie segmentów są podłączone w inny sposób. Elektrody przednie segmentów A, B i C są połączone, podobnie jak elektrody segmentów G i D oraz elektrody segmentów E, F i DP. Można to narysować w postaci macierzy (patrz prawy rysunek), która składa się z trzech linii pionowych i trzech poziomych. Wszystkie segmenty leżą na przecięciach tej matrycy.



Sterowanie wielocyfrowymi wyświetlaczami LCD i backplanami (© 2018 Jos Verstraten)

Wyświetlacz symboliczny

Ponieważ wyświetlacze ciekłokrystaliczne mogą być produkowane w dowolnym kształcie, są idealne do bardzo specjalnych zastosowań we wszelkiego rodzaju urządzeniach, np. w desce rozdzielczej samochodu. Na takim panelu LCD zebrane są liczne ikony alarmowe, takie jak płyn hamulcowy, poziom oleju, stan akumulatora, poziom paliwa czy temperatura wody. Większość cyfrowych mierników uniwersalnych posiada także specjalnie zaprojektowany dla tego jednego urządzenia wyświetlacz LCD z różnymi symbolami i tekstami, którymi można indywidualnie sterować.

Specjalny wyświetlacz LCD cyfrowego miernika uniwersalnego z różnymi symbolami (© 2018 Jos Verstraten)

Alfanumeryczne LCD

Alfanumeryczne panele LCD w ostatnich latach naprawdę nabrały rozpędu. Dostępne są niedrogie panele o pojemności 8 linii po 20 znaków każda. Każdy znak składa się z matrycy o wymiarach 5 na 7 punktów. W sumie taki panel ma więc 20×8×7×5=5600 punktów, które muszą być sterowane indywidualnie! Jasne jest, że tak złożone wskaźniki nie mogą być sterowane za pomocą elektroniki, którą trzeba samemu zaprojektować. Dlatego panele te są zawsze dostarczane jako kompletna jednostka z wbudowaną elektroniką sterującą. Panele te mogą być sterowane z mikroprocesora za pomocą

eprasa.pl c7783582f9

ośmiobitowych słów poprzez protokół szeregowy, taki jak I²C. Słynny panel LCD 1602 pokazany na zdjęciu poniżej jest obecnie w sprzedaży za mniej niż 3,00 €, zawiera dwie linie po 16 znaków i jest wyposażony w niebieskie podświetlenie.

Popularny tani panel alfanumeryczny LCD 1602 (© Banggood)

Właściwości techniczne wyświetlaczy LCD

Kontrast

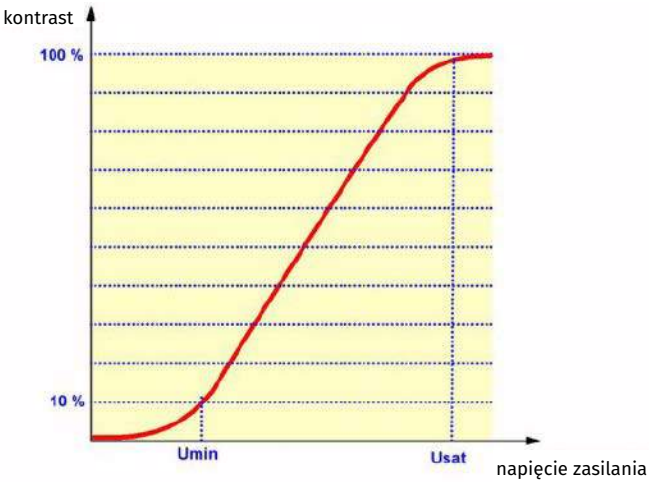
Kontrast jest w przypadku wyświetlaczy ciekłokrystalicznych tym, czym jasność w przypadku diod LED. Kontrast ogólnie odnosi się do stosunku jasności. Dla LCD jest to stosunek przezroczystości w stanie włączonym i wyłączonym przy stałym oświetleniu zewnętrznym i stałym kącie widzenia. Dla większości odczytów LCD współczynnik ten wynosi od 1/10 do 1/20. Z grubsza porównywalny z kontrastem tekstu pisanego na białej kartce papieru staromodną maszyną do pisania z dobrą taśmą atramentową. Kontrast zależy od kilku czynników:

- napięcia zasilania
- temperatury
- kąta obserwacji.

Kontrast a napięcie zasilania

Oczywiste jest, że dla osiągnięcia maksymalnego kontrastu, konieczne jest pewne natężenie pola między elektrodami. Zależność ta jest przedstawiona na wykresie poniżej. Z tego wykresu można wywnioskować, że cząsteczki substancji ciekłokrystalicznej nie polaryzują się wszystkie naraz, ale jedna po drugiej. W miarę wzrostu napięcia coraz więcej molekuł będzie zmuszonych do rezygnacji ze swojej naturalnej orientacji.

Istnieje pewien próg napięcia Umin, poniżej którego natężenie pola jest zbyt małe, aby wymusić na molekułach rezygnację z ich pozycji. Kontrast jest wtedy równy zeru. Próg ten wynosi około ⅓ napięcia wymaganego do wygenerowania maksymalnego kontrastu. Ważna cecha wykorzystywana przy sterowaniu wyświetlaczami ciekłokrystalicznymi! Istnieje również maksymalny próg Usat, przy którym wszystkie cząsteczki substancji poddały się uporządkowaniu przez pole elektryczne. Kontrast jest wtedy maksymalny i nie ma sensu zwiększać napięcia zasilającego.



Zależność między kontrastem a napięciem zasilania (© 2018 Jos Verstraten)

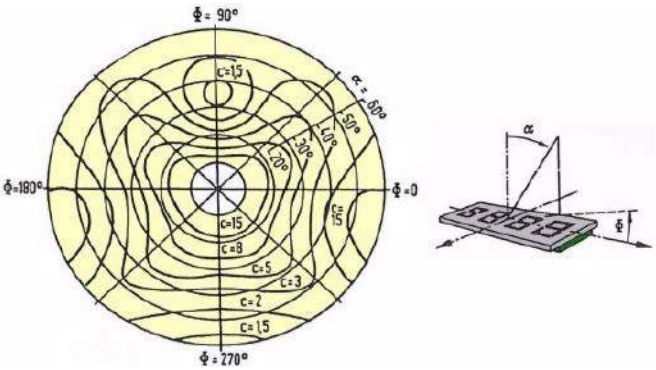
Kontrast w zależności od temperatury

Gdy temperatura wzrasta, maksymalny kontrast osiągany jest już przy niższym napięciu zasilania. Powyższy wykres przesuwa się wtedy w lewo i staje się bardziej stromy. W wyniku tego zmniejsza się również próg Umin, co należy uwzględnić w wielostopniowym sterowaniu multipleksowym.

Kontrast a kąt widzenia

Ponieważ wyświetlacze ciekłokrystaliczne z definicji transmitują lub odbijają spolaryzowane światło w jednym kierunku, kąt widzenia jest dość krytyczny. Wystarczy spojrzeć na zegarek z wyświetlaczem LCD. Patrząc bardziej ukośnie na odczyt, zauważymy, że uaktywnione ciemne segmenty są coraz mniej wyraźnie wyczuwalne jako takie. Jeśli spojrzymy bardzo ukośnie, segmenty te wydadzą się nawet przezroczyste!

Zależność tę określają tak zwane „krzywe izostatyczne". Są to krzywe powstałe przez połączenie wszystkich punktów obserwacji o tym samym kontraście. Na rysunku poniżej narysowano wiązkę izostatów typowego wyświetlacza ciekłokrystalicznego w funkcji dwóch kątów obserwacji α i Φ. Ogólnie można powiedzieć, że dopuszczalny jest kąt obserwacji 160°, jeśli przestrzegamy minimalnego współczynnika kontrastu 1/3. To może nie wydawać się dużo, ale ludzkie oko ma maksymalną wielkość kontrastu wynoszącą tylko 1/10.



Krzywe izostatyczne wyświetlacza LCD w funkcji obu kątów obserwacji (© 2018 Jos Verstraten)

Napięcie zasilania wyświetlaczy LCD

Obecnie wyświetlacze ciekłokrystaliczne są projektowane na napięcia zasilania od 1,5 do 20 V skuteczne. Termin „napięcie skuteczne" wskazuje, że należy zasilać

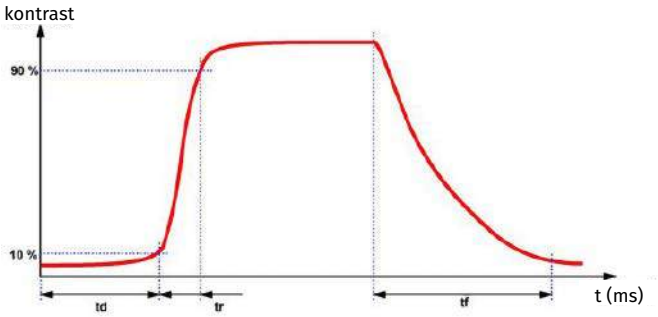
eprasa.pl c7783582f9

wyświetlacze ciekłokrystaliczne napięciami zmiennymi. Ponieważ w większości przypadków stosowane jest sterowanie impulsowe, a wartość RMS jest jedyną naprawdę definiowalną wielkością takiego impulsu, napięcie zasilania wyświetlacza LCD jest zawsze wyrażane jako wartość RMS. Większość standardowych LCD jest dziś projektowana dla maksymalnego kontrastu przy napięciu impulsu 4,5 V, co zapewnia kompatybilność z obwodami TTL. Nie ma sensu stosować wyższych napięć, jedynym skutkiem jest znaczne skrócenie żywotności wyświetlacza ciekłokrystalicznego.

Czasy przełączania LCD

Wiadomo, że wyświetlacze ciekłokrystaliczne są bardzo powolne. Po włączeniu zasilania segmentu mija pewien czas, zanim wyświetlacz zareaguje. To samo dotyczy wyłączania. Oba zjawiska podsumowuje wykres na poniższym rysunku. Po włączeniu segmentu upływa czas td, zanim segment zareaguje. Opóźnienie to wynosi około 50 ms. Następnie kontrast wzrasta z 10 do 90% w ciągu około 35 ms. Można to nazwać czasem narastania tr wyświetlacza LCD. Przy wyłączaniu nie zauważa się żadnych opóźnień. Jednak utrata kontrastu jest również stosunkowo powolna, czas opadania tf wyświetlacza LCD wynosi średnio 110 ms.

Czasy te w dużej mierze zależą od napięcia zasilania i temperatury pracy. Jeśli zwiększymy napięcie zasilania, zauważymy, że czas włączenia staje się znacznie krótszy, ale na czas wyłączenia nie ma to prawie żadnego wpływu. Jeśli chodzi o wpływ temperatury na szybkość działania wyświetlacza ciekłokrystalicznego, to można krótko stwierdzić, że zarówno czasy włączania, jak i wyłączania stają się znacznie krótsze wraz ze wzrostem temperatury roboczej. Bardzo długie czasy przełączania w niskich temperaturach wyznaczają pierwszą granicę zakresu temperatury pracy wyświetlacza ciekłokrystalicznego.



Kontrast w funkcji czasu włączania i wyłączania (© 2018 Jos Verstraten)

Temperatura pracy wyświetlacza LCD

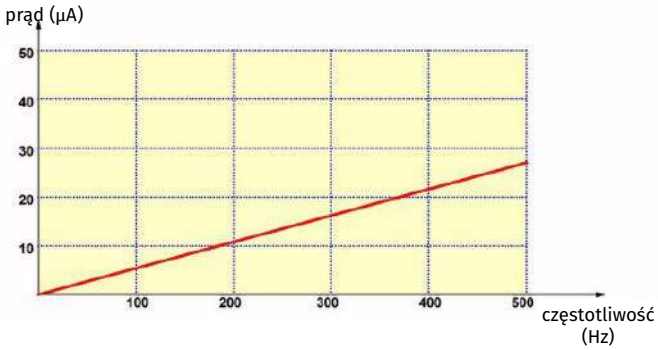
Właściwości ciekłokrystaliczne substancji występują w bardzo ograniczonym zakresie temperatur pomiędzy temperaturą topnienia a temperaturą polaryzacji. Te dwie fizyczne granice określają zakres temperatur użytkowych wyświetlacza ciekłokrystalicznego. Możliwe jest zastosowanie substancji, które mogą być używane w zakresie od –40°C do +85°C. Jednak dolna granica jest wtedy określona bardziej przez bardzo powolne czasy przełączania substancji niż przez temperaturę topnienia. W temperaturze –25°C trzeba się liczyć z czasami przełączania rzędu sekundy przy włączaniu i kilku sekund przy wyłączaniu.

Żywotność LCD

Wyświetlacze ciekłokrystaliczne od lat mają w tej dziedzinie bardzo złą opinię. Nie do końca niesprawiedliwie, bo w początkowym okresie występowały spore problemy z odpornością ciekłokrystalicznej substancji na promieniowanie ultrafioletowe (słoneczne). Zanieczyszczenia pojawiały się również w materiale w wyniku mniej niż idealnych technik klejenia i uszczelniania. Pierwsza generacja LCD zwykle nie wytrzymywała dłużej niż dwa lata. Jednak nowoczesne wyświetlacze ciekłokrystaliczne mają gwarantowaną żywotność 50 000 godzin, co odpowiada sześciu latom ciągłego użytkowania.

Moc pobierana

W porównaniu właściwości nematycznych i cholesterycznych LCD napisano już coś o poborze mocy. Ponieważ wyświetlacz ciekłokrystaliczny jest sterowany napięciem zmiennym i stanowi obciążenie głównie pojemnościowe, częstotliwość sygnału sterującego ma również wpływ na pobór mocy (prądu). Na poniższym rysunku zależność ta została wykreślona dla standardowego, siedmiosegmentowego LCD wysterowanego napięciem prostokątnym o wartości 2 V peak-to-peak .



Zależność między częstotliwością sygnału sterującego a poborem prądu dla siedmiosegmentowego wyświetlacza LCD (© 2018 Jos Verstraten)

Sterowanie wyświetlaczami LCD

Wstęp

Być może nigdy nie będziesz sterował wyświetlaczami ciekłokrystalicznymi za pomocą napięć stałych! To prawda, że przewodnictwo elektryczne jest tak małe, że można sobie wyobrazić LCD głównie przez ładunek pojemnościowy, ale substancja ciekłokrystaliczna nie jest czystym izolatorem. Niewielki prąd stały, który przepływa przez kanapkę, powoduje, że substancja ciekłokrystaliczna ulega elektrolizie. Tak jak można rozłożyć wodę na wodór i tlen przepuszczając przez nią prąd stały, tak samo prąd elektryczny rozłoży substancję ciekłokrystaliczną na jej elementy składowe. Wydajność wyświetlacza ciekłokrystalicznego pogarsza się zauważalnie już po kilku godzinach.

Zjawisko to jest na tyle ważne, że wszyscy producenci nakazują, aby składowa napięcia stałego w sygnale sterującym nie mogła przekraczać 50 mV. W przypadku sterowania impulsami prostokątnymi stawiane są bardzo wysokie wymagania co do symetrii tego sygnału. Jeśli okres „H" będzie nieco większy lub mniejszy od okresu „L", to sygnał będzie zawierał wynikowe napięcie stałe i żywotność wyświetlacza LCD zostanie skrócona o niemałą wartość.

eprasa.pl c7783582f9

Kontrola napięcia prostokątnego

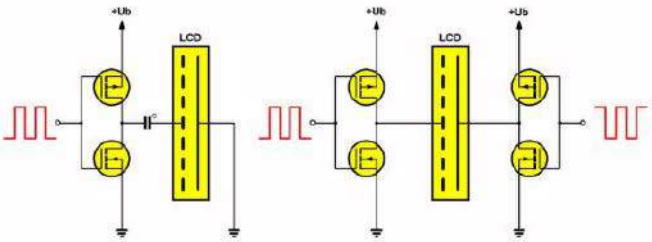
Ponieważ w większości praktycznych zastosowań dostępne jest tylko napięcie stałe, będziesz musiał wytworzyć falę prostokątną za pomocą oscylatora. To jednak nie wystarczy. Ta fala prostokątna naprzemiennie podaje napięcie zasilania i masę, więc nadal zawiera napięcie stałe równe połowie napięcia zasilania. Będziesz więc musiał jakoś przekształcić tę falę prostokątną, która przebiega między +Ub a masą, w falę prostokątną, która zmienia się między +½Ub a –½Ub. Częstotliwość tej fali prostokątnej jest ograniczona po niskiej stronie przez miganie odczytu. Ze względu na powolność LCD jest to jednak w praktyce bardzo mało odczuwalne i można już pracować z częstotliwością 30 Hz. Dla ograniczenia górnej częstotliwości rolę odgrywa obciążenie pojemnościowe LCD. Pojemność LCD o wysokości cyfr 8 mm i bardzo wysokiej jakości substancji ciekłokrystalicznej wynosi około 150 pF. Wartość ta wzrasta do 4 nF przy wysokości cyfr 25 mm i standardowej substancji ciekłokrystalicznej.

Bardzo małe wyświetlacze pozwalają na pracę z częstotliwościami do 1 kHz. Przy większych gabarytach nie jest jednak przydatne sterowanie z częstotliwością większą niż 100 Hz. Wzrasta tylko obciążenie obwodów sterujących, co może powodować problemy z przełączaniem.

Wysterowanie pojedynczych symboli z LCD

W praktyce, jeśli mamy do czynienia z pojedynczymi wyświetlaczami LCD, np. symbolami, które trzeba włączyć lub wyłączyć, można sterować bezpośrednio falą prostokątną. Trzeba jednak wtedy zablokować napięcie stałe, co można zrobić za pomocą jednego z układów pokazanych na poniższym rysunku. Na lewym rysunku płyta tylna wyświetlacza LCD jest uziemiona. Fala prostokątna jest podawana na przednią elektrodę LCD poprzez komplementarny stopień wyjściowy CMOS oraz poprzez kondensator separujący. Wartość szczytowa napięcia zmiennego przyłożonego do LCD jest równa połowie napięcia zasilania układu. Komplementarny stopień wyjściowy jest niezbędny, aby impedancja źródła fali prostokątnej była stała zarówno dla „H" jak i „L". Gdyby tak nie było, wówczas obwód RC utworzony przez impedancję wyjściową obwodu sterownika i kondensator separujący miałby dwie różne stałe czasowe, nadal wytwarzając składową stałą. Komplementarne obwody CMOS mają stałą impedancję wyjściową około 400 Ω i dlatego są idealne do takich zastosowań. Oczywiście możliwe jest również zastosowanie buforowanych bramek NAND lub NOR z serii CD. Drugie wejście tego portu może być wtedy wykorzystane do włączania i wyłączania wyświetlacza LCD.

Ponieważ kondensatory są dużymi i drogimi komponentami, to oczywiście znacznie lepiej jest użyć prawego układu. Zarówno elektroda przednia jak i płytka tylna są sterowane z komplementarnego stopnia wyjściowego. Oba obwody muszą być teraz sterowane falami prostokątnymi, które są odwrócone względem siebie. Układ ten można porównać do mostkowego sterowania głośnikami we wzmacniaczach małej częstotliwości. Ze względu na antyfazowe sterowanie dwoma elektrodami, jedna z nich będzie znajdowała się przy potencjale masy, gdy druga będzie przy +Ub i odwrotnie. Mimo że na obu elektrodach występuje napięcie stałe o wartości +½Ub, nie będzie napięcia stałego między elektrodami LCD. Do elektrod przyłożone jest napięcie zmienne, którego wartość szczytowa jest teraz równa wielkości napięcia zasilającego.

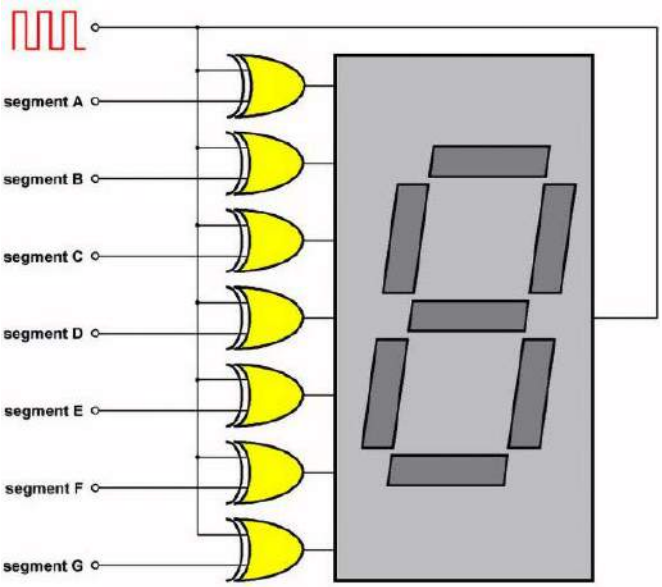


Sterowanie pojedynczym symbolem z poziomu wyświetlacza LCD (© 2018 Jos Verstraten)

Statyczne sterowanie siedmiosegmentowymi wyświetlaczami LCD

W zasadzie ten sam system jest stosowany do statycznego sterowania siedmiosegmentowymi wyświetlaczami, takimi jak cyfrowe mierniki uniwersalne i mierniki częstotliwości. Jednak dzięki technice przełączania liczba niezbędnych portów zostaje drastycznie zredukowana. Zasada działania została przedstawiona na poniższym rysunku. Płyta tylna jest wysterowana bezpośrednio falą prostokątną, która oscyluje pomiędzy +Ub a masą. Ten sam sygnał jest podawany na jedno wejście bramek EXOR. Wyjścia tych bramek napędzają przednie elektrody segmentów. Drugie wejścia bramek EXOR są wejściami sterującymi wyświetlacza, które określają czy dany segment jest włączony czy nie. Wiele układów scalonych przeznaczonych do bezpośredniego sterowania wyświetlaczy LCD ma te porty wbudowane w układ scalony.

W zależności od sygnału logicznego na wejściach bramek, sygnał fali prostokątnej może, ale nie musi pojawić się odwrócony na wyjściach bramek. Jeśli na wejściu jest 'L', to bramka EXOR poda na wyjściu nieodwróconą falę prostokątną z drugiego wejścia. Zarówno przednia jak i tylna elektroda segmentu LCD są wtedy wysterowane identycznymi napięciami, tak że nie ma napięcia między elektrodami segmentu. Segment nie jest więc aktywowany. Jeśli na wejściu jest 'H', bramka EXOR odwróci sygnał prostokątny.



Statyczne sterowanie siedmiosegmentowym wyświetlaczem LCD (© 2018 Jos Verstraten)

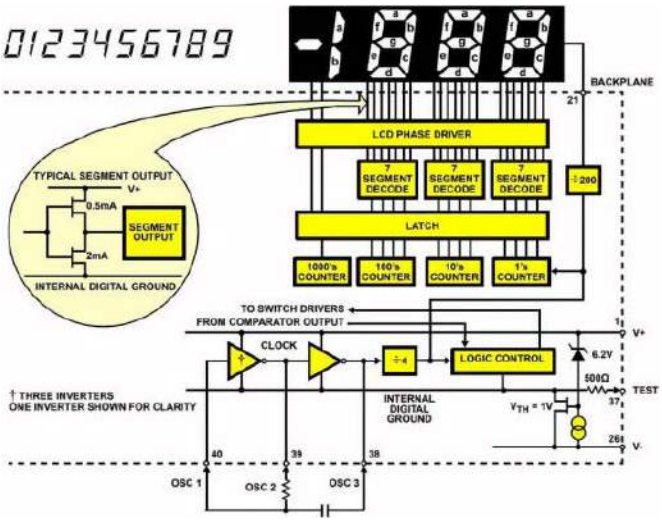
eprasa.pl c7783582f9

W wyniku tego elektroda przednia segmentu jest wysterowywana w opozycji fazowej do płyty tylnej. Do segmentu przyłożone jest napięcie zmienne, którego wartość międzyszczytowa jest równa Ub.

Zintegrowany sterownik wyświetlacza LCD

Znanym układem scalonym o dużej skali integracji, w którym scalono wysterowanie monochromatycznych, siedmiosegmentowych wyświetlaczy LCD, jest ICL7106, trzyipółdekadowy woltomierz cyfrowy z odczytem na wyświetlaczu LCD. Jak widać z wewnętrznego schematu blokowego na poniższym rysunku, płyta tylna całego wyświetlacza jest sterowana poprzez dzielnik 200 z generatora zegarowego układu. W ten sposób generowana jest fala prostokątna do wysterowania wyświetlacza LCD. Końcówki segmentów (patrz ramka) mają omówioną już wcześniej strukturę komplementarną. ■

Jos Verstraten



Wewnętrzny schemat blokowy sterownika LCD w układzie ICL7106 (© Intersil)

Wzmacniacze klasy D, G i H

Jaka jest sprawność wzmacniacza pracującego w klasie A?
☐ niska
☐ dość wysoka
☐ wysoka

Porównując klasy A, B, AB największe zniekształcenia skrośne obserwujemy dla klasy
☐ A
☐ B
☐ AB

Prąd płynący przez tranzystory bez sygnału jest najmniejszy dla klasy
☐ A
☐ B
☐ AB

Rozwiązaniem kompromisowym ze względu na małe zniekształcenia skrośne przy zachowaniu dość wysokiej sprawności jest klasa
☐ A
☐ B
☐ AB

W której klasie tranzystory nie pracują jako wzmacniacze liniowe
☐ A
☐ B
☐ AB
☐ D

W której klasie wzmacniaczy tranzystory pracują jako klucze w obwodzie modulacji szerokości impulsów (PWM) lub modulacji gęstości impulsów (PDM)?
☐ A
☐ B
☐ AB
☐ D

We wzmacniaczach klasy D dla uzyskania na wyjściu sygnału audio stosuje się
☐ detekcję sygnału
☐ przetwarzanie C-A
☐ filtrację dolnoprzepustową

Wzmacniacz klasy G wyróżnia się wyższą sprawnością, uzyskiwaną dzięki
☐ przełączaniu napięcia zasilania pomiędzy dwoma poziomami w zależności od poziomu sygnału audio
☐ zwiększonej częstotliwości fali nośnej
☐ ujemnemu sprzężeniu zwrotnemu

Wzmacniacz klasy G może być oparty na układach klasy
☐ A
☐ AB, D
☐ D

Wzmacniacz klasy H wyróżnia się
☐ płynną regulacją napięcia zasilania w funkcji amplitudy sygnału
☐ pracą push-pull w układzie mostka H
☐ hybrydową konstrukcją cyfrowo-analogową

Rozwiązanie znajdziesz na www.elportal.pl/quizy od dnia 9.06.2023.

Wiedza z artykułów projektowych w EdW 06/2023

Jakie stężenie CO_2 w powietrzu jest nieakceptowalne?
☐ >100 ppm
☐ >800 ppm
☐ >2000 ppm

Jakie stężenie CO_2 świadczy o bardzo dobrej jakości powietrza w pomieszczeniu?
☐ < 800 ppm
☐ < 1500 ppm
☐ < 2000 ppm

Jaki rodzaj czujnika CO_2 zastosowano w urządzeniu CO_2-Guard?
☐ czujnik niedyspersyjnej absorbcji podczerwieni
☐ czujnik oparty na spektometrii fotoakustycznej
☐ inny rodzaj czujnika

W urządzeniach audio do zasilania mikrofonów lub przedwzmacniaczy niekiedy stosuje się zasilanie fantomowe. Co to jest?
☐ zasilanie energią pobieraną z rozproszonych pól elektromagnetycznych
☐ zasilanie dostarczane kablem sygnałowym
☐ zasilanie z akumulatorka ładowanego energią słoneczną

W artykule o przedwzmacniaczu HF akronim SDR oznacza
☐ Single Data Rate
☐ Special Drawing Right
☐ Software Defined Radio

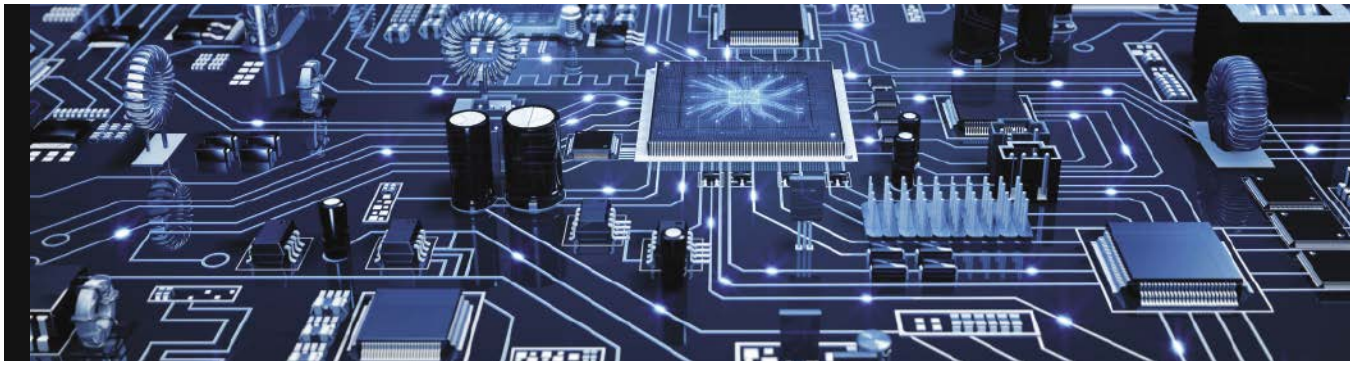
Zastosowane w przedwzmacniaczu HF transformatory nawinięte na toroidalnych ferrytach mają dobroć?
☐ 100
☐ 200
☐ 350

Co jest największym błędem popełnianym podczas lutowania rozpływowego elementów SMD?
☐ za mała ilość pasty lutowniczej
☐ dodawanie zbyt dużej ilości pasty lutowniczej
☐ niewystarczające dogrzanie pól lutowniczych

W projekcie Superpilota jedna bateria alkaliczna 9 V wystarczy na zasilanie w okresie
☐ 4 lat
☐ 2 lat
☐ jednego roku

Rozwiązanie znajdziesz na www.elportal.pl/quizy od dnia 16.06.2023.

eprasa.pl c7783582f9



Wzmacniacze klasy D, G i H

Stały autor PE Julian Edgar zasugerował ten temat po przeczytaniu artykułu Mike'a Spence'a na forum pomocy technicznej Texas Instruments, omawiającego podbijanie napięcia „look-ahead" we wzmacniaczach audio klasy D (układy te znane są również jako wzmacniacze klasy G i H). Niedawno pojawił się też post na temat klas wzmacniaczy od Toma Mota na forum PE: 'Jestem dość nowy w temacie wzmacniaczy głośnikowych, ale rozumiem różne klasy (tzn. Class-A, Class-AB, Class-D). Ale jak mógłbym zidentyfikować klasę wzmacniacza, na przykład gdybym kupował wzmacniacz przez internet i klasa nie byłaby wymieniona (co często się zdarza, z mojego doświadczenia) – jak mógłbym poznać klasę wzmacniacza?".

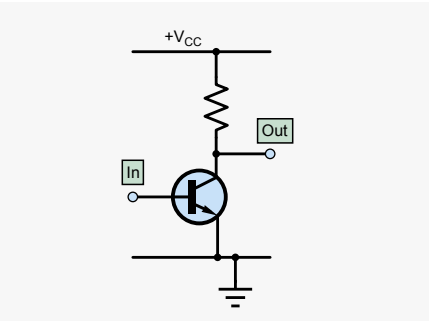
W bezpośredniej odpowiedzi na post Toma nie możemy powiedzieć wiele poza odpowiedzią na forum od Richarda Gabrica; że jeśli nie podano informacji, to trudno byłoby się dowiedzieć, ale klasa D jest szeroko stosowana w nowoczesnych konstrukcjach. Może to być szczególnie prawdopodobne w przypadku tańszych konstrukcji, oraz przenośnej elektroniki osobistej, ale klasa D jest również stosowana w wysokiej jakości wzmacniaczach. W tym artykule przyjrzymy się krótko innym klasom stosowanym w audio (czyli A, B i AB – C, E i F stosowane są głównie dla sygnałów o częstotliwości radiowej), zanim skupimy się na D, G i H.

Klasy A, B i AB

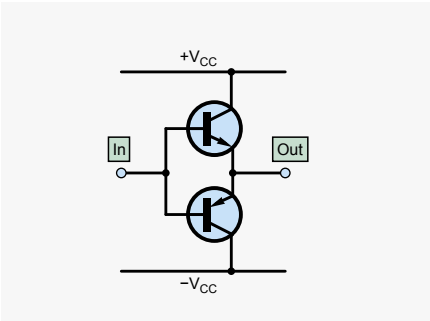
Wzmacniacz klasy A oparty jest na pojedynczym tranzystorze pracującym jako wzmacniacz liniowy – na przykład układ na **rysunku 1**. Obwód wymaga polaryzacji (nie pokazano), aby wprowadzić tranzystor w tryb aktywny wzmacniający i ustawić około połowę napięcia zasilania na wyjściu bez obecności sygnału. Jest to stosunkowo prosty układ, ale warunki polaryzacji wymagają, aby tranzystor przewodził w sposób ciągły bez sygnału, co powoduje marnowanie znacznej ilości energii w stosunku do tej dostarczanej do obciążenia. Jest to określane jako sprawność wzmacniacza – stosunek mocy rzeczywiście dostarczonej do obciążenia (głośnika we wzmacniaczu audio) do mocy pobranej z zasilania. Wzmacniacze klasy A mają niską sprawność.

W celu poprawy sprawności można by zbocznikować pojedynczy tranzystor tak, aby nie przewodził, gdy nie ma sygnału – zwiększenie napięcia wejściowego włączałoby tranzystor, pozwalając mu działać jako wzmacniacz. Niestety, spowodowałoby to, że tylko połowa sygnału byłaby wzmacniana – zmiana sygnału w przeciwnym kierunku nie spowodowałaby włączenia tranzystora i nie nastąpiłoby wzmocnienie. Problem ten można pokonać stosując parę komplementarnych tranzystorów – jeden przewodzi dla dodatniej połowy fali, a drugi dla ujemnej. Jest to wzmacniacz klasy B, który jest pokazany na **rysunku 2**. Układ ten jest znacznie wydajniejszy od wzmacniacza klasy A, ale cierpi na problem zwany „zniekształceniami skrośnymi". Gdy napięcie sygnału jest małe oba tranzystory są wyłączone, więc dla niskich amplitud sygnału na wyjściu występuje martwa wstęga, co oznacza, że wzmacniacz nie odtwarza w pełni kształtu fali sygnału na swoim wyjściu.

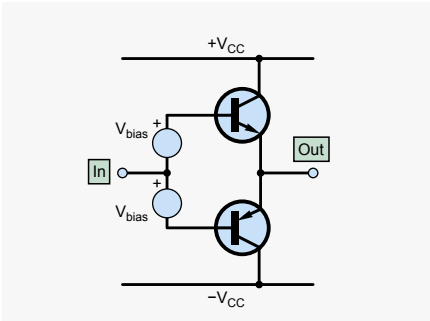
Wzmacniacze klasy A pokonują zniekształcenia skrośne poprzez przyłożenie napięcia polaryzacji do każdego tranzystora w obwodzie



Rysunek 1. Podstawowa architektura wzmacniacza klasy A

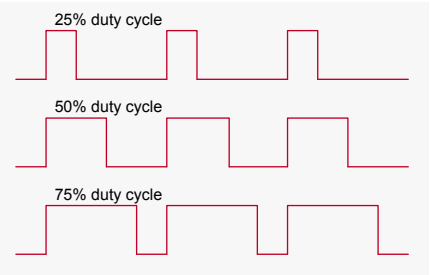


Rysunek 2. Podstawowa architektura wzmacniacza klasy B

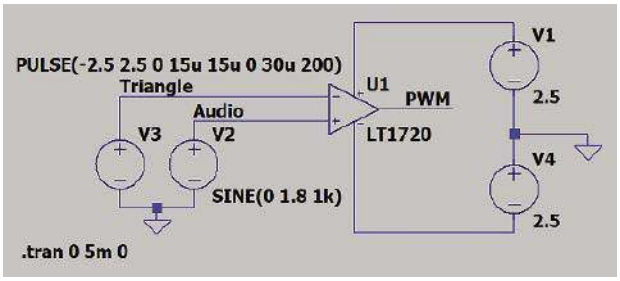


Rysunek 3. Podstawowa architektura wzmacniacza w klasie AB

eprasa.pl c7783582f9



Rysunek 4. Podstawy pojęcia cyklu pracy



Rysunek 6. Schemat LTspice dla koncepcyjnego układu modulatora PWM

podobnym do klasy B. Polaryzacja zapewnia, że oba tranzystory przewodzą bez sygnału. Nawet niewielka zmiana sygnału od zera zostanie wzmocniona przez jeden z tranzystorów, zmniejszając zniekształcenia zwrotnicy. Poziom polaryzacji bez sygnału może być znacznie mniejszy niż w przypadku wzmacniacza klasy A, co zapewnia lepszą efektywność. Klasa AB jest kompromisem pomiędzy klasami A i B i może być zaprojektowana tak, aby ustawić pożądany poziom kompromisu pomiędzy efektywnością i liniowością.

Zauważ, że obwody na **rysunkach 1** do **3** pokazują podstawową topologię układu, ale nie szczegóły obwodów wymaganych do stworzenia działającego projektu.

Efektywność i klasa D

Wzmacniacze klasy D są bardziej wydajne niż klasy A, B i AB. Było to kluczową siłą napędową znacznego wzrostu ich wykorzystania w ostatnich latach. Potrzeba maksymalizacji żywotności baterii w urządzeniach takich jak telefony komórkowe oraz rosnąca świadomość potrzeby stosowania bardziej ekologicznych technologii sprzyjają energooszczędnemu podejściu do projektowania układów. Wydajna elektronika ma również tendencję do bycia fizycznie mniejszą i lżejszą, co jest kolejną istotną zaletą w urządzeniach przenośnych oraz w osiąganiu nowoczesnej estetyki w produktach zasilanych z sieci.

Wzmacniacze marnują każdą moc, która jest rozpraszana w tranzystorach wyjściowych. W idealnej sytuacji cała moc z zasilania powinna trafiać do obciążenia; jednakże we wzmacniaczach liniowych (A, B i AB) pewne napięcie spada na tranzystorze (kolektor-emiter (CE) lub dren-źródło (DS)) podczas przewodzenia, co prowadzi do rozpraszania mocy w tranzystorze (równej VCE.ICE lub VDS.IDS). Jak widzieliśmy, w zależności od projektu obwodu, tranzystory mogą mieć również prąd polaryzacji, który oznacza, że przewodzą bez sygnału – prowadzi to do ciągłego marnowania mocy, nawet gdy nie ma sygnału.

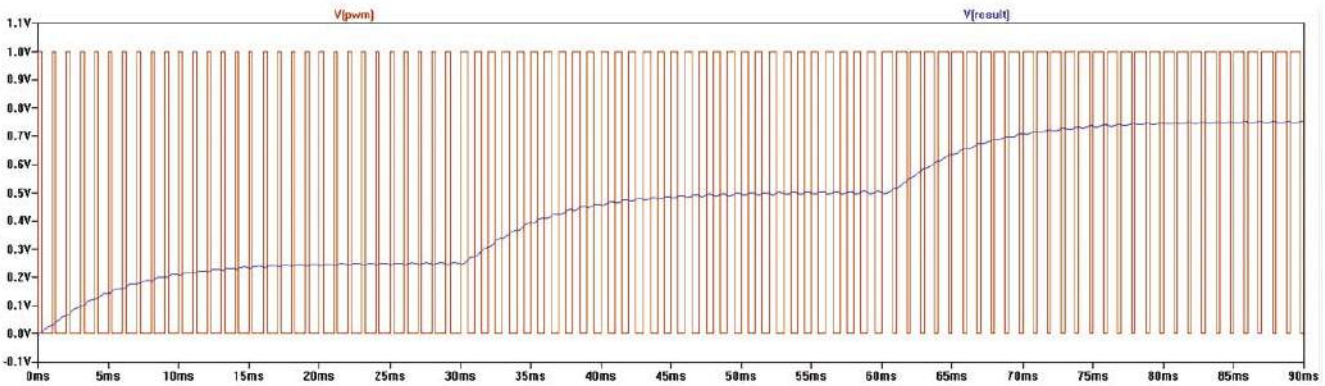
Wzmacniacze klasy D osiągają swoją wysoką sprawność poprzez przełączanie tranzystorów wyjściowych (którymi zazwyczaj są MOSFET-y) w stan pełnego włączenia i wyłączenia. W stanie wyłączenia przez tranzystor płynie bardzo mały prąd – IDS jest bliski zeru, więc VDS.IDS jest bardzo małe. MOSFET pracujący jako przełącznik ma niskie napięcie w stanie włączonym – VDS jest bliskie zeru, więc VDS.IDS jest znowu bardzo małe.

Przełączanie wzmacniacza klasy D oznacza, że na jego wyjściu jest fala prostokątna, a dokładniej ciąg impulsów, więc jak może on odtworzyć sygnał audio (muzykę lub mowę), który w niczym nie przypomina fali prostokątnej? Odpowiedź jest taka, że impulsy są wytwarzane (tranzystory są przełączane) przy znacznie wyższych częstotliwościach niż sygnał audio i są przekształcane w taki sposób, że jeśli impulsy zostaną przepuszczone przez filtr dolnoprzepustowy, który usuwa sygnały z częstotliwością przełączania impulsów, to na wyjściu z filtra będzie sygnał audio. To przekształcenie impulsów jest określana jako „modulacja".

Istnieje więcej niż jedna technika modulacji, która może być stosowana we wzmacniaczach klasy D. Dwa szeroko stosowane podejścia to modulacja szerokości impulsu (PWM) i modulacja gęstości impulsu (PDM). Nazwy te opisują to, co się dzieje. W PWM, szerokość impulsów przy stałej częstotliwości jest zmieniana w symbiozie z sygnałem audio. W PDM zmienia się liczba impulsów o stałej szerokości w jednostce czasu. W obu przypadkach, dla stałej wysokości impulsu (napięcia), średnia wartość sygnału modulowanego (ciąg impulsów) jest równa sygnałowi modulującemu (audio) i może być uzyskana przez odpowiedni filtr dolnoprzepustowy. Przyjrzymy się bardziej szczegółowo PWM, ponieważ jest to najprostszy przypadek, chociaż wiele nowoczesnych wzmacniaczy klasy D w rzeczywistości wykorzystuje PDM.

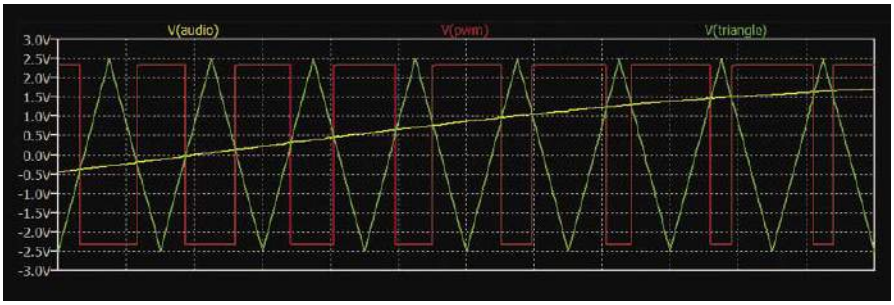
Modulacja szerokości impulsów (PWM)

Szerokość impulsów wytwarzanych ze stałą częstotliwością (częstością powtarzania) można opisać za pomocą ich cyklu pracy (patrz **rysunek 4**). Cykl pracy to część okresu, przez którą impuls jest w stanie wysokim. Przebieg impulsowy o cyklu pracy 50% to idealna fala prostokątna, która jest włączona przez dokładnie połowę okresu. Niższe cykle pracy mają proporcjonalnie krótsze impulsy, a wyższe dłuższe, jak pokazano na rysunku 4. Modulator szerokości impulsu generuje ciąg impulsów w taki sposób, że cykl pracy każdego impulsu jest ustawiony przez wartość sygnału modulującego w momencie wytworzenia każdego impulsu. Cykl pracy ma ograniczony

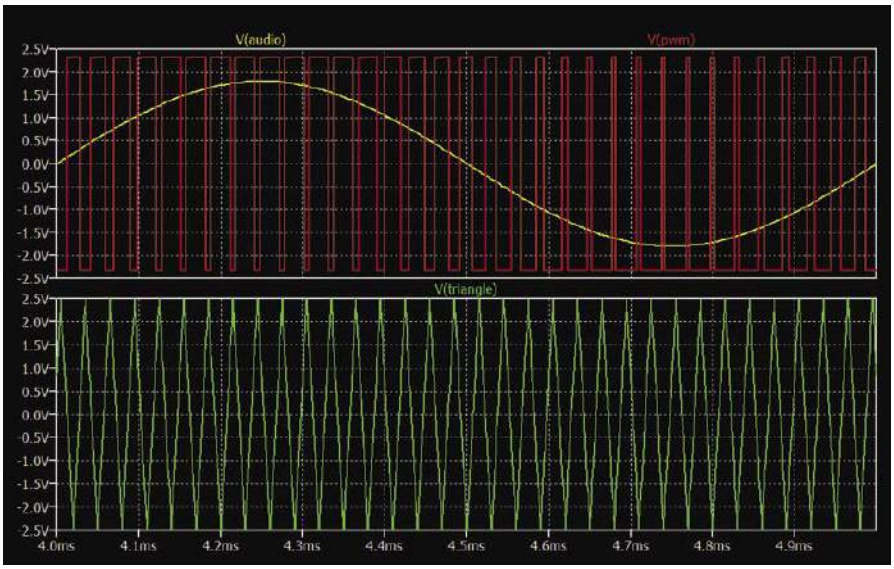


Rysunek 5. Przykładowy przebieg PWM

eprasa.pl c7783582f9



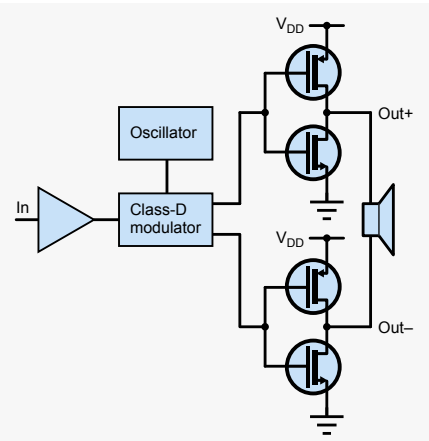
Rysunek 7. Zależność pomiędzy sygnałami audio, trójkątnym i PWM dla modulatora PWM (symulacja układu z rysunku 6). Każdy cykl trójkąta trwa 30µs



Rysunek 8. Symulacja układu z rysunku 6 przedstawiająca pełny cykl sinusoidy dźwięku

zakres od 0 do 100%, więc zbyt duże wartości sygnału spowodują przekroczenie zakresu cyklu pracy – jest to podobne do obcinania przez wzmacniacz liniowy dużych wartości szczytowych sygnału, ponieważ jego zakres wyjściowy jest ograniczony przez napięcie zasilania.

Jak wskazano powyżej, sygnał modulujący może być odzyskany z ciągu impulsów PWM poprzez uśrednienie napięcia sygnału impulsowego w czasie (filtracja dolnoprzepustowa).



Rysunek 9. Schemat ideowy bezfiltrowego wzmacniacza klasy D

Przebiegi na **rysunku 5** ilustrują proces uśredniania sygnału PWM. Przebieg impulsu o stałej częstotliwości (1 kHz) i napięciu (1 V) (czerwony przebieg) rozpoczyna się od 25% cyklu pracy (impuls ma napięcie 1 V przez 25% czasu i 0 V przez 75% czasu). Po 30 ms cykl pracy wzrasta do 50% (równe czasy włączenia i wyłączenia), a przy 60ms wzrasta do 75%. Drugi przebieg (niebieski) pokazuje wartość średnią uzyskaną przez filtrację dolnoprzepustową przebiegu impulsowego. Reprezentuje ona moc sygnału dostarczanego do obciążenia w układzie PWM.

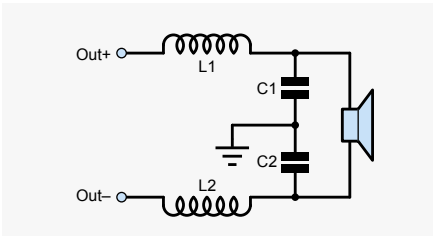
Jak widać na rysunku 5, gdy zmienia się cykl pracy PWM, proces uśredniania oznacza, że potrzeba chwili, aby poziom mocy ustabilizował się do nowej wartości – jest to normalne dla filtra dolnoprzepustowego z wejściem krokowym (cykl pracy uległ w tym przykładzie natychmiastowym zmianom, podczas gdy większość sygnałów audio zmieniałaby się bardziej płynnie). Na rysunku 5 widać również bardzo małe tętnienie poziomu z każdym impulsem. Dokładne przebiegi w rzeczywistym układzie będą zależały od częstotliwości impulsów i właściwości procesu filtracji. Rysunek 5 ma jedynie charakter poglądowy i nie ma na celu pokazania konkretnego układu.

Zastosowanie PWM i filtrowanie

Oprócz wzmacniaczy klasy D, PWM jest używany w wielu różnych aplikacjach, w tym w zasilaczach impulsowych, a także w sterowaniu prędkości silnika i jasności diod LED. W niektórych przypadkach samo obciążenie filtruje impulsy dolnoprzepustowo, aby zapewnić funkcję uśredniania. Prostym przykładem jest zastosowanie zasilania do elementu grzejnego, gdzie element i/lub przedmiot ogrzewany ma termiczną stałą czasową znacznie dłuższą niż czas trwania impulsu. W przypadku sterowania jasnością diod LED dla celów obserwacji przez człowieka, diody LED są faktycznie włączane i wyłączane (migają) za pomocą impulsów PWM, więc przetwarzanie uśredniające zachodzi u obserwatora ze względu na bezwładność wzroku. Dokładniej, impulsy PWM podawane do diody LED muszą mieć większą częstotliwość, niż częstotliwość, przy której modulowane źródło światła wydaje się mieć stałe natężenie dla ludzkiego obserwatora.

W przypadku wzmacniaczy audio klasy D głośnik i ucho ludzkie są w stanie zapewnić filtrowanie wymagane do odzyskania (demodulacji) oryginalnego sygnału audio. Ważnym wymogiem projektowym jest to, że dla uniknięcia potencjalnie szkodliwych efektów, na głośniki nie powinna być podawana fala prostokątna o wysokiej amplitudzie w zakresie częstotliwości akustycznych (20 Hz do 20 kHz). Na szczęście, impulsy PWM o częstotliwości od setek kiloherców do megaherców powodują bardzo mały bezpośredni ruch membrany, a głośniki będą reagować na średni poziom sygnału – czyli oryginalny sygnał audio. Co więcej, ucho ludzkie działa również jako filtr dla sygnałów powyżej około 20kHz, czyli znacznie poniżej częstotliwości impulsów PWM. Jednak wzmacniacze klasy D wykorzystujące stosunkowo niskie częstotliwości impulsów mogą wymagać filtra LC do demodulacji.

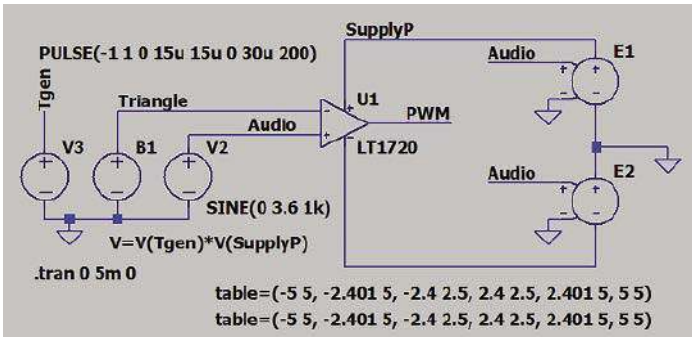
Filtry mogą być również wymagane na wyjściach wzmacniaczy klasy D z powodów innych niż demodulacja. Na przykład, przełączanie wysokiej częstotliwości może spowodować, że wzmacniacz będzie wytwarzał EMI (zakłócenia elektromagnetyczne), jeśli niefiltrowany



Rysunek 10. Typowy filtr wyjściowy wzmacniacza klasy D (jeśli jest stosowany)

eprasa.pl c7783582f9

sygnał PWM jest przesyłany przez stosunkowo długie przewody głośnikowe bez filtru. Często do tłumienia EMI można zastosować koraliki ferrytowe zamiast większych i droższych filtrów LC.



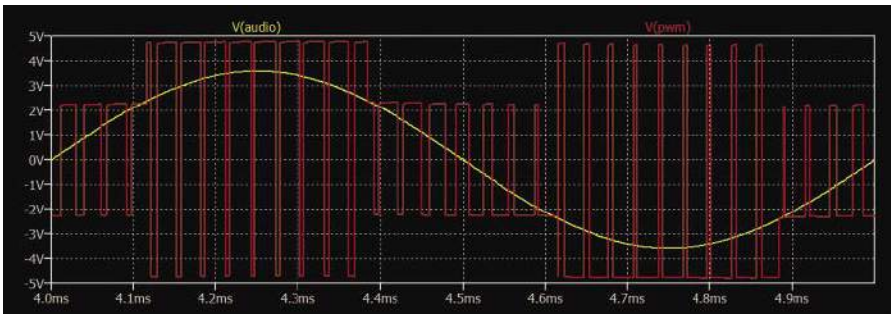
Rysunek 11. Schemat LTspice do generowania poglądowych przebiegów dla wzmacniacza klasy G opartego na wzmacniaczu klasy D

Struktura układu wzmacniacza klasy D

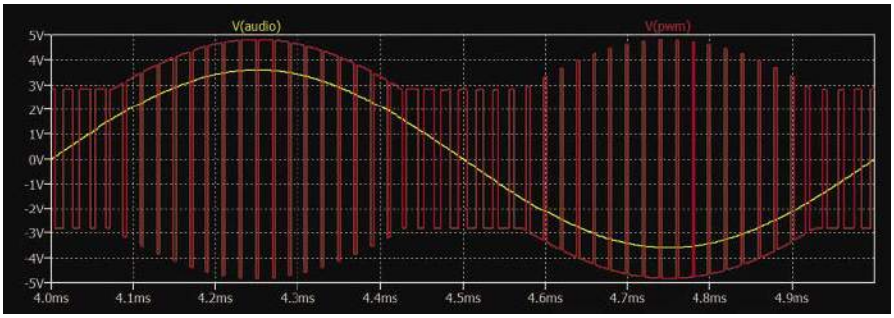
Podstawowa struktura modulatora klasy D została przedstawiona na schemacie LTspice na **rysunku 6**. Nie jest to w zamierzeniu praktyczny projekt – ilustruje on podstawową koncepcję, a LTspice zapewnia wygodny sposób rysowania przebiegów. Układ składa się z komparatora, na którego wejścia podawane są: sygnał audio i falą trójkątną – oba przebiegi mają zerowy offset DC. Sygnał audio jest reprezentowany przez sinusoidę o częstotliwości 1 kHz i amplitudzie ±1,8 V. Fala trójkątna ma taką samą amplitudę jak napięcie zasilania, ±2,5 V. Częstotliwość fali trójkątnej wynosi 33 kHz, znacznie mniej niż typowa rzeczywista częstotliwość przełączania wzmacniacza klasy D, ale dogodniej dla zobrazowania ogólnego kształtu przebiegów.

Komparator włączy się (wytworzy wysokie napięcie wyjściowe), gdy sygnał audio będzie bardziej dodatni niż napięcie fali trójkątnej. Tak więc dla bardziej dodatnich napięć audio wyjście będzie włączone przez większą część cyklu fali trójkąta (patrz **rysunek 7**). Zatem cykl pracy wyjścia będzie się zmieniał od 0% dla napięcia wejściowego audio −2,5 V do 100% dla napięcia wejściowego audio +2,5 V. Przykładowy sygnał audio ma mniejszą amplitudę niż te skrajne wartości, dzięki czemu modulator przełącza się w całym cyklu fali dźwiękowej (patrz **rysunek 8**).

Na **rysunku 9** przedstawiono schemat ideowy bezfiltrowego wzmacniacza klasy D. Zazwyczaj modulator ma komplementarne wyjścia, które sterują dwa przełączniki MOSFET push-pull w układzie mostka H, jak pokazano na rysunku. W praktyce układ może być bardziej złożony – na przykład ze sprzężeniem zwrotnym z wyjścia do wzmacniacza błędu przed modulatorem w celu poprawy jakości sygnału wyjściowego. Jeśli stosowany jest filtr demodulacyjny, będzie to zazwyczaj zrównoważony filtr LC drugiego rzędu, jak pokazano na **rysunku 10**. Należy pamiętać, że układ na rysunku 9 jest zasadniczo konstrukcją analogową – litera „D" we frazie „klasa D" nie oznacza „cyfrowej". W cyfrowych systemach audio wyjście PWM (lub PDM) może być generowane cyfrowo, jednakże dźwięk może być nadal konwertowany do postaci analogowej (przez DAC) w celu modulacji, ponieważ precyzyjne sterowanie modulacji impulsowej wymaga częstotliwości zegara cyfrowego wielokrotnie większej niż częstotliwość impulsów.



Rysunek 12. Przebiegi dla układu wzmacniacza z układu z rysunku 11



Rysunek 13. Ilustracyjny przebieg dla wzmacniacza klasy H opartego na wzmacniaczu klasy D

Wzmacniacze klasy G

Przy danym napięciu zasilania, sprawność wszystkich omówionych powyżej klas wzmacniaczy zmniejsza się dla niskich poziomów sygnału – znaczna część mocy traconej jest niezależna od poziomu sygnału, ale zależy od napięcia zasilania, więc stosunkowo duża część jest tracona przy niskich poziomach sygnału. W przypadku typowych sygnałów audio, takich jak muzyka, poziom sygnału może być stosunkowo niski przez znaczną część czasu, a w typowych zastosowaniach wzmacniacze mogą działać przy stosunkowo niskim poziomie głośności przez większość czasu; tylko od czasu do czasu są podkręcane. Dla sygnałów o niższym poziomie, wzmacniacz mógłby pracować przy niższym poziomie zasilania i byłby bardziej wydajny, ale wtedy nie byłby w stanie prawidłowo odtworzyć głośniejszych fragmentów muzyki lub zadowolić użytkownika, gdy wymagana jest duża głośność.

Rozwiązaniem tego problemu z zasilaniem i sprawnością jest praca wzmacniacza przy stosunkowo niskim napięciu zasilania przez większość czasu, ale przełączanie zasilania na wyższe napięcie („podbicie" go), gdy potrzebna jest większa moc wyjściowa. Wzmacniacze pracujące w ten sposób określane są jako „klasa G". Wzmacniacze klasy G mogą być oparte na układach klasy AB lub klasy D. Wersja oparta na klasie D nazywana jest czasem klasą DG.

Rysunek 11 pokazuje wersję układu z rysunku 6, w której zasilanie jest przełączane pomiędzy dwoma poziomami w zależności od poziomu sygnału audio. Ponownie, ten układ służy tylko do pokazania podstawowej koncepcji i do wytworzenia ilustracyjnych przebiegów – nie jest to praktyczna konstrukcja. Tak jak poprzednio, częstotliwość impulsów jest niższa niż w typowym rzeczywistym projekcie, aby zapewnić bardziej przejrzysty rysunek przebiegu. Przełączanie napięcia zasilania jest modelowane przy użyciu pary źródeł napięcia sterowanych napięciem (E1 i E2) z funkcją tablicową do ustawiania zakresów napięć audio w celu sterowania dwoma poziomami zasilania. Amplituda fali trójkątnej jest dopasowana do napięcia zasilania za pomocą źródła behawioralnego (B1) do pomnożenia fali 1V przez napięcie zasilania. Przebieg PWM

eprasa.pl c7783582f9

dla jednego cyklu sygnału audio przedstawiono na **rysunku 12**.

Wzmacniacze klasy H

Wzmacniacze klasy H rozszerzają koncepcję sterowania napięciem zasilającym poprzez zapewnienie zmiennego płynnie lub skokowo napięcia zasilającego, dopasowanego do sygnału. Konkretnie, dla sygnałów powyżej pewnego poziomu, zasilanie jest ustawione na napięcie nieco powyżej poziomu wyjściowego sygnału i wystarczające do pracy wzmacniacza. I znów można to zastosować zarówno do wzmacniaczy klasy A jak i D. Przykładowe przebiegi dla wersji klasy D pokazano na **rysunku 13**. Układ LTspice'a z rysunku 11 został zaadaptowany do wytworzenia tego układu, przy czym zasilanie zmienne w sposób ciągły zostało zamodelowane przy użyciu dwóch źródeł behawioralnych w miejsce źródeł sterowanych tablicowo E1 i E2. Napięcie źródła behawioralnego zostało ustawione za pomocą równania V=max(3,abs(V(audio))+1.4). Częstotliwość impulsów jest nieco wyższa niż w poprzednich przykładach, aby wydatniej podkreślić kształt amplitudy impulsu, chociaż poszczególne impulsy są mniej wyraźne.

Różnica między klasą G i H może być myląca lub niespójna w różnych kontekstach, ale często czynnikiem odróżniającym jest to, że klasa G ma dwa stałe poziomy napięcia zasilającego, a wzmacniacz przełącza się między nimi, podczas gdy klasa H ma jeden zasilacz o zmiennym poziomie napięcia. Tak więc klasa H działa tak, jakby napięcie zasilające jednego wzmacniacza było sterowane przez inny wzmacniacz.

Układy scalone klasy G i H

Projektowanie wzmacniaczy klasy D pracujących w trybach klasy G lub H jest dalekie od trywialnego. Na szczęście dostępne są pewne układy scalone, które implementują większość funkcjonalności. Na przykład MAX98307 firmy Maxim Integrated to '3.3W, Mono Class DG Multilevel Speaker Amplifier', a TAS2562 firmy Texas Instruments to '6.1W Boosted Class-D Audio Amplifier with IV Sense'. Oba układy kosztują rzędu funta lub dwóch za i są przeznaczone do takich aplikacji jak telefony komórkowe, tablety PC, głośniki Bluetooth i konsumenckie urządzenia audio. MAX98307 ma wejście audio i jest stosunkowo prosty. TAS2562 (przedmiot artykułu, który skłonił Juliana do zasugerowania tego tematu) jest bardziej złożoną bestią, z cyfrowym wejściem audio o częstotliwości próbkowania do 96kHz poprzez interfejsy I^2S/TDM/I^2C. Ma dużą liczbę rejestrów sterujących, pozwalających na dostosowanie konfiguracji układu (datasheet liczy 114 stron). Texas Instruments dostarcza oprogramowanie, które może obliczyć wartości rejestrów i zaprogramować układ dla nowych zastosowań.

TAS2562 może pracować zarówno w trybie Class-G jak i Class-H, a jego celem jest wydłużenie czasu pracy baterii w przenośnych/osobistych urządzeniach elektronicznych z wyjściem audio. Wykorzystuje on zintegrowany konwerter DC-DC do wytworzenia napięcia zasilającego „boost", potrzebnego w sytuacji, gdy wymagana jest większa moc wyjściowa. Wszystkie wzmacniacze klasy G i H wymagają sposobu pomiaru sygnału i wykorzystania go do dostosowania napięcia zasilającego do poziomu wzmacnianego sygnału. Jest to stosunkowo proste w przypadku TAS2562, ponieważ odbiera on strumień cyfrowego dźwięku i przechowuje wiele próbek w swojej wewnętrznej logice cyfrowego przetwarzania sygnału. Dlatego też, podczas gdy dana próbka jest aplikowana do modulatora klasy D, układ sterujący zasilaniem może „spojrzeć w przód" na późniejsze próbki przebiegu, aby zdecydować, co zrobić z napięciem zasilającym. Okres wybiegania w przyszłość może zawierać się w przedziale od 1 do 20 próbek, przy czym coś około 13 jest typowe przy częstotliwości próbkowania 48 kHz. Wartość ta jest ustawiana przez rejestr sterujący. ■

Ian Bell

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

QUIZ!

Monochromatyczne wyświetlacze LCD

Czwarty stan skupienia, nazywany ciekłym kryształem, obserwuje się u niektórych
☐ metali
☐ cieczy
☐ związków organicznych

Istnieją 3 różne struktury molekularne ciekłych kryształów. Jedna z nich nie ma zastosowania w wyświetlaczach. Jest to struktura
☐ smektyczna
☐ nematyczna
☐ cholesteryczna

Polaryzatory stosuje się w wyświetlaczach LCD
☐ nematycznych
☐ cholesterycznych
☐ zarówno nematycznych jak i cholesterycznych

Wyświetlacze LCD, które działają tylko z podświetleniem, to
☐ odblaskowe
☐ transrefleksyjne
☐ transmisyjne

Kontrast dla wyświetlaczy LCD, zdefiniowany jako stosunek przezroczystości w stanie włączonym i wyłączonym, na ogół wynosi
☐ 0,05 do 0,1
☐ 0,01 do 0,05
☐ 0,1 do 0,2

Kontrast w funkcji rosnącego napięcia zasilania
☐ maleje
☐ rośnie
☐ nie zmienia się

Wraz ze wzrostem temperatury maksymalnej kontrast jest osiągany przy napięciu zasilania
☐ niższym
☐ wyższym
☐ nie zmienia się

Do zasilania wyświetlaczy LCD stosuje się napięcie
☐ stałe lub zmienne
☐ tylko stałe
☐ tylko zmienne

Wyświetlacze LCD są projektowane na napięcie zasilania od 1,5 do 20 V RMS, przy czym maksymalny kontrast na ogół osiąga się dla napięcia
☐ 4,5 V
☐ 10 V
☐ 14,5 V

Nowoczesne wyświetlacze LCD mają gwarantowaną żywotność
☐ 10.000 godzin
☐ 50.000 godzin
☐ 100.000 godzin

Składowa napięcia stałego w sygnale sterującym wyświetlacz LCD nie może przekraczać
☐ 50 mV
☐ 500 mV
☐ 1 V

Rozwiązanie znajdziesz na www.elportal.pl/quizy od dnia 2.06.2023.

eprasa.pl c7783582f9

Repozytorium Robotyki

– cyfrowe udostępnianie zasobów nauki z obszaru robotyki

Robotyka i dziedziny pokrewne rozwijają się obecnie dynamiczniej niż kiedykolwiek dotąd. Nieocenioną pomocą na drodze do kreowania przyszłości tego obszaru jest wiedza zdobyta wcześniej. Z myślą o wsparciu w tym zakresie zarówno świata przemysłu, jak i nauki Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP należący do Sieci Badawczej Łukasiewicz opracował Repozytorium Robotyki. Celem tego przedsięwzięcia jest zapewnienie dostępu do wiedzy o zdobyczach techniki – zarówno historycznych, jak i najnowszych – z zakresu szeroko rozumianej automatyki i robotyki. Pomoże to w rozwoju nauki i zwiększeniu innowacyjności polskiego przemysłu.

Repozytorium Robotyki to unikatowe kompendium, dostępne powszechnie i bezpłatnie. W zdigitalizowanej formie udostępnione są zgromadzone w Łukasiewicz – PIAP prace naukowe, badawcze i rozwojowe z zakresu robotyki oraz obszarów pokrewnych, takich jak automatyka, pomiary, sztuczna inteligencja, rozpoznawanie obrazów, przetwarzanie mobilne itp. Korzystający z repozytorium mają również dostęp do raportów z badań, czasopism, opisów projektów urządzeń oraz elementów robotycznych, a ponadto do bogatych zasobów biblioteki instytutu Łukasiewicz – PIAP.

– Doświadczenie w dziedzinie szeroko rozumianej robotyki gromadzimy od ponad 50 lat. Prowadzone w tym czasie prace, podobnie jak gromadzone biuletyny oraz czasopisma naukowe i branżowe, były skrupulatnie archiwizowane, ale przechowywane w dużej mierze w formie papierowej. To znacznie utrudnia ich znajdywanie oraz ogranicza możliwości korzystania z nich. Dzięki repozytorium te zasoby zyskają drugie życie, tym razem w obiegu cyfrowym i otwartym dla wszystkich zainteresowanych – mówi dr inż. Małgorzata Kaliczyńska, kierownik projektu.

Wsparcie innowacyjności

Łukasiewicz – PIAP może pochwalić się kilkudziesięcioletnim doświadczeniem w prowadzeniu prac badawczo-rozwojowych, a także w tworzeniu rozwiązań z zakresu szeroko pojętej robotyki i wdrażaniu ich w różnych gałęziach przemysłu. Wśród obszarów działań instytutu jest automatyzacja i robotyzacja linii produkcyjnych i fabryk, produkcja robotów mobilnych, antyterrorystycznych i rehabilitacyjnych, tworzenie rozwiązań z zakresu druku 3D oraz technologii kosmicznych. Dzięki tak szerokiemu spektrum działania instytutu Repozytorium Robotyki ma unikalną wartość historyczną, a jednocześnie może pośrednio przysłużyć się dalszemu rozwojowi robotyki w Polsce.

– Polska ma wciąż wiele do nadrobienia w obszarze robotyzacji. Mamy ambicję wpłynąć na zmianę tego stanu. Udostępnianie wiedzy o najnowszych zdobyczach techniki z zakresu automatyki i robotyki i ich świadome zastosowanie na liniach produkcyjnych powinno przyczynić się do zwiększenia innowacyjności polskiego przemysłu. Udostępnimy zarówno wiedzę z początków rozwoju robotyki, jak i tę najnowszą, a internauci, korzystając z zasobów repozytorium, będą mogli analizować rozwój techniki – podkreśla dr inż. Małgorzata Kaliczyńska.

Nie tylko historia

Ideą przyświecającą pracom nad repozytorium jest połączenie przeszłości z teraźniejszością, dlatego stanowi ono źródło wiedzy nie tylko o osiągnięciach archiwalnych, ale również bieżących – będzie stale aktualizowane i wzbogacane o kolejne zasoby. Obserwując tempo, w jakim ewoluuje technologia IT i możliwości, jakie daje

Internet, nie można dokładnie przewidzieć, co przyniosą kolejne dwa czy trzy lata, ale pewne jest, że możemy spodziewać się dalszego dynamicznego rozwoju na polu robotyki i dziedzin pokrewnych. Z tego względu planujemy modyfikowanie i rozbudowywanie portalu udostępniającego zasoby wiedzy zgodnie ze zmieniającą się rzeczywistością – podkreśla dr inż. Małgorzata Kaliczyńska.

Zapraszamy na stronę roborepo.pl.

Fundusze Europejskie Polska Cyfrowa
Rzeczpospolita Polska
Unia Europejska Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego

Projekt, współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, jest realizowany w ramach Programu Operacyjnego Polska Cyfrowa (działanie 2.3 – Cyfrowa dostępność i użyteczność informacji sektora publicznego, poddziałanie 2.3.1 – Cyfrowe udostępnienie informacji sektora publicznego ze źródeł administracyjnych i zasobów nauki).

eprasa.pl c7783582f9

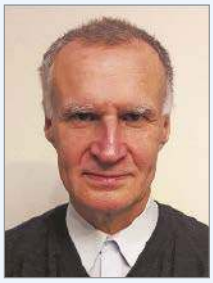
Uczmy się na cudzych błędach

Celem tej rubryki jest kształtowanie u Czytelników EdW umiejętności krytycznego czytania schematów i opisów projektów autorskich. Wszyscy jesteśmy omylni. Konstruktorzy projektów elektronicznych też. W projektach publikowanych w Internecie, ale też w artykułach drukowanych zdarzają się błędy różnej wagi, w tym też takie, które sprawiają, że układ nie może działać prawidłowo. Uczmy się wykrywać te błędy na przykładach projektów sprawdzonych w naszym redakcyjnym Pokoju Nauczycielskim.

Pamiętajmy! Nie oceniamy Autorów, tylko uczymy się na cudzych błędach.

Zapraszamy Czytelników do współpracy z naszym Pokojem Nauczycielskim. Jeśli natrafiliście w Internecie lub źródłach drukowanych na opis projektu z poważnymi Waszym zdaniem błędami, to przysyłajcie takie opisy do naszej redakcji (redakcja@elportal.pl w tytule wiadomości: Pokój Nauczycielski) wraz z Waszymi uwagami.

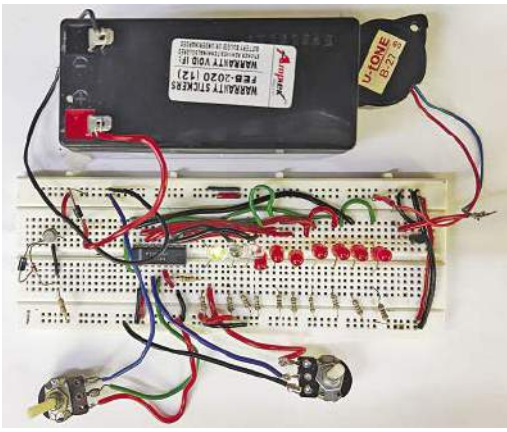
Projekt sprawdza i poprawia Karol Świerc



Mgr inż. elektronik – absolwent Wydziału Automatyki i Informatyki Politechniki Śląskiej z 1980 roku. Przez 25 lat prowadził serwis RTV. Mówi o sobie: „z elektroniką łączy mnie związek „z rozsądku", moją pierwszą miłością była matematyka i fizyka". Autor wielu artykułów publikowanych w EdW.

Wskaźnik naładowania akumulatora 12/24 V

W układach zasilanych z akumulatora łatwo jest przeoczyć moment jego krytycznego rozładowania. Urządzenie przestaje działać, lub co gorzej, akumulator – do wymiany. Proponowany tu wskaźnik może uchronić przed taką sytuacją i jest odpowiedni dla akumulatora 12-to i/lub 24-ro woltowego. Jest zatem predysponowany do samochodu, inwertera, systemu solarnego itp. Indykacja jest semi-analogowa. Linijka zawiera 10 diod LED. W tym przypadku rozdzielczość co 10% jest wystarczająca. Możliwe są dwa tryby pracy – linijki lub „punktowy". To znaczy, świecą diody od 1 do N, lub N-ta. Jeśli świecą diody od LED1 do LED5 (lub tylko LED5), to powinno oznaczać, że naładowanie baterii jest ok. 50%. Na **rysunku 1** pokazano zdjęcie prototypu wykonanego przez autora, **rysunek 2** pokazuje schemat blokowy. Kierując się schematem blokowym mamy jasność, iż gdy świeci tylko dioda LED1, naładowanie akumulatora powinno odpowiadać 10%. Gdy zaświeci także LED2 powinno to być 20% itd. Gdy świecą wszystkie (lub w trybie „DOT" tylko dziesiąta) powinno to oznaczać naładowanie 100% i bateria jest sprawna i „gotowa do użycia". Obwód „indykatora" zawiera dwa przełączniki S1 i S2. Pierwszy przełącza między trybem odpowiednim dla akumulatora 12 V lub 24 V. Zwarcie S2 – to „linijka" (bar mode), rozwarcie S2 – dot mode.



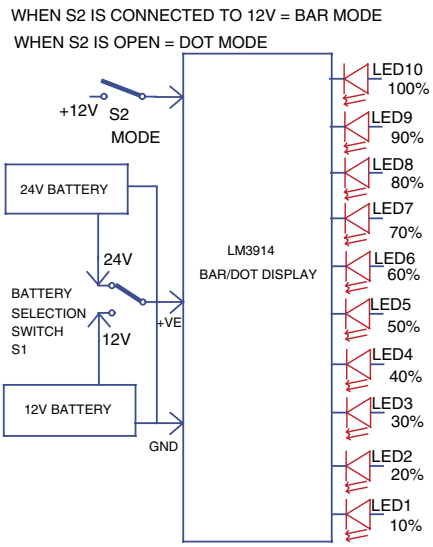
Rysunek 1.

Opis układu i jego działanie

Schemat ideowy pokazuje rysunek 3. Wykorzystano tu układ scalony LM3914, który realizuje wszystkie funkcje. Dodatkowe elementy związane są z kalibracją wskazań oraz z adaptacją dla akumulatora 12 V i 24 V. Są to: dwie diody 1N4007 (D1 i D2), dioda Zenera 12,1 V (ZD1), tranzystor T1 – BC547 i T2 – BC557, potencjometry montażowe VR1 i VR2, a także dziesięć „pięcio-milimetrowych" diod LED (LED1 do LED10) oraz piezoelektryczny buzzer PZ1. Obwód wykorzystujący tranzystor T1 i diodę Zenera ZD1 redukuje napięcie 24 V do poziomu 12 V. Zasilanie układu scalonego LM3914 jest zawsze dwunasto-woltowe (wyprowadzenie 3). Pin 2 US należy połączyć z masą (ujemnym biegunem akumulatora). W celu podłączenia obwodu do testowanego akumulatora, zaleca się wykorzystanie klipsów-krokodylków oraz przewodów ok. 30 cm. Krokodylek czerwony (wraz z czerwonym przewodem) jako plus i czarny jako minus, uchroni przed pomyłką, błędnym podłączeniem miernika do baterii. Ustawienie przełącznika S2 jest „sprawą gustu", zaś położenie S1 musi być odpowiednie do napięcia akumulatora. Aczkolwiek pomyłka ustawienia S1 nie może spowodować żadnego uszkodzenia.

Bardzo ważne jest poprawne skalibrowanie wskazań potencjometrami VR1 i VR2. Dla wykonania tej czynności, można zalecić wykorzystanie regulowanego zasilacza w zakresie do 30 V. Autor projektu zaleca następującą procedurę kalibracji:

Ustaw na zasilaczu napięcie 12 V a miernik/wskaźnik przełącz w tryb 24 V. Potencjometrem VR1 ustaw położenie, gdy LED1 zacznie świecić. Następnie podnoś napięcie regulując zasilaczem do 24 V. Należy obserwować „status" zaświecania kolejnych diod. LED1 powinna zaświecić przy napięciu 2,4 V, LED2 w okolicy 4,8 V itd.

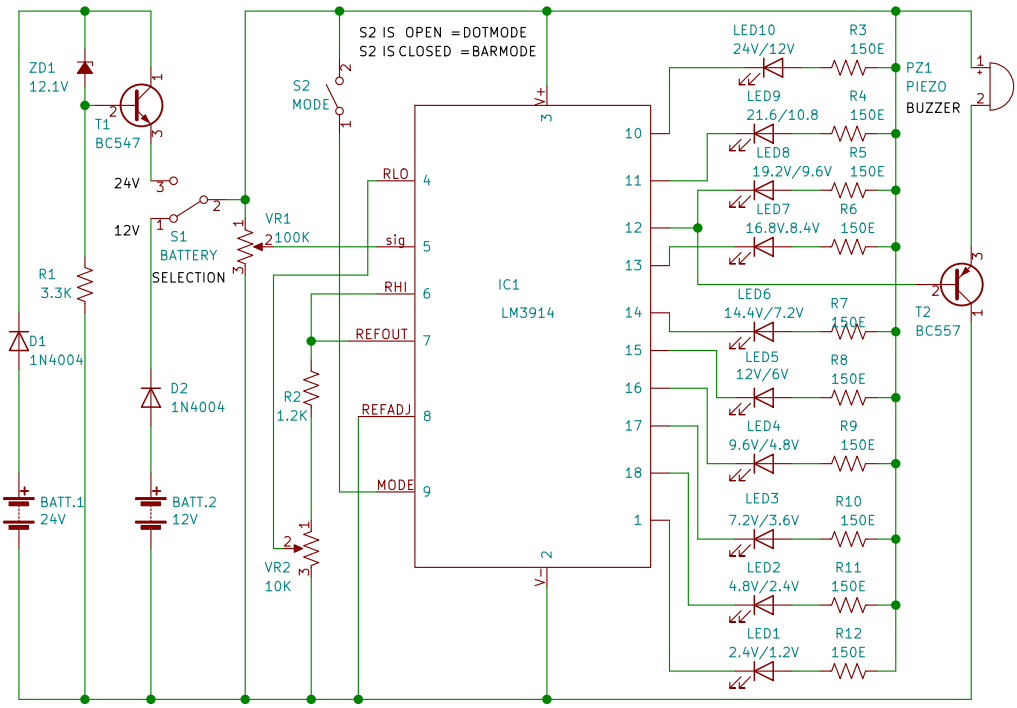


Rysunek 2.

eprasa.pl c7783582f9

Ostatnia dioda LED10 powinna zaświecić przy napięciu 24 V. Po tak przeprowadzonej kalibracji, układ jest „gotowy do użycia”.

Jeśli chcesz sprawdzić stan baterii 24 V, podłącz ją przy pomocy uprzednio przygotowanych klipsów-krokodylków i przełącz switch S1 w pozycję „24V”. Jeśli chcesz aby wskazanie było jedną diodą LED, S2 ustaw w pozycję „open”. Jeśli powiedzmy, zaświeci LED9, będzie to oznaczało, iż akumulator naładowany jest w 90% i jego napięcie wynosi 21,6 V. Jeśli świeci LED10, oznacza to pełne naładowanie baterii. Chcąc sprawdzić wskazanie w trybie „linijki”, przełącz S1 w pozycję „24V” i S2 w pozycję – zwarty. Jeśli teraz zaświecą diody od LED1 do LED9, będzie to oznaczało naładowanie dziewięćdziesięcio procentowe. Czyli akumulator 24-woltowy ma napięcie ok. 21,6 V. Jeśli teraz świecą wszystkie 10 diod, oznacza to pełne naładowanie, czyli napięcie =24 V.



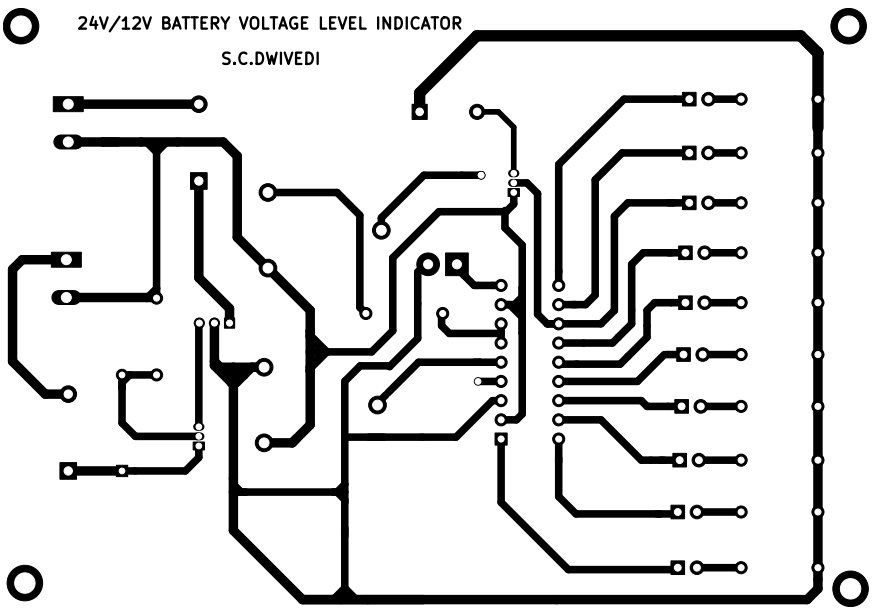
Rysunek 3.

Oprócz indykacji na LED-ach, w układzie zastosowano dodatkowo sygnalizację akustyczną. Piezoelektryczny buzzer odezwie się gdy zaświeci dioda LED nr 8. To odpowiada naładowaniu akumulatora do poziomu 80% i ma przypomnieć o konieczności podładowania. Bazę tranzystora T2 podłączono do 12-go pinu układu scalonego IC1. Przepinając na inne wyjście można wybrać jako krytyczny inny poziom aniżeli 80 procent (aczkolwiek w trybie „DOT” można przeoczyć tą dodatkową sygnalizację – przypis redakcji EdW).

Konstrukcja mechaniczna i przetestowanie układu

Rysunki 4 i **5** pokazują proponowany projekt druku płytki PCB i rozmieszczenie na niej elementów. W wersji papierowej EdW rozmiary powinny być naturalnej wielkości. Płytka PCB jest jednostronna i po uzbrojeniu należy ją umieścić w odpowiednio przygotowanej obudowie. Przełączniki S1 i S2 najlepiej umieścić od tyłu obudowy. Płytkę PCB należy zaś umieścić tak, aby diody LED pasowały do wcześniej przygotowanych otworów i aby były wyraźnie czytelne podczas pomiaru stanu naładowania akumulatora. ■

S.C. Dwivedi



Rysunek 4.

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

Półprzewodniki:
IC1 – LM3914 – driver „linijki diodowej”
T1 – BC547 – tranzystor NPN
T2 – BC557 – tranzystor PNP
D1, D2 – 1N4007 – diody prostownicze
LED1 – LED10 – diody LED o średnicy 5 mm
ZD1 – dioda Zenera 12,1 V

Rezystory: (wszystkie 0,25 W ±5%)
R1 – 3,3 kΩ
R2 – 1,2 kΩ
R3–R12 – 150 Ω
VR1 – potencjometr montażowy 100 kΩ
VR2 – potencjometr montażowy 10 kΩ

Inne:
S1 – przełącznik dwupozycyjny
S2 – dowolny przełącznik on/off
PZ1 – buzzer piezoelektryczny
BATT.1 – akumulator 24 V
BATT.2 – akumulator 12 V

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY”, czerwiec 2022 (efymag.com)

eprasa.pl c7783582f9

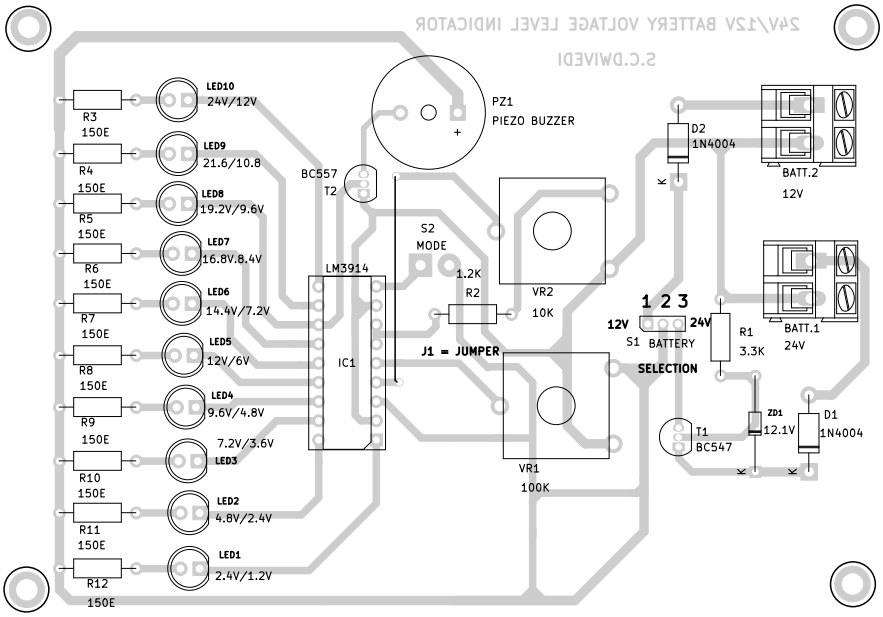
Bonus

Pod adresem http://bit.ly/3DelbYD można obejrzeć filmik pokazujący jak urządzenie działa.

Uwagi i poprawki

Za błędną należy uznać procedurę kalibracji przyrządu/miernika, a w zasadzie – wskaźnika. Mimo kiepskiej rozdzielczości należałoby oczekiwać w miarę wiernych wskazań. I jest to jak najbardziej możliwe, układ scalony LM3914 to umożliwia. Ale nie przy takiej procedurze strojenia/kalibracji. I tym bardziej, nie przy takiej adaptacji akumulatora 24-ro woltowego. Należy też zwrócić uwagę, iż mimo to, że układ pozwala na „offset zera" co w tym przypadku jest konieczne, autor pisze (i każe kalibrować) jakoby wskazanie diod było wprost proporcjonalne do napięcia akumulatora. I to na dodatek – 24-ro woltowego!

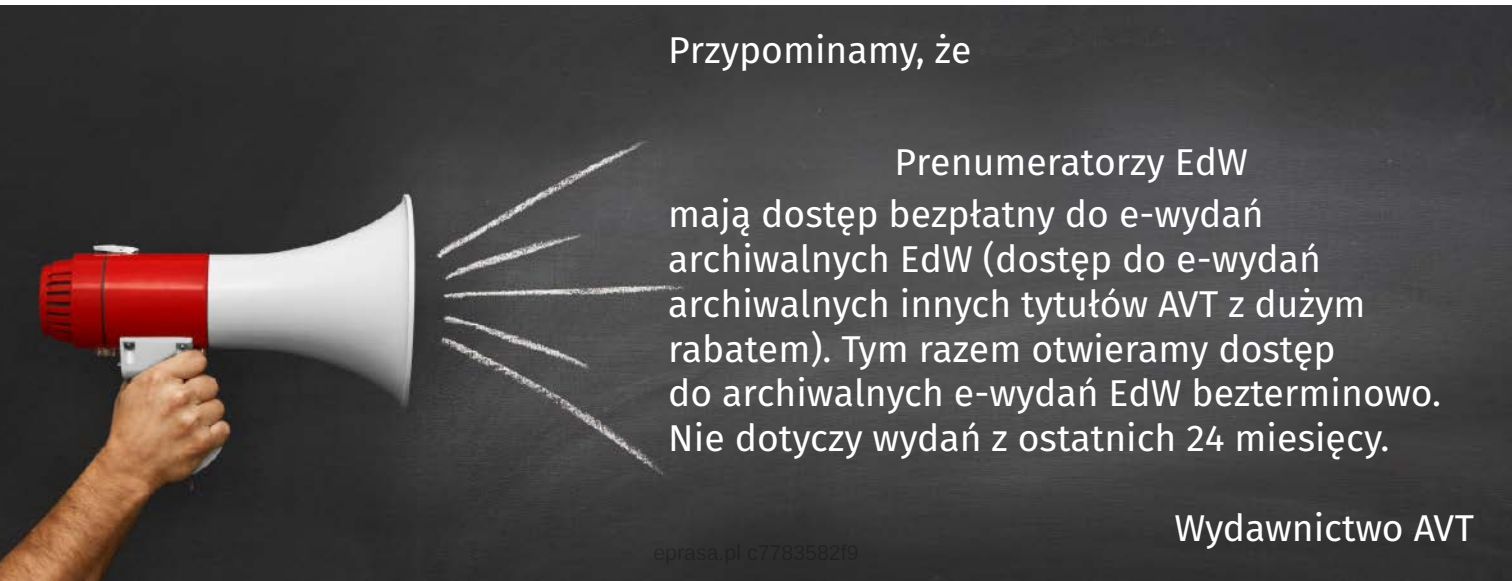
Warto zwrócić uwagę na zdecydowanie różną charakterystykę indykacji stanu/naładowania akumulatora w przypadku baterii 12-to woltowej i 24-ro woltowej. Sam układ pomiarowy nie rozróżnia tych dwu opcji. Mierzy w istocie napięcie w zakresie 0 do 12 V (ew. z marginesem do, powiedzmy 14–15 V; w zależności od nastawy potencjometrem VR1). Pomiar baterii 24-ro woltowej odbywa się w ten sposób, iż odejmowane jest 12 V i pomiar tej różnicy – tak samo jak w przypadku baterii 12 V. 24 V minus 12 V to zupełnie co innego niż 24 V podzielone przez 2. Różnica tych charakterystyk będzie szczególnie odczuwalna w zakresie niskich napięć, tj. rozładowanego akumulatora. Autor w opisie swojego układu nie podkreślił dość ważnej cechy. O ile dość jednoznacznym jest kiedy naładowanie akumulatora należy uznać za 100%, to trudniej zdefiniować jakie napięcie odpowiada 0%. Także, powiedzmy 10% lub 20%. Na szczęście nie jest to zero wolt (jak może sugerować tekst, opis działania). To znaczy potencjometrami VR1 i VR2 można ustawić odpowiedni „offset zera" i właściwe nachylenie charakterystyki (choć w tak prostym przypadku może to brzmieć trochę pompatycznie). Górny zakres pomiarowy odpowiada napięciu referencyjnemu układu scalonego LM3914. Potencjometr VR1 powinien sprowadzić zakres pomiaru do U_{REF} = 1,25 V. Dolny zakres pomiaru ustala potencjometr VR2. Zaś przedział dziesięciu schodków (co 10%) jest liniowy. Jeśli ten wskaźnik (woltomierz) skalibrujemy odpowiednio dla akumulatora 12 V, to dla dwudziesto-cztero woltowego procentowe wskazanie naładowania będzie zupełnie nieadekwatne. Podsumowując, nie jest możliwa poprawna kalibracja dla obu „trybów", akumulatora 12 V i 24 V!



Rysunek 5.

Ten projekt DIY można uznać za ciekawe wykorzystanie „linijki diodowej", choć pewnie miernik-woltomierz będzie lepszy i tańszy. Warto zwrócić uwagę, że układ scalony linijki diodowej (tu LM3914) nie jest pomysłem nowym. Niemal pół wieku temu, gdy większość dostępnych w PRL układów scalonych było produkcji CEMI, funkcjonowały układy scalone „zaczynające się" od UL. UL1970 i UL1980 były niemal wierną kopią tego co tu reprezentuje LM3914. Linijka diodowa obejmowała 16 diod LED z możliwością pracy w kaskadzie. W taki elegancki wskaźnik były wyposażane urządzenia uznane za wysokiej klasy. Także produkcji firmy... Nie, Zakładów Kasprzak, Mera, WZT lub tp. ■

REKLAMA



eprasa.pl c778358219

Zdumiewający robot sterowany głosem i potrafiący rozwiązać grę Sudoku

Łamigłówka Sudoku jest ciekawą grą. To gra umysłowa, która dla większości ludzi jest trudnym zadaniem. Dla nowicjuszy rozwiązanie Sudoku jest łamigłówką na wiele godzin. A może skonstruować robota, który poradzi sobie z takim zadaniem? Prawdopodobnie dobrze napisany algorytm komputerowy rozwiąże Sudoku w kilka sekund i jest bezkonkurencyjny względem naszej „ludzkiej inteligencji". W bieżącym materiale poszukamy jak zaprogramować robota dla rozwiązywania Sudoku. Dodatkowo ma on reagować na nasze komendy wydawane głosem. Dodatkowym atutem będzie podgląd „jak on to robi". Zabawa będzie jeszcze ciekawsza, jeśli robot też potrafi się wypowiedzieć oraz na monitorze pokaże swoje emocje.

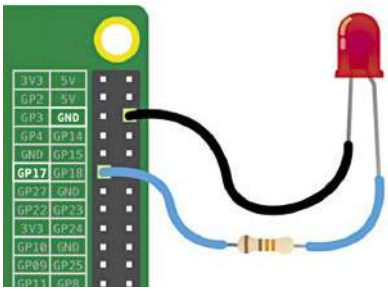
Zanim przystąpimy do zadania programowania robota, musimy przede wszystkim zrozumieć zasady gry Sudoku. Częściowo wypełnione pole Sudoku widzimy na **rysunku 1**. Cała siatka podzielona jest na 81 pól w kwadracie 9×9. Istotnym jest także i to, że są pola duże i małe. Jest 9 pól dużych w organizacji 3×3, a każde duże pole dzielimy na 9 pól mniejszych także w kwadracie 3×3. Zabawa polega na wypełnieniu wszystkich pól (oczek siatki) cyframi od 1 do 9. Łamigłówka polega na tym, aby cyfry nie powtarzały się w żadnym rzędzie i w żadnej kolumnie. Także, w każdej dużej kratce podzielonej na 9 małych pól, cyfry powtarzać się nie mogą. Czy to jest wykonalne? Zapewne istnieje wiele konfiguracji rozwiązania Sudoku. Ale każda łamigłówka rozpoczyna się z narzuconymi, częściowo wypełnionymi już polami (jak np. widzimy na rysunku 1). To dane wejściowe, które należy wczytać do maszyny-robota. Zagadka Sudoku może być zadana na kartce papieru, lub w postaci elektronicznej na ekranie monitora. Jeśli do rozwiązania chcemy zaangażować robota, wprowadzenie danych wejściowych (początkowych) może polegać na zrobieniu zdjęcia kamerą, w którą robot jest wyposażony. Rozwiązanie zadania z rysunku 1 widzimy na **rysunku 2**, co robot pokazał na swoim monitorze.

Rysunek 1. Przykład Sudoku do rozwiązania

5	3	9	1	7	2	6	8	4
4	7	8	9	6	3	1	5	2
2	6	1	5	8	4	7	9	3
8	9	7	6	4	5	3	2	1
1	2	4	8	3	9	5	7	6
3	5	6	7	2	1	8	4	9
9	8	5	4	1	6	2	3	7
6	4	2	3	5	7	9	1	8
7	1	3	2	9	8	4	6	5

Rysunek 2. Przykład rozwiązania – wypełnionej siatki Sudoku

Przystępując do zadania wykonania i zaprogramowania robota, musimy wpierw zdecydować jakie ma mieć właściwości i jak ma działać. Należy więc oczekiwać, iż już po włączeniu zasilania robot nasłuchuje komendy, którą możemy wydać głosem. Swoją gotowość do przyjęcia komendy robot sygnalizuje świeceniem diody LED, którą umieścimy na czubku jego głowy. Wygaszenie tej diody będzie oznaczało, iż robot jest zajęty przetwarzaniem danych po przyjęciu komendy głosowej. Kiedy wydamy polecenie aby robot się przedstawił i rozwiązał Sudoku, pierwszą reakcją powinno być włączenie kamery. Za jej pomocą spojrzy na puzzle Sudoku i powinien przystąpić do poszukiwania rozwiązania. Wypełnienie 81 pól cyframi robot wskaże na swoim monitorze.



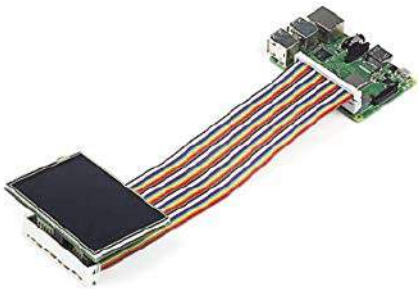
Rysunek 3. Połączenie diody LED z płytką Raspberry Pi

Złożenie elementów robota

Pierwszą czynnością powinno być złożenie przygotowanych podzespołów, z których mamy zamiar wykonać robota-sudoku. Najważniejszą częścią prac jest jednak jego zaprogramowanie. Mózgiem naszego robota będzie komputer Raspberry Pi. System operacyjny Raspbian OS przygotujemy na karcie SD, którą należy umieścić w slocie płytki komputera. Podobnie, wyposażenie robota w kamerę polega na umieszczeniu jej w złączu przewidzianym jako port kamery. Aby robot mógł się wypowiedzieć słownie, należy wyposażyć go w głośnik, który łączymy z portem AUX płytki Raspberry Pi.

Czynności montażowe są bardzo proste. Diodę LED, którą umieścimy na czubku głowy robota, łączymy z dowolnym wyjściem portu GPIO Raspberry. W prototypie wykorzystano pin nr 17, co pokazano na **rysunku 3**. Ostatnim istotnym podzespołem,

Wykaz elementów, kupuj w sklep.avt.pl (W-wa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):
Raspberry Pi 4 B/Raspberry Pi 3 B+ – 1 szt. (zalecany Raspberry Pi 4)
Moduł kamery V2 dla Raspberry Pi – 1 szt.
Ekran dotykowy dla Raspberry Pi – 1 szt.
Głośnik 5 W – 1 szt.
Dioda LED – 1 szt.
Zasilacz 5 V/2 A – 1 szt.
Mikrofon USB – 1 szt.
Kabelki łączeniowe zakończone gniazdem (żeńskim) – 40 szt.
Obudowa w kształcie robota człekokształtnego – 1 szt.



Rysunek 4. Połączenie ekranu dotykowego z komputerem Raspberry Pi

eprasa.pl c7783582f9

Rysunek 5. Umiejscowienie kamery w „ciele" robota

Rysunek 6. Okablowanie łączące ekran robota

w który chcemy wyposażyć naszego robota jest monitor z ekranem dotykowym. Pokazano go na **rysunku 4**. W celu podłączenia monitora przewidziano tasiemkę przewodów zakończoną obustronnie odpowiednio przygotowanym złączem żeńskim. Należy zwrócić uwagę na właściwe pozycjonowanie pinu nr 1 w Raspberry i na złączu wyświetlacza LCD.

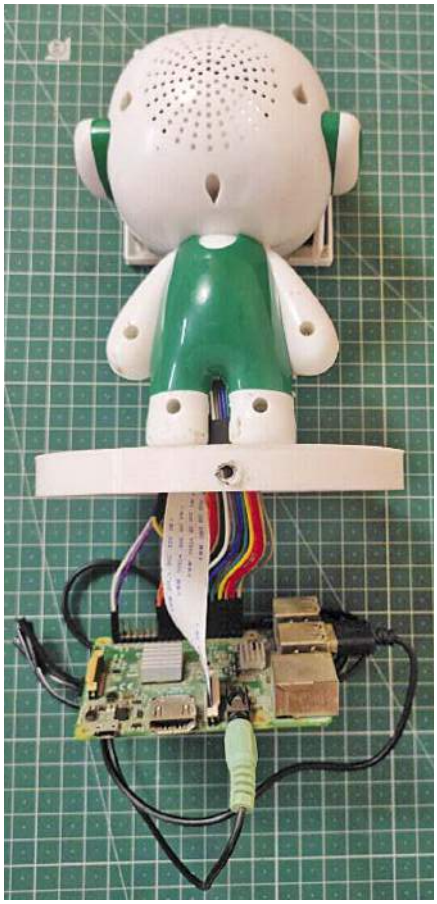
Przygotowanie komputera Raspberry Pi w celu wpisania kodu programu

Raspberry można połączyć z dużym ekranem wyposażonym w złącze HDMI lub SSH. Jeśli robota wyposażyliśmy w monitor z ekranem dotykowym touch-screen, należy wgrać odpowiednie drivery (zgodnie z instrukcją dołączoną do ekranu touch-screen). W programie konfiguracyjnym raspi-config należy wykonać ustawienia tak, aby system Raspberry obsługiwał kamerę. W tym samym programie należy uaktywnić wyjście fonii na Audio Output 3,5 mm Jack. Raspberry Pi można połączyć z lokalną siecią Wi-Fi, co umożliwi programowanie nawet z pominięciem wielkoformatowego ekranu. W celu dokonania ustawień będzie potrzebny też plik /home/pi/.asoundrc. Na tym etapie można wstępnie przetestować działanie systemu. Jeśli wszystko działa, można przystąpić do montażu komponentów w przygotowanej obudowie przypominającej kształtem człekokształtnego robota. Możesz wymyślać kształt wg własnego projektu i wydrukować go na drukarce 3D. Możesz też użyć jedną z wielu gotowych zabawek. W prototypie wykorzystano elementy starej zabawki. Na **rysunkach 5** do **8** zamieszczono zdjęcia pokazujące jak autor zamocował płytkę komputera Raspberry i pozostałe podzespoły robota. Końcowy efekt widzimy na rysunku 8.

Programowanie robota-sudoku

Skoro wykorzystano płytkę komputera Raspberry Pi, to naturalnym jest programowanie w Pythonie 3. W jednym spójnym kodzie programu zawarto wszystkie funkcje jakie robot ma realizować. A oprócz rozwiązania łamigłówki sudoku, przypisano mu zadania o wiele trudniejsze. A jest to przede wszystkim rozpoznanie głosu i rozumienie poleceń słownych. Dodatkowym zadaniem jest także animacja twarzy na monitorze robota i wyrażenie w niej emocji jakich można by się spodziewać od żywej istoty.

Zatem kod programu zawiera wiele „gałęzi", pętli podprogramów, które kontrolowane są znacznikami z wykorzystaniem globalnych flag, których wartość można także kontrolować poleceniami głosowymi.



Rysunek 7. Wszystkie wykorzystane złącza komputera Raspberry

Oprogramowanie w Pythonie polega przede wszystkim na wczytaniu kilku bibliotek z użyciem standardowej komendy:

```
sudo pip3 install library_name
```

OpenCV: tu zawarte są procedury przetwarzania obrazu

Numpy: procedury działania na matrycach

Pytesseract: pozwala rozpoznawać cyfry, litery i znaki na podstawie „widzenia" ich z użyciem kamery

Pygame: zawiera procedury tworzenia graficznego interfejsu użytkownika GUI

Speech Recognition: rozpoznawanie komend głosowych

Imutils: biblioteka procedur przechwytywania obrazów z kamery

Z powyższego widać, iż choć robot potrafi więcej niż rozwiązać sudoku, to główne zadanie wymaga zaprogramowania szczególnych algorytmów. W tym przypadku właściwe i wydajne są procedury postępowania zwane backtrackingiem.

Sposób postępowania może opierać się na następującym schemacie:

Wybierz pustą komórkę przydzielając jej numer rzędu i kolumny. Jeśli brak pustej komórki, wróć z podprogramu z flagą ustawioną na wartość = true.

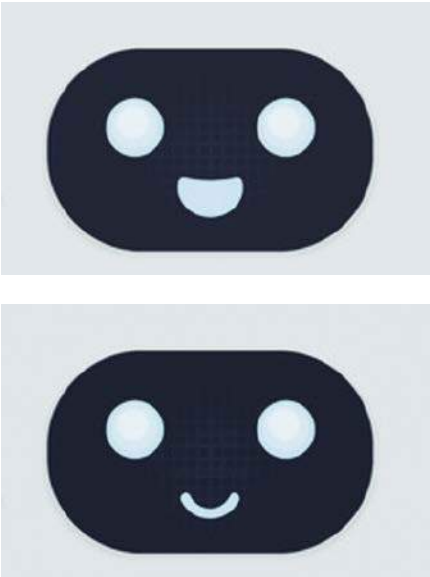
eprasa.pl c7783582f9

Rysunek 8. Końcowy efekt prototypu wykonanego przez autora

Poszukiwanie cyfry dla wybranej komórki może odbywać się wg ustalonego schematu: Przypisz jej cyfrę z przedziału 1 do 9 oraz:

a. jeśli nie stwierdzisz konfliktu (powtórzenia cyfry) w odpowiadającym danemu polu rzędzie ani w kolumnie, przypisz danej komórce tą cyfrę i rekursywnie wypełniaj pozostałe pola siatki sudoku;
b. jeśli uda się to wykonać bez stwierdzenia konfliktu, wróć z podprogramu z flagą ustawioną na true;
c. jeśli stwierdzisz konflikt, usuń tę cyfrę i powtórz procedurę poszukiwania rozwiązania z inną cyfrą. Jeśli wypróbowałeś wszystkie cyfry bez powodzenia, wróć z podprogramu z flagą = false.

Programowanie robota rozpocznij od wygenerowania kodu ekspresji jego twarzy (na monitorze). Następnie wczytaj fragmenty kodu, które sprawią, iż robot będzie w stanie rozpoznać komendy głosowe oraz sam potrafi się wypowiedzieć. Teraz zajmij się kodem odpowiedzialnym za procedurę wczytania obrazu siatki sudoku oraz jej rozumieniem. To znaczy na przetworzenie obrazu do postaci zagadki sudoku, którą algorytm będzie rozwiązywał. Poprawne wpisanie wszystkich fragmentów kodu źródłowego to kluczowe zadanie w projekcie naszego robota. Po wykonaniu powyższych czynności, robot jest gotowy do pracy. Po włączeniu zasilania powinien się



Rysunek 9. Pliki .png z wyrazem twarzy robota

przedstawić. W prototypie autora wyraz jego twarzy wygląda jak na **rysunku 9**. Teraz możemy zadać mu zadanie rozwiązania „puzzli sudoku". Wystarczy umieścić siatkę sudoku w obszarze widzenia kamery robota i wypowiedzieć komendę – „capture". To wystarczy jako wprowadzenie danych. Robot przechwyci obraz i przetworzy go do postaci cyfrowej zadania sudoku. Powinien też natychmiast przystąpić do poszukiwania rozwiązania. Na **rysunku 10** jest wyraz twarzy robota kiedy nam się przedstawia i czeka na postawienie zadania. Na **rysunku 11** jest obraz pokazujący rozwiązaną łamigłówkę sudoku.

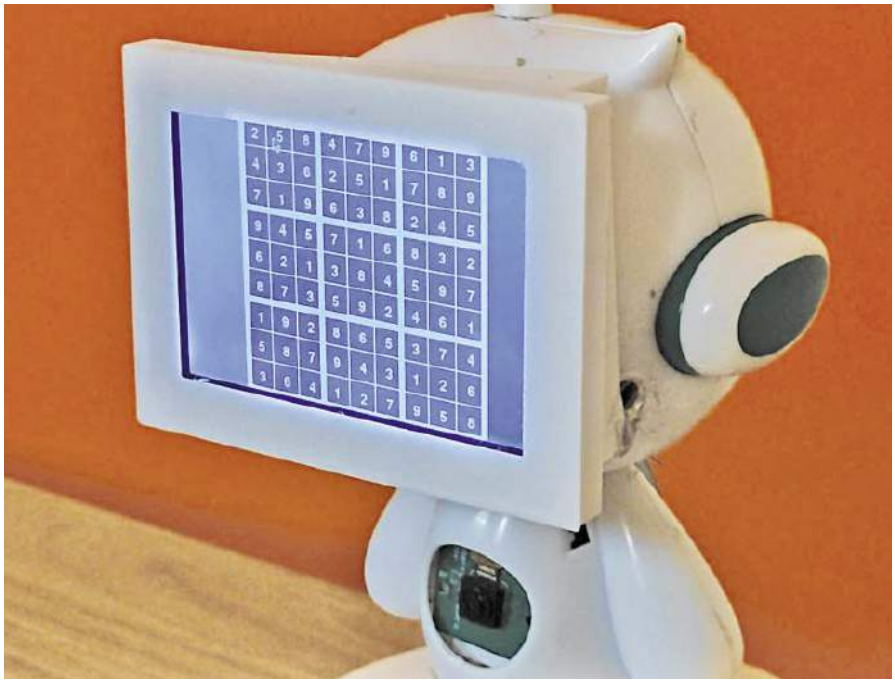
Na tym etapie projektu robot potrafi rozwiązywać jedynie sudoku. Warto zauważyć,

Rysunek 10. W taki sposób robot się przedstawia

iż wyposażony jest on w procesor o stosunkowo dużej mocy obliczeniowej. I jedynie od software-u zależy jego wykorzystanie. Oznacza to, że można mu zlecić także inne skomplikowane zadania. Projekt jest więc rozwojowy i w przyszłości możemy zobaczyć jak rozwiązuje inne ciekawe i trudne zadania. ■

Arijit Das

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY", grudzień 2022 (efymag.com)



Rysunek 11. Robot rozwiązał puzzle sudoku

Kod źródłowy tego projektu jest dostępny do pobrania ze strony https://bit.ly/438K2rt

eprasa.pl c7783582f9

Licznik gwizdków szybkowaru (i nie tylko)

Bieżący projekt jest sprytnym strażnikiem nad piecem kuchennym. Ciśnieniowy szybkowar po osiągnięciu temperatury krytycznej puszcza parę w gwizdek. Nasz strażnik to słyszy i zlicza ilość gwizdnięć. Dodatkowo wyposażony jest w timer, który odlicza czas. Po przekroczeniu ustawionego czasu lub ilości gwizdnięć, strażnik uruchamia sygnał alarmowy, który powinien obudzić każdego kucharza.

Zastosowanie strażnika jest szersze aniżeli przy piecu kuchennym. Może nadzorować jakiś proces przemysłowy zawierający bojler. Po osiągnięciu temperatury wrzenia rozlegnie się gwizd i strażnik nasz wyłączy dalszy proces gotowania. Miejsce bojlera bądź szybkowaru może zająć maszyna parowa, która swoje działanie również sygnalizuje parą w gwizdek.

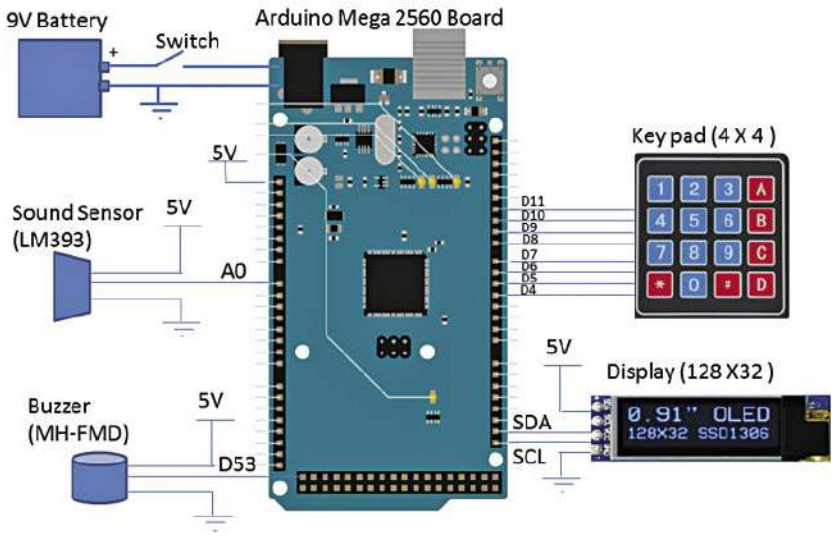
Schemat blokowy bieżącego projektu pokazano na **rysunku 1**, a w poniższej tabelce jest spis zastosowanych podzespołów.

Opis układu i jego działanie

Schemat ideowy układu pokazano na **rysunku 2**. Sercem układu jest płytka Arduino Mega 2560 (MOD1) i czujnik dźwięku bazujący na LM393 (MOD2). Sensor dźwięku jest selektywnie czuły na częstotliwość gwizdka. „Sound sensor" zasilany jest napięciem +5 V i wytwarza sygnał analogowy, napięcie proporcjonalne do natężenia dźwięku. Sygnał ten jest doprowadzony do mikrokontrolera Arduino na wejście analogowe – pin A0. Urządzeniem wejściowym dla mikrokontrolera jest także klawiatura – keypad 4×4, czyli dysponująca szesnastoma klawiszami. Za pośrednictwem tej skromnej klawiatury mikroprocesor wczytuje informacje o liczbie gwizdów, które ma zliczyć przed zaalarmowaniem. Nadrzędny jest również timer. Można wczytać „czas gotowania". Jeśli w tym czasie strażnik nie rozpozna gwizdów może to oznaczać, iż woda się całkiem wygotowała. Wtedy tym bardziej należy zaalarmować obsługę. Klawiatura keypad zorganizowana jest matrycowo, jako cztery rzędy razy cztery kolumny. Obsługa jest w pełni programowa i w tym celu zaangażowanych jest osiem linii mikroprocesora.

Urządzeniem wyjściowym oprócz alarmującego buzzera jest prosty wyświetlacz OLED. Mimo skromnej rozdzielczości 128×32 piksele, jest to jednak wyświetlacz graficzny. Ten display ma niewielki rozmiar wysokości 23 mm (0,91") i komunikuje się z Arduino po magistrali I^2C. Dlatego zawiera jedynie cztery wyprowadzenia, z czego dwa to linie SCL i SDA oraz zasilanie +5 V i GND. Wyświetlacz ten służy do indykacji poprawności wprowadzonych danych. Zasadniczym urządzeniem OUTPUT jest aktywny buzzer. On także zadowala się zasilaniem 5-cio woltowym. Jest on wyzwalany sygnałem „digital output" z Arduino. Wykorzystano wyjście na pinie 53 modułu MOD1. Buzzer ma generować przeraźliwy dźwięk o częstotliwości 1 kHz. Mikroprocesor na Arduino nie ma skomplikowanego zadania, jednak ponieważ wiele funkcji realizowanych jest na drodze software-owej, dlatego jego część programowa nie jest bardzo prosta. Aczkolwiek, główny program po prostu uruchamia cyfrowe wyjście pin-53, gdy zliczy zaprogramowaną ilość gwizdków bądź gdy zostanie przekroczony ustawiony czas gotowania.

Wykaz elementów, kupuj w sklep.avt.pl (W-wa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):
Płytka mikrokontrolera – Arduino Mega 2560 (MOD1) – 1 szt.
Czujnik dźwięku – LM393 (MOD2) – 1 szt.
Wyświetlacz – 23 mm OLED 128×32 (MOD3) – 1 szt.
Klawiatura – 4×4 keypad (MOD4) – 1 szt.
Buzzer – MH-FMD (B1) – 1 szt.
Wyłącznik on/off – S1 – 1 szt.
Bateria – bateria 9 V – 1 szt.



Rysunek 1. Schemat blokowy projektu

Programowa część projektu

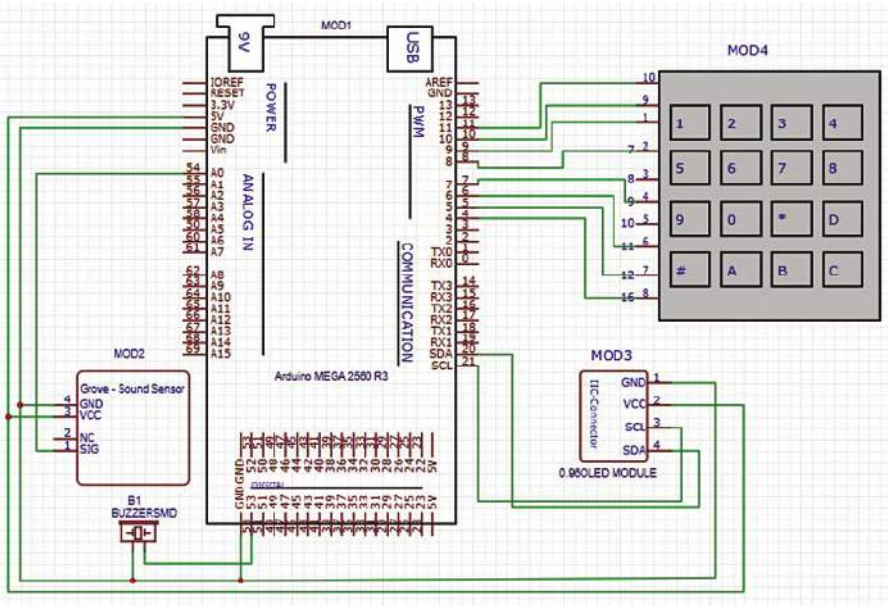
Jak powiedziano wyżej, wyjście czujnika dźwięku ma postać sygnału analogowego i podłączono je do A0 (pin 54) Arduino. W istocie sygnał ten trafia na przetwornik analogowo-cyfrowy o rozdzielczości 10-cio bitowej. Filtr dolnoprzepustowy zrealizowano po stronie cyfrowej, jak również technikę „ruchomego okna" o wielkości 25000 próbek digitalizowanego sygnału. Suma próbek mieszczących się w oknie porównywana jest z ustalonym programowo „górnym poziomem" i jeśli próg ten zostanie przekroczony, system uznaje, że gwizd został wykryty. Sygnał gwizdka powinien pozostać aktywny przez czas ok. kilku sekund. Poprawna detekcja niskiego stanu „obecności gwizdu" jest również bardzo istotna dla poprawności zliczania gwizdów. Jeśli flaga detekcji gwizdu ustawiona jest w stan „true", a zliczona ilość próbek w oknie jest mniejsza od ustalonej dolnej granicy, flaga „detekcji gwizdu" jest zerowana. Fragment programu napisanego w języku C zamieszczono na **rysunku 3**.

Taka metoda detekcji gwizdka jest bardzo wydajna i „wiarygodna". Działa poprawnie nawet w obecności sporych zakłóceń i szumów obecnych w pomieszczeniu (kuchni) gdzie nasz dozorca jest zainstalowany.

Dodatkowe funkcje realizowane programowo, to realizacja timera, obsługa klawiatury oraz wyświetlacza i oczywiście uruchamianie i gaszenie buzzera. Na wyświetlaczu wyświetlana jest na bieżąco liczba wykrytych gwizdów, a także czas odliczony od chwili uruchomienia

Kod źródłowy tego projektu jest dostępny do pobrania ze strony https://bit.ly/3BBt3lW

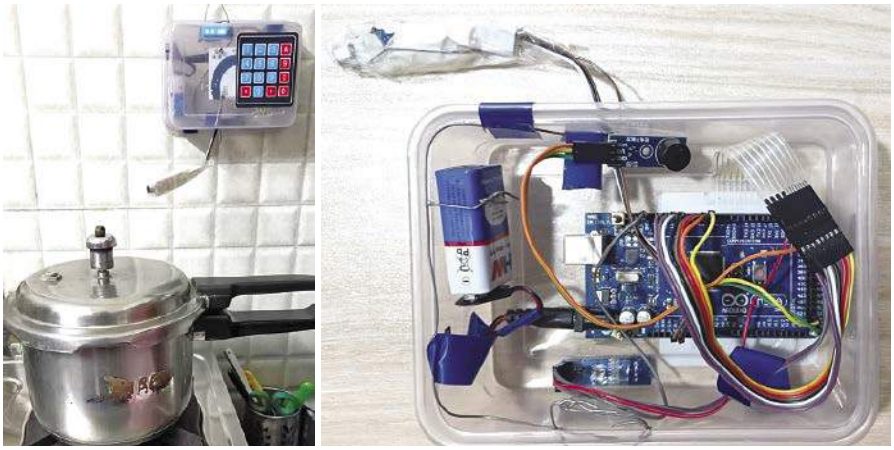
eprasa.pl c7783582f9



Rysunek 2. Schemat ideowy projektu

```
     sum=0;
    for(i=0;i<no_of_samples;i++)
    {
       imic_val=analogRead(0);
       sum=sum+imic_val;
      }
      if ((sum > (sound_high_thresold*no_of_samples)) && wst_ongoing==false)
      {
       no_of_wst_detected++;
       wst_ongoing=true;
        }
      if ((sum  <  (sound_low_thresold*no_of_samples)) && wst_ongoing==true)
      {
       wst_ongoing=false;
        }
      ….
    }
```

Rysunek 3. Zrzut fragmentu kodu źródłowego w języku C



Rysunek 4. Prototyp wykonany przez autora; widok zewnętrznej i wewnętrznej części elektronicznego nadzorcy

systemu, który powinien pokrywać się z czasem „procesu gotowania".

Obsługa programowego strażnika jest prosta i intuicyjna. Należy wprowadzić z klawiatury liczbę gwizdów, które uznajesz za właściwe dla danego procesu gotowania. Należy też wprowadzić maksymalny czas gotowania, o ile gwizdy nie zostaną wykryte. Czujnik dźwięku należy umieścić jak najbliżej pieca.

Jeśli liczba ustalonych gwizdów szybkowaru zostanie wykryta, system uruchomi dźwięk alarmujący, iż proces gotowania dobiegł końca i piec należy wyłączyć. Kontrola, nadzór pieca jest dwuetapowa. Jeśli system nie zidentyfikuje gwizdków, a upłynie ustawiony maksymalny czas gotowania, wtedy system również zaalarmuje przeraźliwym dźwiękiem buzzera. Sytuacja taka może się zdarzyć, gdy cała woda się wygotuje i wtedy brak pary pompowanej w gwizdek, jak również w przypadku innych nieprzewidzianych awarii gwizdka ciśnieniowego. Program obsługujący tak skonstruowanego nadzorcę jest dostępny w postaci szkicu na Arduino i można go wpisać do płytki Arduino w tradycyjny sposób korzystając z darmowego oprogramowania IDE.

Konstrukcja układu i jego testowanie

Do płytki Arduino Mega 2560 należy wpisać kod źródłowy dostępny pod nazwą smart_kitchen_v4.C. Hardware należy zmontować zgodnie ze schematem na rysunku 2.

W celu przetestowania systemu, umieść układ w pobliżu szybkowaru i rozpocznij proces gotowania. Wcześniej wpisz przy pomocy klawiatury keypad ilość gwizdów, które mają uruchomić alarm. Podczas testowania należy obserwować i piec i elektronicznego nadzorcę. Po zaprogramowanej liczbie gwizdów, alert powinien się uruchomić. Na **rysunku 4** pokazano prototyp wykonany przez autora. Widzimy tu piec kuchenny z szybkowarem oraz zamontowanego na ścianie elektronicznego nadzorcę. Na tym samym zdjęciu obok widzimy wnętrze obudowy, gdzie zmieszczono cały układ wraz z baterią zasilającą. ■

Palak Patel

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY", grudzień 2022 (efymag.com)

REKLAMA

eprasa.pl c7783582f9

Wykrywanie obiektów z użyciem kamery ESP32

Kamera ESP32 potrafi robić zdjęcia z szybkością bitową 2 MB/sekundę oraz przesyłać je na odległość 200 m z użyciem małej anteny na łączu 2,4 GHz. Jeśli dodatkowo połączymy kamerę z siecią Internet, można wzbogacić jej funkcjonalność o funkcje sztucznej inteligencji.

Rysunek 1. Prototyp wykonany przez autora

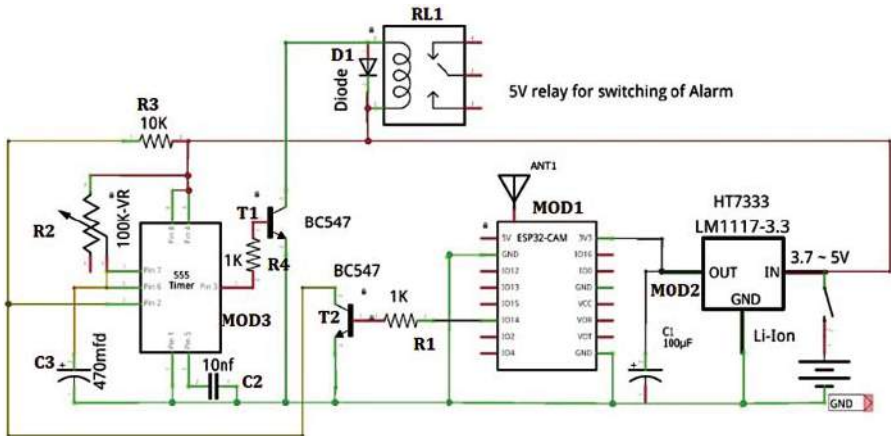
W projekcie, który tu prezentujemy, kamera ESP32 wykonuje zdjęcia i przesyła je na bieżąco do zdalnego komputera połączonego także z Internetem. System wybiera model sztucznej inteligencji AI i przy jej pomocy potrafi zidentyfikować filmowane obiekty. Cechy obiektu rozpoznaje komputer i dane te przesyła z powrotem do kamery. Po rozpoznaniu modelu sztucznej inteligencji, która wspiera umiejętność identyfikacji filmowanych obiektów, łącze internetowe nie jest dłużej wymagane. Komputer musi być jednak nadal włączony i aktywny. Adres IP jest ustalony na (192.168.43.11), aczkolwiek istnieje możliwość jego modyfikacji. Rozpoznanie obiektu skutkuje rysowaniem jego obrysu na obrazie z kamery. Można ustawić „poziom zaufania" od 0 do 100%. Tak, że system potrafi rozpoznawać w jednym czasie większą liczbę obiektów. Można także ustawić rozdzielczość z jaką system widzi obraz oraz takie atrybuty jak odbicie lustrzane. Kamera może pracować z podświetleniem wbudowaną diodą LED. Na **rysunku 6** widzimy efekt w postaci obrazu, na którym system ma zidentyfikować osobę. Widać tu także, że można modyfikować jakość obrazu przez zmianę jasności i/lub kontrastu. Standardowo system pracuje z niską rozdzielczością 320×240 pikseli. Można ją zwiększyć do maksymalnie 1600×1200, jednak działanie systemu staje się wtedy bardzo wolne. Lepiej pozostawić ustawienia na wartościach domyślnych i korygować je tylko w razie potrzeby. Na **rysunku 1** jest zdjęcie gotowego prototypu wykonanego przez autora.

Opis układu i jego działanie

Schemat układu pokazano na **rysunku 2**. Prototypowy system wykonany przez autora został przetestowany jako monitor ruchu na skrzyżowaniu dróg lub jako system zliczający osoby gromadzące się na monitorowanym obszarze. Gdy ESP32 cam zidentyfikuje zaprogramowane obiekty, ustawia do stanu wysokiego wyjście GPIO14. W układzie wykorzystano timer 555 pracujący w trybie przerzutnika monostabilnego. Między ESP32 cam i monoflopem zastosowano tranzystor pośredniczący BC547. Timer jest bowiem wyzwalany stanem niskim na pinie nr 2. Czas podtrzymania przerzutnika ustalony jest zewnętrznym kondensatorem i potencjometrem montażowym 100 kΩ. Można go ustawić w zakresie 1 do 10 sekund. W tym układzie, nawet krótkotrwałe pojawienie się stanu wysokiego na GPIO14 skutkuje włączeniem przekaźnika na kilka sekund. Numerację i znaczenie wyprowadzeń na kamerze ESP32 pokazano na **rysunku 3**. Główną częścią projektu jest monitorowanie i identyfikacja obiektów, ale także system alertu lub alarmowania. Mechaniczny przekaźnik na schemacie z **rysunku 2** może być zastąpiony modułem z transoptorem . Widoczny tu obwód zasilania można zastąpić pięcio-woltowym zasilaczem, np. typową ładowarką telefonów komórkowych.

Oprogramowanie

W celu przygotowania softwarowej części projektu wykorzystano płytkę Arduino. Należy ściągnąć Arduino IDE w wersji 1.8 lub nowszej. Należy postępować zgodnie



Rysunek 2. Schemat ideowy systemu

Rysunek 3. Szczegóły wyprowadzeń modułu ESP32

eprasa.pl c7783582f9

Kod źródłowy tego projektu jest dostępny do pobrania ze strony https://bit.ly/3ByAcTI

File Edit Sketch Tools Help

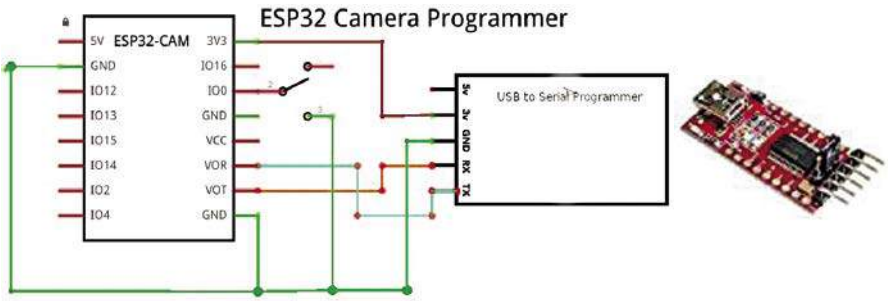
sketch_nov09a §

```
const char* ssid     = "beral";      //Define your own SSID
const char* password = "99690343141";   // Define your own password
int pulse=14;  //GPIO14 to act as trigger pin
int head=1;   //Define the thereshold number of object capture
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClientSecure.h>
#include "esp_camera.h"
#include "soc/soc.h"
#include "soc/rtc_cntl_reg.h"

String Feedback="";
String Command="",cmd="",P1="",P2="",P3="",P4="",P5="",P6="",P7="",P8="",P9="";  // bounday parameters of object

byte ReceiveState=0,cmdState=1,strState=1,questionstate=0,equalstate=0,semicolonstate=0;
```

Rysunek 4. Ustawienie SSID i hasła Wi-Fi w kodzie programu



Rysunek 5. Schemat połączeń w celu zaprogramowania ESP32

Wykaz elementów, kupuj w sklep.avt.pl (W-wa, ul. Leszczynowa 11, tel. +48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):
ESP32 cam – kamera – 1 szt.
IC555 (MOD3) – 1 szt.
BC547 (T1, T2) – tranzystor npn – 2 szt.
1 kΩ (R4) – rezystor – 2 szt.
100 kΩ (R2) – potencjometr – 1 szt.
Kondensator 10 nF (C2), 470 μF (C3), 100 μF (C1) – 3 szt.
Stabilizator LDO LM1117 (MOD2) – 1 szt.
Dioda (D1) – 1 szt.
Przekaźnik 5 V (RL1) – 1 szt.

z instrukcją na stronie esp i zainstalować Arduino IDE na płytce ESP32. W kodzie programu należy zmodyfikować nazwę własną SSID oraz hasło. Zrzut fragmentu programu z pozycją tych danych pokazano na **rysunku 4**.

Uwaga od Redakcji EFY:

Pełny kod programu dla bieżącego projektu można ściągnąć spod adresu: https://bit.ly/3ByAcTI.

Schemat obwodu utworzonego dla zaprogramowania kamery ESP pokazano na **rysunku 5**.

Ponieważ moduł kamery nie zawiera interfejsu szeregowego z konwersją sygnału dla portu USB, należy podłączyć zewnętrzny moduł „programatora", który pozwoli na wpisanie szkicu programu do ESP32 cam. Na czas programowania należy ustawić stan niski na linii GPIO nr 0. Równocześnie na ESP32 należy przytrzymać wciśnięty przycisk resetu przez kilka sekund, po czym przycisk ten należy zwolnić.

Konstrukcja i testowanie

Załaduj kod źródłowy do ESP32 cam i zmontuj układ zgodnie z zamieszczonym schematem ideowym. Podłącz zasilanie 5 V i wyszukaj w przeglądarce adres IP.

Autor w swoim systemie wykorzystał model coco-SSD który potrafi rozpoznać szeroką gamę obiektów. Typ obiektu można wybrać z rozwijanego menu. Mogą to być obrazy od przysłowiowej szczoteczki do zębów po identyfikację osób. Fragment obrazu, z którym pracuje autor widać na rysunku 6.

Jeśli system rozpozna wybrany obiekt lub ustaloną przez Ciebie liczbę takich elementów, sygnalizuje to stanem wysokim linii GPIO14,

Rysunek 6. Wyjście obrazu z kamery pokazuje detekcję osoby oraz dostępne atrybuty obrazu

co z kolei uruchomi obwód alarmu. Cały system jest inteligentny i może być wspomagany przez wiele dodatkowych funkcjonalności, dla których granicę może stanowić jedynie twoja wyobraźnia. Poniżej kilka przykładów:

- „Strach na wróble" – uruchamia alarm, gdy rozpozna w polu widzenia określoną liczbę ptaków, psów, kotów lub np. samochodów
- „Automatyczne oko magiczne" – może być zamontowane na drzwiach wejściowych zamiast dzwonka. Uruchomi dzwonek automatycznie, jeśli rozpozna osobę, będąc jednocześnie nieczułym na obiekty mniejsze, jak zwierzęta domowe. Tj. nie uruchomi dzwonka, gdy system zobaczy np. błąkającego się pod twoimi drzwiami psa lub kota.
- „Licznik gości" – może zliczać gości gromadzących się w świątyni lub w sali bankietowej; system zamontowany przy drzwiach wejściowych zasygnalizuje, gdy ilość gości przekroczy ustawioną przez ciebie liczbę. ■

Somnath Bera

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY", grudzień 2022 (efymag.com)

REKLAMA

eprasa.pl c7783582f9

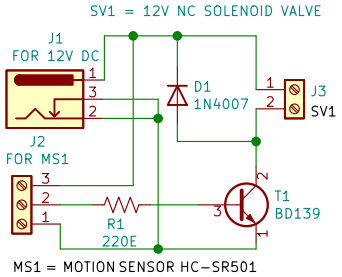
Automatyczny (sterowany ruchem) **kran wodny**

Praktycznie w każdej restauracji znajduje się toaleta i umywalki dostępne dla gości. Każdy klient ma możliwość umycia rąk. Kran wodny jest odkręcany wielokrotnie częściej aniżeli ma to miejsce w każdym gospodarstwie domowym. Dlatego właśnie w publicznie dostępnych umywalkach awarie są o wiele częstsze.

Także częste są sytuacje gdy ktoś nie zakręci starannie kranu po umyciu rąk. Skutki przejawiają się w marnotrawstwie wody i wyższych rachunkach za wodę. Tym problemom można zaradzić wbudowując elektrozawór w miejsce typowego zaworu ręcznego. Układ wyposażony w czujkę ruchu i prostą elektronikę może „otworzyć wodę" tylko gdy ręce konsumenta znajdą się pod kranem. Typowe czujniki ruchu są dostępne w formie modułu, a układ, który trzeba dobudować jest bardzo prosty. Schemat na **rysunku 1** zawiera tranzystor BC139 (T1), który wysteruje cewkę elektrozaworu, zaś sygnał wejściowy pochodzi z czujki PIR (MS1). Układ zasilany jest napięciem 12 V. Może to być bateria lub adapter DC, który należy podłączyć do złącza jack (J1) znajdującego się na przygotowanej płytce, co widać na **rysunku 2**. To widok „od góry" zastosowanego modułu PIR. Sam układ PIR nie jest wcale tak prosty jakby mogło się wydawać. Dlatego najpierw popatrzmy na moduł od dołu. Na **rysunku 3** widać zastosowane tu elementy elektroniki. To niedrogi moduł o handlowym oznaczeniu HC-SR501. To pasywna czujka ruchu pracująca w zakresie podczerwieni. Układ scalony BISS0001 zasilany jest napięciem 3,3 V ze stabilizatora liniowego. Moduł PIR można zasilić napięciem z szerokiego przedziału 4,5 V do 20 V. Na module znajduje się zworka, którą można założyć w dwóch położeniach. Pozwala ona na wybór trybu pracy. Pozycja H to tzw. „*repeatable mode*", a L – *non repeatable mode*. Różnica polega na sposobie wyzwalania timera opóźnienia między momentem wykrycia ruchu, a dezaktywacją wyjścia. Sygnał wyjściowy przyjmuje stan wysoki (ok. 3,3 V) natychmiast po wykryciu ruchu. W naszej aplikacji odpowiada to „odkręceniu kranu". Można ustawić czas, po którym należy wodę zamknąć. W trybie „non repeatable" układ reaguje tylko na pierwszy wykryty ruch, od którego momentu odlicza ustawiony czas. W trybie „repeatable" obwód czasowy pobudzany jest, jak długo ruch jest wykrywany. Dopiero od ostatniego wyzwolenia monoflopa odliczany jest czas wyłączenia elektrozaworu. Dla naszej aplikacji ten tryb jest bardziej odpowiedni. Jeśli ustawimy zworkę w pozycji H i nawet krótki czas timera, mamy pewność, że woda nie przestanie lecieć niezależnie jak długo będziemy myć ręce.

Na rysunku 3 widzimy także dwa potencjometry montażowe. Jeden służy do ustawienia czułości, drugi ustawia czas opóźnienia ww. timera.

Działanie układu jest bardzo proste. Gdy czujka nie wykrywa ruchu, wyjście modułu PIR jest w stanie niskim. Wtedy tranzystor T1 nie jest wysterowany i elektrozawór będzie zamknięty. Czujnik PIR należy umieścić przed kranem i czułość ustawić taką, aby zbliżenie rąk aktywowało wyjście. Potencjometr „time delay" wystarczy ustawić na kilka sekund, tak aby nie marnować zbędnie wody, ale aby też nie przestawała woda lecieć, jeśli przez chwilę czujka nie rozpozna ruchu.



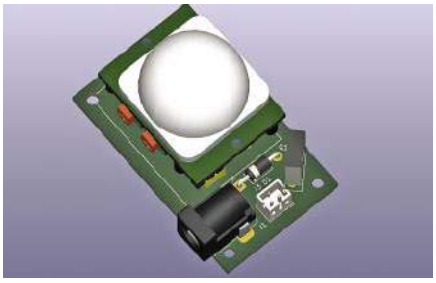
Rysunek 1. Schemat ideowy (poza modułem PIR)

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

Półprzewodniki:
D1: 1N4007 – dioda prostownicza
T1: BD139 – tranzystor NPN

Rezystory: (wszystkie 0,25 W ±5%):
R1: 220 Ω

Inne:
J1: złącze zasilania DC typu „barrel jack"
J2: złącze 3-pinowe
J3: złącze 2-pinowe
MS1: moduł PIR typu HC-SR501
SV1: elektrozawór NC (Normal Close) z cewką 12 V



Rysunek 2. Płytka z czujnikiem ruchu – widok od góry

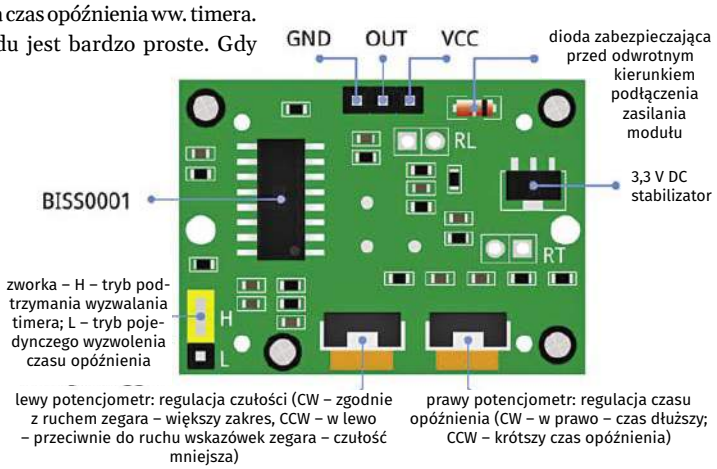
Budowa układu i przetestowanie jego pracy

Układ można zmontować na dowolnej płytce, gdyż połączeń jest niewiele. Całość układu można zamknąć w dowolnej obudowie. Krytyczne jest jedynie umiejscowienie czujnika ruchu PIR. Musi on bowiem reagować na ruch rąk w pobliżu kranu umywalki. Potencjometry czułości „sensitivity" (lewy na rysunku 3) i opóźnienia „time delay" (z prawej strony na rysunku 3) nie muszą być łatwo dostępne, aczkolwiek komfort użytkowania może wymagać okresowej korekty tych nastaw. ■

A. Samiuddhin

Uwagi EFY (od Redakcji Electronics For You)
Cewkę elektromagnesu zaworu wody należy podłączyć we właściwym kierunku, zgodnie z oznaczeniem na obudowie elektrozaworu. Poprawna praca zaworu wymaga określonego minimalnego ciśnienia wody. Jeśli umywalki wyposażone są w zbiornik wody (bojler), to powinien on znajdować się na wysokości co najmniej 3 m (nad zaworem). Jeśli jest to trudne do spełnienia lub niskie jest ciśnienie wodociągu, może być konieczny montaż pompy, która zapewni właściwe ciśnienie wody.

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY", wrzesień 2022 (efymag.com)



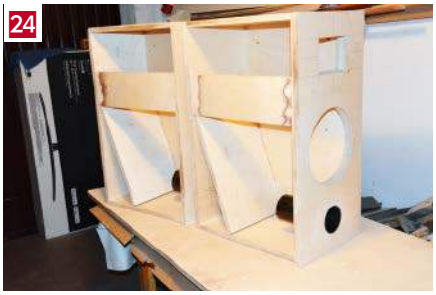
Rysunek 3. Płytka modułu PIR – widok od spodu

eprasa.pl c7783582f9

Dokończenie ze strony 6

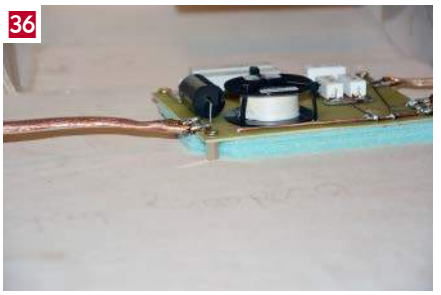
6. Montaż frontu i tyłu na podobnych zasadach. Po częściowym wkręceniu pierwszego wkrętu na dłuższym boku, precyzyjnie ustawiamy naroże z dołem i mocujemy wkrętem, następnie tak samo mocujemy naroże z górą. Gdyby coś nie pasowało to należy poprawić. Na końcu dokręcamy wszystkie wkręty. 7. Po montażu nadmiar kleju należy usunąć, najlepiej szpachelką. 8. Montaż wstawki bocznej; postępujemy jak przy montażu pierwszego elementu. Tu też mógłby nam ktoś pomóc. Ponieważ w projekcie zamieszczonym w EdW 9/2022 nie jest doprecyzowane położenie tej wstawki, ja biorąc pod uwagę rozmiary głośnika i tuby określiłem, że odległość od wewnętrznej górnej powierzchni do krawędzi wstawki będzie wynosiła 150 mm i tak wykonałem. Widać to dobrze na zdjęciu 10. 9. Gdy mamy zamontowaną wstawkę boczną do frontu, montujemy tył. Postępujemy jak poprzednio. Opisano to w pkt. 6 i pokazano na zdjęciu 6, z tym, że dodatkowo jeszcze musimy uważać na ustawienie wstawki bocznej. 10. Dwa zmontowane pudła. Na razie tylko elementy wewnętrzne. 11. Montaż ozdobnego frontu. Zdecydowałem się na wycinanie otworów na głośniki i bas reflex w dwóch frontach już ze sobą sklejonych, gdyż na pewno nie udałoby mi się wykonać to na tyle dokładnie aby wycięte osobno otwory się pokryły. Na zmontowanym pudle wstępnie nanosimy miejsca wycięcia otworów, planujemy pięć miejsc na wkręcenie wkrętów (ø 4×30 mm), na zdjęciu zaznaczone krzyżykami. Przewiercamy sklejkę w tych miejscach na wylot wiertłem ø 3,5 mm, wkręty wkręcamy od środka pudła aby były niewidoczne na froncie kolumny. Pamiętajmy aby wkręty wystawały ok. 1 mm ponad powierzchnię sklejki i postępujemy jak poprzednio, pozwala to łatwiej pozycjonować montowane elementy. Klej nanosimy tylko w tych miejscach, które pozostaną po wycięciu otworów. Pudło z klejem nakładamy na front ozdobny, tak aby wystawał poza krawędź pudła 18 mm na stronę i dokręcamy uprzednio przygotowane wkręty. 12. Pudło ze zmontowanym frontem ozdobnym. Widać wysunięcie frontu ozdobnego poza krawędź pudła. 13. Montaż boku ozdobnego. Do przykręcenia boku zastosowałem sześć wkrętów ø 4×30 mm, postępujemy jak w pkt. 11 z tą różnicą, że klej nanosimy dla całej powierzchni. Wkręty wkręcamy od środka pudła. 14. Widok od spodu pudła ze zmontowanym ozdobnym frontem i ozdobnym bokiem. 15. Dwa pudła jak poprzednio, widok od wewnątrz. Widoczne są wkręcone wkręty. 16. Wycinamy otwory na głośniki i bas reflex. Trasujemy miejsca wycięć według rysunku ze str. 15 EdW 9/2022; pamiętajmy, że nasz ozdobny front ma szerokość 338 mm. W narożach i na kole przewiercamy otwory wiertłem ø 12 mm aby włożyć w nie nóż wyrzynarki, używałem noża drobno zębnego dł. 65 mm. Wycinamy otwory wyrzynarką. Otwór na bas reflex wyciąłem lekko stożkowy tak aby średnica od wewnątrz pudła była większa o jakieś 2–3 mm na stronę, ułatwi to późniejsze wklejenie rury PCV. 17. Front z wyciętymi otworami na głośniki. Ewentualne niedoskonałości po wycięciu usuwamy tarnikiem.

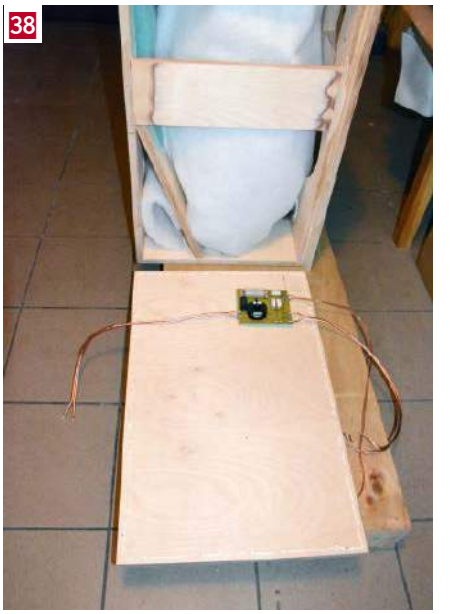
eprasa.pl c7783582f9



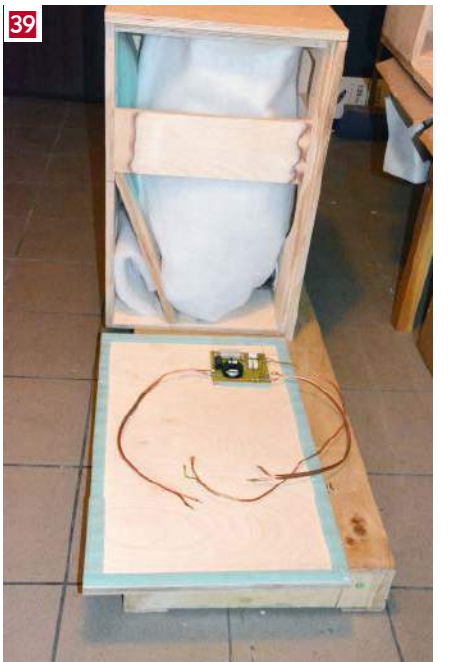
18. Montaż płyty korygującej. Umieszczamy ją jak widać na zdjęciu, jeden bok opieramy o dolną krawędź wstawki bocznej a drugi o dół. Na boku pudła odrysowujemy położenie płyty korygującej i zaznaczamy dwa punkty do umieszczenia kołków. Następnie płytę korygującą wyjmujemy.
19. W wyznaczonych miejscach wiercimy otwory ø 8 mm na kołki drewniane (meblowe) w boku pudła i w płycie korygujące na głębokość nie większą niż 15 mm. Sprawdzamy czy całość pasuje do siebie. 20. Wyznaczamy miejsce do wkręcenia dwóch wkrętów mocujących ø 4×30 mm jak to widać na zdjęciu. Otwór ø 3,5 mm na wkręt wiercimy w miejscu zaznaczonym, tylko 40 mm poniżej krawędzi pudła. Na tym etapie wkrętów nie wkręcamy a płytę korygującą demontujemy, gdyż będzie nam przeszkadzać przy montażu rury PCV bas reflexu. 21. Montaż rury PCV bas reflexu. Rura (od rynien) ø 90 mm, dług. 150 mm. Ustawiamy pudło frontem na płaskiej powierzchni. Pod otwór bas reflexu podkładamy folię PCV aby odizolować się od blatu stołu. Wstępnie na rurę bas reflexu nanosimy klej montażowy na długości ok. 20 mm. Rurę wciskamy w otwór aby oparła się o blat. Resztę kleju wciskamy w szczelinę między rurą a stożkowym otworem, nadmiar kleju rozprowadzamy wokół rury. Rurę pozycjonujemy i pozostawiamy aż klej się utwardzi, zgodnie z przepisem na tubie (co najmniej jedna doba zależnie od temperatury). 22. Montujemy płytę korygującą. Kleimy krawędź płyty do boku oraz kołki drewniane. Wbijamy płytę lekko młotkiem (przez kołek drewniany) i wkręcamy wkręty przez uprzednio przygotowane otwory w dole i tyle. 23. Pudło z płytą korygującą. 24. Dwa pudła z płytami korygującymi. Na zdjęciu widoczne jest nieznaczne cofnięcie płyty korygującej w stosunku do krawędzi. Zapewnia to miejsce na przewód od gniazda wejściowego do zwrotnicy. 25. Montaż ozdobnego boku i ozdobnej góry. Na tym etapie wykonujemy tylko montaż wstępny. Postępujemy jak poprzednio, rozmieszczenie wkrętów widać na zdjęciu. Po precyzyjnym ustawieniu elementów delikatnie wkręcamy wkręty nie dociągając ich. Do boku stosujemy wkręty ø 3,5×50 mm a górę montujemy wkrętami ø 4×30 mm. Oznaczamy sposób ułożenia elementów, gdyż następnie je zdemontujemy. Wykonując kolumny postanowiłem zapewnić jakiś sposób na możliwość dostania się do wnętrza kolumny (np. awaria zwrotnicy), tak aby nie czynić w meblu większych strat. Tak spasowane elementy demontujemy. 26. Widok kolumny od tyłu. Przy opisie zdjęcia 16 zapomniałem napisać, że w ten sam sposób wycinamy otwory na uchwyt i gniazdo przyłączeniowe. Wycinanie w tylnej ściance jest o tyle prostsze, bo mamy mniejszą grubość sklejki – tylko jedna warstwa, 18 mm. Na zdjęciu widać inny otwór na uchwyt niż w projekcie z EdW 9/2022, gdyż takiego kieszeniowego uchwytu nie mogłem kupić. 27. Ponieważ bok i góra są elementami ozdobnymi więc należy wkręty na tych płaszczyznach dobrze zamaskować. Dlatego wszystkie otwory na wkręty rozwiercam frezem stożkowym aby łeb wkręta ukryć pod licową powierzchnią. 28. Ozdobna góra z wyfrezowanymi otworami stożkowymi. 29. Ozdobną górę montujemy na stałe. Nanosimy klej (uwaga z klejem aby nie przykleić boku, który ma być otwieralny. Patrz zdjęcie) i maksymalnie dokręcamy wkręty aby ukryły się w przygotowanych otworach.

eprasa.pl c7783582f9





30. Mocowanie uchwytu kolumny. Uchwyt kolumny mocujemy wstępnie np. tylko dwa wkręty. Używałem wkrętów ø 3,5×20 mm. Odznaczamy i punktujemy wszystkie miejsca do przykręcenia uchwytu. Ponieważ zastosowany uchwyt wykonany jest z blachy i ma duże rozmiary (stosowne do masy kolumny), postanowiłem go wytłumić. 31. Uchwyt widziany od środka kolumny. 32. Wytłumienie uchwytu wykonałem izolując go pianką poliuretanową grubości ok. 5 mm. Piankę (stara karimata) umocowałem zszywkami za pomocą zszywacza tapicerskiego. 33. Uchwyt kolumny demontujemy, byłby przeszkodą podczas malowania (wykańczania powierzchni). 34. Widok kolumn z zamontowanym wytłumieniem. 35. Montaż zwrotnicy kolumny z okablowaniem. Zwrotnicę postanowiłem zamontować na „otwieralnym" boku kolumny. Aby zapobiec wibracją płytki zwrotnicy zamontowałem ją podkładając pod płytkę dwie warstwy w/w pianki poliuretanowej. Miejsce montażu zwrotnicy widoczne na zdjęciu. 36. Szczegół montażu zwrotnicy. Zastosowałem dystanse wysokości 10 mm. Wkręty ø 4×30 mm. 37. Przygotowanie wkładu tłumiącego do wnętrza kolumny. Płat włókniny tłumiącej o rozmiarach 1000×700×30 mm, uformowałem w rulon wysokości 700 mm, zszywając nitką dwa boki ze sobą. W dolnej części rulonu wyciąłem otwór na rurę bas reflxu. 38. Wkład tłumiący umieszczony wewnątrz kolumny. Montaż „otwieralnego" boku kolumny. Klejem montażowym przyklejamy wokół obrzeży boku warstwę izolująco-uszczelniającą. 39. Warstwa izolującouszczelniająca to paski szerokości 20 mm, wcześniej wspomnianej pianki poliuretanowej. Tak przygotowany bok „otwieralny" układamy na pudło kolumny wcześniej wprowadzając przewody od zwrotnicy w odpowiednie otwory kolumny. Teraz dokręcamy wszystkie wkręty. Łby wkrętów powinny się schować we wcześniej przygotowanych gniazdach. Taki sposób zamontowania boku czyni go w pewnym sensie otwieralnym, gdyż w razie jakiegoś nieszczęścia, przy niewielkich stratach będzie można dostać się do środka. Wystarczy usunąć szpachlę z gniazd wkrętów niszcząc zewnętrzną powłokę (politura, malowanie). Takie zniszczenia da się naprawić. Pianka przyklejona wokół obrzeża boku zapewnia szczelność pudła kolumny a jednocześnie nie pozwala na sklejenie się elementów z sobą. Jeśli podejmiemy taką decyzję, że nie przywidujemy nieszczęścia w przyszłości, to montaż boku można uprościć i warstwy izolacyjno-uszczelniającej nie stosować, tylko sam klej.

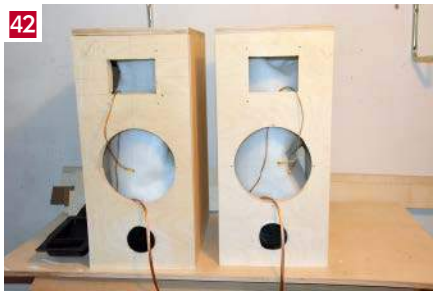


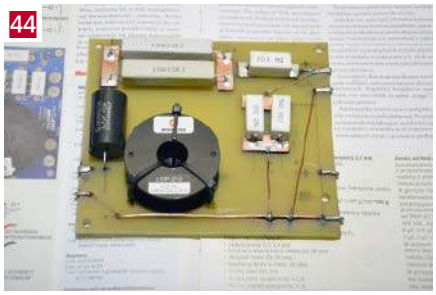
REKLAMA

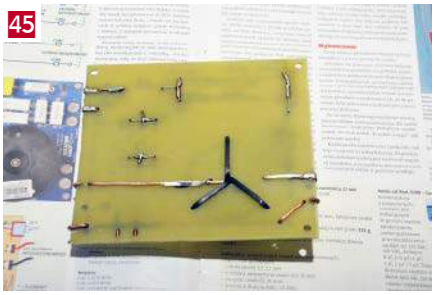
Gdyby zabrakło pomysłu na dobry projekt

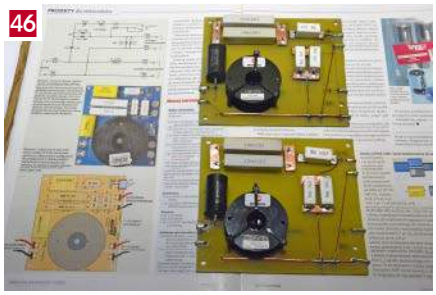
ELPORTAL.pl

eprasa.pl c7783582f9









40. Zmontowane pudło kolumny, widok z przodu. 41. Zmontowane pudło kolumny – tył. 42. Gotowe pudła kolumn. Na tym etapie polecam zrobienie planu rozmieszczenia wkrętów w naszym „otwieralnym" boku, tak aby, gdy zajdzie taka potrzeba znaleźć miejsca położenia wkrętów ukrytych pod warstwą szpachli, lakieru itp. 43. Próba odsłuchu ze wstępnie zmontowanymi głośnikami. Po próbie i demontażu głośników przed nami wykańczanie powierzchni czyli: szpachlowanie, szlifowanie, lakierowanie, szlifowanie itp. w zależności od koncepcji i możliwości. 44. Zwrotnica kolumny. Układ zmontowałem według schematu ze strony 40 EdW 10/2023 z gotowych elementów. Podstawę stanowi płytka tekstolitowa grubości 2 mm, wymiary płytki 110×130 mm. Do połączenia elementów użyłem drutu miedzianego 2,5 mm² w torze głośnika basowego oraz ø 0,8 mm w torze głośnika wysokotonowego. Przewody głośnikowe od gniazda do zwrotnicy oraz od zwrotnicy do głośnika basowego 4 mm² , zaś do głośnika wysokotonowego 2,5 mm². Przewody przylutowane bezpośrednio do zwrotnicy. Dławik mocowany za pomocą opasek zaciskowych. Oporniki wstępnie polutowałem do fragmentów laminatu aby zapewnić odstęp od podstawy w celu lepszego chłodzenia. 45. Zwrotnica od spodu. Widoczne połączenia elementów drutem. 46. Zwrotnice przygotowane do montażu. 47. Zastosowane głośniki basowe. 48. Głośniki wysokotonowe skręcone z tubami. Do połączenia użyłem dwóch śrub mosiężnych na głośnik, M6×25 mm. Aby zapobiec rozkręceniu śrub, gwinty posmarowałem żywicą epoksydową. 49. Przy finalnym montażu głośników, gniazd, uchwytów nie zapominamy o zapewnieniu szczelności pudła kolumny. Wszystkie ww. elementy podklejamy taśmą uszczelniającą.

REKLAMA

O wszystkich projektach dyskutuj na forum.elportal.pl

ELPORTAL.pl

eprasa.pl c7783582f9

Przedstawiamy początkowe fragmenty dwóch projektów ze zbioru kilkudziesięciu projektów dostępnych wyłącznie dla prenumeratorów EdW w rubryce DIY PLUS na **www.elportal.pl**. W rubryce DIY PLUS zamieszczamy aktualnie najciekawsze projekty publikowane w Internecie w formule open source. Prenumeratorów EdW zapraszamy do zapoznania się na **www.elportal.pl** z niezwykle inspirującymi zasobami rubryki DIY PLUS.

Wyłącznik nadprądowy – przekaźnik wyłączający nadprądowy

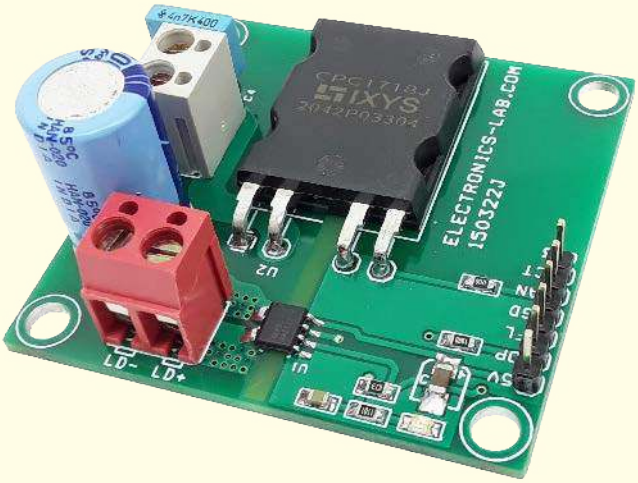
Prezentowany projekt to wyłącznik nadprądowy. Zapewnia on ochronę obciążenia w przypadku wystąpienia stanu nadprądowego. Zasadniczo projekt wyzwala przekaźnik, gdy dojdzie do zwarcia lub obciążenie zacznie pobierać duży prąd. Gdy warunki są korzystne, naciśnij przełącznik dotykowy, aby ponownie zasilić obciążenie. Napięcie progowe komparatora wynosi 0,6 V, ograniczenie nadprądowe można regulować za pomocą trymera Potencjometr PR1. Zasilanie robocze 12 V DC @ 80 mA gdy przekaźnik jest włączony, zasilanie obciążenia 0 V do 48 V.

Dokończenie artykułu na stronie: https://bit.ly/3pNSUnS

Półprzewodnikowy przekaźnik mocy DC z prądowym sprzężeniem zwrotnym

Optycznie sprzężony przekaźnik Power MOSFET z galwanicznie izolowanym wyjściem monitora prądu.
Projekt wykorzystuje CPC1718J 100V Single-Pole, Normally Open DC-Only Power Relay oraz ACS71240 Galvanically Isolated Current Sensor IC z Common-Mode Field Rejection i Overcurrent Detection. Płytka może być wykorzystana w takich aplikacjach jak sterowanie przemysłowe, sterowanie silnikami, robotyka i przełączanie elektroniki. Przekaźnik jest normalnie otwarty i wymaga do pracy sygnału wejściowego 3,3 V do 5 V, przy maksymalnym obciążeniu roboczym 100 V DC i obciążeniu do 6,75 A bez radiatora i 17,5 A z radiatorem.

Dokończenie artykułu na stronie: https://bit.ly/3pNru1A



Niektóre projekty aktualnie dostępne tylko dla prenumeratorów EdW w rubryce DIY PLUS na www.elportal.pl:

1. Najlepszy sposób na próbkowanie dźwięku za pomocą ESP32
1. Choinka z Arduino i pikselowymi diodami
2. RPi – stacja pogodowa IoT
3. Niskobudżetowy monitor jakości powietrza IoT oparty o RaspberryPi 4
4. Automatyczny system ogrodniczy z NodeMCU i Blynk, ArduFarmBot 2
5. TinyML – Rozpoznawanie ruchu przy pomocy Raspberry Pi Pico
6. Wzmacniacz piezoelektryczny do gitary i skrzypiec
7. Wysokowydajny i niezawodny sterownik bipolarnego silnika krokowego
8. Sterownik silnika prądu stałego z wykorzystaniem przekaźnika i mosfetu – interfejs Arduino
9. Przedwzmacniacz do mikrofonu MEMS
10. Super prosty czuły wykrywacz metali
11. Stymulator czaszkowy Arduino (Bio-BrainTuner)
12. Izolowany obwód wykrywania napięcia 250 V AC z pojedynczym wyjściem (wejście 250 V prądu przemiennego, wyjście 5 V)
13. Generator sygnałów AD9833
14. Obserwacja charakterystyk tranzystora
15. Wyświetlacz EKG z użyciem Arduino
16. Łatwy do zbudowania robot kroczący
17. Sonarowy theremin MIDI
18. Zamek elektroniczny na kod
19. Prosty tester tranzystorów
20. Zegar binarny z użyciem Microbit
21. Przetwornik częstotliwości na napięcie (tachometr) – przetwornik częstotliwości na napięcie z czujnikiem magnetycznym o zmiennej reluktancji

Miesięcznik „**Elektronika dla Wszystkich**” (12 numerów w roku) jest wydawany we współpracy z kilkoma redakcjami zagranicznymi

Wydawnictwo:
AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel. 22 257 84 99, e-mail: avt@avt.pl

Wydawca:
Wiesław Marciniak

Adres redakcji:
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
e-mail: edw@elportal.pl, www.elportal.pl

Redaktor merytoryczny
Paweł Sujko

Dział Reklamy:
Katarzyna Gugała
katarzyna.gugala@elportal.pl, tel. 22 257 84 64

Szef Pracowni Konstrukcyjnej:
Jakub Sobański
jakub.sobanski@elportal.pl

DTP, okładka, redakcja strony internetowej www.elportal.pl:
MAD Sp. z o.o.

Prenumerata:
W Wydawnictwie AVT, e-mail: prenumerata@avt.pl
tel. 22 257 84 22, (godz. 10:00–14:00)

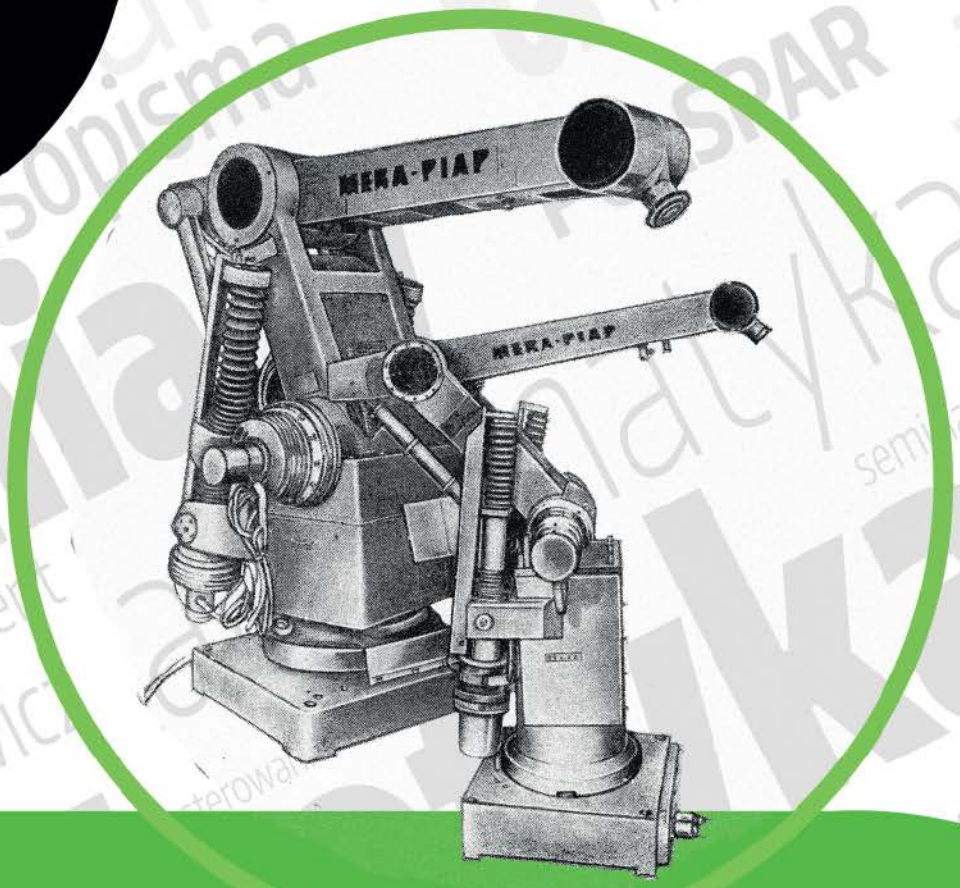
W RUCH S.A., e-mail: prenumerata@ruch.com.pl
tel. 801 800 803, 22 717 59 59, www.prenumerata.ruch.com.pl

Copyright AVT-Korporacja Sp. z o.o., Warszawa, ul. Leszczynowa 11. Projekty publikowane w „Elektronice dla Wszystkich” mogą być wykorzystywane wyłącznie do własnych potrzeb. Korzystanie z tych projektów do innych celów, zwłaszcza do działalności zarobkowej, wymaga zgody redakcji „Elektroniki dla Wszystkich”. Przedruk oraz umieszczanie na stronach internetowych całości lub fragmentów publikacji zamieszczanych w „Elektronice dla Wszystkich” jest dozwolone wyłącznie po uzyskaniu pisemnej zgody redakcji. Redakcja nie odpowiada za treść reklam i ogłoszeń zamieszczanych w „Elektronice dla Wszystkich”.

eprasa.pl c7783582f9

Łukasiewicz
PIAP

roborepo
roborepo.pl



REPOZYTORIUM ROBOTYKI

– CYFROWE KOMPENDIUM WIEDZY O ROBOTYCE I NIE TYLKO

- Podsumowanie pięciu dekad rozwoju robotyki i dziedzin pokrewnych w zdigitalizowanej formie.
- Przeszłość i teraźniejszość w jednej interaktywnej bazie wiedzy.
- Bezpłatny dostęp do zgromadzonych w Łukasiewicz – PIAP prac naukowych, badawczych i rozwojowych, a także raportów z badań, opisów projektów i filmów z wdrożeń.

Fundusze Europejskie
Polska Cyfrowa

Rzeczpospolita Polska

Unia Europejska
Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego

Projekt Repozytorium Robotyki – cyfrowe udostępnianie zasobów nauki z obszaru robotyki realizuje Sieć Badawcza Łukasiewicz – Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP w ramach Programu Operacyjnego Polska Cyfrowa. Projekt jest współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

eprasa.pl c7783582f9