Edukacja w EdW dla szkół i uczelni: Wykład 19 – czujniki ciśnienia

ELEKTRONIKA dla wszystkich

nr 6/2024 (341) • czerwiec • www.elportal.pl

DIY PLUS tylko dla prenumeratorów

Wielozadaniowy menedżer baterii

PROJEKTY dla elektroników

- PIO w praktyce – eksperymenty z programowalnymi wejściami/wyjściami RP2040
- Cyfrowy przedwzmacniacz z ekranem dotykowym i zdalnym sterowaniem, część 2
- Tester kabli USB, część 2

DIY dla wszystkich

- Podłączanie Arduino do Internetu
- ESP32 LoRa Gateway do monitorowania danych
- Automatyczny dozownik z układem scalonym LM555

TUTORIALE

- Potencjał elektryczny
- Test oscyloskopu FNIRSI 1014D
- Audio OUT: Przedwzmacniacz mikrofonowy (dla wokodera), część 3
- Ekscytacje Maxa: Migające diody LED i śliniący się inżynierowie
- Wskazówki laboratoryjne: stabilizatory napięcia
- Know-how: Falowniki akumulatorowe

ISSN 1425-1698 Indeks 33362X
9 771425 169245 06
16,90 zł (w tym 8% VAT)

Pomocna dłoń

automatykaB2B.pl

EP.com.pl
Największy portal dla elektroników konstruktorów

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

OLED
artronic
OPTOELEKTRONIKA
www.artronic.pl

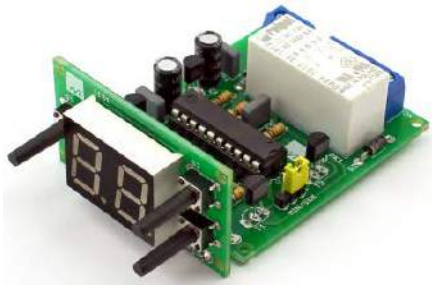
eprasa.pl 01ef15bc7a

Najbardziej popularne kity AVT

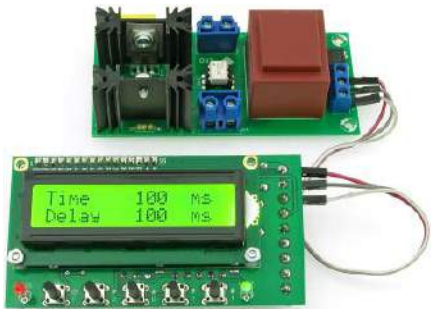
Poznaj listę **TOP 100** na www.elportal.pl/kityavt

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

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



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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

Pełna oferta na: sklep.avt.pl

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

eprasa.pl 01ef15bc7a

–20%
NA START
162,30 zł

–30%
po pierwszym roku prenumeraty
142,00 zł

–40%
po drugim roku prenumeraty
121,70 zł

–50%
po trzecim roku nieprzerwanej prenumeraty
101,40 zł

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

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

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

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

Jak otrzymać rabat za lojalność?

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

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

Wybierz prenumeratę cyfrową PDF i ciesz się dostępem do czasopisma nawet 7 dni przed oficjalną premierą w kioskach. Oszczędzaj czas i pieniądze – skorzystaj z **rabatu 30%** na roczną e-prenumeratę w cenie 113,40 zł.

Dodatkowa oferta dla prenumeratorów wersji drukowanej: jeśli już subskrybujesz wersję papierową, możesz dokupić równoległe e-wydania w cenie 32,40 zł/rok – z niesamowitym **rabatem 80%**.

Zyskaj nieograniczony dostęp do zasobów dla pasjonatów elektroniki!

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

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

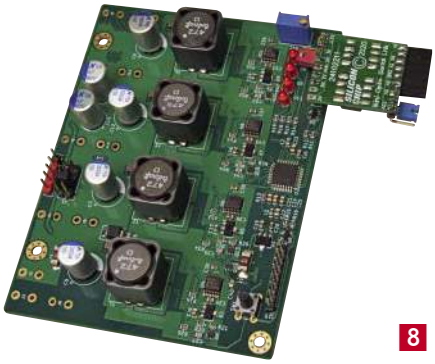
Tylko prenumerator EdW może kupić oscyloskop FNIRSI 1014D **z rabatem 10%** (w cenie 715,00 zł) na www.Sklep.AVT.pl (szczegóły na str. 56)

Zacznij korzystać z pełnych zasobów już dziś!

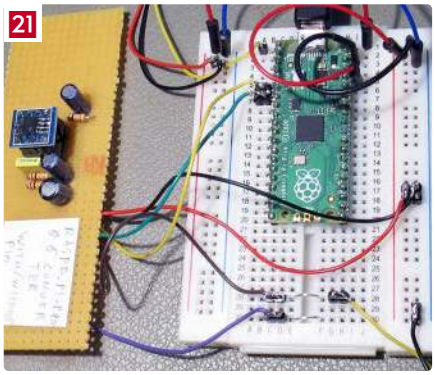
Zamów prenumeratę lub e-prenumeratę na www.UlubionyKiosk.pl/prenumerata
tel. 22 257 84 22 (godz. 10–14) | prenumerata@avt.pl | AVT-Korporacja sp. z o.o. ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa
rachunek bankowy: 18 1050 1012 1000 0024 3173 1013

ELEKTRONIKA dla wszystkich

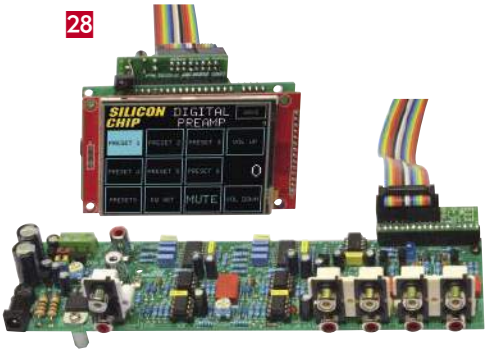
czerwiec 2024 • 6 (341)



8

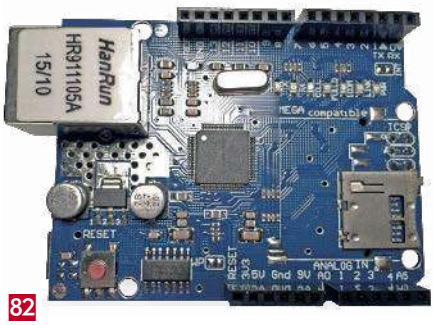


21



28

34



82

Projekty dla elektroników:

Wielozadaniowy menedżer baterii – Multi Purpose Battery Manager 8
PIO w praktyce – eksperymenty z programowalnymi wejściami/wyjściami RP2040 21
Cyfrowy przedwzmacniacz z ekranem dotykowym i zdalnym sterowaniem, część 2 28
Tester kabli USB, część 2 34

Usługi produkcyjne dla elektroników w ofercie PCBWay 43

Tutoriale:

Potencjał elektryczny 46
Test oscyloskopu FNIRSI 1014D 48
Audio OUT: Przedwzmacniacz mikrofonowy (dla wokodera), część 3 57
Ekscytacje Maxa:
• Migające diody LED i śliniący się inżynierowie (9) 62
• Sprytne porady i sztuczki cyklu Ekscytacje Maxa dotyczące kodowania .. 65
Edukacja w EdW dla szkół i uczelni: Wykład 19 – czujniki ciśnienia 66
Wskazówki laboratoryjne: stabilizatory napięcia 74
Know-how: Falowniki akumulatorowe 78

DIY dla wszystkich:

Podłączanie Arduino do Internetu 82
ESP32 LoRa Gateway do monitorowania danych 85
Automatyczny dozownik z układem scalonym LM555 88

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

Kontroler pełnego mostka z przesunięciem fazowym i prostowaniem synchronicznym wykorzystujący UCC28950 91
Precyzyjny wzmacniacz transimpedancyjny z przełączanym integratorem 91

Rubryki stałe:

Prenumerata 3
Od wydawcy 5
Poczta 6

eprasa.pl 01ef15bc7a

Planet first

temat do przemyśleń wakacyjnych

Już tylko niedobitki „zdroworozsądkowych” odłamów ludzkości utrzymują, że nie ma globalnego ocieplenia, a jeśli nawet jest, to z przyczyn naturalnych, a nie z powodu działalności człowieka. To często ci sami ludzie, którzy kierując się „zdrowym rozsądkiem” wiedzą swoje i nie dadzą się przekonać do szczepionek. Niektórych trudno też przekonać, że Ziemia jest okrągła. Pewien obywatel Teksasu zapytany, czy do Meksyku jest bliżej niż do Księżyca, odpowiedział, że Meksyk jest dalej, bo go nie widać. Logiczne, prawda? Jednak elity rządzące na całym świecie zdecydowały się walczyć z globalnym ociepleniem i stawiają na energię elektryczną uzyskiwaną bezpośrednio z wiatru i słońca. Zastanówmy się nad niektórymi aspektami tej nowej fali elektryfikacji.

W wyniku pierwszej fali elektryfikacji, która miała miejsce w pierwszej połowie XX wieku, czerpiemy energię elektryczną z gniazdek AC 220...230 V/50 Hz (w USA 110...120 V/60 Hz). Jednak w ostatnich 20...30 latach niemal w każdym domu pojawiły się odbiorniki energii elektrycznej zasilane niskim napięciem DC (na ogół kilka do kilkunastu woltów). Tak działa domowe oświetlenie LEDami, laptop, router, ładowarka smartfona, urządzenia alarmowe, produkty IoT (Internet of Things), a nawet płaski telewizor (tzw. plazma) i sprzęt audio. Dlaczego trwonimy energię transformując ją z 230 V AC do powiedzmy 12 V DC? Może powinniśmy mieć hybrydowe, dualne zasilanie domu, tj. instalacje – niskonapięciową DC i 230 V AC, które nadal jest niezbędne dla zasilania lodówki, pralki czy kuchenki. Od czasów słynnego sporu Edisona z Teslą wiemy, że dystrybucja prądu stałego jest zadaniem karkołomnym. Jednak przy dynamicznym rozwoju kogeneracji łatwo można sobie wyobrazić użycie domowej instalacji solarnej do zasilania na miejscu sprzętu wymagającego niskiego napięcia DC.

Obecna druga fala elektryfikacji świata, to nie tylko zamiana pierwotnych źródeł energii, z kopalnych na odnawialne. Trzeba będzie również sprostać kolosalnemu wzrostowi zapotrzebowania na energię elektryczną. Liczba samochodów elektrycznych rośnie w postępie geometrycznym. Szacuje się, że obecnie jest na świecie ok. 40 milionów „elektryków”, a do roku 2030 ma ich być ok. 150 milionów, czyli wzrost 4-krotny w ciągu zaledwie 6...7 lat. A przecież ta transformacja dotyczy całego transportu, między innymi wielomilionowego taboru pojazdów trójkołowych w Indiach. Drugim czynnikiem wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną jest gwałtowny rozwój pomp ciepła, stosowanych zarówno do ogrzewania jak i do chłodzenia domów. Dla przykładu w Wielkiej Brytanii szacuje się, że te dwa czynniki – transport i domowe instalacje grzewczo/chłodnicze – wymagają czterokrotnego wzrostu mocy urządzeń generujących prąd elektryczny. To oznacza, że liczba wiatraków i instalacji solarnych powinna wzrosnąć o rząd wielkości. Gigantyczne zadanie.

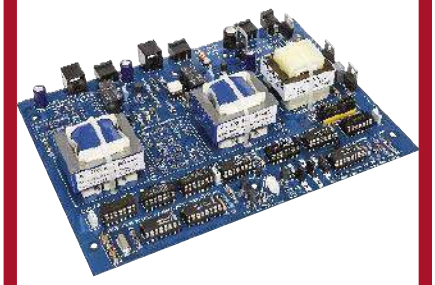
Tytuł tego felietonu „Planet first” nie jest moją kreacją oryginalną. To tytuł szeroko zakrojonej akcji firmy Samsung, w którą wchodzi wiele różnorodnych przedsięwzięć. Dla elektroników szczególnie interesujące jest opracowanie przez Samsunga pilotów do sprzętu audio-video, ładujących się od fal elektromagnetycznych promieniowanych przez routery Wi-Fi. Oblicza się, że dzięki wdrożeniu tych pilotów nastąpi oszczędność ok. 100 mln baterii AAA w ciągu 7 lat. To przykład bardzo perspektywicznego kierunku rozwoju technologii „energy harvesting”.

Nadciągają wakacje. To pora sprzyjająca zadumie, refleksji i przemyśleniom, a także pora wrażeń wakacyjnych, którymi warto podzielić się z ogółem Czytelników EdW.

Piszcie do nas.

Wiesław Marciniak

A za miesiąc w lipcowym EdW



- **Tele-com, interkom wykorzystujący telefony analogowe**
  Jeśli masz stare telefony analogowe w klasycznej bakelitowej obudowie z prawdziwym dzwonkiem, nie wyrzucaj ich, możesz zrobić z nich ciekawy użytek – oryginalny domofon. Pamiętamy fantastyczne brzmienie ich dzwonków. Teraz możesz nie tylko usłyszeć je ponownie, ale także porozmawiać z kimś po drugiej stronie.
- **Tania dwu- lub trójdrożna zwrotnica aktywna (1)**
  Często jesteśmy pytani o aktywne zwrotnice, ponieważ mogą one zapewnić znacznie lepszą współpracę z głośnikami w porównaniu do zwrotnic pasywnych. Pozwalają one na użycie oddzielnego wzmacniacza dla każdego przetwornika, unikają konieczności stosowania dużych cewek i kondensatorów przenoszących moc oraz zapewniają znacznie bliższą ideałowi wydajność. Zwrotnica ta może być stosowana również z subwooferem Tapped Horn (EdW, luty 2024).
- **Impulsowy zamiennik stabilizatorów liniowych 78xx**
  Stabilizatory liniowe 78xx istnieją od ponad 50 lat i niezaprzeczalnie nadal są użyteczne. Ich największą wadą jest mała efektywność, zwłaszcza przy dużej różnicy napięcia wejściowego i wyjściowego. Okazuje się, że istnieje wydajna alternatywa – stabilizator impulsowy, który może być używany jako bezpośredni zamiennik stabilizatora 78xx, ale ze znacznie większą wydajnością przy wyższych prądach i różnicach napięć.
- **Energy Logger – rejestrator energii elektrycznej**
  Istnieje wiele potencjalnych zastosowań dla rejestratora poboru lub generacji energii elektrycznej. W gospodarstwie domowym, szczególnie takim, które dysponuje systemem fotowoltaicznym, to urządzenie może się okazać bardzo użytecznym.
- Plus kolejna porcja intrygujących projektów DIY.
- Plus wiele artykułów w Twoich ulubionych cyklach Tutoriali.

W kioskach od 29 czerwca

eprasa.pl 01ef15bc7a

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

Generator AM/FM z EdW 7/8/2022

Projekt generatora AM/FM, opublikowany 2 lata temu, nadal cieszy się ogromnym zainteresowaniem. W poprzednim wydaniu (EdW 05/2024) zamieściliśmy list Czytelnika przekazującego konkretne uwagi, zebrane podczas budowy tego projektu. Oto ciąg dalszy uwag Czytelnika.

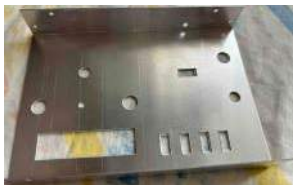
Witam ponownie

Kilka fotek z konstrukcji i budowy ww. generatora zamieszczam w załączniku. Wielu osobom mogą pomóc, ponieważ zmian w moim wykonaniu jest parę. Poniżej te najważniejsze, o których nie wspomniałem w poprzednim liście:

1. *Jako tranzystor Q3 zastosowałem 2N3866, bo oryginalny/zalecany typ nie był dostępny.*
2. *Ostatecznie zmieniłem rezystor 1 kΩ odpowiadający za podświetlenie wyświetlacza LCD na ok. 500 Ω.*
3. *Gniazdo zasilania DC zmieniłem na typ montowany na panel (przykręcany do obudowy), ze względu na problemy z kupnem gniazda o odpowiednich wymiarach.*
4. *Zastosowałem metalowe tuleje dystansowe M2,5 o wysokości 10 mm (por. fotki) do podtrzymywania i odpowiedniego zdystansowania położenia płytki w obudowie.*
5. *W prawym dolnym rogu płytki wywiercony został otwór pod dodatkową tuleję dystansową poprawiającą stabilność mocowania PCB.*

Resztę widać na zdjęciach i mam nadzieję, że moje uwagi przydadzą się komuś zainteresowanemu.

Andrzej Szupiluk



Miniaturyzacja elementów

Jestem nowym czytelnikiem EdW. Skusiła mnie piękna okładka EdW 05/2024 i anonsowane na niej tytuły artykułów. Piszę do Was z zapytaniem dotyczącym technik miniaturyzacji elementów w projektach elektronicznych dla amatorów. Często zauważam, że wiele współczesnych projektów wymaga użycia bardzo małych komponentów, co dla hobbystów bez specjalistycznego sprzętu może być nie lada wyzwaniem. Czy moglibyście poruszyć temat dostępnych metod i narzędzi, które ułatwiają pracę z komponentami o bardzo małych rozmiarach. Szczególnie interesuje mnie wykorzystanie płytek PCB i SMD w projektach DIY. Czy istnieją jakieś triki, które pomogą mi lepiej sobie radzić w tym obszarze?

Szymon Chojnacki

Od Redakcji: Ostatnio w kilku wydaniach EdW publikowaliśmy całą serię artykułów poświęconych technice montażu komponentów SMD. Wszystkie wydania archiwalne EdW można przejrzeć i kupić na www.ulubionykiosk.pl

Projekt dla domowego majsterkowicza – inteligentny system nawadniania

Jako stały czytelnik EdW i entuzjasta domowej elektroniki, chciałbym zaproponować pomysł na projekt, który moim zdaniem zainteresowałby wielu czytelników. Mianowicie, byłoby fantastycznie, gdybyście mogli opublikować krok po kroku budowę inteligentnego systemu nawadniania ogrodu, który wykorzystuje czujniki wilgotności ziemi oraz prognozę pogody do optymalizacji zużycia wody. System taki mógłby być sterowany przez aplikację mobilną, co umożliwiałoby zarządzanie nawadnianiem z dowolnego miejsca. Uważam, że taki projekt nie tylko byłby przydatny, ale również bardzo edukacyjny.

R.K.

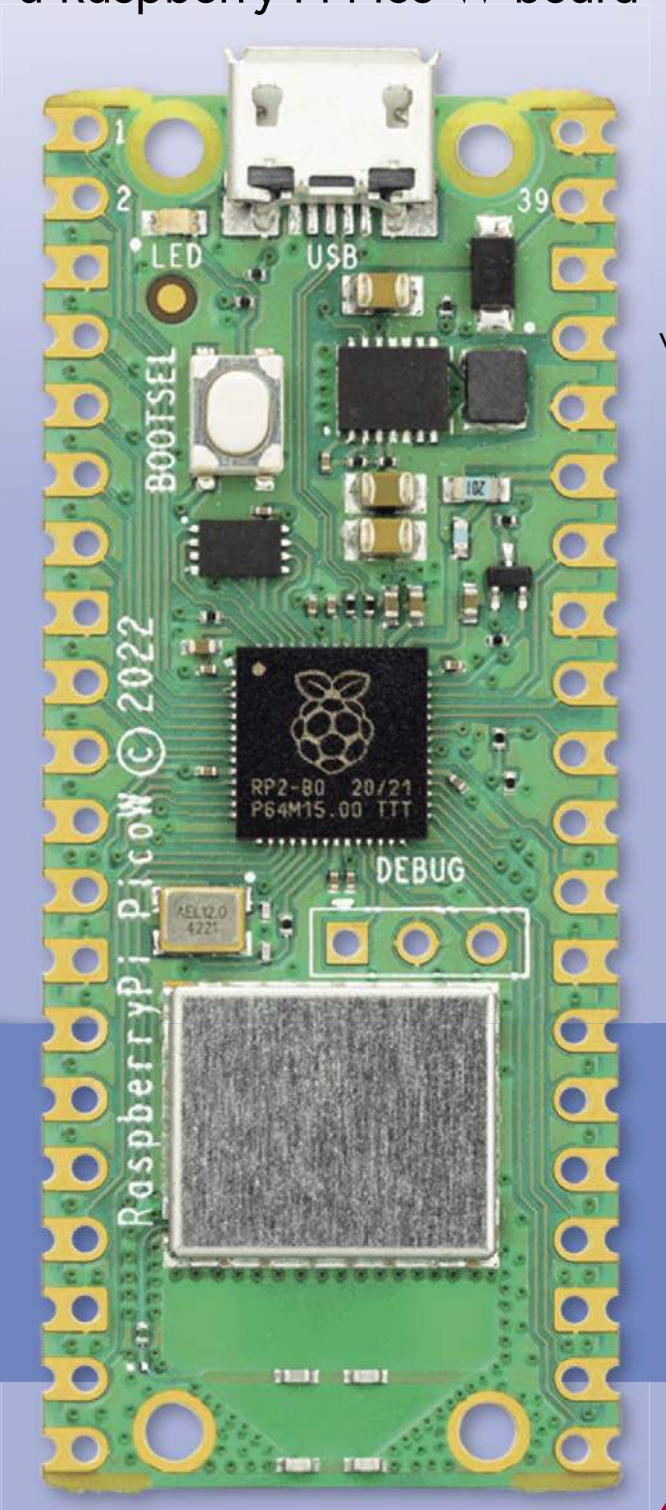
Od Redakcji: Może wśród Czytelników EdW jest już twórca takiego projektu. Chętnie opublikujemy.

eprasa.pl 01ef15bc7a

Subscribe to Elektor's newsletter and get the chance to

WIN

a Raspberry Pi Pico W board



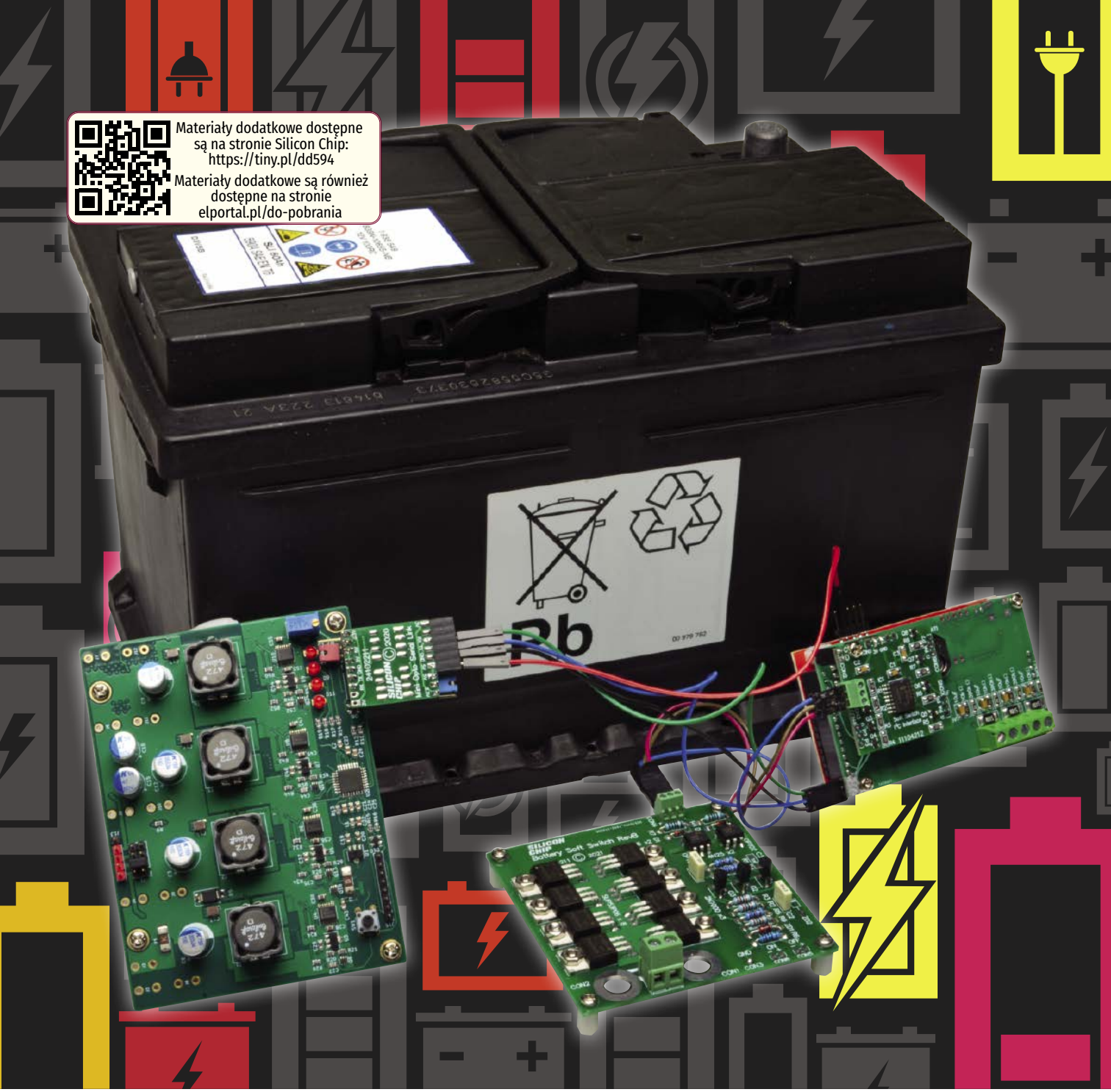
www.elektor.com/eda

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

Be one of the 10 fortunate winners!

elektor
design > share > earn

eprasa.pl 01ef15bc7a



Materiały dodatkowe dostępne są na stronie Silicon Chip: https://tiny.pl/dd594
Materiały dodatkowe są również dostępne na stronie elportal.pl/do-pobrania

Wielozadaniowy menedżer baterii – Multi Purpose Battery Manager

Opisany w artykule menedżer wielu baterii – Battery Multi Logger – jest doskonałym narzędziem do monitorowania i diagnozowania problemów z akumulatorami. Czasami potrzebne jest jakieś narzędzie, które nie tylko monitoruje stan baterii, ale także podejmuje działania, takie jak podłączanie i odłączanie obciążeń w zależności od stanu akumulatora. A jest to tylko część możliwości tytułowego menedżera.

eprasa.pl 01ef15bc7a

Opisany w lutowym i marcowym wydaniu z roku 2021 „Silicon Chip" Battery Multi Logger – rejestrator stanu baterii (*siliconchip.com.au/Series/355*), to urządzenie oparte na mikrokontrolerze Micromite, które monitoruje stan i wykorzystanie systemu baterii. W artykule będziemy używać oryginalnych angielskich nazw urządzeń. Battery Multi Logger może więc obsługiwać pakiety akumulatorowe o napięciu od 6 V do 100 V i jest wygodnym narzędziem do nadzorowania pracy akumulatorów, pomagając przypilnować by były prawidłowo eksploatowane.

Silne rozładowanie lub przeładowanie może znacznie skrócić żywotność akumulatora, co może prowadzić do konieczności przedwczesnego zakupu drogiego zamiennika. Dlatego warto mieć pewność, że jest on prawidłowo użytkowany. Oba te stany (nadmierne rozładowanie i przeładowanie) są stosunkowo łatwe do wyeliminowania, o ile mamy świadomość ich występowania, po prostu odłączając obciążenie (obciążenia) lub wyłączając ładowarkę powodującą problem.

Najnowszy Battery Multi Logger może monitorować ten stan rzeczy, ale nie ma możliwości podjęcia działań naprawczych. W Battery Managerze dodano moduły przełączające, które mogą dołączać lub odłączać obciążenia i ładowarki, co pozwala utrzymać baterie w dobrym stanie.

Częścią projektu jest nowa płytka ekspandera wejść/wyjść dostarczająca sygnały sterujące, które w razie potrzeby umożliwiają maksymalnie czterem modułom przełączników niezależne i automatyczne podłączanie i odłączanie obciążeń.

Menedżer baterii może również współpracować z urządzeniem High Current Four Battery Balancer (marzec i kwiecień 2021, *siliconchip.com.au/Series/358*). Dzięki temu możliwe jest pozyskanie poszerzonych informacji o stanie wieloogniwowego akumulatora lub systemu z wieloma akumulatorami. Battery Manager może być nawet używany do programowania, sterowania i monitorowania balansera.

Cechy:
- Kompaktowy, uniwersalny i modułowy dodatek do Battery Multi Loggera
- Podłączanie i odłączanie do czterech obciążeń/źródeł w celu ochrony akumulatorów
- Niski poziom rozładowania baterii
- Możliwość współpracy z wysokoprądowym balanserem czterech akumulatorów
- Zdolność do przełączania prądów znacznie przekraczających 20 A (prawdopodobnie ponad 30 A) przy 10 V...60 V

Battery Manager pozostaje w większości bez zmian w stosunku do opublikowanego wcześniej projektu, opracowany został natomiast nowy program sterujący, w którym dodano interfejs używany do konfigurowania, sterowania i monitorowania modułów przełączników i balansera baterii.

Moduł przełączników i ekspander we/wy mogą mieć również zastosowanie poza Battery Managerem. Płytka ekspandera we/wy została zaprojektowana do pracy przy napięciu 3,3 V, ale z powodzeniem może pracować przy napięciu 5 V, dzięki czemu można ją podłączyć do płytki Arduino lub dowolnego innego mikrokontrolera lub zestawu zawierającego mikrokontroler. Podobnie moduł przełącznika (Switch Module) będzie współpracował z niemal wszystkimi urządzeniami dostarczającymi sygnał sterujący w zakresie napięć od 3,3 V do 15 V. Może więc być również sterowany bezpośrednio przez dowolny mikrokontroler.

Moduł przełącznika

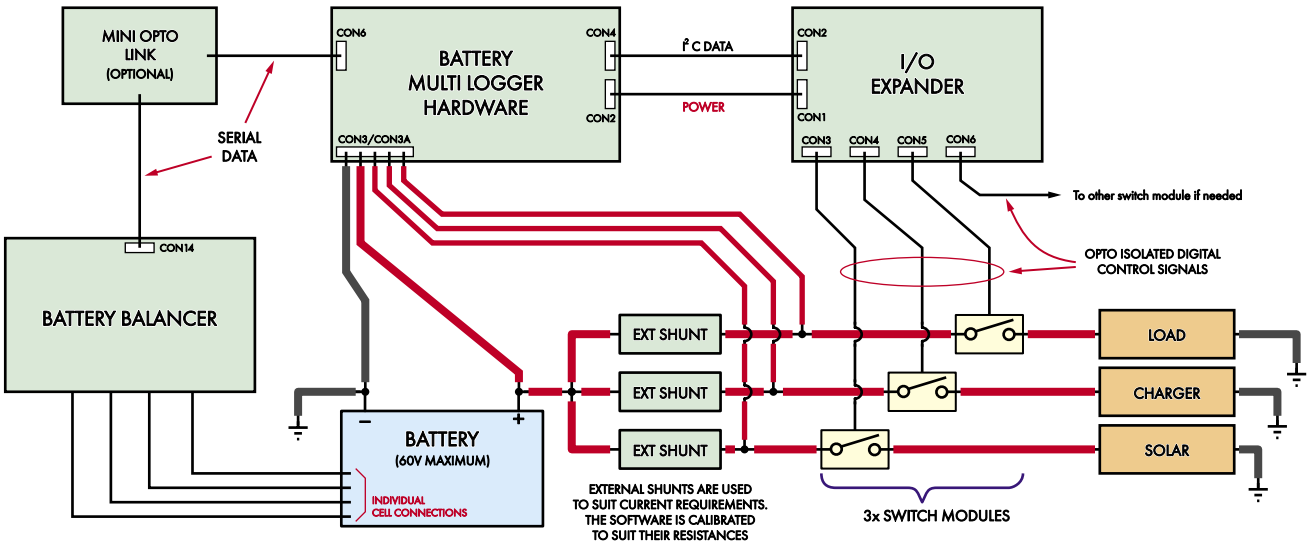
Jednym z założeń przyjętych dla Battery Managera było to, aby urządzenie to zużywało jak najmniej energii. Dlatego został zaprojektowany nowy moduł przełącznika odznaczający się bardzo niskimi prądami spoczynkowymi i roboczymi.

Jako przełączniki zostały zastosowane wysokoprądowe MOSFET-y, ponieważ można nimi sterować dużymi obciążeniami przy zachowaniu dobrej efektywności. MOSFET-y są sterowane przez przerzutnik latch, który „zapamiętuje" stan przełącznika i w razie potrzeby włącza lub wyłącza bramki MOSFET-ów. Latch można przełączać na kilka sposobów. Para styków przełącznika podłączona do latcha może ustawić jego stan, zapewniając proste sterowanie za pomocą przycisku.

Płytka PCB modułu przełącznika zawiera również parę optoizolatorów. Ich tranzystory wyjściowe są równolegle połączone ze stykami przełączników. W ten sposób istnieje również możliwość ustawienia stanu latcha i sterowania MOSFET-ami za pośrednictwem elektrycznie izolowanego interfejsu.

Płytka ekspandera we/wy

W artykule o Battery Multi Loggerze było napisane, że urządzenie to nie ma zbyt wielu wolnych wyprowadzeń portów we/wy. Dwa piny, które są użyte do obsługi portu szeregowego COM1 nie są jednak używane i zostały wyprowadzone na krawędź PCB Battery Multi Loggera. Zostały one jednak przeznaczone



Rysunek 1. Battery Manager składa się z Battery Multi Loggera oraz przedstawionych tutaj urządzeń peryferyjnych. Za pomocą jednego ekspandera we/wy można dodać do czterech modułów przełączników. Prawdopodobnie większość konstruktorów będzie potrzebować jednego lub dwóch. Battery Manager może również współpracować z wysokoprądowym balanserem baterii, umożliwiając monitorowanie stanu ogniw i aktywności balansowania

eprasa.pl 01ef15bc7a

do połączenia z innymi urządzeniami z interfejsem szeregowym. Lepszym sposobem sterowania modułami przełączników jest użycie interfejsu I²C, który jest wyprowadzony na piny CON4 płytki PCB Battery Multi Loggera.

W projekcie został zastosowany układ scalony PCF8574. Jego opis można znaleźć w artykule dostępnym pod adresem *siliconchip.com.au/Article/12085*. Dzięki temu układowi można łatwo dodać osiem portów we/wy. W rzeczywistości, z wieloma układami scalonymi, możliwe by było dodanie do 128 portów we/wy, ale przekroczyłoby to wymagania. Dlatego została zaprojektowana mała płytka PCB ekspandera we/wy, którą można sterować za pomocą dostępnej magistrali I²C. Udostępniono na niej osiem pinów we/wy podłączonych do tranzystorów w celu sterowania optoizolowanymi wejściami modułów przełączników.

Jak już wspomniano, ważny jest niski prąd spoczynkowy urządzenia. Układ PCF8574 pobiera około 10 μA, gdy magistrala I²C pozostaje nieaktywna. Znaczący prąd jest więc pobierany tylko w chwilach uaktywniania optoizolatorów, ale są to tylko bardzo krótkie czasy podczas przełączania.

Obsługa balansera baterii

Jak już było wspomniane, port szeregowy COM1 znalazł się w Battery Managerze niejako w spadku po wcześniejszej konstrukcji. Ponieważ balanser ma już interfejs szeregowy, możemy te dwa urządzenia prosto połączyć, uzyskując w ten sposób wzajemną komunikację i sterowanie. Do rozdzielenia różnych bloków systemu można ponadto użyć urządzenia Mini Isolated Serial Link (*siliconchip.com.au/Article/14785*).

Na **rysunku 1** zostały przedstawione dodatkowe moduły, które po dołączeniu ich do Battery Multi Loggera przekształcają go w Battery Managera. Należy zwrócić uwagę na połączenie z balanserem przez port CON6 w Battery Multi Loggerze.

Zaktualizowane oprogramowanie

Oczywiście wszystkie dodatkowe funkcje muszą być kontrolowane i konfigurowane. Odbywa się to za pomocą dodatkowych przycisków i stron (planszy ekranowych) w interfejsie LCD Micromite Battery Multi Logger. Zostały one pokazane na zrzutach ekranu w dalszej części artykułu wraz z bardziej szczegółowym opisem wyjaśniającym, jak z nich korzystać.

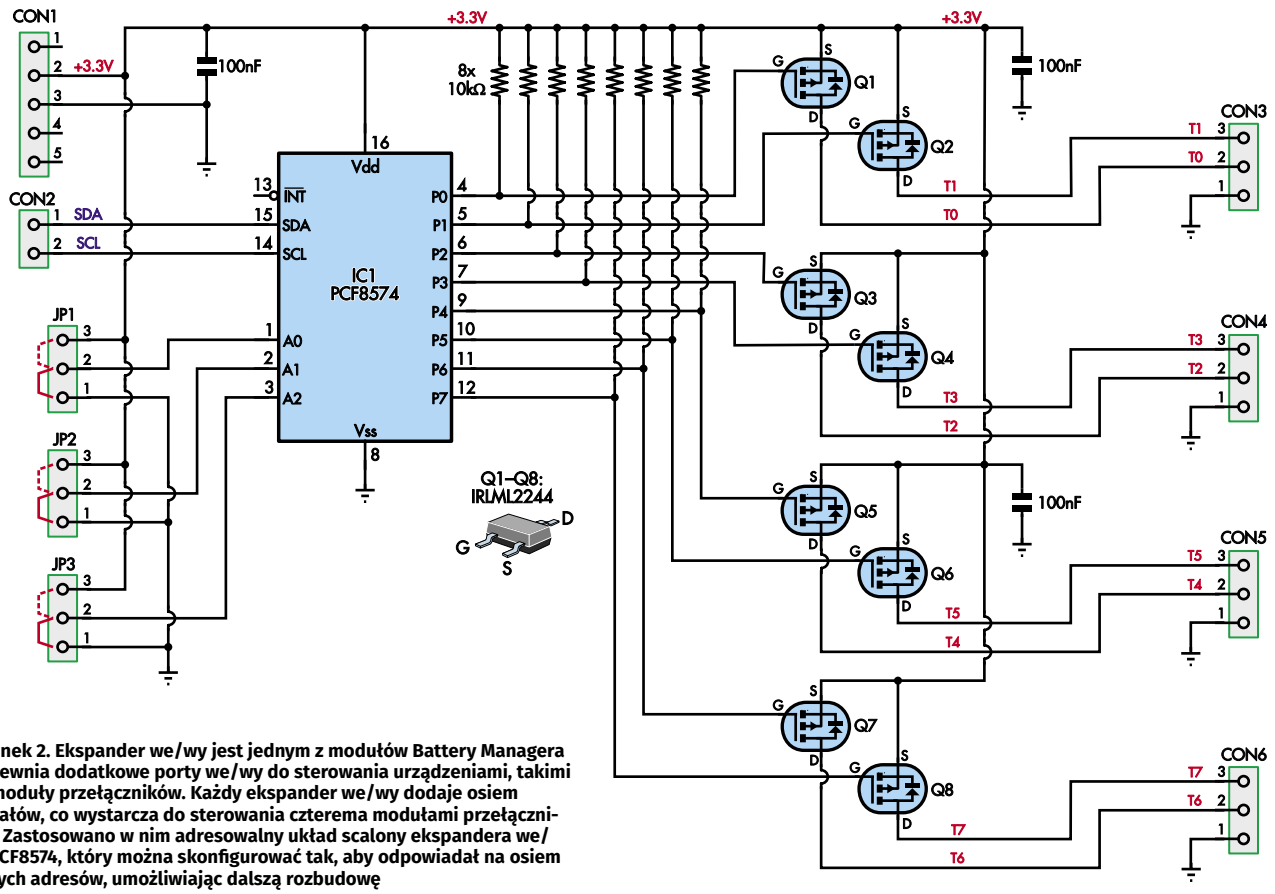
Pierwsza nowa strona kontroluje moduły przełączników. Można ustawić do ośmiu wyzwalaczy. Są to progi napięcia lub prądu, które powodują wystąpienie akcji, takiej jak aktywacja jednego lub więcej modułów przełączających. W celu zapobieżenia ponownej aktywacji ustawiany jest również latch (zatrzask). Wyzwalacz może ponadto zerować latch, co umożliwia realizację działań alternatywnych. Na przykład, możliwa jest aktywacja wyzwalacza Trigger 1. wtedy, gdy napięcie akumulatora spadnie poniżej 11 V. W efekcie latch wyzwalacza 1. jest ustawiany i, za pośrednictwem modułu przełącznika, odłącza niektóre nieistotne obciążenia od akumulatora, zmniejszając ryzyko uszkodzenia akumulatora w wyniku głębokiego rozładowania.

Trigger 2 jest ustawiony tak, aby aktywował się, gdy napięcie akumulatora wzrośnie do 12,5 V. Zerowany jest wówczas Trigger 1. Podobnie, Trigger 1 może zerować Trigger 2. Jak można się spodziewać, Trigger 2 zostanie skonfigurowany do ponownego podłączenia obciążenia, które zostało odłączone przez Trigger 1.

W ten sposób wyzwalacze te działają w celu odłączenia obciążenia od akumulatora, z wyjątkiem sytuacji, gdy jest on wystarczająco naładowany. Podobny układ w odwrotnej kolejności może również działać jako prymitywny regulator ładowania, zapobiegając przeładowaniu.

Zewnętrznymi przełącznikami można również manipulować ręcznie, w celu przetestowania lub pominięcia programowania, a także ręcznie wyzerować wyzwalacze.

Kolejna strona pokazuje aktualny stan pracy balansera (raportowany przez jego port

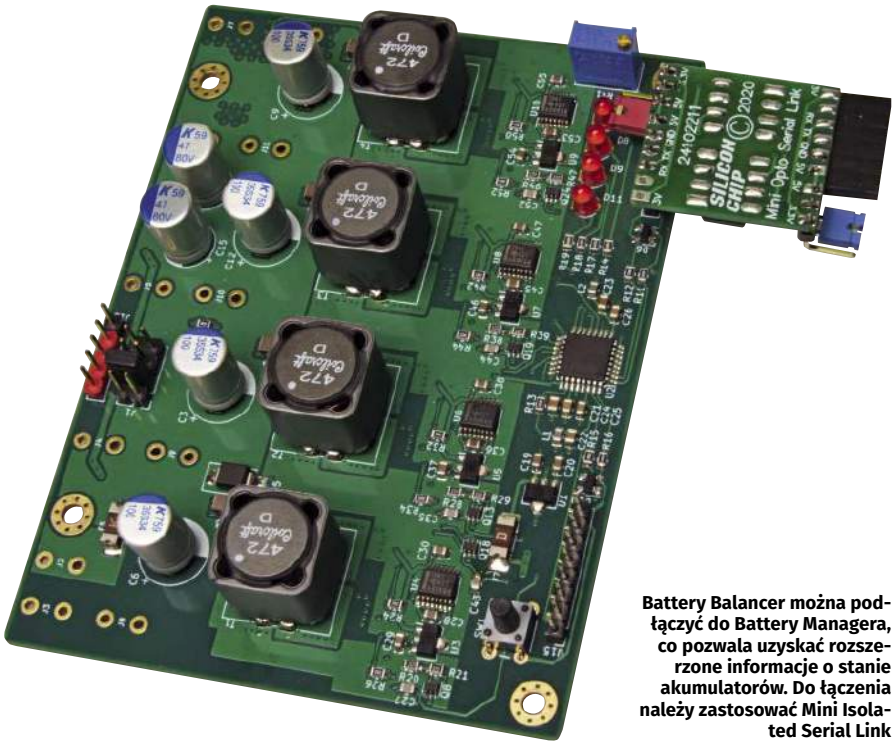


Rysunek 2. Ekspander we/wy jest jednym z modułów Battery Managera i zapewnia dodatkowe porty we/wy do sterowania urządzeniami, takimi jak moduły przełączników. Każdy ekspander we/wy dodaje osiem sygnałów, co wystarcza do sterowania czterema modułami przełączników. Zastosowano w nim adresowalny układ scalony ekspandera we/wy PCF8574, który można skonfigurować tak, aby odpowiadał na osiem różnych adresów, umożliwiając dalszą rozbudowę

eprasa.pl 01ef15bc7a

szeregowy), w tym które ogniwa są równoważone, w jakim kierunku i w jakim zakresie. Dostępne są również przyciski umożliwiające wydawanie poleceń balanserowi.

Kolejne dwie strony zawierają wykresy przedstawiające najnowsze dane z balansera. Jedna strona pokazuje aktywność równoważenia ogniw i stosu, podczas gdy druga strona przedstawia napięcia poszczególnych ogniw.



Battery Balancer można podłączyć do Battery Managera, co pozwala uzyskać rozszerzone informacje o stanie akumulatorów. Do łączenia należy zastosować Mini Isolated Serial Link

Działanie ekspandera we/wy

Schemat połączeń modułu ekspandera we/wy pokazano na **rysunku 2**. Należy połączyć linię zasilającą 3,3 V i uziemienia łączówki CON1 ekspandera z CON2 Battery Multi Loggera. Magistrala I²C jest wyprowadzona na złącze CON4 rejestratora Battery Multi Logger, które należy połączyć z CON2. Złącza są rozmieszczone tak, aby możliwe było połączenie modułu ekspandera we/wy do istniejącego sprzętu, przy użyciu złączy lub bezpośredniego lutowania. Ponieważ są to tylko cztery przewody, można ich używać również zdalnie, ale preferowane jest połączenie bezpośrednie.

Battery Multi Logger zawiera rezystory podciągające wymagane dla magistrali I²C, więc nie ma ich na płytce ekspandera we/wy. Ogólna zasada jest taka, że lepiej jest, aby rezystory podciągające znajdowały się w urządzeniu Master, ponieważ potrzebna jest tylko jedna para na magistralę.

Na płytce ekspandera we/wy, linie 3,3 V, masa, SDA i SCL z łączówek CON1 i CON2 biegną do pinów odpowiednio: 16, 8, 15 i 14 układu IC1. Kondensator 100 nF filtruje zasilanie układu IC1. Są tu też jeszcze dwa kondensatory 100 nF, które pomagają dostarczać prąd do złączy CON3...CON6.

Układ scalony IC1 (PCF8574) ma trzy nóżki adresowe (1, 2 i 3), które należy podciągnąć do zasilania lub ściągnąć do masy, aby ustawić jego adres. Unikamy stosowania rezystorów pull-up lub pull-down, ponieważ mogłoby to zwiększyć pobór prądu. Do tego celu służy grupa trzech zworek JP1...JP3. Wszystkie nóżki są domyślnie podciągnięte w dół, dając 7-bitowy adres 0x20 szesnastkowo (32 dziesiętnie).

Zworki są w rzeczywistości polami lutowniczymi na płytce drukowanej. Zmiana adresu polega więc na ewentualnym przecięciu cienkich ścieżek i zwarciu sąsiadujących ze sobą punków lutowniczych. Osiem dostępnych wyprowadzeń we/wy wystarczy do realizacji projektu, oprogramowanie jest napisane tak, aby po prostu działało z pojedynczą płytką ekspandera z domyślnym adresem.

Układ PCF8574 można zastąpić niemal identycznym PCF8574A. Jedyną różnicą jest to, że PCF8574A używa innego zakresu adresów. Dla tego układu domyślnym adresem będzie 0x38 (56 dziesiętnie), ale wiązałoby się to z koniecznością zmiany oprogramowania.

Nóżka 13 układu IC1 może być użyta do zgłaszania przerwania w chwili, gdy zmienia się stan wejścia. W opisywanym urządzeniu funkcja ta nie jest używana. Wszystkie wyprowadzenia są wyjściami, więc nie ma potrzeby korzystania z przerwań.

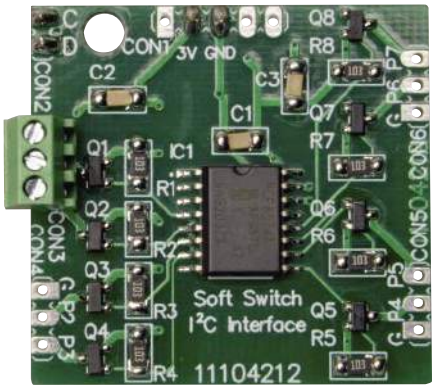
Pozostałe wyprowadzenia oznaczone jako P0...P7 (odpowiednio nóżki 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11 i 12) są pinami wejścia/wyjścia. Są one albo minimalnie podciągnięte do zasilania (stan domyślny), albo ściągnięte do masy przez oddanie około 10 mA.

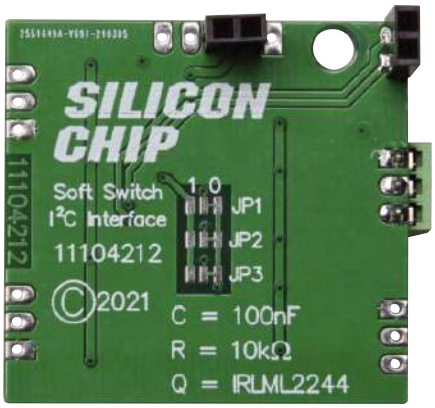
Optoizolatory w przełącznikach programowych mają aktywny stan wysoki, dlatego w projekcie zostały zastosowane P-kanałowe tranzystory MOSFET. Są one sterowane z wyprowadzeń portów we/wy podciąganych do linii 3,3 V. MOSFET-y również odwracają sygnały.

Na przykład bramka Q1 jest podłączona do nóżki 4 układu IC1 (P0). Jest ona również podciągana przez rezystor 10 kΩ do linii 3,3 V. Chociaż prawdopodobnie nie jest to absolutnie konieczne, rezystory te zostały zamontowane, aby nie dochodziło do fałszywego wyzwalania podczas włączania Battery Multi Loggera.

Źródło Q1 jest dołączone do linii 3,3 V i gdy bramka jest w stanie niskim jest ono efektywnie połączone z jego drenem, dostarczając napięcie 3,3 V do wyprowadzenia 2 złącza CON3.

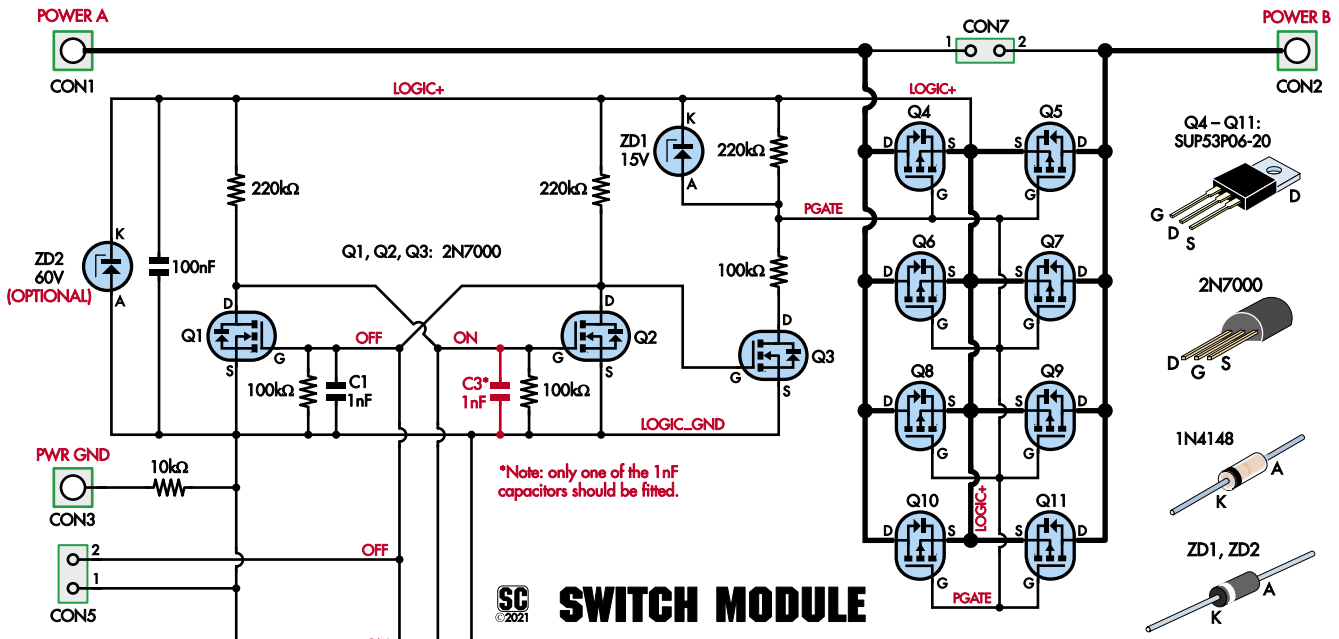
Podobny układ istnieje dla pozostałych siedmiu nóżek we/wy układu IC1. Wyjścia są rozmieszczone parami, aby zapewnić





Ekspander we/wy (oznaczany również jako interfejs I²C) dodaje kolejną płytkę PCB do stosu menedżera baterii. Jeśli potrzebna jest większa liczba ekspanderów wejść/wyjść, można zamontować je za pomocą złączy (takich, jak używane w Arduino Shields). Należy pamiętać o ustawieniu różnych adresów I²C na ułożonych w stos płytkach PCB

eprasa.pl 01ef15bc7a



Rysunek 3. Moduł przełącznika ma dwa optoizolowane wejścia, które sterują parą komplementarnych MOSFET-ów. Te z kolei współpracują z bankiem wysokoprądowych MOSFET-ów do przełączania obciążeń do co najmniej 20 A. W takim rozwiązaniu można użyć do sterowania niemal dowolnego mikrokontrolera, a nawet prostego zestawu przycisków

komplementarne funkcje włączania/wyłączania potrzebne do działania modułu przełącznika.

Każde ze złączy CON3...CON6 może łączyć się z wejściem modułu przełącznika, dzięki czemu za pomocą jednej karty ekspandera we/wy można kontrolować do czterech modułów przełączników.

Podczas pracy, host I^2C (w tym przypadku Battery Multi Logger) zapisuje domyślną wartość 0xFF (wszystkie bity w stanie wysokim) do IC1, który następnie pozostaje w stanie bezczynności, praktycznie nie pobierając prądu. Jego tranzystory wyjściowe są wyłączone, a wszystkie styki CON3...CON6 są odłączone od linii 3,3 V.

Gdy wyjście wymaga aktywacji, Battery Multi Logger wysyła bajt danych z co najmniej jednym bitem ustawionym w stan niski. Powoduje to, że odpowiedni pin z P0...P7 przechodzi w stan niski, włączając MOSFET i ustawiając odpowiednie wyjście w stan wysoki.

Przez krótki czas, w którym magistrala I^2C jest aktywna, układ IC1 pobiera skromne 100 μA, podczas gdy każdy z portów P0...P7, który jest aktywny, spowoduje przepływ prądu mniejszego niż 1 mA przez rezystor podciągający. Tranzystor będzie również źródłem prądu potrzebnego do sterowania podłączonym modułem przełącznika.

Działanie modułu przełącznika

Na **rysunku 3** przedstawiono schemat ideowy modułu przełącznika. Jak wspomniano, do jednego modułu ekspandera wejść/wyjść można podłączyć maksymalnie cztery moduły przełączników. CON1 i CON2 to wysokoprądowe złącza, do których są dołączane dodatnie końcówki akumulatora i jego obciążenie lub źródło, np. ładowarka. W ten sposób wykonujemy przełączanie *high-side*, pozostawiając połączenia uziemienia nieprzerwane. Połączenia nie mają żadnej polaryzacji, więc prąd może płynąć w dowolnym kierunku, gdy przełącznik jest włączony.

Poprzez złącza CON1 i CON2 połączone są pary *back-to-back* P-kanałowych MOSFET-ów Q4...Q11. Ich źródła są połączone razem, a dreny są podłączone do złączy CON1 lub CON2.

Gdy bramki są utrzymywane w pobliżu potencjału źródła, tranzystory nie przewodzą, a przełącznik jest wyłączony. Jeśli bramki są ustawione tak, że ich potencjał jest niższy w stosunku do potencjału ich źródeł, wówczas między CON1 i CON2 tworzy się ścieżka o niskiej rezystancji.

Wewnętrzne diody tranzystorów MOSFET przekazują dodatnie napięcie z CON1 lub CON2 do pozostałej części obwodu. Złącze CON3 zapewnienia połączenie z masą obwodu i jest podłączona do wspólnego ujemnego zacisku akumulatora. Rezystor 10 kΩ połączony szeregowo z GND oraz kondensator 100 nF dołączony równolegle do diody ZD2 zapewniają filtrowanie linii zasilania części cyfrowej (między LOGIC+ i LOGIC_GND). Na kondensatorze 100 nF i diodzie ZD2 występuje zazwyczaj około 90 procent napięcia baterii.

Dioda Zenera ZD2 nie przewodzi prądu w normalnych warunkach; nie jest nawet bezwzględnie potrzebna w systemach 12 V, ale tłumi wszelkie skoki napięcia, które mogą wystąpić. Umożliwia ponadto korzystanie z modułu przełącznika przy napięciu akumulatora powyżej 60 V.

Tranzystory Q1 i Q2 są skonfigurowane jako przerzutnik bistabilny, z rezystorami 100 kΩ i 220 kΩ podłączonymi do ich bramek, zapewniając wzajemnie wykluczającą się blokadę. Bramka Q1 jest podłączona do drenu Q2 i odwrotnie. Jeśli Q1 jest włączony, to bramka tranzystora Q2 jest podciągnięta do napięcia bliskiego napięciu źródła i jest on wyłączony. Podobnie, jeśli Q2 jest włączony, to Q1 musi być wyłączony. Ten zatrzask zachowuje stan modułu przełącznika.

Bramka Q1 jest również połączona z bramką Q3, więc stan Q3 jest zasadniczo taki sam jak Q1. Dren Q3 jest również podłączony do bramek Q4...Q11. Gdy Q3 jest włączony, jego obwód drenu (składający się z rezystorów 100 kΩ i 220 kΩ oraz diody Zenera ZD1 15 V) steruje bramki Q4...Q11 do 4...15 V poniżej napięcia ich źródeł. W tym stanie Q4...Q11 włączają się, zamykając połączenie

eprasa.pl 01ef15bc7a

modułu przełączającego między CON1 i CON2. W przeciwnym razie ich bramki są podciągane do swoich źródeł przez rezystor 220 kΩ i wyłączają się, otwierając połączenie modułu przełączającego między CON1 i CON2.

Przełączanie stanu modułu przełącznika polega na pociągnięciu jednej z bramek Q1 lub Q2 do LOGIC_GND. Można to zrobić za pomocą wyjść transoptorów OPTO1 lub OPTO2.

Po przyłożeniu dodatniego napięcia do nóżki 2 złącza CON4 w odniesieniu do nóżki 1, prąd przepływa przez diodę LED OPTO1 oraz rezystor 470 Ω, włączając fototranzystor. Podobnie, dodatnie napięcie na nóżce 3 CON4 wyzwala OPTO2, ściągając bramkę tranzystora Q2 do masy LOGIC_GND.

Połączenie między nóżkami CON5 lub CON6 będzie miało ten sam efekt. Umożliwia to realizację sterowania za pomocą czegoś w rodzaju przycisku, oprócz sterowania przez Battery Manager.

Jeśli jednocześnie utrzymywany jest niski stan bramek tranzystorów Q1 oraz Q2, to oczywiście bramka Q3 jest również w stanie niskim, a moduł przełącznika jest wyłączony. W ten sposób bezpieczny stan „wyłączony" dominuje w przypadku wystąpienia sprzecznych sygnałów.

Jest to stan podobny do tego, który występuje po pierwszym podłączeniu zasilania. W tym przypadku kondensator C1 (który zostanie rozładowany przez równoległy rezystor 100 kΩ) utrzymuje przez krótki czas bramkę Q1 w stanie niskim, umożliwiając tranzystorowi Q2 włączenie się przed Q1, a moduł przełącznika jest zmuszony do wejścia w stan wyłączenia.

Stała czasowa tej sieci RC jest mniejsza niż 1 ms, więc dopóki impulsy zewnętrzne są co najmniej tak długie, impulsy przychodzące są prawidłowo zatrzaskiwane. Jeśli wymagane jest odwrotne zachowanie, kondensator jest montowany obok Q2, do padów oznaczonych C3 zamiast C1. Moduł przełącznika włączy się wtedy w stanie aktywnym.

Pobór prądu

W stanie zatrzaśniętym pobór prądu wynosi około 500 μA przy 60 V i proporcjonalnie mniej przy niższych napięciach; około 100 μA przy 12 V. Po włączeniu, dodatkowy prąd przepływa przez tranzystor Q3, dodając około 200 μA przy 60 V, do 40 μA przy 12 V.

Prąd podczas przełączania będzie wyższy niż ten, z Q1, Q2 i Q3 wtedy, gdy pobierają prąd, ale dzieje się to tylko w bardzo krótkim czasie, ponieważ tranzystory komplementarne wyłączają się niemal natychmiast.

Parametry przełącznika

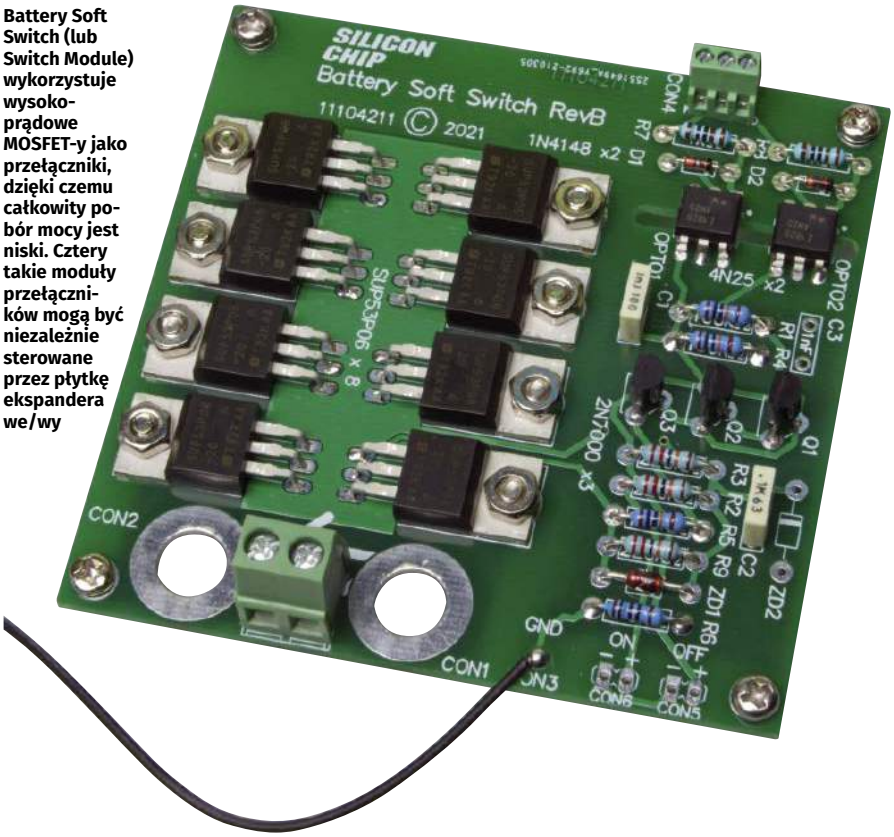
P-kanałowe MOSFET-y Q4...Q11 to tranzystory typu SUP53P06 z nominalnym maksymalnym napięciem bramki −20 V (w odniesieniu do źródła) i maksymalnym napięciem drenu −60 V. Parametry te wyznaczają praktyczne granice pracy modułu przełącznika. MOSFET-y te są dobrane tak, aby każdy z nich mógł przewodzić ciągły prąd o natężeniu około 9 A (przy 25°C), ale szerokość ścieżki na PCB ogranicza ten prąd do około 20 A na czterech parach, być może do 30 A z wystarczającym chłodzeniem. Prąd ten można zwiększyć, uzupełniając płytkę drukowaną o dodatkowe przewody przylutowane bezpośrednio do MOSFET-ów. W przypadku bardzo małych obciążeń, można ewentualnie niektóre MOSFET-y pominąć.

Dzielniki wokół tranzystorów Q1, Q2 i Q3 zostały ustawione tak, aby umożliwić pracę do 60 V (z zachowaniem limitu bramki 20 V z dzielnikiem 220 kΩ/100 kΩ). Ponieważ progi bramek wynoszą około 3 V, do poprawnego działania wymagane jest napięcie akumulatora o wartości co najmniej 10 V. Dioda ZD1 służy do ograniczenia napięcia bramki do 15 V. Został zastosowana dla bezpieczeństwa. Zazwyczaj nie stanowi to problemu w przypadku przełączania obciążeń, ponieważ maksymalne napięcie będzie równe napięciu akumulatora. W przypadku źródeł ładowania napięcie może być jednak znacznie wyższe. Na przykład, panel słoneczny 12 V może mieć napięcie obwodu otwartego 22 V, a napięcie turbin wiatrowych może być jeszcze wyższe. Zazwyczaj wymagają one regulatora bocznikowego, który zapobiega osiągnięciu niebezpiecznego napięcia bez obciążenia. Dlatego korzystając z tego modułu ze źródłem ładowania należy zachować ostrożność i upewnić się, że napięcie w obwodzie otwartym nie przekracza limitów modułu przełącznika.

Jeśli zakładana jest praca z wyższymi napięciami można zamienić typy MOSFET-ów. Jednak w takim przypadku modyfikacji mogą wymagać również inne części obwodu. Na przykład, MOSFET-y SUP53P06 można byłoby zastąpić bezpośrednio elementami SPP15P10, które mogą obsługiwać napięcia do 100 V (takie elementy zastosowaliśmy w ładowarce Burp przeznaczonej do ładowania akumulatorów NiMH i NiCd (marzec 2014, siliconchip.com.au/Article/6730).

Inną zmianą, która jest zalecana w przypadku konstrukcji przeznaczonych do wyższych napięć, jest zwiększenie wartości rezystora 10 kΩ w celu zmniejszenia prądu spoczynkowego i ewentualnie prądu diody ZD2.

Sekcja równoległa do diody ZD2 ma rezystancję około 100 kΩ. Tak więc dla przełączania 100 V, zastąpienie rezystora 10 kΩ rezystorem



Battery Soft Switch (lub Switch Module) wykorzystuje wysokoprądowe MOSFET-y jako przełączniki, dzięki czemu całkowity pobór mocy jest niski. Cztery takie moduły przełączników mogą być niezależnie sterowane przez płytkę ekspandera we/wy

eprasa.pl 01ef15bc7a

Ekran 1. Ekran główny Battery Multi Logger został zmodyfikowany w celu dodania dwóch nowych przycisków dla funkcji „Trigger" i „Balancer". W prawym dolnym rogu wyświetlany jest stan wyzwalania, a tytuł został również zmieniony, aby odzwierciedlić nowe możliwości urządzenia

220 kΩ spowoduje, że na diodzie ZD2 pojawi się napięcie około 30 V, umożliwiając prawidłowe działanie układu.

Nie liście części do wymiany nie znalazł się MOSFET SPP15P10, ponieważ ma on znacznie wyższą rezystancję dren-źródło. Będzie więc wytwarzać więcej ciepła przy tym samym prądzie, a można się spodziewać, że większość czytelników będzie używać modułu przełącznika poniżej 60 V.

Obsługa przy większym prądzie

Jeśli okaże się, że zapotrzebowanie na prąd przekracza możliwości modułu przełącznika, można użyć modułu przełącznika do obsługi przekaźnika wysokoprądowego. Prąd po włączeniu napięcia będzie znacznie większy, ale ta opcja umożliwia pracę Battery Managera z niemal każdym obciążeniem.

W takim przypadku do obsługi cewki przekaźnika wystarczy pojedyncza para tranzystorów MOSFET (np. Q4 i Q5). Zaleca się zastosowanie diody tłumiącej połączonej równolegle do cewki przekaźnika. Chroni się w ten sposób tranzystory przed skokami napięcia indukowanego w cewce podczas odłączania zasilania.

Aktualizacje oprogramowania

To dobry moment na przeprowadzenie aktualizacji oprogramowania Battery Multi Loggera (uzupełnienie go o funkcje Battery Managera), ponieważ pozwoli to uniknąć problemów z programowaniem, gdy do gniazda ICSP zostanie podłączony Expander we/wy. Innymi słowy praktyczniej będzie najpierw zaktualizować oprogramowanie Battery Multi Loggera zanim podejmie się kolejne kroki związane z projektem, żeby uniknąć komplikacji zadań na późniejszym etapie.

Jeśli układy przeznaczone do programowania nie były wcześniej zapisywane należy postępować zgodnie z oryginalnymi instrukcjami programowania Battery Multi Loggera, w tym zapisania firmware-u Microbridge w mikrokontrolerze PIC16F1455, niemniej zamiast „wsadu" Battery Multi Logger (1110620A.HEX) należy załadować nowszy plik Battery Manager (1110620B.HEX). Przed użyciem interfejsu ICSP należy pamiętać o ustawieniu złącza JP2 w pozycji PROG, a po zaprogramowaniu ustawić z powrotem pozycję RUN.

W przypadku już działającego urządzenia Battery Multi Logger wystarczy zaktualizować plik MMBasic. Używany jest ten sam plik biblioteki i LCD OPTIONS, więc nie są potrzebne żadne inne zmiany. Wczytanie programu spowoduje usunięcie wszystkich zarejestrowanych danych, więc w razie potrzeby należy je najpierw wyeksportować.

Nowsze oprogramowanie ma mniej miejsca na zarejestrowane dane, ponieważ potrzebuje więcej miejsca do przechowywania zmiennych konfiguracyjnych dla przełączników programowalnych. W związku z tym dane długoterminowe są ograniczone do 10 dni, co pozwala na zamontowanie dwóch przełączników programowalnych (sterowanych czterema wyzwalaczami). Ograniczenia te są ustawiane przez wartości CONST w programie. Poniżej zostało wymienionych kilka opcji dotyczących tego, jak można zmienić te dwie wartości i nadal zmieścić się w istniejącej pamięci Flash. Ogólnie można uznać, że dopóki liczba rejestrowanych dni i liczba wyzwalaczy nie przekracza w sumie 14, wszystko powinno działać poprawnie.

Są to wartości D_COUNT i TRIG_COUNT. Ze względu na sposób wyświetlania na stronie, TRIG_COUNT nie powinien być wyższy niż osiem, w przeciwnym razie przyciski sterujące nie będą widoczne.

Konieczne będzie załadowanie programu „crunched" (z usuniętymi komentarzami i białymi znakami), ponieważ w przeciwnym razie nie zmieści się on w pamięci. Dostępna jest również wersja „uncrunched", dzięki której można sprawdzić w pełni skomentowany kod i wprowadzić ewentualne zmiany.

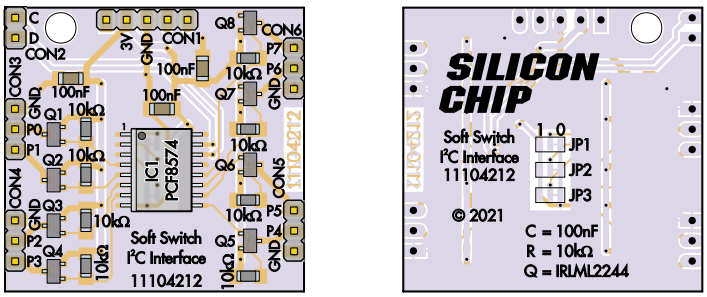
W ogólnym przypadku należy postępować zgodnie z instrukcjami dla Battery Multi Loggera, ale trzeba zastąpić odpowiednie pliki HEX i MMBasic ich odpowiednikami dla Battery Managera.

Po zapisaniu nowego oprogramowania należy go uruchomić, aby ustawić flagę AUTORUN. Teraz program powinien uruchamiać się automatycznie po włączeniu zasilania. Szczegółami oprogramowania zajmiemy się później, ale warto sprawdzić, czy na wyświetlaczu pokazał się zaktualizowany ekran główny (ekran 1).

Opcje konstrukcyjne

Ważnym pierwszym krokiem przed zmontowaniem płytki jest określenie, jakie elementy będą potrzebne. Biorąc pod uwagę niski koszt części do płytki we/wy Expander, zalecamy zbudowanie pełnej wersji, która może obsługiwać cztery moduły przełączników. Można jednak pominąć niektóre elementy, jeśli ma się pewność, że będzie dołączany tylko jeden lub dwa moduły przełączników.

Specyfika instalacji baterii może również wpłynąć na sposób jej budowy. Płytka drukowana modułu przełącznika została zaprojektowana z otworami pasującymi do śrub 8 mm, a tym samym oczkami pasującymi do kabla 8G (miedź o średnicy 3,25 mm), co powinno wystarczyć do pełnej obsługi modułu przełącznika.



Rysunek 4. Montaż ekspandera we/wy jest prosty – zastosowano w nim głównie komponenty SMD, ale są one łatwe w lutowaniu. Najpierw należy zamontować układ scalony IC1, upewniając się, że oznaczenie nóżki 1 jest umiejscowione tak, jak pokazano na rysunku. Wszystkie kondensatory i rezystory są niespolaryzowane i mają jedną wartość. Używanie pionowych złączy kołkowych nie jest konieczne. Równie dobrze można użyć złączy kątowych lub po prostu przylutować przewody do punktów lutowniczych

eprasa.pl 01ef15bc7a

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

Należy rozważyć liczbę potrzebnych modułów przełączników. Większość użytkowników będzie potrzebować jednego, może dwóch modułów do wyłączania niekrytycznych obciążeń, gdy stan naładowania baterii spadnie.

Zawsze istnieje krytyczne obciążenie, którego nie można odłączyć i które nie wymaga modułu przełącznika. Na pewno wolisz mieć rozładowany akumulator niż zatopioną łódź, ponieważ pompa zęzowa nie działała!

Zakładając, że użytkownik posiada sprawdzony kontroler ładowania, nie będzie potrzebne dodawanie modułu przełączającego do podłączonych paneli słonecznych.

Podobnie, może być konieczne zbudowanie i podłączenie Battery Balancera. Battery Balancer może być z powodzeniem zastosowany dla systemów 24 V, 36 V lub 48 V złożonych z akumulatorów 12 V połączonych szeregowo. Jeśli Battery Balancer i Battery Multi Logger nie mogą współdzielić tej samej masy elektrycznej, konieczne będzie również zbudowanie Mini Isolated Serial Link. Nawet jeśli korzystanie z tego modułu nie jest w danym przypadku niezbędne to i tak pozostaje zalecane, ponieważ pozwoli uniknąć ewentualnych problemów w przyszłości. Jest to urządzenie tanie i łatwe w budowie oraz dla bezpieczeństwa izoluje oba urządzenia.

Budowa ekspandera we/wy

Budowę systemu należy zacząć od zmontowania ekspandera wejść/wyjść i podłączenia go do rejestratora Battery Multi Logger. Następnie można dodać moduły przełączników. Jeśli pod uwagę brane są tylko ulepszenia związane z Battery Balancerem, można pominąć większość konstrukcji (zakładając, że Battery Multi Logger i Battery Balancer zostały już zbudowane).

Ekspander we/wy jest zbudowany na dwustronnej płytce drukowanej o kodzie 11104212 i wymiarach 37,5 mm×35,5 mm. Na **rysunku 4** przedstawiono schemat PCB. Wszystkie komponenty znajdują się na jednej stronie, ale na spodzie znajdują się zworki lutownicze, więc pokazano obie strony.

Ponieważ ekspander wejść/wyjść stanie się zasadniczo częścią płytki drukowanej Battery Multi Loggera użyte zostały elementy montowane powierzchniowo. Podczas prac mogą okazać się niezbędne: lutownica z cienkim grotem, topnik, plecionka lutownicza, zestaw pęset i lupa. Topnik wydziela sporo dymu, więc ważne jest również efektywny odciąg oparów lub wentylacja.

Montaż należy zacząć od układu IC1, zwracając uwagę, aby jego nóżka 1 znalazła się najbliżej otworu montażowego. Oznaczenie na tym chipie może być trudne w identyfikacji.

Wykaz elementów:

1 zmontowany moduł Battery Multi Logger (luty-marzec 2021, siliconchip.com.au/Series/355), z układem IC1 zaprogramowanym plikiem 1110620B.hex zamiast 1110620A.hex.
1 zmontowany moduł Battery Balancer (opcjonalny) (marzec-kwiecień 2021, siliconchip.com.au/Series/358)
1 lub więcej zmontowanych modułów ekspanderów we/wy (patrz poniżej)
1 lub więcej zmontowanych modułów przełączników (patrz poniżej)
1 zmontowane mini izolowane łącze szeregowe (opcjonalnie) (marzec 2021, siliconchip.com.au/Article/14785)
różne długości mocnego przewodu, końcówki oczkowe itp. w zależności od akumulatora i zastosowania
różne długości przewodu połączeniowego o średniej wytrzymałości (patrz tekst)
różne przewody połączeniowe (opcjonalne; do podłączenia modułów ekspanderów we/wy do modułów Battery Manager i Switch)

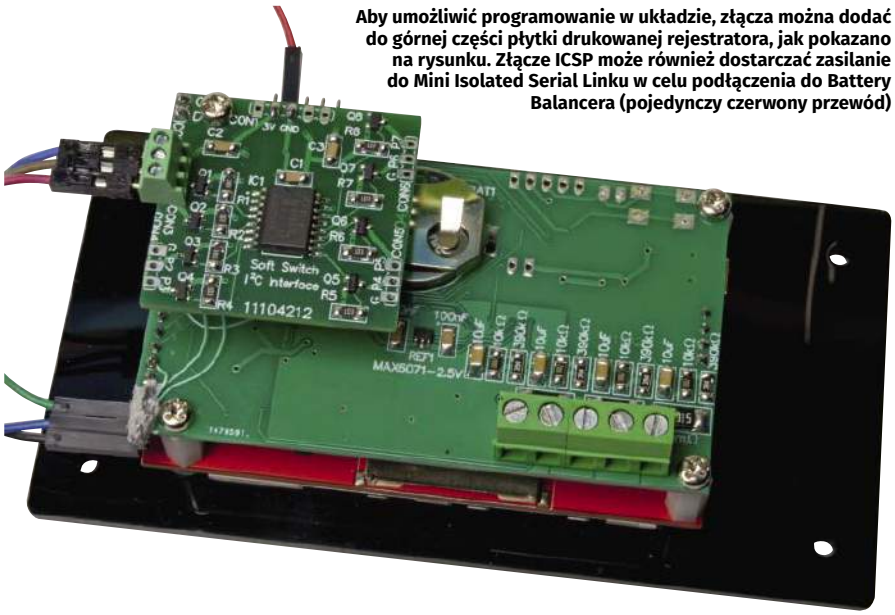
Moduł ekspandera we/wy (elementy dla jednego modułu)
1 dwustronna PCB o kodzie 11104212, 38 mm×36 mm
1 układ scalony ekspandera I²C PCF8574, SOIC-16 (IC1) [Digi-Key, Mouser]
8 P-kanałowych MOSFET-ów IRLML2244 (Q1...Q8) [Digi-Key, Mouser]
3 kondensatory ceramiczne 100 nF X7R SMD 3216/M1206
8 rezystorów 10 kΩ 1% SMD 3216/M1206
1 5-pinowa łączówka (CON1)
1 2-pinowa łączówka (CON2)
1...4 3-pinowe łączówki lub subminiaturowe łączówki śrubowe1 (CON3...CON6)
1 niegwintowana tulejka dystansowa o długości 12 mm i średnicy wewnętrznej ~3,125 mm
1 śruba z łbem walcowym M3×20 mm

Moduł przełącznika (elementy dla jednego modułu)
1 dwustronna PCB o kodzie PCB 11104211, 82 mm×83 mm
1 3-pinowa łączówka lub subminiaturowy zacisk śrubowy1 (CON4)
16 śrub z łbem walcowym M3×6 mm
4 podkładki dystansowe M3×12 mm
8 nakrętek M3
8 podkładek M3
1 np. numer części Digi-Key ED10562

Półprzewodniki:
2 optoizolatory 4N25, DIP-6 (OPTO1, OPTO2)
3 2N7000 N-kanałowe MOSFET-y małosygnałowe, TO-92 (Q1...Q3)
2...8 SUP53P06 MOSFET-y wysokoprądowe z kanałem typu P, TO-220 (Q4...Q11)
1 dioda Zenera 15 V (ZD1)
1 dioda Zenera 39 V do 60 V (ZD2) (opcjonalnie, patrz tekst)
2 małe diody sygnałowe 1N4148 (D1, D2)

Kondensatory:
1 100 nF 100 V MKT1
1 1 nF 100V MKT

Rezystory: (wszystkie 1/4 W 1% osiowe, metalizowane)
3 220 kΩ
3 100 kΩ
1 10 kΩ
2 470 Ω



Aby umożliwić programowanie w układzie, złącza można dodać do górnej części płytki drukowanej rejestratora, jak pokazano na rysunku. Złącze ICSP może również dostarczać zasilanie do Mini Isolated Serial Linku w celu podłączenia do Battery Balancera (pojedynczy czerwony przewód)

eprasa.pl 01ef15bc7a

Na górze układu scalonego powinno znajdować się małe kółko i skos wzdłuż najbliższej krawędzi. Na posiadanych przez konstruktorów chipach nóżka 1 znajduje się w lewym dolnym rogu, gdy oznaczenia chipów są ustawione prawidłowo (ze skosem wzdłuż dolnej krawędzi).

Przed lutowaniem należy nałożyć niewielką ilość topnika na punkty lutownicze układu IC1 na PCB. Umieszczamy chip z grubsza na jego miejscu i nakładamy więcej topnika na górną część nóżek. Nie należy żałować topnika!

Teraz nakładamy odrobinę lutu na grot lutownicy i lutujemy jedną nóżkę. W razie potrzeby można skorygować położenie układu topiąc lut i popychając układ pęsetą. Gdy wszystkie nóżki zostaną prawidłowo wyrównane, można przylutować je do płytki.

Jeśli między pinami pojawią się mostki, trzeba je usunąć za pomocą plecionki lutowniczej. W tym celu dodajemy topnik do mostka i dociskamy taśmę do niego grotem, ostrożnie odciągając ją, gdy taśma wchłonie lut.

W kolejnym kroku należy przylutować tranzystory. Wszystkie są tego samego typu i są spolaryzowane, ale powinny pasować tylko w jedną stronę ze względu na swój kształt. Tradycyjnie już nakładamy trochę topnika na punkty lutownicze i lutujemy jedną nóżkę, a następnie lutujemy pozostałe. Pomimo niewielkich rozmiarów, nóżki są dobrze rozłożone wokół elementu, więc są dość łatwe do przylutowania.

Następnie umieszczamy trzy kondensatory, które znajdują się w pobliżu górnej części płytki drukowanej. Lutujemy znaną już techniką. Pozostałe części są znacznie łatwiejsze do montażu i mają większe pady lutownicze. Na zakończenie należy usunąć nadmiar topnika za pomocą roztworu zalecanego przez producenta topnika (lub odpowiednika).

Mocowanie do płyty głównej

Ponieważ ekspander we/wy jest przeznaczony do montażu bezpośrednio na płytce drukowanej rejestratora Battery Multi Logger, należy wyłączyć rejestrator i zdemontować go. Jeśli na płytce zamontowane jest gniazdo CON2, należy je zdemontować i wyczyścić punkty lutownicze, aby umożliwić zamontowanie ekspandera we/wy.

Pary pinów złączy i gniazd należy połączyć ze sobą. Instalujemy je w odpowiednich otworach między dwiema płytkami drukowanymi, z żeńskimi złączami na płytce drukowanej rejestratora i męskimi złączami na płytce drukowanej ekspandera we/wy. Zmniejszy to ryzyko odsłonięcia złączy, jeśli płytka ekspandera we/wy zostanie usunięta.

Następnie można tymczasowo zacisnąć obie płytki PCB za pomocą śruby i nakrętki (lub gwintowanej tulejki dystansowej). Ułatwi to ich lutowanie. Załączone zdjęcia powinny pomóc w montażu.

Teraz można przylutować złącza na miejscu, usunąć tymczasową śrubę i ponownie zmontować cały stos płytek, włącznie z wyświetlaczem LCD. Zamiast montować śrubę w rogu, w którym znajduje się ekspander we/wy, można użyć dodatkową tuleję dystansową i dłuższą śrubę, a następnie przytwierdzić wszystko nakrętką dopasowaną do tylnej części wyświetlacza LCD.

Montaż modułu przełącznika

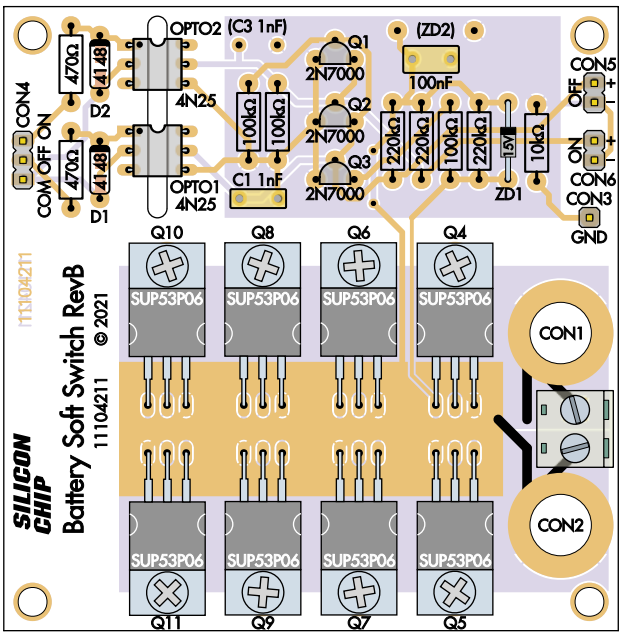
Moduł przełącznika jest zmontowany na płytce drukowanej o kodzie 11104211, która posiada wymiary 81,5 mm×82,5 mm. Zastosowano wyłącznie komponenty do montażu przewlekanego. Schemat modułu został pokazany na **rysunku 5**. Pracę zaczynamy od zamontowania rezystorów zgodnie z oznaczeniami na płytce drukowanej. Zalecane jest sprawdzenie wszystkich wartości za pomocą multimetru.

Następnie należy zamontować dwie diody Zenera. Żadna z nich nie jest konieczna w systemach, które działają do około 25 V, ponieważ jest mało prawdopodobne, aby napięcia były na tyle wysokie, aby spowodować uszkodzenie MOSFET-ów, chociaż dobrym pomysłem jest zamontowanie ZD1 w celu ochrony tych tranzystorów. Dioda ZD2 jest potrzebna tylko w systemach, które przekraczają 60 V. Należy pamiętać o wspomnianych wcześniej uwagach dotyczących paneli słonecznych i wiatraków wytwarzających znacznie wyższe napięcia niż ich nominalne wartości znamionowe.

Następnym elementem do zmontowania są dwie diody 1N4148 w pobliżu CON4, zwracając uwagę na ich polaryzację. Przy montażu dwóch sąsiednich optoizolatorów należy zwrócić uwagę, aby nóżka 1 znalazła się w prawidłowym położeniu, jak pokazano na rysunkach. Oba wyprowadzenia są skierowane w tę samą stronę.

Teraz przyszła kolej na dwa kondensatory. Jak wspomniano wcześniej, C3 nie ma być montowany (montujemy wyłącznie C1), chyba że domyślne zachowanie wymaga zmiany, więc nie jest pokazany na **rysunku 5**.

Następnie zamontuj trzy mniejsze tranzystory Q1...Q3. Upewnij się, że są one umieszczone zgodnie z ich footprintami i dociśnij je jak najbliżej płytki drukowanej przed lutowaniem. W analogiczny sposób powinny być lutowane większe tranzystory. Jeśli nie są montowane wszystkie, należy przylutować te, które są najbliżej CON1 i CON2 w odpowiednich parach. Na przykład, jeśli do obsługi prądu obciążenia wystarczające są tylko cztery MOSFET-y, umieszczamy je w miejscach oznaczonych Q4...Q7. Nóżki każdego tranzystora należy wygiąć o 90° do tyłu, około 7 mm od miejsca, w którym stykają się z korpusem. Następnie wkładamy nóżki przez płytkę drukowaną i mocujemy radiator tranzystora za pomocą śruby, podkładki i nakrętki. Należy uważać, aby nie zmienić obrotu tranzystorów podczas ich przykręcania, co mogłoby spowodować wygięcie ich nóżek. Po prawidłowym spozycjonowaniu tranzystorów lutujemy je i przycinamy nóżki. Duży miedziany punkt lutowniczy będzie pochłaniał sporo ciepła



Rysunek 5. W module przełącznika zastosowano elementy przewlekane, zatem jest on łatwy w montażu. Należy zwrócić uwagę na orientację OPTO1 i OPTO2 oraz diod. Można zainstalować mniej niż osiem MOSFET-ów, jeśli wartość prądu pobieranego przez obciążenie wynosi mniej niż 20 A. Ważne, aby MOSFET-y były zamontowane parami (Q4 i Q5, Q6 i Q7 itd.). Obciążenie można podłączyć za pomocą złącza śrubowego lub końcówek oczkowych przykręconych do CON1 i CON2

eprasa.pl 01ef15bc7a

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

z grota lutownicy, więc może okazać się konieczne zwiększenie nastawionej temperatury.

Podstawowe testy

W tym momencie można przetestować ekspander we/wy i moduł przełącznika. Podłączamy więc złącze CON3 ekspandera we/wy do złącza CON4 modułu przełącznika. Następnie łączymy punkt GND do COM, P0 do OFF i P1 do ON.

Przyszła kolej na dołączenie zasilania 12 V między CON1 i CON3 w module przełącznika, z ujemnym zaciskiem do CON3. Multimetr dołączony do pustych padów C3 powinien wskazać około 1/3 napięcia zasilania. Zwarcie styków CON6 w module przełącznika powinno spowodować spadek do 0 V i takie napięcie powinno tam pozostać również po rozwarciu pinów CON6. Podobnie, zwarcie styków CON5 spowoduje powrót napięcia do 1/3 zasilania.

Korzystając z ekranu SOFT SWITCH w Battery Managerze, można nacisnąć zielony przycisk obok TR0 i TR1, aby przełączyć stan za pomocą ekspandera we/wy. Należy pamiętać, że oprogramowanie zostało skonfigurowane z pewnymi ustawieniami domyślnymi dostosowanymi do akumulatora 12 V i będą one aktywne po pierwszym uruchomieniu Battery Managera. Jeśli wszystko się zgadza, ekspander we/wy i moduł przełącznika działają prawidłowo. Okablowanie w tym miejscu będzie zależeć od aplikacji, ale należy pamiętać, że CON1 i CON2 są zaciskami przełącznika.

Idealnym rozwiązaniem jest zastosowanie bezpiecznika i oddzielnego przełącznika w obwodzie akumulatora zasilającego moduł przełącznika, aby chronić go w przypadku awarii. Należy więc uważać, aby nie podłączyć czegoś, co może spowodować uszkodzenie lub zostać zakłócone przez nieplanowane przełączenie. Można to zostawić na później, po skonfigurowaniu Menedżera baterii.

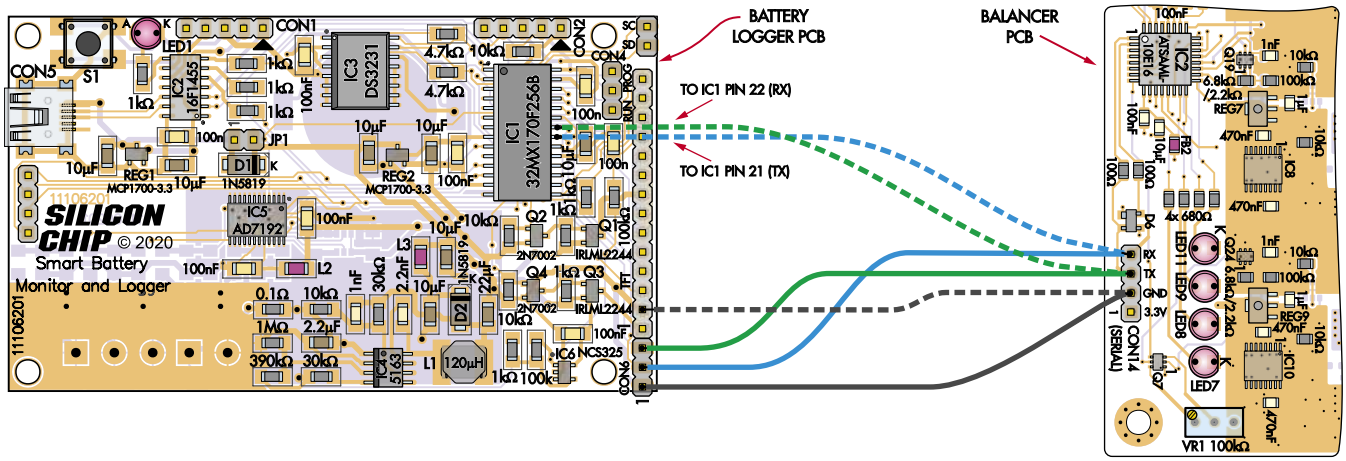
Otwory w rogu płytki drukowanej są przeznaczone do montażu śrub M3, umożliwiając montaż modułów Soft Switch w obudowie. Można je na przykład zamontować wewnątrz tego samego panelu, co Battery Manager.

Interfejs balansera baterii

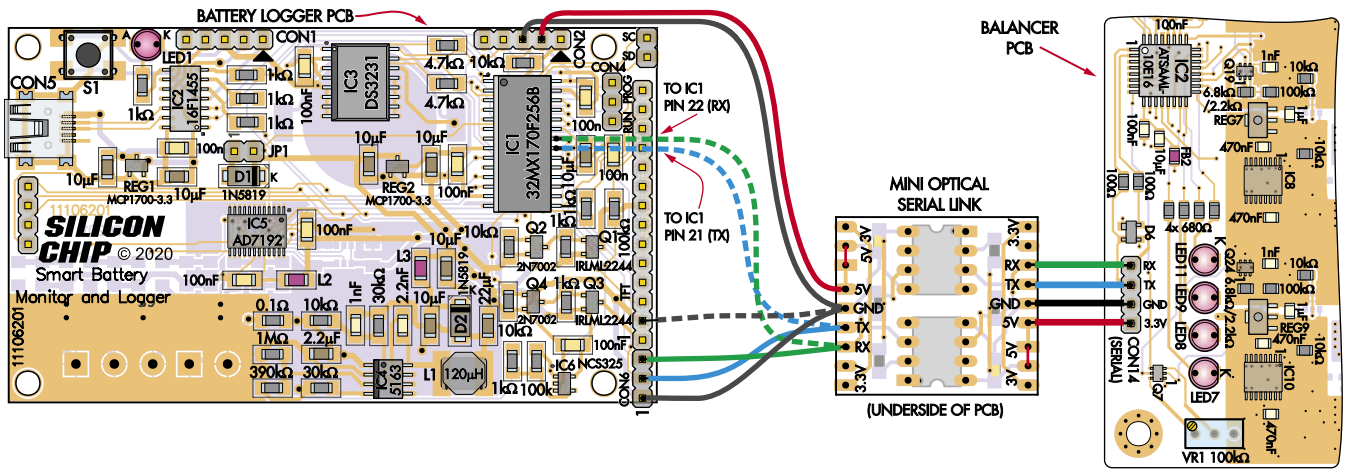
Do podłączenia Battery Balancera do Battery Managera potrzebne są cztery przewody w przypadku korzystania z Mini Isolated Serial Link lub trzy w przeciwnym wypadku. Czwarty przewód służy do zasilania izolatora.

Płytki drukowane Battery Multi Loggera w wersji E lub nowszych mają punkty lutownicze rozdzielające trzy połączenia w CON6. Aby uzyskać zasilanie, należy podłączyć się do źródła zasilania 3,3 V, a najlepszym miejscem do tego będzie złącze CON2 menedżera baterii (która łączy się również z CON1 ekspandera we/wy).

Mając wcześniejszą płytkę drukowaną, jedynym sposobem na podłączenie się do pinów magistrali szeregowej (nóżki mikrokontrolera Micromite 21 i 22) jest przylutowanie ich bezpośrednio do pinów układu



Rysunek 6. Potrzebny jest tylko jeden przewód każdego koloru, ale pokazane zostały dwie opcje dla każdego z nich, dzięki czemu można wybrać odpowiedni sposób połączenia dwóch płytek. Alternatywny sposób podłączenia wymagany jest dla wcześniejszych wersji płytki Battery Loggera, która nie posiadała złącza CON6. Chociaż płytki są teoretycznie na tym samym potencjale uziemienia, nie zaszkodzi dodać rezystory szeregowe, ale jeszcze lepszą opcję przedstawiono na rysunku 7



Rysunek 7. Preferowaną metodą połączenia rejestratora Battery Multi Logger z urządzeniem Battery Balancer jest użycie modułu Mini Isolated Serial Link. Moduł musi być zasilany napięciem 3,3 V z każdej strony. Należy upewnić się, że zworki na łączu szeregowym są ustawione w pozycji 5 V, jak pokazano (co w tym przypadku w rzeczywistości odpowiada 3,3 V)

eprasa.pl 01ef15bc7a

scalonego. Nie jest to łatwe, ale nie jest dużo trudniejsze niż lutowanie elementu w obudowie SOIC. **Na rysunkach 6** i **7** zostały przedstawione wymagane połączenia. Sposób wykonania bezpośredniego połączenia jest widoczny na rysunku 6, natomiast na rysunku 7 przedstawiono połączenia za pośrednictwem modułu Mini Isolated Serial Link.

Można zauważyć, że w obu przypadkach przewody wydają się prowadzić do dwóch punktów na płytce drukowanej rejestratora baterii po lewej stronie. Muszą one prowadzić tylko do jednego. Jeśli na płytce jest złącze CON6 (są to płytki w wersji E lub nowszych), należy użyć połączeń prowadzących do tego złącza. W przeciwnym razie należy zastosować połączenia zaznaczone liniami przerywanymi. Podłącza się je do nóżki 22 układu scalonego dla RX i nóżki 21 dla TX.

Jeśli płytka nie posiada złącza CON6, uziemienie można dołączyć do pinu 2 gniazda LCD lub środkowego wyprowadzenia (pin 3) CON2, złącza ICSP.

Preferowany układ, wykorzystujący Mini Isolated Serial Link, pokazano na rysunku 7. Zworki JP1 i JP2 na płytce izolatora są ustawione w pozycji 5 V, co oznacza, że pobiera on zasilanie z pinu sąsiadującego z masą.

Ponieważ Battery Balancer został zaprojektowany z myślą o bezpośrednim podłączeniu Mini Isolated Serial Linku, ma to sens, ponieważ pasuje do tej konfiguracji. Następnie należy poprowadzić cztery przewody z powrotem do płytki PCB Battery Multi Logger.

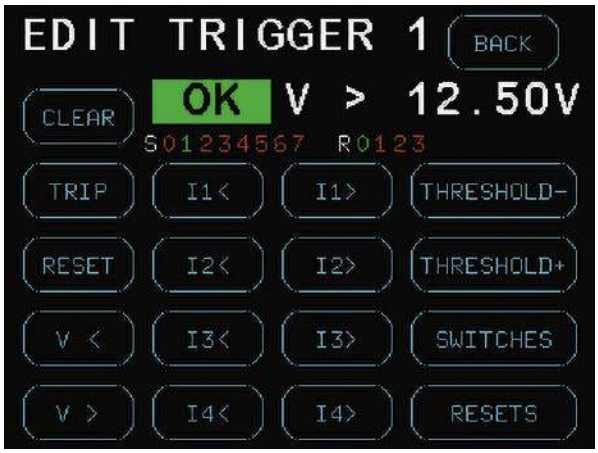
Jeśli Mini Isolated Serial Link jest zamontowany do góry nogami na płytce drukowanej Battery Balancera (jak na rysunku 7), nie będzie on zasłaniał diod LED, chociaż będzie lekko wystawał poza krawędź płytki drukowanej. Na zdjęciu ze strony 11 został pokazany sugerowany sposób montażu.

Ze względu na ograniczenia miejsca na płytce PCB na złącze CON6 nie zostało wyprowadzone napięcie 3,3V. Napięcie to można jednak odnaleźć na pinie 2 złącza ICSP. Na tym samym złączu, na pinie 3 można również znaleźć masę (co może być użyteczne, jeśli płytka Battery Loggera nie posiada złącza CON6).

Podobnie, sygnały TX i RX są pobierane bezpośrednio z CON6 lub nóżek mikrokontrolera.

Aby podczas konfigurowania tych połączeń pozostawić sobie możliwość programowania w układzie (ICSP) można również przylutować 5-pinową łączówkę do złącza CON2 rejestratora baterii lub CON1 ekspandera we/wy. Wszystkie elementy, które były podłączone do tych pinów, wymagają jedynie zasilania i uziemienia, więc nie powinny mieć wpływu na programowanie. Podczas programowania

Ekran 2. Strona SOFT SWITCH zawiera informacje o stanach i progach wyzwalacza. Naciśnięcie przycisków umożliwia przetestowanie działania wyzwalaczy i ich ręczne zerowanie, jeśli preferowana jest taka forma obsługi



Ekran 3. Każdy wyzwalacz jest konfigurowany na stronie EDIT TRIGGER (edytuj wyzwalacz), łącznie z jego progami. Na stronie wyświetlane są przełączniki, którymi steruje, oraz inne wyzwalacze, które będzie zerować

Ekran 4. Naciśnięcie przycisku *SWITCHES* na stronie EDIT TRIGGER umożliwia ustawienie wyjść SWITCH OUTPUT. Dostarczona przez Autorów przykładowa konfiguracja może pomóc Czytelnikowi w zrozumieniu tej funkcjonalności

Ekran 5. Wyzwalacze RESET są ustawiane w podobny sposób. Wszystkie zmiany dokonane w tych (i innych ustawieniach związanych z wyzwalaczami) są zapisywane przy wyjściu ze strony SOFT SWITCH

eprasa.pl 01ef15bc7a

ICSP może być jednak konieczne zasilanie płyty z USB zamiast z programatora, ponieważ programator może nie być w stanie zapewnić wystarczającego prądu.

Na zakończenie należy ponownie zmontować wszystko, co zostało zdemontowane na czas rozbudowy. Następnie włączamy Battery Logger i podłączone do niego urządzenia peryferyjne.

Zasady korzystania

Po skonfigurowaniu całości, możemy zapoznać się z nowymi ekranami. **Ekran 1** to zaktualizowany ekran główny z dwoma nowymi przyciskami i wyświetlaczem stanu wyzwalaczy. Jeśli napięcie akumulatora przekracza 12,5 V, wyzwalacz 1 powinien być wyświetlany na czerwono. Jeśli natomiast napięcie akumulatora jest niższe niż 11 V, mógł zadziałać wyzwalacz 0.

Naciśnięcie przycisku *Trigger* (wyzwalacz) spowoduje wyświetlenie **ekranu 2**. Jest to przegląd wyzwalaczy, każdy z nich jest wyświetlany w jednej linii. Każdy wyzwalacz ma parametr i próg, który monitoruje. Są one wyświetlane jak na ekranie 2. Gdy parametr osiągnie wartość progową, wyzwalacz zostanie uaktywniony i wyświetli czerwony przycisk *TRIP* zamiast zielonego przycisku *OK*. Wyzwalacz nie może zadziałać ponownie, dopóki nie zostanie wyzerowany.

Przy każdym wyzwoleniu można aktywować dowolną kombinację przełączników. Przełączniki te odpowiadają wejściom Soft Switch, a oprogramowanie dostarcza impuls za pośrednictwem ekspandera we/wy do odpowiednich przełączników. Każde wyzwolenie może również wyzerować dowolny inny wyzwalacz, umożliwiając naprzemienne działanie, gdy dwa wyzwalacze śledzą zmienną między dwoma punktami histerezy, jak pokazano w domyślnych ustawieniach *TR0* i *TR1*. Jest to tylko jeden ze sposobów jego wykorzystania. Każdy wyzwalacz może być ustawiony tak, aby wymagał ręcznego zerowania lub może zerować nawet kilka wyzwalaczy.

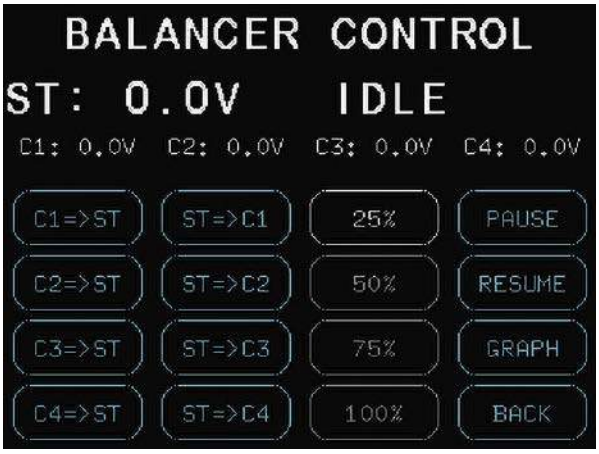
Strona pokazana na ekranie 2 umożliwia ręczne wyzwalanie i zerowanie każdego wyzwalacza w celu przetestowania. Każde naciśnięcie przełącza naprzemiennie stany wyzwolenia i zerowania.

Naciśnięcie przycisku (np. *TR0* dla Triggera 0) powoduje przejście do **ekranu 3**, który zawiera więcej ustawień. Przyciski *TRIP* i *RESET* działają zgodnie z oczekiwaniami. Różne przyciski oznaczone *V* i *I* umożliwiają ustawienie zmiennej progowej i warunku.

CLEAR usuwa wszelkie progi, co oznacza, że wyzwalacz nie będzie aktywowany automatycznie. Przycisk *THRESHOLD+* ustawia wartość dodatnią, natomiast przycisk *THRESHOLD-* służy do ustawiania wartości ujemnej. Jest to przydatne w przypadku progów prądu – Battery Manager nie może mierzyć ujemnych napięć. Wreszcie, przyciski *SWITCHES* i *RESETS* umożliwiają ustawienie działań, które wynikają z każdego wyzwalacza.

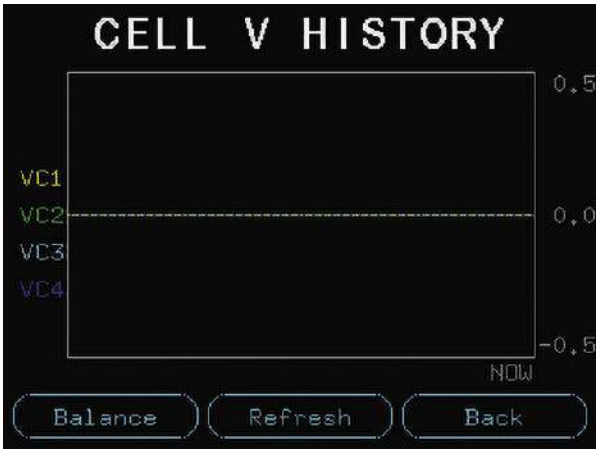
Ekran 4 zawiera elementy sterujące przełącznikami. Odpowiadają one wyjściom P0... P7 w ekspanderze we/wy, natomiast na **ekranie 5** zawarto elementy sterujące zerowaniem, które odpowiadają wyzwalaczom.

Wszystkie parametry są zapisywane w pamięci Flash po naciśnięciu przycisku *BACK* na stronie przeglądu wyzwalacza widocznej na ekranie 2. Zapewnia to dobry kompromis między użytecznością a zużyciem pamięci Flash.



Ekran 6. Strona BALANCER CONTROL jest dostępna z ekranu MAIN i pokazuje bieżące napięcia ogniw oraz tryb pracy Balancera. Przyciski służą do wydawania poleceń sterujących do Balancera, zakładając, że jest on podłączony i utrzymuje komunikację

Ekran 7. Strona BALANCER HISTORY zawiera informacje o ostatnich działaniach Balancera, w tym wyświetla komórki, które są balansowane i w którym kierunku



Ekran 8. Podobnie strona CELL V HISTORY pokazuje względne napięcia ogniwa (do ogniwa 1). Przycisk w lewym dolnym rogu umożliwia łatwe przełączanie między tymi dwiema ostatnimi stronami

Menu balansera

Naciśnięcie przycisku *Balancer* na stronie głównej powoduje przejście do strony BALANCER CONTROL, jak pokazano na **ekranie 6**. Dwie kolumny przycisków po lewej stronie wysyłają polecenia do Battery Balancera w celu przekierowania ładowania między określonymi ogniwami i całym stosem.

Szybkość, z jaką to się dzieje, jest ustawiana w trzeciej kolumnie, z opcjami 25%,

eprasa.pl 01ef15bc7a

50%, 75% i 100%. Aktualnie wybrana wartość jest podświetlona.

Podobnie przyciski *PAUSE* i *RESUME* wysyłają polecenia do urządzenia Battery Balancer w celu wstrzymania lub wznowienia równoważenia. Dane wyświetlane w górnej części ekranu są pobierane z Balancera w czasie rzeczywistym.

Przycisk *GRAPH* powoduje przejście do strony pokazanej na **ekranie 7**. Jest tu widoczny względny przepływ do i z każdej celi. Przechowywanych jest około 100 punktów danych, które są aktualizowane zgodnie z 10-sekundowym cyklem oprogramowania rejestrującego.

W ten sposób dostępnych jest około 15 minut danych zbieranych podczas operacji balansowania. Są one przechowywane tylko w pamięci RAM, więc są usuwane w przypadku utraty zasilania. Ekran nie odświeża się automatycznie, należy nacisnąć przycisk odświeżania.

Naciśnięcie przycisku *Cell V* zmienia wykres w tryb wyświetlania napięcia poszczególnych ogniw zmierzonego przez Balacer. Wykres jest wyśrodkowany na bieżącym dolnym napięciu ogniwa, ponieważ będzie ono zawsze obecne. Wykres obejmuje 1 V od góry do dołu, umożliwiając łatwe dostrzeżenie zmian napięcia ogniwa.

Menedżer baterii

Battery Multi Logger został zaktualizowany do Battery Managera. Nie jest wykluczone, że wiele osób będzie miało różne wymagania dotyczące tego, co i jak będzie dołączane do Battery Managera. Prawdopodobnie duża część użytkowników doda Battery Manager do istniejącej instalacji akumulatorowej, być może w samochodzie, przyczepie kempingowej lub łodzi. Staje się on stosunkowo prostym dodatkiem do takiego systemu.

W rzeczywistości w ulepszonym Menedżerze baterii jest tak wiele funkcji, że czytelnicy mogą nawet nie chcieć dodawać ich wszystkich. Jest to jednak łatwe ze względu na modułową konstrukcję urządzenia. Nie byłoby również zaskoczeniem używanie ekspandera we/wy lub modułu przełącznika w niepowiązanych projektach. Niektórzy użytkownicy mogą nie potrzebować Battery Balancera, zwłaszcza gdy chodzi o systemy z akumulatorami 12 V, które nie wymagają równoważenia.

Zarówno ekspander wejść/wyjść, jak i moduł przełącznika będą działać poprawnie z poziomami logicznymi 3,3 V i 5 V, więc mogą być używane samodzielnie (lub razem) z innymi mikrokontrolerami, lub modułami opartymi na mikrokontrolerach, takimi jak Arduino lub Micromite. ■

Tim Blythman

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

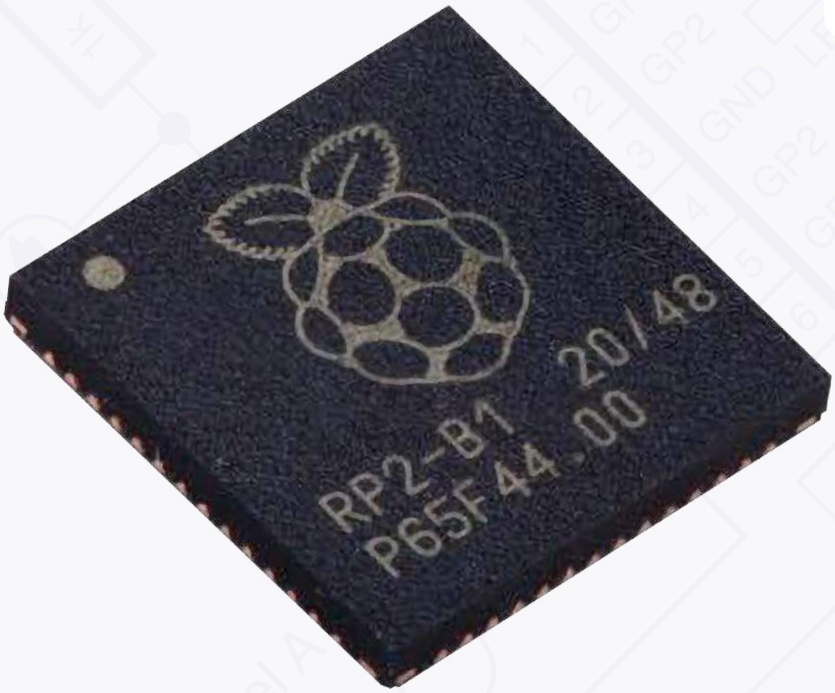
Patronat AVT

Poniżej prezentujemy listę szkół biorących udział w programie PATRONAT AVT, który jest całkowicie bezpłatny, a szkoły objęte tym patronatem korzystają z różnych benefitów, takich jak bezpłatne prenumeraty, darmowe pakiety próbne kitów AVT, itp. Szkoły, które dopiero teraz dowiadują się o naszej akcji PATRONAT AVT, prosimy o przeczytanie listu w EdW 09/2022 (wydanie dostępne na www.ulubionykiosk.pl) i zgłoszenie akcesu do PATRONATU AVT. Zgłoszenia prosimy wysyłać na adres: prenumerata@avt.pl.

- Centrum Edukacji Zawodowej, 82-200 Malbork, De Gaulle'a 75a
- Centrum Edukacji Zawodowej i Biznesu, 66-400 Gorzów Wielkopolski, Pomorska 67
- Gminny Zespół Szkolno-Przedszkolny nr 4 w Więckach, 42-110 Popów, Więcki, Szkolna 1
- Górnośląskie Centrum Edukacyjne im. Marii Skłodowskiej-Curie w Gliwicach, 44-100 Gliwice, Okrzei 20
- Noworudzka Szkoła Techniczna w Nowej Rudzie, 57-401 Nowa Ruda, Stara Droga 4
- Regionalne Centrum Edukacji Zawodowej w Biłgoraju, 23-400 Biłgoraj, Kościuszki 98
- Regionalne Centrum Edukacji Zawodowej w Lubartowie, 21-100 Lubartów, 1 Maja 82
- Technikum nr 4 im. Marii Skłodowskiej-Curie, 41-902 Bytom, Katowicka 35
- Zespół Placówek Edukacyjno-Wychowawczych w Gołdapi, 19-500 Gołdap, Wojska Polskiego 18
- Zespół Placówek Oświatowych w Rudniku, 32-440 Sułkowice, Rudnik, Szkolna 55
- Zespół Szkolno-Przedszkolny nr 2 w Wiśle, 43-460 Wisła, Malinka 53
- Zespół Szkolno-Przedszkolny nr 3 w Gliwicach, 44-122 Gliwice, Żwirki i Wigury 85
- Zespół Szkolno-Przedszkolny nr 4 w Rybniku, 44-207 Rybnik, Komisji Edukacji Narodowej 29
- Zespół Szkolno-Przedszkolny w Choceniu, 87-850 Choceń, Sikorskiego 12
- Zespół Szkolno-Przedszkolny w Ostrożnicy, 47-280 Pawłowiczki, Ostrożnica, Kościelna 42
- Zespół Szkół Budowlano-Elektrycznych im. Jana III Sobieskiego w Świdnicy, 58-100 Świdnica Śląska, Wałbrzyska 35-37
- Zespół Szkół Centrum Kształcenia Ustawicznego w Gronowie, 87-162 Lubicz Dolny, Gronowo 128
- Zespół Szkół Elektronicznych i Telekomunikacyjnych w Olsztynie, 10-144 Olsztyn, Bałtycka 37a
- Zespół Szkół Elektronicznych im. I. Domeyki w Bolesławcu, 59-700 Bolesławiec, Tyrankiewiczów 2
- Zespół Szkół Elektronicznych w Rzeszowie, 35-078 Rzeszów, Hetmańska 120
- Zespół Szkół Elektronicznych, Elektrycznych i Mechanicznych, 43-300 Bielsko-Biała, Słowackiego 24
- Zespół Szkół Elektrycznych nr 2 w Krakowie, 31-977 Kraków, Os. Szkolne 26
- Zespół Szkół Elektrycznych w Kielcach, 25-317 Kielce, Kaczorowskiego 8
- Zespół Szkół im. Bolesława Prusa, 42-207 Częstochowa, Prusa 20
- Zespół Szkół im. ks. dra Jana Zwierza w Ropczycach, 39-100 Ropczyce, Mickiewicza 14
- Zespół Szkół im. Ks. Stanisława Staszica, 39-400 Tarnobrzeg, Kopernika 1
- Zespół Szkół nr 1 w Przysietnicy, 36-200 Brzozów, Przysietnica 198
- Zespół Szkół nr 10 im. Prof. Janusza Groszkowskiego w Zabrzu, 41-807 Zabrze, Chopina 26
- Techniczne Zakłady Naukowe w Dąbrowie Górniczej, 41-300 Dąbrowa Górnicza, Zawidzkiej 10
- Zespół Szkół nr 2 im. Eugeniusza Kwiatkowskiego w Dębicy, 39-200 Dębica, Lisa 2
- Zespół Szkół nr 2 im. Gen. Józefa Bema, 05-822 Milanówek, Wójtowska 3
- Zespół Szkół nr 2 im. Ks. Prof. Józefa Tischnera w Żorach, 44-240 Żory, Boryńska 2
- Zespół Szkół nr 2 w Pabianicach im. prof. Janusza Groszkowskiego, 95-200 Pabianice, św. Jana 27
- Zespół Szkół nr 4 w Nowym Sączu, 33-300 Nowy Sącz, Św. Ducha 6
- Zespół Szkół nr 40 im. Stefana Starzyńskiego, 03-771 Warszawa, Objazdowa 3
- Zespół Szkół Politechnicznych im. Bohaterów Monte Cassino we Wrześni, 62-300 Września, Wojska Polskiego 1
- Zespół Szkół Ponadgimnazjalnych nr 1 w Jarocinie, 63-200 Jarocin, Franciszkańska 1
- Zespół Szkół Ponadpodstawowych nr 2 im. E. Kwiatkowskiego w Jarocinie, 63-200 Jarocin, Franciszkańska 2
- Zespół Szkół Ponadpodstawowych nr 3 im. Armii Krajowej w Zamościu, 22-400 Zamość, Zamoyskiego 62
- Zespół Szkół Powiatowych im. Stanisława Staszica w Opocznie, 26-300 Opoczno, Kossaka 1a
- Zespół Szkół Publicznych w Szewnie, 27-400 Ostrowiec Świętokrzyski, Szewna, Langiewicza 3
- Zespół Szkół Spożywczych i Hotelarskich w Radomiu, 26-600 Radom, Św. Brata Alberta 1
- Zespół Szkół Techniczno-Informatycznych w Elblągu, 82-300 Elbląg, Rycerska 2
- Zespół Szkół Technicznych i Licealnych w Piechowicach, 58-573 Piechowice, Przemysłowa 21
- Zespół Szkół Technicznych i Ogólnokształcących nr 3 im. E.Abramowskiego, 40-659 Katowice, Harcerzy Września 1939 2
- Zespół Szkół Technicznych im. Armii Krajowej w Skarżysku-Kamiennej, 26-110 Skarżysko-Kamienna, Tysiąclecia 22
- Zespół Szkół Technicznych im. Ignacego Mościckiego w Tarnowie, 33-101 Tarnów, E. Kwiatkowskiego 17
- Zespół Szkół Technicznych w Kolbuszowej, 36-100 Kolbuszowa, Bytnara 2
- Zespół Szkół w Błażowej, 36-030 Błażowa, Kowala 3
- Zespół Szkół w Gościnie, 78-120 Gościno, Kościuszki 5
- Zespół Szkół w Zarzeczu, 37-205 Zarzecze, św. Jana Pawła II 7
- Zespół Szkół Zawodowych nr 1 im. gen. F. Kleeberga w Dęblinie, 08-530 Dęblin, Tysiąclecia 3
- Zespół Szkół Samochodowych im. inż. Tadeusza Tańskiego, 33-300 Nowy Sącz, Rejtana 18a
- Szkoła Podstawowa im. Rodzimych Bohaterów II Wojny Światowej w Załakowie, 83-342 Kamienica Królewska, Załakowo 6

eprasa.pl 01ef15bc7a

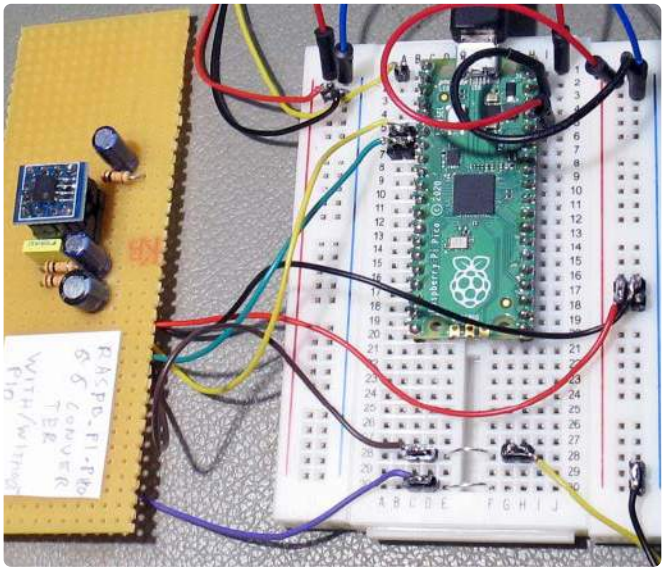
strony od 21 do 27



PIO w praktyce

Eksperymenty z programowalnymi wejściami/wyjściami RP2040

Raspberry Pi Pico to popularna płytka rozwojowa oferująca wysoką moc obliczeniową przy niskim zużyciu energii. Reprezentuje doskonałą wartość za jedyne 4 euro za sztukę. Zastosowany na płytce mikrokontroler RP2040 ma (jak dotąd) unikalną cechę: dwa bloki PIO-I/O z ośmioma maszynami stanu. Korzystając z działających przykładów, przyjrzymy się bliżej korzyściom, jakie mogą one przynieść w zastosowaniach.



Rysunek 1. Płytka Raspberry Pi Pico zamontowana na płytce wtykowej i płytka drukowana przetwornika Delta_Sigma

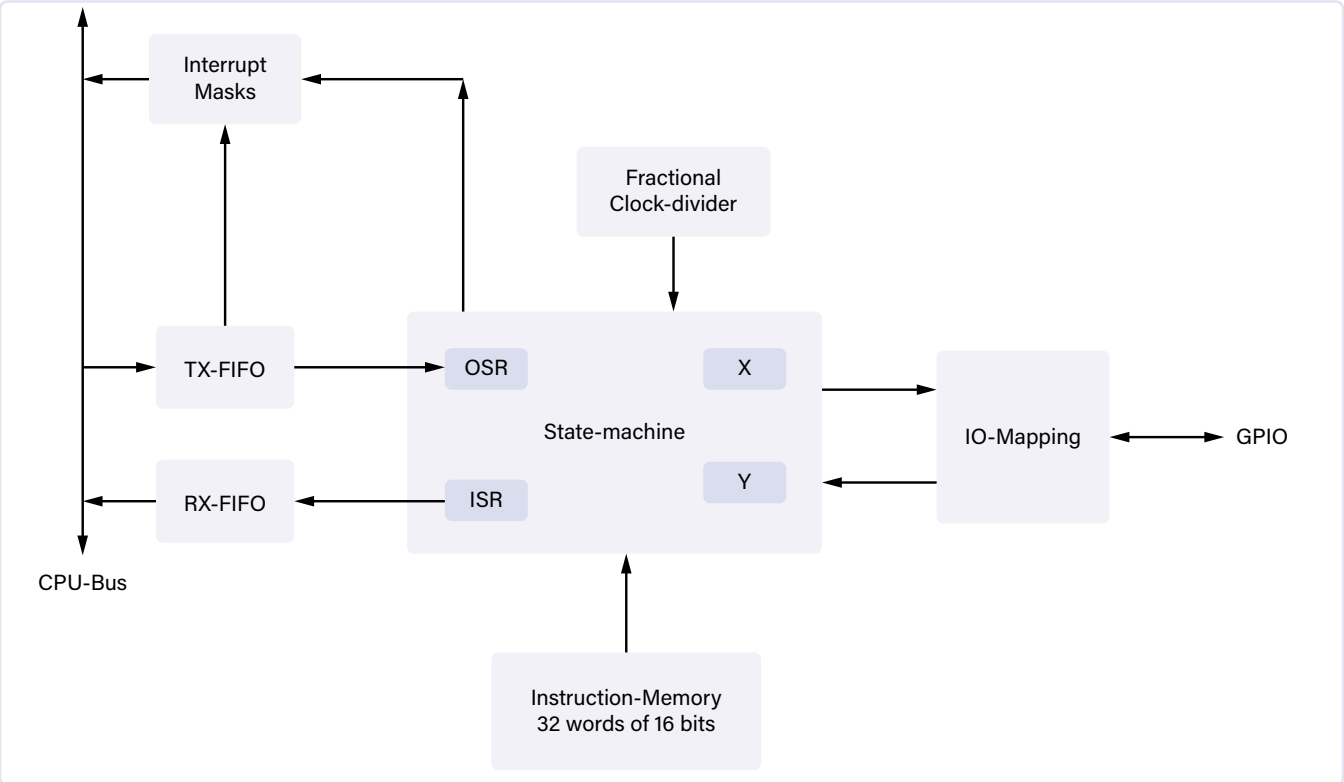
Jeśli masz już pewne doświadczenie w programowaniu mikrokontrolerów, bez wątpienia docenisz, jak przydatna może być wbudowana programowalna jednostka we/wy w celu zmniejszenia obciążenia głównych rdzeni przetwarzających. Najważniejsze pytanie brzmi, czy to urządzenie nie jest nadmiernie skomplikowane w użyciu i czy po prostu jest warte wysiłku poznania go? Z pewnością lepiej zrozumiesz jego możliwości, gdy przeanalizujesz opisane tutaj praktyczne przykłady użycia układów PIO wbudowanych w procesor RP2040. **Rysunek 1** przedstawia moją eksperymentalną konfigurację sprzętową, na której wypróbowałem omówione przykłady.

Jednostka PIO

Elastyczność programowalnej jednostki wejścia/wyjścia pozwala na użycie pinów I/O do implementacji innych typów protokołów komunikacyjnych oprócz tych już istniejących, takich jak SPI czy I^2C. Jednostka składa się z dwóch oddzielnych bloków PIO, każdy z czterema procesorami I/O. Każdy pojedynczy procesor I/O integruje się z architekturą chipa, tak jak pokazano na **rysunku 2**.

W sumie w RP2040 znajdują się dwie jednostki PIO, a każda zawiera cztery maszyny stanu (SM) i jedną wspólną pamięć instrukcji,

eprasa.pl 01ef15bc7a



Rysunek 2. Schemat blokowy jednego z dwóch procesorów we/wy (źródło [4])

o rozmiarze 32 słów, do sterowania nimi. Każda SM ma dwa 32-bitowe rejestry X i Y, 32-bitowy wejściowy rejestr przesuwny (ISR) i 32-bitowy wyjściowy rejestr przesuwny (OSR). Każdy z rdzeni PIO jest podłączony do procesora RP2040 za pomocą dwóch kolejek FIFO o szerokości 32 bitów i głębokości czterech słów. Jednostka FIFO TX służy do wysyłania, a jednostka FIFO RX do odbierania danych. Jeśli dane przepływają tylko w jednym kierunku, dwa FIFO można skonfigurować tak, aby działały jako pojedyncze o głębokości ośmiu słów. Każdy procesor PIO ma dzielnik z 16 bitami części całkowitej i z ośmioma bitami ułamkowymi do generowania zegara (patrz poniżej). Daje to elastyczność w ustawianiu częstotliwości taktowania każdego procesora w zakresie od 2 kHz do 125 MHz.

Procesory PIO są w stanie zrozumieć tylko dziewięć instrukcji. Instrukcje te są zakodowane na 16 bitach i są przechowywane w 32×16-bitowej pamięci instrukcji, która steruje czterema modułami SM w każdym bloku PIO. Poszczególne programy PIO są na tyle krótkie, że mieszczą się w tej małej pamięci. Instrukcje są zapisywane tutaj przez procesor RP2040. Te małe programy są pisane przy użyciu specjalnego, ale dość podstawowego asemblera PIO. Wykonanie każdej instrukcji zajmuje jeden cykl zegara.

Pojedynczy procesor PIO może adresować tylko kilka pinów GPIO i używa do tego krótkich adresów. Mapowanie I/O określa, które piny są następnie konkretnie adresowane. Istnieje kilka programowalnych stałych, które określają adres pierwszego pinu dla danego obszaru (dostępnego odpowiednio instrukcjami in, out, side i set). Umożliwia to bardzo elastyczne definiowanie pinów I/O procesora PIO. Wiele procesorów może również uzyskać dostęp do tego samego pinu.

Narzędzia

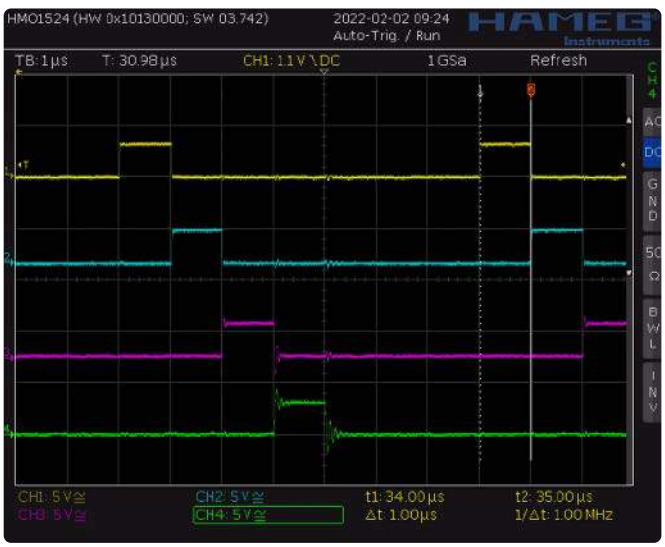
Jako środowisko programistyczne służy tutaj Visual Studio Code. Instalacja i użycie tego narzędzia są dobrze opisane w [1]. Znajdziesz tam również informacje dotyczące korzystania z generatora projektów. Służy on do tworzenia projektu dla Raspberry Pi ze wszystkimi niezbędnymi plikami (kod źródłowy, pliki konfiguracyjne, Make-Setup itp.).

Musisz także określić, czy funkcja printf() będzie wysyłać dane przez USB czy UART. Tutaj możesz także podać, jakich bibliotek chcesz używać. W tym artykule na przykład używamy narzędzia PIO. Pomoc dotyczącą instalacji VS Code można także znaleźć w [2]. Znajduje się tam również szczegółowy opis, jakie dodatkowe narzędzia (Make, Git, itp.) należy zainstalować.

Wszystkie przykłady oprogramowania można pobrać z [3].

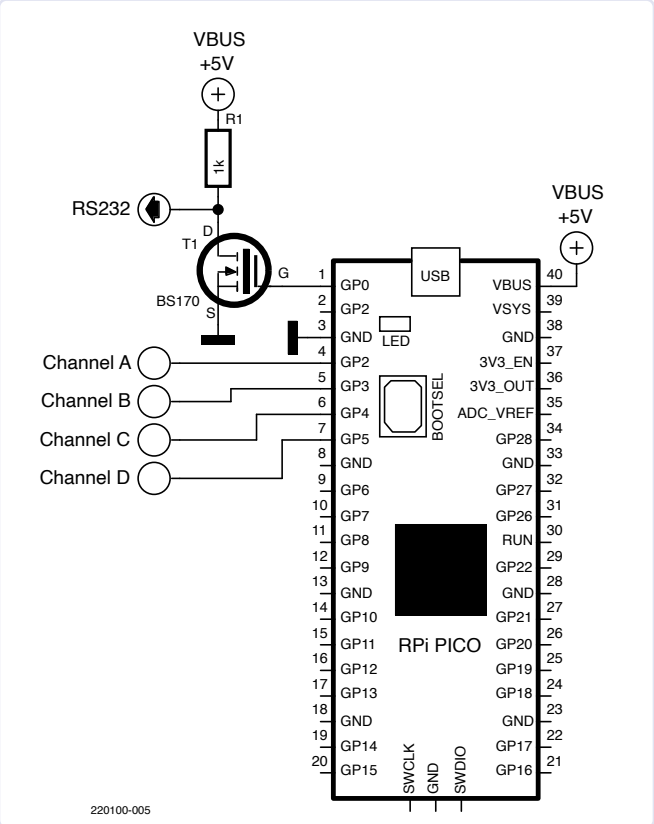
Zacznijmy eksperymenty

Chcemy, aby nasz pierwszy program wysyłał impulsy o długości 1 µs, z czterech pinów wyjściowych, jeden po drugim, tak jak to pokazano



Rysunek 3. Przebiegi z pierwszego programu przykładowego

eprasa.pl 01ef15bc7a



Rysunek 4. Podłączenie czterokanałowego oscyloskopu do Raspberry Pi Pico w celu wyświetlenia przebiegów wyjściowych z pierwszego przykładu

na **rysunku 3**. Czterokanałowy oscyloskop jest podłączony do czterech pinów wyjściowych, w celu oglądania powstałych sygnałów. **Rysunek 4** przedstawia sposób podłączenie oscyloskopu do pinów I/O Raspberry Pi Pico.

Poniższy listing zawiera pierwszy przykładowy program wykorzystujący PIO. Po trzech liniach dyrektyw asemblera, pierwsza wykonywalna instrukcja znajduje się w linii 4. Ta i kolejne linie generują następujące po sobie cztery impulsy.

Linie 4 i 5 zawierają instrukcje nop, które, jak można podejrzewać, nie robią nic, ale linia 4 jest przedłużona o tekst side 0b01. Oznacza to, że w tej linii „zrobiono coś na boku". W tym przypadku „boczny" styk 0 jest ustawiony na „1", a „boczny" styk 1 jest ustawiany na „0". Każdą instrukcję PIO można w ten sposób rozszerzyć. Dzięki temu możesz łatwo wpływać na stan kilku pinów jednocześnie. Ważne jest, aby określić, które piny są rozstawione „bocznie", używając poleceń konfiguracyjnych napisanych w C. Definicja została dokonana w C, na **listingu 2** przy użyciu funkcji sm_config_set_sideset_pins() w linii 5. Oznacza to, że piny zestawu bocznego (side set) zaczynają się od GP2.

Instrukcja nop z linii 4 listingu 1 generuje zbocze narastające poprzez ustawienie 1 na „bocznym" pinie nr 1 (= GP3). Linia 6 zawiera instrukcję set, która ustawia piny nr 0 i 1. Impuls dociera następnie do pinu GP4. Styki „boczne" 0 (GP2) i 1 (GP3) są zerowane instrukcją side. W procedurze konfiguracyjnej na drugim listingu, w linii 3, ustala się, że piny ustawiane instrukcją set zaczynają się od końcówki o numerze GP4. Instrukcja set może także zostać użyta do załadowania rejestrów lub pinów I/O wartościami stałymi.

Modyfikator [2] po instrukcji set w linii 8 pierwszego listingu powoduje, że po instrukcji następuje dwutaktowe opóźnienie (tu równe 2 µs). W przypadku tej specyfikacji, w której zastosowano nawiasy kwadratowe, każda instrukcja może dodawać opóźnienie o 1 do 31 okresów zegara.

Teraz wystarczy użyć odpowiedniego zegara, aby mieć pewność, że każdy impuls wynosi dokładnie 1 µs. Aby to zrobić, należy podzielić zegar systemowy 125 MHz przez 125. Przy otrzymanej częstotliwości taktowania wynoszącej 1 MHz każdy cykl trwa żądaną 1 µs. Jest to zdefiniowane w procedurze konfiguracyjnej na drugim listingu powyżej, w liniach 8 i 9.

Dyrektywy asemblera .wrap_target i wrap z listingu 1 powodują, że instrukcje między nimi są powtarzane w nieskończonej pętli, w czasie wykonywania programu. Skok z powrotem na początek pętli (.wrap_target) nie zajmuje żadnego czasu. Można więc zaprogramować „pętle o zerowym narzucie cykli". W naszym programie jednokrotne przejście pętli zajmuje siedem cykli zegara (pięć instrukcji + dwa cykle opóźnienia).

```
Listing 1.
001 .program pioTest
002 .side_set 2 opt
003 .wrap_target                // początek pętli
004 nop side 0b01               // GP2=1, GP3=0
005 nop side 0b10               // GP2=0, GP3=1
006 set pins,0b01 side 0b00     // GP2=0, GP3=0, GP4=1, GP5=0
007 set pins,0b10               // GP4=0, GP5=1
008 set pins,0b00 [2]           // GP4=0, GP5=0, 2 cykle
                                // opóźnienia
009 .wrap                       // koniec pętli
```

```
Listing 2.
001 #define set_base 4              // piny zaczynają się
                                    //od GP4
002 #define set_count 2             // 2 piny – GP4 i GP5
003 sm_config_set_set_pins (&c,set_base,set_count);
004 // „boczne" piny zaczynają się od GP2
005 #define side_set_base 2         // GP2 i GP3
006 sm_config_set_sideset_pins(&c, side_set_base);
007
008 float div = 125.0;              // dzielnik zegara
009 sm_config_set_clkdiv(&c, div); // zegar = 1MHz
```

Generacja zegara: dzielnik ułamkowy

Jak już wspomniano, zegar procesora PIO jest wytwarzany z zegara systemowego 125 MHz za pomocą „dzielnika ułamkowego". Dzielnik 16-bitowy może zliczyć do 216=65 536 i ma osiem cyfr binarnych po przecinku. Dokładność wynosi zatem 1/256. „Dzielnik ułamkowy" realizowany jest analogicznie jak w generatorach sygnału DDS. Ułamek po przecinku jest dodawany w sposób ciągły, a przy każdym zdarzeniu przeniesienia generowane jest zbocze zegara. Na poniższym listingu przedstawiono ustawienie ułamkowej częstotliwości zegara.

Ze względu na sposób generowania zegara, okres jego oscyluje wokół jednego okresu zegara systemowego co powoduje powstawanie drgań (jitter) w przebiegu. W tym przykładzie chcemy, aby częstotliwość taktowania wynosiła 28 MHz, ale ponieważ 125 nie dzieli się całkowicie na 28, to współczynnik dzielnika zegara nie jest liczbą całkowitą, ale ma też pewną część ułamkową. Współczynnik podziału zegara wynosi 125/28=4,4642857... Rzeczywista wartość dzielnika wynosi 4 i 119/256, a więc uzyskana częstotliwość wynosi 27 996 500,44 Hz (błąd –0,0125%).

Trzeci listing pokazuje, w jaki sposób ten dzielnik jest używany do konfiguracji. W ramach demonstracji za pomocą programu PIO z czwartego listingu poniżej, generowany jest prosty sygnał prostokątny.

```
Listing 3.
001 float clockFrequency=28e6;          // 28 MHz
002 float div=125e6/clockFrequency;
003 sm_config_set_clkdiv(&c,div);
```


eprasa.pl 01ef15bc7a

Rysunek 5. Wygenerowany sygnał zegarowy wykazuje drżenie zboczy (jitter)

```
Listing 4.
001 .program theProgram
002 .side_set 1 opt
003 nop side 0
004 nop side 1
```

Oscyloskop bardzo wyraźnie pokazuje jitter zegara na **rysunku 5**. Przy wyższych wartościach dzielnika jitter staje się proporcjonalnie mniejszy i znacznie mniej istotny, przez co często można go pominąć. Dzięki „dzielnikowi ułamkowemu" można następnie, z wystarczającą dokładnością, generować np. szybkości transmisji, takie jak typowe 115 200 bitów/s.

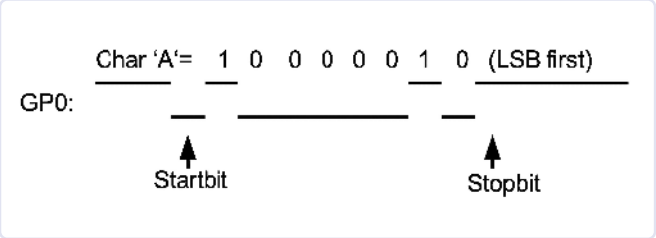
Szeregowa transmisja danych: TX-UART

Następny przykład jest nieco bardziej praktyczny: dotyczy szeregowego przesyłania danych za pomocą interfejsu RS232. Interfejs jest podłączony do pinu GP4, dzięki czemu GP0 wbudowanego interfejsu UART pozostaje wolny do celów debugowania. Ponieważ interfejs ma odwróconą logikę, musisz wygenerować odwrócony sygnał (stan bezczynności = stan wysoki na linii). Przy wysyłaniu znaku ASCII „A", kształt przebiegu na pinie GP4 wygląda tak, jak na **rysunku 6**.

Oprócz sygnału TXD, UART powinien wysyłać 1 na linii sygnalizującej nadawanie podczas wysyłania ośmiu bitów danych. Jako linię zajęcia łącza należy wykorzystać GP5 („boczny" pin 0). Powiązany program PIO można zobaczyć na **listingu 5** poniżej.

Instrukcja pull w linii 3, pobiera 32-bitowe słowo z kolejki TX FIFO i przechowuje je w OSR. Jeśli w TX FIFO nie jest aktualnie przechowywane żadne słowo, instrukcja po prostu czeka na nie, a następnie wstawia je bezpośrednio do OSR. Pin wyjściowy jest ustawiony na 0, przez istrukcję set, aby działać jako bit startu. Osiem najmłodszych bitów słowa w OSR jest teraz wyprowadzanych w pętli. W tym celu konieczne jest zainicjowanie licznika pętli, którym jest tu rejestr X. Instrukcja set w linii 5 inicjuje licznik wartością 7.

```
Listing 5.
001 .program theProgram
002 .side_set 1 opt
003      pull [1]                  // załaduj OSR z TX FIFO i jeden cykl opóźnienia
004      set pins,0 side 1 [2]     // startBit = 0
005      set x,7                   // powtórzenie 7+1 razy
006 bit:
007      out pins,1 [2]            // LSBit przodem
008      jmp x-- bit               // skok gdy x > 0, x=x-1
009     set pins,1 side 0 [2]      // stopBit = 1
```



Rysunek 6. Sekwencja impulsów w czasie wysyłania znaku „A"

Etykieta bit w linii 6 oznacza początek pętli. Pierwszą i jedyną instrukcją w pętli jest instrukcja out w linii 7. Wyprowadza ona najmłodszy bajt z OSR na pin 0 i przesuwa bity w OSR o jedną pozycję w prawo. Oprócz pinów ustawianych instrukcjami set i side, piny ustawiane instrukcją out stanowią trzecią metodę wykorzystania GPIO. Pin GP4 jest również ustawiony jako pin wyjściowy.

Warunkowy skok w linii 8 z opcją x--, sprawdza warunek X > 0, a następnie zmniejsza rejestr X o 1. Skok do etykiety bit (początek pętli) następuje gdy x jest większe niż zero. W ten sposób pętla przebiega osiem razy. Ostatnią instrukcją procedury transmisji TX jest instrukcja set w linii 9, która tworzy bit stopu poprzez ustawienie pinu set 0 na 1.

Za pomocą obu instrukcji side, sygnał zajętości jest generowany przez „boczny" pin 0 (GP5).

Rozszerzenia opóźnienia podane w nawiasach kwadratowych powodują, że każdy bit ma długość dokładnie czterech okresów zegara. Zatem szybkość transmisji jest równa częstotliwości zegara podzielonej przez cztery. Ustawienie clkDiv na 125 000 000/(4×115 200) skutkuje w konsekwencji żądaną szybkością transmisji wynoszącą 115 200 bitów/s.

```
Listing 6.
001 void PIOprint(const char *s) {
002 while (*s)
003 pio_sm_put_blocking(pio, sm, *s++);
004 }
```

Funkcja pio_sm_put_blocking(...) służy do przesyłania znaków za pomocą programu C do PIO-UART, jak pokazano w funkcji PIOprint() na następnym listingu. Tutaj przekazuje znak do kolejki TX FIFO. Jeśli kolejka jest pełna, funkcja blokuje się i czeka na wolne miejsce.

Procedura TX-UART wyraźnie pokazuje, że można uzyskać znaczącą funkcjonalność za pomocą zaledwie sześciu instrukcji, przy czym ważną rolę odgrywają dodatkowe instrukcje side-set i opóźnienia.

Przetwornik analogowo-cyfrowy Delta Sigma

W poniższej sekcji zostanie zaimplementowany, przy użyciu PIO, przetwornik A/D typu delta-sigma Zasadę działania takiego przetwornika można zobaczyć na **rysunku 7**. Podjęto próbę kompensacji napięcia wejściowego za pomocą przełączalnego źródła napięcia. Integrator na wejściu całkuje sygnał błędu, a komparator wyznacza znak napięcia kompensacyjnego w kolejnym przedziale czasowym. Na wyjściu tworzona jest sekwencja bitów, która jest zgodna ze średnią napięcia wejściowego. **Rysunek 8** przedstawia praktyczny obwód działający według opisanej zasady.

Obwód ten łączy się z GP4 i GP5 Raspberry Pi Pico. Sekwencja bitów jest określana przez PIO, a osiem bitów jest przechowywanych razem w jednym bajcie w jednostce RX FIFO. Następnie

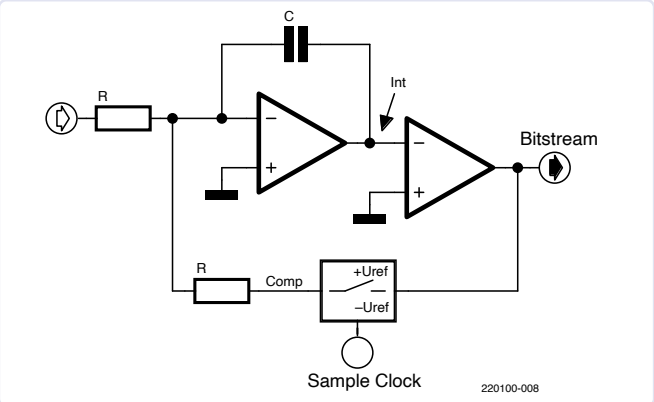
eprasa.pl 01ef15bc7a

```
Listing 7.
001 .program hello
002 Loop1:
003    set x,7
004    inLoop:
005      in pins,1      // GP5 stan wyjścia komparatora
006      mov osr,~isr
007      out pins, 1    // GP4 napięcie kompensacji
008  jmp x-- go1 [20]
009    push noblock
010 jmp Loop1 [23]
011    go1:
012 jmp inLoop [26]
```

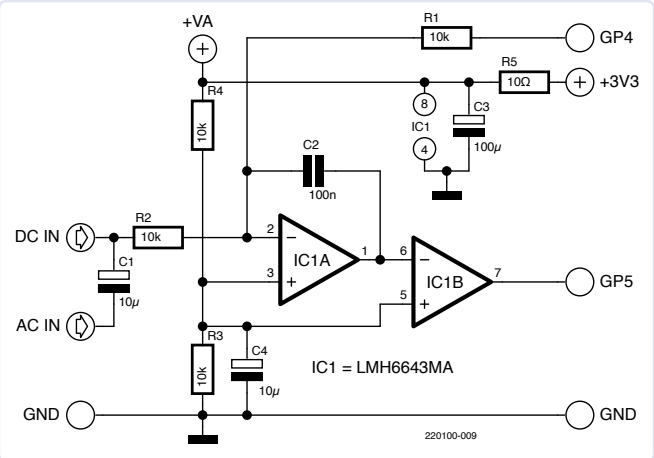
mikrokontroler pobiera bajty z tej jednostki i przetwarza je dalej. Powiązany program PIO można zobaczyć na poniższym listingu.

Zewnętrzna pętla z etykietą Loop1 powtarza się w nieskończoność. Wewnętrzna pętla zawsze wykonuje osiem iteracji. Każda iteracja rozpoczyna się od instrukcji po etykiecie inLoop. Instrukcja in w linii 5 pobiera jeden bit z pinu wejściowego i zapisuje go do ISR. W linii 6 zanegowany ISR jest kopiowany do OSR. W linii 7 na pin wyjściowy wyprowadzany jest najmniej znaczący bit OSR, który generuje kolejny krok kompensacji w integratorze.

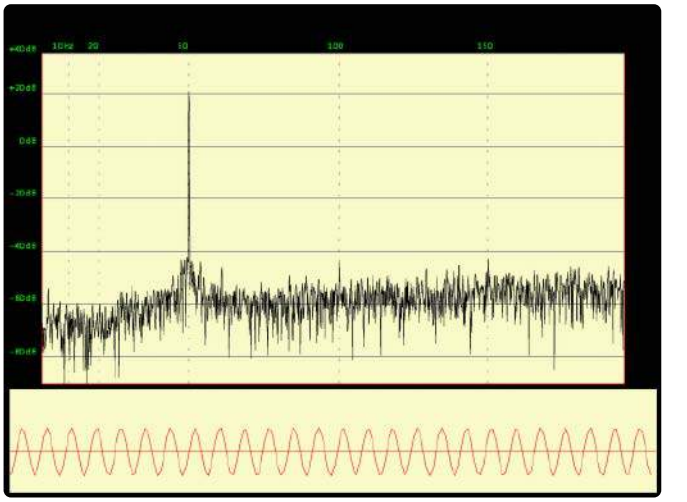
Odczytany bit jest kolejnym bitem wyjściowym przetwornika delta-sigma. W ISR zebranych jest osiem bitów. Instrukcja jmp w linii 8 steruje pętlą wewnętrzną. Po wykonaniu 8 pętli wykonywana jest instrukcja push z linii 9. Ta instrukcja przechowuje zawartość ISR w kolejce RX FIFO, którą MCU musi następnie rozładować. Rozszerzenia instrukcji opóźnienia w nawiasach kwadratowych zapewniają, że każdy krok delta-sigma trwa 50 impulsów zegara. Dzielnik zegara ustawiono



Rysunek 7. Schemat funkcjonalny przetwornika analogowo-cyfrowego Delta-Sigma



Rysunek 8. Praktyczny obwód przetwornika wg koncepcji z rysunku 7



Rysunek 9. Widmo częstotliwościowe fali sinusoidalnej 50 Hz po konwersji Delta-Sigma

na 25. Częstotliwość próbkowania przetwornika delta-sigma wynosi zatem 125 MHz/(25×50)=100 kHz.

Na potrzeby demonstracji działania układu za jego pomocą przekształcono falę sinusoidalną o częstotliwości 50 Hz. **Rysunek 9** przedstawia otrzymane widmo sygnału. Odległość pomiędzy sygnałem użytecznym a szumem wynosi około 60 dB. Wynik wcale niezły jak na tak prosty obwód!

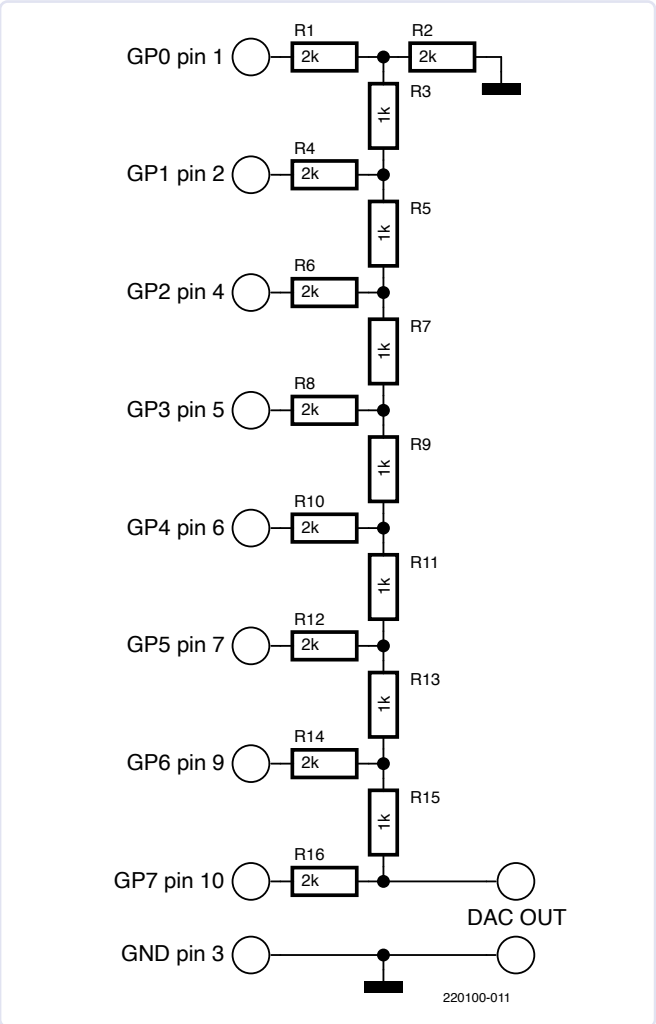
Zbuduj generator sygnału

W tym przykładzie budujemy prosty przetwornik cyfrowo-analogowy przy użyciu drabinki R2R z rezystorów zgodnie z **rysunkiem 10**. Jest on podłączony do pinów I/O Raspberry Pi Pico w celu wytworzenia analogowych sygnałów wyjściowych. Generator będzie musiał generować na wyjściu ciągły sygnał okresowy. Aby to osiągnąć, wartości danych muszą być wielokrotnie transportowane z tabeli w pamięci do przetwornika cyfrowo-analogowego. Działa to szczególnie dobrze przy użyciu DMA (bezpośredni dostęp do pamięci). Kontroler DMA Raspberry Pi Pico przesyła dane do jednostki TX FIFO. Program PIO składa się z pojedynczej instrukcji wykonywalnej, jak pokazano poniżej na **listingu 8**.

Instrukcja out przenosi osiem najmniej znaczących bitów z OSR na osiem pinów wyjściowych, od GP0 do GP7. OSR jest następnie automatycznie ładowany ponownie z kolejki TX FIFO, ponieważ w procedurze konfiguracyjnej aktywowano funkcję automatycznego pobierania (*auto-pull*) PIO. Potem wraz z kolejną instrukcją wyprowadzanych jest następnych osiem bitów. Zatem pętla wyjściowa ma długość dokładnie jednego impulsu zegarowego PIO. Dane muszą zatem dotrzeć z pamięci głównej do jednostki TX FIFO tak szybko, jak to możliwe. Aby to zrobić, dwa kontrolery DMA układu RP2040 są połączone szeregowo za pomocą DMA danych i sterowania. Sterujący kontroler DMA zapewnia szybkie ponowne uruchomienie kontrolera DMA danych. Dzięki tej technice nowy bajt może być wysyłany co cztery okresy zegara systemowego (125 MHz/4). Jednak prosty przetwornik cyfrowo-analogowy pokazany na rysunku 10 nie jest odpowiedni dla tak dużej prędkości wyjściowej.

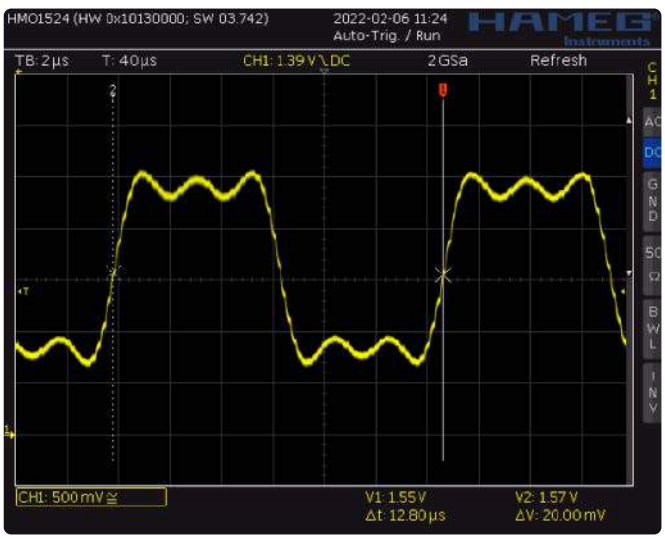
```
Listing 8
001 .program pio_serialiser
002
003 .wrap_target
004 out pins,8       // używa autopull
005 .wrap
```


eprasa.pl 01ef15bc7a



Rysunek 10. Obwód przetwornika cyfrowo-analogowego z drabinką R2R

Na **rysunku 11** clkDiv ustawiono na 25. Wynikowy zegar DAC wynosi 125 MHz/25=5 MHz. Ponieważ jeden okres sygnału wyjściowego ma długość 64 próbek, wygenerowaną częstotliwość oblicza się jako 5 MHz/64=78,125 kHz. Do wytworzenia kształtu fali wyjściowej



Rysunek 11. Częstotliwość podstawowa plus dwie harmoniczne przybliżają falę prostokątną

```
Listing 9.
001 pio_sm_put_blocking(pio, sm, 500000);
002 pio_sm_exec(pio, sm, pio_encode_pull(false, false));
003 pio_sm_exec(pio, sm, pio_encode_mov(pio_x, pio_osr));
```

```
Listing 10.
001 .program blink
002 .side_set 1 opt  // bit sterujący diodą LED
003 mov y,x side 1   // init licznika pętli, zapalenia diody
004 yLoop1:          // pętla opóźniająca 1
005 jmp y-- yLoop1
006 mov y,x side 0   // init licznika pętli, zgaszenie diody
007 yLoop2:          // pętla opóźniająca 2
008 jmp y-- yLoop2
```

wykorzystano przybliżenie Fouriera fali prostokątnej składającej się z fali podstawowej plus dwie harmoniczne (trzecia i piąta).

Inicjalizacja rejestrów

Instrukcja set może zostać użyta do inicjowania rejestrów X i Y stałymi wartościami. Ponieważ instrukcje są kodowane w 16 bitach, polecenie set może przetwarzać tylko stałe z zakresu od 0 do 31. Aby zainicjować X lub Y większymi stałymi, możesz zastosować pewien trik.

Wywołując funkcję pio_sm_exec(pio, sm, instrukcja) z programu w C, przerywasz sekwencję instrukcji PIO bloku pio i maszyny stanów sm oraz wstawia polecenie instrukcja. Poniższa sekwencja funkcji może zostać wykorzystana do inicjowania rejestru X wartością 500 000.

Najpierw umieszczasz 500 000 w kolejce FIFO TX, a następnie wykonujesz instrukcję pull na kontrolerze PIO, która przenosi 500 000 z FIFO do rejestru OSR. Na koniec instrukcja mov X, OSR umieszcza wartość w rejestrze X zgodnie z potrzebą. Teraz możesz rozpocząć właściwe PIO. Program z **listingu 10**, który miga diodą LED, służy jako przykład.

MikroPython

Raspberry Pi Pico to platforma doskonale przystosowana do tworzenia programów napisanych w MicroPythonie. Istnieje odpowiedni interfejs Pythona do programowania PIO. Programuje się to nie przy użyciu asemblera PIO, ale przy użyciu odpowiedniej składni Pythona, która mocno przypomina język programowania asemblera. Jedną z zalet używania MicroPythona jest to, że możesz zapisywać całe projekty w jednym pliku. Powiązany przykładowy program można znaleźć na listingu MicroPythona.

Rzeczywisty program PIO jest zakodowany jako funkcja Pythona pio_prog(). Składa się z kodu zawartego w pętli pomiędzy wrap_target() i wrap(). Program przełącza pin 0 zestawu Side Set – który tutaj jest pinem LED GP25. Czas włączenia/wyłączenia jest regulowany przez

Linki internetowe

[1] Pierwsze kroki z Raspberry Pi Pico: **https://datasheets.raspberrypi.com/pico/getting-started-with-pico.pdf**
[2] Podręcznik konfiguracji zestawu narzędzi autorstwa Shawna Hymela: **https://tinyurl.com/yde5dd8a**
[3] Pobieranie oprogramowania: **https://elektormagazine.com/220100-01**
[4] Karta katalogowa RP2040: **https://datasheets.raspberrypi.com/rp2040/rp2040-datasheet.pdf**
[5] Zestaw SDK Raspberry Pi Pico: **https://datasheets.raspberrypi.com/pico/raspberry-pi-pico-c-sdk.pdf**
[6] Dokumentacja SDK: **https://raspberrypi.github.io/pico-sdk-doxygen/index.html**
[7] RP2040 MicroPython: **https://docs.micropython.org/en/latest/library/rp2.html**

eprasa.pl 01ef15bc7a

```
Listing MicroPython.
001 from machine import Pin
002 from rp2 import PIO, StateMachine, asm_pio
003 from time import sleep
004
005 @asm_pio( sideset_init=(PIO.OUT_LOW))
006 def pio_prog():
007 wrap_target()          # początek głównej pętli
008 pull(noblock)
009 out(x, 32)
010
011 mov(y, x) .side(1)     # zapalenie diody na GP25
012 label(„Loop1”)         # pętla opóźniająca 1
013 jmp(y_dec, „Loop1”)    #
014
015 mov(y, x) .side(0)     # zgaszenie diody na GP25
016 label(„Loop2”)         # pętla opóźniająca 2
017 jmp(y_dec, „Loop2”)    #
018 wrap()                 # koniec głównej pętli
019
020 class PIOAPP:
021 def __init__(self, sm_id, pinA, periodLength, count_freq):
023 self._sm = StateMachine(sm_id, pio_prog, freq=count_freq, sideset_base=Pin(pinA)
025 self._sm.active(1)     # start wykonania PIO
026
027 def set(self, value): self._sm.put(value) # value do TX-FIFO
029
030 pio1 = PIOAPP(0, pinA=25, periodLength=1, count_freq=1_000_000)
032 print(„ready1”)
033 while True:
034 pio1.set(200000)       # 200 ms czas On/Off
035 sleep(1)               # na 1 sekundę
036 pio1.set(100000)       # 100 ms czas On/Off
037 sleep(1)               # na 1 sekundę
038 print(„idle”)
038 print(„idle”)
```

pętlę oczekiwania z licznikiem w rejestrze Y. Wartość początkowa rejestru Y znajduje się w rejestrze X. Wartość w rejestrze X jest kontrolowana zewnętrznie poprzez jednostkę TX FIFO. Jest to wykonywane przez funkcję pull(noblock). Jeśli słowo znajduje się w jednostce TX FIFO, jest ono wprowadzane do rejestru OSR. Parametr noblock powoduje, że zawartość rejestru X zostanie umieszczona w OSR, gdy jednostka FIFO będzie pusta, a sekwencja poleceń będzie kontynuowana.

Uwagi końcowe

W tym momencie kończy się przegląd programowania PIO mikrokontrolera RP2040. Wykazano, że za pomocą kilku prostych instrukcji można zaprogramować potężne interfejsy. Możliwość programowania PIO tych mikrokontrolerów sprawia, że są one bardziej wszechstronne, dzięki czemu nie trzeba nawet rozważać użycia układów FPGA w celu rozszerzenia możliwości procesora.

Artykuł ten może dać jedynie przybliżony przegląd programowania PIO. Do odkrycia jest o wiele więcej. Jeśli szukasz dobrych, praktycznych przewodników, zajrzyj do literatury [1] [2] [4] [5] [6] [7], która zawiera także wiele innych przykładów. ■

prof. dr Martin Ossmann (Niemcy)

Pytania lub komentarze?
Aby uzyskać odpowiedzi na pytania techniczne dotyczące tego artykułu, prosimy o kontakt z autorem pod adresem ossmann@fh-aachen.de, z zespołem Elektora pod adresem Editor@elektor.com lub z redakcją EdW redakcja@elportal.pl

Errata

W artykule „Elektrochemia” (EdW 02/2024, strona 60) jeden z naszych Czytelników zauważył kilka błędów i nieścisłości (Poczta w EdW 05/2024). Niniejszym publikujemy sprostowanie do tego artykułu.

Na stronie 62 jest następujące zdanie: „Atomy kwasu siarkowego obecne w wodzie są poddawane różnicy napięć i dzielą się na jony dodatnie i ujemne”. Zamiast „atomy kwasu” – powinno być „cząsteczki kwasu”. Ponadto, zjawisko dysocjacji jonowej kwasu siarkowego (i wielu innych związków chemicznych) zachodzi samoistnie w rozpuszczalniku polarnym. Takim rozpuszczalnikiem jest właśnie woda.

Również na stronie 62 (prawa kolumna, podsumowanie) pierwszy punkt brzmi: „Dwa metale o różnych funkcjach roboczych muszą być ze sobą połączone”.

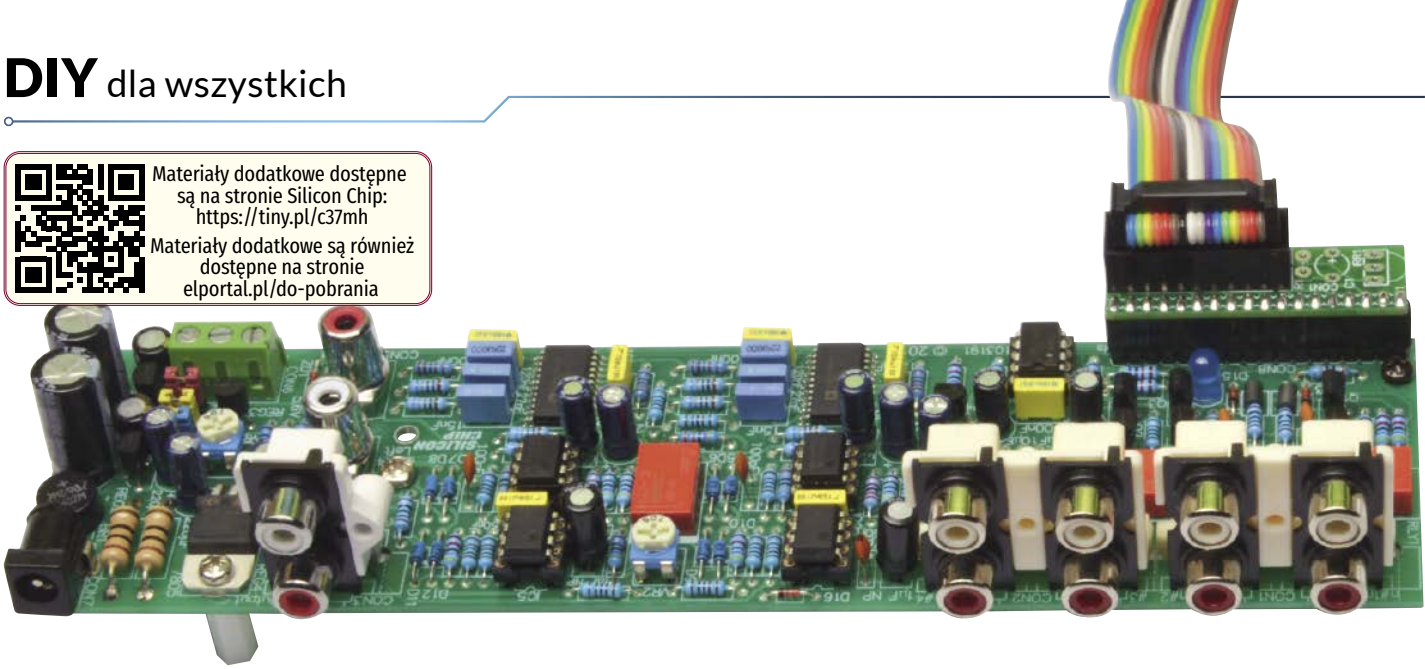
Powinno być: „Dwa metale o różnych wartościach pracy wyjścia muszą być ze sobą połączone”.

Przy okazji obliczania napięcia ogniwa autor wyraził się mało precyzyjnie. Napięcie ogniwa określone jest przez różnicę potencjałów między anodą, a katodą. Zawarta w artykule tabela podaje wartości tych potencjałów względem wodoru. Autor napisał, iż wartości te należy dodać, mając na myśli sumę ich wartości bezwzględnych, a nie sumę wartości ze znakiem. Podane wyniki są prawidłowe.

We fragmencie o ogniwie Leclanchégo w roli depolaryzatora używany jest tlenek manganu(IV) MnO_2, a nie tlenek magnezu.

eprasa.pl 01ef15bc7a

Materiały dodatkowe dostępne są na stronie Silicon Chip: https://tiny.pl/c37mh
Materiały dodatkowe są również dostępne na stronie elportal.pl/do-pobrania



Cyfrowy przedwzmacniacz z ekranem dotykowym i zdalnym sterowaniem, część 2

Nasz nowy przedwzmacniacz cyfrowy opisany w poprzednim odcinku łączy wysoką wierność dźwięku z wygodą. Zapewnia przełączanie wejść, regulację głośności, sterowanie tonami niskimi/średnimi/wysokimi za pomocą pilota zdalnego sterowania i kolorowego ekranu dotykowego. Może być wykonany jako samodzielna jednostka lub jako układ zintegrowany ze wzmacniaczem mocy. Po wyjaśnieniu zasady działania przejdziemy teraz przez procedury budowy i testowania.

Przedwzmacniacz łączy w sobie układy analogowe i cyfrowe, zapewniając najlepsze aspekty obu tych rozwiązań. Jest to stosunkowo prosta konstrukcja o doskonałej jakości dźwięku osiągniętej dzięki analogowym korzeniom, ale unika złożoności wielu drogich układów scalonych, które byłyby potrzebne w przypadku czysto cyfrowej konstrukcji. Nie ma w niej również części mechanicznych, które mogą się zużywać, jak w przypadku typowo analogowej konstrukcji wykorzystującej potencjometr silnikowy. W przedwzmacniaczu zaimplementowano wiele funkcji, w tym kolorowy interfejs z ekranem dotykowym, zdalne sterowanie na podczerwień, trzypasmową regulację tonów, szeroki zakres wzmocnienia i cztery wejścia stereo.

W poprzednim odcinku wyjaśniono, w jaki sposób powyższe cele zostały osiągnięte przy użyciu modułu Micromite LCD BackPack, dwóch poczwórnych potencjometrów cyfrowych o niskim poziomie zniekształceń i kilku wzmacniaczy operacyjnych. Artykuł ten zawierał również wszystkie istotne dane dotyczące wydajności. Teraz, gdy wyjaśniliśmy, jak to wszystko działa, zacznijmy od procedury montażu.

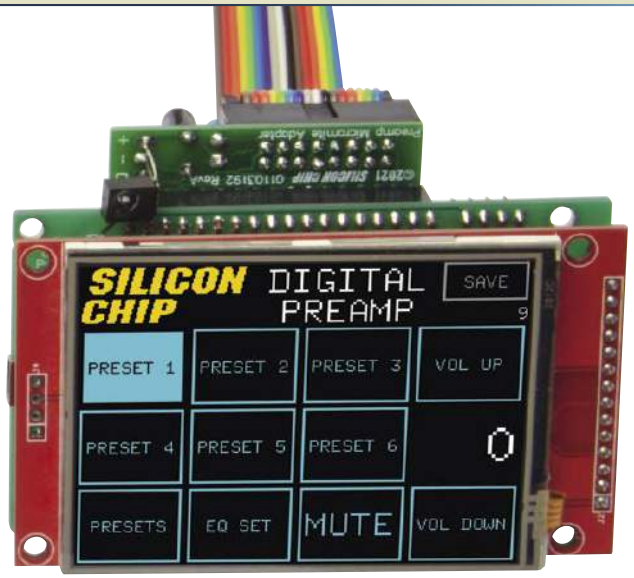
Budowa

Główną płytkę drukowaną przedwzmacniacza cyfrowego pokazano na **rysunku 7**. Płytka ta jest oznaczona kodem 01103191 i ma wymiary 206 mm × 53 mm (pokazana po obróceniu). Jak wspomniano w poprzednim odcinku, uważamy, że przekaźnik obejściowy (RLY4) i powiązane z nim komponenty nie są konieczne, więc pokazaliśmy je wyszarzone. Zamiast tego zalecamy zamontowanie dwóch połączeń przewodowych, pokazanych na czerwono. Pozwalają one na przesyłanie sygnału do wyjścia bez konieczności montowania RLY4.

Montaż jest dość prosty, na płytce znajdują się tylko dwa układy SMD (IC6 i IC7). Części te są dość duże, zbliżone rozmiarem do 14-pinowego układu scalonego DIP, a dzięki szeroko rozstawionym pinom nie są trudne do przylutowania. Zacznij od tych dwóch elementów. Znajdź ich oznaczenia pinów 1 i upewnij się, że są prawidłowo zorientowane, a następnie nałóż pastę topnikową na wszystkie pady, oprzyj układ scalony na górze i przylutuj jeden pin. Sprawdź, czy wszystkie piny są prawidłowo wyrównane na swoich padach, a następnie przylutuj je. Z wystarczającą ilością dobrej jakości pasty topnikowej położnej na punkty lutownicze możesz po prostu nabrać trochę cyny na grot lutownicy przyłożyć go do pierwszej nóżki i przeciągnąć go po pozostałych. Powstaną w ten sposób dobre połączenia. Wyczyść pozostałości topnika i dokładnie sprawdź połączenia, aby upewnić się, że wszystkie zostały prawidłowo uformowane (z zaokrągleniem dotykającym zarówno pinów, jak i padów) i że nie ma mostków między sąsiednimi pinami. Jeśli znajdziesz mostki, nałóż więcej pasty topnikowej i użyj plecionki lutowniczej i sporej ilości ciepła, aby usunąć nadmiar lutowia. Powtórz proces czyszczenia i kontroli, aby sprawdzić, czy wszystko jest w porządku.

Teraz przejdź do rezystorów, ale na razie pomiń większe rezystory 1 W. Należy pamiętać, że dwa rezystory 100 Ω wymagają koralików ferrytowych nasuniętych na ich

eprasa.pl 01ef15bc7a



wyprowadzenia przed lutowaniem – patrz rysunek 7. Sprawdź każdą partię za pomocą multimetru cyfrowego ustawionego na tryb rezystancji przed zamontowaniem ich na płytce, a następnie możesz zamontować te dwa połączenia przewodów pokazane na czerwono, używając odciętych nóżek rezystora. Następnie zamontuj diody. Wszystkie diody są spolaryzowane, więc przed przylutowaniem należy sprawdzić ich paski katodowe w stosunku do rysunku 7 i sitodruku płytki drukowanej. Diody D1...D12 są typu schottky BAT42, natomiast diody D13...D15 to standardowe diody sygnałowe 1N4148. Następnie należy zamontować diodę Zenera ZD1.

Zegnij przewody REG4 o 90° w dół około 6 mm od korpusu, włóż je do płytki drukowanej, a następnie przymocuj jej wypustkę do otworu montażowego za pomocą krótkiej śruby maszynowej, podkładki i nakrętki. Po solidnym i prostopadłym zamocowaniu, przylutuj i przytnij wyprowadzenia.

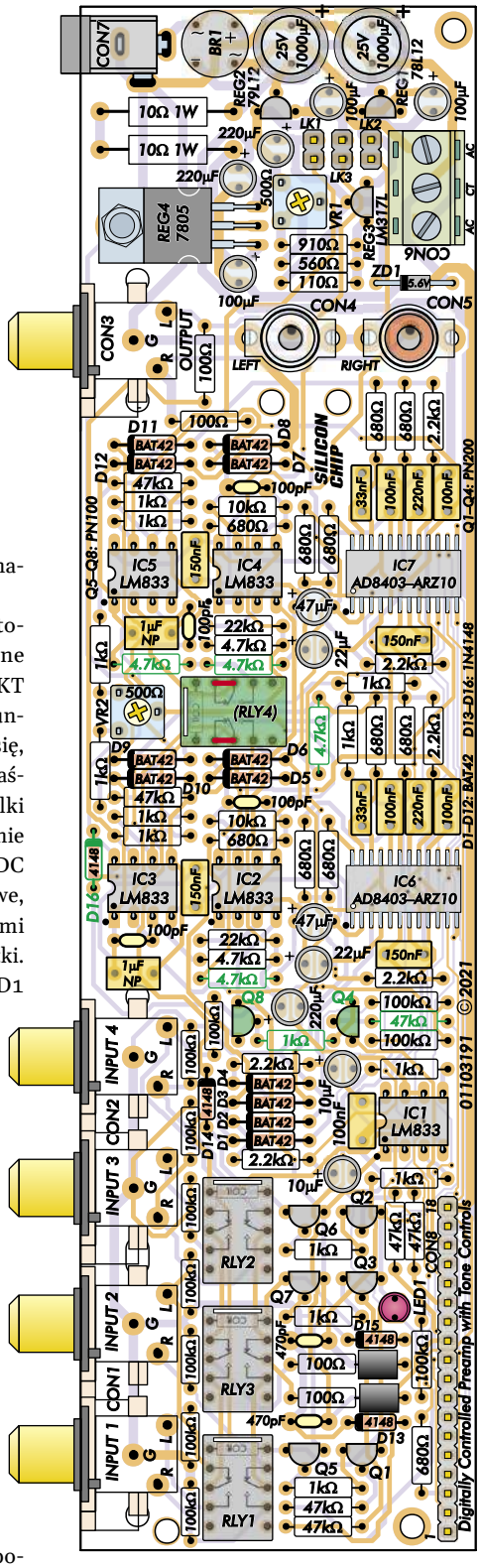
Teraz możesz przylutować do płytki wzmacniacze operacyjne IC1...IC5, upewniając się, że są prawidłowo zorientowane. Jeśli wolisz, możesz zamiast tego przylutować podstawki. Ułatwiają one wymianę wzmacniaczy operacyjnych, ale w dłuższej perspektywie mogą prowadzić do problemów z niezawodnością. Postępuj analogicznie z mostkiem prostowniczym BR1, upewniając się, że jego przewód + (zwykle dłuższy) trafia do oznaczonego otworu.

Przylutuj dwa potencjometry montażowe (oba 500 Ω), a następnie trzy przekaźniki RLY1...RLY3 w rzędzie. Upewnij się, że paski na przekaźnikach są ustawione tak, jak to pokazano na rysunku, ponieważ możliwe jest odwrotnie ich zorientowanie. Następnie zamontuj wszystkie elementy w obudowie TO-92. Są to tranzystory Q1...Q3 i Q5...Q7 oraz stabilizatory REG1...REG3. W układzie jest pięć różnych typów elementów w podobnych obudowach, należy uważnie sprawdzić oznaczenia, aby ich nie pomylić.

Teraz jest dobry moment, aby zamontować wszystkie kondensatory ceramiczne (dwie różne wartości) i kondensatory MKT (pięć różnych wartości). Przyjrzyj się rysunkowi 7 i płytce drukowanej, aby upewnić się, że właściwe kondensatory znajdują się we właściwych miejscach. Następnie zamontuj szpilki dla zworek LK1...LK3, ale zworek jeszcze nie wkładaj. Następnie zamontuj gniazdo DC (jeśli planujesz go użyć) i złącze 18-pinowe, a także 3-drożne złącze śrubowe z otworami na przewody skierowanymi na zewnątrz płytki.

Jeśli zamierzasz zamontować diodę LED1 na płycie, zrób to teraz, z dłuższym przewodem anody przylutowanym do pola oznaczonego „A". W przeciwnym razie można zamontować łączówkę w jego miejscu lub przylutować podwójny przewód później. Zainstaluj również teraz dwa rezystory 10 Ω/1 W. Zegnij ich przewody tak, aby były zawieszone kilka milimetrów nad powierzchnią płytki drukowanej, aby umożliwić cyrkulację powietrza, ponieważ są one dość gorące. Jak wspomniano w poprzednim odcinku, możesz zdecydować się na użycie rezystorów 2 W lub czterech rezystorów 4,7 Ω/1 W ułożonych parami i zamontowanych pionowo, aby rozłożyć obciążenie cieplne. Następnie zamontuj wszystkie kondensatory elektrolityczne, z ich dłuższymi dodatnimi przewodami do padów oznaczonych symbolem +. Należy pamiętać, że dwa kondensatory 47 µF muszą mieć rozłożone wyprowadzenia, aby pasowały do dostarczonych padów.

Pozostają tylko gniazda RCA. Gniazda kątowe będą miały plastikowe wypustki, które umieszczą się w otwory wywiercone w płytce drukowanej. Po całkowitym wciśnięciu ich w dół, tak aby były płasko na płytce



Rysunek 7. Zamiast montować RLY4 sugerujemy przylutowanie krótkich przewodów (pokazanych na czerwono), a następnie pominięcie innych komponentów (zielonych), w tym Q4, Q8 i sześciu rezystorów. Jest to obwód obejściowy regulacji tonów, który naszym zdaniem nie poprawił osiągów. Zwróć również uwagę na orientację układów scalonych, przekaźników i diod, zwłaszcza IC6 i IC7, ponieważ trudno je odwrócić, jeśli się pomylisz. Powinny mieć kropkę lub wgłębienie w rogu, w miejscu wskazującym pin 1

eprasa.pl 01ef15bc7a

drukowanej, należy przylutować ich wyprowadzenia. Każde złącze pionowe należy również całkowicie docisnąć przed przylutowaniem dwóch wypustek i pinu środkowego.

Budowa BackPack

Masz możliwość korzystania z Micromite BackPack V2 z 2,8-calowym kolorowym ekranem dotykowym (maj 2017; *siliconchip.com.au/Article/10652*) lub Micromite BackPack V3 z 3,5-calowym ekranem dotykowym o wyższej rozdzielczości (sierpień 2019; *siliconchip.com.au/Article/11764*).

Głównymi zaletami wersji 2,8-calowej jest niższe zużycie energii i fakt, że łatwiej zmieści się w smuklejszej obudowie. 2,8-calowy moduł ekranu ma 38,5 mm wysokości, podczas gdy 3,5-calowy ekran ma 56,5 mm wysokości. Obudowa 1RU ma 44,5 mm wysokości, więc trudno byłoby zmieścić w niej wersję 2,8-calową, podczas gdy zmieszczenie wersji 3,5-calowej byłoby niemożliwe. Obudowa 2RU pasowałaby do obu.

Niezależnie od tego – Ty decydujesz – zbuduj ten, który wolisz, w oparciu o instrukcje opublikowane w poprzednich wydaniach. Montaż jest dość prosty, zwłaszcza jeśli wykonujesz go z zestawu, więc jeśli jesteś doświadczonym konstruktorem, prawdopodobnie nie będziesz potrzebował instrukcji.

Możemy dostarczyć zestaw dla obu wersji z mikrokontrolerem wstępnie zaprogramowanym odpowiednim oprogramowaniem. Wersja 2,8-calowa jest dostępna pod adresem *siliconchip.com.au/Shop/20/4237*, natomiast wersja 3,5-calowa pod adresem *siliconchip.com.au/Shop/20/5082*.

Niezależnie od zakupionej wersji, należy wybrać odpowiednie oprogramowanie. Jeśli programujesz chip samodzielnie (np. masz już BackPack), pamiętaj, że istnieją dwie wersje oprogramowania, które pasują do dwóch różnych BackPacków i ekranów. Szczegółowe informacje znajdują się w ramce ładowania oprogramowania.

Okablowanie

Musimy teraz przygotować kabel i adaptery, które połączą BackPack z płytką przedwzmacniacza. Ten, który podłącza się do BackPack, zawiera również odbiornik podczerwieni (patrz **rysunek 8**).

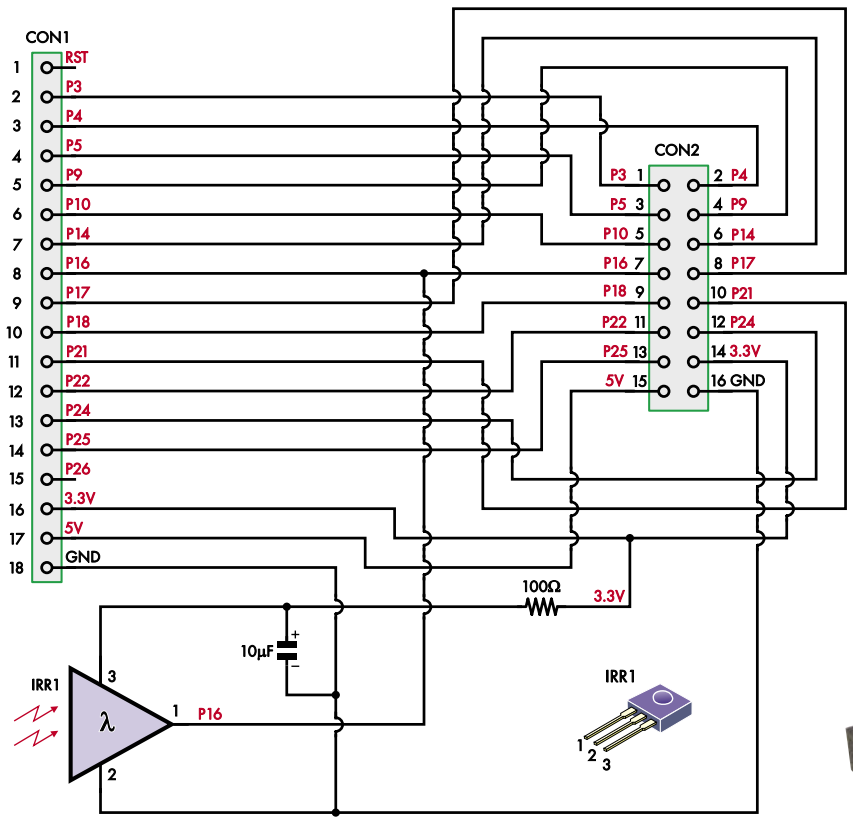
Oba adaptery wykorzystują identyczne płytki PCB (kodowane 01103192 o wymiarach 12,5 mm × 45,5 mm). Oba są wyposażone w listwę gniazd SIL i gniazdo box, ale tylko jeden z nich ma wbudowany rezystor, kondensator i odbiornik podczerwieni. Jest to ten, który podłącza się do BackPack. Zmontuj je tak, jak pokazano na zdjęciach i schemacie nakładki, **rysunek 9**.

Następnie należy zacisnąć gniazda IDC na taśmie, jak to pokazano na **rysunku 10**. Dostosuj długość tego kabla do swojej instalacji. Najlepiej użyć do tego narzędzia do zaciskania IDC, takiego jak Altronics Cat T1540. Jednak w razie potrzeby można to zrobić w imadle z kawałkami drewna po obu stronach, aby zabezpieczyć plastik. Należy pamiętać, że niektóre złącza IDC są dostarczane w trzech częściach, jak pokazano na naszym schemacie. Ale widzieliśmy również dwuczęściowe złącza bez górne klamry. Jeśli masz ten typ, pomiń pętle. Należy uważać na dwie rzeczy. Po pierwsze, nie ściskaj plastiku tak mocno, aby złamać górną część złącza – nie jest to takie trudne. Po drugie, upewnij się, że nacisk został zastosowany równomiernie, a wszystkie części gniazda zostały w pełni dociśnięte (posłuchaj kliknięć). Wszystko po to, aby ostrza przecięły izolację i zetknęły się z miedzią wewnątrz. Główną przyczyną awarii połączeń taśmowych jest to, że jedno lub więcej ostrzy nie przecina w pełni izolacji, co prowadzi do braku połączeń.

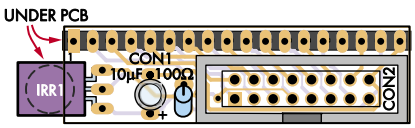
W przypadku niektórych instalacji lepiej jest zacisnąć złącza IDC po przeciwnych stronach kabla taśmowego, a nie po tej samej stronie, jak to pokazano na **rysunku 10**. Można to zrobić w dowolny sposób, o ile upewnisz się, że trójkąt widoczny w gnieździe IDC wskazujący pin 1 jest zgodny z czerwonym przewodem tasiemki na obu końcach.

Testowanie

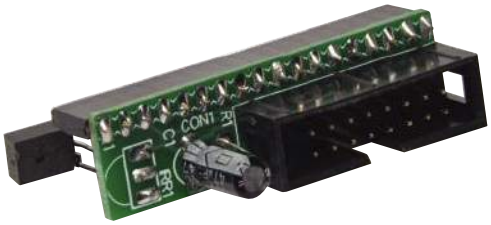
Przed podłączeniem taśmy do płyty głównej możesz wykonać kilka podstawowych testów. Do testów można użyć zasilacza wtyczkowego 12 V AC lub podwójnego zasilacza laboratoryjnego nawet wtedy, gdy planowane



Rysunek 8. Ten mały obwód adaptera ułatwia podłączenie płytki przedwzmacniacza do modułu Micromite LCD BackPack za pomocą tasiemki ze standardowymi złączami IDC zaciśniętymi na każdym końcu. Odbiornik podczerwieni i jego filtr zasilania są montowane tylko na płytce po stronie BackPack



Rysunek 9. Zmontuj jedną płytkę adaptera ze wszystkimi komponentami, jak pokazano tutaj (patrz nasze zdjęcia, aby zobaczyć, jak wygięliśmy przewód odbiornika podczerwieni w celu umieszczenia go na panelu przednim), podczas gdy druga płytka adaptera powinna mieć zamontowane tylko CON1 i CON2



Jedna z tych płytek adaptera musi być podłączona do modułu Micromite BackPack, jak pokazano na głównym zdjęciu

eprasa.pl 01ef15bc7a

jest zasilanie urządzenia końcowego z transformatora sieciowego,

Podłącz zasilanie z wyjętymi zworkami LK1...LK3. Za pomocą woltomierza sprawdź piny na szpilkach LK1...LK3 najbliżej krawędzi płytki, uważając, aby przypadkowo nie zewrzeć par pinów. Wygodnym punktem uziemienia dla czarnej sondy DVM jest śruba montażowa REG4. Wynik pomiaru powinien być zbliżony do +5,5 V dla LK1, +12 V dla LK2 i -12 V dla LK3. Wyreguluj VR1, aż odczyt dla LK1 będzie między 5,49 V a 5,50 V (lub tak blisko, jak to możliwe). Jeśli nie możesz tego osiągnąć, lub którykolwiek z pozostałych dwóch odczytów jest znacznie przekroczony, odłącz zasilanie i sprawdź, czy nie ma błędów w obszarze zasilania. Sprawdź również linię +5V, która będzie zasilać moduł BackPack, sprawdzając prawy skrajny przewód REG4. Napięcie powinno wynosić od 4,8 V do 5,2 V.

Zakładamy, że już załadowałeś oprogramowanie do modułu BackPack, jeśli nie, odłącz go i zrób to teraz, używając zwykłej procedury. Kilka pomocnych wskazówek zawarto w ramce „Jak załadować oprogramowanie przedwzmacniacza".

Jeśli możesz podłączyć zasilanie 5 V do modułu BackPack (np. za pomocą kabla USB z JP1 zamontowanym dla BackPacków V2 lub V3), możesz sprawdzić, czy oprogramowanie ładuje się normalnie. Naciskaj przyciski i przechodź przez kolejne ekrany. Wszystko powinno „działać". Bez podłączonej płytki przedwzmacniacza po prostu nic się nie zrobi. Zakładając, że wszystko wygląda dobrze, odłącz zasilanie, poczekaj około minuty, aż kondensatory się rozładują i umieść zworki LK1...LK3. Podłącz tasiemkę do płyty adaptera bez odbiornika podczerwieni, a następnie podłącz jego gniazdo SIL do CON8 w kierunku pokazanym na naszych zdjęciach. Podobnie, podłącz taśmę do drugiej płytki adaptera i gniazda I/O modułu BackPack, jak to pokazano na naszych zdjęciach.

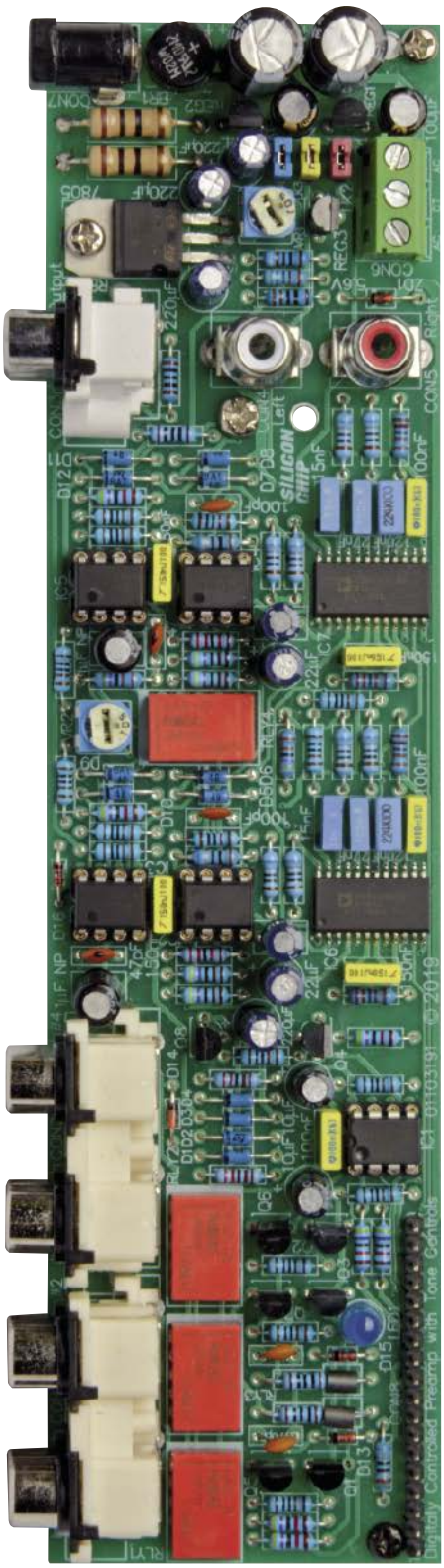
Teraz można sprawdzić ciągłość między pinem 1, gdzie montowane jest złącze na płytce drukowanej modułu BackPack, a płytką drukowaną przedwzmacniacza, w prawym rogu. Pozwoli to zweryfikować, czy połączenia nie zostały nigdzie zamienione. Dobrym pomysłem jest sprawdzenie wszystkich pinów pod kątem ciągłości między dwiema płytkami, ponieważ może to wskazywać na problemy z zaciskaniem taśmy lub problemy z lutowaniem. Gdy będziesz zadowolony, ponownie podłącz zasilanie do płytki przedwzmacniacza i naciskając przyciski sprawdź, czy ekran LCD ożywa i możesz przełączać się między ustawieniami wstępnymi 1...4. Domyślnie wybierają one wejścia 1...4 i za każdym razem, gdy przełączasz wejścia powinieneś słyszeć delikatne kliknięcia pochodzące z przekaźnika (przekaźników). Następnie wyreguluj VR2, aby na pinie 5 IC4 uzyskać dokładnie połowę napięcia linii 5,5 V (tj. bardzo blisko 2,75 V, jeśli zasilanie 5,5 V jest prawidłowe).

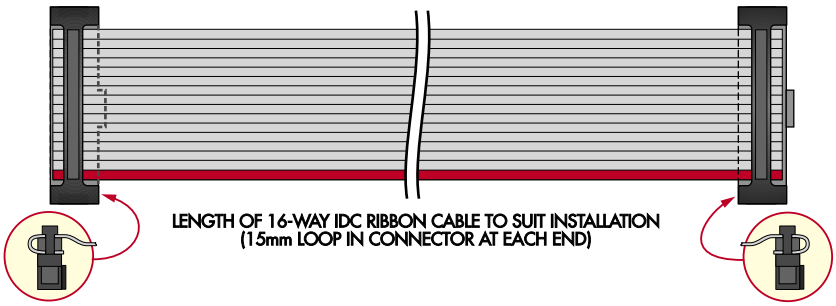
W kolejnym kroku należy podłączyć wyjścia przedwzmacniacza do wzmacniacza ze zmniejszoną głośnością, a jedno z wejść stereo do źródła sygnału, takiego jak odtwarzacz Blu-ray lub odtwarzacz MP3. Wybierz to wejście, naciskając odpowiedni przycisk ustawień wstępnych na ekranie. Sygnał powinien przechodzić w zasadzie bez zmian, choć może on być nieco stłumiony.

Uruchom źródło sygnału i powoli zwiększ głośność wzmacniacza, aby potwierdzić, że dźwięk przechodzi przez przedwzmacniacz. Upewnij się, że nie jest on nadmiernie zniekształcony i że oba kanały są obecne, w przeciwnym razie prawdopodobnie wystąpiła usterka układu. Jeśli wydaje się, że wszystko jest w porządku, spróbuj wyregulować głośność za pomocą elementów sterujących na ekranie i sprawdź, czy przełączenie na inne wejście skutecznie wyciszy sygnał. Możesz teraz również przejść do ekranu ustawień korektora i spróbować dodać podbicie lub obcięcie tonów niskich/średnich/wysokich, aby sprawdzić, czy te sekcje obu kanałów działają prawidłowo.

Zdalne sterowanie

Jeśli planujesz używanie pilota zdalnego sterowania, można teraz go przetestować. Pilot Jaycar XC3718 powinien „po prostu działać", podczas gdy pilot Altronics A1012A musi być ustawiony na preset Aux 0776 (zobacz jego instrukcję, aby dowiedzieć się, jak to zrobić).





Rysunek 10: Jeden ze sposobów montażu tasiemki. Możesz również umieścić złącza IDC po przeciwnych stronach kabla, jeśli lepiej pasuje to do Twojej instalacji. Po prostu upewnij się, że trójkątne oznaczenie pinu 1 na każdym gnieździe wskazuje na czerwony przewód w kablu. Należy również uważać, aby prawidłowo (mocno) zacisnąć złącza, nie powodując jednak uszkodzenia jego plastikowego elementu

eprasa.pl 01ef15bc7a

Jak załadować oprogramowanie przedwzmacniacza

Ładowanie oprogramowania

Jak można się spodziewać, istnieją dwa różne pliki HEX z opcją uruchamiania oprogramowania na wyświetlaczu 2,8 cala lub 3,5 cala. Oprogramowanie MMBasic jest napisane do pracy z obydwoma, ale wymaga różnych sterowników wyświetlacza.

Jeśli masz niezprogramowany układ, użyj programatora PIC lub wbudowanego Microbridge do załadowania odpowiedniego pliku HEX. Jest to łatwiejsze niż ładowanie MMBasic, a następnie ładowanie programu osobno. Żadna z tych opcji nie wyklucza możliwości uzyskania dostępu do programu MMBasic i dostosowania go do własnych potrzeb. Plik HEX nosi nazwę „0110319A Preamp 2.8in.hex" dla wyświetlacza 2,8 cala lub „0110319B Preamp 3.5in.hex" dla wyświetlacza 3,5 cala.

Jeśli masz wstępnie zaprogramowany układ PIC z Silicon Chip Shop, nie będziesz musiał ładować żadnego oprogramowania, a program uruchomi się po włączeniu zasilania. W momencie składania zamówienia należy określić, czy potrzebny jest wariant z wyświetlaczem 2,8 cala czy 3,5 cala.

Ładowanie oprogramowania od podstaw

Jeśli budujesz przedwzmacniacz z wyświetlaczem 2,8 cala, musisz po prostu skonfigurować Micromite do pracy z tym ekranem. Z konsoli wprowadź następujące polecenia:

```
OPTION LCDPANEL ILI9341, LANDSCAPE, 2, 23, 6
```

i dla panelu dotykowego:

```
OPTION TOUCH 7, 15
```

Następnie skalibruj panel dotykowy przy użyciu tych samych parametrów, które mamy w naszym pliku HEX:

```
GUI CALIBRATE 0, 143, 293, 893, 685
```

Jeśli powyższa kalibracja nie jest dokładna, można po prostu uruchomić:

```
GUI CALIBRATE
```

... aby przeprowadzić pełną ręczną kalibrację dotykową.

A dla wyświetlacza 3,5 cala

Oprogramowanie sprzętowe Micromite nie zawiera sterownika dla kontrolera ILI9488 panelu dotykowego 3,5 cala, aby więc zapewnić tę funkcję i aktywować ją podczas uruchamiania Micromite należy załadować osobny plik biblioteki.

Załaduj plik „ILI9488 Library.bas" do Micromite za pomocą MMEdit lub preferowanego programu terminala szeregowego. Wprowadź następujące polecenia w wierszu Micromite:

```
LIBRARY SAVE
CPU RESTART
OPTION TOUCH 7, 15
GUI CALIBRATE 0, 3891, 3851, -1277, -860
```

Jeśli okaże się, że nasza kalibracja nie pasuje do twojego sprzętu, możesz ponownie po prostu użyć polecenia GUI CALIBRATE bez parametrów.

Na tym etapie będziesz miał załadowany Micromite z odpowiednim sterownikiem wyświetlacza, który możesz przetestować za pomocą poleceń GUI TEST LCDPANEL i GUI TEST TOUCH.

Plik MMBasic

Plik MMBasic został przygotowany do pracy z dowolnym sterownikiem wyświetlacza. W rzeczywistości każdy wyświetlacz o podobnej lub wyższej rozdzielczości niż wyświetlacz 2,8 cala powinien działać, chociaż nie możemy ręczyć za skalowanie na innych ekranach, których nie testowaliśmy.

Plik MMBasic zawiera również skróconą wersję powyższych uwag w komentarzach na początku pliku. Wystarczy załadować plik „Digital Preamp.bas" za pomocą MMEdit lub programu terminala szeregowego i uruchomić go z wiersza MMBasic. Powinieneś zostać powitany przez ekran MAIN i dźwięk klikania przekaźników podczas inicjalizacji przedwzmacniacza cyfrowego.

W stanie początkowym wejście pierwsze jest podłączone z nominalnym punktem środkowym (wszystkie zera) głośności, parametrów przedwzmacniacza i ustawień regulacji tonów. Odpowiada to umiarkowanemu wzmocnieniu na wszystkich pasmach. Na tym etapie Micromite jest w takim samym stanie, jakby był załadowany plikiem HEX, jak opisano wcześniej.

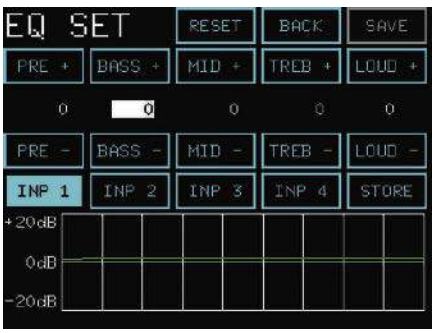
Skieruj pilota na odbiornik podczerwieni i sprawdź następujące funkcje:

- Zwiększanie/zmniejszanie głośności powinno zmieniać poziom dźwięku, a na ekranie powinien pojawić się duży wyświetlacz pokazujący nowy poziom głośności (patrz **ekran 9**), wyskakujące okienko jest wyświetlane tylko na ekranie MAIN.
- Przycisk wyciszenia powinien przełączać funkcję wyciszenia. Pilot Jaycar nie posiada przycisku wyciszenia, funkcję tę obsługuje przycisk odtwarzania/pauzy.
- Przyciski *CH UP* i *CH DN* mogą być używane do zmiany ustawień pasma po uprzednim wybraniu pasma za pomocą przycisków *7* (basy), *8* (tony średnie) lub *9* (tony wysokie).
- Przyciski numeryczne 1...6 służą do wyboru jednego z sześciu zaprogramowanych ustawień.

Okablowanie końcowe

Po zamontowaniu urządzenia w obudowie pozostaje tylko podłączyć zasilanie – zakładając, że nie korzystasz z wbudowanego gniazda zasilaczowego. Jeśli masz transformator z pojedynczym uzwojeniem wtórnym, podłącz

Ekran 9. W poprzednim odcinku pokazaliśmy zdjęcia większości informacji wyświetlanych na ekranie, tu jest jeszcze jeden, którego nie pokazaliśmy. Widoczna jest duża wartość wyświetlana podczas regulacji głośności za pomocą pilota zdalnego sterowania. Jest wystarczająco duża, aby zobaczyć ją w całym pokoju. Każdy krok odpowiada około jednej trzeciej decybela



Na tym ekranie można dostosować ustawienia sterowania tonów i wzmocnienia wstępnego oraz zobaczyć, jak wpłynie to na pasmo przenoszenia przedwzmacniacza

eprasa.pl 01ef15bc7a

OD ELEKTRONIKÓW DLA ELEKTRONIKÓW. Z PASJĄ
SKLEP ELEKTRONICZNY REMAGAS
Druty i lice nawojowe Dławiki mocy Karkasy i akcesoria
Elementy indukcyjne Rdzenie ferytowe
WWW.SKLEP.REMAGAS.PL
REMAGAS@REMAGAS.PL

Zaktualizowany pilot uniwersalny Altronics A1012A

Altronics niedawno zaktualizował swój uniwersalny pilot A1012 do nowszego modelu A1012A (*siliconchip.com.au/link/ab9m*). Do sterowania naszymi projektami od wielu lat używamy pilota A1012 (wraz z niektórymi współczesnymi pilotami Jaycar). Nowy model ma w porównaniu do wcześniejszej wersji kilka drobnych zmian, które wpływają na sposób współpracy z przedwzmacniaczem cyfrowym. Zmieniono wygląd, stylistykę i układ przycisków, na szczęście wiele funkcji przycisków pozostawiono jednak bez zmian. Zmieniło się również sześć przycisków urządzeń w górnej części, a przyciski *CD* i *VCR* zostały zastąpione przyciskami *DVD* i *HD*.

Procedura konfiguracji pilota A1012A jest podobny do starszego A1012. Należy wybrać jedno z urządzeń za pomocą przycisku znajdującego się u góry, nacisnąć przycisk *SET*, a następnie wprowadzić kod. A1012A używa czterocyfrowych kodów, podczas gdy A1012 używa kodów trzycyfrowych. Rzut oka na listę kodów dla obu urządzeń pokazuje przynajmniej częściową zgodność między tymi urządzeniami. Na przykład, często używamy kodu AUX 171 dla projektów Micromite. Testy, które przeprowadziliśmy kilka lat temu wykazały, że to ustawienie generuje różne kody, które są konsekwentnie wykrywane przez wbudowany dekoder podczerwieni MMBasic. Na liście kodów pilota A1012 kod ten jest wyświetlany jako trzeci na liście dla kilku producentów. Tak więc kod AUX 0776 na pilocie A1012A jest dobrym zamiennikiem kodu AUX 171 na pilocie A1012. Nie przetestowaliśmy wyczerpująco wszystkich przycisków, ale z pewnością wszystkie funkcje, które wypróbowaliśmy działały prawidłowo.

W ciągu ostatnich kilku lat stworzyliśmy kilka projektów używających kody TV A1012 089 i 170. Wygląda na to, że kody TV dla A1012A nie odpowiadają dokładnie kodom A1012, prawdopodobnie z powodu ewolucji nowszych telewizorów i mających więcej funkcji. Mimo to stwierdziliśmy, że kody 0088, 0149 i 0169 były sugerowane dla telewizorów na liście kodów A1012A, które wymagałyby kodów TV 089 i 170 na A1012. Przetestowaliśmy więc te kody za pomocą płytki Arduino, którą wyposażyliśmy w odbiornik podczerwieni (zobacz *siliconchip.com.au/Article/11196* dla sprzętu, którego użyliśmy). Wszystkie otrzymane kody były identyczne z tymi używanymi w pilocie A1012, więc wygląda na to, że piloty te są w większości zamienne i prawdopodobnie różnią się tylko bardziej niejasnymi kodami. Jeśli aktualizujesz jakiekolwiek projekty Micromite z pilotem A1012 do A1012A, sugerujemy użycie kodu AUX 0776.

Inne opublikowane przez nas projekty z pilotem A1012 to:

- Currawong Valve Amplifier, listopad 2014 – styczeń 2015 (*siliconchip.com.au/Series/277*)
- Zegar GPS o wysokiej widoczności, grudzień 2015 i styczeń 2016 (*siliconchip.com.au/Series/294*).
- Przedwzmacniacz i selektor wejść, marzec, kwiecień i wrzesień 2019 r. (*siliconchip.com.au/Series/333* & *siliconchip.com.au/Article/11917*).
- Altronics MegaBoxes, grudzień 2017 i grudzień 2019 (siliconchip.com.au/Series/322).

We wszystkich są używane kodyTV wspomniane wyżej, więc powinny działać dobrze z pilotem A1012A zaprogramowanym kodami TV 0088, 0149 lub 0169.

Należy pamiętać, że pilot Jaycar Cat AR1975 „Total Contol 4 Device TV Remote Control" jest podobny do pilota Altronics A1012A pod wieloma względami i prawdopodobnie użyjemy go w przyszłych projektach, w których ich mały pilot XC3718 nie może być użyty (np. ze względu na posiadanie tylko 21 przycisków, co było wystarczające dla tego przedwzmacniacza).

Mapa kodów pilota zdalnego sterowania:

A1012	A1012A
AUX 171	AUX 0776
TV 089 lub TV 170	TV 0088, TV 0149 lub TV 0169

go między pinami 1 i 2 lub 2 i 3 CON6. Jeśli ma podwójne uzwojenia wtórne, podłącz je szeregowo w fazie, a następnie podłącz złącze do pinu 2 CON6, a pozostałe końce do pinów 1 i 3, w obie strony. Podobnie, jeśli uzwojenie wtórne ma centralny odczep, połącz go do pinu 2, a pozostałe przewody do pinów 1 i 3.

Jeśli masz źródło ±15 V DC, podłącz linie wyjściowe do pinów 1 i 3 CON6, a GND do pinu 2.

Jeśli budujesz przedwzmacniacz jako kompletne urządzenie ze wzmacniaczem, podłącz przewody RCA do wejść modułu wzmacniacza i podłącz je do pionowych wyjść (CON4 i CON5) na płytce. Teraz już możesz być gotowy do słuchania rock'n'rolla lub czegokolwiek, na co masz ochotę! ■

Nicholas Vinen, Tim Blythman

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

eprasa.pl 01ef15bc7a

Materiały dodatkowe dostępne są na stronie Silicon Chip: https://tiny.pl/dd59s
Materiały dodatkowe są również dostępne na stronie elportal.pl/do-pobrania

Tester kabli USB, część 2

Tester kabli USB, z którym zapoznaliśmy się wstępnie w poprzednim odcinku, jest idealnym narzędziem do zrobienia porządków ze stertami kabli USB zalegającymi w naszych szufladach. Jest to również najwłaściwszy pierwszy krok w diagnozowaniu uznanego za wadliwe urządzenia używającego portu USB. Za jego pomocą można sprawdzać ciągłość i zwarcia praktycznie każdego kabla USB. Tester sygnalizuje m.in. takie problemy jak wysoka rezystancja przewodów zasilających, która jest źródłem frustrujących usterek ujawniających się w najmniej spodziewanych momentach.

W pierwszym odcinku opisaliśmy zasady działania testera kabli USB. Wyposażony we wszystkie standardowe gniazda USB przetestuje i zdiagnozuje każdy kabel USB typu C lub USB typu A (2.0 lub 3.2) na jednym końcu i dowolnym USB typu C lub USB typu B (takim jak 2.0, 3.2, micro lub mini) na drugim końcu. Tester sprawdzi, czy kabel nadaje się tylko do zasilania, USB 2.0 lub USB 3.2 (i wskaże, czy ma jedną czy dwie linie *SuperSpeed*). W przypadku USB 3.2 (które zastąpiło USB 3.0 i USB 3.1), każda linia *SuperSpeed* składa się z czterech przewodów, tworzących pary różnicowe w obu kierunkach (*upstream* i *downstream*).

Urządzenie skanuje każdą kombinację przewodów między portami *upstream* i *downstream*. Może wskazać, które przewody są wewnętrznie zwarte lub mają przerwę, co ułatwi diagnostykę i naprawy. Tester przepuszcza również impulsy prądu o natężeniu do 1 A przez przewody zasilające kabla (VBUS i GND), w celu dokonania oceny ich zdolności do przenoszenia prądu w warunkach rzeczywistych. Raportowane są również: rezystancja i spadek napięcia. Funkcja ta pozwala wykryć wiele kabli, które powodują zdarzające się losowo problemy. W ich wyniku urządzenia takie jak, na przykład przenośne dyski twarde, w tajemniczy sposób przestają działać. W takich sytuacjach istnieje bardzo duże prawdopodobieństwo, że użyty kabel nie ma odpowiednio dużej przewodności prądowej, wymaganej przez dany dysk. Dzięki temu narzędziu można wyeliminować niepewne kable i wybrać te najlepsze do zastosowań wysokoprądowych. Dzięki temu przekonasz się, czy przyczyną problemów (na przykład z dyskiem) jest kabel, czy urządzenie.

Tester kabli USB może również przeprowadzać testy, gdy tylko jeden koniec kabla jest podłączony, a robi to z trzech powodów.

Po pierwsze, weryfikuje kable kompatybilne z OTG (USB on-the-go), które zwierają swoje piny GND i ID. Ten stan wskazuje urządzeniu, że powinno zachowywać się jak host. Ponieważ kable OTG są zwykle adapterami, ich drugi koniec jest zwykle gniazdem, więc nie można go podłączyć na obu końcach.

Drugim powodem jest pomoc tym, którzy konstruują i naprawiają kable. Można go użyć do sprawdzenia poszczególnych połówek kabla, głównie w celu upewnienia się, że nie ma zwarć między przewodami.

Trzeci powód jest, być może, najważniejszy. Służy do sprawdzania jakości lutowania gniazd USB w urządzeniach używających tego interfejsu. Można bardzo szybko sprawdzać, czy gniazda USB zostały prawidłowo przylutowane do płytki drukowanej. Jest to też swego rodzaju autodiagnostyka. Aby skorzystać z tej autodiagnostyki zaproponujemy inną niż zwykle kolejność budowy.

Layout płytki drukowanej

Zamieszczone zdjęcia i schemat (**rysunek 3**) pokazują, że wszystkie gniazda USB CON5, CON6 i CON8 są rozmieszczone wzdłuż jednej krawędzi płytki drukowanej, bez żadnych otaczających elementów. Ułatwia to montaż tych gniazd. Pozostałe gniazda (CON3, CON4 i CON7) znajdują się w pobliżu przekaźników i elementów obniżających napięcie w pobliżu tranzystora Q3. Ponieważ komponenty te są potrzebne tylko do testowania zasilania, a nie do testowania łączności, możemy zamontować pozostałe elementy po upewnieniu się, że gniazda USB zostały prawidłowo przylutowane. Tak więc elementy poniżej rzędów rezystorów i powyżej gniazd powinny być montowane dopiero później, z wyjątkiem dwóch pozostałych elementów montowanych powierzchniowo, rezystora 220 mΩ i cewki indukcyjnej L1. Są to elementy niskoprofilowe i można je zamontować z innymi elementami do montażu powierzchniowego, aby uprościć sobie pracę.

Obudowa

Pierwszym krokiem jest przygotowanie pokrywy obudowy, ponieważ wyświetlacz LCD jest potrzebny do przeprowadzenia wstępnych testów diagnostycznych i musimy odpowiednio dopasować wszystkie części, aby dokładnie spasować je z gniazdem wyświetlacza LCD. Patrz schemat cięcia, **rysunek 4**. Pojedynczy otwór 4 mm w prawym górnym rogu zapewnia dostęp do przycisku S1; sugerujemy przeczytanie sekcji „Opcje" poniżej, aby określić, czy

eprasa.pl 01ef15bc7a

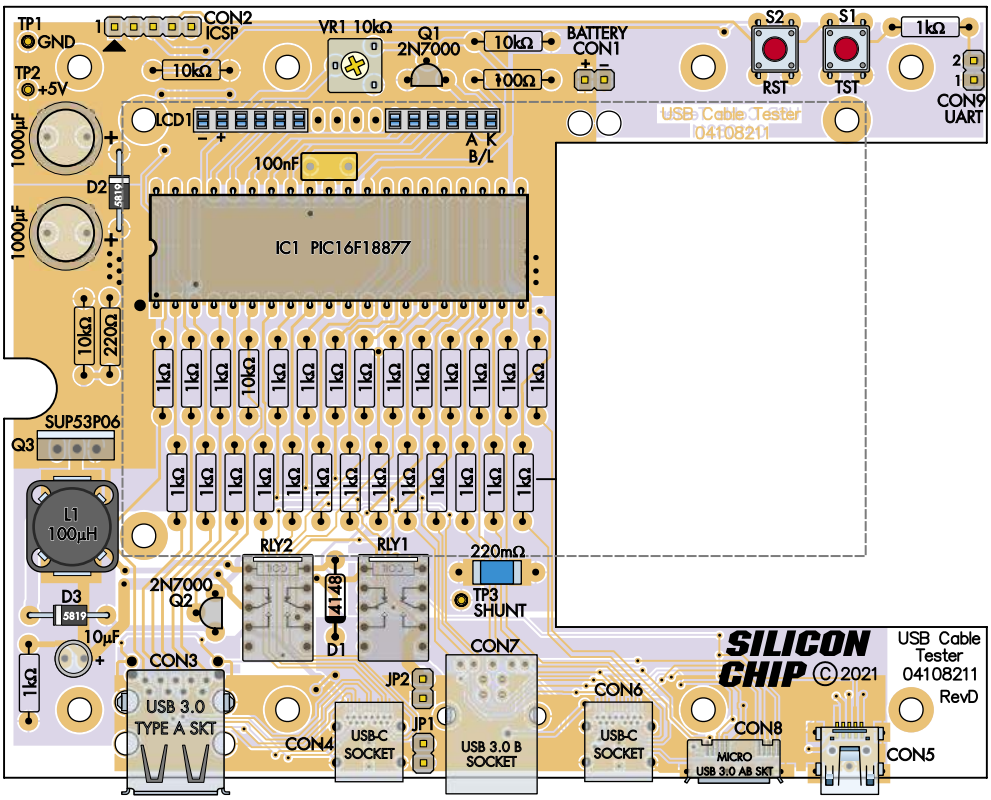
chcesz go zamontować (a tym samym, czy ten otwór jest potrzebny).

Ważne jest, aby otwór na wyświetlacz LCD był równoległy względem krawędzi płytki (i obudowy), aby uniknąć przekrzywienia jego złącza. Użyliśmy techniki, która wymaga ostrego skalpela, szczypiec (najlepiej z szerokim nosem), piły do metalu lub wyrzynarki i wiertarki. Możesz użyć maskownicy jako szablonu, pamiętając, że maskownica ukryje większość niedoskonałości pokrywy. Zaznacz krawędzie otworu po obu stronach; małe otwory wywiercone w samych rogach obszaru wycięcia pomogą wyrównać obie strony. Mocno naciąć prostokątne wycięcie skalpelem wzdłuż prostej krawędzi. Zachowaj ostrożność, ponieważ poślizgnięcie się z ostrym nożem może poważnie zranić! Wykonaj otwór w środku prostokąta, który jest wystarczająco duży, aby pomieścić brzeszczot, a następnie użyj brzeszczota, aby przyciąć okno do naciętych krawędzi. Będziesz musiał wykonać kilka takich cięć wokół krawędzi, aby podzielić prostokąt na łatwe w obróbce kawałki. Następnie ostrożnie wygnij plastik, aby złamać go wzdłuż linii nacięć i podzielić środkowy obszar na małe sekcje. Jeśli linie nacięć są dokładne, rezultatem będą schludne, precyzyjne krawędzie. Za pomocą skalpela delikatnie odetnij pozostałości plastiku z krawędzi otworu, aby w razie potrzeby powiększyć otwór i go wyrównać.

Inną metodą jest wywiercenie szeregu otworów wewnątrz obrzeża zaznaczonego obszaru, aby usunąć większość plastiku, a następnie spiłowanie krawędzi do uzyskania gładkiej krawędzi, aż wyświetlacz LCD będzie pasował. Jest to metoda wolniejsza, ale wymaga mniej narzędzi.

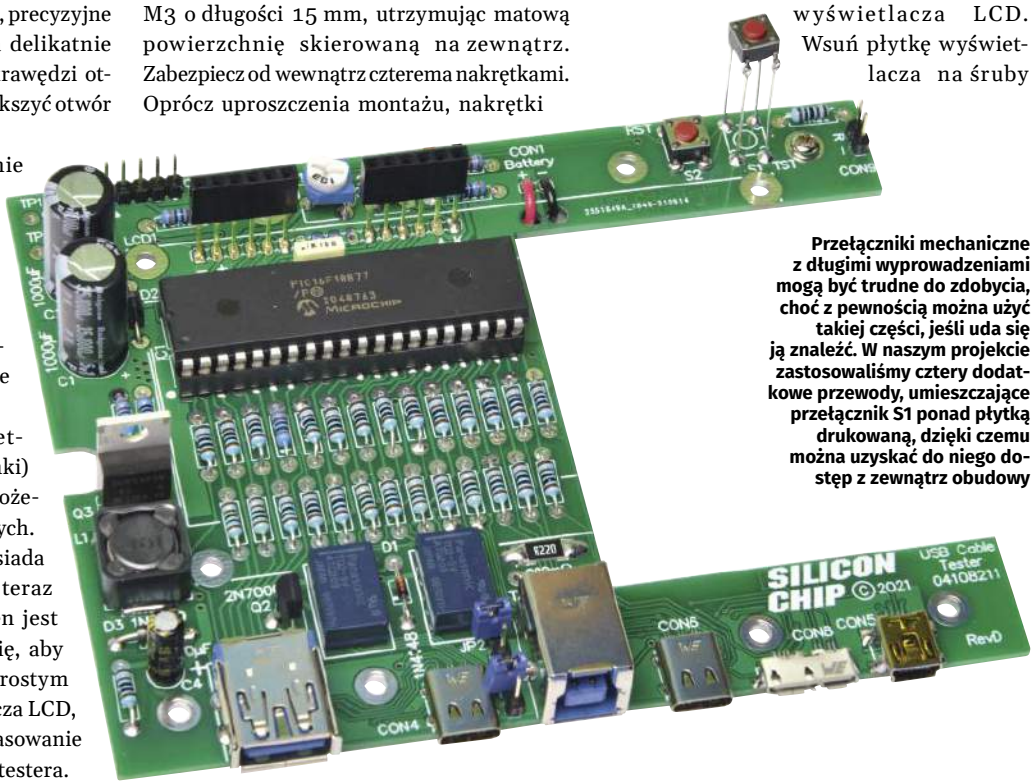
Po zamontowaniu wyświetlacza LCD można użyć go (lub ramki) do zaznaczenia i wywiercenia położenia czterech otworów montażowych.

Jeśli wyświetlacz LCD nie posiada złącza szpilkowego, należy je teraz przylutować. Często element ten jest dostarczany osobno. Postaraj się, aby piny były ustawione pod kątem prostym do płytki drukowanej wyświetlacza LCD, aby zapewnić ich prawidłowe dopasowanie do gniazd na płytce drukowanej testera.



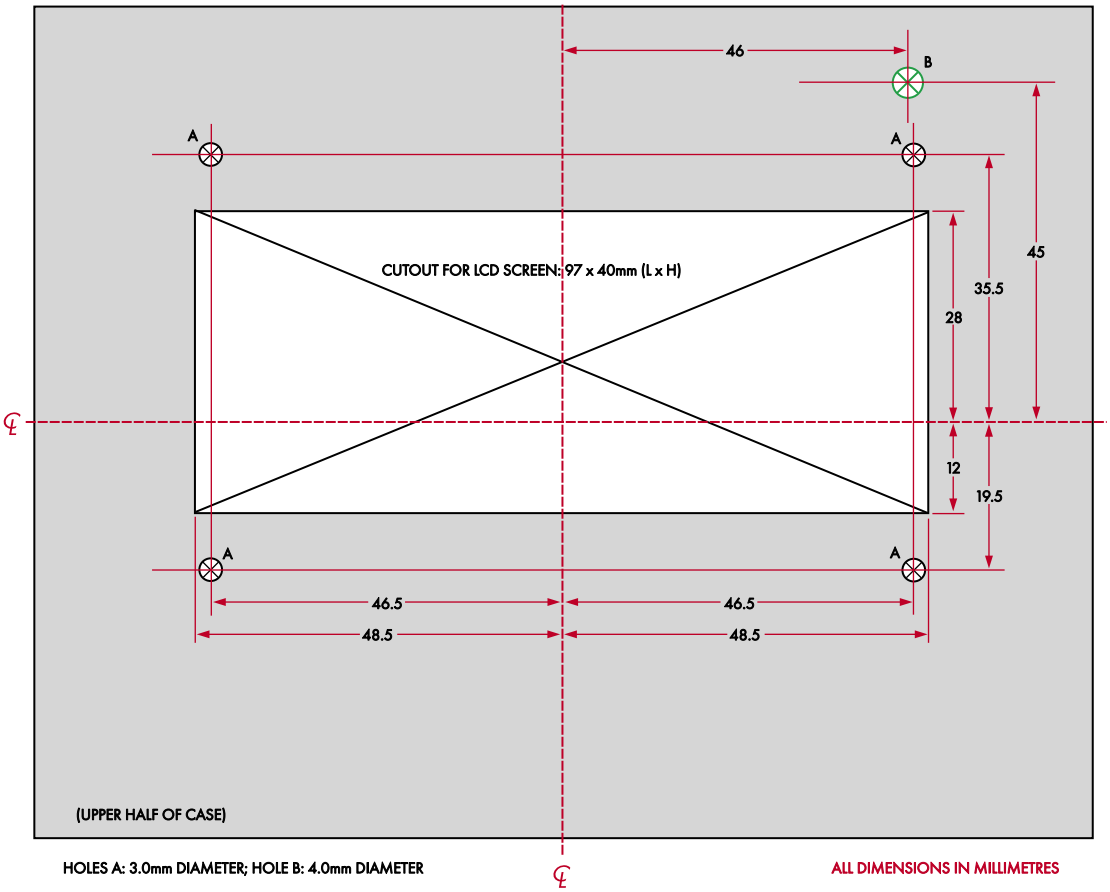
Rysunek 3. Jedyne części, które są trudne w montażu, to gniazda USB. Upewnij się, że IC1, RLY1, RLY2, diody i MOSFET-y są zorientowane tak, jak pokazano na rysunku. Zwróć uwagę na to, że w rzędzie rezystorów 1 kΩ znajduje się pojedynczy rezystor 10 kΩ. Jest szansa, że tester będzie działał poprawnie z wartością 1 kΩ na tej pozycji, ale znacznie szybciej rozładuje baterię. Sześć gniazd USB znajduje się wzdłuż jednej krawędzi płytki drukowanej. Ważne jest, aby zamontować gniazdo USB typu C CON4 przed zamontowaniem przekaźników i otaczających je elementów. Zapewni to wygodny dostęp do pinów złącza CON4

Zamontuj maskownicę na zewnątrz pokrywy za pomocą czterech śrub maszynowych M3 o długości 15 mm, utrzymując matową powierzchnię skierowaną na zewnątrz. Zabezpiecz od wewnątrz czterema nakrętkami. Oprócz uproszczenia montażu, nakrętki te zapewniają również odstęp niezbędny do odsłonięcia górnej części gniazd na płytce wyświetlacza LCD. Wsuń płytkę wyświetlacza na śruby



Przełączniki mechaniczne z długimi wyprowadzeniami mogą być trudne do zdobycia, choć z pewnością można użyć takiej części, jeśli uda się ją znaleźć. W naszym projekcie zastosowaliśmy cztery dodatkowe przewody, umieszczające przełącznik S1 ponad płytką drukowaną, dzięki czemu można uzyskać do niego dostęp z zewnątrz obudowy

eprasa.pl 01ef15bc7a



Rysunek 4. Laserowo wycięta ramka ukrywa wszelkie drobne niedokładności w dużym prostokątnym wycięciu w obudowie. Otwory montażowe LCD muszą być dokładnie wywiercone, aby zapewnić wyrównanie wyświetlacza z płytką drukowaną pod spodem. Otwór zaznaczony na zielono służy do uzyskania dostępu do S1 i jest opcjonalny

Przewijany tekst może być trudny do odczytania przy niektórych ustawieniach kontrastu wyświetlacza LCD, dlatego zmienione oprogramowanie sprzętowe (C/D) zmniejsza prędkość przewijania o połowę i zapewnia ukrytą opcję 4 kalibracji, (1 = oryginalna prędkość, 2 = domyślna, 4 = bardzo wolna). Zestawy wysłane po 4.11.2021 mają zmienione oprogramowanie układowe

i zabezpiecz go pozostałymi nakrętkami M3. Górna część płytki wyświetlacza powinna znajdować się tuż nad ramką po zewnętrznej stronie pokrywy. Można to zobaczyć na zdjęciach na końcu artykułu.

Za pomocą czterech wkrętów samogwintujących przymocuj płytkę drukowaną testera do drugiej połowy obudowy. Pozwoli to wypozycjonować odpowiednio gniazda i wyświetlacz LCD i przylutować te gniazda dokładnie we właściwym miejscu. Po zmontowaniu elementów obudowy pomiędzy główną płytką drukowaną a płytką LCD powinna pozostać dwudziestomilimetrowa szczelina. Należy pamiętać, że obudowa będzie pasować tylko w jeden sposób, więc należy sprawdzić, czy pady LCD1 na płytce drukowanej są zgodne z pinami płytki wyświetlacza. Jeśli piny płytki wyświetlacza znajdują się nad gniazdami USB po zmontowaniu obudowy, wyjmij płytkę drukowaną i obróć ją o 180°. Jeśli masz tuleje dystansowe o wysokości 20 mm, możesz ich (i trzech otworów montażowych na płytce drukowanej) użyć do odpowiedniego wypozycjonowania wyświetlacza LCD. Taki montaż jest mniej kłopotliwy.

Zanim przejdziemy do dalszych działań, warto sprawdzić zdjęcia przedstawiające sposób montażu gniazd na listwy kołkowe na płytce drukowanej. Należy zauważyć, że używanych jest tylko sześć skrajnych pinów po obu końcach gniazda; cztery środkowe pozycje nie są podłączone (ponieważ nie są używane w czterobitowym trybie sterowania wyświetlaczem LCD).

Umieść pokrywę obudowy tak, aby piny wyświetlacza trafiały dokładnie w otwory gniazda wyświetlacza, a następnie zamknij dokładnie obie części obudowy. Powinno to doprowadzić do wycentrowania pinów gniazd z padami na głównej płytce drukowanej. Jeśli masz problemy, spróbuj wyrównać jedną krawędź obudowy i obrócić drugi koniec. Spowoduje to umieszczenie wszystkich pinów w odpowiednim miejscu. Po umieszczeniu pinów skręć razem obie połówki obudowy. Następnie przylutuj po jednym styku do głównej płytki drukowanej na każdym końcu dwóch złączy (w sumie cztery styki). Jest to najłatwiejsze na końcu w pobliżu górnej części PCB. Po upewnieniu się, że są one bezpieczne i nadal prawidłowo wyrównane, zdemontuj obudowę.

Teraz przylutuj pozostałe piny dbając o utrzymanie ich rozmieszczenia, a następnie popraw luty tych pinów, które tego wymagają. Na tym etapie powinieneś być w stanie ponownie złożyć dwie połówki z pinami ustawionymi w jednej linii i osadzonymi w gnieździe na listwy kołowe obracając obudowę zgodnie z wcześniejszym opisem. Jeśli masz problemy z wyrównaniem, możesz zamiast tego połączyć wyświetlacz LCD z główną płytką drukowaną za pomocą tzw. tasiemki lub pojedynczych przewodów. Należy pamiętać, aby przestrzegać prawidłowej kolejności pinów i użyć co najmniej 5 cm przewodu dla każdego połączenia, aby umożliwić swobodne zdejmowanie pokrywy obudowy.

Wyjmij płytkę drukowaną testera z obudowy, aby kontynuować montaż. Aby uprościć testowanie, zalecamy odłączenie wyświetlacza LCD od pokrywy, aby umożliwić podłączenie płytki drukowanej do wyświetlacza LCD i zasilania, jednocześnie umożliwiając dostęp do punktów testowych i zworek na płytce drukowanej.

Lutowanie gniazd USB

Część gniazd USB testera jest montowanych powierzchniowo, więc wymagany jest standardowy zestaw narzędzi do montażu elementów SMD. Gniazda CON4 i CON6 wymagają największej precyzji montażu, lupa jest więc konieczna, podobnie jak dobre oświetlenie. Doskonałą alternatywą dla lupy jest aparat fotograficzny w telefonie komórkowym ustawiony na duże powiększenie cyfrowe. Jest też aplikacja udostępniająca funkcję lupy.

Powinieneś również mieć lutownicę z cienkim grotem i możliwością regulacji temperatury, topnik (najlepiej w postaci pasty)

eprasa.pl 01ef15bc7a

i pincetę. Na szczęście większość gniazd USB (z wyjątkiem CON8) ma piny pozycjonujące, co ułatwia ich montaż. Przydatny będzie ponadto rozpuszczalnik służący do czyszczenia pozostałości topnika po montażu. Z kolei do likwidowania mostków, które mogą powstać podczas lutowania sąsiednich pinów małych elementów przydatna będzie plecionka lutownicza. Jest to tania i przydatna rzecz, którą warto mieć pod ręką. Pamiętaj, że topnik, po zetknięciu z rozgrzanym grotem lutownicy, może wytwarzać dym. W razie potrzeby użyj pochłaniacza oparów lutowniczych lub pracuj na zewnątrz. Praca na zewnątrz to też bardzo dobry sposób na poprawę warunków oświetlenia. Montaż zacznij od gniazda mini-USB, CON5. Nałóż topnik na pady, połóż gniazdo na jego miejscu (umieszczając plastikowe kołki w otworach PCB) i nałóż nieco więcej topnika na górną część nóżek. Upewnij się, że element przylega płasko do płytki drukowanej. Postaraj się również, aby gniazdo było prostopadłe i równoległa do płytki drukowanej, aby, tym samym, było odpowiednio dopasowane do panelu przedniego.

Wyczyść koniec grota i nałóż na niego trochę świeżego lutu. Następnie przyłóż go do miejsca, w którym piny stykają się z padami. Jeśli nie możesz tego zrobić blisko, spróbuj przyłożyć grot do wysuniętych padów i pozwól im odciągnąć lut z końcówki grota. Jeśli uzyskasz dobre zaokrąglenie w punkcie, w którym pin styka się z padem, wszystko jest w porządku. Przylutuj pozostałe piny, a następnie unieś nieco grot, aby zabezpieczyć pady mechaniczne. Wyczyść grot i popraw lut w razie potrzeby. Zwróć uwagę na pady gniazd, ponieważ będą narażone na duże przeciążenia podczas wielokrotnego wkładania i wyjmowania wtyczek. Jest też otwór przelotowy dostępny od spodu płytki drukowanej, który pomaga mechanicznie usztywnić metalową powłokę gniazda. Odwróć płytkę drukowaną i przyłóż grot do padu. Delikatnie wprowadzaj lut, aż otwór się wypełni. Jeśli wcześniej obficie użyłeś topnika, powinien tu jeszcze być, jeśli nie, dodaj go trochę więcej.

Teraz użyj tej samej techniki dla gniazda micro-USB – CON8. Nie ma ono kołków pozycjonujących, więc będziesz musiał zachować szczególną ostrożność przy jego wyrównywaniu. Przód gniazda powinien być równoległy do CON5, a piny wyśrodkowane w swoich padach. Lutuj piny pojedynczo, aby uniknąć mostków. Jeśli mimo to mostek taki pojawi się, usuń go za pomocą dodatkowego topnika i plecionki lutowniczej.

Podobnie jak w przypadku CON5, zwiększ temperaturę grota, aby przylutować większe pady mechaniczne. Pod płytką PCB znajdują się również dodatkowe pady, które pomagają zabezpieczyć CON8; lutuj je podobnie. CON4 i CON6 są najtrudniejszą częścią tej konstrukcji; pozostałe dwa gniazda USB (CON3 i CON7) są elementami do montażu przewlekanego. Największe problemy mieliśmy z mostkowaniem pinów. Mostki powstawały, gdy lut wlewał się od góry do miejsca, w którym piny znajdują się blisko siebie. Jeśli będziesz trzymał grot nisko w pobliżu PCB i tylko na padach, powinieneś uniknąć tego problemu. Nałóż topnik przed umieszczeniem gniazda, a następnie dodaj go więcej przed lutowaniem pinów.

Ustaw lupę, aby uzyskać dobry widok, wyczyść grot lutownicy i nałóż świeży lut. Zobaczysz, że dwa z 12 pinów mają krótsze pady PCB; nie są one połączone w obwodzie, więc nie muszą być lutowane. Przylutuj piny do montażu powierzchniowego, dodając topnik, czyszcząc grot lutownicy i dodając do niego więcej lutu w razie potrzeby. Dokładnie sprawdź jakość lutowania, ponieważ możliwe jest łatwe usunięcie części i rozpoczęcie od nowa tylko wtedy, gdy pozostałe piny przelotowe nie zostały przylutowane. Jeśli uważasz, że mogą istnieć mostki, użyj więcej topnika i plecionki lutowniczej, aby je usunąć. Należy uważać, aby lut nie dostał się na górne części wyprowadzeń.

Topnik może utrudniać kontrolę połączeń lutowniczych. Podczas sprawdzania jakości lutu możesz uniknąć kłopotów z czyszczeniem całej płytki z topnika, delikatnie wycierając topnik wacikiem zamoczonym w odpowiednim rozpuszczalniku. Gdy jesteś zadowolony z górnej części PCB, odwróć ją i przylutuj piny przelotowe. Są one również rozmieszczone blisko siebie, ale napięcie powierzchniowe powinno utrzymywać lut w odpowiednim miejscu, a, w razie potrzeby, do usunięcia mostków można również użyć plecionki lutowniczej. Zwiększ temperaturę grota i przylutuj cztery mechaniczne piny montażowe. W tym przypadku nie żałuj cyny. Lepiej będzie, jeśli będzie jej więcej niż za mało.

Korzystanie z gotowego testera kabli USB jest tak proste, jak podłączenie jednego końca kabla do portu *downstream*, a drugiego do portu *upstream*, a następnie sprawdzenie jego oceny na wyświetlaczu LCD

eprasa.pl 01ef15bc7a

Dodaj trochę lutu do dwóch środkowych padów pod złączem, aby zwiększyć wytrzymałość mechaniczną. Może to wyglądać tak, jakby dwie pary pinów przelotowych na każdym z CON4 i CON6 były zmostkowane; dwie najbardziej zewnętrzne pary w rzędzie ośmiu. Nie przejmuj się tym, ponieważ wszystkie są podłączone do odpowiedniego pinu GND gniazda. Można to sprawdzić na schemacie układu i na warstwie opisowej. Sugerujemy pozostawienie CON3 i CON7 do czasu ukończenia autotestów, co będzie wymagało uruchomienia większości funkcji testera.

Można teraz zamontować cewkę indukcyjną L1 i rezystor 220 mΩ. Żaden z tych elementów nie jest spolaryzowany, więc nałóż topnik, umieść część na miejscu i przylutuj jedno wyprowadzenie. Ze względu na rozmiar cewki L1 lutowanie może wymagać więcej ciepła. Przylutuj drugie wyprowadzenie każdej części, a następnie wróć i popraw poprzednie luty, jeśli to konieczne. Teraz jest dobry moment na wyczyszczenie topnika, który może pozostawać na płytce drukowanej, biorąc pod uwagę, że wszystkie części do montażu powierzchniowego zostały zamontowane i stosowanie topnika nie będzie już potrzebne. Pozwoli to na dokładniejszą kontrolę efektów naszego lutowania.

Po lutowaniu z użyciem topnika zalecane jest czyszczenie odpowiednim środkiem czyszczącym, ale dobrą alternatywą jest izopropanol lub spirytus metylowy. Upewnij się, że płytka jest już sucha, a wszelkie łatwopalne rozpuszczalniki zdążyły odparować, zanim wrócisz do lutowania. Użyj lupy, aby sprawdzić wyczyszczoną płytkę PCB. Po wyczyszczeniu płytki z topnika, łatwiej będzie zauważyć wszystkie usterki i niedociągnięcia lutowania, i warto zrobić to teraz, zanim przystąpimy do montażu kolejnych elementów.

W przypadku wątpliwości odnośnie jakości lutowania, użyj multimetru, aby sprawdzić ciągłość między dolnymi końcami 26 rezystorów 1 kΩ, które zostaną zamontowane na środku płytki drukowanej, ponieważ wszystkie one połączone są z gniazdami USB. Jeśli znajdziesz jakiekolwiek zwarcia, możesz zidentyfikować źle przylutowane złącze i piny używając schematu układu i opisów na PCB.

Części przewlekane

Kontynuuj montaż rezystorów, odnosząc się do opisów na PCB (rysunek 3) jako przewodnika. Najpierw zamontuj cztery rezystory 10 kΩ, później 28 rezystorów 1 kΩ, a na końcu resztę. Sprawdź rezystancję za pomocą multimetru, jeśli nie masz pewności co do oznaczeń zastosowanych elementów. Rezystory 100 Ω, 1 kΩ i 10 kΩ różnią się tylko jednym paskiem koloru. Po zidentyfikowaniu przylutuj je i przytnij nóżki. Aby uruchomić wyświetlacz LCD i przeprowadzić testy, musimy zamontować wszystkie części powyżej IC1, z wyjątkiem S1 i S2. Jeśli nie masz zaprogramowanego mikrokontrolera, powinieneś zainstalować CON2, aby umożliwić programowanie w układzie.

Teraz zamontuj D2, kondensator 100 nF w pobliżu IC1, potencjometr montażowy 10 kΩ VR1, Q1 i CON2 w razie potrzeby (zalecana jest listwa kołkowa CON2). Pamiętaj, aby kształty i kierunki obudów elementów Q1 i VR1 zgadzały się z obrysem na warstwie opisowej PCB. Przylutuj wyprowadzenia pojemnika na baterie do złącza CON1, podłączając czerwony do „+” i czarny do „–”. Sprawdź, czy D2 to 1N5819 i czy pasek katody jest skierowany tak, jak pokazano na warstwie opisowej PCB. Nie potrzebujesz listwy szpilkowej na pozycji CON1; możesz przylutować przewody bezpośrednio do padów. Otwory w pobliżu CON1 służą do zabezpieczenia przed ich urwaniem, więc przewlecz przewody pojemnika na baterie od dołu płytki drukowanej do górnych części otworów, a następnie przylutuj od dołu (patrz zdjęcia).

Chociaż na zdjęciu widoczna jest podstawka pod IC1, nie zalecamy jej używania. Po pierwsze, duża liczba pinów sprawi, że montaż i demontaż IC1 będzie trudny. Użyliśmy jej tylko po to, aby umożliwić nam testowanie różnych mikrokontrolerów. Od Red. EdW: Zdecydowanie nie zgadzamy się tutaj z opinią Autora, i zalecamy montaż podstawki pod IC1. Wyciągnięcie z podstawki i ponowne włożenie do niej 40-pinowego mikrokontrolera nie jest żadnym szczególnym wyczynem, i z pewnością jest dużo łatwiejsze, szybsze i przyjemniejsze, niż wylutowywanie uszkodzonego bądź niepoprawnie przylutowanego układu i ponowne lutowanie nowego, co wiązałoby się z dużo większym nakładem pracy oraz ryzykiem uszkodzeń.

Delikatnie wygnij piny IC1, aby wsunąć je w płytkę drukowaną, upewniając się, że znacznik pinu 1 znajduje się po lewej stronie, jak pokazano na rysunku. Przylutuj dwa piny na przeciwległych rogach i sprawdź, czy część jest płaska i prawidłowo zorientowana. W razie potrzeby dopasuj pozostałe piny IC1 i je przylutuj. Jeśli nie masz wstępnie zaprogramowanego układu, zaprogramuj go teraz, jak to opisano poniżej. W przeciwnym razie przejdź do sekcji „Testowanie”.

Programowanie

Włóż ogniwa do pojemnika baterii, aby zasilić obwód (chyba że masz programator, który może dostarczyć do 25 mA przy 4,5...5 V). Można użyć programatora PICkit 3, PICkit 4 lub Snap. Do programowania używamy MPLAB X IPE; można go pobrać (wraz z MPLAB X IDE) ze strony *www.microchip.com* w zakładce „Tools and Software”.

Wybierz PIC16F18877, kliknij *Apply*, wybierz narzędzie do programowania i kliknij *Connect*. Otwórz plik HEX „0410821C.HEX” za pomocą przycisku *Browse*, a następnie naciśnij *Program*. Jeśli pojawi się komunikat „Program and Verify successful”, wszystko jest w porządku. W przeciwnym razie sprawdź okablowanie i lutowanie wokół pięciu ścieżek, pomiędzy komponentami CON2 oraz IC1.

Dwa z pinów programowania (PGD i PGC) są również używane do testowania gniazd USB w CON3 i CON4, więc upewnij się, że nie są one z czymkolwiek zwarte. Jeśli masz mikrokontroler PIC16F18875, użyj pliku „0410821D.HEX”. W naszym oryginalnym prototypie był zastosowany układ PIC16F18875, dlatego płytka drukowana jest oznaczona tym numerem części. Zdecydowaliśmy się używać standardowo mikrokontrolera PIC16F18877, ponieważ uważamy, że będzie on bardziej przydatny w przyszłości i nie kosztuje dużo więcej (daje więcej możliwości na rozbudowę). Chociaż układy te pochodzą z tej samej rodziny, niektóre z ich rejestrów funkcji specjalnych znajdują się w różnych lokalizacjach, więc pliki HEX nie są wymienne.

Po zakończeniu programowania odłącz programator i wyłącz zasilanie układu (np. wyjmując ogniwa).

Testowanie

Podłącz wyświetlacz LCD do jego złączy, podłącz zasilanie i wyreguluj kontrast wyświetlacza LCD potencjometrem VR1, aż wyświetlane znaki będą czytelne. Powinien pojawić się ekran powitalny z licznikiem czasu, a następnie główny ekran testera kabli USB. Możesz sprawdzić napięcie kontrastu na suwaku VR1. Powinno być około 1 V przy nowej baterii.

Jeśli po siedmiu sekundach pojawi się komunikat „Ready for cable”, oznacza to, że konstrukcja jest, jak dotąd, prawidłowa, a lutowanie gniazd USB nie spowodowało żadnych wykrywalnych błędów. Napięcie baterii powinno wynosić od 4,2 V do 4,8 V. Można to zweryfikować za pomocą multimetru w trybie woltomierza między punktami testowymi TP1 i TP2. Jeśli odczyt w tym miejscu jest w przybliżeniu poprawny, a wyświetlana wartość na wyświetlaczu LCD testera już nie, to oznacza, że jest jakiś problem układowy. Jeśli wszystko jest w porządku, można przejść do dalszej części konstrukcji.

Problem?

Jeśli nie ma podświetlenia wyświetlacza LCD, prawdopodobnie problem dotyczy tranzystora Q1. Jeśli można włączyć

eprasa.pl 01ef15bc7a

podświetlenie poprzez uziemienie katody diody LED (pin 16) wyświetlacza LCD, to na pewno jest to wina elementów i PCB, a nie wyświetlacza. Jeśli na wyświetlaczu pojawią się informacje UFP lub DFP, komunikaty te będą wskazywać na piny gniazda USB, które mogą być zwarte. Aby znaleźć te piny, zapoznaj się ze schematem układu i opisem na PCB,. Odłącz zasilanie, dokonaj napraw i przetestuj ponownie, aż pojawi się komunikat „Ready for cable".

Pozostałe elementy

Zamontuj trzy pozostałe kondensatory. Dwa kondensatory elektrolityczne 1000 µF i jeden 10 µF mają dodatnie (dłuższe) wyprowadzenia skierowane w prawo, zgodnie z opisem na PCB.

Umieść dwa pozostałe gniazda USB (CON3 i CON7) na właściwych pozycjach na PCB. Przylutuj kilka wyprowadzeń i upewnij się, że części płasko przylegające do płytki drukowanej i wyprowadzeń. Pomoże to dopasować gniazda do panelu przedniego. Gdy gniazda wyglądają prawidłowo, przylutuj pozostałe piny, nie żałuj cyny w punktach mechanicznych, aby zapewnić odpowiednią siłę trzymającą.

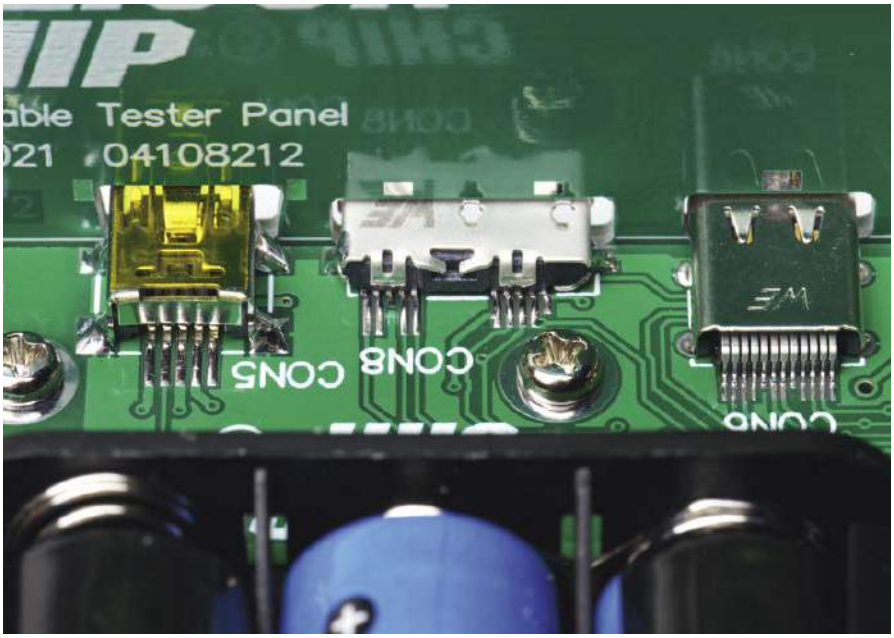
Są jeszcze dwie diody. Zamontuj pojedynczą 1N4148 w pobliżu CON4; będzie ona znajdować się pomiędzy dwoma przekaźnikami i łatwiej będzie ją zamontować przed nimi. Sprawdź, czy pasek katody jest zgodny z oznaczeniami opisu na PCB. Pozostała dioda to D3, 1N5819 w pobliżu L1.

Następnie zamontuj dwa przekaźniki, RLY1 i RLY2. Powinny mieć jeden koniec oznaczony paskiem, który będzie pasował do linii na płytce drukowanej na końcu najbliższym IC1. Jak w przypadku każdego komponentu o wielu wyprowadzeniach, przylutuj kilka pinów i sprawdź, czy urządzenie jest prawidłowo ustawione przed przylutowaniem pozostałych pinów.

Następnie zamontuj drugi MOSFET 2N7000 (Q2) w pobliżu RLY2 i Q3, większy MOSFET TO-220 z kanałem p, w pobliżu L1. Jego powierzchnia z napisami powinna być skierowana w stronę L1 z wypustką najbliżej wycięcia w płytce drukowanej. Upewnij się, że wyprowadzenia Q3 są dociśnięte do płytki, aby nie uszkodziły pokrywy obudowy.

Opcje

Pozostałe części są opcjonalne i tak naprawdę potrzebne tylko do kalibracji (która nie jest wymagana). Jednak, jak zauważyliśmy w pierwszej części artykułu, można również użyć S1 do wybudzania testera kabli USB bez podłączania kabla. Może to być przydatne, jeśli często testujesz tylko jeden koniec kabla. Łączówka UART, CON9, jest potrzebna tylko do wejścia w tryb kalibracji za pośrednictwem modułu szeregowego USB. S2 może być użyty do zerowania mikrokontrolera i szybkiego wejścia i wyjścia z trybu kalibracji.



Widok z bliska przylutowanych pinów na niektórych gniazdach USB. Tak powinny wyglądać połączenia lutowane; błyszczące, z wyraźnymi zaokrągleniami między padami PCB i pinami gniazda, bez mostków między nimi. Dla większości pinów przewidziano wydłużone pady, które znacznie ułatwiają lutowanie

JP1 i JP2 służą do kalibracji rezystancji wewnętrznego okablowania i ścieżek. Nasz plik HEX uwzględnia kalibrację z wartościami odpowiednimi dla dostarczanych przez nas elementów, więc nie ma potrzeby tego robić, jeśli budujesz go z naszego zestawu. Pozostałe dwie kalibracje dotyczą wewnętrznego napięcia referencyjnego 1,024 V mikrokontrolera i rezystancji bocznika wykrywającego prąd. Wewnętrzne napięcie odniesienia jest określone jako dokładne w zakresie ±4%, więc tester kabli USB będzie doskonale funkcjonował bez kalibracji, ale będzie nieco dokładniejszy, jeśli zostanie ona przeprowadzona.

Rezystancja rezystora czujnika prądu powinna mieścić się w zakresie 1% i nie będzie wymagana regulacja. Mierzone napięcie wynosi około 100 mV z rozdzielczością 1 mV, więc rezystancja bocznika wymaga regulacji tylko wtedy, gdy nie można użyć określonej rezystancji bocznika.

Rezystory od 100 mΩ do 500 mΩ powinny działać, chociaż testowaliśmy tylko określoną rezystancję 220 mΩ. Niższe wartości zapewnią mniejszą dokładność, podczas gdy wyższe wartości zmniejszają zapas do pomiaru spadku napięcia w kablach. Ponieważ opcjonalne elementy również wchodzą w skład naszego zestawu, równie dobrze możesz zamontować je wszystkie. Zamontuj CON9 z pinami skierowanymi do góry; pozwoli to na podłączenie pary przewodów między konwerterem USB-serial a płytką drukowaną. Zamontuj złącza kołkowe JP1 i JP2, ale na razie nie wkładaj zworek lub podłącz je tylko do jednego pinu złącza kołowego.

S2 przylega płasko do PCB, ponieważ jest używany tylko do konfiguracji i kalibracji. Nie powinien być dostępny podczas normalnego użytkowania. Umieść go w padach i upewnij się, że płasko przylega do PCB przed lutowaniem. Jeśli chcesz udostępnić S1 do użytku po kalibracji, musisz wywiercić dodatkowy otwór pokazany na rys.4 i zamontować S1 nad płytką drukowaną, w pobliżu górnego panelu.

Aby dostosować odpowiednie wysokości, przymocuj główną płytkę drukowaną do obudowy za pomocą jednej śruby w każdym rogu. Użyj odcinków ocynowanego drutu miedzianego, aby przymocować S1 do PCB. Wyrównaj S1 do wewnętrznej górnej części panelu przedniego za pomocą taśmy lub masy „Blu-Tack", a następnie, po umieszczeniu pokrywy na górze, przylutuj jeden lub więcej przewodów na miejscu. To wystarczy, aby prawidłowo zorientować S1.Usuń taśmę i pokrywę. Dzięki lepszemu dostępowi można dodać większą liczbę przewodów, aby zabezpieczyć przełącznik we wszystkich czterech rogach. Od Red. EdW: w miejsce gimnastyki proponowanej przez Autora, sugerujemy użyć tact switch-a z odpowiednio wysokim pinem wyzwalającym (te elementy dostępne są z klawiszem o różnych wysokościach).

eprasa.pl 01ef15bc7a

Jeśli nie potrzebujesz zewnętrznego dostępu do S1, możesz go po prostu przylutować płasko do PCB, tak jak S2. Na tym kończy się lutowanie testera kabli USB. Dokładnie sprawdź jakość montażu, a następnie podłącz wyświetlacz do jego gniazda.

Kalibracja

Jeśli chcesz przeprowadzić kalibrację, podłącz konwerter USB-serial do CON9 za pomocą zworki. Jeśli używasz konwertera CP2102 (tak jak my), pin oznaczony TXD na konwerterze łączy się z R na płytce drukowanej. GND na konwerterze łączy się z „–" na płytce drukowanej. Należy podłączyć tylko jedną linię danych, ponieważ tester kabli USB wyświetla monity i odpowiedzi na wyświetlaczu LCD zamiast na terminalu szeregowym.

```
   SILICON CHIP    4
 USB CABLE TESTER
ESC on UART for cal.
```

Ekran 1. Po resecie wyświetlany jest monit o kalibrację. Ten ekran powitalny jest wyświetlany przez siedem sekund. Tryb kalibracji jest włączany, jeśli w tym czasie tester kabli USB odbierze znak ESC ze złącza portu szeregowego CON9

```
Calibration:     4.54V
1:VREF (mV):      1024
2:Shunt (mΩ):      220
3:Contact (mΩ):     50
```

Ekran 2. Ekran kalibracji ma cztery opcje, do których dostęp uzyskuje się poprzez wysłanie znaku 1, 2, 3 lub 4. Wysłanie „Ctrl-C" w dowolnym momencie spowoduje wyjście z trybu kalibracji. Zmierzone napięcie baterii jest wyświetlane w prawym górnym rogu w celu ułatwienia kalibracji

```
Enter value:     4.54V
VREF (mV):
  1023_
```

Ekran 3. Każdy parametr liczbowy kalibracji jest wprowadzany w systemie dziesiętnym. Wartość można zaakceptować, naciskając *Enter* (CR, kod ASCII 13) lub anulować, naciskając *ESC*. Ostatnie naciśnięcie klawisza można usunąć za pomocą klawisza *delete* lub *backspace*

```
Enter value:     4.54V
VREF (mV):
  1023_
Confirm (Y/N)?
```

Ekran 4. Przed zapisaniem wprowadzonej wartości w pamięci EEPROM wyświetlany jest monit o potwierdzenie. Aby odpowiedzieć na ten monit, należy wpisać wielkimi lub małymi literami „Y" lub „N"

```
Saving
VREF (mV):
  1023
```

Ekran 5. Informacja o zapisywaniu wartości w pamięci EEPROM jest wyświetlana jako ostatnia przed powrotem do głównego ekranu kalibracji

```
CABLE INSERTED:OK
Power only       0+ 0-
UFP and DFP OK.
  62mV at 1A:    62mΩ
```

Ekran 6. Po założeniu zworek JP1 i JP2 zgłaszana jest tylko wewnętrzna rezystancja testera. Wartość na dole ekranu to rezystancja styku. Podobny ekran jest widoczny, gdy do testowania jest podłączony kabel używany tylko do zasilania

```
 USB CABLE TESTER
 Ready for cable.
Battery: 4.7V      7s
```

Ekran 7. Po zakończeniu kalibracji wyświetlany jest główny ekran bezczynności, chyba że do portów jest podłączony kabel. Zgłaszany jest stan baterii, a zegar uśpienia odlicza 10 sekund przed przejściem w tryb uśpienia o niskim poborze mocy

```
CABLE INSERTED:OK
USB 3.2x2        0+ 0-
Check DFP and UFP.
 164mV at 1A:   164mΩ
```

Ekran 8. Typowy wynik testu kabla USB-C do USB-C pokazuje to, czego oczekuje się od w pełni kompatybilnego kabla USB 3.2 z dwoma liniami *SuperSpeed*, co oznacza, że ma on parę USB 2.0 D+/D–, a także przewody *SuperSpeed*

```
CABLE INSERTED:Fault
USB 2.0          0+ 1-
Opens:GND.
High resistance
```

Ekran 9. Tester kabli wyświetli różne informacje o uszkodzonym kablu, m.in. o tym, jaki powinien być i jakie problemy może mieć. Tutaj, rozwarta linia GND oznacza, że kabel nie będzie działał, nawet do ładowania

```
CABLE INSERTED:OK
USB 3.2x2-2.0    0+ 0-
Check DFP and UFP.
 169mV at 1A:   169mΩ
```

Ekran 10. Ponieważ kable USB-C są odwracalne, konieczne jest przetestowanie ich w obu orientacjach. Jeśli ten ekran jest widoczny, bieżąca orientacja nie łączy pary D+/D– i należy wypróbować inną orientację

eprasa.pl 01ef15bc7a

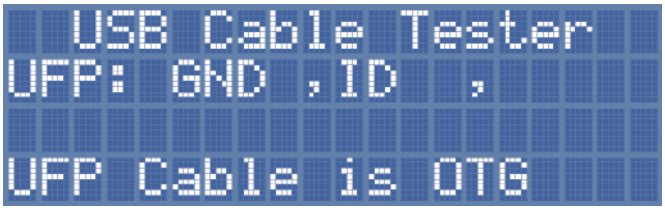
Otwórz program terminala szeregowego (np. TeraTerm) i połącz się z konwerterem USB-serial z prędkością 9600 bodów, 8 bitów, bez parzystości, jeden bit stopu (8N1). Nie ma znaczenia, czy konwerter USB-serial ma sygnały 3,3 V czy 5 V. Rezystor 1 kΩ ograniczy przepływ prądu, a układ IC1 rozpozna poziomy logiczne w tym zakresie. Teraz włącz zasilanie płytki drukowanej testera kabli USB. Po wyświetleniu monitu pokazanego na ekranie 1 naciśnij przycisk *ESC* na terminalu szeregowym. Jeśli komunikacja działa prawidłowo, powinien zostać wyświetlony ekran 2. Jeśli nie, aby uzyskać monit o ponowne naciśnięcie *ESC* należy sprawdzić okablowanie i wyzerować mikrokontroler przełącznikiem S2.

Na ekranie 2 można nacisnąć 1, 2, 3 lub 4 na terminalu, aby zmienić wyświetlaną wartość, jak pokazano na ekranie 3, po czym pojawi się monit o potwierdzenie zmiany (ekran 4) za pomocą „Y" lub „N". Jeśli naciśniesz „Y", zobaczysz ekran 5.

Aby skalibrować wartość VREF, zmierz napięcie zasilania między TP1 i TP2 i porównaj je z wyświetlanym napięciem pokazanym w prawym górnym rogu. Wewnętrzne napięcie odniesienia jest odwrotnie proporcjonalne do wyświetlanego napięcia. Jeśli więc wyświetlane napięcie jest o 1% za wysokie (na przykład), należy zwiększyć wartość VREF o 1% jego bieżącej wartości. Ponieważ wewnętrzne źródło napięcia odniesienia ma dokładność do 4%, nie powinno być konieczne zwiększanie lub zmniejszanie tej wartości o więcej niż 40 punktów.

Inna metoda opiera się na tym, że błąd 0,01 w wyświetlanym napięciu (tj. 10 mV) odpowiada około 2,1 krokom VREF. Jeśli więc wyświetlana wartość wynosi 4,68 V zamiast 4,65 V, należy dodać 6 punktów do wartości VREF.

Nominalna wartość bocznika powinna być wystarczająco dokładna. Rezystancję bocznika można zmierzyć w dowolnym momencie, gdy przekaźniki są nieaktywne (cały czas w trybie kalibracji) i nie są podłączone żadne kable. Pomiaru należy dokonać pomiędzy TP1 i TP3. Aby skalibrować rezystancję styku przekaźnika, użyj opcji 3, aby ustawić ją na 0 mΩ. Następnie wyjdź z trybu kalibracji naciskając „Ctrl-C" na terminalu lub zerując mikrokontroler. Podłącz zworki bocznikujące do JP1 i JP2. Spowoduje to symulację podłączenia kabla tylko do zasilania i powinien zostać wyświetlony ekran podobny do ekranu 6. Zanotuj pokazaną wartość rezystancji, a następnie usuń boczniki. Ponownie wyzeruj mikrokontroler i wróć do trybu kalibracji z *ESC* na terminalu. Zapisz zanotowaną wartość jako rezystancję styku i zakończ kalibrację.



Ekran 11. Typowym zastosowaniem testów kabli single-ended jest sprawdzenie, czy kable OTG prawidłowo uziemiają pin ID. Tutaj widzimy, że tak jest, z konkretnym komunikatem podanym w dolnej linii

Jeśli ponownie podłączysz JP1 i JP2, powinieneś zobaczyć wartość bardzo bliską zeru.

Na tym etapie można wypróbować tester kabli USB na dowolnych kablach USB, które zapewne masz w pobliżu. Więcej informacji można znaleźć w sekcji „Użytkowanie".

Montaż końcowy

Wyłącz zasilanie urządzenia, wyjmując ogniwa, odłącz wyświetlacz LCD i ponownie przymocuj go do pokrywy, jak opisano wcześniej. Umieść płytkę PCB płyty przedniej nad gniazdami USB znajdującymi się na głównej PCB i wsuń parę płytek PCB na miejsce w podstawie obudowy. Przymocuj płytkę PCB testera do obudowy za pomocą ośmiu wkrętów samogwintujących.

Po wewnętrznej stronie płytki drukowanej panelu przedniego znajdują się pola lutownicze, więc panel ten można przymocować do głównej płytki drukowanej, lutując te pola do gniazd USB. Uchwyt baterii może mieć otwory na śruby, ale aby uniknąć uszkodzenia spodu obudowy, zalecamy przyklejenie go silikonem o neutralnym utwardzaniu lub klejem budowlanym. Jeśli użyjesz śrub, zamontuj samoprzylepne gumowe nóżki na spodzie obudowy, aby zapobiec zarysowaniu powierzchni przez śruby.

Wsuń tylny panel dostarczony z obudową na miejsce, a następnie zamontuj ogniwa. Ostrożnie umieść pokrywę obudowy, wyczuwając, że złącze LCD ustawia się na swoim miejscu. Jeśli urządzenie nie zostało uśpione, podświetlanie LCD może się zaświecić, ale wyświetlacz nie będzie wyświetlał czytelnych komunikatów, ponieważ kontroler LCD nie został prawidłowo zainicjowany. Poczekaj, aż urządzenie przejdzie w stan uśpienia (podświetlenie LCD zgaśnie), a następnie podłącz kabel (lub naciśnij S1), aby je wybudzić. Powinno to ponownie zainicjować wyświetlacz LCD i powinieneś zobaczyć jeden z ekranów raportowania kabli (lub ekran bezczynności). Jeśli tak jest, wszystko jest w porządku i można zabezpieczyć dwie części obudowy za pomocą dwóch dołączonych śrub.

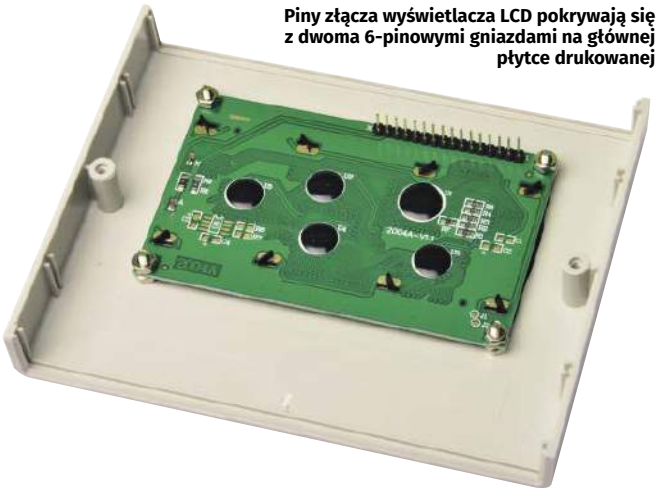
Użytkowanie

Ekrany 7...11 pokazują tester kabli USB w użyciu. Ekran 7 jest widoczny w stanie bezczynności. Pokazuje on stan baterii i czas do przejścia urządzenia w tryb uśpienia o niskim poborze mocy. Ekran ten jest wyświetlany, gdy urządzenie jest aktywne, ale nie wykryto żadnego kabla.

Po podłączeniu kabla powinien zostać wyświetlony pełny ekran diagnostyczny (ekran 8). W pierwszym wierszu pokazana jest ogólna ocena pozytywna/negatywna kabla. W drugim wierszu wyświetlana jest informacja o rodzaju zidentyfikowanego kabla USB oraz liczba wykrytych zwarć (+) i przerw (–). W przypadku wyniku OK obie wartości wynoszą zero. W trzecim wierszu są wyświetlana bardziej szczegółowe informacje w zależności od wyników testu, wymieniając przewody związane z wykrytymi

REKLAMA

eprasa.pl 01ef15bc7a



Piny złącza wyświetlacza LCD pokrywają się z dwoma 6-pinowymi gniazdami na głównej płytce drukowanej

zwarciami lub przerwami. Tekst może być przewijany, jeśli nie mieści się w jednej linii.

Jak pokazano na ekranie 11, wyniki testów UFP i DFP są podsumowane, dzięki czemu można przeprowadzić testy single-ended. Odbywa się to poprzez odłączanie jednego końca kabla, pozostawiając podłączony tylko UFP lub DFP. Często zdarza się, że testy DFP i UFP wykrywają zwarcie GND do ekranu (powłoki ochronnej gniazda). Ma to miejsce w przypadku niektórych kabli USB-C i nie wydaje się powodować żadnych problemów.

Ostatni wiersz zawiera podsumowanie wyników testu impulsu prądowego. Dla kabli w dobrym stanie można oczekiwać wartości około 200 mΩ. Do około 500 mΩ mogą one działać dobrze, zwłaszcza przy niewielkich obciążeniach; wyższe wartości wskazują na kabel, który może powodować problemy.

Można przetestować kombinacje kabli, np. gdy kabel jest uzupełniony o przedłużacz USB. Jednakże, jak już wspomnieliśmy, tester kabli USB nie testuje integralności szybkiego sygnału. Jeśli chcesz sprawdzić przedłużacz USB, najpierw przetestuj kabel z wtyczką, która będzie pasować do niego na jednym końcu (tj. typu A lub typu C) i typu B lub typu C na drugim; najlepiej typ USB 3.2 *SuperSpeed*, chociaż nadal możesz wykonać test, jeśli go nie masz. Sprawdź, czy kabel jest dobry i zanotuj jego typ i rezystancję. Następnie podłącz ten kabel do przedłużacza i przetestuj połączenie. Aby zmierzyć rezystancję przedłużacza odejmij odczyt rezystancji zanotowany wcześniej od nowego odczytu.

Ekran 9 zawiera informacje wyświetlane gdy kabel jest uszkodzony – wskazuje to pierwsza linia. W drugim wierszu znajduje się najbliższy „działający" typ kabla do tego, który został wykryty, a także liczba występujących błędów; w tym przypadku „1–" oznacza, że jest to najprawdopodobniej kabel USB 2.0, ale z otwartym obwodem jednej żyły. Trzecia linia wskazuje, że otwarty przewód jest przewodem GND, więc jest mało prawdopodobne, aby w ogóle działał. Komunikat „Wysoka rezystancja" jest wyświetlany tylko wtedy, gdy kabel nie jest w stanie przewodzić najniższego prądu testowego 100 mA.

Sytuacja przedstawiona na ekranie 10 wymaga wyjaśnienia. Przewody USB-C mają tylko jedną parę D+/D– (przewody wymagane do starszego połączenia USB 2.0), ale można je podłączyć na dwa sposoby, a niektóre orientacje kabli nie wykrywają tej pary. W tym przypadku wyświetlane jest oznaczenie USB 3.2×2-2.0. Oznacza to, że dwa tory *SuperSpeed* wymagane do połączenia USB 3.2 są wykrywane, ale przewody USB 2.0 nie są wykrywane. W przypadku tych kabli należy wypróbować każdą wtyczkę USB-C w obie strony (obróconą o 180°). Jeśli tylko jeden koniec ma USB-C, przeprowadź test w jedną stronę i odwróć go, aby wypróbować drugi koniec. Jeśli masz USB-C na obu końcach, odwróć jeden koniec, odwróć drugi, a następnie odwróć pierwszy koniec z powrotem; przetestuje te wszystkie cztery kombinacje orientacji wtyczki. Powinieneś otrzymać wynik USB 3.2×1 lub USB 3.2×2 tylko dla jednego z tych testów, ze wskazaniem USB 3.2×1-2.0 lub USB 3.2×2-2.0 dla pozostałych. Chyba że twój kabel ma dodatkową parę D+/D–, która jest niestandardowa, ale nadal może działać na niektórych urządzeniach. Jeśli wszystkie kombinacje wskazują na USB 3.2×1-2.0 lub USB 3.2×2-2.0, to istnieje problem z brakiem lub przerwą w obwodzie pary D+/D–. Oznaczenie ×1 oznacza obecność jednego toru *SuperSpeed*, podczas gdy ×2 oznacza dwa tory, co jest możliwe tylko w przypadku kabla USB-C do USB-C.

Na ekranie 11 jest wyświetlony typowy wynik testu tylko UFP. Jeśli zwarcia zostaną wykryte jednocześnie w UFP i DFP, ale nie zostanie wykryta ciągłość między dwoma końcami, wówczas ekrany UFP i DFP będą wyświetlane naprzemiennie. Oznacza to albo poważną awarię kabla, albo (co bardziej prawdopodobne) podłączenie dwóch różnych kabli.

Ekran 11 jest wyświetlany, gdy jeden koniec kabla OTG został podłączony. Czwarta linia pokazuje komunikat specyficzny dla tego przypadku – wykryto, że przewody GND i ID są podłączone. Na tym ekranie wyświetlane są tylko zwarcia, ponieważ zwykle nie powinno być żadnych połączeń między pinami. Jeśli na liście znajdują się cztery lub więcej pinów, nie wszystkie mogą być zwarte razem, ale wszystkie będą zwarte do co najmniej jednego innego pinu. Można wyświetlić do 11 przewodów, więc może być ich więcej niż pokazano, jeśli ekran jest pełny. Pamiętaj również, że zawsze musisz podłączyć kabel między jednym z UFP a jednym z DFP. Na przykład zwykły kabel USB-A do USB-C można podłączyć do dwóch gniazd DFP, ale nie da to znaczącego wyniku; koniec USB-C należy zamiast tego podłączyć do gniazda UFP.

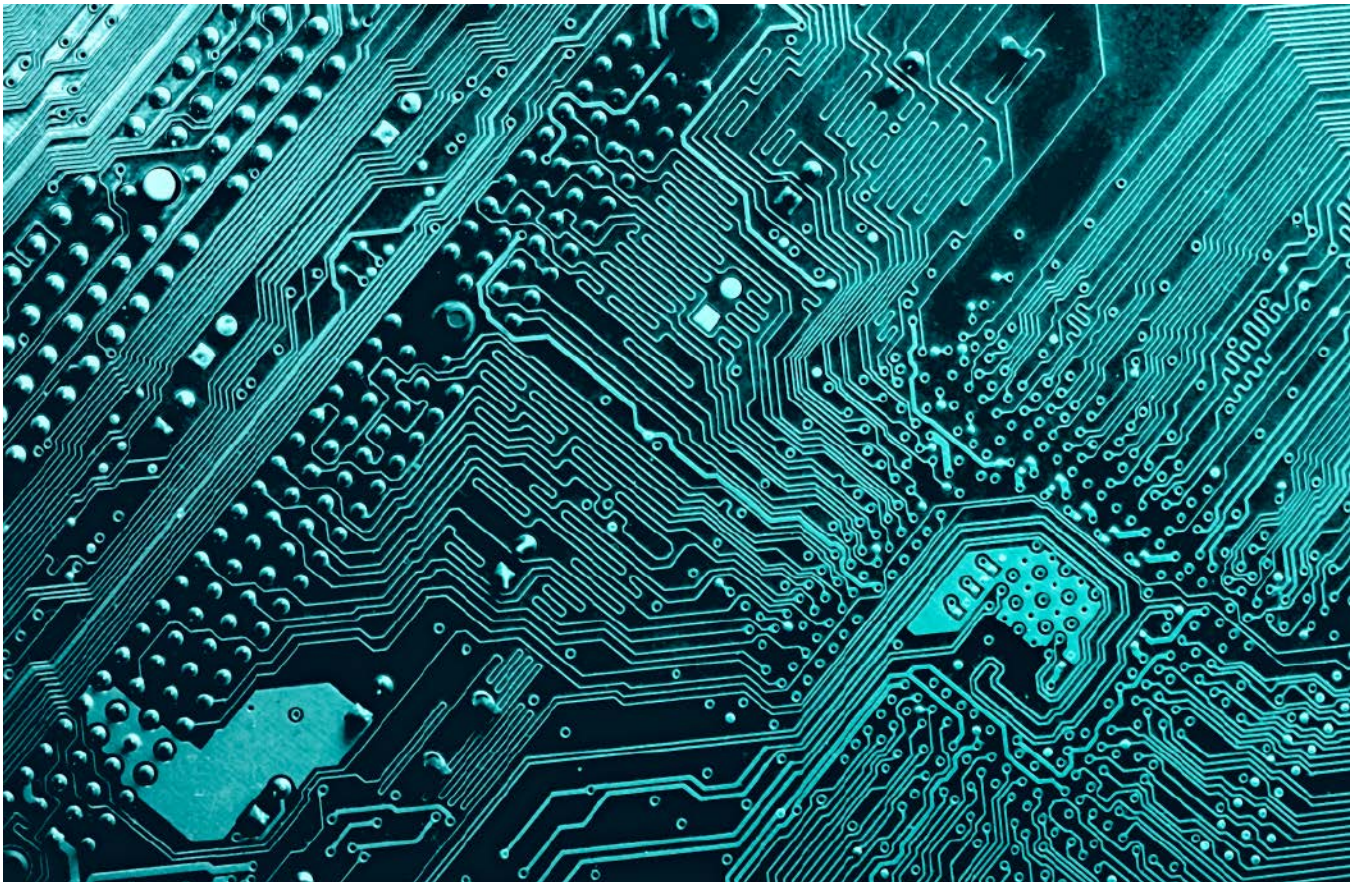
Podsumowanie

Tester kabli USB to urządzenie wszechstronne i łatwe w użyciu. Za jego pomocą możesz teraz posortować wszystkie stare kable USB i sprawdzić, czy warto je zachować. Z prądem uśpienia 30 µA, urządzenie to będzie szczęśliwie leżało przez lata na półce, zawsze gotowe do pomiarów. Aby nadać mu ostateczny szlif, możesz ostrożnie nałożyć trochę białego akrylu (lub podobnej farby na bazie wody) na tekst w postaci zagłębienia z przodu ramki LCD. Nadmiar należy wytrzeć wilgotną szmatką i pozostawić do wyschnięcia. ■

Tim Blythman

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

eprasa.pl 01ef15bc7a



Usługi produkcyjne dla elektroników w ofercie PCBWay

Elektronika to jedna ze specyficznych dziedzin współczesnej techniki, charakteryzująca się szczególnymi wymaganiami produkcyjnymi. W ramach procesu wytwarzania urządzeń – zarówno pojedynczych prototypów do zastosowań amatorskich, jak i masowych serii produktów udostępnianych na rynku – konieczne jest podejście interdyscyplinarne, łączące nie tylko produkcję i montaż obwodów drukowanych, ale także konstrukcję obudów oraz – często – innych elementów mechanicznych. Firma PCBWay oferuje kompleksowe usługi obejmujące wszystkie te obszary, a bogactwo technologii i rozbudowany park maszynowy zapewniają rozwiązania optymalne dla różnorodnych klientów, w tym firm produkcyjnych, działów badawczo-rozwojowych, instytucji publicznych, a nawet – co zdecydowanie najważniejsze z punktu widzenia Czytelników EdW – pasjonatów elektroniki.

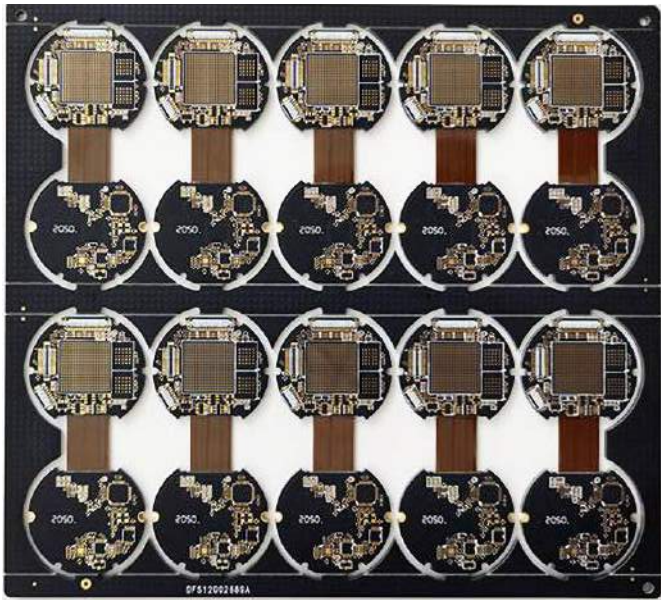
Fundamentem każdego współczesnego urządzenia elektronicznego jest płytka drukowana. Technologia PCB rozwija się intensywnie już od kilkudziesięciu lat, a niemal z roku na rok – w miarę formułowania coraz wyższych wymagań w zakresie miniaturyzacji i zwiększania osiągów pod względem elektrycznym (m.in. z uwagi na rosnącą częstotliwość taktowania procesorów oraz pamięci) – wzrasta liczba kolejnych, coraz poważniejszych wyzwań, którym muszą stawiać czoła producenci PCB. Jeszcze kilkanaście lat temu wyprodukowanie nawet kilku prostych, 2-stronnych obwodów drukowanych wiązało się z relatywnie sporymi kosztami – szczególnie dotkliwymi w przypadku amatorów elektroniki oraz małych lub początkujących firm. Obwody wielowarstwowe jawiły się w tej sytuacji jako swoisty luksus, zarezerwowany tylko dla odbiorców o zasobnym portfelu – i siłą rzeczy były stosowane tylko w przypadkach absolutnej konieczności.

Warunki uprawiania elektronicznego „fachu" zmieniły się diametralnie po wkroczeniu na rynek firmy PCBWay – czołowego dostawcy obwodów drukowanych oraz usług w zakresie szybkiego prototypowania obudów i elementów mechanicznych. Dziś oferta firmy zawiera pięć głównych usług obejmujących pełen wachlarz możliwości produkcyjnych (**rysunek 1**).

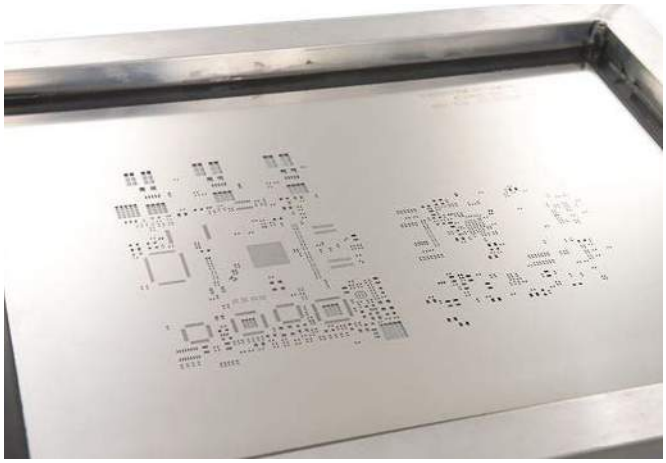
1. **Standard PCB** – o ile w przypadku wielu rodzimych producentów pojęcie „standardowych płytek drukowanych" sprowadza się

eprasa.pl 01ef15bc7a

Rysunek 1. Oferta PCBWay w zakresie usług produkcyjnych dla branży elektronicznej



Fotografia 1. Przykładowe obwody sztywno-giętkie



Fotografia 3. Przykładowy szablon do nakładania pasty lutowniczej

do wytwarzania obwodów dwuwarstwowych, to w PCBWay ta część oferty obejmuje konstrukcje 1-, 2-, 4-, 6-, 8-, 10-, 12-, a nawet 14-warstwowe, wytwarzane na bazie laminatów o charakterystyce (do wyboru) TG130-140, TG150-160, TG170-180, S1000H TG150 lub S100-2M TG170. Mało tego – w zakres zamówień „standardowych" wchodzą nawet płytki drukowane na podłożach aluminiowych, miedzianych oraz specjalistycznych laminatach RF marki Rogers (4003C lub 4350B). Co więcej, dla inżynierów i operatorów parku maszynowego PCBWay problemu nie stanowią nawet rozbudowane obwody HDI z przelotkami zagrzebanymi i ślepymi – a wciąż mówimy tutaj tylko o zakładce „Standard PCB"!

2. **Advanced PCB** – tutaj do dyspozycji użytkownika są opcje zamawiania produkcji płytek drukowanych o potężnym stopniu złożoności – stos może liczyć nawet 60 warstw, a lista używanych materiałów bazowych obejmuje nawet specjalne laminaty mikrofalowe na pasmo dochodzące do 25 GHz. Ofertę w tym zakresie uzupełnia szeroki wachlarz dostępnych grubości miedzi (nawet 20 oz), rodzajów pokryć, a także usług dodatkowych – PCBWay jest w stanie wyprodukować m.in. półotwory lutownicze typu *castallated holes*, wbudowane bloki chłodzące (*copper coins*), wnęki frezowane w osi Z, czy też metalizacje krawędzi.
3. **FPC/Rigid-Flex** – firma PCBWay wytwarza nie tylko obwody na podłożach sztywnych, ale także płytki elastyczne i sztywno-giętkie (**fotografia 1**) nawet do 16 warstw. Możliwe jest dostosowanie zamówienia do potrzeb określonej aplikacji, m.in. poprzez dodanie warstwy samoprzylepnej 3M lub Tesa, ekranowania taśmy połączeniowej czy też niestandardowych usztywnień częściowych.
4. **Assembly** – PCBWay oferuje kompleksowe usługi w zakresie montażu obwodów drukowanych, zarówno w technologii SMT (**fotografia 2**), jak i THT. Pod względem logistycznym dostępne są trzy formy współpracy, różniące się sposobem rozdzielenia łańcucha dostaw pomiędzy Klienta oraz dział zaopatrzenia PCBWay.
5. **SMD-Stencil** – oprócz kompletnych usług EMS, obejmujących produkcję PCB oraz montaż docelowych obwodów drukowanych, PCBWay wytwarza także wycinane laserowo szablony do nanoszenia pasty lutowniczej (**fotografia 3**). Do wyboru są zarówno wersje z ramą, jak i pozbawione tego rodzaju nośnika – dzięki temu każdy odbiorca może dobrać odpowiedni szablon do posiadanego modelu drukarki. Dostępne grubości blachy stalowej mieszczą się w przedziale od 0,08 mm do nawet 0,3 mm.

Fotografia 2. PCBWay oferuje kompleksowe usługi produkcji i montażu obwodów drukowanych

Mechanika w PCBWay, czyli usługi szybkiego prototypowania obudów (i nie tylko)

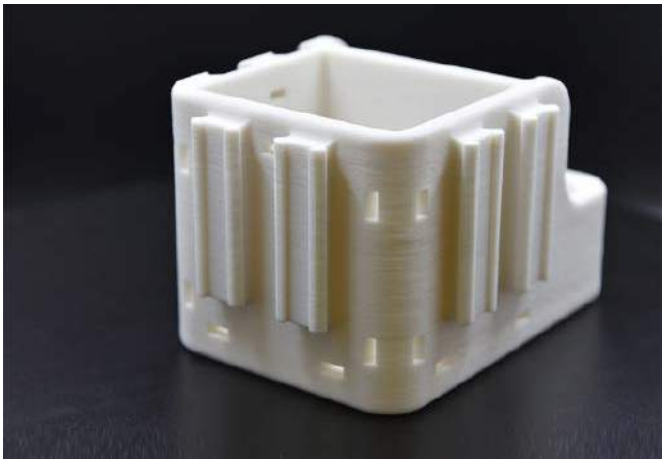
Rozległy i zróżnicowany park maszynowy firmy PCBWay umożliwia realizację nawet najbardziej złożonych zleceń w zakresie mechaniki precyzyjnej oraz szybkiego prototypowania detali mechanicznych. Ten segment oferty można podzielić na cztery główne podzakresy (**rysunek 2**):

1. **CNC machining** – PCBWay świadczy usługi w zakresie obróbki skrawaniem (**fotografia 4**) rozmaitych materiałów, takich jak m.in. aluminium, stal nierdzewna, miedź, tytan, tworzywa sztuczne

eprasa.pl 01ef15bc7a

Rysunek 2. Oferta PCBWay w zakresie usług szybkiego prototypowania i produkcji seryjnej detali mechanicznych

Fotografia 4. Przykładowe detale wykonane za pomocą 3- i 5-osiowych frezarek CNC



Fotografia 5. Przykładowy wydruk 3D z materiału PA12 (Nylon)

(ABS, polipropylen, teflon, POM i inne), a także bakelit, laminat FR4 czy guma.

2. **Sheet metal** – w przypadku projektów wymagających obudowy wykonanej z blachy stalowej, miedzianej lub aluminiowej (a także niektórych materiałów niemetalicznych) PCBWay może wykonywać precyzyjne detale z blachy giętej i ciętej laserowo, poddawane także obróbce końcowej wg zaleceń klienta (np. wykończenie powierzchni, gwintowanie otworów, znakowanie laserowe itp.).
3. **3D printing** – firma PCBWay udostępnia swoim odbiorcom najnowocześniejsze technologie druku 3D, w tym druk filamentowy (FDM), żywiczny (SLA, PolyJet), a także proszkowy (SLS, MJF, DLMS). Baza standardowych materiałów obejmuje kilkadziesiąt typów filamentów, żywic i proszków, a usługi postprocessingu pozwalają na wykonywanie znakowania laserowego, czy też montażu wkładek gwintowanych. Przykładowy detal uzyskany dzięki technologii druku 3D można zobaczyć na **fotografii 5**. Warto dodać, że PCBWay oferuje także usługi inspekcji wytwarzanych detali, co znacząco podnosi jakość produktów końcowych dostarczanych do klientów (**fotografia 6**).
4. **Injection molding/vacuum casting** – w przypadku produkcji wielkoseryjnej szybkie metody prototypowania (w tym przede wszystkim druk 3D) okazują się już niewystarczające. W takich aplikacjach PCBWay rekomenduje produkcję form wtryskowych i form do odlewania próżniowego, zapewniających wszystkie korzyści technologiczne nieosiągalne w przypadku innych technik wytwarzania detali mechanicznych – w tym przede wszystkim niski koszt jednostkowy produkcji oraz doskonałe wykończenie powierzchni, niewymagające zwykle dodatkowej obróbki (np. polerowania czy szlifowania).

Podsumowanie

Współczesny przemysł elektroniczny narzuca konieczność interdyscyplinarnego spojrzenia na zagadnienie produkcji urządzeń. Oferta PCBWay jest skierowana zarówno do dużych i średnich odbiorców komercyjnych, jak i małych firm, startupów, a nawet pasjonatów – co ważne, w każdym przypadku klienci mogą liczyć nie tylko na krótkie terminy realizacji zamówień, ale także możliwość śledzenia postępów realizacji zleceń w czasie rzeczywistym, całodobowe wsparcie ze strony działu obsługi klienta, a nade wszystko – najwyższą jakość finalnych produktów. Rozbudowany i stale rozwijający się park maszynowy plasuje firmę PCBWay w ścisłej czołówce przedsiębiorstw świadczących outsourcing produkcji PCB, szablonów SMT i detali mechanicznych, a także oferujących kompleksowe usługi EMS w pełnym zakresie zadań związanych z wytwarzaniem urządzeń elektronicznych. ■

www.pcbway.com

Fotografia 6. Stanowisko kontroli jakości detali wytwarzanych metodą druku 3D

eprasa.pl 01ef15bc7a

Potencjał elektryczny

Potencjał elektryczny jest pojęciem trudnym do wyjaśnienia bez użycia matematyki. Ten artykuł próbuje wyjaśnić to pojęcie z pomocą klasycznej mechaniki.

Jaki jest potencjał elektryczny?

Mechaniczny odpowiednik

Aby zrozumieć pojęcie potencjału elektrycznego, należy powrócić do mechaniki klasycznej. Jeśli podniesiesz kulę z ziemi i uniesiesz ją na wysokość jednego metra, musisz wykonać pracę lub zużyć energię. Energia ta jest niejako zmagazynowana w kuli, ponieważ jeśli ją puścimy, spadnie, co oczywiście również wymaga energii. Energia, która jest potencjalnie obecna w kuli (lub jakimkolwiek innym obiekcie) nazywana jest energią potencjalną. Obiekt jest w stanie dostarczyć energię, gdy zostaną stworzone ku temu odpowiednie warunki.

Formuły w tym artykule

Mnożenie: znak mnożenia jest reprezentowany przez kropkę pomiędzy czynnikami:

$$a \cdot b = c$$

Dzielenie: znak dzielenia przez jest reprezentowany przez ukośnik:

$$a/b = c$$

Elektryczna energia potencjalna

Ze względu na fizyczne znaczenie pojęcia energii poszukiwano możliwości wprowadzenia tego pojęcia do teorii elektryczności. Rozumowanie to wyjaśniono na poniższym rysunku. Załóżmy, że gdzieś w przestrzeni znajduje się pole elektryczne, które można oczywiście zdefiniować za pomocą natężenia pola elektrycznego E. Załóżmy teraz, że ładunek elektryczny q_0 jest umieszczony w tym polu w punkcie A. Ładunek ten doświadczy siły Coulomba, która jest wyrażona wzorem:

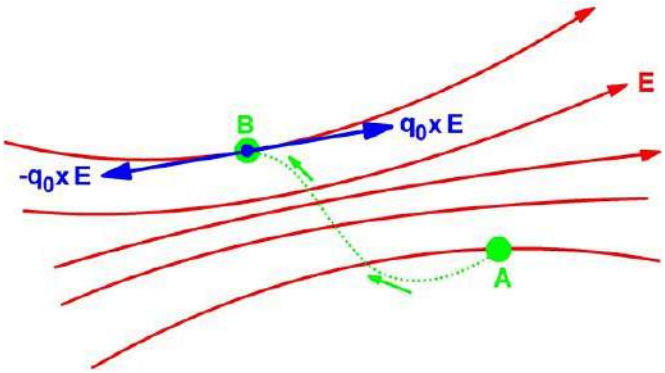
$$F = q_0 \cdot E$$

Aby przemieścić ładunek z punktu A do punktu B, do ładunku należy przyłożyć przeciwną siłę −F. Zgodnie z ogólnymi prawami mechaniki, praca do tego wymagana może być wyrażona tak:

$$W = -F \cdot s$$

Gdzie s jest funkcją wektorową opisującą odległość przebytą przez ładunek.

W mechanice klasycznej, jeśli na spadającym ciele wykonamy pewną pracę wbrew sile grawitacji oddziałującej na to ciało, jego energia potencjalna wzrośnie o wartość wykonanej pracy W. Analogicznie jeśli na ładunku q_0 wykonana zostanie określona praca w kierunku przeciwnym, niż oddziałuje na ten ładunek pole elektryczne, ten ładunek również zyska pewną energię potencjalną równą wykonanej pracy W. Ten wzrost energii potencjalnej ładunku nazywany jest elektrycznym potencjałem ładunku. Ta elektryczna energia potencjalna jest reprezentowana przez symbol U, a różnica energii między stanem w punkcie B i w punkcie A przez ΔU.



Definicja pojęcia potencjału elektrycznego (© 2017 Jos Verstraten)

Co oznacza grecka litera Δ (delta)?

Δ to grecka litera wymawiana jako delta. W matematyce i fizyce Δ jest zawsze używane do wyrażania niewielkich różnic w wartości jednej i tej samej wielkości.

Różnica potencjałów elektrycznych, wolty

Od potencjału do napięcia

Tę różnicę w energii potencjalnej można wyrazić (w uproszczonej formie bez użycia rachunku całkowego) wzorem:

$$\Delta U = UB - UA = -[q_0 \cdot E \cdot s]$$

Obecnie nie interesuje nas energia potencjalna wymagana do przemieszczenia danego ładunku w polu elektrycznym. O wiele bardziej interesujące jest poznanie energii potencjalnej wymaganej na jednostkę ładunku. Wielkość ta jest wyrażana symbolem V i zależy wyłącznie od właściwości pola elektrycznego. Praca i energia są wielkościami skalarnymi, tj. bez kierunku wektorowego, więc różnica potencjałów elektrycznych jest również jednostką czysto skalarną. Jako jednostkę wybrano wolt (V), który odpowiada niutonometrom na kulomb. Ponieważ Nm jest zwykle zastępowany przez dżul, jednostkę różnicy potencjałów elektrycznych można również zapisać jako J/C.

Definicja wolta

Powyższe stwierdzenia można podsumować krótko i dobitnie. Jeśli między dwoma miejscami w polu elektrycznym występuje różnica potencjałów wynosząca 1 V, przemieszczenie ładunku o wartości jednego kulomba z jednego punktu do drugiego wymaga jednego dżula energii. Odwrotnie, można oczywiście powiedzieć, że 1V reprezentuje ilość energii, jaką dominujące pole elektryczne musi wywierać, aby przesunąć ładunek jednostkowy z jednego punktu do drugiego. Obie definicje uzupełniają się, ale druga oczywiście znacznie lepiej wyraża, że pojęcie potencjału elektrycznego lub napięcia elektrycznego jest w zasadzie niczym więcej niż wskazaniem ilości wytworzonej energii.

Nowa definicja natężenia pola elektrycznego

Natężenie pola elektrycznego E zostało zdefiniowane jako współczynnik proporcjonalności między ładunkiem Q a siłą F wywieraną na ładunek:

$$F = E \cdot Q$$

z czego wynika:

$$E = F/Q$$

Jeśli przemieszczamy ładunek Q z punktu A do B i między tymi dwoma punktami występuje różnica potencjałów V, to musimy wykonać pracę wynoszącą:

$$W = Q \cdot V$$

Jednak praca ta może być również wyrażona jako niezbędna siła F razy przemieszczenie s:

$$W = F \cdot s$$

Oba wzory wyrażają tę samą wielkość, więc:

$$Q \cdot V = F \cdot s$$

eprasa.pl 01ef15bc7a

Wynika z tego:

$$F/Q=V/s$$

Lewy człon tego wzoru jest równy natężeniu pola elektrycznego E. Jest ono zatem równe V podzielonemu przez s. Innymi słowy, natężenie pola elektrycznego można również wyrazić w jednostce wolt na metr (V/m).

Potencjał elektryczny względem ziemi

Z definicji różnicy potencjałów jasno wynika, że wielkość ta zawsze wyraża różnicę potencjałów w dwóch różnych miejscach pola elektrycznego. To trochę niezgrabna definicja. Dlatego w większości przypadków jednemu z punktów przypisuje się energię równą zero. Różnica potencjałów jest następnie redukowana do potencjału. Jest to potencjał w jednym punkcie względem punktu odniesienia, którego potencjał ma wartość ustaloną na zero. Zasadniczo nie ma znaczenia, który punkt zostanie użyty jako zerowy punkt odniesienia.

W teoretycznych rozważaniach na temat teorii elektryczności zwykle przyjmuje się punkt w nieskończoności. Jednak w codziennej praktyce, jako zerowy punkt odniesienia zawsze przyjmuje się potencjał ziemi. Można go uznać za stały, ponieważ pomiary elektryczne muszą zawsze uwzględniać wpływ ziemi, bezpośrednio lub pośrednio. Mówi się wtedy o napięciu w odniesieniu do ziemi i to właśnie ta wielkość jest znana jako napięcie w elektryce i elektronice praktycznej.

Autor dopuszcza się tu pewnego skrótu myślowego, albowiem nie każdy obwód czy układ elektryczny lub elektroniczny faktycznie ma jakiś punkt o potencjale ziemi. Wiele układów, na przykład zasilanych bateryjnie, w rzeczywistości „pływa" względem potencjału ziemi. Dlatego pomiary napięcia w rzeczywistości (zazwyczaj) wykonuje się względem punktu masy układu, czyli umownego punktu, który mógłby być połączony z ziemią. Na wielu schematach punkt ten jest oznaczany skrótem GND, z angielskiego „ground" czyli właśnie ziemia – przyp. tłum.

Koncepcja elektronowoltów

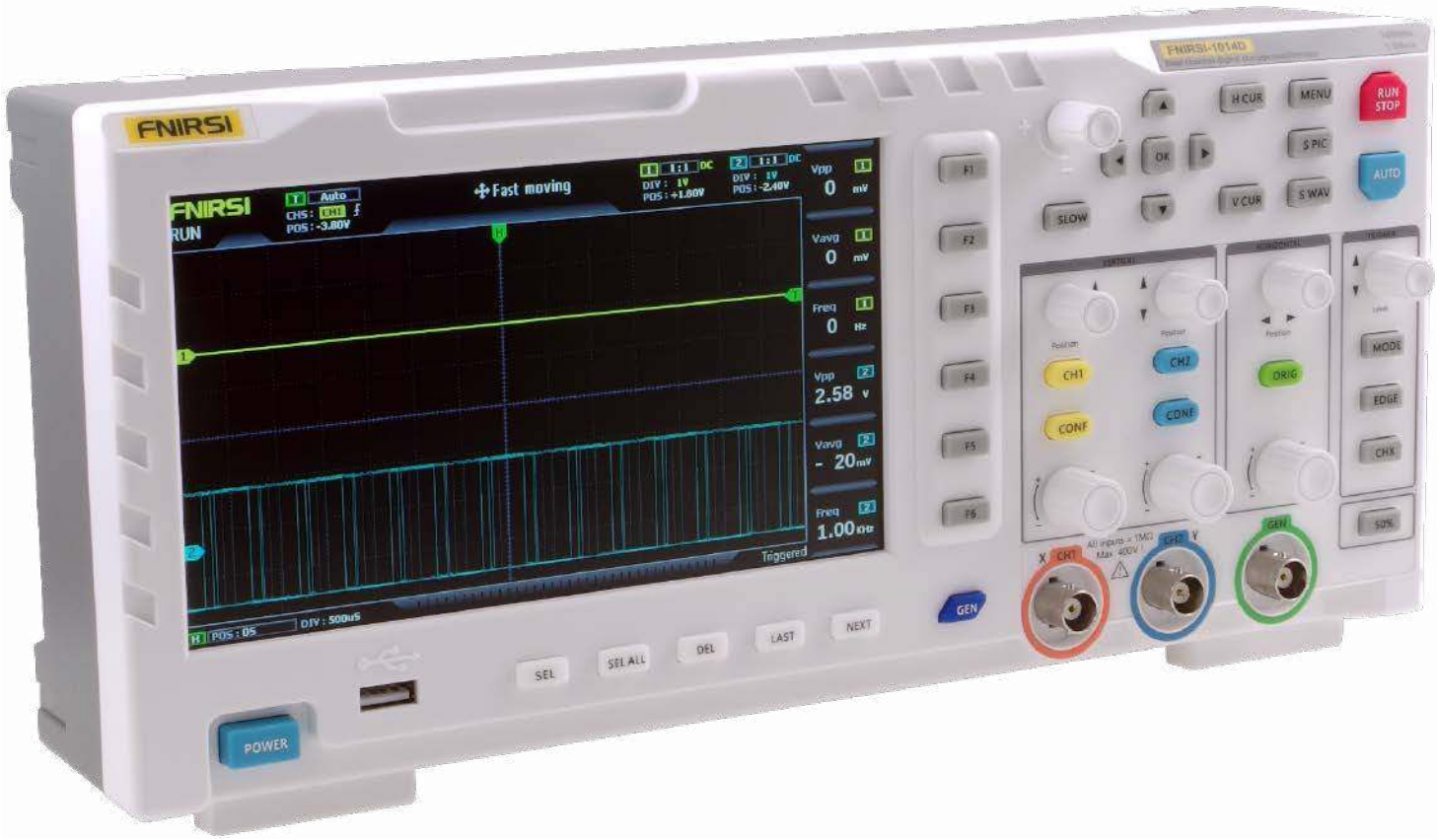
Inna wielkość dla tego samego zjawiska fizycznego.

Na koniec należy wspomnieć, że oprócz wolta, jednostka elektronowolt (eV) jest również używana do wyrażania elektrycznej energii potencjalnej. Energia 1 eV występuje, gdy ładunek jednego elektronu jest przemieszczany względem różnicy potencjałów 1 V. Ponieważ ładunek elektronu wynosi $1{,}60218 \cdot 10^{-19}$C, można zatem po prostu powiedzieć, że energia 1 eV jest równa $1{,}60218 \cdot 10^{-19}$J. Pojęcie eV w praktyce nie jest używane w elektronice (z wyjątkiem szczególnych sytuacji), ale spotyka się je często w fizyce. Gdy elektrony i protony są przyspieszane w różnego rodzaju akceleratorach, ich energie są wyrażane właśnie w elektronowoltach (*również w medycynie przy naświetlaniu pacjenta promieniami rentgenowskimi lub gamma, energia użytej wiązki jest podawana w eV – przyp/ tłum.*). ■

Jos Verstraten

REKLAMA

eprasa.pl 01ef15bc7a



Wygląd modelu 1014D

Test oscyloskopu FNIRSI 1014D

Wyceniony na około 140,00 euro (bez VAT) oscyloskop 1014D chińskiej firmy FNIRSI jest łatwym w użyciu oscyloskopem klasy podstawowej dla hobbystów, którzy nie chcą (jeszcze) wydawać dużych pieniędzy na sprzęt. W przypadku większości zadań pomiarowych na wzmacniaczach audio, eksperymentów z Arduino i podobnych działań hobbystycznych, 1014D może bez wątpienia stać się niezbędnym i niezawodnym przyrządem. Elementy sterujące są proste i intuicyjne w obsłudze, a oscylogramy wyraźne.

Producent, dostawcy i ceny

Chociaż urządzenie to jest oferowane pod inną nazwą na niektórych stronach internetowych, jest całkiem pewne, że chińska firma FNIRSI jest projektantem tego oscyloskopu. Urządzenie to jest popularne i oferowane przez dziesiątki dostawców (polecamy www.sklep.avt.pl). Przy okazji, warto nie dać się zwieść niektórym dostawcom podającym ceny około 75,00 € za pośrednictwem Google. W tej kwocie, na tych stronach, oferowane jest zupełnie inne urządzenie!

Wygląd 1014D

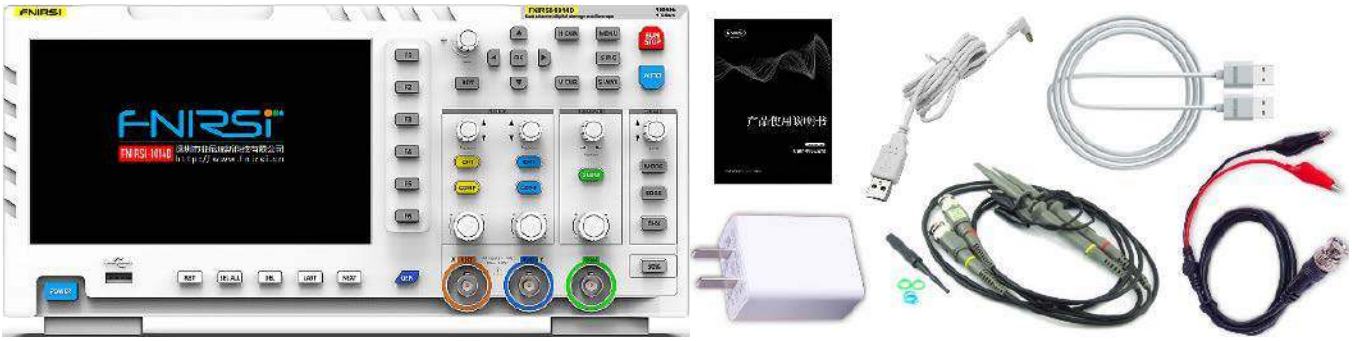
Jak pokazuje poniższe zdjęcie, 1014D wygląda dokładnie tak, jak powinien wyglądać nowoczesny oscyloskop cyfrowy. Dzięki dużym wymiarom przedniego panelu, wynoszącym 31,0 cm na 14,5 cm, wszystkie 43 przyciski są łatwe w obsłudze. Urządzenie ma tylko 7,5 cm głębokości i waży 1,5 kg. Dzięki rozkładanym nóżkom stoi pod dobrym kątem na stole warsztatowym.

Co otrzymujesz za wydane pieniądze?

Producent zapewnia kompleksowy pakiet:

- oscyloskop 1014D,
- 20-stronicowy podręcznik,
- zasilacz sieciowy z wtyczką amerykańską,
- adapter do europejskich gniazdek zasilania,
- kabel zasilający,
- kabel USB-A do USB-A,
- dwie sondy pomiarowe,
- kabel BNC z zaciskiem krokodylkowym,
- wkrętak regulacyjny do sond pomiarowych.

eprasa.pl 01ef15bc7a



Zawartość przesyłki modelu 1014D (bez skali) (© 2024 Jos Verstraten)

Podręcznik

Instrukcja obsługi to schludnie ułożona, dwudziestostronicowa broszura w języku angielskim. Co dziwne, nie ma prawie żadnych zdjęć wyjaśniających działanie i obsługę oscyloskopu. Zamieściliśmy tę instrukcję na naszym koncie w archive.org i można ją obejrzeć pod adresem: https://archive.org/download/Chinese-producten-manuals/FNIRSI_1014D_Oscilloscope_Manual.pdf.

Zalety 1014D

Ten oscyloskop jest wyraźnie podstawowym modelem o ograniczonej funkcjonalności, dzięki czemu jest bardzo intuicyjny w obsłudze nawet dla kogoś, kto nie ma dużego doświadczenia z takimi urządzeniami.

1014D nie ma wbudowanego zasilacza sieciowego, zamiast tego, jest zasilany z zewnętrznego napięcia 5 V DC. W zestawie znajduje się prosty zasilacz sieciowy, ale oscyloskop ten można zasilać z dowolnego źródła o napięciu 5 V DC i wydajności 2 A. Oscyloskop może być wtedy używany w dowolnym miejscu, nawet tam, gdzie w pobliżu nie ma zasilania sieciowego.

Po jednym naciśnięciu przycisku „AUTO", 1014D samodzielnie oblicza najlepsze ustawienia czułości i podstawy czasu.

Oscyloskop ma wbudowany, prosty generator funkcyjny o zakresie częstotliwości od 1 Hz do 10 MHz dla sygnału sinusoidalnego i od 1 Hz do 2 MHz dla wszystkich innych sygnałów. Użytkownik może wybierać spośród 14 kształtów sygnałów, dostępnych w urządzeniu.

Sygnał pojawiający się na ekranie można zapisać w pamięci po wykonaniu kilku prostych czynności i używać go jako samodzielnie zdefiniowanego sygnału wyjściowego generatora funkcyjnego.

Obraz ekranu można zapisać w pamięci wewnętrznej jednym naciśnięciem przycisku „S PIC". Pamięć ta może pomieścić 1000 obrazów.

Oba sygnały wejściowe można również zarejestrować, w pamięci oscyloskopu, za pomocą przycisku „S WAV" a następnie odtworzyć je i poddać analizie, mając do dyspozycji wszystkie funkcje 1014D, takie jak zmiany podstawy czasu i czułości, analiza FFT itp.

Ponadto, oscyloskop ten można podłączyć do komputera za pomocą kabla USB i wyeksportować zapisane obrazy na dysk twardy.

Na wyświetlaczu oscyloskopu można wyświetlać wartości liczbowe łącznie sześciu parametrów obu sygnałów wejściowych.

1014D może również przeprowadzić bardzo podstawową analizę częstotliwości obu sygnałów wejściowych, zgodnie z „szybką transformatą Fouriera".

Przyciski „H CUR" i „V CUR" umożliwiają włączenie dwóch poziomych i dwóch pionowych linii kursora w celu numerycznego pomiaru czasu i napięcia.

Oscyloskop można przełączyć w tryb X/Y, który umożliwia wyświetlanie znanych figur Lissajous.

Oba wejścia są zabezpieczone przed napięciami szczytowymi powyżej 400 V.

Specyfikacje 1014D (dane producenta):

- kanały: 2,
- wyświetlacz: 7-calowy kolorowy wyświetlacz LCD, 800×480 px,
- szerokość pasma: 2×100 MHz,
- częstotliwość próbkowania: 1 GSa/s,
- dokładność przetwornika ADC: 8 bitów,
- czas narastania: mniej niż 3 ns,
- pojemność pamięci: 240 kb,
- impedancja wejściowa: 2×1 MΩ,
- czułość: 50 mV/div ~ 5 V/div (7 kroków),
- ochrona: do 400 V góra-dół,
- sprzężenie wejściowe: AC/DC,
- podstawa czasu: 50 s/div ~ 10 ns/div (30 kroków),
- tryb wyzwalania: pojedynczy/normalny/auto,
- tryb wyzwalania: narastający/opadający,
- dokładność numerycznego wskazania napięcia: ±5%,
- numeryczna dokładność odpowiedzi częstotliwościowej: ±0,01%,
- przechwytywanie ekranu: 1000 obrazów,
- przechwytywanie przebiegów: 1000 sygnałów,
- częstotliwość generatora funkcyjnego: 1 Hz ~ 10/2 MHz,
- wyjście generatora funkcyjnego: 14 przebiegów,
- wyjście: USB,
- kursory: 2× poziomy, 2× pionowy,
- pomiar numeryczny: VPP, VP, Vmax, Vmin, Vavg, Vrms częstotliwość, duty+, duty-, time+, okres,
- zasilanie: 5 VDC/2 A,
- wymiary: 310 mm × 145 mm × 70 mm.

Ograniczenia modelu 1014D

Czułości pionowej 50 mV/div nie można nazwać spektakularną. Większość oscyloskopów cyfrowych ma czułość co najmniej 10 mV/div.

Dostarczony zasilacz sieciowy również nie jest doskonałej jakości.

W praktyce szerokość pasma, podana w specyfikacji, (100 MHz) okazuje się mocno zawyżona.

To samo dotyczy częstotliwości próbkowania. Jest ona określona jako 1 GSample/s, ale jest to wartość dostarczana przez oprogramowanie. Prędkość sprzętowa zastosowanego przetwornika ADC wynosi tylko 200 MSamples/s. W rezultacie wymagany jest absolutnie stabilny i okresowy sygnał wejściowy, aby obliczyć kształt fali za pomocą oprogramowania i umieścić go na ekranie.

Wbudowany generator funkcyjny dostarcza sygnały o stałej wartości od góry i od dołu wynoszącej 2,5 V. Brak możliwości regulacji wielkości napięcia wyjściowego czyni tę opcję bezużyteczną i niepotrzebną zabawką.

Podany czas narastania nie odpowiada rzeczywistości. Zmierzona wartość jest znacznie większa i niezgodna z podaną szerokością pasma wynoszącą 100 MHz.

Model 1014D NIE posiada zewnętrznego wejścia wyzwalającego!

eprasa.pl 01ef15bc7a

Uśrednianie obrazu

1014D nie jest oscyloskopem czasu rzeczywistego! Oscyloskop 1014D wyraźnie wykorzystuje technikę zwaną „uśrednianiem". W języku angielskim używa się do tego słowa „averaging" (uśrednianie).

Wiąże się to z przechowywaniem w pamięci dużej liczby kolejnych obrazów. Następnie oprogramowanie oblicza średnią wartość wszystkich zapisanych obrazów. Ten „średni" obraz jest następnie wysyłany na ekran. Zaletą jest to, że na ekranie pojawia się ładny, stabilny oscylogram. Wadą jest to, że krótkie, jednorazowe zjawiska, takie jak impuls zakłócający, są pomijane w procesie uśredniania, a zatem nie pojawiają się na ekranie. W większości oscyloskopów cyfrowych można włączyć lub wyłączyć to „uśrednianie". W przypadku modelu 1014D nie jest to możliwe.

Wewnętrzna elektronika

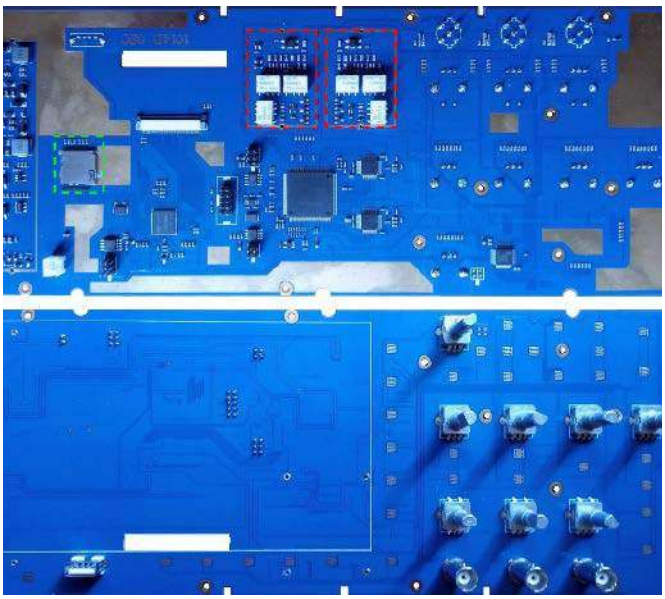
Obie części całkowicie plastikowej obudowy są połączone siedmioma śrubami. Pojedyncza duża płytka drukowana jest przymocowana do przedniej płyty oscyloskopu. Na poniższym zdjęciu widać dwie strony tej płytki drukowanej.

Na tej płytce znajduje się zaskakująco mało elektroniki. Większość chipów jest nierozpoznawalna. Wyraźnie rozpoznawalne są F1C100S i EF2L45LG144B.

F1C100S to system-on-chip (SoC) opracowany przez chińską firmę Allwinner Technology. Jest to stosunkowo prosty interfejs między systemem a wyświetlaczem cyfrowym. Wiele cyfrowych ramek na zdjęcia wykorzystuje ten układ. F1C100S bazuje na jednordzeniowym procesorze ARM926EJ-S o częstotliwości taktowania do 900 MHz i zawiera wbudowany akcelerator grafiki 2D.

EF2L45LG144B od chińskiej firmy Anlu Technology Anlogic to FPGA (Field Programmable Gate Array), złożony blok logiczny zawierający tysiące obwodów logicznych, które można w unikalny sposób połączyć za pomocą oprogramowania. Układ ten bez wątpienia zawiera całą logikę sterującą 1014D.

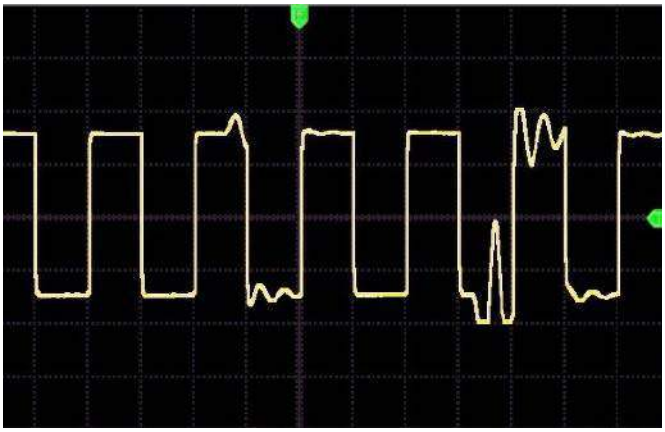
To, co się wyróżnia, po lewej stronie płytki drukowanej i obramowane przez nas na zielono, to metalowe gniazdo na kartę pamięci. To gniazdo rzeczywiście zawiera kartę i oczywiste jest założenie, że 1000 zrzutów ekranu, które można zapisać, jest przechowywanych na tej karcie. Obwody wejściowe, obramowane przez nas na czerwono, zawierają po trzy mini-przekaźniki używane do przełączania czułości wejścia. Wyraźnie słychać klikanie tych przekaźników, gdy oscyloskop wyszukuje najlepszą czułość wejściową za pomocą funkcji „AUTO". Oba obwody są w pełni binarne, a ekranowanie na powyższym zdjęciu zostało usunięte.



Dwie strony płytki drukowanej (© 2022 pcprogrammer, edit 2024 Jos Verstraten)

Według źródeł internetowych, 1014D wykorzystuje dwa przetworniki AD9288, które próbkują dwa analogowe sygnały wejściowe. Każdy układ zawiera dwa identyczne przetworniki ADC o dokładności 8 bitów i maksymalnej częstotliwości próbkowania wynoszącej 100 MSa/s. Trudno jest zrozumieć, w jaki sposób można osiągnąć częstotliwość próbkowania 1 GSa/s w czasie rzeczywistym przy użyciu takich układów, jak twierdzi producent. Jeśli oba przetworniki ADC w jednym chipie próbkują ten sam sygnał równolegle z sygnałem zegara przesuniętym w fazie, częstotliwość próbkowania wynosi 200 MSa/s. Tak więc sprzętowa częstotliwość próbkowania jest znacznie niższa, a oprogramowanie implementuje algorytm nadpróbkowania.

Elektronika połączona jest z wyświetlaczem poprzez prostokątne wgłębienie w płytce PCB, za pomocą płaskiego kabla taśmowego.



Pierwsze rozczarowujące pomiary za pomocą 1014D (© 2024 Jos Verstraten)

Problemy z zasilaniem sieciowym

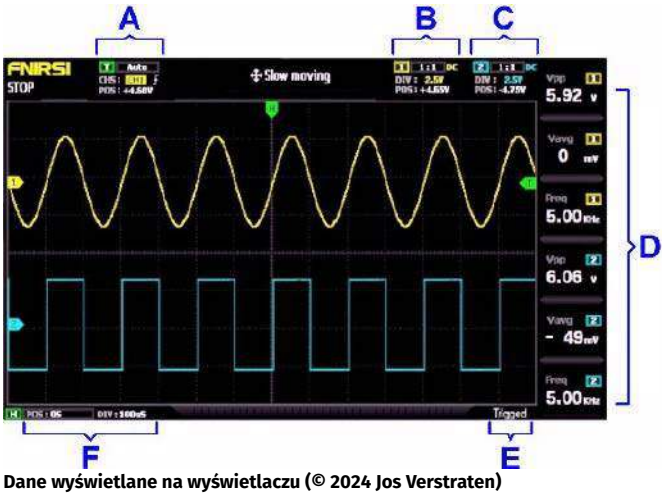
Podłączyliśmy urządzenie do napięcia sieciowego za pomocą dostarczonego zasilacza sieciowego. Natychmiast po włączeniu urządzenia i przyłożeniu sygnału 1 kHz do „CH1", okazało się, że obraz był bardzo niestabilny i od czasu do czasu można było zaobserwować dziwne piki w sygnale, patrz obrazek poniżej. Po kilku eksperymentach problemem okazał się dostarczony zasilacz sieciowy. Po użyciu innego zasilacza 5 V problemy te zniknęły jak śnieg na słońcu i urządzenie zaczęło działać znakomicie.

Wyświetlacz 1014D

Wyświetlacz ma szerokość 15,2 cm i wysokość 8,5 cm. Wokół pola, w którym pojawiają się dwa sygnały, znajdują się różne dane, z których można odczytać ustawienia oscyloskopu. Taka ilość danych na ekranie jest konieczna, ponieważ obok przycisków sterujących nie ma opisu. Dane są pogrupowane, a każda grupa zawiera stan określonej funkcji oscyloskopu. Podsumowaliśmy to w przejrzysty sposób na obrazku na kolejnej stronie:

- O: Szczegóły dotyczące wyzwalania,
- B: Dane ustawień kanału CH1,
- C: Dane ustawień kanału CH2,
- D: Sześć danych liczbowych dwóch sygnałów,
- E: Status wyzwalania,
- F: Dane ustawień podstawy czasu.

eprasa.pl 01ef15bc7a



Dane wyświetlane na wyświetlaczu (© 2024 Jos Verstraten)

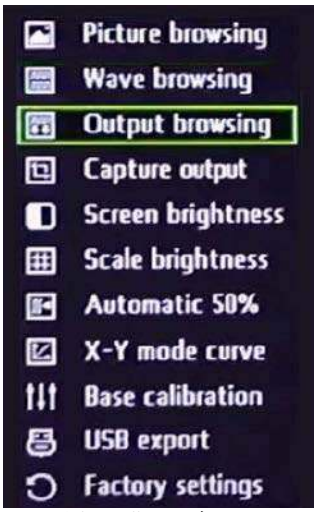
Elementy sterujące 1014D

Na poniższym obrazku widać, że oscyloskop trzeba obsługiwać za pomocą 33 przycisków, pięciu potencjometrów obrotowych (małe pokrętła) i trzech koderów obrotowych (duże pokrętła). Wydaje się to dużo dla początkującego hobbysty, ale po kilku ćwiczeniach będziesz w stanie obsługiwać urządzenie bezbłędnie. W poniższych akapitach pokrótce wyjaśnimy funkcje tych pokręteł.

Przyciski sterujące modelu 1014D (© 2024 Jos Verstraten)

Opcje menu

Naciśnięcie przycisku „MENU” spowoduje wyświetlenie poniższego okna. Za pomocą przycisków kursora „▲” i „▼” można wybrać jedną z jedenastu opcji. Naciśnięcie przycisku „OK” spowoduje uruchomienie tej opcji.



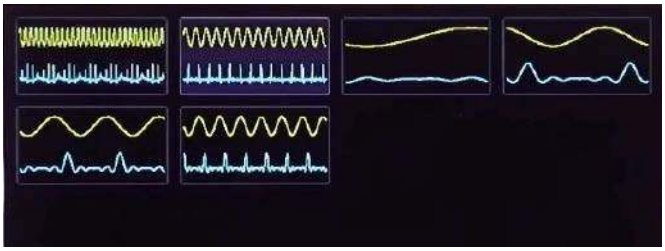
Jedenaście opcji menu (© 2024 Jos Verstraten)

Opcja 1: Przeglądanie obrazów

Na ekranie wyświetlane są wszystkie zrzuty ekranu zapisane w pamięci. Cztery przyciski kursora „▲”, „▼”, „◀” i „▶” umożliwiają wybranie jednego z obrazów. Pięć przycisków „SEL”, „SEL ALL”, „DEL”, „LAST” i „NEXT” pod ekranem umożliwia przewijanie ekranów, wybieranie i usuwanie obrazów.

Opcja 2: Przeglądanie przebiegów

Identycznie dla sygnałów zapisanych w pamięci. Po wybraniu jednego z sygnałów należy nacisnąć przycisk „OK”, a sygnał ten pojawi się ponownie na ekranie oscyloskopu, tak jakby był sygnałem wejściowym. Następnie można zastosować do niego wszystkie funkcje oscyloskopu.


Opcja menu „Przeglądanie obrazów” (© 2024 Jos Verstraten)

Opcja 3: Przeglądanie danych wyjściowych

Jest to miejsce, w którym sygnały wybrane za pomocą funkcji „Capture output” są przechowywane w celu załadowania do generatora funkcyjnego jako samodzielnie zdefiniowany kształt sygnału.

Opcja 4: Przechwytywanie danych wyjściowych

Pojawią się dwie fioletowe pionowe linie kursora, które można wybrać za pomocą kursorów „◀” i „▶” i przesuwać po ekranie za pomocą pokrętła znajdującego się obok kursorów. Część sygnału pomiędzy dwiema liniami kursora jest zapisywana w pamięci „Output browsing”.

Opcja 5: Jasność ekranu

Można ustawić intensywność wyświetlania.

Opcja 6: Skalowanie jasności

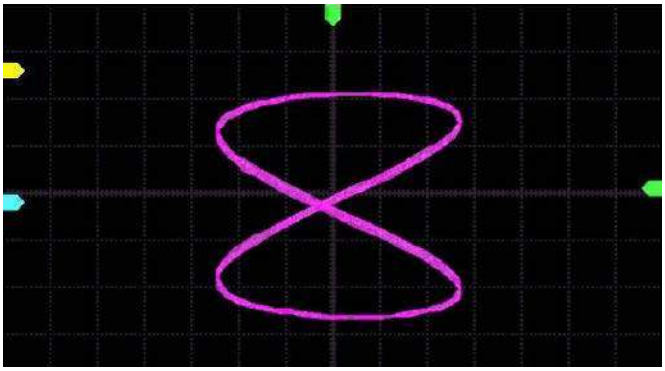
Można ustawić intensywność skalowania.

Opcja 7: Automatyczne 50%

Można włączyć lub wyłączyć automatyczne ustawianie poziomu wyzwalania w połowie wartości sygnału od góry do dołu.

Opcja 8: Krzywa trybu X-Y

Podstawa czasu jest wyłączona. Sygnał na „CH1” przesuwa punkt po osi X, a sygnał na „CH2” przesuwa punkt po osi Y. Ta opcja umożliwia zapisanie na ekranie znanych figur Lissajous. Umożliwia to wizualizację różnic fazy i częstotliwości między dwoma sygnałami.


Opcja menu „Krzywa trybu X-Y” (© 2024 Jos Verstraten)

Opcja 9: Kalibracja podstawowa

Opcja ta pozwala na zrównanie linii zerowych obu kanałów z żółtymi i jasnoniebieskimi trójkątami po lewej stronie ekranu. Opcję tę należy stosować tylko w przypadku otwartych wejść!

Opcja 10: Eksport USB

Pamięć 1014D staje się zewnętrznym dyskiem twardym, do którego można uzyskać dostęp i zarządzać nim za pomocą „Eksploratora” systemu Windows. Opcja ta umożliwia eksportowanie zrzutów ekranu zapisanych w pamięci na dysk twardy komputera.

eprasa.pl 01ef15bc7a

Opcja 11: Ustawienie fabryczne

Wszystkie ustawienia zostaną przywrócone do wartości fabrycznych.

Przyciski „AUTO" (niebieski) i „RUN/STOP" (czerwony)

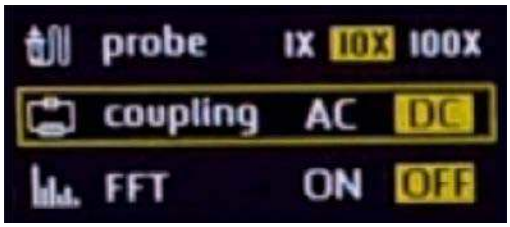
Jeśli po podłączeniu mierzonych sygnałów do wejść „CH1" i „CH2" naciśniesz przycisk „AUTO", 1014D automatycznie wybierze najlepsze pozycje czułości i podstawy czasu, dzięki czemu na wyświetlaczu pojawi się ładny, spokojny obraz. Naciśnięcie przycisku „RUN/STOP" zamraża obraz na wyświetlaczu lub przywraca urządzenie do pracy.

Ustawienie obu kanałów

Za pomocą dolnych dużych pokręteł można oczywiście regulować czułość w zakresie od 50 mV/div do 5 V/div w 7 krokach. Mniejsze pokrętła przesuwają sygnały w górę i w dół. Przyciski „CH1" i „CH2" włączają lub wyłączają kanały. Za pomocą dwóch przycisków „CONF" można zdefiniować wszystkie ustawienia obu kanałów. Po naciśnięciu jednego z tych przycisków pojawi się poniższe okno.

W tym oknie, ponownie używając klawiszy kursora i przycisku „OK", można skonfigurować kanał:

- Sonda: W tym miejscu należy wprowadzić tłumienie sondy pomiarowej, aby oscyloskop mógł uwzględnić to tłumienie przy wyświetlaniu wartości liczbowych napięcia.
- Sprzężenie: Napięcie DC w sygnale jest wyświetlane (DC) lub nie jest wyświetlane (AC).
- FFT: „Szybka transformata Fouriera" (analiza częstotliwościowa) sygnału może, ale nie musi być wyświetlana na ekranie. Nawiasem mówiąc, jest to bardzo ograniczona wersja prawdziwego FFT, z którym można zrobić bardzo niewiele. Jeśli o nas chodzi, ta funkcja mogłaby zostać pominięta!



Ustawienie obu kanałów (© 2024 Jos Verstraten)

Ustawianie podstawy czasu

Dolne duże okrągłe pokrętło wybiera prędkość podstawy czasu w zakresie od 50 s/div do 10 ns/div w 30 krokach. Mniejsze pokrętło przesuwa sygnały w przód i w tył na ekranie. Przycisk „ORIG" ustawia punkt, w którym 1014D uruchamia się na środku ekranu. Zielona strzałka w górnej części ekranu określa lokalizację tego punktu wyzwalania.

Ustawienia wyzwalania

Jedno pokrętło naturalnie ustawia poziom wyzwalania. Cztery przyciski:

- MODE (Tryb): Umożliwia wybór pomiędzy opcjami „Single" (Pojedynczy), „Normal" (Normalny) i „Auto" (Automatyczny). Zazwyczaj wybieraną opcją jest „Auto". Jeśli nie uzyskasz nieruchomego obrazu, wybierz opcję „Normal". W trybie „Single" po osiągnięciu poziomu wyzwalania zapisywany jest tylko jeden obraz.
- EDGE: Wybór wyzwalania sygnałem narastającym lub opadającym.
- CHX: Wyzwalanie na wejściu CH1 lub CH2.
- 50%: Automatyczne wyzwalanie następuje przy napięciu znajdującym się dokładnie pośrodku między wartością maksymalną i minimalną.

Klawisze funkcyjne od F1 do F6

Przyciski te umożliwiają numeryczny pomiar łącznie sześciu parametrów sygnału „CH1" i/lub sygnału „CH2". Po naciśnięciu jednego z przycisków na ekranie pojawi się poniższe okno. Za pomocą przycisków kursora można wybrać parametr. Naciśnij „OK", aby potwierdzić wybór.

Wybór sześciu parametrów wyświetlanych numerycznie na ekranie (© 2024 Jos Verstraten)

Przycisk SLOW

Przycisk ten pozwala zmniejszyć czułość sześciu potencjometrów obrotowych, umożliwiając bardziej precyzyjne ustawienie odpowiedniej funkcji.

Przycisk GEN

Ten przycisk otwiera małe okno poniżej, w którym można ustawić sygnał wyjściowy generatora funkcyjnego. Oczywiście należy ponownie użyć klawiszy kursora i przycisku „OK". Sygnał pojawia się ze stałą wartością od góry do dołu 2,5 V na zielonym złączu BNC.

- Freq: Wybiera częstotliwość sygnału wyjściowego. Najniższa częstotliwość wynosi 1 Hz, najwyższa dla sygnału sinusoidalnego 10 MHz, a dla innych sygnałów 2 MHz.
- Duty: W przypadku napięć impulsowych określa stosunek poziomu wysokiego do niskiego. Parametr ten można ustawić w zakresie od 1% do 99%.
- Typ: Możesz wybrać 1 z 14 predefiniowanych kształtów sygnału. Ponadto istnieje możliwość samodzielnego dodania jednego kształtu sygnału. Odbywa się to w następujący sposób. Otwórz menu i wybierz opcję „Output browsing". W opisany już sposób wybierz jeden z kształtów sygnału, zapisanych w pamięci za pomocą opcji „Capture output". Naciśnij „OK" i wyjdź z menu. Następnie naciśnij przycisk „GEN" i wybierz opcję „Type". W sekcji „Custom" (niestandardowy) pojawi się wybrany kształt sygnału.

Ustawianie sygnału generatora funkcyjnego (© 2024 Jos Verstraten)

eprasa.pl 01ef15bc7a

Test oscyloskopu 1014D

Różne testy oscyloskopu 1014D znalezione w Google pokazują, że większość recenzentów tego oscyloskopu uważa, że producent publikuje zbyt optymistyczne specyfikacje. Dotyczy to w szczególności szerokości pasma, częstotliwości próbkowania i czasu narastania. Oczywiście sami to przetestowaliśmy i musimy stwierdzić, że nasi koledzy mają rację. Zarówno podana szerokość pasma 2×100 MHz, jak i czas narastania poniżej 3 ns są mocno zawyżone.

Aby ująć ten temat w konkurencyjnej perspektywie, w naszych testach wykorzystaliśmy nasz własny oscyloskop, XDS2102A firmy OWON jako porównanie. Chociaż urządzenie to jest znacznie droższe niż 1014D, wynika to z faktu, że oscyloskop ten działa w trybie 12-bitowym zamiast 8-bitowym i ma wiele dodatkowych funkcji. Jednak określona szerokość pasma i czas narastania są podobne: 2×100 MHz i mniej niż 3,5 ns.

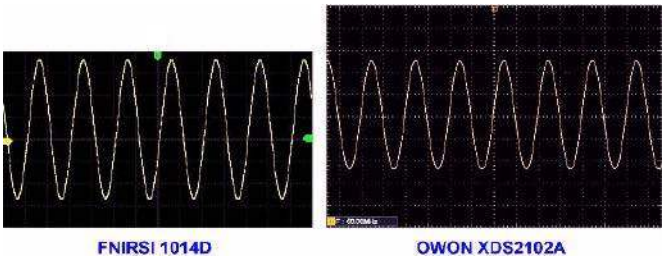
Testowanie częstotliwości próbkowania za pomocą fali sinusoidalnej 50 MHz

Wielkość ta odnosi się do liczby próbek pobieranych przez oscyloskop z sygnału wejściowego na sekundę. Wysoka częstotliwość próbkowania zapewnia dokładniejszą rekonstrukcję sygnałów o wysokiej częstotliwości. Zgodnie z twierdzeniem Nyquista-Shannona, częstotliwość próbkowania musi być co najmniej dwa razy wyższa niż częstotliwość sygnału wejściowego, aby zapewnić dokładną reprodukcję na ekranie. Dlatego sygnał o częstotliwości 50 MHz wymaga sprzętowej częstotliwości próbkowania co najmniej 100 MSa/s. Do tego właśnie zdolny jest przetwornik ADC zastosowany w 1014D. Dlaczego więc częstotliwość próbkowania wynosi 1 GSa/s? Ponieważ w większości oscyloskopów cyfrowych stosowana jest technika zwana „nadpróbkowaniem". Polega ona na programowym przeplataniu wyników, powiedzmy, pięciu lub nawet dziesięciu kolejnych, ale nieznacznie przesuniętych w czasie cykli próbkowania. Technika ta jest również stosowana na przykład w cyfrowym audio.

Podczas rekonstrukcji sygnału na ekranie oscyloskopu stosowany jest algorytm matematyczny zwany „interpolacją sin(x)/x". Polega to na łączeniu kolejnych próbek sygnału, które pojawiają się jako kropki na ekranie, liniami, które jak najdokładniej przybliżają oryginalny kształt sygnału.

Aby ocenić wydajność oscyloskopu 1014D w zakresie wysokich częstotliwości, do wejść obu oscyloskopów podaliśmy sygnał sinusoidalny o częstotliwości 50 MHz z generatora sinusoidalnego Marconi TF2015. Wyniki można zobaczyć na poniższych oscylogramach. Możemy być z tego bardzo zadowoleni, chociaż testowaliśmy tak zwane oscyloskopy 100 MHz przebiegiem o częstotliwości 50 MHz. Jedynym zarzutem jest to, że sygnał nie jest wyświetlany symetrycznie względem osi zerowej. Część dodatnia jest wyraźnie większa niż część ujemna. Ale można z tym żyć!

Należy pamiętać, że tutaj oceniamy tylko rekonstrukcję sygnału i ten test nie mówi nic o szerokości pasma!



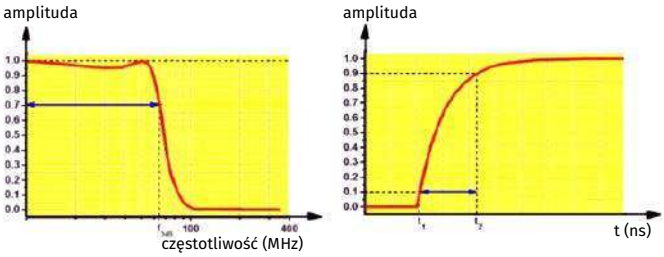
Fala sinusoidalna 50 MHz na ekranie obu oscyloskopów (© 2024 Jos Verstraten)

Definicje szerokości pasma i czasu narastania

Dla niektórych czytelników może być zasadne, aby najpierw wyjaśnić, co oznacza „szerokość pasma" i „czas narastania" oscyloskopu.

Szerokość pasma to częstotliwość, przy której wyświetlany na ekranie sygnał sinusoidalny jest o 3 dB mniejsze niż równie duży sygnał sinusoidalny o częstotliwości 1 MHz. Odpowiada to zmniejszeniu amplitudy przebiegu na ekranie o współczynnik 0,707. Jeśli fala sinusoidalna 1 MHz jest wyświetlana na ekranie z amplitudą 10 cm, szerokość pasma jest określana przez częstotliwość równie dużego sygnału, który pojawia się na ekranie oscyloskopu o wysokości zaledwie 7,07 cm. W poniższym przykładzie po lewej stronie oscyloskop miałby szerokość pasma około 64 MHz.

Czas narastania to czas potrzebny oscyloskopowi do wyświetlenia 80% zbocza narastającego bardzo szybkiego impulsu. Jak pokazano na rysunku po prawej stronie, te 80% jest obliczane od czasu t1, w którym urządzenie zapisało 10% amplitudy, do czasu t2, w którym zapisano 90% amplitudy. Tak więc w tym przykładzie czas narastania jest równy opóźnieniu między czasami t1 i t2.

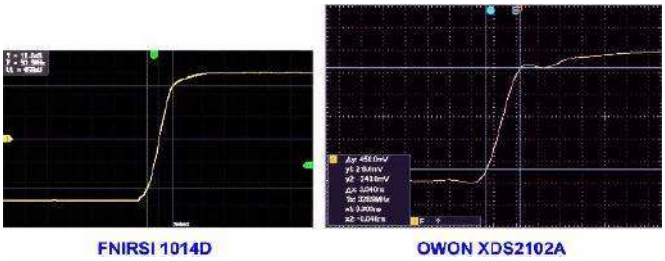


Definicje szerokości pasma i czasu narastania w oscyloskopie (© 2024 Jos Verstraten)

Testowanie czasu narastania

Używamy do tego celu chińskiego generatora impulsów „Fast Edge Pulse Generator", który dostarcza sygnał prostokątny o częstotliwości 1000 MHz z gwarantowanymi czasami narastania i opadania poniżej 180 ps. Wartość ta jest znikomo mała w porównaniu z czasami narastania oscyloskopów. Można więc wywnioskować, że czasy narastania widoczne na ekranach są spowodowane przez elektronikę w oscyloskopach. Ta płytka drukowana jest podłączana bezpośrednio do wejścia BNC oscyloskopu. Parametry kabla nie mogą zatem wpływać na wyświetlanie sygnału.

Wyniki tego testu można zobaczyć na poniższym rysunku. Teraz jest jasne, że 1014D nie spełnia parametru podanego w specyfikacji. Podany czas narastania poniżej 3 ns odbiega od zmierzonego 11,6 ns. W przypadku XDS2102A specyfikacje są całkowicie poprawne, zmierzony czas narastania wynosi 3,04 ns.



Pomiar czasów narastania obu oscyloskopów (© 2024 Jos Verstraten)

Obliczanie szerokości pasma na podstawie czasu narastania

Istnieje prosta matematyczna zależność między czasem narastania a szerokością pasma:

eprasa.pl 01ef15bc7a

Szerokość pasma (MHz) = 350/czas narastania (ns)

Zastosujmy ten wzór do obu oscyloskopów:

- FNIRSI 1014D: 350/11,6=30,17 MHz
- OWON XDS2102A: 350/3,04=115,13 MHz

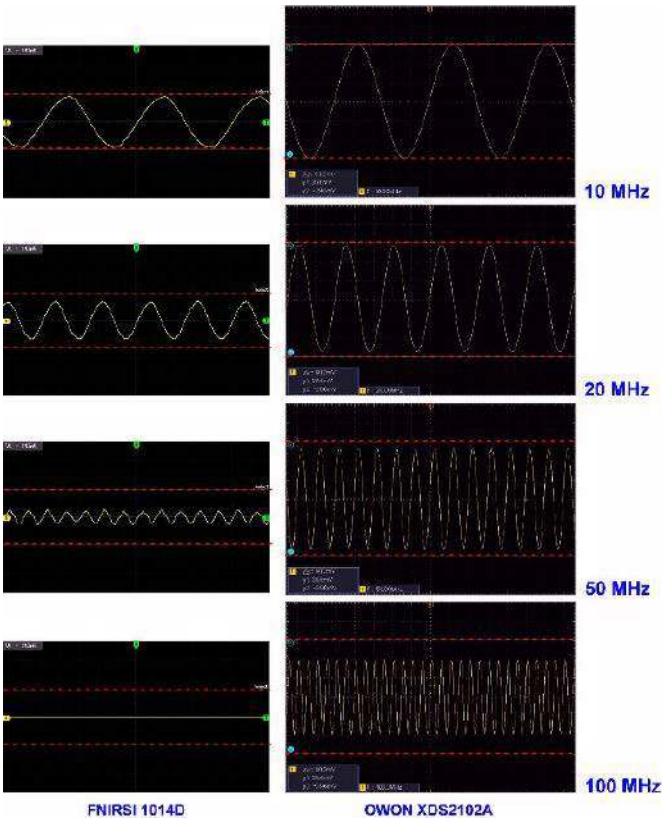
Tak niewiele pozostało z twierdzenia FNIRSI, że 1014D ma szerokość pasma 100 MHz!

Bezpośredni pomiar szerokości pasma

Drugą metodą sprawdzania szerokości pasma oscyloskopu jest użycie generatora sinusoidalnego o bardzo szerokim paśmie. Warunkiem jest jednak to, że urządzenie to ma absolutnie płaską charakterystykę amplituda/częstotliwość. Oznacza to, że jeśli ustawisz napięcie wyjściowe na 1,0 V, urządzenie dostarczy napięcie wyjściowe 1,0 V przy wszystkich częstotliwościach. Nasz generator sinusoidalny TF2015 firmy Marconi spełnia ten wymóg. Taki pomiar przebiega następująco. Najpierw wprowadzamy sygnał o częstotliwości 10 MHz i ustawiamy poziome kursory na szczytach fali sinusoidalnej. Powoli zwiększamy częstotliwość, oczywiście pozostawiając czułość oscyloskopu w tej samej pozycji. Można ustawić szybszą podstawę czasu. Amplituda sygnału na ekranie będzie coraz mniejsza. Gdzieś istnieje częstotliwość, przy której wartość fali sinusoidalnej staje się równa 70% odległości między dwoma kursorami. Jest to szerokość pasma oscyloskopu.

Zastosowaliśmy ten pomiar do obu oscyloskopów, używając częstotliwości 10 MHz, 20 MHz, 50 MHz i 100 MHz. Aby wyeliminować duże obciążenie pojemnościowe na wejściach oscyloskopów, w obu przypadkach używamy dobrze dostrojonych sond 1/10 o szerokości pasma 100 MHz.

Wyniki zostały podsumowane na poniższym rysunku. Wyraźnie widać, że podczas gdy specyfikacja szerokości pasma 100 MHz jest łatwo spełniona przez OWON XDS2102A, zdecydowanie nie ma to miejsca w przypadku FNIRSI 1014D. Tłumienie sygnału do 70,7% znajduje się gdzieś pomiędzy 20 MHz a 50 MHz. Tak więc wartość obliczona na podstawie czasu narastania 30,17 MHz będzie prawidłowa! Tłumienie sygnału wzrasta tak szybko powyżej 50 MHz, że nic nie pojawia się na ekranie z sygnału 100 MHz.

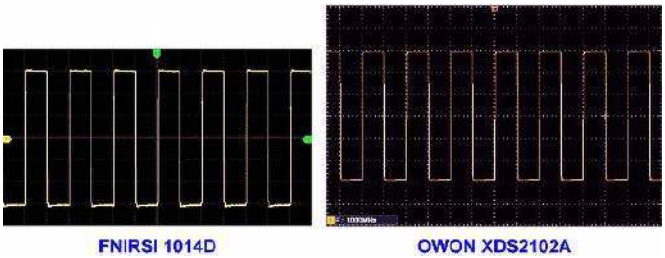


Bezpośredni pomiar szerokości pasma (© 2024 Jos Verstraten)

Należy pamiętać, że nie oznacza to, że na ekranie oscyloskopu 1014D nigdy nie pojawi się sygnał o częstotliwości 100 MHz. Generator sinusoidalny TF2015 dostarcza bardzo mały sygnał wyjściowy, który jest również dziesięciokrotnie tłumiony (sonda 1/10!) na wejściu oscyloskopu. Jeśli na wejściu umieścimy wystarczająco dużą falę sinusoidalną o częstotliwości 100 MHz (i powinniśmy pomyśleć o sygnale o wartości w zakresie woltów), to 1014D rzeczywiście może ją zdigitalizować i prawdopodobnie zobaczymy coś na ekranie. Nie mamy jednak generatora, który dostarczałby tak wysokie napięcia HF, więc nie możemy udowodnić tego założenia.

Wyświetlanie fali prostokątnej 1 MHz

Płytka drukowana „Fast Edge Pulse Generator" wytwarza bardzo ładną symetryczną falę prostokątną o częstotliwości dokładnie 1000 MHz. Następnym testem jest to, jak oba oscyloskopy wyświetlają ten sygnał na swoich ekranach. Model 1014D wypada tutaj powyżej oczekiwań! Numeryczne wyświetlanie częstotliwości na ekranie jest również dokładne: 1000 MHz.



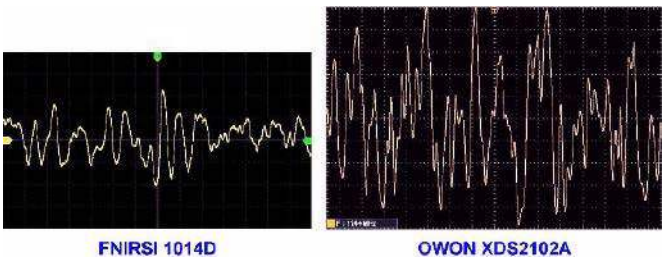
Reprezentacja bardzo stromej fali prostokątnej 1000 MHz (© 2024 Jos Verstraten)

Wpływ uśredniania na wyświetlanie sygnałów nieokresowych

Jak już napisano, oscyloskop 1014D działa z niewyłączanym uśrednianiem. Nie jest to więc oscyloskop czasu rzeczywistego! Ta technika, w której kilka cykli próbkowania jest przetwarzanych przez oprogramowanie, działa bardzo dobrze w przypadku wyświetlania stabilnych sygnałów okresowych. Jeśli jednak chcesz zmierzyć sygnał nieokresowy, niewiele wyjdzie z takiego pomiaru na oscyloskopie uśredniającym.

Aby sprawdzić, jak wyświetlany jest sygnał nieokresowy, zasilamy oba oscyloskopy szumem. Jest to doskonały przykład sygnału nieokresowego. Oczywiście w przypadku oscyloskopu OWON XDS2102A „uśrednianie" jest wyłączone, co umożliwia prawidłowe porównanie. Oba urządzenia są ustawione na identyczne tryby: 50 mV/div i 100 ns/div.

Wyraźnie widać tutaj, że według 1014D sygnał jest znacznie mniejszy niż twierdzi XDS2102A. Trzeba wziąć to ograniczenie 1014D pod uwagę w praktyce!

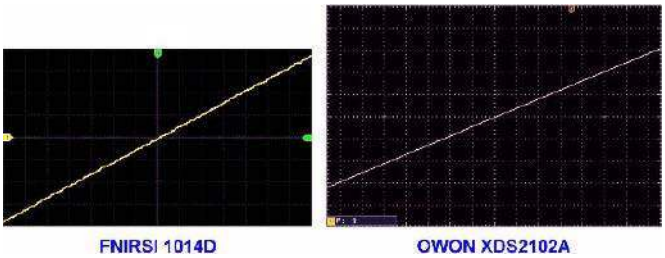


Wyświetlanie szumu na obu oscyloskopach (© 2024 Jos Verstraten)

eprasa.pl 01ef15bc7a

Liniowość przetwornika ADC

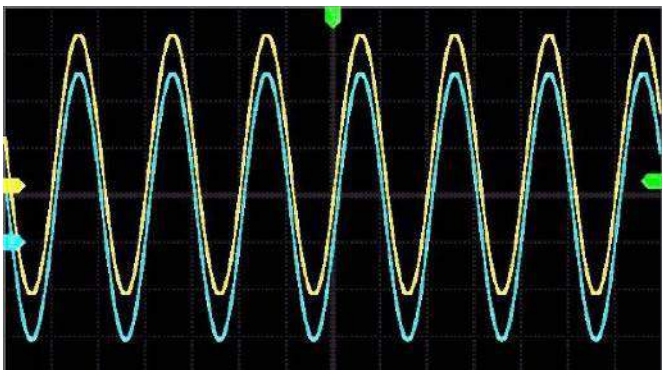
Jeśli przedstawisz na oscyloskopie absolutnie liniowo narastające napięcie (idealny przebieg piłokształtny), napięcie to powinno również pojawić się na ekranie jako czysta linia prosta. Wszelkie odchylenia są spowodowane niedoskonałościami w działaniu przetwornika ADC. Na poniższym obrazku porównujemy to, co robią 1014D i XDS2102A i po raz kolejny staje się jasne, dlaczego jeden oscyloskop kosztuje 150 euro, a drugi 400 euro.



Reprezentacja liniowo rosnącego napięcia (© 2024 Jos Verstraten)

Opóźnienie między obydwoma kanałami

Jednym z głównych zastosowań oscyloskopów dwukanałowych jest porównywanie zależności czasowych między dwoma sygnałami. Aby zrobić to prawidłowo, konieczne jest, aby elektronika oscyloskopu nie powodowała opóźnień między dwoma kanałami. Przetestowaliśmy to w pełnym zakresie częstotliwości od 0 Hz do 50 MHz i nie wykryliśmy żadnych opóźnień. Poniższy oscylogram przedstawia ekran po podaniu fali sinusoidalnej o częstotliwości 50 MHz na oba wejścia. Oba obrazy są całkowicie identyczne.



Testowanie opóźnienia sygnału między dwoma wejściami (© 2024 Jos Verstraten)

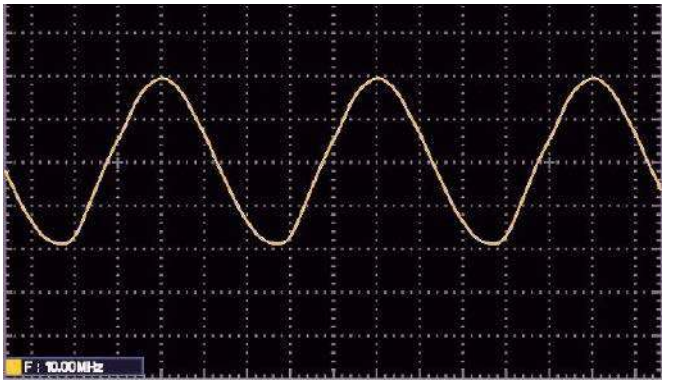
Test generatora funkcyjnego w 1014D

Jednym z najważniejszych wymagań stawianych generatorowi sygnału jest możliwość dokładnego ustawienia wielkości sygnału wyjściowego. Generator funkcyjny obecny w 1014D nie posiada takiej opcji i dlatego uważamy, że jest to raczej zbędna zabawka niż przydatna opcja. Niemniej jednak przeprowadziliśmy kilka testów, w których oczywiście użyliśmy naszego XDS2102A, aby pokazać wyniki.

Sygnał sinusoidalny o częstotliwości 10 MHz

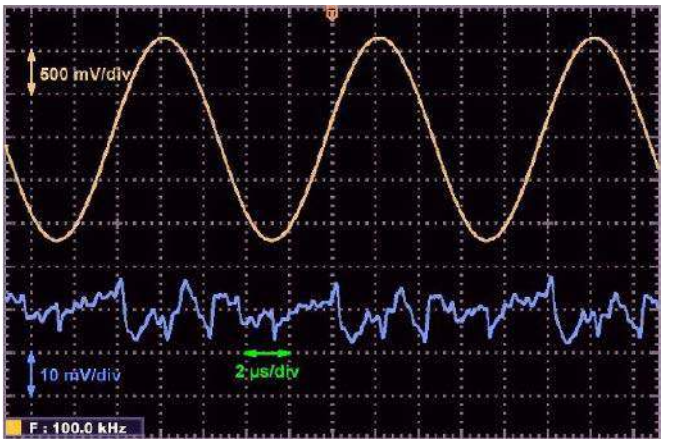
Poniższy oscylogram pokazuje, jak wygląda napięcie sinusoidalne przy maksymalnej częstotliwości 10 MHz. Ustawienia XDS2102A: 500 mV/div i 20 ns/div. Wyraźnie widać pewne zniekształcenia sygnału, ale jesteśmy bardzo zadowoleni z tego wyniku. Mieliśmy przyjemność podziwiać wiele gorszych generatorów funkcyjnych!

Zniekształcenia sygnału są szybko redukowane po ustawieniu niższej częstotliwości. Na przykład na poniższym obrazku można zobaczyć



Wyjście generatora funkcyjnego przy fali sinusoidalnej 10 MHz (© 2024 Jos Verstraten)

analizę zniekształceń przy 100 kHz. Wtedy całkowite zniekształcenia harmoniczne spadają do 0,7%, co jest doskonałą wartością dla tak taniego urządzenia. Jak widać na zdjęciu, zniekształcenia harmoniczne (niebieski sygnał) składają się głównie z szumu cyfrowego, spowodowanego niedoskonałościami przetwornika cyfrowo-analogowego, który generuje sygnał analogowy z cyfrowych kodów z pamięci.



Zniekształcenia sygnału sinusoidalnego o częstotliwości 100 kHz (© 2024 Jos Verstraten)

Sygnał prostokątny o częstotliwości 2 MHz

Aby zakończyć ten bardzo obszerny przegląd/test FNIRSI 1014D, na poniższym rysunku pokazujemy sygnał wyjściowy generatora funkcyjnego ustawionego na napięcie prostokątne o częstotliwości 2 MHz.

Wyjście generatora funkcyjnego dla przebiegu prostokątnego o częstotliwości 2 MHz (© 2024 Jos Verstraten)

eprasa.pl 01ef15bc7a

Nasza opinia na temat FNIRSI 1014D

FNIRSI 1014D bez wątpienia nie zdobędzie pochwał od profesjonalnych inżynierów elektroników, jak również od tych, którzy twierdzą, że „wszystko, co chińskie, jest bezwartościowe". Jego rzeczywiste pasmo jest na to zbyt małe, a rzeczywisty czas narastania zbyt duży. **Jeśli jednak szukasz bardzo przystępnego cenowo i łatwego w obsłudze modelu klasy podstawowej, ten oscyloskop doskonale się sprawdzi.** Jego mocne strony oczywiście nie leżą w wykonywaniu pomiarów HF lub dokładnym pomiarze amplitudy sygnałów. Ale przeciętny hobbysta również tego nie potrzebuje. W przypadku większości zadań pomiarowych na wzmacniaczach audio, eksperymentów z Arduino i podobnych działań hobbystycznych, 1014D może bez wątpienia stać się niezbędnym i niezawodnym przyrządem. Elementy sterujące są proste i intuicyjne w obsłudze, a oscylogramy wyraźne.

Plusem jest z pewnością zasilanie urządzenia z zewnętrznego źródła zasilania 5 V. Zręczny majsterkowicz może nawet wbudować baterię, stabilizator 5 V i elektronikę ładującą w pustą przestrzeń w obudowie.

Naszym zdaniem, 1014D można bez zastrzeżeń polecić hobbystom i szkołom oraz do wykonywania większości typowych napraw urządzeń elektronicznych. ■

Jos Verstraten

REKLAMA

Gratka dla Prenumeratorów

Prenumeratorom miesięcznika EdW, zarówno w wersji papierowej jak i elektronicznej,

sklep.avt.pl

oferuje oscyloskop FNIRSI 1014D z rabatem 10%, tj. zamiast 795 zł

Prenumerator płaci o 80 zł mniej, czyli 715 zł.

Aby skorzystać z tego rabatu, wystarczy w zamówieniu podać numer prenumeraty.

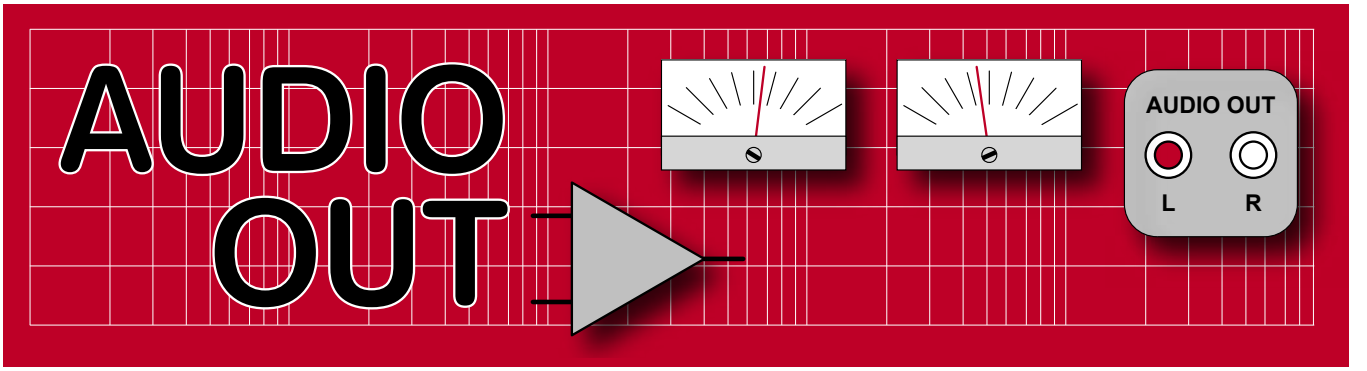
Wszystkie oferowane przez sklep.avt.pl oscyloskopy spełniają parametry testu opublikowanego w EdW 06/2024 (artykuł „Test oscyloskopu FNIRSI 1014D" – strona 48).

kod: **FN-1014D**

sklep.avt.pl

AVT sklep

prasa.pl 01ef15bc7a



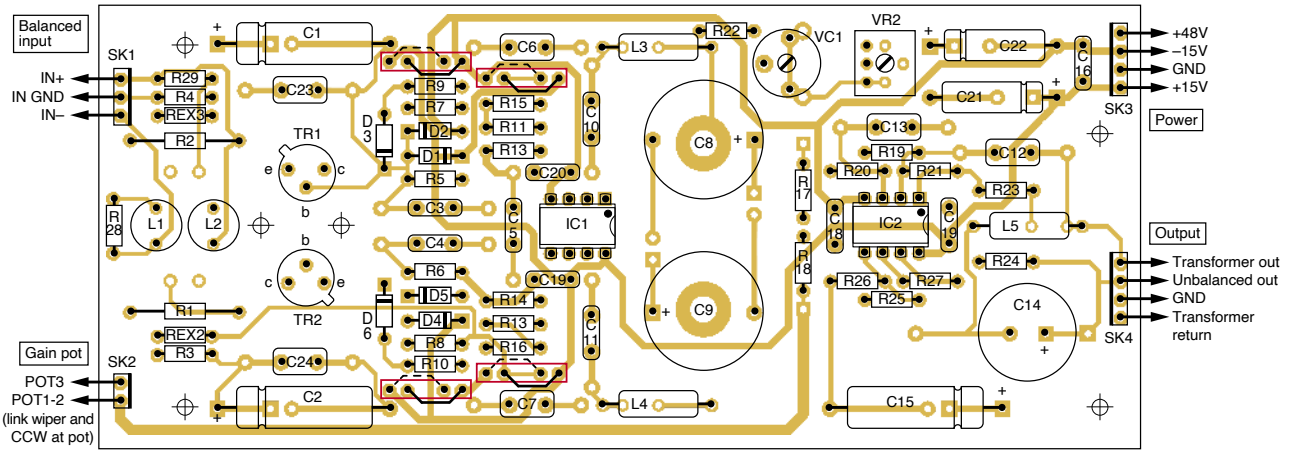
Przedwzmacniacz mikrofonowy (dla wokodera), część 3

Jesteśmy teraz w stanie przeprowadzić budowę i testy naszego przedwzmacniacza mikrofonowego. Układ ma głównie sprzężenia bezpośrednie i ma wiele spolaryzowanych komponentów, więc błędna ich instalacja może spowodować uszkodzenie układu. Na przykład, jeśli D1 zostanie odwrócona, to baza tranzystora zostanie podłączona do szyny zasilania, a tranzystor i wzmacniacz operacyjny mogą ulec zniszczeniu lub, co mniej oczywiste, po prostu zacząć szumieć. Odwrotnie spolaryzowane kondensatory tantalowe mogą ulec zwarciu, uszkadzając podłączone komponenty. Należy więc zwracać uwagę na polaryzację i orientację komponentów!

Budowa

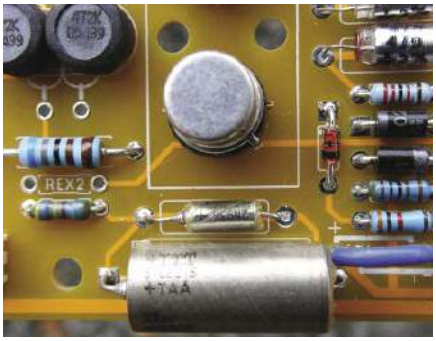
Większość małych komponentów jest montowana na płytce drukowanej, która jest standardową, łatwą w naprawie, dwustronną płytką z otworami przelotowymi dostępną w PE PCB Service (kod AO-JUL21). Mike Grindle zadbał o wyraźnie symetryczny rozkład komponentów na płytce drukowanej. Warstwę opisową od strony elementów pokazano na **rysunku 21**, a kondensatory C8 i C9 mają footprinty pozwalające zamontować zarówno standardowe typy promieniowe, jak i drogie typy osiowe. Montaż płytki powinien odbywać się w następującej kolejności: rezystory,

Rysunek 21. Warstwa opisowa PCB przedwzmacniacza mikrofonowego – należy zwrócić uwagę na połączenia i orientację elementów zwłaszcza, jeżeli używane są inne tranzystory niż BFW16A

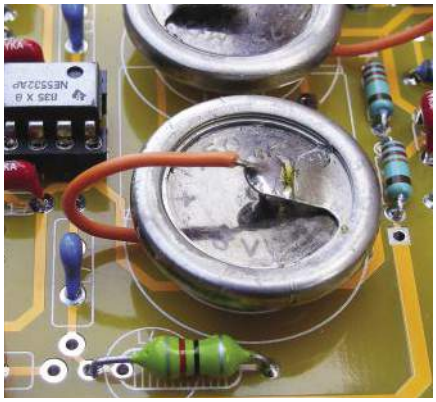


Rysunek 22. Zmontowana płytka PCB przedwzmacniacza mikrofonowego – uwaga na zwory dla wersji NPN. W miejscach zaznaczonych na rysunku czerwonymi obrysami używaj tylko jednego mostka: ciągłego dla wersji NPN lub przerywanego dla wersji PNP przedwzmacniacza mikrofonowego

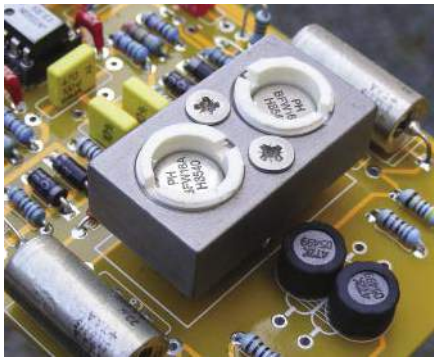
eprasa.pl 01ef15bc7a



Rysunek 23. Czasami kondensatory wejściowe C1/C2 (tutaj C2, na dole) mogą mieć wartości różniące się o 20%. W tym przypadku dodano równolegle dodatkowy kondensator 2,2 µF (C24, pokazany tutaj powyżej C2), aby uzyskać dobre dopasowanie, a tym samym wysoki współczynnik CMRR przy 50 Hz



Rysunek 24. Zwróć uwagę na zieloną cewkę 82 µH, która wygląda jak dziwny rezystor. Dziwne elementy, które wyglądają jak baterie, to kondensatory tantalowe firmy Plessey typu Castanet



Rysunek 25. Na płytce PCB zapewniono możliwość zastosowania wspólnego radiatora celem zagwarantowania wzajemnego dryfu patametrów w obu tranzystorach. Nie jest to tutaj niezbędne (ani opłacalne), opłaca się natomiast w przypadku syntezatorów

podstawki pod układy scalone, małe kondensatory, potencjometry podstawki tranzystorów, duże kondensatory, złącza Molex, a na końcu trymer, który ma delikatną śrubę regulacyjną. Kilka widoków Na płytce PCB zapewniono możliwość zastosowania wspólnego radiatora celem zagwarantowania wzajemnego dryfu patametrów w obu tranzystorach. Nie jest to tutaj niezbędne (ani opłacalne), opłaca się natomiast w przypadku syntezatorów płytki PCB pokazano na **rysunkach** od **22** do **25**.

Wszystkie duże, narażone na mechaniczne obciążenia (głównie manipulację przez użytkownika), komponenty zostały zamontowane na panelu i podłączone do płyty za pomocą skrętki 7/0,1. Nie ma tu dużych potencjometrów montowanych na płytce drukowanej ani zewnętrznych złączy wtykowych, które często powodują pękanie połączeń lutowanych, gdy są używane na podłodze w studiu. Uwielbiam skrzynki odlewane ciśnieniowo (**rysunek 26**), zwłaszcza te od Hammonda i Eddystone i używam ich do większości moich małych serii, ponieważ są łatwe do cięcia i wiercenia (znacznie lepsze niż plastik lub stal). Surrey Electronics zawsze używał ich do produkcji przedwzmacniaczy mikrofonowych i produktów nadawczych.

Kilka innych uwag montażowych: Złącza XLR mają wyprowadzenia ekranu, które są przydatne do uziemienia obudowy (**rysunek 27**). Zwróć uwagę, w jaki sposób transformator wyjściowy jest montowany poza płytą za pomocą zacisku kondensatora pokazanego na **rysunku 28**.

Testowanie

Punkty pracy. Na etapie testowania – jeśli to możliwe – użyj zasilacza symetrycznego ze śledzeniem napięcia. Prąd zasilania powinien być ograniczony do około 100 mA celem ochrony drogich komponentów oraz oczu osoby montującej, przed efektami połączenia ewentualnych błędów montażu z wysokimi prądami w sprawdzanym układzie.

Obwód działa przy standardowym zasilaniu ±15 V, przy czym tranzystory pobierają po 4,2 mA każdy, a układy 5532 po 9 mA. Całkowity pobór prądu wynosi od 22 do 25 mA. (5532s i tranzystory mogą pracować przy absolutnym maksimum zasilania ±22 V, pobierając 30 mA).

Anomalią w przypadku 5532 jest to, że może się zatrzasnąć, jeśli napięcia na szynach zasilania nie wzrosną razem po włączeniu. Efekt wydaje się występować szczególnie wtedy, gdy do pinów wejściowych są podłączone kondensatory, co ma miejsce w tym przypadku. Byłem zdziwiony, ponieważ inne wzmacniacze operacyjne tak się nie zachowują.

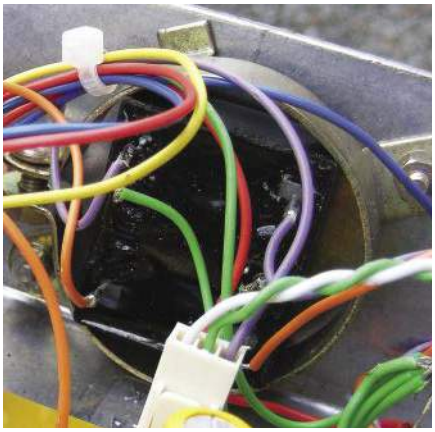
Kiedy zmieniłem zasilanie z niezależnego na śledzone, problem zniknął. Rozwiązaniem stosowanym w Kemo Filters jest umieszczenie rezystorów 560 Ω szeregowo z dowolnymi uziemionymi pinami wejściowymi lub podłączonymi do pinów wyjściowych, takich jak bufory, jak pokazano na **rysunku 29**.

Po włączeniu zasilania sprawdź wszystkie napięcia tranzystorów i upewnij się, że wszystkie

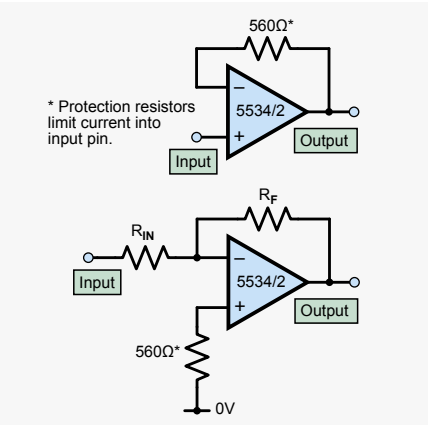
Rysunek 26. Jednokanałowy przedwzmacniacz mikrofonowy mieści się w tym odlewanym ciśnieniowo pudełku o wymiarach 187×120×55 mm (płytka drukowana pokazana powyżej jest nieco innym prototypem)

Rysunek 27. Metalowe obudowy można uziemić przez gniazda XLR za pomocą końcówki uziemienia z tyłu gniazda podłączonego do zasilacza 0 V

eprasa.pl 01ef15bc7a



Rysunek 28. Transformator wyjściowy jest starannie zaciśnięty w zacisku kondensatora 45 mm



Rysunek 29. Wstawianie rezystorów 560 Ω w celu zapobiegania zatrzaskiwaniu się wzmacniaczy operacyjnych 5532/4

Rysunek 30. Podczas testowania zrównoważonych obwodów wejściowych konieczne jest użycie transformatora izolującego/równoważącego między wyjściem generatora sygnału a wejściem przedwzmacniacza

wyjścia wzmacniaczy operacyjnych mają zerowe napięcie, z wyjątkiem wyjść IC2, które powinny wynosić około +0,2 V (ze względu na prąd polaryzacji wejściowej przepływający przez rezystory 680 kΩ R11 i R12). Jeśli punkty pracy nie są prawidłowe, dźwięk również nie będzie prawidłowy.

Zasilanie. Oczywiście niski poziom szumów można osiągnąć tylko wtedy, gdy zasilacz jest niskoszumowy. Standardowy obwód ze stabilizatorami LM317/337 z podwójną szyną wykona to zadanie. Zasilanie 48 V jest bardziej wyspecjalizowane i wymaga podwajacza napięcia umieszczonego na szynie dodatniej. Mój obwód z LM317 (patrz Audio Out, PE March 2019) jest odpowiedni – ma niski poziom szumów i chociaż z pewnością możesz zbudować własny, wciąż mam kilka płytek drukowanych. Alternatywnie, sprawdzi się tutaj również regulator TL783.

Najlepiej jest trzymać transformator sieciowy w oddzielnej, ekranowanej (uziemionej metalowej) skrzynce, aby zminimalizować zakłócenia sieciowe.

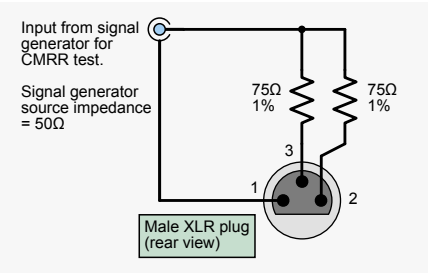
Obwód wymaga zasilania o bardzo niskiej impedancji, ponieważ współczynnik tłumienia zakłóceń od zasilania stopni tranzystorów wejściowych jest bardzo niski. Emitery i kolektory są podłączone do szyn zasilających tylko za pomocą rezystorów, zapewniając łatwą drogę wejścia dla tętnień zasilania. Najlepszym sposobem na zapewnienie zasilania o niskiej impedancji jest podłączenie bezpośrednio do wyjść stabilizatorów. W jednym projekcie miałem rezystory odsprzęgające 22 Ω zasilające płytkę, co zwiększyło zniekształcenia przy obciążeniu 600 Ω o 0,5% przy niskich częstotliwościach.

Sprawdzenie poziomu szumów. Podczas budowy urządzeń audio trudno pominąć etap selekcjonowania elementów, zwłaszcza tranzystorów wejściowych, dlatego zalecam stosowanie podstawek w obwodach, w których tranzystory muszą być wybrane pod kątem poziomu szumów, aby wykluczyć elementy o słabych parametrach (**rysunek 33**). Użyj oscyloskopu, aby spojrzeć na oba wyjścia IC2 z regulacją wzmocnienia (VR1) ustawioną na maksimum, w ten sposób możesz zobaczyć poziom szumów każdego tranzystora i wybrać najlepsze z nich. Wyłącz zasilanie podczas wymiany tranzystorów i pozostaw wejście nieobciążone, aby uzyskać maksymalny poziom szumów w tym teście.

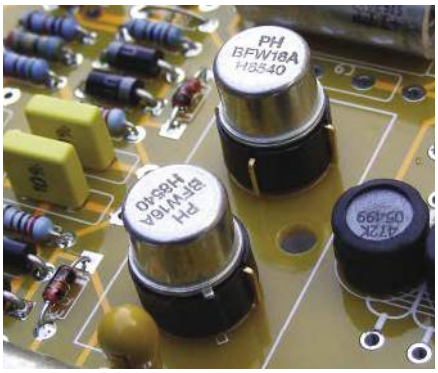
Kontrola wzmocnienia. Sprawdź ogólne wzmocnienie przedwzmacniacza, podając sygnał z generatora do wejścia przez mały transformator lub inną metodą zapewnienia sygnału symetrycznego. Używam transformatora izolacyjnego wideo pokazanego na **rysunku 30**. Wzmocnienie powinno wynosić około 15 dB (×5,6) bez Rg i 20 dB (×10) z Rg=3,69 kΩ (rzeczywista wartość podwójnego potencjometru Blore Edwards 5 kΩ z obiema sekcjami podłączonymi równolegle), a ostatecznie 74 dB (×5000) z regulacją wzmocnienia całkowicie zgodnie z ruchem wskazówek zegara. W połowie obrotu było to 39 dB. Sprawdź, czy obcinanie sygnału jest symetryczne, a odpowiedź częstotliwościowa jest płaska od 20 Hz do 20 kHz.

Test sygnałem prostokątnym. Zastosowanie sygnału prostokątnego o częstotliwości 1 kHz jest zawsze dobrym pomysłem na sprawdzenie dzwonienia. Jest to konieczne, aby zoptymalizować sieć Zobla na każdym używanym transformatorze (rysunek 41 w kolejnej części). Zauważyłem, że dzwonienie występuje również na dławikach wejściowych L1 i L2; umieszczenie równoległych rezystorów 1,3 kΩ nad nimi, w przygotowanych w tym celu otworach, jak pokazano na **rysunku 31**, stłumiło ten efekt. Rezystory te są oznaczone jako R28 i R29 na najnowszej płytce, ale nie są pokazane na schemacie obwodu (rysunek 18).

Rysunek 31. Aby zredukować niewielką ilość dzwonienia przy przebiegach prostokątnych, dławiki filtrów wejściowych L1 i L2 można wytłumić, podłączając do nich rezystory 1,3 kΩ (R28 i R29)

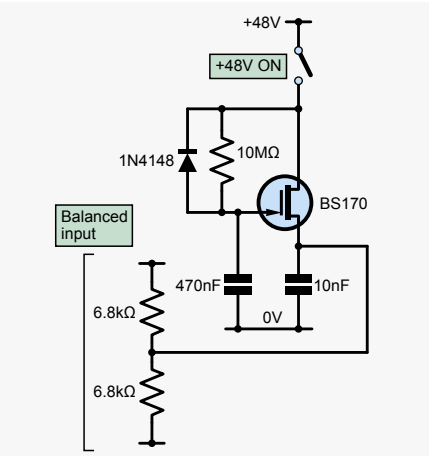


Rysunek 32. Moduł zakończenia XLR zapewnia prawidłową impedancję źródła 150 Ω i umożliwia podłączenie generatora sygnału do testowania CMRR



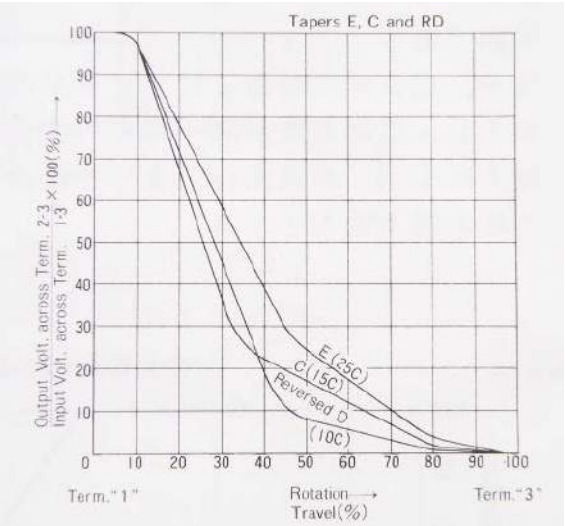
Rysunek 33. Tranzystory powinny być montowane w podstawkach, aby można było łatwo wymienić, na lepsze, te, które są zbyt szumiące. Tranzystory Hitachi, Toshiba, Sanyo i Rohm wydają się być najlepsze. Tylko elektronicy pasjonaci mają na to czas, więc możliwe jest uzyskanie lepszych parametrów niż w seryjnych urządzeniach

eprasa.pl 01ef15bc7a



Rysunek 34. Włączenie zasilania fantomowego może powodować rozdzierające uszy trzaski, chyba że czas narastania napięcia zostanie spowolniony. Można to zrobić za pomocą rezystora 100 Ω i kondensatora 470 µF lub obwodu mnożnika kondensatora pokazanego powyżej

Szumy należy sprawdzić również, umieszczając dwa rezystory końcowe 75 Ω na połączonych ze sobą stykach wejściowych (styki 2 i 3 w gnieździe XLR), jak pokazano na **rysunku 32**. Da to rezystancję źródła 150 Ω, naśladując mikrofon z ruchomą cewką o niskiej impedancji. Przy pełnym wzmocnieniu szumy na wyjściu powinny wynosić około 12 mV_{pk-pk}, z włączonym filtrem dolnoprzepustowym (szumy o niskiej częstotliwości są niesłyszalne i utrudniają odczyt, ponieważ sygnał na ekranie oscyloskopu „skacze"). Dzięki metalowej obudowie, zasilaniu bateryjnemu i starannemu doborowi tranzystorów powinno być możliwe obniżenie poziomu szumów. Zbudowałem różne „terminatory rezystorowe" do męskich wtyków XLR. Zawsze zalecam stosowanie metalowych wtyków XLR, aby zapewnić ekranowanie.



Rysunek 35. Charakterystyki potencjometru Alps odwrotnie logarytmicznego. Pokazują napięcie/rezystancję w zależności od obrotu. Przy 50% obrotu punkt podziału potencjometru liniowego wynosiłby 50%/50%, dla charakterystyki C wynosi 82%/18%, a RD 92%/8%

Sprawdzenie współczynnika CMRR. Współczynnik CMRR można sprawdzić, zasilając oba wejścia sygnałem w fazie, aby zobaczyć, co wychodzi na wyjściu, najlepiej gdy nic (rysunek 32). Niestety, CMRR zmienia się wraz z ustawieniem wzmocnienia, co jest wadą technik beztransformatorowych. Z tego powodu sugeruję sprawdzenie CMRR przy wzmocnieniu około 30...40 dB (godzina druga na regulatorze wzmocnienia) przy napięciu wejściowym około 1 V do 3 V_{pk-pk}. Ponieważ regulacja wzmocnienia (Rg) zwiększa wzmocnienie tylko dla sygnałów w trybie wspólnym, oba wyjścia z IC1 pozostaną prawie niezmienione przy około 5 V_{pk-pk} aż do ostatniego fragmentu maksymalnego obszaru wzmocnienia. Dlatego też do regulacji CMRR sugerowany jest środkowy zakres wzmocnienia. Jeśli urządzenie ma być używane ze stałym wzmocnieniem, powiedzmy w aplikacji nadawczej, CMRR powinien być zoptymalizowany pod tym kątem. Najpierw należy wyregulować potencjometr VR2 przy 1 kHz, aby uzyskać minimalną moc wyjściową, a następnie wyzerować przy 9 kHz za pomocą trymera VC1. Niskoczęstotliwościowy współczynnik CMRR przy 50 Hz można zoptymalizować, umieszczając kondensatory tłumiące 220 nF do 2,2 µF (C23 i C24) naprzemiennie na kondensatorach wejściowych C1 i C2, aż do uzyskania zera (rysunek 23). Sugeruję te częstotliwości, ponieważ większość szumów, które stanowią problem w owym obszarze, jest związana z siecią zasilającą, głównie z szumami przełączania z zasilaczy i sterowników oświetlenia.

Co zaskakujące, zakres regulacji trymera był lepszy, jeśli C13 (równoległy kondensator trymera) został zmniejszony do 120 pF, gdy obwód został przeniesiony na płytkę drukowaną. (Może istnieć pewna pojemność rozproszona związana z układem płytki, ale wątpię, by przekraczała 100 pF. Potrzebne są więc dalsze obserwacje!) Na moich płytkach użyłem wartości C13 w zakresie od 68 pF do 180 pF, aby utrzymać zero VC1 w środkowej pozycji. Na liście części podałem trymer 80 pF, ale teraz zalecam użycie większej wartości, takiej jak 250 pF.

Modyfikacje i upiększenia

Zalety winylu. Układ ten pozwoliłby stworzyć skuteczny wzmacniacz do gramofonów z ruchomą cewką (MC) z wbudowaną korekcją RIAA, ale musiałbym przerobić mój gramofon na wyjście zrównoważone. Sprawiłoby to, że nie byłby to standard w świecie Hi-Fi, ale idealnie byłoby, gdyby cały sprzęt audio był zrównoważony – nawet gitary elektryczne! Płytkę można wykorzystać do niesymetrycznego stereofonicznego wzmacniacza z ruchomą cewką przetwornika, wykorzystując tylko pierwsze stopnie i pomijając IC2 i powiązane z nim komponenty.

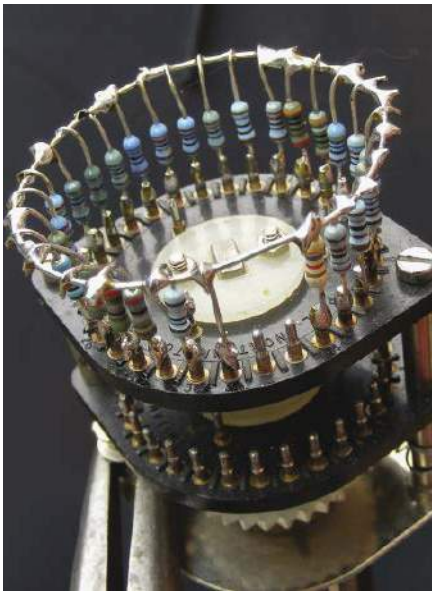
Zasilanie fantomowe. Przełączanie zasilania fantomowego może powodować głośny trzask. Najlepszym rozwiązaniem jest zastosowanie dużego kondensatora elektrolitycznego lub obwodu powielacza pojemności z tranzystorem MOSFET, tak jak to pokazano na **rysunku 34**.

Przełącznik wzmocnienia. Wzmacniacze typu instrumentalnego (takie jak zastosowane w tym projekcie) wykorzystują potencjometry sterujące wzmocnieniem o charakterystyce wykładniczej. Niestety, są one trudne do zdobycia – ale jest jeszcze gorzej! „Standardowy" potencjometr 15% C z odwróconą charakterystyką logarytmiczną daje zbyt

Wartości rezystorów dla krokowego przełącznika wzmocnienia

Krok	Wzmocnienie (dB)	Idealna rez.	Rez. (E24)
1	15	rozwarcie	rozwarcie
2	20	3,69 kΩ	3,6 kΩ
3	22	2,7 kΩ	2,7 kΩ
4	24	1,88 kΩ	1,8 kΩ
5	26	1,6 kΩ	1,6 kΩ
6	28	1,17 kΩ	1,1 kΩ
7	30	790 Ω	750 Ω
8	32	600 Ω	620 Ω
9	34	470 Ω	470 Ω
10	36	390 Ω	390 Ω
11	38	320 Ω	300 Ω
12	40	220 Ω	220 Ω
13	42	178 Ω	180 Ω
14	44	138 Ω	130 Ω
15	46	109 Ω	110 Ω
16	48	85 Ω	82 Ω
17	50	66 Ω	68 Ω
18	52	51 Ω	51 Ω
19	54	40,4 Ω	39 Ω
20	56	31,9 Ω	30 Ω
21	58	23,6 Ω	24 Ω
22	60	18 Ω	18 Ω
23	62	13,2 Ω	13 Ω
24	64	9,8 Ω	10 Ω
25	66	7,1 Ω	6,8 Ω
26	68	5,1 Ω	5.1 Ω
27	70	2,7 Ω	2.7 Ω
28	72	1 Ω	1 Ω
29	74	zwarcie	zwarcie

eprasa.pl 01ef15bc7a



Rysunek 36. Sprawdź swoje umiejętności lutownicze: 29-drożny przełącznik Paintona z dołączonymi rezystorami o różnych wartościach. Zwróć uwagę na pierścień z ocynowanego drutu miedzianego 0,7 mm, który tworzy jeden zacisk regulacji wzmocnienia; drugi to suwak. Często zmieniam przeznaczenie tych wysokiej jakości specjalistycznych przełączników ze starego, złomowanego sprzętu testowego

gwałtowny skok wzmocnienia na granicy obrotu, a zatem nie jest optymalny. Lepszym rozwiązaniem jest 8% RD produkowany przez Alps (**rysunek 35**). Ta korporacja zdecydowała, że 2,5% jest najlepsze, unikając nagłego wzrostu wzmocnienia. Taka pula musiałaby być specjalnie wykonana i byłaby droga. Powinienem tutaj zaznaczyć, że potencjometry cermetowe i drutowe mają zły szum obrotowy, typ drutowy brzmi jak rozpinanie zamka błyskawicznego! Jeśli chcesz dowiedzieć się więcej na temat działania potencjometrów, zapoznaj się z moimi artykułami w Audio Out, z listopada 2015 i kwietnia 2018.

Alternatywą dla potencjometrów jest przełączane wzmocnienie, które umożliwia optymalizację każdego kroku i pozwala na użycie niskoszumowych rezystorów metalizowanych. Miksery Cadac używają 21-drożnych przełączników, a przedwzmacniacze firmy Neve też często używają przełączników wielodrożnych. Tabela obok przedstawia wartości rezystorów wymagane dla kroków 2 dB, dla największych dostępnych przełączników 29-drożnych, a **rysunek 36** pokazuje ich konstrukcję. Jeśli masz mniej kroków, najlepiej jest mieć najmniejsze przyrosty na najwyższych ustawieniach wzmocnienia.

That Corporation (nazwa firmy) produkuje specjalny układ SMT do użytku z układem wzmacniacza mikrofonowego 1570, który zawiera elektroniczne przełączanie i serwomechanizm do sterowania kliknięciami DC, zwany 5171. Musi być on podłączony do mikrokontrolera, ale daje kroki 1 dB. Czy ktoś ma ochotę zaprojektować dla niego obwód enkodera obrotowego? Należy jednak pamiętać, że oba układy są drogie (1570, 6 funtów/5171, 11 funtów w firmie Mouser). Z uwagi na powyższe staram się unikać używania specjalistycznych chipów z jednego źródła, a każdy zainteresowany może stworzyć przełącznik z użyciem rezystorów.

W następnym miesiącu

Część 4 zakończymy opcjonalnymi modyfikacjami, w tym z wykorzystaniem transformatorów. ■

Jake Rothman

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

REKLAMA

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

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

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

KLUB AVT ELEKTRONIKA

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

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

eprasa.pl 01ef15bc7a

Ekscytacje Maxa

Migające diody LED i śliniący się inżynierowie (9)

Witaj! Na wypadek, gdybyś dopiero teraz dołączał do naszej zabawy, nasze obecne dyskusje dotyczą jednego z moich projektów hobbystycznych – tablicy piłeczek pingpongowych 12×12, z których każda jest wyposażona w trójkolorową diodę LED opartą na WS2818 w postaci Adafruit NeoPixel.

W poprzedniej części tego cyklu rozpoczęliśmy zestaw eksperymentów „kroplowych". Zaczęliśmy od wizualizacji tablicy jako leżącej płasko na podłodze z pojedynczymi kroplami wirtualnej wody spadającymi na nią z góry. Każda kropla oświetlała powiązany z nią piksel (piłeczkę pingpongową) białym światłem.

Sposób, w jaki zaimplementowaliśmy nasz oryginalny algorytm, polegał na tym, że każda kropelka pojawiała się w losowym miejscu, załączała się, a następnie sukcesywnie wygasała. Czas trwania każdej kropli był losowy, podobnie jak opóźnienie pomiędzy kolejnymi kroplami. Następnie postanowiliśmy oświetlić nasze kropelki losowymi kolorami, które wybraliśmy z palety zawierającej trzy kolory podstawowe (czerwony, zielony i niebieski), trzy kolory drugorzędne (żółty, cyjan i magenta) oraz sześć kolorów trzeciorzędnych (pomarańczowy, chartreuse, wiosenna zieleń, lazurowy, elektryczny indygo i różowy).

To już dziewiąty odcinek tego cyklu. Jeśli dołączyłeś do nas dopiero teraz, to z łatwością możesz poznać cały cykl od początku, kupując archiwalne e-wydania EdW na www.ulubionykiosk.pl.

Więcej kolorów!

Tak więc, na obecnym etapie prac, za każdym razem, gdy losowa wirtualna kropla spada, niejako rozjaśnia się, od czerni do losowo wybranego koloru, utrzymuje się przez krótki czas, a następnie ponownie wygasa (**rysunek 1a**). Hmmm. Obecny efekt nie wydaje się być jakimś szalenie wyszukanym osiągnięciem. Ponadto, czy należymy do grona osób, które mogą nasycić się jednym, nasyconym kolorem? „Nie!", wołam, „Tysiąckroć nie!".

Na początek sięgnijmy po nisko wiszący owoc i po prostu, wybierzmy losowo drugi kolor. Pomysł polega na tym, że będziemy płynnie przechodzić od czerni do naszego pierwszego koloru, następnie płynnie przechodzić od naszego pierwszego koloru do naszego drugiego, a następnie znów płynnie ten kolor zmieniać od naszego drugiego z powrotem do czerni (**rysunek 1b**).

Jeśli porównasz ten program z naszą oryginalną wersją pojedynczego losowego koloru, zobaczysz, że sposób, w jaki zbudowaliśmy nasz kod, oznacza, że modyfikacje są minimalne. Wszystkie te zmiany zachodzą w naszej funkcji `DropDrip()`. Po pierwsze, losowo generujemy dwa kolory kropelek zamiast jednego:

```
// Uzyskaj kolory kropelek
iColor = random(0, NUM_WHEEL_COLORS);
dripColorOne = ColorWheel[iColor];

iColor = random(0, NUM_WHEEL_COLORS);
dripColorTwo = ColorWheel[iColor];
```

Później, po określeniu wartości wszelkich opóźnień, których chcemy użyć, dodajemy dodatkowe wywołanie do naszej funkcji `CrossFade()` w następujący sposób:

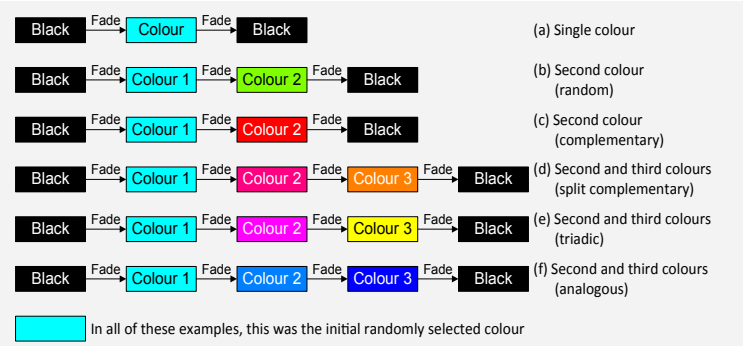
```
// Przejście od czerni do pierwszego koloru
// kropelek, a następnie przytrzymanie.
CrossFade(iNeo, COLOR_BLACK, dripColorOne,
FADE_UP_TIME, dripOnDelay);

// Przejście od pierwszego koloru kropelek
// do drugiego koloru kropelek, a następnie
// przytrzymanie.
CrossFade(iNeo, dripColorOne, dripColorTwo,
CROSSFADE_TIME, dripOnDelay);

// Przejście od drugiego koloru kropelek do czerni,
// a następnie odczekanie
CrossFade(iNeo, dripColorTwo, COLOR_BLACK,
FADE_DOWN_TIME, interDripDelay);
```

Dla Waszej niewątpliwej przyjemności stworzyłem film pokazujący najnowsze wcielenie naszego szkicu kropelek w akcji – można go zobaczyć pod adresem: https://bit.ly/2G8i2ig.

Problem z generowaniem drugiego koloru jako wartości losowej polega na tym, że możemy otrzymać taki sam kolor jak pierwszy, co byłoby nieco nudne. Moglibyśmy to oczywiście obejść, modyfikując nasz kod tak, by drugi kolor różnił się od pierwszego. Mimo wszystko, jak to mówią, generowanie drugiego koloru jako wartości losowej wydaje się pozbawione pewnego kreatywnego sprytu i wykazuje niedobór subtelnego wyrafinowania. Być może moglibyśmy przyjąć bardziej naukowe podejście.

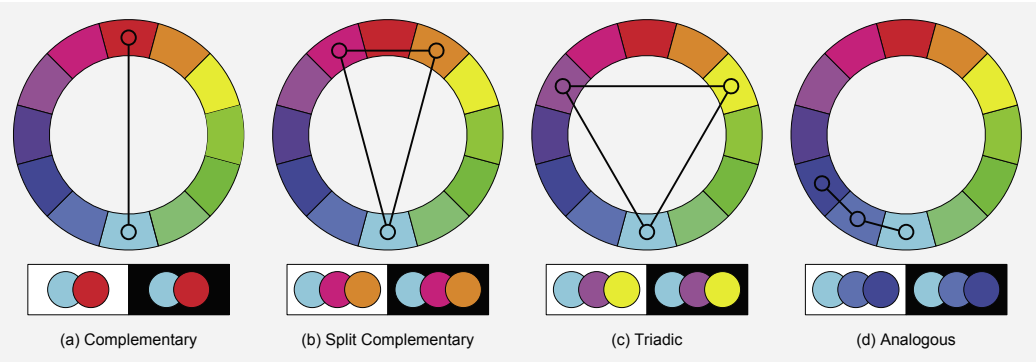
Kombinacje uzupełniające

W sztukach wizualnych termin „teoria kolorów" odnosi się do zbioru praktycznych wskazówek dotyczących mieszania barw i efektów wizualnych związanych z określonymi kombinacjami kolorów. Na przykład kolory uzupełniające to dwa kolory, które znajdują się naprzeciwko siebie na kole kolorów, zapewniając w ten sposób maksymalny

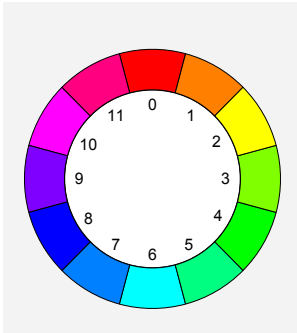


Rysunek 1. Podsumowanie efektów zaimplementowanych do naszych programów sterujących tablicą piłeczek pingpongowych

eprasa.pl 01ef15bc7a



Rysunek 2. Teoria kolorów i kombinacje kolorów



Rysunek 3. Numery indeksów używane dla kolorów

kontrast. W tradycyjnym modelu kolorów RYB przykładami kolorów uzupełniających byłyby czerwono-zielony, żółto-fioletowy i niebiesko-pomarańczowy. Nowoczesna teoria kolorów wykorzystuje subtraktywny model kolorów CMY lub addytywny model kolorów RGB, w którym przykładami par kolorów dopełniających są czerwony-cyjan, zielony-magenta i niebieski-żółty (**rysunek 2a**). Wysoki kontrast kolorów uzupełniających tworzy żywy wygląd, ale może być drażniący dla oka, więc warto zastanowić się dwa razy, zanim pomalujesz każdy pokój w domu uzupełniającymi się kombinacjami kolorów.

Ogólne działanie naszego nowego szkicu przedstawiono na **rysunku 1c**, ale jak mamy określić komplementarny odpowiednik naszego początkowego losowo wygenerowanego koloru? Cóż, jak być może pamiętasz, kiedy wprowadziliśmy koncepcję koła kolorów we wcześniejszym odcinku tego cyklu, oznaczyliśmy każdy z naszych kolorów numerem od 0 do 11 (**rysunek 3**). Są to liczby, których używamy w naszych szkicach do indeksowania (wskazywania) kolorów w naszym kole kolorów.

Nie wiem jak Ty, ale ja uważam, że ten fragment jest naprawdę dość sprytny. W szczególności spójrz na poniższe linie kodu z funkcji `DropDrip()` i porównaj je z ich odpowiednikami w naszym szkicu pokazanym wcześniej.

```
// Uzyskaj kolory kropelek
iColor = random(0, NUM_WHEEL_COLORS);
dripColorOne = ColorWheel[iColor];

iColorTmp = (iColor + (NUM_WHEEL_COLORS / 2))
% NUM_WHEEL_COLORS;
dripColorTwo = ColorWheel[iColorTmp];
```

Zauważ, że generujemy pierwszy kolor jako wartość losową, tak jak poprzednio. Ponieważ wiemy, że nasze koło kolorów zawiera 12 kolorów (zdefiniowaliśmy to w naszym szkicu jako `NUM_WHEEL_COLORS`), rozumiemy, że musimy dodać połowę tej wartości (tj. 6) do wartości indeksu naszego pierwszego koloru, aby wygenerować wartość indeksu jego dopełnienia, który będzie naszym drugim kolorem.

W przypadku naszych obecnych szkiców moglibyśmy oczywiście po prostu użyć `(iColor + 6)` dla tej części naszego algorytmu. Powodem, dla którego użyliśmy `(iColor + (NUM_WHEEL_COLORS / 2))` jest „zabezpieczenie" naszego kodu na wypadek, gdybyśmy zdecydowali się zwiększyć rozmiar naszego koła kolorów kiedyś w przyszłości (tak, wiem, całkiem sprytne posunięcie).

Teraz część obliczeń `(iColor + (NUM_WHEEL_COLORS / 2))` działałaby „tak jak jest", o ile wartość indeksu pierwszego koloru wynosiła od 0 do 5, ponieważ skutkowałoby to wartością indeksu dla drugiego koloru między 6 a 11. Ale co się stanie, jeśli wartość indeksu pierwszego koloru wynosi od 6 do 11? W takim przypadku otrzymalibyśmy wartość indeksu dla drugiego koloru między 12 a 17.

Ponieważ nasze koło kolorów zawiera tylko 12 kolorów indeksowanych od 0 do 11, byłoby to co najmniej problematyczne. Rozwiązaniem jest użycie operatora `%` (modulo), który zwraca resztę z dzielenia liczb całkowitych. Wyjaśnia to część `% NUM_WHEEL_COLORS` (co równa się `% 12`) naszego algorytmu, która gwarantuje, że dla naszego drugiego koloru otrzymamy tylko wartości indeksu od 0 do 11.

Po raz kolejny stworzyłem przyciągający wzrok film pokazujący tę uzupełniającą kolorystykę naszego szkicu kroplowego w akcji (https://bit.ly/3lzUDqa).

Róg obfitości kombinacji kolorów

Teraz naprawdę zamierzamy podnieść sobie poziom poprzeczki, ponieważ zamierzamy przejść do używania trzech kolorów dla każdej kropli. Zaczniemy od podzielonej komplementarnej implementacji, jak pokazano na **rysunkach 1d** i **2b**. Jak widzimy, jest to odmiana oryginalnego schematu komplementarnego. W tym przypadku, oprócz koloru bazowego, używamy dwóch kolorów po obu stronach dopełnienia koloru bazowego.

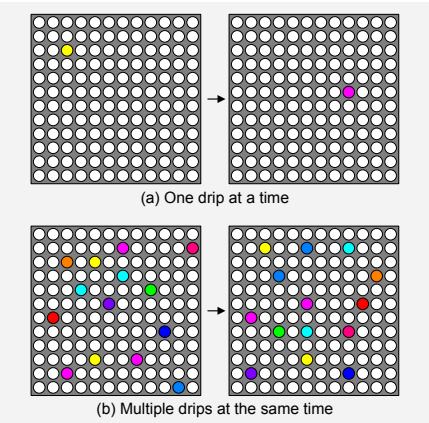
Zacznijmy od zastanowienia się, w jaki sposób zamierzamy wygenerować nasze trzy kolory. Jak widzimy poniżej, zaczynamy od wygenerowania pierwszego koloru jako wartości losowej, tak jak poprzednio, a następnie generujemy nasze podzielone wartości uzupełniające, dostosowując algorytm, którego użyliśmy do wygenerowania naszej wartości uzupełniającej.

```
// Uzyskaj kolory kropelek
iColor = random(0, NUM_WHEEL_COLORS);
dripColorOne = ColorWheel[iColor];

iColorTmp = (iColor + (NUM_WHEEL_COLORS / 2) - 1)
% NUM_WHEEL_COLORS;
dripColorTwo = ColorWheel[iColorTmp];

iColorTmp = (iColor + (NUM_WHEEL_COLORS / 2) + 1)
% NUM_WHEEL_COLORS;
dripColorThree = ColorWheel[iColorTmp];
```

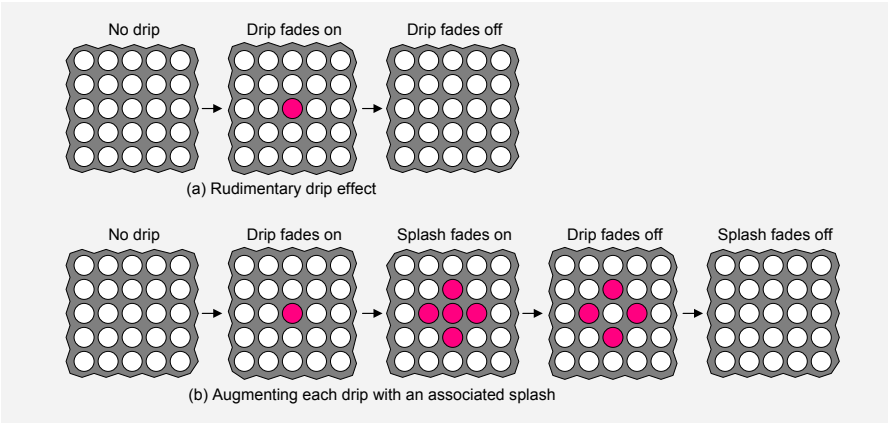
Następną częścią jest przejście od koloru do koloru, co wymaga po prostu dodania jeszcze jednego wywołania do naszej funkcji `CrossFade()`, jak pokazano poniżej:

```
// Przejście od czerni do pierwszego koloru
// kropelek, a następnie przytrzymanie.
CrossFade(iNeo, COLOR_BLACK, dripColorOne,
FADE_UP_TIME, dripOnDelay);

// Przejście od pierwszego koloru kropelek
// do drugiego koloru kropelek, a następnie
// przytrzymanie.
CrossFade(iNeo, dripColorOne, dripColorTwo,
CROSSFADE_TIME, dripOnDelay);
```


eprasa.pl 01ef15bc7a



Rysunek 4. Pojedyncze i wielokrotne kropelki



Rysunek 5. Podstawowy efekt kropelki w porównaniu z efektem „ kropelka plus rozprysk”

```
// Przejście od drugiego koloru kropelek
// do trzeciego koloru kropelek, a następnie
// przytrzymanie.
CrossFade(iNeo, dripColorTwo, dripColorThree,
CROSSFADE_TIME, dripOnDelay);

// Przejście od trzeciego koloru kropelek
// do czarnego, a następnie odczekanie
CrossFade(iNeo, dripColorThree, COLOR_BLACK, FADE_
DOWN_TIME, interDripDelay);
```

Dla zabawy eksperymentowałem również z triadycznymi kombinacjami kolorów, jak pokazano na **rysunkach 1e** i **2c**; a następnie analogicznymi kombinacjami kolorów, jak pokazano na **rysunkach 1f** i **2d**. Oczywiście kod do nich można pobrać: odpowiednio pliki CB-Nov20-04.txt i CB-Nov20-05.txt. Ponadto na moim kanale Cool Beans na YouTube (https://bit.ly/3kBgdJD) można obejrzeć filmy przedstawiające te podzielone komplementarne, triadyczne i analogiczne wcielenia.

Na marginesie, powody naszych eksperymentów z różnymi kombinacjami kolorów, omówionymi powyżej, wykraczają daleko poza nasze proste szkice kroplowe. Istnieje wiele ciekawych rzeczy, które możemy chcieć wyświetlić na naszej tablicy piłeczek pingpongowych w przyszłości. Na przykład, planuję zaimplementować wersję Conway's Game of Life (https://bit.ly/3fQdhqz) – a wiedza o tym, jak działają te kombinacje kolorów, może okazać się nieoceniona w tych wysiłkach.

Żądamy więcej kropelek!

Myślę, że można uczciwie powiedzieć, że wszystko, co do tej pory zrobiliśmy, było całkiem ekscytujące, ale mogliśmy zrobić to lepiej. Na przykład do tej pory zaimplementowaliśmy tylko jedną wirtualną kropelkę na raz (**rysunek 4a**). Załóżmy, że zdecydujemy się zezwolić na wiele kropelek w tym samym czasie (**rysunek 4b**)?

Oczywiście moglibyśmy po prostu wybrać losową grupę pikseli i sterować nimi wszystkimi w tym samym czasie, a następnie powtórzyć tę czynność z inną losową grupą pikseli, ale gdzie byłaby w tym zabawa? Ponadto, takie podejście byłoby dalekie od reprezentowania spadających w losowe miejsca kropelek. Chcemy, aby wiele kropelek było aktywnych w tym samym czasie, ale aby ich czas rozpoczęcia i zakończenia był określany losowo, tak aby nakładały się na siebie w interesujący i nieprzewidywalny sposób.

Możemy nawet zdecydować się na wzbogacenie naszych zabaw z kropelkami o efekt „rozpryskiwania” (lub „kałuży”). Nowy efekt pomijając omówione wcześniej przejścia między kolorami, sposób działania naszych obecnych kropelek może polegać również na tym, że zasadniczo będą się one załączyły, a następnie ponownie wygasną, zgodnie z etapami rozrysowanymi powyżej (**rysunek 5a**).

Dla porównania, załóżmy, że po początkowym kapnięciu, nasza wirtualna kropla wody rozpryskuje się na piksele na północ, południe, wschód i zachód od naszego oryginalnego piksela. Możemy tutaj bawić się różnymi efektami, takimi jak nakładanie się rozjaśniających się i przyciemnianych pikseli „rozpryskujących się” na wygaszany, początkowy piksel kropelki. Możemy również zdecydować się na eksperymentowanie z kolorem, zarówno rozpryskujących się pikseli jak i kolorem piksela, z którego się wyodrębniły. Nie wiem jak ty, ale ja nie mogę się doczekać!

Przepraszam za opóźnienie

Niestety, sposób, w jaki do tej pory implementowaliśmy rozwiązania, okaże się raczej ograniczający. Rozważmy następujący przykład funkcji main `loop()` używanej w klasycznym szkicu Arduino „Blink”. W tym przypadku włączamy i wyłączamy diodę LED z częstotliwością 1 Hz (jeden cykl na sekundę).

```
void loop()
{
        digitalWrite(PinLed, HIGH);
        delay(500);
        digitalWrite(PinLed, LOW);
        delay(500);
}
```

Zwróć uwagę na użycie funkcji `delay()`. Jest to typ znany jako „funkcja blokująca”, ponieważ blokuje cokolwiek innego, nie robiąc w tym czasie zupełnie nic ciekawego.

Kiedy się nad tym zastanowić, wszystkie nasze istniejące szkice były po prostu ulepszonymi wersjami podejścia znanego ze szkicu Blink. Tak, zaimplementowaliśmy losowe długości kropelek i losowe czasy między kropelkami, ale wszystko to zostało osiągnięte za pomocą funkcji `delay()`. I tak, dodaliśmy zaniki, ale obejmowały one po prostu serię stopniowych zmian kolorów oddzielonych wywołaniami funkcji `delay()`.

Chodzi o to, że udało nam się „poradzić sobie” postępować z pojedynczymi kropelkami, ale obsługa wielu jednoczesnych losowych kropelek przy użyciu naszej obecnej architektury kodu byłaby niezwykle trudna (jeśli nie niemożliwa).

Następnym razem...

Pozostawię Cię na chwilę, abyś zastanowił się, jak możemy zaimplementować takie rzeczy, jak wielokrotne krople i krople, które się rozpryskują. W następnym odcinku „porzucimy opóźnienie” i przyjmiemy nowy sposób tworzenia naszych szkiców, który pozwoli nam zrealizować wszystkie te cudowne efekty. ■

eprasa.pl 01ef15bc7a

Sprytne porady i sztuczki cyklu Ekscytacje Maxa dotyczące kodowania

Wcześniej rozmawialiśmy o tym, że liczby całkowite, których używamy w naszych szkicach (programach), mają różne rozmiary (8-, 16-, 32-, 64-bitowe) i „smaki" (ze znakiem i bez znaku). W poprzednim odcinku Porad i Sztuczek omówiliśmy koncepcję rzutowania, czyli jawnego „wkładania" mniejszej liczby całkowitej do „większego pojemnika" lub „wkładania" większej liczby całkowitej (albo jej fragmentu) do „pojemnika" o mniejszym rozmiarze.

Wprowadziliśmy też funkcję o nazwie `GetBlue()`, której celem było przyjęcie 32-bitowej liczby całkowitej bez znaku jako parametru i zwrócenie najmniej znaczących 8 bitów w następujący sposób:

```
uint8_t GetBlue (uint32_t tmpColor)
{
        return (uint8_t) (tmpColor & 0xFF);
}
```

Zauważyliśmy również, że w tym przypadku zarówno operacje rzutowania, jak i maskowania były niepotrzebne (jedynym powodem ich użycia była chęć wyjaśnienia naszych intencji każdemu, kto będzie musiał zrozumieć i dalej rozwijać ten program w przyszłości) i że w rzeczywistości moglibyśmy napisać tę funkcję w następujący sposób:

```
uint8_t GetBlue (uint32_t tmpColor)
{
        return tmpColor;
}
```

Napisałem komentarz: „Możesz być pewien, że kompilator ma wiedzę na temat tego, które operacje są opcjonalne i nadmiarowe, innymi słowy wie, jak zoptymalizować kod i zrobi to". Cóż, jeśli kiedykolwiek będziesz się zastanawiać, w jaki sposób twój kod C/C++ zostanie przekonwertowany na język asemblera i kodu maszynowego, możesz skorzystać ze wspaniałego darmowego narzędzia o nazwie Compiler Explorer. Na przykład, porównanie dwóch wersji naszej funkcji powyżej pokazuje, że zwracają one identyczny kod asemblera (https://bit.ly/2P5GemJ).

Przebiegły algorytm

Muszę przyznać, że jestem z tego całkiem dumny. W cyklu Porad i Sztuczek dawno, dawno temu rozmawialiśmy o instrukcji `for()`, którą można streścić w następujący sposób:

```
for (inicjalizacja; warunek; modyfikacja)
{
        // instrukcje wykonywane w pętli
}
```

„Inicjalizacja" to miejsce, w którym inicjalizujemy naszą zmienną kontrolną (zmienne kontrolne), „warunek" to miejsce, w którym wykonujemy test, a „modyfikacja" to miejsce, w którym zwiększamy lub zmniejszamy naszą zmienną kontrolną (zmienne kontrolne). Zauważ, że sposób, w jaki to powiedziałem, wskazuje na możliwość posiadania wielu zmiennych inicjalizacyjnych i modyfikujących. Ogólnie rzecz biorąc, początkujący myślą o instrukcji `for()` w następujący sposób:

```
for (i = 0; i < 10; i++)
{
        // instrukcje wykonywane w pętli
}
```

W rzeczywistości jednak zarówno sekcja inicjalizacji, jak i modyfikacji może składać się z wielu elementów oddzielonych przecinkami, wyglądających jak poniżej:

```
for (i = 0, j = 10; i < 10; i++, j--)
{
        // instrukcje wykonywane w pętli
}
```

Zauważ, że możemy mieć tylko jeden warunek, chociaż może on mieć wiele części, takich jak `( (i < 10) && (j > 0) )`, chociaż byłoby to zbędne dla wymagań w tym konkretnym przykładzie.

Powodem, dla którego poruszam ten temat, jest to, że właśnie zaimplementowałem sprytny algorytm wykorzystujący pętlę `for()` tego typu i pomyślałem, że podzielenie się nim z wami może być wartościowe.

Tęcza kolorów

Zacząłem się martwić w odniesieniu do mojego cyklu Ekscytacji, że można by pomyśleć, że będziemy oświetlać tylko pojedynczy piksel na raz na naszej tablicy 12×12. Stworzyłem więc interesujący mały szkic oparty na klasycznym algorytmie Rainbow firmy Adafruit. Jako punkt wyjścia prezentujemy dynamicznie zmieniającą się tęczę przy użyciu 12 kolumn tworzących tablicę.

Dla każdego cyklu najpierw generujemy 12 kolorów i przechowujemy je w 12-elementowej tablicy o nazwie `RainbowColors[]`, po czym wywołujemy funkcję o nazwie `LoadRainbowColors()`, aby załadować te kolory do tablicy. Kluczowa część tej funkcji jest następująca:

```
for (int xInd = 0; xInd < NUM_COLS; xInd++)
{
  for (int yInd = 0; yInd < NUM_ROWS; yInd++)
  {
    iNeo = GetNeoNum(xInd, yInd);
    Neos.setPixelColor(iNeo, RainbowColors[xInd]);
  }
}
```

W tym przypadku używamy dwóch zagnieżdżonych pętli `for()`, z których każda wykorzystuje pojedynczą zmienną inicjalizującą i modyfikującą. Możesz zapoznać się z pełnym szkicem (plik CB-Nov20-06.txt), a także obejrzeć film (https://bit.ly/310Df5D).

Następnie zdecydowałem, że chcę przedstawić tęczę na przekątnych tablicy. Zastanówmy się nad tym przez chwilę (może mógłbyś naszkicować wszystko na kartce papieru). Gdybyśmy mieli tablicę 2×2, mielibyśmy trzy przekątne; tablica 3×3 dałaby nam pięć przekątnych; tablica 4×4 miałaby siedem przekątnych i tak dalej. Podsumowując, liczba przekątnych w kwadratowym układzie jest równa sumie liczby wierszy i liczby kolumn minus jeden. Tak więc w przypadku naszej tablicy 12×12 mamy 12+12−1=23 przekątne.

Oznacza to, że dla każdego cyklu musimy teraz wygenerować 23 kolory i zapisać je w 23-elementowej tablicy o nazwie `RainbowColors[]`, po czym wywołujemy zmodyfikowaną wersję naszej funkcji `LoadRainbowColors()`, aby załadować te kolory do tablicy. Kluczowa część tej zmodyfikowanej funkcji jest następująca:

```
for (int  xInd = xStart, yInd = yStart;
      xInd <= xEnd; xInd++, yInd--)
{
  iNeo = GetNeoNum(xInd, yInd);
  Neos.setPixelColor(iNeo, RainbowColors[iDiag]);
}
```

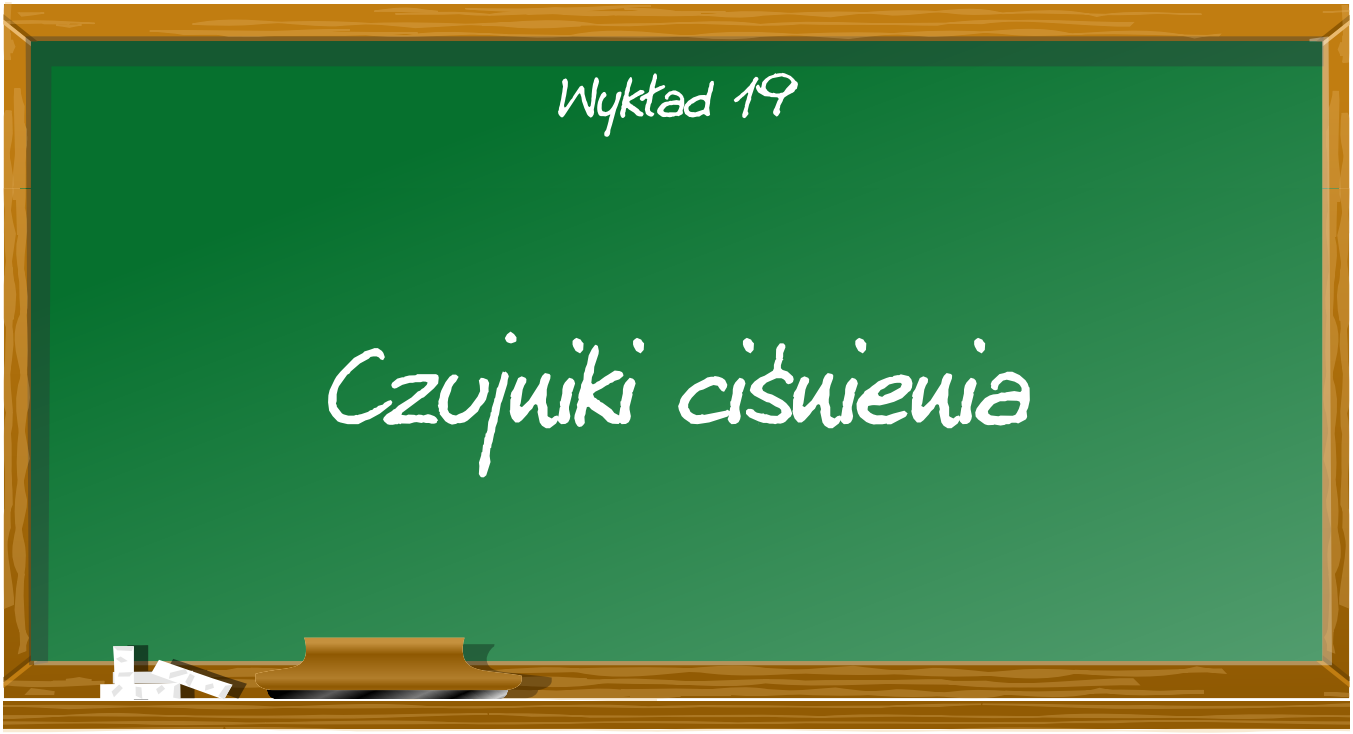
Zauważ, że w tym przypadku używamy pojedynczej pętli `for()`, która wykorzystuje dwie zmienne inicjalizacyjne i dwie zmienne modyfikujące. Jeśli chcesz, możesz zastanowić się nad kompletnym szkicem (plik CB-Nov20-07.txt), a także obejrzeć wideo z jego działaniem (https://bit.ly/2DXZsbZ). ■

Clive „Max" Maxfield

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „Practical Electronics", listopad 2020 (www.epemag3.com)

eprasa.pl 01ef15bc7a

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



Obecnie na rynku dostępnych jest wiele dość tanich czujników, które pozwalają łatwo zmierzyć ciśnienie powietrza. W tym artykule przedstawimy zasadę działania czujników „aneroidowych" i przykłady ich zastosowania.

Zasada działania czujników ciśnienia

Efekt piezorezystywny

Podstawowa zasada działania elektronicznego czujnika ciśnienia opiera się na tak zwanym „efekcie piezorezystywnym". Stwierdzono, że w niektórych rzadkich metalach i półprzewodnikach ruchliwość i koncentracja swobodnych nośników ładunku jest częściowo zależna od naprężenia wywieranego na materiał. Im mniej jest wolnych nośników ładunku i im mniejsza jest ich ruchliwość, tym wyższa jest rezystywność materiału. Istnieje zatem pewna zależność między naciskiem wywieranym na płytkę wykonaną z takiego materiału a rezystancją, którą można zmierzyć między dwom końcami płytki. Zjawisko to nazywane jest efektem piezorezystancyjnym.

Progi energii

W półprzewodnikach zjawisko to można wyjaśnić faktem, że progi energii atomów zmieniają się pod wpływem zwiększonego ciśnienia. Ciśnienie sprawia, że materiał jest lekko ściśnięty lub rozciągnięty. Wpływ ciśnienia można zatem w rzeczywistości zdefiniować jako minimalną zmianę wymiarów materiału.

W zależności od rodzaju materiału półprzewodnikowego i substancji, którą ten półprzewodnik został domieszkowany, może się okazać, że rezystancja wzrasta lub maleje wraz ze wzrostem ciśnienia.

Współczynnik K

Stopień zmiany rezystancji w funkcji zmiany ciśnienia jest wyrażany przez tak zwany współczynnik K. Jest on definiowany jako względna zmiana rezystancji $\Delta R/R$ w porównaniu do względnej zmiany długości $\Delta L/L$.

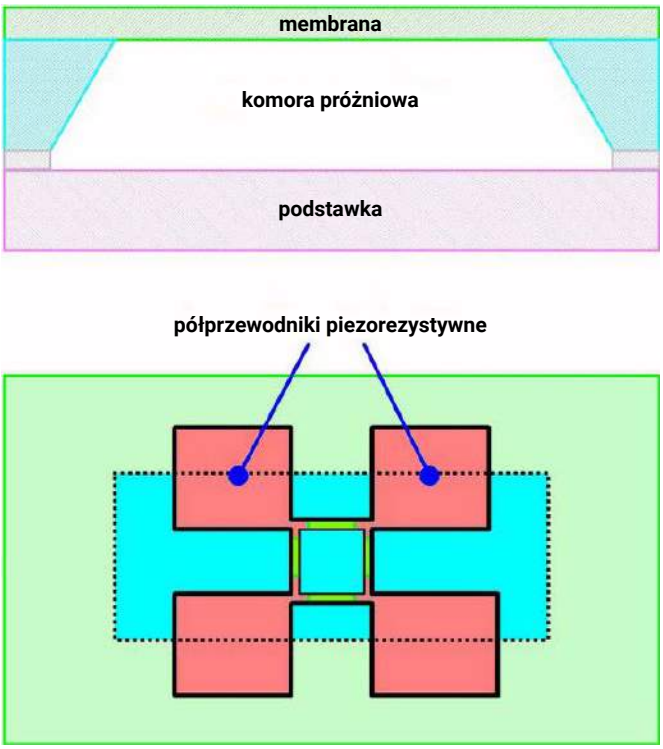
Dla materiałów półprzewodnikowych współczynniki K wynoszą od 50 do 100, podczas gdy dla materiałów czysto metalicznych wynoszą one około 2. Z tego powodu preferuje się pracę z półprzewodnikami, ponieważ są one znacznie bardziej czułe.

Budowa czujnika ciśnienia

Podstawową strukturę czujnika ciśnienia przedstawiono na poniższym rysunku. Mała, prostokątna komora (komora próżniowa) jest uszczelniona od dołu sztywną płytką (podstawką), a od góry membraną. Membrana składa się z bardzo cienkiej płytki krzemowej, na którą nałożone są cztery półprzewodniki piezorezystywne. Widok z góry (poniżej) pokazuje, jak te cztery części są wytrawione na membranie. Membrana jest bardzo cienka, tak cienka, że może się z łatwością odginać. Membrana ta odkształci się, jeśli na jej górną powierzchnię zostanie wywarte ciśnienie różniące się od ciśnienia w komorze.

Jeśli ciśnienie nad membraną jest większe niż ciśnienie w komorze, membrana stanie się wklęsła. Jeśli jednak ciśnienie nad membraną jest mniejsze niż ciśnienie w komorze, membrana wybrzuszy się. Te odkształcenia membrany są przenoszone na cztery półprzewodniki piezorezystywne poprzez specjalną konstrukcję membrany. Te również ulegają odkształceniu, czego logiczną konsekwencją jest wzrost lub spadek ich rezystancji. Ponieważ komora nie jest kwadratowa, lecz prostokątna, nie wszystkie cztery półprzewodniki ulegną jednakowemu odkształceniu. W końcu ugięcie w kierunku wzdłużnym jest większe niż w poprzek, po prostu dlatego, że komora jest znacznie dłuższa niż wynosi jej szerokość. Nawiasem mówiąc, komora jest bardzo mała. Na przykład w przypadku KP100A, czujnika ciśnienia

eprasa.pl 01ef15bc7a



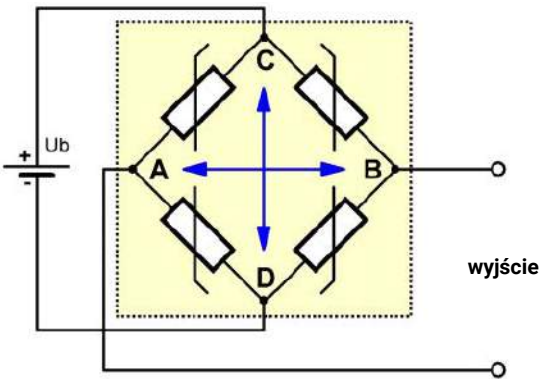
Podstawowa struktura elektronicznego czujnika ciśnienia (© 2019 Jos Verstraten)

opracowanego przez firmę Philips, wymiary komory wynoszą zaledwie 1,2 mm na 2,4 mm.

Obwód elektryczny

Elementy piezorezystywne są elektrycznie połączone ze sobą jako mostek Wheatstone'a, patrz rysunek poniżej. Cztery półprzewodniki piezorezystywne są połączone w kwadrat, podobnie jak cztery diody mostka prostowniczego. Należy podłączyć napięcie zasilania U_b przez jedną przekątną CD tego mostka. Jeśli wszystkie cztery rezystory byłyby tej samej wielkości, to na wszystkich rezystorach występowałyby jednakowe napięcia. W dwóch pozostałych wierzchołkach mostka występowałyby napięcia o wartości dokładnie $\frac{1}{2}U_b$. Nie byłoby różnicy napięć między drugą przekątną AB.

Jeśli jednak rezystory różnią się wartością z powodu odkształcenia membrany, to równość napięć nie będzie już spełniona. W zależności od stosunku między lewym i prawym rezystorem mostka, między punktami A i B pojawi się niewielkie napięcie różnicowe. To właśnie to napięcie tworzy napięcie wyjściowe U z czujnika i jest miarą wielkości ciśnienia wywieranego na membranę.

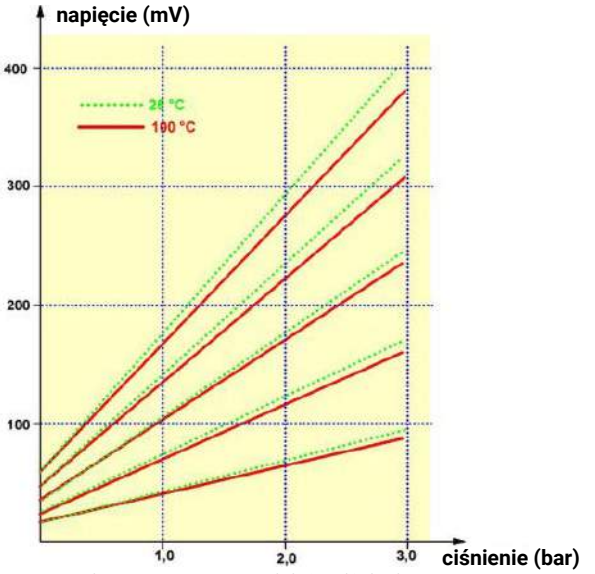


Obwód elektryczny otaczający cztery elementy czujnika ciśnienia (© 2019 Jos Verstraten)

Właściwości czujników ciśnienia

Charakterystyka napięcie-ciśnienie czujnika ciśnienia

Zależność między napięciem różnicowym między punktami A i B mostka a ciśnieniem bezwzględnym wywieranym na membranę przedstawiono na poniższym rysunku. Na tej charakterystyce narysowano zestaw wykresów, które pokazują różnicę napięcia między punktami A i B w funkcji napięcia zasilania i temperatury mostka. Chociaż wydaje się, że czujnik jest dość czuły z zakresem napięcia od 100 mV do 400 mV, należy pamiętać, że dotyczy to zakresu ciśnienia 3 bar. Odpowiada to czułości 0,3 mV na mB lub hPa (hektopaskal). Ciśnienie powietrza waha się między wartościami granicznymi 940 hPa i 1060 hPa, więc czujnik zapewnia różnicę napięcia wyjściowego wynoszącą zaledwie 36 mV w całym tym zakresie.

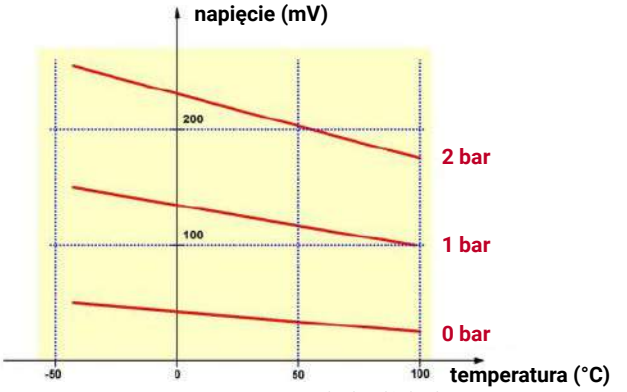


Charakterystyka piezorezystywnych czujników ciśnienia (© 2019 Jos Verstraten)

Współczynnik temperaturowy

Drugą ważną właściwością, którą można wywnioskować z wykresu, jest to, że charakterystyka przenoszenia czujnika ciśnienia jest wrażliwa na temperaturę. Nie jest to oczywiście zaskakujące. Po pierwsze, temperatura powoduje również kurczenie się lub rozszerzanie materii, więc różnica temperatur wpłynie na odkształcenie membrany. Po drugie, półprzewodniki piezorezystywne również mają współczynnik temperaturowy, który wpływa na obwód mostka.

Jeśli narysujesz wykresy w nieco inny sposób, tak aby wpływ temperatury stał się znacznie wyraźniejszy, otrzymasz obraz pokazany



Wpływ temperatury na charakterystykę napięcie-ciśnienie (© 2019 Jos Verstraten)

eprasa.pl 01ef15bc7a

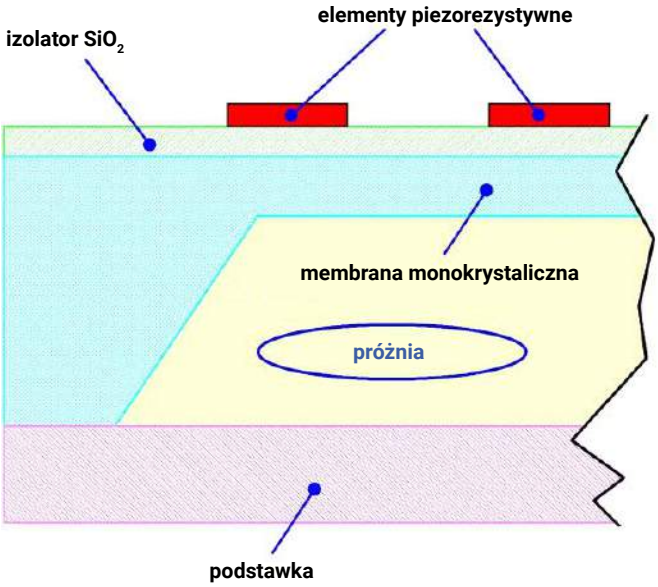
na poniższym rysunku. To wyraźnie pokazuje, że nie można ignorować wpływu temperatury na działanie czujnika.

Kompensowane czujniki ciśnienia

Czujniki opisane do tej pory nazywane są czujnikami nieskompensowanymi. Na rynku dostępne są jednak również czujniki z wbudowaną kompensacją temperatury. Zostaną one omówione w następnej sekcji.

Zakres temperatur

Zastosowanie krzemu jako materiału na membranę i nośnik elementów piezorezystywnych ma poważną wadę. Powyżej 100°C, prądy upływu pojawią się pomiędzy elementami i krzemowym nośnikiem, co zmniejsza liniowość czujnika. Zjawisko to nasila się gwałtownie wraz ze wzrostem temperatury powyżej tego limitu. Aby rozwiązać ten problem, opracowano konstrukcję, w której cienka warstwa dwutlenku krzemu SiO_2 jest nakładana między krzemową membraną a rzeczywistymi elementami piezorezystywnymi, patrz rysunek poniżej. Dzięki zastosowaniu tej techniki możliwe jest wytwarzanie czujników ciśnienia, które nadal działają dobrze w temperaturach otoczenia do 250°C.



Zwiększenie zakresu temperatur poprzez odizolowanie elementów piezorezystywnych od krzemowej membrany (© 2019 Jos Verstraten)

Histereza

Jeśli powoli zwiększysz ciśnienie na czujniku ciśnienia z ciśnienia 1 do ciśnienia 2, napięcie wyjściowe również wzrośnie z wartości pomiarowej 1 do wartości pomiarowej 2. Jeśli jednak następnie obniżysz ciśnienie do wartości 1, okaże się, że napięcie wyjściowe nie powróci całkowicie do wartości pomiarowej 1. Zjawisko to nazywane jest „histerezą" czujnika. Zjawisko to jest spowodowane właściwościami mechanicznymi membrany, która ze względu na swoją wewnętrzną sztywność ma trudności z prawidłowym przetwarzaniem równie dużego zgięcia w drugim kierunku po zgięciu w jednym kierunku. To samo zjawisko występuje również w przypadku barometrów mechanicznych. Jeśli dotkniesz mechanicznego barometru, zauważysz, że igła przeskakuje do innej wartości i pozostaje tam. Niestety, histereza elektronicznego czujnika ciśnienia nie może być wykryta przez stuknięcie w niego! Na szczęście histereza jest nieporównywalnie mniejsza niż w przypadku mechanicznego czujnika ciśnienia. Wartość 0,1% jest łatwo osiągalna dla większości układów, co jest pomijalne w praktyce.

Praktyczne wersje czujników ciśnienia

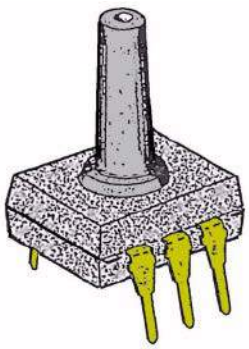
Wprowadzenie

Istnieją dwa różne typy czujników ciśnienia:

- czujniki absolutne lub tak zwane „aneroidowe", które mierzą bezwzględną wartość ciśnienia powietrza i mogą być stosowane w barometrach i wysokościomierzach,
- czujniki względne, które mierzą zależność między ciśnieniem powietrza a ciśnieniem innego gazu i są stosowane głównie w przemyśle chemicznym.

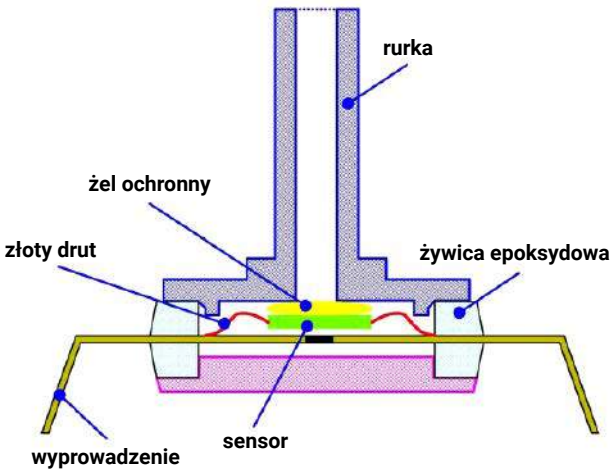
Czujniki aneroidowe

Mała komora pod membraną jest całkowicie pozbawiona powietrza, dzięki czemu w dolnej części membrany panuje ciśnienie równe 0. Jedynym wpływem ciśnienia na membranę jest ciśnienie powietrza na górze. Zasadniczo czujniki te emitują napięcie wyjściowe 0 V, gdyby były umieszczone w całkowitej próżni. W końcu ciśnienie w górnej części membrany również wynosiłoby 0, a membrana nie byłaby odkształcona. Takie czujniki mają zazwyczaj kształt przedstawiony na poniższym rysunku. Rzeczywisty czujnik jest zamontowany na nośniku układu scalonego, w górnej części obudowy znajduje się mała rurka, przez którą ciśnienie powietrza może przenikać do membrany. Rurka sprawia, że zanieczyszczenia nie mają łatwego dostępu do chipa.



Kształt aneroidowego czujnika ciśnienia (© 2019 Jos Verstraten)

Poniższy rysunek przedstawia przekrój poprzeczny takiego czujnika. Rzeczywisty czujnik, chip czujnikowy, jest zamontowany na ramie, która zawiera wyprowadzenia układu scalonego. Półprzewodniki piezorezystywne są podłączone do pinów za pomocą cienkich złotych drucików. Nad chipem nałożono warstwę ochronną z pewnego rodzaju żelu, która chroni wrażliwą powierzchnię chipa przed kurzem, który z biegiem lat wpada do układu scalonego przez cienką rurkę.



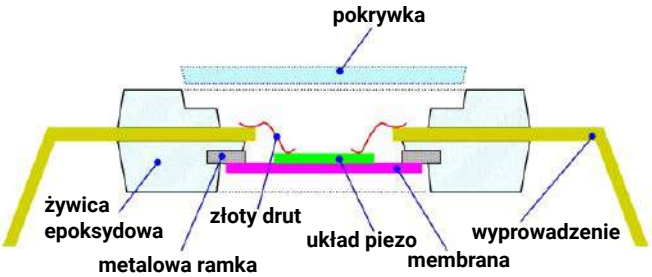
Przekrój przez aneroidowy czujnik ciśnienia (© 2019 Jos Verstraten)

eprasa.pl 01ef15bc7a

Czujnik względny

Drugi typ czujników ciśnienia działa z ciśnieniem powietrza jako odniesieniem. Czujniki te mierzą zatem ciśnienie zewnętrzne i porównują je z ciśnieniem powietrza. Oczywiste jest, że membrana nie może być umieszczona nad komorą próżniową. W większości przypadków te czujniki względne mają wygląd pokazany na poniższym rysunku. Membrana z czterema elementami piezorezystywnymi jest zamontowana w otworze w obudowie. Górna część obudowy jest zamknięta pokrywą z jednym lub kilkoma otworami. Dno jest oczywiście również otwarte, dzięki czemu ciśnienie może działać na membranę po obu stronach. Ciśnienie, które ma być mierzone, działa na tylną część membrany, dzięki czemu czułe elementy piezorezystywne nie mają kontaktu z gazem, którego ciśnienie ma być mierzone. Strona czujnika jest stroną wystawioną na działanie otaczającego powietrza. Dzięki takiej konstrukcji czujniki te są dość odporne na agresywne media, więc mogą być stosowane w silnikach benzynowych i procesach chemicznych. Aby jeszcze bardziej zwiększyć odporność chemiczną, na krzemową membranę czasami napyla się cienką warstwę miedzi lub stali nierdzewnej. W większości przypadków czujniki te są zaprojektowane w taki sposób, aby można je było bezpiecznie przykręcić do otworu w komorze ciśnieniowej zawierającej gaz, którego ciśnienie ma być mierzone.

Istnieją też takie warianty tych czujników, w których po obu stronach membrany znajdują się rurki do przyłączenia wężyków z tworzywa. Czujniki takie pozwalają mierzyć różnicę ciśnienia bez odnoszenia się do ciśnienia atmosferycznego. Stosuje się je na przykład do pomiaru prędkości przepływu gazów, a w połączeniu z rurką Pitota do pomiaru prędkości lotu samolotu – przyp. tłum.



Przekrój przez czujnik referencyjny (© 2019 Jos Verstraten)

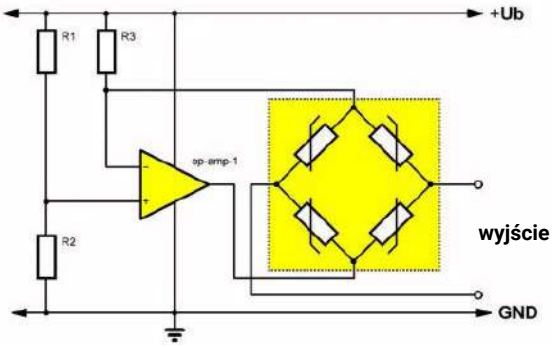
Elektronika otaczająca czujniki

Zasilanie napięciem stałym

Jak już wspomniano, jedna przekątna mostka Wheatstone'a musi być zasilana napięciem stałym. Ze względu na bardzo niskie napięcie wyjściowe czujnika, stabilność tego źródła zasilania jest sprawą kluczową. Wadą zasilania ze źródła o stałym napięciu jest jednak to, że współczynnik temperatury czujnika ma dodatkowy wpływ na napięcie wyjściowe. Ponieważ rezystancja elementów piezorezystywnych wzrasta lub maleje pod wpływem temperatury, dwa prądy przepływające przez dwie gałęzie mostka również wzrosną lub zmaleją. W rezultacie różnica napięć na drugiej przekątnej zależy od tych zmiennych prądów.

Zasilanie stałym prądem

Lepiej jest zasilać czujnik ze stabilnego źródła prądowego. Jeśli rezystory zmieniają wartość, nie wpłynie to na prąd, ale wpłynie na napięcie. W ten sposób wpływ współczynnika temperaturowego elementów staje się mniejszy. Wadą tej metody jest jednak zmniejszenie czułości czujnika. Należy więc znaleźć kompromis między akceptowalną zależnością temperaturową a akceptowalną czułością. Poniższy rysunek przedstawia schemat źródła prądowego, które można wykorzystać jako źródło zasilania czujnika ciśnienia.

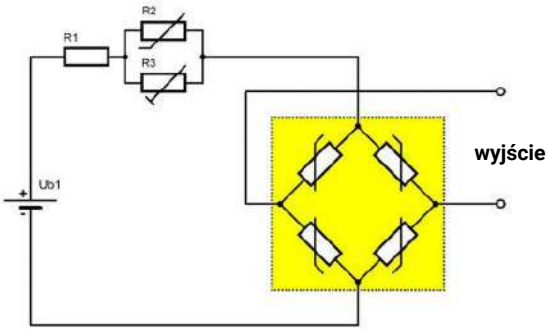


Zasilanie czujnika ciśnienia za pomocą źródła prądu stałego (© 2019 Jos Verstraten)

Wejście nieodwracające wzmacniacza operacyjnego jest ustawione na stałe napięcie za pomocą dzielnika napięcia R1-R2. Pomiędzy zasilaniem a wyjściem wzmacniacza operacyjnego znajduje się drugi dzielnik napięcia, składający się ze stałego rezystora R3 i przekątnej zasilania czujnika. Wzmacniacz operacyjny będzie dążył do zrównoważenia napięć na obu wejściach. Ponieważ wejście nieodwracające ma stałe napięcie, wejście odwracające również będzie mieć stałe napięcie. Prąd płynący z zasilania przez rezystor R3 do wejścia odwracającego może płynąć do wyjścia tylko przez czujnik. Wartość tego prądu nie zależy zatem od wartości rezystancji czujnika, ale od wartości trzech rezystorów na wejściach wzmacniacza operacyjnego. Jeśli wybierzesz bardzo stabilne rezystory metalizowane, masz pewność, że sterowanie prądem czujnika jest niezależne od temperatury.

Wykorzystanie termistora do kompensacji temperatury

Używając specjalnie dobranych termistorów można zasilać czujnik napięciem stałym. Schemat został przedstawiony na poniższym rysunku. Współczynnik temperaturowy termistora R2 musi być przeciwny do współczynnika temperaturowego czujnika. W razie potrzeby można skorygować niewielkie odchylenia, dodając równoległy rezystor R3 w postaci potencjometru regulacyjnego, dzięki czemu można ustawić minimalną wartość współczynnika temperatury.

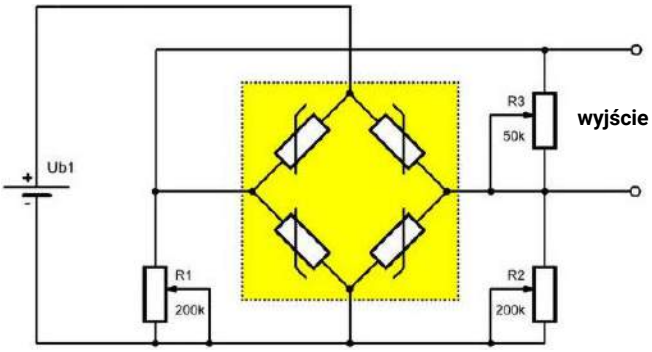


Kompensacja współczynnika temperatury za pomocą termistora (© 2019 Jos Verstraten)

Kompensacja napięcia offsetu

Jak już wspomniano, czujnik aneroidowy powinien dostarczać napięcie wyjściowe 0 V w próżni. W praktyce tak nie jest, nawet przy zerowym ciśnieniu czujnik nadal będzie dostarczał niewielkie napięcie. Nazywa się to „offsetem". Chociaż ta okoliczność oczywiście nigdy nie wystąpi w codziennej praktyce, należy skompensować wpływ offsetu, gdy wymagana jest wysoka precyzja. Przydatny schemat przedstawiono na poniższym rysunku. W zależności od polaryzacji napięcia offsetu, regulacja odbywa się za pomocą jednego z potencjometrów R1 lub R2. Do regulacji obwodu można użyć potencjometru R3 znajdującego się

eprasa.pl 01ef15bc7a

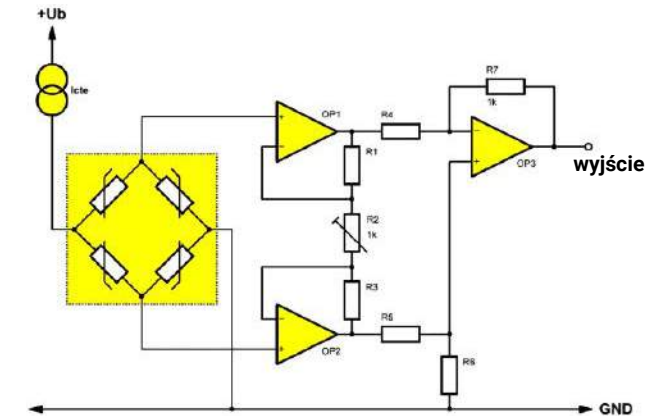


Kompensacja przesunięcia napięcia wyjściowego czujnika aneroidowego (© 2019 Jos Verstraten)

na przekątnej wyjścia. Za jego pomocą można na przykład ustawić czułość czujnika na 1 mV na hPa, co jest wymagane w przypadku korzystania z odczytu cyfrowego.

Wzmacnianie napięcia wyjściowego

Jak już wspomniano, piezorezystywny czujnik ciśnienia dostarcza bardzo małe napięcie wyjściowe. Szczególnie w przypadku pomiaru ciśnienia powietrza o ograniczonym zakresie, absolutnie konieczne jest znaczne wzmocnienie napięcia wyjściowego czujnika. Należy pracować z czułym wzmacniaczem różnicowym, który oblicza różnicę między napięciami na przekątnej wyjściowej i wzmacnia to małe napięcie różnicowe. W większości przypadków stosuje się wzmacniacz instrumentalny, którego podstawowy schemat pokazano na poniższym rysunku. Dwa pierwsze stopnie OP1 i OP2 tworzą przedwzmacniacz. Każdy z dwóch punktów pomiarowych trafia do własnego wzmacniacza operacyjnego. Wzmocnienie tego stopnia jest określane przez stosunek rezystorów R1 i R3 do R2. Regulując tę ostatnią rezystancję, można dostosować wzmocnienie układu. Umożliwia to dostosowanie czułości do używanego przyrządu pomiarowego.



Niewielka różnica napięcia na przekątnej czujnika jest wzmacniana za pomocą wzmacniacza instrumentalnego (© 2019 Jos Verstraten)

Trzeci wzmacniacz operacyjny OP3 oblicza różnicę napięć między wyjściami poprzednich wzmacniaczy operacyjnych, a także zapewnia możliwość pomiaru tej różnicy napięć w stosunku do masy. W ten sposób można dalej przetwarzać wzmocnione napięcie unipolarne, na przykład za pomocą cyfrowego miernika panelowego, który mierzy napięcie na wyjściu względem masy.

Kompensowane czujniki ciśnienia

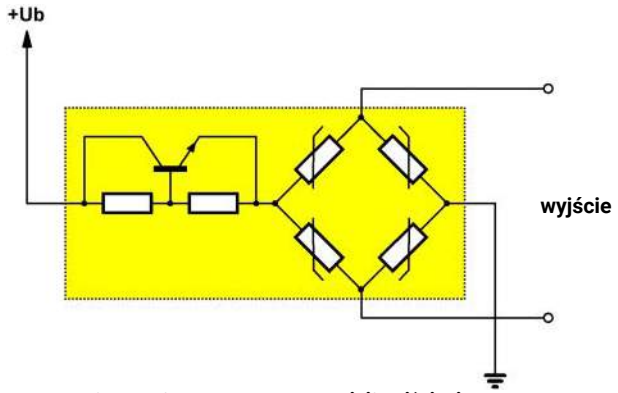
Wprowadzenie

Główną wadą piezorezystywnych czujników ciśnienia jest to, że są one bardzo wrażliwe na temperaturę roboczą czujnika. Ponieważ jest to bardzo irytujące w praktyce, opracowano czujniki wyposażone w wewnętrzne obwody elektroniczne, które zmniejszają tę zależność od temperatury. A ponieważ elektronika jest zintegrowana z układem scalonym, nic nie stoi na przeszkodzie, aby oprócz tej kompensacji producent zaimplementował również wzmacniacz sygnału w układzie scalonym. W ten sposób powstają wysoce niezawodne, w pełni zintegrowane systemy pomiarowe, które dostarczają napięcie stałe, które jest wprost proporcjonalne do ciśnienia i prawie nie zależy od temperatury.

Kompensowany czujnik

Z przedstawionych wcześniej wykresów można wywnioskować, że czułość układu spada wraz ze wzrostem temperatury. Ten spadek czułości musi być jakoś skompensowany. Można to zrobić na przykład poprzez zwiększenie napięcia zasilania czujnika wraz ze wzrostem temperatury. Spowoduje to wzrost napięcia wyjściowego między dwoma punktami przekątnej wyjściowej mostka, kompensując spadek czułości.

Ogólne rozwiązanie stosowane tym celu przedstawiono na poniższym rysunku. Tranzystor bipolarny jest połączony szeregowo z przekątną zasilania mostka. Napięcie baza/emiter tranzystora (zrobionego z krzemu) jest również bardzo wrażliwe na temperaturę. Napięcie to wzrasta wraz ze wzrostem temperatury. Tranzystor jest podłączony jako tak zwany „mnożnik U_{be}". Wraz ze wzrostem temperatury wzrasta napięcie baza/emiter, co powoduje, że tranzystor przewodzi więcej prądu. Zmniejsza to jego rezystancję wewnętrzną i obniża napięcie na półprzewodniku. Ponieważ tranzystor jest połączony szeregowo z czujnikiem, oznacza to, że wraz ze wzrostem temperatury napięcie zasilania czujnika wzrasta.



Podstawowy schemat skompensowanego czujnika ciśnienia (© 2019 Jos Verstraten)

Rozbudowana kompensacja

W praktyce nie pracuje się z jednym tranzystorem, ale z około czterema. Każdy tranzystor jest ustawiony na inny punkt pracy. W ten sposób współczynnik temperaturowy czujnika można zmniejszyć co najmniej dziesięciokrotnie. Wykresy na poniższym rysunku porównują wpływ temperatury na nieskompensowany czujnik (po lewej) z wpływem na czujnik skompensowany (po prawej).

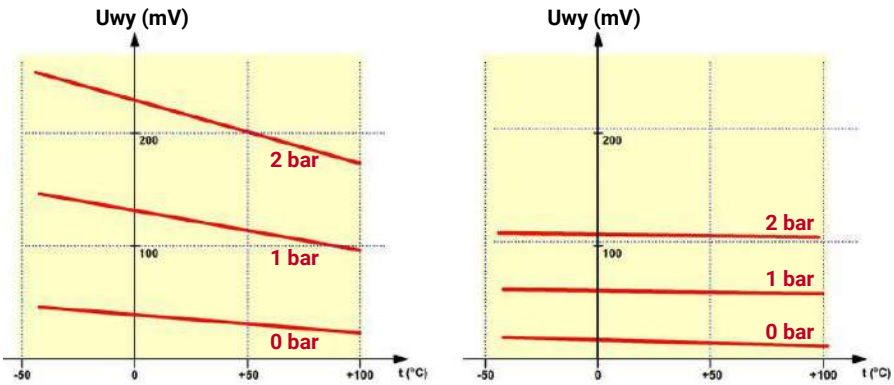
Wadą układu jest to, że czułość czujnika spada o około połowę, przy takim samym napięciu zasilania. Jest to logiczna konsekwencja faktu, że tranzystory muszą zostać spolaryzowane, a zatem część dostępnego napięcia zasilania nie jest dostępna dla mostka czujnika.

Tanie i łatwo dostępne czujniki ciśnienia

Uwaga

Oczywiście na rynku dostępne są dziesiątki różnych wersji czujników ciśnienia. Większość z nich została opracowana do użytku przemysłowego i jest dość droga. W tym artykule opisujemy tylko cztery

eprasa.pl 01ef15bc7a

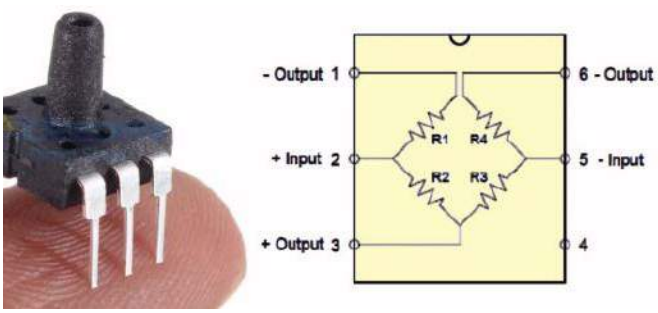


Porównanie współczynników temperaturowych czujnika nieskompensowanego i skompensowanego (© 2019 Jos Verstraten)

łatwo dostępne i niedrogie modele, idealne dla elektroników hobbystów do eksperymentowania, na przykład przy projektowaniu elektronicznych barometrów.

MPS20N0040D-D

Jest to bez wątpienia najtańszy nieskompensowany czujnik ciśnienia, jaki można kupić. W niektórych chińskich sklepach internetowych można go kupić za mniej niż jedno euro. Wygląd i schemat wewnętrzny przedstawiono na poniższym rysunku.



Niedrogi MPS20N0040D-D (© AliExpress)

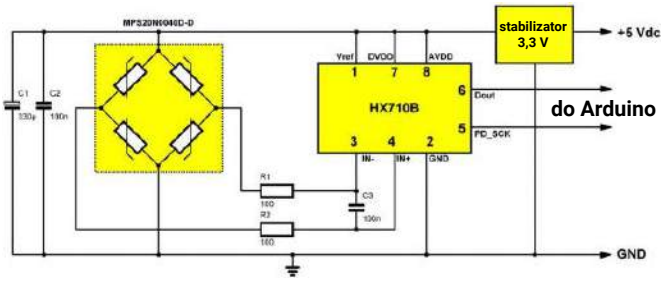
Dane techniczne tego czujnika ciśnienia:

- zakres pomiarowy: 40 kpa
- wyjście: 50 mV...100 mV
- zasilanie: 5 V lub 1 mA
- liniowość: ±0,25%
- histereza: ±0,7%
- współczynnik temperaturowy: ±0,08%/°C
- impedancja wejściowa: 4 kΩ...6 kΩ
- impedancja wyjściowa: 4 kΩ...6 kΩ
- zakres temperatur: −40°C...+85°C

Poniższy rysunek przedstawia praktyczny schemat użycia tego czujnika ciśnienia. Op-amp OP-1 jest podłączony jako wzmacniacz różnicowy. Należy pamiętać, że rezystory R3-R4 i R5-R6 muszą mieć identyczne wartości. Wzmocnienie tego stopnia jest określane przez stosunek wartości między tymi rezystorami. Następny wzmacniacz, OP-2, zapewnia dodatkowe wzmocnienie sygnału unipolarnego pochodzącego ze wzmacniacza różnicowego.

Poniższy rysunek przedstawia obwód, w którym wyjście analogowe MPS20N0040D-D jest połączone z HX710B. Jest to 24-bitowy przetwornik ADC firmy AVIA Semiconductor. Dwa wyjścia na tym schemacie są podłączone do wejścia i wyjścia Arduino. Jeden pin jest ustawiony jako wyjście, aby działać jako zegar (PD_SCK) dla ADC, a jeden pin jest używany jako wejście do odczytu danych z HX710 na Dout. Rezystory 100 Ω między wyjściami czujnika ciśnienia i HX710B, wraz z kondensatorem ceramicznym 100 nF, tworzą filtr poprawiający odporność obwodu na zakłócenia. Obwód zasilany jest napięciem 3,3 V tworzonym z napięcia 5 V Arduino za pośrednictwem dodatkowego stabilizatora 3,3 V.

W Internecie dostępnych jest wiele przykładów zapewniających niezbędny kod źródłowy dla Arduino.

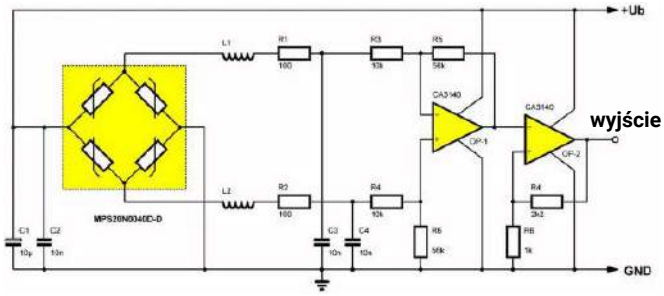


Ten obwód umożliwia podłączenie MPS20N0040D-D do Arduino (© 2019 Jos Verstraten)

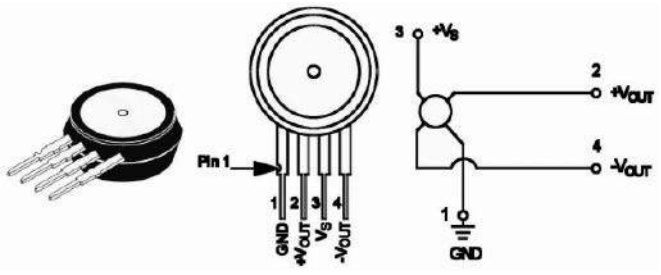
MPX53GP

Ten nieskompensowany czujnik ciśnienia firmy Freescale Semiconductor kosztuje około dziesięć dolarów i zapewnia napięcie wyjściowe, które jest wprost proporcjonalne do ciśnienia. Poniższy rysunek podsumowuje wygląd i szczegóły połączenia. Dane techniczne tego czujnika ciśnienia:

- zakres pomiarowy: 50 kPa
- czułość: 1,2 mV/kPa
- zasilanie: 6,0 V maks.
- prąd zasilania: 6,0 mA typ.
- liniowość: ±0,4%
- histereza: ±0,1%
- współczynnik temperaturowy: ±0,16%/°C
- impedancja wejściowa: 355 Ω...505 kΩ
- impedancja wyjściowa: 750 Ω...1,875 Ω

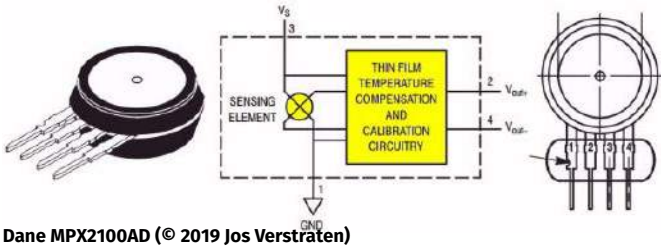


Użyteczny obwód wokół MPS20N0040D-D (© 2019 Jos Verstraten)

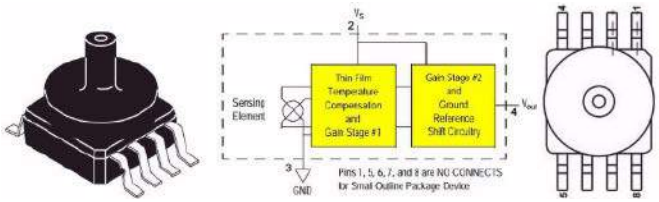


Dane MPX53GP (© 2019 Jos Verstraten)

eprasa.pl 01ef15bc7a



Dane MPX2100AD (© 2019 Jos Verstraten)



Dane MPXV7007 (© 2019 Jos Verstraten)

MPX2100AD

Ten skompensowany temperaturowo czujnik ciśnienia firmy Motorola zapewnia bardzo dokładne i liniowe napięcie wyjściowe wprost proporcjonalne do ciśnienia. Czujnik jest dostępny w sprzedaży w cenie od 13,60 euro. Dane techniczne tego czujnika ciśnienia:

- zakres pomiarowy: 100 kPa
- czułość: 0,4 mV/kPa
- zasilanie: 16,0 Vmaks.
- prąd zasilania: 6,0 mA typ.
- liniowość: ±0,25%
- histereza: ±0,1%
- współczynnik temperaturowy: ±0,25%/°C
- impedancja wejściowa: 1,0 kΩ...2,5 kΩ
- impedancja wyjściowa: 1,4 kΩ...3,0 kΩ
- zakres temperatur: –40°C...+85°C

MPXV7007

Ten czujnik ciśnienia firmy NXP Semiconductors kosztuje około 16,00 euro. Jednak czujnik ten jest nie tylko kompensowany temperaturowo, ale zawiera całą elektronikę niezbędną do zapewnienia jednobiegunowego i dobrze wzmocnionego napięcia wyjściowego.

Z ośmiu pinów połączeniowych używane są tylko piny 2, 3 i 4, pozostałe to piny NC:

- pin 2: napięcie zasilania,
- pin 3: masa,
- pin 4: napięcie wyjściowe.

Dane techniczne tego czujnika ciśnienia:

- zakres pomiarowy: ±7 kpa
- czułość : 286 mV/kPa
- zasilanie: 5,0 V maks.
- prąd zasilania: 10,0 mA typ.
- dokładność: ±5,0% dla pełnego zakresu
- liniowość: ±0,25%
- przesunięcie: 0,5 V typ.
- zakres temperatur: –40°C...+125°C. ■

Jos Verstraten

Czujniki ciśnienia

Rozwiązanie znajdziesz na www.elportal.pl/quizy

1. Zjawisko zmiany oporności metalu lub półprzewodnika pod wpływem deformacji nazywa się efektem:
☐ piezorezystywnym,
☐ piezoelektrycznym,
☐ tiksotropowym,

2. Czujnik ciśnienia używa:
☐ dwóch elementów piezorezystywnych połączonych szeregowo,
☐ czterech elementów piezorezystywnych połączonych szeregowo,
☐ czterech elementów połączonych w formie mostka Wheatstone'a.

3. Poważną wadą czujników ciśnienia jest ich znaczna wrażliwość na:
☐ zmiany wilgotności,
☐ zmiany temperatury,
☐ zmiany ciśnienia.

4. Nieskompensowane czujniki ciśnienia powinno się zasilać:
☐ stałym napięciem,
☐ stałym prądem,
☐ zmiennym napięciem.

5. Czujniki kompensowane:
☐ są niewrażliwe na zmiany ciśnienia,
☐ są niewrażliwe na zmiany napięcia zasilania,
☐ są niewrażliwe na zmiany temperatury.

6. By zwiększyć zakres temperatury pracy czujników w procesie produkcji dodaje się:
☐ warstwę izolującą z dwutlenku krzemu,
☐ warstwę termoprzewodzącą z miedzi lub aluminium,
☐ warstwę żelu tiksotropowego.

7. Czujniki aneroidowe mierzą:
☐ różnicę ciśnień między dwiema stronami czujnika,
☐ ciśnienie atmosferyczne względem 1000hPa,
☐ ciśnienie względem próżni.

8. Wzmacniacz instrumentalny współpracujący z czujnikiem:
☐ pozwala mierzyć i wzmacniać różnicowe napięcie wyjściowe czujnika,
☐ pełni instrumentalną rolę w polaryzacji czujnika,
☐ odpowiada za kompensację temperaturową.

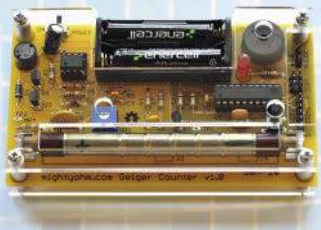
9. Czujnik kompensowany do kompensacji używa:
☐ tranzystora i dwóch rezystorów będących częścią struktury krzemowej,
☐ termistora będącego częścią struktury krzemowej,
☐ mikrokontrolera generującego napięcie odniesienia na podstawie temperatury.

10. Niektóre czujniki zawierają w swojej strukturze nie tylko układ kompensacji, ale też:
☐ źródło prądowe,
☐ wzmacniacz sygnału mierzonego,
☐ mikrokontroler.

eprasa.pl 01ef15bc7a

Elektor Bestsellers

SAVE UP TO 26% NOW!



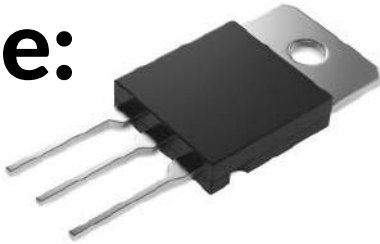
www.elektor.com/sale/deals

Elektor SUMMER SALE

elektor
design > share > earn

eprasa.pl 01ef15bc7a

Wskazówki laboratoryjne: stabilizatory napięcia



Kiedy potrzebujemy zasilacza, w dziewięciu przypadkach na dziesięć sięgamy po stabilizator 78xx lub 79xx. Jednak za pomocą tych poręcznych układów można zrobić znacznie więcej niż tylko ustabilizować napięcie pojedynczego zasilacza, czego dowodzi dziesięć praktycznych rozwiązań układowych zawartych w tym artykule.

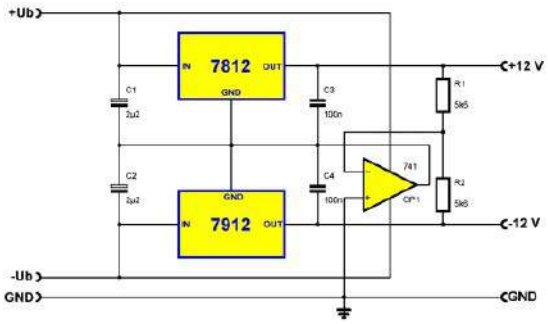
Precyzyjne zasilanie symetryczne ze stabilizatorami

Scalone stabilizatory liniowe mają pewien rozrzut napięć wyjściowych. Przykładowo, napięcie wyjściowe stabilizatora 7812 wynosi od +11,4 V do +12,6 V. Te same tolerancje dotyczą stabilizatorów napięć ujemnych. Jeśli projektujesz symetryczny zasilacz z 7812 i 7912, to w najgorszym wypadku asymetria między napięciami wyjściowymi wyniesie 1,2 V.

Istnieją układy, gdzie oba napięcia zasilania muszą być absolutnie symetryczne względem siebie, by urządzenie prawidłowo działało. Można wtedy zacząć dobierać 7812 i 7912 pod kątem równości napięć, ale jest to żmudne i pracochłonne zadanie (zwłaszcza, że stabilizatory mogą się też różnić współczynnikiem dryftu temperaturowego – przypis tłumacza). Znacznie lepiej jest użyć schematu pokazanego na poniższym rysunku.

W tym przypadku do sterowania dwoma stabilizatorami wykorzystywany jest wzmacniacz operacyjny. Sterowanie to zapewnia, że oba napięcia wyjściowe stają się sobie równe. Nieodwracające wejście wzmacniacza operacyjnego jest połączone z masą. Wejście odwracające jest podłączone do punktu między rezystorami R1 i R2. Muszą one być dokładnie sobie równe, dlatego konieczne jest użycie w tym celu rezystorów 1%. Wzmacniacz operacyjny działa jako komparator i będzie dążył do równości napięć na obu wejściach. Ponieważ wejście nieodwracające znajduje się na masie, obwód będzie również dążył do tego, aby napięcie na wejściu odwracającym było równe 0 V. Oczywiście dzieje się tak tylko wtedy, gdy dwa napięcia wyjściowe są dokładnie równe pod względem wartości bezwzględnej, ponieważ wtedy napięcie na R1 i R2 spada równomiernie, a punkt między nimi ma wartość 0 V. Przy równości napięć, wyjście wzmacniacza operacyjnego jest również na poziomie 0 V. Oba połączenia masy stabilizatorów są wtedy również na poziomie 0 V.

Jeśli jednak oba obwody nie generują równych napięć, to początkowo między rezystorami będzie występowało napięcie inne niż 0 V. W rezultacie wyjście wzmacniacza operacyjnego stałoby się dodatnie lub ujemne. Odniesienia masy stabilizatorów zaczynają wtedy pływać, w wyniku czego jeden odprowadza więcej prądu do wyjścia wzmacniacza operacyjnego, a drugi odprowadza mniej. W wyniku tego działania napięcia wyjściowe dostosowują się do siebie, tworząc idealną symetrię na wyjściu.

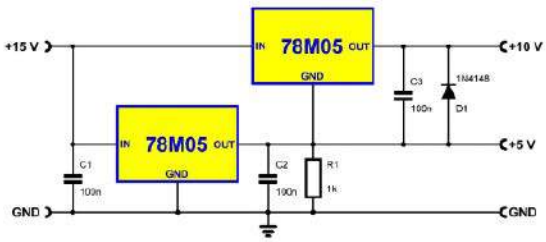


Dokładny zasilacz symetryczny ze stabilizatorami liniowymi (©2017 Jos Verstraten)

Dwa różne napięcia z jednakowymi stabilizatorami

Często zdarza się, że w obwodzie potrzebne są dwa różne dodatnie napięcia zasilania, np. +5 V do zasilania układów scalonych TTL i +10 V do zasilania wzmacniaczy operacyjnych. Można wtedy oczywiście złożyć zasilacz z układów 7805 i 7810. Przemysł dąży jednak do jak największej standaryzacji. Taniej jest użyć w układzie dwóch identycznych komponentów niż dwóch różnych.

Można rozwiązać ten problem, stosując obwód pokazany na poniższym rysunku. Dolny układ 78M05 jest podłączony standardowo. Pin masy idzie do masy, wyjście dostarcza +5 V. Jednak pin masy górnego stabilizatora jest podłączony do wyjścia +5 V. Obwód traktuje ten punkt jako odniesienie, a zatem generuje napięcie +5 V względem tego odniesienia. W stosunku do rzeczywistej masy, wyjście górnego stabilizatora ma napięcie +10 V. Rezystor R1 jest niezbędny do utworzenia ścieżki prądowej dla połączenia masy górnego stabilizatora.



Dwa różne napięcia ze stabilizatorami liniowymi (©2017 Jos Verstraten)

Zwiększanie maksymalnego prądu wyjściowego stabilizatora

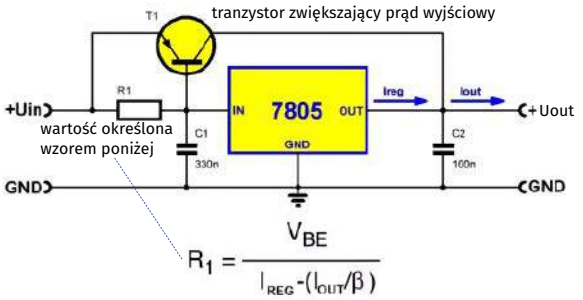
Poniższy rysunek przedstawia obwód, w którym poprzez dodanie zewnętrznego tranzystora szeregowego można płynnie zwiększyć wydajność prądową stabilizatora liniowego.

Rezystor R1 określa moment, w którym zewnętrzny tranzystor T1 zaczyna przewodzić, tym samym, uczestniczyć w dostarczaniu prądu wyjściowego. Można zatem obliczyć ten rezystor tak, aby, dopóki obwód nie musi dostarczać większego prądu niż ten, który może obsłużyć stabilizator, zewnętrzny tranzystor pozostawał bezczynny.

Wzór na obliczenie tej rezystancji jest podany obok poniższego schematu.

- V_{BE} to napięcie baza-emiter tranzystora T1,
- I_{REG} to maksymalny prąd wyjściowy stabilizatora,
- I_{OUT} to żądany maksymalny prąd zasilacza,
- β to współczynnik wzmocnienia prądowego tranzystora T1.

eprasa.pl 01ef15bc7a



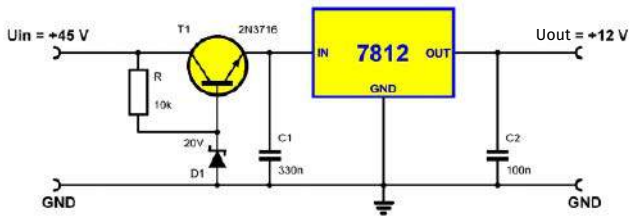
Zwiększanie prądu wyjściowego stabilizatora (©2017 Jos Verstraten)

Należy pamiętać o tym, iż współczynnik wzmocnienia różni się między poszczególnymi tranzystorami, nawet w obrębie jednej partii, dlatego do obliczeń należy uwzględnić wartość minimalną, jaką podaje nota katalogowa tranzystora. Jeśli wartość rzeczywista będzie większa, tranzystor zacznie przewodzić przy niższym prądzie obciążenia – przypis tłumacza.

Stabilizator podłączony do zbyt wysokiego napięcia wejściowego

Najbardziej oczywistą metodą podłączenia stabilizatora liniowego do zbyt wysokiego napięcia jest oczywiście dołączenie rezystora szeregowego. Obwód ten może być jednak używany tylko wtedy, gdy jest pewne, że podłączony obwód wymaga dość stałego prądu z zasilacza. Wadą tego rozwiązania jest to, że małe wahania prądu będą skutkować dużymi wahaniami napięcia wejściowego stabilizatora. Dla wyższych prądów moc strat na rezystorze może być znaczna, co wymaga użycia bardziej kosztownych i potencjalnie kłopotliwych gabarytowo rezystorów – przypis tłumacza.

Obwód przedstawiony na poniższym rysunku będzie znacznie lepszy. Stabilizator jest teraz poprzedzony wtórnikiem emiterowym, którego baza jest wysterowana przez diodę Zenera. W przedstawionym przykładzie ma ona napięcie 20 V. Napięcie bazy jest zatem równe tej wartości, a emiter osiągnie napięcie około 19,4 V. To napięcie trafia na wejście stabilizatora liniowego. Obwód działa teraz całkowicie niezależnie od pobieranego prądu. Należy jednak pamiętać o tym, iż na tranzystorze wydziela się duża moc strat, więc nie należy zapominać o chłodzeniu tranzystora.



Podłączenie stabilizatora liniowego do zbyt wysokiego napięcia wejściowego (©2017 Jos Verstraten)

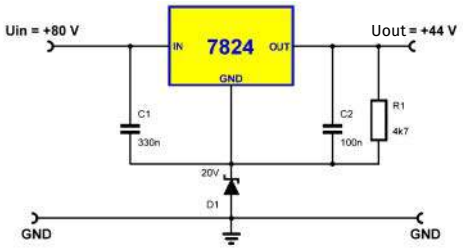
Zwiększanie napięcia stabilizatora liniowego

Korzystając ze schematu przedstawionego na poniższym rysunku, można sprawić, że napięcie wyjściowe stabilizatora liniowego będzie znacznie wyższe niż napięcie podane na obudowie. Jak wiadomo, napięcie wyjściowe stabilizatora zawsze ustawia się na napięcie o xx V wyższe niż napięcie podane na pinie COMMON. Tutaj xx oznacza nominalne napięcie wyjściowe danego stabilizatora.

W normalnych okolicznościach pin COMMON jest połączony z masą, tak aby wyjście dostarczało napięcie xx V względem masy. Jednak na przedstawionym schemacie pin COMMON jest ustawiony na napięcie określone przez diodę Zenera D1. W tym przykładzie jest to dioda 20 V, więc pin COMMON stabilizatora jest ustawiony na napięcie +20 V względem masy.

7824 zapewnia napięcie na wyjściu, które jest o 24 V wyższe niż napięcie na pinie COMMON. W rezultacie na wyjściu panuje napięcie 20 V+24 V=44 V względem masy.

Obwód ten może być zasilany niestabilizowanym napięciem do +85 V.

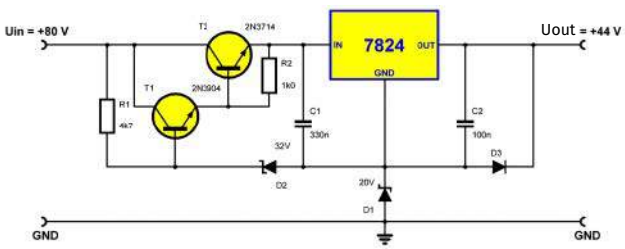


Zwiększanie napięcia wyjściowego stabilizatora (©2017 Jos Verstraten)

Bezpieczne zwiększanie napięcia stabilizatora

Druga, bezpieczna alternatywa zwiększania napięcia wyjściowego stabilizatora została przedstawiona na poniższym rysunku. Ponownie, pin COMMON jest ustawiony na napięcie wyższe niż potencjał masy za pomocą diody Zenera D1. Układ Darlingtona zbudowany na tranzystorach T1 i T2 jest ustawiony na napięcie 32 V względem napięcia na pinie COMMON za pomocą diody Zenera D2. Pierwszą zaletą tego układu jest to, że różnica napięć między wejściem stabilizatora i pinem COMMON nigdy nie może przekroczyć maksymalnej wartości określonej przez producenta. Ponownie, wyjście ustawia się na napięcie o 24 V wyższe niż napięcie na pinie COMMON, tj. +44 V.

Ale co się dzieje, gdy wyjście jest zwarte do masy? W rezultacie katoda diody D3 jest podłączona do masy. Jej anoda połączona jest z pinem COMMON układu scalonego, który jest pod napięciem +20 V. W rezultacie dioda zaczyna przewodzić. Pin COMMON jest podłączony do masy za pośrednictwem diody i dostosowuje się do napięcia przewodzenia diody, +0,65 V. Dioda Zenera D2 osiąga teraz ten sam potencjał z anodą, dzięki czemu katoda znajduje się pod napięciem około +32,7 V względem masy. Układ Darlingtona bierze to napięcie „na siebie".



Bezpieczne zwiększanie napięcia wyjściowego stabilizatora (©2017 Jos Verstraten)

Ustawianie napięcia wyjściowego stabilizatora

Jak pokazano wcześniej, napięcie wyjściowe stabilizatora liniowego można podnieść o stałą wartość w relatywnie prosty sposób. Aby zrozumieć działanie poniższego obwodu, należy krótko powrócić do podstawowej zasady działania stabilizatorów liniowych. Napięcie na wyjściu stabilizatora liniowego jest zawsze stabilizowane względem pinu COMMON, a różnica zawsze wynosi xx V. Ta wartość zależy od typu stabilizatora. Przykładowo dla stabilizatora 7805 napięcie na wyjściu będzie zawsze o 5 V wyższe względem pinu COMMON, dla 7915 zaś będzie o 15 V niższe względem pinu COMMON. Dla prawidłowego działania układu przez pin COMMON przepływa nieduży prąd spoczynkowy Iq, niezbędny dla poprawnego spolaryzowania wewnętrznych komponentów stabilizatora.

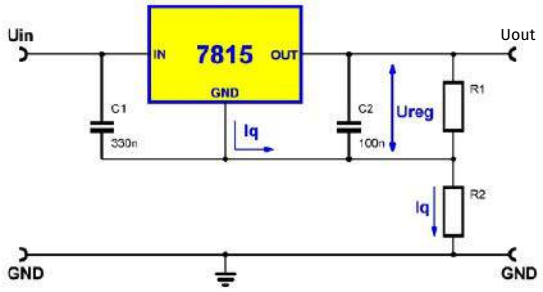
eprasa.pl 01ef15bc7a

W większości przypadków pin COMMON połączony jest z masą i dlatego prąd płynie do masy. Na podstawie tych dwóch faktów można zrozumieć działanie przedstawionego obwodu. Dzielnik rezystorowy składający się z rezystorów R1 i R2 znajduje się między stabilizowanym wyjściem a masą. Pin COMMON jest podłączony do punktu pomiędzy R1 i R2. Na rezystoorze R1 odkłada się napięcie Ureg stabilizatora. W przypadku 7815, Ureg jest zatem równe +15 V. Obliczenie napięcia wyjściowego względem masy nie jest teraz trudne. Na R1 odkłada się napięcie Ureg, więc można obliczyć prąd płynący przez ten rezystor, korzystając z prawa Ohma. Prąd ten przepływa również przez rezystor R2 i generuje spadek napięcia na tym rezystorze. Napięcie to, szeregowo z Ureg, znajduje się między masą a wyjściem obwodu. Napięcie wyjściowe obwodu jest zatem równe:

$$Uout=UR2+Ureg$$

W ten bardzo prosty sposób można ustawić wyższe napięcie wyjściowe stabilizatora szeregowego.

Jest jednak pewien szczegół, który należy wziąć pod uwagę. Jak wspomniano wyżej, układ scalony odprowadza własny prąd do masy przez pin COMMON. Ten prąd Iq przepływa przez rezystor R2 i generuje dodatkowy spadek napięcia na tym elemencie. Dlatego opisana metoda obliczania napięcia wyjściowego nie jest do końca poprawna. Aby poznać dokładną wartość napięcia wyjściowego, trzeba wiedzieć, jak duży jest prąd Iq. Ale ten prąd jest dość mały i jeśli wybierzesz małe wartości R1 i R2, spadek napięcia spowodowany prądem Iq będzie pomijalnie mały.



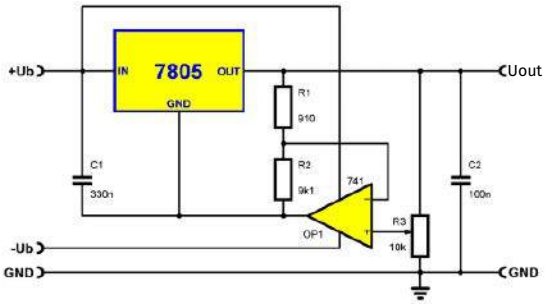
Ustawianie napięcia wyjściowego stabilizatora dzielnikiem (©2017 Jos Verstraten)

Wadą tego rozwiązania, zwłaszcza przy małych wartościach rezystorów dzielnika jest zwiększenie mocy strat całego zasilacza. Ponadto prąd Iq zależy też od napięcia wejściowego oraz od temperatury układu – przypis tłumacza.

Regulowany zasilacz ze stabilizatorem

Napięcie wyjściowe stabilizatora liniowego jest równe napięciu znamionowemu stabilizatora względem pinu COIMMON. Jeśli więc napięcie na pinie COMMON będzie regulowane, napięcie wyjściowe również będzie regulowane. Logiczną konsekwencją tego stwierdzenia jest to, że możliwe jest, aby napięcie wyjściowe stabilizatora liniowego było mniejsze niż znamionowe napięcie wyjściowe układu scalonego. Jako przykład weźmy układ 7805. Ten układ scalony ustawia swoje napięcie wyjściowe na 5 V powyżej napięcia na pinie COMMON. Jeśli pin COMMON będzie miał napięcie –4 V, napięcie wyjściowe stabilizatora będzie równe +1 V. W ten sposób można zaprojektować bardzo prosty zasilacz regulowany.

Takie rozwiązanie przedstawiono na schemacie pokazanym na poniższym rysunku. Obwód ten jest regulowanym zasilaczem z zakresem ustawień od +0,5 V do +10 V przy maksymalnym prądzie 1 A. Pin COMMON stabilizatora jest podłączony do wyjścia wzmacniacza operacyjnego. Obwód ten jest zasilany napięciem symetrycznym, więc napięcie wyjściowe może być również ujemne. Wejście nieodwracające wzmacniacza operacyjnego jest połączone z suwakiem potencjometru R3 włączonego między wyjściem a masą. Napięcie na tym wejściu jest porównywane z napięciem na wejściu odwracającym. Jest ono podłączone do dzielnika napięcia między OUT i COMMON. Na tym dzielniku panuje stałe napięcie, które jest znamionowym napięciem wyjściowym stabilizatora liniowego. W przedstawionym przykładzie napięcie to wynosi 5 V. Wzmacniacz operacyjny porównuje napięcie na wejściu odwracającym z napięciem na wejściu nieodwracającym i dąży do zminimalizowania tej różnicy napięć. W rezultacie pin COMMON stabilizatora liniowego jest sterowany napięciem, którego wielkość zależy od położenia potencjometru R3. W ten sposób możliwe jest ustawienie napięcia wyjściowego obwodu w zakresie od +0,5 V do +10,0 V. Taką samą zasadę działania można też zastosować do stabilizatorów napięcia ujemnego 79xx.



Regulowany zasilacz ze stabilizatorem serii 7805 (©2017 Jos Verstraten)

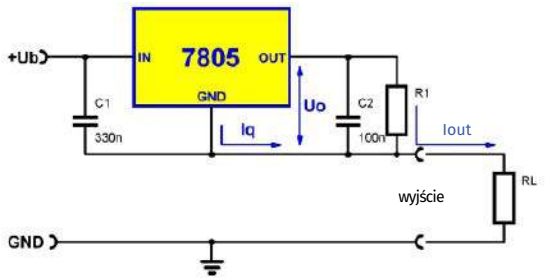
Lepszym rozwiązaniem może być zastosowanie dedykowanych stabilizatorów regulowanych LM317/LM337 – przypis tłumacza.

Źródło prądowe ze stabilizatorem

Poniższy rysunek przedstawia schemat źródła prądowego ze stabilizatorem liniowym o dodatnim napięciu wyjściowym. Obwód ten działa poprzez manipulowanie napięciem na pinie COMMON. Rezystor R1 jest włączony między ten pin, a wyjście, przez co na nim odkłada się napięcie znamionowe stabilizatora. Jeśli zastosowany jest stabilizator +5 V, napięcie 5 V występuje na tym rezystorze w każdych warunkach.

W rezultacie przez rezystancję przepływa prąd o stałym natężeniu. Wartość tego prądu można obliczyć za pomocą prawa Ohma i jest ona równa napięciu podzielonemu przez rezystancję. Prąd ten może przepływać tylko przez rezystor obciążenia RL do masy. Również przez ten rezystor przepływa stały prąd. Wartość rezystora obciążenia, w pewnych granicach, nie ma znaczenia. W rzeczywistości prąd dostarczany przez obwód jest określany tylko przez rezystor R1 i typ stabilizatora. Można zatem stwierdzić, że obwód ten działa jako idealne źródło prądowe.

Oczywiście należy wziąć pod uwagę, że prąd własny stabilizatora Iq, który przepływa przez pin COMMON, przepływa również przez rezystor obciążenia. Prąd ten jest jednak niewielki i często można go pominąć.



Źródło prądowe ze stabilizatorem liniowym (©2017 Jos Verstraten)

eprasa.pl 01ef15bc7a

Stosując to rozwiązanie należy pamiętać, iż na rezystorze wydzieli się moc równa iloczynowi napięcia znamionowego regulatora i pożądanego prądu wyjściowego. Jeśli układ ma zasilać na przykład diodę LED 1 W (Imax 350 mA) ze stabilizatora 7805, to na standardowym rezystorze 15 Ω wydzieli się 1,66 W (sic!), czyli więcej niż na samej diodzie LED. Dlatego to rozwiązanie nie jest generalnie stosowane – przypis tłumacza.

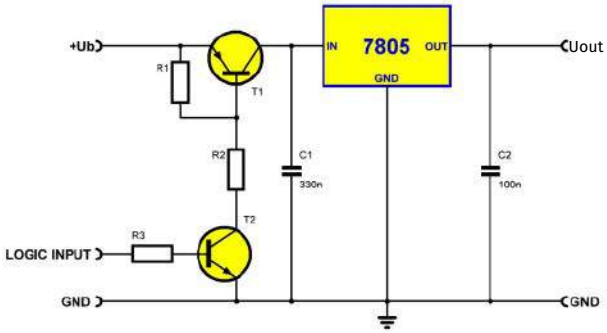
Zdalnie włączanie zasilanie ze stabilizatorem

W niektórych zastosowaniach przydatna może być możliwość włączania i wyłączania napięcia zasilania za pomocą sygnału sterującego. Na rynku dostępne są specjalne stabilizatory napięcia, które posiadają dodatkowe wejście do tego przeznaczone. Jednak nawet w przypadku standardowych układów z serii 78xx i 79xx można to zrobić w dość prosty sposób.

Schemat przedstawiono na poniższym rysunku. Tranzystor T1 jest włączony między niestabilizowanym napięciem a wejściem stabilizatora liniowego. Baza tego półprzewodnika jest połączona z emiterem poprzez mały rezystor R1. Ale dodatkowo baza idzie do masy przez rezystor R2 i tranzystor T2. Baza tego drugiego tranzystora jest sterowana sygnałem cyfrowym LOGIC INPUT.

Jeśli sygnał ten ma wartość „L", tranzystor T2 zostanie zatkany. W rezultacie baza T1 jest połączona z emiterem przez rezystor R1. Na złączu baza-emiter nie ma napięcia, tranzystor też jest zatkany. Stabilizator liniowy nie otrzymuje napięcia wejściowego i oczywiście napięcie wyjściowe również wynosi 0 V.

Jeśli tranzystor T2 zostanie pobudzony do przewodzenia przez stan „H" na wejściu, baza T1 zostanie podłączona do masy przez przewodzący tranzystor T2. Prąd bazy może teraz płynąć przez złącze baza-emiter T1, co powoduje pełne nasycenie tranzystora. Stabilizator liniowy otrzymuje napięcie wejściowe i dostarcza stabilizowane napięcie wyjściowe.



Zdalnie sterowany zasilacz ze stabilizatorem liniowym (©2017 Jos Verstraten)

Warto wspomnieć o dwóch modyfikacjach tego układu. Po pierwsze, w miejsce T2 można wstawić transoptor by uzyskać izolację galwaniczną między układem sterowanym, a sterującym. Po drugie, jeśli napięcie zasilania jest wyższe, niż napięcie wejściowe stabilizatora, to można włączyć diodę Zenera między bazę T1 i emiter T2 – przypis tłumacza. ■

Jos Verstraten

REKLAMA

Falowniki akumulatorowe

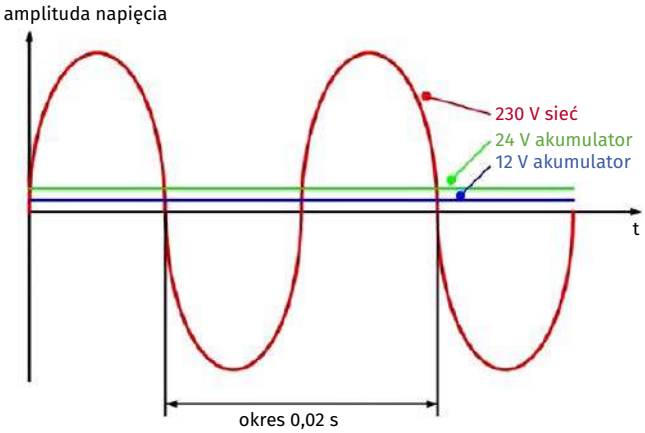
Za pomocą falownika można przekształcić stałe napięcie akumulatora 12 V lub 24 V na przemienne napięcie sieci 230 V. Jednak dobre falowniki o rozsądnej wydajności nie są tanie.

Informacje ogólne

Od niskiego napięcia DC do wysokiego napięcia AC

Napięcie dostarczane przez akumulator jest napięciem stałym najczęściej 12 V lub 24 V. Napięcie to jest stałe, więc zawsze wynosi 12 V lub 24 V. Napięcie sieciowe z gniazdka ściennego jest napięciem sinusoidalnie zmiennym o wartości skutecznej 230 V i częstotliwości 50 Hz.

Inwertery (falowniki) muszą zatem nie tylko zwiększać niskie napięcie akumulatora do 230 V, ale także jak najwierniej odwzorowywać sinusoidalny kształt napięcia sieciowego.



Konwersja niskiego napięcia akumulatora na napięcie sieciowe (©2017 Jos Verstraten)

Niski prąd na wyjściu, wysoki prąd na wejściu

Co może być lepszego niż zabranie ze sobą na kemping ekspresu do kawy o mocy 1000 W? Nie ma to jak filiżanka świeżo zaparzonej kawy pod ręką. Należy jednak pamiętać, że nie ma czegoś takiego jak cudowny wzrost mocy. Jeśli chcesz zasilać ekspres do kawy o mocy 1000 W z akumulatora 12 V za pomocą potężnego falownika, akumulator ten będzie musiał być w stanie dostarczyć co najmniej 1000 W mocy. Nawet więcej, ponieważ falownik sam zużywa trochę energii. Moc jest generowana przez urządzenie pobierające określony prąd z oferowanego napięcia. W rzeczywistości zależność jest bardzo prosta: moc to napięcie pomnożone przez prąd.

Tak więc ekspres do kawy 230 V o mocy wyjściowej 1000W pobiera z tego napięcia prąd o natężeniu 4,34 A. W końcu 230×4,34 to 1000. Rozsądny prąd, z którym napięcie sieciowe w domu nie będzie miało problemów. Inaczej ma się sprawa z falownikiem. Jeśli to urządzenie ma dostarczać 1000 W do ekspresu do kawy, to akumulator również powinien być w stanie dostarczyć co najmniej taką moc do falownika. Teraz jednak na wejściu nie ma napięcia 230 V, tylko 12 V. Ponieważ moc równa się napięciu pomnożonemu przez prąd, to przy 12 V, akumulator musi dostarczyć prąd o natężeniu nie mniejszym niż 83,33 A!

Jak długo wytrzymuje akumulator?

Akumulator kwasowo-ołowiowy jest zbudowany tak, aby dostarczać dość duży prąd. Podczas uruchamiania samochodu rozrusznik pobiera z akumulatora prąd o natężeniu co najmniej 100 A. Trwa to jednak najwyżej kilka sekund i akumulator z łatwością sobie z tym poradzi.

Zupełnie inna sytuacja ma miejsce, jeśli pozwolimy inwerterowi, obciążonemu ekspresem do kawy o mocy 1000 W, pobierać z akumulatora prąd o natężeniu powiedzmy 85 A. Typowy akumulator rozładuje się całkowicie już po pół godzinie. Marzenie o tym, by zawsze mieć pod ręką pyszną filiżankę świeżej kawy, odchodzi do lamusa.

Zjawisko to można również opisać technicznie za pomocą pojęcia pojemności akumulatora. Wielkość ta, wyrażona w Ah, czyli w amperogodzinach, wskazuje, jak długo akumulator może dostarczać prąd o określonym natężeniu. Akumulator o pojemności 45 Ah, co jest normalną wartością dla przeciętnego samochodu osobowego, może dostarczać prąd o natężeniu 1 A przez 45 godzin. Jeśli żądany prąd wzrośnie do 10 A, czas ten spadnie do zaledwie 4,5 godziny. Po podłączeniu falownika o mocy 1000 W do takiego akumulatora,

eprasa.pl 01ef15bc7a

będzie on w stanie dostarczać prąd o natężeniu 85 A przez maksymalnie 0,52 godziny, czyli około 31 minut.

Wysokie prądy wymagają grubych kabli

W pełni obciążony falownik pobiera bardzo duży prąd z akumulatora,dlatego kable pomiędzy akumulatorem i falownikiem o mocy 1000 W muszą być bardzo grube. Gdyby podłączyć falownik do akumulatora za pomocą zwykłego kabla (jak dla sieci 230 V), kabel ten dosłownie spłonął by po zaledwie kilku(-nastu) sekundach. Prąd o natężeniu 83,33 A wymaga przewodu o odpowiednio dużym przekroju, a w cienkim kablu wygenerowałby tak dużo ciepła, że kabel zapaliłby się niemal natychmiast. Jeśli potrzebujesz zakupić przedłużacz, obowiązuje następująca zasada: prąd pobierany w amperach podzielony przez trzy to powierzchnia przekroju poprzecznego przewodu w mm^2.

Dla 1000-watowego falownika potrzebne są więc przewody o minimalnym przekroju poprzecznym (od Red. EdW: co w przypadku przewodu o przekroju poprzecznym w kształcie koła przekłada się na średnicę około 6 mm). Należy pamiętać o różnicy pomiędzy pojęciami powierzchni przekroju poprzecznego (wyrażanej w mm^2) oraz średnicy (wyrażanej w mm) i nigdy tych pojęć ze sobą nie mieszać).

Wnioski

Korzystanie z falownika pod namiotem lub na jachcie jest nieco bardziej skomplikowane, niż mogłoby się wydawać na pierwszy rzut oka. Potrzebny jest nie tylko falownik, ale w większości przypadków także drugi akumulator o znacznej pojemności. Rozsądne jest umieszczenie falownika i akumulatora jak najbliżej siebie i połączenie ich bardzo grubymi kablami, które są tak krótkie, jak to tylko możliwe. Co więcej, nie zapominaj, że dodatkowy akumulator również musi być regularnie ładowany, więc dobry prostownik jest również jednym z niezbędnych komponentów. Chyba, że zdecydujemy się na hybrydę. Z pewnością w przypadku wyższych mocy w ofercie znajduje się wiele falowników, które można również wykorzystać do ładowania akumulatora z gniazdka 230 V.

Rodzaje falowników

Wprowadzenie

Falownik powinien spełniać trzy zadania:

- zamieniać niskie napięcie akumulatora na napięcie 230 V;
- wytwarzać napięcie zmienne o częstotliwości dokładnie 50 Hz;
- wytwarzać przebieg zmienny jak najbliższy napięciu sinusoidalnemu.

Opracowano różne technologie, aby jak najlepiej zbliżyć się do tego ideału.

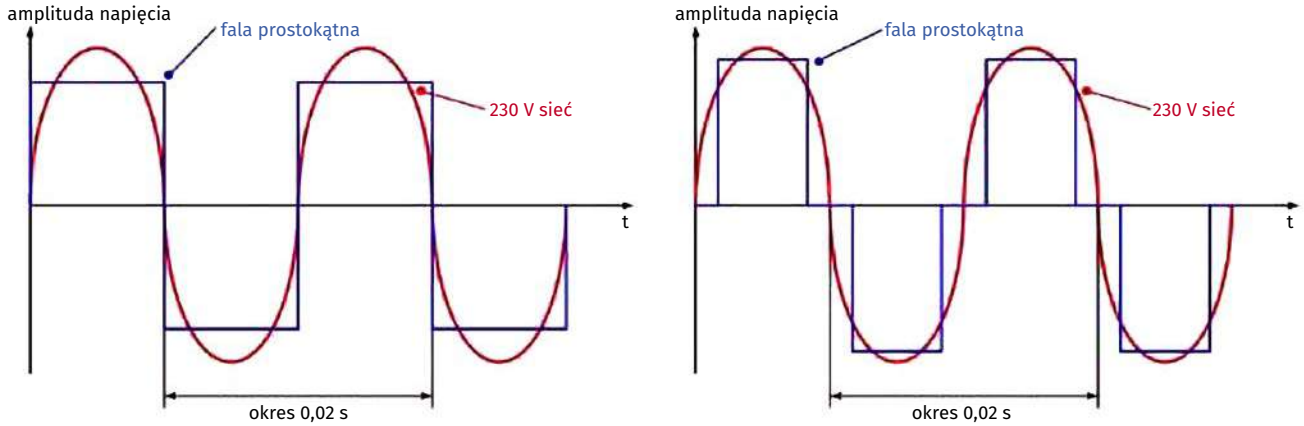
Falowniki z wyjściem prostokątnym

Najtańsze inwertery dostarczają na wyjściu napięcie prostokątne. Takie falowniki, które są już rzadko sprzedawane, nadają się tylko do zasilania tradycyjnych żarówek 230 V i elementów grzejnych 230 V. Urządzenia te absolutnie nie nadają się do zasilania sprzętu elektronicznego i silników elektrycznych.

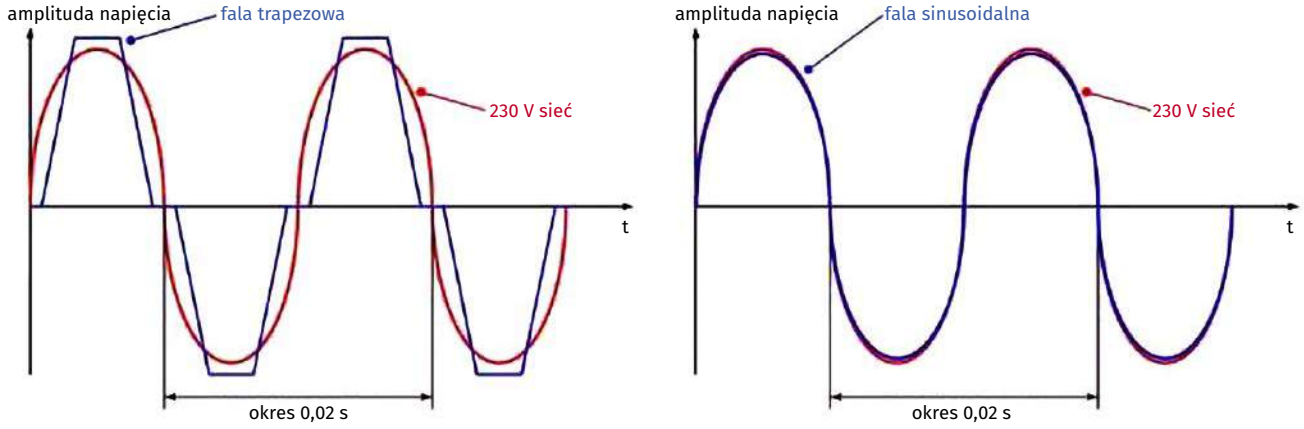
Inwertery tego typu ze względu na strome zbocza generowanego napięcia wytwarzają znaczne zakłócenia harmoniczne. O ile napięcie skuteczne (RMS) jest takie samo, to napięcie szczytowe będzie już inne – urządzenia zasilane przez transformator będą miały nieadekwatne napięcie po stronie wtórnej, zasilacze impulsowe zaś mogą dostarczać za mało mocy lub wręcz ulec uszkodzeniu – przypis tłumacza.

Falowniki ze zmodyfikowaną falą sinusoidalną na wyjściu

W rzeczywistości urządzenia te nadal dostarczają napięcie prostokątne, ale zniekształcone tak, by przypominało sinusoidę. Falowniki



Falowniki z przebiegiem prostokątnym i zmodyfikowaną sinusoidą na wyjściu (©2017 Jos Verstraten)



Falowniki z trapezem i czystym sinusem na wyjściu (©2017 Jos Verstraten)

eprasa.pl 01ef15bc7a

te nadają się do zasilania większości urządzeń elektronicznych i silników elektrycznych (ale silniki elektryczne będą pracować z gorszą wydajnością i mniejszą mocą – przypis tłumacza). Falowniki ze zmodyfikowaną sinusoidą okazują się jednak nieodpowiednie do zasilania wszelkich urządzeń medycznych, jak na przykład koncentratory tlenu, lamp fluorescencyjnych, czy urządzeń używających tyrystorów do regulacji lub sterowania – wyklucza to m.in. wiele ekspresów do kawy.

Falowniki z napięciem trapezowym na wyjściu

Falowniki te zapewniają napięcie wyjściowe, które jest już bardziej zbliżone do kształtu sinusoidy napięcia sieciowego. Falowniki te nadają się do zasilania wszystkich urządzeń elektrycznych i elektronicznych. Mają one jeszcze jedną zaletę: falowniki ze zmodyfikowaną sinusoidą czasami powodują wyraźnie słyszalny szum w sprzęcie zasilanym z transformatora. Falowniki z wyjściem trapezowym ograniczają to zjawisko w znacznym stopniu. Nadal jednak nie powinny być używane z urządzeniami medycznymi – przypis tłumacza.

Falowniki z czystą falą sinusoidalną na wyjściu

Te nieco droższe inwertery dostarczają napięcie wyjściowe, które jest identyczne z napięciem sieci 230 V pod względem kształtu przebiegu i częstotliwości. Technicznie rzecz biorąc, dostarczają one napięcie czysto sinusoidalne. Wyższa cena jest konsekwencją skomplikowanej elektroniki potrzebnej do osiągnięcia takiego przebiegu na wyjściu. Inwertery z czystą falą sinusoidalną nie stwarzają żadnych problemów i mogą zasilać wszystkie urządzenia 230 V (w tym medyczne – przypis tłumacza). Urządzenia 230 V bowiem nie zauważają żadnej różnicy między napięciem wyjściowym falownika a napięciem sieciowym!

Wnioski

Oczywiście do wyboru są falowniki z czystą falą sinusoidalną lub falowniki ze zmodyfikowaną falą sinusoidalną na wyjściu (te drugie tylko ze względu na atrakcyjną cenę, falowniki z falą trapezową są pod mimo wszystko lepsze – przypis tłumacza). W rzeczywistości to, który z nich wybierzemy, zależy wyłącznie od typu urządzenia, które chcemy nim zasilać.

Wybór typu falownika (©2017 Jos Verstraten)

Specyfikacje falowników

Jaka moc jest potrzebna?

Na początek, poniżej podano moc elektryczną pobieraną przez niektóre popularne urządzenia 230 V (podane wartości są jedynie przybliżone, i należy je sprawdzić dla konkretnych urządzeń – przypis tłumacza):

- ładowanie elektrycznej szczoteczki do zębów: 1 W,
- odbiornik satelitarny: 25 W,
- telewizor19": 16...20 W,
- zasilanie laptopa: 50...90 W,
- ładowarka do smartfona lub tabletu: 10...50 W,
- mini lodówka: 150...200 W,
- ręczny mikser lub blender: 200...350 W,
- kuchenka mikrofalowa: 800...1500 W,
- ekspres do kawy: 1000...1500 W.

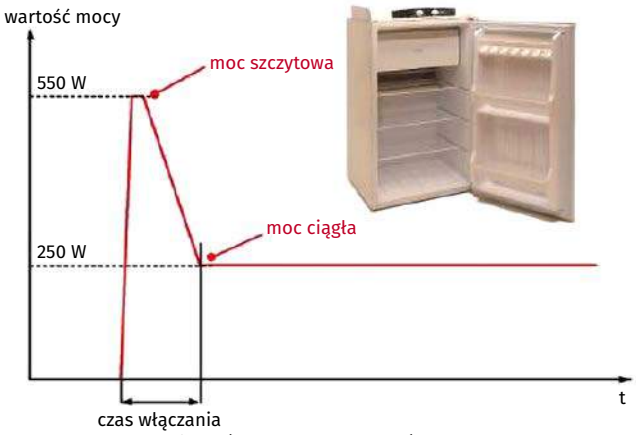
Zsumuj moc wszystkich urządzeń, które chcesz podłączyć do falownika i dodaj 10% marginesu. Jest to moc, którą falownik powinien być w stanie dostarczyć. Jest jednak pewien haczyk...

Warto pamiętać, iż część z wymienionych urządzeń, jak lodówka, telewizor, ładowarki do smartfonów, tabletów i laptopów, mają swoje warianty zasilane bezpośrednio z akumulatora samochodowego. Istnieją też lodówki turystyczne zasilane gazem z butli – przypis tłumacza.

Niezbędna moc szczytowa

Ważną cechą falowników jest dostarczana przez nie moc. Ważne są tutaj dwie koncepcje:

- **Moc ciągła**: to moc, którą falownik może dostarczać w sposób ciągły, tj. przez długi czas i bez przerw.
- **Moc szczytowa**: to moc, którą falownik może dostarczać przez bardzo krótki czas, aby poradzić sobie z prądem szczytowym pobieranym przez urządzenie zazwyczaj w momencie załączenia, który charakteryzuje większość urządzeń przeznaczonych do pracy w sieci napięcia przemiennego 230 V.



Moc szczytowa a moc ciągła (©2017 Jos Verstraten)

Lodówka o mocy 250 W po włączeniu będzie przez krótki czas pobierać moc około 550 W z sieci 230 V, gdy uruchomi się silnik sprężarki. Falownik powinien być w stanie dostarczyć taką moc szczytową bez uruchamiania wewnętrznych zabezpieczeń i wyłączania się falownika.

Pobór prądu przez sam falownik

Należy również zwrócić uwagę na pobór prądu w trybie gotowości, zwany również prądem jałowym lub bez obciążenia. Jest to pobór prądu przez sam falownik, bez podłączonych do niego urządzeń. W przypadku dobrej jakości falownika ze zmodyfikowanym sinusem na wyjściu wartość ta nie powinna przekraczać 1,5 A (18 W). W przypadku dobrego falownika z czystym sinusem na wyjściu wartość ta może być nieco wyższa. Należy pamiętać, że prąd ten jest również dostarczany przez akumulator i przyczynia się do jego rozładowania.

Sprawność falownika

Kolejną ważną cechą falownika jest jego sprawność. Sprawność to stosunek mocy dostarczanej przez falownik do mocy włożonej do falownika. Sprawność falownika sinusoidalnego wynosi około 90%. Jest to obecnie maksymalna osiągalna sprawność. Załóżmy, że do falownika podłączona jest kuchenka mikrofalowa o mocy 800 W. Urządzenie to pobiera z akumulatora prąd o natężeniu około 67 A. Ze względu na wydajność, do tego prądu należy dodać kolejne 10%. Zatem całkowity pobór prądu wynosi 67+6,7=73,7 A. Włączenie kuchenki mikrofalowej z tego przykładu na pięć minut spowoduje zużycie około 6,14 Ah z akumulatora. W końcu pięć minut to 5/60 lub 0,083 godziny,

eprasa.pl 01ef15bc7a

a w tym czasie akumulator dostarcza 73,7 A. 0,083 godziny razy 73,7 A to 6,14 Ah.

Sposób chłodzenia

Jeśli mocno obciążysz falownik, wewnątrz urządzenia wytworzy się sporo ciepła. Ciepło to musi zostać rozproszone, a dostępne są dwa sposoby, aby to zrobić:

- chłodzenie pasywne, przez obudowę,
- chłodzenie za pomocą wentylatorów.

Druga opcja jest oczywiście lepsza, ale należy upewnić się, że falownik jest zainstalowany w sposób umożliwiający swobodną cyrkulację powietrza przez wentylator(-y).

Zintegrowane funkcje bezpieczeństwa

Nowoczesny falownik jest w pełni sterowany mikroprocesorem i posiada zabezpieczenia przed:

- przegrzaniem,
- zbyt wysokim napięciem na wejściu,
- przeciążeniem na wyjściu,
- zwarciem na wyjściu,
- zbyt niskim napięciem akumulatora.

Urządzenie wyłącza się automatycznie, jeśli wystąpi którakolwiek z tych sytuacji. Droższe inwertery są wyposażone w lampki kontrolne, które informują o zaistniałej sytuacji.

Inwerter z pilotem zdalnego sterowania (© König Electronic)

Pilot zdalnego sterowania

Każde urządzenie ma oczywiście przełącznik, który umożliwia jego włączanie i wyłączanie. Nie jest to zbyt wygodne, jeśli falownik został zainstalowany w pobliżu akumulatora w komorze silnika. Niektórzy producenci dostarczają dodatkowo poręczny pilot zdalnego sterowania, który można podłączyć do urządzenia za pomocą długiego kabla, dzięki czemu można włączyć falownik na przykład z aneksu kuchennego na jachcie. ■

Jos Verstraten

REKLAMA

Prenumeratorzy mają bezpłatny dostęp do e-wydań archiwalnych EdW starszych niż 24 miesiące.

Sięgnij po archiwalne wydania

ELEKTRONIKI dla WSZYSTKICH

Przesyłka GRATIS

Zamów wygodnie na www.UlubionyKiosk.pl

eprasa.pl 01ef15bc7a

Podłączanie Arduino do Internetu

Dla tych, którzy dopiero zaczynają pracę z Arduino, połączenie z Internetem może być zniechęcającym zadaniem. Przy braku odpowiedniego interfejsu i wbudowanych narzędzi do debugowania, nie łatwo będzie dowiedzieć się, gdzie popełniło się błąd. W artykule omówiono wszystko, co należy wiedzieć o podłączaniu płytki Arduino do Internetu, włącznie z przykładowym kodem.

Kiedy Autor artykułu po raz pierwszy zaczął bawić się swoim Arduino Uno, był bardzo dumny z tego, że diody LED migają, a czujniki inicjują sygnały dźwiękowe. Szybko jednak zdał sobie sprawę, że prawdziwy potencjał Arduino można osiągnąć dopiero po połączeniu go z Internetem.

Połączenia z Internetem będzie wymagał praktycznie każdy projekt Arduino na poziomie od średnio zaawansowanego do zaawansowanego, a to z różnych powodów. Będzie to na przykład zapisywanie danych w chmurze, takich jak informacje pogodowe, może to być również zdalne przekazywanie poleceń w czasie rzeczywistym do urządzenia, na przykład za pośrednictwem aplikacji w telefonie.

W artykule instruktażowym przyjrzymy się, jak kompleksowo podłączyć Arduino do sieci LAN, a jeśli sieć LAN oferuje dostęp do Internetu, to również do Internetu. Omówiono zagadnienia związane ze sprzętem, pokazano układ i kod programu.

Połączenie przez Ethernet

Pierwszą opcją podłączenia Arduino do Internetu jest kabel Ethernetowy. Jeśli używana jest płytka Arduino z wbudowanym portem Ethernet, taka jak Arduino Yún, można pominąć sekcję „Wymagania sprzętowe" i opis projektu układu zamieszczony poniżej. Wystarczy dołączyć kabel Ethernetowy do urządzenia i rozpocząć pisanie programu. Jeśli jednak do dyspozycji jest prostsza wersja Arduino, taka jak Arduino Uno, która nie ma wbudowanego portu Ethernet, konieczny będzie zakup osobnego modułu zwanego Ethernet shield dołączanego do Arduino.

Wymagania sprzętowe

Wymagany będzie kabel Ethernetowy z Internetem, płytki: Arduino Uno i Ethernet Shield. Czynności wymagane do połączenia:

1. Dołącz moduł Ethernet shield od góry Arduino Uno.
2. Podłącz kabel Ethernetowy do modułu Ethernet shield.

Na **rysunku 1** została pokazana płytka Arduino Uno wraz z modułem Ethernet shield. Po połączeniu tych dwóch elementów, Arduino Uno powinno wyglądać jak na **rysunku 2**.

Kod

Przed rozpoczęciem pracy z kodem umożliwiającym połączenie Arduino do Internetu, należy dołączyć zewnętrzną bibliotekę do użycia w programie. Biblioteka ta pomoże nam nawiązać połączenie i wysyłać/odbierać dane przez Internet.

Uwaga. Biblioteka powinna być preinstalowana wraz z IDE. Jeśli z jakiegoś powodu pojawią się błędy, należy pobrać tę bibliotekę z oficjalnego repozytorium GitHub projektu Arduino.

```
#include <Ethernet.h>
```

W następnym kroku trzeba zdefiniować kilka stałych i zmiennych wymaganych dla tego programu. Po pierwsze, potrzebny jest adresu MAC. Jest on często drukowany na naklejce umieszczonej na module Ethernet shield. Następnie należy zdefiniować statyczny adres IP. Trzeba upewnić się, że dodawany adres IP nie jest używany przez innego użytkownika w domowej sieci LAN. Od Red. EdW: w tym celu najpewniej jest zalogować się do domowego routera i w ustawieniach serwera DHCP sprawdzić listę aktualnie przyznanych przez router numerów IP. Oczywiście dostępność i lokalizacja podglądu przydzielonych adresów IP będzie zależała od konkretnego modelu routera i jego oprogramowania. Trzeba też pamiętać, że na liście takiej nie znajdziemy urządzeń w sieci LAN (być może aktywnych), w których adres IP skonfigurowano statycznie, podobnie, jak robimy to właśnie w przypadku naszego Arduino. Po skonfigurowaniu w naszym Arduino ostatecznego adresu IP, warto zadbać o to, żeby nasz router w przyszłości nigdy nie przedzielił takiego samego adresu IP żadnemu innemu urządzeniu w naszej sieci LAN. Na koniec definiujemy zmienną EthernetClient.

```
byte mac[] = { oxDE, oxAD, oxBE, oxEF,
oxFE, oxED };
IPAddress staticIP(10, 0, 0, 20);

EthernetClient client;
```

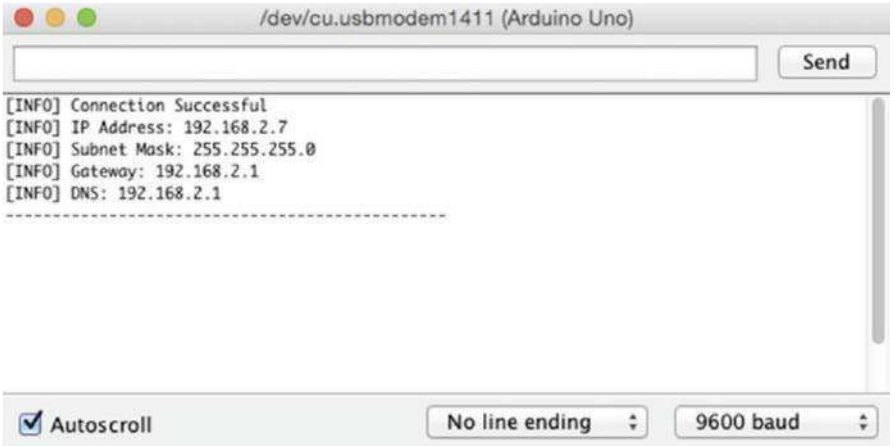
Można teraz napisać metodę łączenia się z Internetem. Są tu dwa kroki. Najpierw próbujemy uzyskać adres IP za pośrednictwem DHCP (protokół dynamicznej konfiguracji hosta), tj. próbujemy pobrać dynamiczny adres IP. Jeśli ten krok się nie powiedzie, powrócimy do statycznego adresu IP, który jest zdefiniowany powyżej.

```
void connectToInternet()
{
        // Step 1 - Try connecting
with DHCP
```

Rysunek 1. Arduino Uno i Ethernet shield

Rysunek 2. Moduł Ethernet shield dołączony do Arduino Uno

eprasa.pl 01ef15bc7a



Rysunek 3. Pomyślne połączenie z Internetem przez Ethernet

```
        If (Ethernet.begin(mac) == 0)
        {
                Serial.print("[ERROR]
Failed to connect via DHCP");
                Ethernet.begin(mac,
staticIP); // Connect via static IP
defined earlier
}
// Add a delay for initialization
delay(1000);

Serial.println("[INFO] Connection
Successful");
Serial.print("");
printConnectionInformation();
// Custom
method
Serial.print
ln("-------------------------
--------");
Serial.println("");
}
```

Jak widać, w powyższym kodzie została użyta niestandardowa metoda printConnectionInformation() do wyświetlania informacji o połączeniu. Kod tej metody jest następujący.

```
void printConnectionInformation()
{
    // Print IP Address
    Serial.print("[INFO] IP
Address: ");
    Serial.println(Ethernet.localIP());

    // Print Subnet Mask
Serial.print("[INFO] Subnet Mask: ");
    Serial.println(Ethernet.
subnetMask());

    // Print Gateway
    Serial.print("[INFO] Gateway: ");
    Serial.println(Ethernet.
gatewayIP());

    // Print DNS
    Serial.print("[INFO] DNS: ");
    Serial.println(Ethernet.
dnsServerIP());
}
```

Na koniec napiszemy standardowe funkcje dla programu, tj. `setup()` i `loop()`.

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

    // Connect to the internet
    connectToInternet();
}

void loop()
{
    // Nothing much to do here.
}
```

Jeśli wszystko jest w porządku, w oknie monitora portu szeregowego powinien pojawić się wynik podobny do przedstawionego na **rysunku 3**.

Łączenie przez Wi-Fi

Drugą opcją jest bezprzewodowe połączenie Arduino z Internetem przez Wi-Fi. Jeśli do dyspozycji jest Arduino Uno lub jakakolwiek inna płytka Arduino, która nie ma wbudowanej funkcji Wi-Fi, konieczne będzie nabycie modułu np. Ethernet shield. Jeśli natomiast do dyspozycji jest Arduino Yún lub jakakolwiek inna płytka Arduino z wbudowanymi funkcjami bezprzewodowymi, można pominąć sekcję „Wymagania sprzętowe" wraz z dalszym opisem i od razu rozpocząć pracę z kodem.

Wymagania sprzętowe

Potrzebna będzie płytka Arduino Uno i bezprzewodowy shield. Czynności wykonywane do połączenia:

1. Podłącz bezprzewodowy sield do Arduino Uno.
2. Podłącz Arduino Uno do komputera przez port USB.

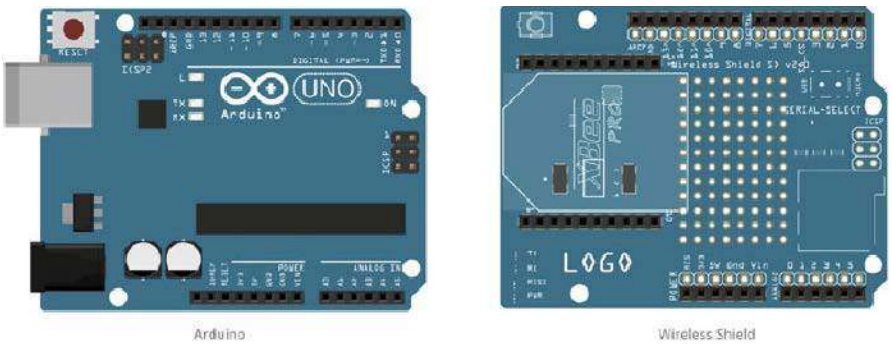
Na **rysunku 4** przedstawiono Arduino Uno i bezprzewodowy shield. Jeśli wszystko jest prawidłowo połączone, płytka Arduino Uno powinna wyglądać jak na **rysunku 5**.

Kod

Łącząc się z Internetem przez Ethernet, korzystaliśmy z zewnętrznej biblioteki <Ethernet.h>. Podobnie, aby połączyć się z Internetem bezprzewodowo, będziemy używać zewnętrznej biblioteki <WiFi.h>.

Uwaga. Biblioteka WiFi.h powinna być preinstalowana wraz z IDE. Jeśli z jakiegoś powodu pojawią się błędy, konieczne będzie pobranie tej biblioteki z oficjalnego repozytorium GitHub projektu Arduino.

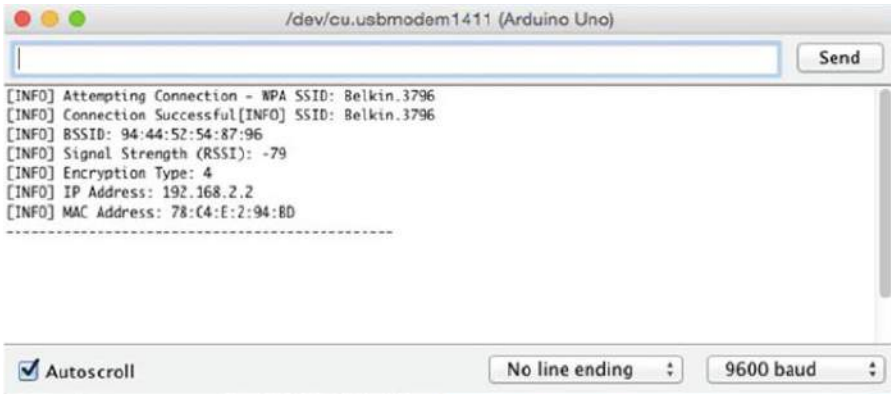
```
#include <SPI.h>
```



Rysunek 4. Arduino Uno i bezprzewodowy shield

Rysunek 5. Bezprzewodowy shield dołączony do Arduino Uno

eprasa.pl 01ef15bc7a



Rysunek 6. Udane połączenie z Internetem przez Wi-Fi

```
#include <WiFi.h>
```

W następnym kroku trzeba zdefiniować kilka stałych i zmiennych wymaganych dla tego programu do połączenia bezprzewodowego. Do połączenia z Wi-Fi będzie potrzebny identyfikator i hasło sieci Wi-Fi, z której będziemy korzystać. Zostanie utworzona również zmienna WiFiClient do łączenia się z Internetem.

```
char ssid[] = "Write WiFi SSID here";
char pass[] = "Write WiFi password
here";

int keyIndex - 0;
int status = WL_IDLE_STATUS;

WiFiClient client;
```

Można teraz zdefiniować kilka niestandardowych metod łączenia się i wysyłania/odbierania danych przez Internet. Najpierw utwórzmy metodę `connectToInternet()` do łączenia się z Internetem.

```
void connectToInternet()
{
   status = WiFi.status();

   if (status == WL_NO_SHIELD)
   {
     Serial.println("[ERROR]
WiFi Shield
Not Present");
     while (true);
}

while ( status != WL_CONNECTED)
{
   Serial.print("[INFO] Attempting
Connection - WPA SSID: ");
   Serial.println(ssid);

   status = WiFi.begin(ssid, pass);
}

Serial.print("[INFO] Connection
Successful");
Serial.print("");
printConnectionInformation();
Serial.print
ln("-------------------------");
Serial.println("");
}
```

Jak widać w powyższym kodzie, do wyświetlenia informacji o połączeniu Wi-Fi została wywołana niestandardowa metoda `printConnectionInformation()`. Jej kod jest następujący:

```
void printConnectionInformation()
{
   Serial.print("[INFO] SSID: ");
   Serial.println(WiFi.SSID());

   // Print Router's MAC address
   byte bssid[6];
   WiFi.BSSID(bssid);
   Serial.print("[INFO] BSSID: ");

   Serial.print(bssid[5], HEX);
   Serial.print(":");

   Serial.print(bssid[4], HEX);
   Serial.print(":");

   Serial.print(bssid[3], HEX);
   Serial.print(":");

   Serial.print(bssid[2], HEX);
   Serial.print(":");

   Serial.print(bssid[1], HEX);
   Serial.print(":");

   Serial.println(bssid[0], HEX);

   // Print Signal Strength
   long rssi = WiFi.RSSI();
   Serial.print("[INFO] Signal Strength
   (RSSI) : ");
   Serial.println(rssi);

   // Print Encryption type
   byte encryption = WiFi.encryption
   Type();
   Serial.print("[INFO] Encryption Type
: ");
   Serial.println(encryption, HEX);
   // Print WiFi Shield's IP address
   IPAddress ip = WiFi.localIP();
   Serial.print("[INFO] IP
Address : ");
   Serial.println(ip);

   // Print MAC address
   byte mac[6];
   WiFi.macAddress(mac);

   Serial.print("[INFO] MAC
Address: ");

   Serial.print(mac[5], HEX);
   Serial.print(":");

   Serial.print(mac[4], HEX);
   Serial.print(":");

   Serial.print(mac[3], HEX);
   Serial.print(":");

   Serial.print(mac[2], HEX);
   Serial.print(":");

   Serial.print(mac[1], HEX);
   Serial.print(":");

   Serial.println(mac[0], HEX);
}
```

Pozostało jeszcze napisanie standardowych funkcji, tj. `setup()` i `loop()`:

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

    // Connect to the internet
    connectToInternet();
}

void loop()
{
    // Nothing to do here
}
```

Hurra! Skończyliśmy z kodem Arduino do łączenia się z Internetem przez Wi-Fi. Jeśli nie ma żadnych błędów, dane wyjściowe w oknie monitora szeregowego powinny wyglądać tak, jak na **rysunku 6**.

Artykuł został po raz pierwszy opublikowany w grudniowym wydaniu magazynu Open Source For You w 2022 roku. ■

Mir H.S. Quadri

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

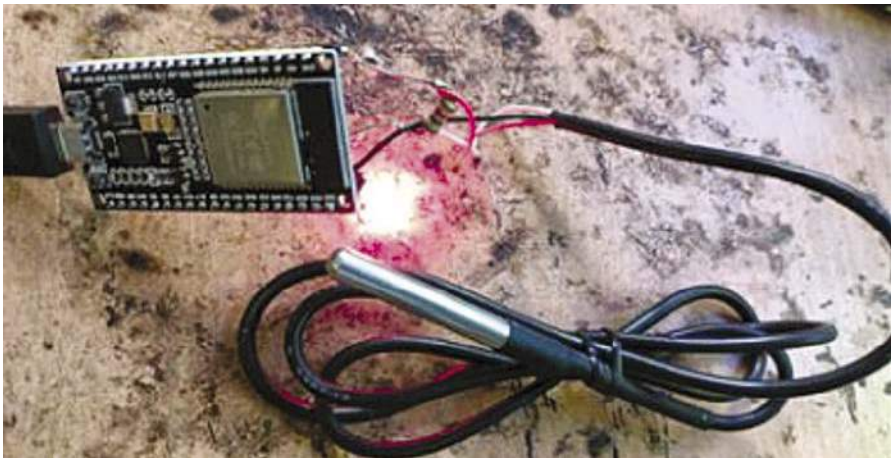
eprasa.pl 01ef15bc7a

ESP32 LoRa Gateway do monitorowania danych

W artykule opisano projekt zabezpieczenia kotła o dużej mocy, w którym zbierane są dane z 32 termopar znajdujących się w pobliżu drugiego obiegu, gdzie temperatura otoczenia w normalny dzień wynosi od 65°C do 70°C z powodu wycieków ciepła z gorącego obszaru. Termopary muszą jednak mierzyć temperatury w zakresie 150°C do 350°C, w zależności od ich położenia.

Podczas przerwy w pracy kotła zamocowaliśmy termopary w ich docelowych miejscach, podłączyliśmy płytkę Arduino Mega, zamocowaliśmy radio LoRa z anteną wystającą poza obudowę IP64, a następnie zamocowaliśmy skrzynkę na słupie. Zasilanie napięciem przemiennym 220 V z pobliskiego słupa zostało przekonwertowane za pomocą ładowarki do smartfona na napięcie stałe o wartości 5 V. i wprowadzone do obudowy przez mały otwór od spodu.

Dwa zestawy po 16 termopar typu K, każda z 32 przewodami zostały wprowadzone do dwóch skrzynek przez szczeliny boczne, które następnie uszczelniono specjalnym kitem izolacyjnym i uszczelką m-seal. Pomysł, aby użyć wyświetlacza LED pokazującego stan tych urządzeń został odrzucony, ponieważ prawie nikt nie odwiedza tego miejsca na tej wysokości i przy wysokiej temperaturze. Ostatecznie mamy dwie czarne skrzynki zamocowane na filarze z 32 kablami termoparowymi wchodzącymi do każdej skrzynki.



Rysunek 1. Prototyp autorski

Kto korzysta z danych?

Wszystkie dane są przesyłane co dziesięć sekund do pobliskiego budynku serwisowego oddalonego o dobre 700 metrów, w którym znajduje się biuro zespołu konserwacyjnego kotła. Małe i poręczne urządzenie Arduino Mega, oprócz przechowywania danych w formacie CSV, wyświetla je na małym ekranie TFT w czterech kolumnach. Ma ono również możliwość zademonstrowania tempa wzrostu temperatury wraz z alarmem dźwiękowym/wizualnym. Dane są dostarczane w formacie CSV, jak pokazano na **rysunku 2**.

Dane były monitorowane przez dział konserwacji kotła, ponieważ jest on jedyną agencją zajmującą się nieprawidłowościami parametrów. Jednak pewnego dnia doszło do istotnej anomalii, gdy personel konserwacyjny był na wakacjach. Zdecydowano więc, że dane powinny być publikowane w sieci LAN/WAN, aby mogły być monitorowane przez całą dobę przez lokalny dział operacyjny czynny 24 godziny na dobę, 7 dni w tygodniu oraz przez regionalne centrum operacyjne.

Podczas gdy dział IT zaczął badać kilka protokołów, takich jak telnet, wget, ftp, internetowa baza danych itp., zasugerowałem przesłanie danych do chmury, z której wszyscy mogliby uzyskać dostęp do danych. Ale zrobienie tego na Arduino Mega jest wyzwaniem, choć nie niemożliwym.

Router LoRa ESP32

Zadanie jest dość łatwe do osiągnięcia za pomocą układu ESP32. W pierwszej kolejności chcemy podłączyć moduły radiowe LORA do interfejsów UART modułu ESP32. W przypadku Arduino istniała możliwość skonfigurowania, zarówno sprzętowego, jak i programowego interfejsu UART. W przypadku modułu ESP32 nie mamy już takiej możliwości (ani potrzeby). Do podłączenia dwóch modułów radiowych LoRa potrzebujemy użyć dwóch interfejsów UART. Na szczęście, zgodnie z notą katalogową, w ESP32 można załączyć jednocześnie aż trzy UART-y, w dodatku dowolnie dobierając piny GPIO na potrzeby tych interfejsów. Oba niezbędne UART-y sprzętowe konfigurujemy na ESP32 używając następujących poleceń:

```
Serial1.begin(9600, SERIAL_8N1,
RXD1, TXD1); //
Serial2.begin(9600, SERIAL_8N1,
RXD2, TXD2); //
// Dla Rx = 16,15,13,34
// Dla Tx = 17,12,4,35
```

```
14-06,23:19:02, 5700 ,1-251.50,2-251.00,3-166.00,4-238.00,5-131.75,6- NAN,7-207.75,8-93.00#
14-06,23:19:12, 5700 ,1-251.25,2-249.75,3-166.00,4-237.75,5-131.75,6- NAN,7-207.75,8-92.00#
14-06,23:19:22, 5675 ,1-251.50,2-251.25,3-166.25,4-237.00,5-131.25,6- NAN,7-207.25,8-92.25#
14-06,23:19:33, 5675 ,1-252.00,2-250.75,3-166.75,4-238.00,5-131.50,6- NAN,7-207.75,8-91.75#
14-06,23:19:43, 5675 ,1-252.00,2-251.75,3-165.75,4-237.75,5-131.00,6- NAN,7-207.75,8-93.25#
14-06,23:19:53, 5675 ,1-252.25,2-251.50,3-165.50,4-237.75,5-131.50,6- NAN,7-207.50,8-93.25#
14-06,23:20:03, 5675 ,1-253.00,2-252.00,3-165.50,4-238.25,5-132.00,6- NAN,7-207.25,8-94.50#
14-06,23:20:13, 5675 ,1-252.25,2-251.75,3-165.75,4-238.50,5-132.25,6- NAN,7-207.75,8-93.50#
14-06,23:20:23, 5675 ,1-252.00,2-251.50,3-166.25,4-238.50,5-131.25,6- NAN,7-207.75,8-93.25#
14-06,23:20:33, 5675 ,1-251.75,2-251.25,3-166.75,4-238.00,5-131.75,6- NAN,7-208.00,8-92.00#
14-06,23:20:44, 5675 ,1-252.00,2-251.00,3-166.00,4-238.50,5-131.25,6- NAN,7-207.25,8-91.75#
14-06,23:20:54, 5675 ,1-252.00,2-250.50,3-165.50,4-238.25,5-131.50,6- NAN,7-207.25,8-91.50#
14-06,23:21:04, 5675 ,1-252.25,2-250.50,3-166.00,4-238.00,5-131.50,6- NAN,7-208.00,8-92.25#
14-06,23:21:14, 5675 ,1-251.75,2-250.75,3-165.75,4-238.00,5-132.00,6- NAN,7-207.75,8-92.00#
14-06,23:21:24, 5675 ,1-251.50,2-251.00,3-166.00,4-238.75,5-132.25,6- NAN,7-208.00,8-93.50#
14-06,23:21:34, 5675 ,1-251.25,2-251.25,3-166.00,4-238.50,5-132.00,6- NAN,7-207.50,8-91.75#
```

Rysunek 2. Dane w formacie CSV

eprasa.pl 01ef15bc7a

Wyżej ustawione piny sprawdziły się znakomicie.

Gdy moduły radiowe LoRa zaczną komunikować się z ESP32 za pośrednictwem UART-ów, następnym krokiem jest skonfigurowanie sieci Wi-Fi do łączenia się z Internetem. Tę kluczową część tworzenia sieci można wykonać za pomocą poleceń:

```
#include <Wi-Fi.h>
#include <Wi-FiUdp.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <esp_wifi.h>
const char *ssid = “bera1”;
const char *password =
“**********”;
const char *ssid1 = “bera2”;
const char *password1 =
“**********”;
```

Mam dwie sieci do użycia i w zależności od łączności układ ESP32 jest zaprogramowany w taki sposób, że jeśli nie uzyska połączenia, przeszukuje pamięć EEPROM i uruchamia się ponownie, aby połączyć się z siecią alternatywną. Można podać dowolną liczbę identyfikatorów SSID i haseł, a w przypadku niepowodzenia w uzyskaniu połączenia ESP32 wypróbuje je wszystkie po kolei. Oczywiście, dla dodatkowych kryteriów wyboru sieci, należałoby wprowadzić pewne zmiany w konfiguracji.

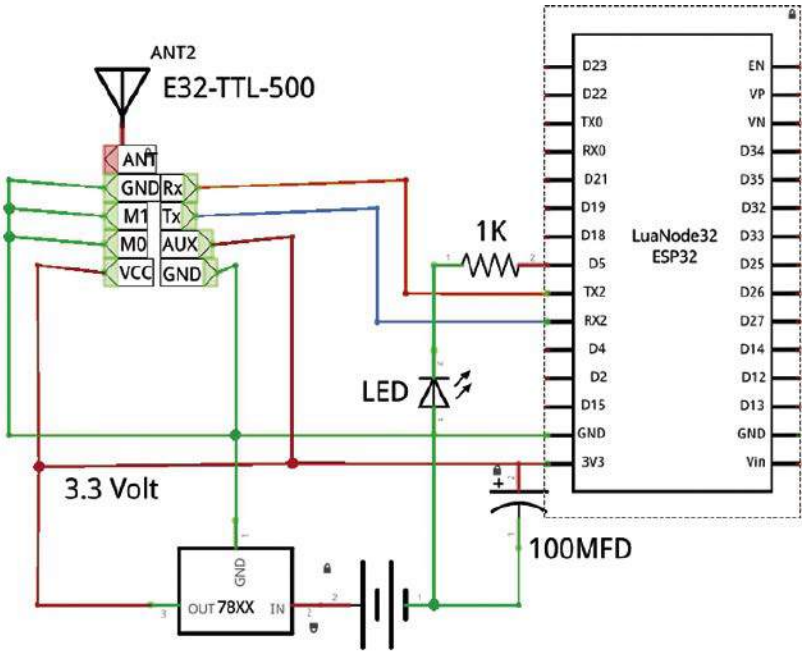
Gdy ESP32 zacznie odbierać dane w sieci radiowej SS i jest podłączony do Internetu za pomocą Wi-Fi lub BLE (Bluetooth Low Energy), i jeśli możemy przesyłać dane z jednej sieci do drugiej, to ESP32 stanie się routerem. W tym momencie możemy wybrać własny serwer lub chmurę albo skorzystać z usług serwerowych/chmury firmy zewnętrznej. Ponieważ chmura naszej firmy jest w fazie tworzenia, zdecydowaliśmy się przesłać osiem zestawów bardzo krytycznych danych do chmury zewnętrznej w celu dystrybucji oraz zagwarantowania zainteresowanym dostępu do danych. Dane te są obecnie dostępne na stronie: https://thingspeak.com/channels/279012.

Działanie układu

Połączenie między modułem LoRa a płytką ESP32 pokazano na **rysunku 3**. Połączenia te opisano niżej:

- ESP32 pin 16 do Tx LoRa, ESP32 pin 17 do Rx LoRa,
- LoRa M1, M2 do pinu GND ESP32,
- LoRa Aux do +ve pin ESP32 (3.3 V),
- LoRa GND do ESP32 GND,
- LoRa -ve do +ve pin ESP32 (3.3 V).

ESP32 pobiera dane przez interfejs radiowy Tx2, Rx2 (17, 16) z sieci SS i po podłączeniu do Wi-Fi wysyła je do serwerów internetowych. Przesyłanie danych nie musi odbywać się wyłącznie do chmury publicznej. Można je również przesyłać do serwera prywatnego lub firmowego. Poniższa strona może być użyta do przesłania danych do serwera LAMP za pomocą ESP32/ESP8266: https://electronicsforu.com/electronicsprojects/software-projects-ideas/distributed-cloudcomputing-esps.



Rysunek 3. Schemat dołączeń bramki ESP32 LoRa

Aby przesłać dane do serwera thingspeak, należy posiadać klucz API upload, który można uzyskać po zarejestrowaniu się na stronie thingspeak.com. Po uzyskaniu klucza API dane z czujnika są umieszczane w ciągu znaków, który jest następnie analizowany w następujący sposób:

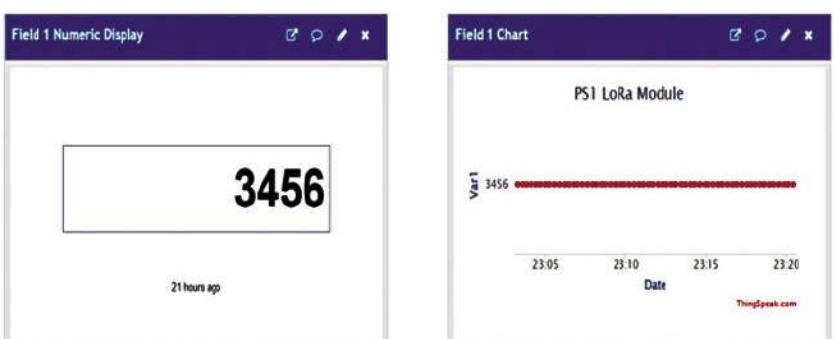
```
http.begin(poststr);
int httpCode=http.GET();
if (httpCode > 0) { //Check for
the returning code
 String payload = http.
getString();
 Serial.println(“Updated”);
}
```

Budowa i testowanie

Użyliśmy dwóch ESP32, które są podłączone do dwóch różnych laptopów. Do każdego z ESP32 podłączony jest moduł LoRa z odpowiednimi połączeniami przewodowymi. Moduły zostały podłączone do sprzętowych UART-ów ESP32. Numer „3456” został podany jako numer do wysłania od nadawcy, ponieważ weryfikujemy oryginalny projekt. Numer został zainicjowany w znakowym typie danych. Patrz zrzut ekranu pokazany na **rysunku 4**.

Zatem po wysłaniu numeru „3456” z węzła nadawcy, najpierw sprawdzamy, czy dane docierają do odbiornika. W monitorze szeregowym odbiornika wyświetlany był numer „3456”, co pozwala stwierdzić, że oba moduły komunikują się ze sobą. Szybkość transmisji została ustawiona na 115200. Aby zobaczyć odebrane dane, musimy skonfigurować monitor szeregowy do tej samej szybkości transmisji.

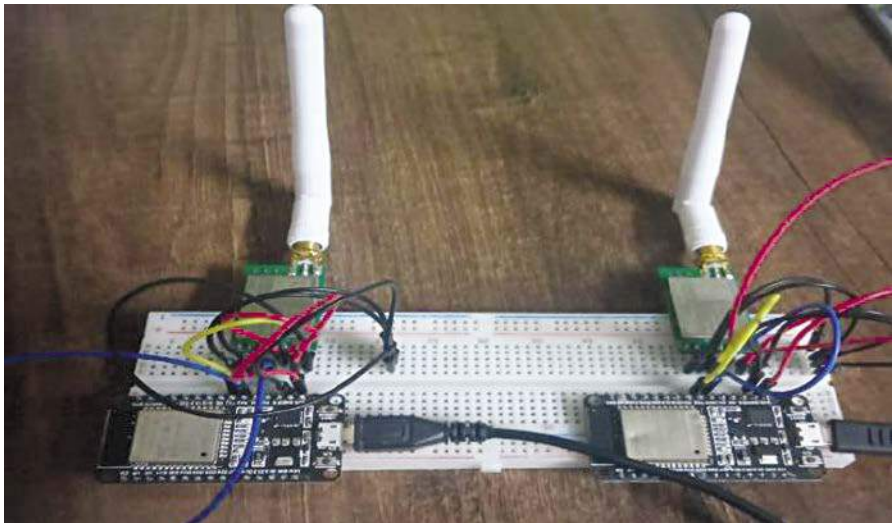
Po sprawdzeniu, że dane są pomyślnie przekazywane do odbiornika, możemy użyć Internetu do przesłania odebranych danych do serwera ThingSpeak. ThingSpeak



Rysunek 4. Zrzut ekranu z danymi

eprasa.pl 01ef15bc7a

Wykaz elementów:
1. Moduł ESP32-1
2. Moduł LoRa-1
3. Antena LoRa-1
4. Płyta główna
5. Kabel do przesyłania danych dla ESP32
6. Przewody połączeniowe
7. Zasilacz



Rysunek 5. Dwa zestawy prototypów używane podczas testów

to oparta na chmurze platforma analityczna IoT, która ma zintegrowane wsparcie z MATLAB. W ThingSpeak odebrane dane mogą być przeglądane w formacie CSV, lub innych formatach kompatybilnych. ThingSpeak posiada narzędzia wizualne, które pomagają zobaczyć przepływ danych w czasie. Posiada również numeryczne narzędzie wizualne, które pomaga zobaczyć liczbę odbieraną przez odbiornik i wysyłaną do ThingSpeak.

Każdy użytkownik ThingSpeak może tworzyć kanały dla swoich danych. Każdy kanał ma unikatowy numer i klucz API, które są używane jako identyfikatory kanałów. Węzeł odbiornika musi być podłączony do Internetu, aby przesyłać dane do serwera. Po podłączeniu odbiornika ESP32 do Internetu, program rozpoczyna przesyłanie odebranych danych do serwera. Kod używa HTTP GET do żądania JSON, po czym dane są przesyłane do serwera. Kod statusu HTTP 200 wskazuje, że nasze żądanie zostało zaakceptowane.

Za pomocą rozbudowanych widżetów w interfejsie ThingSpeak można zobaczyć graficzny podgląd transferu danych w czasie rzeczywistym. Możemy zweryfikować, że numer „3456" jest wyświetlany na obu widżetach serwera ThingSpeak, potwierdzając tym samym, że dane dotarły do serwera.

Pobrane dane w formacie CSV zawierają znaczniki czasu, zgodnie ze strefą czasową użytkownika. Domyślnie używana jest strefa czasowa GMT. Pliki CSV pokazują czasowe otrzymania danych przez serwer. ■

Somnath Bera

Ten artykuł był wcześniej opublikowany na łamach „EFY", listopad 2022 (efymag.com)

REKLAMA

Wydawnictwo AVT nawiąże współpracę redakcyjną z osobami dobrze operującymi terminologią elektroniki i słowem pisanym. Propozycja szczególnie interesująca dla nauczycieli elektroniki, autorów artykułów, skryptów i książek.

Aplikacje prosimy kierować na adres:
redakcja@elportal.pl

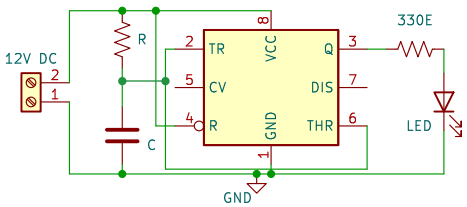
eprasa.pl 01ef15bc7a

Automatyczny dozownik z układem scalonym LM555

Timer 555 jest stosowany od wielu lat i nadal cieszy się dużą popularnością. Swą popularność zawdzięcza temu, iż jest on bardzo elastyczny w aplikacjach, gdy w jakiś sposób trzeba odmierzać czas. Łatwo na nim wykonać nie tylko timer, lecz także oscylator, dzielnik częstotliwości, modulator FM, generator przebiegu trójkątnego i wiele innych. Układ NE555 może pracować zasadniczo w jednym z trzech trybów: jako przerzutnik monostabilny, bistabilny i astabilny (czyli jako generator pojedynczego impulsu, klasyczny przerzutnik mogący dowolnie długo pozostawać w jednym z dwóch stanów oraz multiwibrator).

W bieżącym artykule zaproponowano wykorzystanie timera 555 w jeszcze inny sposób. Można to nazwać czwartym trybem pracy, gdzie układ odmierza zadany czas od włączenia zasilania. Jedynym sposobem na sprowokowanie układu do odmierzenia kolejnego impulsu, jest chwilowy zanik napięcia zasilania. Można pomyśleć, iż da się to zrealizować uzbrajając układ scalony do konfiguracji pracy monostabilnej. Jeśli wykorzystamy wyzwalanie na wejściu Trigger i przytrzymamy to wejście w stanie niskim, wtedy na wyjściu Q dostaniemy permanentny stan wysoki (możesz to sprawdzić doświadczalnie). Na **rysunku 1** zaproponowano specyficzny tryb pracy monostabilnej. Tutaj nie wykorzystujemy pinów 5 i 7. Pin 5 często bywa pozostawiony „w powietrzu", natomiast wyprowadzenie 7 to Discharge, wyjście przewidziane do rozładowywania kondensatora zastosowanego w roli odmierzania czasu.

Ta nowa konfiguracja timera 555 może mieć wiele zastosowań. Na przykład do wykonania systemu alarmowego dla samochodu, włączenia komputera w aucie, lub np. takiego urządzenia jak dozownik mydła w umywalkach publicznych czy dozownik żelu antybakteryjnego.



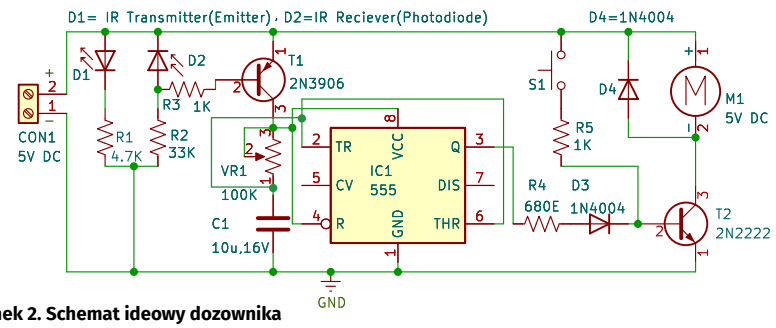
Rysunek 1. Wykorzystanie LM555 w specyficznym trybie monostabilnym

Wyjaśnienie pracy timera w proponowanym „nowym trybie"

W poniższym wyjaśnieniu odwołujemy się do schematu z rysunku 1. Cechą charakterystyczną, oprócz braku wykorzystania wyjścia Discharge, jest zwarcie ze sobą wejść 2 i 6 (Trigger i Threshold). Czynnikiem decydującym o długości odmierzanego impulsu jest stała czasowa iloczynu R×C widocznego na schemacie rezystora R i kondensatora C. Tuż po włączeniu zasilania, kondensator C jest „pusty" (rozładowany). To skutkuje stanem niskim na obu wejściach: Trigger i Threshold. Oprócz „uzbrojenia" timera 555 widocznego na rysunku 1, trzeba się też odwołać do jego struktury wewnętrznej. Są tu dwa komparatory, których wyjścia stanowią wejścia Set i Reset przerzutnika RS. Komparator Resetu ma wejście odwracające na potencjale 2/3 zasilania Vcc. Jeśli wejście nieodwracające ma napięcie bliskie zeru, wówczas wyjście komparatora przyjmuje stan niski (nieaktywny dla Resetu przerzutnika). Teraz przyjrzyjmy się jak wygląda sytuacja na komparatorze ustawiającym (Set) przerzutnik RS. Tutaj wejście nieodwracające jest na potencjale 1/3 zasilania Vcc. Jeśli wejście „minus" ma napięcie niższe od 1/3Vcc, wówczas wyjście tego komparatora przyjmuje stan wysoki (aktywny). Taka sytuacja ma miejsce po włączeniu zasilania (gdy C jest zupełnie rozładowany). Zatem, włączenie zasilania skutkuje ustawieniem przerzutnika RS. Na wyjściu Q zostanie wystawiony stan wysoki. Ten stan potrwa tak długo, aż kondensator C naładuje się do 2/3 napięcia Vcc (jeśli ładowanie jest od 0 V, to czas ten wyniesie R×C×ln3 czyli ok. 1,1 RC – przypis red.). Kondensator C ładowany jest asymptotycznie do napięcia zasilania. Zatem jeśli przekroczy próg 2/3 zasilania, wyjście wróci do stanu niskiego i jest to stan stabilny. W klasycznym generatorze pojedynczego impulsu jak i w konfiguracji multiwibratora wykorzystuje się wyjście DIS. Tutaj, jedynym sposobem ponownego ustawienia przerzutnika RS jest ponowny zanik zasilania.

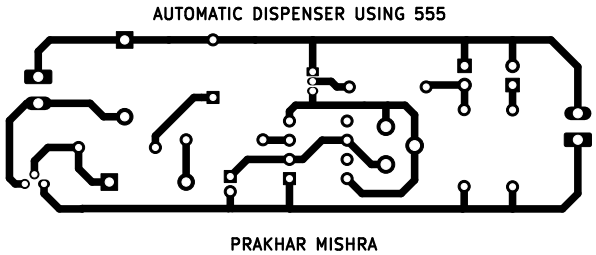
Zanik zasilania musi trwać co najmniej tak długo, aż C rozładuje się do 1/3 Vcc. Tutaj nie przewidziano żadnego obwodu rozładowującego ten kondensator. Trzeba zatem bazować na jego samorozładowaniu, ew. na rezystancji widzianej z węzła „noga 2 i 6" gdy brak jest zasilania ; kluczowe znaczenie będzie miał fakt, czy brak zasilania oznacza zwarcie, czy wysoką impedancję na linii Vcc; tu raczej trzeba liczyć na samorozładowanie, które czasem może potrwać długo. Jeśli C nie rozładuje się do napięcia bliskiego zeru, to odmierzony kolejny impuls (po włączeniu zasilania) będzie krótszy. Najkrótszy będzie, gdy kondensator C zdąży się rozładować tylko trochę poniżej 1/3 Vcc, i będzie to wówczas czas RC×ln2. Czyli ok. 0,69 RC. Wobec wartości 1,1 RC (ln3×RC; gdy C jest zupełnie rozładowany) jest to skrócenie do 63%. – przypis redakcji EdW.

Wiele osób zajmujących się konstruowaniem układów podobnych do proponowanego w bieżącym artykule, sięga po Arduino, na którym można zrobić „niemal wszystko". Trzeba by pewnie dołożyć jakiś czujnik, którym mógłby być moduł „ bariery w podczerwieni". Użycie Arduino Nano będzie zapewne rozwiązaniem droższym, aniżeli sprytne

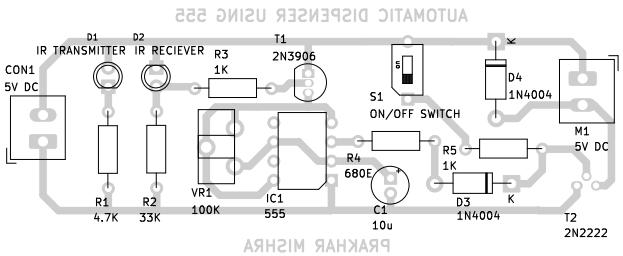


Rysunek 2. Schemat ideowy dozownika

eprasa.pl 01ef15bc7a



Rysunek 3. Jednostronna płytka PCB



Rysunek 4. Ułożenie elementów – schemat montażowy

wykorzystanie timera 555. Automatyczny dozownik jest urządzeniem na tyle prostym, że użycie mikrokontrolera byłoby „na wyrost". Typowe dozowniki (płynnego mydła, żelu antybakteryjnego itp.) działają tak, że jak długo trzymasz zbliżone dłonie, to substancja jest pompowana. To nie jest rozwiązanie najlepsze. Skutkuje nadmiernym użyciem, czyli marnowaniem dostarczanej przez dozownik substancji. Inne dozowniki dostępne w handlu działają na nieco innej zasadzie. Po zbliżeniu rąk uruchamiają pompkę na ściśle ustalony odcinek czasu. Nawet jeśli próbujesz wyzwolić go kilkakrotnie, pompka nie zadziała. Układ nie da się „oszukać", odczeka aż oddalisz dłonie i dopiero po chwili jest gotowy na kolejne uruchomienie dozownika.

Opis układu i jego działanie

Na rysunku 1 był schemat ideowy wykorzystania timera 555, zaś pełny schemat automatycznego dozownika pokazuje schemat na **rysunku 2**.

W układzie wykonano barierę optyczną z wykorzystaniem diody emisyjnej w zakresie podczerwieni i fotodiody czułej na tą długość promieniowania elektromagnetycznego. Ponadto wykorzystano dwie zwykłe diody prostownicze 1N4004 (D3 i D4), tranzystor pnp 2N3906 (T1), tranzystor npn 2N2222 (T2), układ scalony LM555 (IC1), silniczek prądu stałego 5VDC oraz raptem kilka prostych elementów pasywnych. W bieżącym projekcie istotny jest montaż dwu diod, nadawczej i odbiorczej. Diody te muszą „się widzieć". Zaś zbliżenie rąk w okolicę dozownika musi zasłonić tą barierę. Ponieważ obie diody pracują w podczerwieni, strumień światła nie jest widoczny. Fotodioda jest przetwornikiem energii świetlnej na elektryczną. Oświetlona przewodzi i zwiera bazę-emiter tranzystora T1. To tranzystor pnp i zostanie on włączony gdy napięcie na bazie będzie skierowane w kierunku masy. To zapewni rezystor R2, lecz wtedy gdy zasłonimy fotodiodę D2. Kolektor T1 podłącza timer 555 do zasilania 555, a ten, zgodnie z ideą pokazaną na rysunku 1. Generuje jeden impuls ustalony stałą czasową VR1 i C1. Wysoki stan wyjścia Q timera (pin 3) włącza tranzystor T2. W konsekwencji silniczek pompki dozownika uruchamiany jest na z góry zaprogramowany czas. Dozownik odmierzy zadaną ilość płynu, i bezskuteczne jest dłuższe trzymanie czy „wymachiwanie" rękami pod dozownikiem. Konieczne jest „cofnięcie przeszkody". Gdy fotodioda zostanie ponownie oświetlona, T1 wyłączy zasilanie timera. I jest to jedyny sposób, aby mógł być wygenerowany następny impuls.

W układzie zastosowano potencjometr, którym można doregulować najbardziej optymalny czas impulsu. W projekcie przyjęliśmy, że rekomendowany czas powinien mieścić się w przedziale 0,5 s do 1,2 s. To oczywiście zależy od wielu czynników, w szczególności od konstrukcji mechanicznej samej pompki, jak również od lepkości dozowanego środka. W konkretnym wykonaniu projektu dozownika, najlepiej czas ten dobrać eksperymentalnie i wtedy ustalić wartości elementów decydujących o długości impulsu przerzutnika monostabilnego (VR1 i C1).

Na schemacie z rysunku 2 widzimy też monostabilny przycisk S1. To alternatywny sposób uruchomienia dozownika, na czas dowolnie długi jak tylko styki S1 będą zwarte.

Wykonanie dozownika wg bieżącego projektu nie powinno stwarzać problemów i więcej kłopotu może być z pracami mechanicznymi. Z wyborem odpowiedniego silniczka z przekładnią i wykonaniem samej pompki. Wydaje się, iż najprostsze może być wykorzystanie tych podzespołów z jakiegoś gotowego „dispensera", w którym uległa uszkodzeniu część elektroniczna.

Konstrukcja i testowanie układu

Na potrzeby projektu dozownika zaprojektowano jednostronną płytkę PCB, którą pokazuje **rysunek 3**. Na **rysunku 4** widzimy ułożenie elementów na tej płytce, co powinno

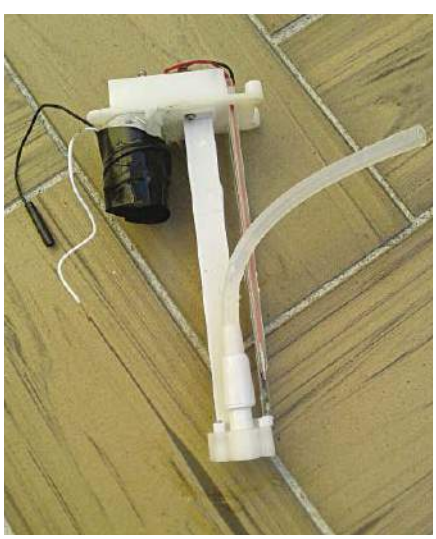
Wykaz elementów:

Półprzewodniki:
IC1: timer 555
D1: IR transmitter
D2: IR receiver
D3, D4: 1N4004 – dioda prostownicza
T1: 2N3906 – tranzystor pnp
T2: 2N2222 – tranzystor npn

Rezystory: (wszystkie 0,25 W/±5%)
R1: 4,7 kΩ
R2: 33 kΩ
R3, R5: 1 kΩ
R4: 680 Ω

Kondensatory:
C1: 10 µF/16 V elektrolityczny

Inne:
CON1: złącze 2-pinowe
S1: switch monostabilny
M1: silniczek 5 VDC
VR1: 100 kΩ potencjometr montażowy



Rysunek 5. Mocowanie silniczka w pompce dozownika

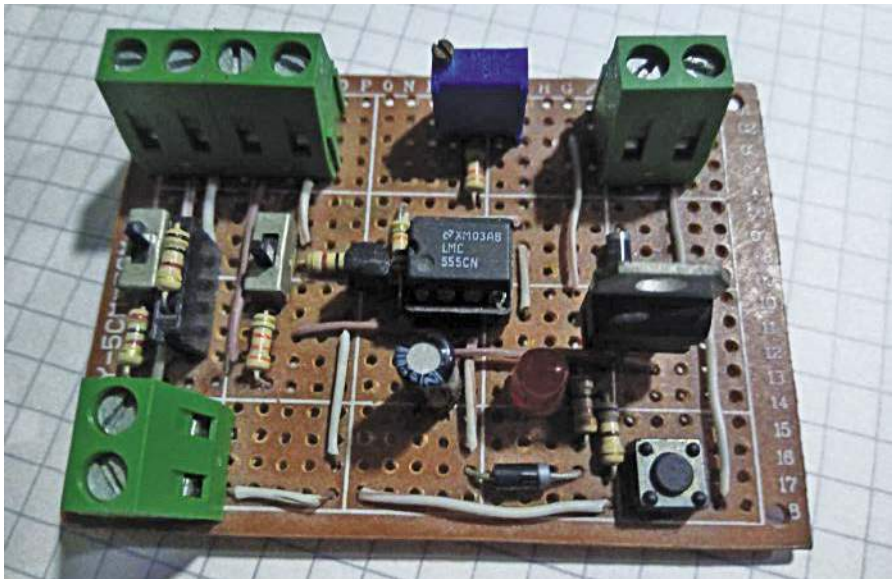
eprasa.pl 01ef15bc7a

być pomocne podczas montażu. Po zmontowaniu PCB, należy jeszcze przewidzieć jakąś obudowę.

Na **rysunku 5** pokazano zdjęcie, w jaki sposób autor poradził sobie z montażem silniczka wraz z mechanizmem dozownika. Należy też przewidzieć wygodne miejsce dla zamontowania switcha S1 do alternatywnego uruchomienia pompki dozownika.

Na **rysunku 6** zamieszczono zdjęcie prototypu wykonanego przez autora zmontowanego na płytce uniwersalnej. Nie ma tu silnika i mechanizmu pompki, które trzeba umieścić w wygodnym miejscu i połączyć przewodami. Po zmontowaniu części mechanicznej zgodnie z rysunkiem 5 i elektrycznej jak na rysunku 6, należy obie części połączyć ze sobą i umieścić w wygodnym miejscu zgodnie z przeznaczeniem dozownika. ■

Santiago Echeverry Serna



Rysunek 6. Prototyp na płytce uniwersalnej

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

Od Red. EdW: W bieżącym projekcie dwa istotne aspekty wydają się być nie do końca dopowiedziane. Pierwszym jest wykonanie bariery optycznej, która musi rozpoznać zbliżenie dłoni do dozownika. Musi pewnie pracować w dwóch stanach, pełnego włączenia zasilania gdy bariera jest przerwana oraz pewnego wyłączenia gdy nadajnik i odbiornik „się widzą". Że dioda transmitera i fotodioda receivera muszą być sparowane pod względem szerokości spektrum promieniowania elektromagnetycznego to oczywiste. Ale to nie wszystko. Fotodioda pracuje tu w trybie „photoconductive mode" z wsteczną polaryzacją złącza p-n. W tym trybie „prąd ciemny" jest na tyle mały, że o pewne włączenie zasilania w sytuacji „przerwanej bariery" raczej nie ma obawy. Ale gdy fotodioda jest oświetlona, napięcie na niej musi być niższe od ok. 0,5 V, aby tranzystor T1 był należycie zatkany. D2 polaryzowana jest wstecznie z napięcia 5 V przez rezystor 33 kΩ. Jej oświetlenie musi być wystarczające, aby płynął prąd („photocurrent") ok. 150 µA. A to może wymagać nie tylko poprawnego sparowania diod nadajnika i odbiornika, ale też stosunkowo bliskiego ich montażu. Należyty projekt wymaga albo analizy charakterystyk, albo prób doświadczalnych. Autor nie podaje typów zastosowanych diod D1 i D2 ograniczając się do informacji IR transmiter i IR receiver.

Drugim „niedomówieniem" jest problem, na jak długo trzeba odsunąć ręce od dozownika, aby układ dał się ponownie wyzwolić? Na ten aspekt zwrócono już uwagę we wstępie. Tutaj musi się rozładować kondensator C1 do napięcia co najmniej 1/3 Vcc. Nie ma żadnego obwodu wspomagającego rozładowanie, zatem trzeba liczyć na samorozładowanie. Tu czasy, z którymi mamy do czynienia, są generalnie długie. Więc problemu nie powinno być. Jednak w zależności od zastosowanego typu kondensatora C1 może się okazać, iż za dobry „capacitor" stwarza kłopot. Rozładowanie do 1/3 Vcc to absolutne minimum. Aby zawsze czas włączenia dozownika był zbliżony do założonego, należy odczekać co najmniej kilka stałych czasowych samorozładowania kondensatora C1.

REKLAMA

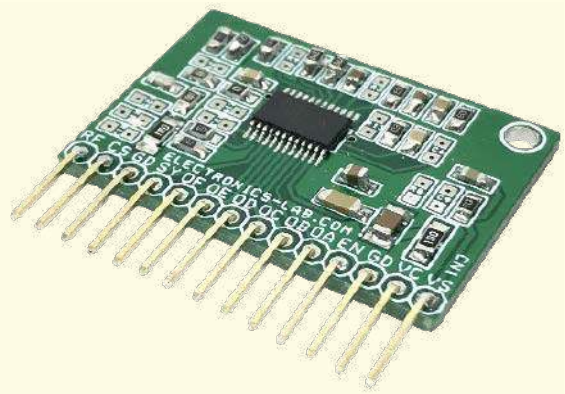
Publikujemy dla projektantów i programistów elektroniki. Odwiedź

ELPORTAL.pl

Znajdziesz nas również na Facebooku: facebook.com/ElportalPL

eprasa.pl 01ef15bc7a

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.



Kontroler pełnego mostka z przesunięciem fazowym i prostowaniem synchronicznym wykorzystujący UCC28950

Ten kontroler Full-Bridge z przesunięciem fazowym i płytką nośną z synchronicznym prostowaniem zawiera wszystkie funkcje niezbędne do wdrożenia kontrolera Full-Bridge z przesunięciem fazowym i konwertera mocy o topologii synchronicznego prostowania. Wszystkie wejścia i piny wyjściowe są dostępne za pomocą złącza nagłówkowego. Wysokowydajny konwerter DC-DC można utworzyć przy użyciu tej płyty nośnej + zewnętrznego mostka H i transformatora. Zapoznaj się z arkuszem danych UCC28950 i schematem, aby skonfigurować różne częstotliwości, prądowe sprzężenie zwrotne, napięciowe sprzężenie zwrotne i opóźnienia.

Precyzyjny wzmacniacz transimpedancyjny z przełączanym integratorem

Ten projekt jest oparty na układzie IVC102 firmy Texas Instruments. Układ ten jest precyzyjnym wzmacniaczem całkującym z FET OPAMP, kondensatorami całkującymi i przełącznikami FET o niskim poziomie upływu. Całkuje prąd wejściowy o niskim poziomie przez określony przez użytkownika okres, przechowując wynikowe napięcie na kondensatorze całkującym. Napięcie wyjściowe może być utrzymywane w celu dokładnego pomiaru. Układ IVC102 stanowi precyzyjną, niskoszumową alternatywę dla konwencjonalnych transimpedancyjnych układów OPAMP, które wymagają rezystora sprzężenia zwrotnego o bardzo wysokiej wartości. Projekt ten jest idealny do wzmacniania prądów czujników niskiego poziomu z fotodiod i komór jonizacyjnych. Prąd sygnału wejściowego może być dodatni lub ujemny. Wejścia czasowe zgodne z TTL/CMOS sterują okresem całkowania, podtrzymaniem i funkcjami resetowania, aby ustawić efektywne wzmocnienie transimpedancji i zresetować (rozładować) kondensator integratora. Dostępne są zworki umożliwiające konfigurację obwodu dla wzmacniacza fotodiodowego lub pomiaru w komorze jonizacyjnej.

Niektóre projekty aktualnie dostępne tylko dla prenumeratorów EdW w rubryce DIY PLUS na www.elportal.pl:

1. Wysokowydajny monofoniczny wzmacniacz audio klasy D o mocy 20 W
2. Monitorowanie poziomu cieczy za pomocą czujnika ciśnienia – wyświetlacz słupkowy
3. Sterowanie silnikiem DC za pomocą joysticka
4. 16-kanałowy sterownik serwomechanizmów RC z interfejsem I²C
5. Programowalny kondycjoner sygnału z czujnika rezystancyjnego mostkowego
6. 20-segmentowy wyświetlacz słupkowy w rozmiarze jumbo
7. Stacja pogodowa lilygo ttgo t5-4.7 z wyświetlaczem typu e-papier
8. Półprzewodnikowy przekaźnik mocy DC z prądowym sprzężeniem zwrotnym
9. Wyłącznik nadprądowy – przekaźnik wyłączający nadprądowy
10. Choinka z Arduino i pikselowymi diodami
11. Uniwersalny konwerter napięcia AC – wyjście 18 V DC z wejścia 85...265 V AC
12. Moduł procesora echa głosu – urządzenie opóźniające do efektów dźwiękowych, echo, reverb
13. Najlepszy sposób na próbkowanie dźwięku za pomocą ESP32
14. Sterownik silnika krokowego z joystickiem
15. RPi – stacja pogodowa IoT
16. Niskobudżetowy monitor jakości powietrza IoT oparty o RaspberryPi 4
17. Automatyczny system ogrodniczy z NodeMCU i Blynk, ArduFarmBot 2
18. TinyML – Rozpoznawanie ruchu przy pomocy Raspberry Pi Pico
19. Wzmacniacz piezoelektryczny do gitary i skrzypiec
20. Wysokowydajny i niezawodny sterownik bipolarnego silnika krokowego
21. Sonarowy theremin MIDI
22. Sterownik silnika prądu stałego z wykorzystaniem przekaźnika i mosfetu – interfejs Arduino
23. Przedwzmacniacz do mikrofonu MEMS
24. Super prosty czuły wykrywacz metali
25. Stymulator czaszkowy Arduino (Bio-BrainTuner)
26. Generator sygnałów AD9833
27. Obserwacja charakterystyk tranzystora
28. Wyświetlacz EKG z użyciem Arduino
29. Łatwy do zbudowania robot kroczący
30. Zamek elektroniczny na kod
31. Prosty tester tranzystorów
32. Zegar binarny z użyciem Microbit
33. Przetwornik częstotliwości na napięcie (tachometr) – przetwornik częstotliwości na napięcie z czujnikiem magnetycznym o zmiennej reluktancji
34. Izolowany obwód wykrywania napięcia 250 V AC z pojedynczym wyjściem (wejście 250 V prądu przemiennego, wyjście 5 V)

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:
Mariusz Ciszewski, 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 01ef15bc7a

PROMOCYJNA OFERTA PROTOTYPÓW PCB

TYLKO $5

ZA 10 SZTUK PŁYTEK

DLACZEGO WARTO WYBRAĆ PCBWAY?

- Najwyższej jakości obwody drukowane
- Krótkie czasy realizacji
- Prosty i bezproblemowy proces zamówień
- Wsparcie dla Klientów 24/7

ŚWIĘTUJ Z NAMI 10 ROCZNICĘ PCBWAY!

Kolejne zniżki i atrakcje ogłosimy już w czerwcu i lipcu.

PCBWay

Adres URL: www.pcbway.com

Poczta: service@pcbway.com

eprasa.pl 01ef15bc7a