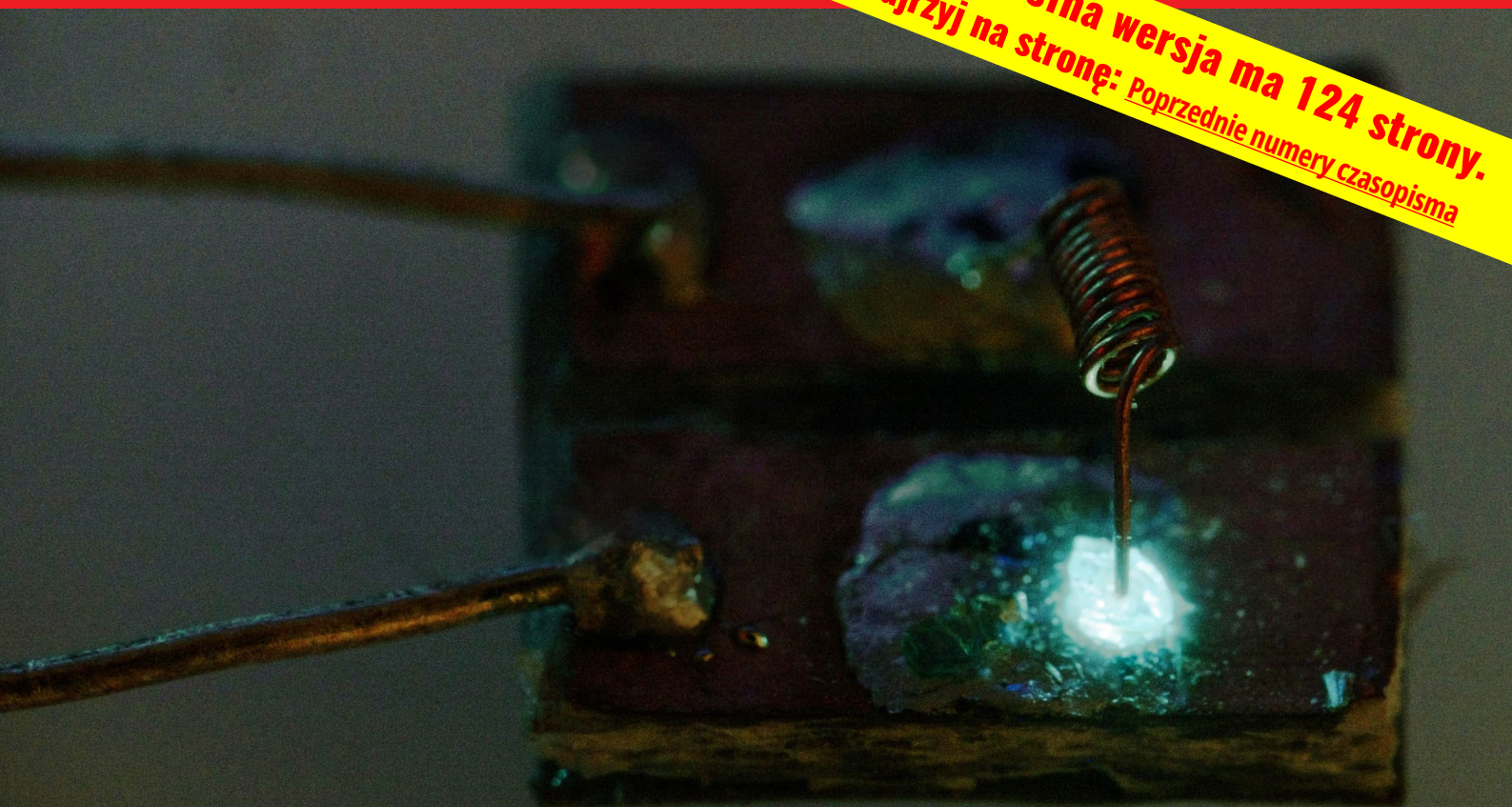


Uwaga – to jest egzemplarz demonstracyjny (niepełny). Pełna wersja ma 124 strony.
Jeśli chcesz nabyć pełne wersje dowolnych numerów ZE, zajrzyj na stronę: [poprzednie numery czasopisma](http://poprzednie.numery.czasopisma)

4/2026 Kwiecień (40)

piotr-gorecki.pl



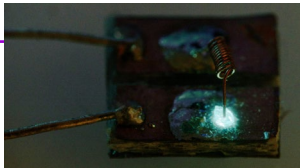
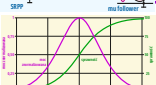
Zbuduj diodę LED!

- Przyrząd do parowania tranzystorów bipolarnych • Moduły klawiatur dotykowych
- Reanimacja zasilacza lampowego IZS-5/71 • Fascynujące przemiany energii: Nietypowa fotowoltaika
- Rezystor – element przeklęty, ale nadal niezbędny • Wspólnie projektujemy: Montaż prototypów
- GNSS RTK, testy terenowe nawigacji • Xplained Mini – moduł z ATMEGA328 od Atmel



Inicjatywa Zrozumieć Elektronikę realizowana jest dzięki wsparciu Patronów i Mecenasów poprzez Patronite.pl

Zawartość numeru 4/2026

- 16**  Zbuduj diodę LED!
Artykuł jest wstępem do obszernego cyklu przedstawiającego diody LED. Dziś z kilku powodów nie buduje się we własnym zakresie diod LED, ale samodzielne zbudowanie diody LED, nawet mocno niedoskonałej, daje ogromną satysfakcję oraz doskonale wprowadza w temat tych, ogromnie ważnych dziś, elementów.
- 3** Słowo wstępne – Kwiecień
- 4** Nasze wspólne czasopismo – listy Czytelników
- 10** Łamigłówki elektroniczne Kwiecień 2026
- 12** Rozwiązania Łamigłówek Luty 2026
- 22**  Przyrząd do parowania tranzystorów bipolarnych
- 29**  Moduły klawiatur dotykowych
- 35**  Xplained Mini – moduł z ATMEGA328 od Atmel
- 41**  Wspólnie projektujemy: Pomiar temperatury półprzewodników
- 45**  Wspólnie projektujemy: Wykorzystanie transformatora
- 49**  Wspólnie projektujemy: Montaż prototypów
- 54**  Reanimacja zasilacza lampowego IZS-5/71
- 62**  Fascynujące przemiany energii: Nietypowa fotowoltaika (1)
- 68**  Rezystor – element przeklęty, ale nadal niezbędny
- 75**  Mikroprocesorowa ośła łączka, część 23
- 85**  Elektroenergetyka – przesył i dystrybucja, część 2
- 89**  GNSS RTK, testy terenowe nawigacji
- 94**  Lampowe konfiguracje SRPP i mu follower (1)
- 100**  Dopasowanie energetyczne. Czy w ogóle jest potrzebne?
- 106**  Projektowanie płytek drukowanych za pomocą KiCad (4)
- 115**  Opowiadanie o „nicnieznaczających” drucikach

ZROZUMIEĆ **E**LEKTRONIKĘ

z Piotrem Góreckim



Słowo wstępne – Kwiecień

Witam!

W tym numerze najbardziej polecam ciekawostkę, która wcale nie jest żartem primaaprilisowym – artykuł **Zbuduj diodę LED!** Pokazuję przykłady, jak w zaskakująco łatwy sposób można zbudować własnej roboty diodę LED z wykorzystaniem SiC, czyli węgla krzemu. Moim Patronom, którzy byliby zainteresowani podobnymi próbami, mogę udostępnić kryształki SiC.

W wydaniu jest kilka artykułów dotyczących fundamentów elektroniki, w tym **Rezystor – element przekłęty, ale nadal niezbędny**. Artykuł ten polecam także bardziej zaawansowanym. Polecam też materiał **Fascynujące przemiany energii: nietypowa fotowoltaika**, który jest częścią instrukcji obsługi do „pękatego kuferka” pozwalającego poznać rozmaite przykłady fascynujących przemian energii.

Dla nieco bardziej zaawansowanych przeznaczone są „z życia wzięte” artykuły **Moduły klawiatur**

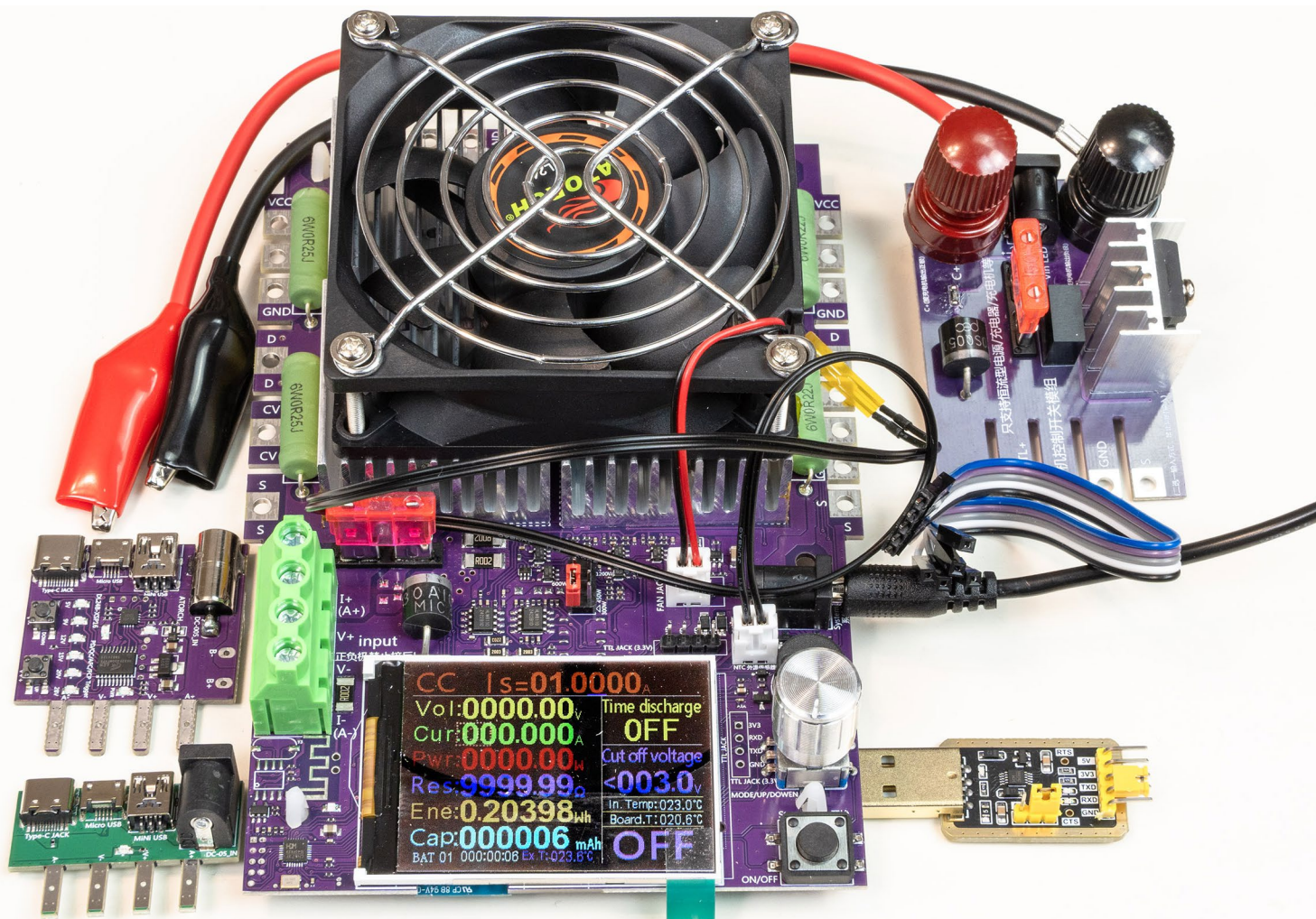
dotykowych oraz **Przyrząd do parowania tranzystorów bipolarnych**, który może zastąpić kosztowny charakterograf. Polecam też ważny z kilku powodów temat: **Dopasowanie energetyczne. Czy w ogóle jest potrzebne?**

W artykule **Reanimacja zasilacza lampowego IZS-5/71** pokazuję przykład praktycznego wykorzystania kamery termowizyjnej oraz przedstawiam przykład bardzo rzadko spotykanej usterki.

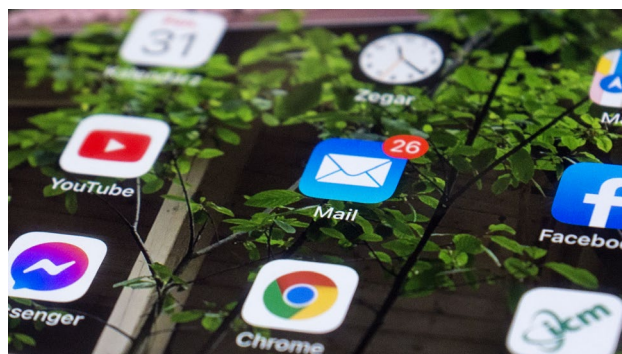
Polecam bardzo praktyczne artykuły **Andrzeja Pawluczuka** dotyczące prototypów, oraz odcinek **Oślej łączki**. Zwracam uwagę na artykuł: **GNSS RTK, testy terenowe nawigacji**.

Proszę o opinie na temat serii artykułów o projektowaniu płytek z użyciem pakietu KiCad. Czy kontynuować ten temat? Proszę też pisać we wszystkich innych sprawach „elektronicznych”.

Pozdrawiam serdecznie
Piotr Górecki



Nasze wspólne czasopismo – listy Czytelników



W tej rubryce przedstawiane są fragmenty listów Czytelników, dotyczące naszego wspólnego czasopisma. Jeżeli jesteś Patronem, wyślij „Wiadomość” ze strony głównej [mojego profilu Patronite](#). Jeżeli z sobie znanych powodów nie masz jeszcze konta Patronite, możesz przysłać e-mail na adres: kontakt@piotr-gorecki.pl. Także i Ty możesz mieć realny wpływ na postać i zawartość czasopisma albo po prostu podzielić się opinią dotyczącą czasopisma, strony internetowej oraz na dowolne tematy związane z szeroko pojętą elektroniką.

Poniżej fragmenty ostatnio nadesłanych listów.

*Dzień dobry,
namotałem na moim githubie forka edytora eeprom
i kilka modyfikacji sprzętowych oraz opisałem kalibra-
cję Aneng AN870 / Zoyi ZT219.*

Datasheety, schemat też się znajdują :)

[https://github.com/pawol/Zoyi-ZT219-Aneng-AN870-E-
EPROM-editor-calibration-modifications](https://github.com/pawol/Zoyi-ZT219-Aneng-AN870-EEPROM-editor-calibration-modifications).

Z poważaniem
Paweł

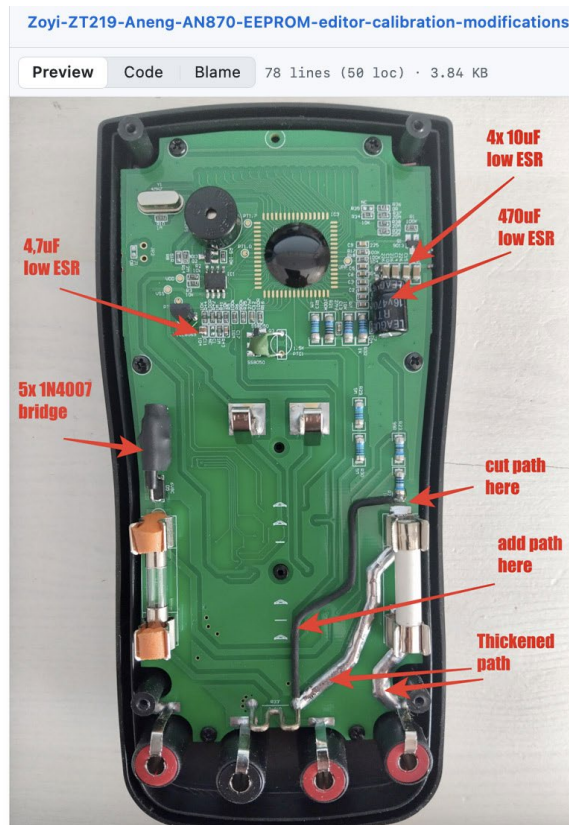
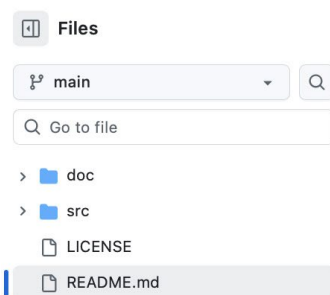
Bardzo dziękuję Pawłowi za tę informację! Sprzedawane pod różnymi markami multimetry ZT219 (AN870) obecnie są, moim zdaniem, najlepszymi multimetrami dla hobbystów, bo mają najlepszą relację możliwości do ceny.

Warto wejść na podaną stronę, choćby tylko po to, żeby zapoznać się ze schematem oraz z informacjami na temat amperomierza. Na pewno warto poczytać o możliwości samodzielnej kalibracji. Jednak do przeprowadzenia prawidłowej kalibracji wymagane są jeszcze bardziej precyzyjne przyrządy pomiarowe (kalibrator, w ostateczności co

najmniej o dwie klasy lepszy multimetr). Dlatego też ostrzegam hobbystów: nie warto bez odpowiedniego wyposażenia „majstrować” w pamięci kalibracyjnej, bo może się to skończyć rozregulowaniem i całkowitą nieprzydatnością przyrządu.

W znacznym stopniu dotyczy to też opisanego ulepszenia amperomierza. ZT219 to znakomity budżetowy multimetr, ale obwód amperomierza (20 A) jest tam ewidentnie błędnie zrealizowany, bo podczas pomiaru dużych prądów grzeją się długie ścieżki będące częścią bocznika pomiarowego, rośnie ich rezystancja, co wprowadza „płynięcie” i znaczący błąd. Można go zmniejszyć, ale po przeróbce niezbędna jest kalibracja amperomierza.

W każdym razie na pewno warto poczytać i wiedzieć o dodatkowych możliwościach. Zachęcam!



Szanowny Panie Piotrze,

na początku chciałbym bardzo podziękować za prowadzenie niezwykle wartościowego i merytorycznego kanału. Naprawdę wiele się z niego dowiedziałem i cały czas dowiaduję. Hobbystycznie zajmuję się naprawą elektroniki i wiedzą, którą Pan przekazuje, bardzo mi pomaga w rozwijaniu tego hobby oraz w podejmowaniu bardziej świadomych decyzji sprzętowych.

Na co dzień lutuję przede wszystkim elektronikę – w szczególności elektronikę przemysłową, taką jak sterowniki, falowniki i podobne urządzenia, ale zdarzają się wzmacniacze audio oraz laptopy.

Obecnie używam lutownicy KSGER T12, z której do tej pory byłem bardzo zadowolony. Pracuję na grotach T12 produkcji polskiej lub innych, lepszej jakości. Ostatnio jednak zauważyłem, że zaczyna mi brakować mocy przy trudniejszych zadaniach. Przykładowo, podczas naprawy nagrzewacza indukcyjnego do śrub, miałem duży problem z wylutowaniem MOSFET-ów oraz mostków prostowniczych z dużych pól, które bardzo mocno odbierały ciepło. W takich sytuacjach ta stacja po prostu przestaje już wystarczać.

Dlatego zacząłem rozglądać się za czymś mocniejszym, najchętniej pod grotą C245. Na początku moją uwagę przyciągnęły rozwiązania Sugon i inne podobne konstrukcje, ale szukając informacji na YouTube trafiłem na Pana filmy dotyczące stacji Geeboon – dowiedziałem się o nich właśnie z Pana filmów. Wcześniej praktycznie nie brałem tej marki pod uwagę, natomiast po obejrzeniu materiałów i po głębszym rozeznaniu doszedłem do wniosku, że może to być naprawdę bardzo rozsądny wybór. Mam wrażenie, że jakościowo nie ustępuje innym chińskim konstrukcjom, a cenowo wypada bardzo korzystnie – być może po prostu jest jeszcze mniej popularna.

I tu chciałbym poprosić Pana o radę. Będę używał tej lutownicy głównie z grotami C245, ale również C210 – oczywiście, tak jak Pan sugerował, oryginalnymi z JBC. Zastanawiam się, czy lepszym wyborem będzie Geeboon TC22, czy może jednak warto dołożyć do modelu HC24 – tej mocniejszej, około 400-watowej wersji.

Moje główne pytanie brzmi: czy w praktyce rzeczywiście odczuwa się tę różnicę i czy Pana zdaniem warto dopłacić te kilkaset złotych? To byłby zakup na dłuższy czas, więc nie mam problemu z wydaniem większej kwoty, jeżeli faktycznie przekłada się to na realną poprawę komfortu pracy i możliwości stacji. Bardziej zależy mi na tym, żeby kupić sprzęt, który rzeczywiście będzie lepszy, a nie tylko będzie miał więcej mocy, która nigdy nie zostanie wykorzystana.

Z tego co wiem, to są również dwie wersje z transformatorem liniowym TA305 150W oraz HA310 350W – mają one zasilanie liniowe z transformatorem, więc

teoretycznie stacja powinna być lepsza, niż konstrukcje z zasilaczem impulsowym. Niemniej zastanawia mnie też jeszcze jedna kwestia. Wersje z transformatorem bywają przewidziane na 220 V, a nie 230 V. Tymczasem u nas napięcie w sieci potrafi dochodzić do 240–250 V. Czy według Pana ma to istotne znaczenie w praktyce, bo na układ będzie podawane wyższe napięcie, nie wiem, czy grot zasilany jest napięciem z trafo czy jest jeszcze prostowany i stabilizowany. Zastanawiam się, czy jest jakaś wartość dodana z takiej stacji, pewnie mniejsze zakłócenia, ale impulsowa też według parametrów trzyma się w normie.

Mam też jedno bardzo ważne pytanie dotyczące samych stacji Geeboon: jak wygląda w nich stabilizacja temperatury podczas pracy z większym odbiornikiem ciepła? Czy sprawdzał Pan może, jak zachowują się po przyłożeniu grota do dużego pola masowego albo do większego elementu? Chodzi mi o to, czy temperatura utrzymuje się wtedy w miarę stabilnie i czy lutowanie nadal przebiega płynnie. Właśnie tego najbardziej brakuje mi w obecnej T12 – ona szybko się nagrzewa i przy lżejszej pracy jest w porządku, ale przy dużym polu masowym już wyraźnie nie daje rady.

Będę bardzo wdzięczny za Pana opinię i wskazówkę, który model w moim przypadku miałby więcej sensu. Chcę kupić coś, co wystarczy na dłuższy czas. Jestem skłonny zapłacić więcej, ale z drugiej strony nie chcę wydać pieniędzy na coś, czego w ogóle nie będę mógł wykorzystać.

Z góry bardzo dziękuję za odpowiedź i poświęcony czas.

Pozdrawiam

Krzysztof

Bardzo interesujące pytanie! W firmowym sklepie Geeboon na Aliexpress występują okresowe braki towaru, co wskazuje, że stacje te słusznie cieszą się dużą popularnością. Ja kupiłem właśnie Geeboony po analizie rynku, uznając, że są lepsze od licznych innych chińskich klonów JBC. Mam dwie stacje impulsowe: TC22 oraz większą HC24. Do HC24 można dołączyć wszelkie rączki standardu JBC, a także T12. Z rączką i grotami C470 można łatwo lutować nawet potężne, masywne przedmioty, bo moc jest rzędu 400 watów. To jest rewelacja!

Do codziennego użytku (a tym bardziej do filmów) HC24 jest dla mnie zbyt głośna, bo włącza hałaśliwy wiatrak. Jeśli chodzi o lutowanie, także TC22 z mocą rzędu 150 watów to rewelacja, ale „nie udźwignie” mocniejszych grotów C470.

Dla mnie w obu problemem jest duży poziom zakłóceń impulsowych – często podczas pomiarów muszę wyłączać stację, żeby przebieg na oscyloskopie był czystszy (niestety, mam w pomieszczeniu także inne źródła „impulsowych śmieci”).

Dlatego generalnie będąc zadowolony i z TC22, i HC24, myślę o zakupie TA305 z transformatorem toroidalnym. Różnicą napięć 220/230 nie przejmuję się – stacja niewątpliwie ma regulator napięcia grzałki. A w ostateczności można zmniejszyć napięcie sieci wykorzystując mały transformatorek 10...20 W.

Jeżeli finanse nie są poważnym ograniczeniem, to widzę optymalne rozwiązanie: nieduża TA305 do codziennego użytku oraz impulsowa HC24 do „trudnych zadań”. Albo od razu HA310, tylko nie wiem, jak tam jest z hałasem wentylatora.

*Dzień dobry,
na początku chciałbym pogratulować świetnego czasopisma oraz filmów tworzonych na kanale YouTube.*

Mam 42 lata, z zawodu jestem elektrykiem i dzięki Panu po wielu latach ponownie zainteresowałem się elektroniką – zaczynam tworzyć mały warsztat.

W odpowiedzi na maila z początku stycznia z prośbą o sugestie dotyczące czasopisma, mogę skromnie poprosić, aby niczego nie zmieniać. Czytam z zaciękwieniem wszystkie artykuły.

Jeśli mógłbym coś zasugerować, to być może nieco czytelniejszy podział filmów, być może stworzenie playlist. Podawanie nazw serii filmów w tytule filmu (np. w nawiasie) zamiast w opisie filmu oraz zamiast symbolu serii lub dodatkowo, wraz z symbolem, nadanie każdej serii/playlisty tytułu, który będzie jednoznacznie określał, czego dana seria dotyczy.

Pozdrawiam
Paweł

*Witam serdecznie,
(...) znalazłem Pana artykuł o generatorach sinus z mostkiem Wiena (2024-03-03) i bardzo mnie zaciękawił, chcę poeksperymentować i wykonać taki generator. I tu pytanie; nie mogę kupić takiego elementu – transoptor z fotorezystorem, wszystko co znajduję w sieci to różne transoptory z fototranzystorami. Wypada wykonać samemu z LED i fotoopornika, ale czy to będzie dobre? Jakby Pan miał wiadomości, gdzie to można kupić to będę wdzięczny.*

Pozdrawiam serdecznie
Bogusław Kuleba

Odpisałem, że kierunek jest bardzo dobry. Generatory z mostkiem Wiena mogą dać naprawdę czystą sinusoidę

o znikomych zniekształceniach. Ale trzeba troszkę „porzeźbić”. Jest problem ze stabilizacją amplitudy i obwód, który to realizuje, zwykle wprowadza jakieś zniekształcenia. Także wzmacniacz operacyjny powinien mieć wysokie parametry. Uzyskanie naprawdę znikomych zniekształceń wymaga wysiłku.

Proponuję zacząć od wersji z transoptorem własnej konstrukcji. Owszem, na rynku można znaleźć takie transoptory, głównie pod nazwą vactrol, ale są trudne do znalezienia i kosztowne. Potrzebny transoptor można zrobić z niemal dowolnego fotorezystora i diody LED, byle tylko zamknąć je w szczelnej obudowie, która nie dopuści „obcego” światła do fotorezystora

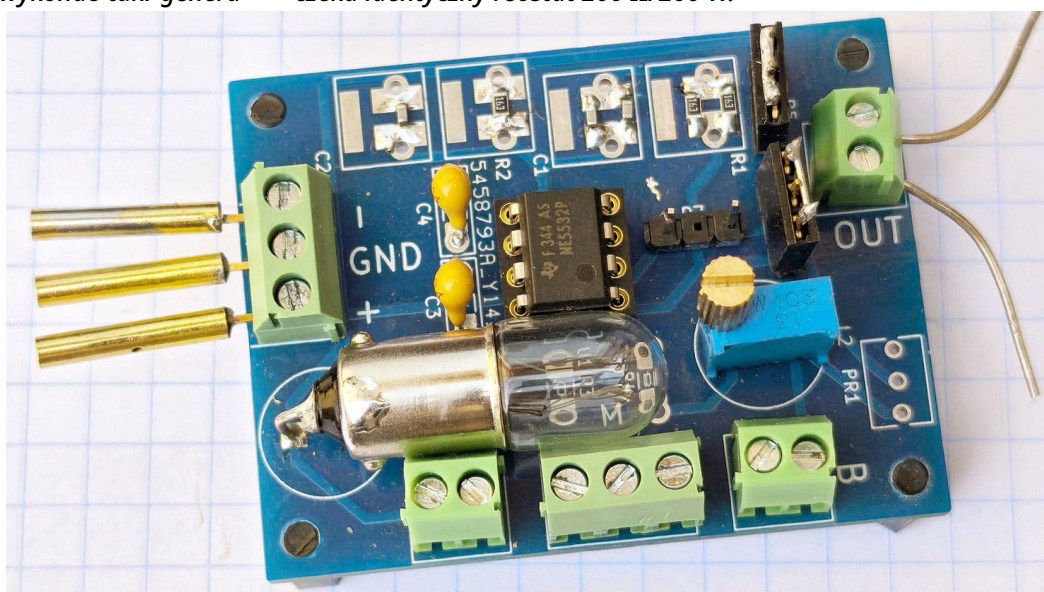
Napisałem, że niedługo będę przedstawiał w ZE wersję takiego generatora z żarówką. Mam już gotowe płytki próbne i zmontowany najprostszy model, ale nie mam jeszcze artykułu – opisu. Napisałem, że mogę Bogusławowi, jako mojemu Patronowi, wysłać taką płytkę próbną do testów wersji z żarówką. Żarówka musi mieć jak największą rezystancję, czyli ma być o jak największym napięciu i o jak najmniejszym prądzie. Ja na razie szykuję do testów prosty generator z żaróweczką 230 V, 2 W (lub 230 V, 5 W) – **fotografia poniżej.**

*Panie Piotrze,
świetny film o temperaturze – zwarty, do bólu praktyczny, fascynujący – tak trzymać!!!*

Dla mnie jest on szczególnie interesujący, bo po raz kolejny zaczynam wierzyć w parapsychologię – bierze pan na warsztat rzeczy, którymi ja akurat się zajmuję, bądź zająć się zamierzam:

Skończyłem rozpoznawać rynek i zdecydowałem się na zakup Infray P2 (w wersji dla Apple).

Kupiłem wiaderko rezystorów 100 W, a na odbiór czeka identyczny reostat 200 Ω/200 W.



Wszystkie ww. mają być elementem projektu „Dr Frankenstein á rebours” – sztucznego obciążenia do kontrolowanego marnowania energii. Poza obciążeniem pasywnym, ma on zawierać także obciążenie aktywne, według idei omawianej już kiedyś w ZE, ale opartej na prostym i sprawdzonym kicie z Ali, nieznacznie tylko zmodyfikowanym przeze mnie

Bardzo serdecznie pozdrawiam
Szymon Burian

PS Piszą do mnie ludzie w sprawie PCB do NanoGen, oddźwięk jest zdaje się spory, tylko niestety niektórzy odnieśli mylne wrażenie, że dostarczę im kit do montażu i są chyba nieco rozczarowani, że oferuję wyłącznie pliki produkcyjne. Swoją drogą można by pomyśleć o forum dyskusyjnym dla czytelników, czymś na kształt EEV blog.

Dzień dobry,

pozwolę sobie zająć Panu kilka minut. Temat wydaje mi się ciekawy i na moje zapytania znalazłem w Internecie chyba złe odpowiedzi.

Zakupiłem (...) kartę UMC202HD. Jeszcze nie zająłem się przeróbką, a postanowiłem ją trochę „poużywać” w stanie fabrycznym. Podłączyłem do PC, zainstalowałem oryginalne sterowniki i słucham sobie muzyki. Konfiguracja następująca: PC – karta – przedwzmacniacz własnej konstrukcji – wzmacniacz własnej konstrukcji (ze wskaźnikami poziomu, tak zwanymi wycieraczkami), no i głośniki. I tak sobie to gra. Pewnego razu bez sygnału z komputera ustawiłem pokrętkę OUTPUT w karcie tak na 50% i ku mojemu zdziwieniu wychyliły się wskaźniki we wzmacniaczu! A w głośnikach cisza!

Pierwsze podejrzenia: coś się wzbudza. Podłączyłem z pominięciem przedwzmacniacza. To samo. Do wyjścia wzmacniacza sztuczne obciążenie, oscyloskop, no i jest. Sygnał sinusoidalny kilka mV i jakieś 120 kHz. Idę dalej, oscyloskop do wyjścia OUTPUT karty i to samo! Ba, po wyłączeniu komputera (karta pozostała zasilana) dalej to samo.

Pierwsze moje podejrzenie padło na kabel, czyli przejście z sygnału symetrycznego na niesymetryczny. Zrobiłem na szybko poprawny kabel TRS. Oscyloskop poprzez trafo separujące i pomiar. S-R cisza, S-T zakłócenie, R-T zakłócenie. Chwila zastanowienia, multimetr i ku mojemu zdziwieniu R-S zwarte. Czyli wyjście niesymetryczne. Po rozkręceniu obudowy przyjrzałem się dokładnie gniazdom wyjściowym i rzeczywiście wygląda to na wyjście niesymetryczne. Właśnie przyszły JLCPCB płytki do układu przejścia z sygnału symetrycznego na niesymetryczny, ale chyba się nie przydadzą.

(...) Gdzieś trafiłem w sieci na artykuł, że powodem tego może być przetwornica 48V i trzeba ją dezaktywować. (...) Przetwornica pracuje cały czas, bez względu na położenie przełącznika i nie wpływa to na oscylacje. Phantom generuje ok 20 kHz i też ktoś to opisał, nawet usunął US. Problem wzbudzania na 140 kHz też ktoś opisał:

<https://www.diyaudio.com/community/threads/behringer-umc-202hd-for-measurements.341309/page-28#post-7174666>

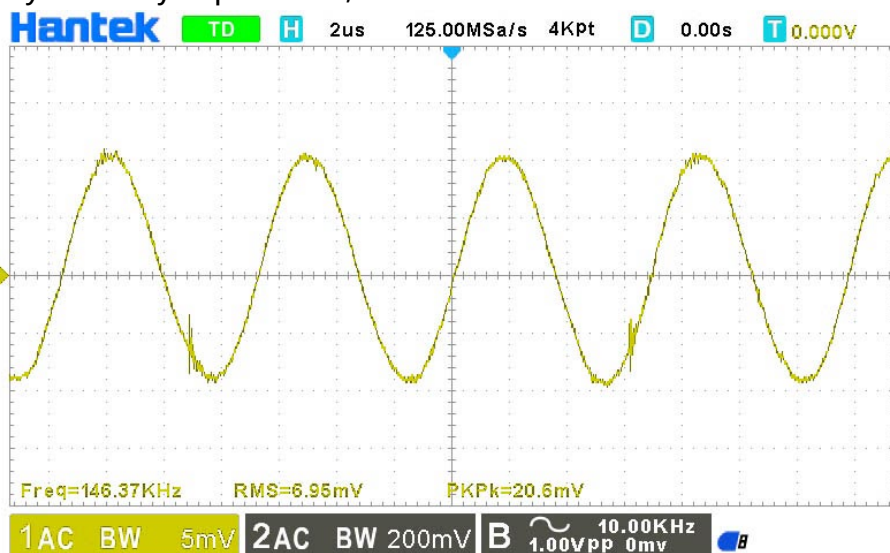
W załączniku zapis z oscyloskopu. Sygnał na wyjściu słuchawkowym przy potencjometrach na minimum. Na wyjściach liniowych z tyłu karty jest dokładnie to samo. Oscylacje występują również, gdy karta jest podłączona tylko do zasilacza. (...)

Źródło tego sygnału zakłócającego też namierzyłem. Jest to ok. 140 kHz na poziomie kilku mVpp. Pochodzi od układu oznaczonego na schemacie VCOM i jest już na pinie 6-7. To jest chyba ta sztuczna masa (VCOM-ADC). Pojawia się na wyjściach oraz na wyjściu słuchawkowym. Rozwiązaniem jest podobno wstawienie pomiędzy piny 6 i 7 rezystora 100 R. Czy w karcie, którą Pan posiada też pojawia się ten sygnał? (...)

Jeśli znajdzie Pan chwilę, proszę potwierdzić moje przypuszczenia i może jakieś rady. Z poważaniem

Dariusz Gulowaty

Dariusz poruszył bardzo interesujący temat! Behringer to solidna niemiecka firma o szwajcarskich korzeniach, którą w roku 1989 założył Uli Behringer. Karta UMC202HD nie jest wyrobem najwyższej klasy, ale pomijając aktualną ofertę kart chińskich, których nie znam, według mnie taka karta ma najlepszy stosunek możliwości (192 kHz, 24-bit) do ceny (ok. 300 zł). Jest to konstrukcja o przyzwoitych parametrach, ale „mocno ekonomiczna”. Główne napięcie zasilania to niesymetryczne 4,5 wolta, a sztuczna masa realizowana jest przez wzmacniacz operacyjny na poziomie 2,25 V.



I właśnie według Dariusza wzbudza się wzmacniacz operacyjny „generujący” sztuczną masę. Jest to prawdopodobne w takim prostym, budżetowym rozwiązaniu układowym. Jednak z uwagi na wysoką częstotliwość (140 kHz) i nieduży poziom, najprawdopodobniej nie przeszkadza to i nie psuje parametrów ani przy odsłuchu, ani przy wykorzystaniu karty do celów pomiarowych (nawet przy próbkowaniu 192 kHz, wbudowany w ADC wejściowy filtr antyaliasingowy powinien stłumić ten przebieg leżący powyżej granicy pasma 96 kHz).

Ja nie zaobserwowałem takiego przebiegu w moim egzemplarzu, ale przy pierwszej okazji zwrócę na to uwagę. Tym bardziej, że może wreszcie uda mi się wziąć za dalszy etap opisanej w ZE przeróbki, czyli za zrobienie wejściowej przystawki pomiarowej (frontendu z regulacją) oraz wejściowego wzmacniacza ultraniskoszumnego o gęstości szumów napięciowych poniżej 1 nanowolta na pierwiastek z herca (głównie do badań szumów własnych elementów i zasilaczy). Planuję budowę takich wejściowych przystawek pomiarowych od dawna, mam schematy, tylko problemem jest nawet bieżących prac nad ZE.

A przy okazji: jeśli ktoś z Czytelników byłby zainteresowany współpracą, ale nie tylko realizacją takich przystawek pomiarowych, lecz także ich badaniem, testowaniem i wspólnym dopracowaniem – zapraszam do kontaktu: kontakt@piotr-gorecki.pl.

Dzień Dobry, interesuje mnie temat Eternetu z wykorzystaniem modułów na bazie ENC28J60 i serii W5x00 oraz Arduino. Myślę, że zainteresuje to wielu czytelników. Może znajdzie się chętny na poprowadzenie takiego kursu na łamach ZE?

Czytelnik

Przesłałem tekst do Andrzeja Pawluczuka, który zajmuje się takimi tematami.

A swoją drogą, rzeczywiście przydałby się cykl dotyczący Arduino, ale nie Arduino Uno i pokrewnych, tylko wykorzystania pakietu Arduino do programowania Raspberry Pi Pico lub ESP32. Najlepiej w związku z tematem Smart Home. Może ktoś podjąłby się poprowadzenia takiego cyklu?

Szanowny panie Piotrze, z wielkim zainteresowaniem i przyjemnością obejrzałem Pana film „Zima i akumulatory samochodowe”. Wiem, że już dawno powstał, ale dopiero teraz trafiłem na niego, a powodem było poszukiwanie informacji o jumpstarterach.

Ale do rzeczy. W linkach afiliacyjnych poleca Pan np. Utrai JS-9 1500A. I tu mam pytanie. Ten powerbank po-

daje na szczytach 16,4 V, zmierzone woltomierzem, oczywiście bez obciążenia. Czy to jest bezpieczne dla elektroniki samochodu? Dziękuję i pozdrawiam

Cezary

Nominalne napięcie akumulatora kwasowo-ołowiowego to 12 V, a ściśle 12,6 V. Podczas ładowania może osiągnąć 15 V.

Jednak napięcie 16,4 V nie jest groźne dla elektroniki samochodowej. Warto zwrócić uwagę, że przeznaczone do samochodów scalone wzmacniacze mocy audio mają zakres napięcia zasilania do 18 V, a muszą wytrzymać bez uszkodzenia napięcia dużo wyższe, rzędu 40 V.

W instalacjach samochodowych występują skoki napięcia i silne zakłócenia impulsowe. Elektronika samochodowa musi być tak robiona, żeby to wytrzymać. Napięcie 16,4 V nieobciążonego jumpstartera nie jest groźne, nawet wtedy, gdy nie zmniejszy go słaby akumulator.

Witam panie Piotrze, od pewnego czasu oglądam pana filmy na YouTube. Super sprawa!

Na pana stronie <https://piotr-gorecki.pl/mr110-modulowe-mierniki-jak-poznac-wersje-precyzyjna/> zainteresował mnie moduł dwuzakresowy, czterocyfrowy, pokazany na zdjęciu nr 6 – ten z prawej strony. Posiadam dwa takie moduły, dość dawno zakupione, ale trochę się różnią. Mianowicie zamiast LM358 mają wzmacniacze TP102. Czy to powoduje, że będą miały parametry lepsze niż LM358?

*Serdecznie pozdrawiam
Tadek sp7gppq*

Odpisałem, że niestety TP10-2 to wzmacniacz CMOS o offsecie do 3 mV, więc parametry mogą być nawet gorsze, niż często spotykanych wersji z LM258.

Ale to zależy od egzemplarza. Można to zgrubnie sprawdzić, podgrzewając delikatnie moduł suszarką do włosów. Ogólnie biorąc, jeżeli jest wzmacniacz operacyjny w torze amperomierza, to nie ma co liczyć na wysokie parametry.

Dzień dobry panie Piotrze, oglądam Pana od jakiegoś czasu i co jakiś czas na YouTube. Wiele skorzystałem z Pana innowacyjnego podejścia do tłumaczeń zagadnień elektroniki – choćby energii wokół przewodu, jako tego, z czego tak naprawdę korzystamy. W drodze przemyśleń i analiz „nad złożonością rzeczy” stworzyłem model upraszczający obliczenia pętli histerezy.

Dla w zasadzie dowolnego materiału, którego przenikalność możemy wyznaczyć. Model Preisacha wymaga podwójnej całki po tysiącach operatorów histerezy.

Jiles-Atherton – 5–6 równań różniczkowych i parametry, których nikt nie rozumie intuicyjnie. (...) Model Preisach / Jiles-Atherton – 10 000+ operatorów, [długi] czas obliczeń (...) \

[Mój] model jest tak prosty, że nawet nie mogę ot tak pokazać wykresu z symulacji. Temat wygląda nad wyraz intrygująco. Zwracam się do Pana z prośbą o pomoc w ustaleniu poprawności działania modelu i przeprowadzenia swoistych testów oszczędności energetycznych/obliczeniowych.

Pozdrawiam i czekam na odpowiedź
Rafał Liniewicz

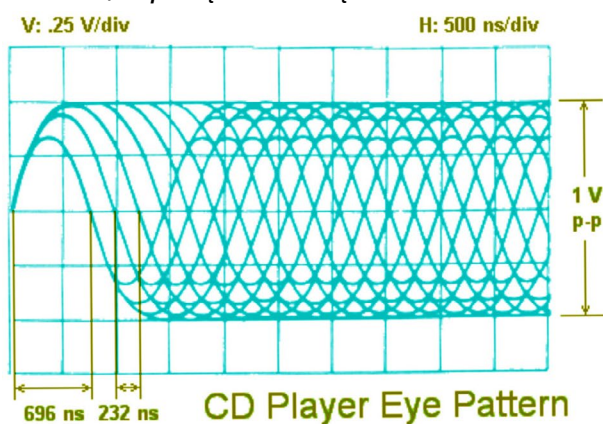
Niestety, nie zajmę się tym tematem. Ja jestem elektronikiem – praktykiem, dlatego nie interesują mnie koncepcje teoretyczne, a jedynie realne konsekwencje niedoskonałości materiałów magnetycznych (i dielektryków), w tym skutki histerezy – straty cieplne zależne o natężenia pola i częstotliwości.

Zagadnienia te są słabo rozumiane, dlatego też jedna z łamigłówek zamieszczonych w tym numerze dotyczy zagadnień związanych z niedoskonałością rdzeni ferromagnetycznych.

Dzień dobry,

Panie Piotrze, nie jestem biegły w obsłudze oscyloskopu (mam Hantek DSO2C10), a próbuję sprawdzić kondycję w moim CD Onkyo. Proszę o pomoc i podpowiedź, co robię źle, że nie mogę uzyskać prawidłowego obrazu przebiegu RF eye pattern? Dodam, że podłączam sondę do punktu pomiarowego zgodnie z service manual. W załączniku jest prawidłowy obraz sygnału RF, film obrazu na moim oscyloskopie i fragment schematu z zaznaczonym punktem pomiaru sygnału RF (HF).

(...) czy mój oscyloskop powinien taki



przebieg pokazać prawidłowo, czy może ma „za słabe parametry”? Dodam, że inne przebiegi generowane przez generator arbitralny który mam, pokazuje dobrze.

Pozdrawiam
Jarek

Problem, że obraz na ekranie nie przypomina przebiegów „wzorcowych” nie wynika z błędnego ustawienia oscyloskopu. Synchronizacja to drugi problem. Pierwszym jest jakość sygnału. Widać, że w porównaniu z „wzorcem” jest on znacząco mniejszy i bardzo mocno zaśmiecony.

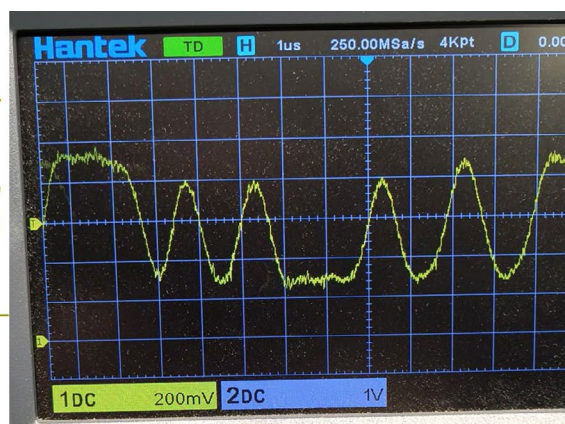
Tak zaśmieconego, zniekształconego sygnału, w którym występuje też ogromny jitter, nie da się prawidłowo synchronizować, chyba że udałoby się znaleźć w układzie jakiś czysty sygnał zegarowy, który można byłoby wykorzystać.

Nie pomogę, bo nie badałem takich sygnałów w odtwarzaczach. Należałoby zbadać, gdzie i dlaczego pojawiają się tak duże śmieci. Możliwe, że jest to kwestia obwodu pomiarowego – może jakiś problem z masą lub jakieś zewnętrzne zakłócenia.

A może ktoś z Czytelników chciałby pomóc?

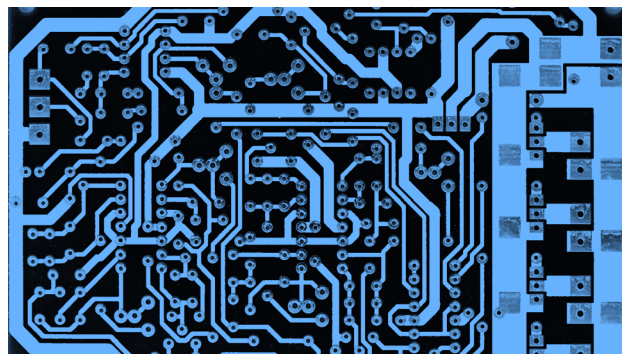
komputer analogowy
fajny kanał
<https://youtu.be/AYInjjsKvKY>
polecam

Sławomir Skrzyński



Łamigłówki elektroniczne

Kwiecień 2026



W tej rubryce przedstawiane są łamigłówki związane z elektroniką, także te nadsyłane przez Czytelników. Po pierwsze, możesz nadesłać rozwiązanie jednej lub wszystkich zaproponowanych niżej łamigłówek. Po drugie, proszę i serdecznie zachęcam także Ciebie: zaproponuj tu innym Czytelnikom krzyżówkę, zagadkę lub dowolną inną trudniejszą lub łatwiejszą łamigłówkę, która ma związek z elektroniką! Aktualnie ani dla Autorów nadesłanych łamigłówek, ani dla uczestników, którzy je prawidłowo rozwiążą, nie przewiduje się honorariów ani upominków. Nagrodą dla Autorów oraz uczestników jest satysfakcja oraz nieprzemijająca sława wynikająca z faktu zaistnienia w naszym wspólnym czasopiśmie i Internecie.

Propozycje krzyżówek, zagadek oraz wszelkich innych łamigłówek należy nadsyłać e-mailem na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl, dodając w treści e-maila następujące, podpisane imieniem i nazwiskiem oświadczenie: **Oświadczam, że załączona łamigłówka nie była nigdzie publikowana, jest moim dziełem, posiadam doń pełne prawa autorskie i niniejszym udzielam nieodpłatnej licencji na jej wykorzystanie w czasopiśmie „Zrozumieć Elektronikę” oraz na stronach internetowych prowadzonych przez Piotra Góreckiego.**

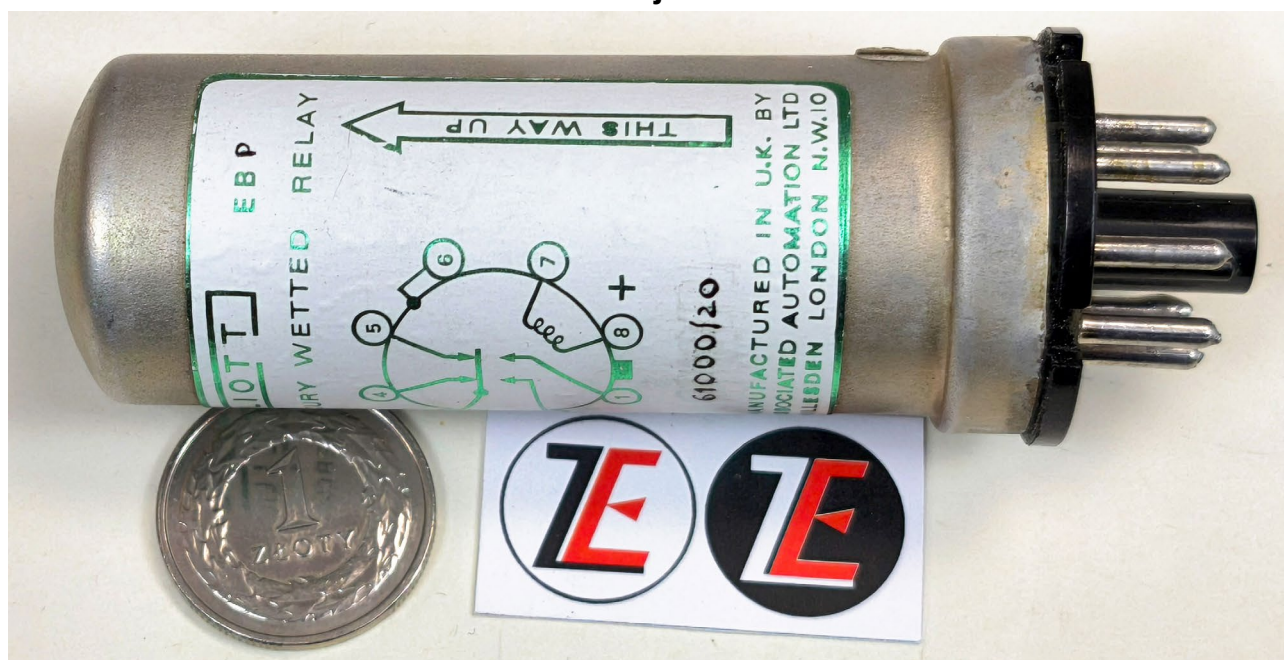
Co to jest? 2604
Zagadka 2604

Jak odpowiesz? 2604
Co sądzisz?

Co to jest? 2604

Na **fotografii** pokazany jest pewien stary element elektroniczny. Pytanie konkursowe brzmi:

Co to jest?



Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca kwietnia 2026 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl.

Zagadka 2604

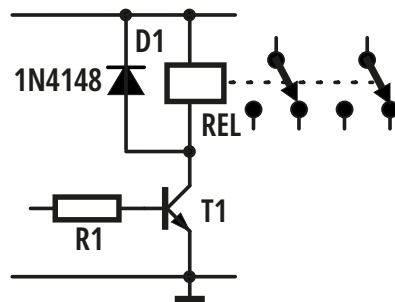
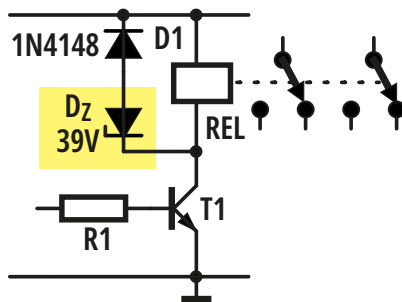
Na pewnej stronie internetowej znaleźliśmy schemat urządzenia z przekaźnikiem. Standardowo do cewki przekaźnika dołącza się jedną zwykłą diodę, a na tym schemacie jest dodatkowo dioda Zenera o napięciu 39 woltów.

Pytania konkursowe brzmią:

Czy obecność tej diody Zenera to pomyłka i niedopatrzenie?

Czy może zastosowanie diody Zenera ma jakiś sens?

Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca kwietnia 2026 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl.



Jak odpowiesz? 2604

Młody uczeń po przyjściu ze szkoły mówi, że ma mętlik w głowie dotyczący prawa Ohma. Chciałby rozwiązać wątpliwości dotyczące sprzecznych twierdzeń, które usłyszał. Chciałby uzyskać odpowiedzi na pytania:

1. Czy to prawda, że prawo Ohma spełniają tylko nieliczne elementy elektroniczne?
2. Co to są elementy omowe i nieomowe?
3. Jak można podać przykłady wykorzystywanych we współczesnej elektronice elementów omowych i nieomowych?

Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca kwietnia 2026 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl.

Co sądzisz?

W pracowni elektronika przydatne są transformatory separujące. Między innymi separujące od sieci energetycznej 230 V, mające przekładnię 1:1. Ale przy różnych pomiarach przydatny byłby transformator sygnałowy, który mógłby separować generator od badanego układu. Takie transformatory bywają potrzebne przy niektórych pomiarach audio, więc powinny to być transformatory szerokopasmowe o paśmie co najmniej 20...20000 Hz. Są też potrzebne (jako *injection transformers*) do zdejmowania charakterystyk Bodego w zasilaczach impulsowych i liniowych, a wtedy pożądane jest pasmo przenoszenia jeszcze szersze, w idealnym przypadku od 1 herca do 10 megaherców. Wydawałoby się, że realizacja tak szerokopasmowego transformatora nie jest w ogóle możliwa. Jednak na rynku są tak szerokopasmowe transformatory, jak pokazuje fotografia obok. Problem w tym, że taki transformator kosztuje około 2000 złotych. Także tańsze chińskie wersje o nieco węższym paśmie, kosztują kilkaset złotych. Dlatego zastanawiamy się nad możliwością realizacji transformatora szerokopasmowego w warunkach domowych. Może nie o aż tak szerokim paśmie, ale zdecydowanie tańszego. W jednym ze sklepów internetowych za niecałe 40 złotych znaleźliśmy sporej wielkości rdzeń (vitroperm) o wyjątkowo dużej przenikalności magnetycznej. Pochodzi on z jakiegoś sprzętu medycznego, gdzie pracował jako filtr zakłóceń impulsowych. Zastanawiamy się, czy można byłoby go wykorzystać do realizacji transformatora szerokopasmowego DIY. Na razie trzeba odpowiedzieć na podstawowe pytanie: **Czy zmiany wartości przenikalności magnetycznej rdzenia (zależne od częstotliwości) zmieniają przekładnię transformatora?**

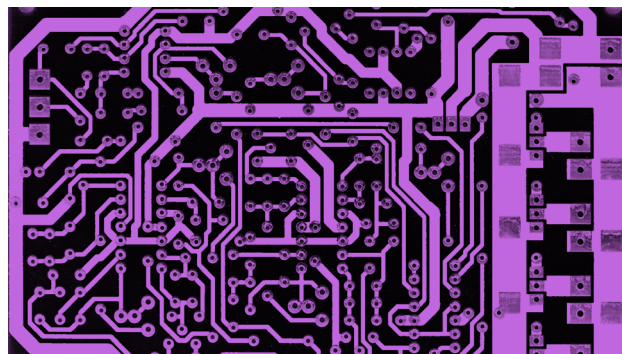
Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca kwietnia 2026 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl.



Drogi Czytelniku! Czy może w tej rubryce zostanie zamieszczona także jakaś łamigłówka Twojego autorstwa?

Śmiało możesz nadesłać propozycję łamigłówki i jej rozwiązania!

Rozwiązania Łamigłówek Luty 2026



Poniżej przedstawione są rozwiązania łamigłówek, zamieszczonych w numerze lutowym (2/2026). Aktualnie ani dla Autorów nadesłanych łamigłówek, ani dla uczestników, którzy je prawidłowo rozwiążą, nie przewiduje się honorariów ani upominków. Nagrodą dla Autorów oraz uczestników jest satysfakcja oraz nieprzemijająca sława wynikająca z faktu zaistnienia w naszym wspólnym czasopiśmie.

Rozwiązanie – Jak odpowiesz? 2602

Rozwiązanie – Co to jest? 2602

Rozwiązanie – Zagadka 2602

Rozwiązanie – Policz 2602

Rozwiązanie – Jak odpowiesz? 2602

W lutym postawione zostało takie zadanie konkursowe: *Niedawno otrzymałem następujące pytanie dotyczące dwóch wersji schematu pokazanego na rysunku: Dzień dobry, w numerze 2/2025 na str. 14, przedstawił Pan schemat układu UL1401...05 z zapytaniem – „Czy ten schemat jest prawidłowy?”. W załączeniu przedstawiam dwa schematy UL14xx. Który jest prawidłowy: ten ze zworą pomiędzy diodami D2-D3 czy ten bez zwory? Z góry dziękuję za rozwianie moich wątpliwości.*

Bogdan

Uznałem, że jest to znakomite zadanie konkursowe: **Która z dwóch wersji schematu wewnętrznego jest prawidłowa?**

Konkurs jest zamknięty – rozwiązania można było nadsyłać do końca lutego. Oto rozwiązania.

Układ UL1401-05 L i P (producent CEMI) ma mostek między diodami. Układy z literką L produkowane były w obudowie CE50 (TO-3) – numery wyjść jak na prawym rysunku. Układy z literką P produkowane były w obudowie CE74 – numery wyjść jak na lewym rysunku.

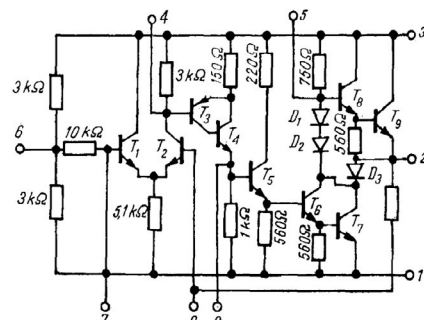
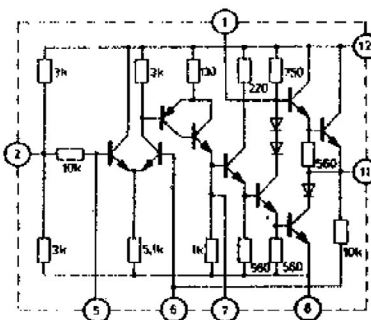
Andrzej Kubiak

Dzień dobry,
prawidłowa wersja jest z połączeniem między D2, D3. Bez tego połączenia nie ma sensu obecność D1, D2.

Andrzej

Jak odpowiesz? 2602

Schemat ze zworą D2 – D3 jest poprawny i zgodny z zasadami projektowania wzmacniaczy liniowych. Schemat bez zwory należy traktować jako błąd rysun-



kowy. Faktycznie w starych katalogach CEMI występuje ten błąd. Natomiast w książce „Liniowe układy scalone – parametry i zastosowania”, Z. Tkaczyk, WKiŁ z 1978 roku, schematy są poprawne. W katalogach CEMI można zauważyć, że układy UL14xx oznaczone na końcu literą P mają zworę na rysunku schematu wewnętrznego, natomiast oznaczone na końcu literą L jej nie mają (katalog CEMI 1979/80).

Ten fragment to układ polaryzacji stopnia wyjściowego dla komplementarnego wtórnika emiterowego (T8/T9 oraz T6/T7). Diody ustalają odpowiedni spadek napięcia, zapewniają pracę bliską klasy AB, kompensują temperaturowo tranzystory końcowe. Zwora powoduje, że D2 i D3 są połączone równolegle w sensie węzła odniesienia, środkowy punkt polaryzacji (punkt pracy) jest jednoznacznie zdefiniowany, oba ramiona stopnia wyjściowego dostają symetryczne i stabilne napięcie polaryzacji. W praktyce poprawia to stabilność prądową, zmniejsza dryft temperaturowy, ogranicza możliwość „martwej strefy” lub nadmiernego prądu spoczynkowego.

Schemat bez zwory powoduje zależność punktu pracy od prądów upływu i β tranzystorów.

Tadeusz Suszał ✉

Rozwiązanie – Co to jest? 2602

W lutym postawione zostało następujące zadanie konkursowe:

Podstawowe pytanie jest łatwe:

Co to jest?

Bardzo interesujące są też pewne inne szczegóły, które można i warto przedstawić w rozwiązaniu tego zadania.

Konkurs jest zamknięty – rozwiązania można było nadsyłać do końca lutego. Oto nadesłane rozwiązania.



Dzień dobry,

to na pewno jest chińskie. Na pewno ma jakiś związek z elektroniką. Niebieski napis wskazuje, że może zawierać ołów. Od razu nasuwa się wniosek, że to pasta lutownicza. Ale pasty lutownicze są ciemnoszare, a tu zawartość jest jasna i przejrzysta. Dlatego obstawiam, że to jednak nie jest pasta lutownicza, tylko jakieś topniki do lutowania.

*Pozdrawiam
Krzysztof*

Chińskie topniki

Co to jest? 2602

Zdjęcie przedstawia topniki w żelu w strzykawce. Dostępne są w handlu różne końcówki (igły dozujące). mocowane za pomocą standardu „System Luer Lock”. Informacje na obrazkach.

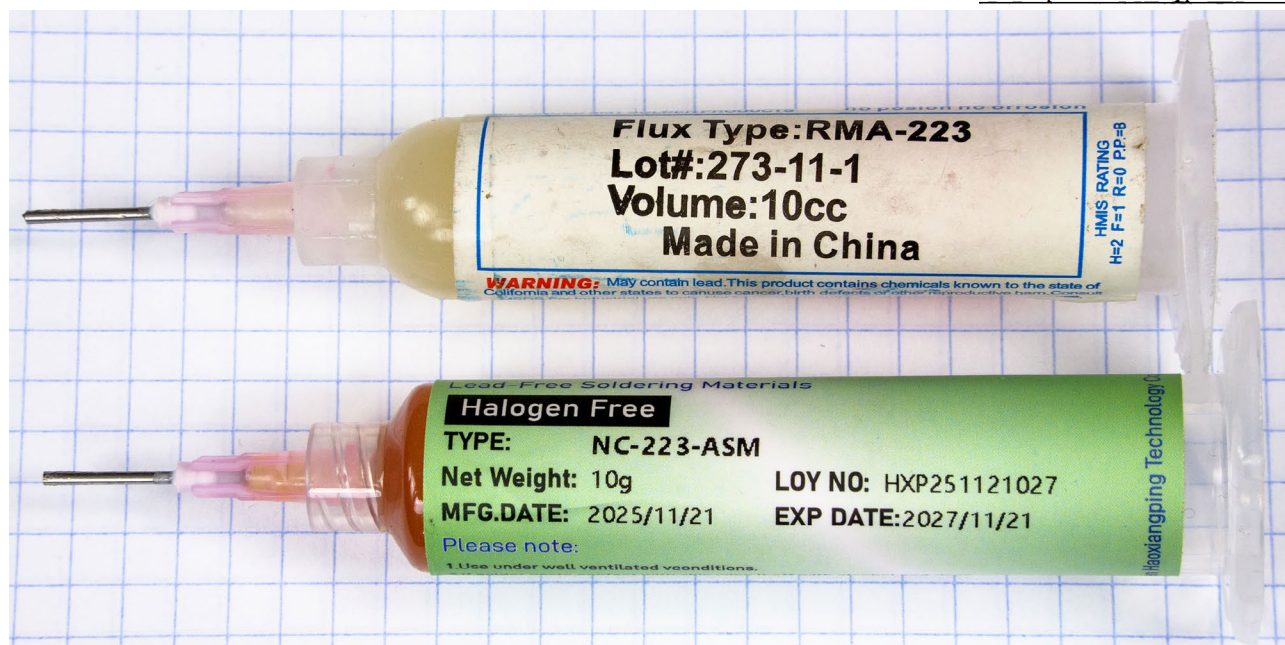
Paweł



Wojciech

Rzeczywiście, są to chińskie topniki w strzykawkach o pojemności 10 centymetrów sześciennych. Ceny są podobne – zasadniczo kilkanaście złotych, ale można znaleźć okazje i kupić za kilka złotych. Natomiast jakość – skuteczność jest dramatycznie różna. Przezroczysta pasta oznaczona RMA-223 nie ma nic wspólnego z oryginałem, natomiast ta oznaczona NC-223-ASM jest nieporównanie lepsza

symbol igły:	kolor:	średnica	
		wewnętrzna:	zewnętrzna:
14G	oliwkowy	1,55 mm	1,84 mm
15G	bursztynowy	1,36 mm	1,84 mm
16G	szary	1,2 mm	1,64 mm
18G	zielony	0,84 mm	1,27 mm
20G	różowy	0,6 mm	0,91 mm
21G	purpurowy	0,51 mm	0,82 mm
22G	niebieski	0,41 mm	0,72 mm
23G	pomarańczowy	0,34 mm	0,64 mm
25G	czerwony	0,26 mm	0,51 mm
27G	przeźroczysty	0,21 mm	0,41 mm
30G	jasny fiolet	0,16 mm	0,31 mm
32G	żółty	0,11 mm	0,25 mm
34G	fioletowy	0,06 mm	0,25 mm



Rozwiązanie – Zagadka 2602

W lutym postawione zostało następujące zadanie konkursowe: Na **fotografii** pokazany jest pewien gotowy chiński moduł. Pierwsza część zagadki:

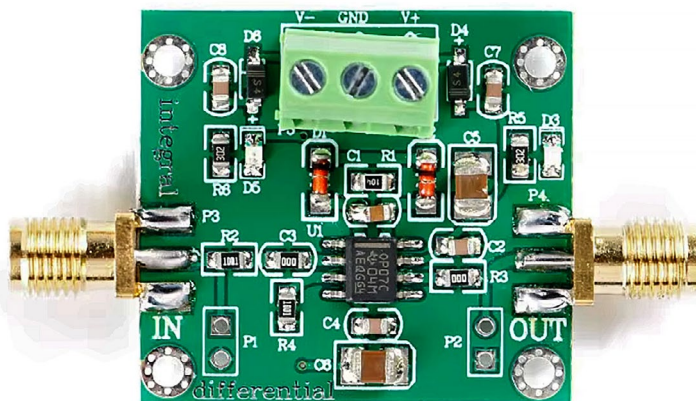
Do czego może służyć? Drugie pytanie zagadki brzmi: Czy w tym module dostrzegasz coś dziwnego?

Konkurs jest zamknięty – rozwiązania można było nadsyłać do końca lutego. Oto rozwiązania.

Witam, nie mam bladego pojęcia. Przyzwolicie zrealizowane są obwody zasilania symetrycznego. Na pewno nie jest to wzmacniacz różnicowy (differential), bo ma jedno wejście. Może być całkujący (integral), bo w obwodzie feedback jest włączony C1. Ale włączony równolegle z R1 i dwiema antyszeregowo połączonymi diodami (Zenera?). Wartości R1, R2 sugerują, że jest to zwyczajny wzmacniacz odwracający o wzmocnieniu 100x, ale nie wiadomo jaką pojemność ma C1. Paradoxem jest połączenie absolutnie dziś już przestarzałego OP07 ze złączami SMA-F!

Pozdrawiam
Kamil

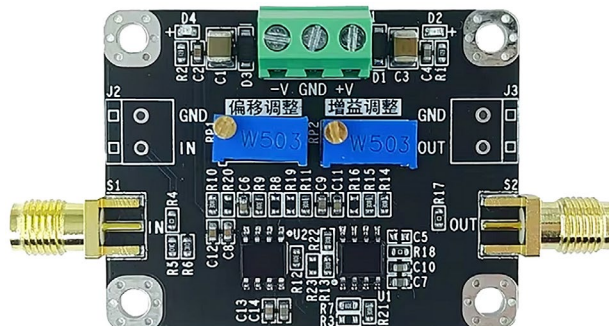
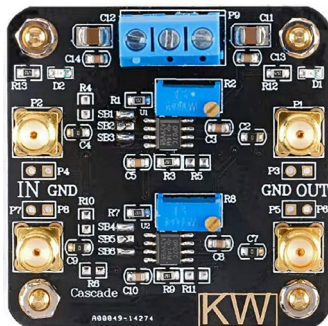
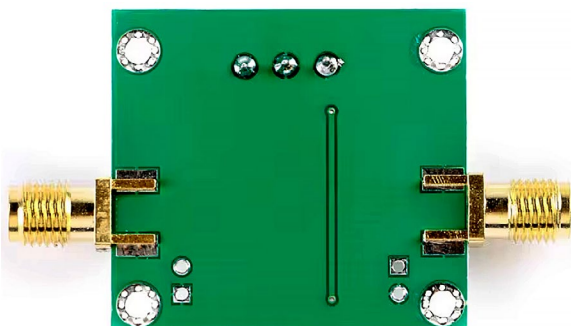
(...) To wygląda na uniwersalne PCB „do wszystkiego”, a więc zoptymalizowane do niczego. Na PCB mamy dwa napisy „differential” i „integral”. To faktycznie może sugerować coś więcej niż zwykły wzmacniacz różnicowy. Teoretycznie moduł mógłby być konfigurowalny jako różnicowy albo jako całkujący. Na płytce widać miejsce na kondensatory w pętli sprzężenia, rezystory 0 Ω jako zworki konfiguracyjne. To sugeruje, że PCB jest uniwersalne i może pracować jako wzmacniacz różnicowy, wzmacniacz całkujący, ewentualnie filtr aktywny. Patrząc na fotografię nie widać typowej konfiguracji integratora jako domyślnej (czyli kondensator jako jedyne sprzężenie zwrotne bez rezystora równoległego). Wygląda na klasyczny wzmacniacz różnicowy z opcją dodania elementów RC. Ale PCB pozwala potencjalnie zrobić z niego integrator. To uniwersalna płytka do realizacji funkcji różnicowej lub całkującej przy użyciu OP07. W praktyce sprzedawany egzemplarz jest skonfigurowany jako wzmacniacz różnicowy. Typowe zastosowania to pomiar małych napięć różnicowych, wzmacniacz sygnałów z czujników, wstępny stopień toru pomiarowego.



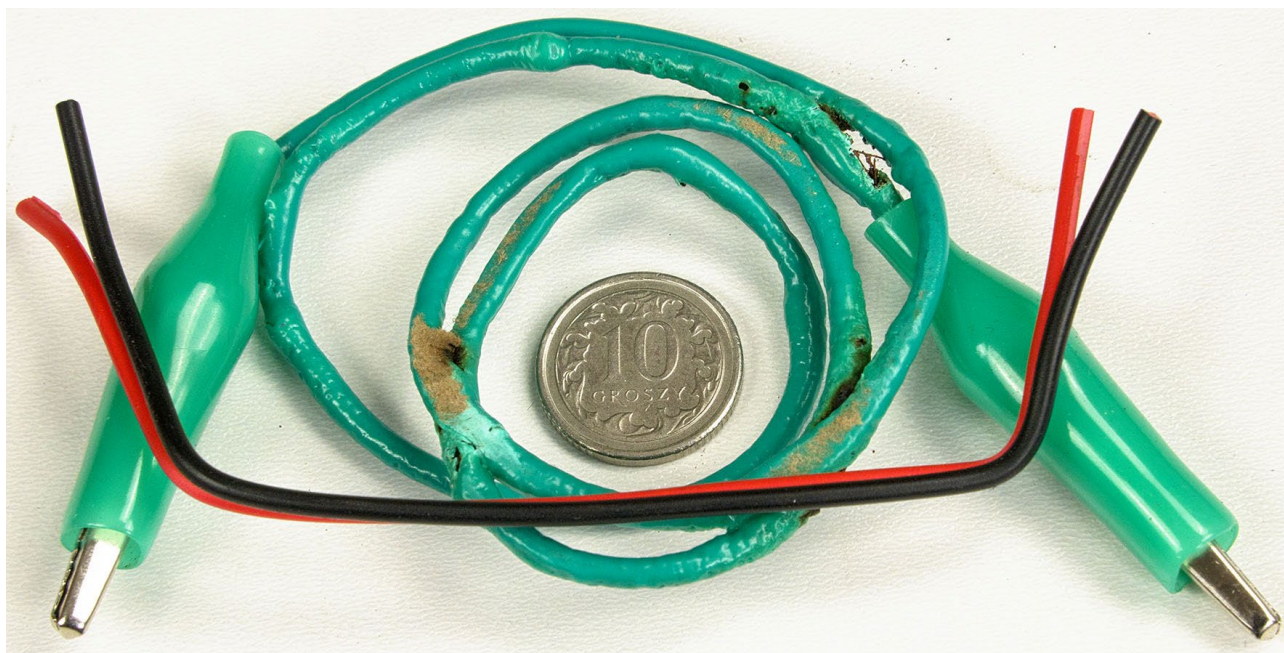
Wejście i wyjście są wyprowadzone na SMA (IN / OUT). SMA kojarzą się z RF, szybkimi sygnałami, dobrym dopasowaniem impedancji. Tymczasem OP07 ma pasmo rzędu 0,6–0,8 MHz, slew rate $\approx 0,3 \text{ V}/\mu\text{s}$, nie jest rail-to-rail, brak jest kontroli impedancji wejścia/wyjścia, brak terminacji 50 Ω. SMA są tu raczej „dla wyglądu”, niż z powodów technicznych. Jest to klasyczny wzmacniacz różnicowy na OP07, do wolnych, precyzyjnych pomiarów napięć. Ten moduł nie jest profesjonalnym modulem do pomiarów sygnałów wysokiej częstotliwości. OP07 jest bardzo dobry do wolnych, precyzyjnych pomiarów DC, stabilny temperaturowo o niskim dryfcie. Moduł wygląda jak tor szybkiego sygnału (SMA), a w rzeczywistości jest powolnym wzmacniaczem precyzyjnym.

Tadeusz Suszał

To jest przykład: Chińczycy oferują najróżniejsze tanie i w miarę ładne „wynaalazki”, które można sprzedać amatorom, którzy nie znają się na elektronice. Dziś już kostek OP07 nie stosujemy, bo mamy wzmacniacze nieporównanie lepsze, a niewiele droższe. Bezsensowne jest zastosowanie „radiowych” złączy SMA w module małej częstotliwości. Na dolnej stronie płytki (lewa fotografia poniżej) jest płaszczyzna masy, ale przecięta ścieżką zasilania w sposób urągający regułom w.cz., które tu zresztą nie są potrzebne. Oferowanych jest wiele takich „bezsensownych” modułów. Poniżej przykłady: wzmacniacza dwukanałowego z OP07 oraz modułu ze wzmacniaczami NE5532. W tych modułach małej częstotliwości też zastosowano ładnie wyglądające złącza SMA.



Rozwiązanie – Policz 2602



W lutym postawione zostało następujące zadanie konkursowe:

Na **fotografii** pokazany jest zielony kabelek „usmażony” podczas przepływu prądu 5 A, co pokazane było w jednym z moich wcześniejszych filmów. Na fotografii widać też kawałek przewodu dwużyłowego, w którym żyły wyglądają na cieńsze. Są to żyły AWG 28 i ich dotyczy zadanie, które jest takie:

Policz, oszacuj lub znajdź informację, jaki ciągły prąd może płynąć przez taki przewód?

Konkurs jest zamknięty – rozwiązania można było nadsyłać do końca lutego. Oto rozwiązania.

Policz 2602

Dane przewodu AWG 28:

$d = 0,321 \text{ mm}$, $s = 0,081 \text{ mm}^2$, $R = 212,9 \text{ m}\Omega/\text{m}$

1. Metoda obliczeniowa (przybliżona – „jednorazowe nagrzewanie” bez uwzględnienia kwestii rozpraszania ciepła do otoczenia podczas pracy ciągłej)

$$m \cdot c_w \cdot \Delta T = I^2 \cdot R \cdot t$$

$$\text{stad } I = \sqrt{m \cdot c_w \cdot \Delta T / R \cdot t}$$

$$m \text{ (masa przewodu 5 m)} = s \cdot l \cdot \rho = 0,081 \cdot 5000 \cdot 8,9 \cdot 10^{-3} = 3,6 \text{ g}$$

$$\Delta T = 600 - 200 = 400$$

$$c_w \text{ (ciepło właściwe miedzi)} = 0,3846 \text{ J/g} \cdot \text{°K}$$

$$t \text{ (czas nagrzewania przewodu)} = 3600 \text{ s}$$

$$R = 0,2129 \cdot 5 = 1,065 \Omega$$

Trzeba wziąć pod uwagę, że część energii cieplnej zostaje wypromieniowana z przewodu.

$$I = \sqrt{3,6 \cdot 0,3846 \cdot 40 / 1,065 \cdot 3600} = 0,12 \text{ A}$$

Taki prąd na pewno można bezpiecznie przepuszczać przez przewód.

2. Wg kalkulatora obciążalności ciągłej przewodów.

Na stronie termipol.pl znalazłem taki kalkulator, ale najmniejszy przekrój kabla to $0,14 \text{ mm}^2 - 2 \text{ A}$.

Dla $0,081 \text{ mm}^2$ można to aproksymować na około $0,5 \text{ A}$.

Pozdrawiam

Andrzej Kubiak

Policz 2602

Strona gdzie jest tabela z przelicznikiem AWG na mm^2 .
<https://www.atulhost.com/tools/awg-to-mm2-wire-chart>.

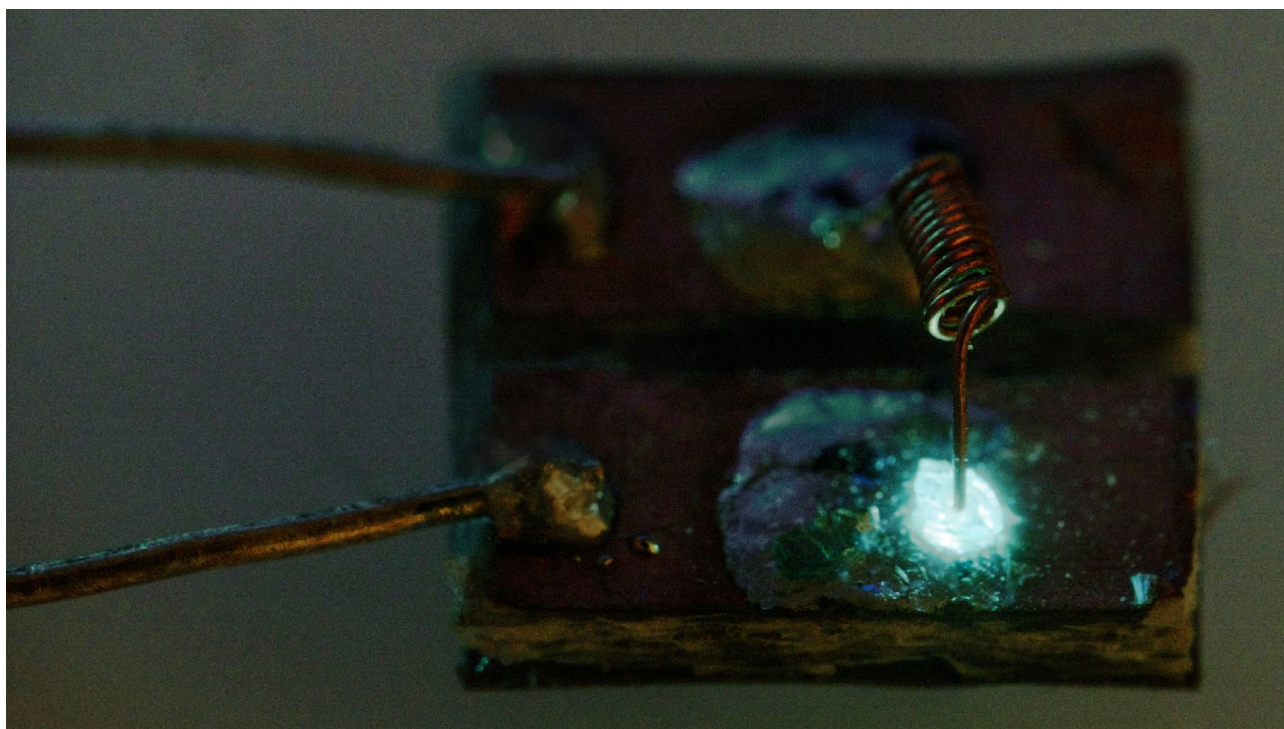
Z tabeli można odczytać, że dla przewodu AWG28 maksymalny prąd to $0,5 \text{ A}$.

Dopuszczalny prąd zależy od warunków instalacji (temperatura otoczenia, sposób prowadzenia przewodu, izolacja, liczba żył w wiązce). Dlatego często w różnych tabelach wartości prądów danego AWG różnią się. Jeśli potrzebujemy pewnych wartości do doboru bezpieczników lub obciążeń, należy korzystać z krajowych norm, bo amerykańskie tabele NEC/ANSI dotyczą warunków amerykańskich (inne temperatury i klasy izolacji). Przewód o przekroju $0,081 \text{ mm}^2$ nie ma określonej dopuszczalnej obciążalności prądowej w polskich normach. Każde użycie takiego przewodu w elektronice jest dopuszczalne, ale wg danych producenta, nie norm PN.

Typowe wartości techniczne dla miedzi, w praktyce elektronicznej

Warunki	Prąd
przewód w powietrzu	$\sim 0,8-1,0 \text{ A}$ (krótkotrwale)
w wiązce / izolacji PVC	$\sim 0,3-0,5 \text{ A}$
ciągła praca bez wzrostu temperatury	$\leq 0,2-0,3 \text{ A}$

Tadeusz Suszał ✉



Zbuduj diodę LED!

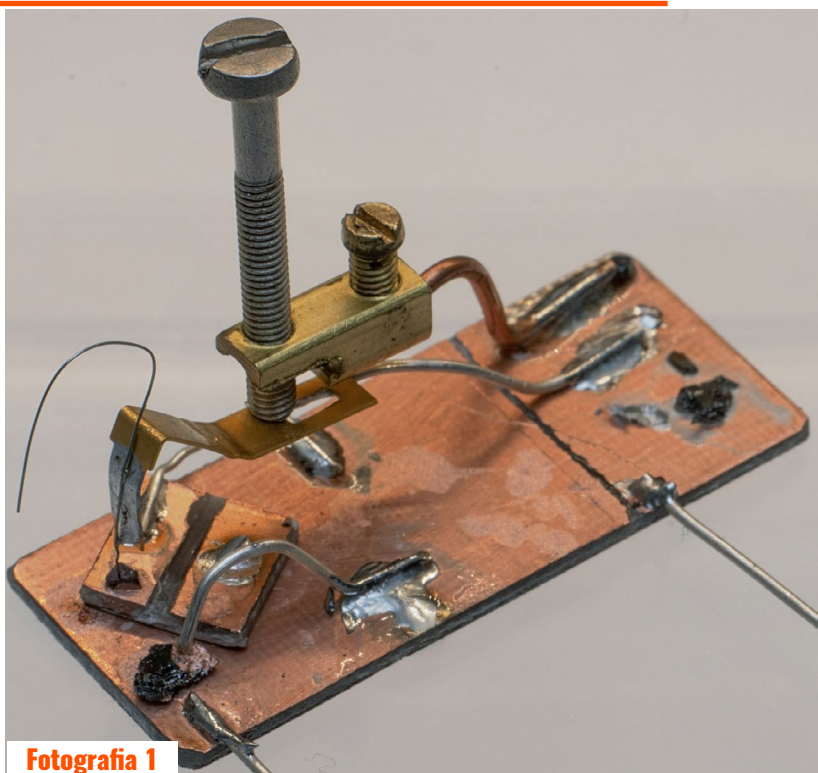
Artykuł jest wstępem do obszernego cyklu przedstawiającego diody LED. Dziś z kilku powodów nie buduje się we własnym zakresie diod LED, ale samodzielne zbudowanie diody LED, nawet mocno niedoskonałej, daje ogromną satysfakcję oraz doskonale wprowadza w temat tych, ogromnie ważnych dziś, elementów.

Odrobina historii i podstawy
Oczekiwania i realne wyniki
Materiały na diodę LED

Realizacja ostrzowych diod LED
Zbuduj i podziel się doświadczeniem!

Powyższa fotografia tytułowa pokazuje najprawdziwszą półprzewodnikową diodę LED podczas pracy. Zbudowana jest na centymetrowym kawałeczku płytki drukowanej (miedziowanego laminatu), a półprzewodnikowym materiałem czynnym jest kryształ węgla krzemu o wzorze chemicznym SiC. Jest to ostrzowa dioda LED.

Fotografia 1 przedstawia „stanowisko badawcze” do eksperymentów z podobnymi diodami LED, budowanymi z wykorzystaniem kryształów odpowiedniego półprzewodnika. Tutaj duże znaczenie ma możliwość zmiany nacisku drucika na powierzchnię kryształu, co realizowane jest za pomocą śrubki M3 i kawałka łączki elektrycznej. Oczywiście tego rodzaju „stanowisko badawcze” można zrealizować inaczej, w każdym razie budowa własnej diody LED wcale nie jest trudna!

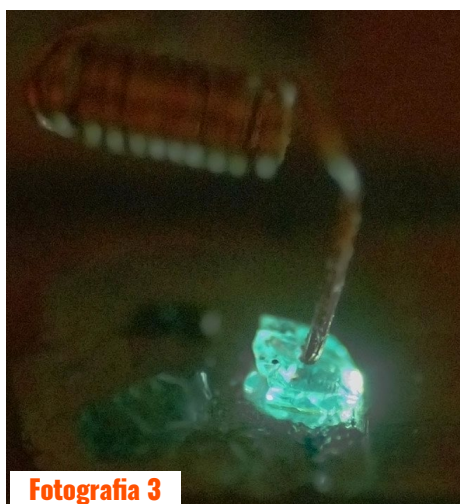
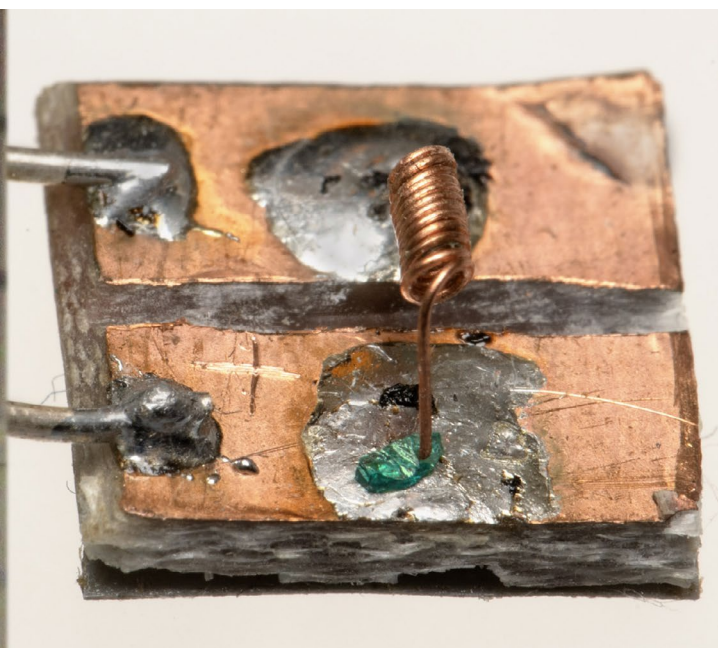


Fotografia 1

Na **fotografii 2** widać szczegóły budowy diody z fotografii tytułowej. **Fotografia 3** przedstawia zbliżenie świecącego kryształu. **Fotografia 4** pokazuje wtopione w cynę (stop lutowniczy) kryształki SiC w stanowisku z fotografii 1. Natomiast na **fotografii 5** widać jak jeden z tych kryształów świeci.



Fotografia 2



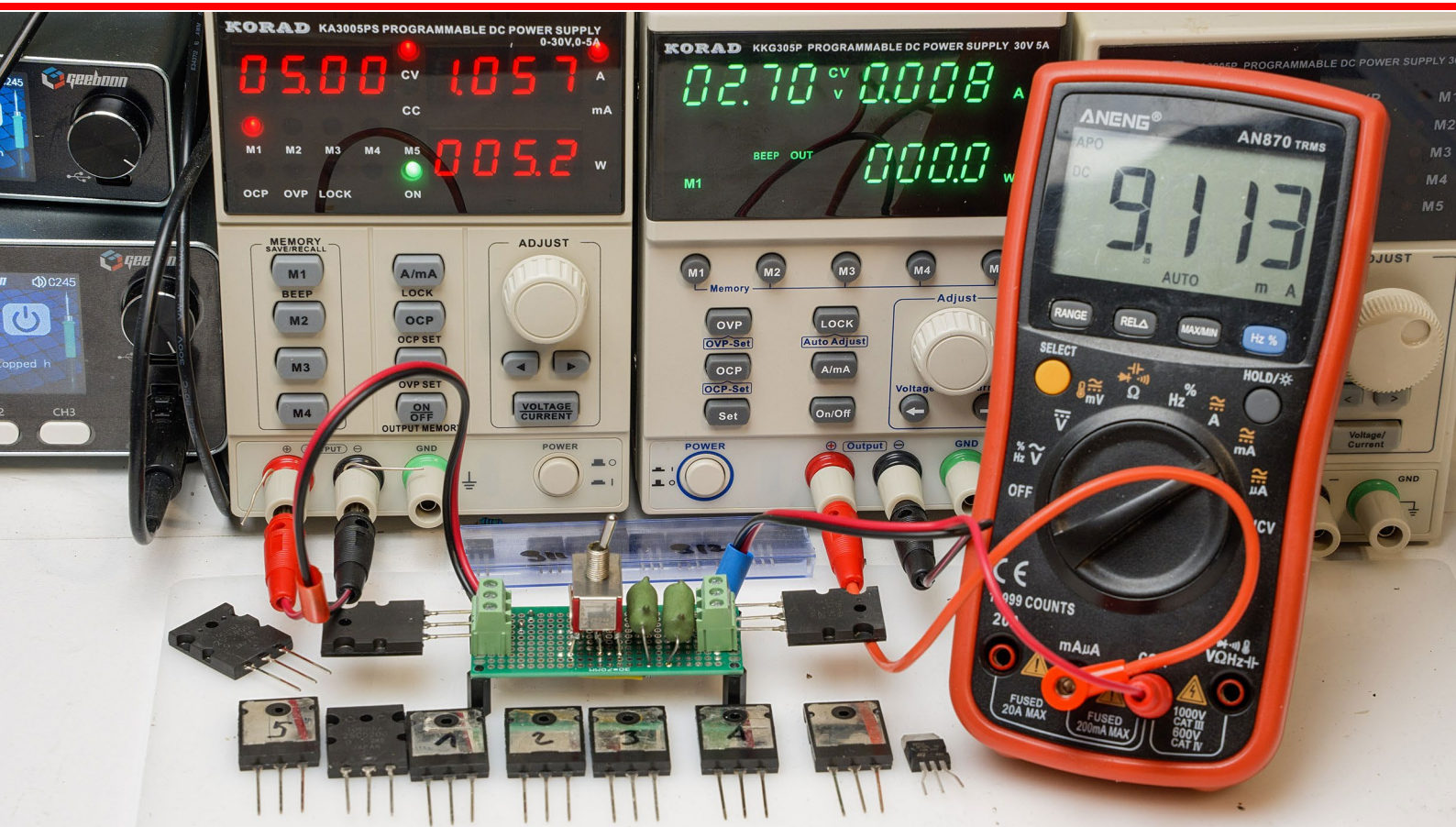
Fotografia 3



Fotografia 4



**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.
W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**



Przyrząd do parowania tranzystorów bipolarnych

W artykule opisany jest bardzo prosty, użyteczny, sprawdzony w praktyce przyrząd, pozwalający w szybki i łatwy sposób sprawdzać wzmacnienie tranzystorów bipolarnych oraz dobierać je w pary, także pary tranzystorów komplementarnych o jednakowym wzmacnieniu, potrzebne np. do wzmacniaczy mocy audio.

Rozważania projektowe

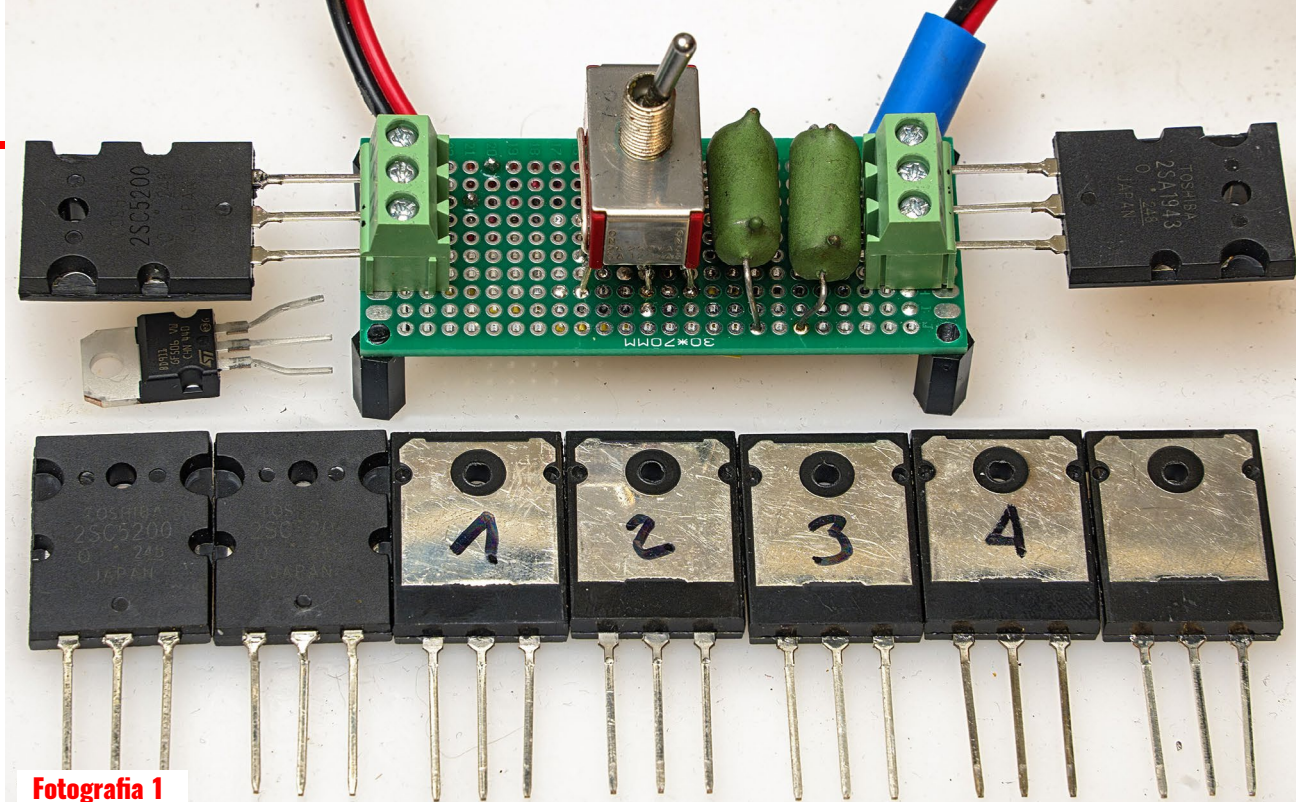
Szczegóły konstrukcyjne i możliwości zmian

Pomiary

Pomiar MOSFET-ów?

Zacząłem się od tego, że Leszek, jeden z moich przyjaciół, wspomniał, że przydałby się charakterograf. Podchwyciłem temat, bo od dawna planuję budowę sterowanego zdalnie zasilacza czterokwadrantowego (tak!), który mógłby być podstawą budowy dobrego charakterografu. Zaczęliśmy próby budowy kilku wersji zasilacza czterokwadrantowego, co opiszę w oddzielnym artykule. Okazało się jednak, że Leszek wspominał o charakterografie w kontekście sprawdzania tranzystorów mocy, a konkretnie chodziło o dobieranie par bipolarnych tranzystorów mocy do wzmacniaczy mocy audio, budowanych z elementów dyskretnych. Porozmawialiśmy o realnych potrzebach i możliwościach.

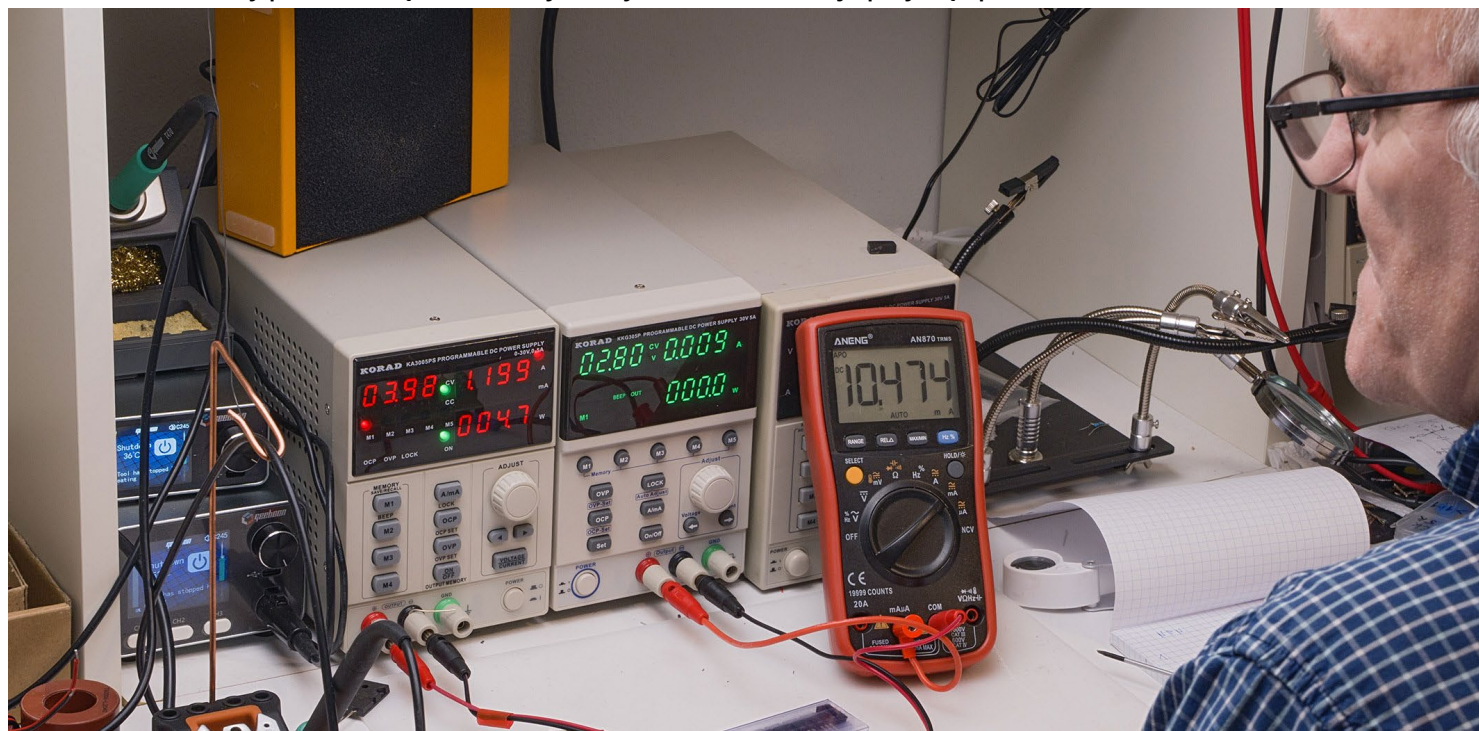
Okazało się, że wystarczy coś nieporównanie prostszego od charakterografu, do czego nie trzeba dedykowanej płytki drukowanej. Podstawą są karty katalogowe, gdzie podaje się wartość wzmacnienia prądowego, zmierzoną w konkretnych warunkach pracy, przy danym napięciu kolektora U_{CE} (kilka woltów) i przy podanym prądzie kolektora I_C , zwykle od jednego do kilku amperów. Podstawowa idea była taka, żeby nie wykorzystywać żadnych dodatkowych elementów elektronicznych, a jedynie dwa regulowane zasilacze laboratoryjne. Jeden zasilacz dostarczałby prąd bazy, ustawiony za pomocą ogranicznika prądu. Drugi dostarczałby prąd do obwodu kolektora przy takim napięciu, jak podaje karta katalogowa.



Fotografia 1

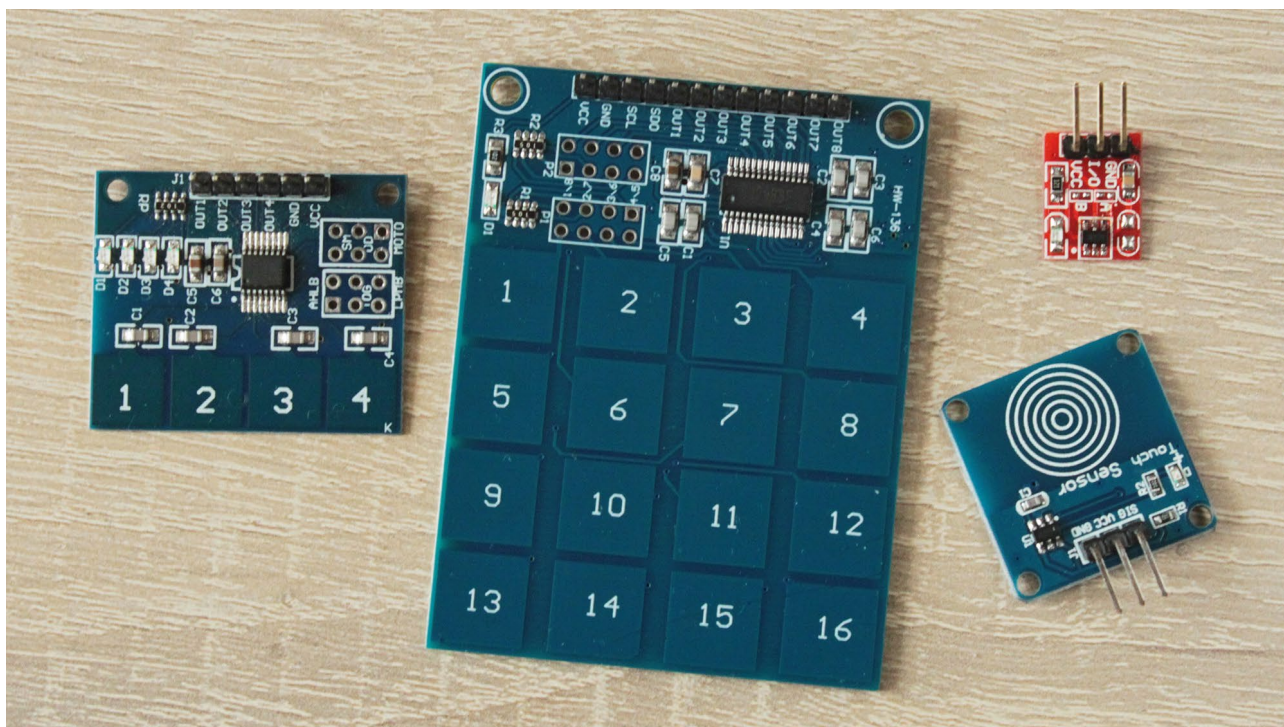
Jeszcze tego samego dnia narysowałem schemat śmiesznie prostego urządzenia do testowania komplementarnych tranzystorów bipolarnych z wykorzystaniem dwóch regulowanych zasilaczy. W pewien wtorkowy wieczór wzięliśmy się we dwóch do roboty. Leszek montował dla siebie właśnie ten prosty przyrząd do sprawdzania i parowania tranzystorów, a ja zająłem się „szybkim” generatorem impulsów o dużej amplitudzie do 500 V. Impulsów, których zbocza byłyby bardzo krótkie, rzędu nanosekund, potrzebnych do testowania wysokoomowych dzielników i sond. Efekty przedstawię w oddzielnym artykule.

W ciągu wieczora powstały dwa proste przyrządy, w tym tester tranzystorów, którego model przedstawiony jest na **fotografii 1** oraz na **fotografii tytułowej**. Fotografii te pokazują przykład wykorzystania do sprawdzania potężnych komplementarnych tranzystorów 2SA1943 oraz 2SC2500. Dwupozycyjny (czteroobwodowy) przełącznik pozwala wybrać albo tranzystor NPN, albo PNP, które dołączone są do dwóch zacisków ARK3. W praktyce, oprócz dwóch zasilaczy, wykorzystany został też miliamperomierz do dokładnego pomiaru prądu bazy. **Fotografia 2** prezentuje przyrząd podczas testów.



**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.
W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**





Moduły klawiatur dotykowych

Elastyczność zastosowań szeroko rozumianych ekranów zintegrowanych z panelami dotykowymi wzbudziła zainteresowanie rozwiązaniami wykorzystania „przycisków” dotykowych w mniej zaawansowanych konstrukcjach.

Klawiatura z jednym przyciskiem
Klawiatura o czterech przyciskach
Moduł o 16 przyciskach

Testy modułów
Zastosowanie modułów

Przyciski mechaniczne, choć genialne w swojej prostocie, mają kilka wad. Jedną z nich jest konieczność eliminacji niekorzystnego zjawiska określanego jako dzwonienie styków. Można z nim walczyć na dwa sposoby: sprzętowo lub w ramach oprogramowania mikrokontrolera. Patrząc na finalną konstrukcję nie bez znaczenia jest konieczność odpowiednich rozwiązań mechanicznych, jak otwory w płycie czołowej by udostępnić przyciski użytkownikowi. Każdy przycisk musi mieć jakiś kapturek, a z tym wiąże się kolejny szczegół: trwały opis przycisku.

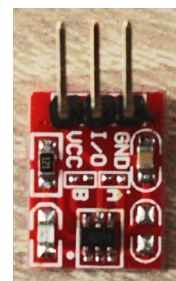
A gdyby tak zastosować sensory dotykowe? Wiele problemów technologicznych może rozwiązać się automatycznie. Obecnie dostępne na rynku sen-

sory mają wejścia o charakterze pojemnościowym, co oznacza, że sensor nie musi mieć kontaktu elektrycznego z palcem użytkownika, toteż można go umieścić pod nalepką z wydrukowanym symbolem przycisku.

Aby sprawnie posługiwać się tymi modułami warto zapoznać się z ich budową i funkcjonalnością.

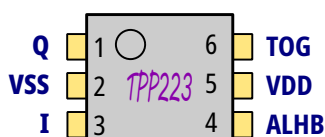
Klawiatura z jednym przyciskiem

Na **fotografii 1** widać jednoprzyciskowy moduł, w którym wykorzystany jest układ scalony TPP223.



Fotografia 1

Według dostępnej dokumentacji do użytego układu scalonego, występuje on

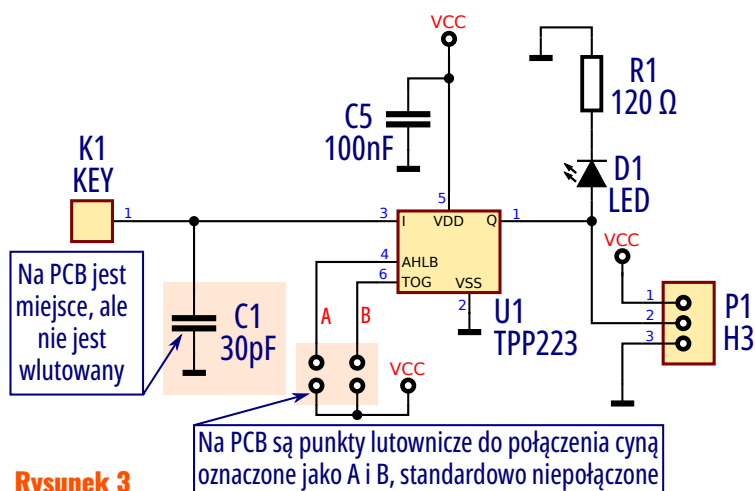


Rysunek 2

w kilku odmianach obudowy. Wariant w obudowie 16-pinowej jest bardziej funkcjonalny, jednak w prezentowanych modułach występuje w obudowie SOT23-6 (obudowa 6-pinowa, **rysunek 2**). Znaczenie poszczególnych pinów układu jest następujące:

- Q – wyjście typu CMOS, sygnalizujące stan wykrycia dotknięcia sensora,
- I – wejście do przyłączenia sensora dotyku,
- TOG – określa funkcjonalność sensora, możliwe opcje to: tryb przełączania (dla TOG=1) oraz tryb bezpośredni (dla TOG=0); wejście ma wbudowany do masy rezystor, toteż przy braku jakiegokolwiek wysterowania tego pinu, układ rozpoznaje to jako zero logiczne,
- AHLB – wejście określające stan aktywny na wyjściu Q: sygnalizacja dotknięcia sensora stanem wysokim (dla AHLB=0) lub stanem niskim (AHLB=1); wejście ma wbudowany rezystor do masy, toteż przy braku jakiegokolwiek wysterowania tego pinu, układ rozpoznaje to jako zero logiczne,
- VSS – pin zasilania (masa),
- VDD – pin zasilania (2 V...5,5 V).

Schemat modułu zbudowanego na bazie tego układu scalonego pokazuje **rysunek 3**. Istnieją tu możliwości konfiguracyjne (poprzez zalanie cyną pól lutowniczych, które „fabrycznie” nie są połączone), czyli zmiana stanu wejść TOG oraz AHLB. Biorąc pod uwagę ustawienia domyślne, moduł sygnalizuje naciśnięcie przycisku włączeniem diody LED i całość pracuje w trybie bezpośrednim (przykładowo dioda świeci, dopóki trzymany jest przycisk). Istnieje możliwość ustalenia pracy do trybu przełącznika, jedno naciśnięcie sensora włącza, a kolejne wyłącza (pracuje jak dwójka licząca). Możliwe do uzyskania tryby pokazuje tabelka na **rysunku 4**. Ja dolutowałem sobie do modułu delikatne przewody do listy pinowej i za pomocą jumperków



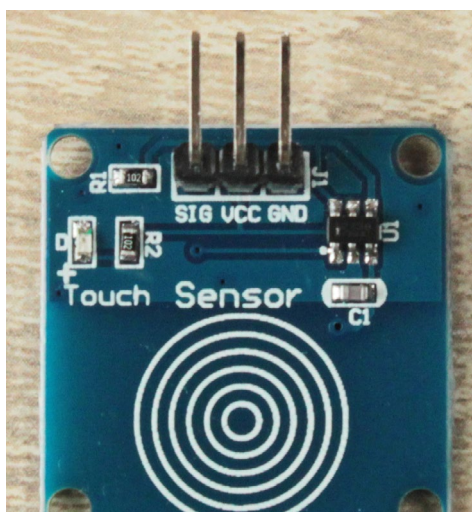
Rysunek 3

TOG	AHLB	Znaczenie
0	0	Tryb bezpośredni, aktywacja sensora sygnalizowana stanem wysokim
0	1	Tryb bezpośredni, aktywacja sensora sygnalizowana stanem niskim
1	0	Tryb przełącznika, aktywacja sensora sygnalizowana stanem wysokim
1	1	Tryb przełącznika, aktywacja sensora sygnalizowana stanem niskim

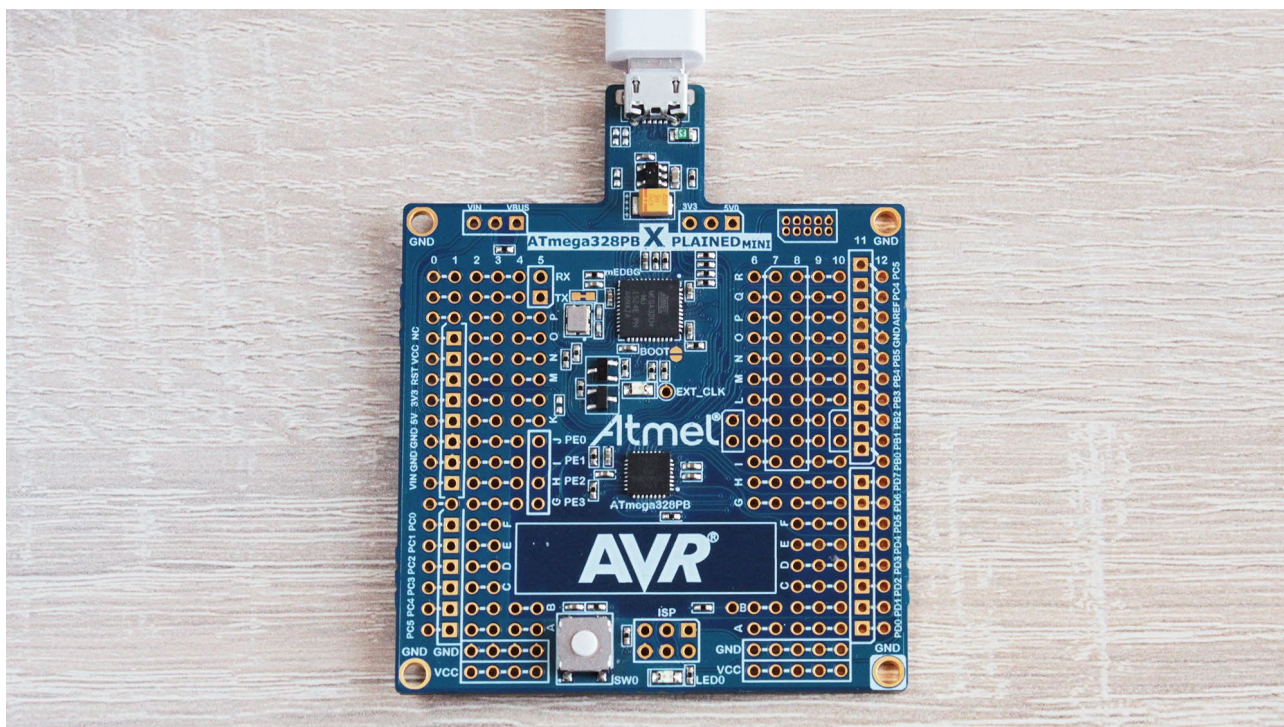
Rysunek 4

zaobserwowałem istotną cechę układu TPP223, dla której później znalazłem potwierdzenie w dokumentacji. Stan ustawień na wejściach TOG oraz AHLB jest rejestrowany przez układ w chwili włączenia zasilania, toteż jakakolwiek zmiana w trakcie działania wymaga wyłączenia na chwilę zasilania, by układ „zatribił” nowe ustawienia w chwili pojawienia się zasilania.

Istnieje inny wariant modułu z tym samym układem scalonym (**fotografia 5**), w którym istotnymi elementami są inne rozłożenia sygnałów na trzypinowym złączu (jeżeli zrobimy kabelek do modułu z fotografii 1, to nie będzie pasował do nowego) oraz brak możliwości zmian konfiguracyjnych (piny TOG oraz AHLB są na stałe przyłączone do GND). Wariant nie-



Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE. W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.



Xplained Mini – moduł z ATmega328 od Atmel

Współczesna technologia w dużej mierze nie jest przyjazna hobbystom ze względu na obudowy układów scalonych. Jednak z drugiej strony oferuje gotowe rozwiązania w postaci modułów. Takim przykładem jest prezentowany moduł Xplained Mini.

Różnice w stosunku do Arduino Uno Uruchomienie modułu

Firma Atmel zaoferowała użytkownikom moduł z mikrokontrolerem ATmega328PB (takim samym, jaki znajduje się w Arduino Nano), określony jako *Xplained Mini*. Ma on na swoim pokładzie oprócz mikrokontrolera istotny element jakim jest programator. Aby załadować kod programu do pamięci Flash mikrokontrolera nie jest konieczny dodatkowy programator (choć istnieje również możliwość zaprogramowania go w standardowy sposób, poprzez 6-pinowe złącze KANDA). Przydatnym może się też okazać istnienie jednego przycisku – do dowolnego wykorzystania przez użytkownika. Częstotliwość sygnału taktującego dla mikrokontrolera również wynosi 16 MHz. W dużej mierze można uznać

Przykładowy program Programowanie mikrokontrolera

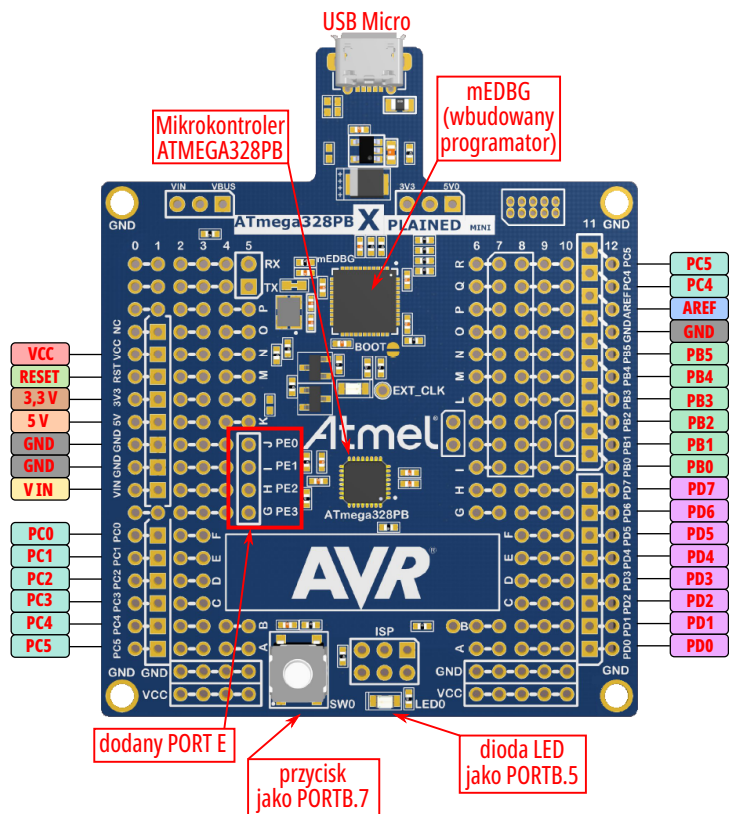
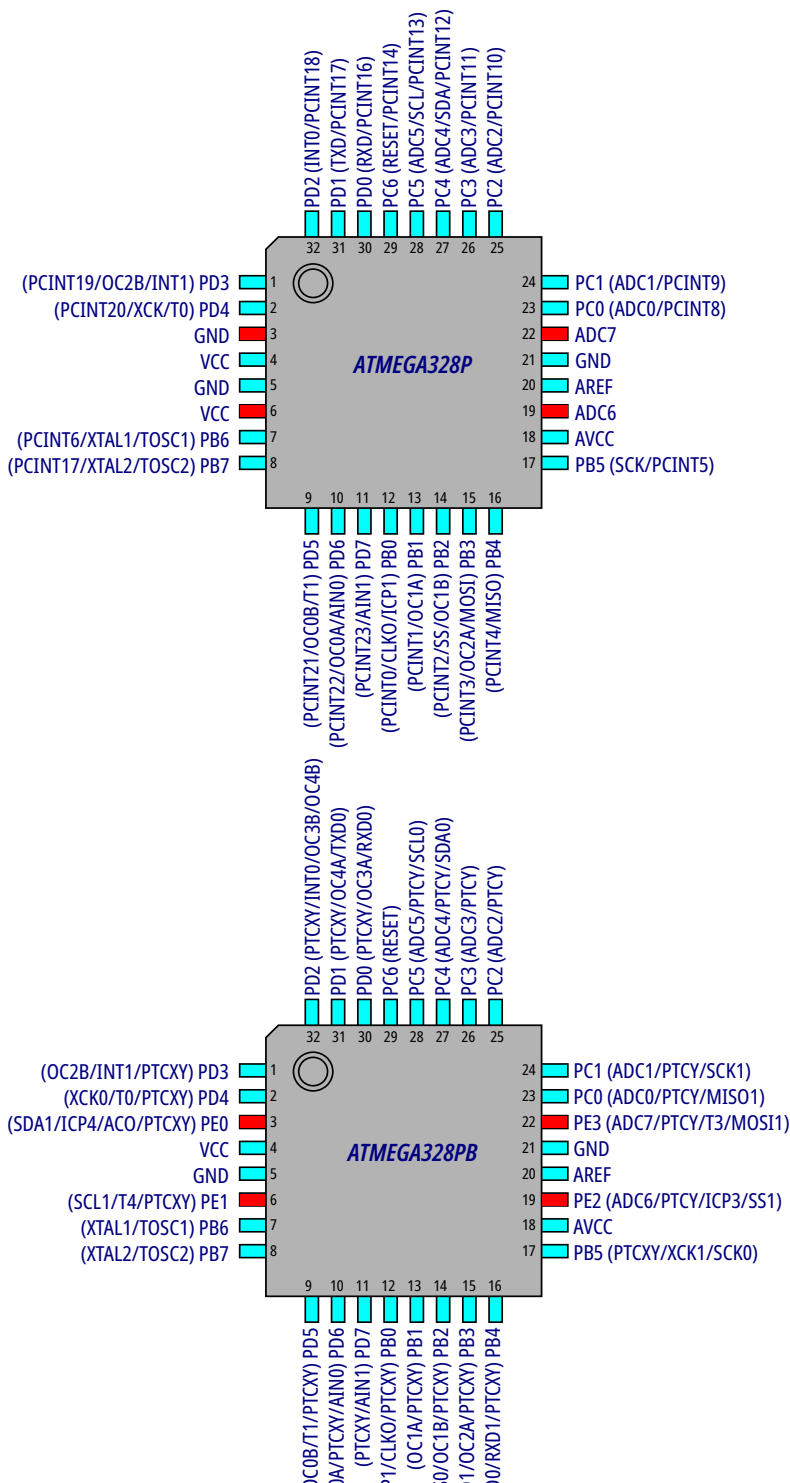
ten moduł za znacząco rozszerzające rozwiązanie w stosunku do Arduino Uno, gdyż jest tu zastosowany nowszy mikrokontroler o większych zasobach sprzętowych. Porównanie do Arduino Nano jest nieumiarodajne, gdyż Nano nie ma na swoim pokładzie programatora.

Różnice w stosunku do Arduino Uno

Pierwszą istotną różnicą w *Xplained Mini* w stosunku do Arduino Uno jest zastosowanie mikrokontrolera ATmega328PB (Xplained) w stosunku do ATmega328P (Uno). Oprócz większej liczby wbudowanych układów licznikowo-zegarowych, większej liczby kontrolerów transmisji szeregowej,

E – ELEMENTY I MODUŁY

w ATmega328PB zawarty jest kontroler dotykowy (z pojemnościowymi czujnikami, można bez dodatkowych układów utworzyć kilka pól reagujących na dotyk, Xplained jest w to wyposażony). Moduł Arduino Uno wykorzystuje mikrokontroler w obudowie DIP28, więc ma zredukowaną liczbę wejść dla przetwornika ADC, Arduino Nano posiłkuje się układem w obudowie QFP32. Większa liczba wypro-



PC0 .. PC5	Piny mogące być wejściami analogowymi lub cyfrowymi
GND	Zasilanie (GND)
VCC	
3,3 V	Napięcie 3,3 V z wbudowanego stabilizatora
5 V	
AREF	Napięcie referencyjne dla przetwornika ADC
PB0 .. PB5	PORT B
PD0 .. PD7	PORT D
VIN	Zasilanie z zewnątrz (standardowa konfiguracja to: zasilanie z USB, można przełączyć na VIN)

Rysunek 2

wadzeń daje dodatkowe wejścia do przetwornika ADC, jednak rozwiązanie jest nietypowe jak na standardy występujące w AVR: te wejścia mogą jedynie pełnić funkcje wejść analogowych.

Mikrokontroler z *Xplained Mini* występuje wyłącznie w obudowie przeznaczonej do montażu powierzchniowego o 32 pinach. Jednak w stosunku do starszego wariantu (ATmega328P), tutaj nie zachodzi pełna kompatybilność wyprowadzeń. W miejsce nietypowych wejść analogowych oraz kosztem wyprowadzeń do zasilania dodany jest czterobitowy PORT E, jako wielofunkcyjne rozwiązanie (wejścia/wyjścia cyfrowe oraz wejścia analogowe do przetwornika ADC). Istotne różnice pokazuje **rysunek 1**.

Uruchomienie modułu

Moduł przeznaczony jest do używania w środowisku narzędziowym Atmel Studio. Standardowo

Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE. W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.



Wspólnie projektujemy: Pomiar temperatury półprzewodników

Proponuję, żebyśmy zajęli się niełatwym, ale bardzo interesującym i pożytecznym zadaniem – pomiarem temperatury elementów półprzewodnikowych w czasie ich pracy, a ściślej pomiarem temperatury ich półprzewodnikowej struktury, a nie obudowy. Zadanie nie jest wcale tak trudne, jak mogłoby się wydawać.

Chcemy mierzyć temperaturę struktur półprzewodnikowych różnych elementów dużej mocy: diod LED, diod prostowniczych, tranzystorów bipolarnych, a co ważne – także MOSFET-ów. **Chcemy możliwie dokładnie mierzyć temperaturę pracującego półprzewodnika, w którym wydziela się ustawiona przez nas moc strat.** Półprzewodnika, do którego nie ma bezpośredniego dostępu, który zamknięty jest w obudowie. Dlaczego, po co i jak?

Ogólnie wiadomo, że maksymalna temperatura większości pracujących półprzewodników krzemowych nie powinna przekraczać $+150^{\circ}\text{C}$. Niektóre MOSFET-y i diody mają maksymalną temperaturę $+175$ stopni, a triaki i większość diod LED ma dopuszczalną temperaturę niższą niż $+150$ stopni. Temperatura struktury jest ogromnie ważna. Jej

przekroczenie poważnie zwiększa ryzyko uszkodzenia, szczególnie w przypadku diod LED. Problem nadmiernego wzrostu temperatury najbardziej dotyczy elementów dużej mocy, które współpracują z radiatorami. O temperaturze półprzewodnikowej struktury decyduje wtedy głównie radiator i warunki chłodzenia. Tak naprawdę o realnej mocy (strat) danego elementu decyduje właśnie temperatura struktury, zależna od różnych czynników.

Nasz cel jest ambitny – zrealizowanie naprawdę niełatwego pomiaru temperatury złącza w realnych warunkach, z konkretnym radiatorem, podczas pracy z określoną przez nas mocą strat. Na pozór może to wyglądać na „kwadraturę koła”, czyli na zadanie nie do wykonania. Aż tak źle nie jest. Jednak potrzebna jest świadomość pewnych problemów.

Zadanie konkursowe YK051 brzmi:

Zaproponuj sposób pomiaru temperatury półprzewodnikowej struktury elementu, w którym wydziela się określona przez użytkownika moc strat.

Do udziału w zadaniu zapraszam doświadczonych, a także mniej zaawansowanych i początkujących. Propozycje rozwiązań można **nadsyłać do końca maja 2026 roku** na adres konkursy@piotr-gorecki.pl.

Nadesłane prace zostaną omówione w numerze 7/2026 czasopisma **Zrozumieć Elektronikę**.

Uwaga! Aktualnie nie są przewidziane nagrody, więc udział bierzesz tylko dla własnej satysfakcji.

Jeżeli nie chcesz, żeby przy omawianiu nadesłanych rozwiązań pojawiło się Twoje nazwisko, tylko ewentualnie imię czy pseudonim, napisz o tym wyraźnie w treści e-maila z rozwiązaniem.

Ani termopara, ani kamera termowizyjna...

Największe znaczenie ma właśnie temperatura struktury pracującego półprzewodnika, ale w praktyce nie tak łatwo ją zmierzyć. Wiele multimetrów daje możliwość pomiaru temperatury za pomocą małej termopary – przykład na **fotografii 1**. Co prawda pomiar jest obciążony błędem do kilku stopni, ale taki błąd byłby dopuszczalny w przypadku pomiaru temperatury złącza półprzewodnikowego.

Dziś nawet w zasięgu amatorów są też kamery termowizyjne, które mierzą temperaturę z zadziwiająco dużą rozdzielczością i dość dobrą dokładnością. Przykład na **fotografii 2**.

Dość łatwo i na kilka sposobów można zmierzyć temperaturę obudowy oraz temperaturę radiatora.

Tak, ale ani termopara, ani kamera termowizyjna nie mogą zmierzyć temperatury półprzewodnikowego złącza, a jedynie temperaturę obudowy czy radiatora. Nie dają one wiarygodnej informacji o temperaturze wewnętrznej struktury, która, najprościej biorąc, zależy od rezystancji termicznej między tą strukturą a obudową i radiatorem. W grę wchodzi tu rezystancje termiczne oznaczane R_{thjc} (między złączem a obudową), R_{thcr} (między obudową i radiatorem) oraz R_{thra} (między radiatorem i otoczeniem).

A tak na marginesie – znając temperaturę złącza, temperaturę obudowy i radiatora, można określić bardzo ważne w praktyce rezystancje termiczne, np. rezystancje radiatorów. Problem w tym, że **czym lepszy, skuteczniejszy radiator współpracuje z elementem dużej mocy, tym większa jest różnica między temperaturą złącza a temperaturą obudowy**.



Fotografia 1



Fotografia 2

Różnica ta może wynosić kilkadziesiąt stopni, a w przypadku bardzo dobrych radiatorów – nawet stu stopni. Temperatura obudowy jest zbliżona do temperatury złącza tylko w elementach dużej mocy pracujących bez radiatora. Dlatego w większości realnych przypadków pracy z dobrym radiatorem, pomiar temperatury obudowy niewiele mówi o temperaturze struktury pracującego półprzewodnika.

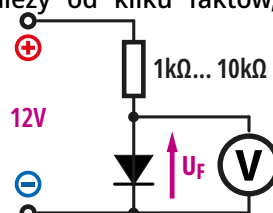
Jeszcze raz podkreślam, że **gdy półprzewodnikowy element dużej mocy nie ma żadnego radiatora, a jeszcze lepiej, gdy jest termicznie izolowany od otoczenia, wtedy temperatura obudowy jest praktycznie taka sama, jak temperatura złącza**. Ten fakt można wykorzystać do kalibracji danego egzemplarza mierzonego elementu.

Podstawowe zadanie

My na początek pomijamy niełatwe zagadnienia dotyczące rezystancji termicznych i w jakiś sposób **chcemy bezpośrednio zmierzyć temperaturę półprzewodnikowej struktury – złącza**. Możemy wykorzystać prosty fakt: **napięcie przewodzenia złącza półprzewodnikowego (diody) zmniejsza się ze wzrostem temperatury**. Pomiar można więc zrealizować bardzo łatwo, mierząc napięcie przewodzenia złącza p-n (diody). W najprostszym przypadku wystarczy do tego jakiegokolwiek zasilacz 12-woltowy (może być nawet 5-woltowy), jakiegokolwiek multimetr i rezystor o wartości mniej więcej z zakresu 1...10 kΩ, według **rysunku 3**.

Teoria mówi, że napięcie przewodzenia U_F krzemowego złącza (diody) zmniejsza się liniowo, przy czym mnóstwo osób jest przekonanych, że zmienia się ze współczynnikiem równym dokładnie –2 miliwoltu na stopień Celsjusza.

W zasadzie tak, jednak niestety, nie jest to aż takie łatwe, bo współczynnik cieplny złącza krzemowego tylko w przybliżeniu wynosi 2 miliwoltu na stopień. Dokładna wartość współczynnika cieplnego zależy od kilku faktów, w tym od wartości prądu i od powierzchni złącza, a ponadto występuje też znaczny rozrzut między egzemplarzami.



Rysunek 3

Warto też wiedzieć o innym, pokrewnym sposobie pomiaru temperatury złącza półprzewodnikowego. Też wykorzystujemy zmiany napięcia przewodzenia, ale interesuje nas nie tyle sama wartość napięcia przewodzenia, co różnica napięć przewodzenia przy różnych wartościach prądu przewodzenia.

Otóż współczynnik cieplny napięcia przewodzenia wynosi mniej więcej dwa miliwolt na stopień Celsjusza. Nie jest stały, jego wartość zależy między innymi od wartości prądu. Zwiększa się ze wzrostem prądu przewodzenia. Drugi sposób pomiaru polega na tym, że mierzymy napięcie przewodzenia przy jakimś prądzie I_p oraz przy prądzie, dajmy na to dziesięciokrotnie większym $10I_p$, na przykład według **rysunku 4**. Obliczamy różnicę tych napięć – jest ona wprost proporcjonalna do temperatury złącza. Współczynnik cieplny tak obliczonych zmian termicznych jest dodatni, mały, rzędu mikrowoltów na stopień Celsjusza. Wadą jest też nieco większe skomplikowanie pomiaru. Zaletą jest fakt, że występuje tu większa powtarzalność, mniejszy rozrzut między egzemplarzami, dlatego ten trudniejszy sposób jest wykorzystywany między innymi do pomiaru temperatury pracujących mikroprocesorów.

Każdy z tych dwóch sposobów określania temperatury półprzewodnika przez pomiar napięcia lub różnic napięcia przewodzenia jest jak najbardziej użyteczny, tylko trzeba wstępnie zmierzyć, skalibrować – uwaga – konkretny egzemplarz mierzonego elementu (diody, złącza w tranzystorze).

Wstępna kalibracja badanego elementu

Kalibracja konkretnego egzemplarza – elementu polega na zbadaniu zależności jego napięcia przewodzenia od temperatury złącza i wyznaczeniu stosownej charakterystyki, w praktyce nie będzie to linia prosta, tylko linia „lekko krzywa”. Musimy sprawdzić, jakie jest napięcie przewodzenia danego złącza w znanych temperaturach. Nie jest to wcale trudne.

Można w jakikolwiek sposób „zewnątrzny” podgrzewać (lub chłodzić) element pomału, czyli tak, żeby temperatura obudowy była równa temperaturze wewnętrznej półprzewodnikowej struktury.

Podkreślam – podczas takiej kalibracji element (bez radiatora) trzeba podgrzewać pomału, raczej „z zewnątrz”, żeby temperatury obudowy i półprzewodnika były takie same, a potem mierzyć

temperaturę obudowy jakimś termometrem lub termoparą oraz zmierzyć napięcie przewodzenia złącza przy jakimś określonym, małym „prądzie pomiarowym”, rzędu 1...10 mA.

Wystarczy kalibracja w kilku temperaturach, minimum w trzech – na podstawie trzech punktów (np. +25°C, +100°C, +150°C) można narysować wystarczająco dokładną krzywą – indywidualną charakterystykę danego elementu. I to jest niezbędne przygotowanie do właściwych pomiarów.

Właściwy pomiar temperatury podczas pracy

Potem element należy zamontować na docelowym radiatorze, przepuścić przezeń określony znaczny prąd, żeby wydzielić w nim ustaloną przez nas moc strat. Można do tego wykorzystać zasilacz laboratoryjny, według **rysunku 5**, ustawiając potrzebną wartość prądu, żeby moc strat była taka, jak chcemy. Niektóre zasilacze, np. nowe „korady” KA3005DS, KA3005PS, oprócz napięcia i prądu, od razu wyświetlają też dostarczaną moc.

Ten prąd grzania będzie dużo większy od „prądu pomiarowego”, więc aby zmierzyć temperaturę, trzeba na

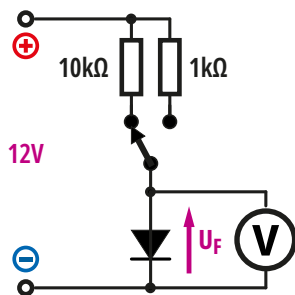
czas pomiaru zmniejszyć prąd do wartości takiej, jaka była wykorzystana przy kalibracji (**rysunek 3**) i dopiero wtedy zmierzyć napięcie przewodzenia.

Właściwy pomiar w warunkach roboczych może być przeprowadzony jednorazowo. Wtedy, po nagraniu przez dłuższy czas elementu, wyłączamy grzanie (według **rysunku 5**), przepuszczamy przez złącze „prąd pomiarowy” (według **rysunku 3**), szybko mierzymy napięcie przewodzenia i na podstawie krzywej z wcześniejszej kalibracji określamy temperaturę.

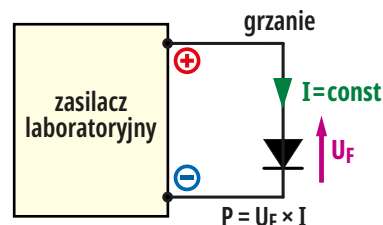
Takie jednorazowe pomiary po nagraniu nie są trudne do realizacji. I tak dużo więcej czasu zajmie wcześniejsza, niezbędna kalibracja badanego elementu.

Pomiary jednorazowe czy bieżące?

Zdecydowanie lepsze byłyby pomiary bieżące, podczas grzania elementu. A właściwie pomiary w „krótkich chwilach” przerw. Można tak „w przerwach” mierzyć temperaturę dzięki bezwładności cieplnej elementu. Przykładowo przez 99% czasu element powinien być grzany według **rysunku 5**, a przez 1% czasu należy w „krótkich chwilach” zmniejszyć prąd i zmierzyć napięcie przewodzenia według **rysunku 3** lub **4**.



Rysunek 4



Rysunek 5

Te „krótkie chwile”, gdy płynie mały „prąd pomiarowy” powinny trwać co najwyżej 1% czasu. I raczej rzeczywiście powinny to być „krótkie chwile”, więc wynik pomiaru trzeba jakoś zapamiętać. A to komplikuje zadanie.

Podkreślam, że zawsze i tak niezbędna jest wstępna kalibracja. Pomiary „jednorazowe” można przeprowadzić w prosty sposób. I zachęcam do tego rodzaju testów.

Bardzo proszę o nadsyłanie rozwiązań tego zadania konkursowego, mających formę relacji z takich prostych pomiarów „jednorazowych”!

Niech to zadanie konkursowe będzie też zachętą do zainteresowania się tematem dokładnych pomiarów temperatury struktur półprzewodnikowych podczas pracy! Zadanie nie jest trudne, a otwiera drogę do wielu innych pokrewnych eksperymentów. Naprawdę warto się do tego „dotknąć”!

Bardziej zaawansowanych zachęcam do przysłania innego rozwiązania tego zadania konkursowego.

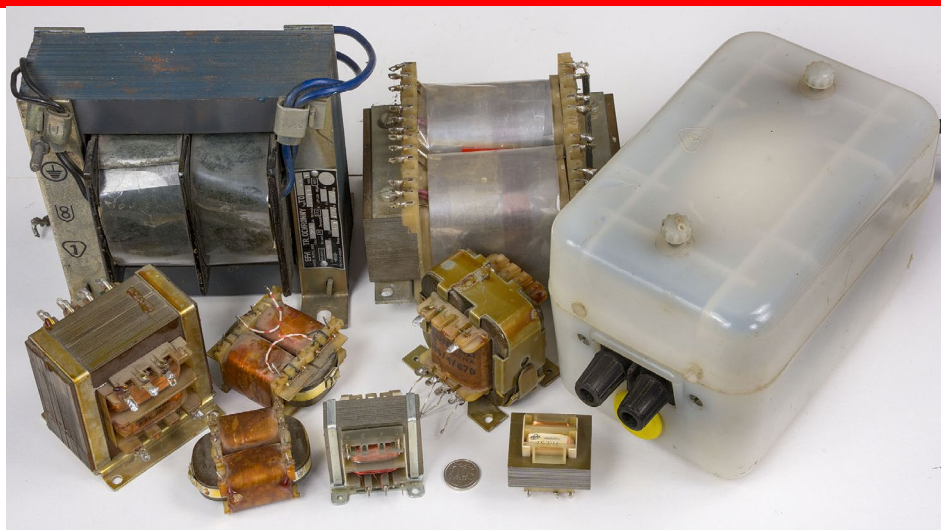
Zachęcam do przemyślenia kwestii pomiarów „bieżących” i zaproponowania odpowiedniej przystawki. Ponieważ trzeba wtedy mierzyć w „krótkich chwilach” przerw, przystawka musi zawierać jakiś generator oraz obwody przełączania i jakieś obwody pamięci wyniku. Możliwości są różne. Dziś dostępne są najrozmaitsze klucze półprzewodnikowe. Można wykorzystać mikroprocesor.

Ale może warto rozważyć zastosowanie przekąznika lub przekązników? I analogowej pamięci na kondensatorze...

Podstawowe zadanie to pomiar diod i diod LED. Ale dla wielu z nas jeszcze ważniejsze byłyby pomiary temperatury złącza pracujących tranzystorów: bipolarnych i MOSFET-ów. To nieco komplikuje zadanie, ale warto o tym pomyśleć, bo to są ogromnie ważne kwestie dotyczące naszej praktyki.

Zachęcam więc do udziału w tym bardzo praktycznym zadaniu! ©

Piotr Górecki



Wspólnie projektujemy: Wykorzystanie transformatora

Zaproponowałem, żeby w cyklu „Wspólnie projektujemy” zająć się tematem klasycznych transformatorów sieciowych. Wprawdzie we współczesnym sprzęcie już ich prawie nie ma, ale nie dlatego, że są złe, tylko dlatego, że są kosztowne z uwagi na ceny miedzi, a także dlatego, że są dużo cięższe od impulsowych.

Temat zadania YK034 brzmiał następująco: **Zaproponuj do czego można dziś wykorzystać (stary) klasyczny transformator?**

Pomysł zadania zrodził się po jednej z moich niedawnych rozmów. Otóż ktoś równie niemłody jak ja, stwierdził, że od wielu lat ma w piwnicy transformator sieciowy, nawinięty kiedyś z myślą o wykorzystaniu w roli prostownika. Po analizie okazało się, że pomysł byłby znakomity 30 lat temu, ale nie dzisiaj. Dziś do ładowania wykorzystujemy inteligentne ładowarki impulsowe, a nie prymitywne prostowniki.

Tak, ale wcale nie znaczy to, że zasilacze impulsowe wyparły całkowicie klasyczne transformatory. Dla elektronika praktyka klasyczne transformatory sieciowe z kilku względów nadal są elementami bardzo interesującymi.

Na pewno w jakimś stopniu w grę wchodzi sentyment. Jednak obiektywna zaleta to brak zakłóceń związanych z wszelkimi transformatorami i przetwornicami impulsowymi. Klasyczne transformatory nadal są idealne do niektórych zastosowań. Czasem podstawową zaletą jest to, że elektronicy mają w zapasach liczne transformatory i ich wykorzystanie okazuje się optymalne

Rozwiązanie zadania konkursowego YK034

Zadanie konkursowe polegało na zaproponowaniu zastosowania klasycznego transformatora. Możliwości jest wiele i można by je szczegółowo omawiać, ale najlepiej przemawiają gotowe przykłady. To, że transformator jest klasyczny, nie oznacza, że jest przestarzały. Dobre zasilacze liniowe oparte są na transformatorach, a dzisiejsze rozwiązania oparte na przetwornicach mają istotny mankament — generują duże zakłócenia, które trudno wyeliminować.

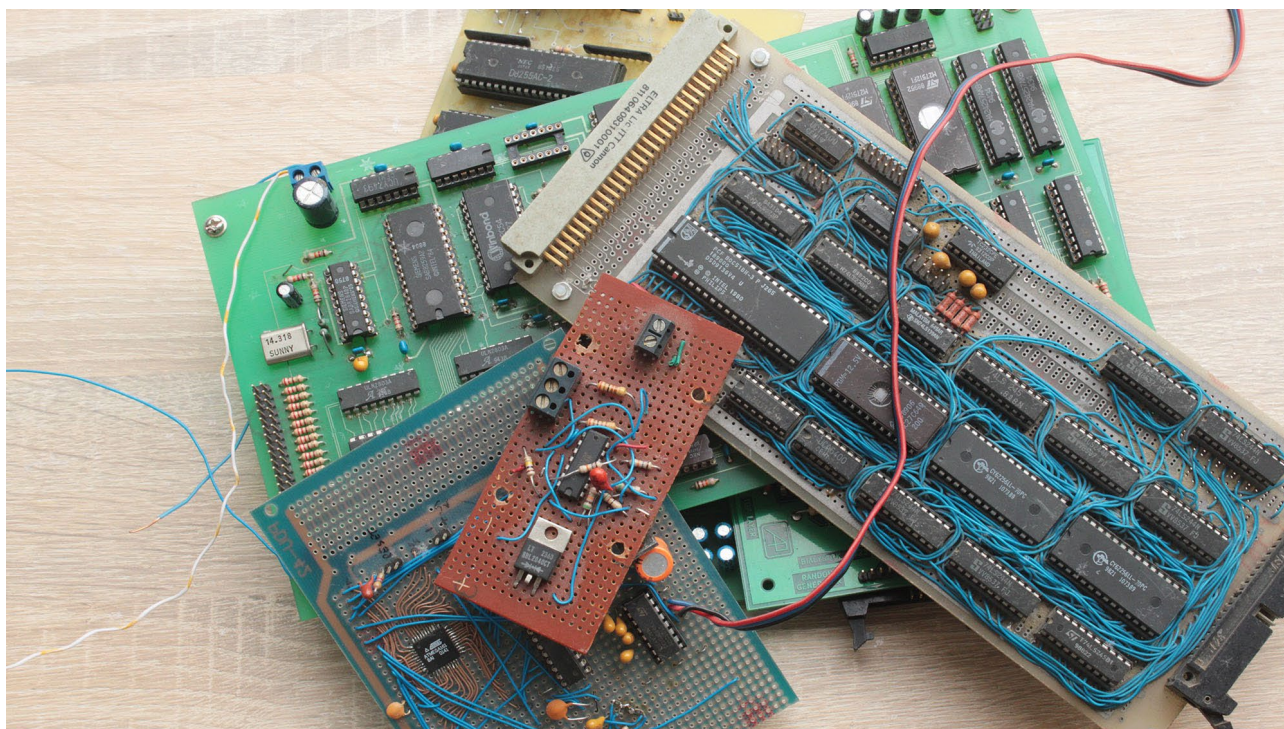
Od dawna planowałem wykorzystanie transformatorów ze swoich zbiorów, szczególnie dużego transformatora toroidalnego DTW S1200/9 (ok. 1200 VA) pochodzącego z demontażu. Transformator ten ma kilka uzwojeń, różniących się napięciami i maksymalnymi prądami, co przekłada się na różną obciążalność. Model DTW S1200/9 oferuje następujące konfiguracje napięć wyjściowych:

- 2 × 34 V AC (symetryczne), po ok. 10 A na każdą sekcję. Sekcje można połączyć szeregowo jako 1 × 68 V AC.

Uzwojenia pomocnicze:

- 32 V AC (5 A, do niższych obciążeń)
- 19 V AC (2 A, do układów pomocniczych)

**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.
W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**



Wspólnie projektujemy: Montaż prototypów

Kwestia budowy prototypów to wręcz niewyczerpany temat. Tę tematykę można rozpatrywać w dwóch kategoriach: badawczo-rozwojowych oraz „budowlanych”.

„Druciany” prototyp czy fabryczne PCB
Własne PCB

Współczesne wymagania

Prawdą jest, że wiedza postrzegana jedynie w kategoriach „teoretycznych” nie ma żadnego zastosowania i właściwie niczemu nie służy. Można stworzyć „na papierze” dowolną konstrukcję, jednak zawsze pozostaje pytanie, czy będzie to działać zgodnie z naszym zamysłem. Istnieje tylko jedna droga, która jest w stanie to zweryfikować: należy zbudować prototyp. Tu pojawia się dosyć istotny problem technologiczny: jak to zrobić? Większość moich zainteresowań skupia się wokół układów cyfrowych oraz mikroprocesorowych. Te mają taką specyfikę, że pomimo koncepcyjnej prostoty są często dosyć rozbudowane, gdyż występuje wiele układów, które należy ze sobą połączyć.

„Druciany” prototyp czy fabryczne PCB

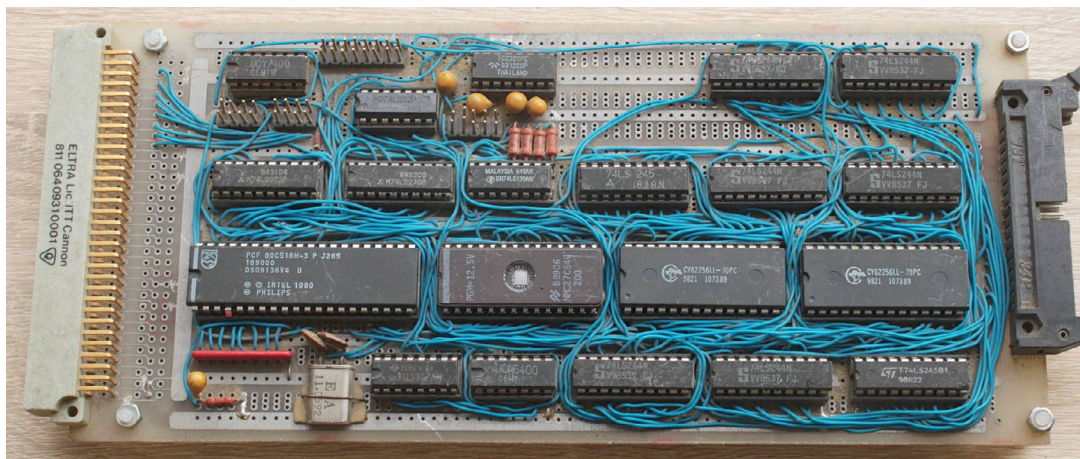
Budowę prototypów można widzieć z dwóch perspektyw: finalnego urządzenia lub jakiegoś jego

fragmentu. Przy tworzeniu konstrukcji zawsze występuje wiele niewiadomych. Ograniczając się do układów cyfrowych, takich szczegółów jest całe mnóstwo. Przykładowo biorąc pod uwagę klasyczne liczniki cyfrowe, realizują one przede wszystkim dwie operacje: wyzerowanie licznika oraz zliczanie impulsów. Wyzerowanie to kwestia podania na odpowiednie wejście stanu logicznego (są dwie możliwości: stan wysoki lub niski). Z kolei zliczanie odbywa się w wyniku wystąpienia zbocza sygnału (również są dwie możliwości: zbocze narastające lub opadające). Łatwo stworzyć układ, w którym nie działa licznik, bo przykładowo jest na stałe zerowany.

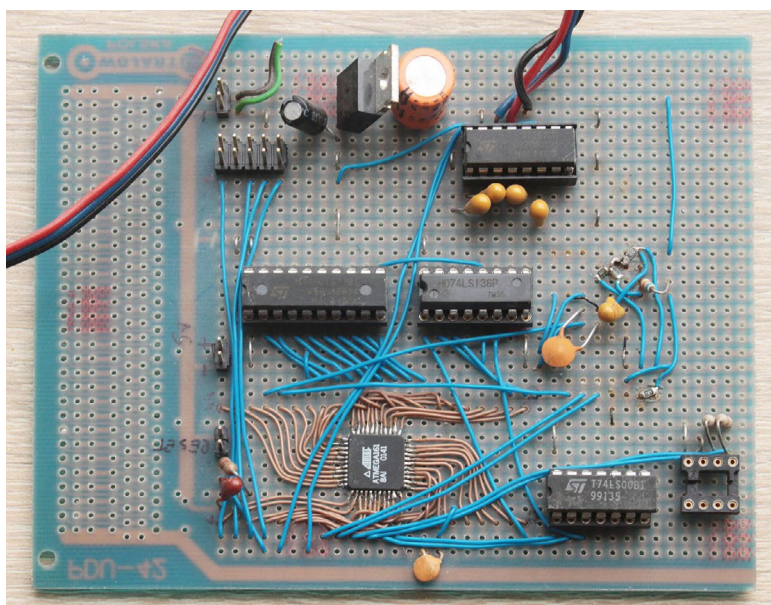
W takich przypadkach warto „przećwiczyć” odpowiednie fragmenty całości i przekonać się, że działają zgodnie z założeniami. To wymaga zbudowania realnego układu. Na przestrzeni kilkudziesięciu lat bardzo zmieniały się możliwości technologiczne.

Na początku mojej przygody z elektroniką operowałem elementami, które mają niewiele wyprowadzeń (najwięcej miał tranzystor). Ta cecha implikowała określone rozwiązania. Używałem płytek PCW, w których rozgrzanym gwoździem robiłem otwory (w latach 70. mieszkalem niedaleko budowanego bloku, gdzie takie płytki były standardowym wyposażeniem w mieszkaniach i wiele takich ścinków wałało się na budowie). Wkładałem tam elementy i łączyłem odizolowanym drucikiem po drugiej stronie (nawet nie była potrzebna lutownica, gdyż wyprowadzenia owijałem drucikiem). Później nadeszły czasy własnych płytek drukowanych, gdzie lakierem do paznokci malowane były ścieżki a całość trawiona w kwasie azotowym. W tej technologii uzyskanie nawet standardowego rastru wyprowadzeń (2,54 mm) jest problematyczne. Następny postęp technologiczny to pojawienie się uniwersalnych płytek prototypowych. **Fotografia 1** pokazuje realizację pewnego urządzenia z mikrokontrolerem, które na dnie szuflady zachowało się do obecnych czasów. Ta technologia jest pracochłonna i łatwo o pomyłkę, ale z drugiej strony ma bardzo pozytywną cechę, jaką jest możliwość modyfikacji i „naprawy” własnych błędów. Znaczącą jej wadą jest ograniczenie do układów w obudowach typu DIP. Pojawienie się układów w obudowach mało przyjaznych hobbystom, również odpowiednim wysiłkiem dawało się pokonać. **Fotografia 2** jest przykładem, że tego typu ograniczenia są do rozwiązania.

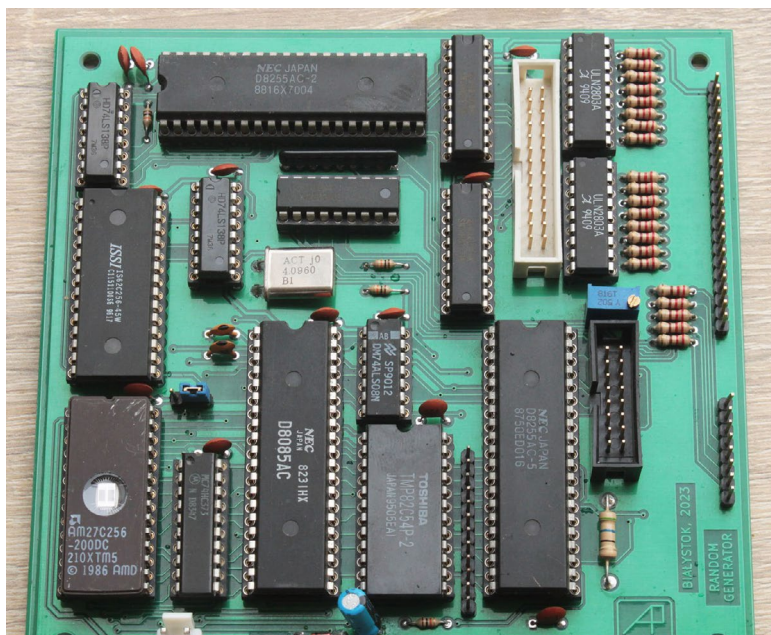
Współczesne układy stają się bardziej złożone, a to pociąga za sobą konieczność większej znajomości ich cech i warunków współdziałania z innymi komponentami. Nawet w obrębie układów cyfrowych, gdzie mogłoby się wydawać, że nie powinny wystąpić problemy, rzeczywistość przynosi niespodzianki. Tu za przykład może posłużyć urządzenie z wykorzystaniem mikroprocesora. Z punktu widzenia konstrukcyjnego nie wystąpił żaden problem (urządzenie jest w trakcie budowy i jak dotychczas nie objawił się żaden problem hardware'owy dotyczący połączeń między elementami – **fotografia 3**) z wyjątkiem jednego, związane-



Fotografia 1



Fotografia 2



**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.
W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**



Reanimacja zasilacza lampowego IZS-5/71

W artykule opisane są perypetie związane z naprawą kupionego okazjnie, starego, ale bardzo solidnego polskiego zasilacza, dającego napięcie w zakresie 0,1 V...500 V i prąd do 1 ampera, wyprodukowanego mniej więcej 50 lat temu. Zasilacza, którego główny regulator tworzy sześć lamp elektronowych.

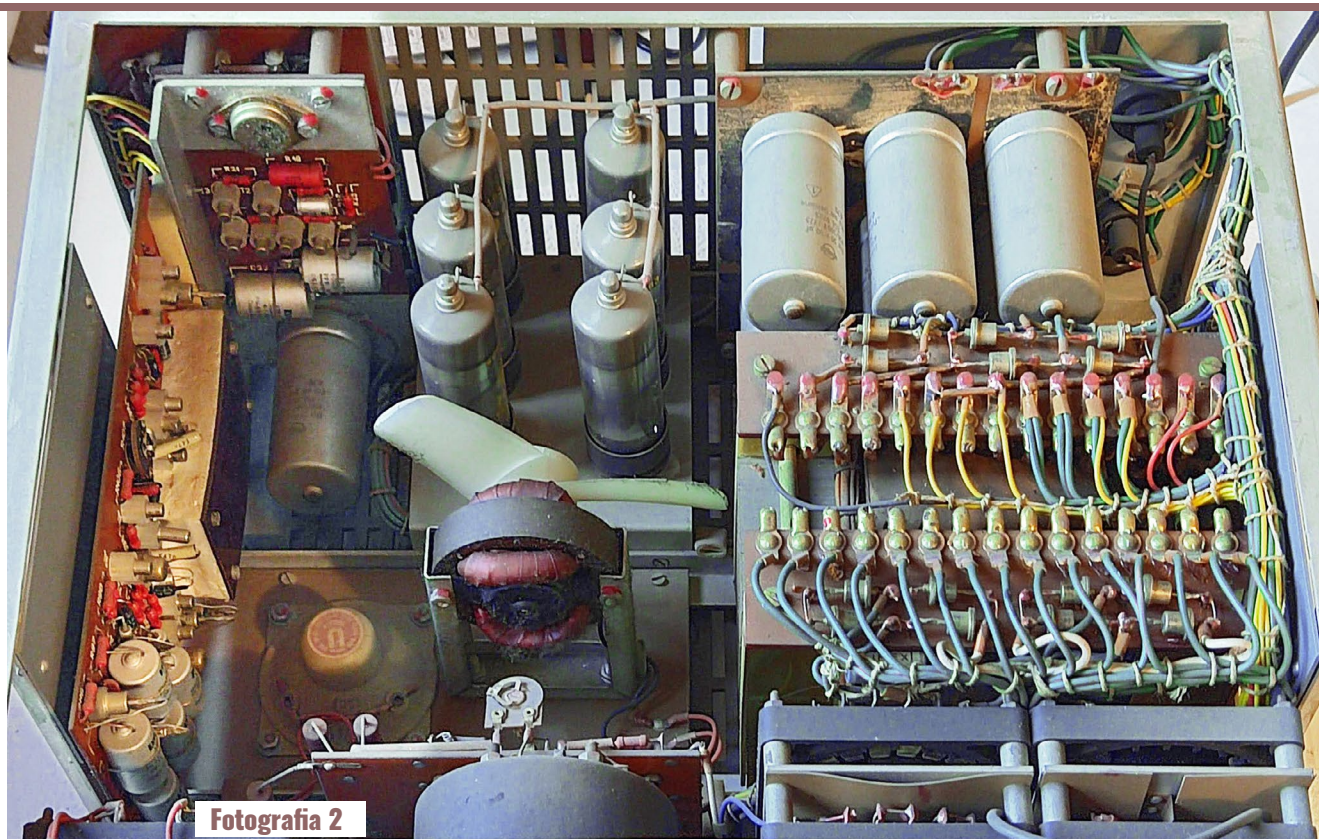
Jak pisałem wcześniej, za pośrednictwem jednego z portali aukcyjnych drogą kupna nabyłem stary zasilacz IZS-5/71, pokazany na fotografii tytułowej. Jest bardzo atrakcyjny m.in. dlatego, że napięcie wyjściowe można skokowo regulować co 0,1 V w zakresie 0,1...500,0 V. Zasilacz ma wbudowany prymitywny ogranicznik prądu (10 mA, 100 mA, 1 A). Konstrukcja z początku lat 70. zawiera dostępne wtedy w kraju elementy. Wtedy nie było tranzystorów, które mogłyby wytrzymać napięcie ponad 500 woltów i prąd 1 ampera. Dlatego głównym regulatorem jest sześć połączonych równolegle lamp – pentod EL36.



Fotografia 1

Nabyłem go z nadzieją, ale i z niepewnością. Wstępne oględziny wskazały, że prawdopodobnie nie był otwierany od nowości, bo na boku była oryginalna plomba – **fotografia 1**. To była i dobra, i zła wiadomość. Dobra, że nikt w nim „nie grzebał”, a zła, że od nowości pracują tam te same lampy, które być może są mocno zużyte. A zakup sześciu lamp PL36 byłby wydatkiem dużo większym niż nabycie zasilacza.

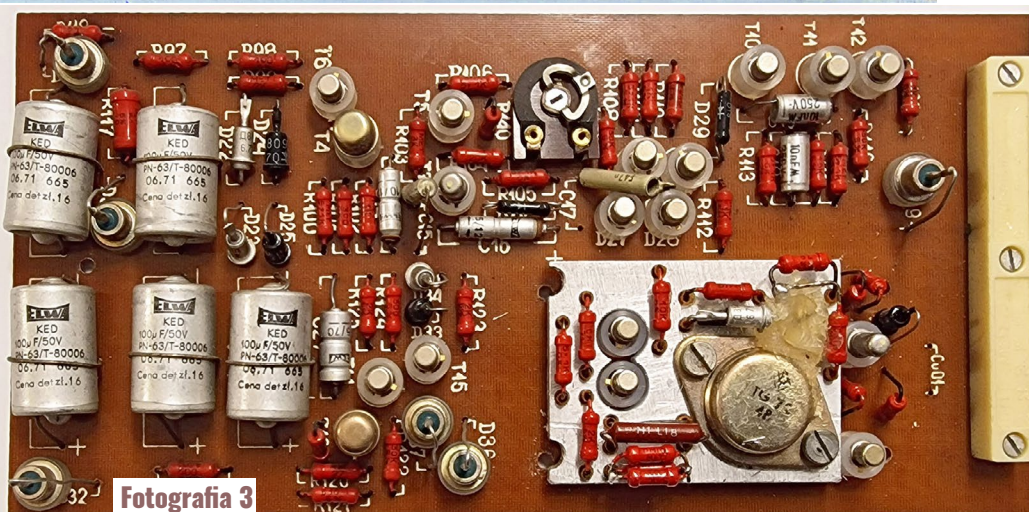
Po pierwszym włączeniu zasilacz zadziałał, a przełączniki regulowały napięcie wyjściowe. To był dobry znak na początek.



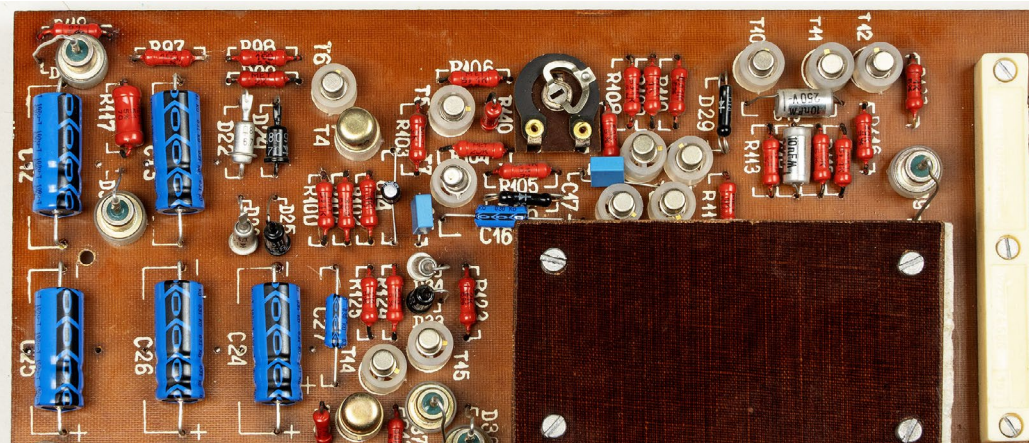
Fotografia 2

Do remontu i testów zgłosili się Leszek i Arek. Wspólnie podziwialiśmy przedstawiony na **fotografii 2** widok, jaki ukazał się po otwarciu obudowy. Imponuje potężny transformator, a niepokój budzą lampy oraz wszystkie „elektrolity”, które mają około pół wieku.

Generalną zasadą jest, że w tak starych układach przede wszystkim trzeba sprawdzić właśnie wszystkie kondensatory elektrolityczne. Wiadomo, że stare „elektrolity” potrafią wysychać, co może zmniejszyć ich pojemność niemal do zera. Pozytywnym zaskoczeniem było to, że wszystkie największe „elektrolity” produkcji niemieckiej (DDR) mają pojemność bardzo bliską nominalnej. Tych mniejszych, widocznych na płycie drukowanej z lewej strony oraz na **fotografii 3**, nie sprawdzaliśmy, bo Leszek zaoferował się, że weźmie płytkę do domu, że



Fotografia 3



**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.
W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**



Fascynujące przemiany energii: Nietypowa fotowoltaika (1)

Poniższy artykuł także jest częścią nietypowej instrukcji obsługi do zestawu *Fascynujące przemiany energii*, dostępnego w sklepie Botland, służącego do przeprowadzenia mnóstwa interesujących eksperymentów. Zaczynamy badać przemiany energii świetlnej na elektryczną (i na odwrót).

Fotoelementy krzemowe

Ogniwa fotoelektryczne z innych materiałów

Diody LED jako ogniwa fotowoltaiczne

Co się może nie udać?

Główne cele ćwiczeń

Ten artykuł jest rozszerzeniem i uzupełnieniem mojego filmu B103, dotyczącego przemian energii świetlnej. Ściśle biorąc, energia świetlna to energia fal elektromagnetycznych, czyli okresowych zmian, drgań specyficznie połączonych pól elektrycznego i magnetycznego (czykolwiek te pola są).

W zasadzie dla elektroników najbardziej istotne jest promieniowanie elektromagnetyczne (EM) radiowe i mikrofalowe, czyli fale elektromagnetyczne o częstotliwościach rzędu megaherców, najwyżej gigaherców. Jednak na razie będziemy się zajmować promieniowaniem świetlnym – głównie światłem widzialnym, a to są fale elektromagnetyczne (EM) o częstotliwościach rzędu setek teraherców, czyli setek tysięcy gigaherców. Pomijamy różne groźne

rodzaje promieniowania jak promieniowanie rentgenowskie i promieniowanie gamma, które też są falami EM, tylko o jeszcze większych częstotliwościach. W prezentowanych przeze mnie eksperymentach wykorzystuję światło widzialne, ale „leciutko zahaczam” o ultrafiolet oraz o podczerwień, lecz na razie nie o mikrofały ani o fale radiowe. Badamy różne przemiany energii i najłatwiej je badać na przykładzie widzialnego promieniowania świetlnego.

Wracamy do prostych konkretnych: światło słoneczne niesie duże ilości energii, czego doświadczamy latem na plaży i nie tylko tam. Zdecydowana większość energii światła słonecznego zamienia się na ciepło, ale potrafimy część tej energii zamienić na energię elektryczną za pomocą paneli fotowoltaicznych.

Jesteśmy przyzwyczajeni, że wokół nas są montowane instalacje zawierające charakterystyczne, duże panele fotowoltaiczne, takie jak widać na **fotografii 1**. Mają one specyficzne właściwości i dla większości z nas okazują się elementami tajemniczymi. W następnych filmach i artykułach zajmiemy się klasycznymi panelami fotowoltaicznymi, może nie aż tak dużymi, ale na razie poznajmy bardzo interesujące podstawy.

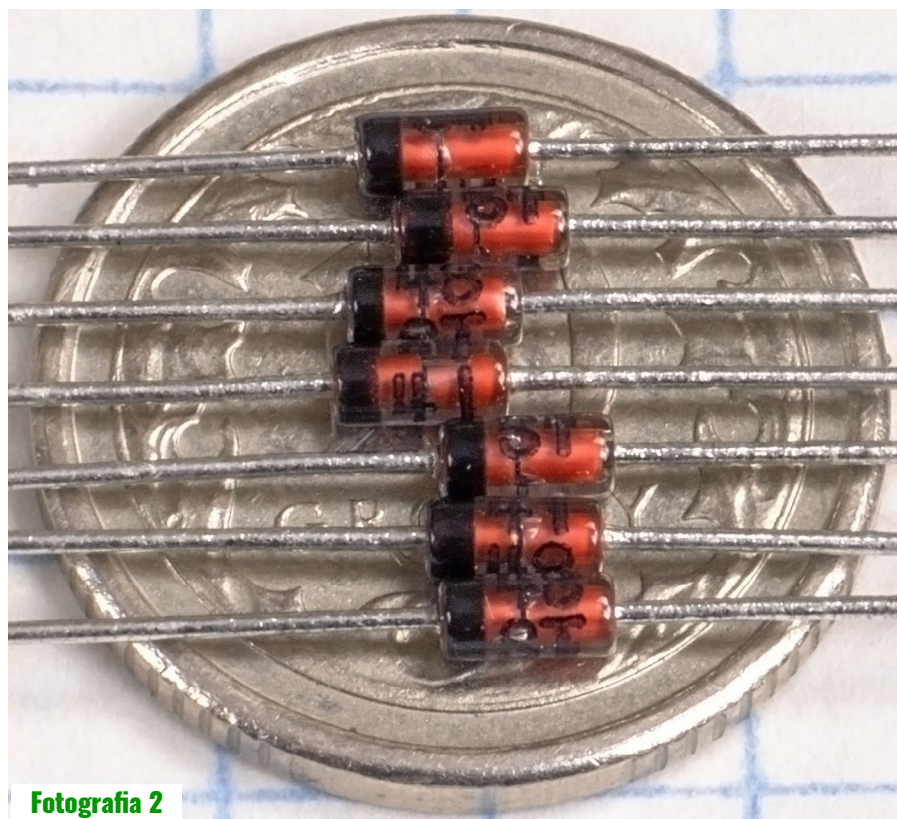
Niewątpliwie panel fotoelektryczny, fotowoltaiczny, w skrócie często oznaczany PV (photovoltaic) zamienia energię światła słonecznego na energię elektryczną w jakimś tempie (z jakąś mocą), określonym przez napięcie i prąd. Zwykle nie zastanawiamy się nad szczegółami jego pracy, bo to nie dziwi!

Natomiast dla wielu osób zaskoczeniem jest fakt, że funkcję niedoskonałych paneli, a raczej ogniw fotowoltaicznych, mogą pełnić diody prostownicze, a także tranzystory. W filmie pokazałem, że silnie oświetlona, najpopularniejsza na świecie mała krzemowa dioda prostownicza 1N4148 (**fotografia 2**) wytwarza napięcie rzędu kilkudziesięciu miliwoltów. Trudno byłoby zmierzyć znikomo mały prąd i moc, ale faktem jest, że jest to też panel fotowoltaiczny, co prawda śmiesznie słaby, ale jednak zamieniający energię światła na energię elektryczną.

Z taką przemianą energii lepiej radzą sobie inne elementy. Nieprzypadkowo poświęciłem sporo czasu i wysiłku, żeby „rozpruć” obudowy kilku tranzystorów. Na **fotografii 3** widać kilka krajowych starych tranzystorów w metalowych obudowach. Wnętrze jednego z nich pokazuje dokładniej **fotografia 4**. Tutaj światło dociera do krzemowej struktury dużo lepiej, niż w przypadku diody 1N4148, dlatego taki tranzystor, a właściwie jedno z jego złączy, czyli jedna dioda, okazuje się lepszym ogniwem – panelem PV.



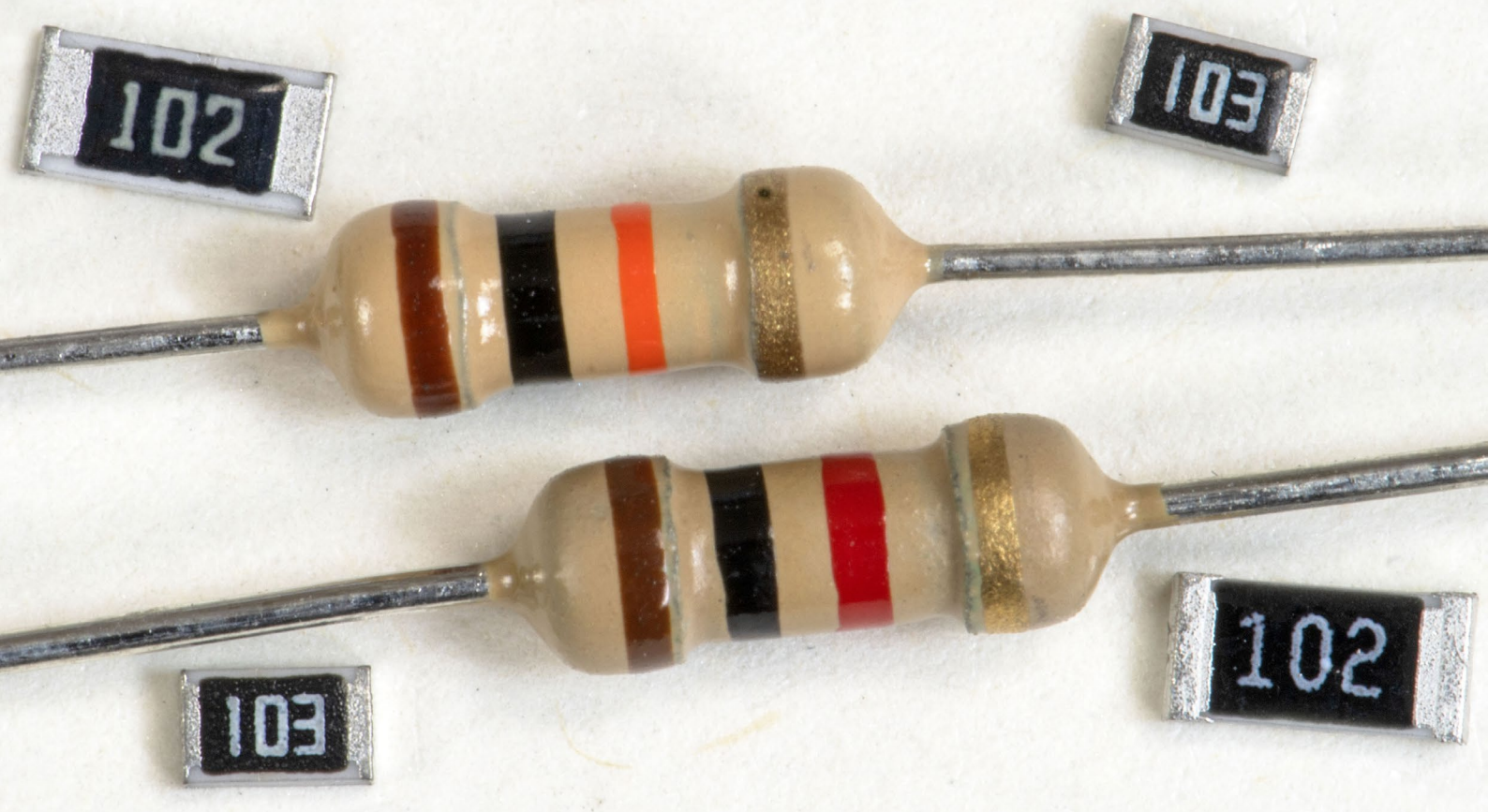
Fotografia 1



Fotografia 2



**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.
W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**



Rezystor – element przeklęty, ale nadal niezbędny

W poprzednich artykułach tej serii przedstawiłem elementarne informacje o fundamentach elektroniki od strony matematyczno-fizycznej. W tym artykule zaczynamy omawianie elementów elektronicznych, ale będziemy też wracać do fundamentalnych zależności i praw. Nieprzypadkowo zaczynamy od rezystora.

[Dlaczego rezystor jest przeklętym elementem?](#)

[Czy rezystor to najpopularniejszy element?](#)

[Połączenie szeregowe i równoległe rezystorów](#)

[Rezystorowe dzielniki napięcia](#)

[Czy istnieją dzielniki prądu?](#)

[Schemat zastępczy dzielnika napięcia](#)

[Rezystancja widziana od strony...](#)

W tym artykule uzasadnię, dlaczego rezystor to przeklęty element elektroniczny, którego należy unikać, o ile to tylko możliwe. Często jest to do zrobienia, ale niekiedy okazuje się praktycznie niemożliwe lub po prostu nieekonomiczne, dlatego niestety nadal musimy wykorzystywać te przeklęte elementy.

Fotografia tytułowa pokazuje przykładowe rezystory: dawne i współczesne. Każdy rezystor ma dwa podstawowe parametry: rezystancję oraz obciążalność (potocznie nazywaną mocą). Parametry rezystorów szerzej omówione są w artykule [E103](#), który zawiera najważniejsze wiadomości o parametrach rezystorów. A teraz omówię coś bardzo ważnego.

Dlaczego rezystor jest przeklętym elementem?

Energia jest najważniejsza i uzasadnienie, dlaczego rezystor jest przeklętym elementem elektronicznym ma ścisły związek z energią. Dlatego zacznę od podstawowego, oczywistego wzoru: $P = U \times I$. Jeżeli w jakimś obwodzie jednocześnie występuje napięcie U i płynie prąd I , to niewątpliwie mamy do czynienia z przesyłaniem lub przemianą energii w większym lub mniejszym tempie, które nazywamy mocą, oznaczamy literką P i wyrażamy w watach [W].

Jeżeli z baterii pobierany jest prąd, to magazynowana w niej energia chemiczna, przekształcona do postaci związanej z napięciem U i prądem I ,

jest „wysyłana na zewnątrz” – do jakiegoś obciążenia, którym może być na przykład rezystor lub dioda LED.

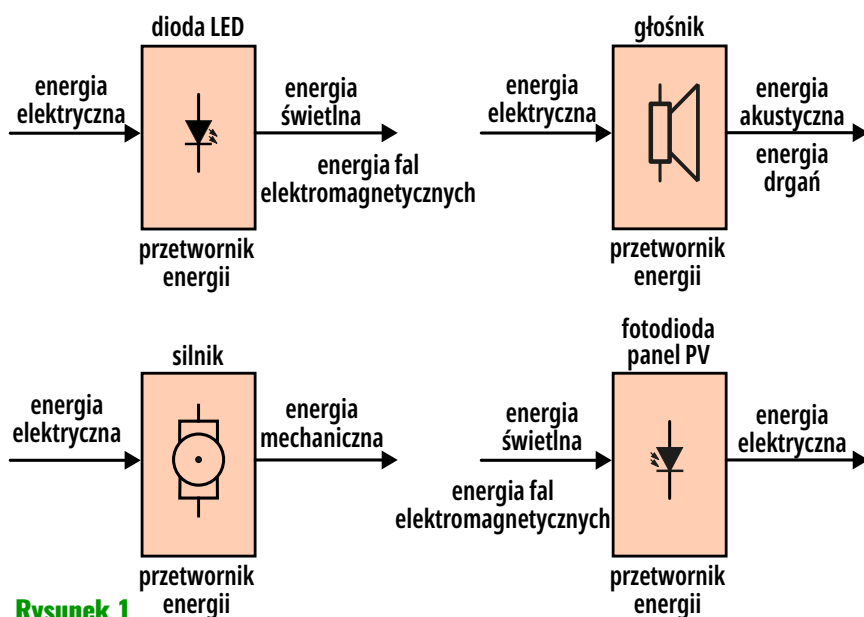
I jeżeli na tym obciążeniu, na diodzie LED lub rezystorze występuje jakieś napięcie U i płynie przez niego prąd I , to w tych elementach mamy do czynienia z przemianą formy energii. Element (obciążenie) zamienia doprowadzaną energię elektryczną (związaną z napięciem i prądem stałym) na inną formę energii.

I tu zbliżamy się do ogromnie ważnego punktu tego artykułu: **zadaniem diody LED jest zamiana energii elektrycznej „stałoprądowej” na energię świetlną czyli najprościej biorąc – na światło widzialne**, co w pewnym uproszczeniu pokazane jest na **rysunku 1**. Analogicznie **zadaniem głośnika czy brzęczyka jest zamiana energii elektrycznej na energię akustyczną**, najprościej mówiąc – na dźwięk. Tak samo **zadaniem silnika elektrycznego jest zamiana energii elektrycznej na energię (pracę) mechaniczną**.

To oczywiście, co jest celem tej zamiany. Na razie pomijamy fakt, że nie potrafimy takich przemian realizować w sposób idealny – tylko część energii elektrycznej pobieranej z baterii zostaje zamieniona na energię świetlną, akustyczną czy mechaniczną. Reszta (większość) nie tylko się marnuje, ale staje się niepożądanym odpadem, swego rodzaju śmieciami, a konkretnie – zamienia się na ciepło – na energię cieplną. Te zagadnienia omawiam stopniowo w oddzielnym cyklu „Fascynujące przemiany energii”. A teraz analizujemy działanie rezystora i pytamy o przemianę energii w rezystorze.

Najogólniej biorąc dioda LED, głośnik czy silnik zamieniają energię elektryczną na inny pożyteczny i potrzebny nam rodzaj energii. Niestety tylko częściowo, a niepożądanym efektem ubocznym jest zamiana energii elektrycznej na energię cieplną, którą można nazwać „najmniej szlachetną”. No cóż, niestety nie umiemy takich przemian energii przeprowadzać w sposób doskonały czy bliski doskonałości, a jedynie z ograniczoną sprawnością czy skutecznością. W uproszczeniu pokazuje to **rysunek 2**. Ale jednak otrzymujemy pożądaną formę energii. Inaczej jest z rezystorem.

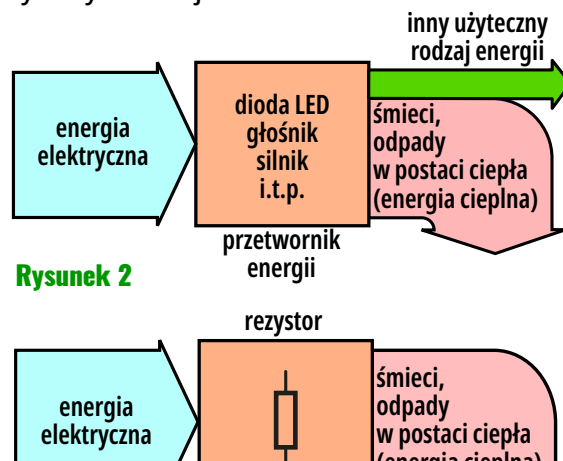
I teraz najważniejsze: **w przeciwieństwie do innych pożytecznych elementów, rezystor jest swego rodzaju pasożytem, który zamienia, a wręcz marnuje całą dostarczaną energię elektryczną na ciepło – na energię cieplną**. Na bezużyteczną, a wręcz szko-



Rysunek 1

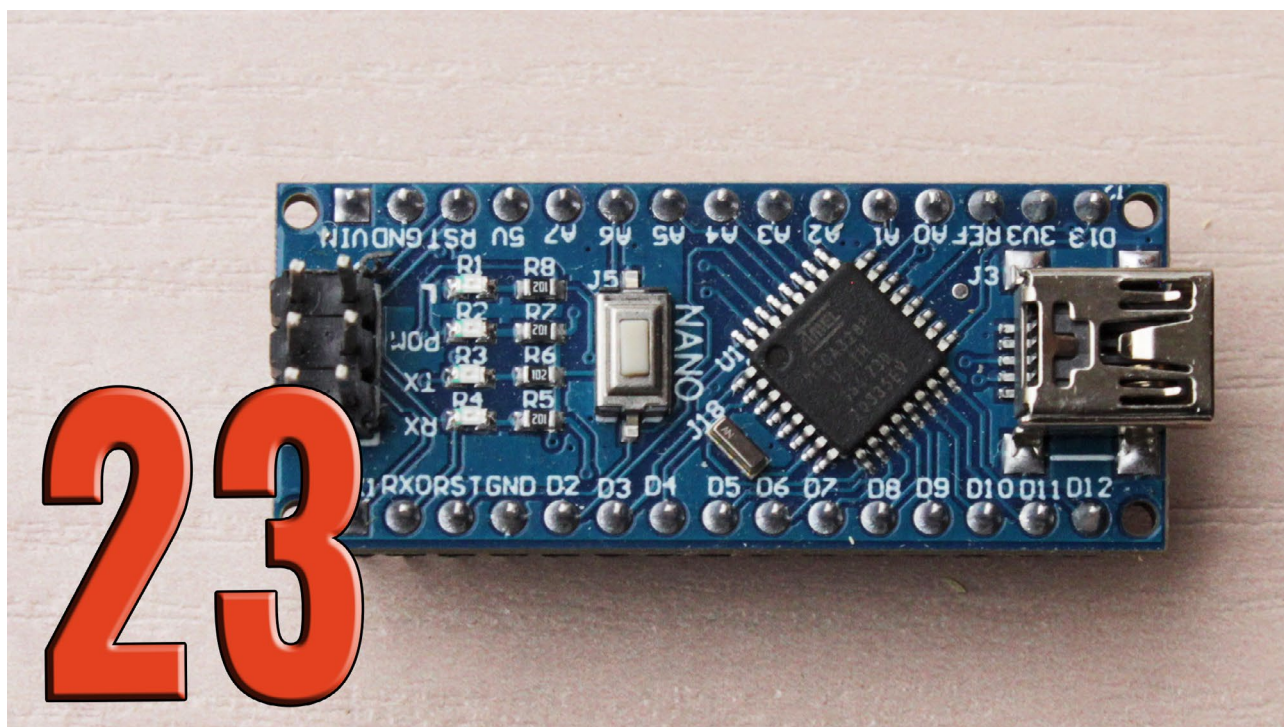
w elektronice energia cieplna (ciepło) jest przekleństwem. Ja w innych, trudniejszych artykułach i filmach omawiam rodzaje i przemiany różnych form energii. A tutaj przypominam w wielkim skrócie: **jeżeli w układzie elektronicznym wydziela się ciepło, energia cieplna, to następuje wzrost temperatury. A wysoka temperatura jest śmiertelnym wrogiem elementów i układów elektronicznych**. Właśnie wydzielanie ciepła jest przeszkodą w miniaturyzacji elementów elektronicznych, bo **wydzielane w układach ciepło trzeba rozproszyć do otoczenia, żeby nie dopuścić do nadmiernego wzrostu temperatury**. Urządzenia elektroniczne nie mogą być gorące po pierwsze z uwagi na możliwość poparzenia użytkownika, a po drugie z uwagi na ryzyko uszkodzenia.

Wydzielanie ciepła i wzrost temperatury to jeden aspekt poważnego problemu. **Drugi ważny aspekt to marnowanie cennej energii baterii i akumulatorów**. Dawniej mówiło się, że rezystor służy do ograniczania prądu w obwodzie. Często tak bywa – niestety. Przykładem jest taśma LED.



Rysunek 2

Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE. W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.



Mikroprocesorowa ośła łączka, część 23

Każdy system mikroprocesorowy wymaga komunikacji z użytkownikiem. Poza podstawowymi możliwościami, jakie daje wykorzystanie klawiatury oraz wyświetlaczy, duże znaczenie ma transmisja szeregową.

USART w ATMEGA328

Prędkość transmisji szeregowej

Obsługa przerw od USART

Zastosowanie bufora cyklicznego

Program maszyny do pisania

Realizacja fizyczna

Transmisja szeregową jest jednym z podstawowych „mediów” pozwalających na przesyłanie nawet sporych objętościowo, szeroko rozumianych danych w obu kierunkach: do mikrokontrolera oraz z mikrokontrolera. Obecnie produkowane układy standardowo są wyposażone w tego typu kontrolery a często zdarza się, że jest ich więcej niż jeden (zależy to od modelu mikrokontrolera). Na pokładzie *Arduino Nano* typowo wykorzystywany był ATMEGA328 (takie były pierwsze, obecnie montowane są ATMEGA328PB), który ma do dyspozycji jeden kontroler transmisji szeregowej, jak pokazuje **rysunek 1** (na następnej stronie). Tego typu podzespoły

często są identyfikowane skrótem UART (ang. Universal Asynchronous Receiver and Transmitter), czyli kontroler szeregowej transmisji asynchronicznej (nadający oraz odbierający dane) lub USART (ang. Universal Synchronous and Asynchronous Receiver and Transmitter) – kontroler szeregowej transmisji synchronicznej i asynchronicznej (również umożliwiający nadawanie oraz odbiór danych). Występuje tu pewna różnica między tymi dwoma rodzajami kontrolerów obsługi transmisji szeregowej (jako synchroniczna/asynchroniczna). W pierwszym przypadku przesyłanie danych jest zsynchronizowane dodatkowym sygnałem zegarowym i jest

stosowane głównie w systemach telekomunikacji do przesyłania większych bloków danych oraz budowania sieci (przykładowo protokoły wyższych warstw, jak SDLC czy HDLC bazujące na transmisji synchronicznej). W zastosowaniach amatorskich praktycznie nie jest używane (nie będziemy się tym zajmować). Wariant asynchroniczny to powszechnie stosowane rozwiązanie do przesyłania danych między systemami mikroprocesorowymi.

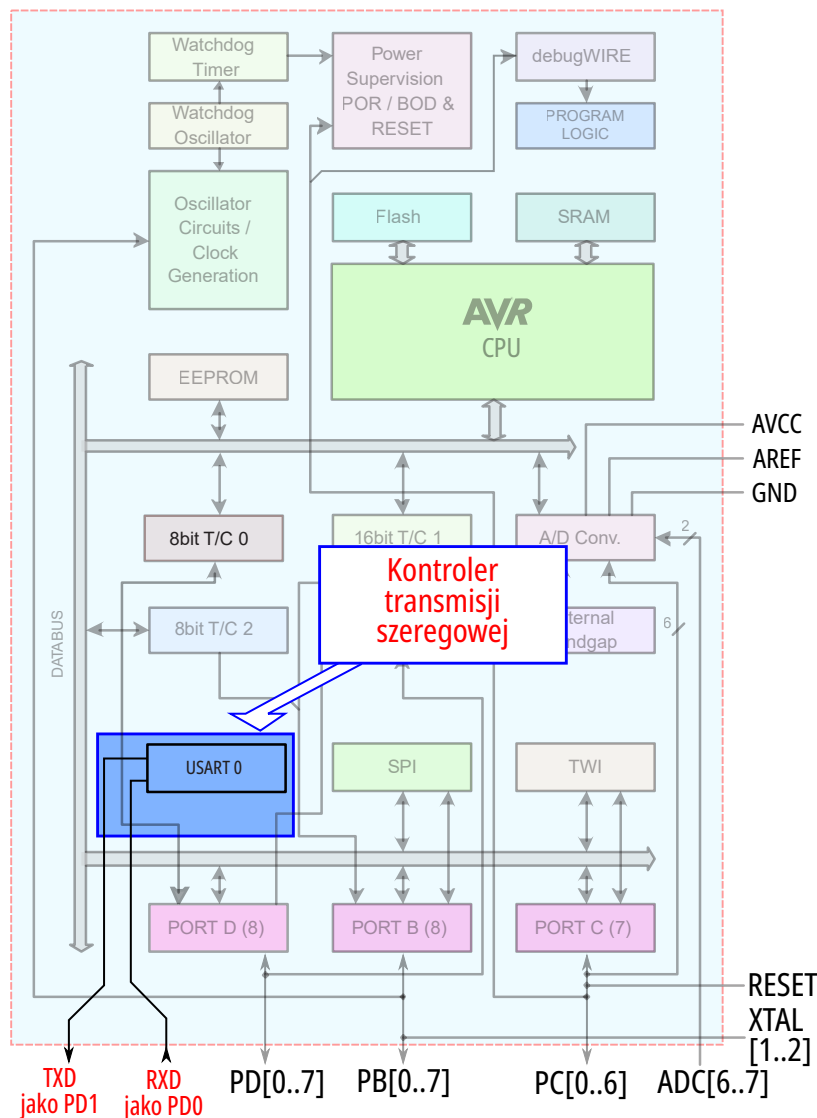
Z transmisją szeregową wiązą się dodatkowo dwa określenia: tryb transmisji oraz prędkość transmisji. Zadaniem układu USART, zawartego w mikrokontrolerze, jest zamiana danych równoległych (mikrokontroler wpisuje do odpowiednich rejestrów USART dane równoległe jako 8-bitów) na dane szeregowe, które są wysyłane jeden po drugim z kolejnych pozycji bitowych na odpowiednim pinie mikrokontrolera. Z tym wiąże się tempo wysyłania tych danych, określane jako prędkość transmisji szeregowej (w literaturze jest określane jako *baud rate*). Z kolei tryb transmisji definiuje takie informacje jak liczba transmitowanych bitów (nie zawsze musi to być po osiem bitów) oraz dodatkowe szczegóły związane z weryfikacją poprawności transmisji. Taką elementarną kontrolą jest dodawanie do każdego wysłanego bajtu danych bitu parzystości. Oczywiście można przysyłać dane bez bitów kontroli. Więcej informacji na ten temat jest w artykule *Mikroprocesory i mikrokontrolery – interfejs szeregowy RS232*, ZE 04/2024.

Naturalnym jest, by obie strony (nadająca oraz odbierająca dane) robiły to z tą samą prędkością oraz stosowały ten sam tryb transmisji. W prostych mikrokontrolerach najczęściej wykorzystywany jest tryb 8N1 (8 bitów danych, bez kontroli parzystości i z jednym bitem stopu) oraz prędkość 9600 bps (ang. bits per second – liczba bitów na sekundę). Prędkości transmisji są znormalizowane, a 9600 bps jest jedną z nich.

USART w ATMEGA328

Mikrokontroler ATMEGA328 zawiera w swojej strukturze jeden układ obsługi transmisji szere-

Mikrokontroler ATMEGA328



Rysunek 1

na tryb transmisji oraz definiujących jej prędkość. Najczęściej stosowanym trybem transmisji jest 8N1. Zapewne wynika to z tego, że pierwsze mikrokontrolery nie obsługiwały dodawania (przy nadawaniu) i weryfikacji (przy odbieraniu) bitów kontroli parzystości i te działania musiał realizować programista, umieszczając wyliczony bit parzystości (lub nieparzystości) w odpowiednich polach rejestrów przy nadawaniu. Te wszystkie szczegóły określa się ustawiając odpowiednie bity w rejestrach konfiguracyjnych mikrokontrolera AVR. Jego odpowiednie bity są ustawiane na początku programu. Tu można wykorzystać tę cechę mikrokontrolerów AVR, że po operacji zerowania (naciśnięciu przycisku reset lub akcji automatycznego resetu po włączeniu zasilania) bity są zerowane, więc wystarczy „zająć się” bitami, które mają być ustawione. Rejestry USART pozwala-

Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE. W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.



Elektroenergetyka – przesył i dystrybucja, część 2

Dziś zajmiemy się drugą częścią systemu przesyłu i dystrybucji energii elektrycznej – napięciem średnim i niskim. To właśnie ta część systemu jest tym, co widzimy na każdym osiedlu, każdej ulicy, przy każdym domu.

Konstrukcja linii niskiego i średniego napięcia
Słupy linii systemu dystrybucyjnego

Przewody
Izolacja

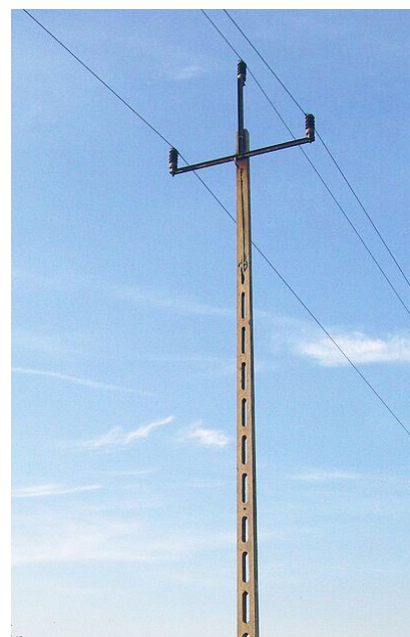
Konstrukcja linii niskiego i średniego napięcia

Linie średniego i niskiego napięcia to w większości linie napowietrzne (szczególnie na terenach wiejskich), zaś w miastach to praktycznie linie kablowe. Nowe odcinki linii, w miarę możliwości, szczególnie w terenie zabudowy mieszkaniowej, budowane są jako linie kablowe. Głównym uzasadnieniem jest brak uszkodzeń sieci elektroenergetycznej w wyniku zjawisk atmosferycznych, takich jak złamane drzewa i inne podobne.

Główną różnicą pomiędzy liniami SN i nN a liniami WN i NN jest brak przewodów odgromowych. Dodatkowo w liniach niskiego napięcia poza trzema

Słupy linii systemu dystrybucyjnego

W odróżnieniu od słupów linii WN i NN, słupy linii SN i nN to zazwyczaj konstrukcje betonowe – konstrukcje kratowe stosowane są wyjątkowo, zazwyczaj w przypadku konieczności wykorzystania słupa o znacznej wysokości. Słupy betonowe to tzw. żerdzie. Dawniej powszechnie stosowane były żerdzie typu



**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.
W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**



GNSS RTK, testy terenowe nawigacji

W poprzednim numerze ZE opisywałem moje zmagania związane z uruchomieniem bazującego na Raspberry Pi odbiornika GNSS RTK, czyli nawigacji o dokładności centymetrowej. Wyniki pierwszych prób okazały się na tyle obiecujące, że postanowiłem zweryfikować działanie tego urządzenia w terenie.

Źródło zasilania

Dostęp do sieci

Interfejs użytkownika

Obudowa

W poszukiwaniu precyzyjnych map

QGIS

Testy z mapami uzbrojenia terenu

Testy z podstawą geodezyjną

Podsumowanie

Choć nawigacja poprawnie działała na moim biurku, to przeprowadzenie kolejnych testów poza domem wymagało wprowadzenia pewnych zmian, aby instalacja stała się mobilna: należało zadbać o niezależne zasilanie, łącze internetowe oraz interfejs użytkownika. Poniżej pokrótce opiszę rozwiązania, na jakie się zdecydowałem.

Źródło zasilania

Ponieważ Raspberry Pi zasilane jest poprzez gniazdo USB, oczywistym rozwiązaniem jest użycie powerbanku. Zmierzony pobór prądu mojego Raspberry Pi 3 wraz z podłączonym odbiornikiem

GNSS i wyświetlaczem LCD wynosi około 0,8 A. Pozwala to oczekiwać, że powerbank o pojemności 20 000 mAh zapewni urządzeniu wiele godzin nieprzerwanej pracy.

Dostęp do sieci

W domu Raspberry Pi mogło korzystać z routera Wi-Fi, jednak w terenie należało zapewnić inne łącze internetowe. Zdecydowałem się na „hotspot osobisty”, który można dziś aktywować w niemal każdym smartfonie. W zasięgu sieci 5G szybkość transmisji okazała się w pełni wystarczająca do przesyłania poprawek RTK do modułu GNSS.

Wydaje się, że ze względu na niskie zapotrzebowanie na przepustowość danych, całość powinna działać również przy połączeniu LTE bądź 3G, jednak nie miałem jeszcze okazji sprawdzić tego w praktyce.

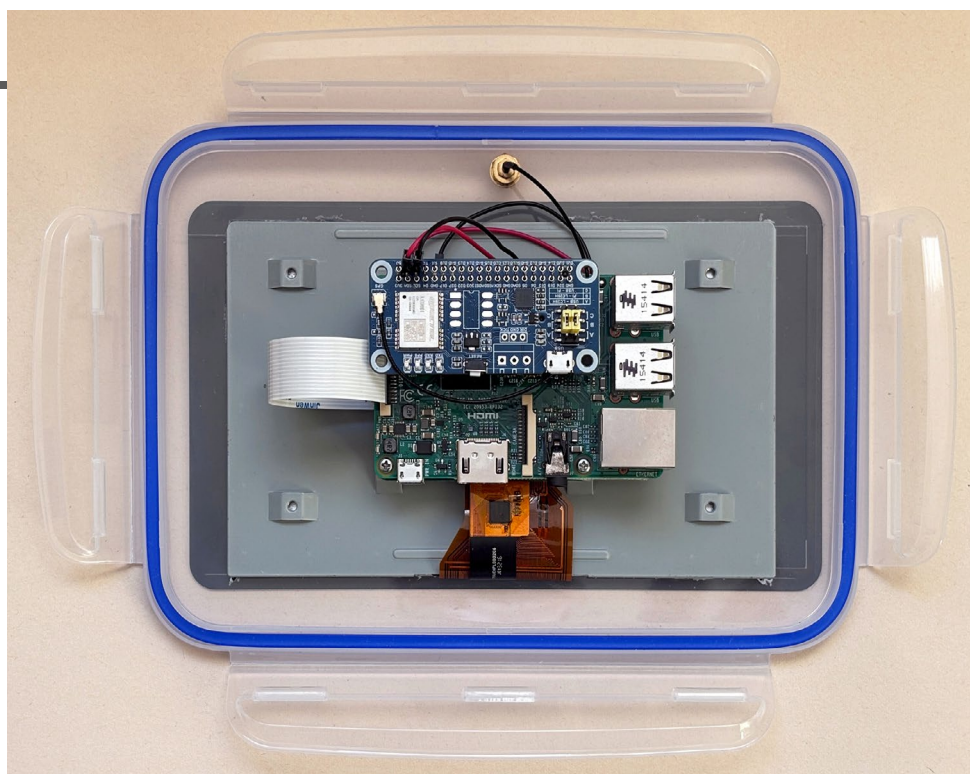
W tym miejscu warto zauważyć, że mój pracujący pod kontrolą systemu iOS smartfon nie umożliwia podglądu adresu IP klienta korzystającego z udostępnianego łącza. Stanowi to pewne utrudnienie, ponieważ aby połączyć się z Raspberry Pi w ramach lokalnej sieci hotspota, powinienem znać jego adres IP. Ten zaś jest przydzielany dynamicznie, a zatem może ulegać zmianom. Problem ten staje się istotny w sytuacji, gdy klient nie ma podłączonego fizycznego ekranu.

Interfejs użytkownika

Pracując z Raspberry Pi w domu, zazwyczaj korzystam ze zdalnego pulpitu, co pozwala mi na używanie monitora, myszy i klawiatury podłączonych do komputera stacjonarnego. W terenie można oczywiście posilkować się laptopem lub odpowiednią aplikacją na smartfonie.

Jednak tym razem, ze względu na wspomniane wcześniej wątpliwości związane z dynamicznym adresem IP, zdecydowałem się na podłączenie fizycznego ekranu. Wykorzystałem posiadany od lat dedykowany dla Raspberry Pi wyświetlacz dotykowy 7" Touchscreen Display, którego wcześniej nie miałem jeszcze okazji przetestować. Montaż polegał na przykręceniu minikomputera czterema śrubami do tylnej części obudowy wyświetlacza. Za połączenie elektryczne odpowiada specjalna taśma przesyłająca obraz oraz dane dotyku, a także dwa przewody wpinane w piny GPIO, które służą do zasilania. System automatycznie wykrywa

Fotografia 1



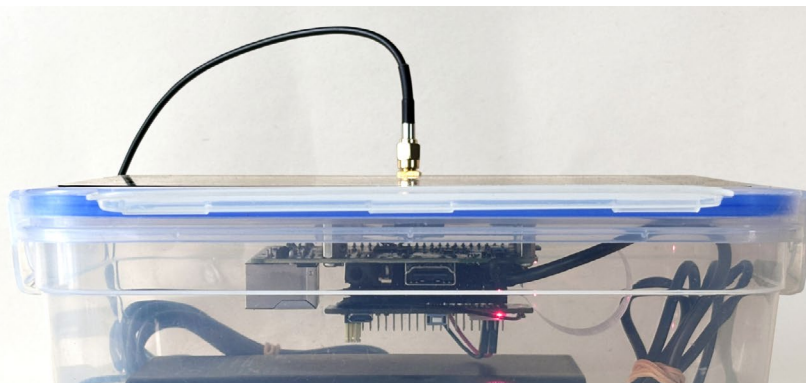
ekran oraz funkcje dotykowe, dzięki czemu konfiguracja nie jest wymagana.

Obudowa

Moja nawigacja była już niemal gotowa do wyprawy w teren, jednak całość należało jeszcze zabezpieczyć przed uszkodzeniem. Zdecydowałem, że na czas testów wszystko umieszczę w plastikowym pudełku, widocznym na **fotografii tytułowej**. Pod względem gabarytów idealny okazał się wykonany z przezroczystego polipropylenu pojemnik spożywczy o pojemności 2,2 litra.

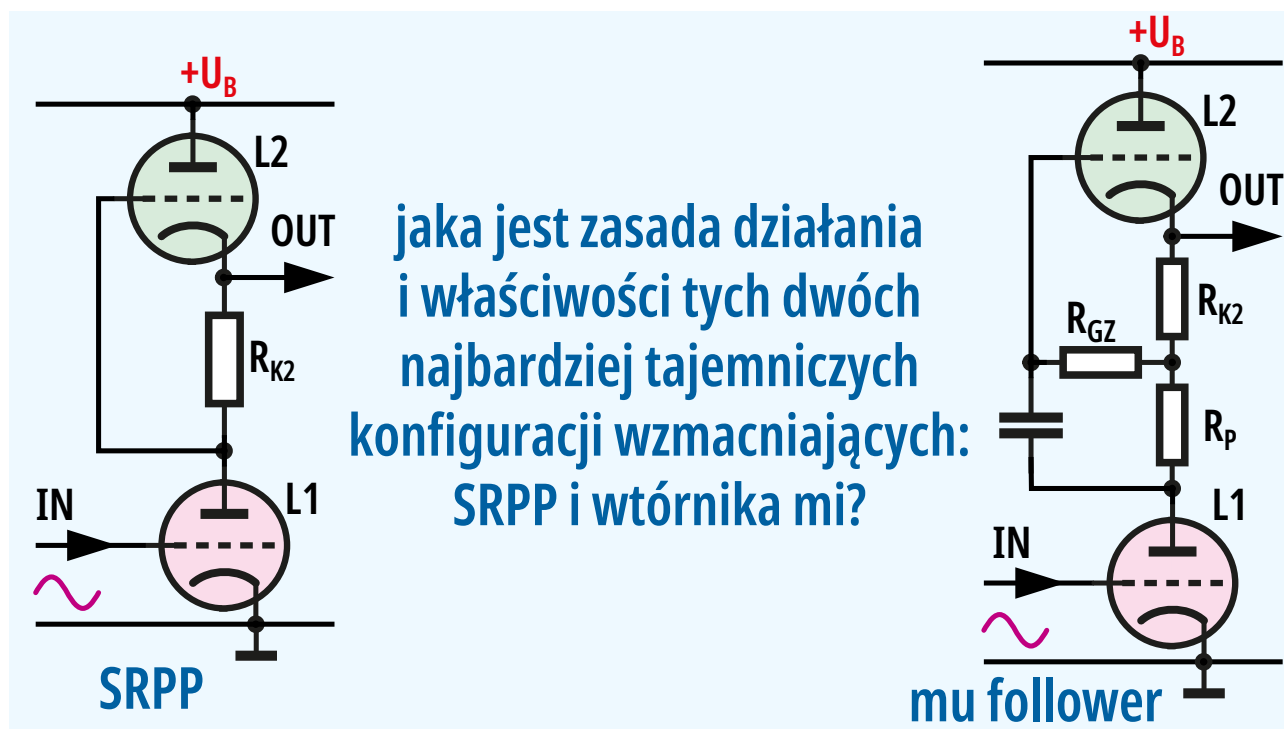
W pokrywie wyciąłem prostokątny otwór o wymiarach nieco mniejszych niż metalowa ramka wyświetlacza. Dzięki temu, po wciśnięciu ekranu w przygotowane miejsce, nie było potrzeby stosowania dodatkowych mocowań. Powyżej ekranu wywierciłem otwór, w którym przykręciłem gniazdo antenowe zamontowane na końcu krótkiego przewodu, wpinanego bezpośrednio do modułu GNSS. Wnętrze pokrywy z zamontowanymi podzespołami szczegółowo prezentuje **fotografia 1**.

Moduł odbiornika został wpięty w dedykowane złącze za pośrednictwem dostarczonej przez producenta przejściówki z długimi goldpinami, które umożliwiają podłączenie kolejnych podzespołów. W moim przypadku wpiąłem w nie jedynie dwa przewody dostarczające napięcie 5 V do wyświetlacza. Całość konstrukcji uzu-



Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE. W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.

Fotografia 2



Lampowe konfiguracje SRPP i mu follower (1)

W cyklu o lampach elektronowych chcemy zająć się dwiema konfiguracjami, które są najmniej rozumiane i najbardziej tajemnicze. Niewiele osób ma jasne wyobrażenie o ich działaniu i właściwościach. Zanim je omówię, muszę koniecznie przedstawić obszerne informacje wstępne i wyjaśnić liczne nieporozumienia.

Nie ma komplementarnych lamp!

Co to jest push-pull?

W tym artykule zaczynamy omawianie popularnych, a słabo rozumianych konfiguracji znanych jako SRPP oraz mu follower. Wcześniej omawiałem głównie konfiguracje dwutriodowe, będące prostym połączeniem układów pojedynczych, które po kolei omawiałem we wcześniejszych artykułach. Te wcześniej omawiane konfiguracje wcale nie są tajemnicze, tylko trzeba dobrze zrozumieć podstawowe, elementarne układy pracy z jedną triodą. A potem już można realizować konfiguracje dwutriodowe niemal na zasadzie „każdy z każdym”. Negatywnym, niepraktycznym wyjątkiem jest tam konfiguracja, gdzie na wejściu jest wtórnik (układ ze wspólną anodą), który współpracuje ze wzmacniaczem ze wspólną katodą.

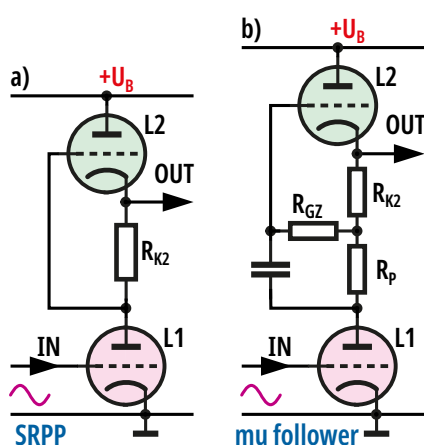
Spośród omówionych dotychczas konfiguracji dwulampowych tylko wtórnik White'a nie jest prostym, bezpośrednim złożeniem elementarnych układów, bo występuje tam dodatkowa interakcja, coś w rodzaju sprzężenia zwrotnego.

Co ogromnie ważne, także w konfiguracjach SRPP i mu follower występuje specyficzna interakcja między lampami składowymi. I właśnie ta interakcja jest nieprzeniknioną tajemnicą nie tylko dla początkujących, ale też dla mnóstwa osób, które uważają się za znawców techniki lampowej. Wiele osób ma fałszywe, z gruntu błędne wyobrażenia o działaniu i właściwościach dwutriodowych stopni wzmacniających, zwanych SRPP i mu follower.

Właśnie dlatego konieczne jest szerokie naświetlenie tła i wyprostowanie błędnych wyobrażeń, czego nie da zrobić się w jednym artykule. Dlatego konfiguracjom tym poświęcone są aż cztery obszerne artykuły.

Na **rysunku 1a** pokazana jest w pewnym uproszczeniu konfiguracja nazywana **SRPP**, co powszechnie rozszyfrowywane jest jako **Series Regulated Push-Pull**, czyli jako szeregowy układ przeciwsoalny, bo „push-pull” znaczy dosłownie „pchaj i ciągnij”, co po polsku nazywamy pracą przeciwsoalną. W Internecie można znaleźć lepsze, gorsze oraz zupełnie błędne analizy działania takiego wzmacniacza. Mało tego!

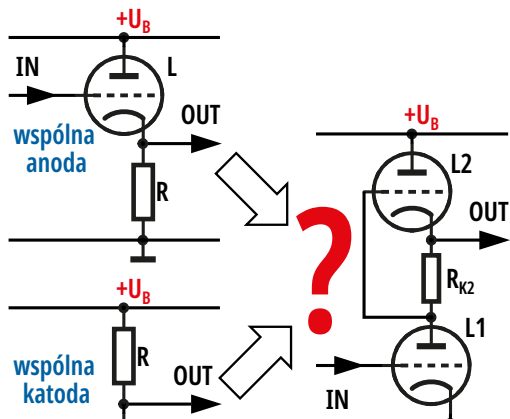
Otóż oprócz tajemniczego układu z rysunku 1a, w literaturze spotykamy jeszcze bardziej tajemniczą



Rysunek 1

I tu **podstawowe pytanie: czy w konfiguracjach z rysunku 1 górna lampka pracuje jako wtórnik, czy-li układ ze wspólną anodą?** Jak Ty uważasz?

To jest naprawdę najważniejsze pytanie! Bez prawidłowego zrozumienia działania górnej lampy nie można zrozumieć działania całości. Wiele osób jest przekonanych, że SRPP z rysunku 1a to połączenie układu ze wspólną katodą (dolna lampka) z układem



ze wspólną anodą – wtórnikiem (górna lampka), według **rysunku 2**.

Kwestię, czy górna lampka L2 to wzmacniacz, czy wtórnik, czy może jeszcze coś innego, szczegółowo

Do wyjaśnienia jest też **druga ważna kwestia: dlaczego taką konfigurację nazywa się układem przeciwsoalnym (push-pull)?** Jak w takim układzie dopatrzeć się pracy w trybie „pchaj i ciągnij”?

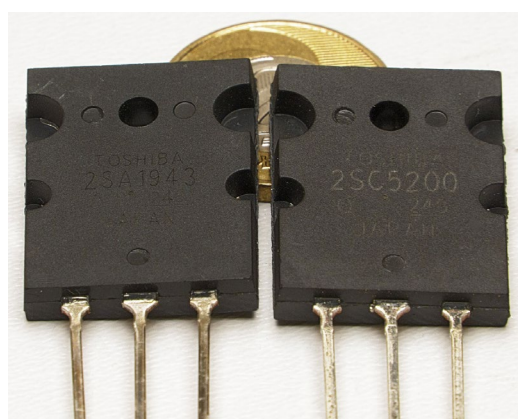
Jeżeli jednak wersja z rysunku 1a jest układem przeciwsoalnym, to co z tą „przeciwsoalnością” w podobnej wersji z rysunku 1b? **Jeżeli wersja z rysunku 1b też jest układem przeciwsoalnym, to dlaczego jest nazywana wtórnikami?** I dlaczego w nazwie występuje litera mi (μ), która oznacza współczynnik amplifikacji, czyli maksymalne teoretyczne wzmocnienie napięciowe triody? Przecież wiadomo, że wtórnik ma wzmocnienie bliskie jedności, a współczynnik amplifikacji triod wynosi zwykle kilkadziesiąt? Skąd takie zamieszanie?

W Internecie jest trochę sensownych, ale niestety wielokrotnie więcej mało sensownych oraz błędnych informacji na temat SRPP i *mu follower*. Jest też sporo osób, które zajmują się lampami, ale nie mają głębszej wiedzy i „wciskają kit” swoim rozmówcom, głównie klientom, którym chcą za duże pieniądze sprzedać rzekomo rewelacyjne wzmacniacze z takimi właśnie tajemniczymi stopniami.

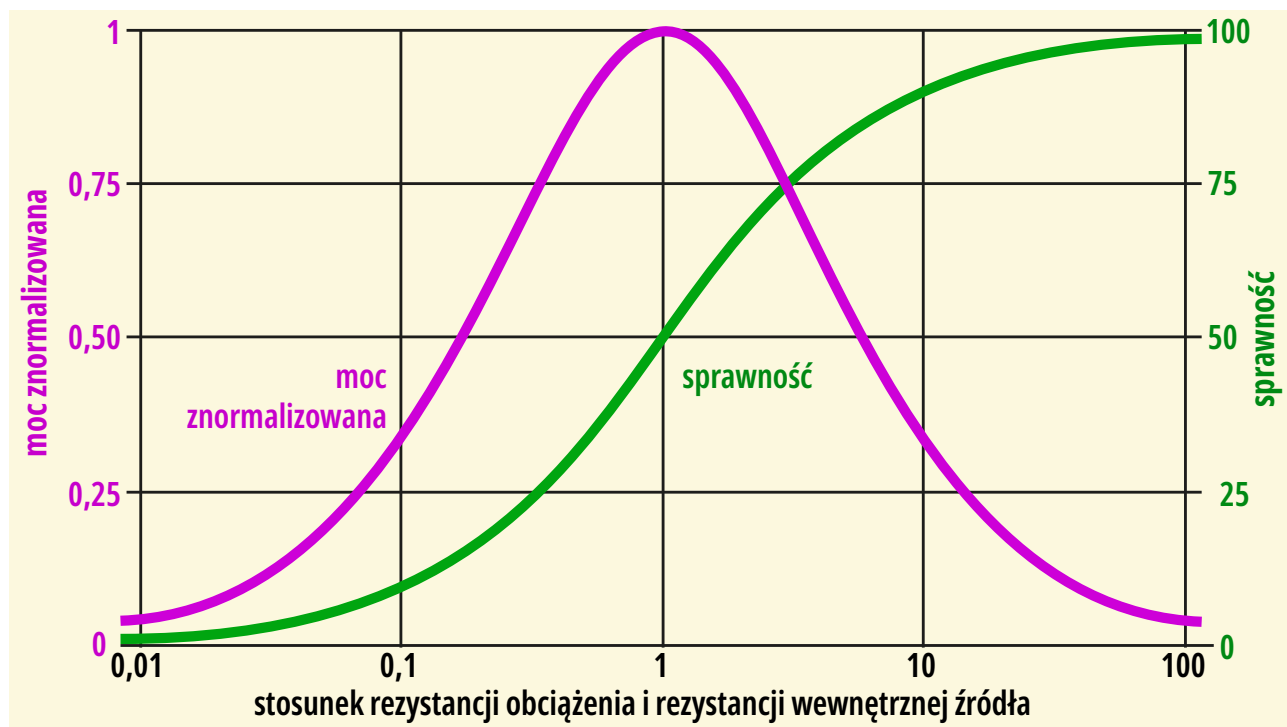
Ja nie jestem ekspertem od lamp, ale na elektronice trochę się znam. W kolejnych artykułach detalicznie wyjaśnię działanie konfiguracji SRPP i *mu follower*, ale ich analiza jest dość skomplikowana. Dlatego konieczne muszę wcześniej podać czy też przypomnieć pewne informacje podstawowe. Informacje dotyczące obciążenia dynamicznego, informacje o wzmacniaczach przeciwsoalnych oraz o komplementarnych elementach wzmacniających. Z początku będzie się wydawać, że omawiam zupełnie niepowiązane zagadnienia. Potem jednak te informacje ułożą się w harmonijną całość. Zaczniemy od zaskakującego tematu „komplementarnych lamp”.

Nie ma komplementarnych lamp!

Dla współczesnego elektronika jest „oczywistością”, że mamy do dyspozycji zarówno tranzystory typu NPN, jak i komplementarne, czyli dopełniające, uzupełniające



Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE. W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.



Dopasowanie energetyczne. Czy w ogóle jest potrzebne?

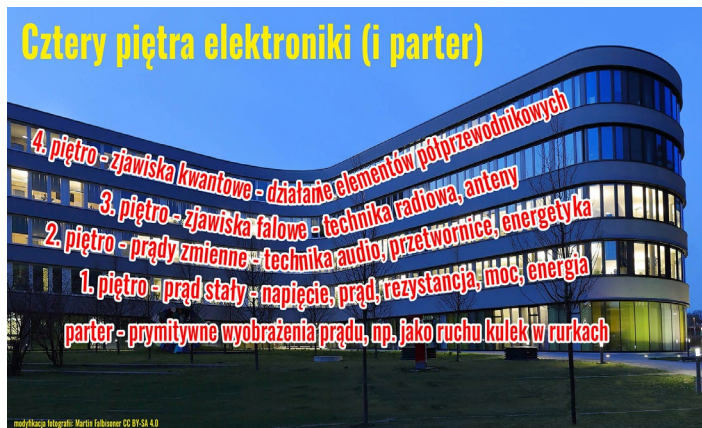
W poprzednim artykule serii omówiłem teoretyczny aspekt szerokiej kwestii dopasowania energetycznego, czyli dopasowania mocy. Z dopasowaniem energetycznym najczęściej mamy do czynienia w układach wysokiej częstotliwości. W poniższym artykule przedstawię zarys tego obszernego zagadnienia.

Dopasowanie energetyczne w układach w.cz.?
Dopasowanie energetyczne i „wydajność źródła”
Dopasowanie energetyczne anten

Generatory, wzmacniacze wysokiej częstotliwości
Reaktancja, impedancja i moc bierna

W poprzednim artykule pokazałem dobitne przykłady akumulatora i wzmacniacza mocy audio, gdzie absolutnie nie chcemy mieć dopasowania energetycznego. Tam, żeby nie zmniejszać napięcia, dużo korzystniejsza jest praca przy oporności obciążenia R_L dużo większej, niż rezystancja wewnętrzna źródła energii R_W .

Z dopasowaniem energetycznym często, a właściwie powszechnie mamy do czynienia w układach wysokiej częstotliwości. Dlaczego? Otóż zagadnienie ma kilka niełatwych aspektów, które przedstawię, a raczej tylko zasygnalizuję teraz w sposób jak najprostszy. Dopiero potem zajmę się dopasowaniem szumowym.



Dopasowanie energetyczne w układach w.cz.?

Wielu osobom wydaje się, że w układach wysokiej częstotliwości najważniejszą kwestią jest unikanie odbić i że to bezwzględnie wymaga dopasowania falowego, czyli równości rezystancji falowej kabla i rezystancji dopasowujących z jego dwóch stron.

Wielu osobom wydaje się, że w układach w.cz. omawiane teraz dopasowanie energetyczne jest niejako efektem ubocznym, wynikającym tylko z konieczności dopasowania falowego. Efektem ubocznym, ale nieuniknionym. Nieuniknionym, ale niepożądanym, bo jak pokazałem w poprzednim artykule serii, przy dopasowaniu energetycznym marnujemy połowę mocy w rezystancji wewnętrznej źródła.

Takie są częste wyobrażenia. Otóż są to wyobrażenia niepełne, zbyt uproszczone i w pewnych sytuacjach nieprawdziwe.

Sytuacja w układach w.cz. jest podwójnie, a nawet potrójnie skomplikowana. Jak już wcześniej pisałem, **dopasowanie falowe jest wymagane tylko w przypadku wykorzystywania linii długich – kabli. Jeśli takich długich kabli nie ma, to nawet w układach w.cz. dopasowanie falowe nie jest wymagane.**

Tak! Dopasowanie falowe **nie jest niezbędne** jeśli przesyłamy sygnał na „małe” odległości, gdy możemy zaniedbać opóźnienia i odbicia. I tu ważne pytanie: **czy wtedy potrzebne lub pożądane jest dopasowanie energetyczne bez dopasowania falowego?**

Odpowiedź brzmi: To zależy.

W grę wchodzi bowiem dwa niełatwe do zrozumienia aspekty. Jeden dotyczy mocy maksymalnej – omawiam go już w następnym śródtytuł. Drugi aspekt dotyczy szumów i jego zarys przedstawię w następnym artykule tej serii.

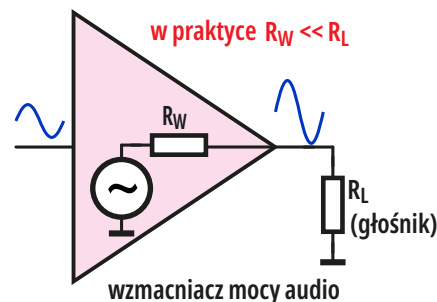
Dopasowanie energetyczne i „wydajność źródła”

W poprzednim artykule pisałem, że w elektronice bardzo często jak ognia unikamy pracy w warunkach dopasowania energetycznego. Przykładem jest akumulator, dla którego dłuższa praca w warunkach dopasowania energetycznego oznaczałaby katastrofę. Dlaczego więc w szkole i na studiach tak dużo mówi się o dopasowaniu energetycznym?

Otóż w układach wysokiej częstotliwości – radiowych – sytuacja jest zupełnie inna, niż w przypadku akumulatorów. Akumulatory dysponują dużą ilością energii, są źródłami napięciowymi, a nie prądowymi i prawie zawsze pracują przy rezystancji obciążenia wielokrotnie większej, niż ich rezystancja wewnętrzna, między innymi dlatego, że nie zmniejsza to zna-

Z wyjątkiem krótkich chwil pracy rozrusznika samochodowego, wcale nie zależy nam na tym, żeby z akumulatora pobierać maksymalną moc. Wprost przeciwnie – z różnych względów wcale tego nie chcemy, także dlatego, żeby tego akumulatora zbyt szybko nie rozładować. Podobnie jest przy przebiegach zmiennych w systemach audio, przede wszystkim we wzmacniaczach mocy – **rysunek 1**. Zależy nam, by nie tłumić, **nie zmniejszać napięcia**.

Zupełnie inaczej jest w układach i obwodach radiowych. W szczególności w przypadku anten i wzmacniaczy wysokiej częstotliwości, ale to jest dla wielu trudne do zrozumienia. Zaczniemy w sposób chyba najprostszy – od anten odbiorczych.



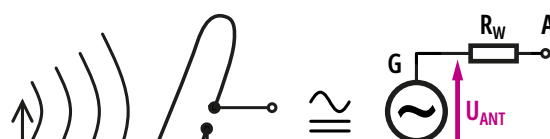
Rysunek 1

Dopasowanie energetyczne anten

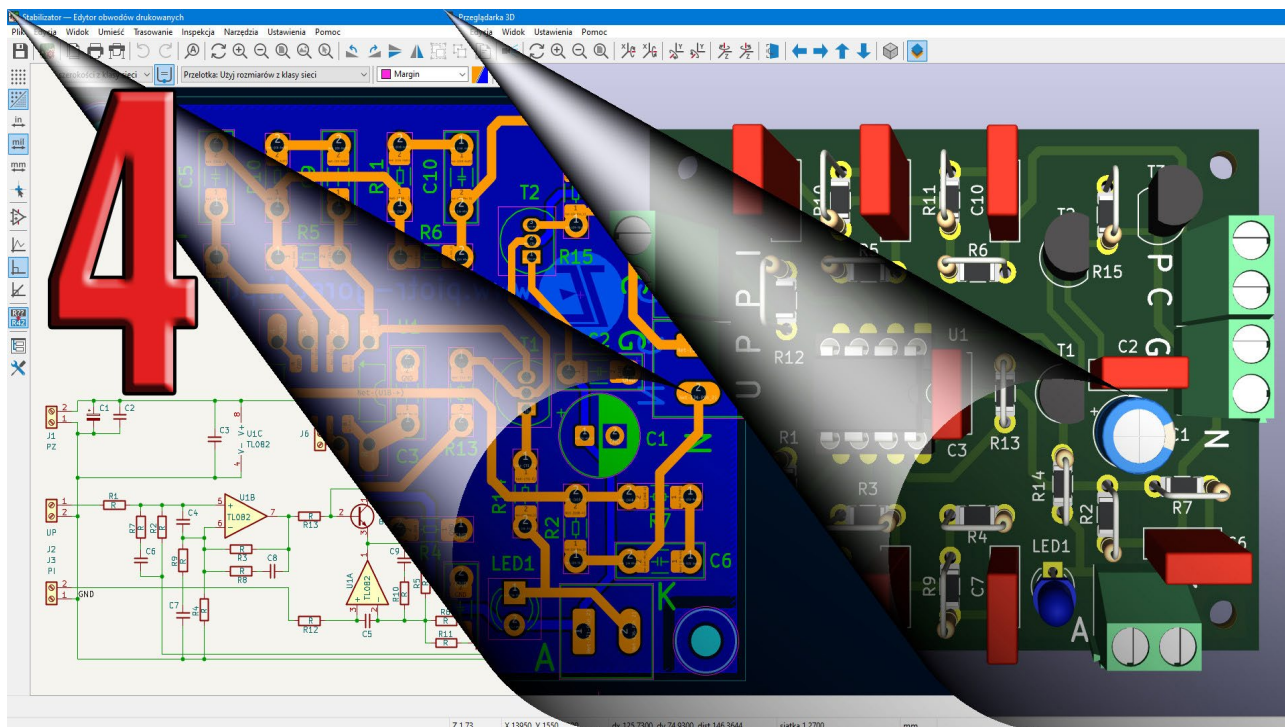
Fale elektromagnetyczne, czyli specyficznie połączone zmiany pola elektrycznego i pola magnetycznego, rozchodzące się w przestrzeni niosą energię. Antena odbiorcza niejako zbiera energię tych fal elektromagnetycznych.

Z punktu widzenia użytkownika, antena odbiorcza niewątpliwie staje się źródłem energii elektrycznej (prądu i napięcia), ale źródłem bardzo słabym, bo energia fal radiowych z dala od nadajnika jest znikoma. Najprościej biorąc, antena odbiorcza staje się „baterijką”, „baterijką napięcia i prądu zmiennego wysokiej częstotliwości” (dla uproszczenia pomijam wyobrażenie anteny jako źródła prądowego).

Antena odbiorcza potraktowana jako „baterijka” czy też jako źródło napięciowe ma oczywiście jakąś rezystancję wewnętrzną i indukuje się w niej jakieś niewielkie napięcie wysokiej częstotliwości. Jak wskazuje **rysunek 2**, antenę, podobnie jak baterię, możemy traktować jako źródło energii elektrycznej o jakimś napięciu U_{ANT} i o jakiejś rezystancji wewnętrznej R_W , przy czym ta rezystancja R_W nie zależy od siły fal radiowych, tylko od konstrukcji anteny i wynika z kilku czynników.



Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE. W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.



Projektowanie płytek drukowanych za pomocą KiCad (4)

W dwóch pierwszych artykułach zapoznaliśmy się z pakietem KiCad oraz zrealizowaliśmy schemat. W trzecim zaczęliśmy najważniejszy krok: zapoznaliśmy się z programem „płytkowym” i jego ustawieniami, określiliśmy rozmiary płytki i rozmieściliśmy elementy. Czwarty artykuł pokazuje, jak dokończyć dzieła.

Trasowanie ścieżek
Wypełnienie płytki
Test DRC
Widok 3D

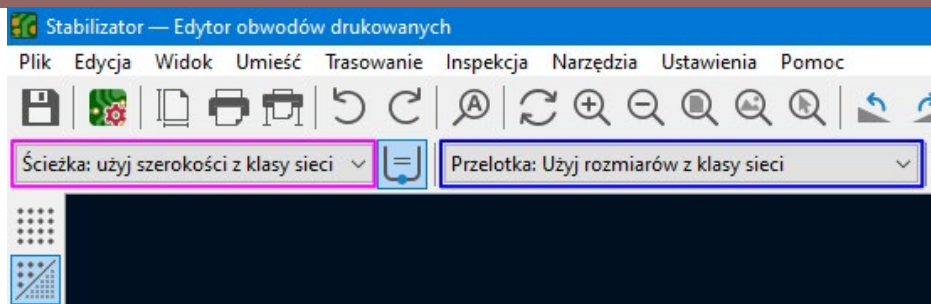
Dane produkcyjne
Przeglądarka plików Gerber
Podsumowanie

W tym artykule opisany jest sposób trasowania ścieżek. W przypadku płytek z jedną warstwą miedzi może to być zadanie trudne, wymagające zastosowania zwór z drutu. My projektujemy płytkę dwuwarstwową. W zasadzie ścieżki można byłoby równomiernie rozmieścić w obu warstwach miedzi, a program automatycznie wprowadzi tzw. przelotki, czyli połączenia między ścieżkami z obu stron płytki. W wielu układach z różnych powodów staramy się zrealizować obwód masy nie w postaci ścieżek, tylko w postaci płaszczyzny masy wypełniającej prawie całą powierzchnię płytki (zwykle dolna warstwa miedzi). Wtedy w tej warstwie poprowadzone zostaną tylko nieliczne, niezbędne ścieżki, a większość ścieżek prowadzona jest w tej drugiej warstwie (górnej).

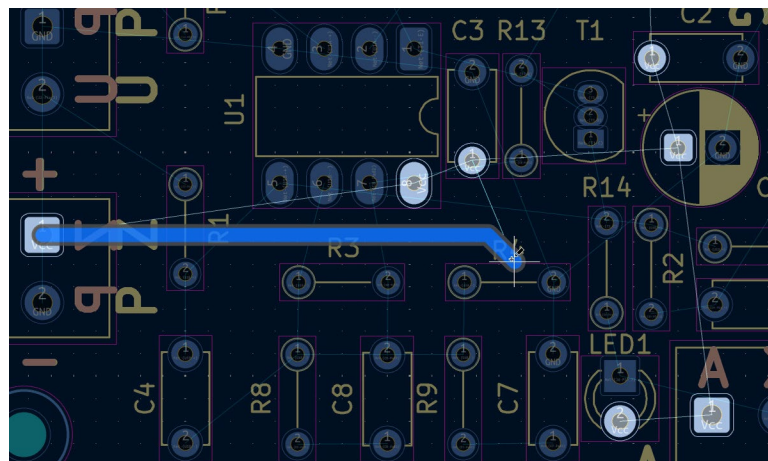
Trasowanie ścieżek

Przed rozpoczęciem trasowania upewniamy się, czy na pasku narzędzi z rozwijanej listy mamy wybrane w różowej ramce **Ścieżka: użyj szerokości z klasy sieci** oraz w niebieskiej ramce **Przelotka: Użyj rozmiarów z klasy sieci**, jak na **rysunku 1**. Pomiędzy tymi ramkami mamy ikonkę, której włączenie powoduje, że gdy rozpoczynamy rysowanie ścieżki od innej ścieżki, nowo rysowana ścieżka będzie miała szerokość ścieżki od której rozpoczęto jej rysowanie. Do trasowania ścieżek wybrałem siatkę 0,508 mm. Jako pierwszą wytrasujemy na warstwie dolnej B.Cu ścieżkę zasilania Vcc od złącza zasilania, do pola lutowniczego nr 8 układu U1, anody diody LED1, złącza śrubowego tej diody i kondensatorów C1 i C2.

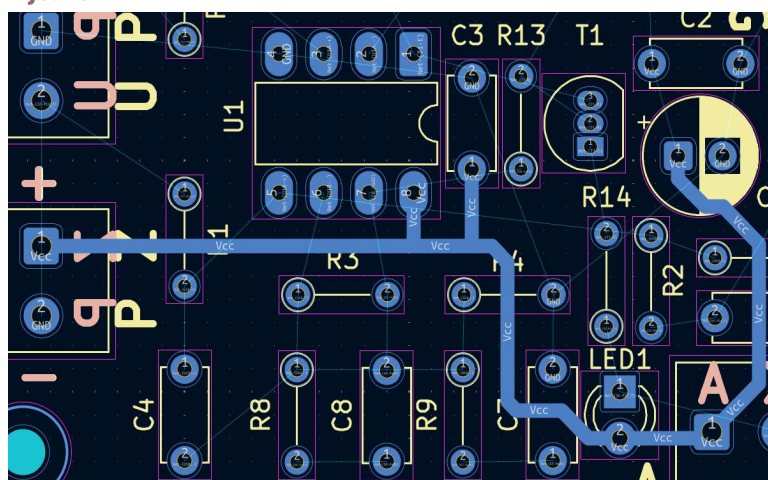
W tym celu klikamy ikonę trasowanie pojedynczej ścieżki, skrót klawiaturowy **X** i klikamy lewym klawiszem myszy na pole lutownicze Vcc złącza śrubowego. W tym momencie zostaną podświetlone pola lutownicze należące do tej sieci, a za kursorem myszki będzie prowadzona ścieżka. Na jej bokach widoczna jest szara obwódka – **rysunek 2**. W ten sposób wskazywany jest prześwit (odstęp) tej ścieżki. Ścieżkę tę prowadzimy w kierunku rezystora R4, a następnie kondensatora C7 pod tymi fotoprintami w kierunku anody LED1 i zacisku złącza śrubowego. Od złącza śrubowego prowadzimy ścieżkę dalej pod footprintami C6 i R7 do kondensatora C1. Na końcu do wytrasowanej ścieżki dołączamy pole lutownicze nr 8 układu U1. Trasowana ścieżka podąża za kursorem myszki załamując się pod kątem 45°. Gdyby zaszła konieczność ręcznego załamania ścieżki w określonym miejscu płytki, wówczas w tym miejscu należy kliknąć lewym klawiszem myszy. Podobnie w przypadku konieczności połączenia ścieżek należących do tej samej sieci, należy kliknąć lewym klawiszem myszy w miejscu ich łączenia. Wytrasowaną ścieżkę Vcc widzimy na **rysunku 3**. Gdy dwukrotnie klikniemy lewym klawiszem myszy na wytrasowanej ścieżce zobaczymy okno właściwości ścieżki z **rysunku 4**. Jak widać w czerwonej ramce, ścieżka ta ma szerokość 0,8 mm, tak jak to zdefiniowaliśmy w klasach sieci. Nie musimy więc pilnować szerokości ścieżek, ponieważ robi to za nas program. Przełączamy się na warstwę górną **F.Cu** i trasujemy kolejne ścieżki. Jeśli jakaś ścieżka nie układa się nam ładnie podczas trasowania przykładowo z punktu A do B, możemy ją trasować z punktu B do A. Drobna zmiana, a potrafi poprawić



Rysunek 1



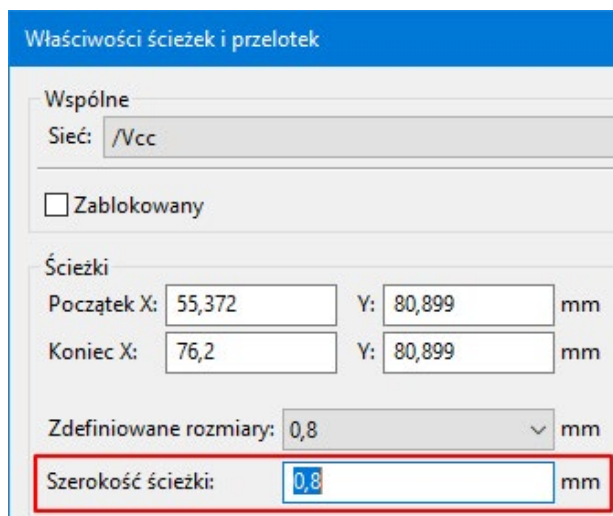
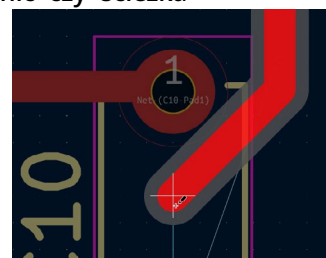
Rysunek 2



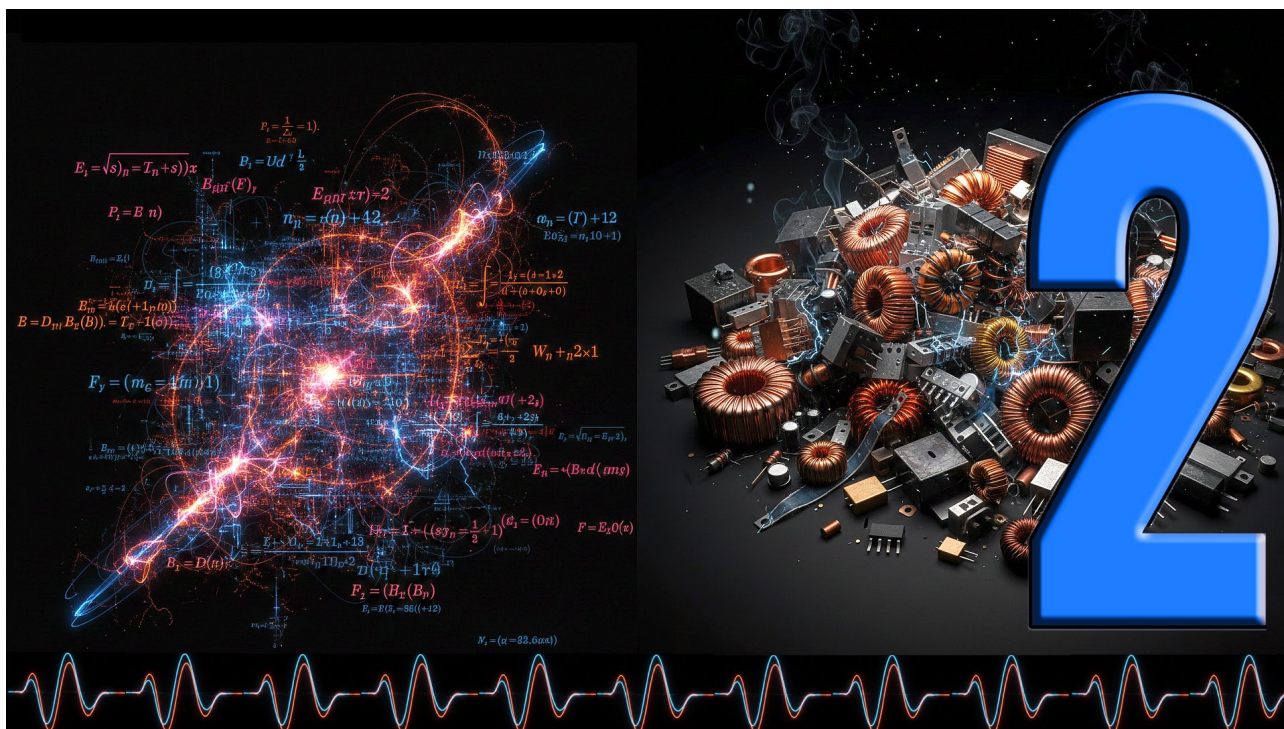
Rysunek 3

efekty trasowania. Spójrzmy jeszcze na **rysunek 5**, gdzie widzimy trasowaną ścieżkę i jej prześwit oznaczony szarym kolorem względem pola lutowniczego nr 1 kondensatora C10. Pole to również ma oznaczony swój prześwit przez okrąg w postaci cienkiej linii. W ten sposób łatwo możemy ocenić czy ścieżka zmieści się przy dużym zagęszczeniu elementów i ścieżek na płytce. Trasowanie rozpoczynamy od najkrótszych ścieżek, przechodząc do dłuższych.

Ważna uwaga! Nie trasujemy ścieżek należących do sieci GND,



Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE. W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.



Opowiadanie o „nieznaczących” drucikach

Niniejszy minicykl stanowi niezbędne wprowadzenie, pozwalające ugruntować i odświeżyć wiedzę o polach oraz o indukcyjności. Zrozumienie tych fundamentów jest kluczowe, aby w pełni przyswoić treści zawarte w kolejnych częściach serii: „Moja konfrontacja z szybkimi sygnałami cyfrowymi”.

Natura świata potrafi zaskoczyć...
Dziwności nad dziwnościami, a to tylko drucik...

Kolejne niespodziewane zaskoczenie... Elektrostatyka kontra drucik ogólnie

W poprzednim odcinku skupiliśmy się na omówieniu podstawowych pojęć oraz zjawisk towarzyszących przewodnikowi, przez który płynie prąd, ze szczególnym uwzględnieniem pola magnetycznego, które generuje się wokół niego. W tym wykładzie wejdziemy bardzo głęboko w samą strukturę miedzianego przewodnika, badając niezwykle zjawiska na styku fizyki klasycznej i mechaniki kwantowej. Scharakteryzujemy oddziaływanie elektromagnetyczne, którego pole jest nośnikiem energii w każdym obwodzie elektrycznym. Ponadto skupimy się na elektronach, bardzo dziwnych obiektach kwantowych, które nie dość, że są źródłem pola elektromagnetycznego w konkretnych okolicznościach,

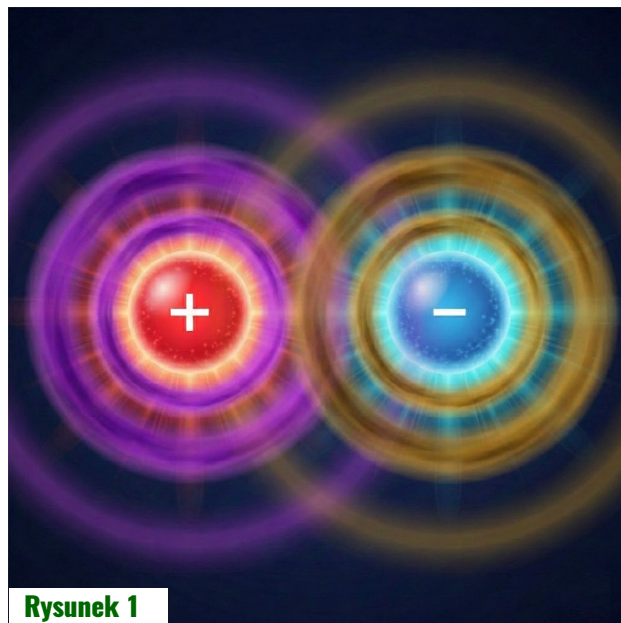
to jeszcze odgrywają kluczową rolę w fizyce ciała stałego. Spróbujemy znaleźć odpowiednie analogie mechanizmów, odnosząc się do zjawisk w fizycznym realnym świecie, które dzieją się bezpośrednio pod maską zwykłego, niepozornego druczika w stanie pozornego spoczynku oraz w przypadku działania sił elektrostatycznych. Artykuł ten przygotowuje solidny grunt pod tematy związane z energią elektromagnetyczną w przypadku, gdy przez nasz tytułowy drucik płynie prąd elektryczny, jako „uporządkowany ruch elektronów”. Nie bez powodu zamknąłem tę definicję w cudzysłów, kolejny artykuł otworzy nam wrota do spojrzenia na to wszystko z zupełnie innej perspektywy...

Natura świata potrafi zaskoczyć...

Bezpośrednim źródłem pól elektromagnetycznych są cząstki obdarzone ładunkiem elektrycznym. *Lecz czym jest ładunek?* Tu znów muszę użyć fundamentalnego stwierdzenia, że jest to jedna z podstawowych cech materii, wrodzona jej pewna właściwość. Nie wiemy z czego składa się ładunek, ale wiemy, że obdarzone nim cząstki elementarne wytwarzają ogromne pola siłowe (**rysunek 1**) oraz mają zdolność reakcji na te pola. Ponadto ładunki mogą być dodatnie lub ujemne, a tutaj intuicja słusznie podpowiada, że mają zdolność do przyciągania lub odpychania się nawzajem. To tajemnicze pole siłowe, które ma realny wpływ na cząstki obdarzone ładunkiem, to jedno z fundamentalnych oddziaływań w naszym wszechświecie, czyli **oddziaływanie elektromagnetyczne**. Oddziaływanie to jest kluczowe dla istnienia naszego wszechświata – nie tylko trzyma wszystkie atomy w ryzach, ale też jest odpowiedzialne za wszelkie wiązania chemiczne. Jedną z jego oczywistych cech, z której nie zdajemy sobie do końca sprawy, jest zdolność „uszytniania materii”. To między innymi dzięki tej właściwości jestem w stanie pisać ten tekst, a moje palce nie przenikają przez klawisze klawiatury (**rysunek 2**). Co więcej ja ich nawet bezpośrednio nie dotykam – to elektrony w atomach moich palców z elektronami w atomach plastikowych klawiszy tak na siebie oddziałują – odpychają się, co daje złudzenie bezpośredniego dotyku...

Oddziaływanie elektromagnetyczne to potężna, wręcz gigantyczna siła. Porównując to oddziaływanie do oddziaływania grawitacyjnego dla dwóch protonów, musimy zdać sobie sprawę, że różnica w siłach między nimi jest **kolosalna, aż 10^{36} razy większa na korzyść elektromagnetyzmu**. A jaka różnica sił będzie dla dwóch elektronów? Aby przekonać się jak potężny jest ładunek elektronu, ustawmy je obok siebie. Elektrony będą się odpychać, bo mamy do czynienia z jednoimiennymi ładunkami, ale działa na nie również grawitacja, ze względu na to, że posiadają masę, a siła ta zawsze dąży do przyciągania się obiektów. Obliczenia wskazują, że oddziaływanie elektromagnetyczne między nimi jest **około $4,17 \times 10^{42}$ razy silniejsze niż oddziaływanie grawitacyjne występujące między nimi!!!** Aby uzmysłwić sobie tę różnicę w siłach, wyobraźmy sobie średnicę protonu (siła grawitacji) i średnicę obserwowalnego wszechświata (siła elektromagnetyzmu). To zestawienie najlepiej obrazuje skalę zjawiska, z którym mamy do czynienia (**rysunek 3**). Nic dodać, nic ująć...

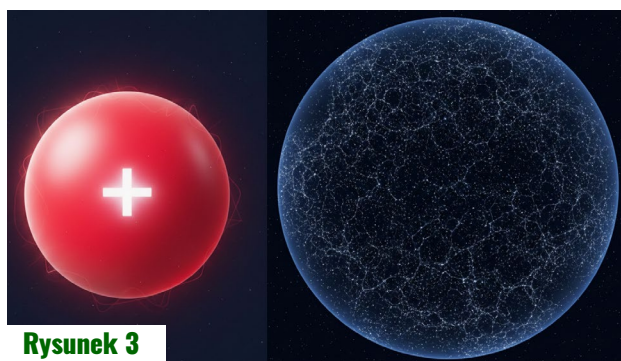
Ale to jeszcze nie wszystko... Stwierdziliśmy,



Rysunek 1



Rysunek 2



Rysunek 3

przez takie cząstki. W zależności od układu odniesienia i stanu ruchu, manifestują się one **jako pole elektryczne, magnetyczne lub ich nierozdzielna jedność – pole elektromagnetyczne**. Odniesmy się do elektronów ze względu na to, że te cząstki zawsze kojarzymy, utożsamiamy z prze-

**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.
W pełnej wersji ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**

ZROZUMIEĆ **ELEKTRONIKĘ** z Piotrem Góreckim

ZE 4/2026

piotr-gorecki.pl



Wydawca: Zrozumieć Elektronikę sp. z o.o. ul. Nadarzyn 23A 05-230 Kobyłka

Redaktor Naczelny: Piotr Górecki

e-mail: kontakt@piotr-gorecki.pl

Redakcja techniczna: Ewa Górecka-Dudzik (ewa@piotr-gorecki.pl)

**Stali współpracownicy: Andrzej Pawluczuk, Tadeusz Suszał, Karol Świerc,
Mateusz Ostrycharz, Paweł Pawłowicz, Rafał Kozik, Szymon Burian, Jacek Kosecki**

**Inicjatywa Zrozumieć Elektronikę realizowana jest
dzięki wsparciu Patronów i Mecenasów poprzez
konto autorskie Patronite: <https://patronite.pl/Zrozumiec-Elektronike>**

Uwaga! Ani autorzy artykułów, ani wydawca nie biorą odpowiedzialności za ewentualne szkody spowodowane wynikiem eksperymentów inspirowanych treścią czasopisma i strony internetowej.

Osoby, które chciałyby przeprowadzić eksperymenty związane z treścią artykułów powinny mieć odpowiednie kwalifikacje BHP dotyczące elektryczności oraz świadomość ryzyka.

Osoby niepełnoletnie i niedoświadczone mogą przeprowadzić takie działania jedynie pod opieką wykwalifikowanych opiekunów, np. nauczycieli.

Projekty przedstawiane w czasopiśmie mogą być wykorzystane jedynie do własnych potrzeb, a ich wykorzystanie do innych celów, zwłaszcza zarobkowych, wymaga zgody Autora.

Wszystkie materiały zamieszczane w czasopiśmie są własnością ich twórców, więc przedruk czy umieszczenie na stronach internetowych wymaga pisemnej zgody Autora.