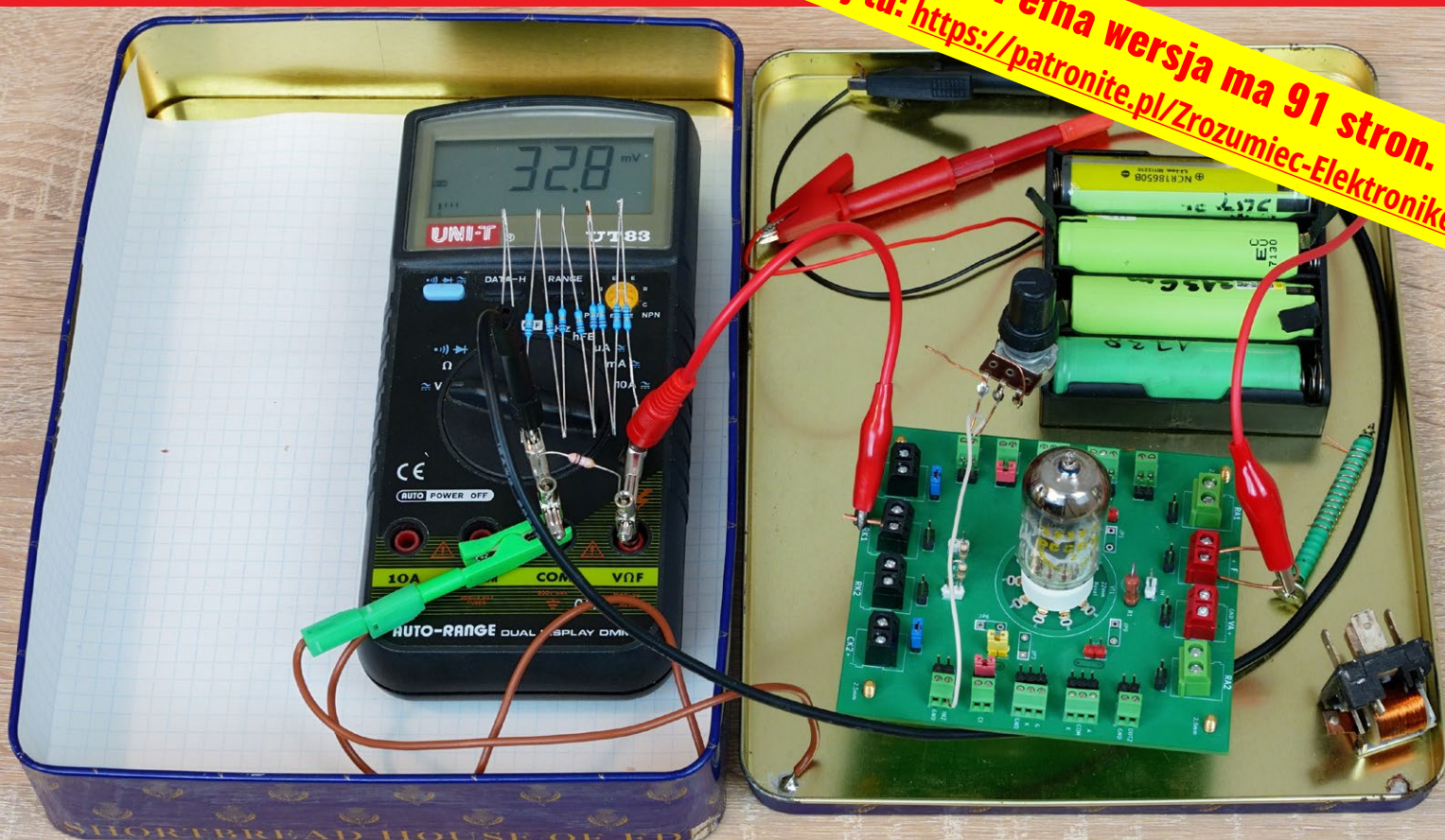


**Uwaga – to jest egzemplarz demonstracyjny (niepełny). Pełna wersja ma 91 stron.**  
**Kup pełny egzemplarz na [buycoffee.to](https://buycoffee.to) a lepiej zaprenumeruj tu: <https://patronite.pl/Zrozumiec-Elektronike>**

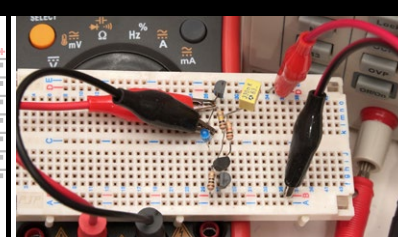
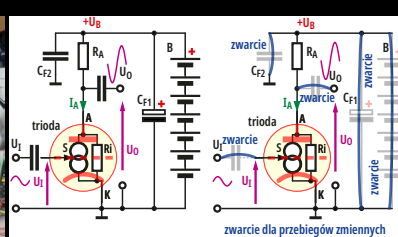
2/2024 Luty (14)

[piotr-gorecki.pl](https://piotr-gorecki.pl)

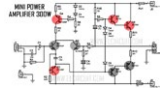
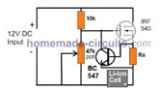







# Multimetr jako petaomierz oraz femtoamperomierz

- Zrozumieć Elektronikę: wykorzystujemy multimetry • Wykrywacz metali
- Wspólnie projektujemy: Uniwersalne obciążenie aktywne • Testowanie układów cyfrowych
- Lampy elektronowe: wzmacnienie sygnałów • Rozstrzygnij dylemat: jaki oscyloskop kupić?
- Współpraca komputerowej klawiatury/myszy USB z mikrokontrolerem • Analiza sterownika diody LED



# Zawartość numeru 2/2024

<b>19</b> MIERNICTWO		<u><a href="#">Multimetr – petaomierz i femtoamperomierz</a></u>
		Každy, nawet najprostszy multimetr cyfrowy może służyć jako pikoamperomierz, co jest szczegółowo opisane w artykule <u><a href="#">Twój teraomierz i pikoamperomierz</a></u> . Niniejszy artykuł pokazuje, że niektóre multimetry mogą mierzyć wielokrotnie mniejsze prądy i pracować w roli femtoamperomierza i petaomierza.
		<u><a href="#">3 Słowo wstępne – luty</a></u>
		<u><a href="#">4 Nasze wspólne czasopismo – listy Czytelników</a></u>
		<u><a href="#">10 Łamigłówki elektroniczne luty 2024</a></u>
		<u><a href="#">12 Łamigłówki elektroniczne Grudzień 2023</a></u>
KONKURSY		<u><a href="#">16 Tropimy błędy: Wzmacniacz audio o mocy 300 watów</a></u>
KONKURSY		<u><a href="#">18 Tropimy błędy: Ładowarka akumulatorów Li-Ion</a></u>
O ELEKTRONICE PRZYSTĘPNE		<u><a href="#">29 Zrozumieć Elektronikę: wykorzystujemy multimetry</a></u>
PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA		<u><a href="#">35 Wykrywacz metali</a></u>
PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA		<u><a href="#">43 Testowanie układów cyfrowych</a></u>
PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA		<u><a href="#">53 Wspólnie projektujemy: Częstościomierz, część 5</a></u>
PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA		<u><a href="#">56 Wspólnie projektujemy: Uniwersalne obciążenie aktywne</a></u>
ELEKTRONIKA UŻYTKOWA		<u><a href="#">60 Podstawy automatyki – pomiary przepływu</a></u>
ELEMENTY I MODUŁY		<u><a href="#">63 Lampy elektronowe: wzmocnienie sygnałów</a></u>
MIERNICTWO		<u><a href="#">68 Rozstrzygnij dylemat: jaki oscyloskop kupić?</a></u>
MIKROPROCESORY		<u><a href="#">74 Współpraca klawiatury/myszy USB z mikrokontrolerem</a></u>
MIKROPROCESORY		<u><a href="#">78 Jak pobierać dane z FIFO?</a></u>
PYTANIA I ODPOWIEDZI		<u><a href="#">80 Analiza sterownika diody LED</a></u>
PYTANIA I ODPOWIEDZI		<u><a href="#">85 Prąd elektryczny: czy zabijają wolty, czy ampery?</a></u>
PYTANIA I ODPOWIEDZI		<u><a href="#">87 Czteropunktowy pomiar rezystancji metodą Kelvina</a></u>

# ZROZUMIEĆ **E**LEKTRONIKĘ z Piotrem Góreckim



## Słowo wstępne – luty

Witam!

**Poważna sprawa!** Piszę te słowa na początku stycznia, wciąż będąc pod wrażeniem popularności najnowszych filmów serii B00x, które zacząłem umieszczać na moim kanale YouTube od 23 grudnia. W ciągu dwóch tygodni kanał uzyskał prawie 300 tysięcy wyświetleń.

Gdy przymuszony okolicznościami planowałem inicjatywę „Zrozumieć Elektronikę”, od początku wiedziałem, że muszę opanować nowe formy przekazu i umieszczać filmy na YT.

Wiedzę o elektronice mam. Przez 30 lat popularyzowałem elektronikę w formie pisanej w setkach, a nawet w tysiącach artykułów.

Teraz muszę dosłownie od zera opanować zupełnie dla mnie nową umiejętność tworzenia filmów. Pomału to idzie, bo musiałem i nadal muszę nabywać zupełnie nowych umiejętności. Wcześniej stworzyłem kilka filmów serii A00x, dotyczących fundamentalnych, bardzo trudnych zagadnień. Filmów zrealizowanych bardzo prostymi środkami.

Opanowywanie tematu filmów to nie tylko umiejętności techniczne. Dla uzyskania sensownych efektów trzeba ponieść zaskakująco duże koszty, bo dobrego filmu, zwłaszcza technicznego, nie sposób zrobić smartfonem przy lampce biurkowej.

**Wysoka oglądalność najnowszych filmów na YT** nie pozostawia cienia wątpliwości, że **tworzeniu filmów muszę poświęcić dużo więcej czasu** niż dotąd.

A to ograniczy czas, jaki mogę poświęcić czasopismu.

Ograniczy, ale oczywiście nie oznacza to rezygnacji z czasopisma. Mamy teraz takie czasy, że zdecydowana większość chce oglądać filmy, a nie czytać.

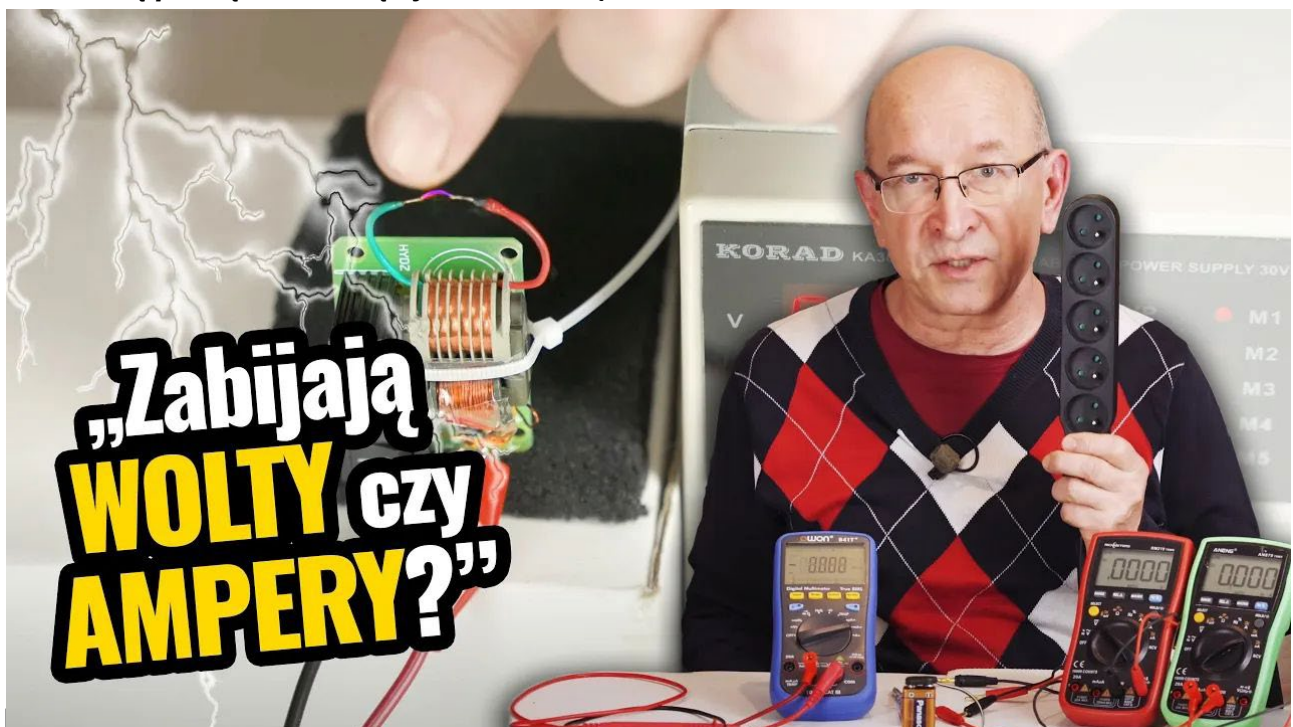
Tak, jednak komentarze na kanale YT potwierdzają, że lekkie, łatwe i przyjemne oglądanie filmów może wprawdzie wzbogacić wiedzę, ale jeżeli ktoś chce rzeczywiście nauczyć się elektroniki, to nie powinien poprzestać na filmie. Powinien informacje z filmu uporządkować i utrwalić.

Dlatego nadal moje filmy na YT będą miały w czasopiśmie ZE pisany odpowiednik – artykuł z dodatkowymi informacjami, porządkujący wiedzę z filmów. W tym numerze na stronie 29 jest taki artykuł – pisany odpowiednik filmu B002. Ponadto filmy na razie dotyczą zagadnień elementarnych, a przecież w czasopiśmie mamy też szereg trudniejszych wątków.

W każdym razie mam mniej czasu na tworzenie czasopisma, czego pierwszymi ofiarami będą Poczta i konkursy, których przygotowanie, a potem opracowanie nadesłanych rozwiązań, pochłania mnóstwo czasu. W tym numerze jeszcze jest zadanie KX015 z serii *Tropimy błędy*, ale chyba już ostatnie. W *Łamigłówkach elektronicznych* są tylko trzy nowe zadania.

Niemniej nadal zachęcam do nadsyłania „łamigłówek elektronicznych” i chętnie „oddałbym w dobre ręce” prowadzenie konkursów! A teraz zapraszam do lektury i 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](mailto:kontakt@piotr-gorecki.pl). Także i Ty możesz mieć realny wpływ na postać i zawartość czasopisma albo po prostu podzielić się opinią co do czasopisma, strony internetowej oraz na dowolne tematy związane z szeroko pojętą elektroniką.

Poniżej fragmenty ostatnio nadesłanych listów.

*Dzień dobry Panie Piotrze.*

*Gratuluje pierwszej rocznicy wydawania pisma ZE i z niecierpliwością czekam na „Radiową ośłą łączkę” oraz dalsze artykuły o oscyloskopach.*

*Serdecznie pozdrawiam i życzę w Nowym Roku dalszych sukcesów w prowadzonej działalności oraz dużo zdrowia.*

**Andrzej z Olsztyna**

Bardzo dziękuję za liczne życzenia, jakie otrzymałem na przełomie roku (i na które nie zdołałem indywidualnie odpowiedzieć).

**Spełniam [swoje] marzenia :)**

*Dzień dobry!*

*Zaczynam przygodę ciągle odkładaną, jestem wdzięczny za wszystko co Pan robi na rzecz propagowania elektroniki, chciałbym zebrać trochę materiałów z Pana strony (<https://piotr-gorecki.pl/>), ale szczerze mówiąc gubię się i nie potrafię tych materiałów ściągnąć :) Jeśli Pan znajdzie chwilę proszę o odpowiedź tak bardzo łopatologicznie :) Jak w materiałach do książek „wyprawy w świat elektroniki”.*

## Ćwiczenie 5. Tranzystor jako wzmacniacz prądu

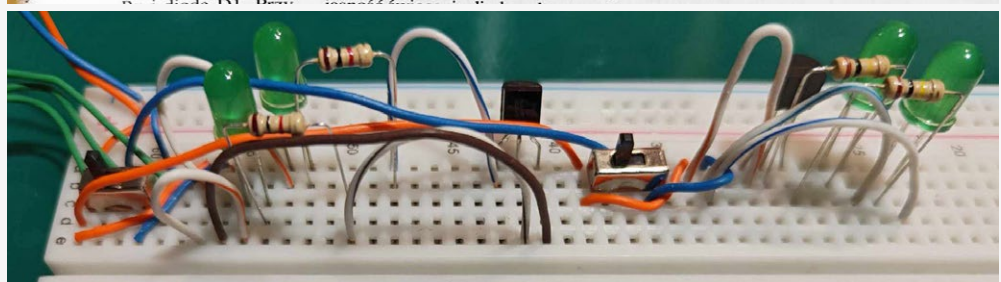
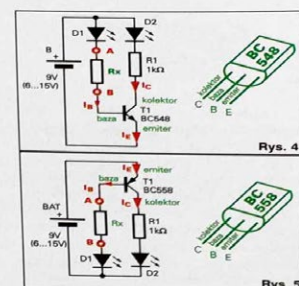
Zestaw układ według rysunku 4 wykorzystując dwie jednakowe zwykłe diody LED, dwa rezystory i tranzystor NPN (BC548). Pomocą będzie fotografia 4. Niech rezystor R1, ograniczający prąd diody D2 ma wartość 1kΩ (brązowy, czarny, czerwony). Sprawdź jasność obu diod, stosując Rx o wartościach 1kΩ, 10kΩ, 100kΩ, 1MΩ, 10MΩ. A co się dzieje, gdy nie ma rezystora Rx (rezystancja nieskończenie wielka)? Przy jakiej wartości Rx nie dostrzegasz już świecenia diody D1? A przy jakiej wartości Rx przestaje świecić dioda D2?

Przekonałeś się naocznie, że tranzystor wzmacnia prąd (prąd bazy) i diody D1, D2?

Zapoznałeś się oto z najpopularniejszym tranzystorem typu NPN. Układ o identycznych właściwościach możesz zestawzić według rysunku 5, stosując tranzystor typu PNP (BC558), który różni się od wcześniej użytego tranzystora NPN tylko kierunkiem przepływu prądów.

**Uwaga 1.** Nie zwieraj punktów A, B (Rx=0), bo przez diodę D1 i obwód baza-emiter tranzystora popłynie duży prąd, ograniczony tylko rezystancją wewnętrzną baterii (zasilacza) – prąd ten może uszkodzić i diodę i tranzystor.

**Uwaga 2.** Zarówno w tym, jak i następnych ćwiczeniach sprawdzaj



Fotografia 1

*Mam nadzieję, że czas pozwoli mi wreszcie na to, by spełnić swoje zawsze przez lata odkładane marzenie :) Bardzo dziękuję za Pana filmy na profilu YouTube. Przesyłam zdjęcia z moich prób, może nie pierwszych, ale z zamiarem szczerzej walki o przerobienie wszystkiego, łącznie z wykorzystaniem pakietów „ośle łączki”. Zastosowałem potencjometr i wyłączniki, by każdy kolejny układ sprawdzić od najmniejszego podawanego napięcia na wypadek gdybym coś źle wykonał.*

*Zdrowia i sukcesów w nowym 2024 roku i spełnienia również tych (jak w moim przypadku) odkładanych marzeń. Pozdrawiam*

**Bolesław**

Bardzo się cieszę i rozumiem! Jestem przekonany, że jeszcze więcej radości będzie z nowego kursu „Fascynujące przemiany energii”. Już niedługo!

Dzień dobry,

Panie Piotrze, czy jest Pan w stanie podesłać mi archiwalne materiały na temat tranzystorów dla początkujących, diodów i innych podstawowych elementów? Proszę o informację, ile to będzie numerów, a ja kupię odpowiednią kawę :)

**Tomasz**

Na mojej stronie <https://piotr-gorecki.pl/> jest już mnóstwo pełnych artykułów do darmowego pobrania i przybywa ich coraz więcej, ale nie w postaci PDF, tylko „artykułów internetowych” - można je wydrukować lub zapisać w komputerze, podobnie jak typowe strony internetowe. W razie wątpliwości trzeba pytać kogoś z rodziny, jak to zrobić. Materiały są darmowe, ale kawę zawsze można postawić ;)

A jeżeli chodzi o pliki PDF, to można tam znaleźć skrócone PDF-y wszystkich wydanych numerów czasopisma ZE. Natomiast pełne numery są dostępne tylko dla Patronów <https://patronite.pl/Zrozumiec-Elektronike>

Witam,

wspieram Pana na Patronite. Zarejestrowałem się na Patronite jako (...) Proszę o informację, w jaki sposób mogę mieć dostęp do czasopism dostępnych dla Patronów. Pozdrawiam

**Robert**

Osoby, które się właśnie zarejestrowały, mogą ze strony <https://patronite.pl/Zrozumiec-Elektronike/posts> pobrać to, co jest aktualnie dostępne, czyli bieżący numer styczniowy i gratisowo dwa numery: poprzedni oraz grudniowy z roku 2022 (12/2022). Później, gdy ukazą się kolejne numery czasopisma, otrzymają e-mailem informację z linkiem do pobrania. Więcej informacji na mojej stronie: <https://piotr-gorecki.pl/>

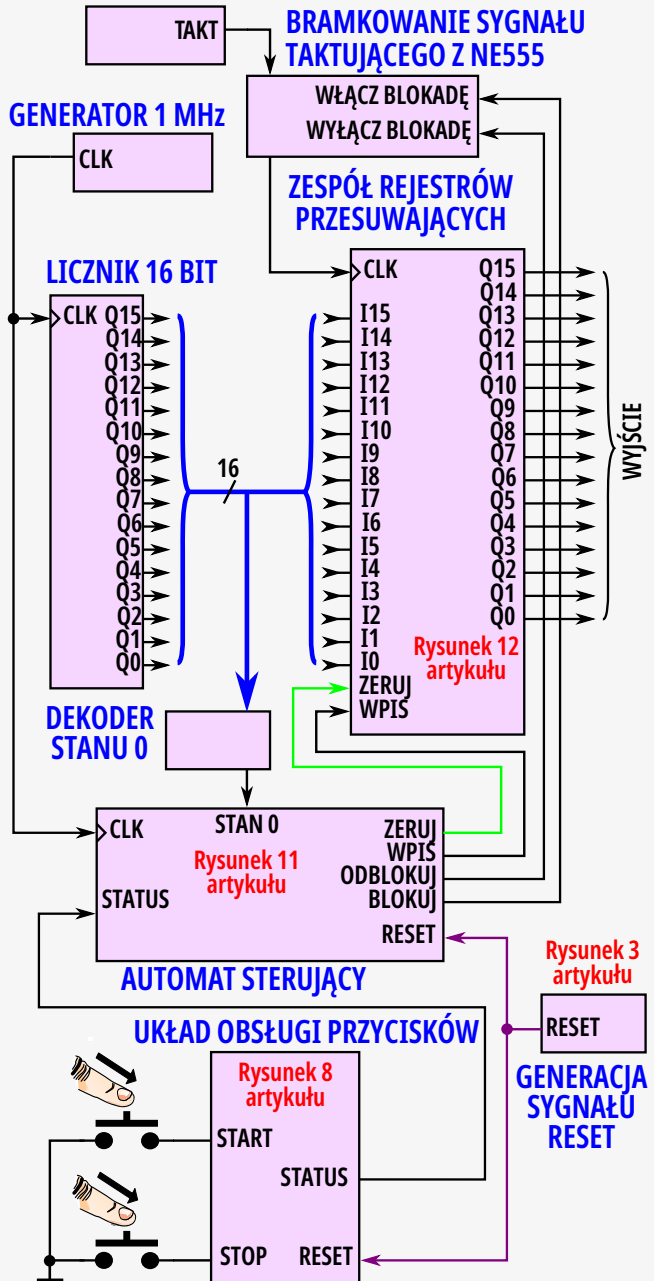
**Paweł Pawłowicz** napisał:

(...) Przy okazji: szkoda, że Pan Andrzej zapowiedział zakończenie serii o układach cyfrowych. Może by tak jeszcze parę słów o tym, które wyjścia rejestrów przesuwających podłączyć do układu resetującego (U75 na rysunku 9). W kwestii „zastosowania w innych dziedzinach” mogłoby tu być coś o wielomianach Galois. Tylko czy da się to opisać w sposób strawny dla „normalnego człowieka”?

Autor artykułu, **Andrzej Pawluczuk** odpowiedział:

No rzeczywiście, poruszony problem wymaga wyjaśnienia. Przyglądając się rysunkom można się „pogubić”. Schemat został podzielony na bloki funkcjonalne, których schematy są odrębnymi rysunkami. Próba zawarcia całości w jednej czę-

**GENERATOR NA NE555**



ści stworzyłaby rysunek o pokaźnych rozmiarach i finalnie byłaby mało czytelna (mając do dyspozycji jedynie arkusz w formacie A4). Z drugiej strony posługiwanie się etykietkami łączników między fragmentami schematu jest dobrym rozwiązaniem, jednak należy dbać o jednoznaczność. Nazwa etykietki Reset wystąpiła w dwóch znaczeniach: sygnału zerującego ustawiającego stan początkowy całości oraz sygnału zerowania rejestrów przesuwających. Taki schemat złożony w artykule zawierał rysunek 2, który w wersji poprawionej przedstawiony jest powyżej:

Zadaniem sygnału Reset (wygenerowanym w oparciu o bramki 74HCT132, rysunek 3 w artykule) jest przede wszystkim wyzerowanie rejestru

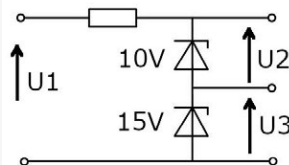
stanu automatu (przerzutniki typu D na rysunku 11 artykułu) oraz ustawienie w stan pasywny przerzutnika RS (rysunek 8 artykułu). Zespół rejestrów przesuwających natomiast jest zerowany (wejścia 1 układów 74HCT194, rysunek 9 artykułu) sygnałem generowanym przez automat sterujący (wyjście: pin 15 układu 74HCT138, rysunek 12 artykułu).

**Andrzej Pawluczuk**

Otrzymałem następujący bardzo interesujący list, związany z jednym z moich ostatnich filmów:

*Dzień dobry Panie Piotrze, początek nowego roku i wejście w 20. rok kariery inżyniera elektronika przypomniał mi czasy przejścia przez system edukacji. Z uśmiechem przypomniałem sobie pierwsze na studiach ćwiczenia z elektroniki, gdzie prowadzący przedstawił załączone zadanie. Chodziło o określenie i narysowanie przebiegu napięcia na dwóch różnych diodach Zenera, połączonych szeregowo, zasilonych przez rezystor ze źródła o linio-wo narastającym napięciu.*

*Wartość rezystancji nie jest kluczowa, założmy, że zapewnią przepływ prądu odpowiedni dla prawidłowego działania diod.*



*Ku mojemu zdziwieniu, [według wykładowcy] prawidłowe rozwiązanie tego problemu miało polegać na tym, że napięcie najpierw będzie narastać na jednej diodzie, do jej napięcia Zenera, a następnie na drugiej, do osiągnięcia napięcia Zenera tej drugiej diody [jak na rysunku obok]. Kojarzyło mi się to wówczas z jakimś podejściem „hydraulicznym”, gdzie po napełnieniu jednego zbiornika woda zaczyna się przelewać do następnego... Zupełnie odbiegało to od mojej intuicji. Będąc zawsze bardziej praktykiem niż teoretykiem, pomyślałem, że może nie wiem czegoś zakopanego pod równaniem Shockleya, fizyką kwantową i barierami potencjału. Moje 21-letnie „ja” przeszło wówczas w tryb dwulatka, zadając pytanie „a dlaczego?” Odpowiedzi satysfakcjonującej nie uzyskałem, natomiast temat przestałem drążyć po krótkiej wymianie zdań z prowadzącym, gdyż okoliczności ewidentnie zmierzały w kierunku przyspieszonego opuszczenia sali zajęć... Nieskromnie dodam, że na te zajęcia udało mi się jeszcze tylko jeden raz. Po rozwiązaniu jakiegoś innego zadania prowadzący stwierdził, żebym więcej nie przychodził, bo mam już zaliczone.*

*Wracając do naszego „uczelnianego” przypadku, chciałbym zaproponować jego analizę Czytelnikom, może jako zadanie z serii „Policz”. Dla utrudnienia nie napiszę, jak widziałem prawidłowe rozwiązanie*

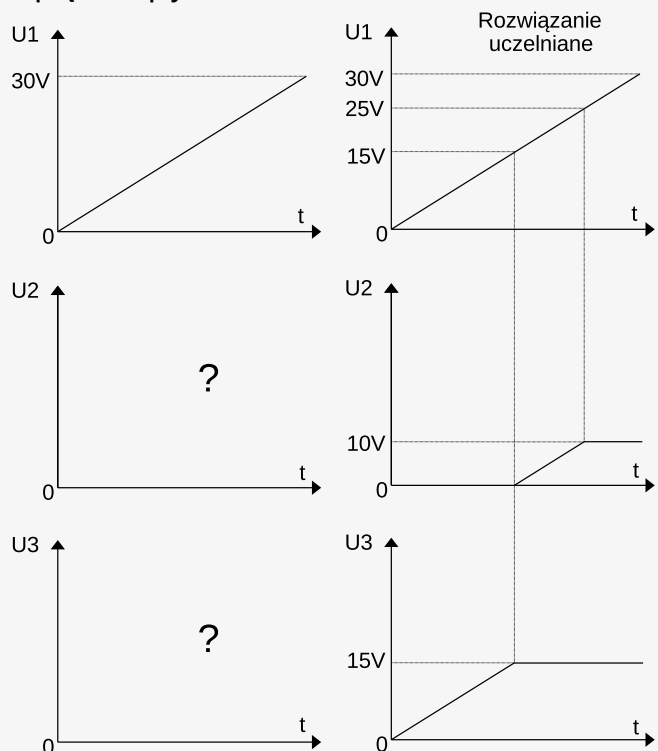
*ponad 20 lat temu. Może jedynie zasugeruję, że odrzucam czekanie napięcia jednej diody na drugą. Dla jeszcze większego utrudnienia mogę dodać, że udało mi się na drodze symulacji komputerowych uzyskać wyniki zbliżone zarówno do moich przemyśleń, jak i do stanowiska prowadzącego ówczesne ćwiczenia. Wykorzystałem do tego różne modele rzeczywistych diod Zenera.*

*Abstrahując od sensowności tych rozważań, chętnie poznałbym przemyślenia innych osób, czy to bardzo doświadczonych, czy dopiero zaczynających przygodę z elektroniką. Proponuję zastanowić się, czy na wynik wpływa samo napięcie Zenera diod, w sensie występowania zjawiska Zenera, czy zjawiska przebicia lawinowego? Jak na wyniki wpłynęłaby szybkość narastania napięcia (brak takich danych w zadaniu)? Jak wpłynie na wynik zastosowanie tego samego typu diod (różniących się tylko napięciem Zenera), a jak diod różnego rodzaju (np. o różnej mocy)? Ostatecznie, czy można przeprowadzić eksperymentalny pomiar tego zjawiska i czy łatwo byłoby to zrobić? Na co należałoby zwrócić uwagę przy pomiarach? Raczej nie marzę o odpowiedzi typu „o tu, z tej zmiennej w tym równaniu to wynika”, choć być może osoby dysponujące taką wiedzą teoretyczną też się znajdą.*

*Serdecznie pozdrawiam i życzę wszystkiego co najlepsze w 2024 r.*

**Paweł Hadam**

W mojej odpowiedzi zwróciłem uwagę na wybitnie teoretyczny charakter zadania i całkowite odewrwanie od praktyki, a w szczególności od problemu prądów upływu obu diod.



Napisałem, że akademicka odpowiedź ma sens, gdy dotyczy realnego modelu z dołączonym jednym woltomierzem (U2) a bez woltomierza U3, ewentualnie z woltomierzem U2 o rezystancji dużo mniejszej niż U3.

Napisałem, że obawiam się przedstawić tego w postaci zadania w czasopiśmie, bo spodziewam się „dziwnych odpowiedzi”, w tym od zwolenników „free energy” i innych teorii spiskowych. Boję się, że postawienie tego jako zadanie może odwrócić uwagę od tego, co najważniejsze, a może popchnąć na ślepe tory jałowych rozważań teoretycznych i bardzo ułomnych, wprowadzających w błąd analogii.

Napisałem, że różnym niepełnym analogiom, w tym hydraulicznej, Drudego oraz przestarzałej (bo prawie 160-letniej) analogii Maxwella, zamierzam poświęcić jeden z następnych filmów serii B0xx. Po tem otrzymałem drugi e-mail:

*Dziękuję za odpowiedź Panie Piotrze.*

*To było takie czysto teoretyczne zadanie na tablicy, nikt niczego nie mierzył i niczego nie podłączał. Wtedy miałem wrażenie, że prowadzący traktuje te elementy jako idealne, co chyba w zasadzie sprowokowało moje pytanie, skąd na jednej diodzie napięcie, a na drugiej nie, przecież prąd nie płynie... W praktyce oczywiście wiele pasożytniczych cech elementów ma wpływ. Nie wspomnę o rezystancji woltomierzy czy sondy oscyloskopu, gdybyśmy chcieli to faktycznie mierzyć. I to jest właśnie przykład bezsensowności tego zadania: po co komu liczyć napięcie, którego i tak się nie da wykorzystać w praktyce, bo samo podłączenie się do niego, nawet megaomami, zmienia punkt pracy. No, ale na uczelni zdarzyło mi się też pisać programy w C na kartce i kompilować w głowie, więc...*

*Intuicja mi wtedy podpowiadała, że wskutek ułomności rzeczywistych elementów (prądy upływu) te napięcia powinny się jakoś proporcjonalnie rozłożyć, wzrastając od samego początku od zera do  $U_z$  danej diody. I to się mniej więcej zgadza z symulacją, jeśli weźmiemy modele różniące się tylko  $U_z$ . Jeśli się diody znacznie różnią, to idziemy w kierunku rozwiązania z uczelni, choć nigdy tak książkowo.*

*Po zastanowieniu stwierdzam, że faktycznie ma Pan rację, że to za skomplikowany i za bardzo wydumany temat na zadanie dla Czytelników. Niech się zajmą praktycznymi tematami, a nie rozważaniem teorii wydumanej przez osoby, które się nigdy lutownicą nie oparzyły. Myślę, że jakość kształcenia na uczelniach czy w szkołach technicznych to też dobry temat, ale na osobny artykuł i chyba w innym periodyku. Przeprowadzając w ciągu ostatnich lat wiele rozmów rekrutacyjnych stwierdzam, że nic się w tym zakresie nie zmienia. Dawniej, jak człowiek się chciał nauczyć,*

*to musiał sam o to zadbać, teraz jest tak samo, tylko łatwiej ze względu na dostępność materiałów. Tylko z kolei mam wrażenie, że spada umiejętność wyszukiwania informacji... To już zabrzmiało trochę jak „a za moich czasów” :)*

*(...) często łatwo złapać się na „wynalezienie” jakiegoś noblowskiego zjawiska wskutek... niedoskonałości przyrządów pomiarowych. Ostatnio właśnie mój zespół zmuszony był powtórzyć testy pewnego źródła prądowego, ponieważ w wynikach pomiarów pojawiały się jakieś dziwne skoki napięcia. A winnym był, jak to często bywa, czynnik ludzki, który pozostawił amperomierz w trybie automatycznej zmiany zakresu. Przy zmianie nastawy prądu badanego urządzenia, przełączanie bocznika w multimetrze generowało dziwne impulsy napięcia wyjściowego. Prawo Ohma ciągle działało... To też dobry temat na artykuł :)*

Pozdrawiam  
**Paweł Hadam**

*Witam Panie Piotrze – tu Andrzej (...)*

*Posiadam w domu sporo plików PDF nierozpoznanych jeszcze za pomocą OCR-a, tzn. w postaci obrazów w PDF przy pomocy narzędzi takich jak Finereader 9.0. Udało mi się rozpoznać język czeski lub włoski pojedynczego jpeg-a. Na 16 stronie **selezione radio** musiałem interweniować w programie osobiście w rozpoznanie schematu i płytki jak obiektu obrazu. (...) a oto rezultaty tłumaczenia przez google tłumacz na stronie google – pliki z pl w nazwie. (...)*

*Na razie z tego co próbowałem, to google lepiej tłumaczy niż Militalize PDF Translator. Ale google translator pogubił się we wzorach fizyczno-matematycznych w 10 stronie Amaterske Radio 1952 01 02*

*Chciałem się pochwalić małymi rezultatami mojej pracy :)*

**Andrzej (...)**

*Pogratulowałem osiągnięć, bo faktycznie, programy OCR wprawdzie są coraz lepsze, ale nadal nie radzą sobie z licznymi szczegółami w tekstach technicznych, zwłaszcza w mniej popularnych językach.*

*Zwróciłem też uwagę na kwestię praw autorskich. Później otrzymałem drugi list:*

*(...) [W pierwszym e-mailu] chciałem tylko poinformować Pana o możliwościach współczesnej technologii. Że nie wszystko jest jeszcze idealne (...)*

*Dziękuję za poinformowanie mnie o prawach autorskich. (...) mógłbym w przyszłości popełnić ten błąd i opublikować te czasopisma przetłumaczone [automatem]. Jeszcze raz dziękuję za wyprowadzenie mnie z tego błędu!*

**Andrzej**

Hello Piotr,

tak a propos wzmacniaczy magnetycznych. W tak niedawnej (dla nas), klasycznej telekomunikacji, wzmacniacze magnetyczne były wykorzystywane w układach zasilania m.in. central telefonicznych. Na przykład CA Opole była zasilana z 4 zasilaczy 50 V 200 A/250 Ap, pracujących równolegle, zbudowanych z użyciem właśnie wzmacniaczy magnetycznych – transduktorów. Ciekawostką jest to, że sterowane one były za pomocą układu sześciu AFAIR, połączonych szeregowo (!) tranzystorów TG72 na wielkim radiatorze. Oczywiście, psuło się to dość często. Proponowałem próbę wykonania sterowania na jednym 2N3055, połączonym z germanowym tranzystorem PNP w układzie Sziklai'ego, ale się nie zgodzili.

Jednak najciekawsze jest coś innego - wzmacniacz magnetyczny znajdziesz w każdym zasilaczu PC/ATX - jest w gałęzi 3.3V, zasilanej z uzwojeń transformatora 5V. Jest zrealizowany na bazie dławika na rdzeniu zazwyczaj z materiału 3R1 Ferroxcube, ma pojedyncze uzwojenie. Regulacja przebiega w fazie off, stałym, niewielkim prądem w przeciwnym kierunku. Bardzo prosty i skuteczny układ. Na przykładowym schemacie obok wzmacniaczem magnetycznym jest dławik L2. (...)

**RoMan**

Jeden ze stałych współpracowników czasopisma ZE, **Marian Gabrowski** napisał:

(...)

Mam pewne pytanie do działu „Skrzynka pytań i odpowiedzi”. Otóż w kilku swoich tekstach porusza Pan tematykę zasilania modułów Peltiera. Pojawia się wówczas uwaga, że „przez moduł Peltiera powinien płynąć »gładki« prąd stały, a nie impulsy prądowe. Ogólnie przyjmuje się, że przy sterowaniu impulsowym tętnienia prądu nie powinny przekraczać 10% jego maksymalnej wartości”.

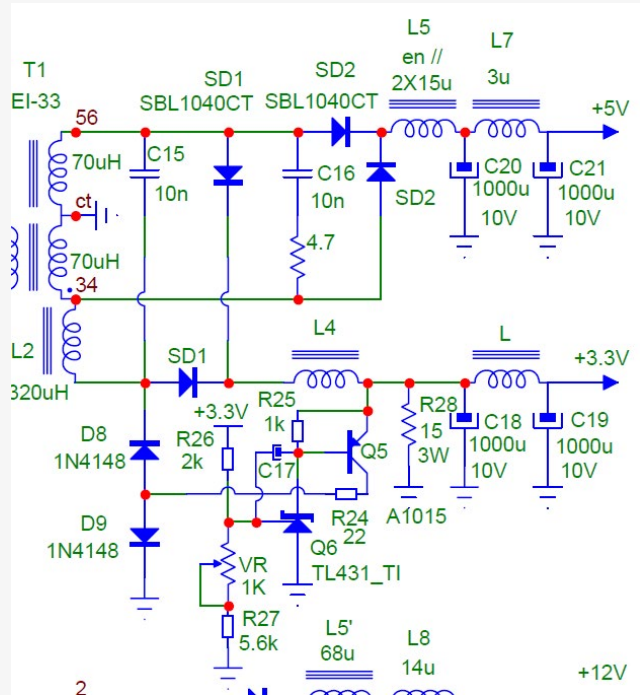
Ale dlaczego? Z jakiego powodu moduły te „nie lubią” takiego zasilania? I co się stanie, jeśli zignorujemy to zalecenie i zdecydujemy się na sterowanie PWM?

Pozdrawiam

**Marian Gabrowski**

Odpowiedziałem, że przy sterowaniu impulsowym PWM „peltier” działa, ale efektywność jest znacząco gorsza i wynika to w sumie z zasady działania.

Jednak sterowanie impulsowe pozwala zmniejszyć straty. Są dostępne dedykowane sterowniki impulsowe do „peltierów”. Ale wtedy producenci (i nie tylko) zalecają filtrowanie prądu wyjściowego znacznie skuteczniejsze niż w przypadku wzmacniaczy audio klasy D, właśnie do poziomu



około 10% tętnień.

Podam przykładowe linki:

[https://www.ti.com/lit/an/slva979a/slva979a.pdf?ts=1702904544048&ref\\_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F](https://www.ti.com/lit/an/slva979a/slva979a.pdf?ts=1702904544048&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F)

[http://2005.iccas.org/submission/paper/upload/1final\\_TEC\\_ICCAS2005.pdf](http://2005.iccas.org/submission/paper/upload/1final_TEC_ICCAS2005.pdf)

Napisałem, że dalszych informacji można też samodzielnie poszukać pod hasłem np. peltier pwm driver, i że planuję to zagadnienie omówić szerzej w jednym z następných artykułów. W odpowiedzi przeczytałem:

Jeśli będzie to częścią jakiegoś artykułu, to wycofuję swoje pytanie. Wydaje mi się, że niektórzy Czytelnicy zapewne zastanawiali się, dlaczego tak właśnie się zaleca... Pozdrawiam

**Marian Gabrowski**

Witam serdecznie,

od niedawna jestem czytelnikiem Pańskiego pisma o elektronice. Strasznie się w to wciągnąłem. Inne pisma były dla mnie zbyt techniczne. Cieszę się, że trafiłem na ZE. Mam pytanie, czy jest gdzie wersja na czytniki?

Pozdrawiam

Arkadiusz

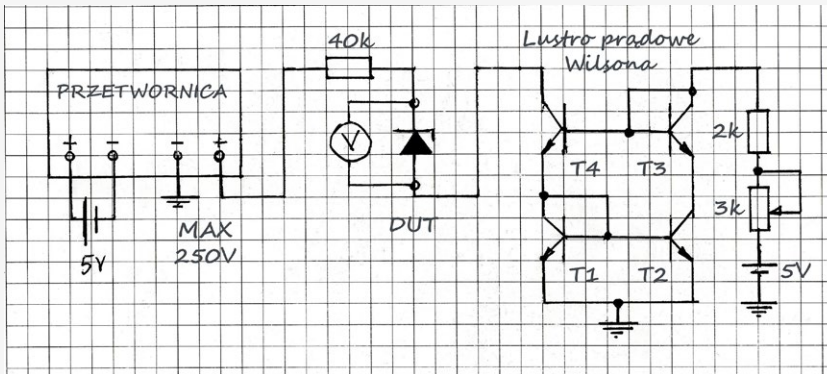
Z początku były takie plany. Nawet przeprowadziłem szereg testów. Okazało się jednak, że zainteresowanie jest bardzo małe, a ponadto inne wydawnictwa rezygnują z wersji epub. Jak dotąd finansowo czasopismo ZE nadal jest „pod kreską”, więc niestety na razie nie będzie wersji na czytniki.



Dzień dobry,

W nawiązaniu do zadania konkursowego z ZE 9/2023 i artykułu w ZE 12/2023 „Wspólnie projektujemy: Tester diod Zenera” chciałem przedstawić rozwiązanie inne niż zaproponowane w rozwiązaniu konkursu. Co prawda konkurs się skończył i nie mam co liczyć na główną wygraną, ale może kogoś to zainteresuje. Przespałem sprawę i nagroda przeszła koło nosa ;) Sam używam testera do LED-ów i wykorzystuję go do pomiaru diod Zenera.

Proponowana koncepcja jest pokazana na rysunku.



W obwód pomiarowy jest włączone lustro prądowe Wilsona. Potencjometr 3 kΩ daje możliwość regulacji prądu. Maksymalne napięcie wyjściowe to 250 V. (...) Przy takim napięciu wyjściowym tranzystory powinny być na minimum 300 V. Na przykład BF 393, MPSA 42 Na tranzystorze T4 będzie się odkładać największa część napięcia. Zależy to od napięcia diody Zenera DUT. Dla diod o małym napięciu (kilka V) to będzie ok. 200 V, a dla diod o dużym napięciu na poziomie 200 V to może być kilkanaście V. W tym układzie nie ma potrzeby regulacji napięcia wyjściowego przetwornicy. (...) W tym przypadku przetwornica zasilana jest napięciem 5 V (to powinno wystarczyć), ale należy zwrócić uwagę na połączenia mas wg przedstawionego rysunku. Problemem może być zastosowanie dwóch oddzielnych źródeł napięcia 5 V. Układ przedstawiony na rysunku ma charakter teoretyczny, nie był sprawdzany praktycznie. (...) Możliwe, że do tego zastosowania przydałaby się inna przetwornica, na napięcie mniejsze niż 1200 V. Może ta propozycja zainteresuje również Pana, jak również wywoła polemikę, której efektem będzie poprawa pokazanego rozwiązania. Pozdrawiam

**Tadeusz Suszał**

Potem w drugim e-mailu dodał:

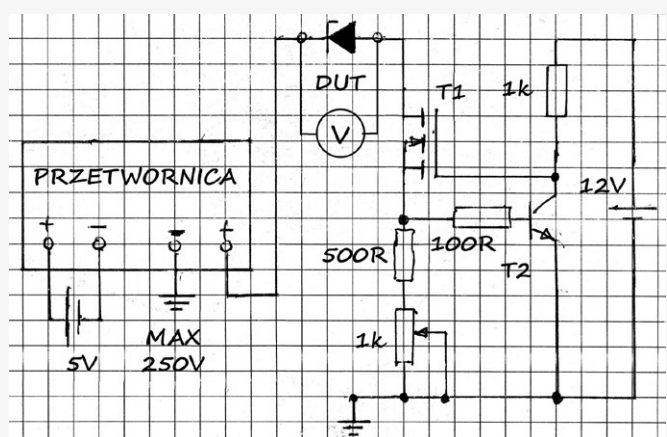
Możliwości wykonania jest wiele. Pomysł z lustrem przyszedł mi ten dlatego, że taki układ zapewni stabilność i kontrolę prądu. Ale czy inne źródła prądowe są pod tym względem gorsze? (...) To by trzeba sprawdzić w praktyce. Przy okazji narysowałem prosty układ źródła prądowego wykorzystany do pomiaru napięcia Zenera, jak na rysunku na dole strony. Też działa i daje możliwość pomiaru napięcia Zenera. Oczywiście T1 MOSFET N musi być na napięcie nie mniejsze niż 300 V.

Jest z czego wybrać, np. IRF723. Głównie chodzi o wartość napięcia dren – źródło, bo wydzielona moc będzie ułamkowa. A prąd płynący przez T1 ma wartość 0,5–1,5 mA. W tych moich rozważaniach (wariantach) przyjąłem, że przetwornica zasilą układ napięciem 250 V. To daje możliwość pomiaru diod Zenera o napięciu 200 V. Oczywiście są diody Zenera na wyższe napięcia, np. 330 V. Wtedy należy (...) dobierać właściwie elementy. (...)

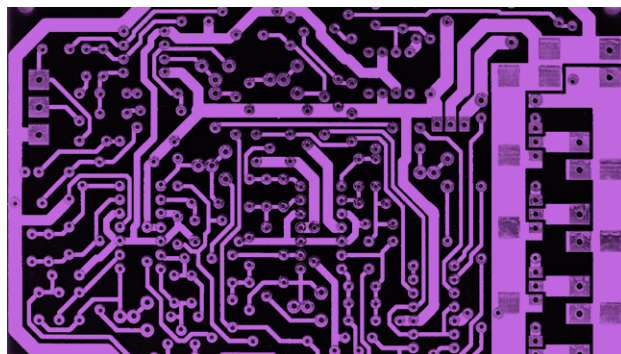
Oba układy nadają się do pomiaru, ale zwróciłem uwagę na pewien problem, dotyczący pomiaru diod o napięciu większym niż napięcie zasilające. Wtedy nie znamy wartości napięcia i próbujemy zmierzyć diodę, której napięcie Zenera przekracza wartość napięcia zasilającego. Voltmierz wskaże nam napięcie zasilające, a nie napięcie Zenera. (...) W tym przypadku należy zwrócić uwagę na wartość prądu (...). W przypadku układu z lustrem Wilsona pomiar prądu w obu ramionach pozwoli stwierdzić, czy nastąpiło przebicie diody przy napięciu Zenera (dioda przewodzi).

Gdy prądy zdecydowanie odbiegają wartością od siebie, pomiar jest fałszywy. W drugim przedstawionym układzie prawidłowy pomiar zależy od napięcia baza – emiter tranzystora T2. Gdy to napięcie ma wartość ok. 0,7 V, to układ pracuje poprawnie. W tym przypadku (prawidłowej pracy) prąd w obwodzie kolektora tranzystora T2 to kilka mA. Gdy jest on rzędu uA i mniej to pomiar jest fałszywy. W tym układzie możemy mierzyć prąd kolektora tranzystora T2 lub jego napięcie baza – emiter. Wydaje się, że najlepiej mierzyć napięcie baza – emiter. Zwłaszcza, że rozłączenie kolektora T2 od bramki T1 jest niebezpieczne. Gdyby w tym miejscu mierzyć prąd z pomocą gniazd pomiarowych. Grozi uszkodzeniem ze względu na wydzieloną moc w poszczególnych elementach. Układ na rysunku zasilany jest ze źródła o napięciu 12 V, ale 5 V też wystarczy (zmniejszyć wartość rezystora w kolektorze T2). W roli T2 może być BC337. Który układ wybrać? Pozostawiam to do wyboru zainteresowanym po rozważeniu wszystkich aspektów. Pozdrawiam

**Tadeusz Suszał**



# Łamigłówki elektroniczne luty 2024



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](mailto: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.**

Jak odpowiesz? 2402

Co to jest? 2402

Zagadka 2402

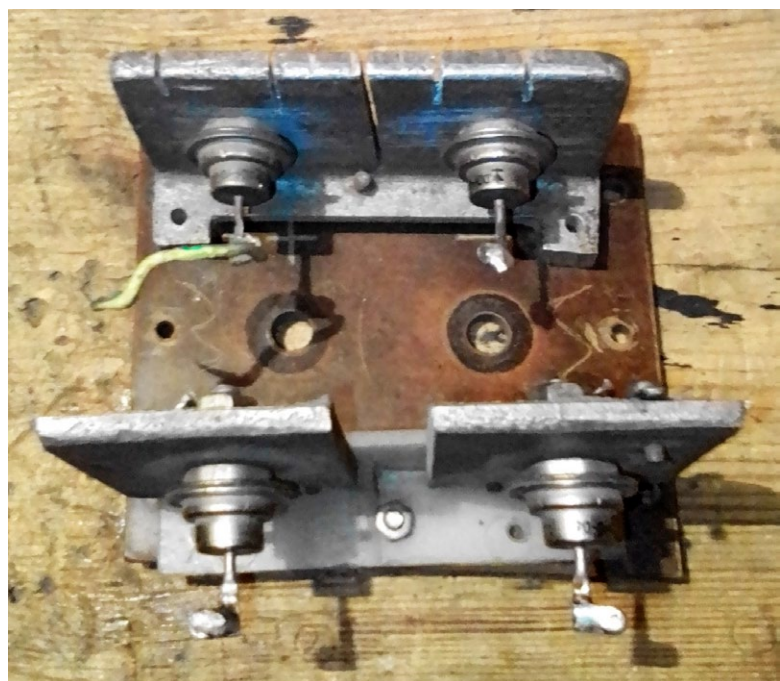
## Jak odpowiesz? 2402

Fotografia obok pokazuje mostek prostowniczy zbudowanych z czterech starych diod i trzech radiatorów.

Pytanie konkursowe brzmi:

***Czy w tamtych czasach można było zbudować mostek prostowniczy z dwoma radiatorami?***

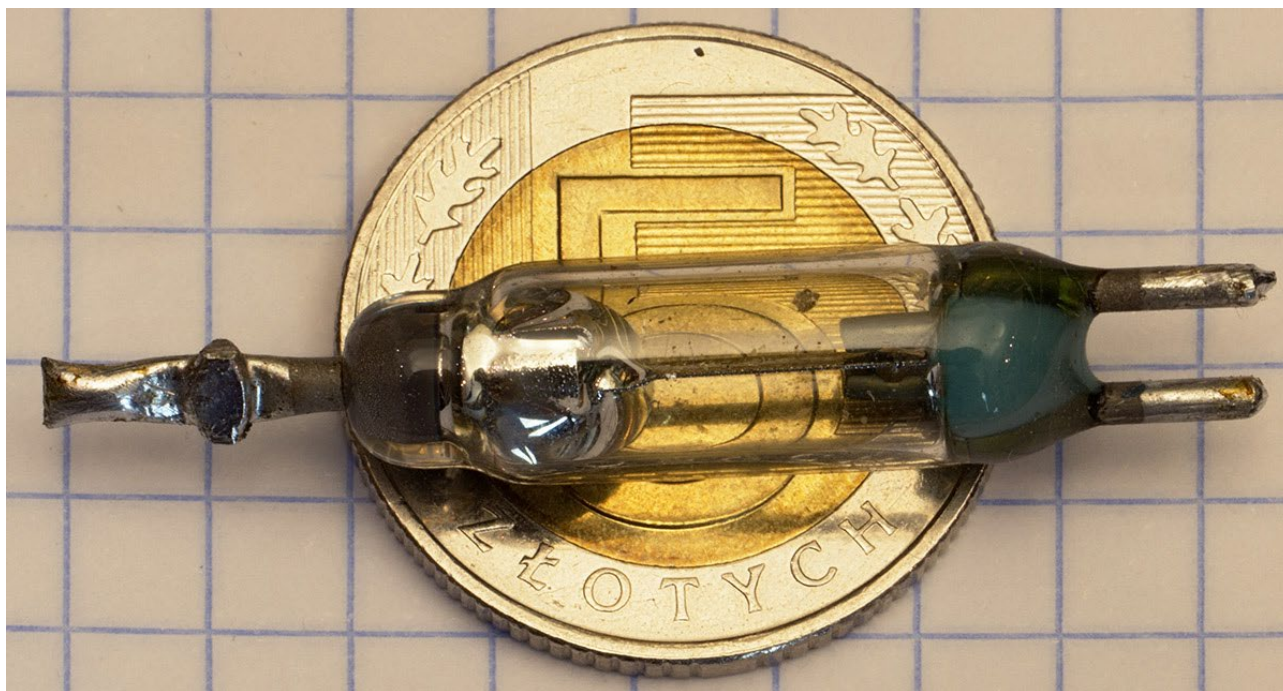
Autorem tego zadania konkursowego jest **Sławomir Skrzyński z Rypina**



Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca lutego 2024 na adres: [konkursy@piotr-gorecki.pl](mailto:konkursy@piotr-gorecki.pl)

## Co to jest? 2402

Na fotografii poniżej przedstawiony jest pewien element. Pytanie konkursowe brzmi:  
**Co to jest i do czego może służyć?**



Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca lutego 2024 na adres: [konkursy@piotr-gorecki.pl](mailto:konkursy@piotr-gorecki.pl)

---

## Zagadka 2402

Dlaczego elektrycy wolą sprawdzać obecność napięcia sieci energetycznej nie za pomocą neonówki czy multimetru, tylko za pomocą zwykłej żarówki lub dwóch połączonych szeregowo żarówek 230-woltowych?

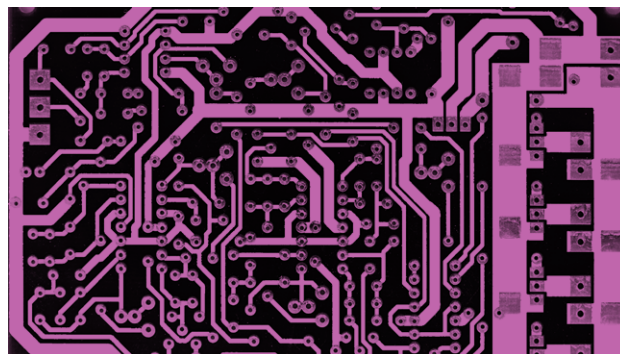
Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca lutego 2024 na adres: [konkursy@piotr-gorecki.pl](mailto:konkursy@piotr-gorecki.pl)

---

**Drogi Czytelniku!**  
**Czy może w tej rubryce zostanie zamieszczona**  
**także jakaś łamigłówka Twojego autorstwa?**  
**Śmiało możesz nadesłać propozycję**  
**łamigłówki i jej rozwiązania!**

# Łamigłówki elektroniczne

## Grudzień 2023



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](mailto: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.**

Rozwiązanie zadania Co to jest? 2312

Rozwiązanie – Policz 2312

Rozwiązanie – Jak odpowiesz? 2312

Rozwiązanie – Zagadka 2312

## Rozwiązanie zadania Co to jest? 2312

W grudniu postawione zostało następujące zadanie konkursowe:

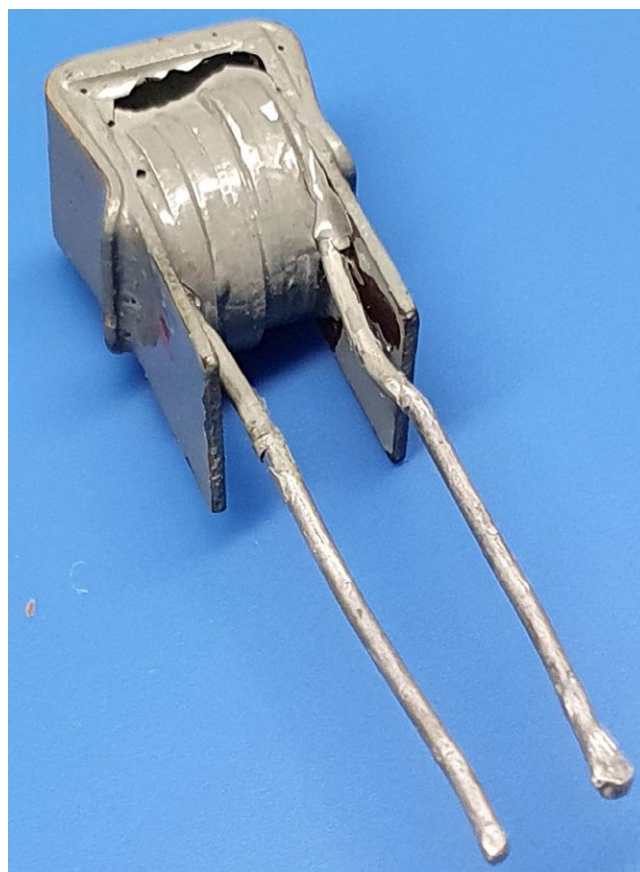
Na **fotografii obok** pokazany jest pewien stary element elektroniczny. Zadanie do łatwych nie należy, więc pytanie konkursowe brzmi:

**Co to może być?**

Konkurs jest zamknięty – rozwiązania można było nadsyłać do końca grudnia.

Oto rozwiązanie konkursu. Ponieważ zadanie było bardzo trudne, dlatego pytanie brzmiało: „Co to może być?”, a nie „Co to jest?”. Oprócz nietrafnych odpowiedzi, że jest to *cewka, bateria, trzy akumulatory 1,2V, termistor, elektromagnes*, napłynęły także prawidłowe, że jest to **stos selenowy**, a jeden ze stałych uczestników napisał: *Na zdjęciu jest prostownik selenowy, pomalowany na szaro. Typ: SPS-2-40-C5. Maksymalne skuteczne napięcie przemienne wynosi 40 V, natomiast prąd obciążenia to 5 mA. Pozdrawiam* ☺

Autorem tego zadania konkursowego jest **Paweł Pawłowicz z Wrocławia.**



# Rozwiązanie – Policz 2312

W grudniu postawione zostało następujące zadanie konkursowe:

Z obliczeń wynika, że do pewnego układu potrzebna jest rezystancja 51,7 kilooma. Tak się składa, że w zapasach wśród mnóstwa rezystorów o najróżniejszych wartościach, mamy tylko rezystory o najbliższych nominałach 47 kΩ oraz 56 kΩ.

Pytanie konkursowe jest takie:

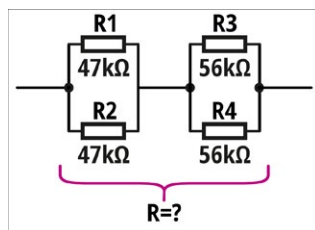
**Jak uzyskać potrzebna rezystancję, łącząc szeregowo lub równoległe dwa rezystory?**

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

Na początek stwierdzenie jednego ze stałych uczestników, który napisał:

Moim zdaniem z dwóch rezystorów nie da się uzyskać potrzebnej rezystancji.

Dlatego też potrzebne będą cztery rezystory połączone według rysunku zamieszczonego obok.

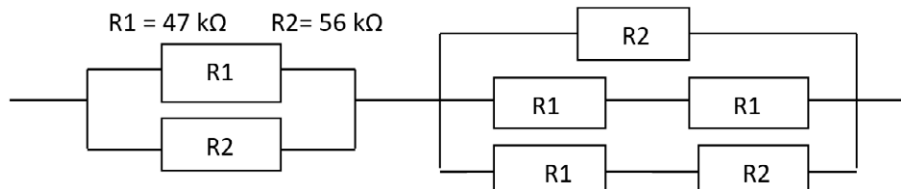


I teraz sobie wyliczymy rezystancję dla powyższego układu:

$$R = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2} + \frac{R3 \cdot R4}{R3 + R4} = \frac{47 \text{ k}\Omega \cdot 47 \text{ k}\Omega}{47 \text{ k}\Omega + 47 \text{ k}\Omega} + \frac{56 \text{ k}\Omega \cdot 56 \text{ k}\Omega}{56 \text{ k}\Omega + 56 \text{ k}\Omega} = \frac{2209 \text{ k}\Omega}{94 \text{ k}\Omega} + \frac{3136 \text{ k}\Omega}{112 \text{ k}\Omega} = 23,5 \text{ k}\Omega + 28 \text{ k}\Omega = 51,5 \text{ k}\Omega$$

W ten sposób uzyskaliśmy wynikową rezystancję o wartości 51,5 kΩ. Pozdrawiam (...)

Inny stały uczestnik zaproponował jeszcze bardziej rozbudowaną sieć:



$$R = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2} + \frac{R2 \cdot 2 \cdot R1 \cdot (R1 + R2)}{(R2 \cdot 2 \cdot R1 + 2 \cdot R1 \cdot (R1 + R2) + R2 \cdot (R1 + R2))}$$

$$R = \frac{47 \cdot 56}{47 + 56} + \frac{56 \cdot 2 \cdot 47 \cdot (47 + 56)}{(56 \cdot 2 \cdot 47 + 2 \cdot 47 \cdot (47 + 56) + 56 \cdot (47 + 56))}$$

$$R = 25,55 + 26,17 = 51,72 \text{ k}\Omega$$

Te rozwiązania rzeczywiście pozwalają uzyskać wartości rezystancji bardzo bliskie pożądanej 51,7 kilooma. Tylko warto się zastanowić, jaka jest nasza codzienna praktyka. W zadaniu nieprzypadkowo było powiedziane: w zapasach wśród mnóstwa rezystorów o najróżniejszych wartościach, mamy tylko rezystory o najbliższych nominałach 47 kΩ oraz 56 kΩ.

A nominały 47 i 56, pochodzące z 5-procentowego szeregu E24 sugerują, że nie są to rezystory precyzyjne. A jeżeli nie precyzyjne, tylko „zwykłe” o tolerancji ±5%, to zapewne mają też znaczący, lub nawet duży, współczynnik cieplny TCR, być może dużo większy niż ±100 ppm/°C (±0,01%/°C). Czyli posiadane rezystory najprawdopodobniej nie są stabilne i przy zmianach temperatury o 10 stopni zmieniają rezystancję więcej, być może dużo więcej, niż o 0,1%.

Nawet jeżeli w jakikolwiek sposób na ich podstawie złożymy zestaw o rezystancji niemal dokładnie równej 51,7 kilooma (powiedzmy z tolerancją lepszą niż 0,01%), to niewątpliwie wartość ta zmieni się, jak mówimy „rozjedzie się” z czasem i pod wpływem temperatury.

Już to wskazuje, że nie ma praktycznego sensu próba dobrania wartości 51,7 kilooma z bardzo dużą dokładnością. Właśnie dlatego w zadaniu było powiedziane, że należy połączyć dwa rezystory. Czyli albo do rezystora 47 kΩ dołączyć w szereg rezystor 4,7 kilooma, albo równoległe do 56-kiloomowego dołączyć rezystor 680 kiloomów. Rezystory 4,7 kΩ i 680 kΩ prawdopodobnie znajdziemy wśród mnóstwa rezystorów o najróżniejszych wartościach, jakie mamy w swoich zapasach. ▣

## Rozwiązanie – Jak odpowiesz? 2312

W grudniu postawione zostało następujące zadanie konkursowe:

W układzie potrzebny jest dzielnik napięcia składający się z dwóch jednakowych rezystorów. Zastosujemy w nim dwa dobre rezystory metalizowane o tolerancji  $\pm 0,1\%$ . Zastanawiamy się, jaka będzie tolerancja podziału napięcia. Czy też wyniesie  $\pm 0,1\%$ ? Czy może  $\pm 0,2\%$  z uwagi na obecność dwóch rezystorów, których odchyłki mogą być przeciwne? Czy może będzie jeszcze inna? Niezmiennie zadanie konkursowe jest takie:

### Jak odpowiesz na postawione pytania?

Konkurs jest zamknięty – rozwiązania można było nadsyłać do końca grudnia. Oto rozwiązanie konkursu, który był bardzo trudny.

Prawie wszystkie nadesłane odpowiedzi zawierały błędną opinię, że (...) tolerancja podziału napięcia wyniesie  $\pm 0,2\%$ .

Tylko jeden ze stałych uczestników nadesłał nieco obszerniejsze obliczenia pokazane na **rysunku 1**. Rysunek ten zawiera prawidłową odpowiedź na postawione pytanie, co jest wskazane fioletowymi strzałkami. Jednak w rozwiązaniu nie ma bezpośredniej odpowiedzi.

A tymczasem ta odpowiedź jest mocno zaskakująca! Otóż intuicja podpowiada, że jeżeli tolerancje mają przeciwne znaki, to się sumują! Oczywiście wydaje się, że jeżeli jeden z rezystorów dzielnika będzie

miał tolerancję  $+0,1\%$ , a drugi  $-0,1\%$ , to błąd podziału dzielnika wyniesie  $0,2\%$ . Otóż NIE! Nie zawsze.

A przynajmniej nie w tym przypadku!

Fioletowe strzałki na rysunku 1 wskazują, że przy rezystorach o przeciwnej tolerancji ( $+0,1\%$ ,  $-0,1\%$ ), **błąd podziału napięcia wyniesie  $0,1\%$ , a nie  $0,2\%$ , jak większości z nas podpowiada intuicja!**

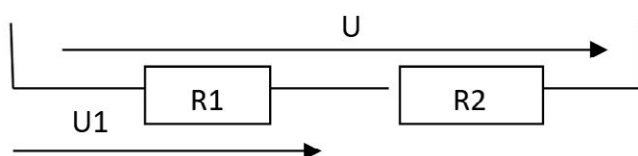
To jest duże zaskoczenie nawet dla doświadczonych elektroników!

A jeszcze większym zaskoczeniem jest fakt, że zupełnie inaczej będzie, gdy wartości rezystorów dzielnika nie będą jednakowe (pomijając tolerancję), tylko gdy ich wartości będą się zdecydowanie różnić.

W ramach indywidualnych ćwiczeń warto przeprowadzić podobne obliczenia dla rezystorów, których wartości różnią się bardzo dużo, o kilka rzędów wielkości. Na przykład warto policzyć, jaka będzie tolerancja (maksymalny błąd) dzielnika  $1000:1$  składającego się z rezystorów  $1\text{ M}\Omega +0,1\%$  oraz  $1\text{ k}\Omega -0,1\%$ ? Czy błąd też wyniesie  $0,1\%$ , ja w przypadku z rysunku 1, czy może będzie inny?

A jak to będzie wyglądać w jeszcze innym przypadku, gdy wartości rezystorów będą różnić się niewiele, na przykład w dzielniku  $4:1$  składającym się z rezystorów  $3\text{ k}\Omega +0,1\%$  oraz  $1\text{ k}\Omega -0,1\%$ ?

Zachęcam do przeprowadzenia takich lub podobnych obliczeń! A może ktoś zbada i wyjaśni to intrygujące zagadnienie dokładniej? ▣



Założenia :

$R1 = R2 = R$  ( dla tolerancji  $0\%$ )

P1 - tolerancja  $\pm 0,1\%$  dla R1

P2 - tolerancja  $\pm 0,1\%$  dla R2

$$R1 = R + R \cdot p1 / 100 = R \cdot (1 + p1 / 100)$$

$$R2 = R + R \cdot p2 / 100 = R \cdot (1 + p2 / 100)$$

$$U1 = U \cdot R2 / (R1 + R2) = U \cdot R \cdot (1 + p2 / 100) / (R \cdot (1 + p1 / 100) + R \cdot (1 + p2 / 100))$$

$$U1 = U \cdot (100 + p2) / (200 + p1 + p2)$$

$$U1 / U = (100 + p2) / (200 + p1 + p2)$$

Jak widać z powyższego wzoru  $U1/U$  zależne jest tylko od tolerancji rezystancji R.

W tabeli przedstawiono wartość  $U1/U$  w zależności od różnych wartości użytych rezystancji R

	1	2	3	4	5
P1 (%)	0	+0,1	+0,1	-0,1	-0,1
P2 (%)	0	+0,1	-0,1	+0,1	-0,1
U1/U	0,5	0,5	0,5005	0,4995	0,5

Wniosek :

Jeżeli tolerancje R1 i R2 są takie same to napięcie wyjściowe nie zmienia się (kolumna 1,2,5).

Dla tolerancji o różnych znakach napięcia będą się różniły jak widać w tabeli (kolumna 3 i 4)

Rysunek 1

## Rozwiązanie – Zagadka 2312



W grudniu postawione zostało następujące zadanie konkursowe:

*Na fotografii pokazane są dwa rodzaje kondensatorów o różnych nominałach, które ostatnio kupiłem, by sprawdzić, czy rzeczywiście mają właściwości deklarowane na stronie internetowej sprzedawcy. Konkretnie chodzi o literkę A w oznaczeniu. Wyniki moich testów oraz informacje katalogowe przedstawię oddzielnie, a na razie rozwiążmy zagadkę. Pytanie konkursowe jest takie:*

**Co to za kondensatory i jakie mają właściwości?**

Konkurs jest zamknięty – rozwiązania można było nadsyłać do końca grudnia. Oto rozwiązanie konkursu.

Kilku uczestników trafiło w sedno sprawy stwierdzając, że chodzi o kondensatory o dobrych parametrach i wąskiej tolerancji. Jeden ze stałych uczestników napisał:

*Kondensatory po lewej stronie to kondensatory styrofleksowe (polistyrenowe) produkcji Siemens. Mają bardzo dobrą stabilność pojemności i świetnie nadają się w zastosowaniach na niskich jak i wysokich częstotliwościach. Często są elementem obwodów rezonansowych oraz filtrów elektronicznych.*

*Natomiast po prawej stronie mamy kondensatory osiowe (aksjalne) prod. WIMA. Są one polecane do zastosowań w sprzęcie audio.*

*Pozdrawiam  
 Mirosław*

Rozszerzę nieco tę odpowiedź i kontekst postawienia tego zadania. Otóż na łamach ZE mamy sporo artykułów o dokładnych pomiarach. Przygotowuje kolejne, między innymi dotyczące wzorców. Głównie amatorskich wzorców napięcia oraz wzorców rezystancji, ale też amatorskich wzorców pojemności.

O ile powszechnie dostępne są bardzo stabilne rezystory, a ograniczeniem jest tylko cena, odzwierciedlająca parametry, o tyle z kondensatorami jest kłopot. Kłopot dotyczy nie tylko hobbystów.

Dla wielu hobbystów wystarczająco dokładnym wzorcem do sprawdzania wskazań mierników będą rezystory i kondensatory o najwyższej tolerancji.

Oczywiście lepiej byłoby takie elementy indywidualnie zmierzyć, ale jest problem jak, czym i gdzie?

Rysują się pomału takie możliwości dla Czytelników ZE, ale dla wielu wystarczyłoby po prostu element o wąskiej tolerancji w roli wzorca.

Bez problemu można kupić rezystory o tolerancji  $\pm 0,1\%$ , a nawet lepszej i o współczynniku cieplnym  $\pm 5$  ppm/ $^{\circ}\text{C}$ , a nawet dużo mniejszym.

Natomiast na rynku nie są dostępne kondensatory o tolerancji lepszej niż  $\pm 0,5\%$  i o współczynniku cieplnym lepszym niż  $\pm 30$  ppm/ $^{\circ}\text{C}$ , czyli  $\pm 0,003\%/^{\circ}\text{C}$ . Siemens i Philips od dawna oferowały kondensatory styrofleksowe, ale największa tolerancja to  $\pm 1\%$ . Krajowy MIFLEX produkował styrofleksowe kondensatory o tolerancji  $\pm 0,5\%$ . Natomiast WIMA MKB3 to bardzo interesujące kondensatory poliwęglanowe.

Literka F w oznaczeniu wskazuje na tolerancję  $\pm 1\%$ , literka D na tolerancję  $\pm 0,5\%$ . Pokazane na fotografii kondensatory mają w oznaczeniu literkę A. Sprzedawca, opierając się na powszechnie dostępnych tabelach, w ich opisie zamieścił informacje, że są to kondensatory o tolerancji  $0,05\%$ .

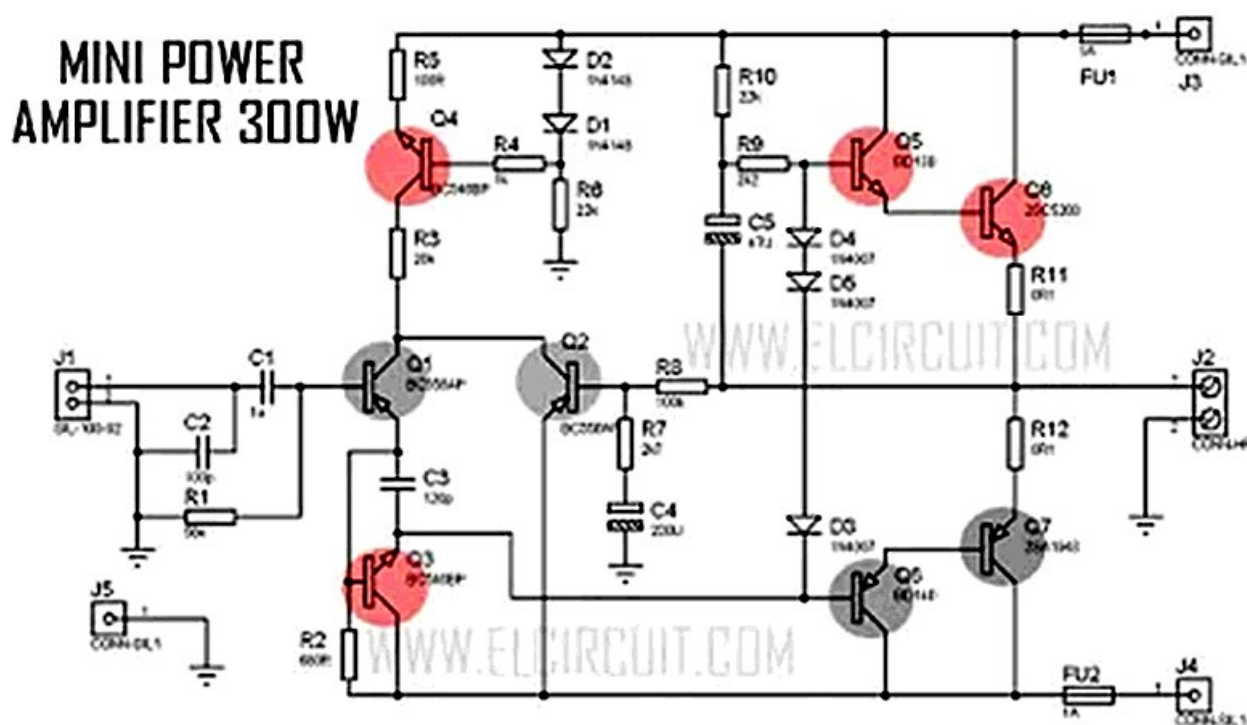
Gdyby tak było, byłyby to wręcz idealne kondensatory do amatorskich wzorców pojemności!

Sprzedawca ten ma w ofercie mnóstwo różnych interesujących rezystorów i kondensatorów, po części z jakichś resztek produkcyjnych z zakładów przemysłowych. A rozmaite zakłady przemysłowe, zwłaszcza realizujące produkcję specjalną dla wojska, lotnictwa, itp., mogły zamówić u producentów elementy selekcyjonowane o bardzo wąskiej tolerancji, a potem pozbyły się resztek produkcyjnych.

Dlatego zakupiłem kilkanaście nominałów kondensatorów z literką A w oznaczeniu. Niestety, okazało się, że nie oznacza ona tolerancji  $0,05\%$ , tylko „tolerancję inną”. ▣

# Tropimy błędy: Wzmacniacz audio o mocy 300 watów

W Internecie można znaleźć mnóstwo schematów budzących większe lub mniejsze wątpliwości. Niektóre są ewidentnie błędne i bezwartościowe. Inne mają jakąś wartość, ale zawierają usterki i niedoróbki. Jeszcze inne nie są błędne, tylko całkiem przestarzałe. Jak ocenisz schemat pokazany na poniższym rysunku?



Źródło schematu: <https://www.elcircuit.com/2018/02/mini-amplifier-with-high-power-output.html>.

Schemat z powyższego rysunku był przedstawiony w wydaniu ZE z grudnia roku 2023 w ramach konkursu **Tropimy błędy** o oznaczeniu KX013. Konkurs jest zamknięty. Rozwiązania można było nadsyłać do końca grudnia. Oto rozwiązanie konkursu.

Wprawdzie oryginalny schemat jest niewyraźny, ale pod podanym linkiem można znaleźć bliższe informacje, w tym także szczegółowy wykaz elementów (*Component list*).

Projekt wygląda bardzo atrakcyjny, ponieważ tak prosty wzmacniacz oferuje aż 300 watów mocy!

Zamieszczenie nie tylko schematu ideowego, ale też projektu płytki oraz linku do sklepu z częściami zwiększa zaufanie do tego projektu!

Ogromnie intrygujące jest to, że według analizowanej propozycji, 300-watowy wzmacniacz można zbudować na ośmiu tranzystorach! Większość z nich jest bardzo popularna (BC546, BC556, BD139, BD140)

a tylko dwa wyjściowe są mniej znanych typów (2SC5200, 2SA1943). Na pierwszy rzut oka propozycja jest więc bardzo interesująca! Ale niestety, tylko na pierwszy rzut oka.

Już krótka analiza schematu pokazuje, że zawiera on kardynalne błędy, całkowicie uniemożliwiające działanie. Widać, że osoba, która stworzyła schemat, zupełnie nie zna się na elektronice, ponieważ pozamieniane są tranzystory PNP i NPN w stopniu wejściowym. Tranzystory NPN wyróżnione są czerwonymi kółkami, a PNP – szarymi. I w stopniu wyjściowym wszystko jest w porządku. Totalny bałagan jest w stopniu wejściowym. Tranzystor Q4 ma być źródłem prądowym, dostarczającym niezmienny prąd do pary różnicowej (jak kiedyś mówiono: „pary z długim ogonem” – long-tailed pair). Q4 pracowałby w roli źródła prądowego, gdyby to był tranzystor PNP z emiterem dołączonym do rezystora R5.



„Środkowe” tranzystory Q1, Q2 powinny tworzyć typową parę różnicową. Nie tworzą. Owszem, powinny to być tranzystory PNP, ale połączone mają być ich emitory, a nie kolektory! Tylko wtedy stworzą one parę różnicową o dużym wzmacnieniu.

Przy okazji warto zwrócić uwagę na kolejny dyskwalifikujący błąd: niepotrzebny jest rezystor R3 (20 kΩ). W takiej wersji, przy wartości R5 równej 100 omów, prąd źródła prądowego Q4 wyniesie około 5 miliamperów. Na rezystancji 20 kiloomów wywołałby on spadek napięcia aż 100 woltów, a przecież napięcie zasilania wzmacniacza będzie niższe!

Kolejny dyskwalifikujący błąd dotyczy Q3. Jeden z uczestników konkursu stwierdził, że to ma być tranzystor PNP, a nie NPN. Owszem, taka zmiana częściowo poprawiłaby sytuację, ale tylko częściowo, bo Q3 pracowałby wtedy jako wtórnik, czyli układ ze wspólnym kolektorem i na wyjściu wzmacniacza nie można byłoby uzyskać napięć dodatnich względem masy.

Tranzystor Q3 ma być typu NPN (na schemacie z czerwoną podkładką), ale ma być włączony odwrotnie: jego emiter ma być dołączony do ujemnej szyny zasilania. Czyli Q3 ma pracować w układzie ze wspólnym emiterem, bo wtedy zapewniłby i odpowiednie wzmacnienie napięciowe, i odpowiedni zakres zmian napięcia na wyjściu wzmacniacza.

Przedstawione usterki całkowicie dyskwalifikują schemat, jednak można znaleźć na nim rozwiązania sensowne, a nawet interesujące, na przykład obwód podciągania (bootstrap) z kondensatorem C5.

W sumie schemat w oryginalnej postaci jest jednak bezwartościowy. Osoby mniej doświadczone gorzko się rozczarują, gdy spróbują zrealizować coś takiego.

Rozczarują się nawet wtedy, gdy wprowadzą opisane właśnie poprawki. Wzmacniacz mocy to nie tylko prawidłowy schemat!

Tylko jeden z uczestników próbował porównać schemat ideowy z płytką. Warto to zrobić teraz, po omówieniu błędów. Zachęcam to takiego porównania, a w szczególności do zwrócenia uwagi zarówno na opis na płycie, jak też rozkład wyprowadzeń tranzystorów Q1...Q4. Wnioski są bardzo interesujące!

Okazuje się, że przedstawiony projekt płytki drukowanej też jest błędny, ale można powiedzieć „błędny inaczej”. W tym kontekście przedstawienie w artykule linku do sklepu z częściami elektronicznymi jest fatalną wręcz antyreklamą! To jeszcze nie wszystko.

Głównym problemem w klasycznych wzmacniaczach mocy audio (pracujących w klasie AB) jest dobre chłodzenie tranzystorów wyjściowych.

Niezawodny **Tadeusz Suszał** z Warszawy napisał:

*Zakładając sprawność energetyczną wzmacniacza w granicach 50–70 % przyjąłem, że wynosi 60 %. Oznacza to, że moc pobierana z zasilacza (wejściowa) wynosi:*

$300/0,6 = 500 \text{ W}$ .

*A w takim razie spodziewane straty mocy wynoszą*  
 $500 - 300 = 200 \text{ W}$ .

*Zakładając, że straty mocy są równomiernie rozłożone na dwa wyjściowe tranzystory mocy, to na każdy tranzystor przypada 100 W. Tranzystory mocy użyte we wzmacniaczu mają katalogową moc strat, wynoszącą 150 W. W rzeczywistych warunkach przy chłodzeniu za pomocą radiatora i nawet dodatkowo wentylatora, nie jest możliwe wytracenie w sposób ciągły mocy 100 W na pojedynczym tranzystorze.*

*Wszystko, na co możemy liczyć, to ok. 50% obiecanej mocy, a i z tym będzie duży problem. Z tego prostego wyliczenia widać, że o ile byłaby możliwa do osiągnięcia w tym wzmacniaczu ciągła moc wyjściowa 300 W, to zastosowane tranzystory mocy tego nie wytrzymają – takiej mocy strat. Należy końcówkę mocy rozbudować o dodatkowe tranzystory, aby było możliwe odprowadzenie do otoczenia takiej mocy strat.*

*Gdyby faktycznie przedstawiony wzmacniacz w tej konfiguracji był w stanie pracować z ciągłą mocą wyjściową 300 W, to zastosowane tranzystory tego by nie przeżyły. Ale ponieważ przedstawiony wzmacniacz nie jest w stanie wygenerować tak dużej mocy wyjściowej, to tranzystory mają szansę pracować bez uszkodzenia. Dla założonej wartości sprawności 60 %, napięcia 42 V szacuję, że będzie to ok. 66 W, co daje 110 W mocy pobieranej z zasilania. Z różnicy mocy wynika, że moc strat to 44 W, co przypada po 22 W na każdy tranzystor. A taką moc strat da się już rozproszyć z użyciem radiatora.*

*Powyższe szacunki zostały wykonane przy założeniu obciążenia wzmacniacza impedancją 8 Ω. Brak jest informacji o impedancji obciążenia, a jest to istotna informacja, gdyż nie da się dowolnie obciążać wzmacniacza ze względu na bilans mocy (większa moc strat) i zniekształcenia. Po wartości zastosowanych bezpieczników można się domyślać, że obciążenie wzmacniacza to 8 Ω. Dla obciążenia 4 Ω prądy będą wynosiły ponad 5 A.*

*W specyfikacji podano wartość bezpieczników 2,5 A, a na rysunku 1 A. Bezpieczniki 1 A są zdecydowanie za małe, a o wartości 2,5 A też mogą powodować niepotrzebne wyłączenia. Gdyby to miała być moc wyjściowa 300 W, przy tym napięciu zasilającym to bezpieczniki musiałyby być na większy prąd.*

*Wzmacniacz nie posiada regulacji mocy wyjściowej, co wydaje się nie najlepszym rozwiązaniem (...)*

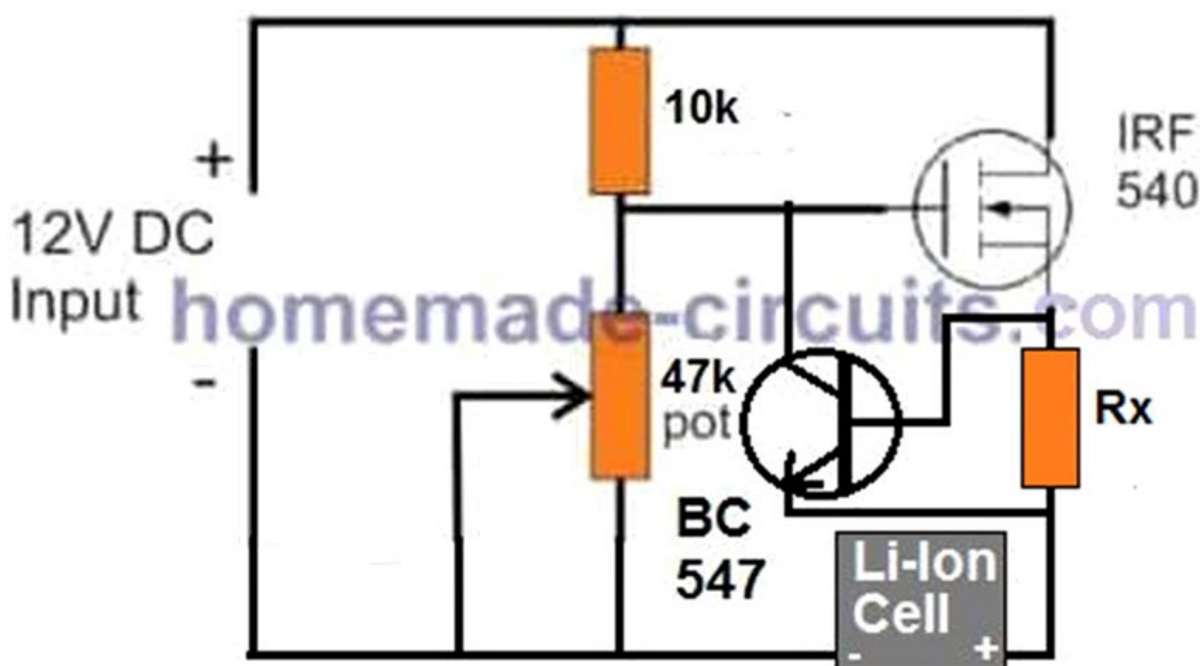
### **Krótką ogólną oceną projektu**

Uczestnicy konkursu stwierdzili, że zaprezentowany schemat jest całkowicie błędny i że zarówno on, jak też dołączony krótki opis i projekt płytki drukowanej, poważnie wprowadzają w błąd osoby mniej zorientowane i zniechęcają do elektroniki. ©

**Piotr Górecki**

# Tropimy błędy: Ładowarka akumulatorów Li-Ion

W Internecie można znaleźć mnóstwo schematów budzących większe lub mniejsze wątpliwości. Niektóre są ewidentnie błędne i bezwartościowe. Inne mają jakąś wartość, ale zawierają usterki i niedoróbki. Jeszcze inne nie są błędne, tylko całkiem przestarzałe. Jak ocenisz schemat pokazany na poniższym rysunku?



Źródło schematu: <https://www.homemade-circuits.com/simplest-safest-li-ion-battery-charger/>

Na podanej powyżej stronie internetowej Autor zapewnia, że przedstawia i objaśnia cztery proste, ale bezpieczne sposoby ładowania akumulatorów litowych (*The following post explains a four simple yet a safe way of charging a Li-ion battery ...*)

Jeden z tych bezpiecznych sposobów ma realizować pokazany powyżej prosty schemat z dwoma bardzo popularnymi tranzystorami. Warto też przeanalizować i ocenić pozostałe sposoby i schematy, które są proponowane na podanej stronie internetowej.

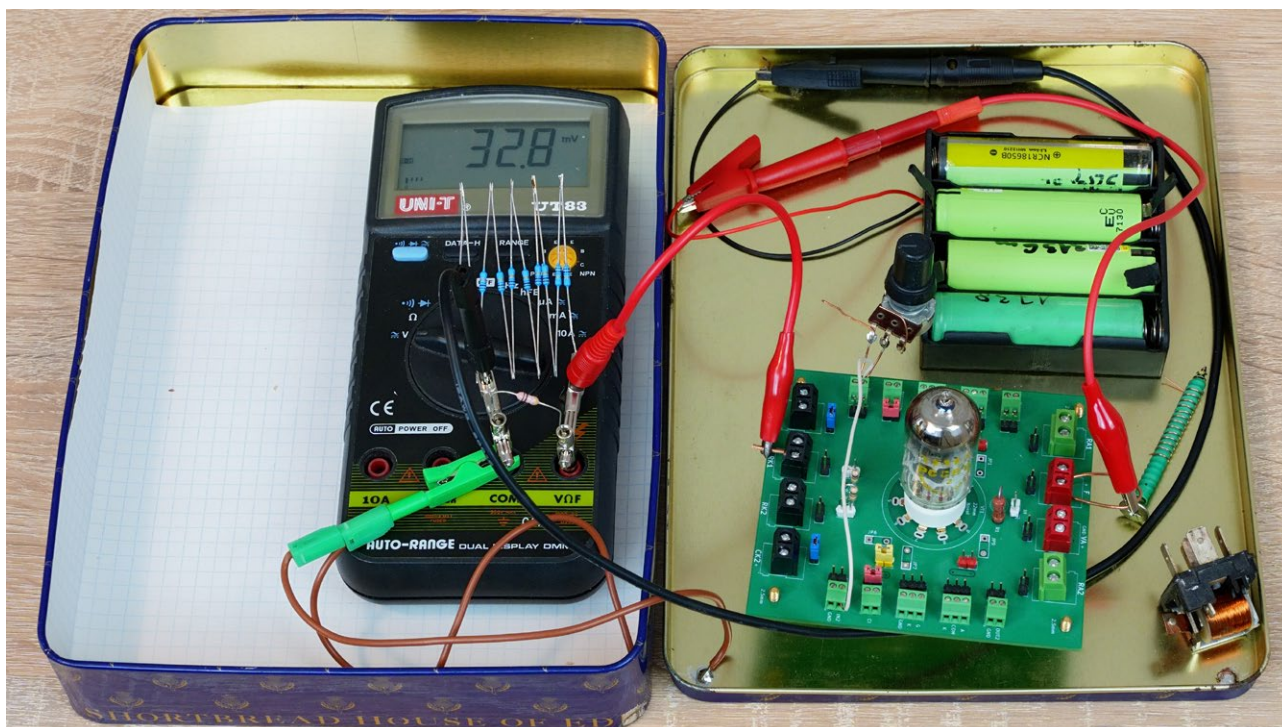
W ramach konkursu **Tropimy błędy KX015** możesz zgłosić swoje uwagi dotyczące tego, znalezione w Internecie, schematu, pokazanego na powyższym rysunku. Jeśli chcesz, możesz albo króciutko, albo bardziej obszernie napisać, jak oceniasz ten schemat. Jaką ma wartość? Czy może nie jest błędny, tylko przestarzały? A może wprowadza w błąd? Możesz tylko wskazać, a ewentualnie także szerzej opisać błędy, usterki i niedoróbki, jakie Twoim zdaniem występują na tym schemacie.

Rozwiązanie tego konkursu **Tropimy błędy** możesz nadesłać do końca lutego 2024 na adres: [konkursy@piotr-gorecki.pl](mailto:konkursy@piotr-gorecki.pl).

Ponieważ inicjatywa „Zrozumieć Elektronikę” dopiero startuje, nie są przewidziane nagrody, natomiast źródłem satysfakcji może być publikacja fragmentów lub całości Twojego rozwiązania.

Jeżeli jednak 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.

Niezależnie od tego, czy przyślesz rozwiązanie, możesz też zgłosić jakiś inny błędny schemat, który mógłby zostać przeanalizowany w ramach któregoś z następnych wydań tego konkursu.



# Multimetr jako petaomierz oraz femtoamperomierz

Każdy, nawet najprostszy multimetr cyfrowy może służyć jako pikoamperomierz, co jest szczegółowo opisane w artykule [Twój teraomierz i pikoamperomierz](#). Niniejszy artykuł pokazuje, że niektóre multimetry mogą mierzyć wielokrotnie mniejsze prądy i pracować w roli femtoamperomierza i petaomierza.

**[Które multimetry się nadają?](#)**  
**[Cierpliwość, łut szczęścia i niepewność](#)**  
**[Prąd upływu i rezystancja upływu wejścia](#)**  
**[UNI-T UT83 w roli elektrometru](#)**  
**[Pomiar upływności wejścia elektrometru](#)**

**[Praktyczne pomiary upływności UT83](#)**  
**[Dodatkowe testy i wyjaśnienia](#)**  
**[Pomiar upływności Keithley K2000](#)**  
**[Uwagi końcowe](#)**

1 femtoamper (0,000000000000001 A) to jedna miliardowa mikroampera, jedna bilionowa miliampera i jedna biliardowa ampera – to niewiarygodnie małe natężenie prądu. Prądy tak znikomej wartości są mierzone w laboratoriach za pomocą specjalistycznej, bardzo kosztownej aparatury.

Elektronik ma do czynienia z rezystorami o nominałach do 10 megaomów. Omomierz w typowym multimetrze mierzy rezystancje do 20 megaomów, najwyżej 200 megaomów. A 1 teraom to milion megaomów, tysiąc gigaomów i bilion omów. To przykład ogromnej oporności, z jaką rzadko mamy do czynienia – jeśli już, to głównie przy pomiarach izolacji.

Większość elektroników sądzi, że w warunkach amatorskich, w domowym warsztacie, pomiar prądów w zakresie femtoamperów oraz rezystancji w zakresie teraomów jest absolutnie niemożliwy.

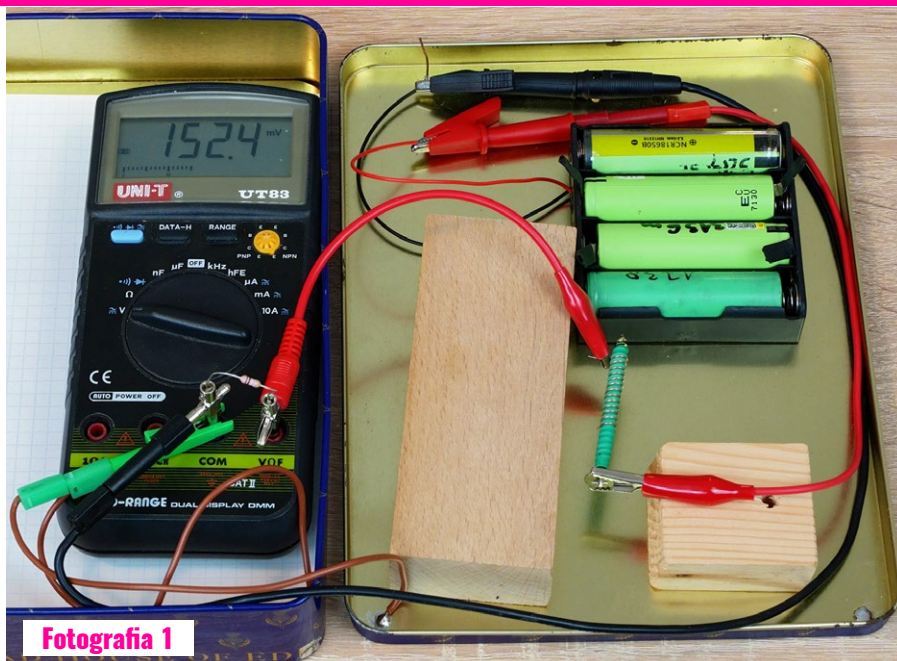
Niniejszy artykuł nie tylko pokazuje, że jak najbardziej jest to możliwe, ale też opisuje konkretne przykłady i zawiera praktyczne wskazówki.

Co prawda przeprowadzenie takich pomiarów nie jest łatwe, ponieważ występują pewne poważne ograniczenia. Trzeba mieć trochę wiedzy, na pewno dużo cierpliwości i przydałaby się też odrobina szczęścia. Jednak można, i naprawdę warto, zainteresować się takimi pomiarami. Oto przykłady.

A najpierw sprzedam głosy oburzenia: **pokazane tu pomiary są możliwe tylko przy użyciu nielicznych multimetrów, o specyficznych właściwościach**, niekoniecznie tych najdroższych. Trzeba też mieć rezystory o dużej wartości – na pewno 1 GΩ o jak najwyższej tolerancji, a dobrze byłoby mieć też oporniki o wyższych nominałach. Dziś zakup takich rezystorów nie jest problemem, a ceny są przystępne, o ile nie potrzebujemy dużej precyzji i stabilności.

**Fotografia 1** przedstawia pomiar upływu izolacji w postaci rurki termokurczliwej, która jest uznawana za dobry izolator. Napięcie 16,6 V z czterech akumulatorów Li-Ion powoduje przepływ prądu, który na rezystancji pomiarowej około 8,2 gigaoma (tak!) wywołuje spadek napięcia 152,4 mV. Wartość tego prądu to około 18,6 pikoampera, czyli izolacyjna „termokurczka” ma rezystancję około 890 gigaomów.

**Fotografia 2** pokazuje, że prąd płynący z akumulatora Li-Ion o napięciu około 4 V przez rezystor o nominale 1 teraoma (1000 GΩ) na rezystancji pomiarowej około 8,2 GΩ wywołuje spadek napięcia 30,3 mV. Podzielenie 30 mV przez 8,2 GΩ wskazuje, że wartość prądu to 3,7 pikoampera. Zgodnie z oczekiwaniami, bo z akumulatora 4 V przez rezystancję 1 teraoma powinien płynąć prąd 4 pA. Różnica między 3,7 pA i 4 pA wynosi tylko 8% i wynika z kilku czynników, głównie tolerancji rezystorów.



**Fotografia 1**

**Fotografia 3** prezentuje pomiar upływu między rzędami płytki stykowej. Izolacja jest dobra, ale nie idealna. Napięcie 16,5 V z akumulatorów powoduje przepływ prądu, który na rezystancji pomiarowej 8,2 gigaoma wywołuje spadek napięcia 4,9 mV, co oznacza, że prąd ma około 0,6 pikoampera czyli 600 femtoamperów! Przy napięciu akumulatorów 16,6 V daje to rezystancję upływu płytki prawie 28 teraomów!

Fotografia wstępna pokazuje katastrofalne wyniki pomiaru upływności między obwodami grzejnika i katody lampy elektronowej na płytce testowej. Szczegóły omówię dalej w artykule. Teraz tylko najważniejsza informacja, że do wejścia miliwoltomierza dołączyłem równoległy rezystor 10 GΩ, który z ogromną wewnętrzną rezystancją miliwoltomierza daje wypadkową rezystancję bocznika służącego do pomiaru prądu około 8,2 GΩ. Miliwoltomierz mierzy spadek napięcia na tej rezystancji, co pozwala mierzyć prąd z rozdzielczością około 12 femtoamperów.

Stosując napięcie pomiarowe wyższe niż 16,6 V z akumulatorów, można mierzyć rezystancje nawet o wartościach rzędu petaoma (1 000 000 000 000 Ω)!



**Fotografia 2**



**Fotografia 3**

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



# Zrozumieć Elektronikę: wykorzystujemy multimetry

Ten artykuł jest rozszerzoną wersją filmu B002 na moim kanale YT. Pokazuje zupełnie niezorientowanym jak korzystać z multimetru, czyli miernika uniwersalnego. To jest też wprowadzenie do kursu „Fascynujące przemiany energii”, pozwalającego zrozumieć i przypomnieć fundamenty elektroniki.

[Napięcie i prąd elektryczny](#)

[Jaki multimetr kupić?](#)

[Multimetr – pomiar napięcia elektrycznego](#)

[Multimetr – pomiar prądu elektrycznego](#)

[Multimetry cęgowy](#)

[Zwarcie – dlaczego jest niebezpieczne?](#)

W ramach inicjatywy „Zrozumieć Elektronikę” na podstawie kolejnych filmów i artykułów będziemy uczyć się elektroniki, realizując fascynujące przemiany energii. Zasadniczo nie musisz przy tym przeprowadzać żadnych pomiarów – możesz tylko wykonać podstawowe eksperymenty. Tak, ale jeżeli przy okazji tych interesujących eksperymentów dodatkowo przeprowadzisz pomiary, to zrobisz ogromny krok w kierunku zrozumienia elektroniki. A przecież o to chodzi. Dlatego ten artykuł i film przeznaczone głównie dla zupełnie niezorientowanych, oznaczone jako B002, poświęcone są podstawowym pomiarom.

## Napięcie i prąd elektryczny

Najpierw przypomnienie podstaw: wszystkie rodzaje energii wyrażamy w watogodzinach (Wh) lub dżulach (J). Moc czyli tempo przekazywania, przekształcania energii wyrażamy w watach (W).

Aby określić **moc elektryczną** mierzymy dwa kluczowe parametry: **napięcie** elektryczne oraz **prąd** elektryczny (to nie jest to samo). Moc obliczamy z ich pomnożenia:  $P = U \times I$ .

Ponieważ moc to tempo przemiany/przekazywania energii, więc energię, ilość energii, obliczamy mnożąc moc przez czas:  $E = P \times t = U \times I \times t$ .



**Fotografia 1**

Dziś do pomiarów wykorzystujemy multimetry, czyli mierniki uniwersalne, które zależnie od ustawienia, mogą mierzyć nie tylko napięcie i prąd (stałe DC i zmienne AC), ale też inne wielkości elektryczne.

Ćwiczenia proponowane w kursie „Fascynujące przemiany energii” zrealizujesz bez multimetru, czyli nie musisz niczego mierzyć. Ale pomiary ogromnie wzbogacą wiedzę – gorąco zachęcam do wykorzystania multimetru. A jeszcze lepiej – dwóch multimetrów. Oto przykłady wykorzystania.

**Fotografia 1** pokazuje zaskakujący test niebieskiej diody LED podłączonej do zasilacza. Tak ustawiłem napięcie zasilacza (2,27 V), żeby w słabym oświetleniu było zauważalne świecenie niebieskiej struktury. Można je zaobserwować już przy znikomym małym prądzie 0,5 mikroampera (0,5 μA), czyli 0,000005 A, pokazywanym przez (mikro)amperomierz. Moc to iloczyn napięcia i prądu ( $P = U \times I$ ). Pomnożenie wartości prądu i napięcia z fotografii 1 daje moc około 1 mikrowata (0,000001 W). Energia elektryczna w tempie około 1 mikrowata (1 mikrodżula na sekundę) zamienia się na inne rodzaje energii, w tym na energię świetlną (energię promieniowania elektromagnetycznego).

Natomiast podczas kręcenia filmu, przy znacznie silniejszym oświetleniu pomieszczenia, świecenie było zauważalne dopiero przy prądzie około 10 mikroamperów i mocy około 20 mikrowatów.

Dla bardziej wtajemniczonych: mówi się, że niebieskie diody mają napięcie pracy (przewodzenia) ponad 3 wolty. Tymczasem w niezbyt jasnym pomieszczeniu zauważalne świecenie występuje już przy napięciu 2,27 V, pokazywanym przez woltomierz dołączony wprost do zacisków diody. Dlatego też rzeczywisty prąd diody wynosi około 0,3 mikroampera, bowiem 0,2 μA pobiera woltomierz dołączony równolegle do diody.

W zaciemnionym pomieszczeniu niebieskie światło tego egzemplarza diody daje się zauwa-

a tym bardziej mocy, mogą być sporym zaskoczeniem nawet dla doświadczonych elektroników.

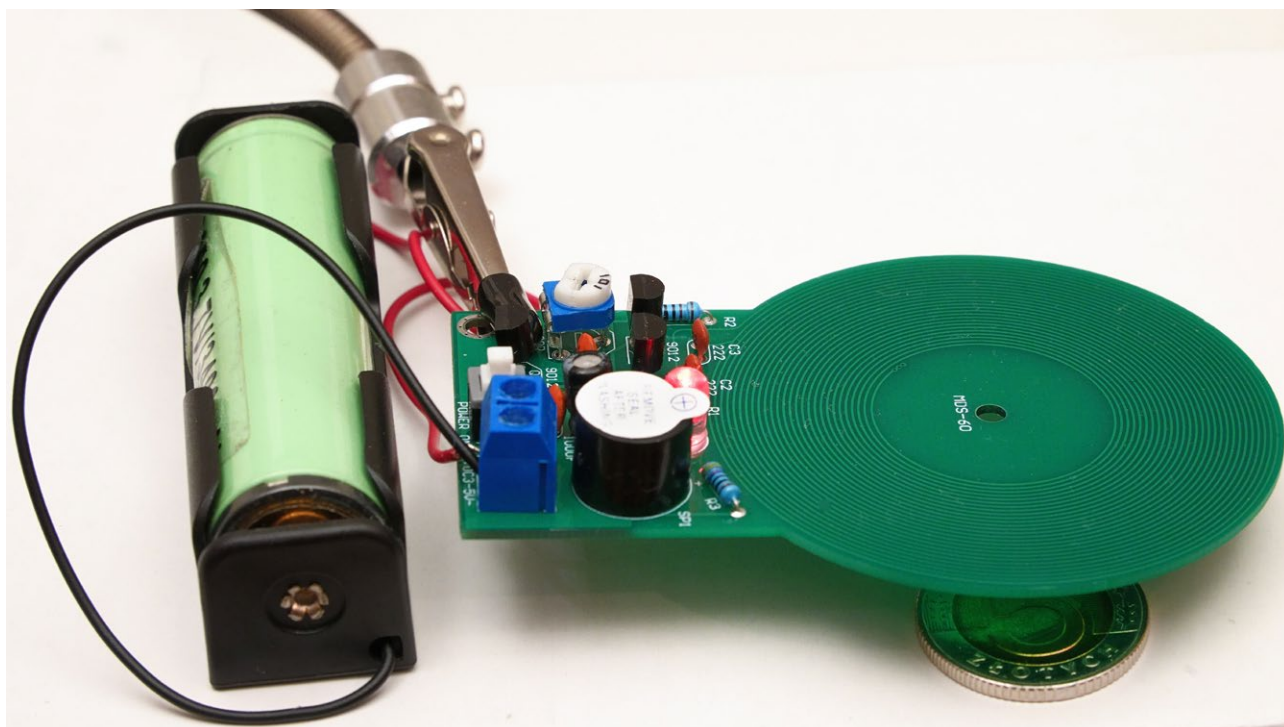
W filmie **B002** jest informacja, że miniaturowa żaróweczka 6-woltowa przy napięciu 6 V pobiera około 0,33 wata mocy. Ta żaróweczka zaczyna zauważalnie świecić przy napięciu 1 V i pobiera wtedy około 20 miliamperów, czyli pobiera z zasilacza 20 miliwatów mocy. 20 miliwatów, czyli około 20 tysięcy razy więcej niż niebieska dioda LED.

**Fotografia 2** prezentuje „żarówkę wynalezioną w filmie”. Przy napięciu 21,6 V płynie prąd 7,78 A i pochodzący ze starego grzejnika kawałek drutu oporowego zostaje rozgrzany do białości. Pochodząca z zasilacza energia w tempie 168 watów ( $21,6 \text{ V} \times 7,78 \text{ A}$ ) zamienia się na inne rodzaje energii: częściowo na światło, czyli na energię promieniowania elektromagnetycznego, a w większości na energię cieplną.



**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.**

**W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**



# Wykrywacz metali

Artykuł opisuje budowę i działanie prostego chińskiego zestawu wykrywacza metali. Zawiera wskazówki dotyczące montażu, ale przede wszystkim przedstawia informacje wyjaśniające zasadę działania i specyfikę tego bardzo prostego układu, których nie sposób znaleźć w instrukcji montażu.

**Zasada działania i możliwości układu**

**Kwestie zakupu**

**Montaż i uruchomienie**

**Schemat i zasada działania**

**Testy wykrywacza**

**Co, po co i gdzie kupić?**

Hasło „wykrywacz metali” od wielu lat budzi zrozumiałe zainteresowanie. Zwykle kojarzy się z poszukiwaniem skarbów, nie tylko złota i srebra.

Prezentowany układ rzeczywiście jest wykrywaczem metali. Co prawda z uwagi na prostotę i słabe parametry raczej nie nadaje się do poszukiwania skarbów, niemniej może pełnić funkcję edukacyjną.

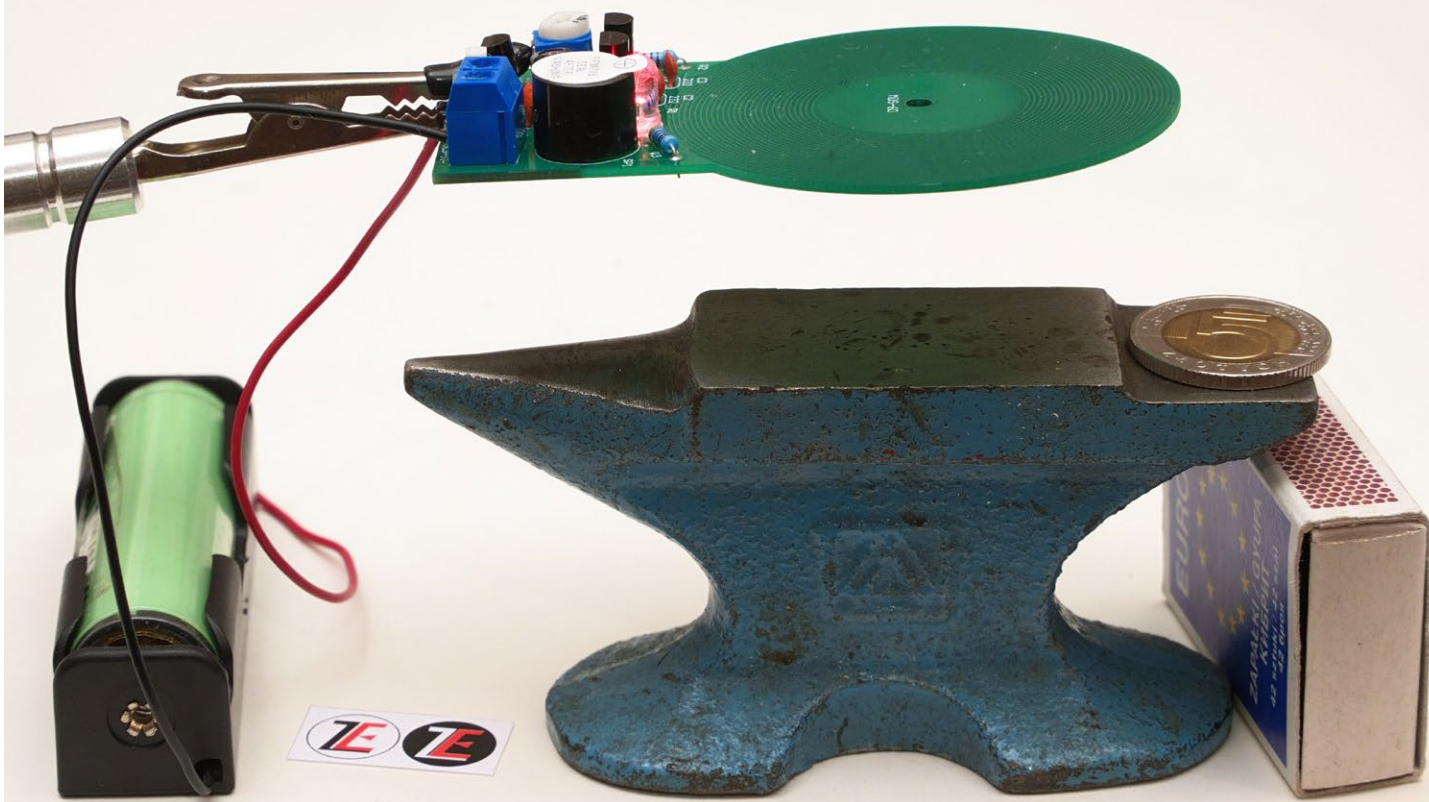
Może zachęcić do zainteresowania nieporównanie lepszymi, czulszymi wykrywaczami metali, ale nie tylko. Daje okazję do zapoznania się z jednym z popularniejszych, prostych generatorów. A właściwie z konfiguracją układową, która znajduje szereg interesujących zastosowań. Głównie do wytwarzania napięć wyższych od napięcia zasilania generatora.

**Zasada działania i możliwości układu**

Jedną z zalet układu, prezentowanego na **fotografii tytułowej** jest to, że niezbędne w układzie generatora elementy indukcyjne – cewki – są wykonane jako ścieżki na płytce drukowanej. Rozwiązuje to szereg problemów i ułatwia montaż wykrywacza.

Głównie dzięki temu zbudowanie układu jest bardzo proste, o ile nie popełni się ewidentnej pomyłki i w miarę poprawnie przeprowadzi lutowanie.

Można powiedzieć, że montaż jest dziecinnie prosty, jednak praktyka pokazuje, że osoby mniej doświadczone popełniają pomyłki, a podczas lutowania zdarzają się rozmaite błędy, a niestety nawet uszkodzenia elementów.



**Fotografia 1**

Wykrywacz jest sprzedawany w postaci zestawu do samodzielnego montażu. O szczegółach łatwego montażu za chwilę. Ogólnie mówiąc, układ prawidłowo zmontowany działa od razu, trzeba tylko ustawić potencjometr montażowy VR1.

Najprościej biorąc, **potencjometr trzeba ustawić tak, żeby zgasła czerwona dioda i żeby milczał brzęczyk. Zbliżenie płytki z cewką do jakiegoś kawałka metalu włączy brzęczyk i zaświeci diodę LED.**

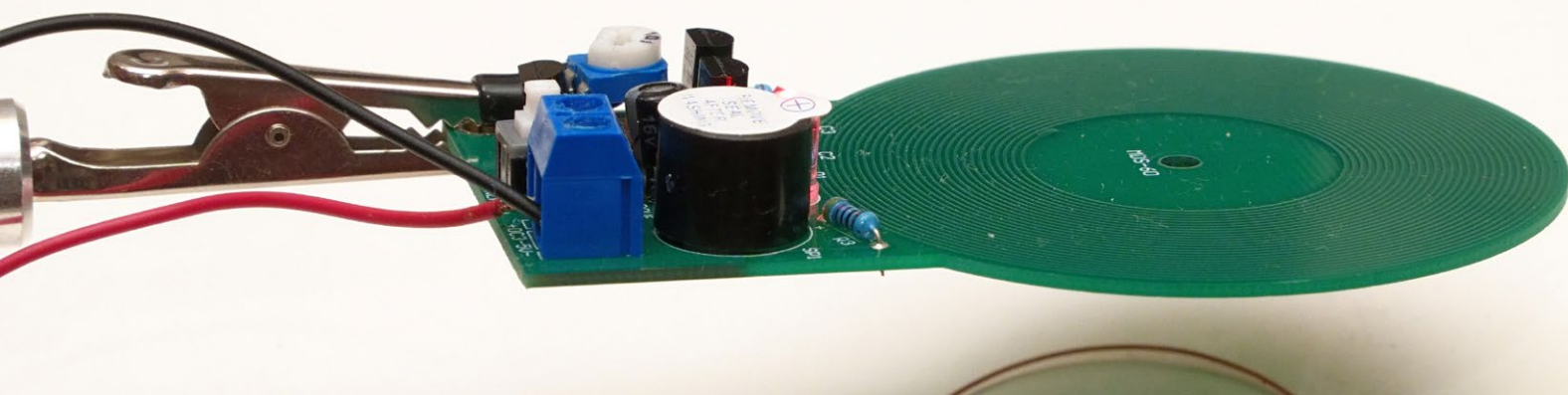
Jest to niewątpliwie wykrywacz metali, jednak dla wielu osób bardzo interesujące są szczegóły. Osoby zorientowane w temacie wiedzą, że istnieją rozmaite wykrywacze metali, o bardzo różnych właściwościach, wynikających z zasady działania.

Przede wszystkim nasuwa się pytanie, czy przyrząd wykrywa tylko metale ferromagnetyczne?

Czy wykrywa wszystkie metale? A może wykrywa także jakieś inne przedmioty niemetalowe?

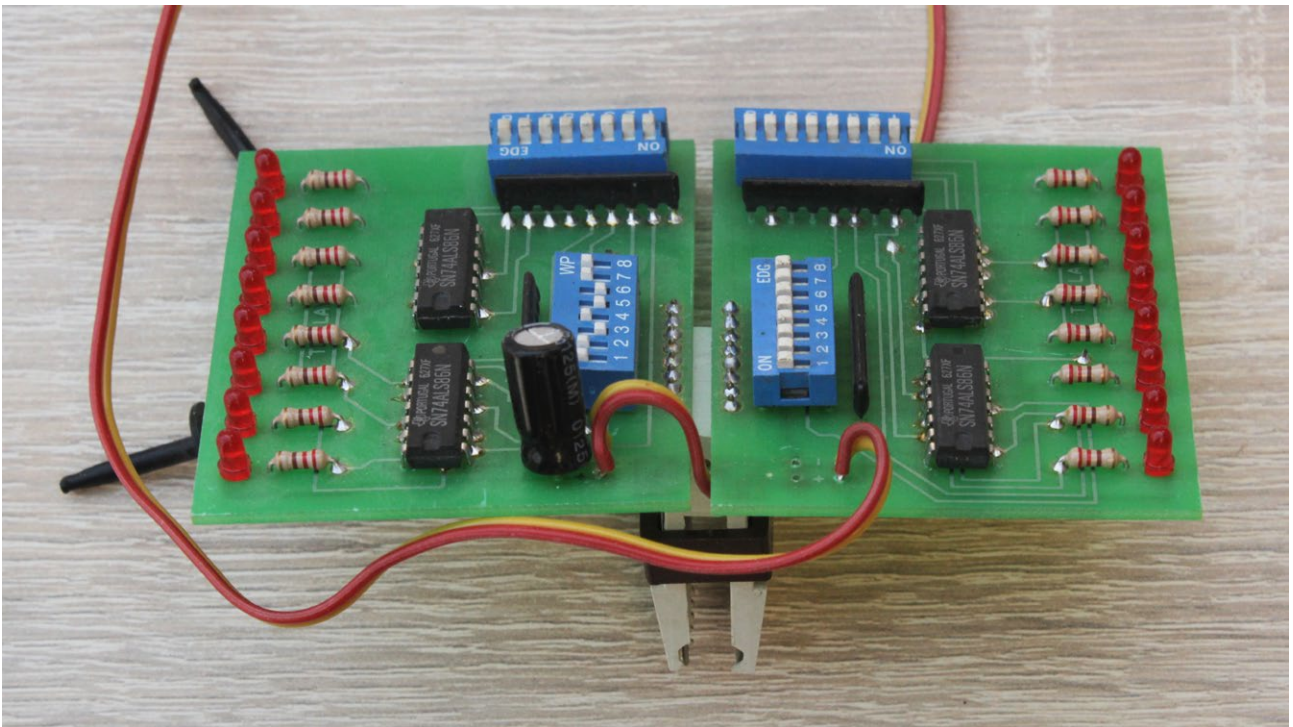
Na fotografii tytułowej widać reakcję wykrywacza na monetę 5-złotową. **Fotografia 1** pokazuje analogiczny przykład z ciężkim, masywnym kawałkiem ze stopu żelaza. Odległość wykrywania nie poraża, wynosi maksymalnie około trzech centymetrów, jednak jest to bardzo prymitywny układ, który ma służyć tylko do celów edukacyjnych.

Bardzo interesujący przypadek pokazany jest na **fotografii 2**. Otóż jeżeli końce pętli są zwarte, układ zdecydowanie i ze znacznej odległości wykrywa taką cieniutką metalową pętlę. Jeżeli jednak końce zostaną rozwarte, to urządzenie ewidentnie „nie widzi” delikatnego miedzianego przewodu. Dlaczego? Wyjaśnienie w dalszej części artykułu.



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





# Testowanie układów cyfrowych

Jak sprawdzić, czy dany układ scalony jest sprawny? W ogólnym przypadku jest to bardzo szeroka tematyka, gdyż znacząco inaczej robi się to dla układów analogowych, cyfrowych i mieszanych. Panuje przekonanie, że najprościej jest to zrobić dla cyfrówki, ale to może okazać się błędnym tropem.

**Automatyzacja testów**

**Ogólna koncepcja**

**Rodzaje wyjść układu**

**Wejścia układu**

**Układy bilateralne**

**Proste rozwiązania do sygnalizacji stanów logicznych**

**Dostęp do dokumentacji**

Napisał do mnie jeden z Czytelników, że zacytuje:  
*Dzień dobry,  
niedługo będę w posiadaniu kilkuset sztuk układów scalonych UCYxx.*

*Chciałbym je sprawdzić czy są sprawne i pierwsze co mi przyszło do głowy to budowanie układów na stykówce. Wcześniej zbudowałem kilkadziesiąt urządzeń na układach 74HCxx. Opierając się na schematach na 74HCxx wkładam UCYxx i sprawdzam. Gorzej, że pewnie do wszystkich UCY nie znajdę schematu układu do zbudowania.*

*Można coś doradzić w tej kwestii?*

*Pozdrawiam*

*Mirosław Kaszowski*

Ten artykuł jest przykładem, że czasopismo „Zrozumieć Elektronikę” jest rzeczywiście naszym wspólnym przedsięwzięciem, gdzie każdy ma wpływ na to, co się dzieje wokół. Ostatnio wiele miejsca jest poświęcone badaniom jakości elementów elektronicznych, by stwierdzić, czy dany komponent jest podróbką, elementem o zaniżonych cechach użytkowych. Poniższy artykuł również wpisuje się w ten nurt, chociaż bardziej dotyczy weryfikacji jego funkcji niż rozważania, czy został on wyprodukowany przez firmy, które podszywają się pod innych i wprowadzają na rynek układy scalone z pominięciem patentów, wartości intelektualnych i zawłaszczania cudzej pracy.

## Automatyzacja testów

Na rynku można znaleźć wiele urządzeń realizujących w miarę zautomatyzowane testy cyfrowych układów scalonych. Tego typu aparatura diagnostyczna jest na wyposażeniu każdej firmy zajmującej się produkcją takich elementów i z pewnością do tanich nie należy. Nie oznacza to, że w warunkach amatorskich tego typu wyposażenie warsztatowe jest niedostępne. Ja przykładowo dysponuję programatorem pamięci typu Flash, EPROM, EEPROM oraz wieloma mikrokontrolerami z wbudowaną pamięcią na swój program. Często tego typu sprzęt oferuje dodatkowe możliwości, jak właśnie testowanie cyfrowych układów scalonych, a nawet typowych pamięci typu RAM (**fotografia 1**).

Moje urządzenie ma dużą uniwersalną podstawkę testową, gdzie należy umieścić sprawdzany układ scalony (**fotografia 2**). Dedykowane oprogramowanie dla kompu-

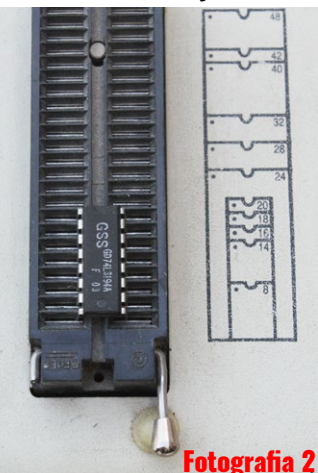
terów PC współpracujące z programatorem ma możliwość wyboru symbolu testowanego elementu i realizuje odpowiednie wysterowanie sygnałów wejściowych jednocześnie „obserwując” sygnały wyjściowe. W sytuacji zgodności uzyskanych pomiarów z właściwymi jego stanami, oprogramowanie informuje, że układ zachowuje się zgodnie z oczekiwaniami (**rysunek 3**) lub zaistniała rozbieżność (**rysunek 4**), co prowadzi do wniosku, że układ jest uszkodzony.

## Ogólna koncepcja

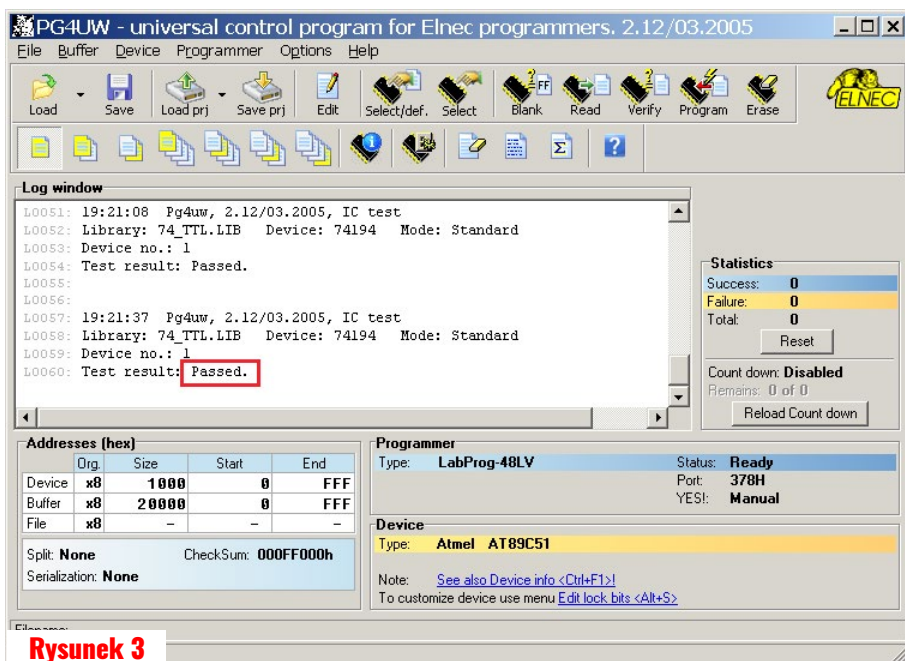
Nie spodziewam się, że każdy hobbysta elektronik ma do dyspozycji tego typu wyposażenie warsztatowe. Nie zmienia to faktu, że takie testy są możliwe do wykonania w warunkach domowych. Ogólnie tematyka ta jest bardzo szeroka. Wynika to przede wszystkim z bogatej oferty produkowanych elementów. Jednak w tym wszystkim można dostrzec „światło w tunelu”, które wynika z podstawowej



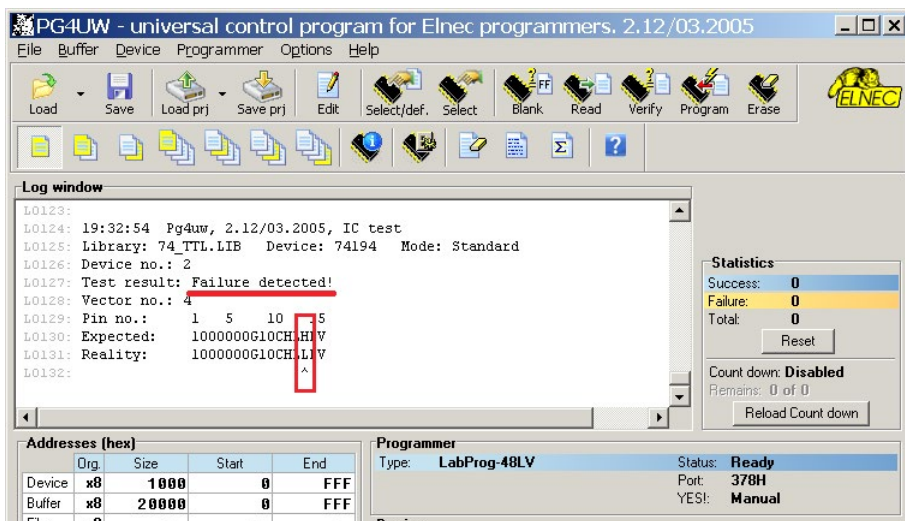
**Fotografia 1**



**Fotografia 2**

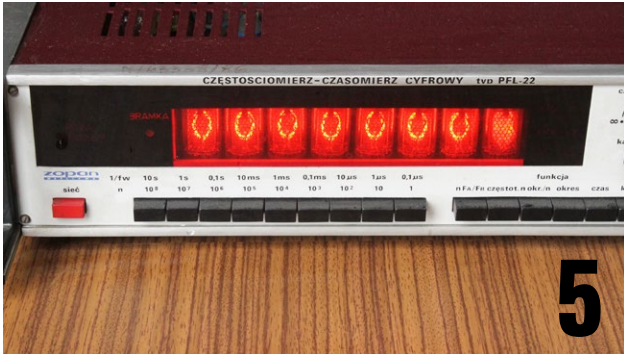


**Rysunek 3**



**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.**

**W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**



# Wspólnie projektujemy: Częstościomierz, część 5

**Układy cyfrowe z liniowym sprzężeniem zwrotnym**

**Badania układu**

Rozwiązanie wejściowego układu formującego impulsy do zliczania rzutuje na możliwości finalnego urządzenia. W poprzedniej części rozważane było rozwiązanie oparte na wzmacniaczach operacyjnych. Dosyć ciekawy wariant zaproponował Czytelnik.

Opisane w poprzedniej części rozważania dotyczące układu formującego sygnał wejściowy tak, by część cyfrowa bez problemów mogła go przetwarzać bazowała na wzmacniaczach operacyjnych. Tego typu komponenty są na tyle uniwersalne, że posłużyły do przedstawienia występującej problematyki, gdyż trudno mówić choćby o takich zjawiskach jak eliminacja składowej stałej w świecie układów cyfrowych – tu coś takiego jest elementem całkowiec

obcym. Nie jest to jedyne możliwe rozwiązanie. Jeden z Czytelników przysłał mi swoją wizję rozwiązania, w której główną intencją jest optymalizacja kosztów. Pozwolę sobie zacytować treść otrzymanego listu:

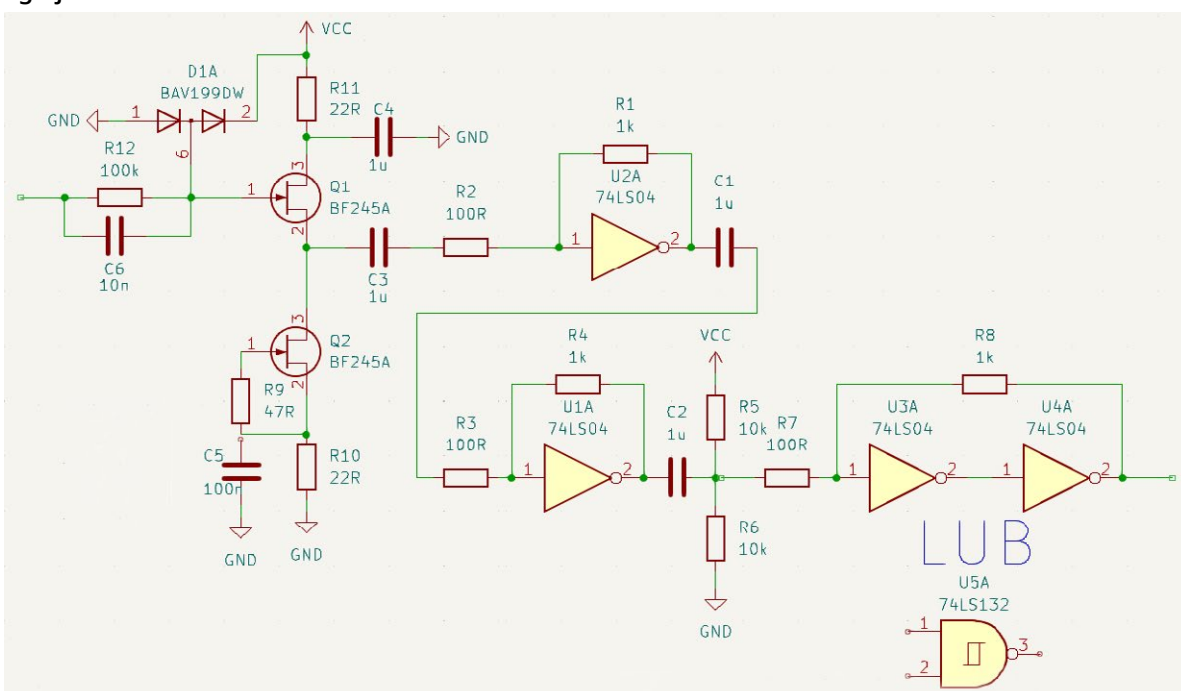
*Przeprowadziłem wstępne testy z LS04. Przy wzmocnieniu około 10 (100 R i 1 k) max amplituda sygnału wejściowego to około 200 mV, wyjścio-*

*wego 2 V. Po przekroczeniu tych wartości przebieg jest odkształcony, ale to nie problem w częstościomierzu.*

*Wygląda na to, że da się zrobić na tym tani wzmacniacz do częstościomierza. Moja koncepcja jest taka jak widać na rysunku.*

*Aby była jasność, nie jest to najlepsze rozwiązanie ale tanie.*

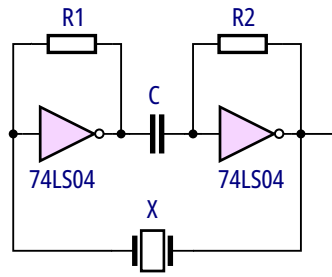
Pozdrawiam  
Sławomir S.



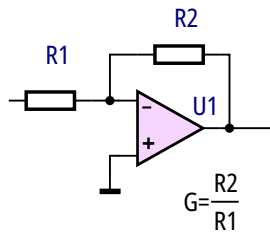
Rzeczywiście, jest to rozwiązanie trochę dziwne, gdyż bramki logiczne pracują w nietypowej konfiguracji, jednak całość jest warta rozpatrzenia.

**Układy cyfrowe z liniowym sprzężeniem zwrotnym**

Zapewne niektórych Czytelników może zastanowić fakt zastosowania rezystorów w sprzężeniu zwrotnym funkcyjnych logicznych (konkretnie negatorów). Taki wariant jest możliwy i w literaturze określany jest jako linearyzowane bramki. Zachowanie się układów jest uzależnione od technologii wykonania, do tego najlepiej nadają się układy bipolarnie (przykładowo o oznaczeniu 74LSxx). W takiej konfiguracji często były budowane generatory kwarcowe (jak na **rysunku 1**), gdzie obecnie występują jako gotowe komponenty i wytwarzają sygnał o ściśle określonej częstotliwości. Taka bramka (z rezystorem łączącym wyjście bramki z wejściem) może być w dużym uproszczeniu traktowana jako wzmacniacz operacyjny. Oczywiście, aby to sprzężenie zwrotne miało charakter sprzężenia ujemnego, zastosowana bramka musi być negująca. W przypadku wzmacniacza operacyjnego występuje jeszcze rezystor w torze wejściowym, jak pokazuje **rysunek 2**, i w takim przypadku wzmocnienie układu jest zależne od stosunku wartości rezystorów. Na schemacie kolegi Sławomira widać, że zaproponował on wartości elementów, gdzie wzmocnienie, jak sam napisał, wynosi 10.



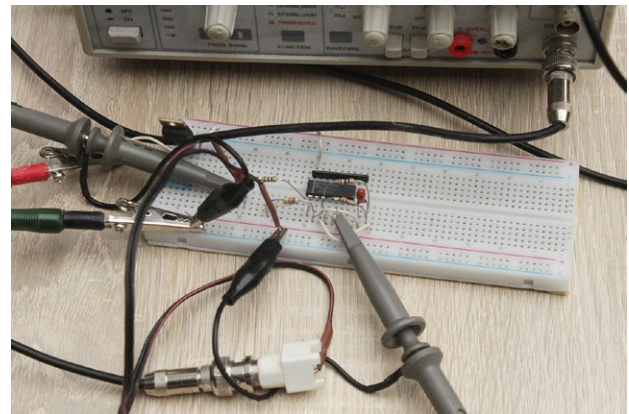
**Rysunek 1**



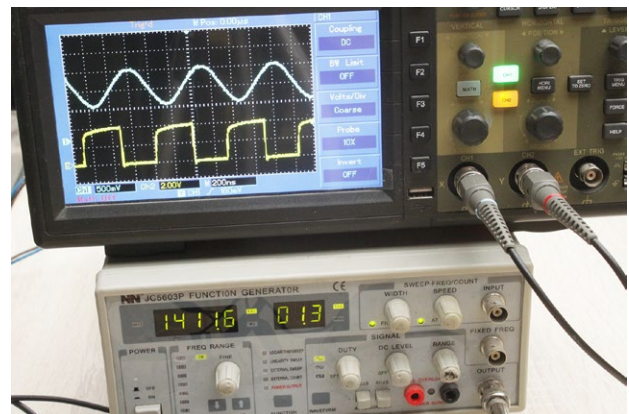
**Rysunek 2**

uję, że takie badania wykonam w szerszym zakresie i podzielę się ich wynikami. Obecnie układ badawczy został okrojony do wariantu przedstawionego na **rysunku 3**, gdzie występuje jedynie tor linearyzowanych bramek. Na jego wejście podany jest sygnał z generatora, a wynik obserwowany na ekranie oscyloskopu (**fotografia 4 i 5**).

Wstępnie sprawdziłem reakcję układu na kilka sygnałów wymuszających. Generator wytwarzał przebieg o dodatnich wartościach napięcia, które maksymalnie wynosiło około 1 V. Na wyjściu występował sygnał cyfrowy o parametrach



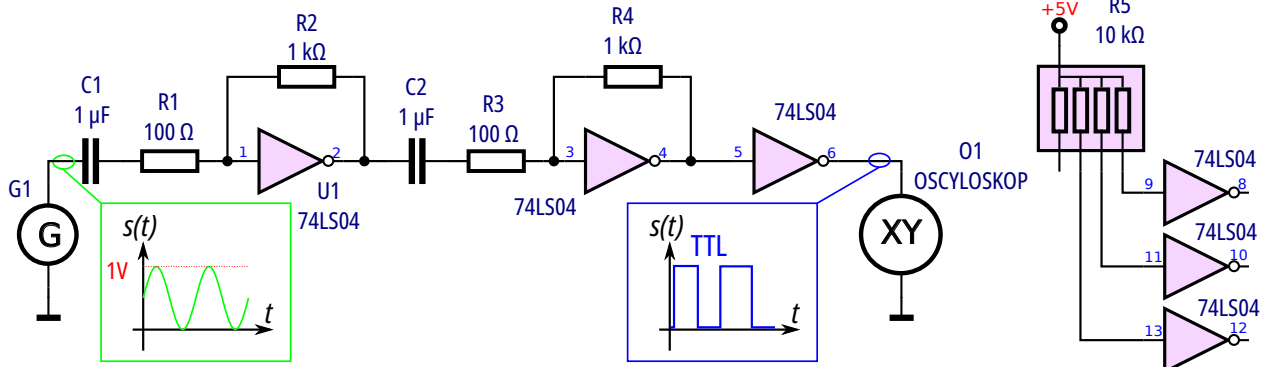
**Fotografia 4**



**Fotografia 5**

**Badania układu**

Jak wcześniej napisałem, rozwiązanie jest warte uwagi, toteż postanowiłem sprawdzić jego działanie. Niezbędny układ negatorów bez problemu znalazłem w szufladzie. Gorzej jest z występującymi tranzystorami BF245. Wiem, że takie posiadam, ale gdzieś mi się zapodziały i nie mogłem zrealizować eksperymentów w pełnym wariantcie, jednak obie-

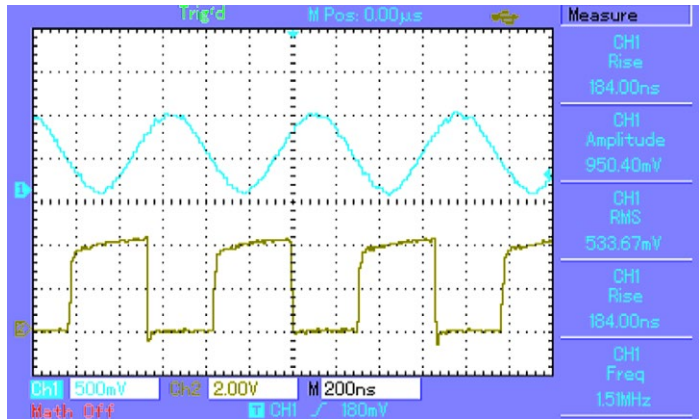


**Rysunek 3**

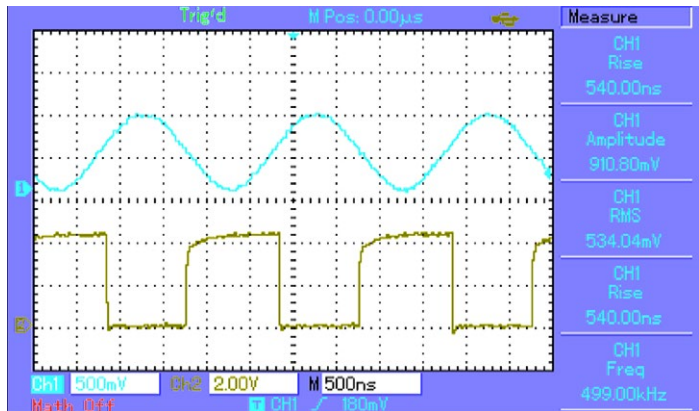
charakterystycznych dla układów wykonanych w technologii 74LSxx (stan zera około 0,2 V, oraz jedynki logicznej troszkę powyżej 4 V). Zmieniała była częstotliwość w szerokim zakresie: zaczynając od góry – około 1,5 MHz (**rysunek 6**), 500 kHz (**rysunek 7**) do 5 kHz (**rysunek 8**). Sprawdziłem również działanie dla innych kształtów sygnału wejściowego: trójkąta o częstotliwości 500 Hz (**rysunek 9**) oraz prostokątnego o tej samej częstotliwości (**rysunek 10**).

Wstępnie badania rozwiązania są obiecujące. Jak już wspomniałem, są to jedynie pobieżne weryfikacje układowe i do tematu jeszcze wrócimy. Pozwoliłem sobie również na eksperymenty z układem wykonanym w technologii CMOS (konkretnie 74HCT04AP). Jednak efekty działania układów bipolarnych na ekranie oscyloskopu prezentowały się lepiej, tutaj dla małych częstotliwości pojawiały się szумы – generowały się „nieautoryzowane” impulsy na wyjściu cyfrowym. Być może ma to jakiś związek ze środowiskiem badawczym, gdyż płytkom stykowym często daleko jest to ideału. Jednak wariant z wykorzystaniem układów w wersji CMOS może okazać się przydatny, gdyż te mogą mieć zasilanie o większych wartościach napięcia. Patrząc na schemat układu badawczego można dostrzec, że wzmocnienie każdego stopnia powinno wynosić 10, natomiast ze zrzutów z oscyloskopu wynika, że sygnał wejściowy mający około 1 V daje na wyjściu niewiele ponad 4 V. Zadziałało tu ograniczenie wynikające z napięcia zasilającego.

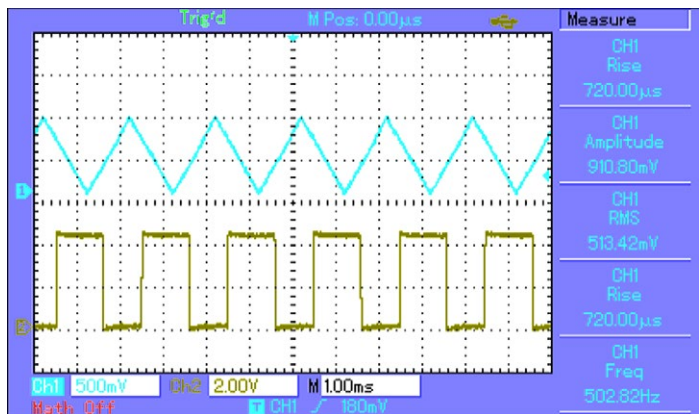
**Andrzej Pawluczuk**  
apawluczuk@vp.pl



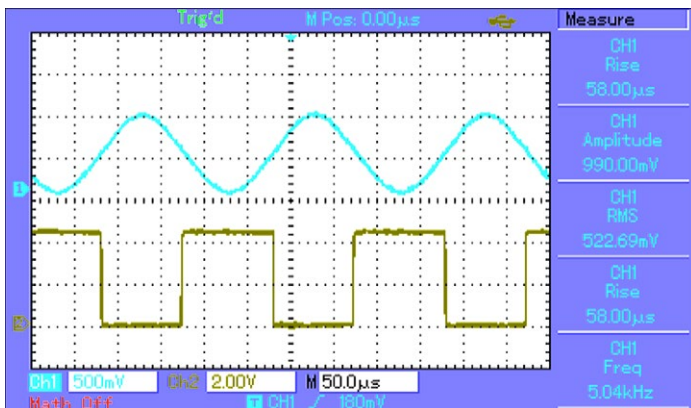
**Rysunek 6**



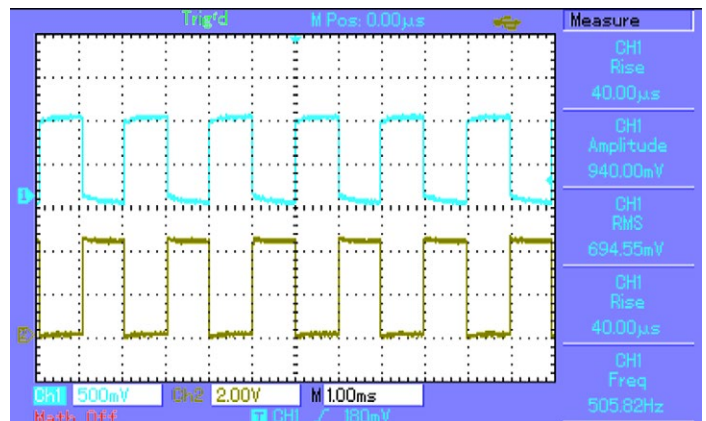
**Rysunek 7**



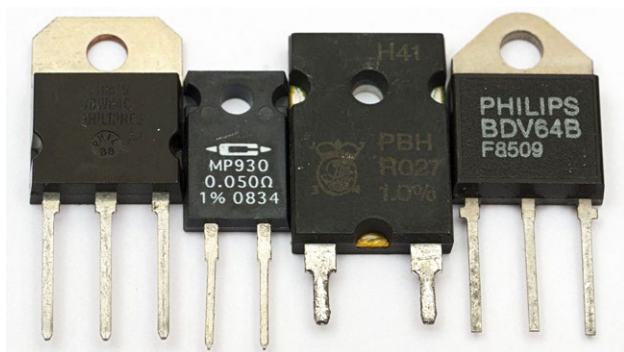
**Rysunek 9**



**Rysunek 8**



**Rysunek 10**



# Wspólnie projektujemy: Uniwersalne obciążenie aktywne

Już dawno w naszym czasopiśmie opublikowany był projekt Mój uniwersalny tester impulsowy i szereg przykładów jego wykorzystania. Jednak w niektórych zastosowaniach potrzebny jest pomiar ciągły, a nie impulsowy. Dlatego chcemy zająć się realizacją uniwersalnego układu aktywnego obciążenia.

W wielu przypadkach tester impulsowy jest niezastąpiony, ale dość często potrzebne jest obciążenie o dużej mocy, które może pracować ciągle.

W najprostszym przypadku takim obciążeniem o dużej mocy może być zestaw rezystorów, zestaw żarówek albo grzałki z drutu oporowego.

Jednak takie proste rozwiązania mają poważne wady, przede wszystkim brak uniwersalności i konieczność kłopotliwego dobierania, zależnie od potrzeb i warunków. Na pozór najprostsze do wykorzystania żarówki mają liczne słabości, w tym dużą nieliniowość, co niekiedy wręcz je dyskwalifikuje. Dlatego wiele osób decyduje się na realizację układu elektronicznego, pełniącego funkcję mniej lub bardziej uniwersalnego obciążenia aktywnego. Ogólnie biorąc, układu o możliwie dużej mocy, służącego do zamiany energii elektrycznej na energię ciepłą.

I właśnie w ramach kolejnego wątku **Wspólnie projektujemy**, chcemy zająć się zaprojektowaniem możliwie najbardziej uniwersalnego układu elektronicznego obciążenia o jak największej mocy. Dziś można niedrogo kupić gotowe układy aktywnego obciążenia. Przykład na **rysunku 1**.

**120,26zł** -1%  
Najniższa cena w ciągu 30 dni p  
Cena z VAT

**Sprzedaj hurtowa** 10+ sztuk, dodatkc

150W 10A/20A obciążenie  
1.77/2.4in TFT kolor moc  
wyświetlacza bateria Test  
starzenia miernik napięcie  
prądu Monitor rozładowania

★★★★★ 4.9 21 Recenzje |  
Zniżka kuponu

**12,12zł off**  
na zamówienia za pona...

kolor: 2.4inch 20A

Rysunek 1

## Zadanie konkursowe YK012 brzmi:

**Zaproponuj schemat układu elektronicznego uniwersalnego, aktywnego obciążenia, o możliwie dużej mocy.**

Do udziału w zadaniu zapraszam doświadczonych, a także mniej zaawansowanych i początkujących.

Propozycje można **nadsyłać do końca lutego 2024 roku** na adres [konkursy@piotr-gorecki.pl](mailto:konkursy@piotr-gorecki.pl).

Proponuję, żeby teraz, w ramach zadania zająć się przede wszystkim koncepcją i schematem, co zostanie omówione w numerze 5/2024 czasopisma **Zrozumieć Elektronikę**.

Ale jeżeli masz praktyczne doświadczenia w tym zakresie, podziel się nimi!

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.

Jest to układ o prądzie maksymalnym aż 20 amperów i deklarowanej mocy strat 150 watów. Zasilany jest z małego wtyczkowego zasilacza 12-woltowego. Ma kolorowy ekran, który jest nie tylko monitorem podczas pracy, ale pozwala wygodnie ustawić potrzebne parametry. Dla wielu osób zakup gotowego urządzenia tego typu jest rozwiązaniem optymalnym. Ale nie dla wszystkich.

Po pierwsze, podobny układ wielu elektroników może i zechce zrealizować **wielokrotnie taniej**, wykorzystując posiadane popularne elementy. Co prawda tania wersja nie będzie mieć wyświetlacza i cyfrowego sterowania, ale jej kluczowe parametry nie będą gorsze, a mogą być lepsze. A układ elektroniczny może być zaskakująco prosty i tani!

Po drugie, część elektroników chce zrealizować układ aktywnego obciążenia „dla sportu”, aby mieć satysfakcję nie z jego posiadania, tylko z **samodzielnego wykonania urządzenia**. Co bardzo istotne, można się przy tym naprawdę dużo nauczyć.

Po trzecie, **często potrzebny jest układ o parametrach lepszych, niż oferują chińscy producenci**, na przykład o większej mocy strat, o większym napięciu maksymalnym, czy o jeszcze większym prądzie.

Są więc wystarczające powody, żeby zastanowić się nad samodzielną realizacją aktywnego obciążenia. Układ może być genialnie prosty i tani, a przy tym może mieć możliwości i kluczowe parametry dużo lepsze, niż niedrogie urządzenia fabryczne.

### Aktywne obciążenie – nietypowe potrzeby

Inspiracją do tego zadania był interesujący e-mail, jaki w grudniu otrzymałem od **Marcina Foltyna**. Ucieszyłem się, że ktoś zajmuje się tematami, które interesują także mnie i zapewne wiele innych osób. Oto treść otrzymanego w grudniu e-maila:

*Dzień dobry,  
interesuję się oświetleniem LED i po trochu wszystkim co jest z tym związane. Aktualnie testuję kilka zasilaczy stałoprądowych, zdejmując ich charakterystyki mocy strat w funkcji ich mocy wyjściowej. Ostatnio wpadł mi w ręce zasilacz stałoprądowy, wysokonapięciowy o następujących parametrach: 64...300 V, 250...1000 mA, 43...150 W. By zdjęć jego charakterystyki chcę moc z jego wyjścia wytracić na diodzie Zenera wykonanej na trzech szeregowo połączonych tranzystorach BD249 C (około 63 V) oraz na tranzystorze IXFH20N50P3, na którym będzie realizowana regulacja napięcia przy danym prądzie wyjściowym. Maksymalna moc strat na tranzystorze MOSFET wyniesie 120 W, dlatego muszę go „rozbić” na trzy równolegle połączone tranzystory, przez które popłyną prądy od około 80 do 330 mA, przy napięciu od 1 do 240 V. Rozumiem, że w takim przypad-*

*ku charakterystyki prądu drenu w funkcji napięcia na bramce powinny być maksymalnie zbliżone dla wybranych egzemplarzy. Proszę o radę, czy w takim przypadku parowanie tranzystorów ma sens, a jeżeli tak, to jak się do tego zabrać? Dla jakich prądów i napięć wyznaczać charakterystyki MOSFET?*

Pozdrawiam  
**Marcin Foltyn**

Odpisałem, że równoległe łączenie tranzystorów MOSFET jest bardzo ryzykowne. Pomijam amatorskie schematy wzmacniaczy mocy audio, często niesprawdzone w praktyce, gdzie w stopniach wyjściowych pracują równoległe połączone MOSFET-y. W profesjonalnych zastosowaniach MOSFET-y łączy się równoległe tylko w przypadkach, gdy pracują jako przełączniki – klucze, a nie w trybie liniowym. A i wtedy trzeba wziąć pod uwagę kilka ograniczeń.

Koniecznym należy podkreślić, że bez problemu można kupić rozmaite gotowe odmiany układów aktywnego obciążenia, takie jak na rysunku 1. Praktycznie wszystkie przeznaczone są do pomiaru pojemności akumulatorów większej mocy. Mają prądy pracy rzędu 10...20 amperów, napięcia pracy do kilkudziesięciu woltów oraz moce deklarowane 150...250 watów (w co zresztą można wątpić z uwagi na zastosowany radiator). Najważniejszym problemem jest rozpraszanie ciepła, co wyznacza zastosowany radiator.

Autorowi e-maila potrzebny jest układ aktywnego obciążenia o dużo wyższym napięciu pracy. Spróbujmy zrealizować tego rodzaju układ wspólnie!

### Rodzaje aktywnego obciążenia

Koniecznym trzeba pamiętać, że są **trzy główne odmiany aktywnego obciążenia**.

Na początku wspomniałem, że obciążeniem może być zestaw rezystorów, grzałek lub żarówek. To najprostszy rodzaj obciążenia – **obciążenia o charakterze rezystancji** (w przypadku żarówek mocno nieliniowej rezystancji).

Jednak często potrzebne jest **obciążenie, zachowujące się jak źródło prądowe**, a nie jak rezystancja. W przypadku obciążenia rezystancyjnego o wartości prądu decyduje napięcie na rezystancji według oczywistego wzoru  $I = U / R$ . Natomiast w przypadku źródła prądowego napięcie na obciążeniu nie ma żadnego wpływu na wartość prądu, która jest ustalana przez użytkownika.

Trzecim głównym rodzajem jest obciążenie stałonapięciowe, a raczej **obciążenie o napięciu ustawionym przez użytkownika**.

Dodatkowo trzeba wspomnieć, że czwartym godnym uwagi rodzajem jest bardziej skomplikowane

rozwiązanie elektrycznego obciążenia, które niejako dostosowuje się do sytuacji. Tak dostosowuje, **żeby** w obciążeniu **wydzielała się określona moc**, ustawiona przez użytkownika.

Wymienione cztery główne odmiany aktywnego obciążenia przedstawione są na **rysunku 2**.

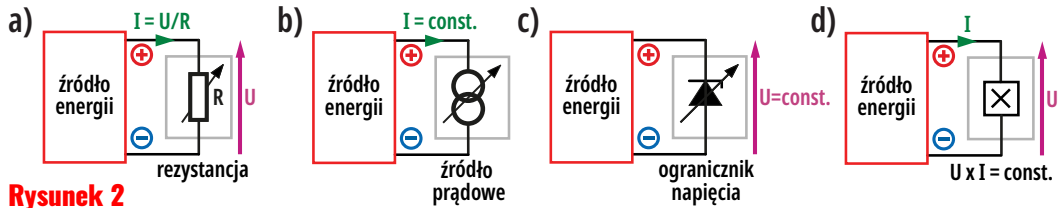
Każdy rodzaj (każdą charakterystykę) obciążenia można zrealizować za pomocą odpowiednio sterowanego tranzystora. Może to być tranzystor bipolarny, MOSFET lub IGBT. Bodaj najprostsze realizacje obciążenia stałonapięciowego i stałoprądowego z wykorzystaniem tranzystora bipolarnego NPN są pokazane na **rysunku 3**. Bywają wykorzystywane w praktyce, ale z kilku powodów nie są dobrą podstawą do realizacji uniwersalnego obciążenia aktywnego o możliwie dużej mocy.

Dziś absolutnie najpopularniejsze są tranzystory MOSFET z kanałem typu N. Właśnie taki tranzystor może być kluczowym elementem uniwersalnego obciążenia aktywnego. Nie warto jednak zwracać sobie głowy odpowiednikami rozwiązań z rysunku 3, pokazanymi na **rysunku 4**. Owszem, mogą być użyteczne, ale my chcemy zrealizować obciążenie jak najbardziej uniwersalne.

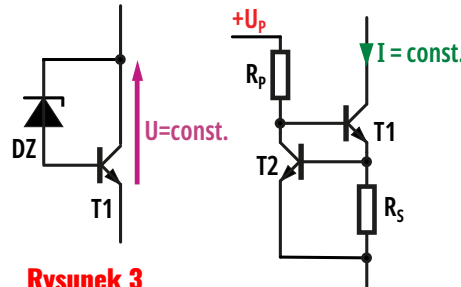
A wtedy warto się zastanowić, czy aby najlepszym punktem wyjścia nie będzie układ z **rysunku 5**. Co prawda wymaga oddzielnego napięcia zasilania  $U_p$ , ale ma ogromny potencjał.

Zasadniczo jest to sterowane napięciem źródło prądowe, którego prąd wyznaczony jest przez napięcie sterujące  $U_s$ .

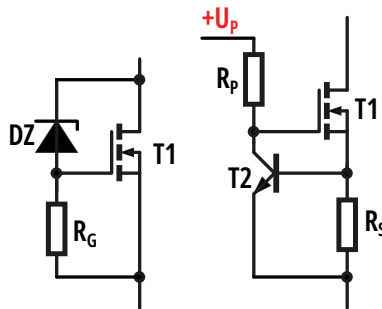
Napięcie to może pochodzić z jakiegokolwiek dobrze stabilizowanego źródła, co schematycznie pokazuje **rysunek 6** –



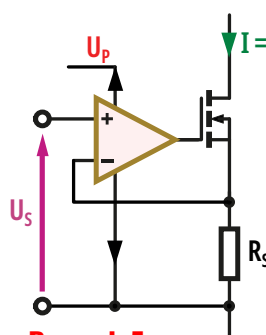
**Rysunek 2**



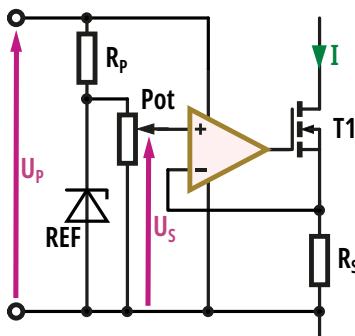
**Rysunek 3**



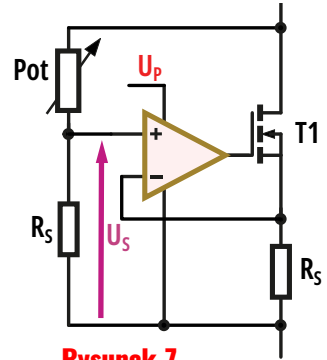
**Rysunek 4**



**Rysunek 5**



**Rysunek 6**



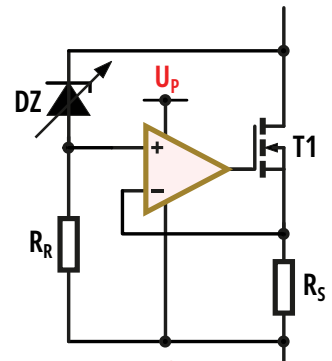
**Rysunek 7**

mamy realizację regulowanego w szerokim zakresie źródła prądowego według rysunku 2b.

Jeżeli napięcie  $U_s$  pochodzić będzie z dzielnika rezystancyjnego według **rysunku 7**, to uzyskamy obciążenie o charakterze... rezystancyjnym, jak na rysunku 2a! Prąd tranzystora jest tu wprost proporcjonalny do napięcia na obciążeniu. A potencjometr pozwala regulować zastępczą rezystancję  $R$  takiego obciążenia w szerokim zakresie.

I wreszcie **rysunek 8** pokazuje w dużym uproszczeniu konfigurację, która jest obciążeniem stałonapięciowym według rysunku 2c. Na schemacie znów umieściłem symbol regulowanej diody Zenera, żeby pokazać tylko zarys koncepcji.

Tego rodzaju układ jak najbardziej sprawdziłby się w większości zastosowań, jednak taka konfiguracja nie do końca realizuje bliskie ideału obciążenie stałonapięciowe. Ma bowiem znaczną dynamiczną rezystancję wewnętrzną. Warto się zastanowić, jak w praktyce zrealizować obciążenie



**Rysunek 8**

stałonapięciowe o jak najlepszych parametrach.

Można się też zastanowić, czy i jak można zrealizować (regulowane) obciążenie o stałej mocy. Od razu ostrzegam: moc to iloczyn napięcia i prądu. Układ musi więc mieć jakiś analogowy albo cyfrowy układ mnożący, bowiem to wynik mnożenia ma zmieniać występowanie tranzystora mocy.



Pokazuje to w ogromnym uproszczeniu **rysunek 9**. W rzeczywistości oprócz układu mnożącego potrzebny jest jakiś obwód regulacji poziomu mocy. Dlatego taką wersję stałomocową można spokojnie pominąć, o ile układ uniwersalnego obciążenia ma być jak najbardziej prosty i tani.

**Podstawowy problem – moc strat**

Trzy podstawowe wersje według rysunków 6...8 można zrealizować bardzo łatwo, ale podstawowym problemem będzie (duża) moc strat.

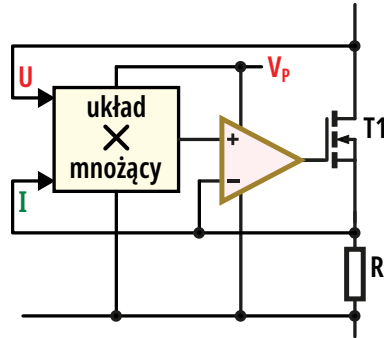
Ograniczeniem jest dopuszczalna moc strat użytego tranzystora. Przypominam, że podana w katalogu maksymalna moc strat tranzystora dotyczy warunków idealnego chłodzenia, co w praktyce jest niemal niemożliwe do zrealizowania.

W praktyce głównym ograniczeniem są możliwości zastosowanego radiatora. Najprościej biorąc, należy zastosować i tranzystor o jak największej katalogowej mocy strat, i jak najbardziej skuteczny radiator. W ewentualnych obliczeniach należy wykorzystać informacje o rezystancjach termicznych.

Ogólnie biorąc, jest kłopot, jeśli moc strat ma być większa niż 100 watów.

Szczegóły mogą omówić przy rozwiązaniu tego zadania konkursowego, a na razie wspomnę tylko, że dla zwiększenia mocy można zastosować równoległe połączenie tranzystorów mocy, ale na pewno nie bezpośrednio, według **rysunku 10!** To byłaby prosta droga do katastrofy!

Słabym i niegodnym polecenia byłoby też rozwiązanie z rezystorami wyrównawczymi według **rysunku 11**. Jeśli ma to być układ uniwersalny, o sze-



**Rysunek 9**

rokiem zakresie prądów pracy, dobór właściwych rezystorów wyrównawczych jest praktycznie niemożliwy.

Dlatego należy po prostu zastosować równoległe połączone moduły według **rysunku 12!** Wtedy poszczególne

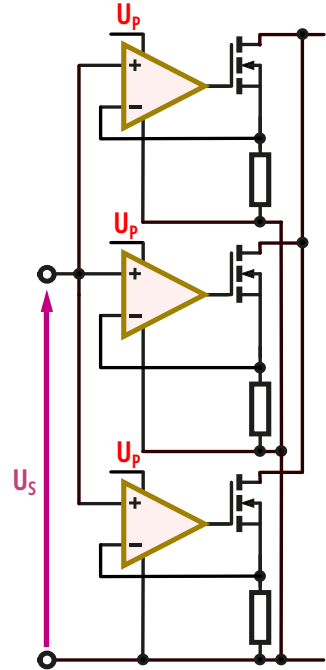
wzmacniacze operacyjne skutecznie rozwiązują problem różnic parametrów tranzystorów i nie potrzeba żadnego dobierania MOSFET-ów. Mogłyby one nawet być zupełnie różnych typów, o odmiennych charakterystykach.

**Uwagi końcowe**

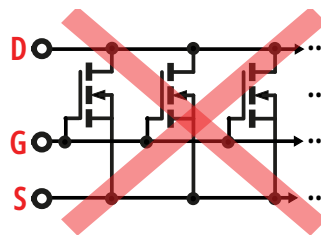
Celowo zwróciłem uwagę na niedrogie chińskie gotowe moduły aktywnego obciążenia, które najczęściej wykorzystuje się w roli mierzniaków pojemności akumulatorów. Konkurencja z chińskimi wytwórcami nie ma sensu. Jeżeli w ramach zadania **Wspólnie projektujemy** chcemy wykonać **układ aktywnego obciążenia**, to powinien on znacząco różnić się od gotowych tanich urządzeń tego typu:

- albo powinien być zdecydowanie tańszy,
- albo powinien mieć znacznie lepsze parametry (moc, napięcie maksymalne, zakres regulacji prądu).

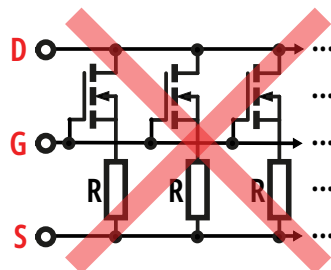
Zapraszam do udziału także Ciebie. ©



**Rysunek 12**



**Rysunek 10**



**Rysunek 11**

**Piotr Górecki**



# Podstawy automatyki – pomiar przepływu

Pomiary przepływu to jedno z najbardziej powszechnych pomiarów. Stykamy się z nimi codziennie. W domu wszyscy mamy wodomierze, część z nas ma również gazomierze, zaś Czytelnicy zmotoryzowani mają w pojazdach przepływomierze powietrza w silnikach oraz używają ich podczas tankowania paliwa.

## Czym jest przepływomierz?

### Przepływomierze turbinowe

### Przepływomierze elektromagnetyczne

### Przepływomierze ultradźwiękowe

## Przepływomierze ciśnieniowe

### Rotametry

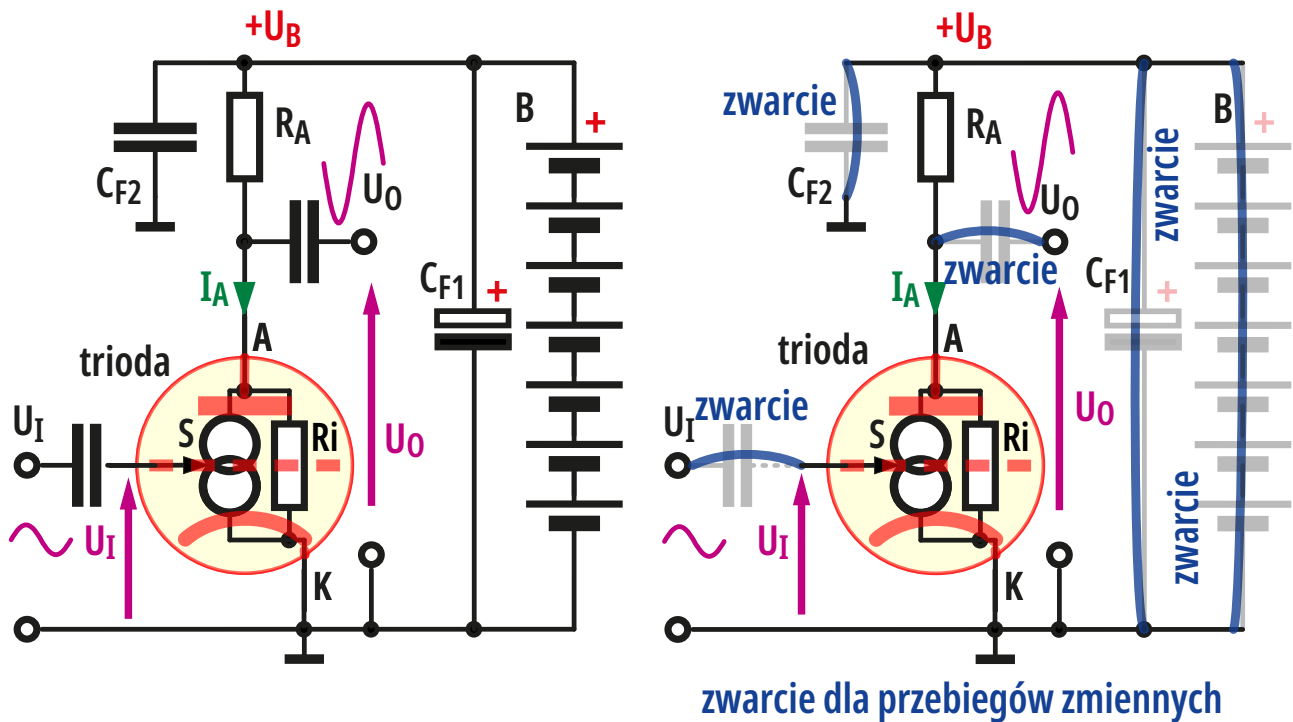
### Legalizacja przepływomierzy

## **Czym jest przepływomierz?**

Przepływomierz jest urządzeniem, który wskazuje **ilość cieczy lub gazu, która przepływa przez dany przekrój w danym czasie**. Aby wyznaczyć przepływ, konieczny jest pomiar prędkości substancji w rurociągu oraz jego przekrój. Ze względu na wykorzystane zjawiska fizyczne, przepływomierze można podzielić na ultradźwiękowe, elektromagnetyczne, turbinowe, ciśnieniowe i inne. Zastosowana metoda pomiaru zależy od rodzaju mierzonego medium i jego właściwości. Przy doborze przepływo-

niemożliwa bez opróżnienia układu z medium, co wymaga montażu w zastępstwie przepływomierza opartego na innej metodzie pomiaru, aby operacja ta była możliwa „na ruchu”. Podczas doboru miejsca zainstalowania urządzenia należy zwrócić uwagę na możliwość montażu w pionie lub poziomie, a także na kierunek przepływu medium. Przepływomierze są stosowane powszechnie w naszym otoczeniu, jak już wspomniano we wstępie – wodomierze, gazomierze, przepływomierze powietrza w układach dolotowych silników, przepływomierze paliwa. Na

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



zwarcię dla przebiegów zmiennych

# Lampy elektronowe: wzmocnienie sygnałów

W tym, a także poprzednim i następnym artykule serii omawiamy informacje, które są kluczem do świata lamp. Możesz je pominąć, jeżeli znasz te zagadnienia, ale zachęcam do lektury choćby dlatego, że na następnych stronach jest przystępnie wyjaśniony sens słabo rozumianego parametru  $K_a$  ( $\mu$ ).

**Różne schematy zastępcze**  
**Wzmocnienie napięciowe... tranzystora**  
**Wzmocnienie napięciowe triody**

**Schemat zastępczy dla przebiegów zmiennych**  
**Maksymalne wzmocnienie, współczynnik  $K_a$**   
**Wpływ obciążenia na wzmocnienie**

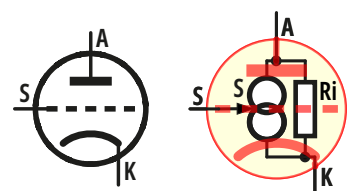
W poprzednim artykule tej serii omawialiśmy podstawowe parametry dynamiczne, czyli dotyczące sygnałów zmiennych. Doszliśmy do ogromnie ważnych katalogowych parametrów lampy: nachylenia czyli transkonduktancji  $S$  oraz rezystancji wewnętrznej  $R_i$  ( $\rho$ ). Są to parametry dynamiczne, dotyczące przebiegów zmiennych i ich wzmacniania, a wzmacnianie sygnałów audio nas najbardziej interesuje.

Niestety, początkujący często mają duży problem z rozróżnieniem parametrów statycznych i dynamicznych oraz z uchwyceniem związku punktu pracy z parametrami dynamicznymi. Nie jest to jednak trudne! W niniejszym artykule wrócimy do tej kwestii, ale najpierw przypomnijmy zagadnienia związane ze wzmacnieniem sygnałów zmiennych.

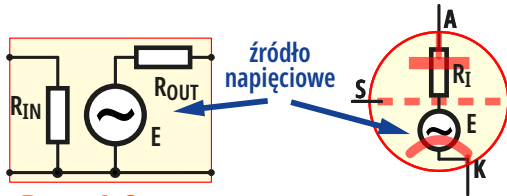
## Różne schematy zastępcze

Na początek ważne wyjaśnienie. Otóż w poprzednich artykułach do wytłumaczenia działania lampy przy wzmacnianiu sygnałów zmiennych wykorzystałem pojęcie sterowanego źródła prądowego, co w końcu doprowadziło do schematu przypomnianego na rysunku 1, według którego lampa jest równoległym połączeniem źródła prądowego o transkonduktancji (nachyleniu)  $S$  i rezystancji wewnętrznej  $R_i$ .

Tymczasem wielu elektroników jest przyzwyczajonych do innych schematów zastępczych, też dotyczących przebiegów zmiennych, gdzie oprócz



Rysunek 1



**Rysunek 2**

właściwego elementu wzmacniającego, zaznaczona bywa też rezystancja wejściowa i wyjściowa. Dwa przykłady na **rysunku 2**. Mamy tu w istocie sterowane źródło napięciowe z dodanymi rezystancjami. No więc czy lampa jest właściwie źródłem prądowym, czy źródłem napięciowym?

Nie ma tu żadnej sprzeczności!

Po pierwsze, we wcześniejszych rozważaniach zupełnie pominąłem kwestię rezystancji wejściowej, by nie komplikować rozważań. Najogólniej biorąc uznajemy bowiem, że *lampy* elektronowe same w sobie mają ogromną rezystancję wejściową i że rezystancja wejściowa *wzmacniacza* lampowego jest równa rezystancji rezystora włączonego między siatką i masą. W pierwszym przybliżeniu można to zaakceptować, choć nie jest do końca prawdą. Na razie to pomijamy.

A jeśli chodzi o rezystancję wyjściową, to podkreśliam, że mówimy o schematach *zastępczych*. *Zastępczych i bardzo uproszczonych*, które pomijają nie tylko kwestie dotyczące napięć i prądów stałych, ale też ogromnie ważne, subtelne właściwości lamp i tranzystorów przy wzmacnianiu sygnałów zmiennych.

Zarówno wersja z rysunku 1, jak też wersje z rysunku 2 jednakowo dobrze ilustrują podstawowe, uproszczone właściwości wzmacniacza. Są to tylko uproszczone schematy *zastępcze*, co można przedstawić tak lub tak (dla wtajemniczonych: według Thevenina – Helmholtza lub według Nortona – Mayera).

Według mnie najlepiej wykorzystać model z rysunku 1 ze źródłem prądowym według Nortona, bowiem ma on bezpośredni związek z katalogowymi parametrami lampy:  $S$ ,  $R_i$  ( $\rho$ ),  $K_a$  ( $\mu$ ).

Można też wykorzystać model Thevenina według rysunku 2, do którego generalnie jesteśmy bardziej przyzwyczajeni, ale wtedy mamy kłopot z opisem źródła napięciowego. Nie ma natomiast kłopotu z rezystancją wyjściową. Przyjmij bez dowodu, że rezystancja wyjściowa wzmacniacza w modelu Thevenina, według rysunku 2, jest równa rezystancji wewnętrznej triody  $R_i$  (a wszystkie inne rezystancje w układzie to obciążenie).

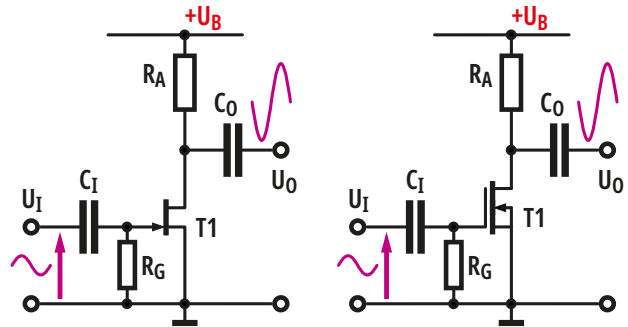
Mamy dwa różne przedstawienia, zobrazowania sytuacji, ale efekt i wyniki obliczeń są takie same. Nie jest ważne, który teoretyczny model wykorzy-

## Wzmocnienie napięciowe... tranzystora

Zanim przejdziemy do lamp, trzeba zacząć od tranzystorów. Koniecznie trzeba przypomnieć, czy też wyjaśnić, że **żaden „goły tranzystor” nie ma określonego wzmocnienia napięciowego**. Tranzystor bipolarny ma tylko jakieś *wzmocnienie prądowe*, wyrażane w amperach na amper (A/A) lub mA/mA. Natomiast tranzystory *polowe* jako parametr mają nie wzmocnienie, tylko *transkonduktancję*, wyrażaną w A/V lub mA/V. Podobnie jak „goła lampa”.

Najbardziej nas interesujące *wzmocnienie napięciowe* sygnałów zmiennych, konkretnie sygnałów audio, na pewno dotyczy więc nie „gołego” tranzystora czy lampy, tylko *układu* z tranzystorem lub lampą. *Układu*, a nie pojedynczego elementu.

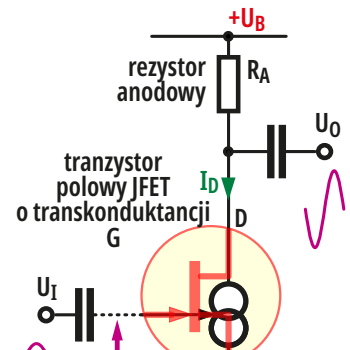
Okazuje się, że ten układ może być bardzo prosty. Realne wzmacniacze sygnałów zmiennych mogą mieć schematy pokazane na **rysunku 3**.



**Rysunek 3**

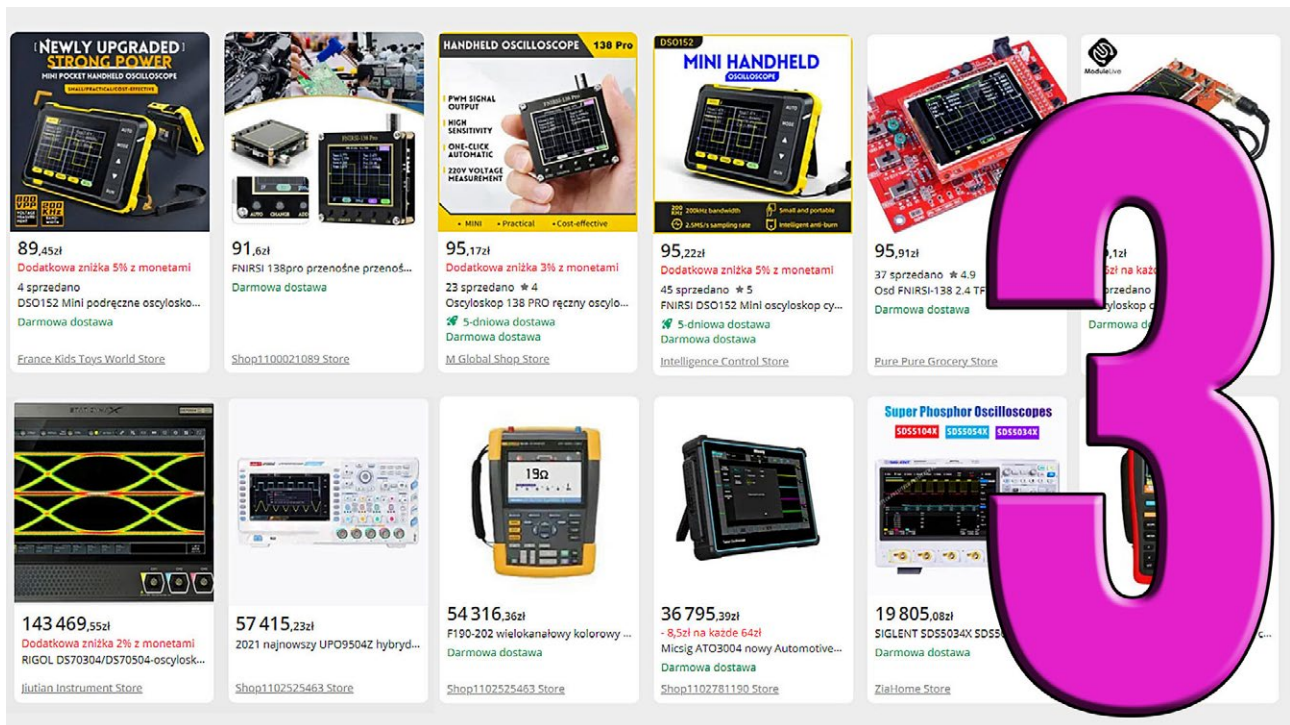
W dowolnym tranzystorze polowym napięcie wejściowe  $U_I = U_{GS}$  jest niejako zamieniane na prąd wyjściowy  $I_D$  przez jego transkonduktancję (w tranzystorach oznaczaną  $G$ , ale w lampach częściej literą  $S$ ), wyrażaną w (mili)amperach na volt. Pomijając mało ważne dla nas w tej chwili obwody wejściowe możemy to w uproszczeniu przedstawić na przykład tak, jak na **rysunku 4**.

Nas głównie interesuje *wzmocnienie napięciowe*, czyli stosunek napięcia wyjściowego do wejściowego:  $K = U_O / U_I$ , a w będących dobrymi źródłami prądowymi tranzystorach sygnałem wyjściowym jest prąd ( $I_D$ ). Jeżeli jednak ten prąd wyjściowy  $I_D$  przepływa przez zewnętrzną rezystancję  $R_A$ , to niejako ta rezystancja zamienia go na napięcie wyjściowe  $U_O$  według zależności  $U_O = I_D \times R_A$ .



**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.**

**W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**



# Rozstrzygnij dylemat: jaki oscyloskop kupić?

To jest kolejny artykuł serii, podsumowujący temat rozsądnego wyboru i zakupu oscyloskopu. Przypomniane są w nim podstawowe zasady wyboru oscyloskopu. Omówiona jest ważna kwestia: gdzie warto dokonać zakupu? Temat kończy wątek zakupu oscyloskopu używanego, co niekiedy może być sensowną decyzją.

**Podstawowe zasady zakupu oscyloskopu**  
**Gdzie kupić oscyloskop?**

**Co kupić? Oscyloskop używany czy nowy?**  
**Kupno analogowego oscyloskopu na części?**

Wprowadzający, niejako zerowy, artykuł **Oscyloskop? Nie ma problemu!** przedstawia plan kilkunastoczęściowej serii i sygnalizuje najważniejsze zagadnienia dotyczące oscyloskopów. Niniejszy artykuł zamyka i podsumowuje trzy pierwsze, dotyczące wyboru i zakupu oscyloskopu.

## **Podstawowe zasady zakupu oscyloskopu**

***Jeśli kupować nowy oscyloskop, to tylko cyfrowy.***  
A konkretnie jaki? Jeśli masz zapas gotówki – kup wygodny, modny i kosztowny skopometr dobrej firmy, najlepiej oryginalny ScopeMeter® firmy Fluke. Skopometr, czyli dobry przenośny oscyloskop z multimetrem. Ale jeżeli Twoje środki budżetowe są ograniczone, to wybór jest niestety bardzo trudny.

***Moja rada jest taka: warto mieć dobry oscyloskop o jak najlepszych możliwościach, najlepiej stacjonarny, do użytku w pracowni – warsztacie.***

***Do tego dobrze jest mieć jakiś tani przenośny oscyloskop lub multimetr z oscyloskopem do mało wymagających zastosowań polowych.***

Do warsztatu koniecznie trzeba kupić główny oscyloskop, co najmniej dwukanałowy, a **w miarę możliwości czterokanałowy**, co pomału staje się standardem. I ma głęboki sens praktyczny.

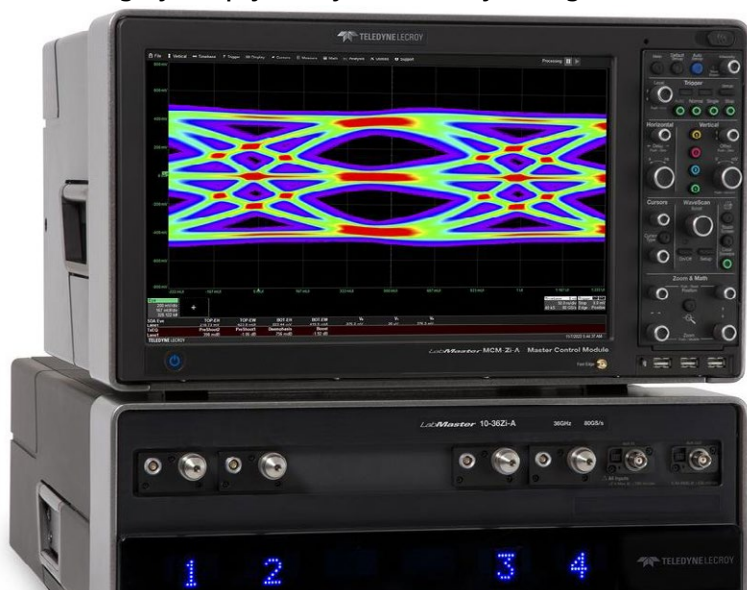
Trochę paradoksalnie, mniej zamożnych zachęcam więc do zakupu nie jednego, tylko dwóch przyrządów: jak najlepszego oscyloskopu stacjonarnego za minimum 1000 złotych oraz ewentualnie taniego przenośnego, ale sensownego, za około 300 złotych.

Dziś w zasięgu większości hobbystów są oscyloskopy o paśmie 50 MHz do 250 MHz. O częstotliwości próbkowania od 250 MSps do 1 GSps. Kwestię zależności, a raczej braku zależności między analogowym pasmem przenoszenia i próbkowania omawiam oddzielnie – Parametry oscyloskopu: pasmo i próbkowanie.

Zadaj sobie pytanie: **na ile dla mnie ważne i czy naprawdę jest mi potrzebne szerokie pasmo przenoszenia, powyżej 50 MHz?** Czy wykorzystam obliczenia matematyczne oraz bardzo zaawansowane tryby wyzwiania i sygnalizacji typu *Fail/Pass*? Czy potrzebne są mi liczne dodatkowe funkcje cyfrowe? A także, czy tak naprawdę wykorzystam możliwość komunikacji z komputerem oraz cyfrowej obróbki, zapamiętywania i robienia zrzutów ekranowych?

Z doświadczenia wiem, że pasmo powyżej 50 MHz potrzebne jest rzadko, a ogromna większość „cyfrowych bajerów” pozostaje niewykorzystana. Jednak to dziś jest standard w praktycznie wszystkich prawdziwych oscyloskopach. Nie zapomnij, że z technicznego punktu widzenia najważniejsze są nieliczne parametry omówione w artykule Parametry rozstrzygające o wyborze oscyloskopu.

Dlatego generalnie zalecam takie podejście: **kup stacjonarny oscyloskop najlepszy i najdroższy, na jaki Cię stać!** No może nie aż taki, jak na **fotografii 1** (Teledyne LeCroy labmaster10zi). Jeżeli chcesz kupić sensowny oscyloskop do pracowni, to zapomnij o chińskich wynalazkach tańszych niż 1000 złotych. Kup prawdziwy oscyloskop co najmniej ze średniej półki, z licznymi trybami wyzwiania. A jeżeli zajmiesz się cyfrówką, to koniecznie z możliwością dekodowania i analizy przebiegów cyfrowych oraz z bogatymi opcjami wyzwiania „cyfrowego”.



Wersje 50-megahercowe (jesień 2023) można kupić za **około 1500...2000 złotych – to jest niezbędne minimum za przyzwoity stacjonarny oscyloskop** (od 1000 złotych, jeżeli do średniej półki zaliczymy oscyloskopy Hantek). Przykład na **fotografii 2**.

Jeśli masz większy budżet – **rozważ, czy ważniejsze jest dla Ciebie szersze pasmo, czy inne ważne funkcje, w szczególności wbudowany w oscyloskop analizator stanów logicznych**. Wtedy szukaj nie oscyloskopu DSO, tylko MSO – oscyloskopu z wbudowanym analizatorem. Warto się zastanowić... Może nawet trochę poczekać, by zgromadzić więcej pieniędzy na coś znacznie lepszego.

Nie miej złudzeń, że za kilkaset złotych kupisz dobry oscyloskop do warsztatu. Ogólnie biorąc: **w tym średnim segmencie rynku nie ma spektakularnych ofert i rewelacyjnych okazji – otrzymasz tyle, za ile zapłacisz**. Ale nie należy spieszyć się z zakupem, warto szukać promocji. Są takowe!

Natomiast po zakupie nie szukaj i nie porównuj innych pokrewnych ofert. Nie draż już tematu wyboru, bo ceny pomatu spadają i pojawiają się nowe wersje oscyloskopów. Kup, a potem już nie szukaj innych ofert ani promocji, by się nie stresować i nie żałować dokonanego zakupu!

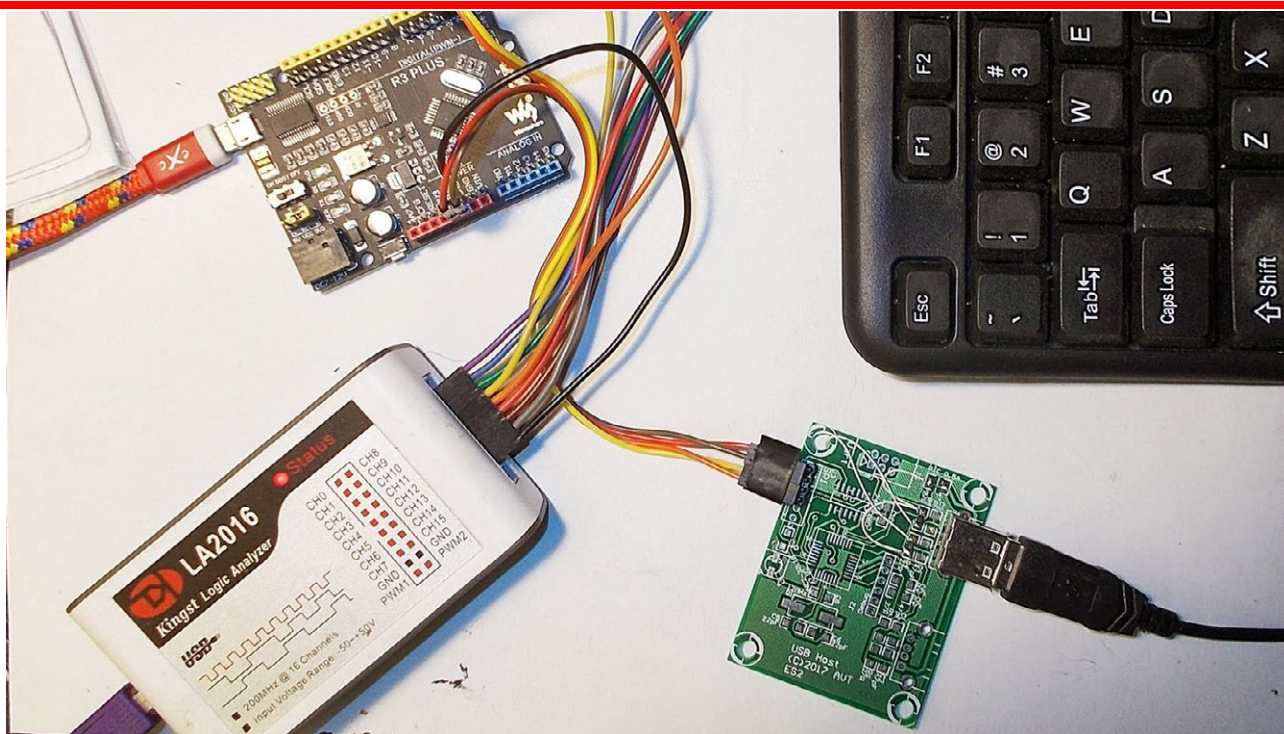
Natomiast **poznaj dokładnie swój nowy sprzęt i ciesz się jego zaletami!** Poznawanie sprzętu to dziś bardzo czasochłonne zadanie, bowiem oscyloskopy cyfrowe mają mnóstwo opcji i różnych funkcji, które naprawdę warto poznać.

Warto o nich wiedzieć, choć większość nie od razu przydaje się w praktyce, jednak niektóre mogą się okazać w pewnych sytuacjach wręcz niezbędne i „uratować życie”. Dlatego jak najlepiej poznaj swój podstawowy cyfrowy oscyloskop warsztatowy!

Oprócz tego zalecam też dodatkowo zakup jakiejś „taniej zabaweczki”, ale o sensownych parametrach – w chwili pisania artykułu (jesień 2023) wystarczy na to powiedzieć do 250...500 złotych. Nawet jeśli taka „zabaweczka” po części rozczaruje, będzie to niezbyt duży problem.



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



# Współpraca komputerowej klawiatury/myszy USB z mikrokontrolerem

Wykonanie klawiatury do urządzenia jest zwykle kosztowne. Tanie i estetyczne klawiatury są dostępne dla komputerów. Dawniej, za czasów panowania PS/2, nie było problemu z ich wykorzystaniem. Niestety teraz zazwyczaj mają złącze USB.

## Trochę teorii?

### Co będzie potrzebne?

### Podstawowe informacje o PS/2

### Testy klawiatury

## Testy myszy

### Wnioski

### Co dalej?

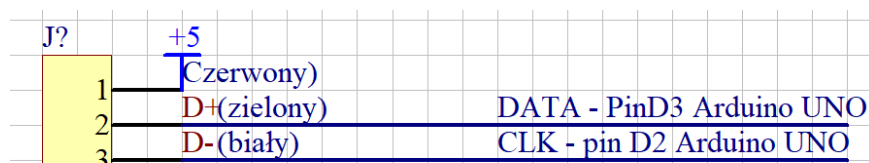
### Uwagi końcowe

## Trochę teorii?

Z pewnością niejedna osoba spotkała się z przejściówką USB/PS2 do klawiatury/myszki. Co zawiera taka przejściówka? Jakiś mikrokontroler? Nic bardziej mylnego – to tylko kilka „drutów”. Może więc sama klawiatura ma specjalną budowę? NIE! Zgodnie z normą, jeśli klawiatura lub myszka nie wykryje HOST-a USB, to musi emulować PS/2. Teoretycznie więc dowolną klawiaturę/mysz USB można w prosty sposób wykorzy-

## Co będzie potrzebne?

Klawiatura i mysz USB, gniazdo USB-A, dwa rezystory 10 kΩ, kilka kabelków, Arduino UNO. Klawiaturę podłączamy do Arduino według **rysunku 1**. Zanim wgramy program warto sprawdzić oscyloskopem lub analizatorem logicznym, czy po naciśnięciu klawisza generowany



**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.**

**W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**



# Jak pobierać dane z FIFO?

Bufer FIFO jest zbawieniem dla wolnych mikroprocesorów i dużych szybkości transmisji. Obsługa FIFO zazwyczaj nie wymaga modyfikacji kodu programu, ale jego zmiana pozwala zwiększyć wydajność systemu.

FIFO (*First In, First Out* – pierwszy na wejściu, pierwszy na wyjściu) najszybciej pojawiło się w UART (16C550 – 16 bajtów dla RX i TX), ale można spotkać je także w SPI (STM32 – 8 bajtów). Jak działa FIFO można dowiedzieć się z Internetu: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Kolejka\\_\(informatyka\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/Kolejka_(informatyka)). FIFO zapobiega gubieniu danych gdy czasem przerwanie wykonuje się zbyt długo. Może się tak zdarzyć gdy dana pojawiła się w czasie wykonywania przerwania/przerwań o takim samym poziomie, jaki ma UART. W takiej sytuacji zanim obsłużone będzie przerwanie dla UART może pojawić się kolejna dana, która będzie utracona. Taki „zlepek” przerwania będzie występował rzadko, więc błąd może być trudny do znalezienia.

Wydaje się, że problem rozwiązuje DMA. Niestety nie zawsze do końca. Załóżmy że DMA zapisuje bufor na 1000 znaków, a otrzymujemy ciągle strumień 1100

#### Porada.

Jeśli czas wykonywania przerwania zbliża się do czasu transmisji danej oznacza to rychłe problemy. Obsługa przerwania powinna być wielokrotnie krótsza od czasu transmisji danej.

DMA do przyjęcia kolejnych danych. Obsługa przerwania i ponowna konfiguracja DMA zajmuje trochę czasu, w którym może być przesłane kilka znaków. Niestety DMA je „zgubi”. Taki problem rozwiązuje FIFO. W czasie gdy DMA nie działa dane trafiają do FIFO. Po uruchomieniu DMA szybko odbierze dane z FIFO, po czym kolejne w takt ich napływania.

Wróćmy do problemu przerwania. Typowa funkcja odbierająca znaki UART wygląda jak na **listingu 1**.

```
IF odebrano znak THEN
```

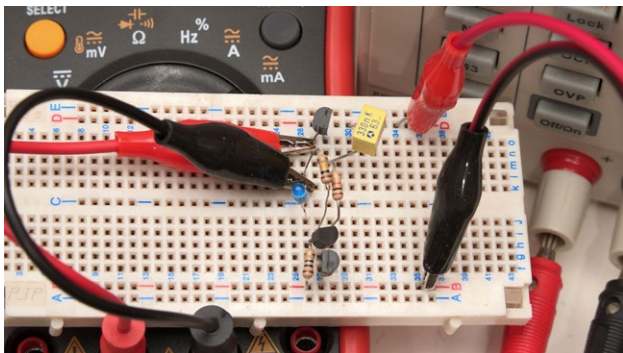
**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.**

**W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**



# Skrzynka pytań i odpowiedzi

W tej rubryce przedstawiane są odpowiedzi na wybrane pytania dotyczące elektroniki, zawarte w komentarzach do postów i filmów, nadsyłane przez Patronów i Mecenatów oraz innych Czytelników za pomocą kanałów podanych na stronie: [Zapytaj, odpowiedz](#).



## Analiza sterownika diody LED

**Witam. Chciałbym zapytać o (...) stabilizator prądu diody LED (...). W jaki sposób należy podejść do analizy? (...) Nie mam pojęcia jak to rozwikłać. (...) jak przeanalizować, co się dzieje w obwodzie od chwili podania (...) napięcia +V do momentu ustalenia prądów i napięć?**

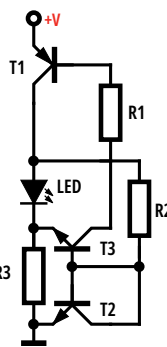
Jeden z moich Patronów przysłał powyższą prośbę dotyczącą **rysunku 1**. Oto pełna treść:

*Witam, chciałbym zapytać o obwód przedstawiony jako Zagadka 2310 (stabilizator prądu diody LED), którego rozwiązanie znajduje się w grudniowym numerze ZE. W jaki sposób należy podejść do analizy takiego układu? Przedstawię poniżej mój tok rozumowania.*

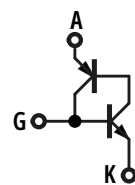
*Zakładam, że w chwili  $t=0$  wszystkie prądy i napięcia w obwodzie wynoszą 0. Teraz podajemy napięcie pomiędzy zaciskiem +V i masą o wartości na poziomie np. 5...12 V. Żeby w obwodzie pojawiły się jakieś prądy musi przewodzić T1, ale jego baza połączona jest z kolektorem T3. Jednak żeby przewodził T3 musi płynąć prąd kolektora T1, ale do tego potrzebny jest prąd bazy T1 i sprawa się zapętla. Nie mam pojęcia, jak to rozwikłać.*

*Wiedząc do czego służy układ można podejrzewać, że T2 i T3, które pracują chyba jako lustro prądowe, wprowadzają sprzężenie zwrotne pomiędzy prądami bazy i kolektora T1. Pytanie, jak przeanalizować co się dzieje w obwodzie od chwili podania danego (ustalonego) napięcia +V do momentu ustalenia prądów i napięć w obwodzie, bo, jak rozumiem, dla ustalonego napięcia +V układ dojdzie do pewnego stanu równowagi, gdzie prąd diody (i wszystkie pozostałe) będą stałe. Czy mogę prosić żeby w kilku zdaniach opisał Pan, jak należy podejść do analizy takiego obwodu? Pozdrawiam.*

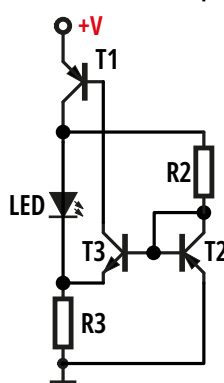
Michał



Rysunek 1



struktura tyristorowa  
Rysunek 2



Rysunek 3

Szczególnie intrygujące jest zagadnienie, czy układ w ogóle zacznie pracę po włączeniu zasilania, gdy z początku wszystkie tranzystory są zatkane?

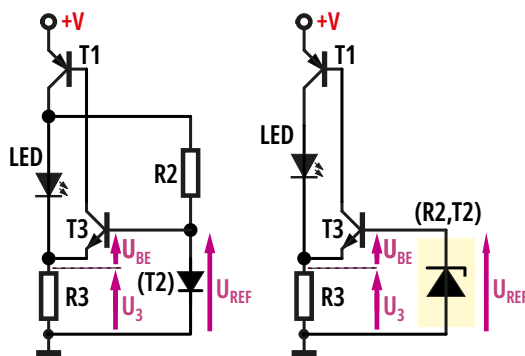
Otóż układ nieco przypomina strukturę tyristorową, pokazaną na **rysunku 2**. Ogólnie wiadomo, że struktura tyristorowa po włączeniu zasilania powinna pozostać nieczynna – tranzystory składowe nie powinny przewodzić. W dalszej części tego artykułu podane jest wyjaśnienie dotyczące rysunku 1 – czy i w jakich warunkach taki układ może prawidłowo zacząć pracę?

Ale na razie rozważania zaczniemy od pracy w stanie ustalonym, gdy prądy i napięcia mają finalne wartości. Schemat można przerysować i nieco uprościć, do postaci pokazanej na **rysunku 3**.

Pomińmy rezystor R1, który nie jest niezbędny i nie ma wpływu na działanie. Rezystor R3, o niewielkiej wartości, jest czujnikiem prądu płynącego przez diodę LED. Zmiany napięcia na R3 zmieniają prąd tranzystora T3, a przez to także T1, czyli prąd diody LED.

Aby pokazać podstawową zasadę działania, warto jeszcze bardziej uprościć układ – do którejś

z postaci pokazanych na **rysunku 4**. „Górny” tranzystor T1 bezpośrednio reguluje najbardziej nas interesujący prąd, płynący przez diodę LED. Ten prąd płynie dalej przez rezystor R3 i wywołuje na nim niewielki spadek napięcia. Wzmacniaczem błędów jest tranzystor T3, na którego bazie występuje jakieś ustalone, prawidłowo dobrane napięcie odniesienia  $U_{REF}$ .



**Rysunek 4**

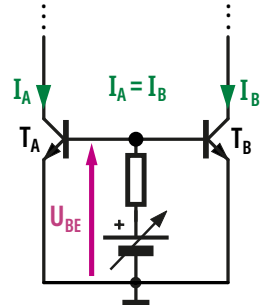
Na to napięcie odniesienia  $U_{REF}$  składa się suma napięcia baza-emiter tranzystora T3 i spadku napięcia na R3. Wejściem tego prostego wzmacniacza błędów jest emiter T3, bo tranzystor T3 pracuje w układzie ze wspólną bazą. Małe zmiany napięcia na R3 powodują duże zmiany prądu tranzystora T3, a w efekcie także tranzystora T1.

Jeżeli z jakichś przyczyn nastąpiłby wzrost prądu płynącego przez diodę LED i przez rezystor R3, spowoduje to zmniejszenie prądu tranzystorów T3 i T1, co doprowadzi do przywrócenia ustalonej wartości prądu pracy diody LED.

W pętli regulacji występuje duże wzmocnienie (wzmocnienie dwóch tranzystorów T1, T3), ale też silne ujemne sprzężenie zwrotne, zapewniające skuteczną stabilizację prądu diody LED.

Stabilizacja ta będzie niezależna od temperatury tylko wtedy, jeżeli pod wpływem zmian temperatury odpowiednio zmieniać się będzie także napięcie  $U_{REF}$  tak, żeby wyeliminować zmiany cieplne napięcia  $U_{BE}$  tranzystora T3.

Skuteczną kompensację zmian temperatury złącza baza-emiter tranzystora T3 zapewnia, a przynajmniej umożliwia, tranzystor T2. Można uznać, że przy prawidłowej realizacji praktycznego układu, zmiany temperatury jednakowo zmieniają napięcia baza-emiter obu tranzystorów T3, T2, co w idealnym przypadku powinno całkowicie wyeliminować wpływ zmian temperatury na wartość prądu diody LED. Podstawowym warunkiem jest jednakowa temperatura złączy tranzystorów T2, T3. Dostępne są pary tranzystorów zawarte w jednej strukturze. Jednak w prak-

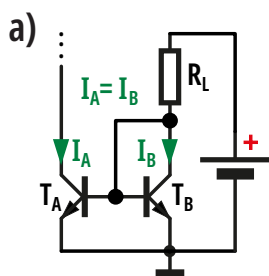


**Rysunek 5**

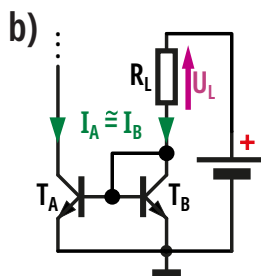
nego na wstępie.

Wtedy warto zacząć od dwóch jednakowych tranzystorów w uproszczonym układzie z **rysunku 5**. Jeżeli tranzystory  $T_A$ ,  $T_B$  są identyczne i mają taką samą temperaturę, to przy zmianach napięcia  $U_{BE}$  ich prądy kolektorów są dokładnie takie same.

Dokładnie tak samo jest w układzie z **rysunku 6a**. A jeżeli pominiemy prądy baz, to możemy uznać, że praktycznie równe są prądy zaznaczone na **rysunku**



**Rysunek 6**



**6b**. Tu wielkość napięcia  $U_L$  i rezystora  $R_L$  decydują o wartości prądu płynącego przez tranzystor  $T_B$  i w idealnym przypadku taką samą wartość powinien mieć prąd tranzystora  $T_A$ .

W układzie z rysunku 1 w obwodzie emitera tranzystora T3 umieszczony jest rezystor R3 o niewielkiej wartości. Na tym rezystorze wystąpi jakiś niewielki spadek napięcia, a to zmniejszy napięcie baza-emiter tranzystora T3. I tu trzeba przypomnieć podane kilkadziesiąt lat temu zależności między prądem tranzystora bipolarnego a jego napięciem baza-emiter (wzór Shockley'a) – **rysunek 7**.

$$I = I_S \cdot \left( e^{\frac{U_D}{c}} - 1 \right)$$

gdzie:

- $I_S$  – prąd nasycenia złącza,
- $c$  – stała charakterystyczna dla konkretnej diody i temperatury pracy,
- $e$  – podstawa logarytmu naturalnego

**Rysunek 7**

Jest to zależność wykładnicza, a w dokładniej-

**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.**

**W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**

# Skrzynka pytań i odpowiedzi

W tej rubryce przedstawiane są odpowiedzi na wybrane pytania dotyczące elektroniki, zawarte w komentarzach do postów i filmów, nadsyłane przez Patronów i Mecenatów oraz innych Czytelników za pomocą kanałów podanych na stronie: [Zapytaj, odpowiedz](#).



## Prąd elektryczny: czy zabijają wolty, czy ampery?

**W komentarzu do filmu B002 pojawiło się pytanie: Zatem co zabija? Napięcie czy ampery? Przy paluszkach eneloop mówi Pan, że 20 amper[ów] to nie żarty, a napięcie to 1,3 V i nic się nie dzieje przy trzymaniu w palcach?**

Sprawa jest rzeczywiście dość dziwna dla wielu osób. Przynajmniej na pozór. Dlatego zdecydowałem się napisać ten artykuł i na moim kanale YT umieścić [film oznaczony Q022](#).

Ogólnie wiadomo, że wysokie napięcia są groźne. Śmiertelnie groźne jest już napięcie sieci energetycznej 230 V. Tak, ale można znaleźć liczne przykłady generatorów wysokiego napięcia i zobaczyć ludzi którzy do nich dotykają: widać świecący łuk elektryczny, a to wysokie napięcie ich nie zabija...

Dlaczego?

Najprostsza odpowiedź na tytułowe pytanie jest taka, że **nie zabijają ani wolty (jednostki napięcia), ani ampery (jednostki natężenia prądu)**. Nie zabijają, bo są to jedynie jednostki pewnych wielkości fizycznych.

Można też powiedzieć, że „nie zabija napięcie” i że „nie zabija prąd”. Zabija energia elektryczna, która zakłóca działanie naszego ciała, naszego organizmu. A żeby zakłóciła, to nasze ciało musi być dołączone do źródła energii elektrycznej. Jeżeli nasze ciało stanie się odbiornikiem energii elektrycznej, to może nastąpić porażenie, a nawet śmierć.

Tak, ale to zależy od tempa przekazywania energii

Nie jest więc istotne, jakie napięcie jest „obok nas” i jaki prąd płynie „obok nas”. Kluczowe znaczenie mają dwa czynniki:

- jakie napięcie dołączone jest do naszego ciała?
- jaki prąd płynie przez nasze ciało?

Porazić może nas prąd, który płynie przez nasze ciało. Nie porazi nas prąd o dowolnym natężeniu, który „płynie obok”.

„Obok nas”, czyli w jakimś innym obwodzie. I tak jest w filmie B002, gdzie ja bez obaw dotykam nie tylko akumulatora, ale też dużego akumulatora 12 V. Przez moje ciało płynie wtedy mały prąd, którego ja nawet nie czuję. A duży prąd płynie „obok mnie” przez drut, który rozgrzewa się do czerwoności i topi się. Drut jest głównym obciążeniem, w którym płynie duży prąd, rzędu kilku, kilkunastu, a nawet 50 amperów.

Można sobie w uproszczeniu wyobrazić, że gdy dotykałem biegunów akumulatora, wtedy moje ciało stało się dodatkowym odbiornikiem energii, opornikiem, rezystorem o jakiejś wartości R.

Tak, w takich przypadkach nasze ciało staje się swego rodzaju rezystorem, ale należy podkreślić, że rezystancja ciała człowieka zależy od kilku czynników – na pewno nie można podać, jaką konkretnie ma rezystancję. Może się ona zmieniać w dość szerokich granicach.

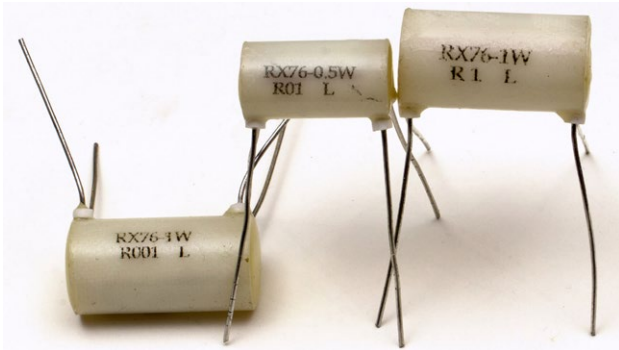
Gdy podczas eksperymentów dotykałem zacisków

**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.**

**W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**

# Skrzynka pytań i odpowiedzi

W tej rubryce przedstawiane są odpowiedzi na wybrane pytania dotyczące elektroniki, zawarte w komentarzach do postów i filmów, nadsyłane przez Patronów i Mecenasów oraz innych Czytelników za pomocą kanałów podanych na stronie: [Zapytaj, odpowiedz.](#)



## Czteropunktowy pomiar rezystancji metodą Kelvina

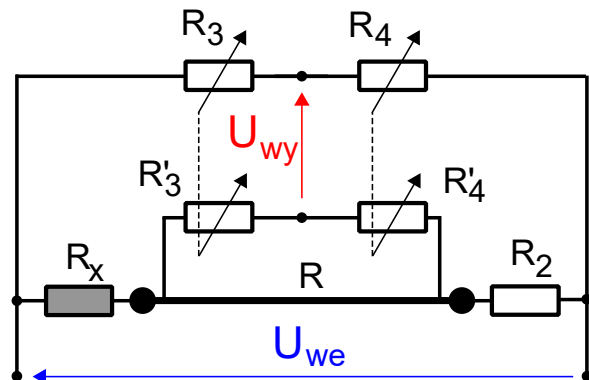
Witam, nurtuje mnie zagadnienie pomiarów metodą [Kelvina] (...) przewody pomiarowe również mają jakąś niezerową rezystancję (...) Na nich też występuje jakiś spadek napięcia (...). Czy są to tak małe wartości, że nie bierzemy ich pod uwagę (...) czy naprawdę ta metoda jest najlepsza do pomiaru?

Zaczynając od końca: tak, w ogromnej większości przypadków jest to metoda najlepsza. Opracowana w XIX wieku, bardzo prosta, ale genialnie usuwająca główne źródła błędów.

Czy jednak pomiar czteropunktowy pozwoli zmierzyć rezystancję z dowolnie dużą, a nawet z idealną, dokładnością? Można odpowiedzieć, że metoda jest wręcz doskonała, idealna. Jednak w praktyce idealnej dokładności pomiaru nie da się osiągnąć. Ale nie z powodu niedoskonałości samej metody, tylko z innych istotnych przyczyn (źródeł błędów), które krótko omówię w tym artykule.

Problem w tym, że często czteropunktowy pomiar Kelvina kojarzymy z *mostkiem Kelvina* (*mostkiem Thomsona*, bo tak nazywał się ten naukowiec zanim otrzymał tytuł lorda Kelvina). A schematy *mostka Kelvina* – przykład na **rysunku 1** (*Zurex, public domain*) niewiele wyjaśniają, a przede wszystkim straszą.

Autorowi pytania nie chodzi o *mostek*, tylko o *metodę* – o czteropunktowy pomiar rezystancji metodą techniczną. A konkretnie: **chodzi o pomiar małych i bardzo małych rezystancji meto-**

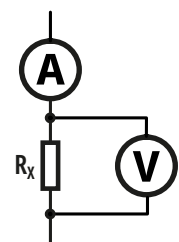


Rysunek 1

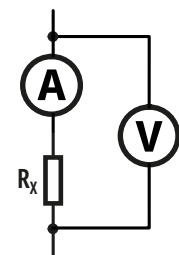
z oczywistej zależności  $R = U / I$  – podstawowy układ pomiarowy pokazany jest na **rysunku 2**. Celowo nie zaznaczyłem źródła zasilania, tylko mierniki napięcia i prądu.

Przed omówieniem szczegółów warto podkreślić, że w praktyce nie może to być podobny układ według **rysunku 3** – ta wersja zdecydowanie nie nadaje się do pomiaru małych rezystancji, bo nie pozwoli wyeliminować kluczowych błędów.

Nie rozpatrując szczegółów wracamy do rysunku 2 i odnotowujemy pierwszy problem: amperomierz mierzy nie tylko prąd



Rysunek 2



Rysunek 3

**Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.**

**W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.**

# ZROZUMIEĆ **E**LEKTRONIKĘ z Piotrem Góreckim

**ZE 2/2024**

**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](mailto:kontakt@piotr-gorecki.pl)

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

Stali współpracownicy: Andrzej Pawluczuk, Szymon Burian,  
Rafał Kozik, Jacek Kosecki, Sławomir Skrzyński, Tadeusz Suszał

Inicjatywa **Zrozumieć Elektronikę** realizowana jest  
dzięki wsparciu Patronów i Mecenasów poprzez  
konto autorskie Patronite: <https://patronite.pl/Zrozumiec-Elektronike>  
oraz konto buycoffee.to: [buycoffee.to/ piotr-gorecki](https://buycoffee.to/piotr-gorecki)

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.