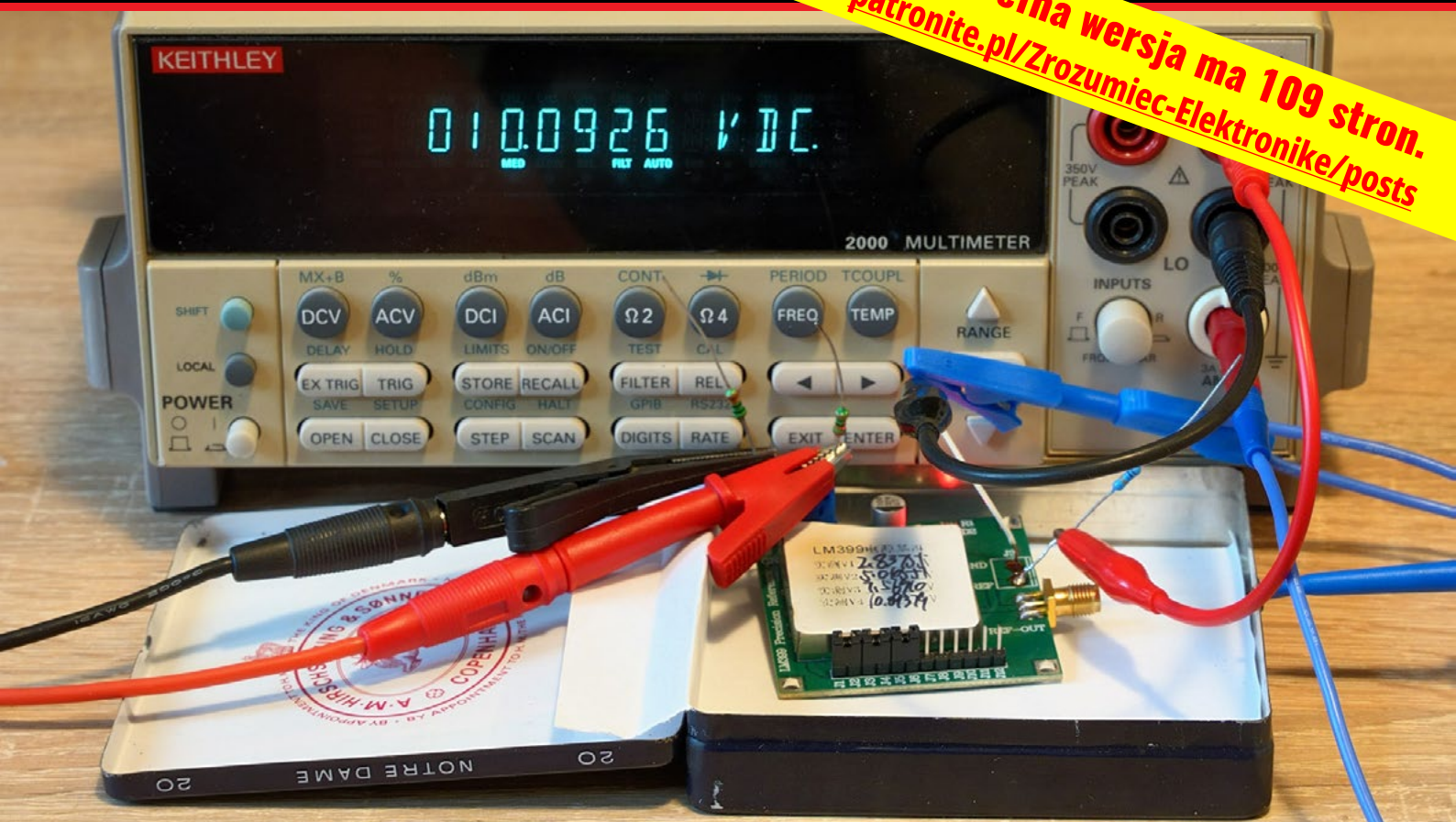


**Uwaga – to jest egzemplarz demonstracyjny (niepełny). Pełna wersja ma 109 stron.**  
**Kup pełną wersję na [buycoffee.to](http://buycoffee.to), a prenumerata jest tu: [patronite.pl/Zrozumiec-Elektronike/posts](http://patronite.pl/Zrozumiec-Elektronike/posts)**

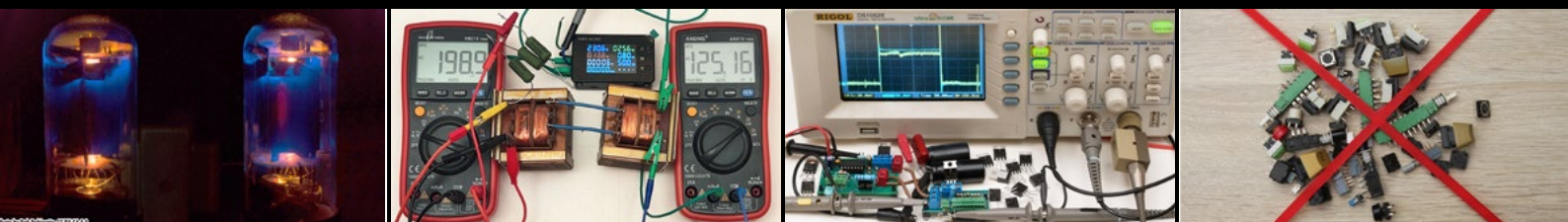
9/2023 Wrzesień

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



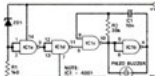
# Amatorskie wzorce napięcia

- Tester półprzewodników dużej mocy • Lampy elektronowe: nie taki diabeł straszny...
- Co jest, a czego nie ma w kartach katalogowych • Transzystor MOSFET: kluczowe niedoskonałości
- Jaki program EDA dla hobbysty? • Jak jest określana dokładność multimetrów?
- Proste sposoby separacji od sieci 230 V • Organizator na drobne narzędzia



Inicjatywa Zrozumieć Elektronikę realizowana dzięki wsparciu Patronów i Mecenatów poprzez [Patronite.pl](http://Patronite.pl)

# Zawartość numeru 9/2023

|                        |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 18                     |    | <u>Amatorskie wzorce napięcia</u>                                                                                                                                                                                                                                                               |
| MIERNICTWO             |                                                                                     | Niektórzy elektronicy nie zwracają uwagi na to, z jaką dokładnością mierzą napięcie. Ufają przyrządom pomiarowym, którymi dziś są przede wszystkim cyfrowe multimetry. Jednak wielu elektroników chciałoby wiedzieć, jaka jest dokładność pomiaru napięcia. Do tego potrzebne są jakieś wzorce. |
| 3                      |                                                                                     | <u>Słowo wstępne – wrzesień</u>                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 4                      |                                                                                     | <u>Nasze wspólne czasopismo – listy Czytelników</u>                                                                                                                                                                                                                                             |
| 8                      |                                                                                     | <u>Łamigłówki elektroniczne wrzesień 2023</u>                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 10                     |                                                                                     | <u>Łamigłówki elektroniczne lipiec 2023</u>                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 15                     |    | <u>Tropimy błędy: Zabezpieczenie przed zwarcieniem</u>                                                                                                                                                                                                                                          |
| 17                     |                                                                                     | <u>Tropimy błędy: Sygnalizator wyczerpania baterii</u>                                                                                                                                                                                                                                          |
| KONKURSY               |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 26                     |    | <u>Tester półprzewodników dużej mocy</u>                                                                                                                                                                                                                                                        |
| PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 36                     |    | <u>Organizer na drobne narzędzia</u>                                                                                                                                                                                                                                                            |
| PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 39                     |   | <u>Proste sposoby separacji od sieci 230 V</u>                                                                                                                                                                                                                                                  |
| PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 45                     |  | <u>Wspólnie projektujemy: Ogranicznik napięcia 12 V</u>                                                                                                                                                                                                                                         |
| PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 51                     |  | <u>Wspólnie projektujemy: Tester diod Zenera</u>                                                                                                                                                                                                                                                |
| PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 52                     |  | <u>Lampy elektronowe: nie taki diabeł straszny...</u>                                                                                                                                                                                                                                           |
| AUDIO I VIDEO          |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 58                     |  | <u>Podstawy układów cyfrowych – układy sekwencyjne (2)</u>                                                                                                                                                                                                                                      |
| TECHNIKA CYFROWA       |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 67                     |  | <u>DS18B20 inaczej</u>                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| MIKROPROCESORY         |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 78                     |  | <u>MTCH101 – pojemnościowy czujnik klawiatury dotykowej</u>                                                                                                                                                                                                                                     |
| ELEMENTY I MODUŁY      |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 84                     |  | <u>Co jest, a czego nie ma w kartach katalogowych</u>                                                                                                                                                                                                                                           |
| ELEMENTY I MODUŁY      |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 90                     |  | <u>Tranzystor MOSFET: Kluczowe niedoskonałości</u>                                                                                                                                                                                                                                              |
| ELEMENTY I MODUŁY      |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 95                     |  | <u>Jaki program EDA dla hobbysty? Część 1</u>                                                                                                                                                                                                                                                   |
| RÓŻNE                  |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 99                     |  | <u>Jak jest określana dokładność multimetrów?</u>                                                                                                                                                                                                                                               |
| PYTANIA I ODPOWIEDZI   |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 103                    |  | <u>Energia, moc i sprawność – najważniejsze w elektronice</u>                                                                                                                                                                                                                                   |
| FUNDAMENTY ELEKTRONIKI |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |



# ZROZUMIEĆ ELEKTRONIKĘ z Piotrem Góreckim

## Słowo wstępne – wrzesień



Witam!

Zapraszam do lektury wrześniowego numeru ZE, gdzie tematem okładowym jest dokładność pomiarów. Wielu z nas zastanawia się *jak dokładne są nasze multimetry?* Okazuje się, że można to sprawdzić niedużym kosztem, nawet bez dostępu do profesjonalnego laboratorium. Zagadnieniami tymi będziemy zajmować się w serii artykułów. W tym numerze mamy już test wzorców napięcia, a także artykuł o dokładności multimetrów. Będą następne!

Z tematem pomiarów, dokładności, zakłóceń, a także bezpieczeństwa ściśle wiąże się artykuł dotyczący *separacji od sieci energetycznej*.

Kontynuujemy ogromnie ważny temat identyfikacji podróbek w artykule opisującym *tester półprzewodników dużej mocy*, wykorzystujący opisany wcześniej uniwersalny tester impulsowy. W wątku dotyczącym *lamp elektronowych* omawiamy szereg ważnych punktów, które dla wielu są poważnym problemem, zniechęcającym do działania.

W tym numerze mamy wreszcie pierwszą część artykułu dokładnie omawiającego oprogramowanie EDA, za pomocą którego hobbysci mogą *projektować płytki drukowane*. Nie przegap dwóch bardzo ważnych artykułów dotyczących kart katalogowych oraz tranzystorów MOSFET. Wiele osób zainteresuje się też artykułem opisującym prawidłowy sposób wykorzystania popularnych cyfrowych termometrów DS18B20.

Zachęcam do udziału w licznych konkursach i łamigłówkach – w każdym numerze mamy cztery łamigłówki i dwa stałe konkursy: *Tropimy błędy* oraz *Projektujemy wspólnie*.

Na końcu numeru znajdziecie kolejny artykuł dotyczący *energii, mocy i sprawności*, które naprawdę są najważniejsze w elektronice. Ten artykuł jest ostatnim z dość trudnej serii dotyczącej fundamentów elektroniki (A001...A009).

Nie kończymy jednak tematu energii, wprost przeciwnie – już powstaje nowa seria artykułów o roboczym tytule: **Fascynujące przemiany energii**. Nie będą to trudne, dogłębne rozważania teoretyczne. Będą to propozycje praktycznych,

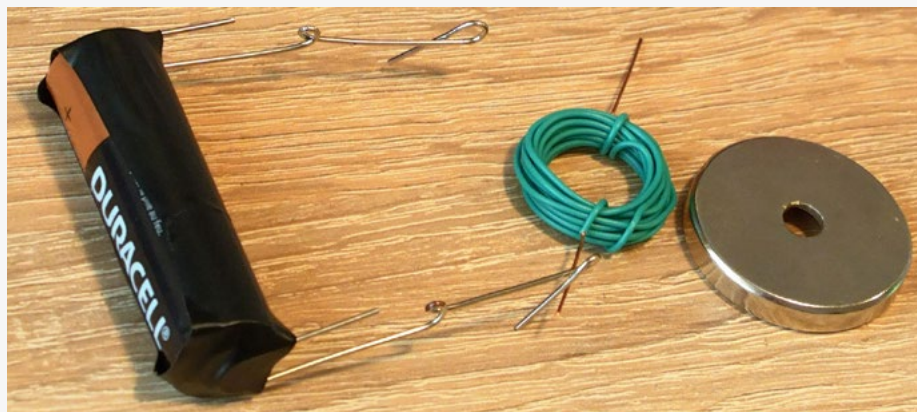
naprawdę fascynujących eksperymentów dotyczące różnych odmian energii i ich przemian. Cykl będzie opisywał eksperymenty wykorzystujące różne podzespoły, a także przedmioty powszechnego użytku, nietypowo pracujące w roli przetworników różnych rodzajów energii. Punktem centralnym jest oczywiście energia elektryczna i dwukierunkowa zamiana innych rodzajów energii. Wstępnie planuję pięć tematów dotyczących: energii chemicznej (nietypowe ogniwa galwaniczne, baterie i akumulatory), energii promienistej (fotowoltaika, źródła światła, diody LED), energii mechanicznej w dwóch częściach wykorzystujących pole magnetyczne (elektromagnes, różnorodne silniki – przykład jednego z najprostszych silników na **fotografii poniżej**) oraz piezoelektryki (membrana piezo, zapalarka piezo), a także energii cieplnej (termopary, moduł Peltiera, pożądane i niepożądane grzejniki elektryczne).

Już opracowana została większość eksperymentów. Już wiadomo, jakie podzespoły i materiały będą do nich potrzebne. Aktualnie prowadzę konsultacje na temat tego, żeby komplety materiałów niezbędnych do wszystkich opisywanych eksperymentów, były dostępne na rynku, prawdopodobnie w sklepie botland.pl.

To będzie propozycja dla wszystkich, od lat 5 do 105. Dla elektroników okazja, żeby wrócić do podstaw i zrealizować eksperymenty, które planowali „od zawsze”, a których jeszcze nie wykonali. Dla innych znakomita okazja, żeby poznać fascynujące przemiany energii i być może przy okazji zainteresować się elektroniką. Nad tym aktualnie pracuję, a teraz zapraszam do lektury wrześniowego wydania ZE.

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!*

W ZE 7/2023 pisze pan o tym, że schemat jest tylko pewnym przybliżeniem, przedstawieniem idei, zestawieniem graficznych symboli. Chciałbym podzielić się linkiem, który dobitnie to potwierdza.

<https://qrp-labs.com/qmx/qmx20m.html>

W skrócie. Pewien (bardzo utalentowany) konstruktor stworzył pewne urządzenie, w którym występują sygnały w zakresie kilkunastu MHz. Konstruktor ten włożył w stworzenie tego urządzenia ogromną ilość czasu i porządnie je wytestował, ale nie ustrzegł się jednego błędu.

Jednym z elementów tego urządzenia jest filtr pasmowo-przepustowy. Schemat ideowy tego filtra pokazany jest na stronie 4 poniższego PDF-a: [https://qrp-labs.com/images/qmx/manuals/schematics\\_rev1.pdf](https://qrp-labs.com/images/qmx/manuals/schematics_rev1.pdf)

Interesujący nas fragment zbudowany jest wokół układu (scalonego przełącznika) IC402. Znajduje się tam cewka L401 (z odczepami) i trzy kondensatory. Przełącznik, otrzymując sygnały na wejścia A i B, podłącza pin Z do jednego z pinów Xn, a pin W do jednego z pinów Yn.

Idea jest taka, żeby sterując tym przełącznikiem (sygnałami BAND\_0 i BAND\_1) wybrać konkretną pojemność (jeden z kondensatorów), konkretną indukcyjność (jeden z odczepów cewki) i stworzyć z nich odpowiedni, szeregowy obwód rezonansowy LC. Jak wiadomo, obwód taki najlepiej przepuszcza sygnały o częstotliwościach zbliżonych do jego częstotliwości rezonansowej, tłumiąc pozostałe, więc działa jak filtr pasmowoprzepustowy.

Idea jest bardzo prosta, słuszna i sprawdzona w innych, poprzednich konstrukcjach tego konstruktora.

Płytką została zaprojektowana, wyprodukowana w wielu egzemplarzach, urządzenie zostało sprzedane (jako kit do samodzielnego montażu) i okazało się, że ten filtr w jednym z ustawień (w jednym z wybranych pasm)

nie działa do końca tak, jak powinien. Urządzenie, o którym mowa, ma wbudowane mechanizmy diagnostyki swoich filtrów, które potwierdzają, że coś jest nie tak. Filtr nie przepuszcza sygnału, który powinien przepuszczać, tak dobrze, jak powinien to robić.

Jedną z teorii wyjaśniających co tam się stało, jest powstanie pasożytniczych pojemności między tymi odczepami cewki, które w danym momencie nie są podłączone (nie tylko w samej cewce, ale również na płycie, a być może też w scalonym przełączniku). Dodatkowo płytka w tym urządzeniu na jednej z wewnętrznych warstw zawiera pole masy pod wspomnianą cewką, które również może przyczynić się do powstania niechcianych pojemności.

Jeśli ta teoria jest prawdziwa, to niespodziewanie powstał tam zupełnie nowy, równoległy obwód LC, który zadziałał jak filtr pasmowozaporowy, tłumiący akurat te częstotliwości, które powinny być przez „główny” filtr przepuszczane.

Problem finalnie udało się rozwiązać (zmieniając wartości L i C i rezygnując z jednego z filtrów), ale najważniejsze pytanie brzmi: czy dało się to przewidzieć z samego schematu? Moim zdaniem nie. Czy dałoby się to przewidzieć na etapie projektowania płytki? Być może. Mnie raczej by to umknęło. Temu doświadczonemu konstruktorowi również się to nie udało. Podobnie nie dałoby się tego przewidzieć składając elementy na płytce prototypowej. Na schemacie wszystko jest w porządku, na płytce prototypowej układ również prawdopodobnie by działał.

Wspomniany problem dotyczy nie tylko urządzeń, w których występują wysokie częstotliwości.

Dawno temu, budując wzmacniacz audio, przypadkiem udało mi się zrobić radio FM. Do dziś nie wiem, co dokładnie tam się zadziało, ale wiem, że nie było to zamierzone. Myślę, że wzmacniacz w wyniku przypadkowego spełnienia warunków generacji zaczął się wzbudzać poprzez

elementy pasożytnicze i w jakiś sposób nastąpiła w nim detekcja sygnału FM. W jaki dokładnie sposób? Muszę puścić wodze fantazji, bo mogę tylko zgadywać. Być może na którymś ze złączy P-N nastąpiła detekcja AM, a w wyniku jakiegoś rezonansu w okolicy częstotliwości radia FM zrobił się z tego „slope detector” (nie wiem, czy jest polskie tłumaczenie tego określenia). A może stało się tam coś zupełnie innego? Najważniejsze jest to, że układ nie działał zgodnie z tym, jak powinien działać według schematu ideowego.

Konkluzja jest taka, że projektując urządzenia elektroniczne nie można zapominać o praktycznych ograniczeniach nie tylko elementów, które idealne nie są i takimi być nie mogą, ale i o szczegółach konstrukcyjnych. Każdy przewodnik to rezystancja i indukcyjność, każde dwa kawałki przewodnika to pojemność, każde złącze P-N jest nieliniowe, i o ile najczęściej możemy te zjawiska zaniedbać, to czasem okazuje się, że wpływają one na działanie układu w sposoby, których nigdy byśmy się nie spodziewali.

Pozdrawiam

**Circuit Chaos**

### Y103 NAGRZEWNICA INDUKCYJNA

Witam! Proszę o umieszczenie dokładnego opisu działania tego układu (zwłaszcza zasilanie przez dławik = źródło prądowe). Serdecznie pozdrawiam i dziękuję za naukę pogłębionej analizy problemów. Czekam niecierpliwie na każdy numer czasopisma. Życzę wytrwałości, a sukces na pewno nadejdzie.

**Jarosław**

Jak na razie pojawił się tylko jeden e-mail w tej sprawie. Jeśli będzie więcej – szerzej zajmiemy się tym zaskakująco prostym układem.

Dzień dobry,

Panie Piotrze chciałbym podziękować za poruszenie, a w zasadzie wprowadzenie i szerokie omawianie tematyki związanej z lampami elektronowymi.

Ciekawiły mnie one od dawna, jednak nie było jakoś okazji przyrzeć się temu bliżej.

Co prawda wyszły one z powszechnego użytku z racji generalnego rozwoju, jak w każdej dziedzinie, również w elektronice. Opracowano element dużo mniejszy, wygodniejszy w użyciu, z długim (niemal nieskończonym) czasem użytkowania, czyli tranzystor. Choć słyszałem (nie wiem ile w tym prawdy), że lampy są stosowane w jakimś sprzęcie wojskowym, ze względu na odporność jakiej nie mają tranzystory...

Zdarzało mi się czytać jakieś książki starszego wydania o elektronice, gdzie układy były omawiane na przykładzie lamp. Jako, że ich do końca nie rozumiałem, na schematach gdzie były lampy, przekształcałem je w moim umyśle na tranzystor bipolarny. Teraz już nie będę musiał tych roszad umysłowych czynić!

Poza tym w końcu będzie można się przekonać jak naprawdę brzmi lampowy dźwięk :)

Ostatnio wszedłem w posiadanie radia lampowego – KANKAN. Jakże się ucieszyłem, że prawdopodobnie będę mógł je samodzielnie naprawić i przestroić dzięki przekazywanej przez Pana wiedzy na łamach ZE.

Reasumując dziękuję ze swojej strony i zapewne w imieniu pozostałych Czytelników za Pańską pracę w tym kierunku.

Z poważaniem  
**Jacek Kosecki**

Witam,

mam na imię Jarek i bardzo zainteresował mnie Pana projekt „Precyzyjny monitor prądu i napięcia DC”. Czy mógłby mi Pan napisać czy do pomiaru prądu w tym monitorze użył Pan jakiegoś specjalizowanego układu, czy układ ten jest drogi? Marzyłem o takim mierniku, ale do tej pory kupiłem tylko dwa chińskie z rezystorem pomiarowym, ale dokładność wskazań mi nie odpowiada. Myślałem też, żeby wykorzystać stare mikroamperomierze analogowe, ale to nie ma sensu, Pański projekt jest najlepszym rozwiązaniem.

Jeśli to nie jest tajemnicą to proszę o odpowiedź czy wykorzystał Pan jakiś drogi układ czy też mikroprocesor. Chodzi mi o to, czy jako młody elektronik, bez znajomości programowania mikrokontrolerów dam radę go wykonać, bo zapewne stopień skomplikowania jest bardzo duży.

Pozdrawiam i proszę o odpowiedź.

**Jarek**

Jarek w chwili pisania tego listu nie był Patronem i miał dostęp tylko do skróconych wersji ZE z początkami artykułów. Stąd takie dziwne pytanie. Wysłałem mu pełny artykuł i informacje, że naprawdę dobre gotowe mierniki napięcia i prądu można kupić na Aliexpress, tylko trzeba wiedzieć gdzie. Ja kupiłem tu: <https://pl.aliexpress.com/item/32815000047.html>

Różne precyzyjne gotowe mierniki są też w sklepie <https://www.aliexpress.com/store/923042>, np: [https://www.aliexpress.com/store/group/4-Digit-VA-meter/923042\\_256087531.html](https://www.aliexpress.com/store/group/4-Digit-VA-meter/923042_256087531.html)

W innych sklepach identyczne z wyglądu mierniki są tańsze, ale gorsze, często nieporównanie gorsze i wręcz bezwartościowe. Trzeba kupić dobry gotowy moduł za nieco ponad 40 zł. Wiele dodatkowych informacji jest w moich artykułach

<https://piotr-gorecki.pl/mr101>

<https://piotr-gorecki.pl/mr102>

<https://piotr-gorecki.pl/mr103>

<https://piotr-gorecki.pl/mr104>

i tak dalej, aż do /mr012.

Później otrzymałem odpowiedź:



Dziękuję za przesłanie PDF-a, czuję się zobowiązany. Tak naprawdę to chodziło mi tylko o zasadę działania i kwestię bocznika, właściwie samą teorię, ale dobrze jest się dowiedzieć szczegółów technicznych. Na razie jednak zakupię jakiś miernik z linku od pana. Taka precyzja mi wystarczy. Pozdrawiam i raz jeszcze dziękuję.

**Jarek**

Witam,

jako że mam czasami do czynienia z układami zawierającymi tyrystory, to pomimo generalnej znajomości zasady działania, nie zawsze rozumiem działanie układu (lub nie działanie). W związku z tym chętnie bym poczytał o różnych układach z tyrystorami by bliżej je zrozumieć.

Pozdrawiam

**Jacek**

PS O pracy inwersyjnej tranzystora słyszałem, ale w roli diody zenera nie. Jakby pojawił się krótki artykuł, to również chętnie bym przeczytał.

Oto kilka e-maili od jednego z Czytelników:

Szanowny Panie,

przypadkowo natknąłem się na miesięcznik „Zrozumieć Elektronikę” (ZE) szukając Pańskich artykułów w EdW w roku 2023. Nie jestem elektronikiem zawodo-  
w, ale mam styczność z elektryką, automatyką i pomiarami przemysłowymi na co dzień.

Dlaczego czytałem Pańskie artykuły w EdW? Ponieważ pisał Pan o informacjach, których nie ma w innym miejscu w prosty i przystępny sposób. Części wiadomości prezentowanych przez Pana nie ma w szkołach średnich i uczelniach wyższych. Z uwagi na bardzo szybki postęp w elektronice zaczyna się zapominać o podstawach. Podstawy się nie zmieniały. Sposób Pańskiego pisanie o elektronice jest podobny do popularyzacji radiotechniki (elektroniki) z lat 1945-1965. Potem język pisanie stał się bełkotliwy i „naukowo” zaawansowany.

Kiedyś były Giełdy Elektroniczne i sklepy z częściami. Dzisiaj są fora dyskusyjne i sklepy internetowe. Przybywa młodych ludzi, którzy zaczynają się interesować elektroniką. Tylko gdzie zacząć i gdzie nauczyć się ROZUMIEĆ elektronikę?

Nakłady starych wartościowych książek są wyczerpane, a takie czasopisma jak EdW, EP... stają się plastikową treścią. Dlatego rozpocząłem prenumeratę „Zrozumieć Elektronikę”. (...)

[Proponowane tematy do omówienia w czasopiśmie:]

1. Ciągłe obciążenie prądowe przewodów i ścieżek na płytkach. Jak obliczać, jak przyjmować? Czyli typ, przekrój kabla, grubość ścieżki i szerokość ścieżki.

2. Jak i czym można mierzyć nano-, piko- wielkości: prądu, napięcia, itd.

3. Jak i czym mierzyć bardzo duże wielkości: oporu, pojemności, indukcyjności, oporności rzędu teraomów i większe. Gdzie występują i jakie mają zastosowanie? Dekady, mostki...

4. KATALOGI – już rozpoczął Pan ten temat.

5. Elementy ultraprecyzyjne. Np. oporniki o tolerancji mniejszej niż 0,01 procenta. Kto to produkuje, jak i z czego jest zbudowane i gdzie ma zastosowanie?

6. Do znudzenia : POMIARY, pomiary, pomiary.

7. Pod większymi artykułami powinna być podstawowa dalsza lektura, czyli mini bibliografia.

8. Krystadyna, czyli wykopaliska archeologiczne pre półprzewodników. Już Pan rozpoczął...

(...) Czytam, czytam. Część sugerowanych tematów już powstała. Ciągłe czytam. I jeszcze jedna sugestia. Elektronika to matematyka, fizyka, chemia. Czyli obliczenia, obliczenia, obliczenia...  
Pozdrawiam

(...) Chciałbym zasugerować kolejny temat artykułu: masa, uziemienie, masa analogowa (chassis), masa cyfrowa. Łopatologiczne wyjaśnienie i może trochę schematów oraz jak praktycznie się to projektuje i lutuje (zdjęcia) (...)

Pozdrawiam. **Paweł Mielnik**

Jak dobrze pójdzie, to wszystko to będzie na łamach ZE. Pracuję intensywnie nad tymi tematami.

Oto kilka e-maili od **Sławomira Skrzyńskiego**:  
**Jak bezgłośnie przełączać sygnały audio?**

Dzień dobry,

we wzmacniaczach używano ciekawego rozwiązania dotyczącego przesłuchów. Wszystkie wejścia poza wybranym były zwierane do masy. To rozwiązanie widziałem na isostatach. Faktycznie pomagało. Jak robiłem wersję na MCY4066, zwieralem wejścia, które miały szeregowo rezystory 1 k albo 10 k. Pozdrawiam

Dzień dobry. Czytam wstępną wersję ZE 9/2023 i zastanawiam się, jak to było kiedyś z klasą dokładności ustrojów pomiarowych elektromagnetycznych? Czy dokładność dotyczyła pełnego zakresu, czy raczej (tak mi się wydaje, ponad 30 lat temu uczyłem się tego) w całym zakresie? Z lekcji pamiętam o oznaczeniach ustrojów, które określały w jakiej pozycji powinien pracować, a raczej kiedy zachowa swoją dokładność, czy w poziomej czy pionowej. (...)

O pomiarze rezystancji chyba już pisałem, wydaje mi się, że dawne rozwiązania bez źródła prądowego były bardziej naturalne. Przykładowo na zakresie 2 kΩ: dla rezystora 200 Ω odchyłka 20 Ω to 10%, czyli dużo. A dla rezystora 18 kΩ, odchyłka 20 Ω to mniej niż 1% czyli mało. Miernik cyfrowy niejako ogłupia, że te 20 Ω to dużo przy 2 kΩ, a na starym mierniku takiej różnicy nawet nie zobaczymy (pomijam mostki RLC).

Oczywiście w cyfrowych jest problem, który Pan opisał. Nawet przy błędzie pomiaru 0% jaką dokładność mamy na zakresie 2 k $\Omega$  mierząc 20  $\Omega$ ? W stosunku do całego zakresu (miernik 2 i 1/2) już błąd 1 LSB daje dużą rozbieżność.

W przypadku rezystancji jest jak jest, pomiar napięcia jeszcze ciekawszy (w analogach). Na najbardziej odpowiednim zakresie mierzymy 150 mV (zakres 1 V) a po zmianie na gorszy (10 V) mierzymy 250 mV :-). Tę zjawiskę (różna rezystancja na różnych zakresach) współcześni inżynierowie nie rozumieją.

Ale nawet na współczesnych miernikach dzieją się cuda przy pomiarze prądu na różnych zakresach. Zwłaszcza jak miernik ma „przeskok zakresów” z max. 200 czy 400 albo 600 mA na 10 A, gdzie rezystancja bocznika zmienia się nie 10 a 100 razy.

(...) Mamy tylko baterię i nic więcej poza np. stołem, krzesłem, deską. Sam nie sprawdzałem, widziałem w Galileo, a mam duże zastrzeżenia do ich „eksper-tów”. Podobno nowa bateria upuszczona na twardą powierzchnię odbija się, a wyczerpana nie (może odwrotnie?). Podobno ma to być związane z gęstością elektrolitu. Faktem jest, że w akumulatorach kwasowych gęstość elektrolitu zależy od stopnia naładowania akumulatora. Nawet widziałem współczesne akumulatory z wskaźnikiem naładowania. W praktyce był to prosty areometr na jednej z cel. Czy faktycznie można tak przetestować baterię? Chodzi o AA i AAA. Nie mam rozładowanych aby sprawdzić.

(...) stary polski układ scalony UL1401 – ciekawostka, że układy z tej rodziny pasowały do podstawek od lamp :-)

Pozdrawiam

Zabezpieczenie przed odwrotnym dołączeniem źródła zasilania – kiedyś w radiostacji RADMOR-a używanej przez PKP, milicję, służby drogowe używano... przekaźnika i diody krzemowej :-)

Pozdrawiam

**Sławomir Skrzyński**

(...) jak dla mnie temat wzorcowych układów napięcia jest interesujący, ze względu na sprawdzenie woltomierza przed pomiarami i ewentualna jego kalibracja.

Pozdrawiam

**Jacek Kosecki**

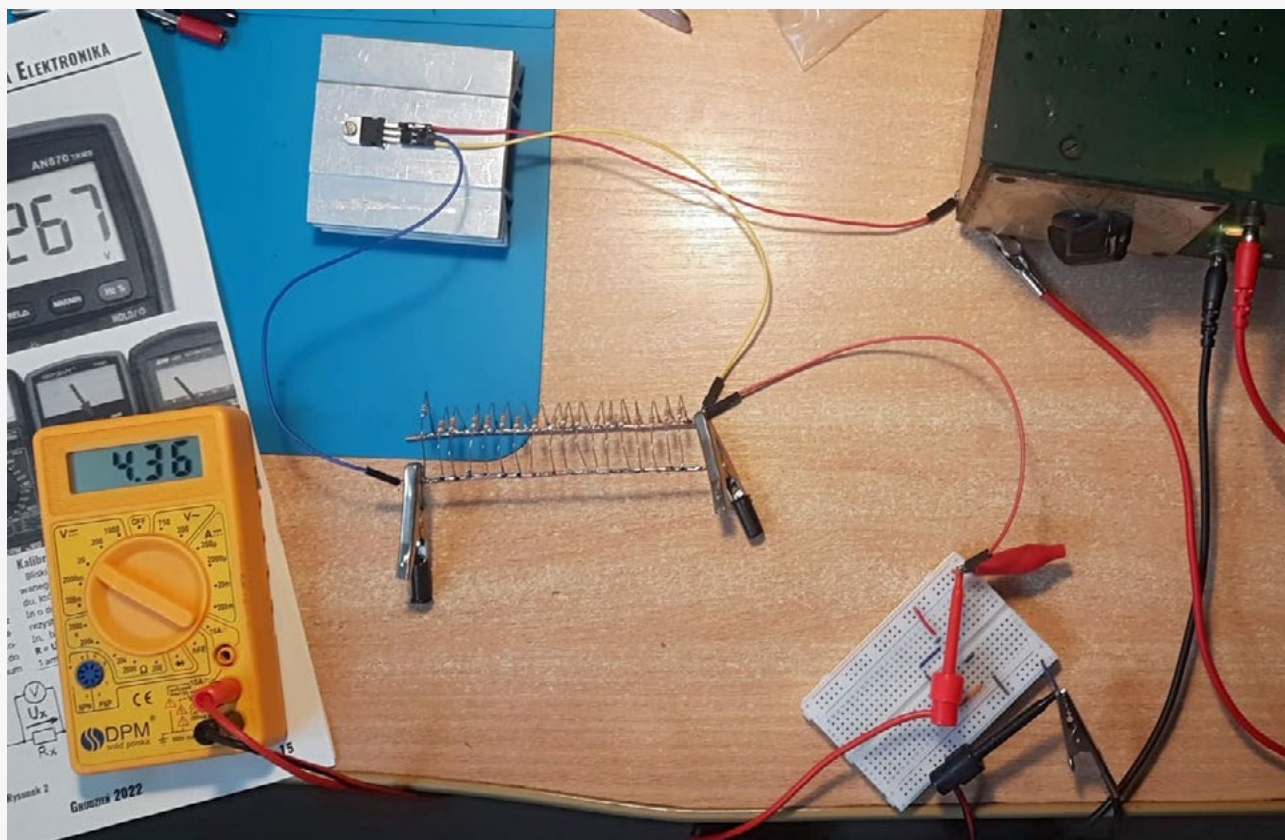
Dzień dobry,

w załączniku **fotografia** zbudowanego mikrooomi-  
era. [Wygląda na to, że] rezystancja dla zasilania 5 V wy-  
niosła 4,37  $\Omega$ . Czy w tym wypadku ma znaczenie inny typ  
zworek oraz rezystancja szyny dla rezystorów?

Pozdrawiam

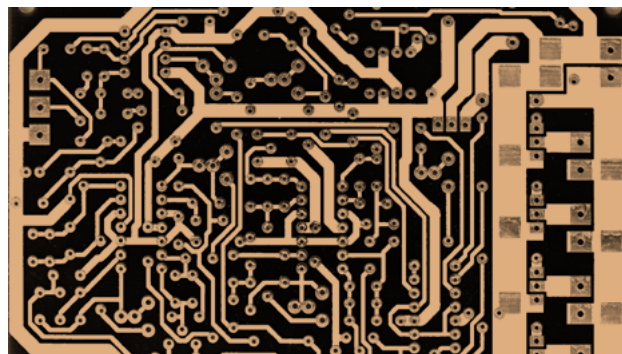
**Mirosław**

Wszystko wskazuje, że suma rezystancji sty-  
ków i zworek na płytce stykowej nie powinna być  
aż tak duża. Warto najpierw sprawdzić zwykłym  
omomierzem całość oraz poszczególne zworki,  
czy w ogóle w badanym obwodzie jest przejście  
i czy płynie prąd?



# Łamigłówki elektroniczne

## wrzesień 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 czy 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.**

**Co to jest? 2309**  
**Kwestie energetyczne 2309**

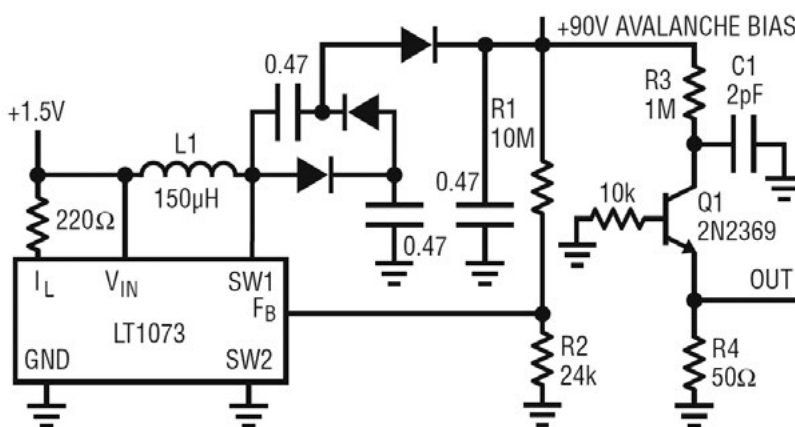
**Jak odpowiesz? 2309**  
**Policz 2309**

## Co to jest? 2309

Na rysunku obok pokazany jest schemat nieskomplikowanego, ale jak się okazuje, dość dziwnego, nietypowego układu elektronicznego.

Pytania konkursowe brzmią:

- **Co to jest za układ?**
- **Do czego może służyć?**



Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca września 2023 na adres: [konkursy@piotr-gorecki.pl](mailto:konkursy@piotr-gorecki.pl)



## Kwestie energetyczne 2309

Planujemy zrobić pewien energooszczędny układ, który ma nieprzerwanie długo pracować – dzień i noc. Chcemy do jego zasilania wykorzystać cztery popularne „paluszki”, czyli baterie jednorazowe oznaczane AA lub LR6. Chcielibyśmy żeby komplet baterii wystarczył na cały rok pracy tego układu.

Zadanie konkursowe jest następujące:

**Jaki może być maksymalny pobór prądu, żeby baterie wystarczyły na tak długi czas?**

Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca września 2023 na adres: [konkursy@piotr-gorecki.pl](mailto:konkursy@piotr-gorecki.pl)

## Jak odpowiesz? 2309

Na **fotografii obok** pokazany jest standardowy, czyli najprościej biorąc, wzorcowy rezystor o nominalne zero omów. Według opisu ma to być rozwiązanie symetryczne, zbalansowane w jakimś układzie czterołączowym (balanced tetrajunction).

- Czy jest to realna fotografia, czy jakiś fotomontaż?
- Czy miałyby sens budowa tego rodzaju standardowego rezystora wzorcowego?

Niezmiennie zadanie konkursowe jest takie:

**Jak odpowiesz na postawione pytania?**



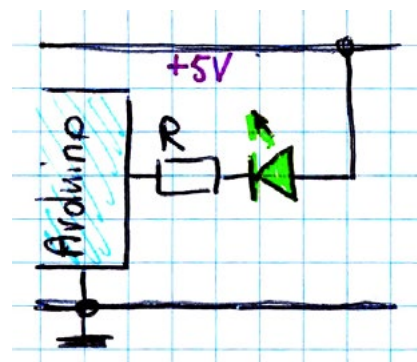
Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca września 2023 na adres: [konkursy@piotr-gorecki.pl](mailto:konkursy@piotr-gorecki.pl)

## Policz 2309

W układzie zawierającym płytkę Arduino zastosujemy zieloną kontrolkę LED, jak pokazuje **rysunek obok**. Będzie to współczesna dioda LED o dobrej skuteczności świetlnej. Nie chcemy aby świeciła bardzo jasno i dlatego chcemy ustawić prąd pracy 2 mA.

Niezmiennie zadanie konkursowe jest takie:

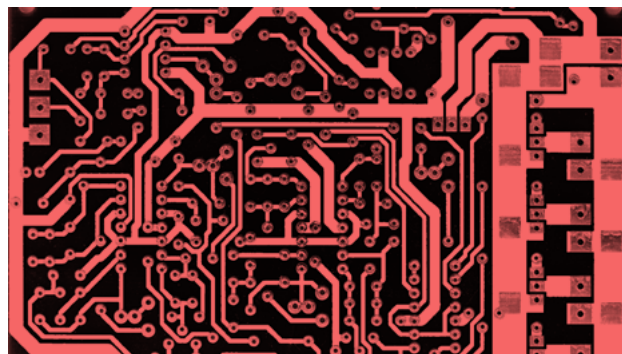
**Jaką wartość ma mieć rezystor ograniczający R?**



Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca września 2023 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!**

# Rozwiązania Łamigłówek Lipiec 2023



W tej rubryce przedstawiane są łamigłówki związane z elektroniką, także te nadsyłane przez Czytelników. Proszę i serdecznie zachęcam także Ciebie: zaproponuj 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 czy upominków. Nagrodą dla Autorów oraz uczestników jest satysfakcja oraz nieprzemijająca sława wynikająca z faktu zaistnienia w naszym wspólnym czasopiśmie.

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 stronie internetowej piotr-gorecki.pl.*

**Rozwiązanie – Zagadka 2307b**

**Rozwiązanie – Zagadka 2307a**

**Usterka 2307**

**Jak odpowiesz? 2307**

## Rozwiązanie – Zagadka 2307b

W lipcu postavione zostało następujące zadanie konkursowe: W jednym z artykułów w ZE była informacja, że największe kondensatory, a właściwie największe superkondensatory mają ogromną pojemność aż 3400 faradów. Pytanie konkursowe jest takie:

**• Czy te kondensatory mogą być wykorzystane zamiast akumulatorów?**

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

(...) **Kondensatory o pojemności 3400 faradów nie są bezpośrednim zamiennikiem akumulatorów.** Akumulatory są projektowane specjalnie do przechowywania energii elektrycznej, w celu dostarczania jej w sposób ciągły przez dłuższy czas. Mają one znacznie większą gęstość energii niż kondensatory, co oznacza, że mogą przechowywać dużo większe ilości energii w stosunkowo niewielkiej objętości. Niektóre akumulatory są również odpowiednie do dostarczania wysokich prądów, które są potrzebne do uruchamiania silników samochodowych czy innych urządzeń o dużej mocy. Głównym powodem jest różnica w charakterystykach działania kondensatorów i akumulatorów. Różnice:

Pojemność: kondensatory mają dużą pojemność, ale zwykle przechowują energię przez krótki czas.

Są w stanie szybko ładować i rozładowywać się, ale pojemność jest zdecydowanie niższa niż w akumulatorach.

Napięcie: (super)kondensatory mają niskie napięcie nominalne w porównaniu z akumulatorami, co może powodować problemy w zastosowaniach wymagających wyższych napięć.

Czas przechowywania energii: akumulatory mogą przechowywać energię przez dłuższy czas w porównaniu z kondensatorami, które mogą samorzutnie rozładować się przez krótki czas.

Pojemność 3400 faradów jest nadal stosunkowo niska w kontekście przechowywania dużej ilości energii przez dłuższy czas. Kondensatory o pojemności 3400 faradów mogą być przydatne w pewnych aplikacjach, szczególnie tam, gdzie wymagane jest szybkie ładowanie i rozładowywanie. Jednakże gdy potrzebujemy systemu do długotrwałego dostarczania energii, akumulatory są bardziej odpowiednim rozwiązaniem.

**Tadeusz Suszał**



Witam,  
kondensator z zasady ma szybko dostarczyć energii (przy założeniu użycia go jako bufora). Szybko się ładuje i szybko rozładowyduje. Akumulator z zasady ma dostarczać energię przez znacznie dłuższy czas. Sądzę, że gdyby ten kondensator miał cechy akumulatora, to

tak właśnie by się nazywał.

Pozdrawiam  
**Jacek Kosecki**

Słusznie, superkondensatory nie mogą bezpośrednio zastąpić akumulatorów. Są też inne, niewymienione tu ważne różnice. Tematem superkondensatorów będziemy się zajmować także praktycznie. ▣

## Rozwiązanie – Zagadka 2307a

W lipcu postawione zostało następujące zadanie konkursowe: Na fotografii pokazane są różne rezystory SMD tak zwane „zeroomowe”, czyli mające nominal 0 omów. Pytanie konkursowe jest takie:

**Czy te rezystory różnią się od siebie jakimiś parametrami elektrycznymi?**

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

Prezentowane rezystory SMD różnią się od siebie maksymalnym prądem, jaki może przez nie płynąć. Czyli mogą pełnić funkcję swego rodzaju bezpieczników.

Pozdrawiam  
**Paweł Wenclewski**

Dzień dobry,  
wielkość rezystora-zworki wpływa na przekrój umieszczonej na nim ścieżki przewodzącej. Zatem przedstawione elementy będą się różniły maksymalnym prądem przewodzenia.

Pozdrawiam  
**Paweł Hadam**

(...) tak samo jak i w rezystorach przewlekanych, wielkość determinuje moc możliwą do „przekazania” dalej bez uszkodzenia rezystora.

Pozdrawiam  
**Jacek Kosecki**

Witam,  
rezystory te w różnych obudowach, różnią się od siebie dopuszczalną mocą strat oraz maksymalnym napięciem nominalnym.

Pozdrawiam  
**Dariusz Iwanoczko**

Witam,  
rezystory SMD „zeroomowe” od lewej to: 0402, 0603, 0805 oraz 1206.

Różnice w parametrach elektrycznych dla ww. elementów znalazłem przy użyciu noty aplikacyjnej dla rezystorów SMD firmy Yageo: <https://tiny.pl/ctq4s>



To, czym się różnią w charakterystyce elektrycznej zestawilem w tabeli na rysunku 1. Wynika z niej, że:

a) maksymalne napięcie przeciążenia jest 2× większe od maksymalnego napięcia roboczego

b) wraz ze wzrostem wielkości rezystora SMD wzrastają pozostałe parametry.

Pozdrawiam  
**Mirosław Kaszowski**

(...) Jak najbardziej rezystory te różnią się parametrami elektrycznymi mimo posiadania tej samej wartości rezystancji. Te różnice to:

- tolerancja rezystancji,
- moc znamionowa,
- napięcie znamionowe,
- zakres częstotliwości,
- współczynnik temperaturowy określa, jak zmienia się rezystancja rezystora wraz ze zmianą temperatury.

Jest wyrażany w ppm/°C. Im niższy, tym bardziej stabilna będzie wartość rezystancji w różnych temperaturach. (...)

Problem w tym, że są to rezystory „zeroomowe”, czyli o nominalie zero omów. Inaczej mówiąc – zworki SMD. Teoretycznie, jeżeli rezystancja jest równa zeru, to nie ma parametrów typowych dla rezystorów, takich jak moc czy tolerancja.

Tak, ale tylko teoretycznie, bo w rzeczywistości mają one jakąś niezerową rezystancję, a tym samym maksymalną moc strat i maksymalny, dopuszczalny prąd. W grę wchodzi też inne parametry.

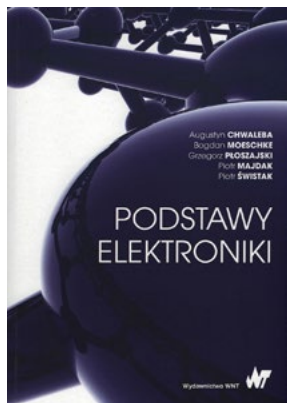
Wyniki tego zadania pokazały, że temat rezystorów „zeroomowych” jest słabo znany i rozumiany, dlatego nadal będziemy się nim zajmować. ▣

| Rozmiar rezystora SMD | Moc [W] | Maks. nap. Robocze [V] | Maks. nap. Przeciążenia [V] | Wytrzymałość dielektryczna [V] | Wsp. temperaturowy [ppm/°C] | Prąd znamionowy [A] | Prąd maksymalny [A] |
|-----------------------|---------|------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|
| 0402                  | 1/16    | 50                     | 100                         | 100                            | +200                        | 1                   | 2                   |
| 0603                  | 1/10    | 75                     | 150                         | 150                            | +200                        | 1                   | 2                   |
| 0805                  | 1/8     | 150                    | 300                         | 300                            | +300                        | 2                   | 5                   |
| 1206                  | 1/4     | 200                    | 400                         | 500                            | +300                        | 2                   | 10                  |

Rysunek 1



# Usterka 2307



W lipcu postawione zostało następujące zadanie konkursowe:

**Podstawy Elektroniki??**

(...) Kupiłem książkę o powyższym tytule (...). W pierwszym rozdziale jest trochę matematyki. Jeśli wykazemy dobrą wolę, to może nawet uda

się znaleźć wzór, w którym nie ma błędu. A dalej? A dalej jest jak na rysunku obok. (...) Pytanie konkursowe jest takie:

• **Czy widzisz jakieś błędy na schematach?**

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

Konkurs jest zamknięty – rozwiązania można było nadsyłać do końca lipca. Oto rozwiązanie konkursu, który okazał się bardzo trudny.

Jak napisał jeden z nielicznych uczestników, zadanie konkursowe pokazało, że (...) *tak to jest, gdy teoretycy, którzy nie mają pojęcia o praktyce, którzy w życiu nie dotknęli lutownicy, próbując innych uczyć elektroniki*.

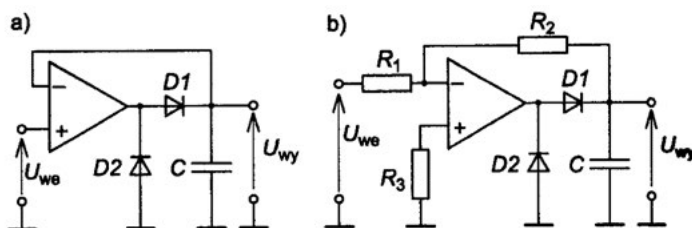
Otóż kardynalnym, niedopuszczalnym błędem jest **brak zabezpieczenia, które uniemożliwiłoby przepływ nadmiernego prądu w obwodzie wyjścia wzmacniacza operacyjnego**. W praktyce w większości przypadków powinien to być po prostu rezystor, dołączony bezpośrednio do wyjścia każdego wzmacniacza operacyjnego.

W wersji z rysunku 8.54a problem pojawi się nie tylko przy ujemnych napięciach wejściowych, ale przez cały czas, gdy napięcie wejściowe będzie wyższe od napięcia na kondensatorze wyjściowym (który nie ma możliwości się rozładować). Przez diodę D2 popłynie niedopuszczanie duży prąd z wyjścia wzmacniacza pracującego jako odpływ (sink). To jest elementarny błąd! Analogicznie w wersji odwracającej z rysunku 8.54b.

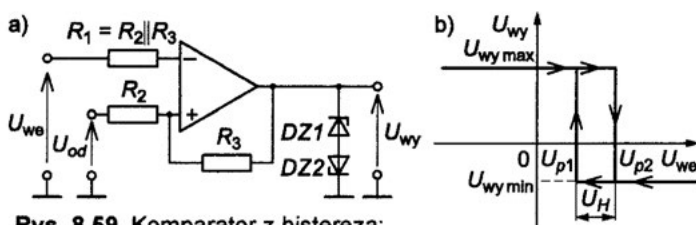
W komparatorze z rysunku 8.59 nadmierny prąd zawsze będzie płynął przez diody Zenera.

W komparatorze okienkowym jest jeszcze gorzej, bo absolutnie niedopuszczalne jest zwieranie wyjść wzmacniaczy operacyjnych!!! Jakie będzie napięcie wyjściowe, jeśli jeden wzmacniacz będzie „ciągnął w górę” a drugi „ciągnął w dół”?

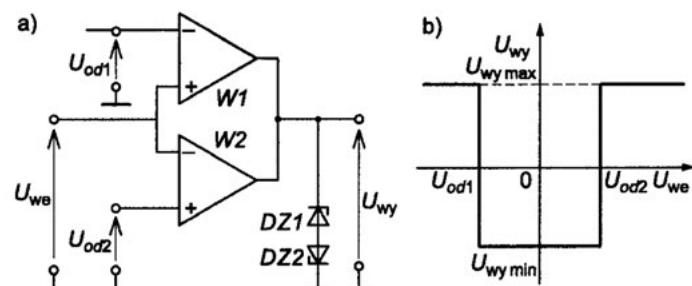
To są fatalne, kardynalne błędy! Autorzy „podręcznika” nie mogą się tłumaczyć, że to są tylko



Rys. 8.54. Schematy prostowników szczytowych:



Rys. 8.59. Komparator z histerezą:



Rys. 8.60. Komparator okienkowy:

schematy, które mają pokazać jedynie podstawową ideę, bez szczegółów realizacji praktycznej. Jeżeli schematy miałyby pokazywać tylko główną ideę, to absolutnie nie powinny zawierać rezystorów: R3 na rysunku 8.54 oraz R1 na rysunku 8.59.

Obecność tych rzekomo kompensujących rezystorów zaciemnia działanie układów i odwołuje się do przestarzałych, mało aktualnych już reguł. Rezystory takie w przytłaczającej większości zastosowań nie są potrzebne i nie ma sensu ich stosowania. Dawniej, w starych, prymitywnych wzmacniaczach bipolarnych stosowano je do kompensacji wpływu prądów polaryzacji wejść. Ale nie we współczesnych wzmacniaczach operacyjnych. Wiele nowych wzmacniaczy z tranzystorami bipolarnymi, nawet starszerek OP07, ma obwody kompensacji prądów wejściowych, a tym bardziej problem nie dotyczy wzmacniaczy operacyjnych z tranzystorami JFET i tym bardziej MOSTET na wejściach. Problemy są, ale zupełnie inne i ich omówienie wykracza poza to zadanie konkursowe.

Kilku uczestników wskazywało też na różne słabości przedstawionych rozwiązań, które jednak w większości nie są błędami. Jeden ze stałych uczestników zwrócił uwagę, że (...) *na rys. 8.54 widać diodę D2 (...). Jej obecność lub brak nie zmienia podstawowej funkcji obwodu. Na rys. 8.54b również jest dioda D2, która nie zmienia funkcji układu. (...)* »

## Jak odpowiesz? 2307

W lipcu postawione zostało następujące zadanie konkursowe: *Przychodzi do Ciebie młodziutki elektronik, żeby podzielić się swoim wynalazkiem. Przychodzi i mówi, że w jednym ze sklepów znalazł tanie chińskie siedmio – i ośmiodekadowe moduły z siecią precyzyjnych rezystorów, które są tak sprytnie zaprojektowane, że za pomocą zwerek nakładanych na goldpiny można błyskawicznie ustawić dowolną rezystancję w zakresie od 0,1 oma do 9,9999999 megaomów. Mogą posłużyć do dobierania wartości rezystorów w układzie, ponieważ taki moduł pozwala ustawić każdą wartość w zakresie 0,1  $\Omega$  do 10 M $\Omega$  ze znakomitą dokładnością 0,1 oma.*

*Ale nasz młody entuzjasta ma jeszcze lepszy pomysł i pytanie. Otóż wpadł na pomysł, że choć rezystory w module są 1-procentowe, to odpowiednio ustawiając zworki można ustawić dowolną rezystancję z wielokrotnie lepszą dokładnością, z błędem 0,1 oma. Chce w ten sposób za kilkanaście złotych zrealizować uniwersalny wzorzec „okrągłych” wartości rezystancji. Ustawienie za pomocą zwerek rezystancji 1,000 k $\Omega$  z dokładnością 0,1 oma da procentową dokładność 0,01%, a rezystancji 1,000000 M $\Omega$  z dokładnością 0,1 oma da niesamowitą dokładność procentową 0,00001%.*

*Niestety, nasz młody elektronik nie ma miernika o potrzebnej dokładności i dzieląc się swoim błyskotliwym pomysłem prosi o radę: jak i gdzie mógłby on jednorazowo precyzyjnie zmierzyć rezystancje i zapisać ustawienia zwerek dla poszczególnych „okrągłych” wartości? Czy można gdzieś pożyczyć potrzebny odpowiednio precyzyjny miernik? Czy można gdzieś oddać taki moduł do jednorazowego zmierzenia?*

*Młody wynalazca dziwi się też, że do tej pory nikt nie wpadł jeszcze na taki prosty pomysł.*

**A co Ty sądzisz o zaletach i wadach chińskiego zestawu rezystorów i możliwości stworzenia w ten sposób precyzyjnych wzorców?**

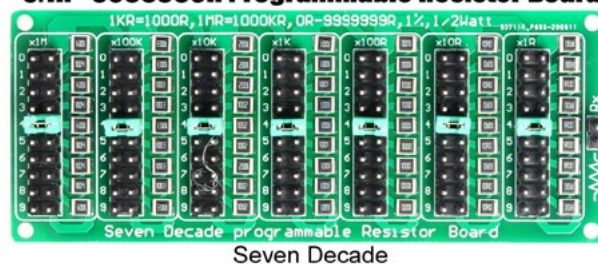
*Niezmiennie zadanie konkursowe brzmi:*

**Jak odpowiesz na tak postawione pytanie?**

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

(...) 1. Rezystorów wzorcowych nie buduje się z pomocą kombinacji rezystorów elementarnych łączonych zworkami. Przy takiej kombinacji trudno mówić o tolerancji i dokładności. Na pewno nie na poziomie 0,01% a tym bardziej 0,00001%. Takiej tolerancji nie posiadają specjalizowane rezystory wzorcowe. Z tego co wiem, to najdokładniejsze rezystory wzorcowe

### 0.1R - 9999999R Programmable Resistor Board



mają [tolerancję] w zakresie 0,01% – 0,003%. Praktycznie po co wartość 1 M $\Omega$  z dokładnością do 0,1  $\Omega$ ?

2. Rezystory wzorcowe mają specjalną konstrukcję zapewniającą stabilność rezystancji. Moc wydzielana jest określona zarówno w powietrzu np. 0,1 W jak i w kąpeli 1 W, a w dekadach pokazanych na fotografiach rezystory mają 0,5 W. Temperaturowy współczynnik rezystancji < 0,002 %/°C dla rezystorów wzorcowych, czego dekady z fotografii na pewno nie mają. Brak informacji na ten temat. Najwyżej dopuszczalna moc i to wszystko.

3. Istnieje ryzyko, że niektóre rezystory mogą mieć większą niestabilność rezystancji, również niedokładność wartości rezystancji, niejednorodność tolerancji. Za kilka, kilkanaście zł trudno spodziewać się czegoś więcej. W przypadku rezystorów wzorcowych trzeba płacić kilka tysięcy złotych za rezystor tylko o jednej określonej wartości.

4. W przypadku rezystorów wzorcowych ważną sprawą jest ich tolerancja temperaturowa określona przez współczynnik temperaturowy. Im niższy, tym bardziej stabilna będzie wartość rezystancji w różnych temperaturach.

5. Przedstawione zestawy kompletnie się nie nadają na wzorce rezystancji. Ich zaletą jest szybkie wykorzystanie na etapie uruchamiania układu. Mamy pod ręką, w wersji kompaktowej, różne wartości rezystorów, które możemy podłączać np. na płytce stykowej.

**Tadeusz Suszał**



Witam,

[Takich zestawów] nie miałem na stole, nie sprawdzałem. Jednak patrząc na grafikę zwróciłem uwagę, że rezystory są tylko jednym z elementów całości układu. Należałoby jeszcze zainteresować się rezystancją ścieżek, zworek no i przyłącza śrubowego ARK. Podejrzewam, że te trzy wymienione elementy mają razem rezystancję większą niż 0,1 Ω, a to już zmienia rzeczywistą rezystancję niż ustawiona zworkami. I choćby tylko z tego jednego powodu należałoby po ustawieniu zmierzyć dobrym omomierzem!

Pozdrawiam  
**Jacek Kosecki**

Dzień dobry

Od dawna używam podobnego „rezystora dekadowego”, jednak opartego o przełącznik 1 z 10 zamiast zworek. Zasada pracy jest taka sama.

Idea „kalibracji” takiego rezystora z jednej strony wygląda obiecująco. Za ułamek ceny rezystorów precyzyjnych możemy mieć to samo!

Niestety, jak to zazwyczaj bywa, diabeł tkwi w szczegółach. W tym przypadku chodzi o takie, często zapomniane, parametry rezystorów jak współczynnik temperaturowy oraz zmianę rezystancji pod wpływem starzenia (w praktyce jakość materiałów i wykonania).

Wbrew pozorom, precyzyjne rezystory często nie mają wyśrubowanej tolerancji wartości (z zakresu 0,1 do 1%), ale za to bardzo wyśrubowany współczynnik temperaturowy np. 10ppm/K [lub nawet dużo mniej], podczas gdy rezystor standardowy ma ten współczynnik wyrażany w setkach, np. 300ppm/K.

Niedokładność wartości można łatwo skalibrować (analogowo czy cyfrowo, w zależności od układu), natomiast wykonanie tego samego w całym zakresie temperatur pracy urządzenia jest dużo trudniejsze. Zatem kalibracja rezystorów o „chińskiej” jakości może się udać tylko dla danej temperatury otoczenia i dla danego prądu płynącego przez elementy (samopodgrzewanie), co w praktyce nie pozwoli na uzyskanie precyzji wynikającej z teoretycznych rozważań opartych tylko o wartość rezystancji.

Dodatkową przeszkodą psującą dokładność

takiego kombinowanego rezystora jest różna moc wytracana na poszczególnych elementach (o różnych wartościach), a zatem różna ich temperatura. W połączeniu z dużą liczbą styków różnych metali (luty, styki, zworki) tworzy to sieć wzajemnie niekompensujących się ogniw termoelektrycznych. Takie wypadkowe napięcie dodaje się do spadku napięcia wynikającego z rezystancji, zatem obwód elektryczny „widzi” już inną i trudną do określenia wartość rezystora.

Pozdrawiam  
**Paweł Hadam**

W rozwiązaniu Pawła wymienione są prawie wszystkie problemy związane z precyzyjnymi, wzorcowymi rezystorami! Do tego dochodzi jeszcze problem starzenia, który okazuje się najważniejszy w najbardziej wymagających zastosowaniach. Wszystkie inne czynniki można zmierzyć, określić i skompensować lub w inny sposób wyeliminować. Natomiast zmiany rezystancji związanych z procesami starzenia nie można ani dokładnie przewidzieć, ani skompensować. Są wprowadzane sposoby częściowej poprawy sytuacji w kwestii starzenia, ale nie rozwiązują one problemu do końca.

Parametrami rezystorów, w tym problemami występującymi w mniej i bardziej precyzyjnych rezystorach będziemy się zajmować szeroko na łamach ZE, m.in. w cyklu o dokładnych pomiarach. Nie tylko teoretycznie, ale i od strony praktycznej. Wtedy jasne i oczywiste stanie się, dlaczego fabryczne standardowe rezystory wzorcowe, jak pokazane poniżej standardy produkcji Fluke, muszą być a tak drogie. ▀

<https://us.flukecal.com/products/temperature-calibration/its-90-temperature-standards/5430-standard>

[Home](#) | [Products](#) | [Purchase Info](#) | [News](#) | [Training and Events](#) | [Literature and Education](#) | [Ser](#)

[Home](#) | [Products](#) | [Temperature Calibration](#) | [ITS-90 Temperature Standards](#) | [Standard Resistors](#) | [5430 Standard AC/](#)

## 5430 Standard AC/DC Resistors

[Request a quote](#)

[Highlights](#) | [Description](#) | [Specifications](#) | [Models and Accessories](#)

Six resistors in Fluke Calibration's Model 5430 series cover resistance values from 1 ohm to 10,000 ohms. Each one has an actual resistance within 10 ppm of its nominal value and holds its resistance within 2 ppm per year.

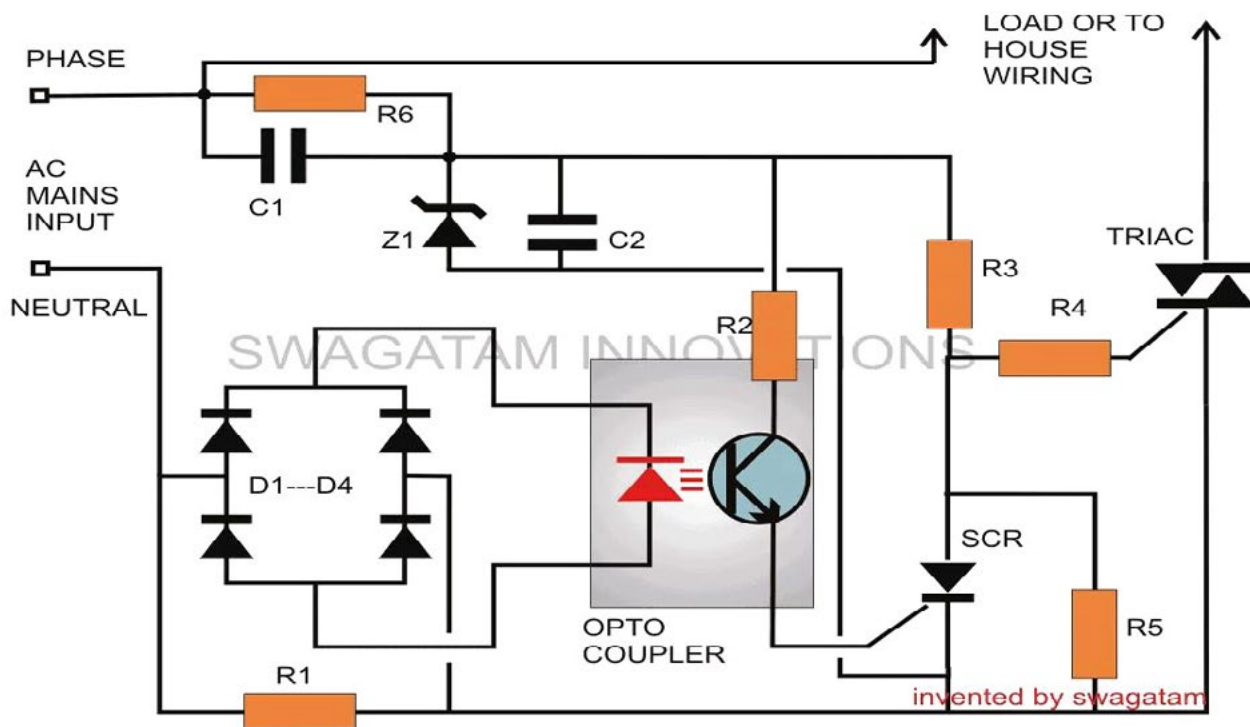
Each resistor comes with a Tinsley certificate on AC performance, traceable to NPL, including calibration uncertainty of 3 ppm. Additionally, Fluke Calibration can





# Tropimy błędy: Zabezpieczenie przed zwarcieniem

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/how-to-make-mains-av-short-circuit/>

Schemat z powyższego rysunku był przedstawiony w wydaniu ZE z lipca 2023 roku w ramach konkursu **Tropimy błędy**, o oznaczeniu KX008.

Według opisu na stronie internetowej zawierającej ten schemat, eksperymenty związane z wykorzystaniem domowej sieci energetycznej mogą być niebezpieczne. Zwarcia, jakie mogą się zdarzyć mogą być niebezpieczne i mieć kosztowne skutki. Dlatego Autor proponuje budowę opracowanego przez siebie, skutecznego, jak twierdzi, elektronicznego zabezpieczenia z triakiem i tyrystorem. Przestrzega przed użyciem przekaźnika, którego styki w przypadku zwarcia mogą nie spełnić swojej funkcji z uwagi na wystąpienie silnego iskrzenia i łuku.

Konkurs jest zamknięty. Rozwiązania można było nadsyłać do końca lipca 2023. Oto najszersze i najbardziej interesujące rozwiązanie.

1. Na początek trzeba stwierdzić, że do zabezpieczenia przed zwarcieniem i przeciążeniem służą wyłączniki nadprądowe (lub bezpieczniki) spełniające określone normy. W związku z tym **konstruowanie domowymi sposobami takich urządzeń, które nie posiadają atestu i nie spełniają wymaganych norm może grozić porażeniem i pożarem.**

2. Wyłączniki nadprądowe dobiera się wg określonych zasad. Dzieli się je na grupy ze względu na charakterystykę czasowo-prądową (wyłączenia). Najbardziej znane są cztery grupy oznaczone jako A, B, C, D. Istnieją wyłączniki o innych charakterystykach, ale mniej spotykane. Grupa A – rzadziej spotykana, charakteryzuje się natychmiastowym zadziałaniem (bezwłocznym) i jest stosowana do zabezpieczeń urządzeń elektronicznych. Grupa B – grupa stosowana do rozwiązań mieszkaniowych np. oświetlenie, obwody gniazd elektrycznych.

[Warto byłoby też wspomnieć o rozłącznikach grupy Z.] Różnica w działaniu polega głównie na powiązaniu czasu zadziałania z wartością prądu wyzwania zwarciovego i przeciążeniowego. Urządzenie pokazane na rysunku zapewne nie spełnia takich norm.

3. Wyłącznik nadprądowy wyłącza obwód, tworząc przerwę izolacyjną przed obciążeniem. Urządzenie pokazane na rysunku nie zapewnia przerwy w obwodzie. Ogranicza jedynie wartość prądu, a napięcie sieci 230 V jest na obciążeniu. Występuje stan niebezpieczny.

4. Układ nie dość że jest niebezpieczny to zawiera błędy układowe. Ze względu na bezpieczeństwo nie pokażę poprawek. Wspomnę jedynie kilka błędów:

- mostek prostowniczy źle podłączony do diody LED transoptora (biegunowość),
- dioda Zenera jest pod napięciem przemiennym, [zależnie od pojemności C1, C2],
- w związku z tym nie bardzo wiadomo czy obwód bramki triaka ma być sterowany napięciem DC czy AC,
- przy wykorzystaniu tyrystora jako zwory (blokowanie obwodu bramki triaka) triak będzie zawsze przewodził jedną połówkę sinusoidy. Zarówno przy sterowaniu bramki triaka napięciem stałym lub zmiennym,
- wysterowanie transoptora za pomocą spadku napięcia na rezystorze własnej roboty wykonanego z drutu stalowego jest wątpliwej jakości. Po ustaleniu wartości tego rezystora zastosowałbym gotowy (nie robiony z drutu stalowego) na odpowiednią moc, np. łącząc kilka rezystorów ze sobą. Ten fragment obwodu też wymaga poprawy. Nie będę dokładnie analizował wszystkich mankamentów tego rozwiązania z powodu, o którym wcześniej napisałem.

5. Ja osobiście stosuję przedłużacz z zainstalowanym wyłącznikiem nadprądowym o prądzie znamionowym 6 A. Ponieważ w instalacji elektrycznej w obwodach gniazd elektrycznych są zainstalowane u mnie wyłączniki 16 A, a to spora wartość, to dodatkowo aby w przypadku zwarć czy awarii nie powodować wyłączenia w całym mieszkaniu i chcąc ograniczyć wartość prądu zwarcia stosuję dodatkowy wyłącznik na 6 A. To wystarczająca wartość na potrzeby eksperymentów elektronicznych. Z założenia wyłącznik nadprądowy powinien być zainstalowany na przewodzie fazowym. W przypadku przedłużacza różnie to może być. Zależy to od tego, jak są wykonane podłączenia w samym gnieździe elektrycznym. Należy mieć tego świadomość. Ten mój „wynalazek” nie zastępuje głównego wyłącznika nadprądowego, a tylko go uzupełnia.

Do urządzeń z napięciem 230 V powinna mieć dostęp osoba z doświadczeniem. Inaczej może się to źle skończyć.

**Tadeusz Suszał**

## Podsumowanie

Podstawowym, niedopuszczalnym błędem jest sam pomysł, żeby dla bezpieczeństwa przerywać obwód sieci energetycznej za pomocą triaka, czyli delikatnego elementu półprzewodnikowego.

Temat bezpieczeństwa i zabezpieczeń w sieci energetycznej jest bardzo szeroki i do jego omówienia potrzebny byłby obszerny cykl artykułów.

Wspomnę tylko, że przy zwarciach, w sieci energetycznej mogą popłynąć prądy zwarciovowe o natężeniu wielu kiloamperów, czyli wielu tysięcy amperów (zależnie od odległości od transformatora obniżającego napięcie do 230V).

Gdyby pojawił się taki prąd zwarciovowy, to stopi on struktury triaka i prawdopodobnie stopi też szeregowy rezystor R1. Pomysł takiego „zabezpieczenia” jest absolutnie bezsensowny!

**W roli zabezpieczenia domowej instalacji energetycznej w żadnym wypadku nie wolno stosować „partyzanckich” rozwiązań swojej roboty, zwłaszcza z szeregowym elementem elektronicznym a wyłącznie fabryczne zabezpieczenia, dobrane przez wykwalifikowanego elektryka.** Tylko takie fabryczne elementy mają odpowiednie charakterystyki statyczne i dynamiczne, w tym zdolność przerywania także dużych prądów zwarciovych.

Na schemacie są też ewidentne błędy układowe. Warto podkreślić, iż w opisie jest powiedziane, że R1 ma mieć taką wartość, żeby wystąpiło na nim napięcie 2V. Enigmatycznie sformułowany fragment ten brzmi tak: *R1 = iron coiled wire; its resistance is calculated to produce 2 volts across it at the determined critical load conditions.*

A na fotografii niżej pokazana jest spirala, prawdopodobnie z drutu aluminiowego. To jest coś gorszego, niż „partyzantka”! W sieci nie występuje łagodnie narastający prąd stały, tylko połówki przebiegu zmiennego 50Hz. Czy te 2V dotyczą wartości szczytowej? Skutecznej? Średniej za pół okresu?

Mostek prostowniczy ma błędną biegunowość względem diody transoptora i nie ma żadnego rezystora zabezpieczającego! To katastrofalny błąd

W wykazie elementów C1, C2 mają jednakową, małą pojemność (470nF): C1, C2 = 474/400V.

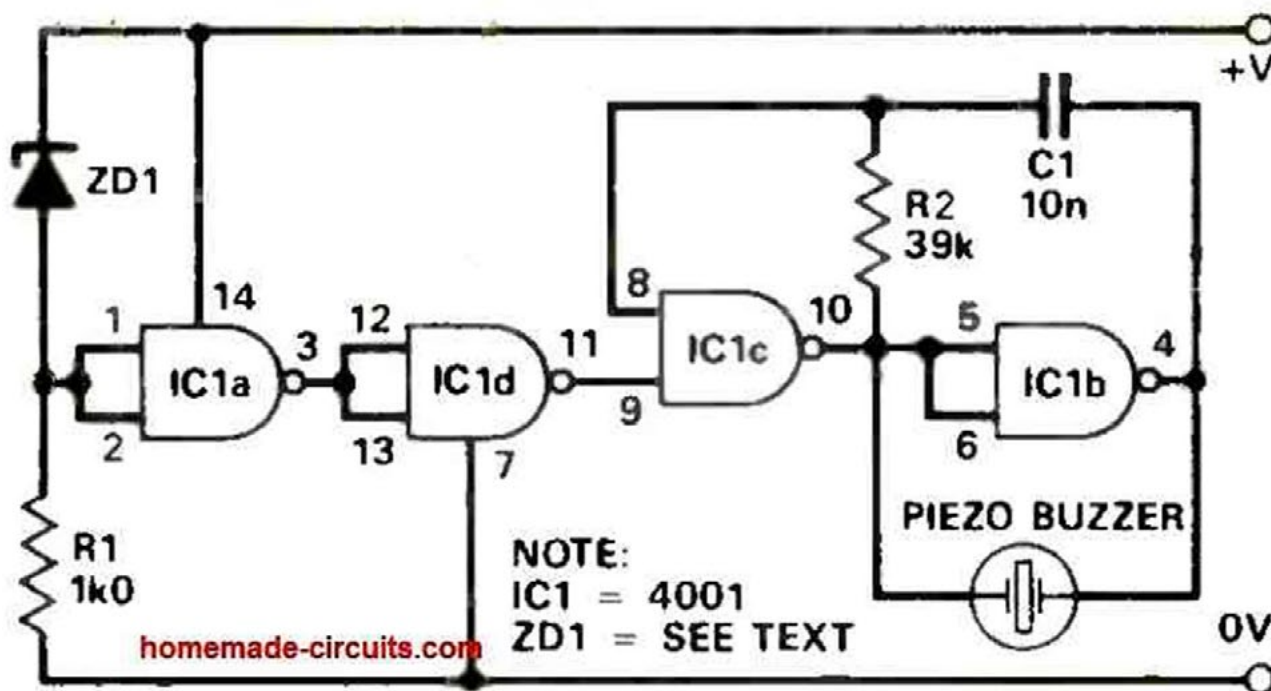
Dla C1 to jest sensowna wartość, ale dla C2 – radykalnie za mała, zwłaszcza przy jednopółkowym prostowaniu i zastosowaniu dziwnej konfiguracji tego zasilacza beztransformatorowego

Układ jest nie tylko bezsensownie błędny, ale też śmiertelnie groźny dla użytkowników, którzy chcieliby być chronieni przez takie pseudozabezpieczenie!

**Piotr Górecki**

# Tropimy błędy: Sygnalizator wyczerpania baterii

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/battery-low-voltage-alarm-circuit/>

Od dawna mnóstwo urządzeń zasilanych jest z baterii i akumulatorów. Najczęściej wyładowanie baterii poznajemy po tym, że urządzenie przestaje działać. Jednak w niektórych przypadkach bardzo potrzebny, lub wręcz niezbędny, jest jakiś

sygnalizator, który poinformuje, że bateria jest bliska wyczerpania.

Powyższy rysunek pokazuje realizację takiego sygnalizatora, który dźwiękiem brzęczyka alarmuje o nadmiernym obniżeniu napięcia baterii.

W ramach konkursu **Tropimy błędy KX010** możesz zgłosić swoje uwagi dotyczące tego znalezionej w Internecie schematu pokazanego na powyższym rysunku tytułowym. 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.

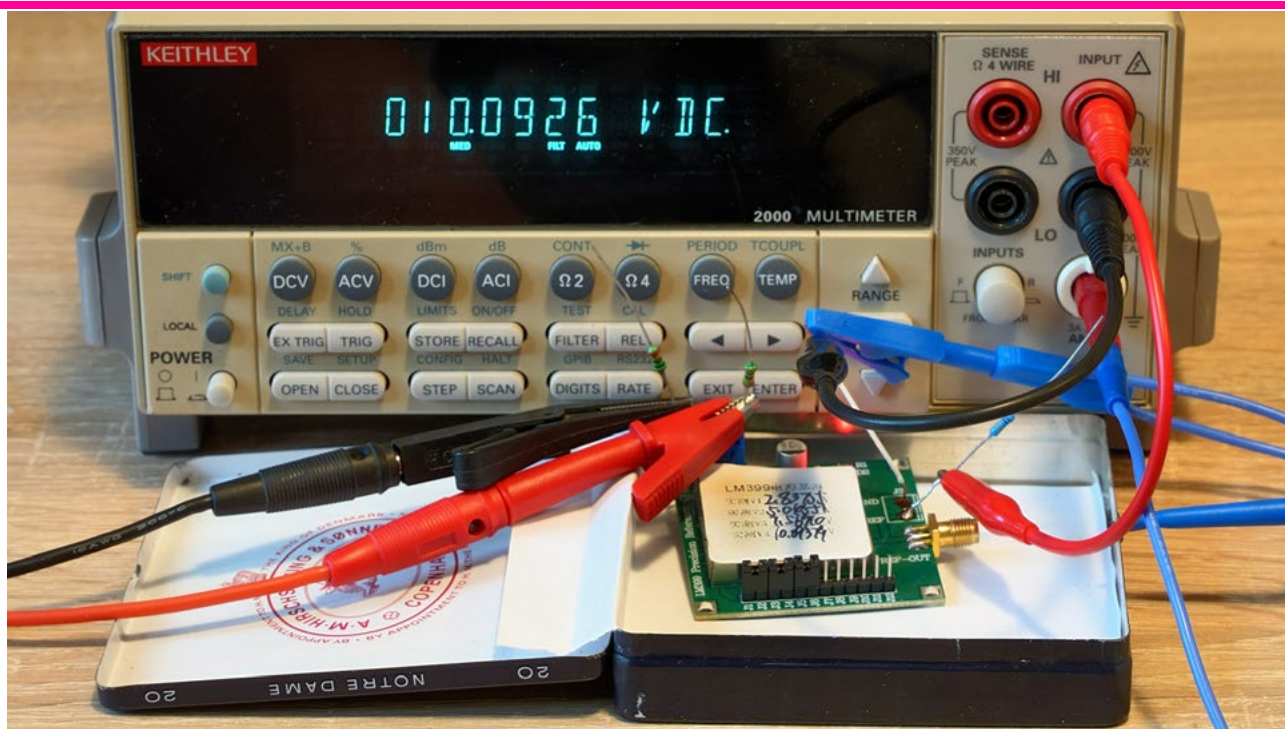
Rozwiązanie tego konkursu **Tropimy błędy** możesz nadesłać do końca września 2023 na adres: [konkursy@piotr-gorecki.pl](mailto:konkursy@piotr-gorecki.pl).

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





# Amatorskie wzorce napięcia

Niektórzy elektronicy nie zwracają uwagi na to, z jaką dokładnością mierzą napięcie. Ufają przyrządom pomiarowym, którymi dziś są przede wszystkim cyfrowe multimetry. Jednak wielu elektroników chciałoby wiedzieć, jaka jest dokładność pomiaru napięcia. Do tego potrzebne są jakieś wzorce.

**Moduł z LM399**

**Moduły z LM584**

**„Wzorzec” z LM385 1,2 V**

**Realna dokładność multimetru**

**Najlepsze źródło napięcia wzorcowego**

**LM399**

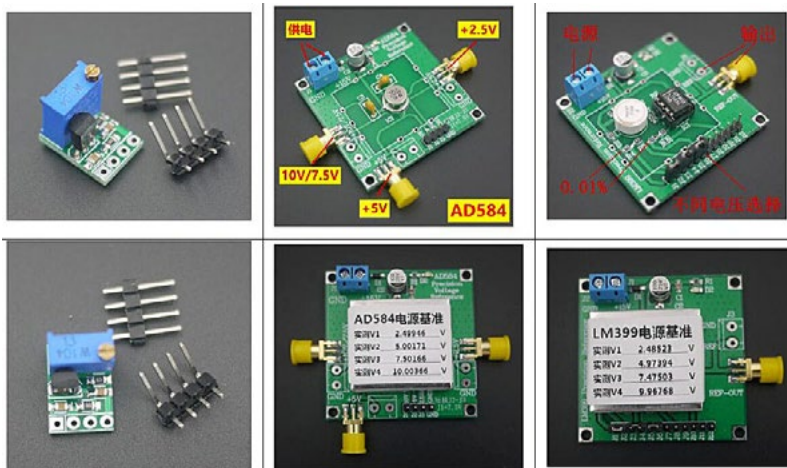
**AD584**

**LM385**

**TL431**

**Chińskie wzorce napięcia**

Przed laty, gdy podczas nauki w technikum wgłębiałem się w tajemnice elektroniki, dużym zaskoczeniem była dla mnie informacja, że w Związku Radzieckim produkowane są diody Zenera KC196 o napięciu nominalnym 9,6 V, które mają współczynnik cieplny 0,0005%/°C czy jak kto woli 5ppm/K. Wtedy nie mieściło mi się w głowie, że o finalnych parametrach większości wzorców napięcia decydują głównie właściwości użytych rezystorów, a nie półprzewodników. A dziś hobbysta może kupić jeszcze lepsze źródła napięcia wzorcowego, zarówno pojedyncze elementy, jak i gotowe moduły – przykłady na **fotografii 1** (Aliexpress).



**Fotografia 1**





**Fotografia 2**



Zaskakująco tanio można kupić takie elementy i moduły w chińskich sklepach internetowych. Oczywiście nasuwa się szereg pytań co do autentyczności zastosowanych w nich układów scalonych i prawdziwości deklarowanych czy też oczekiwanych parametrów.

Otóż na potrzeby tego artykułu nabyłem w jednym ze sklepów Aliexpress moduł z układem LM399 (oraz LT1001), gdzie na pokrywie odręcznie opisane są wartości dostępnych napięć i to do piętego miejsca po przecinku. Obecność metalowej puszk – ekranu i zmierzone wartości napięć budziły nadzieję, że jest to naprawdę dokładne źródło napięcia!

Wcześniej nabyłem też dwa układy z kostką AD584. Tu metalowego ekranu nie ma, moduł zasadniczo nie budzi szczególnych oczekiwań, ale obecność markowych układów Analog Devices też daje nadzieję na dobre parametry.

Trzeci, najtańszy rodzaj takich modułów zawiera układ scalony TL431 lub LM385. Niezależnie od producenta, nie daje on szans na budowę naprawdę dokładnego i stabilnego wzorca napięcia. Nie chciałem marnować pieniędzy na zakup, natomiast „wyrzuciłem” ze swoich bardzo starych zbiorów układzik z kostką LM385 1,2 V, na którym ponad 30 lat temu zrobiłem sobie prościutki wzorzec napięcia 1,000 V.

Niniejszy artykuł pokazuje test wymienionych modułów. Zawiera szereg bardzo cennych informacji praktycznych, ale nie usuwa wszystkich wątpliwości. Jeśli będzie zainteresowanie tematem ([kontakt@piotr-gorecki.pl](mailto:kontakt@piotr-gorecki.pl)) wątpliwości dotyczące stabilności cieplnej możemy w ramach innego artykułu lub serii artykułów rozwiązać po

**Fotografia 2** pokazuje test modułu z układem LM399. Widoczna jest zmiana napięcia wyjściowego przy zmianie napięcia zasilania modułu. Jak widać, bardzo duża zmiana napięcia zasilania – aż o  $\pm 1$  V – spowodowała zmiany napięcia wyjściowego tylko o  $\pm 0,2$  mV czyli o 0,002% (20 ppm).

Napięcie zasilające zapewne będzie stabilizowane w zakresie nie gorszym niż  $15\text{ V} \pm 0,1\text{ V}$ , co zaowocuje zmianami nie większymi niż  $\pm 0,0002\%$  czyli 2 ppm. Jest dobrze!

Wartość napięcia i odchyłka od nominalu 10 V nie są istotne. Chiński producent lub sprzedawca zamieścił na module informację o wartości napięcia 10,09379 V, co względem zmierzonej wartości 10,0926 V z fotografii 2 stanowi różnicę o 0,0118% czyli 118 ppm.

Na pierwszy rzut oka wygląda na to, że taki moduł zapewnia dokładność około 0,012%, więc mogłby z powodzeniem służyć do sprawdzania popularnych multimetrów, których deklarowana dokładność zwykle wynosi 0,05...1%.

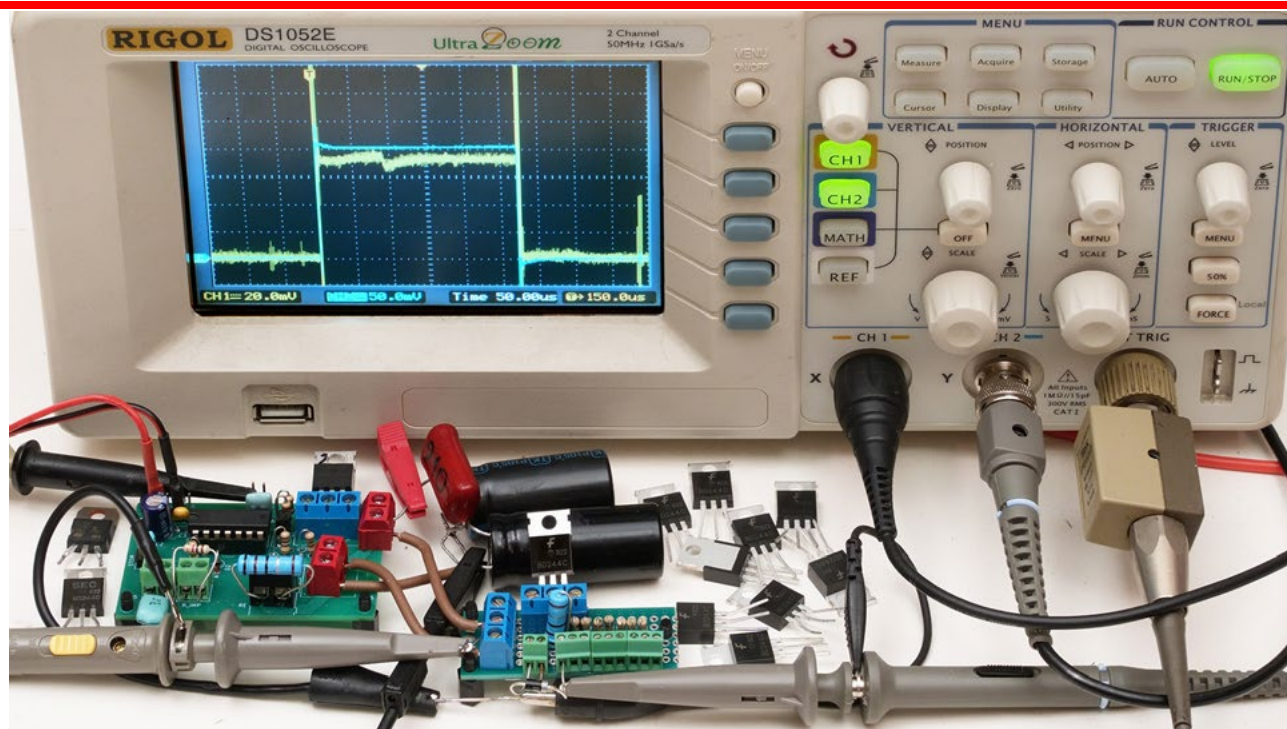
Z kolei **fotografia 3** pokazuje testy innego modułu, zawierającego układ AD584. Zworką wybiera się tam wielkość napięcia wyjściowego. Przy ustawieniu 2,5 V błąd wynosi  $-0,032\%$  ( $-320$  ppm), przy ustawieniu 5 V wynosi  $+0,039\%$  ( $+390$  ppm), przy 7,5 V tylko  $+0,0027\%$  ( $+27$  ppm), a przy 10 V:  $+0,025\%$  ( $+250$  ppm). Na pewno nie jest to rewelacja, ale zupełnie nieźle, jak na tę cenę – ja



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

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





# Tester półprzewodników dużej mocy

Opisywany tester powstał „na zamówienie społeczne”. Wprawdzie na rynku dostępnych jest wiele testerów i mierników elementów, jednak w miarę dobrze radzą one sobie tylko z elementami małej mocy. Do wiarygodnych testów półprzewodników dużej mocy potrzebne jest coś znacznie solidniejszego.

**Sposób identyfikacji podróbek**  
**Sprawdzanie tranzystorów bipolarnych**  
**Układ pomiarowy diod, tyrystorów i triaków**

**Układ pomiarowy tranzystorów PNP**  
**Układ pomiarowy tranzystorów NPN**  
**Pomiary napięć nasycenia**

Opisywany niepozorny układ przeznaczony jest do sprawdzania przy dużych prądach pracy, rzędu 10 amperów, a nawet do 100 amperów, półprzewodników dużej mocy: diod, tyrystorów i triaków, ale przede wszystkim tranzystorów bipolarnych dużej mocy NPN i PNP. Zarówno zwykłych, pojedynczych, jak i „darlingtonów”. Testerem można za pomocą krótkich impulsów zmierzyć takie kluczowe parametry jak napięcie przewodzenia, wzmocnienie prądowe oraz aktualne wartości napięć  $V_{CE}$  i  $V_{BE}$ .

Wiele katalogowych parametrów półprzewodników dużej mocy mierzonych jest z wykorzystaniem krótkich impulsów, co bez obawy przegrzania pozwala mierzyć te parametry nawet przy bardzo dużych prądach. Co prawda tak zmierzone parametry są znacząco inne od parametrów występujących w realnych warunkach, w jakich te elementy

normalnie pracują, jednak i tak okazują się bardzo pożyteczne. Pozwalają między innymi porównać parametry konkretnego elementu z katalogiem, a to umożliwia łatwe zidentyfikowanie podróbki.

Do testów wielu innych elementów wykorzystywany jest **Mój uniwersalny tester impulsowy**. Niniejszy artykuł opisuje sposoby wykorzystania tego uniwersalnego testera do pomiaru parametrów oraz do wykrywania podróbek różnych elementów półprzewodnikowych dużej mocy.

Inne wykorzystanie tego testera opisane jest w artykule **Uniwersalny tester baterii i akumulatorów**.

Natomiast kwestie identyfikacji podrabianych MOSFET-ów są omówione w artykule **Odkrywamy tajemnice tranzystorów MOSFET**. Dodatkowo w artykule **Testowy zasilacz wysokonapięciowy 1200 V** opisany jest sposób sprawdzania napięcia przebicia elementów.



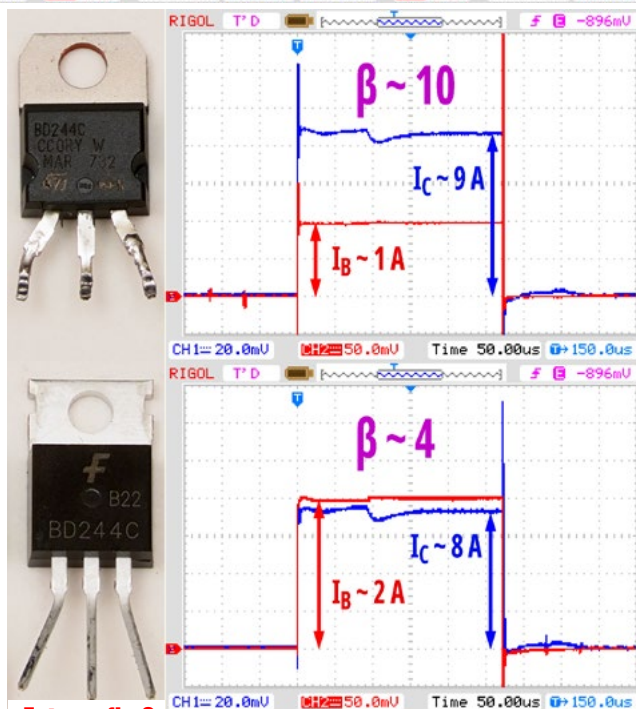
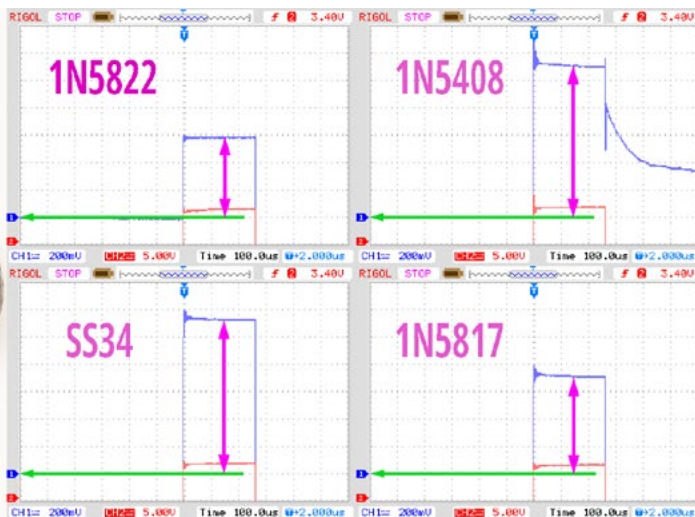


**Fotografia 1**

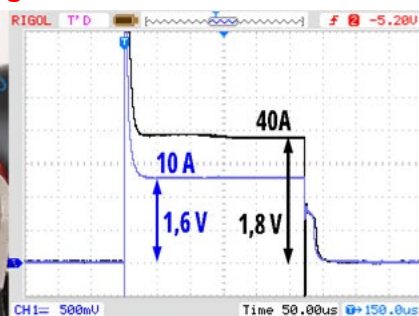
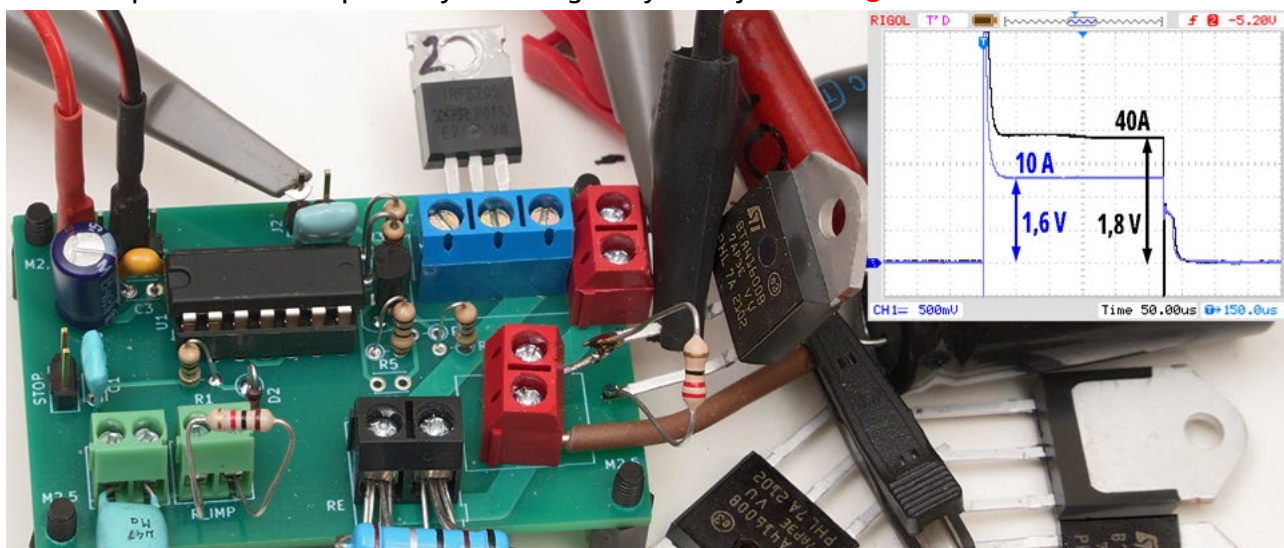
**Fotografia 1** pokazuje cztery diody i wyniki pomiarów ich napięcia przewodzenia przy (impulsowym) prądzie 10 amperów. 3-amperowa dioda Schottky'ego 1N5822 ma napięcie przewodzenia niecałe 0,6 V. 3-amperowa zwykła 1N5408 ma napięcie przewodzenia ponad 1,1 V, czyli prawie dwa razy większe.

Mała dioda SMD oznaczona SS34 została wymontowana z modułu chińskiej przetwornicy. Według oznaczenia SS34 to 3-amperowa dioda Schottky'ego, czyli powinna mieć parametry zbliżone do 1N5822. Tymczasem niewątpliwie jest to podróbka o małej powierzchni złącza, bowiem przy prądzie 10 A napięcie przewodzenia przekracza 1,1 V – jest większe niż w 1-amperowej diodzie Schottky'ego 1N5817! Przy małym prądzie tego nie wykryjemy. Dopiero prąd 10 A pozwala bardzo łatwo wykryć podróbkę.

Niedawno zakupiłem w Chinach za niecałe 23 złote 10 triaków BTA41-600 V z logo ST. Przeznaczone są do realizacji planowanego od dawna zabezpieczenia nadnapięciowego (OVP). **Fotografia 2** przedstawia pomiar spadku napięcia na tym, jak się okazuje – podrobionym, 40-amperowym triaku przy prądzie 40 A oraz 10 A. **Ilustracja 3** pokazuje wyniki pomiarów wzmocnienia prądowego dwóch tranzystorów mocy PNP typu BD244 przy prądzie emitera 10 amperów w układzie pokazanym na fotografii tytułowej.



**Fotografia 3**



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

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





# Organizer na drobne narzędzia

Do porządku w miejscu pracy nie trzeba nikogo przekonywać. Jest to istotne nawet na stole hobbysty, gdyż proszę sobie przypomnieć, ile razy drażniła was sytuacja, gdy w chwili potrzeby trudno znaleźć mały śrubokręt. Opisany tu organizer zbiera wszystko w jednym miejscu.

Istotne detale  
Montaż

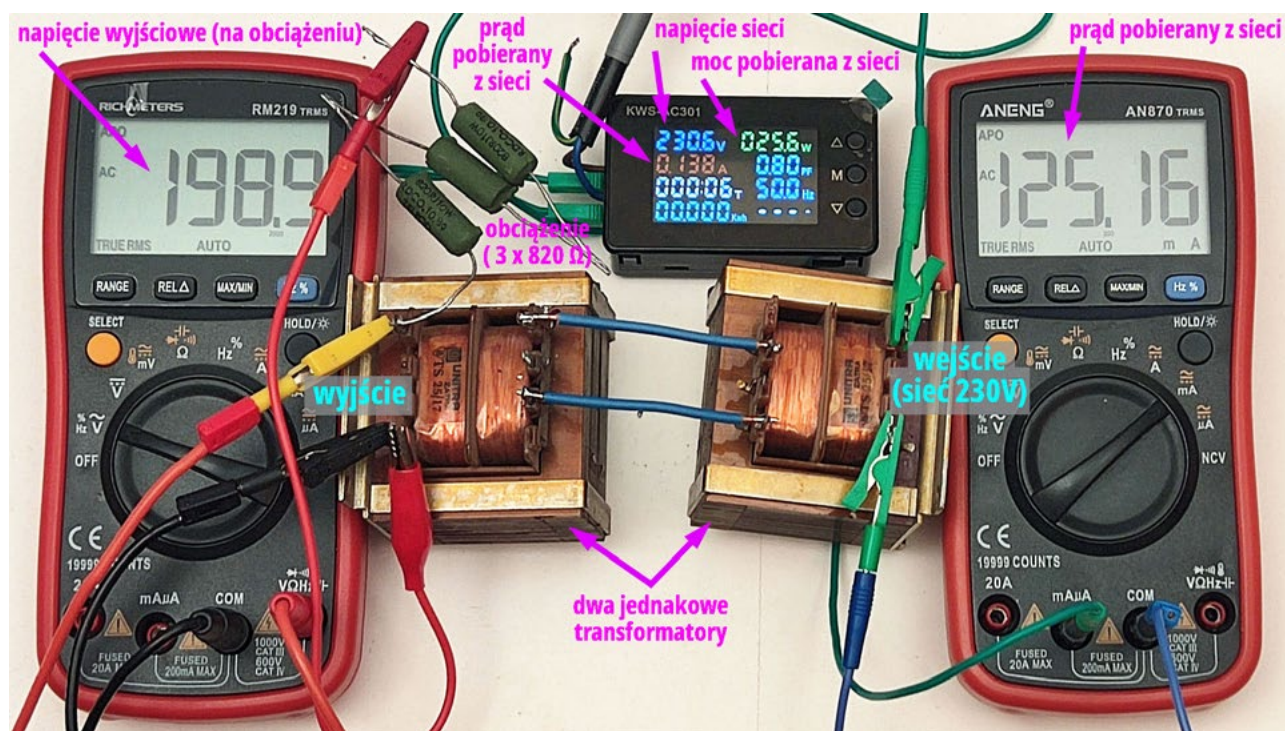
Inne warianty

U nieco starszych hobbystów zajmujących się elektroniką z pogranicza techniki cyfrowej oraz komputerów można często znaleźć w szufladach lub piwnicach stare dyski komputerowe w formacie 3,5 cala (**fotografia 1**). Pomimo, że ta technologia czasy świetności ma już za sobą, gdyż obecnie w komputerach standardem są dyski 2,5 calowe lub wręcz w pełni elektroniczne (SSD), te stare dyski nadal są używane, przykładowo w sprzęcie do monitoringu wizyjnego. Zamiast uszkodzone lub moralnie zużyte dyski wyrzucić do



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





# Proste sposoby separacji od sieci 230 V

Praktykujący elektronik wcześniej czy później zetknie się z kwestią oddzielenia, separacji galwanicznej od sieci energetycznej. Najprostszy aspekt zagadnienia dotyczy bezpieczeństwa człowieka, ale dla zaawansowanych jeszcze ważniejsza jest kwestia pojemności, przenikania zakłóceń i ekranowania.

## Najprostszy sposób separacji od sieci 230 V

### Najtańszy sposób separacji od sieci 230 V

#### Separacja galwaniczna i problem pojemności

Temat separacji, czyli galwanicznego oddzielenia od sieci energetycznej 230 V pojawił się na moim koncie na Facebooku jako poboczna uwaga w komentarzach wpisu dotyczącego autotransformatora.

Kanoniczny sposób takiego oddzielenia to zastosowanie dedykowanego transformatora. Tego rodzaju transformatory znane są jako **ochronne**, **separacyjne** lub **separujące**. Ich celem jest przede wszystkim zapewnienie, a raczej tylko zwiększenie, bezpieczeństwa użytkownika. Chodzi o to, że w domowych instalacjach elektrycznych jeden z przewodów jest uziemiony (oznaczenie N), a drugi to przewód fazowy (oznaczony L). Do tego dochodzi trzeci przewód, tak zwany ochronny (PE), najprościej mówiąc – też uziemiony. Jednym z zagrożeń jest możliwość porażenia przy dotknięciu przewodu

## Minimalizacja pojemności sprzęgającej

### Separacja i ekranowanie

fazowego, gdy prąd popłynie jakąś drogą do ziemi. Szczegóły są wbrew pozorom dość skomplikowane, elektronik nie musi się w to wgłębiać. Choć oczywiście dobrze byłoby te szczegóły rozumieć.

Dla elektronika praktyka najczęściej problem objawia się tak, że „wyskakują bezpieczniki” gdy próbuje oscyloskopem zmierzyć jakieś przebiegi w impulsowym zasilaczu sieciowym. Omówienie przyczyn oraz lepszych i gorszych sposobów rozwiązania problemu to dobry temat na oddzielny artykuł. Najprościej biorąc – trzeba zastosować separację od sieci.

Co bardziej świadomi elektronicy wiedzą, że także podczas niektórych innych testów, pożądana, a nawet wręcz konieczna, jest dobra separacja od sieci. Ze względów bezpieczeństwa lub innych, na przykład z uwagi na zakłócenia występujące w sieci.





### Rysunek 1

## Najprostszy sposób separacji od sieci 230 V

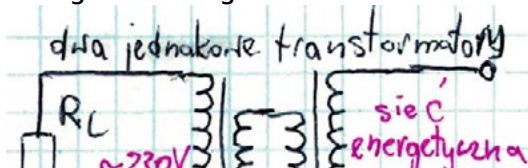
Najprostszy sposób to oczywiście wykorzysta-  
nie dedykowanego transformatora o przekładni  
230 V/230 V według **rysunku 1**. Ktoś mógłby wpasć  
na chytry pomysł, żeby zamiast dedykowanego  
transformatora wykorzystać dwa jednakowe uzwo-  
jenia wtórne jakiegokolwiek transformatora. Taka  
wersja na rysunku 1 jest przekreślona z dwóch po-  
wodów: między uzwojeniami wtórnymi nie jest za-  
pewniona bezpieczna separacja – uzwojenia te  
mogą na przykład być nawijane bifilarnie (jednocze-  
śnie dwoma drutami). Po drugie do niskonapiecio-  
wych uzwojeń wtórnych nie można dołączyć napię-  
cia 230 V, bo rdzeń ulegnie nasyceniu.

Stosowny transformator 230 V/230 V można dziś kupić bez problemu. Przykładowo w ofercie TME w magazynie dostępnych jest 18 rodzajów transformatorów ochronnych – **rysunek 2**.

## Najtańszy sposób separacji od sieci 230 V

Zakup transformatora ochronnego to sposób najprostszy, optymalny dla wielu, ale nie dla wszystkich. Elektronikowi hobbyście taki dedykowany transformator potrzebny jest rzadko. Warto więc wiedzieć o sposobach, które okażą się dużo tańsze.

Otóż wielu elektroników posiada w swoich zapasach różne transformatory, często też dwa jednakowe. I właśnie zastosowanie dwóch dowolnych, jednakowych transformatorów według **rysunku 3** okaże się najtańszym sposobem oddzielenia gálwanicznego od sieci.



## TRANSFORMATORY OCHRONNE

Typ transformatora [18]

Wprowadź tekst...

☒ ochronny [18]
 ☐ autotransformator
 ☐ autotransformator regulacyjny
 ☐ dzwonkowy
 ☐ elektroniczny
 ☐ głośnikowy

Napięcie pierwotne [18]

Wprowadź wartość...

☒ 230V AC [18]
 ☐ 2x 115V AC
 ☐ 5V AC
 ☐ 12V AC
 ☐ 24V AC
 ☐ 30V AC
 ☐ 95V AC

☒ odznaczyć wszystko

Napięcie wtórne 1 [18]

Wprowadź wartość...

☒ 230V [18]
 ☐ 2...4V
 ☐ 3V
 ☐ 3...6V
 ☐ 3,3V
 ☐ 3,3...6V
 ☐ 2,2...6,5V

☒ odznaczyć wszystko

Producent [18]

Wprowadź tekst...

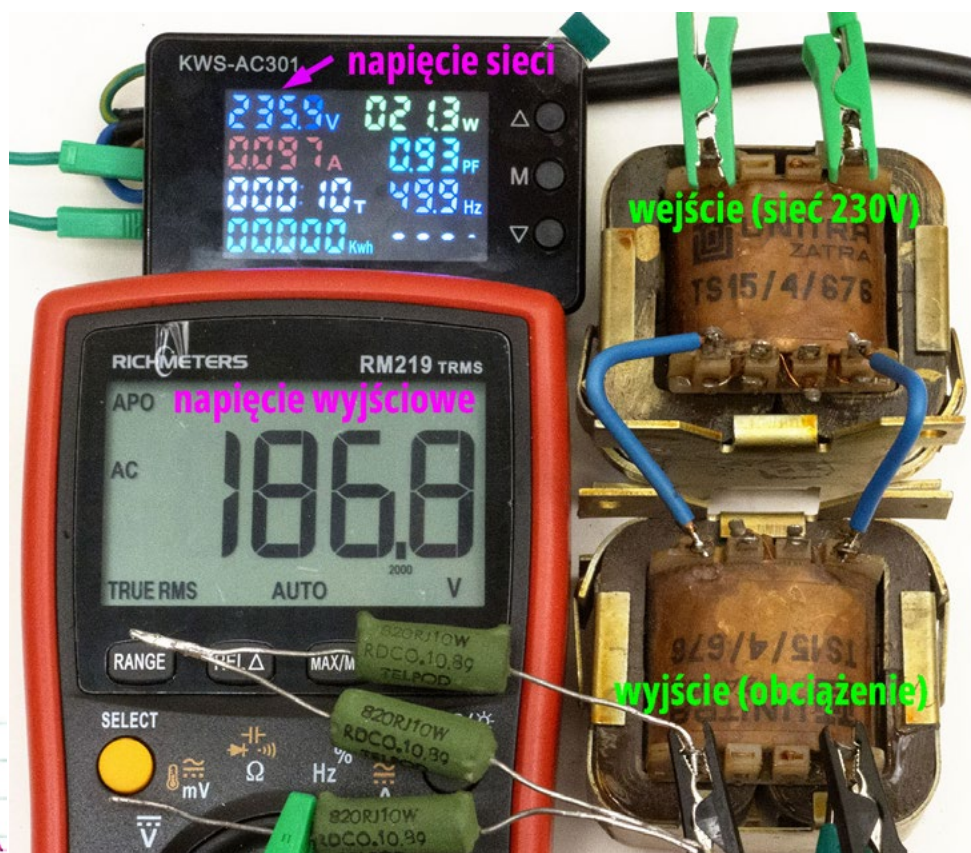
☐ BREVE TUL [12]
 ☐ INDEL [3]
 ☐ TOROIDY
 ☐ CARLO GARDINER
 ☐ DF ELECTRONICS
 ☐ FATON FILIP

☐ zaznaczyć wszystko

## Rysunek 2

Teoria jest tu prosta i oczywista, ale praktyka – niekoniecznie. Owszem, transformatory mogą być dowolne, tylko na pewno trzeba liczyć się z ograniczeniem mocy. Najprościej biorąc, w każdym transformatorze występują straty, przede wszystkim straty w rezystancji drutu uzwojeń. A tu mamy dwa transformatory, więc straty będą większe niż w jednym o takiej samej mocy. Czym większy prąd – tym większe straty.

Dlatego ze wzrostem obciążenia napięcie na obciążeniu będzie się zmniejszać. Na **fotografii 4** pokazany jest przykład obciążenia zestawu dwóch 15-watowych transformatorów TS15/4 trzema rezystorami o łącznej oporności 2,46 kΩ. Napięcie na obciążeniu to 187 V, więc moc obciążenia to 14,2 W ( $187^2 / 2460$ ). Bez obciążenia wynosiło 232 V.



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

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





# Wspólnie projektujemy: Ogranicznik napięcia 12 V

W ramach inicjatywy i stałego konkursu *Wspólnie projektujemy* chcemy zrealizować możliwie prosty ogranicznik napięcia o ustalonym napięciu wyjściowym. Ogranicznik, czyli inaczej mówiąc – stabilizator napięcia. Będzie to też praktyczne wprowadzenie w tematykę zasilaczy LDO.

W numerze ZE 6/2023 postawione było zadanie konkursowe YK003: **Zaproponuj schemat możliwe proste ogranicznika napięcia 12 V.**

Konkurs jest zamknięty, rozwiązania można było nadsyłać do końca czerwca 2023 roku. Oto dalsze informacje na temat tego zadania.

Pomysł realizacji ogranicznika ma związek z pokazanym na fotografii tytułowej modemem – routerem internetowym. Otóż zasadniczo jest on zasilany za pomocą zasilacza wtyczkowego 12 V, 2 A. Mam taką umowę z dostawcą usług, że modem ten może pracować w dowolnej lokalizacji na terenie całego kraju.

W samochodzie jest akumulator 12 V. Powstał pomysł, żeby wypróbować, jak modem sprawuje się w samochodzie podczas jazdy, co byłoby istotne zwłaszcza na dłuższych trasach – nie trzeba byłoby zużywać limitu dostępnego w smartfonach.

Nie zrobiłem jednak kabelka – przejściówki, która poda napięcie z gniazdka samochodowej zapalniczki na gniazdko zasilania modemu (DC 5,5/2,1 mm).

Otóż nie wiem, jak zaprojektowane są obwody zasilania modemu. Zasilacz sieciowy zapewnia napięcie 12 V z maksymalną tolerancją przypuszczalnie  $\pm 15\%$ , co dawałoby zakres napięć 10,2...13,8 V. A co się stanie, gdy zasilę modem napięciem wyższym?

W samochodzie nominalna wartość napięcia wynosi 12 V. Jednak podczas jazdy jest ono znacznie wyższe i teoretycznie powinno wynosić 14,4 V – przynajmniej tak powinno być w większości samochodów. Jednak tu też wchodzi w grę tolerancja i może się okazać, że podczas jazdy napięcie akumulatora sięga 15 woltów, a być może nawet więcej.

Jest też jeszcze inny problem: w instalacji samochodowej mogą pojawić się rozmaite skoki napięcia, przepięcia oraz zakłócenia. Wszelki sprzęt motoryzacyjny, przeznaczony do zasilania z instalacji samochodowej „od urodzenia” musi być odporny na takie przypadki.

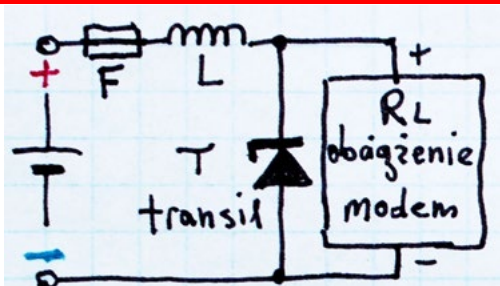
A domowy modem telekomunikacyjny? Nie chciałem tego sprawdzać doświadczalnie. Po-  
stanowiłem zrealizować jakiś **możliwie prosty ogranicznik, który nie pozwoli zasilić modułu napięciem znacząco wyższym niż 12 V.**

Podkreślam, że nie chodzi o przetwornicę, która z dowolnego napięcia wyższego czy niższego zrobi potrzebne napięcie wyjściowe 12 V.

Nie! W ramach zadania *Wspólnie projektujemy...* chcemy możliwie jak najprościej zrealizować nie tyle stabilizator, co właśnie ogranicznik o prądzie maksymalnym 2 A lub więcej, który po prostu „obetnie” ewentualny nadmiar napięcia i nie pozwoli na wzrost napięcia zasilającego odbiornik powyżej powiedzmy 13, maksimum 14 woltów.

## Rozważania projektowe – wersja klasyczna

Przyznam szczerze, że w chwili rozwiązywania tego zadania z różnych powodów, a przede wszystkim z braku czasu, jeszcze nie zrealizowałem takiego ogranicznika do mojego samochodu, niemniej przeprowadziłem wstępną analizę sytuacji. Otóż przede wszystkim trzeba pomyśleć o przepięciach w instalacji samochodu o amplitudzie dużo wyższej niż napięcie akumulatora. W obwodzie zasilania można, a wręcz trzeba, umieścić jakiś ogranicznik przepięć.



Rysunek 1

Może to być dioda Zenera większej mocy albo lepiej dedykowany ogranicznik, tak zwany **transil** (TVS – Transient Voltage Suppressor). Teoretycznie mógłby to też być warystor (MOV – Metal-Oxide Varistor) lub odgromnik gazowany (GDT – Gas Discharge Tube), o ile udałoby się znaleźć wersję o odpowiednio niskim napięciu przebicia. Transil mógłby być umieszczony bezpośrednio na wejściu układu, ale może lepiej byłoby zastosować bezpiecznik lub dławik i umieścić go według **rysunku 1**.

Transile są dwukierunkowe i jednokierunkowe. Tu wystarczy jednokierunkowy. O takim napięciu, żeby przy maksymalnym napięciu stałym w instalacji samochodu nie płynął jeszcze prąd.

Nominalne napięcie w instalacji to 14,4 V, ale może być wyższe, powiedzmy do 15 V (co jest niekorzystne dla akumulatora).

Z uwagi na tolerancję transil nie powinien być 15-woltowy. Napięcie stand-off potrzebnego tu transila powinno być wyższe niż 15 V. **Rysunek 2** to fragment karty katalogowej Littelfuse. Strzałki wskazują, że należałoby wykorzystać jednokierunkowy 1,5KE18 A o gwarantowanym napięciu stand-off 15,3 V. Przy silnym impulsie napięcie na elemencie może sięgnąć 25 woltów.

Na stronie TME (**rysunek 3**) można znaleźć transile różnych producentów. Przed decyzją o zakupie trzeba w kartach katalogowych dokładnie sprawdzić parametry, bo inni producenci (np. Diotec) inaczej oznaczają swoje transile i inaczej określają napięcie stand-off.

W każdym razie obecność transila wcale nie rozwiązuje problemu, ponieważ my mamy ograniczyć napięcie zasilające modem nie do wartości 25 woltów, tylko niewiele większego niż 12 woltów. W zadaniu było powiedziane, że do 13,8 V. A to wymaga zastosowania jakiegoś stabilizatora. I to stabilizatora typu LDO.

Mógłby to być jakiś gotowy scalony stabilizator LDO. Na stronie TME oprócz regulowanych stabilizatorów LDO znajdziemy też 12-woltowe (**rysunek 4**). Jeżeli wystarczy prąd 1 ampera, to możemy wykorzystać LM2940-12 V, który przy prądzie 1 A ma typowy spadek napięcia  $V_{DO}$  równy 0,5 V.

Electrical Characteristics ( $T_J=25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted)

| Part Number (Uni) | Part Number (Bi) | Reverse Stand off Voltage $V_R$ (Volts) | Breakdown Voltage $V_{BR}$ (Volts) @ $I_T$ |       | Test Current $I_T$ (mA) | Maximum Clamping Voltage $V_C$ @ $I_{CP}$ (Volts) | Maximum Peak Pulse Current $I_{PP}$ (A) | Maximum Reverse Leakage $I_{R}$ @ $V_R$ ( $\mu\text{A}$ ) |
|-------------------|------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|-------|-------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
|                   |                  |                                         | MIN                                        | MAX   |                         |                                                   |                                         |                                                           |
| 1.5KE6.8A         | 1.5KE6.8CA       | 5.80                                    | 6.45                                       | 7.14  | 10                      | 10.5                                              | 144.8                                   | 1000                                                      |
| 1.5KE7.5A         | 1.5KE7.5CA       | 6.40                                    | 7.13                                       | 7.88  | 10                      | 11.3                                              | 134.5                                   | 500                                                       |
| 1.5KE8.2A         | 1.5KE8.2CA       | 7.02                                    | 7.79                                       | 8.61  | 10                      | 12.1                                              | 125.6                                   | 200                                                       |
| 1.5KE9.1A         | 1.5KE9.1CA       | 7.78                                    | 8.65                                       | 9.50  | 1                       | 13.4                                              | 113.4                                   | 50                                                        |
| 1.5KE10A          | 1.5KE10CA        | 8.55                                    | 9.50                                       | 10.50 | 1                       | 14.5                                              | 104.8                                   | 10                                                        |
| 1.5KE11A          | 1.5KE11CA        | 9.40                                    | 10.50                                      | 11.60 | 1                       | 15.6                                              | 97.4                                    | 5                                                         |
| 1.5KE12A          | 1.5KE12CA        | 10.20                                   | 11.40                                      | 12.60 | 1                       | 16.7                                              | 91.0                                    | 5                                                         |
| 1.5KE13A          | 1.5KE13CA        | 11.10                                   | 12.40                                      | 13.70 | 1                       | 18.2                                              | 83.5                                    | 1                                                         |
| 1.5KE15A          | 1.5KE15CA        | 12.80                                   | 14.30                                      | 15.80 | 1                       | 21.2                                              | 71.7                                    | 1                                                         |
| 1.5KE16A          | 1.5KE16CA        | 13.60                                   | 15.20                                      | 16.80 | 1                       | 22.5                                              | 67.6                                    | 1                                                         |
| 1.5KE18A          | 1.5KE18CA        | 15.30                                   | 17.10                                      | 18.90 | 1                       | 25.2                                              | 60.3                                    | 1                                                         |
| 1.5KE20A          | 1.5KE20CA        | 17.10                                   | 19.00                                      | 21.00 | 1                       | 27.7                                              | 54.9                                    | 1                                                         |
| 1.5KE22A          | 1.5KE22CA        | 18.80                                   | 20.90                                      | 23.10 | 1                       | 30.6                                              | 49.7                                    | 1                                                         |

Rysunek 2

[https://www.tme.eu/pl/katalog/diody-transil-tht-jednokierunkowe\\_112804/?params=24](https://www.tme.eu/pl/katalog/diody-transil-tht-jednokierunkowe_112804/?params=24)

**1.5KE18A-DIO**  
Dioda: TVS; 1.5kW; 18V; 60A; jednokierunkowa;  $\pm 5\%$ ;  $\varnothing 5.4 \times 7.5\text{mm}$   
Oznaczenie producenta: **1.5KE18A**  
Producent: **DIOTEC SEMICONDUCTOR**  
Napięcie przebicia: 18V

| Ilość [szt] | Cena netto [PLN/szt] |
|-------------|----------------------|
| 3+          | 1.1296               |
| 25+         | 0.9778               |
| 100+        | 0.7680               |
| 500+        | 0.6965               |
| 1250+       | 0.6474               |

Zobacz szczegóły cen

**1.5KE18A-E3/54**  
Dioda: TVS; 1.5kW; 18V; 59.5A; jednokierunkowa; DO201; rolka, taśma  
Oznaczenie producenta: **1.5KE18A-E3/54**  
Producent: **VISHAY**  
Napięcie przebicia: 18V

| Ilość [szt] | Cena netto [PLN/szt] |
|-------------|----------------------|
| 3+          | 1.6163               |
| 25+         | 1.3395               |
| 100+        | 1.1788               |
| 500+        | 1.0582               |
| 1400+       | 0.9510               |

Zobacz szczegóły cen

**1.5KE18A-LF**  
Dioda: TVS; 1.5kW; 18V; 60.3A; jednokierunkowa;  $\pm 5\%$ ; DO201  
Oznaczenie producenta: **1.5KE18A**  
Producent: **LITTELFUSE**  
Napięcie przebicia: 18V

| Ilość [szt] | Cena netto [PLN/szt] |
|-------------|----------------------|
| 1+          | 3.4157               |
| 10+         | 1.3931               |
| 100+        | 0.8171               |
| 1200+       | 0.6519               |

Zobacz szczegóły cen

Rysunek 3

**LM2940CT-12/NOPB**  
IC: stabilizator napięcia; LDO; nieregulowany; 12V; 1A; TO220-3  
Oznaczenie producenta: **LM2940CT-12/NOPB**  
Producent: **TEXAS INSTRUMENTS**

| Ilość [szt] | Cena netto [PLN/szt] |
|-------------|----------------------|
| 1+          | 6.44                 |
| 3+          | 5.88                 |
| 10+         | 5.47                 |
| 45+         | 4.82                 |
| 135+        | 4.05                 |

Zobacz szczegóły cen

**LM1085IT-12/NOPB**  
IC: stabilizator napięcia; LDO; nieregulowany; 12V; 3A; TO220-3  
Oznaczenie producenta: **LM1085IT-12/NOPB**  
Producent: **TEXAS INSTRUMENTS**

| Ilość [szt] | Cena netto [PLN/szt] |
|-------------|----------------------|
| 1+          | 8.67                 |
| 3+          | 7.82                 |
| 10+         | 6.89                 |
| 45+         | 6.20                 |

Zobacz szczegóły cen

**NTE1954**  
IC: stabilizator napięcia; LDO; liniowy; nieregulowany; 12V; 1A  
Oznaczenie producenta: **NTE1954**  
Producent: **NTE Electronics**

| Ilość [szt] | Cena netto [PLN/szt] |
|-------------|----------------------|
| 1+          | 15.84                |
| 3+          | 14.26                |
| 10+         | 12.60                |

Zobacz szczegóły cen

Rysunek 4



A jeżeli potrzebny jest większy prąd, to można wybrać 3-ampereowy LM1085–12 V.

Fabryczny stabilizator LDO rozwiązuje problem. Być może warto tylko podwyższyć nieco jego napięcie wyjściowe, włączając w obwód masy stabilizatora jedną lub dwie diody 1N4148.

To jest rozwiązanie, można powiedzieć, rzemieślnicze. Wiele osób chciałoby, choćby tylko „dla sportu” zrealizować mniej klasyczne rozwiązanie, być może nawet lepsze. A jeżeli nawet nie lepsze, to własne, autorskie.

### Rozważania projektowe – wersja autorska

W wersji autorskiej zapewne należałoby pozostawić transil i na wszelki wypadek także bezpiecznik, a zamiast fabrycznego stabilizatora LDO zastosować inne rozwiązanie. Być może prostsze, pozbawione niektórych zabezpieczeń (termicznego, zwarciovego). Najlepiej takie, w którym spadek napięcia  $V_{DO}$  będzie zdecydowanie mniejszy.

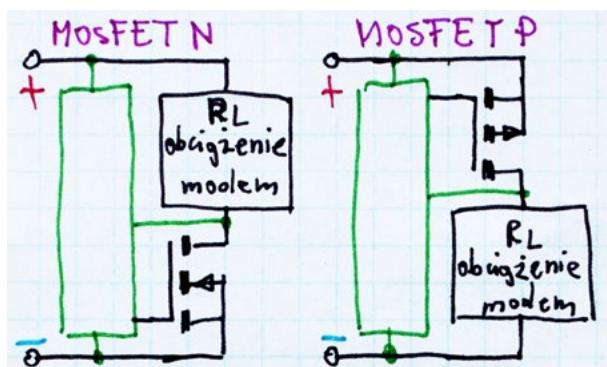
To natychmiast kieruje uwagę na tranzystory MOSFET. W samochodach ujemny biegun akumulatora jest dołączony do masy. Zasadniczo należałoby więc dać regulator „od góry”, a ujemny zacisk modemu dołączyć do masy. Nie jest to jednak konieczne i spokojnie można dać regulator „od dołu”, od strony masy.

Daje to dwie wersje pokazane na **rysunku 5**, które pozwalają uniknąć problemów z napięciem do sterowania bramki.

Układ sterowania powinien być możliwie prosty i raczej nie mieć dużego wzmocnienia, bo duże wzmocnienie grozi samowzbudzeniem, gdy taki ogranicznik będzie w trybie pracy liniowej.

Potrzebne jest jakieś źródło napięcia odniesienia, ale absolutnie w tym zastosowaniu nie musi być precyzyjne. Tym źródłem odniesienia może być nawet napięcie baza-emiter tranzystora bipolarnego lub napięcie przewodzenia diody LED.

Można, i chyba raczej trzeba, kontrolować nie napięcie zasilania, tylko napięcie na obciążeniu  $R_L$  i przy jego nadmiernym wzroście zatykać MOSFET. Prowadzi to do rozwiązania czujnika napięcia,



Rysunek 5

jak na **rysunku 6**. Próg zadziałania dość niedokładnie, ale w tym zastosowaniu wystarczająco, ustala napięcie  $U_{BE}$  tranzystora T2 i dzielnik rezystorowy. Oczywiście napięcie  $U_{BE}$  tranzystora zmienia się ze zmianami temperatury i można dokładniej kontrolować napięcie, ale naprawdę nie jest to konieczne. Aby jednak wzrost napięcia na obciążeniu wyłączył MOSFET-a T1, trzeba dodać jeszcze co najmniej jeden tranzystor.

Przypuszczalnie układ mógłby wyglądać jak na **rysunku 7**. W sumie trzy tranzystory i parę rezystorów, czyli bardzo proste rozwiązanie.

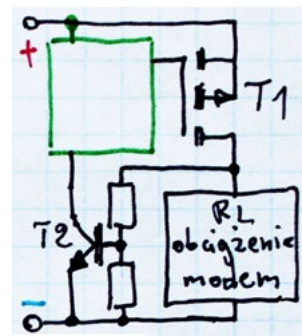
Obecność diody LED znacznie polepsza stabilność napięcia progowego, a czerwona dioda LED pełni przy okazji funkcję kontrolki, sygnalizującej, że napięcie wejściowe jest za duże i układ je redukuje. Właśnie dlatego jest umieszczona w obwodzie emitera, a nie w obwodzie bazy T2. Należałoby tylko dobrać wartości rezystorów i prawdopodobnie zastosować rezystory emiterowe, żeby sumaryczne wzmocnienie nie było zbyt duże.

Układ pozostaje bardzo prosty, ale ja wyłącznie „dla sportu” zastanawiałem się, żeby go jeszcze uprościć. Uprościć do granic możliwości.

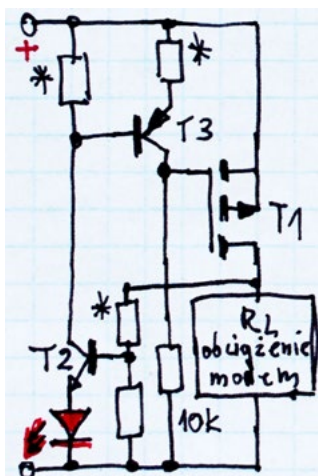
Rozważałem szereg rozwiązań, ale tylko na papierze. Wreszcie doszedłem do rozwiązania z pięcioma elementami, które by mnie satysfakcjonowało.

Układ pokazany jest na **rysunku 8** i jak widać, sterowanie zapewnia... jakkolwiek zwykły, najpopularniejszy transoptor z fototranzysotrem. Na przykład CNY17, PC817, 4N25...4N37.

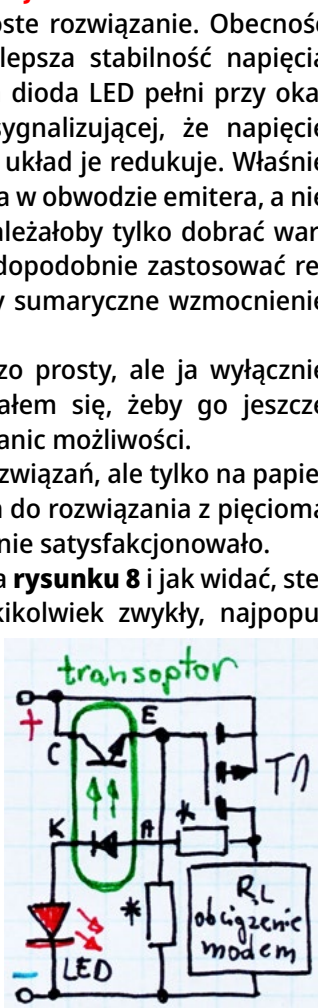
Napięcie odniesienia to suma napięć na czerwonej diodzie LED i na diodzie IRED transoptora. W takiej wersji należałoby tylko indywidualnie dobrać



Rysunek 6



Rysunek 7



Rysunek 8

wartości rezystorów, by ogranicznik zaczynał działać przy napięciu na obciążeniu około 12 woltów.

Na papierze wszystko działa i nie widać problemu, ani ze stabilnością napięcia progowego, ani spowodowanych dużymi różnicami „przekładni” czyli współczynnika CTR transoptora. W razie potrzeby wzmocnienie w pętli regulacji można zmniejszyć dodając jeszcze jeden rezystor.

Z braku czasu nie przeprowadziłem żadnych testów praktycznych tego nietypowego, interesującego dla mnie rozwiązania. A **niezbędne byłyby testy dynamiczne. Mianowicie sprawdzenie, jak taki ogranicznik z powolnym w sumie transoptorem reaguje na krótkie impulsy i na nagłe, skokowe zmiany napięcia wejściowego.**

Kluczowe znaczenie mają opóźniona odpowiedź, a właściwie brak natychmiastowej odpowiedzi MOSFET-a z jednej strony oraz właściwości obciążenia, czyli modemu, z drugiej. Być może trzeba byłoby dodać kondensator filtrujący na wyjściu, równoległe do modemu. Ale być może nie byłby potrzebny.

To wszystko ujawniłoby się podczas dynamicznych testów, których nie przeprowadziłem.

Jeśliby ktoś zbudował i przetestował statycznie a także dynamicznie, tak prosty układ ogranicznika, niech przedstawi efekty publicznie, na łamach czasopisma. Zapraszam! A w dalszej części tego artykułu przedstawiam rozwiązania, jakie zaproponował Tadeusz Suszał z Warszawy.

Piotr Górecki

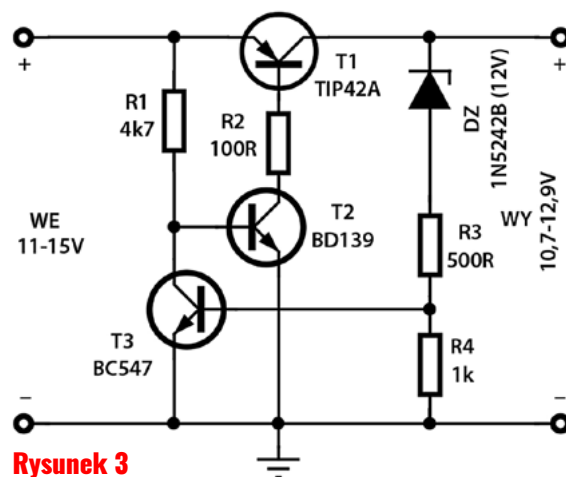
# Ogranicznik napięcia 12 V

Na początek przedstawię układ pokazany na **rysunku 1**. Jego charakterystyka zależności napięcia wyjściowego od napięcia wejściowego pokazana jest na **rysunku 2**.

Powyżej pewnej wartości napięcia wejściowego napięcie wyjściowe spada. Jest to przykład dla obciążenia prądem o wartości 2 A. Charakterystyka ta, a tym samym wartość napięcia wyjściowego, zależy od wartości pobieranego prądu. Dla prądu obciążenia 1 A maksymalne napięcie wyjściowe może osiągnąć wartość ok. 15 V (dla identycznego ustawienia potencjometru P1). Układ więc nie bardzo nadaje się dla zmiennych obciążeń. Jedynie dla obciążeń o stałej, niezmienniej wartości prądu. Czy tak jest w przypadku modemu? Trzeba by to mierzyć aby być pewnym zastosowania proponowanego układu. Układ wymaga regulacji. Na pewno na etapie uruchomienia.

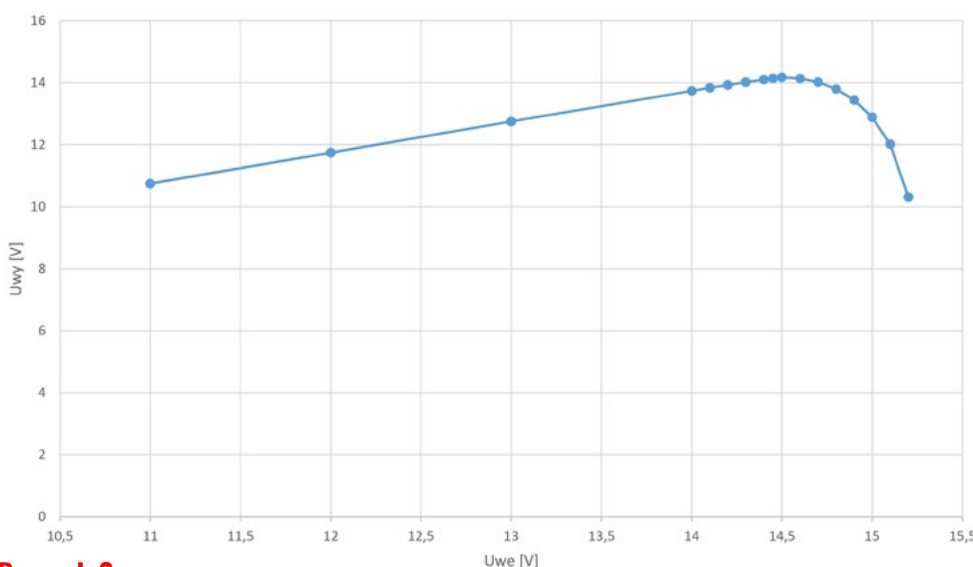
W przypadku zmiennych obciążeń przydatne będą układy opi-

sane w dalszej części. **Rysunek 3** pokazuje pierwszy z nich.

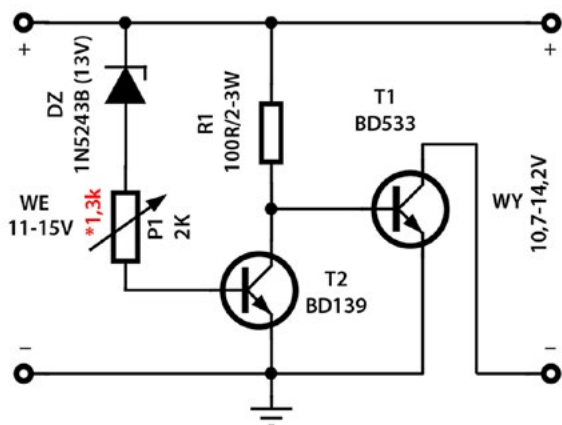


Rysunek 3

$$U_{wy} = f(U_{we}), I_{wy} = 2A$$



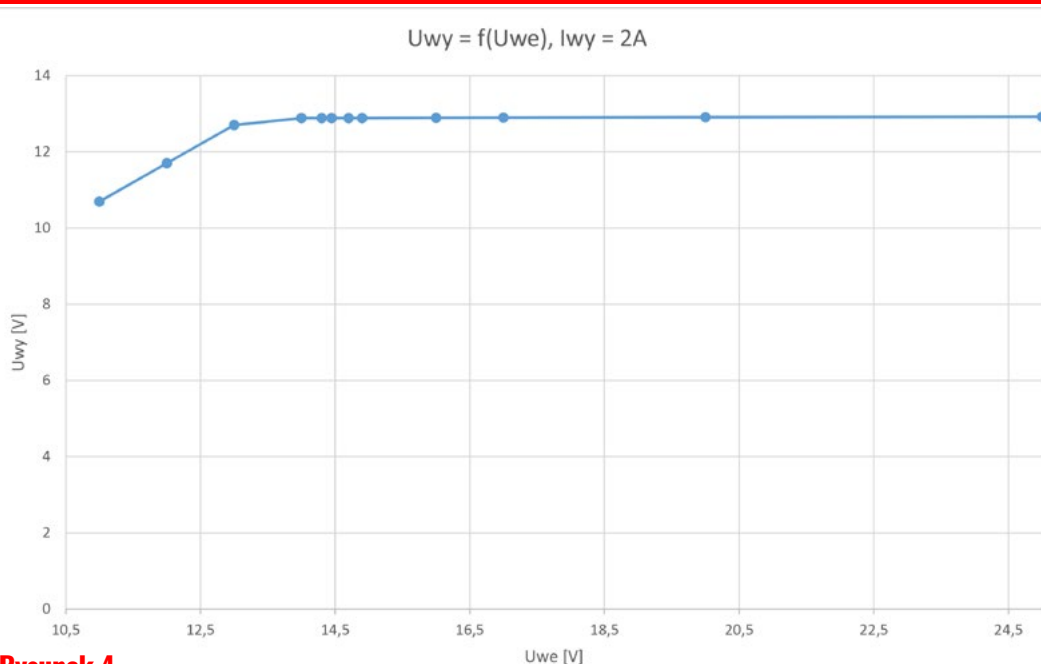
Rysunek 2



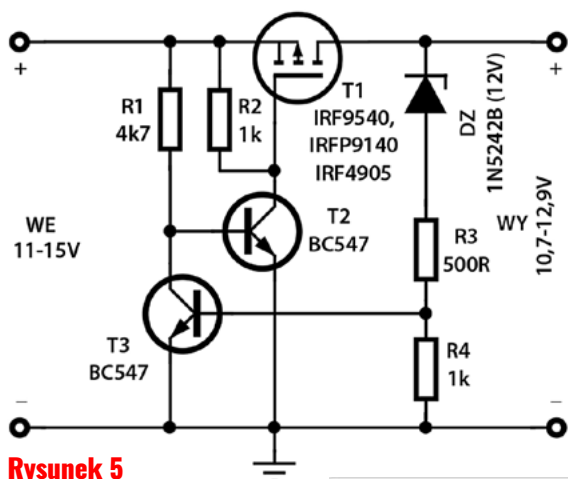
Rysunek 1



Na **rysunku 4** przedstawiona jest charakterystyka układu z **rysunku 3**. Widać dużą stabilność napięcia wyjściowego powyżej 13 V napięcia wejściowego (płaska część charakterystyki). Dla 11 V napięcia wejściowego uzyskujemy w tym układzie wartość ok. 10,7 V napięcia wyjściowego. Wartość napięcia wyjściowego w tym układzie nie jest silnie powiązana z prądem obciążenia. Praktycznie nie ma różnic dla prądów 1 A czy 2 A. Podobny układ, o podobnej charakterystyce ale z wykorzystaniem tranzystora MOSFET przedstawia **rysunek 5**.



**Rysunek 4**

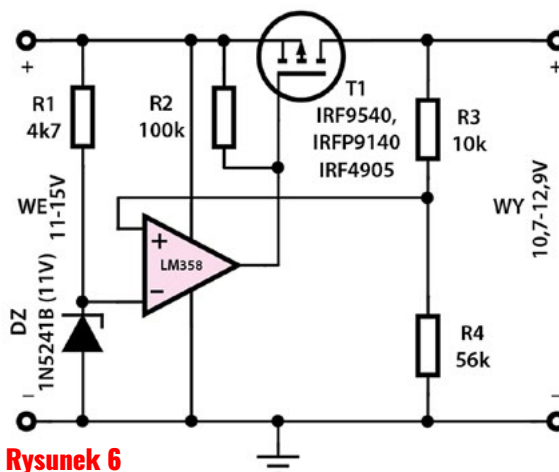


**Rysunek 5**

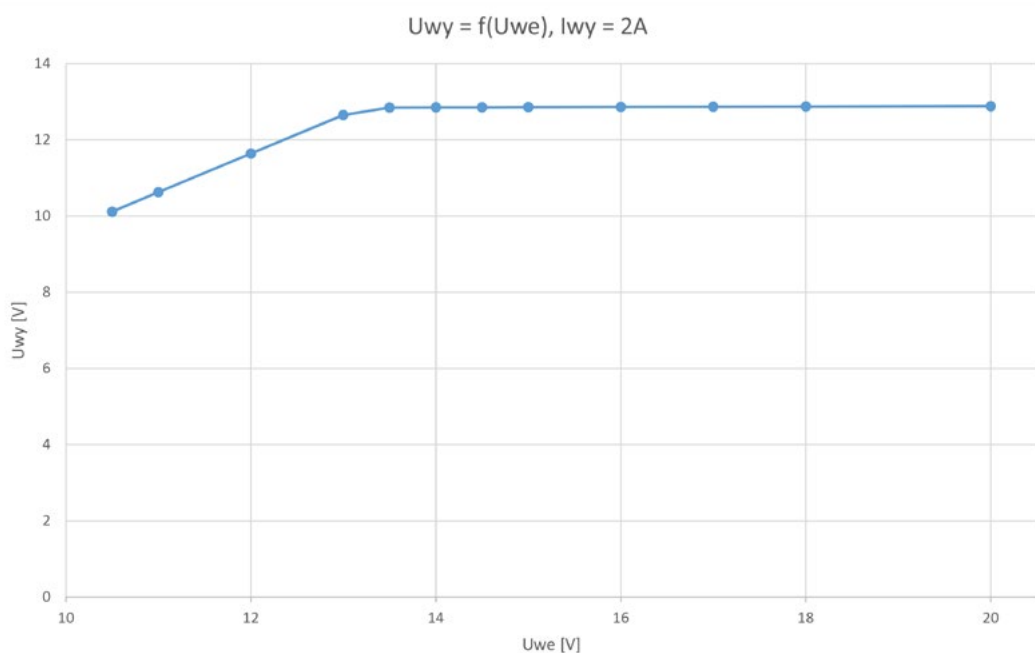
Jako ostatnie układowe zostanie przedstawione rozwiązanie z wykorzystaniem WO. Tu również mamy do wyboru rozwiązanie z tranzystorami BJT i MOSFET. Przedstawię tylko rozwiązanie z tranzystorem MOSFET P na **rysunku 6**.

Charakterystykę układu pokazuje **rysunek 7**.

Układ ze wzmacniaczem operacyjnym zachowuje się identycznie jak układy widoczne na rysunkach 3 i 5. Dobierając tranzystory typu MOSFET należy zwrócić uwagę nie tylko na parametry, takie jak dopuszczalne



**Rysunek 6**

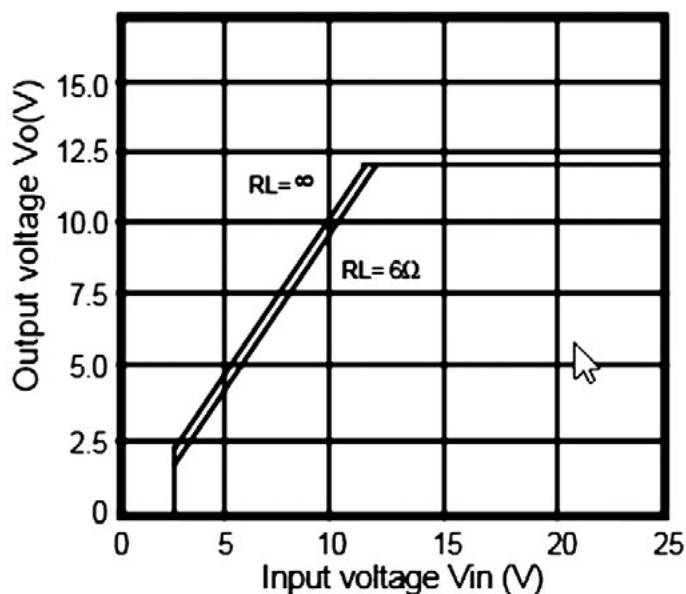


**Rysunek 7**

napięcie, prąd i moc, ale również na wartość rezystancji  $R_{DS(ON)}$ . Ma to szczególne znaczenie przy niskich napięciach wejściowych. Wartość tej rezystancji nie powinna być większa niż  $0,5 \Omega$ . Im mniej tym lepiej. W układzie zastosowano diodę Zenera o napięciu 11 V. To skutkuje tym, że maksymalne napięcie wyjściowe wynosi niecałe 13 V. Przy zastosowaniu diody Zenera o napięciu 12 V maksymalne napięcie wyjściowe będzie o 1 V wyższe.

Innym rozwiązaniem jest zastosowanie układu KA278R12 C. Jest to układ regulatora napięcia wyjściowego typu Low Dropout (max. 500 mV) 12 V, 2 A, 15 W. Dla napięć wejściowych powyżej 12 V na wyjściu mamy 12 V. Przy napięciach wejściowych mniejszych od 12 V napięcie wyjściowe „śledzi” napięcie wejściowe. Na **rysunku 8** pokazana jest charakterystyka tego układu zaczerpnięta z jego noty katalogowej.

Przedstawione układy nie zawierają żadnych elementów zabezpieczających od przepięć czy przeciążeń (nie mówiąc o zwarcia). W tym celu warto zastosować rozwiązania oparte na eFuse, np. TC-KE712BNL. Zabezpieczenia eFuse zapewniają większą prędkość zadziałania ochrony (150 ns w porównaniu do 1 s i więcej dla pozostałych rodzajów bezpieczników), większą precyzję i większy zestaw



**Figure 21. Output Voltage vs. Input Voltage**

**Rysunek 8**

funkcji zabezpieczających w porównaniu z bezpiecznikami topikowymi i PTC. Ważnymi funkcjami są zabezpieczenia przepięciowe i termiczne, które nie są możliwe do uzyskania przy użyciu konwencjonalnych bezpieczników.

**Tadeusz Suszał**





# Wspólnie projektujemy: Tester diod Zenera

W cyklu konkursowym **Wspólnie projektujemy** tym razem chcielibyśmy zająć się diodami Zenera i ich testowaniem. Wprawdzie diody Zenera z wielu zastosowań są wypierane przez rozmaite układy scalone, jednak nadal są wykorzystywane i dobrze byłoby mieć jakiś przyrząd czy prosty sposób ich testowania.

Dawniej diody Zenera służyły jako źródła napięcia wzorcowego – napięcia odniesienia. Dziś dobrymi źródłami odniesienia są wyłącznie układy scalone. Faktem jest, że w najdokładniejszych scalonych wzorcach napięcia pracują diody Zenera, ale to temat, którym będziemy zajmować się oddzielnie.

W cyklu **Wspólnie projektujemy** chcemy zająć się zwykłymi, pojedynczymi diodami Zenera, które nadal są wykorzystywane w układach elektronicznych, głównie w roli elementów zabezpieczających, ograniczających napięcie, ale nie tylko.

Nadal je używamy i często występuje potrzeba pomiaru ich napięcia przebicia, ograniczania. Wiadomo, że w kierunku przewodzenia dioda Zenera zachowuje się jak zwykła dioda krzemowa, natomiast w kierunku zaporowym ulega przebiciu przy jakimś napięciu i nie pozwala na wzrost napięcia.

Podstawową potrzebą jest więc pomiar napięcia przebicia diod Zenera. Choćby po to, żeby upewnić się, że dioda ma parametry zgodne z oczekiwaniami. W zasadzie wystarczy do tego zasilacz, rezystor i woltomierz, ale zakres napięć przebicia diod Zenera sięga od około 2V do 150 woltów, a nawet więcej. I jest problem z zasilaczem przy wyższych napięciach.

Ponadto **często chcemy też mierzyć napięcie przebicia innych elementów**, na przykład tranzystorów bipolarnych (gdzie złącze B-E ma właściwości diody Zenera), napięcie przebicia  $V_{(BR)DSS}$  tranzystorów MOSFET, a także maksymalne napięcie wsteczne diod prostowniczych. A wtedy w grę wchodzi napięcia przebicia rzędu kilkuset woltów, a nawet ponad 1000V.

Przydałby się w miarę prosty, jak najbardziej uniwersalny tester, pozwalający sprawdzać napięcie przebicia diod Zenera oraz dowolnych innych elementów.

## **Zadanie konkursowe YK008 brzmi:**

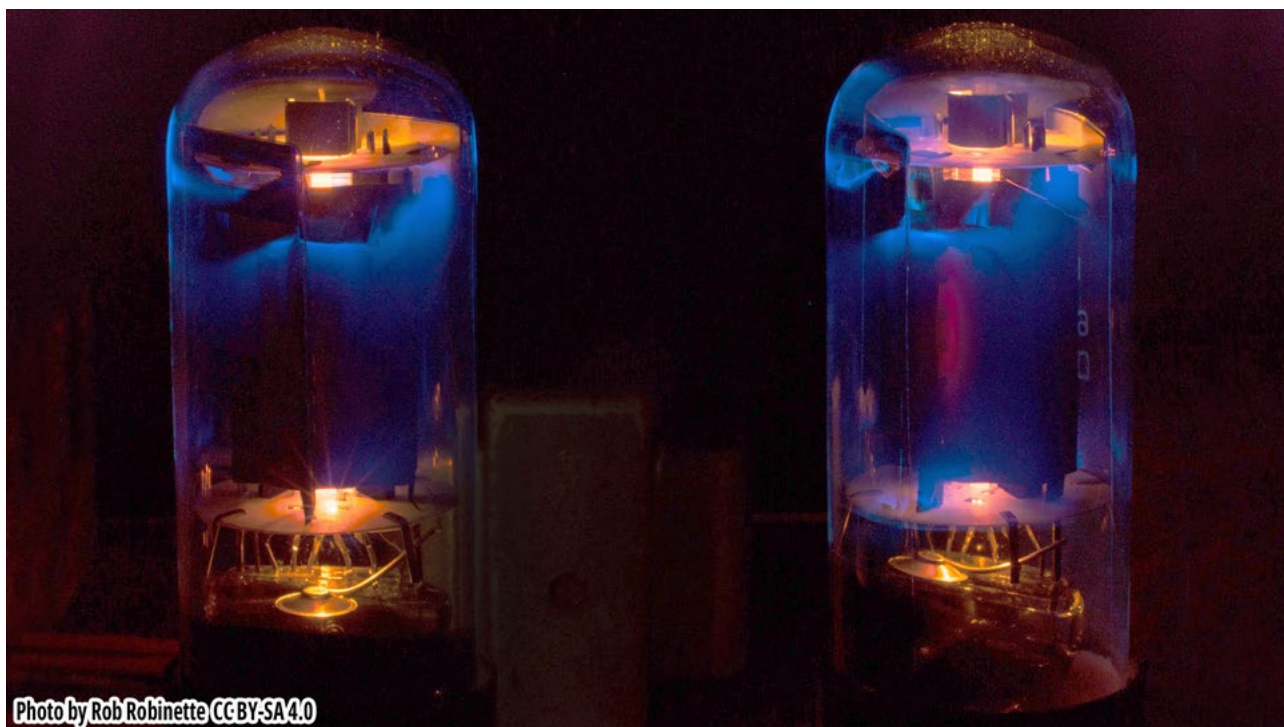
**Zaproponuj schemat w miarę prostego układu, który mógłby pełnić rolę miernika napięcia przebicia diod Zenera oraz wielu innych elementów.**

Do udziału w zadaniu zapraszam doświadczonych, a także mniej zaawansowanych i początkujących. Propozycje schematów można **nadsyłać do końca września 2023 roku** na adres [konkursy@piotr-gorecki.pl](mailto:konkursy@piotr-gorecki.pl)

Proponuję, żeby teraz, w ramach zadania, zająć się tylko schematem, a działania praktyczne rozpocząć dopiero wtedy, gdy różne możliwości i nadesłane rozwiązania zostaną omówione w numerze 12/2023 czasopisma **Zrozumieć Elektronikę**.

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

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



# Lampy elektronowe: nie taki diabeł straszny...

Niniejszy artykuł jest łagodnym wprowadzeniem do serii, przeznaczonej dla osób, które chciałyby budować, a nawet samodzielnie projektować rozmaite układy lampowe audio, a potem je testować i porównywać, zarówno przez pomiary, jak i odsłuch, a także modyfikować je i udoskonalać.

Jak zaprojektować (przed)wzmacniacz lampowy?

Jaki jest najlepszy wzmacniacz lampowy?

Jaka lampa jest najlepsza?

Jaka konfiguracja jest najlepsza?

Jaki jest najlepszy punkt pracy?

Jakie elementy do układów lampowych?

W czasopiśmie ZE dużo miejsca poświęcamy lampom elektronowym. Artykuły Twój pierwszy wzmacniacz lampowy i kilka innych o tej tematyce pokazały, że można zacząć zadziwiająco łatwo i tanio, realizując proste przedwzmacniacze – ocieplacze dźwięku, zasilane napięciem 12V. Teraz, w następnym kroku, chcemy nie tylko poznać teorię, nie tylko kopiować czyjeś rozwiązania z wykorzystaniem gotowych schematów, ale chcemy samodzielnie projektować i budować układy lampowe, najpierw do toru sygnałowego, później także wzmacniacze mocy.

Dobra wiadomość jest taka, że **nie trzeba być specjalistą od lamp żeby budować, testować i udoskonalać najróżniejsze (przed)wzmacniacze lampowe.**

**Jak zaprojektować (przed)wzmacniacz lampowy?**

Zaprojektowanie najprostszego choćby (przed)wzmacniacza lampowego wydaje się kosztownie trudne, bo pytań i problemów jest wiele.

Przede wszystkim: jaką lampę lub jakie lampy wykorzystać? Bo wybór i rozrzut cen są szerokie.

W jakiej konfiguracji ma pracować wybrana lampa? Bo przecież jest co najmniej kilka, a raczej kilkanaście, podstawowych konfiguracji lampowych. A do tego mnóstwo odmian i wersji.

Nawet jeśli ustalimy, jaka ma być konfiguracja, to kolejne pytania brzmią: Jakie ma być napięcie zasilania? Jaki ma być punkt pracy lampy? Jakie mają być wartości elementów?



I kolejne ważne kwestie: Jakie to mają być elementy? Czy mogą być zwykłe? Czy może dla uzyskania dobrego dźwięku muszą być tak zwane „audiofilskie”, czyli najprościej mówiąc – koszmarnie drogie?

To tylko niektóre pytania. Podobnych może być o wiele więcej także dlatego, że współczesny elektronik jest uczony o tranzystorach, natomiast lampy wydają się dziwne, obce, bardzo tajemnicze.

Ja też zaczynałem, może nie naukę, ale praktykę, od tranzystorów (TG5, TG50, TG70). O najróżniejszych lampach uczyłem się w szkole, także o klistronach, magnetronach i podobnych wynalazkach mikrofalowych. Ale była to szkolna teoria. Nie byłem i nie jestem ekspertem od układów lampowych. Jednak niewątpliwie mogę Ci pomóc.

Po pierwsze, najważniejsze: chcę Cię ośmielić i zachęcić do działania! Po drugie – dobrze znam podstawy oraz inne trudniejsze aspekty zagadnienia, więc mogę Ci pokazać, co jest najważniejsze ze strony technicznej. Potrafię przedstawić to nietypowo, od strony intuicyjnej oraz przez porównanie z lepiej znanymi tranzystorami – przez pokazanie kluczowych podobieństw i różnic.

A resztę, czyli finalne właściwości sprawdzisz osobiście. Nie piszę: dowiesz się, przeczytasz, tylko: sprawdzisz. Ja pokażę Ci podstawy i niejako pokażę kierunek, a Ty według swojego uznania najróżniejsze możliwości wypróbujesz w sposób praktyczny: zbudujesz najrozmaitsze wersje eksperymentalne, zmierzysz i odsłuchasz. Będziesz eksperymentować z doбором punktów pracy i z doбором elementów.

Pomocą w eksperymentach będzie uniwersalna, wielofunkcyjna płytki testowa, której dwie wstępne wersje pokazane na **fotografii 1** już potwierdziły swoją przydatność nie tylko do pomiarów lamp.

Gdy płytka zostanie gruntownie wypróbowana, przedstawię jej finalną wersję. Wtedy będziesz budować, mierzyć, porównywać i udoskonalać. Jeśli zechcesz – zagłębisz się w różne szczegóły i niuanse, a z czasem zostaniesz ekspertem. To nie jest wcale takie trudne!

Ale od czegoś trzeba zacząć. W grę wchodzi następujące podstawowe kroki:

- wybór typu lampy,
- wybór konfiguracji,
- wybór – ustalenie punktu pracy,
- wybór – dobranie wartości i typów elementów.

W tym artykule rozszerzymy trochę te cztery punkty.

### Jaki jest najlepszy wzmacniacz lampowy?

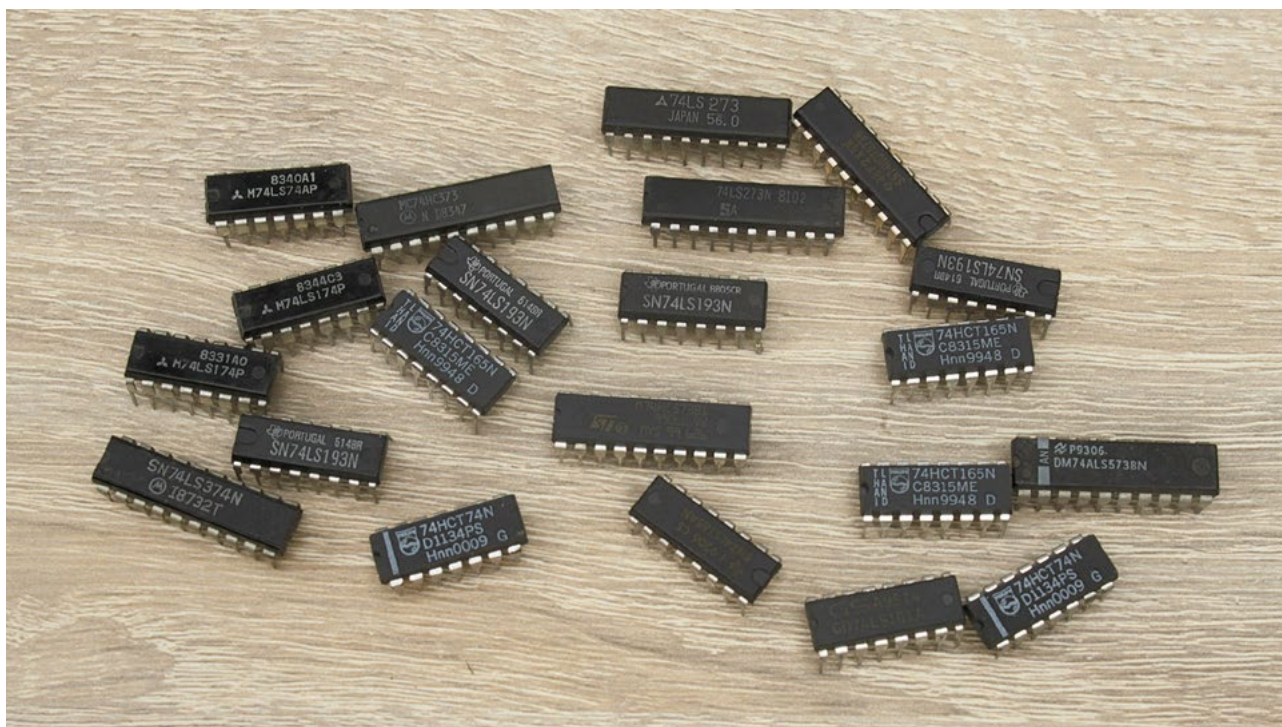
Nie ma dobrej odpowiedzi! Rozwiązań układowych i realizacji jest nieprzebrane mnóstwo. To co dla jednego będzie najlepsze lub najbardziej interesujące, komuś innemu może się zupełnie nie podobać.

Sytuacja jest analogiczna, jak w przypadku potraw i upodobań kulinarnych: niektórzy fascynują się kuchniami orientalnymi i dalekowschodnimi, inni uwielbiają owoce morza w każdej postaci, a jeszcze inni preferują swojskiego schabowego. Dla każdego „najlepsze” jest coś innego. Analogicznie nie ma jednego najlepszego wzmacniacza czy przedwzmacniacza lampowego.

Zdecydowanie proponuję: nie poprzestań na czytaniu opisów i cudzych opinii. Zaczynaj działać, buduj, eksperymentuj dla własnej ciekawości i szukaj rozwiązań, które odpowiadają Tobie, a nie komuś innemu. Nie ulegaj obiegowym opiniom! Słuszność twierdzeń z audiofilskich i gitarowych forów samodzielnie zweryfikuj w praktyce, budując, porównując, mierząc i odsłuchując różne rozwiązania.



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



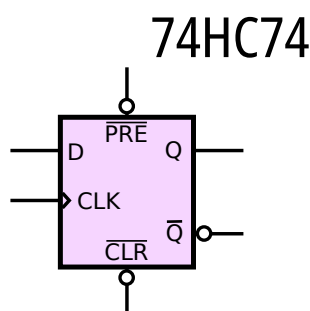
# Podstawy układów cyfrowych – układy sekwencyjne, część 2

Klasyczna technika cyfrowa oprócz opisanych wcześniej przerzutników typu RS oferuje znacznie więcej ich rodzajów. Z całej tej gamy obecnie największe znaczenie ma przerzutnik typu D. Na jego bazie można stworzyć wiele układów rejestrowych.

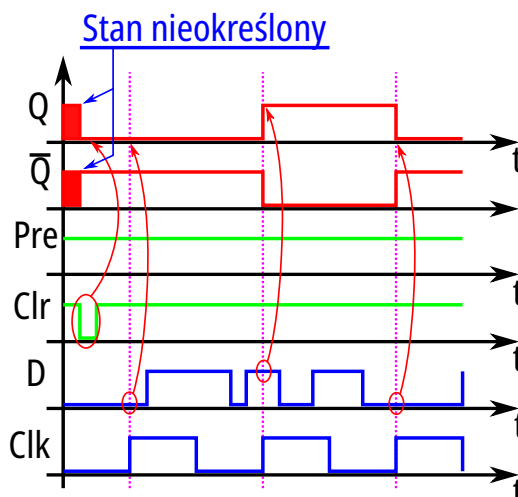
Przerzutnik D  
Zatrask D  
Rejestry równoległe  
Liczniki

Rejestry przesuwające  
Przykład użycia rejestru przesuwającego  
Automaty synchroniczne

Przerzutnik typu D jest wręcz powszechnym elementem tworzącym różnorodne układy rejestrowe. Ma banalnie prostą funkcję: w wyniku wystąpienia odpowiedniego zbocza sygnału zegarowego następuje wpis do przerzutnika stanu występującego na wejściu danych (D) (**rysunek 1**). Odgrywa on rolę komórki pamiętającej, od tej chwili jakiegokolwiek zmiany na wejściu danych nie będą miały wpływu na zapamiętany stan. Nie jest to jedyny typ przerzutnika i tutaj warto

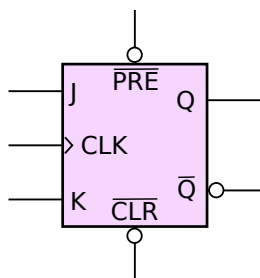


Rysunek 1





wspomnieć o innym, który jest określany jako przerzutnik JK. Jest to funkcjonalnie najbardziej uniwersalny przerzutnik, chociaż jego znaczenie staje się coraz mniejsze ze względu na upowszechnianie się mikrokontrolerów (**rysunek 2**).



Rysunek 2

W przeciwieństwie do przerzutnika typu D, ten ma dwa wejścia danych: wejście J oraz K. Są to oryginalne oznaczenia samego twórcy tego „wynalazku” – Jacka Kilby’ego. W związku z podwójnym wejściem sygnału danych, realizowana funkcja przerzutnika JK jest bardziej złożona. W sytuacji, gdy stany logiczne na obu wejściach (J oraz K) są różne, następuje wpis do przerzutnika stanu występującego na wejściach:  $J \rightarrow Q$  oraz  $K \rightarrow \text{zanegowane } Q$ . W przypadku, gdy stany na wejściach są identyczne, przerzutnik zmienia stan na przeciwny, gdy są to dwie jedynki lub nie zmienia stanu, gdy są to dwa zera.

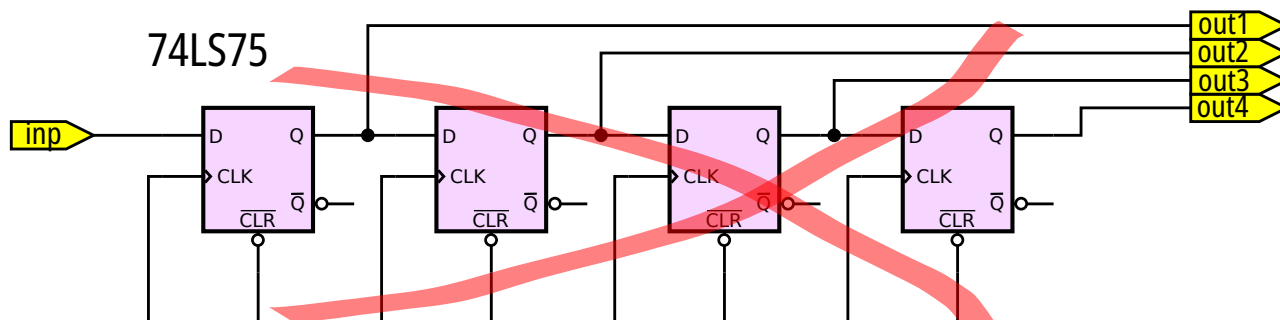
## Przerzutnik D

Wróćmy jednak do przerzutnika typu D. Kiedyś bardzo mnie nurtowało jaki będzie jego stan tuż po włączeniu zasilania. Z punktu widzenia teorii układów logicznych należy uznać za stan nieokreślony – każda możliwość jest równie prawdopodobna. Jednak wyciąganie wniosków z obserwacji rzeczywistości pozwala zauważyć, że przerzutnik raczej ustawia się do określonej wartości logicznej. Zależności tu występujące są na tyle złożone, że trudno je przewidywać. Są one zależne od natury samego przerzutnika (jak jego technologia wykonania: bipolarna czy MOSFET) oraz od środowiska pracy (współpracujące układy mogą mieć swój wpływ). Jednak żeby przerzutniki działały w sposób zdeterminowany, mają specjalne wejście do zerowania (czasami występuje również wejście do ustawiania). Działanie przerzutnika na przykładzie układu 74HCT74 pokazuje rysunek 1. Tuż po włączeniu zasilania stan przerzutnika

należy uznać za nieokreślony. Dopiero wystąpienie stanu niskiego na wejściu CLR (zerowanie przerzutnika) determinuje jego stan. Przerzutnik ten reaguje na narastające zbocze sygnału zegarowego (CLK), toteż zmiany jego stanu następują w tych momentach (zakładając, że na wejściach CLR oraz PRE są jedynki logiczne, gdyż te sygnały mają „wyższy priorytet” i wpływają natychmiast na wyjściowy stan przerzutnika). Oferta produkowanych przerzutników typu D jest szeroka, co czasami może prowadzić do dosyć istotnych komplikacji. Jako przykład niech posłuży wspomniany wyżej układ 74HCT74 oraz CD4013. Pomijając inne rozmieszczenie wyprowadzeń, oba zawierają w sobie dwa przerzutniki typu D z możliwością ustawiania oraz zerowania, oba reagują na narastające zbocze sygnału zegarowego lecz mają istotną różnicę: stanem aktywnym na wejściu zerowania/ustawiania jest zero logiczne dla 74HCT74 natomiast w CD4013 jest to jedynka logiczna. Warto zwracać uwagę na szczegóły, gdyż ignorowanie ich jest gwarancją kłopotów.

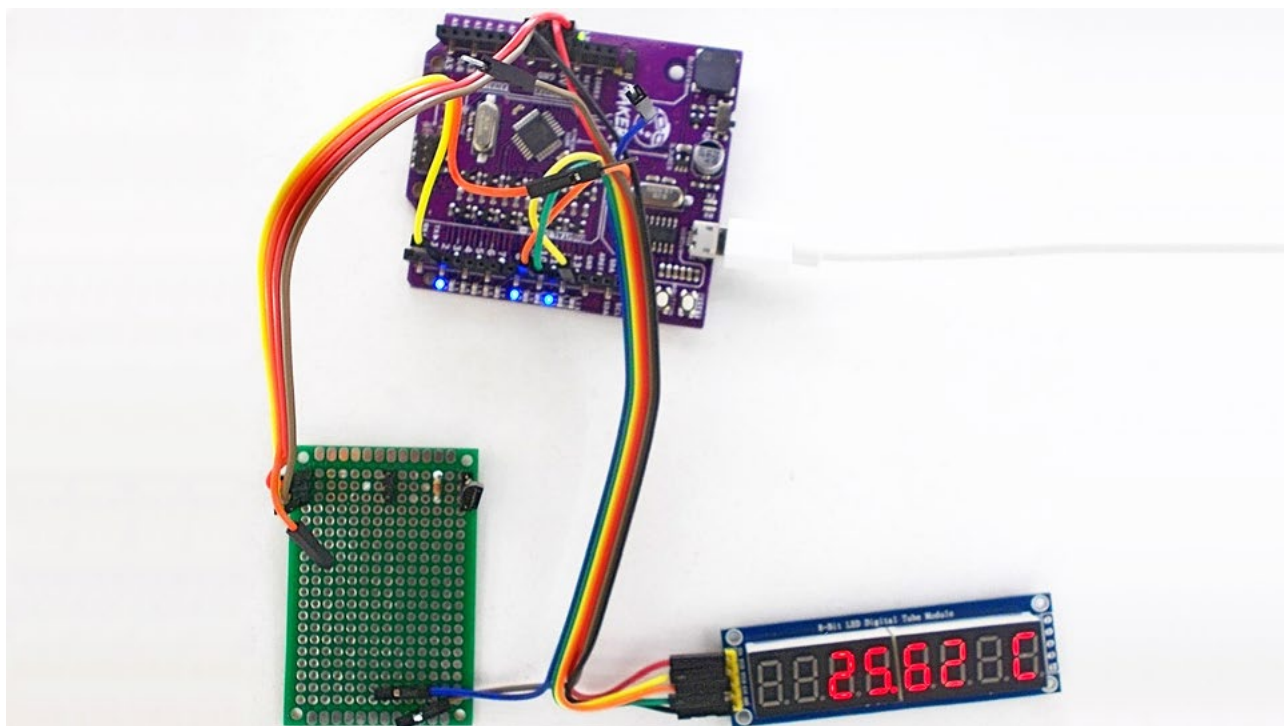
## Zatrask D

Oprócz przerzutników (ang. flip-flop) w „przyrodzie” występują zatraski (ang. latch). Pomimo że ich symbol na schematach jest identyczny, to jest bardzo istotna różnica w działaniu. Przerzutnik reaguje na wystąpienie zbocza na wejściu zegarowym, z tego względu czasami jest nazywany przerzutnikiem „z wpisem zboczem”. Zatrask z kolei reaguje na poziom sygnału na wejściu zegarowym, toteż jest nazywany przerzutnikiem „z wpisem poziomem”. Nieuwzględnienie tej cechy często prowadzi do kłopotów. Dawno temu sam się o tym boleśnie przekonałem chcąc na bazie układu 74LS75 (jest to zatrask) zbudować rejestr przesuwany, jak pokazuje **rysunek 3**. Przy pierwszym impulsie zegarowym stan wejścia powielił się natychmiast na każdym wyjściu. Tak robić nie wolno. Taka wiedza empiryczna, zdobyta w wyniku własnych przemyśleń i eksperymentów jest najcenniejsza.



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

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



# DS18B20 inaczej

Tradycyjna obsługa termometru DS18B20 na Arduino ma poważną wadę – długi czas konwersji przez co reakcja na inne zdarzenia, na przykład naciśnięcie przycisku, jest bardzo opóźniona. Problem nasila się gdy termometrów jest kilkanaście lub więcej.

**Problem obsługi DS18B20**  
**Rozwiązanie**  
**Obsługa wielu termometrów**

**Uwaga**  
**Epilog**

Artykuł ten jest związany z materiałem **DS18B20 – oryginał czy podróbka?** oraz jest kontynuacją idei „Arduino profesjonalnie?”. Pokazuje, że czasem trzeba odejść od szablonowych rozwiązań aby usunąć jakiś problem.

## **Problem obsługi DS18B20**

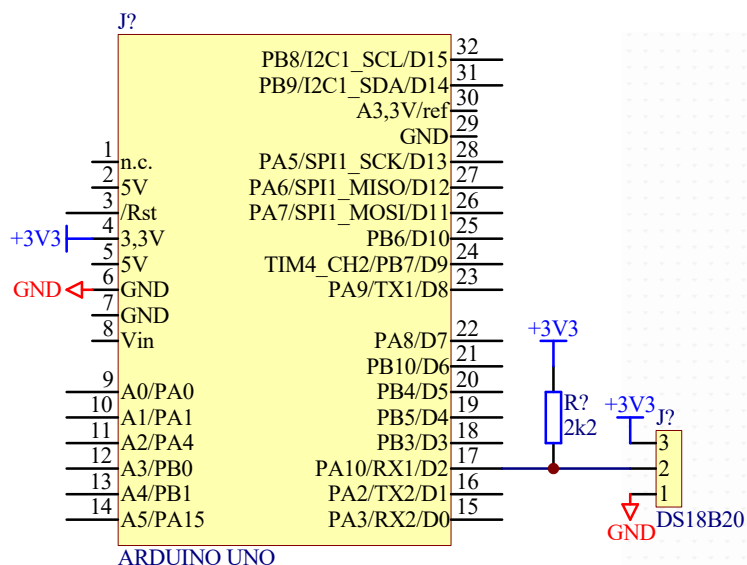
We wcześniejszym artykule (**U070**) była mowa o obsłudze watchdoga (**WDT** – **Watchdog timer**). W przypadku termometrów DS18B20 czas konwersji wynosi nawet 750 ms, co wymusza długie czasy dla WDT. Gdy termometrów jest dużo czas może przekroczyć maksymalny dopuszczalny przez WDT. Ponadto w czasie konwersji temperatury CPU nie robi nic innego jak czeka na jej koniec, pracują tylko przerwania. Z tego powodu dane przychodzące do UART mogą przepełnić jego bufor, przez co utracimy dane. W czasie konwersji nie działa ewentualna kla-

wiatura, przez co reakcja na naciskanie przycisków jest bardzo opóźniona. W jaki sposób rozwiązać problem długiego czasu konwersji?

## **Rozwiązanie**

Pierwsze co przychodzi do głowy to RTOS. Niestety, jest to zły kierunek! Dlaczego? Aby używać RTOS trzeba dobrze go znać, a ponadto, dobrze znać architekturę mikrokontrolera (**uC**), biegle posługiwać się przerwaniami, doskonale znać układy peryferyjne uC. Jest jeszcze jedna, bardzo duża przeszkoda – zapotrzebowanie na RAM, której w AVR jest bardzo mało. W przypadku AVR jest jeszcze problem braku timerów, dlatego RTOS dla AVR zazwyczaj korzysta z WDT do przełączania tasków co ma poważne wady, tracimy układ WDT i mamy niekonfigurowany czas przełączania tasków wykonujących się zbyt długo wynoszący około 16 ms, podczas gdy we współczesnych CPU





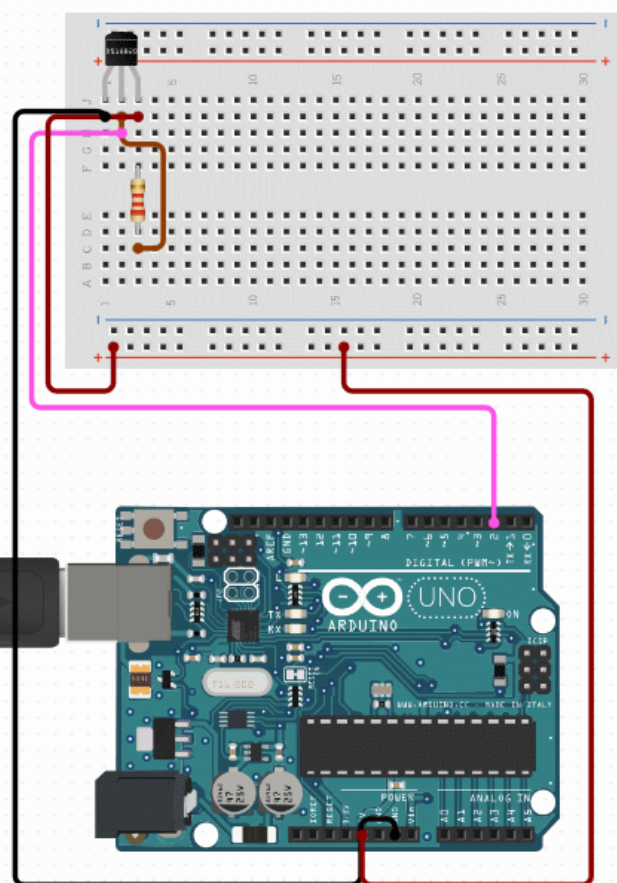
Rysunek 2

normą jest czas 1 ms. I kolejny raz widać przewagę ARM nad AVR – duża liczba timerów i pojemność pamięci RAM. Kolejny problem, to ustawienie wielkości stosu dla poszczególnych tasków. Na forach często widzę wypowiedzi „użyj RTOS” ale nie widziałem ani jednej wypowiedzi wyjaśniającej, jaką wielkość stosu ustawić i dlaczego. Temat stosu tasków jest dosyć skomplikowany, zwłaszcza, gdy RAM jest mało. Wyjaśnienie jak sprawdzić zajętość stosu poszczególnych tasków to temat bardziej na książkę niż artykuł, a jest jeszcze problem skonfigurowania RTOS, aby działał tak, jak tego chcemy, dlatego **odradzam RTOS osobom nie znających dobrze tego systemu i architektury uC.**

Jak więc rozwiązać problem?

Zbudowałem prosty układ według rysunku 1, nazywanego błędnie przez arduinowców schematem. Narysowałem schemat tego układu – rysunek 2. Sami oceńcie, który jest czytelniejszy i jak wyglądałby skomplikowany pseudoschemat gdyby urządzenie było bardzo skomplikowane, z tysiącami połączeń

Rysunek 1



ku „Wielowatkowosc\_DS18B20\_L1”, którego istotne fragmenty pokazuje listing 1.

Do programu dodałem pomiar czasu konwersji temperatury – zmienna „timPomiar”. Pod koniec kodu widać zakomentowany fragment odpowiedzialny za wysyłanie wyniku pomiaru przez UART. Nie wiem dlaczego takie skomplikowane zabiegi

```
void loop() {
    uint32_t timPomiar = millis();
    // Requests sensor for measurement
    sensors.request(sensorAddress);

    // Waiting (block the program) for measurement results
    while (!sensors.available());

    // Reads the temperature from sensor
    float temperature = sensors.readTemperature(sensorAddress);
    timPomiar = millis() - timPomiar;
    // Prints the temperature on Serial Monitor
    // Serial.print(temperature);
    // Serial.println(F(" 'C"));
    char txt[10];
    uint16_t t = temperature * 100;
```

Listing 1

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



# MTCH101 – pojemnościowy czujnik klawiatury dotykowej

Nowoczesność zmierza do nas wielkimi krokami. Konstrukcje elektroniczne zawierają różne przyciski i przełączniki mechaniczne, a obecnie to wszystko zostaje zamienione na nowoczesne rozwiązania elektroniczne, które oferują nawet dodatkowy bonus w kwestii rozwiązań mechanicznych obudowy.

**Co to za układ?**

**Podstawowe badania**

**Podstawowe rozszerzone**

**Przykłady zastosowań**

**Materiały dodatkowe**

Koncepcja zastosowania w określonym urządzeniu elektronicznym elementów sterujących, reagujących na dotyk nie jest nowa. Powszechnie znane są ekrany dotykowe w różnym sprzęcie komputerowym. Z punktu widzenia elektroniki technologia jest dosyć złożona a dodatkowo wymaga użycia skomplikowanych rozwiązań w oprogramowaniu, toteż nie nadaje się do zastosowania w mało zaawansowanych konstrukcjach. Każdy hobbysta ma prawo do własnych marzeń by zbudować jakieś urządzenie mające nie tylko dobre (albo wręcz doskonałe) parametry techniczne lecz również posiadające pewne walory estetyczne. W ofercie handlowej istnieje wiele gotowych obudów zarówno plastikowych jak i wykonanych z metalu. Wszystkie one mają jedną

podstawową wadę – jako elementy uniwersalne nie są przystosowane do naszych aktualnych wymagań. Zachodzi potrzeba prac adaptacyjnych, jak choćby wykonanie niezbędnych otworów w płycie czołowej na różne przełączniki i przyciski. Te działania w warunkach domowych to istny koszmar dla hobbysty. O ile same okrągłe otwory są do pokonania, to już ich realizacja w wymaganym rastrze stanowi spore wyzwanie. Konieczność wykonania otworów o innym kształcie to walka z materią za pomocą pilnika. Z reguły jest skazana na porażkę, bo o pomyłkę łatwo, a naprawa praktycznie jest niemożliwa. Chyba, że... zmienimy swój punkt widzenia na inny i zamiast ćwiczyć swoją cierpliwość w operowaniu pilnikiem, wydrukujemy całą czołówkę (łącznie z symbolami



przycisków oraz ich opisem) na papierze lub folii samoprzylepnej. By całość była odporna na czynniki zewnętrzne, wykonaną nalepkę należy zalaminować – nakleić arkusz przezroczystej folii (są takie z przeznaczeniem do drukarek atramentowych lub laserowych). Tak powstały detale są odporne nawet na agresywne środki jak przykładowo aceton.

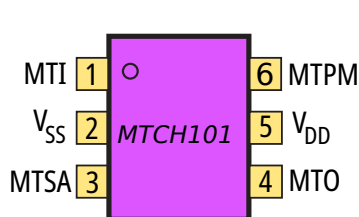
## Co to za układ?

Tytułowy bohater, układ MTCH101 (rysunek 1, produkowany przez Microchip), to samodzielny, pojemnościowy detektor zbliżeniowy (ang. proximity detector). Samodzielny, gdyż nie wymaga nadzoru jakiegokolwiek mikroprocesora czy mikrokontrolera oraz do pracy wymaga jedynie kilku elementów zewnętrznych. Pojemnościowy, gdyż sam sensor jest elementem o charakterze pojemnościowym oraz układ reaguje na zmianę wartości pojemności. Zbliżenie palca do sensora wpływa na pojemność elektryczną samego czujnika i ta zmiana jest wykrywana. Charakter pojemnościowy samego sensora daje w efekcie bardzo pożyteczną dodatkową cechę użytkową – nie jest konieczny dostęp do samego sensora (w sensie połączenia galwanicznego). To oznacza, że może on być umieszczony pod nalepką na płycie czołowej lub wręcz za ścianką zbudowaną z materiału izolacyjnego.

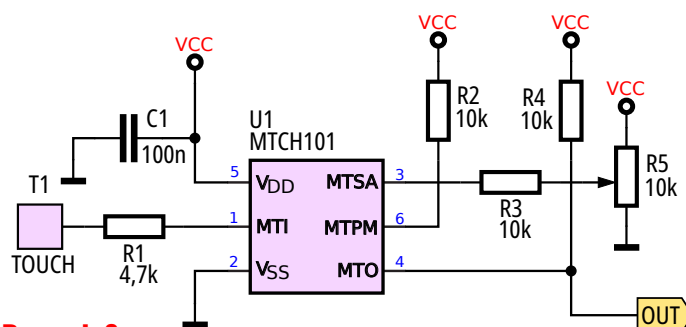
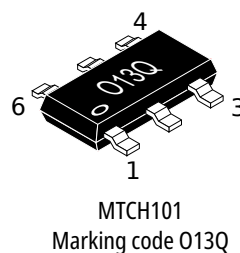
Znaczenie poszczególnych wyprowadzeń jest następujące:

- MTI – wejście elementu dotykowego do układu,
- MTSA – wejście (o charakterze analogowym) pozwalające na ustawienie czułości sensora,
- MTPM – wejście cyfrowe do wyboru trybu pracy o obniżonej energii (stanem aktywnym jest zero logiczne),
- $V_{DD}$  – zasilanie układu, dopuszczalne napięcie zasilające jest w granicach 2...5V, więc układ może być stosowany w typowym środowisku cyfrowym jak i w systemach o zasilaniu 3,3 V,
- $V_{SS}$  – „masa” układu,
- MTO – wyjście detekcji ze stanem aktywnym jako zero logiczne, wyjście jest typu otwartego drenu, więc konieczne jest użycie rezystora podciągającego do plusa zasilania.

Czułość detektora określa, jak daleko i szybko może on reagować na bliskość lub dotyk. MTCH101 ma pin MTSA do regulacji czułości (w sensie



Rysunek 1



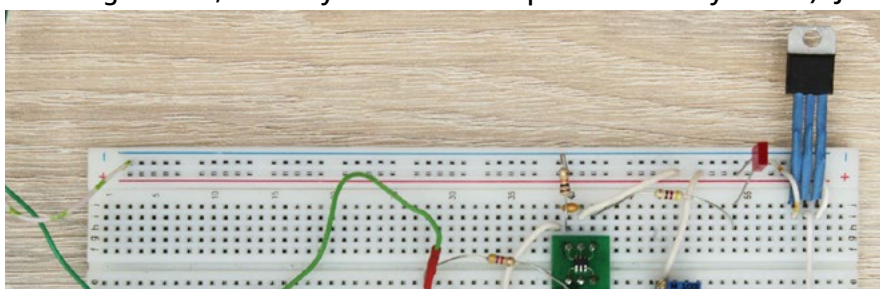
Rysunek 2

zaniem do regulacji czułości jest zastosowanie potencjometru. Również możliwe jest zastosowanie w tym miejscu przetwornika cyfrowo-analogowego (DAC). Układ MTCH101 można skonfigurować do pracy w trybie normalnym (stan wysoki na wejściu MTPM) lub w trybie niskiego poboru mocy (stan niski na MTPM). Ma to wpływ na różnice w poborze prądu, oraz na czas reakcji detektora.

Układ ma nieskomplikowaną aplikację, toteż można łatwo zrealizować najważniejsze badania jego funkcjonalności. Podstawową aplikację pokazuje rysunek 2. W wyniku przeprowadzonych eksperymentów związanych z ustawieniem czułości detektora, układ MTCH101 optymalnie zachowuje się gdy na wyjściu potencjometru (R5, rysunek 2), jest połowa napięcia zasilającego.

## Podstawowe badania

Do praktycznych badań podstawowych został zbudowany układ pokazany na fotografii 3 do zmodyfikowanego schematu z rysunku 4 (by ułatwić obserwację, wyjście detektora jest przyłączone do diody LED wraz z odpowiednim rezystorem). Jako



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

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



NOW PART OF

ANALOG  
DEVICES

LTC2508-32

## 32-Bit Oversampling ADC with Configurable Digital Filter

### FEATURES

- $\pm 0.5$ ppm INL (Typ)
- 145dB Dynamic Range (Typ) at 61sps
- 131dB Dynamic Range (Typ) at 4ksps
- Guaranteed 32-Bits No Missing Codes
- Configurable Digital Filter with Synchronization
  - Relaxed Anti-Aliasing Filter Requirements
- Dual Output 32-Bit SAR ADC
  - 32-Bit Digitally Filtered Low Noise Output
  - 14-Bit Differential + 8-Bit Common Mode 1MSPS No Latency Output
- Wide Input Common Mode Range
- Guaranteed Operation to 85°C
- 1.8V to 5V SPI-Compatible Serial I/O

### DESCRIPTION

The **LTC®2508-32** is a low noise, low power, high performance 32-bit ADC with an integrated configurable digital filter. Operating from a single 2.5V supply, the LTC2508-32 features a fully differential input range up to  $\pm V_{REF}$ , with  $V_{REF}$  ranging from 2.5V to 5.1V. The LTC2508-32 supports a wide common mode range from 0V to  $V_{REF}$  simplifying analog signal conditioning requirements.

The LTC2508-32 simultaneously provides two output codes: (1) a 32-bit digitally filtered high precision low noise code, and (2) a 22-bit no latency composite code. The configurable digital filter reduces measurement noise by lowpass filtering and down-sampling the stream of data from the SAR ADC core, giving the 32-bit filtered

# Co jest, a czego nie ma w kartach katalogowych

To jest trzeci z serii artykułów wprowadzających w tematykę parametrów elementów elektronicznych, ułatwiających analizę kart katalogowych. Karty katalogowe zawierają cenne informacje. Jednak warto mieć świadomość, że karty katalogowe są jeszcze bardziej niedoskonałe niż opisywane w nich elementy.

**Co w kartach katalogowych jest najważniejsze?**  
**Różne aspekty niedoskonałości elementów**  
**Niedoskonałość – nie tylko elementów**

**Czego w kartach katalogowych nie ma?**  
**Parametry informacyjne i ograniczające**

Naprawdę warto przemyśleć tytułową kwestię, by potem zwracać uwagę, czego w kartach katalogowych nie ma oraz co można i co trzeba z nich wyciągać „między wierszami”.

Jednak najważniejsza jest umiejętność określania, które katalogowe parametry są najważniejsze, które są ważne tylko w specyficznych zastosowaniach, a które mają znaczenie pomocnicze, marginalne.

**Co w kartach katalogowych jest najważniejsze?**

Elektronik ma do czynienia z najróżniejszymi elementami. Dla wielu praktyków wykorzystanie kart katalogowych wydaje się zadaniem bardzo frustrującym. Z różnych powodów.

W przypadku kart katalogowych niektórych elementów straszy i przytłacza objętość – kilkaset stron z obszernym opisem, wzorami tabelami, wykresami. Rzeczywiście, przyswojenie i zapamiętanie niełatwych informacji z kilkuset stron jest wręcz niemożliwe. Oto bardzo dobra wiadomość: ***przyswojenie i zapamiętanie wszystkich informacji z karty katalogowej nigdy nie jest to konieczne – wystarczy poznać parametry najważniejsze oraz nauczyć się, gdzie w razie potrzeby szukać niezbędnych informacji.***

Biegłość w wyjaśnianiu wątpliwości oraz w poszukiwaniu odpowiedzi na konkretne pytania dotyczące danego elementu sama przychodzi z czasem, gdy życie zmusza nas do tego w różnych sytuacjach.



Nie obawiaj się więc obszernych, kilkusetstronicowych kart katalogowych. Dziś są one dostępne w postaci plików PDF i w większości przeglądarek można włączyć Zakładki, czyli w sumie spis treści, co znakomicie ułatwi wyszukanie akurat potrzebnych informacji. Przykład masz na **rysunku 1**. Karta katalogowa bardzo interesującego przetwornika ADC ma wprawdzie 134 strony, ale zakładki pomogą szybko znaleźć potrzebne informacje.

Karta katalogowa jeszcze bardziej interesującego 32-bitowego przetwornika ADC LTC2508-32 (nie typu sigma-delta, tylko SAR) z **rysunku tytułowego** ma tylko 36 stron i łatwiej ją analizować.

Karty katalogowe innych elementów są bardzo krótkie, zawierają co najwyżej kilka stron. Nie straszy ich objętość, tylko zawartość, a konkretnie mnóstwo podanych tam niezrozumiałych, niejasnych parametrów, wykresów i tabel, a także wiele niezrozumiałych przypisów napisanych „drobnym druczkiem”.

Nie tylko dla początkujących **najważniejszym problemem jest brak informacji, które parametry są naprawdę ważne, które mniej, a które w danym zastosowaniu nie mają żadnego znaczenia**.

Wiąże się z tym kolejna bardzo ważna kwestia: w jakich warunkach mierzone były dane parametry i jakie to ma znaczenie dla praktyka?

Niestety, nie ma tu jednej prostej reguły, ponieważ to, które parametry są najważniejsze, zależy

od zastosowania. A więc to użytkownik, czyli Ty zdecydujesz, które informacje są w danej chwili najważniejsze. Różnymi aspektami tego zagadnienia będziemy się szeroko zajmować w cyklu artykułów omawiających parametry, czyli niedoskonałości poszczególnych elementów elektronicznych. Ale najpierw kilka ogólnych aspektów zagadnienia.

### Różne aspekty niedoskonałości elementów

Idealny element mógłby pracować wiecznie, bezawaryjnie przy dowolnie dużych napięciach i prądach, w dowolnych warunkach środowiskowych, czyli w dowolnej temperaturze otoczenia, przy dowolnym ciśnieniu i wilgotności. Nie tylko na Ziemi, ale także w kosmosie, w obecności różnych rodzajów promieniowania.

Doskonałe elementy byłyby nieskończenie szybkie, a ich parametry byłyby stabilne, zupełnie niezależne od jakichkolwiek czynników zewnętrznych ani od upływu czasu.

Idealne elementy byłyby bezszumne, przynajmniej w granicach wyznaczonych przez fundamentalne prawa termodynamiki.

Oczywiście rzeczywiste elementy w mniejszym lub większym stopniu nie sięgają takiego ideału pod różnymi względami i w różnym stopniu. I niestety bardzo rzadko jest to wyczerpująco przedstawione w kartach katalogowych. Są też inne problemy.

The screenshot shows a PDF viewer with a sidebar on the left containing a table of contents. A pink arrow points to the 'Zakładki' (Bookmarks) tab. The main content area displays the first page of a Texas Instruments datasheet for the ADS126x 32-bit ADC. The title is 'ADS126x 32-Bit, Precision, 38-kSPS, Analog-to-Digital Converter (ADC) with Programmable Gain Amplifier (PGA) and Voltage Reference'. The document is dated SBAS661C – FEBRUARY 2015 – REVISED MAY 2021. The table of contents in the sidebar lists sections from 1 to 12, including Features, Applications, Description, Revision History, Device Comparison, Pin Configuration, Specifications, Absolute Maximum Ratings, ESD Ratings, Recommended Operating Conditions, Thermal Information, Electrical Characteristics, Timing Requirements, and Switching Characteristics. The main content area shows the '1 Features' and '3 Description' sections.

**1 Features**

- Precision, 32-bit,  $\Delta\Sigma$  ADC
- Auxiliary 24-bit,  $\Delta\Sigma$  ADC (ADS1263)
- Data rates: 2.5 SPS to 38400 SPS
- Differential input, CMOS PGA
- 11 multifunction analog inputs
- High-accuracy architecture:
  - Offset drift: 1 nV/°C
  - Gain drift: 0.5 ppm/°C
  - Noise: 7 nV<sub>RMS</sub> (2.5 SPS, gain = 32)
  - Linearity: 3 ppm
- 2.5-V internal voltage reference:
  - Temperature drift: 2 ppm/°C
- 50-Hz and 60-Hz rejection
- Single-cycle settled conversions
- Dual sensor excitation current sources
- Internal fault monitors
- Internal ADC test signal
- 8 general-purpose inputs/outputs

**3 Description**

The ADS1262 and ADS1263 (ADS126x) are low-noise, low-drift, 38.4-kSPS, delta-sigma ( $\Delta\Sigma$ ) ADCs with an integrated PGA, reference, and internal fault monitors. The ADS1263 integrates an auxiliary, 24-bit,  $\Delta\Sigma$  ADC intended for background measurements. The sensor-ready ADCs provide complete, high-accuracy, one-chip measurement solutions for the most-demanding sensor applications, including weigh scales, strain-gauge sensors, thermocouples, and resistance temperature devices (RTD).

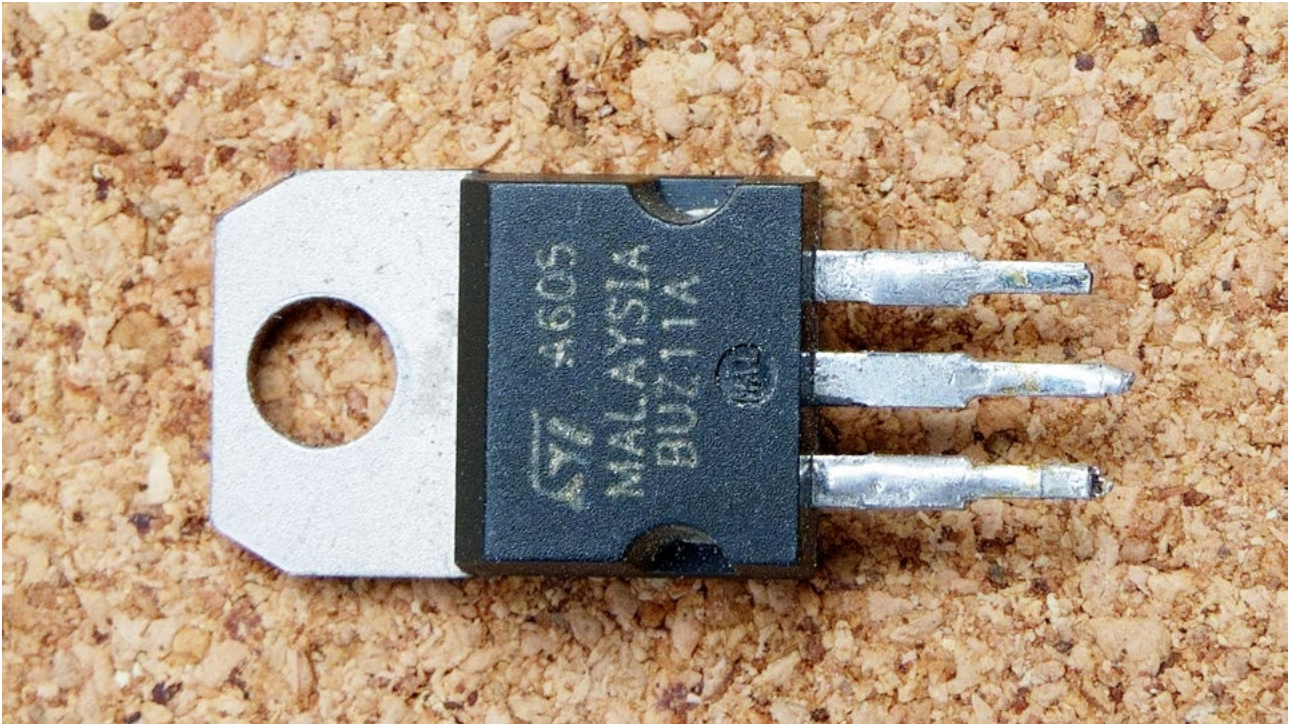
The ADCs are comprised of a low-noise, CMOS PGA (gains 1 to 32), a  $\Delta\Sigma$  modulator, followed by a programmable digital filter. The flexible analog front-end (AFE) incorporates two sensor-excitation current sources suitable for direct RTD measurement.

A single-cycle settling digital filter maximizes multiple-input conversion throughput, while providing 130-dB rejection of 50-Hz and 60-Hz line cycle interference.

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

| <p>9 <b>rysunek 1</b> Description</p> <p>10 Application and Implementation</p> <p>11 Power Supply Recommendations</p> <p>12 Layout</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Process analytics</li> <li>Lab and field instrumentation</li> <li>Weigh scales</li> </ul> | <table border="1"> <thead> <tr> <th>PART NUMBER</th><th>PACKAGE</th><th>BODY SIZE (NOM)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ADS126x</td><td>TSSOP (28)</td><td>9.70 mm × 4.40 mm</td></tr> </tbody> </table> <p>(1) For all available packages, see the package option addendum at the end of the data sheet.</p> | PART NUMBER | PACKAGE | BODY SIZE (NOM) | ADS126x | TSSOP (28) | 9.70 mm × 4.40 mm |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------|-----------------|---------|------------|-------------------|
| PART NUMBER                                                                                                                            | PACKAGE                                                                                                                          | BODY SIZE (NOM)                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |             |         |                 |         |            |                   |
| ADS126x                                                                                                                                | TSSOP (28)                                                                                                                       | 9.70 mm × 4.40 mm                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |             |         |                 |         |            |                   |





# Tranzystor MOSFET: Kluczowe niedoskonałości

Oto drugi z serii artykułów o tranzystorach MOSFET, przypominający ich najważniejsze właściwości. Zawiera bardzo istotne informacje na temat idealnych i realnych parametrów tych najważniejszych dziś elementów, na których opiera się cała współczesna elektronika.

Problem prądu i mocy

Rezystancje termiczne

Maksymalna temperatura złącza ( $T_{jmax}$ )

Pasorytne pojemności, ładunek bramki

Wbudowana dioda i praca rewersyjna

W poprzednim artykule serii, zatytułowanym Tranzystor MOSFET: ideały i rzeczywistość omówiliśmy hipotetyczny idealny MOSFET, a także zaczęliśmy analizować ograniczenia i parametry rzeczywistych tranzystorów MOSFET. Omówiliśmy tylko parametry związane z napięciem. To są parametry bardzo istotne, bo wiąże się z nimi ryzyko uszkodzenia elementu. Podobne ryzyko uszkodzenia związane jest z parametrami dotyczącymi prądu oraz mocy.

## Problem prądu i mocy

Drugim najważniejszym w praktyce parametrem każdego MOSFET-a jest **maksymalny prąd pracy**. Tu jednak sprawa się dość mocno komplikuje, zwłaszcza w przypadku MOSFET-ów dużej mocy!

Zilustrujmy to prostszym przykładem wziętym z życia: w przewodach elektrycznych prąd maksymalny zależy od przekroju – czym większy przekrój przewodu, tym większy prąd maksymalny. Dostępne są tabele, informujące o prądzie maksymalnym przewodów elektrycznych, pracujących w różnych warunkach. Proste rozumowanie podpowiada, że także w przypadku MOSFET-ów dopuszczalny prąd maksymalny wynika z przekroju, z wielkości powierzchni czynnej struktury tranzystora.

Tak, jednak kluczowe znaczenie mają inne czynniki, a w szczególności temperatura i skuteczność chłodzenia. W artykule wprowadzającym – Najważniejsze parametry w kartach katalogowych problem jest zilustrowany przykładem przedłużacza zwijanego na szpuli.



Przypomnijmy krótko: jak pokazuje **fotografia 1**, ten sam przedłużacz gdy jest zwinięty na szpuli, może przenieść moc 900 watów, czyli przy napięciu sieci 230 V może przewodzić prąd do 4 amperów. Natomiast gdy jest całkowicie rozwinięty, jego moc to 2300 watów i może pracować przy prądzie 10 A. Jaka jest moc i prąd maksymalny tego przedłużacza?

To zależy od warunków pracy! A konkretnie od warunków chłodzenia zastosowanego w nim kabla.

Ten problem maksymalnego prądu i maksymalnej mocy dotyczy nie tylko przedłużacza, ale też tranzystorów MOSFET, a także innych elementów elektronicznych. Owszem, zależna od wielkości struktury rezystancja  $R_{DSon}$  i straty mocy (głównie  $P = I^2 R_{DSon}$ ) mają znaczenie, ale podobnie jak w przypadku przedłużacza, **maksymalny prąd pracy danego MOSFET-a zależy przede wszystkim od warunków chłodzenia**. A warunki chłodzenia zależą od kilku czynników.

Podkreślmy wyraźnie: w przeciwieństwie do omówionego wcześniej napięcia  $V_{DS}$ , prąd maksymalny danego MOSFET-a nie jest wartością „wbudowaną fabrycznie”. Owszem, ogólnie mówiąc, czym większa jest struktura tranzystora, tym większy może być prąd maksymalny, ale finalnie decydują warunki chłodzenia. Ścisłej biorąc, **prąd maksymalny to taki, przy którym temperatura struktury (złącza) osiąga dopuszczalną wartość maksymalną**. Do temperatury za chwilę wrócimy.

Osoby mniej zorientowane fascynują się też podanymi w katalogu wartościami mocy (mocy strat), które dla wielu MOSFET-ów wynoszą ponad 100 watów. Podobnie jak maksymalna możliwa do uzyskania wartość prądu pracy, tak samo i maksymalna moc strat, nie jest wartością „wbudowaną fabrycznie”, tylko zależy od warunków chłodzenia.

Względnie prosto jest w przypadku tranzystorów małej mocy w małych obudowach przewlekanych. Warunki ich chłodzenia zmieniają się niewiele, więc można określić prąd maksymalny dość dokładnie.

Zdecydowanie gorzej jest natomiast w przypadku tranzystorów mocy. Zapamiętaj raz na zawsze, że podawana dla nich wartość prądu maksymalnego i mocy maksymalnej dotyczy, powiedzmy, „idealnego chłodzenia”, co realizowane jest w warunkach laboratoryjnych. **W realnych warunkach tranzystor mocy powinien pracować przy prądzie dużo mniejszym od katalogowego prądu maksymalnego**.

Wszystko zależy od warunków chłodzenia, od temperatur oraz zastosowanego radiatora. A **bez radiatora, prąd maksymalny i moc maksymalna są**



**Fotografia 1**

## Rezystancje termiczne

Aby scharakteryzować sytuację pod względem termicznym, mówimy o **rezystancji termicznej**. Rezystancja cieplna (termiczna), oznaczana  $R_{th}$  lub  $R_0$  wyrażana jest w stopniach Celsjusza na wat ( $^{\circ}C/W$ ) albo kelwinach na wat ( $K/W$ ). W idealnym tranzystorze ta rezystancja termiczna  $R_{thJA}$  byłaby równa zero.

W katalogach wszystkich MOSFET-ów znajdziemy te ogromnie ważne informacje. **Rysunek 2** to fragment karty katalogowej pewnego MOSFET-a. Niestety takie dane niosą niewiele informacji do bezpośredniego wykorzystania. Są pożyteczne głównie dla osób, które mają już spore doświadczenie.

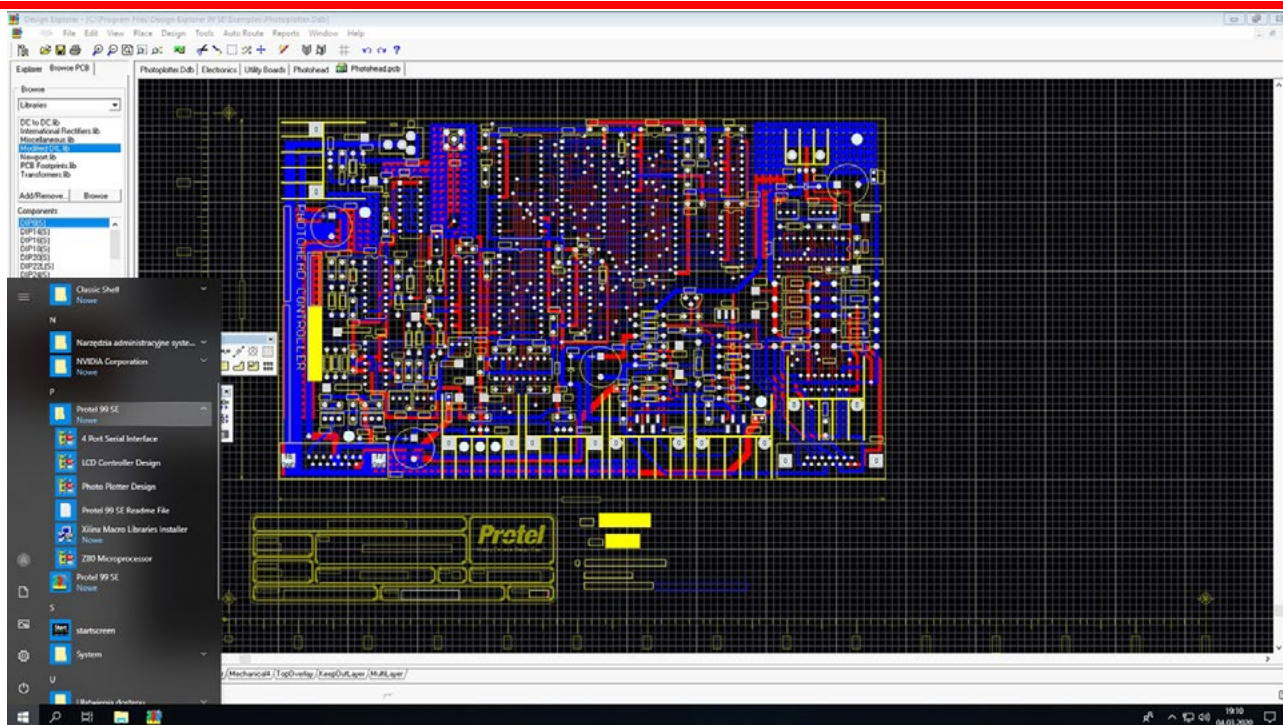
Najważniejsza jest całkowita rezystancja cieplna  $R_{thJA}$  występująca między strukturą tranzystora (J – junction) a otoczeniem (A – ambient), na którą składa się kilka rezystancji cząstkowych. Maksymalny prąd i maksymalna moc strat MOSFET-a na pewno zależy od całkowitej, sumarycznej rezystancji termicznej  $R_{thJA}$ , czyli od oporów cieplnych, jakie występują na drodze ciepła od struktury tranzystora do otoczenia. Ale zależą też od temperatur. To są bardzo ważne i szerokie zagadnienia godne serii kilku artykułów.

## Thermal Resistance

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

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

**Rysunek 2**



# Jaki program EDA dla hobbysty? część 1

Obecnie dostępnych jest mnóstwo programów oraz potężniejszych pakietów programowych służących do projektowania płytek drukowanych. Inaczej na zagadnienie patrzy profesjonalista. Zupełnie inaczej hobbysta, szukający narzędzia taniego lub darmowego. Jaki program ma wybrać?

## Popularne programy

### Przyzwyczajenia

### Komercyjne i darmowe

### Programy proste i rozbudowane

### Nielegalne oprogramowanie

### Sposób licencjonowania

### Dane w chmurze

## Biblioteki elementów

### Automaty

### Wizualizacja 3D

### Inne ułatwienia

### Dane produkcyjne

### Podsumowanie

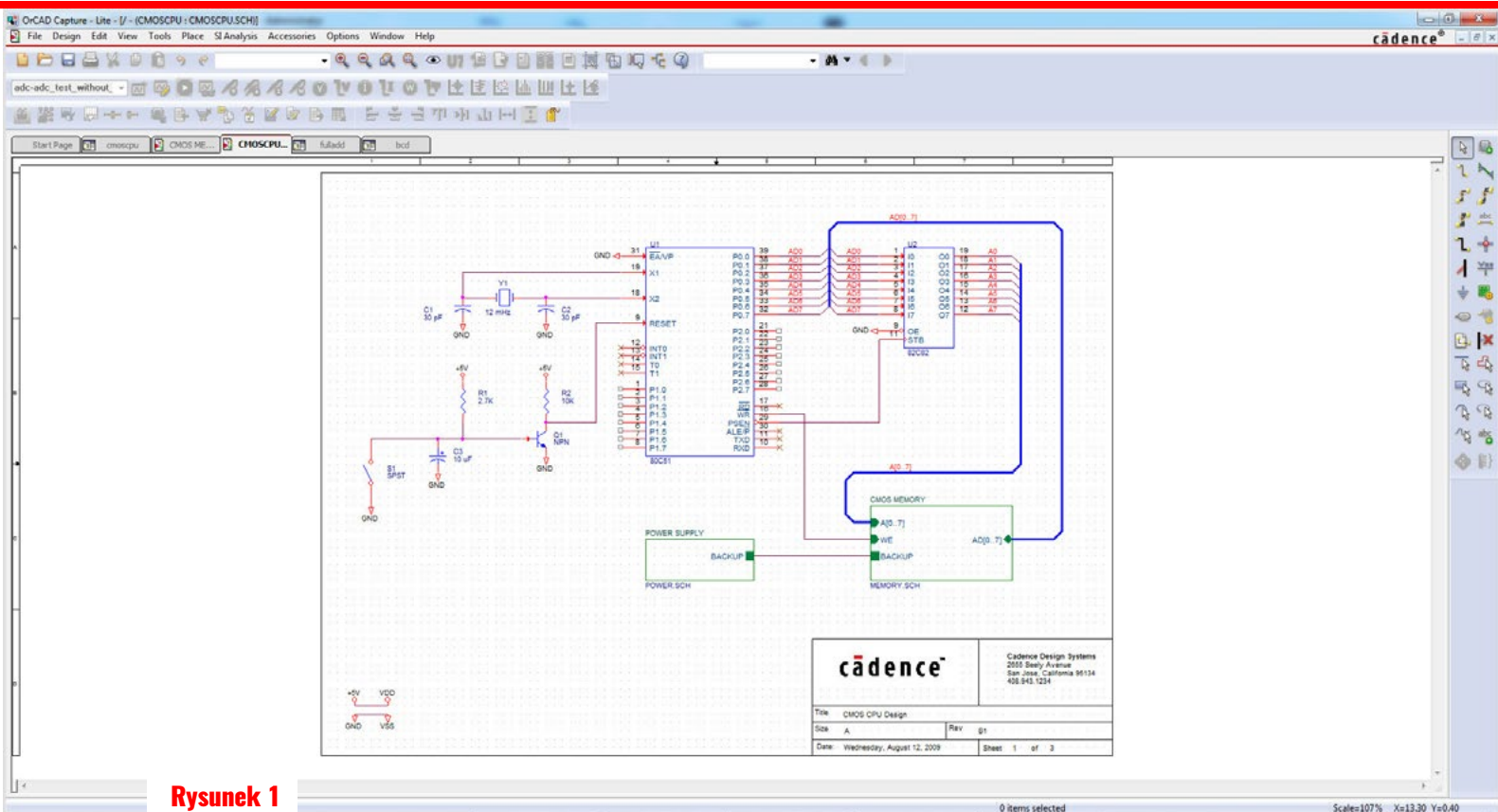
W przeszłości płytki drukowane projektowano ręcznie na deskach kreślarskich. Wraz z rozwojem komputerów stworzono programy do projektowania płytek drukowanych. Obecnie mamy duży wybór oprogramowania dla elektroników, także darmowego.

## **Popularne programy**

Dawniej niekwestionowanym liderem oprogramowania układów elektronicznych był Protel99SE, stworzony przez ówczesną firmę Protel, obecnie Altium. Protel99SE z upływem czasu utracił swoją pozycję lidera na rzecz programu Eagle firmy CadSoft, która została wykupiona przez firmę Autodesk. Od tego czasu

Eagle zaczął tracić na popularności. Wymienione programy miały swoich poprzedników jak i następców. Również inne firmy rozwijały swoje narzędzia dla elektroników. Znany w tamtym okresie był także OrCAD (**rysunek 1**). Ciekawostką jest, że dawny Protel 99 SE przy odpowiednich ustawieniach i poprawkach można uruchomić w systemie Windows 10, co widzimy na ilustracji tytułowej. Wadą wspomnianych powyżej aplikacji była cena zakupu licencji. Powodowało to, że były one poza zasięgiem cenowym hobbystów, indywidualnych użytkowników i małych firm. Brak konkurencji sprzyjał utrzymywaniu wysokich cen tego rodzaju programów. Brakowało wówczas darmowych lub tanich narzędzi dla elektroników. Z czasem zaczęły





**Rysunek 1**

powstawać alternatywne aplikacje z przystępnymi cenami licencji lub darmowe. Spośród nich najbardziej znany jest KiCad. Jaki więc program dla elektroników wybrać? Darmowy, czy może lepiej zakupić komercyjną licencję? Odpowiedź nie jest prosta i przed wyborem musimy rozważyć wiele czynników. Szczególnie jeśli ma to być zakup licencji, którego nie można na ogół zwrócić.

## Przyzwyczajenia

Decydując się na konkretną aplikację musimy liczyć się z określoną filozofią jej obsługi. Jeśli jednak później zdecydujemy się na wybór innej, nawyki i przyzwyczajenia z wcześniej używanego narzędzia mogą powodować pewne trudności i niedogodności w obsłudze tego drugiego, mającego inną filozofię obsługi.

## Komercyjne i darmowe

Warto wiedzieć, że wśród komercyjnych aplikacji dla elektroników dostępne są także ich wersje darmowe. Przykładem jest Eagle oraz DipTrace. Jednak takie darmowe wersje mają różne ograniczenia wielkości tworzonego projektu oraz zakaz ich używania do działalności zarobkowej.

## Programy proste i rozbudowane

projektowych. Tutaj należy zadać sobie pytanie czy hobbysta lub mała firma koniecznie potrzebuje tak zaawansowanego zestawu aplikacji, który sprawdzi się w potężnych projektach. W skrajnym przypadku może zdarzyć się tak, że osoba czy firma używająca rozbudowanych narzędzi EDA w znikomym stopniu wykorzystuje ich możliwości, a licencja jest kosztowna. Może na początek wystarczy mniej rozwinięty, a nawet prosty program do edycji schematów i płytek drukowanych.

## Nielegalne oprogramowanie

Zapewne każdy użytkownik komputera spotkał się z pojęciem nielegalnego oprogramowania. Nie zamierzam się rozwodzić na ten temat. Oczywiście jest to niezgodne z prawem. Obecnie w czasach powszechnego dostępu do internetu twórcy komercyjnych aplikacji w trosce o swoje interesy stosują różnego rodzaju zabezpieczenia. Jednym z takich zabezpieczeń jest nadzór stworzonego pakietu przez internet. Program odcięty od internetu nie zawsze też działa. Nawet jeśli uda się go nielegalnie zabezpieczyć lub złamać jego zabezpieczenia, to producent ma możliwość zweryfikowania autentyczności licencji danej kopii. Może wówczas podjąć określone kroki, zablokować zdalnie aplikację lub powiadomić

**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](#).



## Jak jest określana dokładność multimetrów?

(...) Dlaczego oznaczenie dokładności multimetru zawiera dwa składniki? (...) rozumiem dokładność podawaną w procentach. Proszę o wyjaśnienie, po co jest i co znaczy druga część oznaczona dig? (...)

Przykład takiego oznaczenia w specyfikacji bardzo dobrego jak na swoją cenę 4,5-cyfrowego multimetru AN870 pokazany jest na **rysunku 1**. Autorowi pytania chodzi o dodatkowe oznaczenie wyróżnione kolorem żółtym. Co prawda akurat w tym przypadku nie ma oznaczenia dig (digit – cyfra), ale dobrze widać, że określenie dokładności (Accuracy) istotnie jest dwuczęściowe.

Ogólnie biorąc, należy to rozumieć tak, że wskazanie miernika może różnić się od wartości prawdziwej o dany procent i dodatkowo jeszcze o określoną liczbę „najmniejszych cyferek” wyświetlacza.

Przykładowo przy pomiarze pojemności na najmniejszym zakresie 0,001...9,999 nF deklarowana procentowa dokładność to  $\pm 5\%$ , a do tego dochodzi

| Function    | Range                                                        | Accuracy          |
|-------------|--------------------------------------------------------------|-------------------|
| DC Voltage  | 19.999mV/199.99mV/1.9999V/19.999V/199.99V/1000V              | $\pm(0.05\% + 3)$ |
| AC Voltage  | 19.999mV/199.99mV/1.9999V/19.999V/199.99V/750V               | $\pm(0.3\% + 3)$  |
| DC Current  | 1.9999A / 19.999A / 19.999mA / 199.99mA / 99.99µA / 1999.9µA | $\pm(0.5\% + 3)$  |
| AC Current  | 1.9999A / 19.999A / 19.999mA / 199.99mA / 99.99µA / 1999.9µA | $\pm(0.8\% + 3)$  |
| Resistance  | 199.99Ω                                                      | $\pm(0.5\% + 3)$  |
|             | 1.9999kΩ/19.999kΩ/199.99kΩ                                   | $\pm(0.2\% + 3)$  |
|             | 1.9999MΩ/19.999MΩ                                            | $\pm(1.0\% + 3)$  |
|             | 199.99MΩ                                                     | $\pm(5.0\% + 5)$  |
| Capacitance | 9.999nF                                                      | $\pm(5.0\% + 20)$ |
|             | 99.99nF/999.9nF/9.999µF/99.99µF/999.9µF                      | $\pm(2.0\% + 5)$  |
|             | 9.999mF                                                      | $\pm(5.0\% + 5)$  |
| Frequency   | 99.99Hz/ 999.9Hz/ 9.999kHz/ 99.99kHz/ 999.9kHz/ 9.999MHz     | $\pm(1.0\% + 2)$  |
| Duty Cycle  | 1%~99%                                                       | $\pm(1.0\% + 2)$  |

**Rysunek 1**

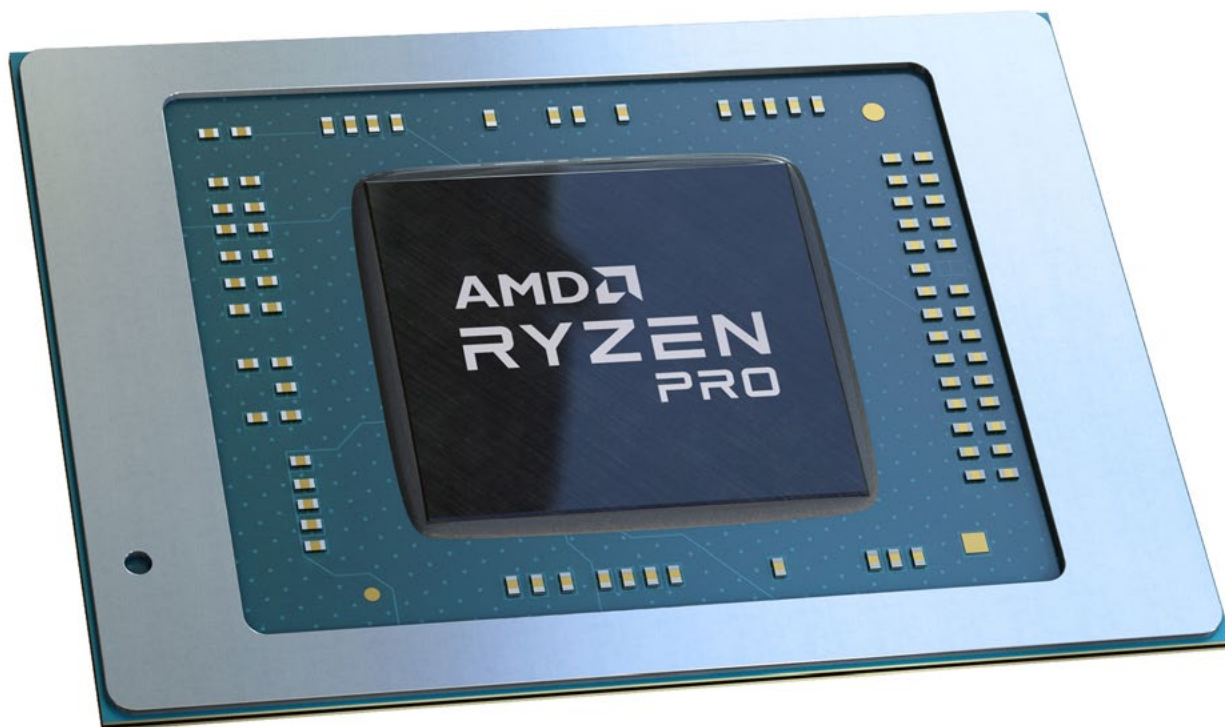
jak na fotografii tytułowej 3,138 nF, to zgodnie ze specyfikacją tego miernika należy się spodziewać, że tak naprawdę pojemność może być o pięć procent mniejsza lub większa, a więc od 2,981 do 3,295, a do tego dodatkowo wskazanie może różnić się od prawdy o  $\pm 20$  „najmniejszych cyferek”, czyli prawdziwa wartość pojemności tego kondensatora może zawierać się w granicach 2,961...3,301 nF.

Takie jest bodaj najprostsze wyjaśnienie, że chodzi o rozdzielczość wyświetlacza i dodatkowy błąd wyrażony przez liczbę „jednostek rozdzielczości”.

Podane wyjaśnienie jest proste, przekonujące, ale niestety mocno niekompletne, ponieważ rzeczywi-

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





# Energia, moc i sprawność – najważniejsze w elektronice

W ostatnich kilku artykułach serii omawialiśmy kwestie związane z energią. Okazało się, że są to kwestie bardzo trudne i nikt wszystkiego do końca nie rozumie. Ale wiele aspektów zagadnienia jest jasnych, łatwych do zrozumienia. Jednym z nich jest omawiana w tym artykule sprawność energetyczna.

## Oszczędzanie energii

### Elektronika czy energetyka?

#### Moc i sprawność – najważniejsze w elektronice

#### Sprawność grzejnika: 0% czy 100%?

## Sprawność ponad 100%?

### Efektywność i sprawność

#### Zerowa sprawność urządzeń elektronicznych

#### Sprawność i wzrost temperatury

Gdy zaczynałem swoją przygodę z elektroniką *wydawało mi się, że w elektronice najważniejszą są prąd i napięcie*. Wyglądało, że jest to oczywiste: prąd, napięcie, opór, prawo Ohma...

Z czasem okazało się, że to nieprawda. ***Dużo ważniejsze są: energia, przemiany, przesyłanie energii i informacji oraz ściśle związane z tym parametry – moc i sprawność.***

Możesz mi wierzyć – jestem praktykującym elektronikiem od wielu lat. I dobrze wiem, że właśnie to są zagadnienia ogromnie ważne, wręcz najważniejsze, podstawowe, a bardzo słabo rozumiane i niedoceniane przez hobbystów, którzy w swoich konstrukcjach popełniają liczne związane z tym błędy. Spójrzmy na to z różnych punktów widzenia.

## **Oszczędzanie energii**

Dawniej elektronik cieszył się przede wszystkim z tego, że urządzenie czy układ elektroniczny w ogóle działa. Mniej więcej sto lat temu zaczęła się epoka radia. Najpierw były tylko radia detektorowe, które nie wymagały zasilania. Potem pojawiły się rozmaite radioodbiorniki lampowe. Na początku były to odbiorniki bateryjne, zasilane z jednorazowych baterii lub akumulatorów. Pobierały mnóstwo energii i koszt ich użytkowania był duży. W Polsce elektryfikacja kraju nastąpiła dopiero po wojnie, i to nie od razu. Produkowano lampowe radioodbiorniki bateryjne, sieciowe i uniwersalne. Wszystkie o katastrofalnie małej sprawności energetycznej.

Ja zaczynałem swą przygodę z elektroniką później, w drugiej połowie lat 70., gdy dominowały już tranzystory, które pozwalały realizować urządzenia elektroniczne o znacznie wyższej, ale też małej, sprawności energetycznej. Powodem ogromnej satysfakcji było już samo to, że udało mi się zdobyć elementy. Celowo piszę: zdobyć, a nie kupić. Starsi wiekiem elektronicy potwierdzą, że nie było to łatwe, szczególnie w naszym kraju, bowiem większość atrakcyjnych elementów nie była dostępna w sieci sklepów z częściami elektronicznymi. Tu z łezką w oku wypadałoby też rozwinąć takie hasła jak BOMiS, „perski”, Wolumen...

Dawniej elementy często się *zdobywało*, a nie *kurowało*. A potem cieszyło już samo to, że układ elektroniczny w miarę prawidłowo pracuje. Kwestiami związanymi z energią i sprawnością mało kto się interesował, jeśli już, to tylko z konieczności. Z czasem sytuacja bardzo się zmieniła i na *kwestie energetyczne* każdy współczesny elektronik powinien zwracać baczną uwagę. We współczesnej elektronice moc i sprawność, dotyczące przemian energii, naprawdę są najważniejsze, ponieważ dziś mnóstwo mobilnych urządzeń elektronicznych zasilanych jest z akumulatorów i baterii. Chcielibyśmy, żeby takie mobilne urządzenia były jak najmniejsze i jak najlżejsze. Czyli ich źródła zasilania też. Kluczowym pytaniem jest: jak długą pracę zapewnią?

Nie mów: *ja nie jestem projektantem smartfonów, mnie to nie dotyczy*. Kwestia dotyczy dosłownie każdego elektronika, bo przecież każdy nieustannie, świadomie czy nie, dokonuje wyborów: jaki układ i jaką konfigurację wykorzystać? Czy bardziej, czy mniej energooszczędny?

Kwestia jest coraz bardziej istotna także w przypadku zasilania sieciowego. Dziś każdy elektronik powinien być mocno wyczulony na ten aspekt zagadnienia: **współczesne układy elektroniczne powinny być jak najbardziej energooszczędne.**



Fotografia 1

## Elektronika czy energetyka?

Wielu Czytelników może pomyśleć: *przecież przetwarzaniem rodzajów energii zajmuje się energetyka, a nie elektronika... A ja jestem elektronikiem, a nie energetykiem. Mnie interesują układy scalone i mikroprocesory, a nie przemiany energii...*

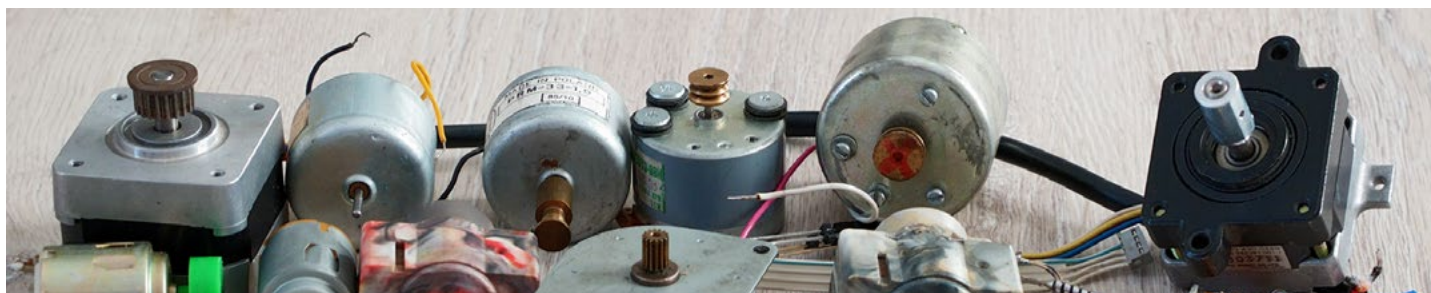
Rozprawmy się z takim błędnym poglądem!

Otóż właśnie w elektronice przetwarzanie energii jest chlebem powszednim! Od początku tak było i nadal tak jest, tylko nie zawsze o tym pamiętamy.

Fotodioda, ogniwo słoneczne, panel słoneczny (fotowoltaiczny) zamieniają energię promieniowania świetlnego, elektromagnetycznego, na energię elektryczną. Z kolei żarówka, dioda LED, laser, neónówka, świetlówka, świecący kondensator, czyli lampa EL (przykład na **fotografii 1**) realizują transformację odwrotną – zamieniają energię elektryczną na światło.

Głośnik dynamiczny i przetwornik piezoelektryczny zamienia energię elektryczną na energię fal dźwiękowych (energię drgań mechanicznych). A rozmaite mikrofony na odwrót – zamieniają energię drgań powietrza na energię elektryczną.

Najróżniejszego rodzaju silniki (**fotografia 2**), w tym elektronicznie sterowane nowoczesne silniki krokowe, BLDC, PMSM, zamieniają energię elektryczną na mechaniczną, a prądnice – odwrotnie.



Fotografia 2

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



# **ZROZUMIEĆ** **ELEKTRONIKĘ** z Piotrem Góreckim

**ZE 9/2023**

**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.