



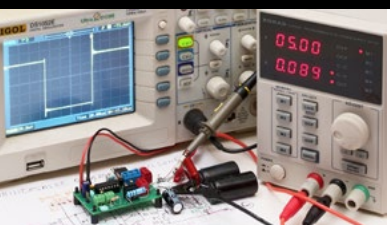
Uwaga – to jest egzemplarz demonstracyjny (niepełny). Pełna wersja (94 strony) dostępna jest dla Patronów na profilu: patronite.pl/Zrozumiec-Elektronike/posts

7/2023 Lipiec

piotr-gorecki.pl

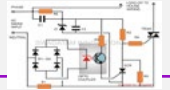
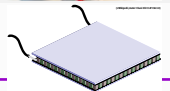
Pomiar parametrów lamp – szybko, łatwo i przyjemnie

- Podstawy automatyki – pomiary i czujniki ciśnienia • Dokładność i zakres pomiarów w elektronice
- Czego tak naprawdę oczekujemy od lamp? • Elementy, ich parametry i karty katalogowe
- Niesamowita historia energii • Podstawy układów cyfrowych – układy kombinacyjne
- Mój uniwersalny tester impulsowy • Prosty generator sygnału prostokątnego do 16 MHz



Inicjatywa Zrozumieć Elektronikę realizowana dzięki wsparciu Patronów i Mecenasów poprzez [Patronite.pl](https://patronite.pl)

Zawartość numeru 7/2023

PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA	22		Pomiar parametrów lamp – łatwo i przyjemnie
			Jeżeli uważasz, że budowa układów lampowych i pomiar ich parametrów to zadanie zbyt trudne dla Ciebie, zapoznaj się z tym artykułem! Proponowane proste sposoby pomogą Ci zmierzyć różne katalogowe parametry lamp oraz – co ważne w praktyce – dobrać egzemplarze lamp o jednakowych charakterystykach.
	3		Słowo wstępne – lipiec
	4		Nasze wspólne czasopismo – listy Czytelników
	9		Łamigłówki elektroniczne Lipiec 2023
	12		Rozwiązania Łamigłówek Maj 2023
	17		Tropimy błędy: Automatyczny stabilizator napięcia sieci
KONKURSY	21		Tropimy błędy: Zabezpieczenie przed zwarcie
PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA	30		Mój uniwersalny tester impulsowy
PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA	39		Wspólnie projektujemy: Ogranicznik prądowy do LM317
PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA	44		Wspólnie projektujemy: Wykorzystanie modułu Peltiera
MIERNICTWO	46		Dokładność i zakres pomiarów w elektronice
TECHNIKA CYFROWA	52		Długa droga do FPGA
TECHNIKA CYFROWA	61		Podstawy układów cyfrowych – układy kombinacyjne
MIKROPROCESORY	72		Prosty generator sygnału prostokątnego do 16 MHz
AUDIO I VIDEO	76		Czego tak naprawdę oczekujemy od lamp?
ELEKTRONIKA UŻYTKOWA	81		Podstawy automatyki – pomiary i czujniki ciśnienia
ELEMENTY I MODUŁY	84		Elementy, ich parametry i karty katalogowe
PYTANIA I ODPOWIEDZI	88		Jak bezgłośnie przełączać sygnały audio?
FUNDAMENTY ELEKTRONIKI	90		Niesamowita historia energii

Zrozumieć ELEKTRONIKĘ

z Piotrem Góreckim

Słowo wstępne – lipiec



Witam!

Okladkowy projekt tego numeru potwierdza, że tak pożądana przez wielu Czytelników tematyka lamp elektronowych jest i będzie kontynuowana. Projekt okładkowy pokazuje, jak w bardzo prosty sposób można sprawdzić, czy parametry danej triody zgadzają się z katalogiem. W tym numerze zamieszczony jest też artykuł zakwalifikowany do kategorii Audio, zatytułowany: **Czego tak naprawdę oczekujemy od lamp?**

Już powstało kilka kolejnych artykułów technicznych, wprowadzających w tematykę lamp elektronowych. A do tego dojdą projekty pokazujące, jak je zrealizować i przetestować. Na razie nie przedstawiam bliżej płytki do testów lamp. Potwierdziła ona swoją przydatność w stopniu większym niż planowałem. Dlatego postanowiłem jeszcze nieco ją wzbogacić, żeby posłużyła nie tylko do pomiarów lamp, ale żeby można było na niej zamontować najróżniejsze (przed)wzmacniacze z jedną i z dwiema triodami.

W poprzednim numerze zapowiadałem, że powstają artykuły i projekty, o które upominają się duża część Czytelników. Powstały i niektóre są zamieszczone już w tym numerze czasopisma.

I tak bardzo ważny jest niepozorny, na pozór dziwny, projekt **Mój uniwersalny tester impulsowy**. Nie zlekceważ go! Jest to w sumie kontynuacja materiału na temat testowania i wykrywania podróbek MOSFET-ów. Tester ten pozwoli w prosty sposób wykryć podróbki diod, tranzystorów bipolarnych dużej mocy, tyrystorów i triaków, a także zbadać właściwości najróżniejszych akumulatorów. Temat identyfikacji podróbek będzie kontynuowany – odzew na materiał o sprawdzaniu MOSFET-ów jest bardzo interesujący.

W tym numerze jest też, zapowiadany w poprzednim numerze, pierwszy artykuł z cyklu dotyczącego kart katalogowych, zatytułowany: **Elementy, ich parametry i karty katalogowe**.

Zwracam uwagę na artykuł **Długa droga do FPGA**, który łagodnie wprowadza do planowanego praktycznego cyklu wykorzystania FPGA. Wiąże się to także z artykułami o cyfrowych układach kombinacyjnych.

Wiele osób zainteresowanych jest jak najdokładniejszymi pomiarami. Ucieszy ich pierwszy, rozbiegowy artykuł **Dokładność i zakres pomiarów w elektronice**. Wstępnie przygotowane są kolejne: **Wielkość, wartość, dokładność, rozdzielczość, niepewność oraz Wzorce wielkości elektrycznych**.

Chciałbym jeszcze zwrócić Twoją uwagę na dwa pierwsze e-maile w Poczcie na następnej stronie. Ich treść bardzo mnie cieszy, ale niestety pokazuje, że mnóstwo dawnych Czytelników EdW nie wie o inicjatywie **Zrozumieć Elektronikę** ani o moim nowym czasopiśmie i stronie internetowej.

Dotychczasowy rozwój i pozycja na Patronite są znakomite jak na zupełny brak reklamy czy promocji zewnętrznej. Jednak wyniki finansowe Patronite to mniej niż połowa tego, co jest potrzebne do długotrwałego utrzymania i rozwoju czasopisma.

Dlatego **mam prośbę także do Ciebie**: w miarę możliwości rozpowszechniaj wśród znajomych i na forach informacje o czasopiśmie. A jeśli jeszcze nie jesteś, to także **i Ty stań się moim Patronem albo nawet Mecenaszem!**

Wprowadziłem też nową możliwość pozyskania pojedynczych numerów czasopisma przez „postawienie mi kawy”. Szczegóły na stronie.

Piotr Górecki



Nasze wspólne czasopismo – listy Czytelników



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

Poniżej fragmenty ostatnio nadesłanych listów.

Witam serdecznie!

Być może pamięta mnie Pan, jako autora w EdW. Niejako „okrężnym kanałem”, dotarła do mnie informacja o Pana bardzo ciekawej inicjatywie. Ani chwili nie zastanawiałem się nad udzieleniem wsparcia w maksymalnej wysokości. Co więcej spróbuję poczynić starania, aby pozyskać środki na mecenat ze spółek, których jestem udziałowcem. Bardzo się cieszę, że uruchomił Pan działalność wydawniczą pod własną marką. Materiały te mogą wypełnić dosyć bolesną lukę, która powstała po transformacji miesięcznika EdW, który moim zdaniem zmierza niezbyt dobrą drogą (i cóż tu dużo mówić ryzykowną, ze względu na specyficzną sytuację na rynku wydawniczym). Lektura forów wskazuje, że dość już w tej kwestii zostało powiedziane, powstrzymam się więc od komentarza.

Bardzo chciałbym zaoferować pomoc jako autor ewentualnych treści. Nie oczekuję żadnej rekompensaty, wręcz przeciwnie. Swój czas potraktuję jako pracę na rzecz rozwoju elektroniki hobbystycznej. Co prawda moja praca powędrowała w stronę urzędzeń, które raczej nie zainteresowałyby większości czytelników, wciąż jednak zdarza mi się „popętnić” jakiś ciekawy układ, z dziedziny zdatnej do publikacji, np. nietypowe urządzenia nie spełniające żadnej pożytecznej roli, ale pozytywnie zakręcone. Hobbystycznie oddaje się mojej pasji, jaką jest chemia, fotografia (a szczególnie analogowa, w dziedzinie technik szlachetnych). Pracuję nad kilkoma ciekawymi projektami, np. nad minilabem do wywoływania filmów na bardzo małą skalę, oszczędzającym zużycie się wywoływacza. Można się zdziwić, ile osób z radością powróciło do „starych dobrych czasów” i powiększalnika.

Widziałbym jako ciekawą inicjatywę niewielki cykl artykułów „Matematyka dla elektronika”, gdzie postarałbym się w „cywilizowany sposób” przybliżyć pojęcia macierzy, pochodnych, liczb zespolonych itp., o ile oczywiście coś takiego nie jest już w planach.

Pozdrawiam serdecznie

Szymon Trygar

Ogromnie się cieszę z perspektywy, że w ZE ukażą się wartościowe artykuły Szymona, który już wcześniej pokazał swoją klasę, zwłaszcza w cyklu dotyczącym i serwisu napraw sprzętu!

Dzień dobry,

postanowiłem natychmiast do Pana napisać, gdy tylko zorientowałem się, że tworzone jest przez Pana nowe pismo (czasopismo): „Zrozumieć Elektronikę”.

Dziś rano odkryłem nowego, ale zarazem tego samego Sz. P. Piotra Góreckiego. Tak piszę, bo odnalazłem nie tylko pismo ZE, ale obejrzałem na YT kilka filmów z pańskim udziałem. GRATULUJĘ!

To wszystko udało się na moim skromnym telefonie. Komputer w tej chwili nieczynny. Dlatego też miałem trudności z odnalezieniem pierwszego numeru ZE i tym samym umiejscowieniem w czasie pańskiej nowej działalności. (...)

Ogromnie cieszę się, że dalej Pan czyni cuda w elektronice. Nie będę pytał o „Szkołę Konstruktorów”, gdyż pewnie teraz są inne priorytety. Pamiętam, że od niej zaczynałem lekturę i za każdym razem można było dowiedzieć się czegoś nowego.

Już teraz mogę śmiało powiedzieć, że pańskie odejście z EdW bardzo zubożyło to pismo. Kilka miesięcy temu nic nie wiedząc „wdepnąłem” w przedruki, tłumaczenia z Elektora, Efy, czy Silicon... Mogę także teraz odważnie i pewnie powiedzieć, że Pańskie czasopismo

bardzo mi się podoba. Wstępnie sobie poczytałem, tyle ile miałem możliwości. (...) W związku z powyższym (...) nie mam zbyt dużych możliwości finansowych. Jednak, czy mógłbym co miesiąc wpłacać 10 zł? Jak to zrobić? Tego już nie doczytałem, bo od razu przeszedłem na pańską stronę i to ona mnie wciągnęła. (...)

Domyślam się, że ma Pan jeszcze większy nawet pracy niż wcześniej. Dlatego też proszę nie odpowiadać, jeśli Pan nie będzie mógł. Zrozumiem.

Życzę wszystkiego dobrego, tak jak w temacie e-maila, który wyraża moją radość, że nadal Pan działa. (...)

RAV

Panie Piotrze,

Przeglądając najnowsze wydanie natrafiłem na artykuł „Płytki drukowane – projektowanie i realizacja”. W mojej przygodzie z elektroniką przerobiłem kilka programów. Zaczynałem od Eagle, później Sprint, KiCad, EasyEDA, Altium, Fusion 360. Każdy z nich obsługuje się troszkę inaczej, natomiast główne zasady są podobne. Każdy z nich udostępnia też różne funkcjonalności – podyktowane jest to grupą docelową odbiorców.

Wydaje mi się, że wymieniając programy do projektowania należy również wspomnieć o Fusion 360, gdyż jest to swojego rodzaju kombajn. Jakiś czas temu do programu został dołączony moduł projektowania płytek PCB z prawdziwego zdarzenia. Myślę, że wielu amatorów elektroników oprócz płytek czasami potrzebuje też zaprojektować obudowę do swoich projektów. Program ten na to wszystko pozwala, a do tego jest darmowy. Nałożone ograniczenia na moduł darmowy to maksymalna wielkość płytki – z tego co pamiętam to 100 × 100 mm.

Pomimo tego, że sam wykorzystuję KiCad, staram się być obiektywny (zapewne gdyby Altium miał darmową wersję, to bym go używał). Pana opis tego programu uważam za raczej odstraszący nowych użytkowników od tego programu, bo jeśli wyjdzie nowa wersja to będą musieli poświęcić czas, aby nauczyć się go od nowa. Myślę, że więcej drastycznych zmian dla przeciętnego użytkownika (np. panel sterowania, interfejs graficzny) jest w kolejnych wersjach Windowsa niż w KiCad. Jako użytkownik tego oprogramowania, a używam go od wersji 5 (2019 r.) nie zauważyłem, aby filozofia w kolejnych wersjach 6 (2021 r.) i 7 (2023 r.) uległa zasadniczym zmianom, powodującym konieczność uczenia się od nowa programu. Raczej twórcy dodają nowe funkcje wynikające z zapotrzebowania użytkowników końcowych. Zwiększa to funkcjonalność programu, a filozofia projektowania jest taka sama. Nie należy też zapominać o tym, że jest to oprogramowanie na licencji GNU, więc producent za chwilę nie każe sobie płacić za kolejną wersję lub nie wprowadzi ograniczenia na wersję darmową. (...) Pozdrawiam

Wojciech Sołtan

(...) Znalazłem ciekawy artykuł na temat fałszowania konkretnego elementu (LME49710).

Może to zainteresuje czytelników ZE?

<https://www.tinytransistors.net/2022/09/24/fake-lme49710/>

ak

W tym numerze zamieszczony jest artykuł o uniwersalnym testerze impulsowym, który okaże się pogromcą podróbek. Na publikację czekają też kolejne artykuły na ten temat. Po serii o identyfikowaniu podróbek elementów większej mocy planowane są kolejne, pokazujące, jak identyfikować podrobione kondensatory oraz właśnie podrobione wzmacniacze operacyjne

Dzień dobry,
na mojej stronie zamieściłem pierwszy z siedmiu odcinków cyklu. Jest to okrojona wersja materiałów szkoleniowych. Materiały zostały zaprezentowane podczas jednego z wewnętrznych seminariów.

<https://solderedit.blogspot.com/2023/05/metodyka-pracy-konstruktor-eta.html>

seanord

To bardzo wartościowy materiał! Cenny dla wszystkich, którzy choć trochę interesują się projektowaniem układów i urządzeń elektronicznych.

Naprawdę warto zajrzeć i zapoznać się!

Poniżej informacje z kilku e-maili od **Sławomira Skrzyńskiego**. Między innymi proponuje on...

...budujemy konsolę do gier.

Konsole DIY o różnym stopniu skomplikowania można kupić w postaci KIT-u. Może warto zaprojektować coś rodzimej produkcji?

Najpierw trzeba przyjąć założenia jak: jaki wyświetlacz? Kolorowy TFT, VGA, LED? Dźwięk: popiskiwanie (synteza) czy sample 9DAC? Manipulatory: fabryczne USB, fabryczne tzw. cyfrowe z DB9, własna konstrukcja (to raczej zły pomysł)? Zasilanie: USB, bateria? Nośnik danych: karta SD, pamięci dataflash, inne? itd, itp.

Po założeniach wybór komponentów. Założenia API aby łatwo było pisać gry.

Już jako dzieciak (podstawówka) zbudowałem kilka gier, od mechanicznych przez elektryczne (tzw. filipery, licznik elektromechaniczny) po elektroniczne na wzór game & watch, konkretnie wyścigi samochodowe (licznik punktów to kalkulator BRDA 11U). Na C-64 napisałem kilka gier. Niektóre doczekały się nawet piractwa i wydania w obcych krajach:

<https://youtu.be/aYTIRYQaTqo>

<https://www.youtube.com/watch?v=YuUSWsMMoRw>

<https://www.youtube.com/watch?v=7RDeJivXv4w>

nawet trochę na grach zarobiłem. Ostatnia gra jaką

napiisałem to *Tenis i Galaga na AVR dla potrzeb projektu dla EP*: <https://youtu.be/T4xZ71chba4?t=872>

Proponuje zapytać czytelników czy chcieliby taki projekt. Mój adres: rmik@interia.eu

Sławomir Skrzyński

Zainteresowani Czytelnicy niech piszą wprost do Autora na podany adres.

A oto inne propozycje i polecane linki:

Proste szyfrowanie: <https://youtu.be/S0qnrpUCn7I>

<https://www.youtube.com/watch?v=TIWILeC5BUS>

Ja pamiętam opis JTAG jeszcze z RE w latach 90.

niedawno wypłynęła ... moja gra z 1994 roku:

<https://www.youtube.com/watch?v=niiHI-0qtiU>

Powolne GPIO w Arduino! Mogłoby działać ponad 16tyśięcy raz szybciej. Dlaczego nie działa?

<https://youtu.be/rSBdiAvrMcv>

Obsługa WS2812 przez Arduino nawet przez ARM „kładzie” cały „system”:

https://youtu.be/hs5oRg_tFJw

<https://youtu.be/KEKyBB2693I>

Zmiana FUSES (konfiguracji uC) w AVR bez modyfikacji FUSES przez programator:

<https://youtu.be/wVv95jxvC94>

Mógłbym napisać artykuł ale czy warto pchać się w przestarzałe AVR? Bardziej praktyczny jest temat fuses w STM32 i niekoniecznie łatwy z powodu błędów w HAL. Pozdrawiam

Sławomir Skrzyński

Dobry wieczór,

(...) Dziękuję za przesłany plik. Cieszę się, że na łamach czasopisma jest tematyka lampowa (i wszystko co wokół niej).

Czy planuje Pan artykuł o badaniu kondensatorów ceramicznych? Elementy te noszą dość skąpe oznaczenia. O ile kondensatory o mniejszych pojemnościach są zwykle wykonywane ze stabilnych materiałów, to w przypadku elementu o wartości rzędu kilkuset nF najczęściej nie znamy typu zastosowanego dielektryka. Pół biedy, jeżeli jest to X7R lub wysokotemperaturowy X8L; można jednak trafić na fatalnej jakości Y5 V. W tym kontekście interesujący byłby pomiar zależności pojemności od polaryzacji kondensatora napięciem stałym oraz jej współczynnika temperaturowego.

Zmieniając temat – bardzo proszę o podanie adresu chińskich sklepów oferujących na AliExpress tanie przetwornice i lampowe zestawy DIY. Jak takie przesyłki traktowane są przez polskie służby celne? Ile trwa odprawa i czy naliczane jest cło i VAT? Czy ma Pan też doświadczenia z zakupem części elektronicznych z USA?

(...) Pozdrawiam
Zygmunt Flisak

1. Testowaniem i parametrami różnych typów kondensatorów zajmiemy się na łamach ZE już niedługo, gdy zostaną opublikowane gotowe już artykuły o testowaniu elementów półprzewodnikowych dużej mocy.

2. Ja lampy i zestaw lampowy z „magicznym okiem” kupowałem tu:

<https://pl.aliexpress.com/item/1005003031977107.html>

<https://pl.aliexpress.com/item/1005003695614036.html>

Przetwornice podwyższające tutaj:

<https://pl.aliexpress.com/item/4001095806939.html>

Sporo kupuję na Aliexpress. Od pewnego czasu sytuacja prawna jest unormowana. Wcześniej była niepewność, jak przesyłkę potraktują służby celne i przy droższych zakupach w wyjątkowych przypadkach trzeba było płacić cło i podatek. Przede wszystkim, gdy dostawcą był DHL, któremu też trzeba było płacić „za pośrednictwo”, czy jak niektórzy twierdzili „za donosicielstwo”. Teraz przy indywidualnych zamówieniach od osób prywatnych nie ma problemu, bo wszystkie zakupy na Ali zostały obłożone podatkiem VAT, co trochę podniosło ceny. Ale wygodne jest to, że VAT płaci ryczałtowo Aliexpress, a nie polski klient.

Czas dostawy zależy od ceny. Droższe zakupy, już od około 50 zł, są dostarczane w ciągu 15 dni, a zwykle nawet trochę szybciej. Podobnie bywa, jeśli ktoś jednocześnie złoży kilka „tanich zamówień” w różnych sklepach Aliexpress – często są łączone w jedną przesyłkę już w Chinach i czas dostawy też bywa krótki.

Z płatnościami nie ma problemu: najwygodniej Blik lub zwykły przelew z polskiego konta bankowego w złotówkach.

Co to zakupu w USA – nie mam znaczącego doświadczenia. Kupowałem co nieco w Mouser i Digi-Key (głównie wzmacniacze operacyjne wysokiej klasy). O ile to tylko możliwe, kupuję w kraju, w TME, bo koszty dostawy są nieporównanie niższe, a jest pewność, że nie są to podróbki.

Dzień dobry Panie Piotrze,
jestem subskrybentem jakoś od początku otworzenia możliwości wspierania na Patronite, natomiast nie pobierałem numerów aż do teraz. Chciałbym pobrać numer czasopisma przed wydaniem majowym, ale niestety, zgodnie z informacją na Patronite tylko Pan jest w stanie wysłać mi linki do pobrania. Czy mógłbym prosić o ich wysłanie? Z góry dziękuję! Pozdrawiam,

Cezary

Nic nie przepadnie! Jeżeli ktoś wcześniej stał się Patronem, ale nie pobrał aktualnego wtedy numeru i skasował e-maila Patronite z linkiem do pobrania

tego numeru, może do mnie śmiało napisać na adres: kontakt@piotr-gorecki.pl. Podam link do pobrania należącego mu pliku (oczywiście bezpłatnie).

Wersje skrócone wszystkich wydanych numerów ZE – oczywiście niepełne, z początkowymi fragmentami wszystkich artykułów, są stale dostępne na mojej stronie: <https://piotr-gorecki.pl>.

Na moim koncie Patronite dla wszystkich aktualnych Patronów dostępne są dwa ostatnie pełne numery czasopisma „Zrozumieć Elektronikę” oraz numer „zerowy” z grudnia 2022.

Jeżeli ktoś spośród nowych Patronów, albo ktoś, kto jeszcze nie jest Patronem, chciałby nabyć kompletne, pełne numery archiwalne (od stycznia 2023), jest to możliwe przez „postawienie mi kawy” (Capuccino = 10 złotych za jeden numer).

Należy kliknąć link <https://buycoffee.to/piotr-gorecki>, wybrać – przesłać kwotę zależną od liczby zamawianych numerów archiwalnych (N x 10zł), wpisać imię, nazwisko, swój adres e-mail i koniecznie „dołączyć wiadomość dla Twórcy” i tam wpisać, który numer lub numery mam wysłać na podany adres e-mailowy.

Oczywiście można „postawić mi kawę” ot tak po prostu, bezinteresownie, bez zamawiania archiwalnych numerów. Będę wdzięczny za każde takie wsparcie!

Przy okazji ważna uwaga! Osoby, które na Patronite rejestrowały się za pomocą konta Apple, a prawdopodobnie także Google i Facebook, zapewne nie otrzymują comiesięcznych powiadomień, które rozsyłam, ponieważ przy takiej rejestracji w bazie danych Patronite pojawiają się dziwne adresy e-mail, na które nie można wysłać powiadomień.

Na łamach czasopisma w cyklu *Wspólnie projektujemy* zajmujemy się między innymi prostym zasilaczem warsztatowym na LM317. Celowo zaczynamy od stosunkowo prostego zadania, ponieważ wbrew pozorom, nie jest łatwo zaprojektować nawet zasilacz o niewygórowanych parametrach. Ale apetyt rośnie w miarę jedzenia. Oto dowód:

Witam,

zasilacz marzeń to taki, co miałby regulację napięcia od 0 do 100 V, prąd od zera do 30 A i wszystkie możliwe zabezpieczenia oraz idealną stabilizację. Bardziej realny byłby zasilacz 0–30 V, 0–10 A.

Jednak po przemyśleniach, idąc na kompromis, taki zasilacz mógłby składać się z dwóch. Jeden typowo do uruchamiania nowych układów o następujących parametrach: napięcie regulowane od 2 do 15 (20 V). Prąd maksymalny 1–3 A z ogranicznikiem skokowym – 100 mA, 250 mA, 500 mA, 1 A, 2 A, 3 A (w zależności jaka miałaby być maksymalna wydajność prądowa).

W tym zasilaczu ważna byłaby jak najlepsza stabilizacja napięcia. Do zasilania można byłoby użyć jakiejś

trafo + mostek i kondensator(y). Aby się to jak najmniej grzało warto byłoby dodać opcję przełączania uzwojeń trafo. Nie wiem czy LM317 to dobra droga...

Stosowania przetwornicy 230–24 V (lub podobnej) to raczej słaby pomysł. Przy tych mocach trafo będzie „prostsze” do wyczyszczenia z zakłóceń itd. A różnica cen nie jest jakaś kosmiczna.

Drugi zasilacz też musiałby być stabilizowany, ale tu można by pójść na kompromis z powodów oczywistych – zasilacz miałby dużo większą moc, a urządzenie nim zasilane na pewno ma obwody stabilizujące zasilanie. LED-ów tym zasilat nie będę. Sensowne parametry to 0–30 V i 0–10 A (albo i więcej).

Tu wiadomo, że sam zasilacz niestabilizowany z trafo jest dość kosztowny, choć to nie do końca tak jest, bo na allegro za 250 zł można kupić cały taki zabytkowy zasilacz: <https://allegro.pl/oferta/zasilacz-tranzystorowy-inco-warszawa-z-3010-13638744999>. Pewnie samo trafo da się jeszcze taniej. Jednak taki zasilacz mnie nie interesuje z powodu bardzo kłopotliwej obsługi, praktycznie braku płynnej możliwości zmiany napięcia. Waga 20 kg sugeruje, że deklarowane parametry są realne przy pracy ciągłej.

Podsumowując: regulacja napięcia musiałaby być od zera woltów do 20–30V (może więcej), a prąd a raczej ogranicznik, wystarczy żeby był skokowy (1,2,3,5... 10 A). Z grubsza można oszacować, ile dane urządzenie pobiera prądu (z tabliczki), a jeśli to jest jakiś nowy prądożerny układ to zabezpieczenie skokowe powinno je uchronić przed uszkodzeniem.

Tu regulacja od zera byłaby przydatna przy serwisowaniu uszkodzonych urządzeń (szczególnie tych naszpikowanych „drobnicą”) do tzw. próby zwarciowej. Chodzi o to, aby nie podawać od razu „z grubej rury” maksimum prądu tylko powoli podnosić napięcie do nominalnego i patrzeć na pobór prądu. Jeśli ten przy powiedzmy 0,3 V wynosi 2 A (a tak się zdarza), to co by było, jakby podać właściwe napięcie np. 5 V? Uszkodzony element w najlepszym wypadku zadymi, a w najgorszym wystrzeli, albo zrobi dziurę w płycie. W obu przypadkach fajnia byłaby opcja która odcinałaby napięcie, jeśli przekroczony byłby zadany prąd. (...)

Kiedyś, jak coś tam tworzyłem, miałem zlecenie na wykonanie pewnego urządzenia (...) które byłoby zasilane z aku, więc musiał być wskaźnik naładowania. Chciałem to zrobić „procentowo” przyjmując jakieś sensowne widełki napięcia. Wykorzystałem do tego ADC w ATMEGA8 TQFP32. Zasilanie wynosiło 3,3 V a więc i AREF miał także takie napięcie. Rezystor pomiarowy miał chyba 3,3 kΩ – żeby nie kombinować z przeliczaniem – dokładając rezystor (chyba) 6,8 kΩ (aby nie przekraczać 10 kΩ jak to opisuje ATMEL) uzyskałem bardzo precyzyjny woltomierz „teoretycznie” 0,00–10,23 V (w praktyce mniej jak 3,3 V się nie dało

z powodów układowych, jakie założyłem). Zmieniając napięcie od powiedzmy 4 V do 10 V i podłączając miernik (woltomierz) zmieniałem napięcie zasilające mikrokontroler i odczyty z ADC oraz z miernika różniły się o 0,02 V w całym zakresie.

Piszę to wszystko, bo też zastanawiałem się jak wykonać miernik napięcia i prądu. A po co go wykonywać skoro są tanie chińskie? Właśnie po to, aby mieć prawdziwe wartości a nie jakieś przybliżone.

Co do pomiaru prądu to też się nad tym zastanowiłem i jeśli by wykorzystać prymitywne skokowe przełączanie, to również można zastosować zmienny rezystor pomiarowy prądu. Tylko przy największym zakresie np. 0–5 A spadek na 0,1 Ω da max. 0,5 V. Nigdy nie sprawdziłem, jak zachowa się ADC przy tak małym zakresie. Można wtedy teoretycznie to mierzyć. Dokumentacja

milczy na temat najmniejszego możliwego napięcia AREF.

Jeśli taki zakres dałby za mały zakres do pomiaru, trzeba by było dołożyć jakiś komparator, który by dał wzmacnienie np. 10 ×, ale to mogłoby dać pewną nieliniowość. To trochę trudne do określenia teoretycznie.

Pozdrawiam

Aleksander Bernaczek

Witam Panie Piotrze,

analizuję numer czerwcowy ZE. Piszę tylko tak profilaktycznie, bo wykryłem mały błąd, które może wprowadzić małe zamieszanie u początkujących.

Wszystko w załączonym [poniżej] zrzucie ekranu.

Pozdrawiam serdecznie

Rafał Wiśniewski

według katalogu, przy maksymalnym prądzie zasilacza (2,55 A) można się spodziewać, że niektóre z egzemplarzy tranzystorów będą mieć wzmacnienie 20...30×. Przy prądzie emitera 2,55 A wymaga to prądu bazy około 100 mA.

Po pierwsze, wzmacniacz operacyjny nie da takiego prądu, a po drugie, prąd 0,1 A spowodowałby na rezystorze R11 o nominalnie 1 kΩ spadek napięcia... 100 V. Oczywiście wartość R11 jest niedopuszczalnie duża.

Warto nadmienić, że do regulacji napięcia rezystor R11 jest całkowicie zbędny, a pojawił się w układzie chyba tylko z uwagi na sposób realizacji ogranicznika prądowego.

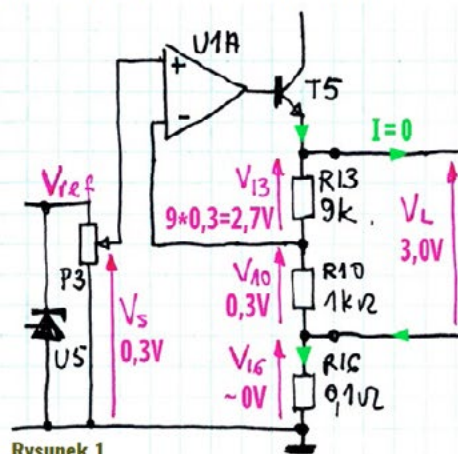
Drugi poważny problem w układzie tego zasilacza związany jest z obecnością rezystora R16 o nominalnie 0,1 Ω, który służy do pomiaru prądu wyjściowego. Jest on włączony w pętlę regulacji napięcia.

Po pierwsze występuje na nim stosunkowo duży spadek napięcia (0,255 V przy maksymalnym prądzie), ale nie to jest najgorsze.

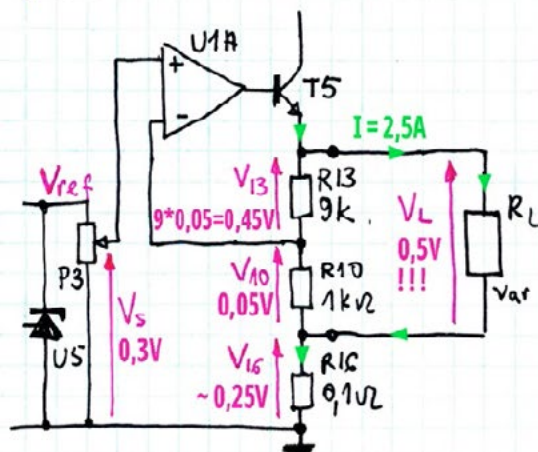
Otóż tak zrealizowana pętla regulacji napięcia nie tylko nie eliminuje wpływu obecności R16, ale jeszcze pogłębia problem.

Zamiast tłumaczyć zależności na podstawie wzorów, przedstawię problem na przykładzie. Na rysunku 1 pokazane są dwie sytuacje. Zakładamy, że chcemy uzyskać na wyjściu tego zasilacza napięcie 3 V. Dla uproszczenia obliczeń przyjąłem jako wartość R13 „okrągłe” 9 kiloomów, co z 1 kiloomem R10 daje, a przynajmniej powinno dać wzmacnienie wzmacniacza operacyjnego równe 10×. Czyli jeżeli chcemy uzyskać na wyjściu jakieś napięcie V_L , to z suwaka potencjometru P3 powinniśmy podać na wejście nieodwracające wzmacniacza operacyjnego napięcie 10 razy mniejsze.

ustawi napięcie wyjściowe, żeby na swoim wejściu nieodwracającym też uzyskać 0,3 V. Nastąpi to przy spadku napięcia na R10 równym 0,05 V.



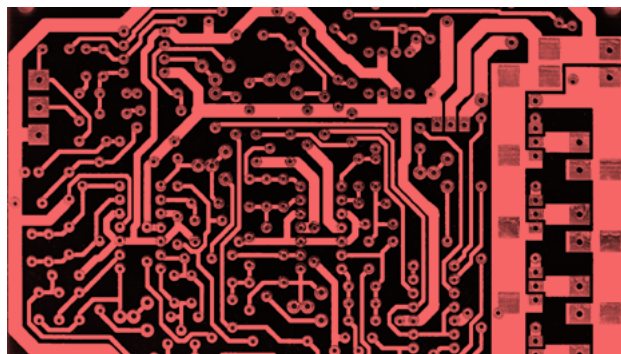
Rysunek 1



Rysunek 2

Łamigłówki elektroniczne

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 ani 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 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.*

Zagadka 2307a
Jak odpowiesz? 2307

Zagadka 2307b
Usterka 2307

Zagadka 2307a

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?**



Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca lipca 2023 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl

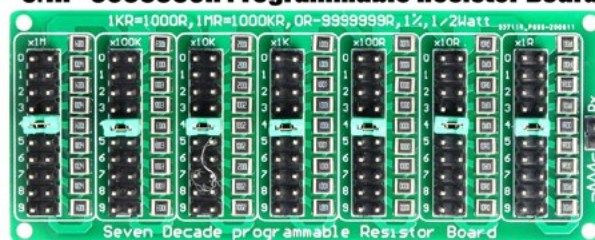
Jak odpowiesz? 2307

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 zworek 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 Ω do 10 M Ω ze znakomitą dokładnością 0,1 oma.

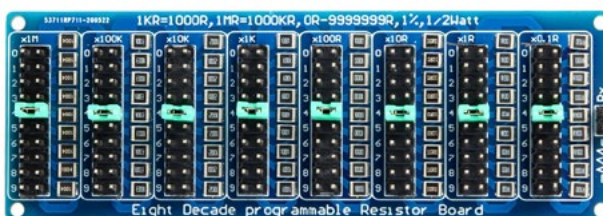
Ale nasz młody entuzjasta ma jeszcze lepszy pomysł i pytanie. Otóż wpadł na koncept, że choć rezystory w module są 1-procentowe, to odpowiednio ustawiając zworki można ustawić dowolną rezystancję z wielokrotnie lepszą dokładnością, z błędem 0,1 oma. Chce w ten sposób za kilkanaście złotych zrealizować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

0.1R - 9999999R Programmable Resistor Board



Seven Decade



Eight Decade



gdzieś pożyć 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?

Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca lipca 2023 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl

Zagadka 2307b

W jednym z artykułów w ZE była informacja, że największe kondensatory, a właściwie największe superkondensatory mają ogromną pojemność aż 3400 faradów.

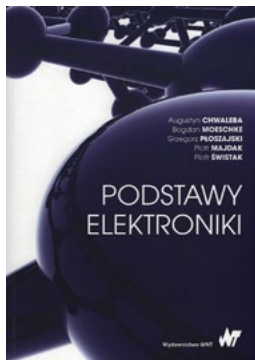
Pytanie konkursowe jest takie:

• Czy te kondensatory mogą być wykorzystane zamiast akumulatorów?



Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca lipca 2023 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl

Usterka 2307



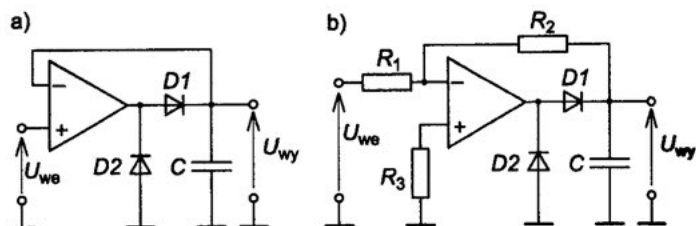
Podstawy Elektroniki??
 (...) Kupiłem książkę o powyższym tytule (...). W pierwszym rozdziale jest trochę matematyki. Jeśli wykażemy dobrą wolę, to może nawet uda się znaleźć wzór, w którym nie ma błędu. A dalej? A dalej jest jak na rysunku obok. (...)

Pytanie konkursowe jest takie:

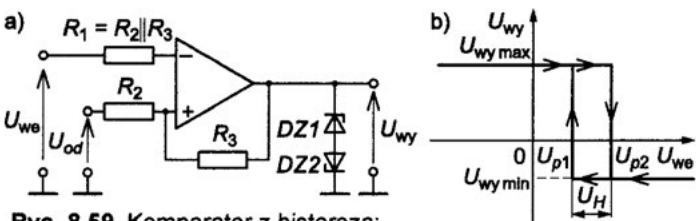
- **Czy widzisz jakieś błędy na schematach?**

Autorem tego zadania konkursowego jest
Paweł Pawłowicz z Wrocławia

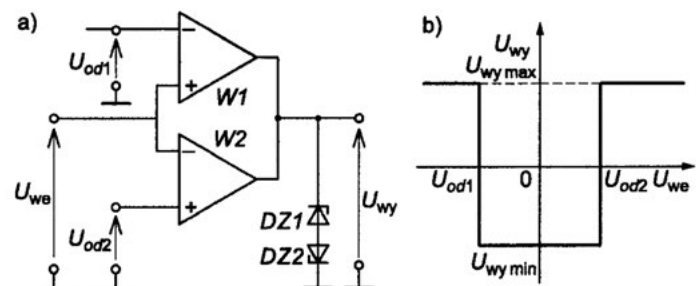
Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca lipca 2023 na adres:
konkursy@piotr-gorecki.pl



Rys. 8.54. Schematy prostowników szczytowych:



Rys. 8.59. Komparator z histerezą:

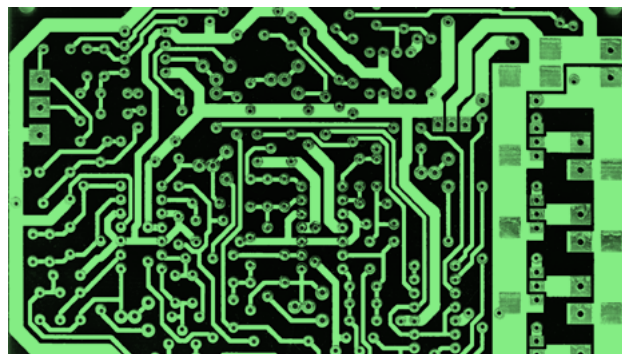


Rys. 8.60. Komparator okienkowy:

Drogi Czytelniku!

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

Rozwiązania Łamigłówek Maj 2023



Poniżej przedstawione są rozwiązania łamigłówek, zamieszczonych w numerze majowym (5/2023). Aktualnie ani dla Autorów nadesłanych łamigłówek, ani dla uczestników, którzy je prawidłowo rozwiążą, nie przewiduje się honorariów ani upominków. Nagrodą dla Autorów oraz uczestników jest satysfakcja oraz nieprzemijająca sława wynikająca z faktu zaistnienia w naszym wspólnym czasopiśmie.

Rozwiązanie – Zagadka 2305
Rozwiązanie – Oblicz 2305

Rozwiązanie – Jak odpowiesz? 2305
Rozwiązanie – Kwestie energetyczne 2305

Rozwiązanie – Zagadka 2305

W ZE 5/2023 przedstawione było następujące zadanie: *W niektórych starszych urządzeniach elektronicznych można było znaleźć taki element, wielkości typowego bezpiecznika, i montowany w dokładnie takim samym gnieździe, pokazany na fotografii obok (Autor: David CC-BY-SA 3,0). Wygląda całkiem jak bezpiecznik, i nawet ta mała przerwa pośrodku sugeruje, że jest to bezpiecznik przepalony, ale po co ta skala? Raczej nie chodzi o pokazanie, jak bardzo się przepalił...*

Pytania konkursowe są następujące:

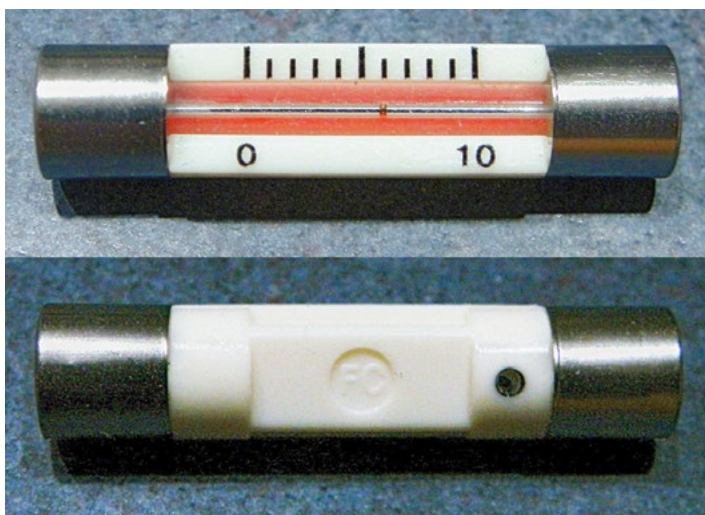
- **Czym jest naprawdę ten dziwny „bezpiecznik”?**
- **Jaka była zasada jego działania?**
- **W jakich urządzeniach i po co był używany?**
- **Dlaczego już nie jest?**

Autorem zadania jest **Jakub Michalik**, który napisał: Odpowiedzi udziela informacja, w czym właściwie wyskalowany jest ten komponent – otóż wyskalowany jest on zwykle w tysiącach godzin. Mamy do czynienia z elektrochemicznym miernikiem czasu działania urządzenia. Elektrochemicznym, więc taka też była zasada działania – w środku jest rtęć, kreska to w rzeczywistości kropka elektrolitu (przypuszczalnie roztwór chlorku lub innego związku rtęci). Po przepuszczeniu prądu rtęć na anodzie rozpuszcza się ($\text{Hg} \rightarrow \text{Hg}^{2+}$), a na katodzie wydziela z powrotem ($\text{Hg}^{2+} \rightarrow \text{Hg}$), w efekcie kreska powoli przesuwa się.

Taki element używany był w urządzeniach, których elementy z czasem się zużywały, w celu

poinformowania, że nadeszła pora na wymianę części (przynajmniej jeżeli jakiś leniwy serwisant nie obrócił go wcześniej o 180 stopni – jak łatwo zgadnąć, dałoby to efekt „podróży wstecz w czasie”). Przykładem były profesjonalne magnetofony, takie np. jak Sony EVO-9500 A wspomniany na stronie będącej źródłem fotografii (<https://electronics.stackexchange.com/questions/308735/what-is-this-cartridge-fuse-style-component>), w których z czasem zużywała się cała mechanika (tryby, paski itp.).

Dziś takie elementy nie są już używane z dwóch powodów – po pierwsze, zawartość rtęci, a po drugie, jak łatwo się domyślić, został wyparty przez dużo bardziej precyzyjne rozwiązania cyfrowe z wykorzystaniem pamięci nieulotnej.



Na wspomnianej stronie zamieszczone są dwie dodatkowe fotografie 2, 3 (Autor: David CC-BY-SA 3,0).

A oto niektóre z nadesłanych rozwiązań:

Dzień dobry Panie Piotrze,
przepraszam, że posługuję się odnośnikiem do filmu wyjaśniającego czym ten „dziwny bezpiecznik” jest.

To elektrochemiczny czasomierz stosowany do pomiaru czasu pracy różnych urządzeń, np. lamp chirurgicznych. Teraz oczywiście taniej i dokładniej (powtarzalnie) mierzyć czas pracy układami cyfrowymi.

Autor filmu dokonuje niezwykle ciekawej analizy prędkości przemieszczania się szczeliny wypełnionej elektrolitem. Oto link do filmu:

<https://www.youtube.com/watch?v=Cxj399LuX1M>

Pozdrawiam

Patron :)

Dzień dobry,
Jest to licznik godzin w magnetowidach

Cienka rurka z rtęci z kropką elektrolitu ; Przy włączonym urządzeniu przepływ prądu powoduje przesuwanie rtęci przez elektrolit tzn. przesuwanie pęcherzyków elektrolitu wzdłuż skali (w prawo, w kierunku liczby 10)

Był używany w magnetofonach i magnetowidach w latach 90-tych XX w. do rejestracji czasu pracy urządzenia. [tu w treści e-maila były fragmenty fotografii 2 i 3.]

Opis na płytce informuje: x 200 h. Kropka jest na wartości 6 skali, czyli licznik wskazuje zużycie $6 \times 200 \text{ h} = 1200 \text{ h}$.

Wyszło z użycia, w chwili obecnej korzysta się ze streamingu t.j. TV z funkcją SMART, amplitunery z funkcjami sieciowymi. Pozdrawiam

Mirosław Kaszowski

Zagadka 2305

1. Przedstawiony na zdjęciu „bezpiecznik” jest licznikiem godzin pracy urządzeń elektronicznych.

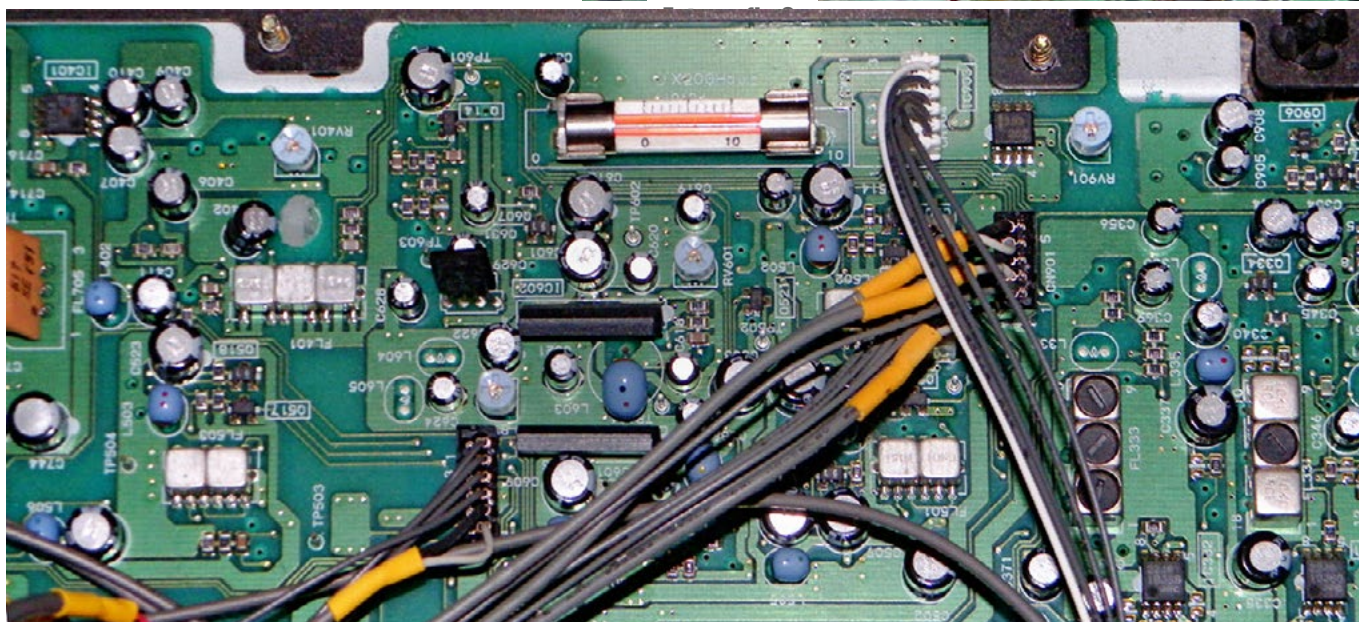
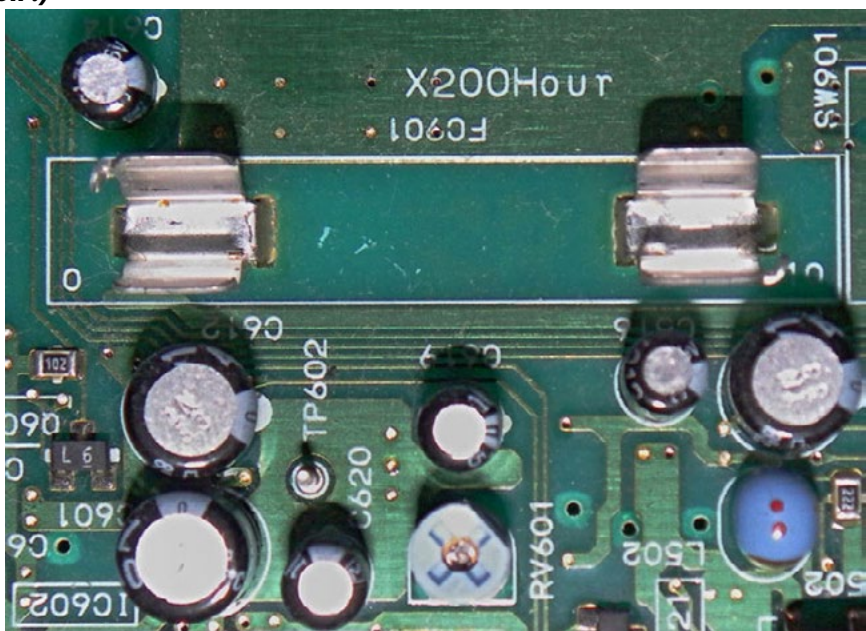
2. Rurka tego licznika była wypełniona rtęcią. Kropla elektrolitu w słupku rtęci przesuwiała się powoli w prawo po włączeniu zasilania. Czas pracy był wyskalowany do 10000 h.

3. Urządzenie to było stosowane w urządzeniach elektronicznych produkcji japońskiej np. magnetofony, wzmacniacze.

4. „Bezpiecznik” został zastąpiony przez pamięci RAM we wszystkich urządzeniach elektronicznych, które w zaprogramowany sposób zapisują parametry pracy interesujące producenta.

Pozdrawiam

Andrzej Kubiak



Fotografia 2

Rozwiązanie – Oblicz 2305

W ZE 5/2023 przedstawione było następujące zadanie konkursowe:

Znajomy podarował nam elegancki, nieużywany miernik wskazówkowy, pokazany na **fotografii 1**. Wiemy, że prąd pełnego wychylenia to $100 \mu A$ i że jego rezystancja wynosi 256Ω . Chcemy włączyć w szereg rezystor, żeby otrzymać woltomierz o zakresie $10 V$.

Pytanie konkursowe brzmi: **Jaką wartość powinien mieć ten włączony w szereg rezystor?**

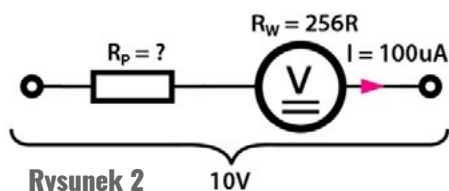
Oto nadesłane rozwiązania.

Dla układu z **rysunku 2** można napisać równanie napięcia: $10 = I \times R_P + I \times R_W$

stąd po przekształceniu: $R_P = (10 - I \times R_W) / I = 99744 \Omega$ czyli praktycznie $100 k$. O ile jest to potrzebne, można zastosować potencjometr montażowy wieloobrotowy $100 k\Omega$ i wyregulować dokładnie wskazania.

Tadeusz Suszał

rys 3 – pdf



Rysunek 2

Dzień dobry,

Przeglądając ZE natrafiłem na to zadanie i postanowiłem je policzyć. Sposobów rozwiązania jest na pewno kilka. Mi przyszedł do głowy taki:

Ponieważ mamy podany prąd $100 \mu A$ oraz napięcie $10 V$, to można policzyć rezystancję całego układu R_z jako sumę R_p i R_u .

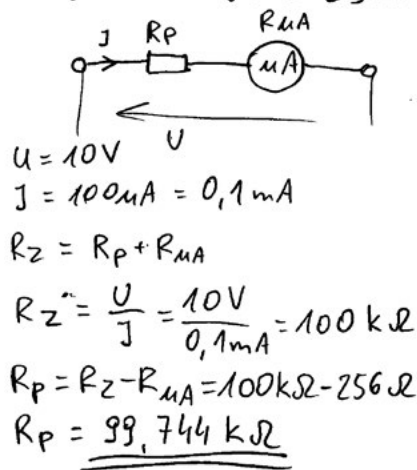
Następnie od R_z odejmujemy znaną rezystancję mikroamperomierza R_u i otrzymujemy szukaną rezystancję R_p posobnika. Obliczenia na **rysunku 3**.

Pozdrawiam

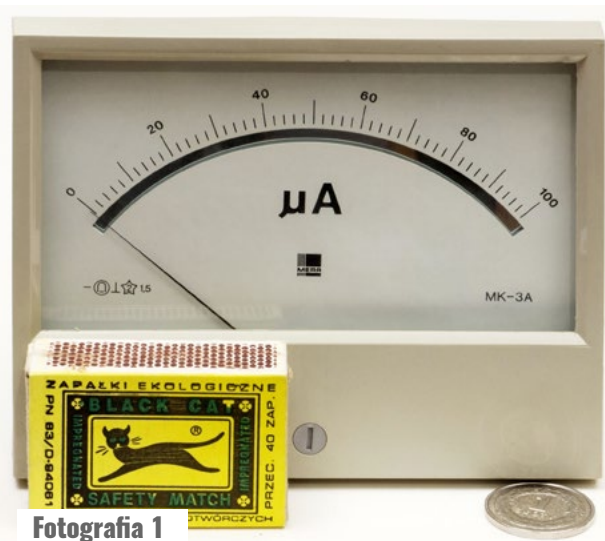
Paweł Wenclewski

PS. Panie Piotrze. Od niedawna jestem Pańskim patronem. Bardzo fajnie że powstał taki projekt jak Zrozumieć Elektronikę (wcześniej zdarzało mi się sporadycznie czytać Pańskie artykuły w EdW). Trzymam kciuki za dalszy rozwój ZE, bo to świetne źródło wiedzy o elektronice.

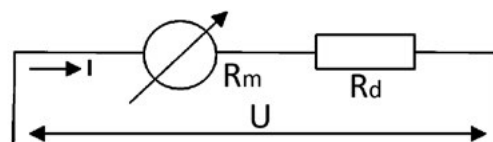
Zadanie: Oblicz 2305



Rysunek 3



Fotografia 1



Rysunek 4

Oblicz 2305

Obliczenia dotyczące **rysunku 4**.

Dane: $R_m = 256 \Omega$, $I = 100 \mu A$, $U = 10 V$. $R_d = ?$

$$I \times R_m + I \times R_d = U \quad R_d = (U - I \times R_m) / I = U/I - R_m = 10/0,1 \text{ mA} - 256$$

$$R_d = 99744 \Omega$$

Takiego oryginalnego opornika nie można kupić, ale można zakupić opornik $100 k\Omega$ z tolerancją $0,25\%$.

Mamy więc opornik w zakresie oporności 99750 do 100250Ω . Obliczymy prąd wskazywany przez miernik: maksymalny I_{max} dla $R_{min} = 99750 \Omega$ oraz prąd minimalny I_{min} dla $R_{max} = 100250 \Omega$.

$$I_{max} = U/R_m + R_{dmin} = 10/256+99750 = 0,09999 \text{ mA}$$

$$I_{min} = U/R_m + R_{dmax} = 10/256+100250 = 0,09949 \text{ mA}$$

Stąd wynika że dla opornika $100 k\Omega$ z tolerancją $0,25\%$ przy maksymalnym napięciu $10 V$ wskazówka miernika nie wychyli się poza zakres pomiaru prądu $100 \mu A$.

Odchyłka pomiaru dla pełnego zakresu mikroamperomierza (woltomierza):

$$\Delta = (I - I_{max})/I_{max} = I/I_{max} - 1 = 0,0001 \text{ tj. } 0,01\%$$

$$\Delta = (I - I_{min})/I_{min} = I/I_{min} - 1 = 0,005 \text{ tj. } 0,5\%$$

Z powyższego wynika, że uzyskaliśmy dokładny miernik dla napięć do $10 V$.

Andrzej Kubiak

Zadanie było łatwe. W praktyce zapewne zastosowany będzie rezystor o nominale $100 k\Omega$, niekoniecznie o wąskiej tolerancji, wystarczy tolerancja 1% .

Rozwiązanie – Jak odpowiesz? 2305

W ZE 5/2023 przedstawione było następujące zadanie konkursowe:

Założmy że przychodzi do Ciebie początkujący elektronik i mówi:

Chciałem zrobić 5-amperowy regulowany zasilacz na tranzystorach według popularnego schematu, który można znaleźć w wielu miejscach w Internecie. Specjalnie kupiłem 200-watowy tranzystor mocy, który miał być głównym tranzystorem regulacyjnym.

Zmontowałem układ zasilacza na płytce stykowej. Przed pierwszym włączeniem dwa razy sprawdzałem, czy nie ma jakiegoś błędu. Układ zadziałał i regulował napięcie, ale pracował krótko, bo tranzystor się spalił i chyba też uszkodziłem płytkę stykową przy nóżkach tego tranzystora. **Dlaczego mój dwustu-watowy tranzystor się spalił?**

Niezmiennie zadanie konkursowe brzmi: **Jak odpowiesz na tak postawione pytanie?**

Oto nadesłane rozwiązania.

Jak odpowiesz? 2305

1. Jedną z najważniejszych przyczyn może być przegrzanie tranzystora regulacyjnego. Układ został zmontowany na płytce stykowej co sugeruje, że tranzystor nie był zamontowany na radiatorze. O tym świadczy również uszkodzenie płytki stykowej przy nóżkach tranzystora. Płytki stykowe (teoretycznie) mają obciążalność prądową wynoszącą 5 A. Przy prądzie o tej wartości w miejscu styku (słabego styku) wydzieli się ciepło zgodnie z zależnością I^2R . Tranzystor bez skutecznego chłodzenia również podgrzewał styki, aż się spalił. Dokładnie nie wiemy, jaki prąd faktycznie popłynął z zasilacza przy obciążeniu. Bo być może większy, a to tym gorzej. Szczególnie niebezpieczna jest praca w stanie zwarcia. O samym tranzystorze też niewiele wiemy, jedynie to, że maksymalna moc strat to 200 W. Nic o dopuszczalnym prądzie. I również o dopuszczalnym napięciu U nic nie wiemy. Możliwe, że tranzystor był przeciążony prądowo lub napięciowo. I to jednocześnie.

2. Niektóre popularne schematy muszą być dostosowane do konkretnych warunków lub wymagać pewnych modyfikacji, aby działały poprawnie. Zwłaszcza schematy z Internetu. Możliwe, że w układzie zasilacza zabrakło ogranicznika prądowego. Chociaż sam ogranicznik prądowy nie zabezpieczy tranzystora przed przegrzaniem. Zwłaszcza, gdy nie będzie właściwie chłodzony.

3. W opisie nie jest podane jaki typ tranzystora został zastosowany, BJT czy MOSFET. W przypadku tranzystorów BJT należy dobór tranzystora dokonać z uwzględnieniem zjawiska wtórnego przebicia. Zjawisko to zasadniczo ogranicza pracę tranzystora. W tym wypadku należy określić bezpieczny obszar pracy tranzystora na podstawie jego charakterystyk. Może się okazać, że do prawidłowej pracy zasilacza potrzeba użycia więcej niż jednego tranzystora. Np. w konstrukcji zasilacza 35 V/5 A użyłem aż 5 tranzystorów MJ15025 o katalogowej mocy strat 250 W każdy. To ze względu na odporność tranzystorów (zasilacza) na zwarcia wyjścia. Wtedy następuje nadmierny skok napięcia i prądu i mogą ulegać uszkodzeniu tranzystory regulacyjne. Ogranicznik prądowy nie zabezpiecza przed tym zjawiskiem w wypadku zwarcia. Zwłaszcza, jeżeli jest ustawiony na maksymalną wartość prądu.

Tadeusz Suszał

Jak odpowiesz? 2305

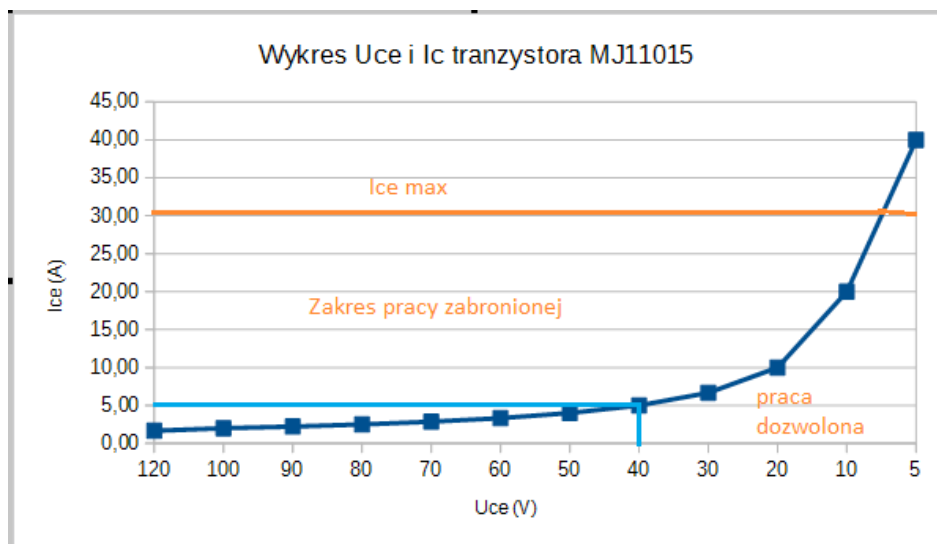
Do rozważenia przyczyny uszkodzenia tranzystora przyjąłem z katalogu tranzystor MJ11015 o parametrach: $U_{ceo} = 120\text{ V}$; $I_{cmax} = 30\text{ A}$; $P_{tot} = 200\text{ W}$; $I_c = 20\text{ A}$. mmy: $P = U_{ce} \times I_c$ stąd $U_{ce} = P_{tot} / I_c$

I_c założone przez projektanta zasilacza = 5 A

$U_{ce} = 200 / 5 = 40\text{ V}$ Takie napięcie jeszcze nie uszkodzi zasilacza o obciążeniu 5 A. Jeżeli napięcie zasilacza będzie wyższe od 40 V to wydzielona moc w tranzystorze będzie wyższa od $P_{tot} = 200\text{ W}$ i uszkodzenie jest bardzo prawdopodobne. Dlatego projektując zasilacz nie możemy przekroczyć mocy P_{tot} .

Andrzej Kubiak

Problemem ewidentnie jest bardzo silne przegrzanie tranzystora i stopienie płytki stykowej, co wynika z braku radiatora. A przecież bez radiatora maksymalna moc strat to żałosne 2...3 waty!



Rysunek 1

Rozwiązanie – Kwestie energetyczne 2305

W ZE 5/2023 przedstawione było poniższe zadanie konkursowe:

Bardzo aktualne są dziś kwestie związane z energią, w szczególności z „darmową energią i pozyskiwaniem energii, a nie wszystkie potoczne wyobrażenia w tym zakresie są prawdziwe i realne. Niektóre aspekty tego aktualnego zagadnienia chcemy zbadać nieco dokładniej.

*Znajomy młody elektronik przeczytał artykuł na temat ogniw Peltiera i dowiedział się, że są one wykorzystywane do wytwarzania energii na przykład na statkach kosmicznych. Zachęcony takimi informacjami planuje budowę termoelektrycznej ładowarki do smartfona na bazie zakupionego właśnie popularnego modułu Peltiera TEC1-12706 o powierzchni 4×4 cm. „Energetyczne” zadanie konkursowe 2305 jest takie: **Jak oceniasz szanse na budowę termoelektrycznej ładowarki smartfona na bazie takiego modułu?***

Zadanie było o tyle trudne, że temat generatorów termoelektrycznych TEG jest mało znany.

Mało kto wie na przykład, że pod koniec lat 50. i w latach 60. bardzo rzadko, ale jednak można było napotkać radioodbiorniki lampowe „na naftę”. Ściślej biorąc były zasilane właśnie baterią wielu ogniw termoelektrycznych rozgrzewanych przez lampę naftową.

Była to konstrukcja radziecka, przeznaczona na tereny nieobjęte elektryfikacją. Rozwiązanie zapewniało światło z lampy naftowej, a dodatkowo wytwarzało energię elektryczną do zasilania radioodbiornika lampowego. Krótką notatkę można znaleźć w „Przekroju”: <https://przekroj.pl/archiwum/artykuly/45550?f=autor:3798>. Dużo więcej informacji znajduje się pod adresem <http://www.douglas-self.com/MUSEUM/POWER/thermoelectric/thermoelectric.htm>, tylko trzeba przewinąć ponad połowę długiej strony. Uczestnicy zadania powątpiewali nie tyle w możliwość, co w sens realizacji termoelektrycznej ładowarki do smartfona. Jeden z nich napisał:

Do wytwarzania prądu z ogniwa Peltiera należałoby zastosować zamiast TEC1-12706 bazujący na zjawisku Seebecka moduł SP1848-27145 (wytwarzając różnicę temperatur między stronami ogniwa wytwarza się napięcie termoelektryczne czyli zjawisko odwrotne niż w ogniwie Peltiera).

Parametry tego modułu: $T = 150^{\circ}\text{C}$ i pozostałe para-



Fotografia 1

metry zależne od temperatury

Ogniwo Peltiera np. TEC1 nie nadaje się praktycznie jako ogniwo termoelektryczne ze względu na delikatniejszą konstrukcję i możliwość pęknięć na skutek naprężeń termicznych ($\Delta T_{\text{max}} = 75^{\circ}\text{C}$).

Ogniwo SP1848 ma $T_{\text{max}} = 150^{\circ}\text{C}$. Wydajność energetyczna tego ogniwa nie jest wysoka i dla 100°C mamy tylko 4,8 V i 0,669 A. Dla np. baterii Samsung 6FS7580 $U = 3,8\text{ V}$ $Q = 5,7\text{ Wh}$

$Q = U \times I \times t$ stąd czas ładowania baterii $t = Q / (U \times I) = 5,7 / (4,8 \times 0,669) = 1,77\text{ h}$ (oryginalna ładowarka zapewnia naładowanie ok. 1,5 h).

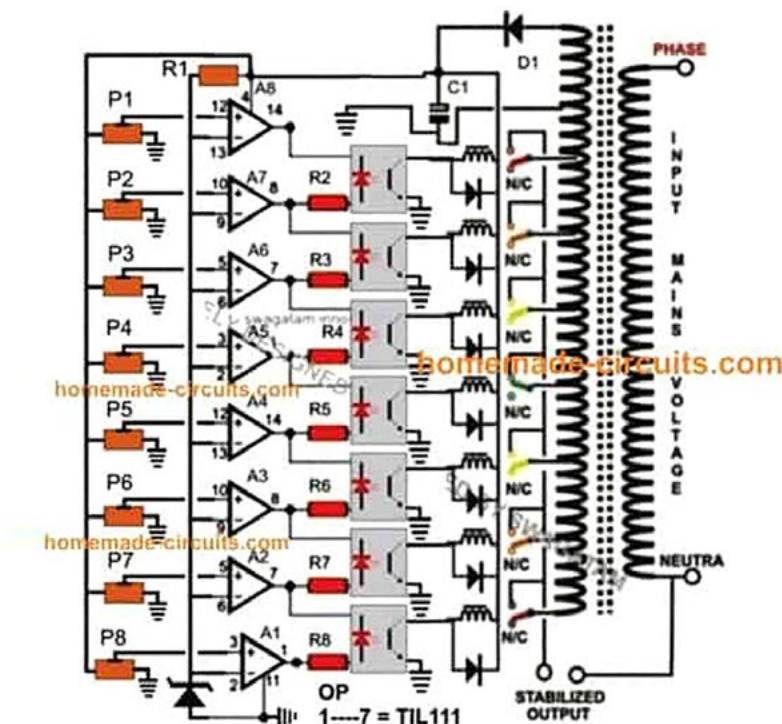
Teoretycznie widać, że można wykorzystać ten moduł do naładowania baterii. Praktyka będzie bardziej skomplikowana, gdyż trzeba zapewnić źródło ciągłej dostawy ciepła o temperaturze 100°C a z drugiej strony ogniwa system chłodzenia (trzeba zbudować system cieplny do zasilania ogniwa – nagrzewnica, pompki obiegowe, chłodnica).

Reasumując powyższe, szansa na zbudowanie termoelektrycznej ładowarki jest, ale sens przedsięwzięcia trzeba byłoby starannie rozważyć.

T (°C)	U (V)	I (mA)
20	0,97	225
40	1,8	368
60	2,4	469
80	3,6	559
100	4,8	669

Tropimy błędy: Automatyczny stabilizator napięcia sieci

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: <https://www.homemade-circuits.com/5-kva-to-10-kva-automatic-voltage-stabilizer-circuit-220-volts-120-volts/>

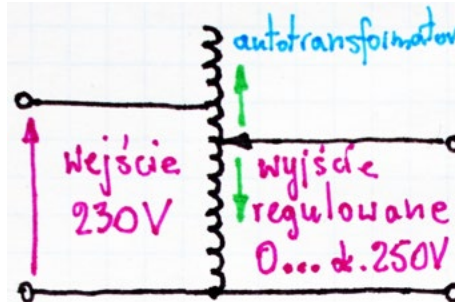
Schemat z powyższego rysunku był przedstawiony w wydaniu ZE z maja roku 2023 w ramach konkursu **Tropimy błędy**, o oznaczeniu KX006.

Konkurs jest zamknięty, rozwiązania można było nadsyłać do końca maja. Oto rozwiązanie.

Tytułem wstępu należy dodać, że powyższy schemat automatycznego stabilizatora napięcia sieci energetycznej pochodzi z niewyczerpanego źródła zaskakujących pomysłów – ze strony prowadzonej przez osobę, podającą się za inżyniera.

Jest to, a raczej ma być, schemat stabilizatora o ogromnej mocy – 5 do 10 kilowoltoamperów. Według opisu, układ przeznaczony jest do stabilizacji napięcia sieci (120 V lub 220 V) dla urządzeń domowych. Może zwiększać lub zmniejszać napięcie, by niezależnie od wahań napięcia sieci, zasilane przez ten stabilizator urządzenia domowe dostawały napięcie o wartości zbliżonej do nominalnego.

Podstawowa idea jest znana i stosowana od lat. Mamy przemienne napięcie sieci energetycznej, nieważne o jakim napięciu: 100 V, 120 V, 220 V czy 230 V. Wartość napięcia można zmniejszyć lub zwiększyć wykorzystując autotransformator. Idea pokazana jest na **rysunku 1**. Tu napięcie można regulować płynnie (z dokładnością do napięcia występującego na jednym zwoju), od zera do wartości większej niż napięcie sieci. Autotransformatory były i są w użyciu, jednak w praktyce wykorzystywane są też wersje uproszczone.



Rysunek 1

Rysunek 2 pokazuje wersję skrajnie uproszczoną: mamy transformator z pojedynczym uzwojeniem wtórnym. Jego uzwojenie pierwotne jest na stałe dołączone do sieci. Na uzwojeniu wtórnym występuje napięcie przemienne. Zależnie od sposobu dołączenia, na wyjściu uzyskujemy napięcie albo wyższe, albo niższe o wartość napięcia uzwojenia wtórnego.

Większe możliwości oferuje zastosowanie transformatora, w którym uzwojenie wtórne ma szereg odczepów według **rysunku 3**. Takie rozwiązania były stosowane do podwyższania napięcia sieci w czasach, gdy często bywało ono znacznie niższe od nominalnego wtedy 220 V. Dziś też bywają stosowane, głównie w starych, lampowych radiach i innym dawnym sprzęcie 220-woltowym dla zmniejszenia napięcia sieci, które dziś ma nominalnie 230 V, a w rzeczywistości często znacznie więcej.

Moc takiego transformatora nie musi być duża – ze stabilizatora można pobrać prąd taki, na jaki pozwala uzwojenie wtórne transformatora.

Rysunek 3 doprowadza do analizowanego w konkursie rysunku tytułowego, rysunku, który powstał w Indiach, gdzie zapewne występują tego rodzaju kłopoty. Sens proponowanego rozwiązania jest taki, że w danej chwili wybrany i wykorzystany zostaje jeden z odczepów. Realizuje to jeden z przełączników. Przełączniki są sterowane przez komparatory i transoptory. Wartości napięć przełączania ustalane są za pomocą szeregu potencjometrów.

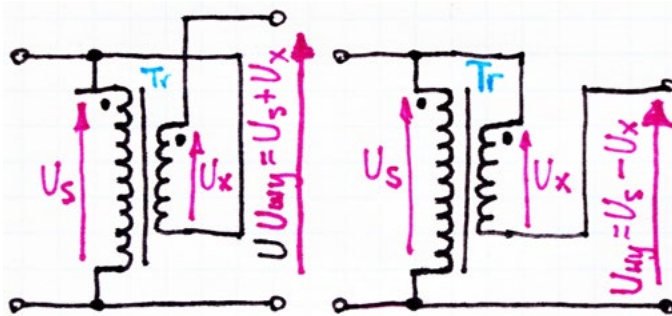
Podstawowa koncepcja dodawania czy odejmowania napięcia ma więc uzasadnienie. Problem tylko w tym, czy taki układ nie zawiera jakichś błędów?

Krótką ogólną oceną projektu

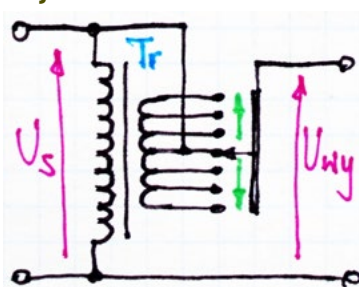
Uczestnicy konkursu jednomyślnie stwierdzili, że zaprezentowany schemat jest całkowicie błędny i że zarówno on, jak i dołączony opis, poważnie wprowadzają w błąd osoby mniej zorientowane i że próba realizacji takiego wynalazku może być śmiertelnie groźna.

Tadeusz Suszał z Warszawy napisał:

1. Napięcie wyjściowe tego „pomysłowego” stabilizatora opartego na transformatorze nie może zawierać się między wtórną i pierwotną stroną transformatora. W ten sposób uzyskamy na wyjściu 0 V. Napięcie wyjściowe uzyskamy między końcówkami uzwojenia wtórnego.



Rysunek 2



Rysunek 3

Napięcie strony wtórnej transformatora nie ma odniesienia do przewodu neutralnego „zera”. Na tym polega

zasada działania transformatora separecyjnego, że nie ma zagrożenia względem „ziemi”.

2. Zadeklarowana wartość mocy to nawet 10 kVA. Wymaga to dużego transformatora. Tak duża moc jest związana z dużymi prądami, a to narzuca stosowanie odpowiednich przełączników instalacyjnych lub nawet styczników na prądy nie mniej niż 50 A (dla napięcia 230 V).

Z tym się wiąże przeprojektowanie układu sterowania. Wersja druga przewiduje zastosowanie przełączników półprzewodnikowych, co jest lepszym rozwiązaniem, choćby ze względu na to, że w przełącznikach elektromechanicznych styki odbijają podczas włączania, tworząc oscylacje sygnału. W wersji pierwszej z przełącznikami elektromechanicznymi zastosowano transoptor TIL111. Mam poważne wątpliwości co do wyboru takiego transoptora do pracy w tym miejscu ze względu na parametry fototranzystora, zarówno jeżeli chodzi o jego dopuszczalne napięcie $U_{CE} = 30 \text{ V}$ oraz na dopuszczalny prąd i moc, aby mógł on współpracować z przełącznikiem elektromagnetycznym dużej mocy. Tym bardziej wybór przełączników półprzewodnikowych wydaje się uzasadniony.

3. W opisie jest podane, że odczepy transformatora są zrobione co 25 V. Takie rozwiązanie skutkuje zbyt dużym skokiem napięcia podczas regulacji. Regulacja nie może odbywać się z takim skokiem.

4. Przy takim skokowym rozwiązaniu regulacji napięcia zachodzi niebezpieczeństwo częstego przełączania odczepów transformatora raz w „dół”, raz w „górę”. Z punktu widzenia obciążenia takie skoki napięcia o 25 V są niedopuszczalne. Oprócz tego zachodzi niebezpieczeństwo przepięć indukowanych podczas przełączania.

5. Zagłębiając się w elektronikę układu należy zwrócić uwagę, że na wejście IN(–) nie można podać napięcia z uzwojenia, jak pokazano to na rysunku. Należy zastosować oddzielne źródło napięcia referencyjnego. Nad doбором rezystorów też należy się zastanowić, czy nie należy zwiększyć ich wartości.

6. Również budzi moją wątpliwość kolejność przełączania odczepów w zależności od zmiany napięcia sieci. Czy zachodzi właściwie, to znaczy, że wzrost napięcia

przełącza w „dół” a spadek w „górze”. Bo mam wrażenie, że według przedstawionego rysunku będzie odwrotnie.

7. W opisie na stronie internetowej użyto sformułowania „łatwy do zbudowania”. Łatwy nie jest, a to co widzimy na rysunku, bez względu na działanie, jest na dodatek niebezpieczne. Praktycznie stabilizatory takie, które można nabyć mają moc 3–5 kVA. Choć i na 10 kVA też spotkałem:

<https://www.morele.net/qoltec-qoltec-50727-automatyczny-stabilizator-napięcia-avr-10000va-12457253/>

Raczej takie urządzenia służą do stabilizacji napięcia przy zasilaniu z agregatów prądotwórczych, o ile sam agregat nie posiada takiej stabilizacji.

Mamy również polskiej produkcji:

<https://voltpolska.pl/zasilanie-awaryjne/avr-3000-3000va-stabilizator-napięcia-sieciowego.html>

W stabilizatorach napięcia 230 V, regulacja napięcia jest zazwyczaj osiągana za pomocą dwóch głównych metod: regulacji ciągłej (analogowej) lub regulacji impulsowej (cyfrowej).

W przypadku regulacji ciągłej w stabilizatorach napięcia, wykorzystuje się urządzenia elektromechaniczne, takie jak autotransformatory lub transformatory z uzwojeniem regulacyjnym. Na stronie pokazano jak wygląda taki stabilizator w środku:

<https://www.kebopower.com/servo-type-automatic-voltage-stabilizer-mdr-0-5-1-1-5-2-3-5kva-with-3-high-precision>

Regulacja impulsowa jest bardziej zaawansowaną metodą, w której stosuje się układy elektroniczne, takie jak mikrokontrolery, przetworniki impulsowe (np. przetworniki impulsowe szerokości impulsów – PWM) i inne elementy elektroniczne.

Tadeusz Suszał

Interesujące, niecodzienne rozwiązanie nadesłał **Aleksander Kawęczyński**, który zaczął tak:

Witam! Schemat przypomina mi grafikę <https://www.deviantart.com/jeffleejohnson/art/Blue-Plate-Special-661961724> – im dłużej się przyglądasz, tym bardziej przerażająco wygląda. Pokróćce:

1. Uzwojenie wtórne transformatora jest odizolowane od obwodu pierwotnego, więc nie ma szansy by obwód się zamknął i zasilił obciążenie. Należałoby połączyć jeden koniec (tej samej „polaryzacji” uzwojenia wtórnego do N).

2. Tak skonstruowany układ może zwierzać ze sobą kolejne sekcje uzwojeń (a przynajmniej jest takie ryzyko). To jest najistotniejsza kwestia, całkowicie przekreślająca projekt. Czym się skończy zwarcie uzwojenia – nie trzeba mówić.

3. W zasadzie nie będzie zwierzać, gdyż transoptory absolutnie nie będą w stanieysterować nawet

małych przekładników, tym bardziej takich na styki >80 A (10 kVA / 120Vrms), czyli w zasadzie styczników.

4. Transoptory nie mają sensu, gdyż niczego nie izolują. Podążając myślą autora, należałoby użyć tranzystorów / darlingtonów.

5. Zastanowiłbym się, czy taka konstrukcja (nawet po poprawkach) nie spowodowałaby błędnego działania zabezpieczenia różnicowoprądowego.

6. Regulacja progów napięć musiałaby być istnym koszmarem, zwłaszcza że nic nie stoi na przeszkodzie, aby „pomieszać” kolejność progów napięć.

7. Brak histerezy oraz filtracji napięcia badanego – przekładniki będą cykać jak szalone.

Jeszcze jedna kwestia: proponowanie amatorom budowy urządzeń na tego rzędu moce (10 kVA!), oraz zastosowania (zasilanie całego domu), uważam za co najmniej nieroztropne, a mówiąc wprost, skandaliczne i niedopuszczalne. Pomijam koszty takiego transformatora. Grozy dodaje fakt, że podana strona proponuje samodzielną budowę czegoś takiego.

Pozdrawiam / Best Regards,
Aleksander Kawęczyński

Wróćmy do wspomnianej przerażająco wyglądającej grafiki (**rysunek 4**), która rzeczywiście idealnie pasuje do analizowanego schematu. Podany link prowadzi do wersji o niezbyt dużej rozdzielczości. Warto dokładnie obejrzeć ten obraz. Poniżej linki do wersji o większej rozdzielczości. Pierwszy:

<https://preview.redd.it/0tb3ybvfhfen61.jpg?auto=webp&s=c1f62ae9b91a9e5c15bf53db2db659d4355bebe0>

i drugi: <https://pbs.twimg.com/media/EYPKEYmWA-AAzXmw?format=jpg&name=4096x4096>

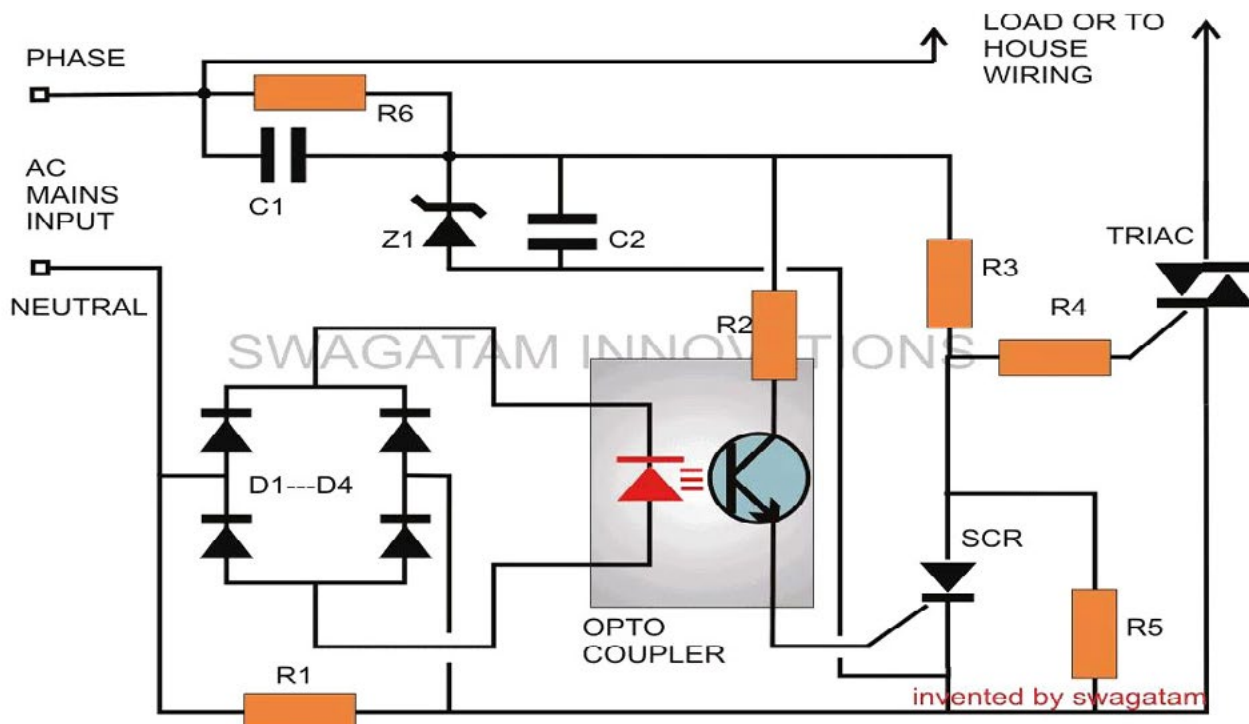
Piotr Górecki



Rysunek 4

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/>

Według opisu, 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 przekątnika, którego styki w przypadku zwarcia mogą nie spełnić swojej roli z uwagi na wystąpienie silnego iskrzenia i łuku.

W ramach konkursu **Tropimy błędy KX008** 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 lipca 2023 na adres: 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 przysyłasz rozwiązanie, możesz też zgłosić jakiś inny błędny schemat, który mógłby zostać przeanalizowany w ramach któregoś z następnych wydań tego konkursu.



Pomiar parametrów lamp – szybko, łatwo i przyjemnie

Jeżeli uważasz, że budowa układów lampowych i pomiar ich parametrów to zadanie zbyt trudne dla Ciebie, zapoznaj się z tym artykułem! Proponowane proste sposoby pomogą Ci zmierzyć różne katalogowe parametry lamp oraz – co ważne w praktyce – dobrać egzemplarze lamp o jednakowych charakterystykach.

Pomiary emisji
Pomiary parametrów S, Ri, K

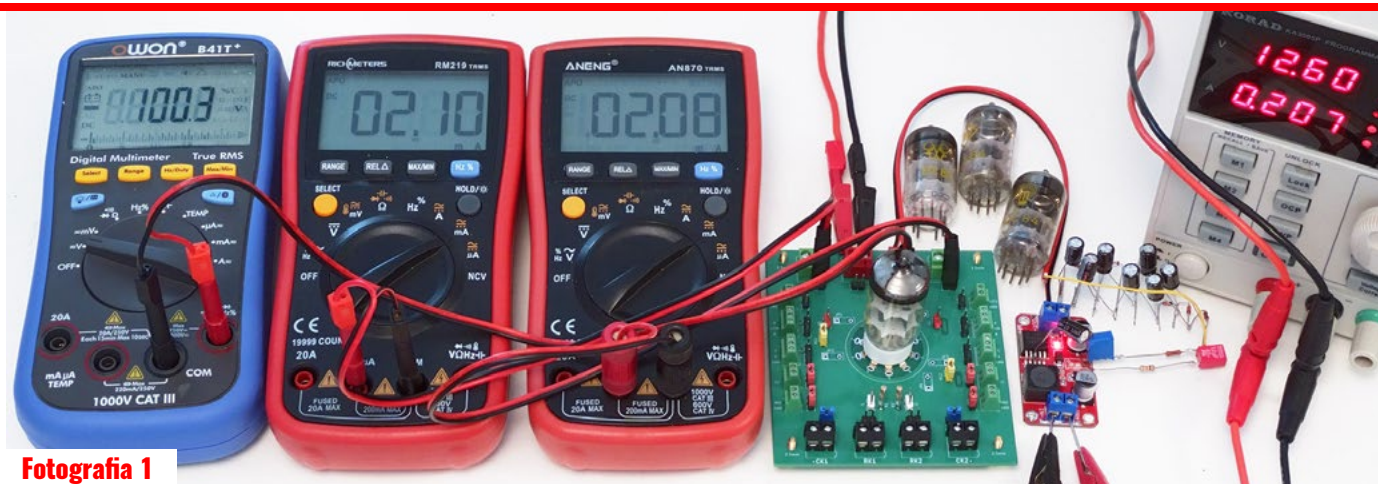
Pomiar prądu siatki

Niniejszy artykuł jest jednym z serii przeznaczonych dla osób, które chciałyby bez stresu rozpocząć przygodę z lampami elektronowymi. Wcześniej, w artykule [Twój pierwszy wzmacniacz lampowy](#), podane były przykłady i konkretne wskazówki, jak można łatwo zbudować najprostszy (przed)wzmacniacz lampowy, i to zasilany bezpiecznym napięciem 12 V. W artykule [Pomiary 12-woltowego wzmacniacza lampowego](#) przedstawione były zachęcające wyniki jego pomiarów. Uzupełnieniem dla zupełnie początkujących był artykuł [Lampy elektronowe – podstawowe informacje](#).

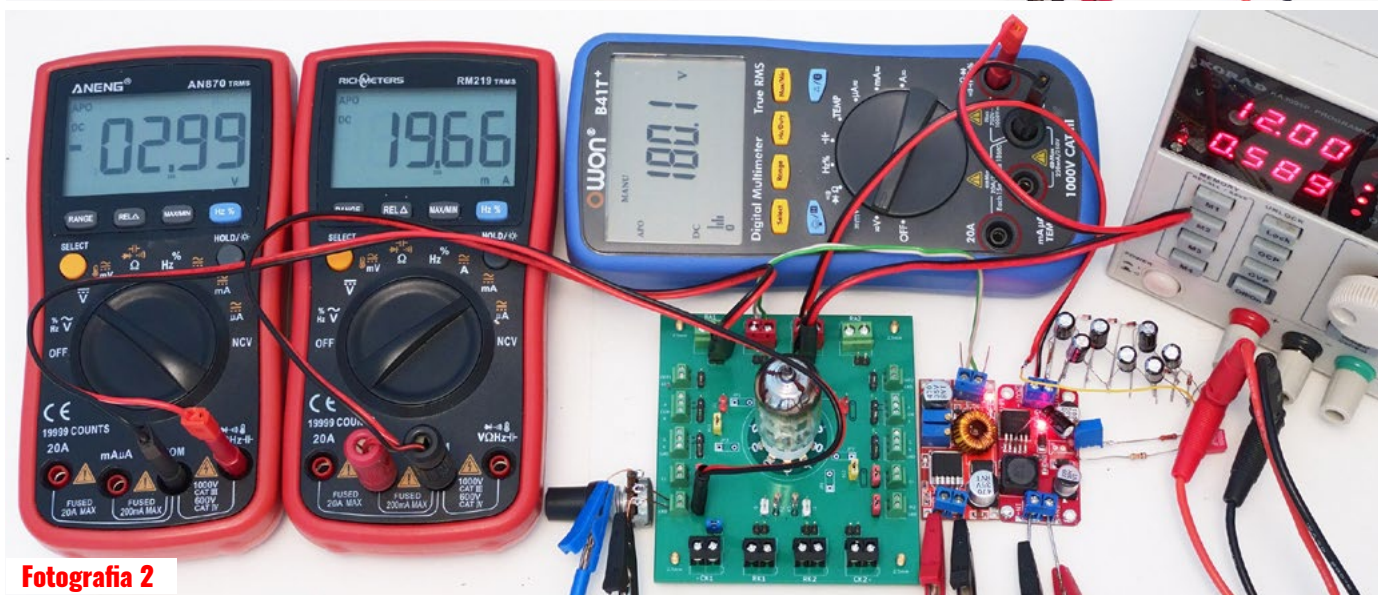
W niniejszym artykule robimy kolejny krok. Wykorzystujemy przetwornicę impulsową opisaną w artykule [Przetwornice do zasilania układów lampowych](#), co pozwala na pracę przy napięciach anodowych co najmniej do 200 V, a gdyby było trzeba, to nawet więcej.

Ja do opisanych dalej pomiarów i testów wykorzystałem specjalnie do tego zaprojektowaną płytkę drukowaną, na której nieprzypadkowo jest wiele złącz śrubowych i goldpinów. Płytkę jak najbardziej zdała egzamin, ale po wielu wstępnych testów tego pierwotnego modelu pokazanego na fotografiach, celowe okazało się jej ulepszenie, żeby uczynić ją jeszcze bardziej uniwersalną, szczególnie do budowy eksperymentalnych (przed)wzmacniaczy.

Taka ulepszona wersja zostanie szczegółowo omówiona w oddzielnym artykule. Dlatego tutaj nie jest omawiana budowa płytki, a tylko przedstawione są proste sposoby pomiarów najważniejszych parametrów lamp elektronowych na przykładzie triod z rodziny ECC8x i PCC8x. Oczywiście tak samo można mierzyć parametry rozmaitych innych triod.



Fotografia 1



Fotografia 2

Pomiary podstawowych, najważniejszych katalogowych parametrów lamp można przeprowadzić dziecinnie prosto. **Fotografia 1** pokazuje pomiar emisji obu sekcji, czyli obu triod, używanej lampy ECC83. Przy napięciu siatki równym zeru i napięciu anodowym wynoszącym 100 V woltów (co pokazuje niebieski multimetr) prąd anodowy jednej sekcji lampy ma wartość 2,10 mA, a drugiej 2,08 mA.

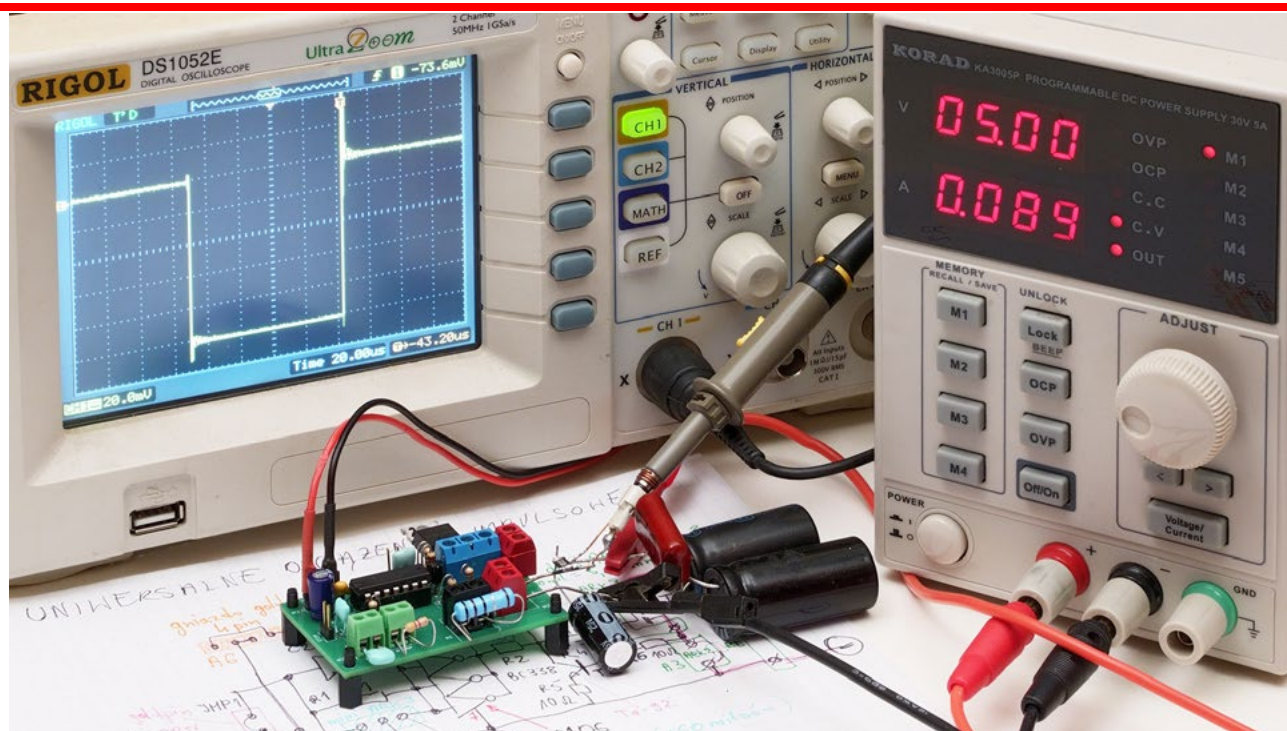
Według katalogu w takich warunkach prąd powinien wynosić 2,1 mA. Mierzona lampka jest jak nowa i na dodatek wygląda na to, że obie sekcje są niemal identyczne, co jak wiadomo, jest istotną zaletą, a wcale nie jest powszechne.

Fotografia 2 pokazuje układ skonfigurowany do pomiarów kluczowych parametrów triody: nachylenia charakterystyki (transkonduktancji) S i rezystancji wewnętrznej R_i (ρ), co potem błyskawicznie pozwala obliczyć współczynnik amplifikacji (wzmocnienia) K .

Pomiary parametrów lamp są wręcz dziecinnie łatwe. **Fotografia 3** pokazuje pomiar prądu siatek obu sekcji lampy PCC88 przy ujemnym napięciu siatki względem katody ($-0,6$ V). Wbrew powszechnym wyobrażeniom, przy takim ujemnym napięciu między siatką i katodą, prąd siatki nie jest wcale równy zeru, nie jest też ujemny, jak można byłoby się spodziewać, ale jest dodatni – wpływa do siatki i w jednej triodzie ma stosunkowo dużą wartość 1,68 μ A.



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



Mój uniwersalny tester impulsowy

Mój? A po co mi uniwersalny tester impulsowy? Otóż okaże się niezbędny do mnóstwa pożytecznych zastosowań! Nazwa niewiele mówi, ale ten układ jest genialną pomocą przy testowaniu wielu elementów i układów: wszelkich zasilaczy, przetwornic, baterii, akumulatorów oraz półprzewodników dużej mocy.

Obciążające źródło prądowe

Zasilające źródło prądowe

Uniwersalne impulsowe źródło prądowe

Zasilające źródło prądowe

Optymalizacja wartości i kształtu impulsów

Rozważania projektowe

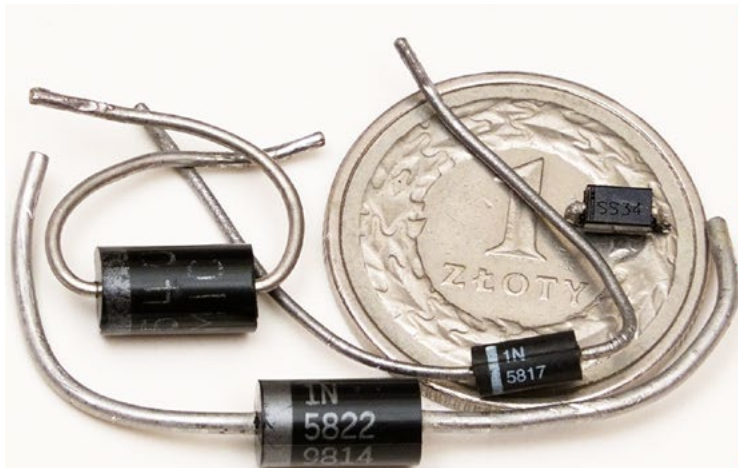
Opisany tu prosty układ, pokazany na **fotografii tytułowej** już dawno był planowany jako tester baterii, akumulatorów i zasilaczy, a w szczególności miał służyć do sprawdzania właściwości dynamicznych wszelkich przetwornic impulsowych.

Jak najbardziej będzie wykorzystywany w tej roli, co tu tylko sygnalizuję, a co przedstawione jest dokładniej w oddzielnych artykułach.

Okazało się jednak, że układ znajdzie też szeregi innych zastosowań. Otóż artykuły dotyczące chińskich podróbek elementów półprzewodnikowych wzbudziły duże zainteresowanie kwestią

wykrywania podrobionych tranzystorów bipolarnych dużej mocy oraz innych elementów półprzewodnikowych o dużym prądzie pracy.

Podrabiane chińskie elementy pracują, ale główny problem w tym, że umieszczane są w nich struktury półprzewodnikowe o powierzchni dużo mniejszej niż w oryginałach. Najprościej biorąc, tanie podróbki są małe, słabe i nie mogą pracować przy tak dużych prądach jak oryginały. I właśnie opisane w tym artykule impulsowe źródło prądowe pozwoli łatwo odróżnić oryginały od falsyfikatów dzięki testom przeprowadzonym przy dużych prądach pracy.



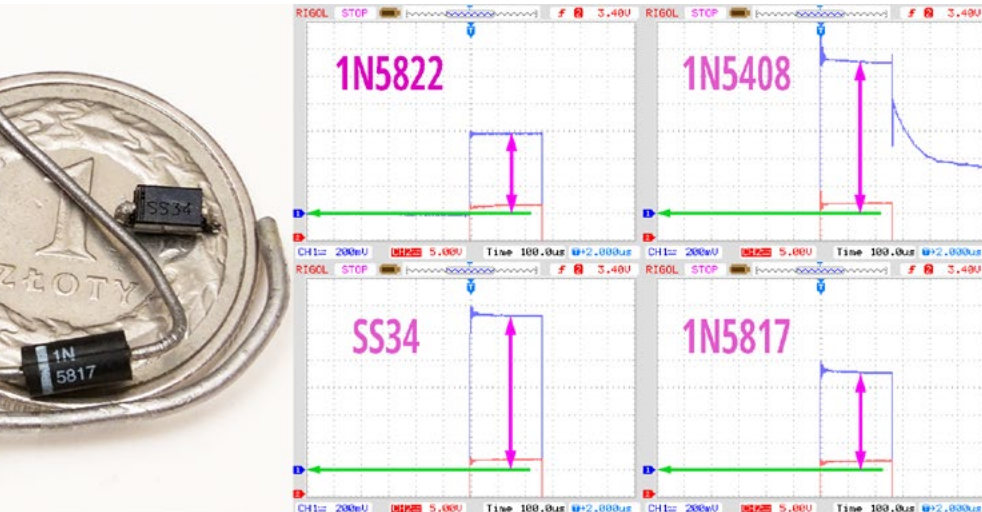
Fotografia 1

Fotografia 1 pokazuje przykład wykrycia za pomocą impulsów 10-amperowych falsyfikatu: diody oznaczonej SS34, która powinna być 3-amperową diodą Schottky'ego. A jej napięcie przewodzenia okazuje się nawet większe niż 1-amperowej 1N5817.

Fotografia 2 przedstawia pomiar dwóch akumulatorów przy impulsie prądu obciążenia 10 A, gdzie fioletowe strzałki wskazują wielkość rezystancji wewnętrznej. Zielony, dolny akumulator ma wbudowane elektroniczne zabezpieczenie (protection), dlatego przebiegi są takie dziwne.

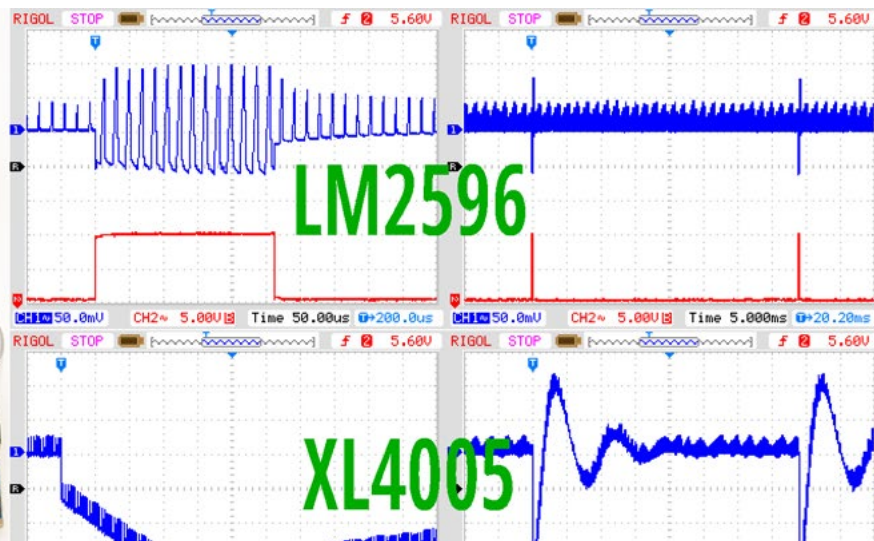
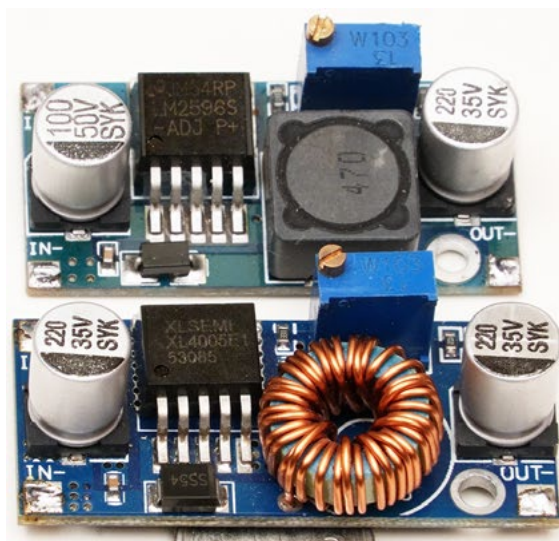
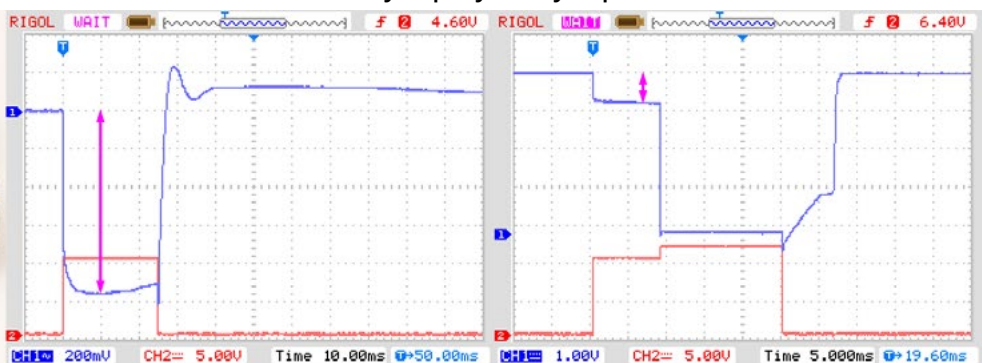


Fotografia 2



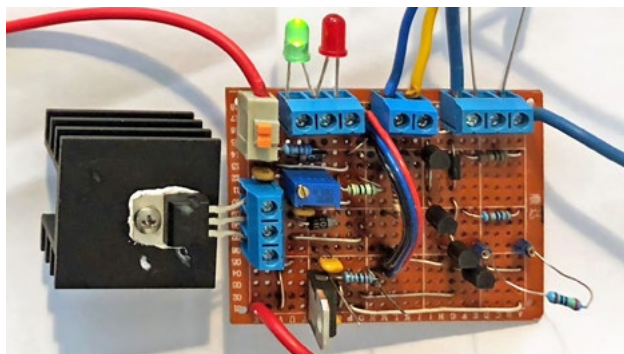
Fotografia 3 pokazuje pomiar dwóch niemal identycznych przetwornic impulsowych z kostkami LM2596 i XL4005. W tym przypadku mniej interesuje nas wyjściowa rezystancja wewnętrzna, a bardziej odpowiedź na impuls obciążenia, bowiem w ten sposób można najprościej ocenić skłonność do oscylacji i inne parametry dynamiczne.

W oddzielnych artykułach przedstawione są dalsze szczegóły. Opisywany uniwersalny impulsowy tester jest prosty w obsłudze i pozwala też zrealizować wiele innych pożytecznych pomiarów i testów.



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

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



Wspólnie projektujemy: Ogranicznik prądowy do LM317

Stabilizacja prądu
Wstępna koncepcja układowa

Uwagi do zasilacza po wstępnych testach

W cyklu konkursowym **Wspólnie projektujemy** realizujemy zasilacz warsztatowy. Wprowadzeniem był artykuł: Projektowanie zasilacza liniowego. Rozważania wstępne. Dalsze informacje znajdują się tutaj. A poniżej przedstawione jest rozwiązanie konkursu YK005 dotyczącego ogranicznika prądu.

Zaprojektowanie nawet prostego zasilacza wcale nie jest łatwym zadaniem. Dlatego projektowanie praktycznie użytecznego zasilacza warsztatowego rozłożyliśmy na kilka etapów. Rozwiązany już konkurs YK001 dotyczył podstawowego schematu stabilizatora napięcia. W tej kwestii mamy więc już jasność, a zgodnie z zapowiedzią, w następnej kolejności chcemy dodać też obwód ogranicznika, a może raczej stabilizacji prądu.

Przedstawione w kwietniowym numerze czasopiśma zadanie konkursowe oznaczone YK005 brzmiało: **Zaproponuj obwody ogranicznika prądowego czyli stabilizatora prądu dla zasilacza warsztatowego z układem LM317.**

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

Stabilizacja prądu

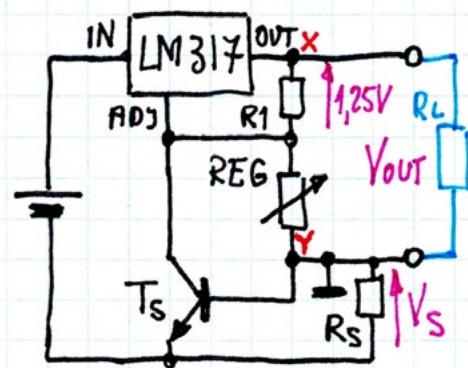
Otóż oczywiście LM317 ma wbudowane w strukturę półprzewodnikową obwody ograniczania prądu, ale nie jest to ogranicznik prądu, jaki jest potrzebny w zasilaczu warsztatowym. Wbudowany obwód ogranicznika ma głównie chronić układ scalony przed uszkodzeniem. Maksymalny prąd stabilizatora zależy od temperatury, ale przede wszystkim od różnicy napięć między wejściem a wyjściem.

Ogólnie biorąc, próg ograniczania prądowego leży powyżej 1,5 ampera. Jednak przy dużej różnicy napięć między wejściem a wyjściem, próg ograniczania jest niższy. Nie sposób tego kontrolować, a jeżeli to ma być praktycznie użyteczny zasilacz warsztatowy, to powinien mieć bardziej sensowne obwody ogranicznika prądu. Zwykle **ogranicznik prądu** może też pełnić rolę **stabilizatora prądu**. A to cenna właściwość, bo mamy od razu i zasilacz napięciowy, i zasilacz prądowy.

Dlatego w zasilaczu z kostką LM317, który stopniowo wspólnie projektujemy, chcemy zrealizować regulowany ogranicznik – stabilizator prądu.

Jedna sprawa to podstawowa idea realizacji takiej funkcji. Druga to kłopoty z jej praktyczną realizacją.

Jeżeli chodzi o podstawową ideę realizacji ogranicznika prądowego w prostym i tanim zasilaczu zawierającym kostkę LM317, na pewno należy odrzucić skomplikowane i kosztowne rozwiązania i pozostać przy nieoptymalnej, ale najprostszej idei pokazanej na **rysunku 1**.



Rysunek 1

Normalnie układ utrzymuje między punktami oznaczonymi X, Y napięcie ustawione za pomocą potencjometru REG. Gdy jednak prąd obciążenia, czyli też spadek napięcia na R_s wzrośnie powyżej 0,6...0,7V, zacznie się otwierać tranzystor T_s i jego kolektor obniży napięcie w punkcie Z, a tym samym zmniejszy napięcie i prąd wyjściowy.

Uzyskamy ogranicznik o prądzie zadziałania $I = (0,6...0,7V) / R$. Wszystko dobrze, tylko nie zmniejszy on napięcia wyjściowego do zera. Nie wchodząc w szczegóły: taki ogranicznik nie spełni swojej funkcji w przypadku zwarcia wyjścia. W wersji z rysunku 1 przy zwarciu wyjścia zapewne zostanie spalone złącze baza-emiter tranzystora T_s jeśli będzie to element małej mocy.

Spaleniu małego tranzystora można zapobiec wstawiając dodatkowy rezystor np. w obwodzie bazy, ale jest to półśrodek.

Problemu nie będzie, gdy także w warunkach zwarcia, ogranicznik zdoła prawidłowo zmniejszyć napięcie wyjściowe U_{OUT} do zera. Na **rysunku 2** pokazany jest idealizowany przypadek w stanie zwarcia wyjścia zasilacza. W układzie z rysunku 1 ograniczanie następowało, gdy napięcie na rezystorze R_s wzrosło do 0,6...0,7V, a w układzie z rysunku 2 nastąpi to dopiero przy wzroście napięcia na R_s do 1,25V. Uzyskujemy to przez dodanie w obwodzie bazy (hipotetycznej) diody Zenera o napięciu tak dobranym, żeby otwieranie tranzystora T_s następowało przy napięciu 1,25V.

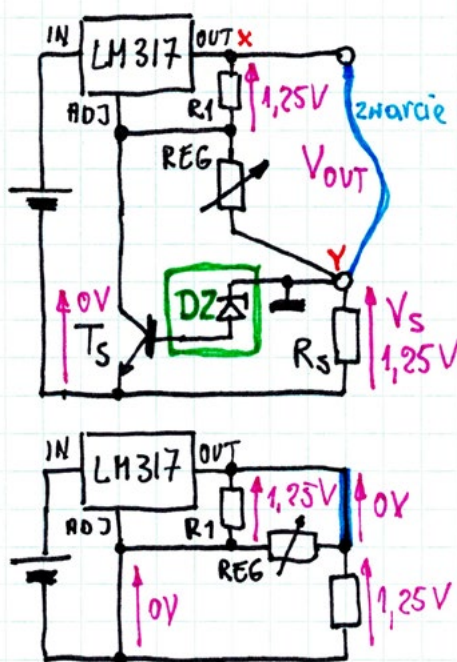
To idealny przypadek – z kilku względów napięcie to powinno być nieco większe od 1,25V. Wtedy nie będzie problemu i układ będzie prawidłowo pełnił funkcję ogranicznika nawet przy zwarciu wyjścia.

To jest proste ale nieekonomiczne rozwiązanie. W przypadku zasilacza 10-amperowego byłoby nie do przyjęcia, bo w rezystorze R_s przy prądzie 10A wydzieliliby się ponad 12,5 wata mocy strat.

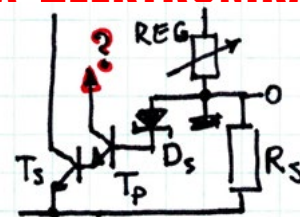
Jednak można to dopuścić w tanim zasilaczu o prądzie co najwyżej 1 A, bo wtedy straty mocy w R_s będą akceptowalne, co najwyżej rzędu 1,25 wata.

Wracamy do rysunku 2. Najprościej biorąc, należałoby zastosować tranzystor T_s o napięciu progowym $V_{BE} = 1,25V$, co od razu kieruje uwagę na układ Darlingtona.

Trzeba jednak podkreślić, że w takim ograniczniku, zgodnie z **rysunkiem 3**, nie można zastosować ani układu Darlingtona, ani układu scalonego TL431 w wersji 1,25V, który zachowuje się jak tranzystor o napięciu V_{BE} dokładnie 1,25V. Nie można z uwagi



Rysunek 2



Rysunek 4

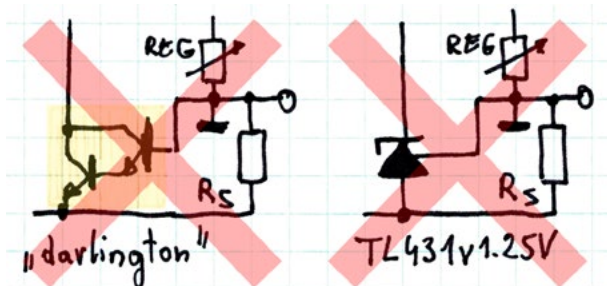
na duże napięcie nasycenia. W ograniczniku tranzystor T_s musi mieć znikomą małe napięcie nasycenia.

A to prowadzi do rozwiązania według **rysunku 4**. Dwa oddzielne tranzystory w układzie podobnym do Darlingtona mają napięcie progowe V_{BE} nieco powyżej 1 wolta, ale mniej niż w tym

wypadku potrzeba. Potrzebny dodatkowy spadek napięcia można uzyskać różnie. Na przykład za pomocą dodatkowej diody Schottky D_s . Trzeba też ograniczyć prąd tranzystora T_p , co można zrealizować różnie. Kolektor T_p można byłoby dołączyć do punktu oznaczonego jako masa wyjściowa, ale są lepsze wersje. Zamiast diody D_s można byłoby włączyć rezystor między emiterem T_p i bazą T_s , co miałoby i zalety, i wady.

Warto, a nawet trzeba, przeanalizować i wypróbować różne rozwiązania, ponieważ układ ogranicznika prądu może sprawiać różne kłopoty.

Otóż bardzo często zdarza się, że zasilacz pięknie stabilizuje napięcie, natomiast po przejściu w tryb stabilizacji prądu zaczyna się wzbudzać. Dokładne wyjaśnienie przyczyn wymagałoby kilku artykułów. Najprościej biorąc, przyczyną są opóźnienia związane z obecnością w układzie pojemności (obwodów opóźniających RC). Stabilizator to układ z ujemnym sprzężeniem zwrotnym i w pewnych warunkach wspomniane opóźnienia zmieniają charakterystykę fazową, przez co sprzężenie zwrotne z ujemnego staje się dodatnie. Dodatnie sprzężenie zwrotne powoduje, że układ staje się generatorem.



Rysunek 3

Wiele zależy od wspomnianych pojemności zawartych w układzie, ale też od wzmocnienia.

Czym większe wzmocnienie (w pętli sprzężenia), tym większy może być problem z samowzbudzeniem, czyli z zamianą stabilizatora w generator.

W układach z rysunku 2, 4 mamy dwie oddzielne pętle sprzężenia zwrotnego: jedną do stabilizacji napięcia, głównie wewnątrz kostki LM317, i drugą, która ujawnia się dopiero przy zadziałaniu ogranicznika prądu. I właśnie wtedy w systemie daje o sobie znać duże wzmocnienie tranzystora T_s ($T_s + T_p$), które może doprowadzić do wzbudzenia oscylacji.

To bardzo trudny temat i nie sposób podać krótkiej recepty na uniknięcie drgań. Jeden kierunek to zmniejszenie wzmocnienia tranzystora, drugi to zmiana charakterystyki fazowej przez zastosowanie odpowiednio ułożonego dodatkowego kondensatora lub obwodu RC.

W każdym razie doświadczenie uczy, że nawet prosty obwód ogranicznika prądowego najprawdopodobniej spowoduje kłopoty z samowzbudzeniem, które trzeba będzie pokonać.

W zasadzie tyle informacji wstępnych wystarczyłoby w kwestii ogranicznika. Ale wiążą się z tym także liczne inne szczegóły.

Wstępna koncepcja układowa

Przygotowując się do tego cyklu o projektowaniu prostego zasilacza warsztatowego zrobiłem niezbyt staranny szkic, pokazany na **rysunku 5**. Mamy tu układ z rysunku 4 z elementami D3, T2, T3. Obok, czy może zamiast diody D3 być może trzeba będzie dodać rezystor R4 oraz kondensator C4, albo opóźniający działanie ogranicznika, czyli włączony jak na rysunku, albo może równolegle do R4, by walczyć z samowzbudzeniem. Do walki z samowzbudzeniem być może potrzebny będzie kondensator C3, który też polepsza stabilizację napięcia.

Do walki z samowzbudzeniem może być potrzebny rezystor w emiterze T3. W układzie przewidziałem przełączanie zakresów ogranicznika prądowego za pomocą MOSFET-ów włączających dodatkowe rezystory R_{S1} , R_{S2} .

Na tej samej zasadzie MOSFET-y mogą służyć do programowania kilku wartości napięcia wyjściowego – ich źródła będą dołączone nie do ujemnej szyny zasilania, tylko „za rezy-

stancją R_s , do masy wyjściowej układu.

Tranzystor T1 to wstępne obciążenie stabilizatora, absolutnie konieczne z uwagi na dużą wartość $PR1+R1$. Typowo LM317 do prawidłowej pracy wymaga obciążenia prądem 3,5mA, a niektóre egzemplarze w najgorszych warunkach pracy nawet 10mA.

T1 wraz z R2 i R3 to źródło prądowe. W kolektor T1 nie można włączyć kontrolki LED, bo gasłaby ona przy najniższych napięciach wyjściowych.

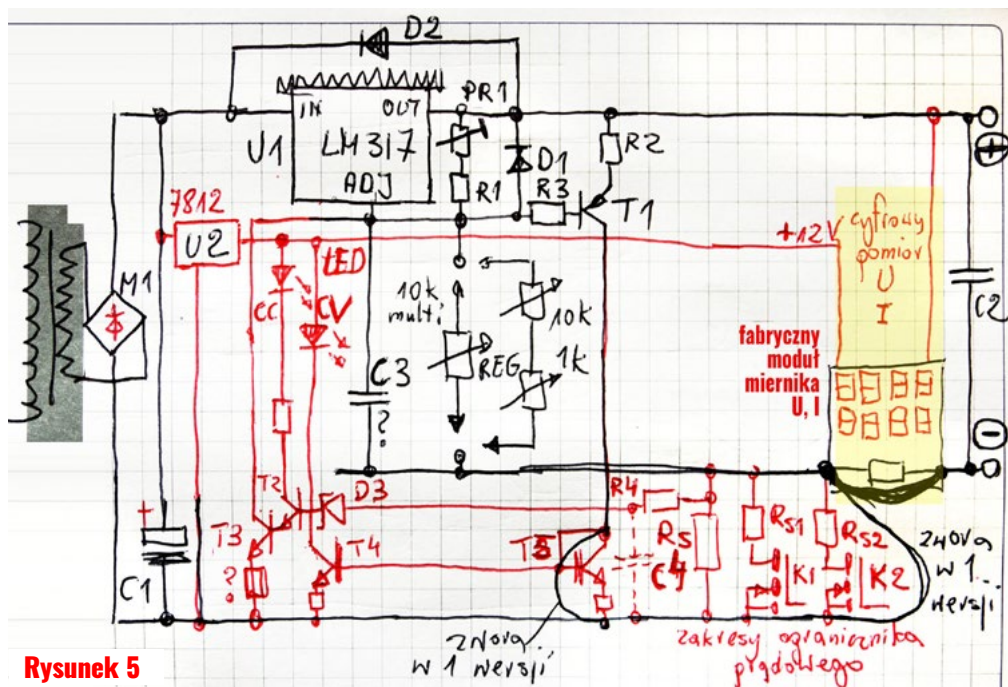
Jednak kontrolkę warto mieć i jest to dioda LED oznaczona CV (Constant Voltage). Zasilana jest z jednej strony za pośrednictwem lustra prądowego T4, T5, a z drugiej strony z pomocniczego stabilizatora 7812 lub 7809.

W układzie jest też druga kontrolka CC (Constant Current, która sygnalizuje, że zasilacz stabilizuje prąd, a nie napięcie. Kontrolka CC świeci, gdy działa ogranicznik prądu.

Na rysunku 5 kontrolki CV, CC są włączone w bodaj najprostszy sposób. Jednak łatwo można tak zmodyfikować układ, żeby nie świeciły razem, tylko na przemian. Ogólnie biorąc, prąd zasilania obydwu diod LED powinien płynąć przez wspólny rezystor i zaświecenie CC powinno wygaszać CV. Dioda CC ma zabierać prąd, jaki normalnie płynie przez diodę CV. Wtedy trzeba też dopracować próg przełączania – przede wszystkim włączając między emiter T2 i minus zasilania rezystor, ustalający ostrzejszy próg działania ogranicznika i diody CC.

Oczywiście jest to tylko wstępna koncepcja, którą trzeba dopracować. Schemat z rysunku 5 oraz pewne dodatkowe informacje już wcześniej otrzymał ode mnie **Tadeusz Suszał** z Warszawy, który nadesłał materiał przedstawiony dalej w artykule.

Piotr Górecki



Rysunek 5

Uwagi do zasilacza po wstępnych testach

1. W załączeniu (na **rysunku 6**) jest schemat z naniesionymi czerwonymi poprawkami dotyczącymi elementów jak i ich wartości, co jest omówione dalej.

2. Jak pamiętam, w pierwotnej wersji układu [rysunek 5], kondensator równoległy do potencjometru 10 kΩ był ze znakiem „?”. I ja go pierwotnie pominąłem. To okazało się błędem. Układ bez tego kondensatora zachowywał się jak generator (sinus) i na wyjściu oprócz napięcia DC był przebieg zmienny AC (ładny sinus). Dotyczy to pracy z ograniczeniem prądowym bez włączonego w układ miernika panelowego. W tym trybie pojawiał się przebieg zmienny. Ten sinus zwiększał swoją amplitudę wraz ze wzrostem wartości rezystancji potencjometru. Dodanie kondensatora 10uF zlikwidowało ten problem.

3. Istniał problem zaświecania się diod LED we właściwym momencie, w zależności od działania ograniczenia prądowego. Czerwona zaświecała się za wcześnie, a zielona nawet nie gasła w całym zakresie regulacji. Proponowana zmiana rezystancji rezystora R2 niewiele zmieniała w zakresie zaświecania i gaśnięcia diod. W układzie został użyty rezystor R2 o wartości 68 Ω gdyż taki posiadałem. Ze względu na założone wypadkowe wstępne obciążenie LM317 prądem ok. 10mA został dobrany rezystor o tej wartości. Dopiero zmiana diody Zenera na diodę o napięciu 8,2V radykalnie rozwiązała problem gaśnięcia

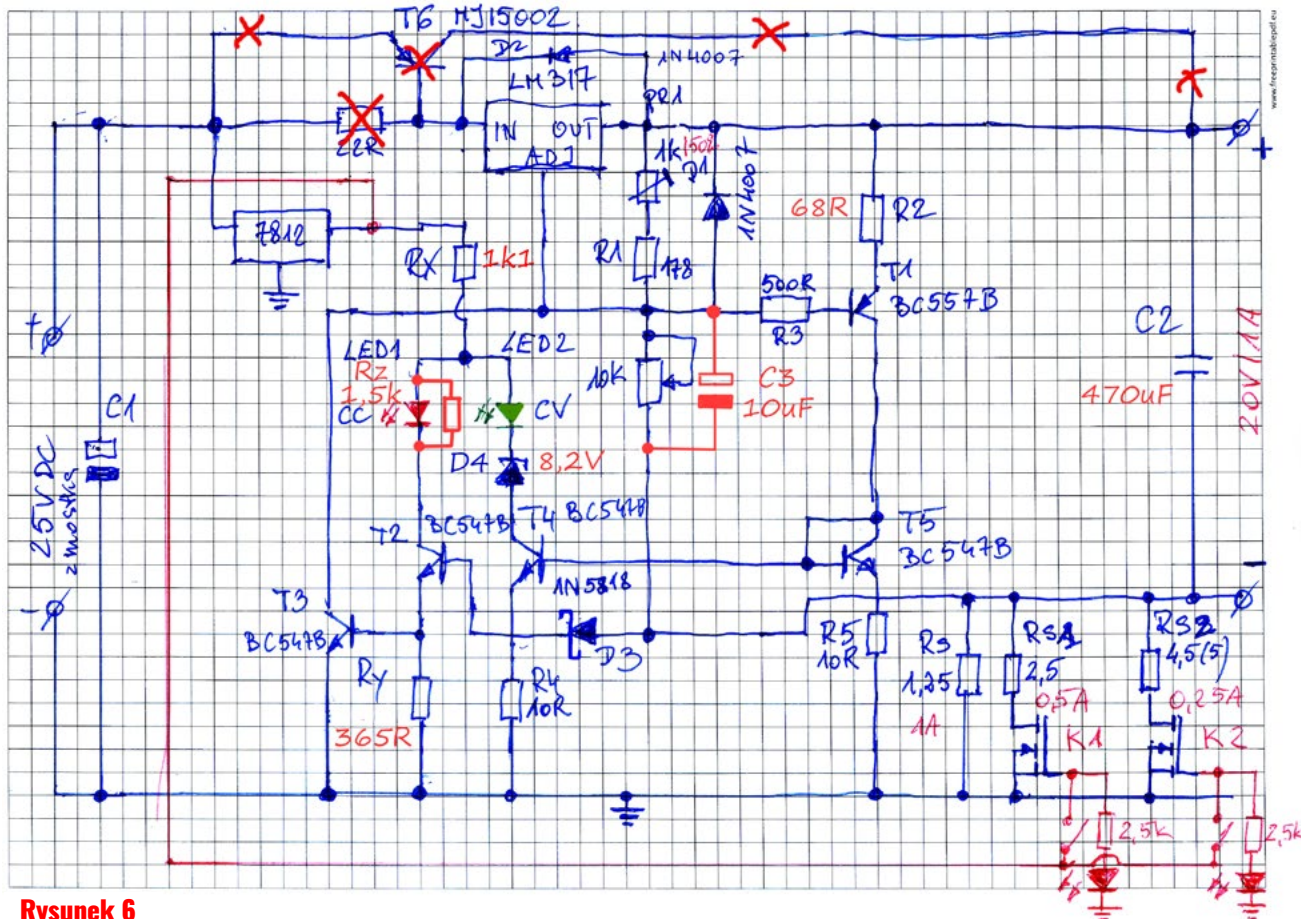
zielonej diody LED. Na tę okoliczność został również zmieniony rezystor Ry na wartość 360–365 Ω. Dioda zielona LED w tym ustawieniu gasła po osiągnięciu nominalnej wartości prądu ograniczenia. Przy dalszym zwiększaniu wartości rezystancji potencjometru pozostaje wygaszona.

Dioda czerwona LED nadal zaświecała się za wcześnie. Rozwiązaniem tego problemu okazało się dołączenie równoległe do czerwonej diody LED rezystora Rz o wartości 1,5k. Rezystor dobrałem doświadczalnie. Dioda czerwona LED zaświeca się przy wyższej wartości prądu, bliższej wartości prądu ograniczenia. Przy tej wartości zaczyna słabo świecić, ale po osiągnięciu wartości prądu ograniczenia świeci wyraźnie.

W **tabeli 1** zebrałem wyniki pomiarów dla lepszego zilustrowania końcowych efektów dla dwóch wartości rezystora Ry.

L.p	Prąd ograniczenia i rezystor ogranicznika	Ry 250Ω		Ry 360Ω	
		Czerwona [mA]	Zielona [mA]	Czerwona [mA]	Zielona [mA]
1	245mA (5,1R)	190	218	210	250
2	417mA (3R)	320	366	356	420
3	1A (1,24R)	730	866	885	990

Tabela 1



Rysunek 6

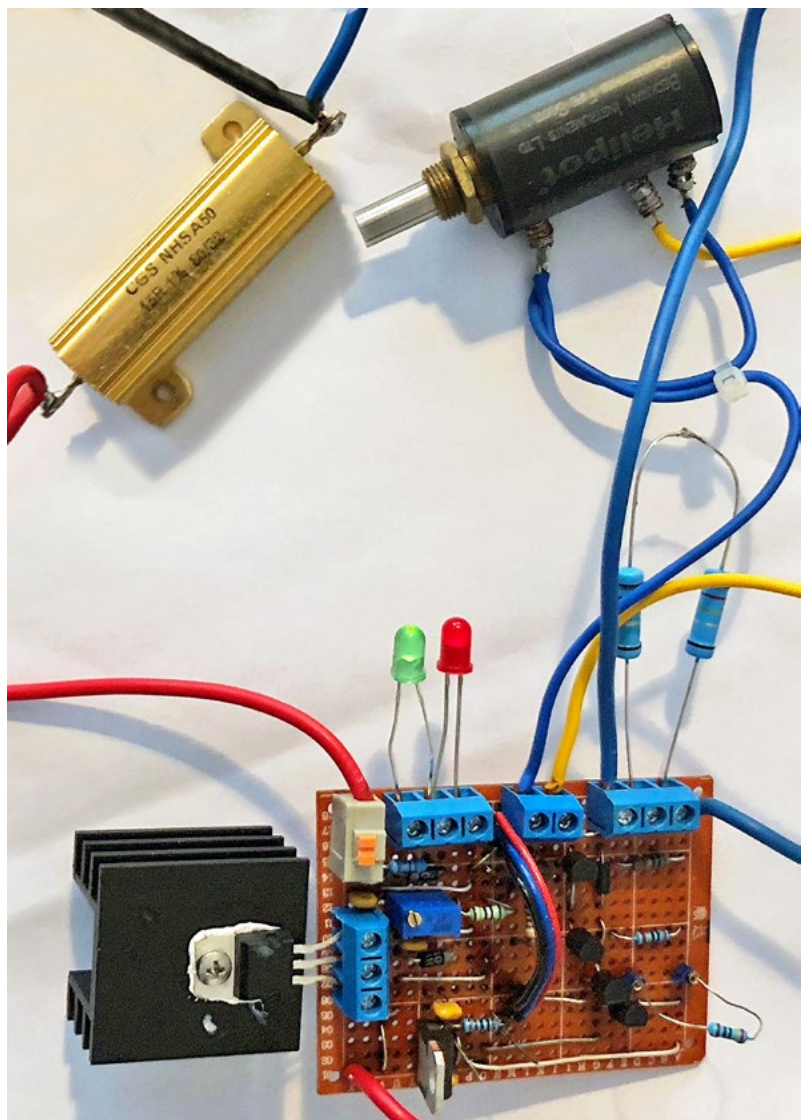
Są to wartości prądu, przy którym zaświeca się dioda czerwona i gaśnie dioda zielona dla dwóch wartości rezystora R_y i trzech wartości prądu ograniczenia. Nominalne wartości rezystorów zastosowane w ograniczniku 1,24 Ω , 3 Ω , 5,1 Ω .

Na tym etapie robiłem próby dla wyżej przedstawionych wartości prądu ograniczenia. Ma to charakter poglądowy, na potrzeby prób, celem zaobserwowania zachowania się układu.

Fotografia 7 przedstawia testowany układ. Docelowo zostaną dobrane wartości rezystorów dla prądów 50 mA, 200 mA, 1 A i dla nich sprawdzę progi świecenia diod LED. Podłączenie miernika panelowego wymagać będzie uwzględnienie poboru prądu pobieranego na potrzeby jego zasilania. O czym pisałem na okoliczność badania mierników panelowych i o ile zostanie wybrany ten wariant zasilania. (...)

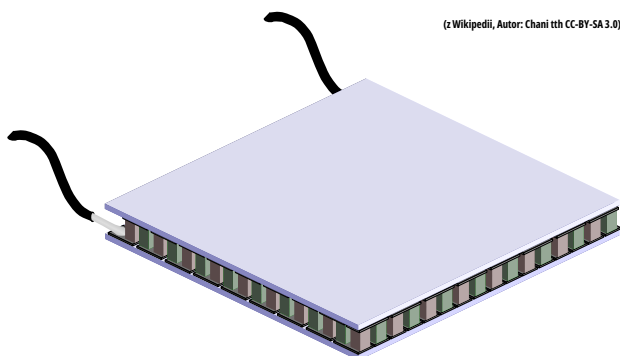
W zasilaczu chcemy zastosować miernik panelowy 4-cyfrowy z przetwornikiem MCP4321. Znane mi są dwa typy tych mierników: jednozakresowy i dwuzakresowy. Oba typy mają identyczne maksymalne wartości pomiaru napięć i prądów (33 V, 3 A) oraz napięcia zasilania (3,5–28 V). Z przeprowadzonych prób dokładności mierników wynika, że dla małych prądów (pojedyncze mA) dokładniejszy jest miernik dwuzakresowy. Miernik dwuzakresowy ma możliwość kompensacji. I taki zostanie zastosowany w projektowanym zasilaczu.

Po tych próbach będę się starał umieścić układ w docelowej obudowie, z większym radiatorem dla LM317, dobrać jak najdokładniej wartości rezystorów ogranicznika i ponownie badać całość.



Tadeusz Suszał

Fotografia 7



(z Wikipedii, Autor: Chani th CC-BY-SA 3.0)



Wspólnie projektujemy: Wykorzystanie modułu Peltiera

Moduły Peltiera to tajemnicze elementy, których działanie budzi ciekawość. Można je wykorzystać do rozmaitych celów: i do chłodzenia i do grzania. Nie jest to wcale trudne. Także i Ciebie serdecznie zapraszam od udziału w zadaniu konkursowym z cyklu **Wspólnie projektujemy!**

Moduły Peltiera można nabyć w przystępnych cenach. Na przykład w sklepie BOTLAND detaliczna cena wynosi około 20 złotych. Już choćby tylko dlatego, że są tak tanie, warto osobiście wypróbować te tajemnicze elementy w sposób praktyczny.

Nie jest to wcale trudne i takiego zadania może się podjąć każdy, kto rozumie zasadę ich działania. W cyklu konkursowym **Wspólnie projektujemy** zajmujemy się możliwościami praktycznego wykorzystania tych fascynujących podzespołów.

Ich możliwości były przedstawione w artykule **Moduł Peltiera w praktyce**, a szereg informacji technicznych można znaleźć w artykule **Moduły Peltiera: podstawowe właściwości**. Elementy te są też opisane w artykule **Moduły Peltiera: Chłodnice i zestawy**.

A najważniejsze informacje są takie... Otóż moduł Peltiera to zaskakująco prosta pompa ciepła, która

pompuje ciepło z jednej strony modułu na drugą. Działanie jest odwracalne, czyli kierunek pompowania ciepła zależy od kierunku prądu płynącego przez moduł.

Warunkiem prawidłowego działania jest skuteczne odbieranie ciepła ze strony gorącej modułu. Realizuje się to za pomocą radiatorów lub (lepiej, ale trudniej) chłodnic wodnych. W praktyce możliwości modułu wyznacza właśnie radiator pracujący na stronie gorącej – czym większy i skuteczniejszy, tym lepiej, bo można uzyskać większą różnicę temperatur między stronami modułu.

Najpopularniejsze moduły mają standardowe rozmiary 40 × 40 mm i grubość około 4...5 mm. Są to wersje 12-woltowe i różnią się maksymalnym prądem pracy. Najpopularniejsze są moduły 6-amprowe oznaczone TEC1-12706, które nominalnie przy

Zadanie konkursowe YK006 brzmi:

Zaproponuj sposób wykorzystania modułu lub modułów Peltiera, ewentualnie zaproponuj schemat układu zawierającego moduł Peltiera.

Do udziału w zadaniu zapraszam doświadczonych, a także mniej zaawansowanych i początkujących. Propozycje rozwiązania można **nadsyłać do końca sierpnia 2023 roku** na adres konkursy@piotr-gorecki.pl. Proponuję, żeby teraz, w ramach zadania YK006 zająć się tylko pomysłem i ewentualnie schematem, a działania praktyczne rozpocząć dopiero wtedy, gdy różne możliwości i nadesłane rozwiązania zostaną omówione w numerze 10/2023 czasopisma **Zrozumieć Elektronikę**.

Jednak oczywiście można też od razu nadesłać rozwiązania praktyczne, udokumentowane fotografiami. 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.

zasilaniu napięciem stałym 12V powinny pobierać 6 amperów prądu. To są wartości maksymalne, ale na pewno nie optymalne. W praktyce napięcie zasilające i prąd powinny być znacznie mniejsze. Nie można podać konkretnej wartości napięcia i prądu, przy których moduł osiąga najlepsze parametry, czyli największą różnicę temperatur między stroną zimną i gorącą, ponieważ zależy to od kilku czynników, a przede wszystkim od skuteczności radiatora podbierającego ciepło na stronie gorącej i rozpraszającego je do otoczenia. Prostej recepty obliczeniowej nie ma, ale można to łatwo określić eksperymentalnie.

Naprawdę warto spróbować! Tym bardziej, że możliwości są bardzo szerokie.

Rozwiązania rozrywkowe i edukacyjne

Nadesłane do mnie rozwiązanie konkursu nie musi mieć konkretnej wartości użytkowej. Można na przykład zaproponować, a może też zaprojektować i zbudować, bardzo proste lub bardziej rozbudowane stanowisko demonstracyjne. Albo do użytku prywatnego, albo na przykład do szkoły czy kółka zainteresowań. Takie stanowisko pokazywałoby działanie i możliwości modułu Peltiera, w szczególności zdolność chłodzenia. A może też pozwalałoby poznać i zbadać ograniczenia.

Chłodziarka i komora termiczna

W praktyce moduły Peltiera są wykorzystywane głównie w lodówkach, czy raczej chłodziarkach turystycznych. W zasadzie można uzyskać temperaturę strony zimnej modułu Peltiera bliską -40 stopni Celsjusza, ale z kilku powodów we wnętrzu chłodziarki bardzo trudno uzyskać temperaturę poniżej zera. W grę wchodzi kilka ograniczeń i warto przeprowadzić praktyczne próby.

Ostrzegam: lepiej nie nastawiać się na spektakularne rezultaty, a raczej na zbadanie realnych możliwości i ograniczeń.

Dla elektronika moduł Peltiera stwarza bardzo atrakcyjną możliwość zbudowania niedużej, ale w pełni użytecznej komory termicznej. To jest naprawdę cenne wyposażenie pracowni każdego nieco bardziej zaawansowanego elektronika, bowiem pozwoli badać wpływ temperatury na elementy i układy elektroniczne.

Komora termiczna może być bardzo prosta. Podstawą może być jeden popularny moduł Peltiera z wentylatorami na obu stronach. Ten większy oczywiście na stronie gorącej, powinien być wystawiony na zewnątrz. Komorą może być jakieś gotowe pudełko styropianowe. Na pewno niezbędny jest czujnik temperatury – termometr pokazujący temperaturę we wnętrzu.

W najprostszym przypadku nie trzeba natomiast elektronicznego regulatora: moc grzania czy chłodzenia można zmieniać za pomocą regulowanego zasilacza o odpowiedniej wydajności prądowej.

W Internecie można znaleźć liczne inspiracje, różne przykłady realizacji amatorskiej komory termicznej. Można w wyszukiwarce wpisać na przykład frazę: **thermal chamber OR box DIY**.

Zachęcam do zainteresowania się właśnie tematem komory termicznej! To naprawdę praktyczny temat, a elektrycy niesłusznie uważają, że budowa komory termicznej jest zbyt kosztowna i zbyt trudna. Nawet gdyby do budowy wersji pozwalającej uzyskać temperatury znacznie poniżej zera optymalne okazało się wykorzystanie nie jednego, tylko dwóch lub trzech modułów, to i tak koszty budowy takiej komory okazały się zaskakująco niskie jak na uzyskane możliwości.

Gorąco namawiam do zainteresowania się budową własnej komory termicznej, która przecież może służyć nie tylko do testowania układów elektronicznych, ale też do różnych innych celów.

Warto zacząć od koncepcji samej komory: gotowego pudła styropianowego lub budowanej na miarę konstrukcji z płyt lub pianki oraz kluczowego problemu umieszczenia w jednej ze ścianek modułu(-ów) Peltiera z wymiennikami ciepła – radiatorami z obu stron. Oczywiście znakomite parametry można byłoby uzyskać przy chłodzeniu wodnym (wodą z kranu), ale byłoby to kłopotliwe.

Kwestiami kontroli i regulacji temperatury można zająć się później, gdy podstawowa konstrukcja potwierdzi swoją przydatność.

Rozwiązania „zoologiczne”

W ramach rozwiązania tego konkursu można też przedstawić propozycję wykorzystania modułu do chłodzenia akwarium, terrarium lub innej przestrzeni przeznaczonej dla zwierząt, które wymagają temperatur niższych niż występujące u nas latem.

W tym przypadku jedna kwestia to zapewnienie odpowiedniej różnicy temperatur, co zależnie od izolacji cieplnej chłodzonej przestrzeni może wymagać zastosowania kilku modułów. Jeśli izolacja cieplna względem otoczenia będzie bardzo słaba, czyli gdy ciepło lub jak kto woli zimno, będzie łatwo uciekać, uzyskanie satysfakcjonujących efektów może być trudne. Druga kwestia to rozważenie, czy taki system musiałby mieć rezerwowe zasilanie na czas ewentualnego zaniku napięcia sieci.

Zapewne są też inne możliwości – czekam na wszelkie pomysły i propozycje wykorzystania modułu Peltiera. **Zapraszam do udziału w konkursie!** Szczegóły na poprzedniej stronie.

Piotr Górecki



Dokładność i zakres pomiarów w elektronice

Oto pierwszy z serii artykułów, wprowadzających w tematy związane z pomiarami. W artykule najpierw zastanawiamy się a potem omawiamy, z jakimi wielkościami fizycznymi i z jakimi ich wartościami mamy lub możemy mieć do czynienia w elektronice oraz z jaką dokładnością możemy je mierzyć?

Czy możliwa jest idealna dokładność pomiarów?

Z jaką dokładnością można mierzyć?

Wielkości mierzone przez elektronika

Jednostki wielokrotne i podwielokrotne

Pomiary napięcia

Pomiary prądu

Pomiary rezystancji

Pomiary pojemności

Podane w tym artykule informacje to głównie intrygujące ciekawostki. Zapewne niejedna z nich Cię zaskoczy! Możesz je wykorzystać w rozmowach z innymi, nie tylko z elektronikami. Rozmówcom możesz postawić zaskakujące pytania podane i omówione w tym artykule. Zacznijmy od najłatwiejszych. Jak odpowiesz na pytanie: **jakie wielkości fizyczne** mierzy współczesny elektronik?

To w zasadzie oczywiste: napięcie, prąd, opór i parę innych. Za chwilę zastanowimy się, jak to jest z tym „oporem” i jakie „parę innych” wchodzi w grę. A na pewno wcale nie są oczywiste dwie inne, bardzo ważne pokrewne kwestie:

1. Z jaką maksymalną dokładnością można mierzyć poszczególne wielkości? Tym będziemy się zajmować szerzej w kilku następnych artykułach, także od strony praktycznej.

2. W jakim zakresie mierzymy czy też możemy mierzyć poszczególne wielkości? Inaczej mówiąc, z jakimi wartościami ma lub może mieć do czynienia elektronik. Przykładowo jakie najmniejsze napięcia i prądy można mierzyć? Jakie największe oporności potrafimy mierzyć? I pokrewne: jakie są największe wartości serijnie produkowanych rezystorów i kondensatorów? A z jakimi najmniejszymi wartościami rezystorów i kondensatorów możemy się spotkać w układach?

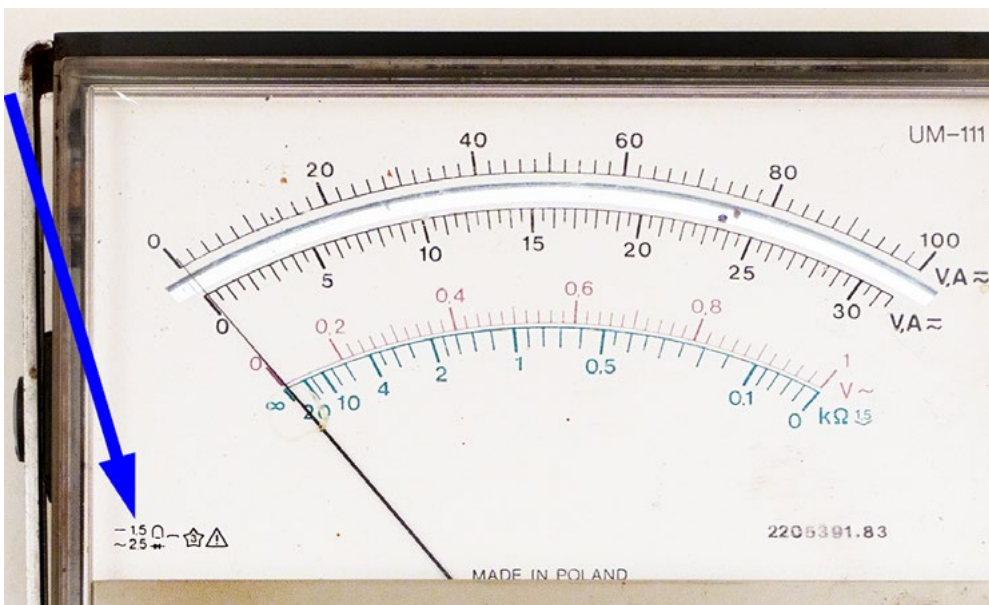
Czy możliwa jest idealna dokładność pomiarów?

Zacznę od autentycznej rozmowy, którą słyszałem prawie 40 lat temu w państwowym zakładzie przemysłowym. Elektryk spierał się z mechanikiem o to, kto mierzy dokładniej: elektrycy, czy mechanicy. Mechanik twierdził, że oni mierzą z bardzo dużą dokładnością rzędu mikrometrów. I to była prawda,

bowiem pracował on w dziale wykonującym formy wtryskowe, gdzie rzeczywiście wymagana była duża precyzja. Jednak elektryk stanowczo przekonywał: „my mierzymy z absolutną dokładnością!”.

Ten elektryk nie miał pojęcia, o czym mówi i co stanowczo twierdzi! Prawdopodobnie wydawało mu się, że elektrotechnika jest dziedziną nieporównanie przewyższającą mechanikę i że wielkości elektryczne można mierzyć w sposób idealny.

A tak nie jest! Różnymi aspektami dokładności, precyzji i rozdzielczości będziemy zajmować się szerzej w kolejnych artykułach, a na razie tylko ogólnie zasygnalizuję problem.



Fotografia 1

Otóż idealnej dokładności pomiarów nie da się osiągnąć z trzech głównych przyczyn. Pierwsza to wszechobecne i nieuniknione szumy. Małe sygnały użyteczne, które chcielibyśmy zmierzyć dosłownie zginą w nawale dużo większych szumów. Owszem, można próbować odfiltrować i oddzielić małe sygnały od dużo większych szumów, ale tylko w ograniczonym zakresie. Ogólnie biorąc, wszechobecne szumy są nieprzekraczalną barierą, której nie da się złamać czy przeskoczyć.

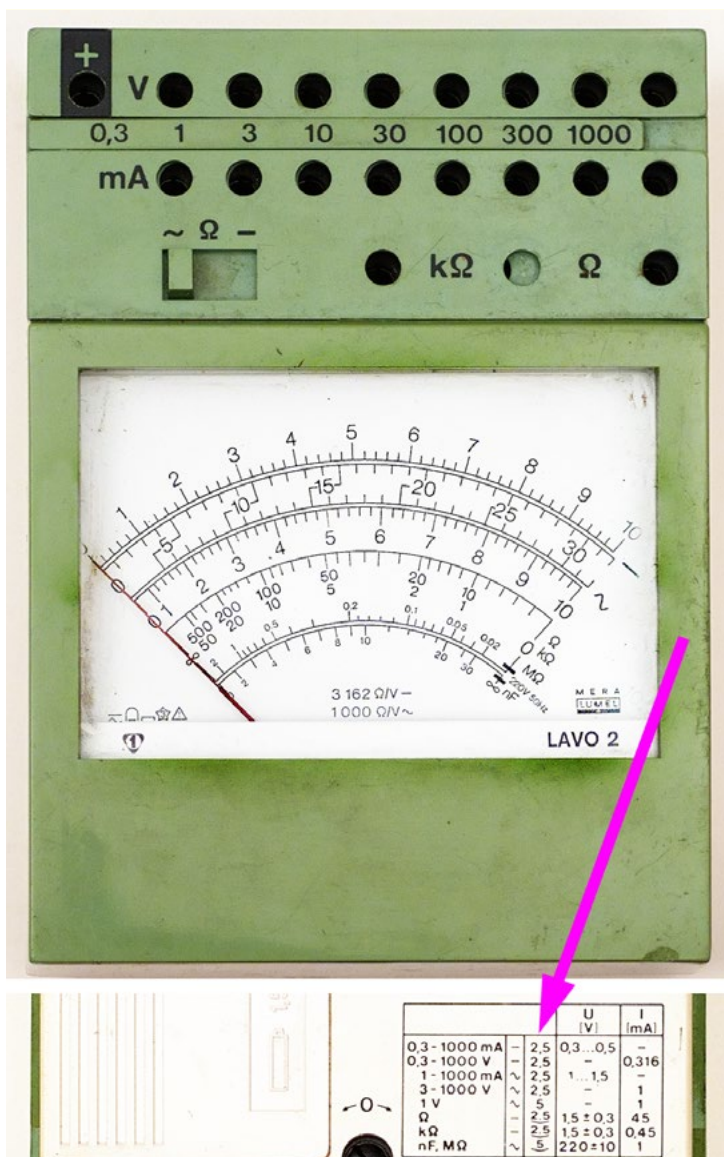
Druga przyczyna to fakt, że nasz świat okazał się „granulowany”, kwantowy, nieciągły, składający się z „najmniejszych porcji” – kwantów. Gdy chcemy mierzyć wartości coraz mniejsze, zbliżamy się do granicy „ziarnistości”, której przekroczyć się nie da.

Trzecia przyczyna jest związana z drugą: nasz ziarnisty, granulowany czyli kwantowy świat jest w pewnym sensie rozmyty, niekonkretny, co opisuje zasada odkryta przez Heisenberga. Zasada ta nie pozwala mierzyć z „absolutną dokładnością”.

Z jaką dokładnością można mierzyć?

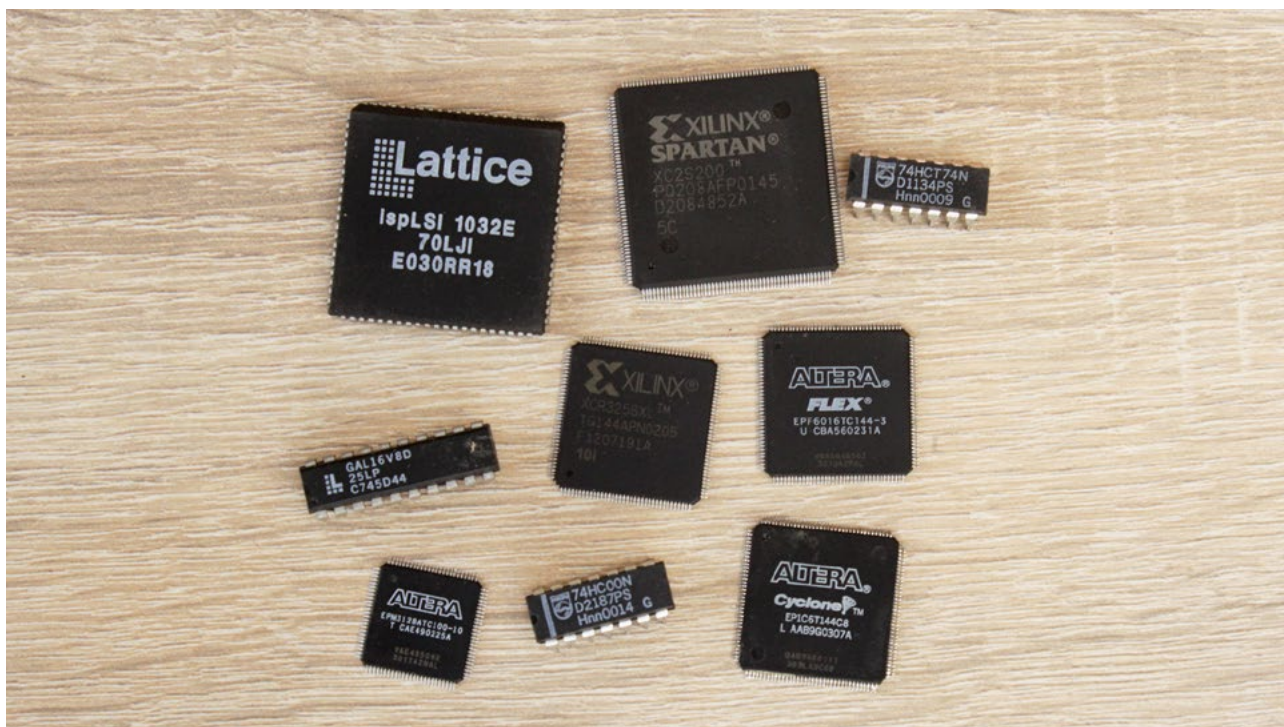
Wracam do dawnego sporu elektryka i mechanika: w tym czasie elektrycy wykorzystywali wskazówkowe przyrządy pomiarowe o dokładności, czy jak kto woli, o dopuszczalnym błędzie pomiaru rzędu 1 procenta lub więcej. **Fotografia 1** pokazuje skalę jak na tamte czasy nowoczesnego i dokładnego analogowego multimetru UM111. Natomiast **fotografia 2** przedstawia popularny wówczas amatorski multimetr LAVO2, o dokładności jak widać 2,5%. Z taką dokładnością mierzyli wtedy elektrycy oraz elektronicy hobbyści.

Dawniej mówiono o **klasach** dokładności przy-



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

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



Długa droga do FPGA

Elektronika cyfrowa to jedna z niewielu dziedzin inżynierskich, w których dokonały się znaczące zmiany dotyczące technologii i metod projektowych. Obok rozwiązań mikroprocesorowych oferuje dziś ona również nowe podejście do klasycznych zastosowań bramek i przerzutników.

Początki „cyfrowki”

Mikroprocesory wypierają układy logiczne

Mikrokontroler nie jest panaceum na wszystkie bolączki

Idea układów PLD

Układy CPLD

Układy FPGA

JTAG

Zamieniamy lutownicę na klawiaturę

Konkluzje

Na naszych oczach dokonuje się ogromne przeobrażenie podejścia do projektowania układów cyfrowych. Zmiany te są rezultatem pojawienia się na rynku nowych podzespołów (głównie chodzi o układy FPGA, o których więcej będzie dalej), które wymuszają ewolucję narzędzi stosowanych w procesie projektowym. To z kolei wpływa na potrzebę opracowania kolejnych lepszych układów, przy czym główne wysiłki są skupione na osiągnięciu większych zasobów oraz zwiększenia szybkości pracy. Można zaryzykować stwierdzenie, że ten proces stał się samonapędzający. Przyznam szczerze, że można się w tym wszystkim pogubić. Z tego względu powstał cykl poświęcony ewolucji metodologii projektowania klasycznych układów cyfrowych (tych bez mikroprocesorów). To co mamy obecnie jest rezul-

tatem zdarzeń zaistniałych w przeszłości i warto poznać tę historię, gdyż umożliwi to zrozumienie obecnej sytuacji.

Początki „cyfrowki”

Jeszcze nie tak dawno projektowanie układów cyfrowych sprowadzało się do opracowania połączeń pomiędzy różnymi funktorami logicznymi (**fotografia 1**, układy TTL oferowały bramki, przerzutniki, rejestry, liczniki). Każde urządzenie cyfrowe pracując realizuje jakiś algorytm działania. W przypadku tych układów jest on niejako zakodowany w sieci połączeń. Jak to zwykle bywa, projektując coś nowego nie da się ustrzec od błędów i pomyłek. W tej technologii korekty rozwiązania są dosyć kłopotliwe i modyfikacja algorytmu (czyli sieci połączeń) wymaga

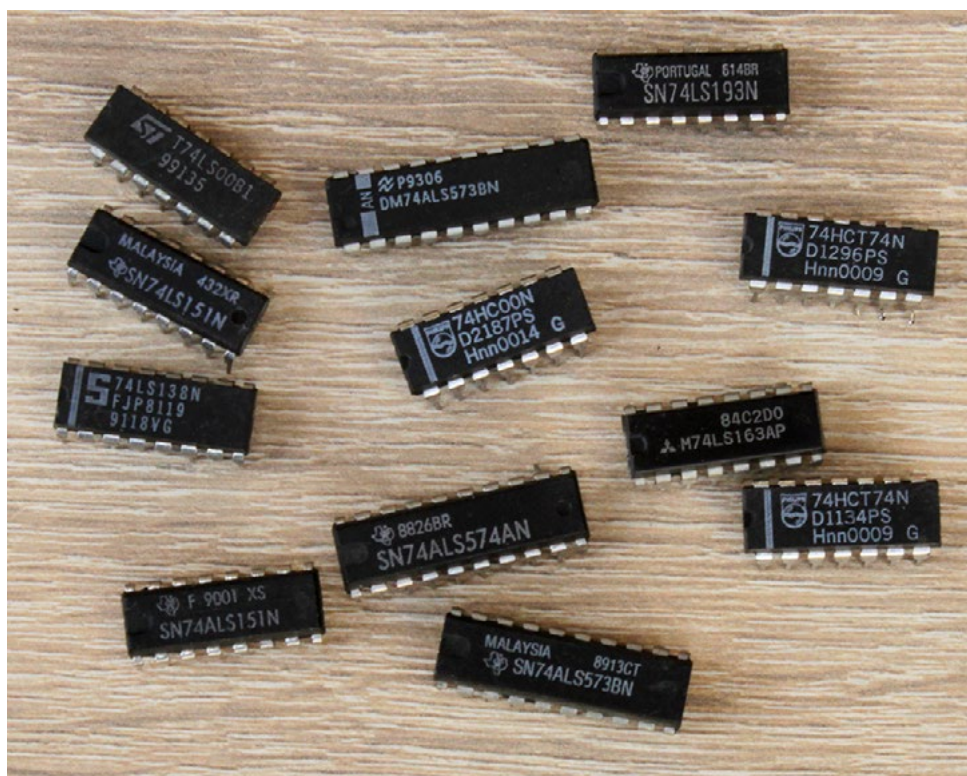
przecinania ścieżek, wykonania nowych połączeń a w skrajnych przypadkach opracowania nowej płytki drukowanej. Przykładowo, aby zbudować zegarek na układach TTL, konieczne było połączenie wielu komponentów. Choć sam zegarek nie jest zbyt skomplikowanym elementem, to dodanie do całości nowych niezbędnych funkcji (jak choćby ustawienie aktualnej godziny) staje się dosyć złożoną operacją. Uzupełnienie już istniejącej konstrukcji o funkcjonalność budzika można porównać do złego snu (do przyjemnych nie należy). Tu pojawia się marzenie

konstruktorów, by powstało coś, co nie będzie wymagało realizacji tak drastycznych działań. Stopniowo doprowadziło ono do powstania układów PLD (ang. **P**rogrammable **L**ogic **D**evice – programowanych układów logicznych).

Mikroprocesory wypierają układy logiczne

Pojawienie się mikroprocesorów zrewolucjonizowało projektowanie urządzeń elektronicznych. Dotychczasowy sposób, polegający na żmudnym tworzeniu funkcji logicznych realizowanych przez bramki oraz implementacji automatów sekwencyjnych, których zadaniem jest realizacja operacji odwzorowujących algorytm działania, został zastąpiony przez algorytm ujęty w programie mikroprocesora.

Coraz większa oferta układów mikrokontrolerów wraz z odpowiednim oprogramowaniem powoli zastępuje klasyczne rozwiązania układowe. Dzisiaj, aby zbudować zegarek, wykorzystuje się mikrokontroler. Bardzo często funkcjonalność związana z pomiarem czasu jest zawarta w samym mikrokontrolerze, który ma elementy pozwalające mierzyć upływ czasu nawet w sytuacji, gdy jest on wyłączony. W przypadkach, gdy jego wyposażenie nie jest tak bogate, istnieją specjalizowane układy RTC (ang. **R**eal-**T**ime **C**lock – zegar czasu rzeczywistego), które można przyłączyć do mikrokontrolera. Dzisiaj



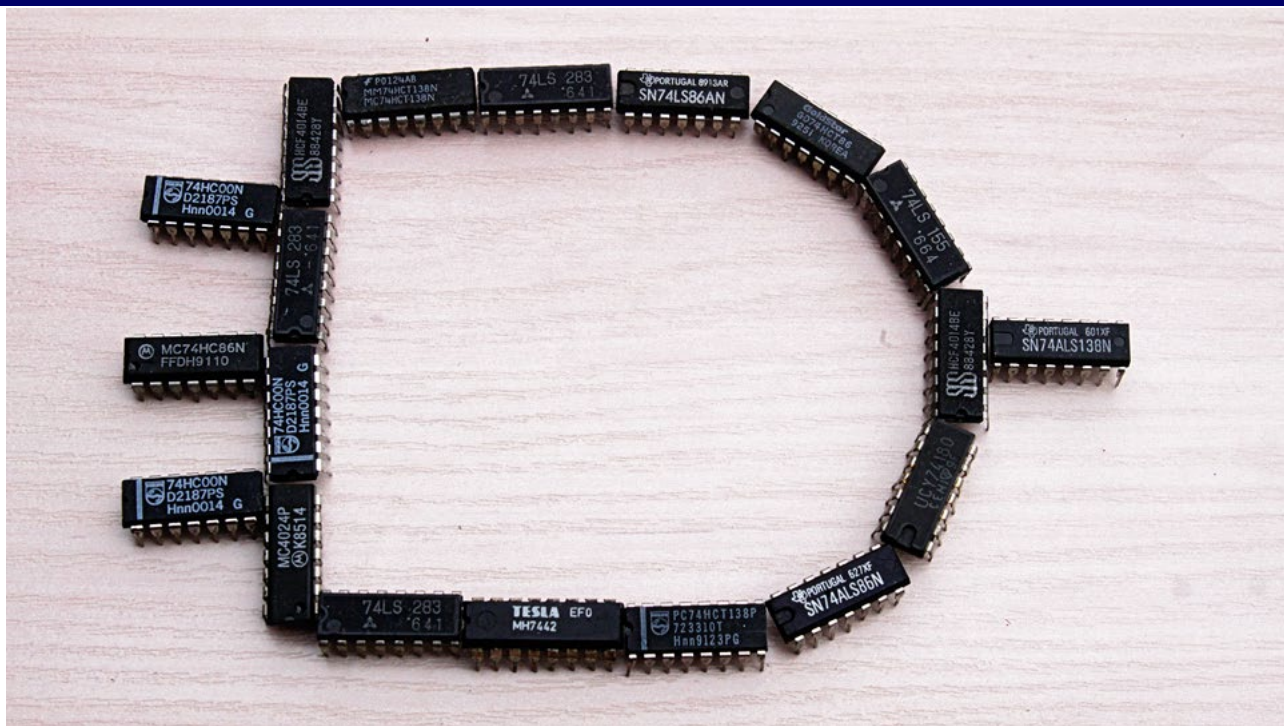
Fotografia 1

wszystkim z usuwania własnych błędów i pomyłek. Zastosowanie mikrokontrolera znacząco redukuje te koszty, ponieważ zmiany w algorytmie działania sprowadzają się do korekty tekstu (program to w końcu jakiś tekst), kompilacji i załadowania uzyskanego kodu do mikrokontrolera. W tym przypadku algorytm działania jest zakodowany w postaci tekstu. Nawet funkcjonalność budzika nie stanowi dużego wyzwania. W ten sposób został zrobiony mały krok, by zrealizować marzenie konstruktorów: zamienić algorytm działania zaszyty w połączeniach na ekwiwalent zapisany w języku programowania.

Mikrokontroler nie jest panaceum na wszystkie bolączki

Jednak świat ciągle idzie do przodu i mikrokontrolery nawet w połączeniu z układami TTL często przestają nadążać za potrzebami (i to dosłownie). Niektóre potrzeby pojawiające się obecnie w elektronice cyfrowej (nawet tej amatorskiej) nie zawsze dają się zrealizować na bazie tych elementów. Nie dotyczy to funkcjonalności, gdyż obecnie mamy do dyspozycji szeroką gamę różnych układów, pozwalających zrealizować praktycznie wszystko. Problem dotyczy przede wszystkim parametrów czasowych, czyli szybkości ich pracy. Posłużę się tutaj przykładem z własnej praktyki, gdy zaistniała ko-

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



Podstawy układów cyfrowych

– układy kombinacyjne

Elektronika cyfrowa to ogromny dział ogólnie pojętej elektroniki i by w nią się zagłębić, należy zacząć od układów kombinacyjnych. By zbudować dom, konieczne jest stworzenie solidnych fundamentów. Układy kombinacyjne są właśnie tymi fundamentami.

Co to jest układ kombinacyjny

Kod naturalny binarny

Kod 1 z n

Bramka XOR

Komparatory

Programowalny negator

Sumatory

Dekodery

Multipleksery

Co to jest układ kombinacyjny

W poprzedniej części (D050) mowa była o podstawowych bramkach występujących w układach cyfrowych. Na bazie tych elementów możliwe staje się zbudowanie różnych funkcji logicznych, które przetwarzają sygnały wejściowe generując określone sygnały wyjściowe. To przetwarzanie ma jedną bardzo istotną cechę: ***stan sygnałów na wyjściu zależy jedynie od stanu występującego na wejściu układu.***

W pierwszej chwili nasuwa się wniosek, że to zdanie jest dziwne. Przecież zawsze jest tak, że na wyjściu jest coś zdeterminowane określonym wymuszeniem (na wejściu). Jeżeli za każdym razem na wejście wzmacniacza (choćby akustycznego) podamy sygnał o częstotliwości 1 kHz, to na wyjściu uzyskamy ten sam sygnał. W układach cyfrowych to już tak nie jest, gdyż te mogą zawierać w swojej struk-

turze elementy „pamięci”, której stan może mieć wpływ na sygnał wyjściowy i jednocześnie wpływ na stan tej „pamięci”. Oprócz poznanych dotychczas bramek, elektronika cyfrowa dysponuje drugą klasą elementów, jakimi są przerzutniki. Te elementy mają możliwość zapamiętania stanów logicznych, toteż **w rozwiązaniach zawierających przerzutniki, stan na wyjściu układu zależny jest od sygnałów wejściowych oraz od stanów wcześniejszych, zapamiętanych w przerzutnikach.**

Ta klasa układów logicznych jest określana jako **układy sekwencyjne** i mowa o nich będzie w kolejnych częściach. Ich przeciwieństwem są **układy kombinacyjne**, w których nie występują elementy „pamięci”. Ich wyjścia są uzależnione jedynie od wejścia i można tu doszukiwać się analogii do wspomnianego właśnie wzmacniacza.

Kod naturalny binarny

Informacje bitowe, jako ciągi bitowe, przetwarzane w układach kombinacyjnych (jak i sekwencyjnych) można interpretować jako liczby, przykładowo jako liczbę bez znaku. W technice mikroprocesorowej/komputerowej mówi się o kodach binarnych. Jednym z nich jest kod binarny naturalny (często oznaczany jako NB), gdzie dla każdego bitu przyporządkowana jest jego dwójkowa waga. Przykład 8-bitowego kodu i sposób przeliczenia na postać powszechnie używaną przez ludzi pokazuje **rysunek 1**.

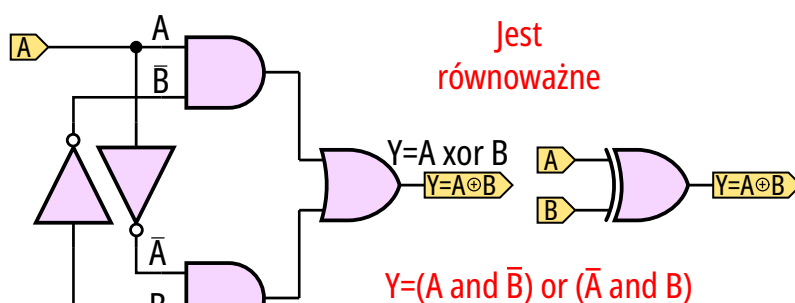
Kod 1 z n

Oprócz kodu naturalnego binarnego, w układach cyfrowych często pojawia się kod 1 z n. Cechą charakterystyczną tego kodu jest wystąpienie stanu wyróżnionego jedynie na jednej pozycji. Tym stanem może być jedynka logiczna znajdująca się na jednej pozycji (pozostałe sygnały mają wartość zera logicznego). W takim przypadku mowa jest o prostym kodzie 1 z n. Innym wariantem jest wystąpienie logicznego zera dla jednego sygnału, gdzie wszystkie pozostałe są jedynkami. W takim przypadku mowa jest o zanegowanym kodzie 1 z n.

Kod naturalny binarny (NB)

1	A ₀	2 ⁰	1 · 2 ⁰ +
1	A ₁	2 ¹	1 · 2 ¹ +
0	A ₂	2 ²	0 · 2 ² +
0	A ₃	2 ³	0 · 2 ³ +
1	A ₄	2 ⁴	1 · 2 ⁴ +
0	A ₅	2 ⁵	0 · 2 ⁵ +
0	A ₆	2 ⁶	0 · 2 ⁶ +
1	A ₇	2 ⁷	1 · 2 ⁷ =
			= 1 + 2 + 16 + 128 = 147

Rysunek 1

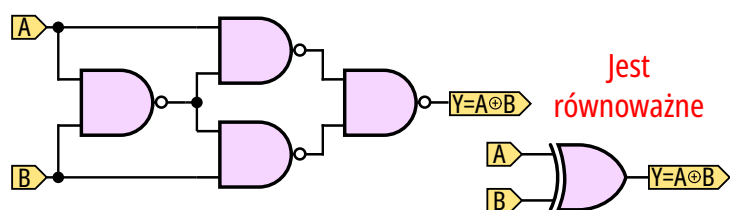


Rysunek 2

Bramka XOR

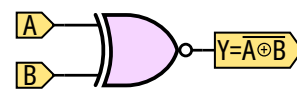
Obok poznanych bramek iloczynu i sumy logicznej w praktyce występuje jeszcze bramka XOR (od ang. Exclusive OR), której realizację, symbol i równanie logiczne pokazuje **rysunek 2**. Nie wymieniłem jej w części poświęconej bramkom, gdyż nie należy ona do podstawowych elementów logicznych (AND, OR, NOT), ale może zostać zbudowana na bazie tych elementów. Bramka XOR realizuje funkcję, która ma wiele określeń jak: alternatywa rozłączna, alternatywa wyłączająca, różnica symetryczna, suma modulo 2.

Alternatywa rozłączna dwóch argumentów jest prawdziwa wtedy, gdy jeden i tylko jeden z argumentów jest prawdziwy, co przekłada się na stany logiczne w następujący sposób: funkcja przyjmuje stan jedynki logicznej jeżeli tylko jeden stan na wejściu odpowiada logicznej jedynce. Popularną realizacją bramki XOR jest wariant oparty na bramkach NAND (**rysunek 3**, rozwiązanie z rysunku 2 wymaga użycia trzech układów z rodziny 7400, natomiast z rysunku 3 zamyka się w obrębie jednego układu



Rysunek 3

Podobnie, jak w podstawowych bramkach są bramki z negacją na wyjściu, tu również występują bramki XOR z wbudowaną negacją skrótkowo określane jako bramki XNOR (symbol bramki pokazuje **rysunek 4**, bramka XOR z „kółkiem” na wyjściu).



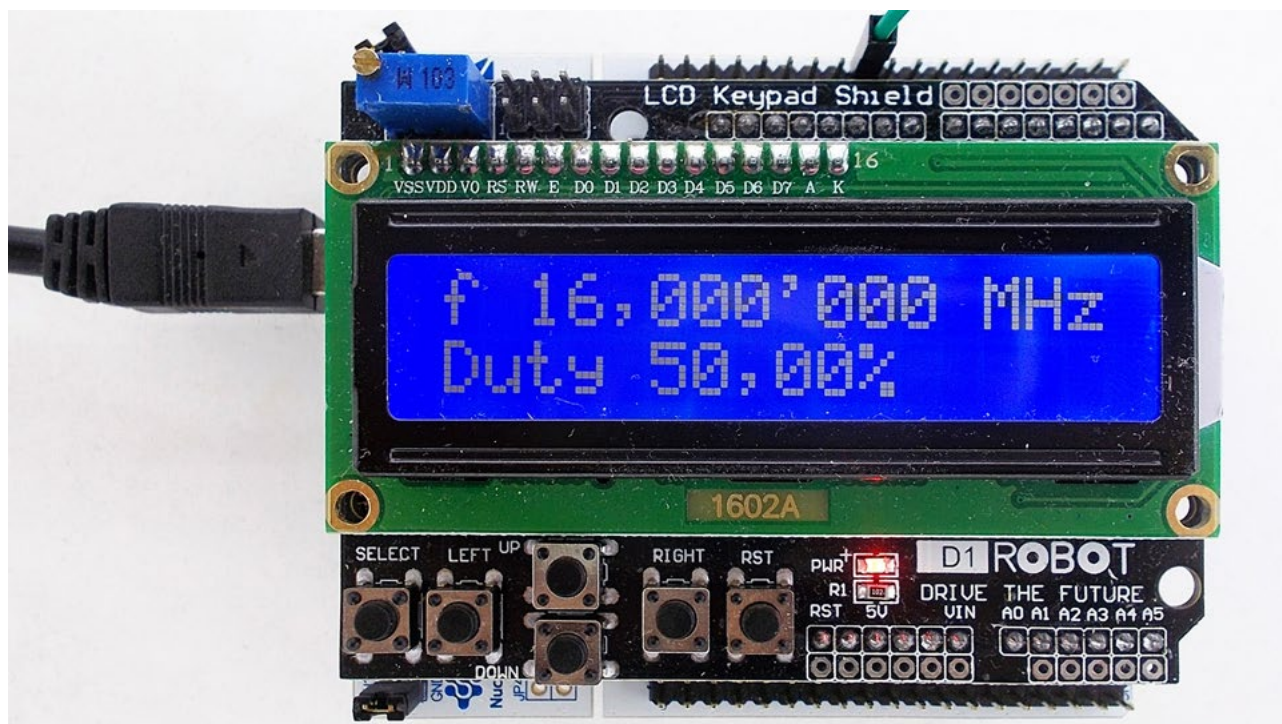
Rysunek 4

Komparatory

Bramka XOR ma ciekawą funkcjonalność. Patrząc na jej realizowaną funkcję (równanie jest pokazane na rysunku 2), którą można określić jako: na wyjściu jest jedynka logiczna jeżeli argumenty mają różną wartość logiczną (zero logiczne dla argu-

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

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



Prosty generator sygnału prostokątnego do 16 MHz

W warsztacie elektronika niezbędne są różnorodne przyrządy pomiarowe i urządzenia. Poza multimetrem często potrzebny jest generator. Prosty DDS można kupić za niewielkie pieniądze lub zbudować samemu. Niestety zastosowany w nim AVR nie pozwala na generowanie szybkich sygnałów.

[Schemat](#)

[Wgranie firmware do Nucleo](#)

[Obsługa](#)

[Program](#)

[Ciekawostka](#)

Projekt generatora powstał z potrzeby chwili. Potrzebowałem zmierzyć pasmo przenoszenia projektowanych właśnie obwodów wejściowych oscyloskopu i sond aktywnych. Mimo że posiadam DDS do 15 MHz kształt sygnału prostokątnego pozostawiał wiele do życzenia, dlatego zbudowałem generator na taniej płytce „Nucleo-L152” i module do Arduino „LCD Keypad Shield”. Dlaczego Nucleo a nie Arduino na AVR? Odpowiedź jest prosta, AVR potrafi wygenerować sygnał o maksymalnej częstotliwości 10 MHz, a w przypadku Arduino bez modyfikacji sprzętowych 8 MHz. Płytki Nucleo czy Discovery,

[Schemat](#)

W praktyce nie istnieje, ponieważ w „Nucleo-L152” umieszczono moduł „LCD Keypad Shield” a sygnał prostokątny wyprowadzono przewodem z pinu PB11 modułu. Szczegóły na **rysunku 1** i **fotografii 2**. Do poprawnego funkcjonowania modułu „LCD Keypad Shield” z ARM konieczne jest włączenie rezystora 2kΩ pomiędzy wejście A0 a masę układu. W modelu rezystor dodano od spodu płytki, co widać na **fotografii 3**.

Rezystor jest konieczny, ponieważ zakres napięć generowanych przez klawiaturę zawiera się w zakresie

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



Czego tak naprawdę oczekujemy od lamp?

Wiele osób buduje albo chce budować układy zawierające lampy elektronowe. Po zbudowaniu i odsłuchaniu lampowego układu niektórzy są zachwyceni, inni mocno zniesmaczeni lub niezadowoleni, natomiast jeszcze inni zupełnie nie wiedzą, co o tym wszystkim sądzić.

Czego tak naprawdę oczekujemy od lamp?
Lampowy dźwięk i nieliniowość charakterystyk

Głębokość sprzężenia zwrotnego

Wykorzystanie lamp elektronowych w sprzęcie audio wcale nie jest takie trudne jak się może wydawać. Lampy to w sumie dość prymitywne elementy, które trudno zepsuć. Aby jednak uzyskać dobre rezultaty i osiągnąć pożądane cele, na pewno trzeba zrozumieć kilka kluczowych zagadnień oraz poznać podstawowe układy pracy lamp wraz z ich specyfiką, w szczególności z zaletami i wadami.

Jednak najważniejsze, nie tylko dla początkujących, jest uporządkowanie pewnych kwestii podstawowych i właśnie tym zajmiemy się w artykule. Natomiast oddzielnie w przystępny sposób omówione są podstawowe układy pracy triod oraz pewne cechy charakterystyczne, specyficzne układów lampowych.

Czego tak naprawdę oczekujemy od lamp?

Na początek warto uporządkować pewne zagadnienia podstawowe, które wcale nie są jasne dla większości osób interesujących się lampami.

Otóż na pewno w grę wchodzi **moda na lampy**. Mnóstwo osób nie wnika w szczegóły i chciałoby mieć lampy w swoim torze audio tylko dlatego, że według powszechnej opinii dają one lepszy, przyjemniejszy, miękki dźwięk. Pomijając kwestie dźwięku, **ogromną wartość estetyczną ma też widok pracujących, żarzących się lamp. To też jest ogromnie ważne!**

Jednak od razu trzeba bardzo mocno podkreślić, że informacje o układach lampowych zawarte w literaturze często są wzajemnie sprzeczne.

Dlatego koniecznie trzeba odpowiedzieć na pytanie postawione w tytule tego artykułu: **Czego tak naprawdę oczekujemy od lamp?**

Odpowiedź jest prosta w przypadku układów, a zwłaszcza efektów gitarowych. Nie jest wcale prosta w innych zastosowaniach, o czym za chwilę.

Otóż już dawno okazało się, że lampy elektronowe mają swoją specyfikę wynikającą z ich charakterystyk i w określony sposób deformują przetwarzane przebiegi elektryczne, a tym samym dźwięk. Deformacja, która generalnie jest niepożądana, w przypadku dźwięku gitary elektrycznej okazuje się ogromną zaletą i daje niepowtarzalne, charakterystyczne brzmienie.

Dziś celowo budujemy rozmaite specjalizowane efekty gitarowe w określony sposób deformujące dźwięk, ale przed laty zaczęło się prozaicznie. Otóż kilkadziesiąt lat temu, gdy nie było wzmacniaczy tranzystorowych, wielu muzyków rockowych chciało uzyskać jak najgłośniejszy dźwięk gitary elektrycznej z dostępnych wtedy lampowych wzmacniaczy mocy. Podstawową cechą takich dawnych wzmacniaczy lampowych była niezbyt duża moc wyjściowa, dlatego w praktyce wzmacniacze te pracowały z maksymalną dostępną mocą, co oznaczało duże zniekształcenia sygnału oraz dźwięku z głośników.

Okazało się, że te zniekształcenia są odmienne we wzmacniaczach o różnej konstrukcji, zawierających rozmaite lampy, pracujące w innych punktach pracy. W Europie ogromną sławę zdobyły na przykład wzmacniacze produkowane od początku lat 60 przez Brytyjczyka Jima Marshalla. A w bardzo interesującej historii kultowych wzmacniaczy lampowych: piecyków i efektów gitarowych, pojawia się też znany muzyk Jimi Marshall Hendrix. **Rysunek 1** pokazuje dostępne do dziś słynne wzmacniacze marki Marshall.

Ściślej biorąc, należałoby się cofnąć jeszcze dalej, do lat 40. i zacząć od kogoś innego: Leo (Clarence Leonidas) Fender produkował w USA kultowe gitary elektryczne i wzmacniacze lampowe, będące co najmniej inspiracją dla Marshalla.

I tu podstawowa kwestia jest oczywista: **lampowe wzmacniacze (piecyki) i efekty gitarowe mają za zadanie zniekształcać dźwięk w określony sposób.**

Dylemat powstaje, gdy nie chodzi o układy współpracujące z gitarą elektryczną. Z wykorzystaniem lamp elektronowych budowane są różne wzmacniacze mikrofonowe, zwłaszcza do prawdziwych mikrofonów pojemnościowych (nie elektretowych), do których zresztą lampy są predestynowane.

Budowane są też przedwzmacniacze do gramofonów, a wtedy nie tylko trzeba znacznie wzmocnić sygnał z wkładki magnetycznej, szczególnie wkładki typu MC, która daje znikome napięcia wyjściowe, poniżej 1 miliwolta, a przedwzmacniacz ma mieć charakterystykę zgodną ze starszą lub aktualną wersją krzywej RIAA. Lampowe przedwzmacniacze mikrofonowe oraz przedwzmacniacze gramofonowe RIAA to odrębny bardzo interesujący temat, jednak dotyczący tylko stosunkowo wąskiej grupy użytkowników.

Nieporównanie szersza grupa chce mieć w torze odsłuchowym audio lampy, które będą aktywne przy korzystaniu z dowolnych źródeł sygnału, nie tylko mikrofonów i gramofonów.

Nie ma problemu, jeżeli w takim torze odsłuchowym zostanie zastosowany lampowy wzmacniacz mocy. Jednak wzmacniacze lampowe są kosztowne, nawet bardzo kosztowne, a ich moce wyjściowe zwykle są niewielkie. Powszechną praktyką jest wykorzystywanie wzmacniaczy mocy zawierających elementy półprzewodnikowe: tranzystory i układy scalone. Coraz częściej są to już wzmacniacze impulsowe, niezbyt precyzyjnie nazywane wzmacniaczami mocy klasy D. To temat do oddzielnej dyskusji.



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



Podstawy automatyki – pomiar i czujniki ciśnienia

Kolejnym parametrem, który często wymaga pomiaru w automatyce, jest ciśnienie. Na co dzień spotykamy się najczęściej z pomiarem ciśnienia atmosferycznego (prognoza pogody). Innym popularnym pomiarem ciśnienia jest pomiar ciśnienia w oponach – który z Czytelników ostatnio sprawdził to w swoim pojeździe?

[Pomiar ciśnienia](#)

[Czujniki ciśnienia](#)

[Czujniki różnicy ciśnień](#)

[Nietypowe zastosowania czujników ciśnienia](#)

[Kilka uwag na temat montażu](#)

Pomiar ciśnienia

W przemyśle pomiar ciśnienia jest konieczny w układzie sterowania pneumatycznego, hydraulicznego, a także jako pomiar parametru samego procesu np. ciśnienie wody grzewczej. Mierniki ciśnienia można podzielić na **manometry** (mierzące ciśnienie) oraz **wakuometry** (mierzące podciśnienie). Urządzenie mierzące zarówno ciśnienie i podciśnienie to **manowakuometr**. Ponadto stosuje się pomiar różnicy ciśnień – pomiar ciśnienia względem innego ciśnienia. Ci-

Czujniki ciśnienia

Czujniki ciśnienia można podzielić na dwie grupy: **z pomiarem ciągłym** (wyjściem analogowym) i **z wyjściem stykowym**. Czujnik z pomiarem ciągłym na swoim wyjściu wystawia znany z poprzednich artykułów sygnał analogowy 0–10 V lub 4–20 mA. Czujnik z wyjściem stykowym po osiągnięciu zadanej wartości ciśnienia, z uwzględnieniem ewentualnej histerezy, zmienia stan styku. Czujniki z wyjściem stykowym są powszechnie nazywane **presostatami**. Na **fotografii 1** (źródło: www.danfoss.com) przedstawiona

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



Elementy, ich parametry i karty katalogowe

To jest pierwszy artykuł z serii wprowadzającej w niełatwą i obszerną tematykę parametrów elementów i modułów elektronicznych oraz w tematykę kart katalogowych. Na początek przypomniane są elementarne zagadnienia dotyczące idealizowanych oraz rzeczywistych elementów elektronicznych.

Podstawy, uproszczenia i modele
Różnica między schematem i jego realizacją

Stopnie przybliżenia
Karty katalogowe

Większość elektroników uważa, że **analiza kart katalogowych to wyjątkowo trudne zadanie. Owszem, ale można ją bardzo ułatwić.**

W cyklu artykułów na temat licznych interesujących elementów i ich właściwości będziemy analizować najróżniejsze karty katalogowe. Temat jest obszerny i niełatwy, dlatego wcześniej trzeba uporządkować i przypomnieć pewne podstawowe wiadomości i zależności. Chodzi o to, by nie zaplątać się w szczegółach, tylko zobaczyć szersze tło. Trzeba niejako spojrzeć z daleka, z lotu ptaka. Ten i dwa kolejne artykuły wstępne umożliwią nakreślenie ogólnego obrazu i zarysu całości zagadnień związanych z parametrami podanymi w kartach katalogowych.

Podstawy, uproszczenia i modele

W szkole jesteśmy uczeni fizyki, w tym elektrotechniki i elektroniki. Nasz świat jest niesamowicie skomplikowany i nie sposób objąć umysłem i zrozumieć wszystkich jego aspektów. Ostatnie sto lat pokazało, że nadal nie rozumiemy wszystkiego. Wiemy już bardzo wiele, ale na pewno nie wszystko.

A przecież chcielibyśmy ten świat poznać i opisać. Dlatego ucząc elektroniki zaczynamy od zagadnień bardzo prostych, łatwych do zrozumienia. Od prądu, napięcia, rezystancji i prawa Ohma. Potem cięszymy się, że to nie jest trudne i stopniowo poznajemy inne niezbyt skomplikowane zagadnienia.

Niestety, nie jest to cała prawda o elektronice!

Problem w tym, że w procesie nauki wspomagamy się analogiami i modelami – a te wykorzystywane na początku są ogromnie uproszczone. Tu można wspomnieć prymitywne i mylący model przepływu prądu, gdzie prąd elektryczny przedstawiany jest jako przesuwanie kulek – piłeczek w rurkach.

Inny popularny przykład to analogia hydrauliczna, gdzie napięcie elektryczne to odpowiednik ciśnienia lub wysokości, a prąd elektryczny jest odpowiednikiem przepływu wody w rurach. Poważne pułapki związane z takimi prymitywnymi analogiami to szeroki temat, którym możemy się zająć oddzielnie.

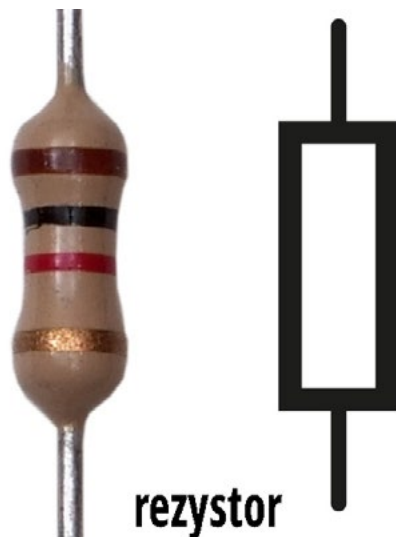
Ponieważ teraz mamy mówić o elementach i ich parametrach prezentowanych w kartach katalogowych, weźmy prosty przykład rezystora: w różnych źródłach możemy znaleźć ilustracje podobne do **fotografii 1**. Mamy fotografię rezystora oraz symbol rezystora, a ilustracja taka niewątpliwie sugeruje, że to jest to samo!

Cieszymy się, że bezboleśnie poznajemy podstawy elektroniki, a tymczasem nieświadomie wpadamy w poważną pułapkę. Otóż zupełnie nieświadomie utrwała się nam z gruntu fałszywe przekonanie, że symbol rezystora to w zasadzie to samo, co rzeczywisty rezystor.

Co jeszcze gorsze (i trudniejsze), z rezystorem, czyli elementem, utożsamiamy rezystancję, czyli wielkość fizyczną, parametr fizyczny. Podobnie utożsamiamy pojemność elektryczną z kondensatorem, a indukcyjność z cewką, co zresztą znajduje odbicie w nieścisłych i mylących sformułowaniach, których wszyscy powszechnie używamy.

Gdy później próbujemy zgłębiać dalsze, trudniejsze zagadnienia, wtedy wcześniej utrwalone utożsamianie symbolu i fizycznej wielkości z realnym elementem nadal pokutuje i mocno przeszkadza.

Jeżeli dobrze pójdzie, dopiero gdzieś na studiach, ktoś burzy nam ten piękny i prosty obraz, tłumacząc między innymi, że rzeczywisty rezy-



Fotografia 1

rezystor

zystancją jest szereg problemów, bo zmienia się ona pod wpływem licznych czynników. Wielu z nas ma kłopot z akceptacją faktu, że ściśle biorąc, rezystor... nie spełnia prawa Ohma.

Ponadto my już wcześniej spotkaliśmy się z kartami katalogowymi i zawartymi w nich parametrami. I mieliśmy kłopot ze zrozumieniem sensu zawartych tam informacji, w tym podanych parametrów.

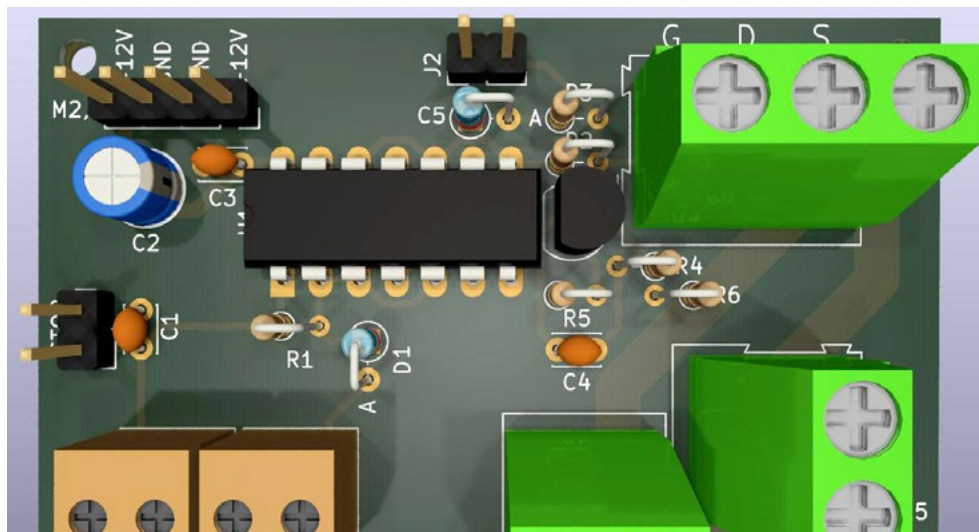
Między innymi dlatego, że obecny proces, cykl edukacyjny utrwalił w nas fałszywe, zbyt mocno uproszczone wyobrażenia co do właściwości elementów.

Różnica między schematem i jego realizacją

Niewielu nauczycieli informuje i w sumie ostrzega uczniów, że **schemat to tylko zestawienie graficznych symboli**. Że to jest ogromne uproszczenie, że to idealizowany model, że to tylko prymitywna analogia i namiastka rzeczywistości.

Dlatego podkreślmy, że **graficzny symbol na schemacie reprezentuje nie tyle realny element, co teoretyczny, idealny model**.

Schemat to nie jest układ! Schemat to tylko obrazek, bardzo mocno uproszczony, na pewno nie pokazujący wszystkiego. Mamy **schematy montażowe**, czyli obrazki, które pokazują, jak konkretnie powinny być rozmieszczone i połączone elementy – przykład na **rysunku 2**.



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

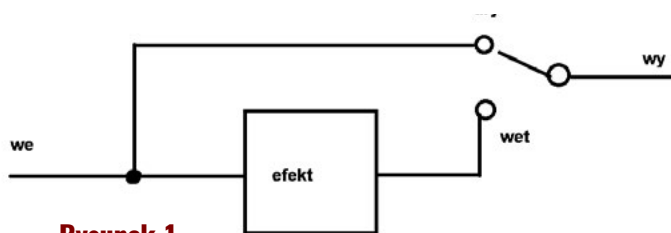
Skrzynka pytań i odpowiedzi

W tej rubryce przedstawiane są odpowiedzi na wybrane pytania dotyczące elektroniki, zawarte w komentarzach do postów i filmów, nadsyłane przez Patronów i Mecenatów. Wszystkie możliwości kontaktu podane są na stronie: [Zapytaj, odpowiedz](#).



Jak bezgłośnie przełączać sygnały audio?

Dzień dobry Panie Piotrze, około 20–25 lat temu (?) (...) ukazał się pewien układ, był to prawdopodobnie jakiś efekt audio, typu pogłos bądź delay (...) który ukazywał, jak należy podłączyć przełącznik dwupozycyjny tak, by przełączając się pomiędzy sygnałami „wet” oraz „dry” (rysunek 1) nie występowało charakterystyczne słyszalne „kliknięcie”. (...) Były tam jakieś kondensatory i rezystory podpięte do masy układu na liniach dry/wet oraz wyjściu (...) Jeśli mógłbym prosić o dwa słowa komentarza w tej sprawie byłbym bardzo wdzięczny. Pozdrawiam. Łukasz

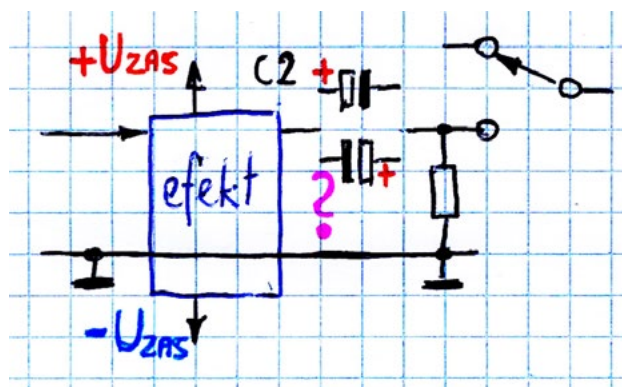


Rysunek 1

Układ ma służyć do przełączania sygnałów *zmiennych* (audio), a stuki związane są z napięciami *stałymi*.

Najprościej biorąc: **aby stuków nie było, napięcia stałe na wszystkich trzech wyprowadzeniach przełącznika muszą być identyczne.**

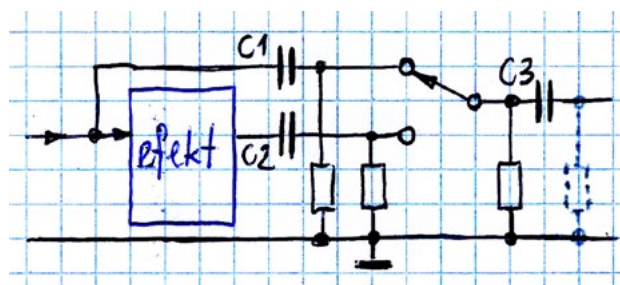
Jeżeli jest to klasyczny przełącznik mechaniczny, najłatwiej przełączać sygnały na poziomie masy. Ideę ilustruje **rysunek 2**, gdzie kondensatory i rezystory zapewniają potencjał 0 V DC na trzech końcówkach przełącznika. W praktyce może pojawić się problem kondensatorów, a ściślej ich prądów upływu. W układach efektów zapewne będą to konden-



Rysunek 3

satory elektrolityczne. Jeżeli układ elektroniczny efektu byłby zasilany napięciem symetrycznym względem masy, to zgodnie z **rysunkiem 3** pojawia się pytanie, jak włączyć „elektrolita” C2?

Chodzi o to, że kondensatory elektrolityczne są biegunowe. Najogólniej biorąc, jeżeli podczas pracy ma na nich występować napięcie stałe, to powinno mieć ono konkretną biegunowość. Jeżeli napięcia stałego nie będzie, a ściślej gdy będzie ono miało wartość zero, to kierunek włączenia jest dowolny.



Rysunek 2

W grę wchodzi też pewne dodatkowe subtelności oraz różnica między kondensatorami elektrolitycznymi zwykłymi – aluminium, a tantalowymi (i ewentualnie polimerowymi), ale to oddzielny temat.

W jakimś stopniu aktualny pozostaje też, zasygnalizowany na rysunku 3, problem dotyczący biegunowości kondensatorów C1 i C3.

Jednak w praktyce kwestia najczęściej dotyczy głównie C2 przy zasilaniu układu napięciem symetrycznym. Wątpliwości co do kierunku włączenia „elektrolita” C2 nie ma, gdy efekt zasilany jest napięciem pojedynczym według **rysunku 4**.

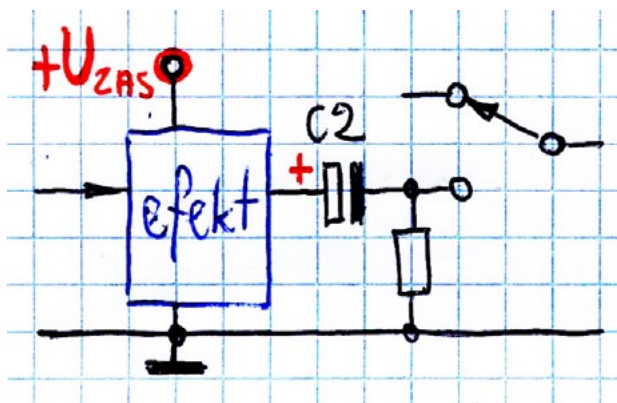
Biegunowość to jedna sprawa, a druga to fakt, że jeżeli zwykłe aluminium „elektrolity” przez jakiś czas pozostają bez napięcia stałego, to wzrasta ich prąd upływu – ulegają tzw. rozformowaniu. Gdy pozostają pod napięciem stałym, to ich prąd upływu jest znikomy, pomijalny, bowiem pod wpływem napięcia stałego następuje swego rodzaju samoregeneracja cieniuteńkiej warstewki dielektryka, którym jest tlenek glinu.

W praktyce może to oznaczać, że jeżeli urządzenie (efekt) przez dłuższy czas nie jest używane, to nawet prawidłowo włączone aluminium „elektrolity” mogą ulec większemu lub mniejszemu rozformowaniu. Po włączeniu zaczną się one pomału samoczynnie formować, ale na początku przez jakiś czas mogą przy przełączaniu występować stuki (coraz mniejsze z upływem czasu pracy i formowania „elektrolitów”).

Od dawna zamiast klasycznych przełączników mechanicznych i przekładników stosowane są przełączniki – klucze elektroniczne, najczęściej w postaci specjalizowanych zespołów komplementarnych tranzystorów MOSFET. W tańszych układach często są to popularne klucze analogowe CMOS 4000, głównie 4066, ale też 4051...4053.

Wtedy generalna zasada jest taka sama: **aby uniknąć stuków, na wszystkich wyprowadzeniach przełącznika elektronicznego muszą panować identyczne napięcia stałe**.

W przypadku przełączników elektronicznych z tranzystorami CMOS w grę wchodzi jeszcze jeden problem: to **napięcie stałe na końcówkach powinno być równe połowie całkowitego napięcia zasilania**. Pozwoli to na pracę z dużymi sygnałami, a przy mniejszych pozwoli minimalizować zniekształcenia. W przypadku kluczy 4066 zasilanych napięciem pojedynczym na wyprowadzeniach przełącznika ma występować napięcie stałe równe połowie napięcia zasilania i nie jest możliwe przełączanie na poziomie masy. Układy CMOS 4051...53 oprócz VDD i GND (VSS) mają dodatkową, trzecią końcówkę zasilania VEE, co pozwala zasiląć je napięciem symetrycznym, a wtedy przełączanie może następować na pozio-



Rysunek 4

mie masy. To są jednak odrębne zagadnienia, zasługujące na oddzielny artykuł.

W każdym razie, gdyby w układzie z przełącznikiem mechanicznym lub elektronicznym podczas przełączania występowały stuki, należy sprawdzić napięcia stałe na wszystkich wyprowadzeniach w obu położeniach przełącznika.

Uwaga! Należy pamiętać, że woltomierz ma jakąś rezystancję wewnętrzną, która może zafałszować taki pomiar. Zwłaszcza gdy w grę wchodzi niewielkie upływności. W lepszych multimetrach cyfrowych rezystancja wejściowa wynosi 10 MΩ, w najtańszych 1 MΩ, a w miernikach wskazówkowych – jeszcze mniej. To też oddzielny temat: jak zmierzyć napięcie stałe, żeby ani trochę nie obciążyć badanego obwodu.

Gdyby okazało się, że napięcia stałe na wyprowadzeniach przełącznika nie są idealnie jednakowe, trzeba poszukać przyczyn i je usunąć. Jeżeli problemem są zwykłe, aluminium „elektrolity”, należałoby je wymienić na lepsze, na przykład tantalowe, a najlepiej na kondensatory stałe, foliowe. Dziś dostępne są stałe, niebiegunowe kondensatory ceramiczne o pojemnościach do 100 μF. W układach efektów można je wypróbować. Jednak generalnie nie są one polecane do toru sygnałowego audio z uwagi na fatalne niektóre parametry i możliwość wprowadzania zniekształceń. To też odrębny temat.

A jeżeli chodzi o różne sposoby przełączania sygnałów audio za pomocą szybkich kluczy elektronicznych, to wyższą szkołą jazdy jest inteligentne przełączanie przy przejściu sygnału audio przez zero. Wyłączenie jednego sygnału dokładnie „w zerze sygnału” i włączenie drugiego toru z maleńkim opóźnieniem dokładnie wtedy, gdy sygnał w tym drugim kanale przechodzi przez zero. Jest to łatwe do realizacji w systemach cyfrowych, a w analogowych takie przełączanie wymagałoby dodatkowych, dość skomplikowanych obwodów pomocniczych. ©

Piotr Górecki



Niesamowita historia energii

W ramach przygotowań do kursu Radiowej Oślej Łączki, który ma w możliwie przystępny sposób przybliżyć zagadnienia związane z elektromagnetyzmem i falami radiowymi, zajmujemy się pojęciem energii. Jak się okazuje, ta fundamentalna wielkość okazuje się bardzo tajemnicza. Oto dalsze szczegóły.

Rozwój pojęcia energii
Ile waży prąd elektryczny?

Energia i ogólna teoria względności
Energia w elektronice

Zgodnie z zapowiedziami z poprzednich artykułów i filmów ([A005](#), [A006](#)), omówimy teraz...

Rozwój pojęcia energii

My jesteśmy elektronikami i interesuje nas przede wszystkim energia w elektronice. Jednak historia fizyki nie zaczęła się od elektryczności, tylko od mechaniki. Można powiedzieć, że od XVII wieku próbowano opisać matematycznie zależności występujące w mechanice. A nie było to łatwe. Do dziś wielu z nas ma niemały problem z rozróżnieniem pojęć *masa* i *ciężar*. Dla wielu osób nadal jest to dokładnie to samo. A przecież nie jest...

Z pojęciem energii było i jest jeszcze gorzej. Wbrew pozorom, pojecie to jest niesamowicie trudne i nie powstało od razu. Czymś zdecydowanie łatwiejszym i bardziej oczywistym było pojęcie *siły*. Dziś nie tylko w mechanice *energia* wiąże się z *siłą*, ale niestety

w potocznym rozumieniu siła wiąże się z energią zdecydowanie zbyt mocno. Wbrew częstym wyobrażeniom, ***energia to na pewno nie jest siła***.

Pojęcie energii rodziło się stopniowo. Kartezjusz (René Descartes 1596–1650) już na początku XVII wieku sądził, że w procesach przyrodniczych jakaś wielkość powinna być stała w czasie.

Dość blisko pojęcia energii i jej niezmienności był, zajmujący się wahadłami, XVII wieczny uczony Christiaan Huygens (1629–1695), wynalazca zegara wahadłowego (**fotografia 1**: C Friedrich Haag CC BY-SA 4.0).



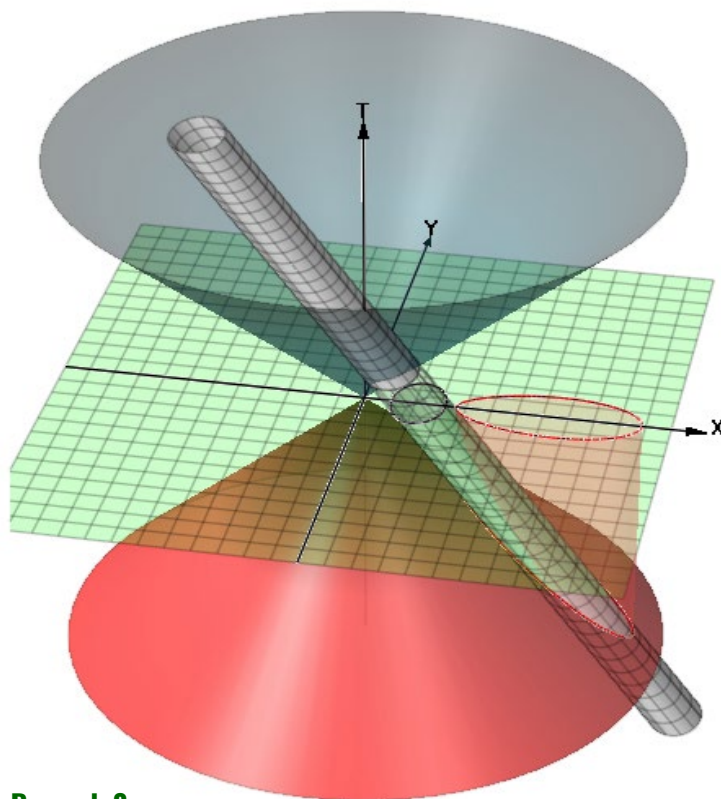
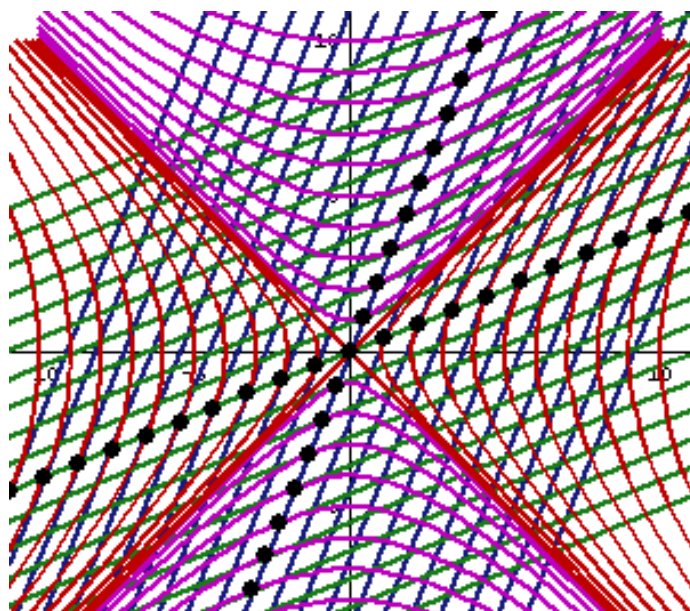
Fotografia 1

Prawidłowe pojęcie o masie i sile, ale nie o energii, miał już genialny Newton, który żył w latach 1643–1727, czyli na przełomie XVII i XVIII wieku. Wtedy do pojęcia energii było jeszcze bardzo daleko. Stosunkowo blisko było jedynie do pojęcia energii kinetycznej, jaką mają ciała w ruchu. W XVIII wieku uczeni toczyli dyskusje m.in. „o całkowitej ilości ruchu”. Doprowadziło to do pojęcia *pędu, który jest iloczynem masy i prędkości* ($p = mv$).

Niemiecki uczony zajmujący się wielu dziedzinami nauki, Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716) stwierdził, iż wielkością stałą w czasie jest iloczyn masy i kwadratu prędkości (mv^2). Wielkość tę, w odróżnieniu od siły, nazwał *vis viva* – siła żywa. Właściwie była to energia kinetyczna, tylko do zależności mv^2 trzeba było dołączyć czynnik $1/2$ (0,5).

Kwestią „niezmienności czynnika” i „całkowitej ilości ruchu” zajmował się też wielki filozof z Królewca. Niestety, Immanuel Kant (1724–1804) był zdecydowanie bardziej filozofem niż fizykiem i z problemem sobie nie poradził. W dyskusję było zaangażowanych wielu naukowców. W grę weszła też „zasada minimalizacji”, czy jak dziś powiemy – dążenie do minimalizacji energii.

Najpierw zajmowano się tylko mechaniką, a potem, w wieku XIX doszły zjawiska elektryczne i magnetyczne. W każdym razie można uznać, że pojęcie energii skryształizowało się zaskakująco późno, dopiero pod koniec XIX wieku. I wtedy, **na przełomie XIX i XX wieku, wszystko wskazywało, że energia i jej przemiany są podstawą całej fizyki**. Niestety, wiek XX przyniósł zmiany, i to zmiany wręcz dramatyczne.



Rysunek 3

Otóż najpierw pojawiła się *szczególna teoria względności*, która mocno namieszała w kwestii energii. Ale, co dużo gorsze, klarownemu XIX-wiecznemu pojęciu energii niemal śmiertelny cios zadała nieco późniejsza *ogólna teoria względności*.

Otóż według *szczególnej teorii względności*, do opisu czasoprzestrzeni trzeba używać transformacji Lorentza. Z transformacją Lorentza związany jest „płaski” **rysunek 2** (Jonathan Doolin CC BY-SA 2.5) oraz „przestrzenny” **rysunek 3** (TxAlien z angielskiej Wikipedii CC BY-SA 3.0).

W przypadku energii, do matematycznego opisu trzeba używać czterowektora (wektora czterowymiarowego), a konkretnie czteropędu. Okazuje się przy tym, że energia jest składową czasową (zerową) tego czteropędu, a pozostałe trzy składowe przestrzenne to pęd. W grę wchodzi też *masa*, a dokładniej tak zwana *masa spoczynkowa*.

Tak, spoczynkowa, bo co jeszcze dziwniejsze, przy wzroście prędkości masa rośnie, czyli niejako energia zamienia się w materię. Ujawnia się wzajemna zależność, a wręcz tożsamość energii i materii wyrażona słynnym wzorem Einsteina: $E = mc^2$.

Najprościej można powiedzieć, że kwadrat prędkości światła (c^2) to stała fizyczna, więc

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 7/2023

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

Redakcja techniczna: Ewa Górecka-Dudzik (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.