

ZROZUMIEĆ ELEKTRONIKĘ

z Piotrem Góreckim

9/2024 Wrzesień (21)

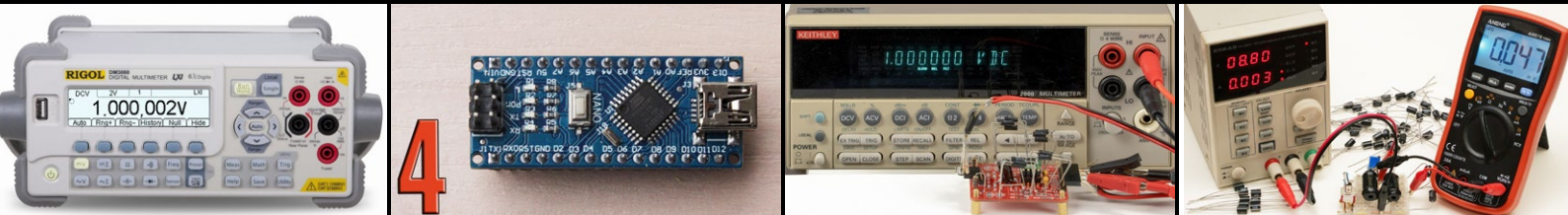
piotr-gorecki.pl

**Uwaga – to jest egzemplarz demonstracyjny (niepełny). Pełna wersja ma 98 stron.
Kup pełny egzemplarz na buycoffee.to a lepiej zaprenumeruj tu: <https://patronite.pl/Zrozumiec-Elektronike>**



Czy prawo Ohma jest prawdziwe?

- Tysiąc razy lepszy niż LM358!
- Komputer na układach TTL, czyli znów wszystko na jedną kartę...
- Pomiar czasu przełączania diod
- Lampy elektronowe podstawowe konfiguracje
- Mikroprocesorowa ośla łączka
- Dokładne pomiary: różne negatywne czynniki
- Historia zasilania – Prostowniki „radiowe”
- Precyzyjny mostek do dobierania rezystorów



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

Zawartość numeru 9/2024

- FUNDAMENTY ELEKTRONIKI**
- 20**  [Czy prawo Ohma jest prawdziwe?](#)
Poniższy artykuł jest pisaną wersją oraz rozszerzeniem filmu na moim kanale YT, oznaczonego A010. Omawia tylko jeden aspekt złożonego zagadnienia. Jest wprowadzeniem, a właściwie już początkową częścią zapowiadanego od dawna kursu Radiowej Oślej Łączki.
- 3** [Słowo wstępne – wrzesień](#)
- 4** [Nasze wspólne czasopismo – listy Czytelników](#)
- 10** [Rozwiązania Łamigłówek lipiec 2024](#)
- 18** [Łamigłówki elektroniczne wrzesień 2024](#)
- PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA**
- 29**  [Tysiąc razy lepszy niż LM358!](#)
- PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA**
- 38**  [Precyzyjny mostek do dobierania rezystorów](#)
- MIERNICTWO**
- 47**  [Pomiar czasu przełączania diod](#)
- PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA**
- 49**  [Wspólnie projektujemy: Sygnalizator przegrzania LM317](#)
- PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA**
- 56**  [Wspólnie projektujemy: Zabezpieczenie nadnapięciowe](#)
- MIKROPROCESORY**
- 57**  [4 Mikroprocesorowa ośła łączka, część 4](#)
- ELEMENTY I MODUŁY**
- 72**  [Lampy elektronowe podstawowe konfiguracje](#)
- MIERNICTWO**
- 78**  [Dokładne pomiary: różne negatywne czynniki](#)
- HISTORIA, RETRO**
- 84**  [Historia zasilania – Prstowniki „radiowe”](#)
- TECHNIKA CYFROWA**
- 92**  **2** [Komputer na układach TTL – znów wszystko na jedną kartę...](#)

ZROZUMIEĆ **E**LEKTRONIKĘ z Piotrem Góreckim

Słowo wstępne – wrzesień



Witam!

Poniższy obrazek to kadr z filmu oznaczonego B010, dotyczącego „Radiowej Oślej Łączki”, nad którą pracuję już od kilku lat. W filmie nakręconym „w pięknych okolicznościach przyrody” wyjaśniam, dlaczego realizacja kursu łagodnie wprowadzającego w świat techniki radiowej jest taka trudna.

Wyjaśniam tam też, dlaczego „nie można wskoczyć wprost na trzecie piętro”. Sygnalizuję też, dlaczego absolutnie konieczne jest bliższe przyjrzenie się prawu Ohma i związanym z nim wyobrażeniom.

Szczegóły, w tym „cztery piętra elektroniki i parter” przedstawię też w artykule planowanym do następnego, październikowego numeru. Natomiast już w tym numerze okładkowy artykuł to początek „przyglądania się prawu Ohma”.

Na razie pokazuję tylko, jakie są wyniki moich eksperymentów, przeprowadzonych według wskazówek pewnego szkolnego podręcznika. Niestety zdecydowanie zaprzeczają one i opisowi z podręcznika, i powszechnym wyobrażeniom dotyczącym prawa Ohma.

Przyczyny trzeba przekonująco wyjaśnić. Problem w tym, że popularne wyobrażenia na temat prawa Ohma i podstaw elektroniki w dużej części są niezgodne z rzeczywistością. A co najgorsze, nie pomagają, tylko poważnie przeszkadzają w zrozumieniu trudniejszych aspektów elektroniki.

Dlatego zapraszam do wnikliwego zapoznania się z okładkowym artykułem opisującym moje eksperymenty dużo dokładniej niż film oznaczony A010. W następnych artykułach i filmach będziemy do tych zagadnień podchodzić z różnych stron. A wszystko po to, żeby przygotować grunt do zrozumienia zagadnień „radiowych”.

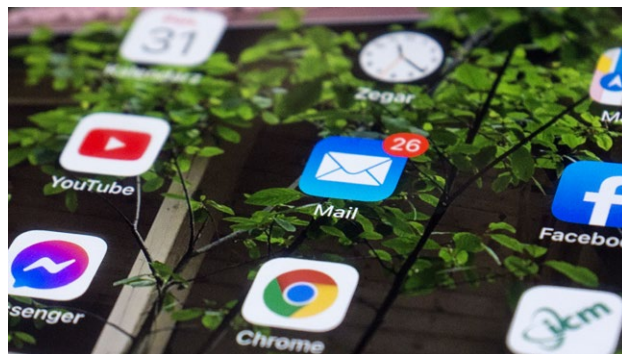
W tym numerze czasopisma znajdziesz też mnóstwo interesujących materiałów i projektów. W cieszącej się dużym zainteresowaniem rubryce „Łamigłówki elektroniczne” zwracam uwagę na fantastyczne zagadki z „elektroniki dawnej”, które przedstawił Piotr Rudziński. Mam nadzieję, że takich zagadek będzie w ZE dużo więcej.

Pozdrawiam serdecznie!

Piotr Górecki



Nasze wspólne czasopismo – listy Czytelników



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

Poniżej fragmenty ostatnio nadesłanych listów.

Dzień dobry,

w numerze czerwcowym ZE, w korespondencji z Czytelnikami, jest poruszony problem kwestii serwisowych. Jest to bardzo szeroki temat i wcale niełatwy. Praktycznie mógłby zająć 100% łamów czasopisma. Przekracza też możliwości jednego autora. Dziś w dobie Internetu można coś znaleźć w sieci, ale nie każdy przypadek uszkodzenia sprzętu jest dokładnie opisany. Dla osób zainteresowanych i poszukujących w tym temacie podaję link do strony gdzie są tylko informacje serwisowe, na bieżąco aktualizowane. Można zgłosić chęć otrzymywania newslettera i w mailu będziemy otrzymywać link do niego. Link do ostatniego jaki otrzymałem:

Newsletter 1068 | [ElectronicsRepairFaq.com](https://electronicsrepairfaq.com)

Strona główna: [Electronics Repair - Troubleshooting Tips For Technicians \(electronicsrepairfaq.com\)](https://electronicsrepairfaq.com)

Jest tam zakładka Electronic Repair Ebooks, gdzie znajdziemy e-booki na różne tematy serwisowe. Nie są za darmo i po angielsku. Jest to kopalnia wiedzy i informacji, nie tylko dla serwisantów.

*Pozdrawiam
Tadeusz Suszał*

Dobry wieczór,

dawno nie pisałem. Tym razem piszę z mojego nowego maila. Poprzedni mój mail nadal jest aktywny, ale jest on zasypywany reklamami. (...) Z tego też powodu po ponad 20 latach postanowiłem zmienić mój adres e-mail. Poprzedni będzie jakiś czas jeszcze funkcjonował, ale w przyszłości mam zamiar usunąć tamtą skrzynkę pocztową.

Mail ten jest krótkim uzupełnieniem moich artykułów „Jaki program EDA dla hobbyisty?”. Pisałem w tym ar-

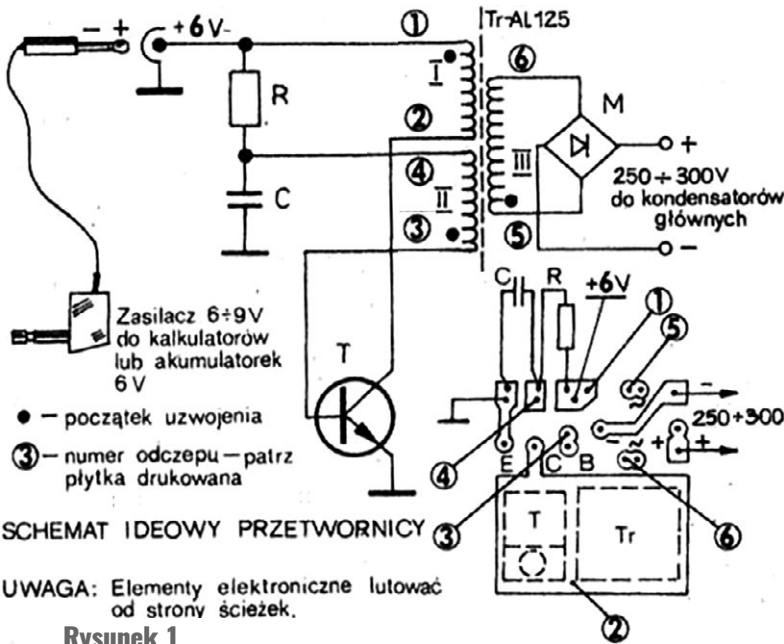
tykule o programach, które wymagają założenia konta i rejestracji. Otóż w ostatnim czasie firma Adobe, która w podobny sposób licencjonuje swoje programy, zmieniła warunki licencjonowania programów. Nowa licencja ma zapewnić firmie Adobe możliwość przeglądania istniejących plików i projektów użytkowników jej programów w celu „moderowania nielegalnych treści”. Rodzi to obawy o poufność tworzonych projektów użytkowników. Dotyczy to także prac objętych umową NDA o zachowaniu poufności tworzonych projektów. Wkrótce podobne rozwiązania mogą wdrożyć twórcy innych programów, także tych dla elektroników.

Wisienką na torcie inwigilacji użytkowników Photoshopa jest to, że jego użytkownicy aby anulować subskrypcję licencji tego programu, muszą się zgodzić na nowe warunki licencji Photoshopa. Dopiero wówczas będą mogli się zalogować na swoje konto i anulować subskrypcję licencji i usunąć swoje konto. Czy podobne warunki licencjonowania programów dotkną także elektroników i będą oni musieli korzystać z takich programów jak KiCad? Niestety nie można wykluczyć takiej możliwości.

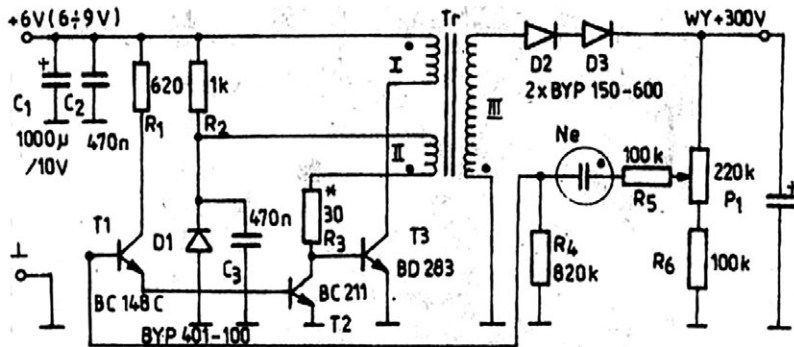
Link do informacji: <https://wolnemediamedia.net/firma-adobe-bedzie-szpiegowac-tworczosc-uzytkownikow-photoshopa/>

*Pozdrawiam
Krzysztof Kawa*

(...) W nawiązaniu do artykułu „Tajemnicze przetwornice – generatory plazmy”, opublikowanego w ZE 06/2024 bardzo podobne schematy dwóch przetwornic zostały opublikowane w „Młodym Techniku” około 35 i 40 lat temu. W tamtych czasach często w kraju krzyżowało się ze sprzętu fotograficznego byłego Związku Radzieckiego, aparatów fotograficznych „Zenit” i lamp błyskowych serii „Elektronika”.



Rysunek 1



Transformator Tr: rdzeń kubkowy M26/16 $A_L=400$, materiał F1001 lub F2001
 uzwojenia: I - 11zw DNE 0,5 II - 5zw DNE 0,3
 III - 250zw DNE 0,15, warstwy oddzielone przekładką z folii 0,1mm
 ● - początek uzwojenia Ne - neonówka miniaturowa na napięcie ok. 100÷150V

Rysunek 2

Wadą tych lamp błyskowych było ich ładowanie z sieci energetycznej. Konstruowano więc różnego rodzaju przetwornice pozwalające na ładowanie tych lamp błyskowych z baterii i akumulatorów. Taką właśnie bardzo podobną, prostą przetwornicę opisano w Młodym Techniku w maju 1989 roku.

https://mlodytechnik.pl/files/bpz/89-nw-05-przetwornica_do_lampy_blyskowej.pdf

Jej schemat widzimy na **rysunku 1**. Ma ona bardzo podobny schemat do tej opisanej w ZE 06/2024. Wykonałem tę przetwornicę, ale jej wadą była ciągła praca, co powodowało szybkie rozładowanie baterii zasilających. Później wykonałem też tę przetwornicę w ramach testów, stosując większy transformator, którego uzwojenie wtórne wypełniało cały karkas większego transformatora. Udało mi się wówczas uzyskać wysokie napięcie. Dziś trudno powiedzieć jak wysokie mogło one być, ale było rzędu kilkunastu - kilkudziesięciu kV. Niestety wysokie napięcie spowodowało dość szybko przebicie międzyzwojowe transformatora tej przetwornicy.

Drugą przetwornicę o lepszej konstrukcji z automatyką wyłączającą przetwornicę po naładowaniu kondensatora głównego lampy błyskowej opisano w Młodym Techniku w sierpniu 1985 roku. <https://mlodytechnik.pl/files/fmi/85-nw-08-przetwornica.pdf>

Jej schemat widzimy na **rysunku 2**. Jest to bardziej rozbudowana wersja przetwornicy z rysunku 1, wzbogacona o wspomniany wyżej układ automatyki. Taką przetwornicę również wykonałem i sprawowała się ona lepiej niż ta z rysunku 1, oszczędzając baterie. Kilka lat później, po zmianach ustrojowych, w kraju pojawiły się w sprzedaży małe zgrabne lampy błyskowe ładowane z baterii i konstruowanie tego rodzaju przetwornic nie było już potrzebne.

Krzysztof Kawa

Dzień dobry,

Czytelnik Circuit Chaos, komentując artykuł o pomiarze histerezy magnetycznej, pisze: „co tam robi kondensator całkujący, jaka jest jego rola?”

Zastanówmy się, co by się stało, gdyby kondensatora nie było. Napięcie na uzwojeniu wtórnym transformatora jest proporcjonalne do dB/dt , a więc byłoby największe gdy zmiana indukcji w czasie jest największa, czyli blisko osi Y, a następnie spadałoby do zera (obraz byłby podobny do wykresu otrzymywanego przy voltamperometrii cyklicznej, tylko odbity symetrycznie względem osi Y; przepraszam za chemiczne skojarzenie). Całkowanie jest więc konieczne, aby uzyskać napięcie proporcjonalne do wartości indukcji, nie jej zmiany w czasie.

Pozdrawiam serdecznie

Paweł Pawłowicz

Dzień dobry,

w artykule o powerbankach w ZE2407 można przeczytać fragment, w który chyba wkradł się błąd:

„Energiją, w tym przypadku zawartość energii, zasadniczo powinniśmy mierzyć w dżulach, czyli amperosekundach, ale w praktyce mierzymy w watogodzinach (Wh).”

Powinno być: w dżulach, czyli watosekundach.

Jeśli już mamy tu zaprzęgać ampere to: woltoamperosekundach. Amperosekundy to miara ładunku elektrycznego a nie energii.

W czerwcu 2024 stuknęła mi rok „abonamentu” na Zrozumieć Elektronikę, to jedno z najlepiej wydanych pieniędzy i minut spędzonych na lekturę! Mam nadzieję że nieprędko się Panu znudzi.

Pozdrawiam

Tomasz

Dobry wieczór,
 piszę odnośnie poruszonej w ZE 8/2024 kwestii drukowania naszego czasopisma Zrozumieć Elektronikę. Mianowicie wiele drukarni udostępnia na swoich stronach internetowych kalkulatory zleceń druku, co pozwala oszacować koszt druku. Wśród wielu czynników mających wpływ na cenę druku dwa czynniki są decydujące o cenie druku. Druk w pełnym kolorze lub czarno-biały. Niestety druk w pełnym kolorze poza okładką podnosi znacząco cenę. Drugim czynnikiem mającym wpływ na cenę jest nakład. Im większy nakład, tym niższa cena za jeden egzemplarz. Przykładowa wycena na jednym z takich kalkulatorów druku w pełnym kolorze przy nakładzie 1000 egz. daje cenę 8,72 zł za egzemplarz. Dla nakładu 100 egzemplarzy jest to już kwota ponad 20 zł za 1 egzemplarz. Dla druku czarno-białego z kolorową okładką w nakładzie 1000 egz. cena za pojedynczy egzemplarz wynosi około 5 zł, a dla 100 egz. wzrasta do około 8,5 zł za jeden egzemplarz.

Kolejny problem to dystrybucja. Trzeba pokryć koszt dostawy z drukarni przesyłki raczej paletowej ważącej około 250 kg. Następnie trzeba wszystkie egzemplarze zapakować w koperty (niektóre drukarnie świadczą takie usługi), nakleić etykiety i rozesać. Czy ktoś by się tym zajął „charytatywnie”?

Tutaj pojawia się kolejny problem kosztów dystrybucji i RODO z uwagi na dane osobowe odbiorców przesyłek. Może drukarnia mając listę odbiorców wysyłałaby pojedyncze egzemplarze adresatom?

Nie wiadomo też jakie podejście miałyby w tej kwestii Urząd Skarbowy.

Podobne wątpliwości pojawiają się w przypadku

Środki:
 Zadruk: Kolorowy (CMYK, 4+4)
 Sposób oprawy: Oprawa miękka klejona PUR
 Format: A4 (210x297)
 Papier: Papier offsetowy 80 g
 Technologia: Druk cyfrowy

Okładka:
 Zadruk: Dwustronny w kolorze (CMYK, 4+4)
 Papier: Kreda matowa 200 g
 Uszlachetnienie okładki: Bez dodatkowego uszlachetnienia
 Technologia: Druk cyfrowy

Nakład: 100
 Liczba stron (bez okładki): 88

[← WRÓĆ DO WYCENY ONLINE](#)

Środki:
 Zadruk: Kolorowy (CMYK, 4+4)
 Sposób oprawy: Oprawa miękka klejona PUR
 Format: A4 (210x297)
 Papier: Papier offsetowy 80 g
 Technologia: Druk offsetowy

Okładka:
 Zadruk: Dwustronny w kolorze (CMYK, 4+4)
 Papier: Kreda matowa 200 g
 Uszlachetnienie okładki: Bez dodatkowego uszlachetnienia
 Technologia: Druk offsetowy

Nakład: 1000
 Liczba stron (bez okładki): 88

[← WRÓĆ DO WYCENY ONLINE](#)

Środki:
 Zadruk: Czarno-biały (K, 1+1)
 Sposób oprawy: Oprawa miękka klejona PUR
 Format: A4 (210x297)
 Papier: Papier offsetowy 80 g
 Technologia: Druk cyfrowy

Okładka:
 Zadruk: Dwustronny w kolorze (CMYK, 4+4)
 Papier: Kreda matowa 200 g
 Uszlachetnienie okładki: Bez dodatkowego uszlachetnienia
 Technologia: Druk offsetowy

Nakład: 1000
 Liczba stron (bez okładki): 88

[← WRÓĆ DO WYCENY ONLINE](#)

zbiorowych zakupów płytek drukowanych w Chinach. W załączeniu zrzuty ekranu przykładowych kalkulacji druku.

Wartość netto: 2 015,00 zł
 Wartość netto/egzemplarz: 20,15 zł

Stawka VAT: 8%
 Wartość VAT: 161,20 zł

Wartość brutto: 2 176,20 zł

Szacunkowa waga nakładu: 24,90 kg
 Termin realizacji (dni robocze): 5 dni

Szacunkowa grubość grzbietu: 5.2 mm

Ceny uwzględniają rabat w wysokości: 10% - Czasopisma

[DODAJ DO KOSZYKA](#)

Wartość netto: 8 715,00 zł
 Wartość netto/egzemplarz: 8,72 zł

Stawka VAT: 8%
 Wartość VAT: 697,20 zł

Wartość brutto: 9 412,20 zł

Szacunkowa waga nakładu: 246,70 kg
 Termin realizacji (dni robocze): 8 dni

Szacunkowa grubość grzbietu: 5 mm

Ceny uwzględniają rabat w wysokości: 10% - Czasopisma

[DODAJ DO KOSZYKA](#)

Wartość netto: 5 050,00 zł
 Wartość netto/egzemplarz: 5,05 zł

Stawka VAT: 8%
 Wartość VAT: 404,00 zł

Wartość brutto: 5 454,00 zł

Szacunkowa waga nakładu: 247,10 kg
 Termin realizacji (dni robocze): 11 dni

Szacunkowa grubość grzbietu: 5.2 mm

Ceny uwzględniają rabat w wysokości: 10% - Czasopisma

[DODAJ DO KOSZYKA](#)

Krzysztof Kawa

Szanowny Panie,
od czasu upadku EdW i późniejszego Pańskiego zaangażowania w dalsze szerzenie wiedzy, jestem stałym obserwatorem Pańskiego kanału na YouTube oraz strony internetowej.

Chciałbym zacząć prenumeratę czasopisma oraz wspierać Pana finansowo, ale niestety nie posiadam konta na Patronite i jeśli nie jest to konieczne - nie odczuwam potrzeby jego tworzenia. Nie lubię podawać jakichkolwiek danych bankowych na stronach, na których nie jest to bezwzględnie konieczne.

Proszę więc o informację, czy jest możliwe wsparcie w innej formie, np. przez przelewy wprost na konto bankowe. Ustawiłbym w takim przypadku automatyczne, cykliczne przelewy.

Z poważaniem
[Czytelnik]

Jest możliwe. Mam już kilka takich osób. Dlatego oprócz Patronite, mam drugą listę „prywatnych Patronów”, którzy też z jakichś powodów nie chcą korzystać z Patronite. Co miesiąc rozsyłam im numery czasopisma.

Na tej „prywatnej liście” też są „Patroni z różnych progów” tak samo jak na Patronite (10...100 zł/miesięcznie). Osoby, które wspierają mnie kwotą 10 zł miesięcznie otrzymują co miesiąc po prostu numer bieżący. Osoby, które wspierają mnie kwotami 20 zł i więcej – dodatkowo otrzymują wstępną wersję następnego numeru.

Zwracam uwagę na bardzo ważny szczegół: to jest rodzaj prenumeraty, więc **trzeba zapłacić za dłuższy okres, najlepiej rok**, z uwagi na konieczność księgowania – wszystko musi być opodatkowane. Dlatego **nie wchodzi w grę wpłaty za pojedyncze numery**, bo bardzo kłopotliwe i nieakceptowalne byłoby księgowanie małych wpłat co miesiąc. Dlatego konieczna jest „wpłata roczna”. Osobom zainteresowanym mogę przesłać numer konta ZE e-mailem.

Szanowny Panie Piotrze,
tyle razy odkładałem pobranie starych plików, a okazuje się teraz, że nie pobiorę ich bezpośrednio z Patronite. Czy zechce Pan podzielić się linkami?

Wspieram pismo od kwietnia 2023. Z poważaniem
Michał

(...) Jestem Pana patronem praktycznie od początku działalności ZE. Miałem dłuższą przerwę spowodowaną poważną chorobą, pobyłem w szpitalu i nie mogłem na czas ściągnąć wydań maj, czerwiec.

Czy jest możliwość otrzymania tych wydań w wersji ciemnej i jasnej? Pozdrawiam

Przemysław

Dzień dobry, po dłuższym czasie kiedy nie miałem na to czasu, zabrałem się do lektury Zrozumieć Elektronikę. Niestety nie zauważyłem, że linki do archiwalnych numerów znikają po pewnym czasie, i mam teraz przerwę w pobranych numerach. Nie pobrałem numerów od 2308 do 2406. Czy mógłbym otrzymać linki do tych numerów ponownie? Patronem jestem nieprzerwanie od początku :) Pozdrawiam

Piotr

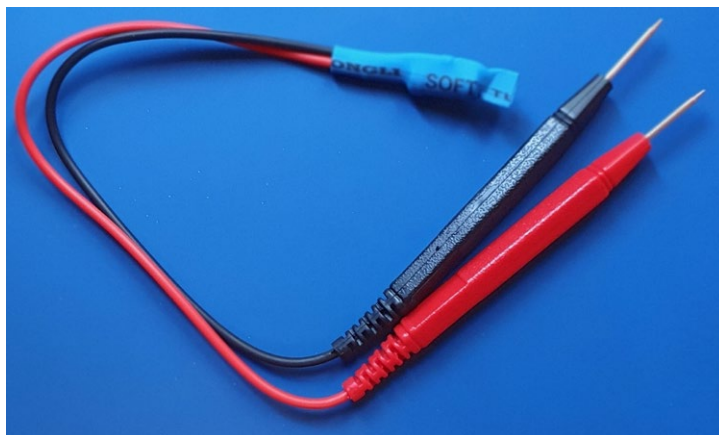
Witam serdecznie Panie Piotrze, mam u Pana subskrypcję w Patronite. Niestety przegapiłem ZE nr 03, 04 i 05 czy mógłbym prosić o linka aby można było je ściągnąć? Z góry dziękuję i przepraszam za kłopot. (...)

Mechanizm Patronite nie zapewnia typowej prenumeraty. Każdy numer można pobrać w ciągu dwóch miesięcy, do czego zapraszam. Po tym czasie można do mnie napisać – wyślę e-mail z linkiem WeTransfer.

Dzień dobry,

Przesyłam fotografię przyrządu (chyba zbyt wielkie słowo) do rozładowywania kondensatorów przy naprawach sprzętu elektronicznego. Został on wykonany z chińskich przewodów pomiarowych bardzo niskiej jakości i opornika 1,5 kΩ.

Pozdrawiam serdecznie
Paweł Pawłowicz



Witam,

Panie Piotrze, potrzebuję na ile to możliwe, krótkiej porady dotyczącej TinySA Ultra (5.3GHz). W najbliższym czasie będę uruchamiał komunikację na nRF24L01+ i postępowanie w elektronice powoduje, że taka funkcjonalność może zostać uruchomiona bez takiego sprzętu. Pierwsze z brzegu źródła w Arduino z netu i działa – coś, co 30 lat temu było tylko w filmach SF.

Mam też moduły 433MHz i pomyślałem, że dobrze byłoby pooglądać, to co się dzieje poza anteną i zacząć edukować w świecie „radiówki”.



Na razie wiedza jest niewielka, jak zawsze na początku. Ale do rzeczy: czy tym analizatorem będę mógł przećwiczyć praktyczne tematy, jakie poruszał Pan w EdW w temacie NanoVNA czy raczej nie? No i Pana opinia co do tego analizatora i jego ceny – znalazłem to za 850 zł. Może też cykl artykułów dotyczących tego sprzętu? Z góry dziękuję za odpowiedź i pozdrawiam.

MS

Odpisałem, że ja kupiłem w roku 2022 Tiny SA za nieco ponad 300 zł w bardzo dobrym sklepie Zeenco: <https://pl.aliexpress.com/item/4001274404758.html> za cenę pokazaną na **rysunku** – dziś jest nawet tańszy. Jeszcze nie wykorzystywałem go w praktyce, ale od dłuższego czasu szykuję się pomału do tematów EMC i EMI. Uważam, że taka najtańsza wersja na początek wystarczy z zapasem. Uważam, że na początek nie warto (i nie uda się) „wejść w gigaherce” – z kilku względów, przede wszystkim z powodu sond – anten.

Analizator to nie wszystko – klucz to sondy – różne anteny, a to jest cała zabawa. Niełatwa. Ja jestem za tym, żeby zaczynać „niżej”, stopniowo zdobywać doświadczenie, a dopiero potem „wchodzić w gigaherce” czyli w mikrofałe.

Co do VNA – analizator Tiny SA to nie jest analizator VNA – ma zdecydowanie inną zasadę działania. Dlatego nie zastąpi (nano)VNA – to zupełnie inny przyrząd.

Otrzymałem odpowiedź:

(...) Super co do EMC i EMI, bo chciałem się na te tematy czegoś dowiedzieć (...) Skutecznie wybił mi Pan z głowy zakupy za ponad 8 stówek. Ale czy jest Pan pewien, że ta wersja jest oryginalna i ma pełną funkcjonalność? [Polski sklep XXXX] mówi swoje, bo chce zarobić, ale na stronie TinySA też jest info o podróbkach i sposobie sprawdzenia oryginału.

Ja na Ali.. nie kupowałem i mam pytanie jak tam jest z płatnością(...) jak z pozostałymi informacjami, bezpieczeństwem itp. Proszę o krótkie info. Pozdrawiam

MS

Temat EMI / EMC jest w przygotowaniu, ale najpierw będą pomiary oporności przy okazji „rozprawianie się z prawem Ohma”. Nie tylko rezystancji

stałoprądowej, ale „różnych rodzajów oporności”. Do tego wręcz idealny będzie NanoVNA. Dlatego najpierw będą artykuły o Nano VNA, potem o Tiny SA.

Co do **sklepu Zeenco** – jest jedno z najlepszych źródeł zakupu – wprost od doświadczonego fachowca (Gen Hu = hugen).

Jeśli chodzi o zakupy na Aliexpress – w najbliższych numerach ZE będą artykuły na ten temat. Ja tam kupuję sporo i nie mam praktycznie żadnych problemów.

Niezawodny **Tadeusz Suszał** napisał o swoich eksperymentach z układem aktywnego obciążenia:

(...) W poczcie widzę zamieszczoną korespondencję na temat aktywnego obciążenia. Jako uzupełnienie do tego tekstu wspomnę, że cały czas nad tym pracuję. Podczas licznych prób zauważyłem wpływ pojemności pasożytniczych. Układ jest zmontowany na płytce prototypowej. Podłączanie się z zewnętrznymi kondensatorami za pomocą przewodów powoduje dziwne reakcje układu w zależności jak się one ułożą. Do tego dochodzi potencjometr i przełączniki też z przewodami. Na samej płytce też są wykonane połączenia przewodem. Chcąc zminimalizować ewentualne niekorzystne wpływy (mam nadzieję, że to coś da, poprawi) zaprojektowałem płytkę PCB, jednostronną. Właśnie ją wczoraj powierciłem świeżo zakupioną na Aliexpress małą wiertareczką stołową (oczy już nie te, trudno mi się to robi). Ma moc 120 W i cicho pracuje, jest na cienkie wiertła od 0,6 do 6 mm. (...) Mam nadzieję, że w ten sposób zminimalizuję niekorzystne wpływy i łatwiej będzie opanować działanie układu.

Pozdrawiam
Tadeusz Suszał

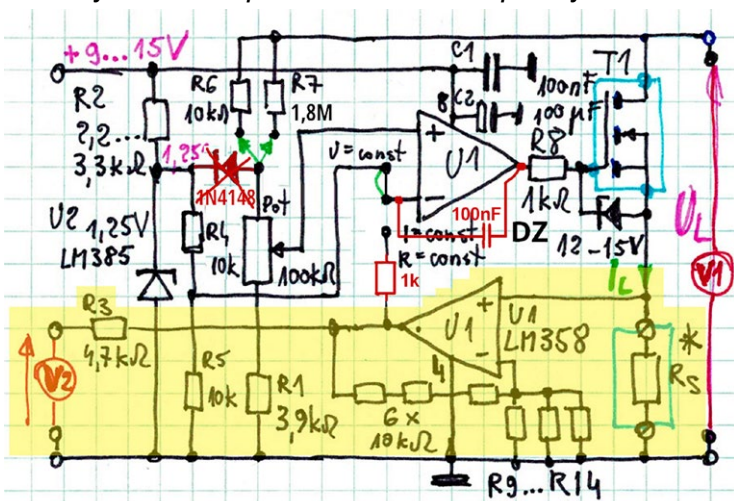
Dzień dobry, jestem po kolejnych próbach i modyfikacjach aktywnego obciążenia. A że wypadły pozytywnie, to śpieszę o tym donieść. (...) Wcześniej podałem, że dla eliminacji składowej AC dobrze jest włączyć kondensator 100 nF (w układzie wg Pana wariantu) między wyjściem a wejściem WO. To w trybie napięciowym. A co w trybie prądowym, czy wystarczy zastosować takie rozwiązanie tylko z kondensatorem? Otóż nie wystarczy. Zwiększanie tej pojemności nie załatwia problemu do końca.

Inaczej jest w trybie napięciowym, a inaczej w trybie prądowym. Bo mamy dodatkowy WO w pętli sprzężenia, którego nie ma w trybie napięciowym. Nie wpadając w przesadny entuzjazm udało mi się to rozwiązać (inaczej mówiąc nie chwalmy dnia przed zachodem słońca...). Dodatkowo, dla trybu prądowego, należy na wyjściu WO znajdującego się w pętli sprzężenia zastosować rezystor 1 k. To zadziałało, z rezystorem 1 k w moim wariantcie układu. Czy to się sprawdzi u Pana, to jedynie może Pan sam potwierdzić bo ja nie mam zmontowanej tej części układu (części prądowej). Możliwe, że wystarczy kondensator 100 nF. A może się okazać, że może być mniejszy. Należy to sprawdzić dla wszystkich trybów pracy. Dla mojego wariantu, w trybie prądowym, wystarczy rezystor 1 k i kondensator 22 nF. Ale niestety w trybie napięciowym wartość tego kondensatora wynosi ok. 1,5 uF.

Sprawdziłem, że dla rezystora 1 k i kondensatora 1,5 uF również w trybie prądowym układ pracuje stabilnie. W trybie „R” również. Czyli na tę chwilę takie wartości tych dodatkowych elementów trzeba uwzględnić w układzie. A przyszłość pokaże czy to załatwi problem na zawsze przy okazji wykonywania jeszcze wielu testów i prób.

Są również i negatywne strony tych prób. Zdążyłem sobie uszkodzić ten amperomierz 50 A ostatnio opisany. Wskazuje 00 chociaż prąd przez bocznik płynie. On specyficznie musi być włączony do układu i tak był, ale nie wiem, co się stało. Nie zaglądałem do środka, może się coś rozłączyło. Ale nie czekając, zamówiłem nowe panele 50 A u Chińczyka. Przy takich próbach i straty muszą być. Ale eliminacja samowzbudzenia łagodzi żal i ból z racji szkód. W załączeniu przedstawiam **rysunek** Pana wariantu obciążenia z naniesionym dodatkowym rezystorem 1 k (wcześniej kondensator 100 nF). Bardzo jestem ciekaw, czy to się u Pana sprawdzi. (...)

Ja dalej modyfikuję i testuję układ. Zakres regulacji prądu u mnie to 0,09–0,1 A do 10,7–10,8 A. Takie wartości uzyskuje ze WO LM 324, LM2902. Dla WO MC34074 minimalny prąd to 1,36 A i chyba już nie będę robił prób z nim. (...) Ja wprowadziłem trzy zakresy napięcia i muszę je sensownie podzielić. Od wartości poniżej 1 do 300 V.



(...) Na razie to wszystko jeszcze w wariantcie z jednym MOSFETem. Pozdrawiam

Tadeusz Suszał

Dzień dobry,

(...) Na pewno coś z tym samowzbudzeniem trzeba zrobić. Jak nie całkowicie, to częściowo. Bo inaczej składowa AC potrafi osiągać duże wartości Vpp, kilkadziesiąt mV, a nawet więcej. A tak to chyba być nie może. (...) Inaczej jest w trybie prądowym, a inaczej w trybie napięciowym. (...) większy jest problem w trybie napięciowym. W trybie prądowym z użyciem kondensatora 22 nF i rezystora 1 k udało się opanować sytuację. Ale w trybie napięciowym to aż 1,5 uF potrzeba, a dla napięcia 300 V można by go trochę zwiększyć dla poprawy. Z obserwacji wynika, że im wyższe napięcie w trybie „U” tym problem się nasila. (...) Być może moje źródło prądowe coś od siebie dorzuca albo układ robi się bardzo czuły, bo na oscyloskopie widzę jakieś małe prążki na poziomej linii. Po rozciągnięciu wygląda to na jakieś oscylacje na poziomie MHz. Czego przy niższych napięciach nie obserwuję. Będę się temu przyglądał. Spróbuję zaobserwować, co się dzieje zaraz po włączeniu zasilania. Bo do tej pory to załączałem najpierw zasilanie a następnie obciążenie. A teraz trzeba to sprawdzić w odwrotnej kolejności. Ale to pewnie tylko na oscyloskopie da się zauważyć co się dzieje w układzie, a konkretnie jak zachowuje się MOSFET zaraz po włączeniu.

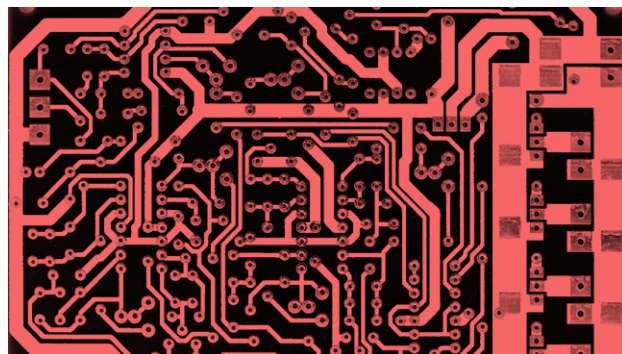
Wcześniejsze próby, bez dodatkowego rezystora 1 k, pokazały, że dla likwidacji samowzbudzenia należało zastosować kondensator 10 uF, a nawet więcej i to też nie do końca załatwiało sprawę. Czyli teraz udało się go zmniejszyć do około 1,5 uF (głównie dla trybu „U”) wraz z zastosowaniem dodatkowego rezystora 1 k. Wydaje mi się, że ten rezystor nie wpływa na układ tak jak zwiększanie pojemności kondensatora, czyli jest to lepsze rozwiązanie. Ale czas pokaże, a raczej testy.

(...) Przy okazji wspomnę, że dodałem elementy zabezpieczające na wtórniku napięciowym wg układu przedstawionego na str. 10 w ZE2406. Zrobiłem to już teraz, aby sprawdzić poprawność działania całego układu po wprowadzeniu zmian. Według oryginalnego schematu zastosowane są diody 1N5177 (800 V, 2 A, 500 ns/5 us), których raczej nie dostaniemy i wiele się o nich nie dowiemy, bo informacje są skromne w Internecie. Ja użyłem BYV27-600 (dioda lawinowa 600 V, 2 A 250 ns/40 ns), bo takie najłatwiej i najtaniej było mi zdobyć. Są też inne do tego zastosowania ale nie będę teraz wymieniał. Wydaje się, że układ działa poprawnie po wprowadzeniu tych udoskonaleń.

(...) czekam z niecierpliwością na efekty Pana prób. (...) Ja eksperymentuję dalej o czym pewnie będę pisał. Zwłaszcza o pozytywnych efektach. Pozdrawiam

Tadeusz Suszał

Rozwiązania Łamigłówek lipiec 2024



Poniżej przedstawione są rozwiązania łamigłówek, zamieszczonych w numerze lipcowym (7/2024). Aktualnie ani dla Autorów nadesłanych łamigłówek, ani dla uczestników, którzy je prawidłowo rozwiążą, nie przewiduje się honorariów czy upominków. Nagrodą dla Autorów oraz uczestników jest satysfakcja oraz nieprzemijająca sława wynikająca z faktu zaistnienia w naszym wspólnym czasopiśmie.

Rozwiązanie – Usterka 2407

Rozwiązanie – Policz 2407

Rozwiązanie – Co to jest? 2407

Rozwiązanie – Jak odpowiesz? 2407

Rozwiązanie – Usterka 2407

W lipcu postawione zostało następujące zadanie konkursowe:

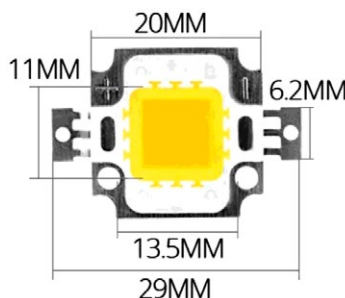
Na **rysunku obok** pokazany jest 10-watowy moduł COB LED. W tym module zawarte są trzy łańcuchy po trzy diody, dlatego do zasilania potrzebne będzie napięcie zasilania 10...12V. Hobbysta elektronik jest świadomy faktu, że prąd diody LED silnie zależy od napięcia zasilania. Dlatego planuje wykorzystać precyzyjny regulowany stabilizator napięcia z kostką LM317, a napięcie potrzebne dla posiadanego egzemplarza modułu dobrze dokładnie, by moc wynosiła 10 watów. Niezmiennie pytanie konkursowe jest takie:

Czy w tych zamierzeniach widzisz jakąś usterkę?

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

Problem w tym, że napięcie przewodzenia diod LED zmniejsza się pod wpływem wzrostu temperatury. I to nie tylko temperatury otoczenia, ale przede wszystkim temperatury struktur LED. A temperatura struktur rośnie przy wzroście prądu. Temperatura struktur zależy silnie od warunków chłodzenia, czyli od radiatora. Taki moduł musi współpracować z jakimś radiatorem. Jeżeli ten radiator będzie za mało skuteczny, to będą się one silnie grzać, a to oznacza znaczne zmniejszenie napięcia przewodzenia.

Przy zasilaniu stałym napięciem zmniejszenie napięcia przewodzenia oznacza wzrost prądu i jeszcze silniejsze nagrzewanie. Dlatego diody LED powinny być zasilane prądowo, czyli prądem o jakiejś ustalonej wartości, a wtedy przy podgrzewaniu, zmiany



| Chip | COB Chip |
|----------|------------|
| Power | 10W |
| Voltage | 10-12V |
| Lumen | 90-110LM/W |
| Material | Aluminum |
| Color | Warm White |

napięcia przewodzenia nie będą zmieniać wartości prądu, a jedynie w znikomym stopniu będą zmniejszać moc strat. A oto nadesłane rozwiązania.

Dzień dobry, podstawowy błąd, to zasilanie LED-a napięciem. LED-y powinny być zasilane prądem. Ten LED ma moc 10 W i napięcie przewodzenia 10-12V, co oznacza, że potrzebujemy prąd 1 A. Przy użyciu LM317 da się zbudować źródło prądowe, którym można zasilić takiego LED-a w prawidłowy sposób. Potrzebujemy wówczas rezystor 1,3 Ω o mocy 3 W, zaś całość należy zasilić z zasilacza o napięciu wyjściowym co najmniej 15 V.

Pozdrawiam
Artur Krawczyk

Zasilacz z LM317 zapewnia tylko stabilizację napięcia. Do zasilania COB LED należałoby zastosować zasilacz prądowy o regulowanym prądzie zasilania aby zapewnić wymagany parametrami jasności prąd. Taki zasilacz prądowy również zapewnia napięcie właściwe dla COB.

Andrzej Kubiak

(...) Wpisałem sobie teraz w Google frazę „LED voltage vs temperature”. Wskoczyły mi różne wykresy pokazujące, przykładowo, spadek o 5 mV na 20°C. Wpiszmy zatem „LED current vs voltage” i mamy inny wykres, z prądem pięknie skaczącym do góry przy minimalnej zmianie napięcia (przykładowy wykres: 20 mA przy 2,7 V, 30 mA przy 2,75 V, 50 mA przy 2,8 V). Tak czy inaczej, niech nam się dioda trochę rozgrzeje, a prąd skoczy półtora raza. Zresztą nawet nie dioda. Niech się odrobinę rozjedzie napięcie zasilające tę diodę. Przecież wszystkie elementy mają swoje tolerancje, dryfy temperaturowe, starzeją się.

Z tego powodu diody zasilają się prądowo (czyli kontrolując prąd) a nie napięciowo. Na LM317 też da się zrobić źródło prądowe – jest w nocie aplikacyjnej schemat, nawet prostszy od schematu źródła napięciowego (choć spadek napięcia na rezystorze, a zatem również wydzielana w nim moc, są spore).

Tyle teorii. W praktyce serwisowałem kiedyś chińską hulajnogę, w której diody (COB) oświetlające drogę były zasilane napięciowo (stabilizowane napięcie z przetwornicy step-down) i to działało. Może trwałość diod nie była tu priorytetem (bo zapewne i tak przeżyłyby całą hulajnogę, a przynajmniej czas gwarancji przy normalnym użytkowaniu – i finalnie przeżyły, bo pierwsze poddały się baterie, całkiem wybuchowo swoją drogą), a może jasność w normalnych warunkach też nie była specjalnie istotna i dioda miała sporo zapasu mocy.

Dlatego moja pełna odpowiedź brzmi: powinno się zasilac diody prądowo, ale można robić to napięciowo, będąc jednak świadomym tego, że kontrola nad prądem będzie bardzo niewielka, bo niewielkie zmiany napięcia i temperatury spowodują duże zmiany prądu (co może być akceptowalne – może np. LM317 albo sam zasilacz nie pozwoli w tym przypadku pobrać prądu większego niż bezpieczny).

Proponuję zresztą eksperyment. Weźmy zasilacz laboratoryjny, ustawmy napięcie na zero, podłączmy do niego diodę LED, na przykład zieloną. Zwiększajmy powoli napięcie, obserwując prąd i samą diodę. Niech sobie przejdzie cały cykl – ciemność, delikatne rozświetlenie, pełne świecenie, przeciążenie (zauważmy zmianę koloru), spalenie się. Taki eksperyment intuicyjnie pokaże więcej niż dowolna odpowiedź pisana.

Circuit Chaos

(...) LM317 to regulator napięcia, a nie prądu. Diody LED powinny być zasilane prądem o stałej wartości, ponieważ ich prąd jest bardzo czuły na zmiany napięcia. Małe zmiany w napięciu mogą prowadzić do dużych zmian w prądzie, co może uszkodzić diody LED. Prąd przez diodę LED rośnie wykładniczo wraz ze wzrostem napięcia.

Próbując ustawić moc diod LED na 10 W za pomocą napięcia, ryzykujemy, że diody mogą być przeciążone. Ponadto, każda dioda LED ma nieco inne parametry, co sprawia, że ustawienie napięcia na jedną diodę może nie być odpowiednie dla innej.

Układ LM317 może być użyty jako źródło prądowe, ale wymaga to innej konfiguracji obwodu.

Diody LED wymagają stabilnego prądu, ponieważ ich żywotność i jasność zależą od wartości prądu, a nie napięcia. Przekroczenie maksymalnego prądu może szybko uszkodzić diody LED.

Dla lepszego zrozumienia zjawiska zasilania modułu COB LED przeprowadzimy krótką analizę.

Załóżmy, że każda dioda LED w module ma napięcie przewodzenia $V_f \approx 3,3 \text{ V}$ i działa optymalnie przy prądzie $I_f \approx 300 \text{ mA}$

Moduł składa się z trzech łańcuchów po trzy diody w każdym.

Całkowite napięcie dla każdego łańcucha:

$$V_t = 3 \times V_f = 3 \times 3,3 \text{ V} = 9,9 \text{ V}$$

Całkowity prąd dla modułu:

$$I_c = 3 \times I_f = 3 \times 0,3 \text{ A} = 0,9 \text{ A}$$

Zasilanie napięciowe

Jeśli zasilimy moduł napięciowo, ustalając napięcie zasilania na 9,9V to ewentualna regulacja napięcia może prowadzić do zmian:

1. Prąd:

- Napięcie 10 V: prąd może wzrosnąć znacząco (np. do 400 mA na łańcuch, co daje 1,2 A dla całego modułu).

- Napięcie 9,8 V: prąd może spaść znacząco (np. do 200 mA na łańcuch, co daje 0,6 A dla całego modułu).

2. Moc:

Moc przy 10 V: $P = V \times I = 10 \text{ V} \times 1,2 \text{ A} = 12 \text{ W}$ (przekroczenie nominalnej mocy).

Moc przy 9,8 V: $P = V \times I = 9,8 \text{ V} \times 0,6 \text{ A} = 5,88 \text{ W}$ (poniżej nominalnej mocy).

Zasilanie prądowe

Jeśli zasilimy moduł prądowo, ustawiając stabilny prąd 300 mA na łańcuch:

1. Napięcie:

- Napięcie będzie dostosowane automatycznie, aby utrzymać stały prąd przez diody LED.

- Przy stabilnym prądzie napięcie dla każdego łańcucha będzie oscylować wokół 9,9 V.

2. Moc:

- Moc dla całego modułu: $P = V \times I = 9,9 \text{ V} \times 0,9 \text{ A} = 8,91 \text{ W}$ (blisko nominalnej wartości 10W).

Podsumowując, moduły COB LED najlepiej zasilane są ze źródła prądowego, ponieważ zapewnia to stabilność prądu, chroni diody przed przeciążeniem i utrzymuje ich optymalną jasność i efektywność.

Tadeusz Suszał ✉

Rozwiązanie – Policz 2407

W lipcu postawione zostało następujące zadanie konkursowe:

Film na moim kanale YT dotyczący zasilaczy i ładowarek USB wzbudził duże zainteresowanie. Z konieczności film nie zawiera wszystkich informacji związanych z zasilaniem z pomocą łącza USB. Między innymi nasuwa się pytanie o ograniczenia związane z kablami i stykami w złączach. Odpowiedź nie jest prosta, a wręcz przeciwnie. Jednak warto nie tyle obliczyć (to jest niemożliwe), tylko wstępnie oszacować, jakie mogą być straty napięcia i straty mocy w kablu połączeniowym USB. Pytanie konkursowe jest takie:

Spróbuj oszacować, jakie mogą być straty napięcia i straty mocy w złączu USB (kablu i stykach)?

Konkurs jest zamknięty – rozwiązania można było nadsyłać do końca lipca. Zadanie nie było łatwe z kilku powodów. Oto nadesłane rozwiązania.

(...) Dla omówienia problemów strat mocy w przewodach USB wykonałem kilka szacunkowych pomiarów oraz obliczeń. Średnica linki Cu dolutowana do wtyku USB rzędu 0,1 do 0,2 mm daje przekrój ok. 0,031 mm². Oporność dla kabla 0,7 m wynosi

$$R = 0,018 (\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}) \cdot 2 \cdot 0,7 (\text{m}) / 0,031 (\text{mm}^2)$$

$$R = 0,81 \Omega$$

Dla zasilania 5 V, $I_{\text{max}} = 1,5 \text{ A}$:

$$\Delta U = 1,5 \text{ A} \cdot 0,81 \Omega = 1,2 \text{ V}, \Delta P = 1,5 \text{ A} \cdot 1,2 \text{ V} = 1,8 \text{ W}$$

Konstruktorzy zasilaczy chyba to przewidzieli, gdyż napięcie zasilacza w stanie bez obciążenia jest większe od 5(V) – dla mojego GPS Garmin – 5,94 (V), którego prąd ładowania zmierzyłem (1,4 A).

Trudnym punktem do policzenia spadku napięcia jest styk pomiędzy wtyczką a gniazdkiem. Pole tego styku jest bardzo małe np. dla USB A szerokość ścieżki wynosi 1,3 mm a dla USB Mini B – 0,6 mm. Grubość tej ścieżki to są setne mm.

Andrzej Kubiak

(...) Nawet zgrubne oszacowanie strat może być obarczone dużym błędem. Kable są różne, styki się utleniają. Mogę wziąć teraz kilka kabli, złączy, dokonać pomiarów, ale nadal mogę spotkać kabel, który będzie znacząco odbiegał parametrami od tego, co zmierzyłem.

Dlatego oszacuję bardzo zgrubnie, intuicyjnie, że spadek pół wolta będziemy mieli:

- dla kabla bardzo niskiej jakości – przy prądzie 0,5 A,
- dla kabla średniego – przy prądzie 1 A,
- dla kabla z dobrymi złączami – przy prądzie 2 A.

Bardzo jestem ciekawy, na ile te moje zgrubne szacunki są zgodne z rzeczywistością.

Mój tablet przy ładowaniu (z ładowarki 5 V, bez możliwości zwiększenia napięcia) pobiera niewielki prąd, zwiększając go sobie, aż uzna, że napięcie spadło na tyle, że dalej już nie wypada. Te prądy są różne dla różnych kabli, ale oscylują w granicach 1,5–2 A.

Circuit Chaos

(...) Zrobimy to na dwa sposoby. Pierwszy sposób będzie rachunkowy, a drugi doświadczalny z użyciem power banku Baseus 100 W i ładowarki Baseus 65 W z oryginalnym przewodem Baseus 100 W o długości 1 m.

Największe straty wystąpią przy maksymalnej wartości prądu czyli dla prądu 5 A.

Przewody w kablu USB-C Baseus 100 W, o długości 1 m mają zazwyczaj przekrój około 20 AWG (American Wire Gauge), co odpowiada około 0,52 mm². Jest to konieczne, aby przewód mógł przenosić prąd o natężeniu do 5 A, co jest wymagane dla ładowania o mocy 100 W przy napięciu 20V ($20 \text{ V} \times 5 \text{ A} = 100 \text{ W}$).

1. Straty napięcia w kablu USB-C. Kabel USB o długości 1 metra, przekroju przewodnika 0,518 mm² (20 AWG), a prąd płynący przez kabel wynosi 5 A.

Rezystancja przewodu 20 AWG: Typowa rezystancja miedzi dla przewodu 20 AWG wynosi około 0,033 Ω/m. Całkowita długość przewodów (do urządzenia i od urządzenia): $L = 2 \times 1 \text{ m} = 2 \text{ m}$

Całkowita rezystancja kabla: $R = 0,066 \Omega$

Spadek napięcia: $\Delta V (\text{kabel}) = 5 \text{ A} \times 0,066 \Omega = 0,33 \text{ V}$

Straty mocy w kablu: $P (\text{kabel}) = 5^2 \times 0,066 = 1,65 \text{ W}$

2. Straty napięcia na stykach USB-C. Rezystancja jednego styku: 0,02 Ω, liczba styków przewodzących prąd: 2 (dla przewodów zasilających)

Łączna rezystancja styków: $R (\text{styk}) = 0,04 \Omega$

Spadek napięcia: $\Delta V (\text{styk}) = 5 \text{ A} \times 0,04 \Omega = 0,2 \text{ V}$

Straty mocy na stykach: $P (\text{styk}) = 5^2 \times 0,04 = 1 \text{ W}$

3. Łączne straty. Łączne straty napięcia:

$$\Delta V (\text{całk.}) = \Delta V (\text{kabel}) + \Delta V (\text{styk}) = 0,33 \text{ V} + 0,2 \text{ V} = 0,53 \text{ V}$$

$$\text{Łączne straty mocy: } P (\text{całk.}) = 1,65 \text{ W} + 1 \text{ W} = 2,65 \text{ W}$$

Dla kabla USB-C o długości 1 metra, przy przekroju przewodnika 0,518 mm² (20 AWG) i prądzie 5 amperów, szacunkowe straty wynoszą:

Spadek napięcia: ok. **0,53 V**, straty mocy: ok. **2,65 W**.

Drugi sposób oszacowania strat jest sposobem praktycznym. Został zmontowany układ z wykorzystaniem wspomnianych urządzeń firmy Baseus oraz aktywnego elektronicznego obciążenia i urządzenia wymuszającego potrzebne napięcie. Zasadniczo próba taka



może być przeprowadzona przy każdej wartości prądu niższej od 5 A, a wynik dla prądu 5 A uzyskamy przez pomnożenie przez odpowiedni współczynnik. Ja jednocześnie chciałem sprawdzić możliwości obu urządzeń firmy Baseus w zakresie prądu i mocy dla wartości maksymalnych prądu i napięcia. Stąd w układzie pomiarowym wykorzystuję urządzenie wymuszające napięcie do wartości 20 V. Spadek napięcia jest mierzony jako różnica wskazań napięcia na wejściu aktywnego obciążenia elektronicznego między wskazaniem bez obciążenia a wskazaniem z włączonym obciążeniem. Nie jest to zapewne tylko „czysty” spadek napięcia na odcinku 1 m kabla i stykach i pewnie popełniamy pewien błąd, ale w końcu jest to tylko oszacowanie wielkości strat. Dla porównania test ten jest zrobiony dla power banku i ładowarki oddzielnie. **Fotografia A** przedstawia pomiar z użyciem ładowarki. Napięcie na wejściu aktywnego obciążenia zostało ustawione na 20 V. Faktyczna wartość napięcia była mierzona za pomocą multimetru, na wejściu obciążenia na listwie śrubowej (na fotografii po lewej stronie kolorowego wyświetlacza). Oto wyniki:

Napięcie na wejściu aktywnego obciążenia elektronicznego dla prądu 0 A: 20,214 V.

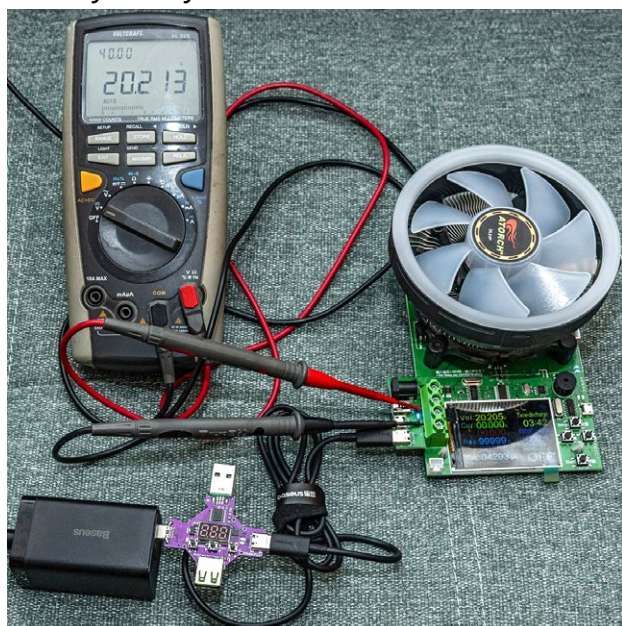
Napięcie na wejściu aktywnego obciążenia elektronicznego dla prądu 3,30 A: 19,6V.

Ponieważ ładowarka jest mocy 65 W, to maksymalny prąd wynosi 3,25 A przy napięciu 20 V.

$$\Delta U = 20,214 \text{ V} - 19,896 \text{ V} = 0,318 \text{ V}$$

Po przeliczeniu dla wartości prądu 5 A mamy spadek napięcia: $\Delta U = (0,318/3,30) \times 5 = \mathbf{0,482 \text{ V}}$

Podobny test został zrobiony dla powerbanku 100 W. **Fotografia B** przedstawia układ pomiarowy. Oto wyniki.



Fotografia A

Napięcie na wejściu aktywnego obciążenia elektronicznego dla prądu 0 A – 19,992 V.

Napięcie na wejściu aktywnego obciążenia elektronicznego dla prądu 3,30 A – 19,662 V.

Nie udało się w tym przypadku przeprowadzić próby z prądem 5 A, ponieważ przy próbie ustawienia większego prądu następowało wyłączenie aktywnego obciążenia. Pewnie ze względu na ograniczenie mocy do 60 W dla wejścia USB-C w aktywnym obciążeniu. Ze względu na brak możliwości innego podłączenia niż gniazdo wejściowe USB-C testy musiały być ograniczone do niższej wartości prądu. Dla potrzeb tego zadania jest to wystarczające.

$$\Delta U = 19,992 \text{ V} - 19,662 \text{ V} = 0,33 \text{ V}$$

Po przeliczeniu dla wartości prądu 5 A mamy spadek napięcia: $\Delta U = (0,33/3,30) \times 5 = \mathbf{0,5 \text{ V}}$

W obu przedstawionych praktycznych pomiarach doszedł jeden dodatkowy spadek napięcia na styku USB-C ze względu na dołączenie urządzenia zwiększającego napięcie, ale i tak obliczenia i test praktyczny potwierdzają, że dla kabla długości 1 m i prądu 5 A spadek napięcia wynosi ok. 0,5 V, a straty mocy ok. 2,5 W.

Zainteresowanych tematem odsyłam do strony, gdzie można znaleźć inne testy, również test spadku napięcia dla różnych wartości napięć, prądów i długości kabli USB-C firmy Baseus: <https://www.chargerlab.com/review-of-baseus-240w-usb-c-fast-charging-cable/>

Fragment tabeli ze spadkami napięć dla długości kabla 1 m zaczerpnięty jest z tej strony.

Test przedstawiony pod podanym linkiem potwierdza moje wyniki uzyskane na drodze obliczeń i eksperymentu dla kabla długości 1 m.

Tadeusz Susfał ✉

| Voltage Drop Test of Baseus 240W USB-C Fast Charging Cable (1m) www.chargerlab.com | | | |
|--|-------------------|----------------|-----------|
| PDO | Input Voltage (V) | Output Voltage | Value (V) |
| 20V1A | 20 | 19.91 | 0.09 |
| 20V3A | 20 | 19.71 | 0.29 |
| 20V5A | 20 | 19.50 | 0.50 |
| Model: CB000038 | | @ChargerLAB | |



Fotografia B

Rozwiązanie – Co to jest? 2407

W lipcu postawione zostało następujące zadanie konkursowe: Na **fotografii obok** pokazany jest pewien element elektroniczny (dwie strony jakiegoś elementu).

Pytanie konkursowe brzmi: **Co to jest?**

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

Witam,

na zdjęciu znajdują się moduły mocy, najprawdopodobniej tranzystory IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor). Są one używane w aplikacjach wymagających wysokiej mocy, takich jak napędy silników, przekształtniki mocy czy systemy zasilania. Te komponenty zawierają duże powierzchnie miedziane, które służą do odprowadzania ciepła oraz zapewnienia odpowiedniego połączenia elektrycznego. Film pokazujący działanie i zastosowanie tranzystorów IGBT:

<https://www.youtube.com/watch?v=n3ijxgiqlaQ>

Pozdrawiam

Mirosław Kaszowski

Dzień dobry, jest to moduł dwóch tranzystorów MOSFET (z diodami) na bazie węgla krzemu SiC.

W porównaniu z krzemowymi tranzystorami IGBT, tranzystory SiC MOSFET mają zmniejszone straty przełączania średnio o 80%, umożliwiając falownikom zwiększenie częstotliwości przełączania i zmniejszenie rozmiarów. Pakiet takich modułów stosowany jest w niskostratnych i wysokoprądowych falownikach m.in. pojazdów elektrycznych i hybrydowych.

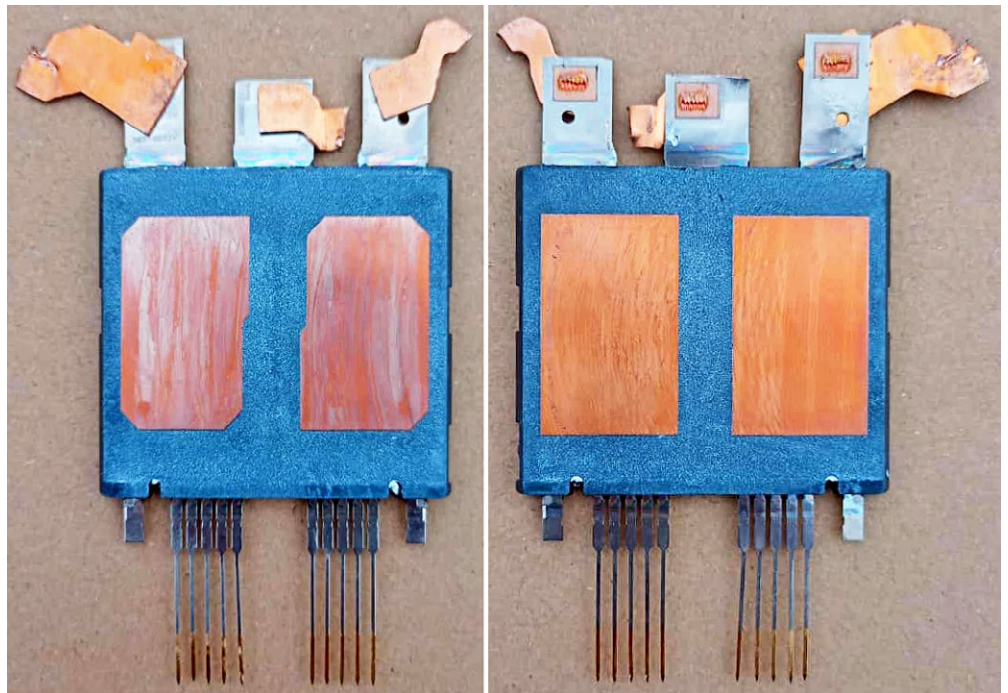
Serdecznie pozdrawiam

Piotr Cz.

Powitać. (...) to chyba jakiś moduł wykonawczy silnika BLDC (...)

@Fabi

(...) Początkowa odpowiedź brzmiałaby „nie mam zielonego pojęcia”, ale trochę poszperałem i myślę, że już wiem. Na zdjęciu widzimy moduł mocy (tzw. Power Card), zawierający dwa tranzystory mocy IGBT oraz dwie połączone równolegle z nimi diody. Moduł jest uży-



wany, został wymontowany z samochodu elektrycznego lub hybrydowego (prawdopodobnie Toyota Prius, choć być może moduł stosowany jest też w innych EV Toyoty). Dwa tranzystory połączone są w półmostek H. Po lewej stronie (lewego zdjęcia) znajduje się pin środkowy tego połączenia (O), w środku pin N (emiter jednego z tranzystorów i anoda jednej z diod), a po prawej stronie P (kolektor drugiego z tranzystorów i katoda drugiej z diod).

W Priusie siedem takich modułów ułożonych jest w stos i zapewnione jest im chłodzenie wodne (zauważmy, że moduły są chłodzone dwustronnie), przy czym wszystkie piny N i P są połączone razem. Jeden moduł pracuje w przetwornicy podwyższającej napięcie z 200 V (baterii) do 600 V, trzy pracują w inwerterze silnika (wysterowując go trójfazowo), a trzy pozostałe w inwerterze generatora (również trójfazowego).

Circuit Chaos

Autor zagadki, **Artur Lewiński** z Wołomina, przysłał kilka linków, związanych z prezentowanym modułem półmostka.

Nadesłany przed ponad dwoma miesiącami link do aukcji takich elementów jest już nieaktualny, ale inne można znaleźć bez problemu, na przykład wpisując w wyszukiwarce:

Toyota RAV4 inverter OR falownik cena

O oto inne linki

<https://www.youtube.com/watch?v=dNivTrHLMo8>

https://youtu.be/n3ijxgiqlaQ?si=G3ZjerEII_CEcICS

<https://www.edaboard.com/threads/what-does-it-mean-by-ak-terminal-or-pin-no-on-igbt-power-module.227847/> ☒

Rozwiązanie – Jak odpowiesz? 2407

W lipcu postawione zostało następujące zadanie konkursowe: *Jeden z Czytelników w e-mailu zapytał:*

Czy to prawda, że kondensatory elektrolityczne z czasem zwiększają swoją pojemność?

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

Pytanie wygląda na łatwe i sugeruje krótką odpowiedź **tak** lub **nie**. Tymczasem kwestia ta okazuje się zaskakująco skomplikowana! Na postawione pytanie nie można odpowiedzieć jednym słowem!

Otóż **niektóre stare (aluminiowe) kondensatory elektrolityczne istotnie mogą z upływem czasu zwiększać swą pojemność**. Ale w „aluminiowych elektrolitach” innych producentów pojemność może zmniejszać się z upływem czasu. A w jeszcze innych może zmieniać się w pomijalnym stopniu. Zależy to od kilku czynników, a w praktyce od technologii produkcji i użytego elektrolitu. Nic więc dziwnego, że pojawiły się rozmaite, wzajemnie sprzeczne odpowiedzi. Oto nadesłane rozwiązania (nie wszystkie poniższe opinie są prawdziwe).

*(...) niedawno otrzymałem od wujka worek fabrycznie nowych kondensatorów elektrolitycznych polskiej produkcji. Każdy który sprawdziłem i miał około dwa razy większą pojemność niż deklarowana przez producenta na obudowie. Wiec **tak**, kondensatory zwiększają swoją pojemność po upływie czasu :] podobno tam się degradują te okładziny czy tam izolatory, tak gdzieś słyszałem, ale nie wiem dokładnie, nie znam się :]*

Pozdrawiam serdecznie Panie Piotrze, najpierw Pan uzależnił od elektroniki mojego wujasa za czasów słusznie minionych, a teraz ja i dzieci moich rówieśników płyniemy w ten temat dzięki Panu, coś niesamowitego :) Pozdrawiam

@WienczysawNieszczegolny

Dzień dobry, w rzeczywistości kondensatory elektrolityczne mają tendencję do stopniowego zmniejszania swojej pojemności wraz z upływem czasu.

Kondensatory elektrolityczne, choć oferują dużą pojemność w stosunkowo małych rozmiarach, są podatne na degradację z czasem. Proces ten jest spowodowany kilkoma czynnikami:

1) *Wysychanie elektrolitu: z biegiem lat, zwłaszcza w wyższych temperaturach, elektrolit wewnątrz kondensatora może powoli wysychać, co prowadzi do zmniejszenia pojemności.*

2) *Korozja: wewnętrzne elementy kondensatora*

mogą ulegać powolnej korozji, co wpływa negatywnie na jego właściwości elektryczne.

3) *Starzenie się dielektryka: warstwa tlenku metalu, która pełni funkcję dielektryka, może z czasem tracić swoje właściwości izolacyjne.*

Warto zauważyć, że kondensatory elektrolityczne są szczególnie wrażliwe na niewłaściwe użytkowanie. Nieprawidłowa polaryzacja lub przekroczenie maksymalnego napięcia pracy może prowadzić do gwałtownego pogorszenia ich parametrów, a nawet do eksplozji.

Aby zapewnić długotrwałą i niezawodną pracę kondensatorów elektrolitycznych, należy:

- stosować je zgodnie z zalecaną polaryzacją,
- nie przekraczać maksymalnego napięcia pracy,
- unikać narażenia ich na wysokie temperatury,
- wybierać kondensatory o odpowiedniej jakości i parametrach do danego zastosowania. Podsumowując, kondensatory elektrolityczne nie zwiększają swojej pojemności z czasem, ale raczej ją tracą.

Pozdrawiam

Mirosław Kaszowski

(...) Pojemność kondensatorów elektrolitycznych zmienia się pod wpływem różnych czynników. Główną przyczyną degradacji kondensatora jest powolne parowanie elektrolitu, szczególnie w wyższych temperaturach. Zmniejsza to jego pojemność i zwiększa jego rezystancję, co przyczynia się do przegrzania kondensatora i pogłębia problemy prowadzące do jego uszkodzenia.

Jeżeli mówimy o zwiększeniu pojemności po upływie czasu, to może to wynikać z tolerancji jego wykonania $\pm 20\%$. Np. początkowa pojemność była większa od znamionowej podanej na obudowie i zmierzona po kilku latach, mimo że spadła, dalej jest od niej większa, ale nie powinniśmy na wszelki wypadek mówić o zwiększaniu się pojemności kondensatora.

Z praktyki zawodowej pamiętam, że główną przyczyną awarii zasilaczy urządzeń automatyki i radiowych na statkach były zwarcia z powodu uszkodzonych „elektrolitów”, ale urządzenia te pracowały w bardzo wysokich temperaturach, przekraczających nawet 40°C.

Andrzej

Dzień dobry,

kondensatory elektrolityczne nie zwiększają pojemności. Zwiększa się ich upływność, co powoduje zafałszowanie pomiaru dokonanego przy użyciu prostych mierników pojemności lub multimetrów z funkcją pomiaru pojemności. Dopiero dobrej klasy mostkiem RLC można takie zjawisko wykryć, patrząc na parametr D

lub Q czyli odpowiednio stratność oraz dobroć kondensatora.

Co ciekawe, tanim i popularnym testem elementów opartym na ATmega328 także można ocenić upływność kondensatora. Mamy tam parametr zwany VLoss, który oznacza procentowe samorozładowanie kondensatora. Im wyższe samorozładowanie, tym wyższa upływność.

[Na **fotografiach** widać] pomiary kondensatorów Elwa o pojemności 2,2 uF oraz 100 uF. Ten pierwszy to leżak, wykazuje pojemność aż 3,7 uF, ale jak widać Vloss wynosi aż 5,5%. Drugi pochodzi z demontażu.

Pomiary wykonałem już jakiś czas temu na potrzeby dyskusji na forum internetowym. Niestety, nie zmierzyłem mostkiem kondensatora 2,2 uF, a w tej chwili nie jestem w stanie go zlokalizować aby dokonać pomiaru.

Pozdrawiam
Artur Krawczyk

Właściwie należałoby inaczej postawić pytanie w zadaniu: Czy to prawda, że kondensatory elektrolityczne z czasem zmniejszają swoją pojemność? Dlaczego tak się dzieje?

Bo przypadek zwiększania pojemności z czasem przez kondensatory elektrolityczne nie jest mi znany. Powolne parowanie elektrolitu powoduje z czasem ich degradację (co może powodować awarię). Zjawisko to jest tym silniejsze im wyższa jest temperatura. Objawia się to niższą pojemnością i wyższym oporem ESR.

W nocie katalogowej jest podany czas pracy kondensatora dla określonej temperatury. Najczęściej jest to 85°C lub 105°C. Ta temperatura jest również podana na obudowie kondensatora. Im faktyczna temperatura pracy kondensatora będzie niższa, tym czas pracy będzie dłuższy. Obniżenie temperatury pracy o każde 10°C podwaja podany katalogowy czas pracy. Np. dla kondensatora z podaną maksymalną temperaturą 105°C obniżenie jej do wartości 45°C spowoduje wydłużenie czasu pracy aż 64 razy.

Temperaturę pracy jako czynnik degradacji kondensatorów elektrolitycznych należy rozumieć również w powiązaniu z innymi czynnikami mającymi wpływ



na trwałość i pojemność. Nie tylko jako czynnik zewnętrzny, temperaturę jaka panuje w urządzeniu elektronicznym.

Kolejnym czynnikiem mającym wpływ na trwałość kondensatorów jest prąd tętnień. Prąd tętnień może znacząco wpłynąć na trwałość i pojemność kondensatora elektrolitycznego poprzez generowanie ciepła, które przyspiesza procesy starzenia się kondensatora (wysychanie elektrolitu i uszkodzenia dielektryka). Ważne jest, aby projektując układ elektryczny uwzględnić maksymalny dopuszczalny prąd tętnień dla używanych kondensatorów oraz zapewnić odpowiednie warunki chłodzenia, aby minimalizować negatywne skutki prądu tętnień. ESR kondensatora może rosnąć w wyniku wysokich prądów tętnień, co prowadzi do dalszego wzrostu strat mocy i pogorszenia efektywności kondensatora. Również częstotliwość f prądu tętnień wpływa na dopuszczalną wartość prądu tętnień, jaki może przepływać przez kondensator. Wysokie częstotliwości zazwyczaj prowadzą do niższej ESR i lepszego rozpraszania ciepła, co pozwala na większe dopuszczalne prądy tętnień. Ze względu na wyższe ESR przy niskich częstotliwościach, kondensator może się bardziej nagrzewać przy przepływie prądu tętnień. W rezultacie, maksymalna dopuszczalna wartość prądu tętnień może być ograniczona, aby zapobiec



przeegrzaniu i uszkodzeniu kondensatora. Producenci kondensatorów często podają charakterystyki prądu tętnień w zależności od częstotliwości w swoich kartach katalogowych. Zazwyczaj można znaleźć wykresy lub tabele, które pokazują maksymalny prąd tętnień dopuszczalny dla różnych częstotliwości. Szczególnie w przypadku kondensatorów filtrujących w zasilaczach należy zwrócić uwagę na to zjawisko ze względu na małą częstotliwość 100 Hz.

Ostatnim czynnikiem, na który chcę zwrócić uwagę jest napięcie pracy kondensatora. Napięcie pracy kondensatora elektrolitycznego ma wpływ na jego pojemność, choć nie jest to wpływ bezpośredni i natychmiastowy. Praca kondensatora w pobliżu jego maksymalnego napięcia znamionowego może przyspieszać degradację elektrolitu. Długotrwałe narażenie na wysokie napięcie może prowadzić do chemicznych zmian w elektrolitach, takich jak utlenianie i rozpad chemiczny. Przy wyższych napięciach, elektrolit może szybciej parować, co z czasem prowadzi do zmniejszenia pojemności. Proces ten jest szczególnie zauważalny, gdy kondensator jest używany przez długi czas pod bliskim maksymalnym napięciem znamionowym. Napięcie pracy może wpływać na warstwę dielektryczną tlenku aluminium (w kondensatorach elektrolitycznych). Długotrwałe narażenie na wysokie napięcie może powodować mikrodefekty w tej warstwie, co prowadzi do zwiększenia prądu upływu i zmniejszenia pojemności. W praktyce zaleca się używanie kondensatorów elektrolitycznych z marginesem bezpieczeństwa napięcia, np. stosowanie kondensatorów o napięciu znamionowym 20–30% wyższym niż maksymalne napięcie w obwodzie. Można spotkać się z opinią, że żywotność podwaja się, gdy kondensator pracuje przy 50% nominalnego napięcia.

W kondensatorach elektrolitycznych, gdzie następuje regeneracja warstwy dielektrycznej, zjawisko to może stabilizować pojemność kondensatora i zapobiegać dalszej degradacji, jednak nie prowadzi do zwiększenia nominalnej pojemności. Proces ten pomaga utrzymać sprawność kondensatora przez dłuższy czas, zwłaszcza jeśli był on narażony na warunki pracy bliskie jego maksymalnym wartościom znamionowym.

Tadeusz Suszał

Krótką odpowiedź brzmi: **tak, to prawda. Czasem.** Zależy od tego, czy i jak kondensator jest (nie)używany oraz jaki elektrolit zawiera.

Odpowiedź trochę dłuższa: Każdy kondensator przechowuje energię w postaci pola elektrycznego, zgromadzonego pomiędzy jego dwiema elektrodami. Z tego powodu każdy kondensator musi posiadać dwie przewodzące elektrody, oddzielone nieprzewodzącym izolatorem (dielektrykiem). Grubość tego izolatora jest

jednym z czynników, który wpływa na pojemność kondensatora – im jest on cieńszy, tym pojemność elektryczna jest większa.

W aluminiowym kondensatorze elektrolitycznym z płynnym elektrolitem (bo zapewne o takim jest mowa), wynalezionym swoją drogą przez Polaka, i to dosłownie (Karola Pollaka), dielektrykiem jest cieniutka warstwa tlenku glinu, umieszczonego na biegunie dodatnim (anodzie) w procesie anodowania (utleniania) tejsze anody, zwanym też formowaniem kondensatora. Im warstwa grubsza, tym większe napięcie kondensator wytrzyma bez przebicia tej warstwy, ale niestety kosztem pojemności. Dlatego kondensatory tego typu o niskim napięciu przebicia, ale sporej pojemności, mają podobne gabaryty do tych o większym napięciu przebicia, ale niższej pojemności.

Gdy kondensator pozostawiony jest bez ładunku, warstwa ta może ulegać degradacji (z tego co wiem jest to zależne od chemicznego składu elektrolitu). Proces jest bardzo powolny, ale gdy trwa wiele lat to może się okazać, że warstwa zdegraduje się na tyle, że pojemność kondensatora wzrośnie – niestety kosztem wytrzymałości na przebicie (czyli maksymalnego dopuszczalnego napięcia) oraz prądu upływu (ten znacznie rosnąc).

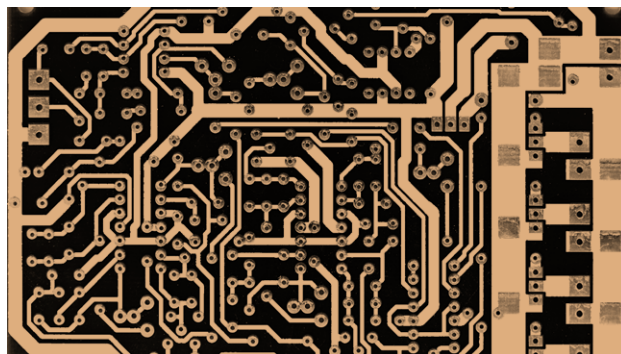
Mechanizm tej degradacji oraz typy elektrolitów opisane są pokrótce w PDF-ie z linku (punkty 2.2 i 2.3) – zamiast powielać to, co wyczytałem, wkleję po prostu link: https://www.we-online.com/components/media/o467325v410%20SN019_EN_d.pdf

Takie rozformowanie się kondensatora nie jest procesem nieodwracalnym – ludzie z powodzeniem formują takie kondensatory, przykładając do nich niskie napięcie i bardzo powoli je zwiększając, a potem pozostawiając przy docelowym napięciu przez np. dobę. Ja nigdy tego nie robiłem (uszkodzone kondensatory po prostu wymieniam), ale czasem ma to uzasadnienie (np. gdy chcemy zachować oryginalne elementy w sprzęcie retro).

Circuit Chaos

Circuit Chaos przedstawił bardzo trafną odpowiedź! Po zbadaniu sprawy okazuje się, że problem w praktyce dotyczy starych kondensatorów z elektrolitem wodnym. W nowszych zwykłych kondensatorach z elektrolitem organicznym, nie zawierającym wody, wzrosty pojemności nie powinny występować. Ale tu pojawiają się wątpliwości, ponieważ w aluminiowych kondensatorach tzw. Low ESR powrócono do elektrolitu wodnego... Zmiany właściwości zależą od tego, czy w procesie starzenia powstają cząstki tlenku albo wodorotlenku aluminium, a to zależy od elektrolitu, w tym od jego pH. Kwestia jest zaskakująco skomplikowana... ▣

Łamigłówki elektroniczne wrzesień 2024



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

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

Co to jest? 2409
Jak odpowiesz? 2409

Co tu nie gra? 2409
Zagadka 2409

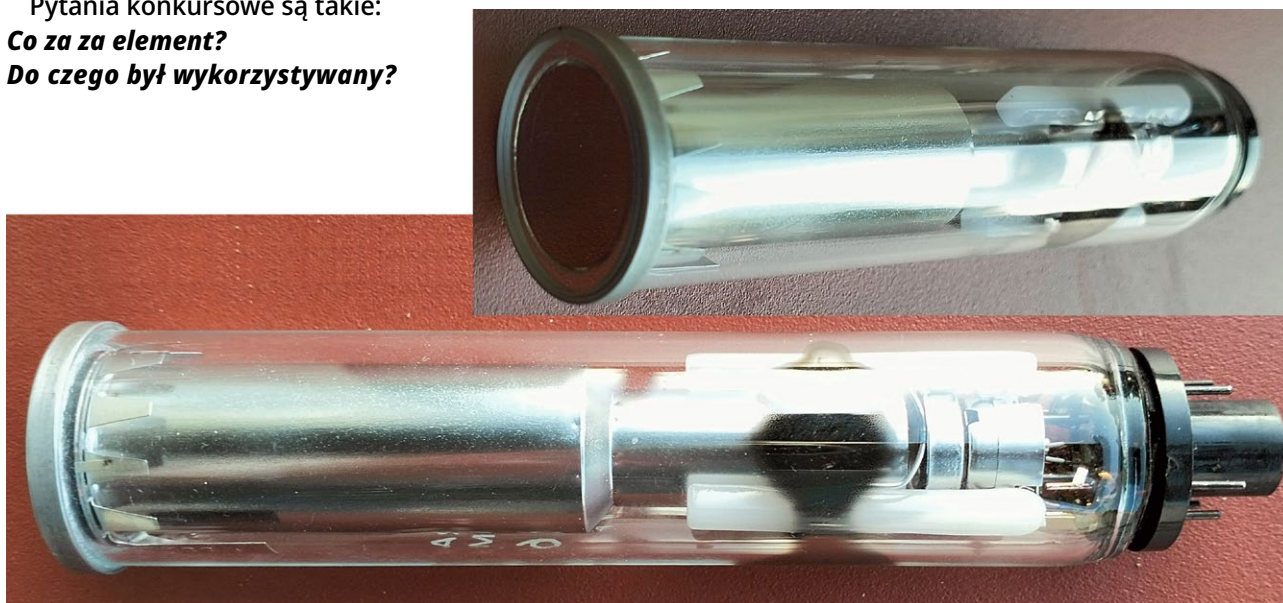
Co to jest? 2409

Na **fotografii** pokazane są dwa ujęcia pewnego dawnego elementu elektronicznego.

Pytania konkursowe są takie:

Co za za element?

Do czego był wykorzystywany?



Autorem tego zadania konkursowego jest **Piotr Rudziński z Gdańska**

Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca września 2024 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl

Jak odpowiesz? 2409

W poprzednim, sierpniowym numerze czasopisma był artykuł na temat pierwszych prostowników – prostowników mechanicznych. Artykuł dotyczył zamierzonej historii sprzed ponad stu lat.

Jednak warto zastanowić się: **Czy jakieś do dziś dostępne spawarki są rodzajem prostowników mechanicznych? Czy zawierają jakiś inny prostownik?** Niezmiennie zadanie konkursowe jest takie:

Jak odpowiesz na postawione pytania?

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

Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca września 2024 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl

Co tu nie gra? 2409

Na **fotografii** pokazany jest pewien krajowy element elektroniczny.

Pytanie konkursowe jest następujące:

Jaki typ elementu został przedstawiony na fotografii obok?



Autorem tego zadania konkursowego jest **Piotr Rudziński z Gdańska**

Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca września 2024 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl

Zagadka 2409

Wejścia amperomierza można zwierać. Oczywista oczywistość...

Pytania konkursowe brzmią:

Czy aby na pewno? Czy wejścia wszystkich amperomierzy można bezkarnie zwierać?

Zadanie jest trudne, warto zwrócić uwagę na przyrządy mierzące skrajne wartości prądu.

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

Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca września 2024 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl

Drogi Czytelniku!

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

Śmiało możesz nadesłać propozycję łamigłówki i jej rozwiązania!



Czy prawo Ohma jest prawdziwe?

Poniższy artykuł jest pisaną wersją oraz rozszerzeniem filmu na moim kanale YT, oznaczonego A010. Omawia tylko jeden aspekt złożonego zagadnienia. Jest wprowadzeniem, a właściwie już początkową częścią zapowiadanego od dawna kursu Radiowej Oślej Łączki.

Eksperymenty z żarówkami
Testy przewodników

Podstawowe wnioski
Wpływ temperatury

Mnóstwo osób jest święcie przekonanych, że prawo Ohma jest najważniejszym fundamentem elektroniki. W rzeczywistości sprawa jest bardzo skomplikowana i w kilku artykułach dobitnie uzasadnię, że zbytnie przywiązanie do prawa Ohma jest poważną przeszkodą w zrozumieniu elektroniki!

Owszem, wzór związany z prawem Ohma jest wzorem najczęściej wykorzystywanym w elektronice. Ściślej biorąc, nie jeden wzór, tylko zależność trzech parametrów, wyrażana trzema wzorami.

Nie ma wątpliwości, że w elektronice najczęściej korzystamy właśnie z poniższych wzorów:

$$I = U / R \text{ oraz } U = I \times R,$$

a w praktyce najważniejszy okazuje się ten $R = U / I$.

Natomiast z samym *prawem Ohma* jest naprawdę duży problem, i to z kilku powodów. Między innymi mocno utrudnia ono zrozumienie „radiowych” aspektów elektroniki. Dlatego warto zbadać, czy sformułowane 200 lat temu prawo Ohma w ogóle odpowiada rzeczywistości? Czy w ogóle jest prawdziwe?

10 Opór elektryczny

10.1. Prawo Ohma

Potrafiś już zmierzyć napięcie elektryczne i natężenie prądu. Wykonaj doświadczenie, aby sprawdzić, czy pomiędzy tymi wielkościami istnieje jakaś zależność.

Doświadczenie 20

Przygotuj trzy baterie 1,5 V, żaróweczkę 4,5 V, przewody, amperomierz, woltomierz. Zmontuj obwód według schematu (symbolem oznaczono kilka źródeł energii elektrycznej, np. baterii połączonych szeregowo). Użyj najpierw jednej baterii, następnie dwóch, a na końcu trzech, połączonych szeregowo. Za każdym razem odczytaj wartość natężenia prądu w obwodzie i napięcia na zaciskach żarówki.



Podłączenie kolejnych baterii powoduje wzrost nie tylko napięcia, ale także natężenia prądu płynącego w obwodzie.

Przeanalizuj wyniki pomiarów. Zauważ, że natężenie wzrastało (w przybliżeniu) tyle samo razy co napięcie.

Wynik doświadczenia 20 sugeruje, że natężenie prądu płynącego przez dany odbiornik (np. żaróweczkę) jest wprost proporcjonalne do przyłożonego napięcia. Jest to ogólnie obowiązująca zasada. Zgodnie z nią iloraz $\frac{U}{I}$ jest dla danego odbiornika wielkością stałą, nazywaną **oporem elektrycznym (rezystancją)** tego odbiornika i oznaczaną symbolem R .

Z powyższych rozważań wynika, że: $R = \frac{U}{I}$, gdzie: U - napięcie, I - natężenie prądu.

Jednostką oporu elektrycznego (rezystancji) jest **om** (1 Ω).

Przewodnik ma rezystancję jednego oma (1 Ω), jeżeli przyłożone do niego napięcie jednego wolta (1 V) wywołuje przepływ prądu o natężeniu jednego ampera (1 A)

Rysunek 1

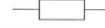
Na powyższym **rysunku 1** widać dwie strony ze szkolnego podręcznika. Z prawej strony na dole rysunku podane jest najczęściej spotykane sformułowanie prawa Ohma: **natężenie prądu płynącego przez przewodnik jest wprost proporcjonalne do napięcia między końcami tego przewodnika.**

Prawo Ohma wiąże napięcie U , prąd (natężenie prądu) I oraz rezystancję R . Głosi ono, że prąd I jest wprost proporcjonalny do napięcia U , czyli tak naprawdę mówi, że rezystancja R danego przewodnika jest wartością stałą, jest niezmienna. Podkreślam: co ogromnie ważne, **kluczowe z kilku względów, sens prawa Ohma jest taki, że rezystancja przewodników jest stała, niezmienna.**

W oparciu o ten szkolny materiał z rysunku 1, przeprowadziłem dość dokładne pomiary napięcia U i prądu I oraz obliczałem rezystancję R , co jest pokazane

Opór elektryczny jest wielkością określającą zdolność ciała do „przeciwstawiania się” przepływowi prądu. Ma wartość stałą dla danego odbiornika energii elektrycznej w danej temperaturze, niezależnie od przyłożonego napięcia.

W doświadczeniach często będziesz używać **oporników (rezystorów)**. W schematach elektrycznych oporniki oznacza się następująco:



Doświadczenie 21

Zmontuj obwód według schematu z doświadczenia 20, zamiast żarówki używając opornika. Zmieniaj napięcie za pomocą zasilacza lub dołączając kolejne baterie. Obserwuj wskazania amperomierza i woltomierza. Wyniki zanotuj w zeszytach, w tabeli wykonanej według poniższego wzoru.



| Pomiar | U [V] | I [A] | $\frac{U}{I}$ [$\frac{V}{A}$] |
|--------|---------|---------|---------------------------------|
| 1. | | | |

Analizując wyniki doświadczenia, z pewnością zauważasz, że natężenie zmienia się wprost proporcjonalnie do napięcia, a rezystancja opornika jest wielkością stałą.

Zależność tę odkrył Georg Simon Ohm (czyt. georg zimon om). Nosi ona nazwę **prawa Ohma**.

Natężenie prądu płynącego przez przewodnik jest wprost proporcjonalne do napięcia między końcami tego przewodnika.

$$I = \frac{U}{R}$$

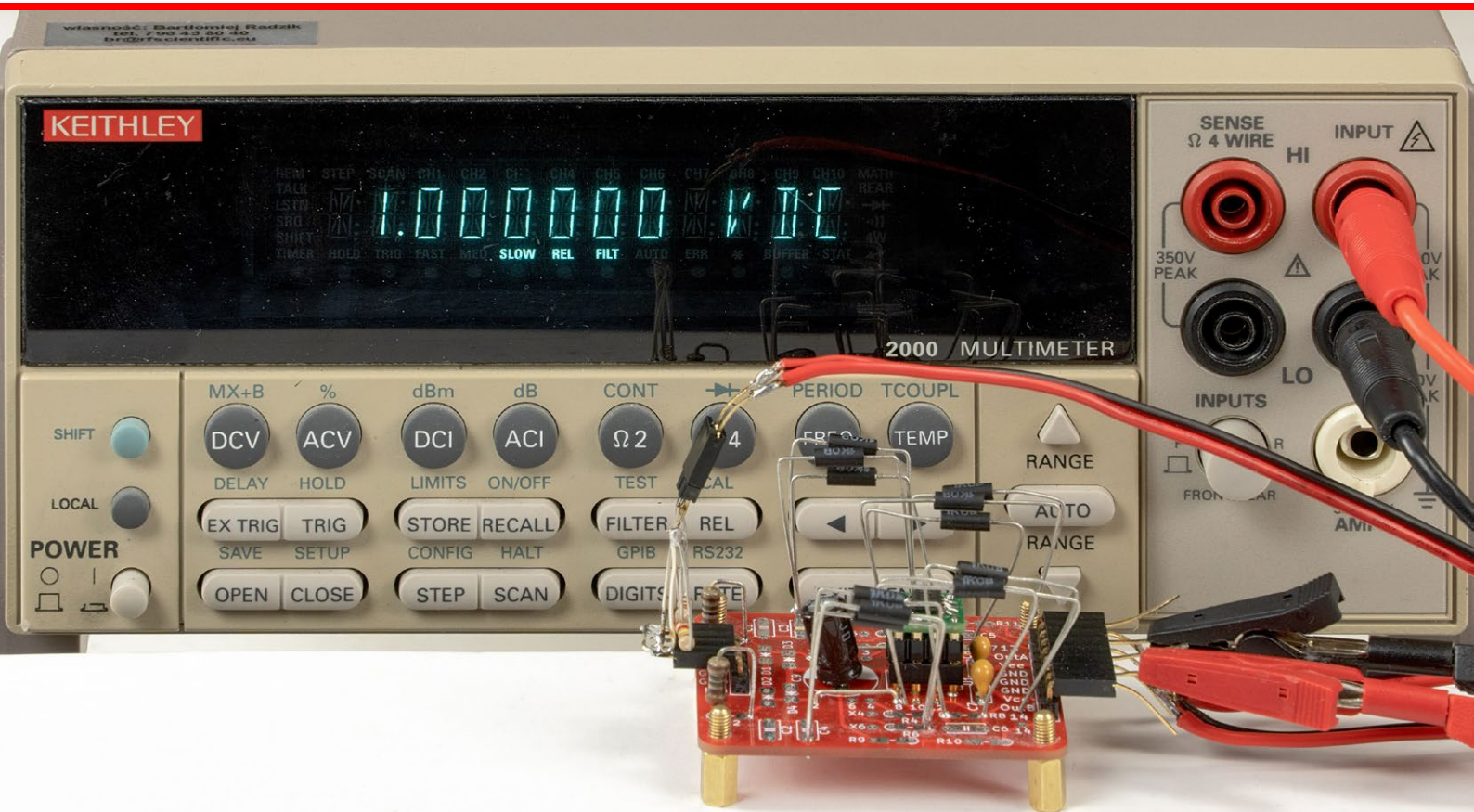
Zrealizowałem oba doświadczenia proponowane na rysunku 1. Niestety, **uzyskane wyniki są zdecydowanie inne, niż wskazywałyby opis w podręczniku!**

Gdzie tkwi błąd? Jakie to ma praktyczne konsekwencje dla osób, które interesują się elektroniką?



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

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



Tysiąc razy lepszy niż LM358!

Artykuł, odpowiednik filmu Y012, ma dwa cele: pierwszy to pokazanie, że mamy do dyspozycji wzmacniacze operacyjne tysiące razy lepsze od najpopularniejszego LM358. Drugi cel to przedstawienie uniwersalnego modułu – małej płytki drukowanej, która pozwala łatwo wykorzystać różne wzmacniacze operacyjne.

Opis układu i płytki drukowanej
Testy wzmacniaczy nieodwracających
Wpływ wejściowego napięcia nierównoważenia

Kłopoty z montażem
Całkiem przestarzały OP07...

Układ scalony LM358 okazał się absolutnie najpopularniejszym wzmacniaczem operacyjnym w historii elektroniki. Właściwie kostka ta zawiera dwa wzmacniacze operacyjne. Wzmacniacze o właściwościach i parametrach przeciętnych, niezbyt dobrych.

Do większości zastosowań parametry tego układu, czy inaczej mówiąc, tego wzmacniacza operacyjnego są całkowicie wystarczające. Jednak coraz częściej chcielibyśmy wykorzystywać wzmacniacze operacyjne o znacznie lepszych parametrach.

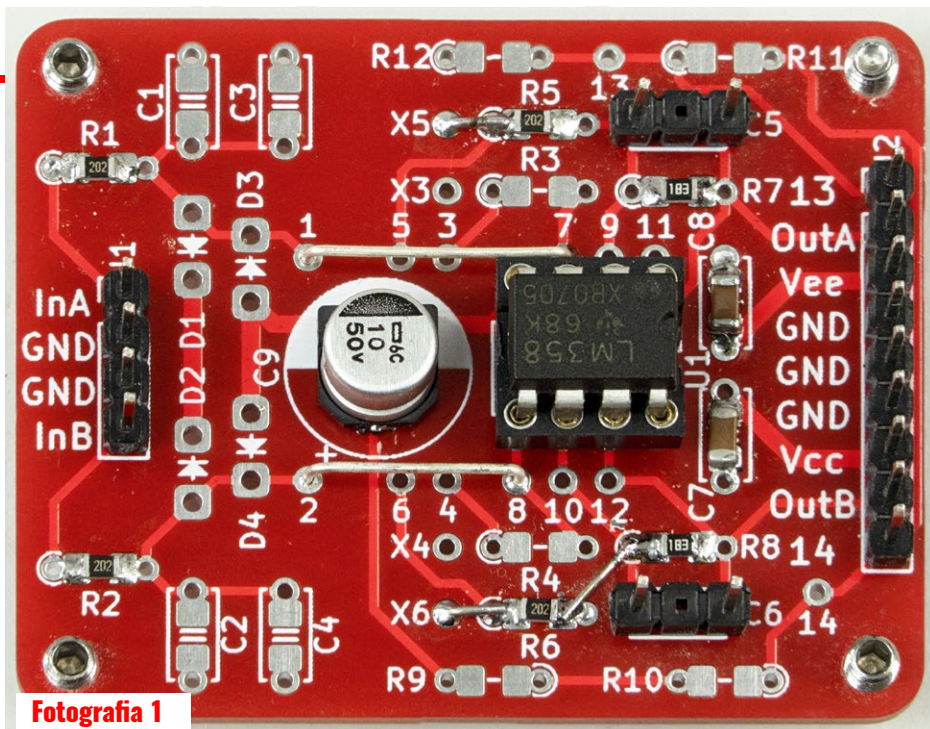
Nie można, a raczej nie potrafimy stworzyć wzmacniacza operacyjnego bliskiego ideału, który ma znakomite wszystkie parametry. Dlatego wzmacniacze operacyjne dzielimy na specjalizowane grupy, m.in. szybkie, precyzyjne, o małym prądzie wejściowym, mikromocowe, wysoko-, niskonapięciowe, itd.

Coraz bardziej potrzebne są wzmacniacze precyzyjne, ale wiele osób ich nie zna i nie wykorzystuje. W tym artykule przedstawię kilka interesujących przykładów wzmacniaczy precyzyjnych.

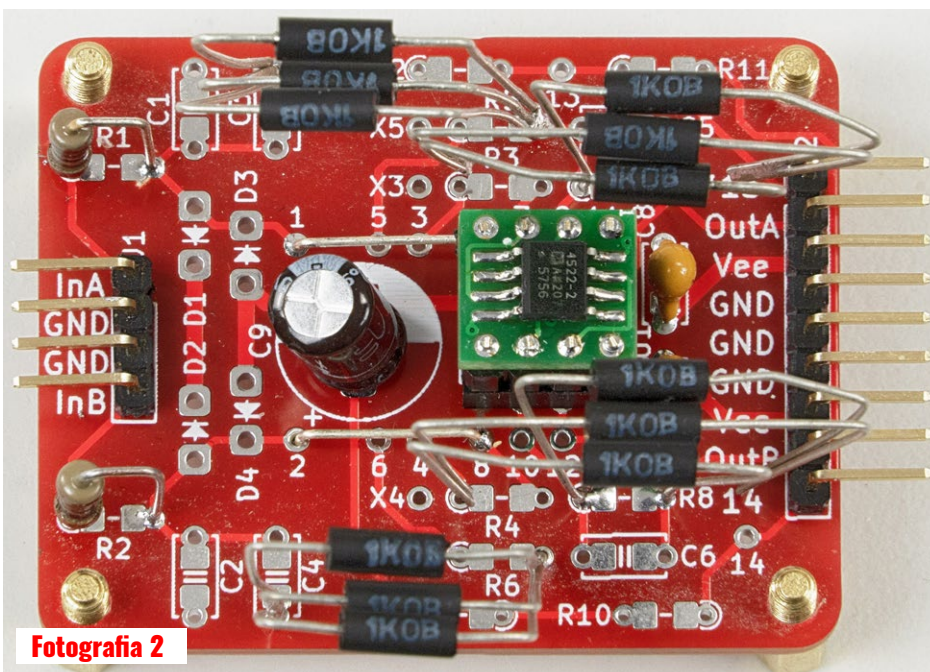
Fotografia 1 przedstawia eksperymentalny moduł podwójnego wzmacniacza nieodwracającego o wzmacnieniu $10\times$, zmontowany na wielofunkcyjnej płytce drukowanej. Na płytce można zmontować klasyczne elementy przewlekane (THT), ale tutaj wlutowane są głównie elementy SMD.

Praktyka pokazuje, że dziś coraz częściej chcemy wzmacniać znikome napięcia, rzędu mikrowoltów. I chcielibyśmy, żeby te pomiary były wiarygodne. Jest to możliwe, dostępne dziś dla każdego, tylko trzeba wykorzystać odpowiednie elementy – i odpowiednie wzmacniacze operacyjne, i odpowiednie rezystory. **Fotografia 2** pokazuje moduł z dwoma wzmacniaczami nieodwracającymi, każdy o wzmacnieniu niemal idealnie, z ogromną dokładnością równym $10\times$. Bliska ideału wartość wzmacnienia równa 10 razy jest możliwa dzięki sprytnemu wykorzystaniu sześciu jednakowych, precyzyjnych, indywidualnie dobieranych rezystorów. Zastosowałem kostkę ADA4522-2. To jest nowoczesny, znakomity wzmacniacz operacyjny typu Zero Drift, o zaskakująco szerokim zakresie napięć zasilania. Nowsze wzmacniacze nie są produkowane w dużych klasycznych obudowach DIL, dlatego wykorzystałem przejściówkę.

Na **fotografii 3** widać precyzyjny wzmacniacz, a właściwie zespół dwóch wzmacniaczy: odwracającego i nieodwracającego. Wlutowane w płytkę precyzyjne, bardzo wysokiej jakości rezystory (1 k Ω oraz 79,6 k Ω) zapewniają naprawdę stabilną wartość wzmacnienia (około 80 razy), a szpilki goldpin pozwalają w razie potrzeby dodać element zmniejszający wzmacnienie lub kompensujący. W podstawkę włożyłem tu mikromocowy



Fotografia 1



Fotografia 2



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

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



Precyzyjny mostek do dobierania rezystorów

Czy do dobierania jednakowych rezystorów nie wystarczy multimetr? A po co komu dziś przestarzały mostek pomiarowy? Owszem, często wystarczy przyzwyczajony multimetr. Jednak dobry mostek pozwoli porównywać i dobierać rezystory z dokładnością nieporównanie lepszą, niż popularne multimetry.

Najprostsza metoda mostkowa

Praktyczna realizacja

Mostek pomiarowy – rozważania projektowe

Dla dociekliwych – porównywanie rezystorów

Pomiary porównawcze, względne

Przedstawiony na fotografii tytułowej, dziwny z wyglądu, mostek powstał w związku z przygotowaniem do realizacji różnych dokładnych przyrządów i przystawek pomiarowych w tani i prosty sposób.

Najprościej biorąc, w praktyce dokładność i precyzję zwykle najbardziej ograniczają rezystory. Szerzej temat omówiony jest w artykule [Precyzyjne rezystory](#). Naprawdę dobre i bardzo stabilne rezystory są bardzo kosztowne (>100 zł/szt). Warto wiedzieć, że często podobne efekty można uzyskać, wykorzystując większą liczbę wielokrotnie tańszych, jednakowych rezystorów niższej klasy. Właśnie, jednakowych!

Przy pomiarze rezystancji dokładność popularnych multimetrów rzadko jest lepsza niż 1%. Dobra wiadomość jest taka, że jeżeli chodzi o dobieranie i porównywanie rezystorów o jednakowej wartości, a nie o bezwzględną wartość rezystancji, deklarowana dokładność miernika nie ma znaczenia. Dzięki stabilności krótkoterminowej można wykorzystać pełną rozdzielczość wskaźnika. A na przykład multimetr 4,5-cyfrowy ma rozdzielczość 0,005% czyli 50 ppm.

Jeżeli potrzebna jest bardzo duża dokładność dobierania rezystorów, nawet lepsza niż 1 ppm, czyli 0,0001%, wtedy trzeba skorzystać z mostka.



Fotografia 1

Zanim przejdziemy do szczegółów, kilka przykładów. Na **fotografii wstępnej** pokazany jest przykład wykorzystania mostka do segregowania wysokiej jakości rezystorów foliowych Vishay VTA56 2,2 k Ω , 0,1%, 3 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ przeznaczonych do precyzyjnego dzielnika dwójkowego, czyli do bardzo dokładnego przetwornika DAC typu R-2R. Przy odrobinie staranności prosty przyrząd o specyficznej budowie i tani multimetr nie tylko pozwalają dobrać rezystory z niewiarygodną dla wielu dokładnością lepszą niż 0,0001% czyli 1 ppm. Pozwalają też dokładnie określić różnice rezystancji poszczególnych egzemplarzy – w przypadku tych rezystorów 2200 Ω – z dokładnością nawet 0,001 Ω (jednego milioma).

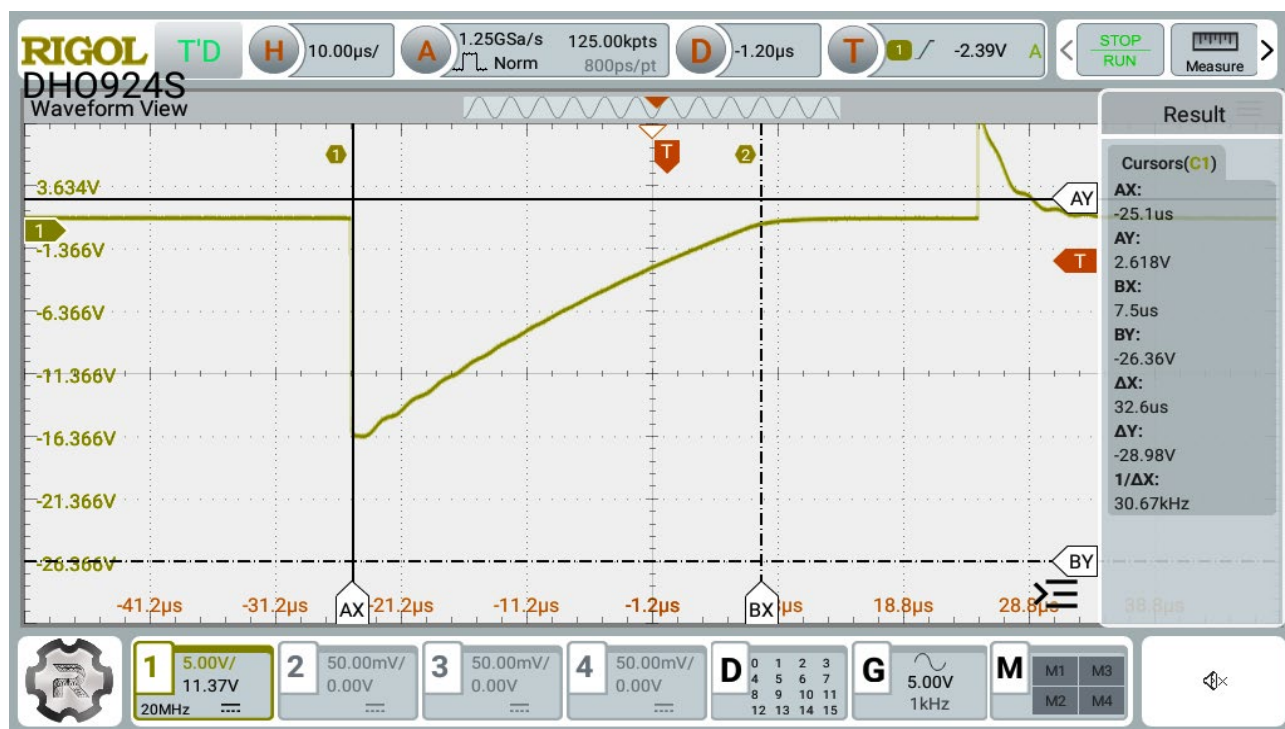
Fotografia 1 pokazuje wykorzystanie opisanego tu mostka do dobierania jednakowych rezystorów PTF56 o większej rezystancji (79,6 k Ω , 0,1%, 10 ppm/ $^{\circ}\text{C}$) do innego precyzyjnego dzielnika R-2R.

Jeżeli jednakowych rezystorów nie trzeba dobierać ze skrajnie wysoką dokładnością, wystarczy tani multimetr 4,5-cyfrowy. Na **fotografii 2** widać wstępne przygotowania do budowy bardzo precyzyjnego dzielnika Hamona o stosunku podziału 100:10:1. Zaskakująca, sprytna idea Hamona pozwala za pomocą rezystorów o wartościach różniących się nawet o 0,1%, zbudować dzielnik 10:1 (oraz 100:1) o dokładności podziału rzędu 0,0001% czyli



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

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



Pomiar czasu przełączania diod

W naszej świadomości zwykle dioda to przyrząd przewodzący tylko w jedną stronę. Artykuł pokazuje, że niekoniecznie.

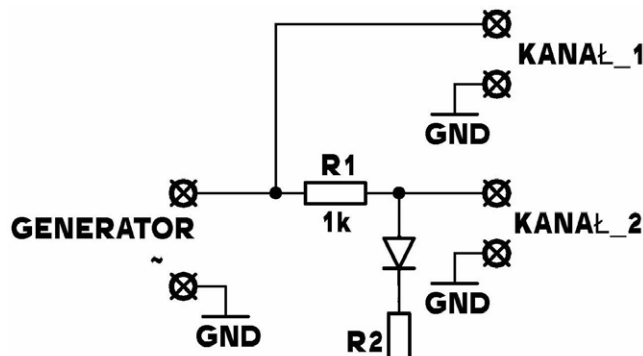
Kilka zdań na początek

Pomiary

Kilka zdań na początek

Rozważmy sytuację, w której do diody, przez którą płynie prąd w kierunku przewodzenia, przyłączmy napięcie w kierunku zaporowym. Dioda przewodzi jeszcze przez pewien czas, prąd spada z szybkością zależną od rekombinacji ładunków w złączu. Czas przewodzenia mierzony od chwili zmiany polaryzacji do momentu, gdy prąd spadnie do 10% wartości początkowej określany jest jako t_{rr} (reverse recovery time, w niektórych katalogach zdefiniowany jest on inaczej, ale nie dzielimy włosa na czworo). Czas ten jest zależny od napięcia i prądu w stanie przewodzenia, jednak główną przyczyną różnic jest budowa diody. **Fotografia tytułowa** pokazuje zależność napięcia odkładającego się na obciążeniu

cerskiej) przestała przewodzić po blisko 33 mikrosekundach. Przy prostowaniu napięcia sinusoidalnego o częstotliwości 50 Hz nie jest to problemem. Ale w układach impulsowych to cała wieczność.



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

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



Wspólnie projektujemy: Sygnalizator przegrzania LM317

W długim wątku dotyczącym wspólnego projektowania na pozór prościutkiego zasilacza ze stabilizatorem LM317 omówiliśmy szereg ważnych zagadnień, a spośród najbardziej istotnych zostało jeszcze jedno. Warto pomyśleć nad kwestią sygnalizacji przegrzania i zadziałania ogranicznika termicznego w LM317.

W cyklu **Wspólnie projektujemy** budujemy prosty zasilacz warsztatowy. Wprowadzeniem był artykuł: [Projektowanie zasilacza liniowego](#). Dalsze informacje są [tutaj](#) oraz w kolejnych artykułach serii.

W czerwcu 2024 przedstawione było kolejne zadanie konkursowe oznaczone YK014: **Zaproponuj sposób sygnalizacji, że stabilizator LM317 przekroczył granicę przegrzania lub sygnalizacji, że zbliża się do granicy przegrzania i ograniczania prądu i napięcia.**

Oto wprowadzenie do tego zadania: ważną zaletą scalonego stabilizatora LM317 i pokrewnych, jest obecność wbudowanego zabezpieczenia – ogranicznika termicznego. Obwód ten powoduje ograniczenie, zmniejszenie prądu wyjściowego, gdy scalona struktura osiągnie górną dopuszczalną temperaturę. Jest to ogranicznik o działaniu płynnym, a nie skokowym. Osiągnięcie maksymalnej temperatury nie powoduje nagłego całkowitego wyłączenia, tylko płynne ograniczenie – zmniejszenie prądu, a to w praktyce oznacza też zmniejszenie napięcia wyjściowego. To jest istotna zaleta, ponieważ dzięki takiemu zabezpieczeniu nie sposób zepsuć tego scalonego stabilizatora wskutek przegrzania.

Jest to zaleta, ale w praktyce oznacza problem. Otóż układ stabilizatora w żaden sposób nie sygnalizuje, że ogranicznik termiczny działa, czyli że zmniejszyła prąd i napięcie wyjściowe. Praktyka pokazuje, że łatwo tego nie zauważyć nawet wtedy, gdy w zasilaczu jest zamontowany woltomierz, pokazujący napięcie wyjściowe. A to oznacza tracenie czasu na szukanie problemu w zasilanym układzie, a nie w zasilaczu.

Jednak część Czytelników może się zastanawiać, czy niezbędny jest taki dodatkowy obwód kontroli temperatury? Czy nie wystarczy wcześniej omawiany sygnalizator braku stabilizacji, opisany w zadaniu YK010?

Otóż nie. Analizowany wcześniej sygnalizator braku stabilizacji nie wystarczy, ponieważ tam obiektem naszego zainteresowania były tętnienia oraz zbyt małe napięcie U_{DO} na stabilizatorze.

Teraz chodzi o coś zdecydowanie innego. Otóż zadziałanie ogranicznika termicznego nie musi i raczej nie będzie się wiązać ani z pojawieniem się tętnień w napięciu wyjściowym, ani tym bardziej z nadmiernym zmniejszeniem się napięcia U_{DO} na stabilizatorze (a wprost przeciwnie).

Dobre profesjonalne zasilacze są projektowane z odpowiednim zapasem, żeby przegrzanie nie nastąpiło. Natomiast w dobrym amatorskim zasilaczu bardzo potrzebny jest omawiany teraz układ kontroli temperatury, ponieważ takie zasilacze często projektowane są w sposób „oszczędnościowy”, żeby nie powiedzieć przypadkowy.

Jakiś prosty obwód kontroli temperatury przyda się już w tanim amatorskim zasilaczu warsztatowym na popularnej kostce LM317 lub podobnej. W takim przypadku przegrzanie nie spowoduje uszkodzenia, a jedynie czasowe zmniejszenie napięcia i prądu.

Ale problem przegrzania jest dużo poważniejszy w takich zasilaczach, gdzie głównym elementem regulacyjnym nie jest układ scalony, tylko tranzystor lub zestaw tranzystorów.

Tranzystor nie ma obwodów zabezpieczenia termicznego i przy zbyt dużej mocy strat ulegnie przegrzaniu, prawdopodobnie nawet nieodwracalnemu przebiciu, co dodatkowo spowoduje pojawienie się na wyjściu maksymalnego napięcia, czyli zniszczy też zasilany układ, być może kosztowny i cenny.

Omawiany teraz problem przegrzania dotyczy więc wszelkich amatorskich zasilaczy liniowych, także tych lepszych, droższych i potężniejszych. Dlatego naprawdę warto rozważyć różne możliwości kontroli i pomiaru temperatury. Być może także w kontekście inteligentnego sterowania wentylatorem chłodzącym radiator.

Pomiar temperatury struktury?

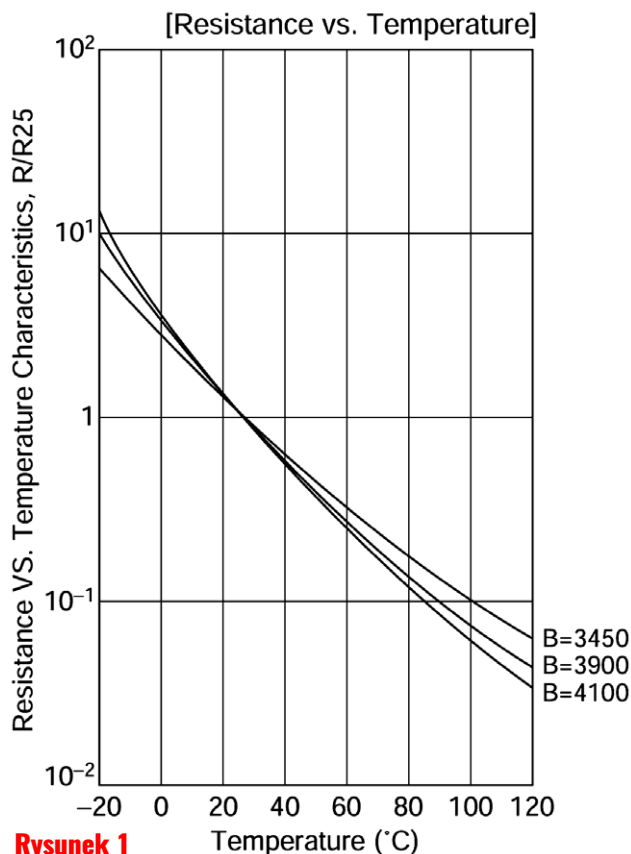
Na razie omawiamy zasilacze z kostką LM317 oraz pokrewnymi stabilizatorami scalonymi. Nie możemy w nich mierzyć na bieżąco temperatury scalonej struktury, zresztą nie wiadomo dokładnie, przy jakiej temperaturze zaczyna działać ogranicznik, a ta informacja jest kluczowa.

Na pewno występują jakieś różnice – rozrzut parametrów między egzemplarzami z różnych serii i od różnych producentów. Niemniej każdy egzemplarz stabilizatora ma jakąś temperaturę zadziałania ogranicznika cieplnego, zapewne około +150 stopni z rozrzutem co najmniej ± 15 stopni lub nawet jeszcze więcej.

Tej temperatury scalonej struktury dokładnie nie zmierzemy podczas normalnej pracy zasilacza, ale możemy zmierzyć, w jakich warunkach zaczyna ograniczać napięcie nie „goły stabilizator”, tylko ten **stabilizator zamontowany** – co bardzo ważne – **na docelowym radiatorze**, a więc pracujący w realnych warunkach. Wtedy możemy na bieżąco mierzyć temperaturę albo obudowy układu scalonego, albo radiatora w pobliżu układu scalonego. A do pomiaru może posłużyć jakikolwiek czujnik temperatury, na przykład termopara, termistor lub półprzewodnikowy czujnik „diodowy”.

Oczywiście tak zmierzona temperatura zadziałania zabezpieczenia będzie niższa od temperatury scalonej struktury, ale to w tym przypadku nieważne – na pewno bez dużego wysiłku określimy w ten sposób próg zadziałania wewnętrznego ogranicznika cieplnego. To będzie potrzebne do pomiaru czy porównania „temperatura graniczna 100%”. Zastosowany w układzie akustyczny (brzęczyk) lub świetlny (migająca dioda LED) sygnalizator przegrzania powinien zadziałać nieco wcześniej, przed osiągnięciem tej progowej „temperatury 100%”.

A teraz kwestia wyboru czujnika.



Rysunek 1

Wybór czujnika temperatury

Termistor NTC. Wiele wskazuje, że do sygnalizatora progowego najprościej i chyba najlepiej wykorzystać jakikolwiek termistor NTC. To prosta i tania opcja, ale trzeba pamiętać o pewnych szczegółach. Otóż mówimy o pomiarze temperatur ponad +100°C, więc rezystancja termistora NTC zmniejszy się wielokrotnie w stosunku do rezystancji nominalnej, która jest określana w temperaturze pokojowej (+25°C). Pokazuje to **rysunek 1**.

Z uwagi na małą rezystancję w temperaturze rzędu stu stopni, korzystne może być zastosowanie termistora o stosunkowo dużym nominale, na przykład 100 kiloomów.

Trzeba też pamiętać, że termistor NTC ma mocno nieliniową charakterystykę. Na rysunku 1 pionowa oś rezystancji jest logarytmiczna i tylko dlatego charakterystyki wyglądają na w miarę liniowe.

Przykładowo przy wzroście temperatury od +25°C do +100°C rezystancja termistora zmaleje co najmniej 10-krotnie (zależnie od wartości współczynnika oznaczonego B). Z uwagi na dużą czułość, termistor nadaje się znakomicie do realizacji sygnalizatora progowego.

Jeżeli jednak chodziłoby nie o progowy sygnalizator, tylko o **miernik** temperatury, byłby duży kłopot z linearyzacją. W przypadku miernika, a nie sygnalizatora progowego, należałoby wykorzystać jakiś inny czujnik, o bardziej liniowej charakterystyce.

Termopara. Tanie i powszechnie dostępne są termopary typu K, o czułości około 40 mikrowoltów na stopień. Przykład na **fotografii 2**.



Fotografia 2

Mogą one bez problemu mierzyć temperatury rzędu setek stopni, a więc dużo wyższe, niż występujące w prawidłowo działających półprzewodnikach. Termopary bywają pożyteczne, ale w praktyce ujawnią się trzy problemy.

Najmniejszym kłopotem jest mała czułość czujnika (ok. 41 $\mu V/^{\circ}C$). W tym zastosowaniu problem rozwiąże niemal każdy wzmacniacz operacyjny

Trudniejsza sprawa to kwestia kompensacji zera. Wiadomo, że termopara nie mierzy bezpośrednio temperatury, lecz mierzy różnicę temperatur między dwoma swoimi końcami. „Kompensacja zera” może się okazać trudnym zadaniem.

Trzecia sprawa to fakt, że metalowa termopara zapewne musi być odizolowana elektrycznie od radiatora i metalowych części stabilizatora, które mogą być na różnym potencjale względem masy układu (problemu nie byłoby, gdyby czujnik temperatury z termoparą byłby zasilany z oddzielnego, odizolowanego źródła zasilania).

Czujniki platynowe, niklowe i... miedziane.

Dawniej najpopularniejszym czujnikiem tego rodzaju były Pt100 – czujniki platynowe o nominalnej rezystancji 100 omów. Zdecydowanie mniej popularne były dużo tańsze czujniki niklowe.

Dzisiaj za kilkanaście złotych można kupić miniaturowe platynowe czujniki Pt1000 (**rysunek 3**), czyli mające rezystancję nominalną 1 k Ω w temperaturze 0 $^{\circ}C$. Ich rezystancja liniowo rośnie z tempe-

TT-PT1000A-2050-11-AUNI
TEWA TEMPERATURE SENSORS

OPIS, SYMBOLE PRODUKTU

Czujnik: temperatury; Pt1000; 1000 Ω ; kI.A; Wym.zew: 5x2x1,1mm
Oznaczenie producenta: TT-PT1000A-2050-11-AUNI
Symbol TME: TT-PT1000A-2050-11

34

szt w magazynie
Cena netto (23%)
od 7.93 do 12.80
[PLN/szt]



Rysunek 3

raturą i przykładowo w temperaturze +100 $^{\circ}C$ osiąga 1,385 k Ω . **Rysunek 4** pokazuje wartości rezystancji.

Czułość jest dobra, dokładność znakomita. Jeśli ktoś nie żałuje kilkunastu złotych, wykorzystanie małego czujnik Pt1000 może być optymalnym rozwiązaniem, w omawianym zastosowaniu pod wieloma względami nawet aż za dobrym.

| $^{\circ}C$ | 0,0 | -1,0 | -2,0 | -3,0 | -4,0 | -5,0 | -6,0 | -7,0 | -8,0 | -9,0 |
|-------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| -50,0 | 803,1 | | | | | | | | | |
| -40,0 | 842,9 | 838,8 | 834,8 | 830,8 | 826,9 | 822,9 | 818,9 | 815,0 | 811,0 | 807,0 |
| -30,0 | 822,2 | 878,3 | 874,3 | 870,4 | 866,4 | 862,5 | 858,5 | 854,6 | 850,6 | 846,7 |
| -20,0 | 921,6 | 917,7 | 913,7 | 909,8 | 905,9 | 901,9 | 898,0 | 894,0 | 890,1 | 886,2 |
| -10,0 | 960,9 | 956,9 | 953,0 | 949,1 | 945,2 | 941,2 | 937,3 | 933,4 | 929,5 | 925,5 |
| 0,0 | 1000,0 | 996,1 | 992,2 | 988,3 | 984,4 | 980,4 | 976,5 | 972,6 | 968,7 | 964,8 |

| $^{\circ}C$ | 0,0 | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 8,0 | 9,0 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0,0 | 1000,0 | 1003,9 | 1007,8 | 1011,7 | 1015,6 | 1019,5 | 1023,4 | 1027,3 | 1031,2 | 1035,1 |
| 10,0 | 1039,0 | 1042,9 | 1046,8 | 1050,7 | 1054,6 | 1058,5 | 1062,4 | 1066,3 | 1070,2 | 1074,0 |
| 20,0 | 1077,9 | 1081,8 | 1085,7 | 1089,6 | 1093,5 | 1097,3 | 1101,2 | 1105,1 | 1109,2 | 1112,8 |
| 30,0 | 1116,7 | 1120,6 | 1124,5 | 1128,3 | 1132,2 | 1136,1 | 1139,9 | 1143,8 | 1147,7 | 1151,5 |
| 40,0 | 1155,4 | 1159,3 | 1163,1 | 1167,0 | 1170,8 | 1174,7 | 1178,5 | 1182,4 | 1186,2 | 1190,1 |
| 50,0 | 1194,0 | 1197,8 | 1201,6 | 1205,5 | 1209,3 | 1213,2 | 1217,0 | 1220,9 | 1224,7 | 1228,6 |
| 60,0 | 1232,4 | 1236,2 | 1240,1 | 1243,9 | 1247,7 | 1251,6 | 1255,4 | 1259,2 | 1263,1 | 1266,9 |
| 70,0 | 1270,7 | 1274,5 | 1278,4 | 1282,2 | 1286,0 | 1289,8 | 1293,7 | 1297,5 | 1301,3 | 1305,1 |
| 80,0 | 1308,9 | 1312,7 | 1316,6 | 1320,4 | 1324,2 | 1328,0 | 1331,8 | 1335,6 | 1339,4 | 1343,2 |
| 90,0 | 1347,0 | 1350,8 | 1354,6 | 1358,4 | 1362,2 | 1366,0 | 1369,8 | 1373,6 | 1377,4 | 1381,2 |
| 100,0 | 1385,0 | 1388,8 | 1392,6 | 1396,4 | 1400,2 | 1403,9 | 1407,7 | 1411,5 | 1415,3 | 1419,1 |
| 110,0 | 1422,9 | 1426,6 | 1430,4 | 1434,2 | 1438,0 | 1441,7 | 1445,5 | 1449,3 | 1453,1 | 1456,8 |

Rysunek 4

Nietypowe czujniki półprzewodnikowe. Dziś stosunkowo mało znane i rzadko stosowane są krzemowe czujniki serii KTY, które zwiększają swoją rezystancję ze wzrostem temperatury.

Przykładem może być KTY84 (**fotografia 5**), który może mierzyć temperatury do +300°C. Jak pokazuje **rysunek 6**, czujnik ten ma trochę nieliniową charakterystykę (rezystancja zwiększa się o 0,61%/°C), ale do omawianego tu zastosowania w zasilaczu można przyjąć, że charakterystyka jest liniowa.

Przypominam o tych pożytecznych czujnikach, których zakres pracy sięga +300°C, więc mogą znaleźć także inne interesujące zastosowania.

Półprzewodnikowe czujniki „diodowe”

Powszechnie wiadomo, że ze wzrostem temperatury napięcie przewodzenia diody krzemowej zmniejsza się liniowo o mniej więcej 2 miliwołty na stopień Celsjusza. Można to śmiało wykorzystać do pomiaru temperatury w zakresie co najmniej do +150°C. Czujnikiem może być jakakolwiek zwykła dioda krzemowa, ale w praktyce dużo lepszy może się okazać tranzystor. Istnieje też możliwość wykorzystania właściwości wzmacniających tranzystora, ale wiąże się to z pewnymi niedogodnościami, dlatego zdecydowanie częściej w roli czujnika wykorzystuje się tranzystory w połączeniu diodowym, a konkretnie złącze baza-kolektor tranzystora (emiter zwarty z bazą).

W tej roli może pracować dowolny tranzystor. Jednak w roli czujnika temperatury radiatora lub innego tranzystora, interesującym czujnikiem może być tranzystor średniej (TO-126) lub dużej mocy (TO-220, TO-247, itd.) – **rysunek 7**.



Fotografia 5

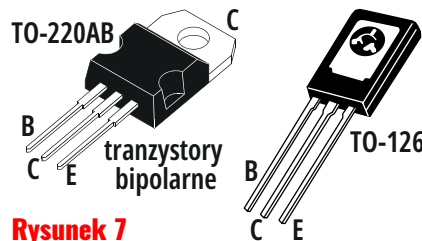
Taki tranzystor ma wkładkę radiatorową, na której montowana jest scalona struktura. Po przykręceniu do radiatora lub innego tranzystora struktura czynna takiego czujnika będzie mieć praktycznie taką samą temperaturę, jak mierzony obiekt – to jest niewątpliwie zaletą.

Wadą w niektórych zastosowaniach może być to, że metalową wkładkę tranzystora dołączamy bezpośrednio do metalowego radiatora, a to łączy elektrycznie czujnik z radiatorem. W każdym razie tranzystor mocy z wkładką radiatorową może być dobrym czujnikiem temperatury ze znakomitym sprzężeniem cieplnym.

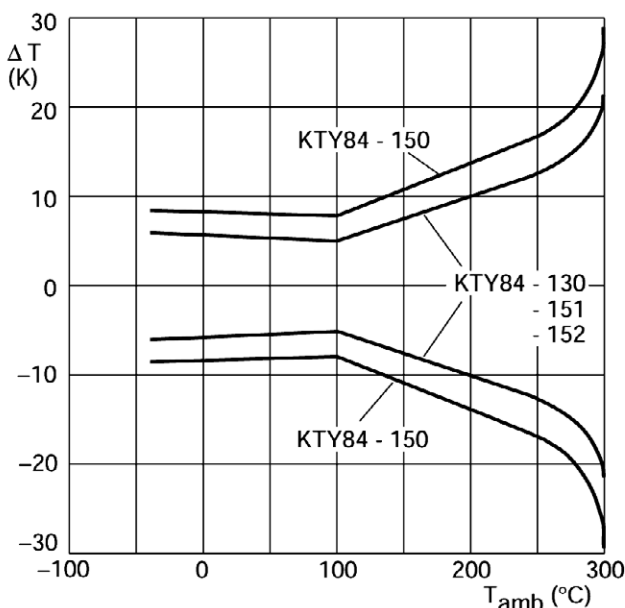
Warto też przypomnieć, że kolektor prawie wszystkich tranzystorów mocy jest dołączony właśnie do tej wkładki radiatorowej, a to znaczy, że wybierając typ tranzystora NPN lub PNP otrzymujemy diodę czujnikową, z „zewnętrzną” katodą lub anodą. Oczywiście można zastosować tranzystor w plastikowej obudowie, co oddzieli czujnik od radiatora pod względem elektrycznym, pogorszy też sprzężenie termiczne.

Pomysł wykorzystania diody (tranzystora w połączeniu diodowym) warto przeanalizować dokładnie! Po pierwsze mamy tu liniowy czujnik z dość dobrze określonym współczynnikiem cieplnym, około

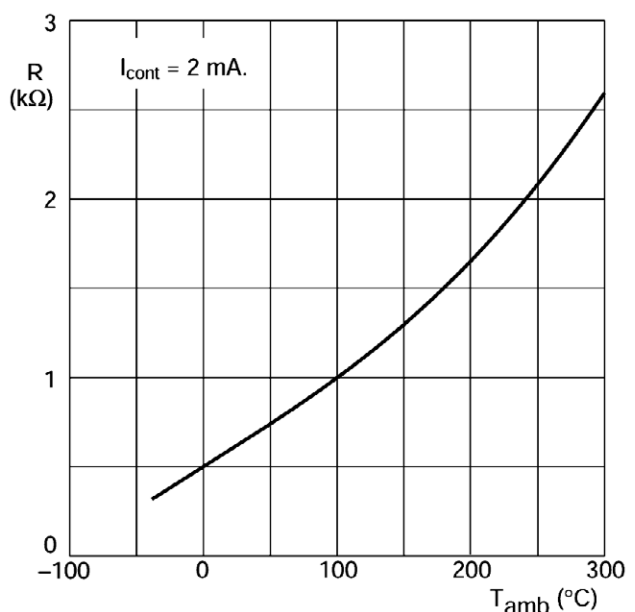
2 miliwołty na stopień Celsjusza. Co jeszcze ważniejsze w praktyce, do dyspozycji mamy diody w najróżniejszych obudowach, a także tranzystory bipolarne w połączeniu diodowym.



Rysunek 7



Rysunek 6



Rozwiązania układowe

Oczywiście można wykorzystać dowolne czujniki cyfrowe, na przykład popularny DS18B20, ale to wymaga obecności mikrokontrolera. A my teraz mówimy przede wszystkim o prostym zasilaczu liniowym z kostką LM317, który nie zawiera mikroprocesora.

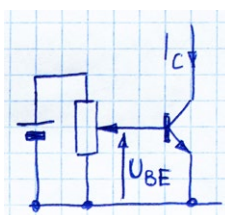
W omawianym zastosowaniu chcemy w możliwie prosty sposób kontrolować temperaturę układu scalonego LM317, zapewne w obudowie TO-220, ewentualnie temperaturę głównego tranzystora regulacyjnego w zasilaczu liniowym.

Zasadniczo o wszystkim decyduje temperatura złącza tego stabilizatora (tranzystora), jednak w praktyce nie sposób jej zmierzyć. Możemy natomiast na bieżąco mierzyć albo temperaturę obudowy LM317 (lub tranzystora), albo temperaturę radiatora – będzie ona wprawdzie niższa, ale będzie proporcjonalna do temperatury struktury czynnej – złącza. To całkowicie wystarczy, bo i tak układ trzeba będzie finalnie jakoś wyregulować i wyskalować.

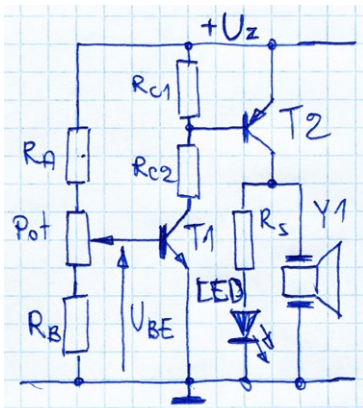
Trzeba podkreślić, że czujnik temperatury może być oddzielony elektrycznie od układu, a to znaczy, że wtedy ten obwód pomiarowy może być zasilany dowolnie, niemal dowolnym napięciem dostępnym w zasilaczu. Obwód ten może być dwustanowym sygnalizatorem, który zaświeci (migającą?) kontrolkę lub włączy brzęczyk, gdy temperatura wzrośnie blisko granicy zadziałania wewnętrznego zabezpieczenia termicznego LM317.

Nie testowałem takiego rozwiązania, ale być może wystarczyłby układ z czujnikiem tranzystorowym według **rysunku 8**. Na jego bazie za pomocą potencjometru ustawiamy na tyle małe napięcie U_{BE} , żeby w temperaturze pokojowej tranzystor był zatkany, czyli by prąd kolektora I_C był bliski zeru. Napięcie progowe baza-emiter podgrzewanego tranzystora będzie zmniejszać się ze wzrostem temperatury, więc ze wzrostem temperatury tranzystor zacznie się otwierać. Będzie się otwierał płynnie i trudno mówić o jakimś „ostrym” progu zadziałania.

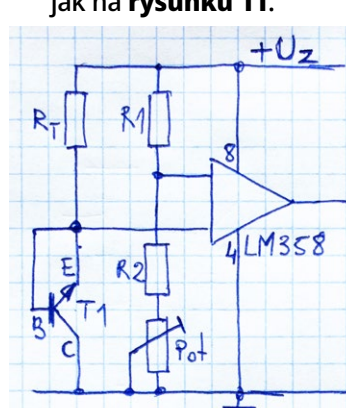
Ponieważ jednak czułość przełączania może być za mała, układ należy rozbudować, na przykład według **rysunku 9**, aby uzyskać ostrzejszy próg zadziałania przy temperaturze zależnej od ustawionego napięcia U_{BE} .



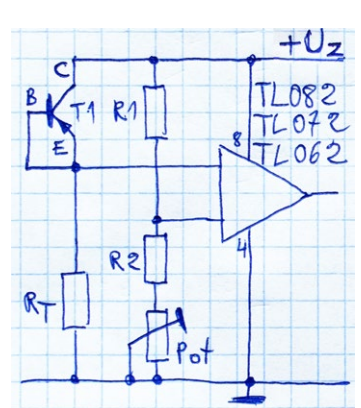
Rysunek 8



Rysunek 9



Rysunek 10



Rysunek 11

Zamontowanym w pobliżu grzejącego się stabilizatora LM317 czujnikiem temperatury jest tranzystor T1, który w odpowiednio wysokiej temperaturze włączy tranzystor T2, a tym samym zaświeci kontrolkę LED i włączy brzęczyk (z generatorem) Y1.

Tu próg zadziałania na pewno będzie ostrzejszy, niż w przypadku pojedynczego tranzystora, ale podstawowym warunkiem prawidłowego działania jest stabilność napięcia na bazie T1. Dlatego napięcie zasilania $+U_Z$ musi być dobrze stabilizowane.

W takim sygnalizatorze chyba nie warto wprowadzać dodatniego sprzężenia zwrotnego i histerezy, ponieważ w tym przypadku lepsze będzie działanie bez histerezy. Z uwagi na wpływ zakłóceń z sieci 50 Hz, być może trzeba będzie natomiast dodać kondensator filtrujący między bazą i kolektorem T1.

W finalnym układzie napięcie U_{BE} trzeba dobrać eksperymentalnie. W tym celu na pewno trzeba celowo przeciążyć stabilizator i doprowadzić do zadziałania zabezpieczenia termicznego

Potencjometr należy ustawić tak, żeby sygnalizator zaczynał działać, gdy temperatura chronionego LM317 zbliża się do granicy zadziałania jego zabezpieczenia termicznego, ale gdy jeszcze jest od niej mniejsza. Taka regulacja U_{BE} może być najtrudniejszą częścią zadania. Pomocą w ustawieniu suwaka potencjometru może być fakt, że współczynnik cieplny złącza krzemowego wynosi około 2 miliwolt na stopień Celsjusza, ale tu napięcie progowe (U_{BE}) można mierzyć jedynie pośrednio.

Bezpośrednio można je mierzyć w układach z czujnikiem diodowym, a nie tranzystorowym. Zapewne w układzie z wykorzystaniem wzmacniacza operacyjnego, na przykład według idei z **rysunku 10**, z najpopularniejszym LM358. Tu w roli czujnika narysowałem tranzystor NPN, którego kolektor jest dołączony do masy. Nie podaję oznaczeń wejść wzmacniacza operacyjnego, bo można je połączyć różnie, zależnie od potrzeb.

Jeśli z jakichś powodów tego rodzaju diodowy czujnik temperatury miałby być umieszczony „na górze”, to obwody wejściowe mogłyby wyglądać na przykład jak na **rysunku 11**.

Dla prawidłowego działania zasadniczo potrzebny byłby wzmacniacz operacyjny z wejściem „rail to rail”. Nieprzypadkowo jednak podałem typ wzmacniacza operacyjnego (TL08x, TL07x, TL06x), ponieważ te nadal popularne układy mają na wejściach tranzystory JFET typu P i ich wejścia mogą prawidłowo pracować nawet na poziomie dodatniego napięcia zasilania. Warto o tym pamiętać.

Omawiane najprostsze czujniki diodowe są kłopotliwe w kalibracji. W układach z rysunków 10, 11 można zastosować lepsze. Mogą to być tanie czujniki temperatury bezwzględnej LM335 dające napięcie proporcjonalne do temperatury wyrażonej w kelwinach. Napięcie wyrażone w miliwoltach jest 10 razy większe niż temperatura w kelwinach.

W układzie z rysunku 10 można wykorzystać droższy czujnik LM35, podający temperaturę w stopniach Celsjusza (temperatura w °C razy 10 mV). Wtedy zwykły woltomierz pozwoli wygodnie i na bieżąco mierzyć temperaturę takiego czujnika.

Rysunki 10, 11 pokazują tylko obwody czujnika. Pozostałe obwody mogą być bardziej rozbudowane. Mogą w dowolny sposób sygnalizować ryzyko przegrzania i pokazywać zmierzoną temperaturę stabilizatora. Mogą łączyć te funkcje, a dodatkowo także służyć w roli inteligentnego sterownika wentylatora. Mogą, ale w prostych zasilaczach z LM317 zapewne całkowicie wystarczy sygnalizator progowy.

Badanie napięcia odniesienia?

Podczas normalnej pracy w stabilizatorze LM317 i pokrewnych, między końcówką ADJ i końcówką wyjściową występuje stabilne napięcie stałe – napięcie odniesienia (U_{REF}) o wartości nominalnej 1,25 V.

Przyznam, że tego nie sprawdzałem, ale warto się też zastanowić, czy miałoby sens kontrolowanie napięcia U_{REF} między końcówkami OUT, ADJ.

Przede wszystkim należałoby sprawdzić, czy i na ile napięcie U_{REF} zmniejsza się przy zadziałaniu ogranicznika termicznego? Jaki jest wtedy margines – o ile procent musi zmniejszyć się napięcie U_{REF} , żeby zadziałał sygnalizator?

Czyli wtedy sygnalizacja występuje „po fakcie”, natomiast omawiany wcześniej pomiar temperatury umożliwia sygnalizację „przed faktem”

Sygnalizacja „po fakcie” jest gorsza, ale dobre i to. Jeśli wystarczyłoby niewielkie zmniejszenie napięcia U_{REF} , to można byłoby sprawdzać, czy napięcie to nie zmniejszyło się względem wartości występującej tam podczas normalnej pracy. Napięcie U_{REF} kostki LM317 nominalnie wynosi 1,25 V, ale pomiędzy egzemplarzami występuje rozrzut, nawet kilku-procentowy. Ponadto zmienia się nieco pod wpływem temperatury. W każdym razie napięcie to jest

dość stabilne i należałoby porównywać je z innym podobnie stabilnym, np. z kostki LM385 1,2 V.

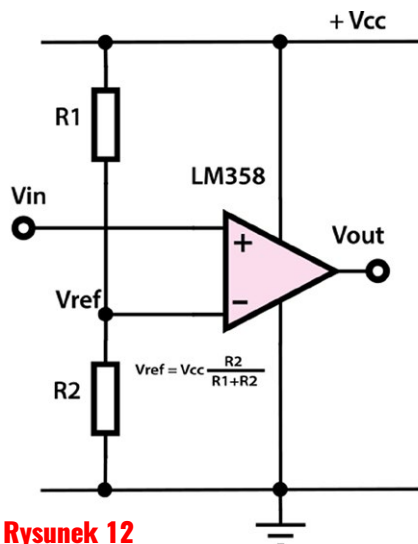
Z tym porównywaniem jest pewien kłopot, bo napięcie U_{REF} w regulowanym zasilaczu to napięcie „pływające”. Ale prawdopodobnie w układzie porównywania mogłyby pracować popularne kostki LM358 których wejścia mogą pracować w zakresie napięć wspólnych $0...V_{CC}-1$ V, a maksymalne napięcie zasilania V_{CC} to 36 V.

A poniżej rozwiązanie zadania YK014, które nadesłał niezawodny **Tadeusz Susfał** z Warszawy.

Piotr Górecki

YK014 – Sygnalizator przegrzania LM317

Zaproponowane przeze mnie rozwiązanie to prosty sygnalizator przegrzania. Wykorzystane



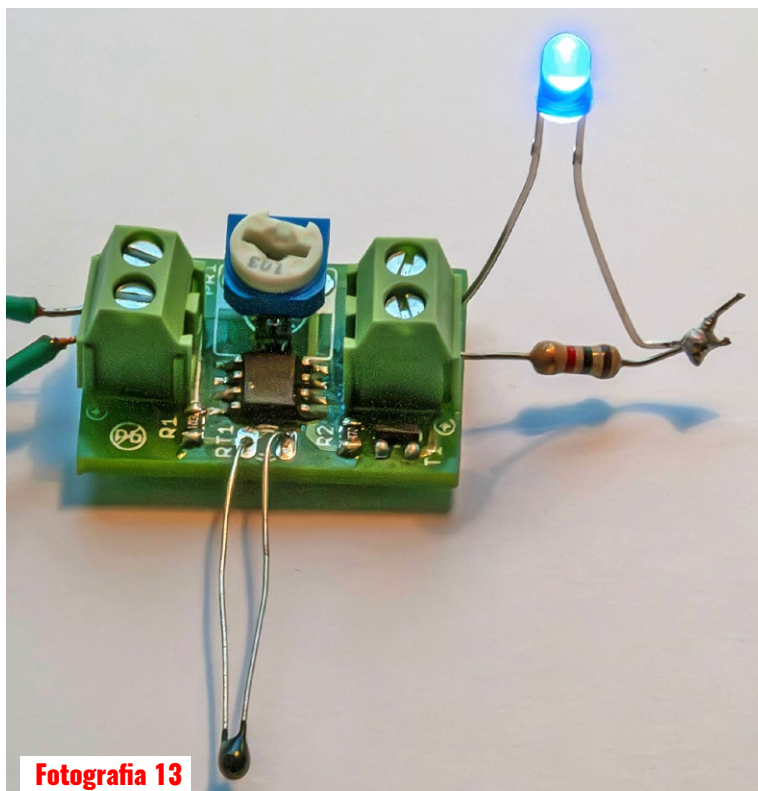
Rysunek 12

rozwiązanie opiera się na użyciu wzmacniacza operacyjnego LM358 w układzie komparatora – **rysunek 12**. Jeżeli w roli rezystora R2 zastosujemy termistor NTC, to napięcie V_{ref} będzie zależne od wartości rezystancji termistora, która zależy od temperatury. Natomiast wartość napięcia (progowego) V_{in} również może być regulowana. Napięcie to można pobrać z suwaka potencjometru, którego „stałe” końcówki podłączymy między „+” zasilania a masę. Regulacja V_{in} za pomocą potencjometru odpowiada za ustawienie progów działania układu komparatora w zależności od wartości temperatury po osiągnięciu której pojawia się napięcie na wyjściu wzmacniacza operacyjnego. Na wyjściu, w najprostszym rozwiązaniu można zastosować diodę LED (z rezystorem ograniczającym) służącą do sygnalizacji osiągnięcia odpowiedniej temperatury, w tym przypadku stanu przegrzania.

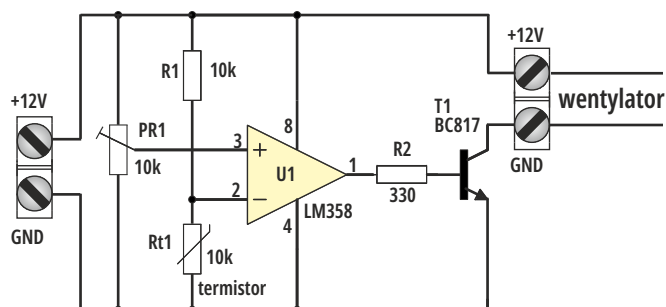
Teraz wystarczy dobrać wartości elementów (rezystorów) i sygnalizator gotowy. Układ nie jest skomplikowany, więc bez problemu da się łatwo zmontować na płytkach uniwersalnych. Ja poszedłem prostszą drogą i skorzystałem z „gotowca” (...).

Układ zmontowany i uruchomiony pokazany jest na **fotografii 13**. W Internecie można znaleźć opis tego „gotowca”. Jest to układ sterownika wentylatora (**rysunek 14**), który po drobnych modyfikacjach jak najbardziej nadaje się do roli sygnalizatora przegrzania. W miejsce wentylatora podłączymy diodę LED z rezystorem 1 k Ω . Można zastosować diodę LED dowolnego koloru. Ja zamontowałem diodę LED koloru niebieskiego ze względu na to, że w zasilaczu znajdują się już dwie diody LED koloru czerwonego i jedna zielona. W miejsce rezystora 330 Ω (wg oryginalnego schematu), w bazie tranzystora, proponuję wstawić rezystor ok. 5 k Ω . Nie ma potrzeby pracować z dużym prądem bazy tak jak w przypadku rezystora 330 Ω . Prąd bazy na poziomie 1-2 mA zupełnie wystarczy do wysterowania tranzystora. Układ jest zasilany napięciem 12 V, co również pasuje w przypadku projektowanego zasilacza.

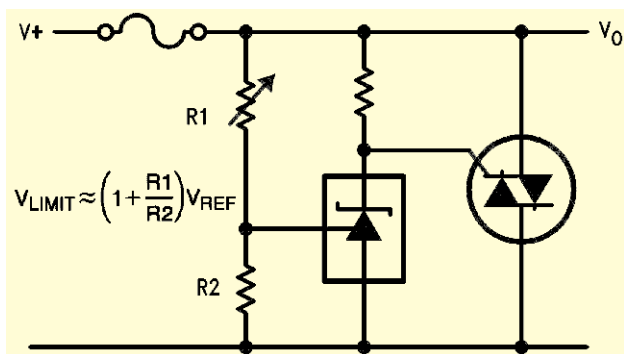
Układ wykorzystuje elementy SMD, ale jest ich zaledwie 4 sztuki (w tym LM358) co nie stanowi dużej trudności w montażu układu. Większym problemem jest skalibrowanie układu dla odpowiedniej temperatury aby sygnalizował przegrzanie LM317. Na tym etapie sprawdziłem, że czujnik reaguje na zmianę temperatury i przy jej wzroście następuje zaświecenie diody LED.



Fotografia 13



Tadeusz Suszał Rysunek 14



Wspólnie projektujemy: Zabezpieczenie nadnapięciowe

Proponuję, żeby w cyklu „Wspólnie projektujemy” zająć się problemem, który boleśnie dotknął niejednego elektronika. Chodzi o przypadki nieplanowanego wzrostu napięcia zasilania, które powodują uszkodzenie zasilanego sprzętu. Spróbujmy zaprojektować przystawkę, która zapobiegnie takim uszkodzeniom.

Zadanie jest wyjątkowo praktyczne i dotyczy sytuacji, gdy zasilamy jakiś cenny układ czy urządzenie za pomocą słabej jakości zasilacza. Dziś coraz częściej mamy do czynienia z układami czy urządzeniami, zasilanymi napięciem w granicach 3 V do 5 V i niekiedy są to układy bardzo cenne, kosztujące kilkadziesiąt złotych lub więcej.

Podczas pracy, a także podczas testów, zasilamy je wykorzystując rozmaite zasilacze i przetwornice. Nie zawsze takie źródła zasilania są niezawodne.

Zdarza się, że bardzo cenny moduł zasilamy za pomocą zasilacza czy przetwornicy za kilka złotych. Zachodzi obawa, że zostanie on zniszczony podczas awarii, polegającej na podwyższeniu napięcia zasilania. Może to nastąpić w klasycznych zasilaczach liniowych przy przebiciu głównego tranzystora regulacyjnego, a może też nastąpić w przetwornicach obniżających, bo tam tranzystor kluczujący też włą-

czony jest szeregowo. Podobna awaria może też wystąpić w tanich sieciowych zasilaczach impulsowych.

Dobre zasilacze laboratoryjne mają niezależne, dodatkowe, regulowane obwody ochrony nadnapięciowej (OVP). W ramach zadania YK018 chcemy zaprojektować coś podobnego, ale w formie w miarę prostej i uniwersalnej przystawki, dołączanej do linii zasilania, między zasilacz i zasilany układ. Przystawka może mieć dowolną konstrukcję i zasadę działania. Jej podstawowym zadaniem jest ochrona zasilanego układu w przypadku nadmiernego wzrostu napięcia zasilającego. Może zawierać bezpiecznik topikowy, który zostanie spalony przez tyrystor czy triak, otwierany w przypadku awarii, jak na **rysunku tytułowym**. Powinna jednak mieć możliwość w miarę wygodnej, płynnej lub raczej skokowej regulacji napięcia progu zadziałania. ©

Piotr Górecki

Zadanie konkursowe YK018 brzmi:

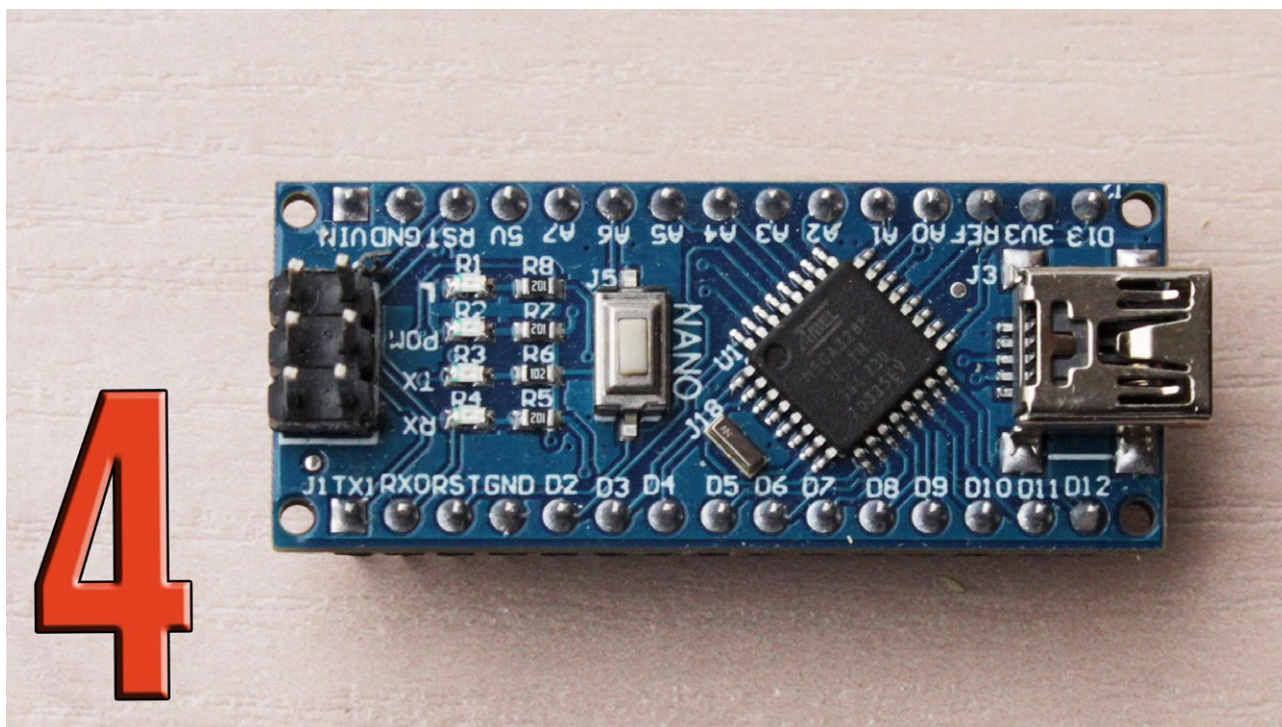
Zaproponuj w miarę uniwersalny układ stałoprądowego zabezpieczenia nadnapięciowego (3 V...12 V), który ochroni cenne układy podczas awarii zasilacza.

Do udziału w zadaniu zapraszam doświadczonych, a także mniej zaawansowanych i początkujących. Propozycje schematów można **nadsyłać do końca października 2024 roku** na adres konkursy@piotr-gorecki.pl.

Proponuję, żeby teraz, w ramach zadania zająć się tylko schematem, a działania praktyczne rozpocząć dopiero wtedy, gdy różne możliwości i nadesłane rozwiązania zostaną omówione w numerze 12/2024 czasopisma **Zrozumieć Elektronikę**.

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

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



Mikroprocesorowa ośła łączka, część 4

Stworzenie pierwszego programu dla mikrokontrolera wymaga wcześniejszego zainstalowania właściwego programu narzędziowego. To przygotuje nam niezbędne środowisko do dalszych prac. Pierwszy program tradycyjnie będzie „mrukał” diodą LED.

[Instalacja oprogramowania narzędziowego](#)
[Porty równoległe mikrokontrolera](#)
[Pierwszy program](#)

[Zaprogramowanie mikrokontrolera](#)
[Symulacja działania mikrokontrolera](#)

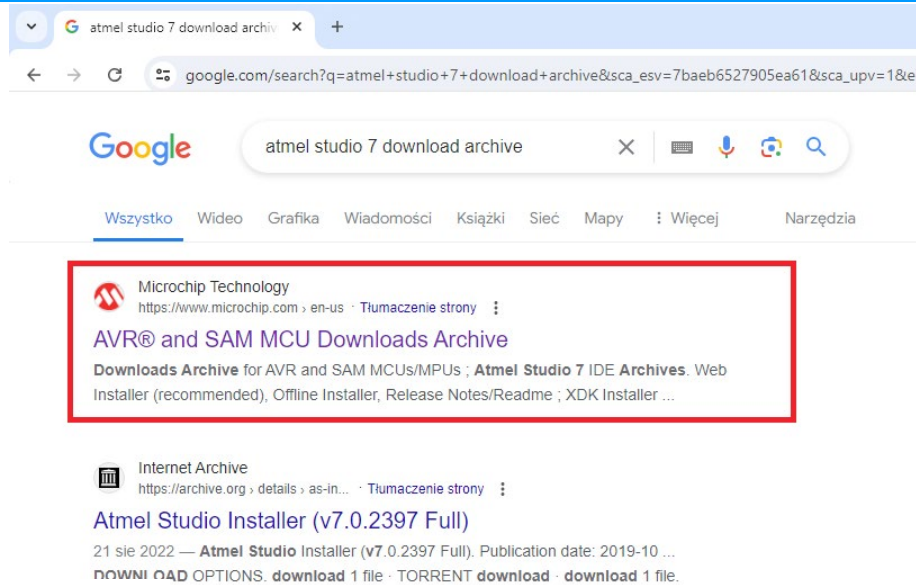
Aby stworzyć jakikolwiek program dla mikrokontrolerów AVR należy posiłkować się odpowiednim oprogramowaniem narzędziowym. Jego zadaniem jest podstawowe wsparcie w uzyskaniu programu binarnego (takiego, który jest „umieszczony” w pamięci Flash mikrokontrolera i jest wykonywany przez zawarty tam mikroprocesor). Wygenerowanie go bazuje na programie źródłowym, czyli takim, który jest napisany przez człowieka w odpowiednim języku programowania. Obecnie wręcz powszechnie do takich celów stosowany jest język C (ewentualnie C++, który jest rozwinięciem języka C). W naszym kursie będziemy posługiwać językiem C, a zainteresowani Czytelnicy mogą później samodzielnie próbować swych sił z językiem C++ (również środowisko Arduino posługuje się językiem C lub C++, identycz-

nie jak Atmel Studio), więc pierwszą przeszkodą do pokonania jest opanowanie języka C. Nie jest to jakaś duża trudność, gdyż składnia tego języka jest do opanowania (problem poznania jakiegokolwiek innego języka programowania jest porównywalny). Większym problemem jest „opis” algorytmu działania programu przy użyciu określonego języka programowania.

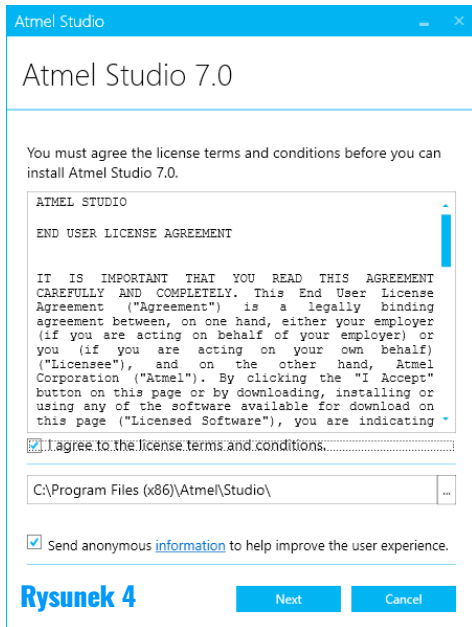
[Instalacja oprogramowania narzędziowego](#)

Pierwszym krokiem do wykonania jest zainstalowanie oprogramowania narzędziowego. Taki program można pobrać ze strony producenta mikrokontrolerów, jakim jest firma Microchip. Można go odnaleźć wpisując w wyszukiwarce internetowej hasło „atmel studio 7 download archive” i kliknąć na

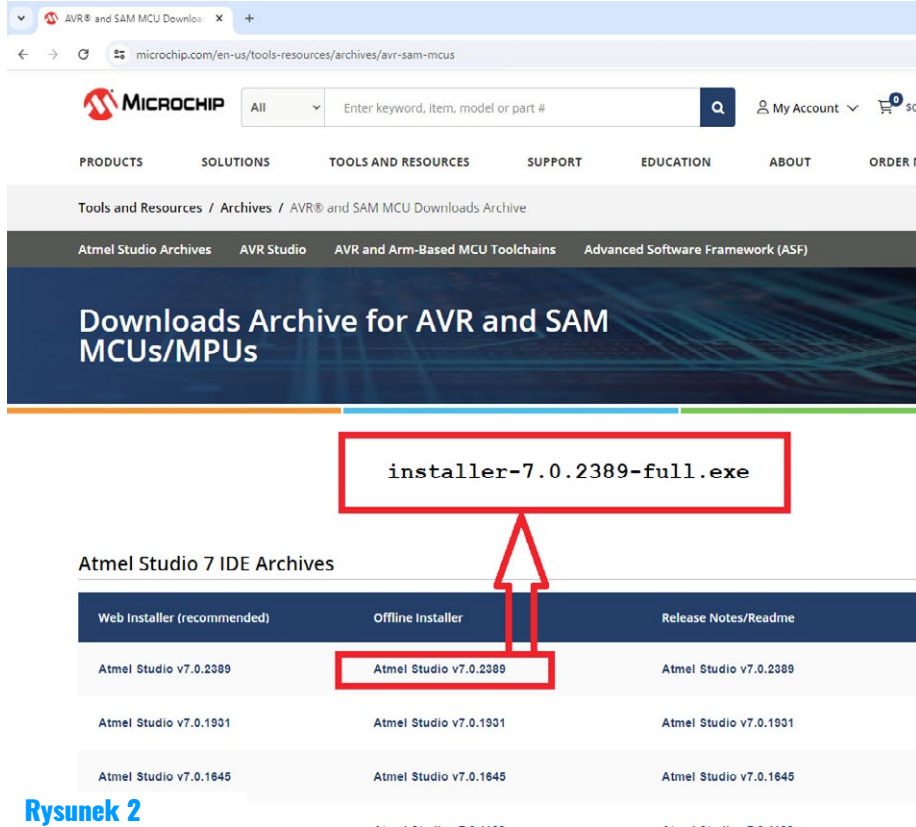
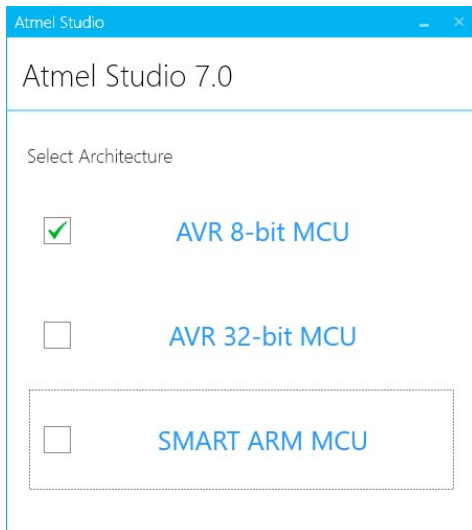
wyszukaną pozycję (jak na **rysunku 1**). Wybrany link prowadzi do strony, z której można pobrać oczekiwane oprogramowanie. Strona ta umożliwiła uzyskanie oprogramowania w dwóch wariantach: *web installer* (ściągany jest niewielki program instalacyjny, który w trakcie swojej pracy „dociągnie” wszystko, co jest niezbędne) lub *offline installer* (ściągany jest kompletny program, który w trakcie instalacji nie wymaga dostępu do sieci). Osobiście preferuję pełną, niezależną wersję (**rysunek 2**). Ściągnięty program należy uruchomić. Wyświetli on ekran powitalny, który również pojawi się przy każdym uruchomieniu oprogramowania narzędziowego (**rysunek 3**). Aby program został zainsta-



Rysunek 1

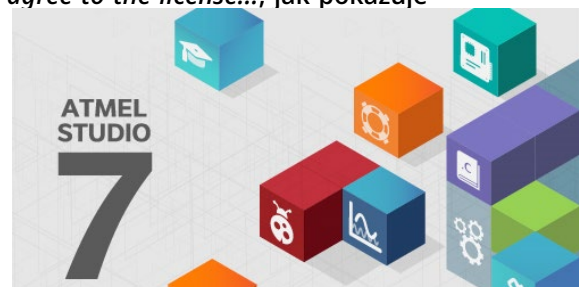


Rysunek 4



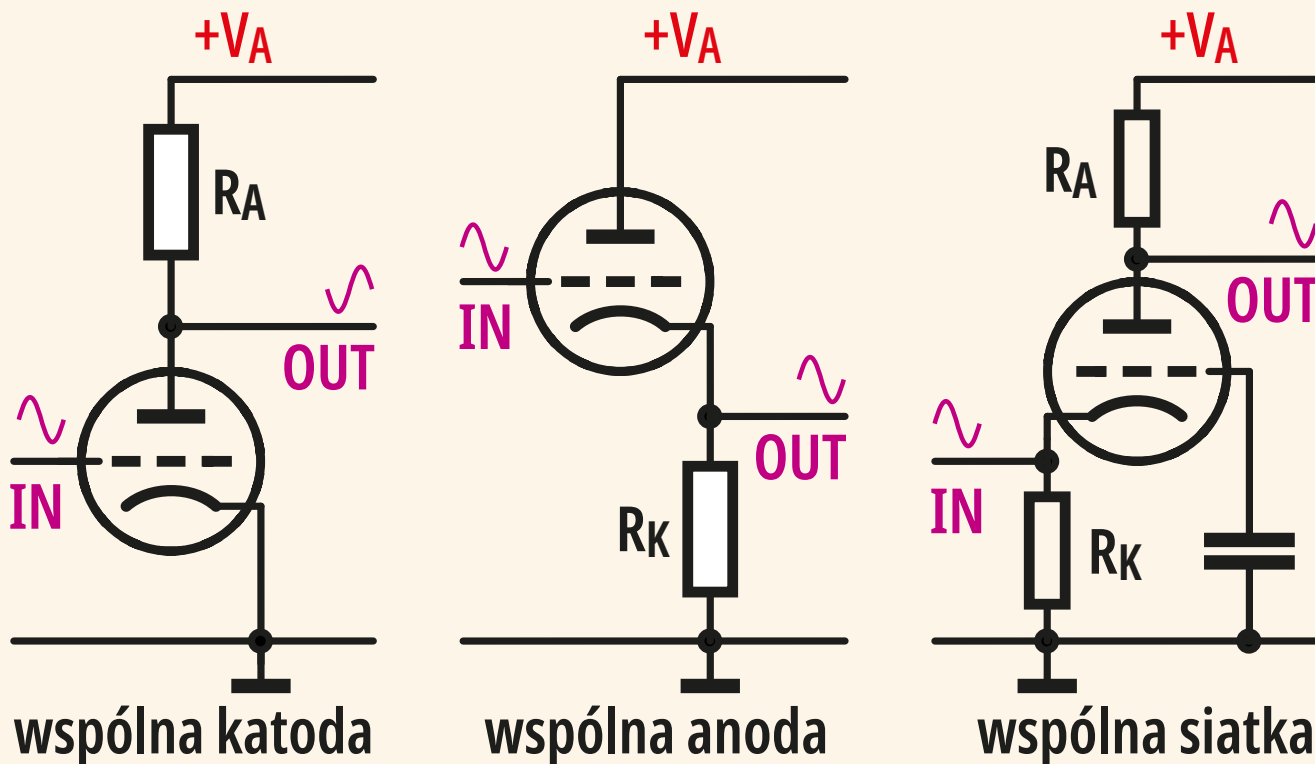
Rysunek 2

lowany konieczne jest wyrażenie zgody na wykonanie tej czynności („postawienie ptaszka” w *I agree to the license...*, jak pokazuje **rysunek 4**). Dość istotnym elementem jest wybór obsługiwanych mikrokontrolerów. Program instalacyjny zaproponuje wszystkie warianty. Nas jednak interesuje „obróbka” 8-bitowych mikrokontrolerów AVR (po-



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

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



Lampy elektronowe podstawowe konfiguracje

W artykule przedstawione są bardzo ważne informacje podstawowe, wprowadzające, niezbędne dla każdego, kto choć trochę interesuje się lampami. W przystępny sposób omówione są trzy podstawowe układy pracy triod, ich najważniejsze właściwości, w tym główne zalety i wady.

[Podstawowe układy pracy triod](#)
[Różne układy ze wspólną katodą](#)

[Różne układy ze wspólną anodą – wtórniki](#)

W poprzednich artykułach tej serii, która rozpoczęła się od artykułu [Lampy elektronowe – podstawowe informacje](#) o numerze E030, podałem podstawowe informacje na temat tych intrygujących elementów.

Poprzedni artykuł serii zatytułowany [Lampy elektronowe: od teorii do praktyki](#) o numerze E035 zawierał rozważania, pomagające zrozumieć, o co chodzi z tym „doborem punktu pracy” oraz jakie przy tym występują możliwości, problemy i ograniczenia.

W poprzednim numerze czasopisma projekt okładowy miał tytuł: [Uniwersalne stanowisko do testów](#)

[lamp – triod](#) i opisywał układ, który pozwala nie tylko zmierzyć parametry lamp, ale też zrealizować dowolne konfiguracje układowe z jedną lub dwiema triodami zawartymi w lampie ECC8x lub PCC8x.

W tym i w najbliższych dwóch artykułach omówię konfiguracje podstawowe z jedną triodą, często wykorzystywane w praktyce. Dodatkowo przedstawię pożyteczne, wręcz niezbędne informacje o pracy lampy w roli źródła prądowego, o pojemności Millera, rezystorze antyparazytowym, a także zajmiemy się ujemnym sprzężeniem zwrotnym.

Podstawowe układy pracy triod

Choć może to wyglądać na powtarzanie nudnej teorii, analizę lampowych konfiguracji układowych koniecznie trzeba zacząć od trzech podstawowych układów pracy triody, pokazanych w uproszczeniu na **rysunku 1**.

Bezapelacyjnie najważniejszy, podstawowy, najbardziej popularny i użyteczny jest **układ ze wspólną katodą**. Może on wzmacnić sygnał zmienny nawet kilkadziesiąt razy. Jego główną słabością jest duża rezystancja wyjściowa (ta kwestia była omawiana w jednym z wcześniejszych artykułów tej serii, o numerze **E033**). W rzeczywistości oznacza to, że wielkość sygnału wyjściowego, czyli w sumie wzmocnienie, może się znacząco zmieniać po dołączeniu do wyjścia jakiegoś obciążenia, czyli w praktyce następnego stopnia w torze audio.

Problemu tego właściwie nie ma w drugim popularnym **układzie ze wspólną anodą**, czyli we wtórniku (**wtórniku katodowym**), ponieważ tam rezystancja wyjściowa jest mała. Problem w tym, że wtórnik nie może wzmacniać sygnału – zawsze go nieco osłabia. Choć nie wzmacnia sygnału, jest dość często wykorzystywany, co zresztą dziwi wielu początkujących.

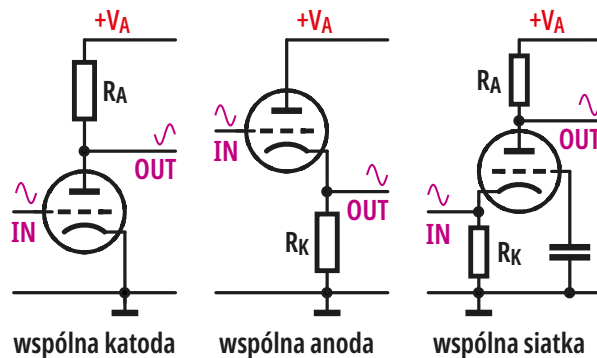
Bardzo rzadko wykorzystywany jest trzeci **układ ze wspólną siatką**. W czystej postaci stosowany jest tylko w układach wysokiej częstotliwości, które nas teraz nie interesują. Ma małą rezystancję wejściową, praktycznie równą rezystancji rezystora katodowego R_K , i znaczne wzmocnienie napięciowe, mniej więcej takie, jak układ ze wspólną katodą. W zastosowaniach audio układ ze wspólną siatką wchodzi w skład pewnych, niezbyt popularnych, konfiguracji dwulampowych (kaskoda i tak zwana katodyna).

Układy ze wspólną anodą i wspólną katodą mają dużą rezystancję wejściową, co jest istotną zaletą.

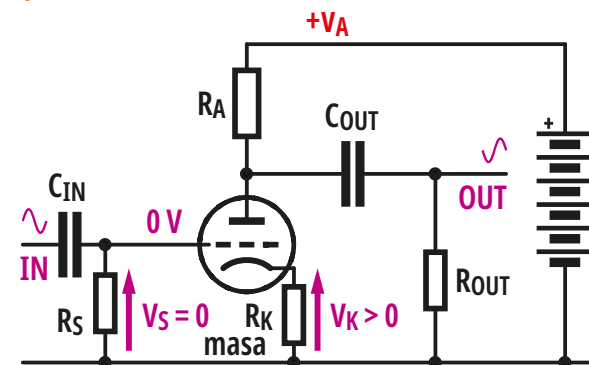
Różne układy ze wspólną katodą

W większości przedwzmacniaczy audio lampa (trioda) pracuje przy napięciu siatki ujemnym względem katody. Wartość prądu anodowego trzeba ustawić, regulując napięcie siatki (napięcie między siatką i katodą). Prowadzi to do oczywistego na pozór rozwiązania, według **rysunku 2**.

W praktyce takiego rozwiązania nie stosuje się w przedwzmacniaczach sygnałowych z lampami małej mocy, a jedynie we wzmacniaczach większej



Rysunek 1

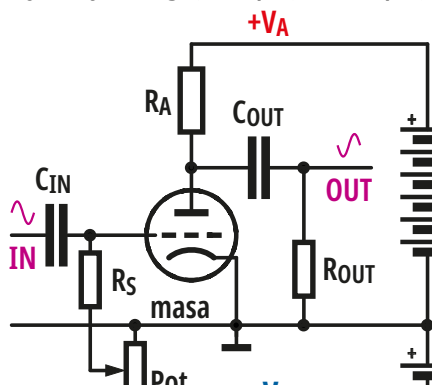


Rysunek 3

Jednak podczas różnych testów można wykorzystywać taką kanoniczną konfigurację z dodatkowym zasilaczem ujemnego napięcia i potencjometrem, ale tylko do eksperymentów, polegających na ustawianiu różnych punktów pracy i badaniu wpływu punktu pracy na dźwięk. Natomiast w finalnych układach stosujemy inne rozwiązanie.

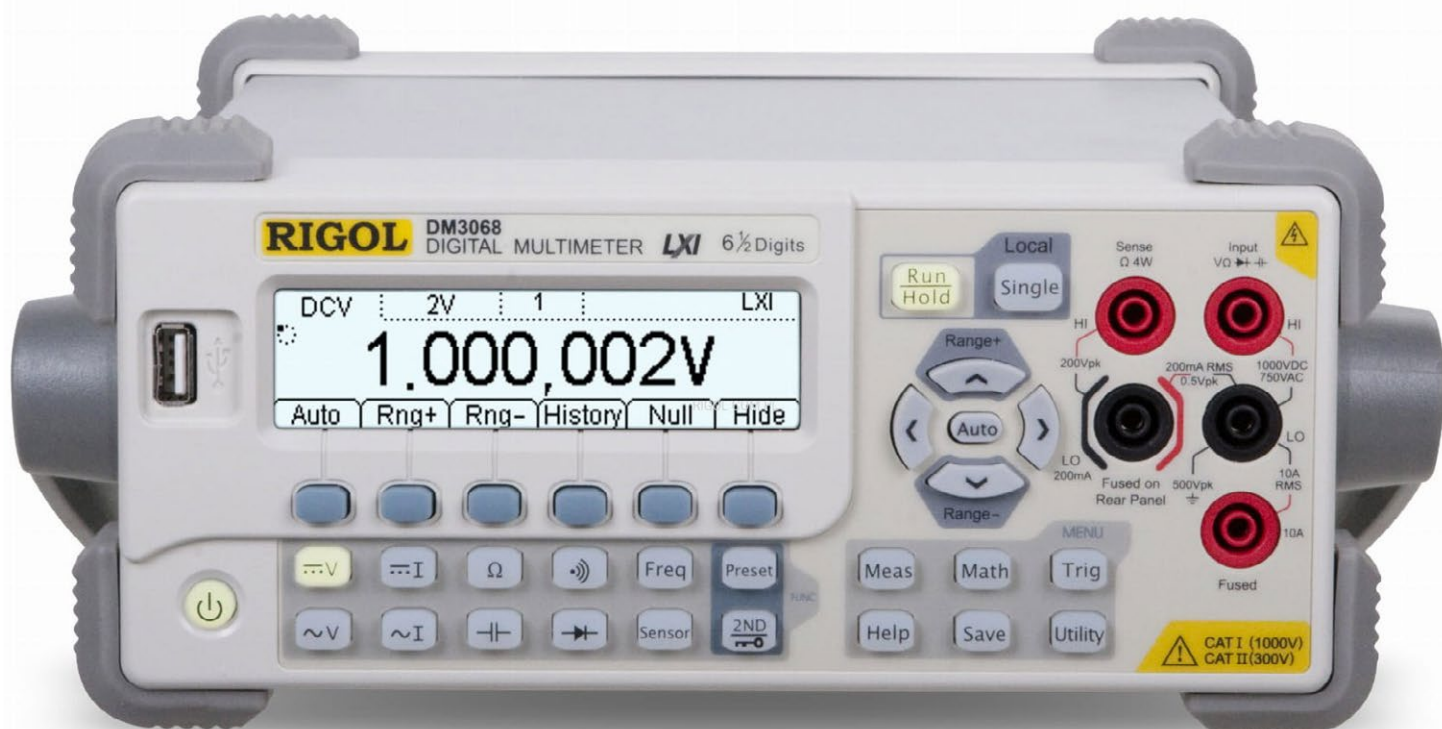
Otóż od dawna w przedwzmacniaczach powszechnie wykorzystuje się bardzo sprytny, prosty sposób polaryzacji siatki, często zwany **autopolaryzacją**. Ideę pokazuje **rysunek 3**. Dla uproszczenia przyjmujemy, że w obwodzie siatki nie płynie prąd (co nie jest do końca prawdą), więc nie ma spadku napięcia na rezystorze siatkowym R_S dołączonym do masy ($U = I_S \times R_S$). Siatka ma więc potencjał masy, czyli zero woltów. Natomiast przez lampę płynie jakiś prąd i ten prąd wywołuje na pomocniczym rezystorze katodowym spadek napięcia ($V_K = I_K \times R_K$). Napięcie siatki jest więc niższe od napięcia katody właśnie o ten spadek napięcia na rezystorze katodowym. Dobierając wartość rezystora R_K ustalamy wartość ujemnego napięcia siatki względem katody.

Ten sprytny sposób jest powszechnie stosowany, ale w najprostszej wersji ma duże wady. Otóż



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

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



Dokładne pomiary: różne negatywne czynniki

We wcześniejszych artykułach omówiłem problemy związane z czynnikami powtarzalnymi i odwracalnymi, a w ostatnim – najważniejsze kwestie nieprzewidywalne i nieodwracalne: szумы i stabilność parametrów w czasie. Poniżej omawiam kolejne aspekty przeprowadzania dokładnych pomiarów.

Zakłócenia zewnętrzne Shelf life, load life

We wcześniejszych artykułach omówiłem problem zmian cieplnych, ciśnienia atmosferycznego, wilgotności oraz napięć termicznych EMF. Ogólnie biorąc, wpływ zmian temperatury, ciśnienia i wilgotności na parametry elementów i urządzeń elektronicznych jest powtarzalny, przewidywalny i odwracalny. Wpływ tych czynników można w różny sposób minimalizować, korygować, kompensować, a finalnie likwidować niemal całkowicie. Nieprzekraczalne granice dokładności pomiarów i stabilności parametrów są wyznaczone przede wszystkim przez nieuniknione zmiany starzeniowe oraz przez nieuchronne szумы. Ale w grę wchodzi też inne

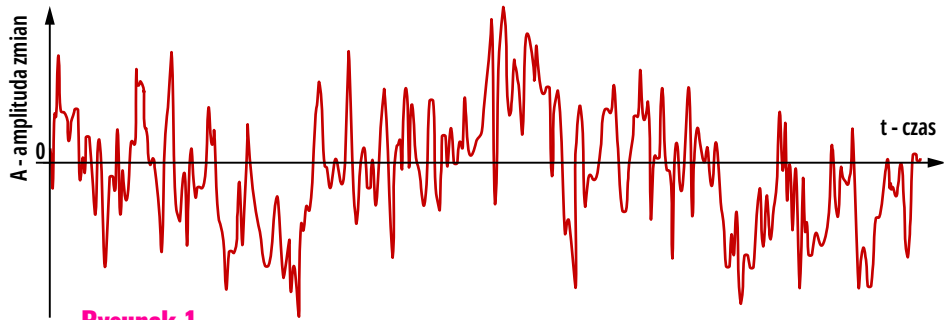
Praca ciągła czy przerywana? Stabilność długo- i krótkoterminowa

czynniki. W tym artykule krótko wspomnę o dużym problemie zakłóceń zewnętrznych, o szybkości starzenia oraz o stabilności krótko- i długoterminowej.

Zakłócenia zewnętrzne

Jednym z największych wrogów dokładnych pomiarów są nieuniknione szумы. Są to przede wszystkim nieuniknione szумы termiczne, a także inne rodzaje szumów, w większości związane z doskonałością, czy raczej z niedoskonałością elementów elektronicznych. Czyli źródłem tych szumów są elementy układu pomiarowego i moglibyśmy tu mówić o „szumach wewnętrznych”, „szumach własnych”.

Rysunek 1 pokazuje problem w sporym uproszczeniu – „szumy własne”, „szumy wewnętrzne” powodują, że miernik zachowuje się tak, jakby mierzona wartość (napięcia, rezystancji, prądu, itp.) w przypadkowy sposób zmieniała się w czasie.



Rysunek 1

I tych zmian absolutnie nie sposób przewidzieć.

Koniecznym jest też wspomnieć o problemie pokrewnym: o szumach zewnętrznych, czy raczej o zakłóceniach zewnętrznych. Otóż do układów elektronicznych dostają się rozmaite zakłócenia w postaci przebiegów zmiennych.

Zakłócenia małej częstotliwości przenoszą się przez pole elektryczne i przez pole magnetyczne, a zakłócenia wysokiej częstotliwości także przez pole elektromagnetyczne, i to na duże odległości.

To bardzo szeroki temat, ale najprościej biorąc, poszczególne składniki układów działają jak różnego rodzaju anteny odbiorcze. Znamy sposoby ochrony przed szkodliwymi polami zewnętrznymi, jednak eliminacja wpływu pól, zwłaszcza magnetycznych 50 Hz wcale nie jest taka łatwa, a proste ekranowanie nie rozwiązuje problemu do końca.

Do tego dochodzą zakłócenia przedostające się z zewnątrz przez wejścia przyrządów pomiarowych. Są to przede wszystkim przebiegi zmienne o różnych częstotliwościach, a często krótkie impulsy – szpilki. Nie zawsze takie zewnętrzne zakłócenia można odpowiednio zminimalizować. Co ciekawe takie przebiegi *zmiennie* mogą spowodować znaczące błędy także przy pomiarach napięć *stałych*!

Rysunek 2 (na podstawie rys. Yves-Laurent Allart CC BY-SA 3,0) pokazuje przykład napięcia stałego na wejściu przyrządu. Na „czyste” napięcie stałe nałożony jest tu przydźwięk sieci energetycznej oraz różne „szumy wewnętrzne”.

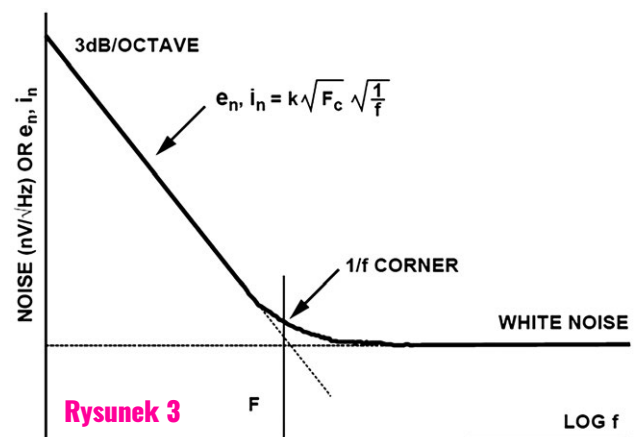
Wbrew pozorom, usunięcie szumów „wewnętrznych” i zewnętrznych przez ich filtrowanie wcale nie jest takie proste, jak się wydaje. Głównie z uwagi na tak zwane szumy 1/f, których amplituda maleje 3 dB/oktawę – **rysunek 3**. Składowych szumów o charakterystyce 1/f nie da się odfiltrować całkowicie.

Problemem jest też przydźwięk sieci. Dla zmniejszenia błędów związanych z przebiegami sieci energetycznej, w lepszych mier-

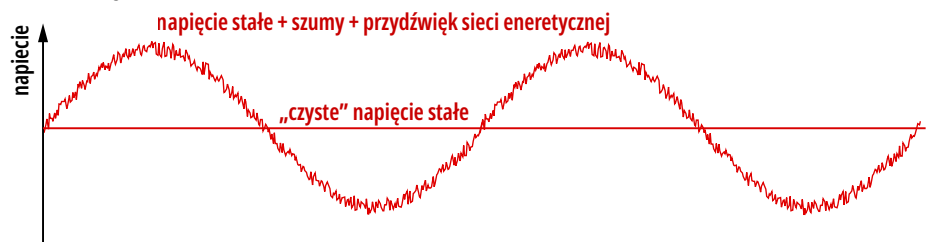
A jeszcze większym problemem może być prostowanie takich zakłócających przebiegów zmiennych, głównie w.c.z., na wszelkich nieliniowościach w układach wejściowych, co zmienia poziomy napięć stałych. Podkreślam, że celowo używam określenia „prostowanie”, ale wcale nie musi to następować wskutek działania klasycznych diod prostowniczych. Zmiany napięć stałych mogą występować w obecności sygnałów zmiennych właśnie wskutek nieliniowości charakterystyki przenoszenia – to kolejny niełatwy temat.

I jeszcze raz przypominam o napięciach termicznych (thermal EMF) – o napięciach stałych, wytwarzanych przez przypadkowo tworzące się w systemie termopary. Wielkość tych napięć termicznych może być różna w kolejnych pomiarach, jeżeli wykorzystane były inne przewody pomiarowe i inne były różnice temperatur elementów systemu.

W każdym razie właśnie rozmaite wpływy i zakłócenia zewnętrzne mogą być przyczyną „niewytłumaczalnych” błędów pomiarowych. A teraz wracamy do bardzo istotnego problemu starzenia.



Rysunek 3



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

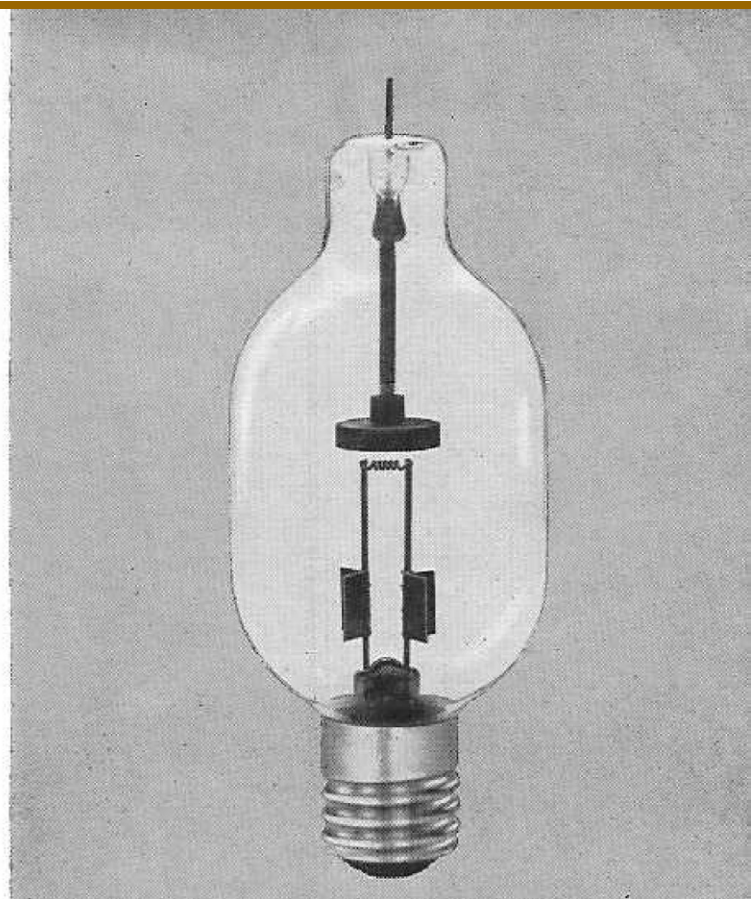
W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.

G - E TUNGAR BULB

CAT. NO. 99X45

Tungar bulb, Catalog 99X45, is a half-wave rectifier, designed for high current at low voltages. It is particularly well adapted for use in battery boosters where two bulbs will give a charging rate of 40 amperes. The discharge medium is mercury-vapor and argon gas.

| | |
|--|-----|
| Maximum peak inverse voltage (half-wave circuit) volts | 110 |
| Maximum anode current: | |
| Average amperes | 20 |
| Instantaneous (peak) amperes, recurrent..... | 120 |
| Maximum d-c output, average volts | 25 |
| Maximum base temperature, degrees C..... | 160 |



Historia zasilania – Prostowniki „radiowe”

Historia elektrotechniki i elektroniki zaczęła się od stosu Volty, czyli od baterii jednorazowego użytku. Później upowszechniły się akumulatory, które trzeba było ładować – potrzebne stały się ładowarki akumulatorów. Z biegiem czasu okazało się, że jeszcze bardziej potrzebne są eliminatory baterii, czyli zasilacze.

Prostowniki przekąźnikowe – wibratory

Gazotrony

Początki elektroniki słusznie można łączyć z powstaniem i upowszechnieniem się radiofonii. A w odbiornikach fal radiowych z modulacją amplitudy (AM) potrzebny był jakiś element prostowniczy, który służył jako detektor.

Za detektor fal radiowych można też uznać tzw. koherer, ale nie był to prostownik. Radiowe detektory prostownikowe, będące prymitywnymi diodami półprzewodnikowymi, pojawiły się na przełomie XIX i XX wieku – omówiłem w artykule [Ultrakrótką historia elektroniki – historia półprzewodników](#), zamieszczonym w kwietniowym numerze czasopisma z roku 2023.

Tyratrony

Próżniowa lampa elektronowa – dioda, wynaleziona w roku 1904 roku przez A. Fleminga, miała być właśnie detektorem radiowym. Detektorem o stabilnych parametrach, lepszych niż ówczesne bardzo kapryśne detektory półprzewodnikowe.

Także audion, czyli dzisiejsza trioda, miał być lampą gazowaną, a nie próżniową – detektorem radiowym o zwiększonej czułości. Czyli pierwotnie trioda miała być „gazowanym prostownikiem o dużej czułości”. Do prostowników gazowanych wrócimy. To wszystko są fascynujące wątki, ale w tym cyklu omawiamy kwestie zasilania – także odbiorników radiowych.

Paradoksalnie **wczesne radioodbiorniki w ogóle nie potrzebowały zasilania**, bowiem były to tak zwane odbiorniki detektorowe, gdzie energia poruszająca membrany słuchawek pochodziła z energii odbieranych fal radiowych. **Fotografia 1** (Wojciech Pysz CC BY-SA 3,0) pokazuje dwa ujęcia polskiego odbiornika detektorowego Detefon.

Schemat znajduje się na **rysunku 2** – jak widać, jest tu detektor, czyli prostownik, ale prostownik bardzo małych sygnałów elektrycznych.

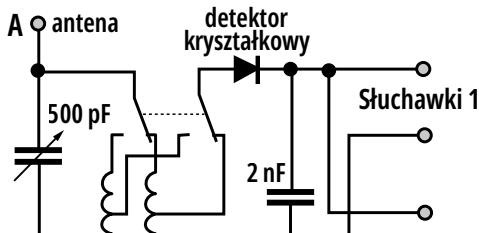
Źródło zasilania potrzebne było w konstruowanych nieco później radioodbiornikach zawierających energożerne lampy elektronowe (w tym próżniowe triody). Wielu młodszym Czytelnikom może się wydawać, że musiały być to odbiorniki zasilane z sieci energetycznej, a nie z baterii!

Otóż nie! Radiofonia zaczęła się upowszechniać zaraz po Wielkiej Wojnie, czyli od początków lat 20. XX wieku. A wtedy tylko nieliczne miasta były zelektryfikowane. W Polsce powszechna elektryfikacja została dokonana dopiero po II Wojnie Światowej i trwała do lat 60.

Większość pierwszych lampowych radioodbiorników była zasilana z baterii lub akumulatorów. Dobitym dowodem i pamiątką po tych czasach jest napięcie żarzenia lamp elektronowych: 6,3 V albo 12,6 V, bowiem powszechnie źródłem napięcia żarzenia były wtedy akumulatory kwasowe o napięciu nominalnym 2,1 wolta na ogniwo (cełę).

Takie archaiczne bateryjne radioodbiorniki wymagały dwóch baterii: jednej do żarzenia, czasem właśnie 6,3 lub 12,6 V, ale częściej 2 V lub 1,4 V oraz drugiej baterii anodowej o napięciu co najmniej 90 V, często 120 V lub więcej.

Sprawa jest dość skomplikowana, bo w roli baterii anodowej wykorzystywano baterie jednorazowe, tzw. suche – przykład 90-woltowej jednorazowej baterii B i jej wnętrza znajdziesz na **fotografii 3** (tony duell CC BY-SA 2,0). Wtedy prostowniki nie były potrzebne. Inaczej było z bateriami do żarzenia lamp. Tu pobór prądu był wielokrotnie większy. Oprócz jednorazowych baterii suchych, często wykorzystywano tzw. baterie mokre. A konkretnie akumulatory kwasowe.



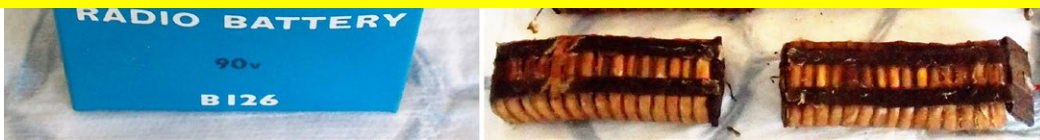
Fotografia 1

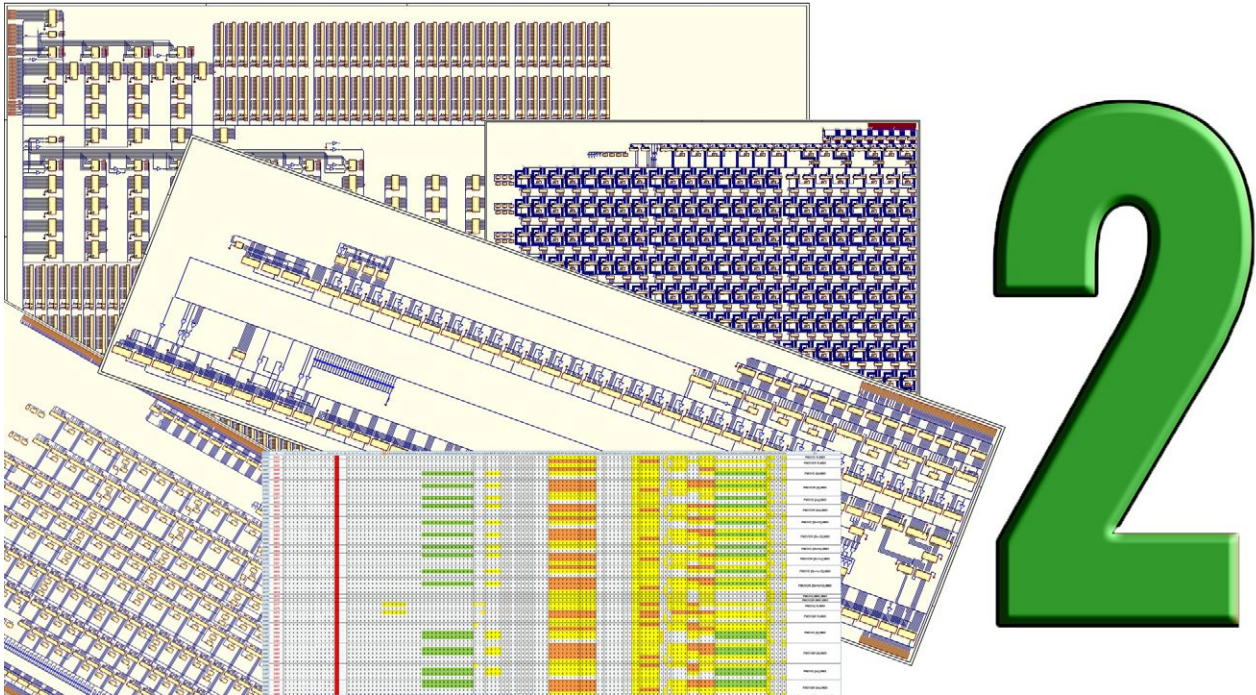
A te trzeba było ładować – potrzebne były prostowniki o odpowiednio dużym prądzie pracy.

Radiofonia rozwijała się od lat 20. XX wieku i równolegle, ale w bardzo różnym tempie postępowała elektryfikacja poszczególnych krajów. Dlatego przez kilkadziesiąt lat produkowane były lampowe radioodbiorniki z zasilaniem bateryjnym, z zasilaniem sieciowym, a także tak zwane uniwersalne.



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





Komputer na układach TTL, czyli znów wszystko na jedną kartę...

Artykuł przybliży bardzo ogólnie architekturę komputera. Można się z niego dowiedzieć o podstawowych blokach funkcjonalnych wchodzących w skład jego procesora, jak również o podstawowych informacjach dla programisty, które będą kontynuowane w kolejnych częściach cyklu.

[Od czego by tu zacząć...](#)

[Skrócony opis podstawowych bloków funkcjonalnych procesora](#)

[32-bitowe instrukcje stałoprzecinkowe](#)

[Kolejność bajtów](#)

[Dostępne rejestry 32-bitowe dla programisty](#)

Od czego by tu zacząć...

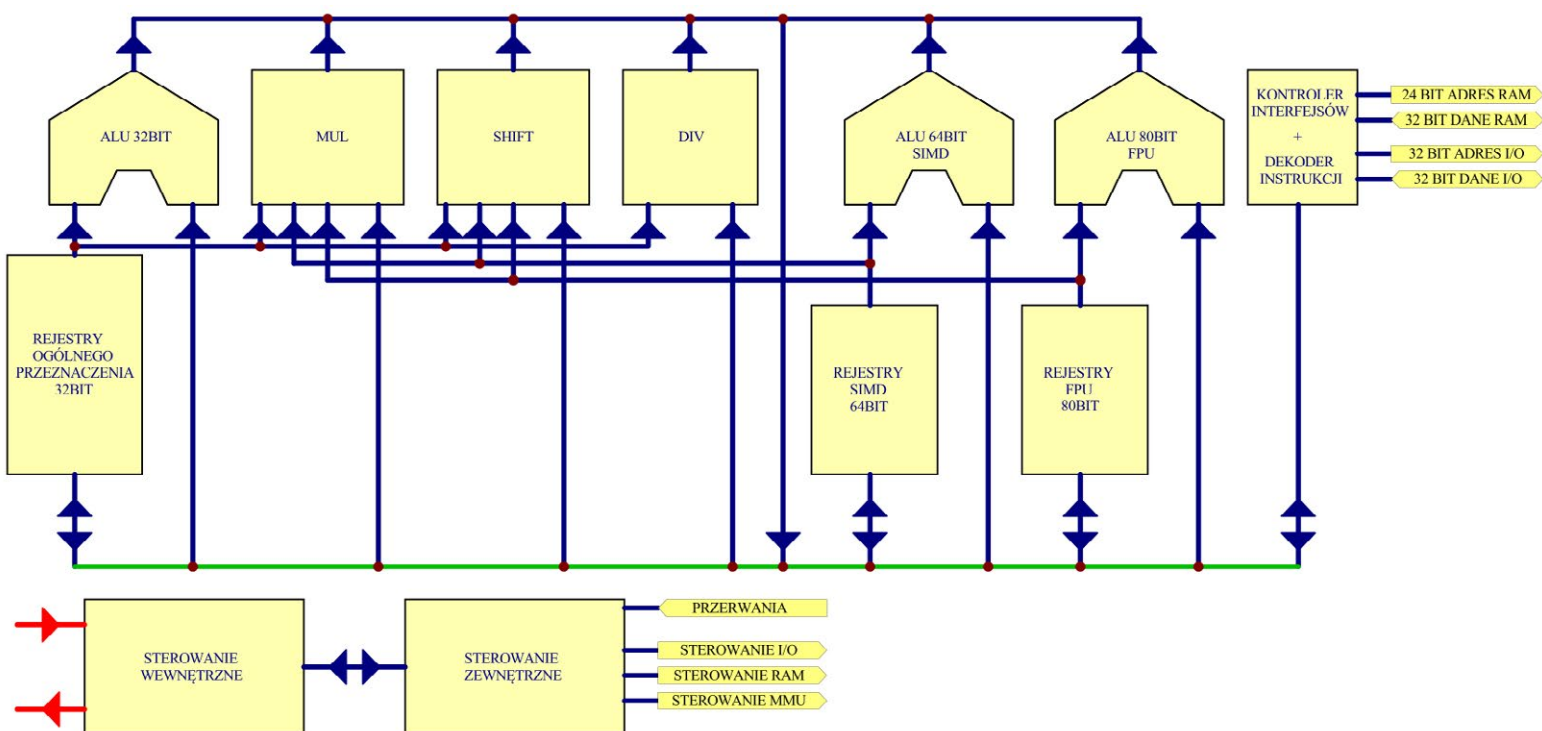
Pisząc kolejną część długo się zastanawiałem, od czego by zacząć, bo słowo „obszerność” na tym tle wypada troszkę blade, niestety. Hmm... Zacznę więc od procesora tego komputera, jak-by na to nie spojrzeć, od najważniejszej jednostki, modułu w komputerze. Procesor, który jeszcze cały czas projektuję nazwałem **KYRON** – ma to związek z filmem fantastycznym *Kosiarz umysłów*, który w młodzińskich latach bardzo mi się podobał. **Rysunek 1** przedstawia bardzo, ale to bardzo uproszczony schemat blokowy.

Jest to 32-bitowy procesor z możliwością wykonywania 64-bitowych instrukcji SIMD oraz 80-bitowych instrukcji zmiennoprzecinkowych o rozszerzonej precyzji.

Skrócony opis podstawowych bloków funkcjonalnych procesora

Od razu zaznaczam, że w poniższym tekście jest podana bardzo ogólna wiedza, mająca tylko stworzyć zarys zagadnień tutaj poruszanych. Wszystko będzie szczegółowo wyjaśniane w kolejnych odcinkach tego cyklu.

Rejestry ogólnego przeznaczenia 32BIT – są to rejestry przede wszystkim wykorzystywane przez 32-bitowe instrukcje stałoprzecinkowe. W ich skład wchodzi: osiem rejestrów danych **D0...D7**, osiem rejestrów adresowych **A0...A7**, dwa rejestry stosu **SPU, SPS**, cztery rejestry segmentowe **CS, DS, SS i ES**, rejestr flag **F** – na razie, jako jedyny z tego zestawu jest ośmiobitowy.



Rysunek 1

ALU 32BIT – jest to jednostka wykonawcza dla instrukcji stałoprzecinkowych. Podstawowe jej funkcje to operacje logiczne i arytmetyczne. Posiada też funkcje specjalne wspomagające: instrukcje transferu danych, instrukcje wykonywane na bitach, instrukcje operujące na łańcuchach danych, instrukcje skoków, instrukcje operujące na rejestrze znaczników.

MUL – jest to jednostka sprzętowego mnożenia. Mnożarka ta ma organizację 64×64. Jest to propagacyjny macierzowy moduł mnożenia, operujący na liczbach bez znaku lub ze znakiem. Moduł ten wspomaga wszystkie rodzaje operacji – od operacji stałoprzecinkowych poprzez SIMD (możliwość pracy w trybie równoległym 4×16 oraz sumowanie wyników w tym trybie), a na FPU kończąc (mnożenie mantys 64 bitowych).

SHIFT – jest to jednostka służąca do sprzętowych przesunięć i rotacji bitów. Podobnie jak mnożarka jest to jednostka typowo kombinacyjna. Posiada wszystkie tryby operacji na bitach, stosowane we współczesnych procesorach. Podobnie jak poprzedni moduł – wspomaga wszystkie rodzaje operacji. Od operacji stałoprzecinkowych poprzez SIMD (możliwość równoległego przesuwania kilku rodzajów danych jednocześnie), a na FPU kończąc (normalizacja wyników, wspomaganie konwersji najróżniejszych forma-

DIV – jest to jednostka sprzętowego dzielenia wykorzystywana tylko i wyłącznie w operacjach stałoprzecinkowych. Również jest to propagacyjny moduł. Podobnie jak mnożarka operuje na liczbach bez znaku i ze znakiem. Wynikiem działania tego modułu jest iloraz oraz reszta z dzielenia.

Rejestry SIMD 64BIT – są to rejestry przede wszystkim wykorzystywane przez 64-bitowe instrukcje SIMD (wiele niezależnych strumieni danych na pojedynczym rozkazie). W ich skład wchodzi:

Osiem rejestrów danych **MM0...MM7**

ALU 64BIT – jest to jednostka wykonawcza dla instrukcji SIMD. Podstawowe jej funkcje to operacje logiczne i arytmetyczne. Posiada też funkcje specjalne wspomagające: instrukcje transferu danych, instrukcje konwersji danych oraz instrukcje porównywania danych.

Rejestry FPU 80BIT – są to rejestry przede wszystkim wykorzystywane przez 80-bitowe instrukcje zmiennoprzecinkowe. W ich skład wchodzi:

osiem rejestrów danych **ST0...ST7**,

rejestr Flag FPU **RF** – ośmiobitowy,

rejestr kontrolny **RC** – ośmiobitowy.

ALU 80BIT – jest to jednostka wykonawcza dla instrukcji zmiennoprzecinkowych, operująca na formacie rozszerzonej precyzji. Jest to najbardziej skomplikowany moduł wykonawczy w tym procesorze. Podstawowe jej funkcje to operacje arytmetyczne, ładowanie stałych, porównywanie liczb, konwersji danych. Ma też funkcje specjalne

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

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

ZROZUMIEĆ **E**LEKTRONIKĘ z Piotrem Góreckim

ZE 9/2024

piotr-gorecki.pl



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

Redaktor Naczelny: Piotr Górecki

e-mail: kontakt@piotr-gorecki.pl

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.