

ZROZUMIEĆ ELEKTRONIKĘ z Piotrem Góreckim

6/2026 Czerwiec (42)

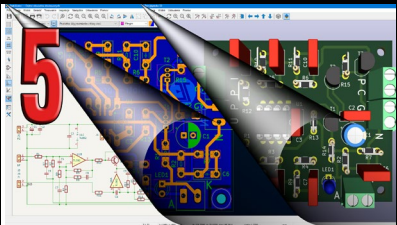
piotr-gorecki.pl

Uwaga – to jest egzemplarz demonstracyjny (niepełny). Pełna wersja ma 88 stron. Jeśli chcesz nabyć pełne wersje dowolnych numerów ZE, zajrzyj na stronę: Poprzednie numery czasopisma




Eksperymentalny bateryjny zasilacz czterokwadrantowy

- Elementy nieomowe. Czy dioda ma rezystancję? • Lampowe konfiguracje SRPP i mu follower
- Specyfika akumulatorów litowych • Jak działa smartfon? 5G – czy to jeszcze telefonia?
- Historia naprawy latarki Fenix UC30 • Dopasowanie szumowe – zarys trudnego zagadnienia
- Komunikacja przez sieć • Projektowanie płytek drukowanych za pomocą KiCad



Zawartość numeru 6/2026

- 16**  **Eksperymentalny baterijny zasilacz czterokwadrantowy**
Klasyczny zasilacz jest jednokwadrantowy. Zasilacz czterokwadrantowy może dostarczać napięcie o dowolnej biegunowości (dodatnie albo ujemne), a co ważne, nie tylko dostarczać, ale też pobierać energię, czyli może służyć jako aktywne obciążenie. Może też pracować jako zasilacz napięcia zmiennego!

- 3** Słowo wstępne – czerwiec

- 4** Nasze wspólne czasopismo – listy Czytelników


- 8** Łamigłówki elektroniczne Czerwiec 2026

- 10** Rozwiązania Łamigłówek Kwiecień 2026

- 23**  Komunikacja przez sieć


- 28**  Historia naprawy latarki Fenix UC30

- 31**  Mikroprocesorowa ośła łączka, część 25

- 40**  Wspólnie projektujemy: Przystawka do karty audio

- 44**  Wspólnie projektujemy: Zasilacz bipolarny

- 49**  Elementy nieomowe. Czy dioda ma rezystancję?

- 57**  Specyfika akumulatorów litowych

- 64**  Jak działa smartfon? 5G – czy to jeszcze telefonia?

- 70**  Lampowe konfiguracje SRPP i mu follower (3)

- 76**  Dopasowanie szumowe – zarys trudnego zagadnienia

- 82**  Projektowanie płytek drukowanych za pomocą KiCad (5)

ZROZUMIEĆ **E**LEKTRONIKĘ z Piotrem Góreckim



Słowo wstępne – czerwiec

Witam!

W tym numerze na okładce mamy niepozorny zasilacz o intrygującej nazwie. Po pierwsze zachęcam nie tylko do zapoznania się z tym projektem, ale też do analizy rozwiązania zadania z cyklu Wspólnie projektujemy, dotyczącego zasilaczy bipolarnych. To nie są wydumane ciekawostki, tylko przyrządy, które mogą znakomicie ułatwić realizację licznych zadań. Atutem jest nie tylko możliwość pracy „czterokwadrantowej”, ale też zasilanie bateryjne, pożądane, a czasem wręcz niezbędne.

Nie przegap artykułu dotyczącego komunikacji przez sieć. To dziś bardzo ważna sprawa i warto gromadzić wiedzę na ten temat. Oczywiście polecam też odcinek Mikroprocesorowej Oślej Łączki!

Z trudniejszych, a w sumie najtrudniejszych tematów, polecam kolejny artykuł o dopasowaniu.

Podjęmę w nim próbę jak najprostszego przedstawienia zarysu problemu dopasowania szumowego, który dotyczy i techniki w.cz., i audio.

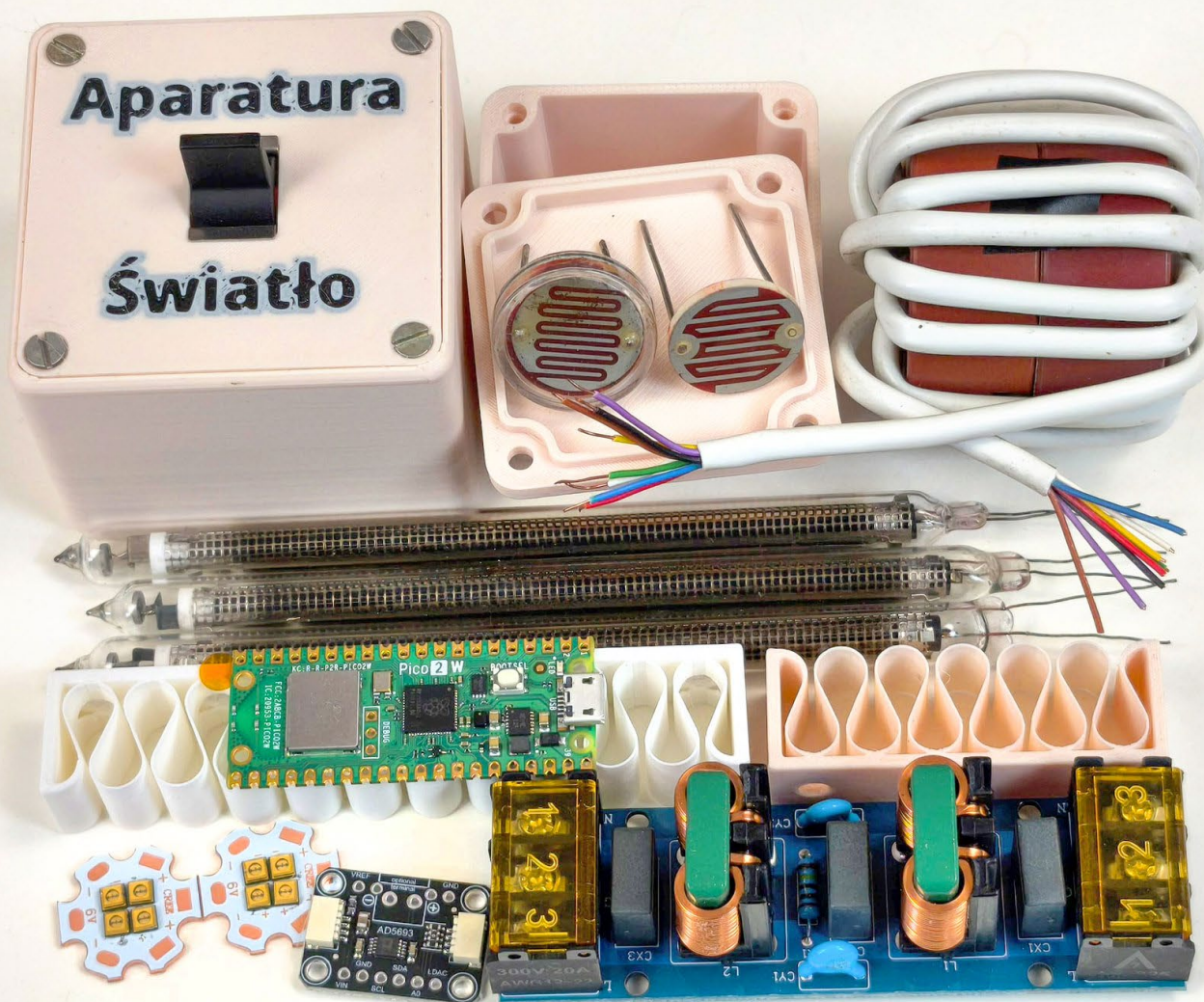
Nie przegap artykułu o specyfice akumulatorów litowych. To są bardzo ważne informacje, uzasadniające potrzebę stosowania BMS-ów i balanserów. Polecam artykuł o telefonii 5G.

Także i Ciebie zachęcam do zainteresowania się nowym zadaniem, dotyczącym rozmaitych przystawek do komputerowych kart dźwiękowych. To temat, którym możemy się zająć wspólnie.

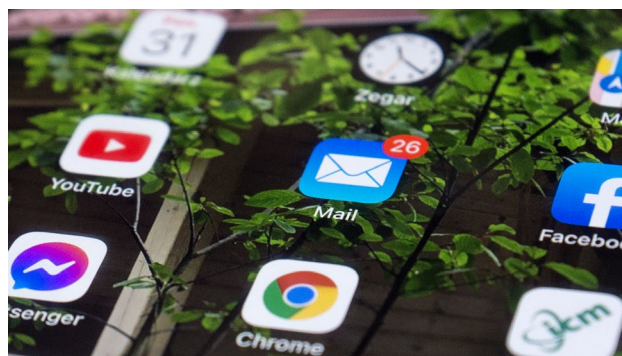
W cyklu o fundamentach polecam artykuł z pytaniem w tytule: czy dioda ma rezystancję? Odpowiedź, dotycząca elementów nieomowych, wcale nie jest tak oczywista, jak mogłoby się wydawać.

Pozdrawiam serdecznie

Piotr Górecki



Nasze wspólne czasopismo – listy Czytelników



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

Poniżej fragmenty ostatnio nadesłanych listów.

*Dzień dobry,
kilka dni temu trafiłem na Pana Kanał na Youtube. Ponad 20 lat temu również podjąłem próbę budowy własnej diody LED. Niestety próba wytworzenia węglika krzemu mi się nie powiodła i budowa zakończyła się fiaskiem. W warunkach domowych prowadzę eksperymenty nad wytwarzaniem własnych półprzewodników. Jeśli uda mi się zbudować własną diodę LED, na pewno się pochwalę tym dokonaniem.*

Jestem natomiast zainteresowany schematem prostego zasilacza tego z kilkunastoma tranzystorami. Chętnie bym go zbudował i popracował nad jego udoskonaleniem.

Przemysław Janczak

Odpisałem, że w kwestii LED proponuję wykorzystać zielone kryształki SiC stosowane w materiałach ściernych. I że mogę podesłać trochę tych, które posiadam.

Własne półprzewodniki to fascynujący temat! Ja na pewno nie dam rady wytworzyć domieszkowanego krzemu, ale temat bardzo mnie interesuje. Aktualnie na warsztacie mam tranzystory polowe z siarczkiem kadmu (CdS), które są widoczne na stole w moich ostatnich filmach. Wstępne próby wypadły pomyślnie, tylko mam za mało czasu, żeby to teraz dokładniej zbadać.

Ale pracuję nad tematem elementów własnej roboty, bo potrzebne mi są do artykułów i filmów o elementach półprzewodnikowych. Po diodzie LED planuję realizację „zwykłych diod”, głównie na bazie galeny. A potem właśnie tranzystory. Napisałem, że serdecznie zapraszam do współpracy i do przedstawienia własnych osiągnięć. Bardzo bym się cieszył,

gdyby dołączyli jeszcze inni chętni i zaprezentowali wyniki swoich eksperymentów. Zapraszam!

Zasilacze. Jak wielokrotnie pisałem, dziś samodzielna budowa typowego zasilacza warsztatowego czy laboratoryjnego absolutnie nie ma ekonomicznego sensu – wielokrotnie taniej wyjdzie zakup Korada KA3005DS czy KA3005PS.

Budowa zasilacza ma sens tylko wtedy, gdy albo chcemy się uczyć i poznawać praktyczne aspekty elektroniki, albo gdy potrzebny jest nam zasilacz nietypowy, jakiego na rynku trudno znaleźć.

Na wstępie cyklu o zasilaczu z LM317 pisałem, że cały ten cykl ma charakter wyłącznie edukacyjny, że celem nie jest realizacja użytecznego i „sensownego ekonomicznie” zasilacza, tylko właśnie nauka i eksperymenty. Podkreślam jeszcze raz, że stara kostka LM317 jest za słaba, jak na użyteczny zasilacz warsztatowy i ma liczne ograniczenia, co pokazałem w artykułach. Cykl spełnił takie zadanie, bo pokazał wszystkie problemy związane z budową porządnego zasilacza i zachęcił do dalszych eksperymentów. Jak już pisałem, było to przygotowanie do kolejnego kroku – do realizacji uniwersalnego modułu stabilizatora.

Powstały już dwa artykuły na ten temat. Mam eksperymentalną wersję schematu oraz płytki próbne. Na razie udostępniłem je tylko kilku osobom, ale niedługo planuję film i publikację artykułów z zachętą do kolejnych eksperymentów i do dalszej nauki. Spróbujemy stworzyć i zbadać naprawdę uniwersalny moduł stabilizatora o bardzo szerokim zakresie napięć i prądów wyjściowych.

Na razie jest to projekt typowo eksperymentalny i trzeba go dopracować, ulepszyć i sprawdzić. I właśnie do tego w najbliższym czasie zaproszę bardziej zaawansowanych elektroników, którzy interesują się zasilaczami.

Szanowny Panie Piotrze,
z dużym uznaniem śledzę Pańską działalność popularyzatorską oraz publikacje z zakresu elektroniki. Dla wielu osób jest Pan autorytetem i jednym z najważniejszych popularyzatorów tej dziedziny w Polsce.

Zauważyłem, że czasopismo „Zrozumieć Elektronikę” ukazuje się w formie plików PDF, a na stronie dostępne są również wcześniejsze numery.

Chciałbym uprzejmie zapytać, czy istnieje możliwość zakupu bezpośrednio u Pana kompletu wszystkich dotychczas wydanych numerów „Zrozumieć Elektronikę” w pełnej wersji PDF. Jeżeli taka opcja jest dostępna, byłbym wdzięczny za informację:

- jaka byłaby cena za komplet?
 - w jaki sposób przebiega realizacja zamówienia?
 - czy możliwe jest wystawienie faktury VAT na firmę?
- Zależy mi na legalnym dostępie do pełnego archiwum i wsparciu wartościowej inicjatywy edukacyjnej.
Z góry dziękuję za informację i poświęcony czas.

Z wyrazami szacunku
Michał

Podziękowałem za miłe słowa, które są dla mnie wsparciem w bardzo wyłożonej pracy przy artykułach i filmach. Jeżeli chodzi o pytania: tak, mogę wystawić fakturę VAT. Do tej pory wydałem 41 numerów czasopisma (plus gratisowy numer zerowy 12/2022). Podobnie jak pierwszy próg Patronite, cena bieżącego numeru w sklepie Botland to 15 zł.

Przypominam, że pojedyncze wcześniejsze numery czasopisma można kupić w sklepie Botland:
<https://link.botland.com.pl/zrozumiec-elektronike>.

Ja nie mam czasu, żeby zajmować się wysyłką pojedynczych numerów ZE, ale w przypadku zainteresowania pełnymi rocznikami lub wszystkimi numerami, mogę wysłać PDF-y przy wpłacie na moje konto i wystawić fakturę VAT.

Ten e-mail pokazuje, że nie jestem dobrym biznesmenem i nie wykorzystuję wszystkich możliwości dotarcia do firm. Dlatego dopiero teraz informuję:

Mogę też zaproponować coś w rodzaju nietypowej **prenumeraty dla firm**: po wpłacie na konto mogę wystawić fakturę VAT, a potem przez opłacony okres wysłać kolejne numery czasopisma.

Podobnie jak w Patronite są wyższe progi, podobnie w takiej prenumeracie dla (bogatszych) firm zachęcam do wybrania „wyższego progu”, co będzie dla mnie dodatkowym wsparciem. Na przykład jeżeli w firmie z czasopisma będzie korzystać więcej niż jedna osoba, to mile byłoby to uwzględnić w wysokości wsparcia. Oczywiście zawsze szczegóły można ustalić e-mailem.

Zapraszam więc wszystkich Szefów do prenumeraty firmowej! A Pracowników zachęcam do zgłoszenia Szefom takiej możliwości! I wszystkim dziękuję za zainteresowanie moją pracą!

Proszę zobaczyć, jaki fantastyczny materiał edukacyjny, nakręcony 80 lat temu (!!!) znalazłem:

<https://youtu.be/JHSPRcRgmOw?is=6r9ZzMxUzhIxVx3B>.

Kwestie dopasowania i impedancji linii tłumaczą w nim niemal równie przystępnie, jak robi to pan.

Pozdrawiam!!!

Szymon Burian

Dobry wieczór,

czytając wstępną wersję ZE 5/2026 strona 69, o rezystorze RDCO o mocy 8 watów, który pod wpływem wysokiej temperatury sam się wylutował, przypomniałem sobie o rezystorach dużej mocy stosowanych w danych odbiornikach TV. Miały one „bezpiecznik”, który pod wpływem wysokiej temperatury ulegał rozlutowaniu, co powodowało rozwarcie obwodu i zapobiegało dalszym uszkodzeniom.

W linku poniżej z elektroda.pl są nieliczne zdjęcia tego rodzaju rezystorów jakie udało mi się odnaleźć w internecie. Dziś już mało kto pamięta, że kiedyś były takie rezystory. Artykuł o rezystorach jest w zasadzie gotowy i nie wiem czy warto go uzupełnić o taką ciekawostkę.

<https://www.elektroda.pl/rtvforum/topic4115460.html>

Pozdrawiam

Krzysztof Kawa

Oprócz takich starych rezystorów z zabezpieczeniem topikowym, nadal dostępne są odmiany rezystorów bezpiecznikowych (*fusible resistors*), dla których producent gwarantuje, że przy określonym przeciążeniu ulegną one rozwarciu.

Dzień dobry,

chciałem przetestować obwody wejściowe f-metera, ale nie wiem, jak zbudować generator 2...4 GHz. Mam KF, ale max. to niecałe 900 MHz.

Pozdrawiam

Sławomir Skrzyński

Odpisałem, że generator można zbudować, choćby na diodzie tunelowej, tylko tak czy inaczej, trzeba też mieć inny, wiarygodny częstotściomierz o takim zakresie pomiarowym, żeby sprawdzić wskazania.

Bez takiego „wzorcowego” częstotściomierza cała zabawa ma niewielki sens.

A swoją drogą, realizacja generatora o częstotliwości 2000 MHz nie jest taka prosta, jak może się wydawać tym elektronikom, którzy nie mieli do czynienia z mikrofalami. 2000 MHz to nie tylko cyferki,

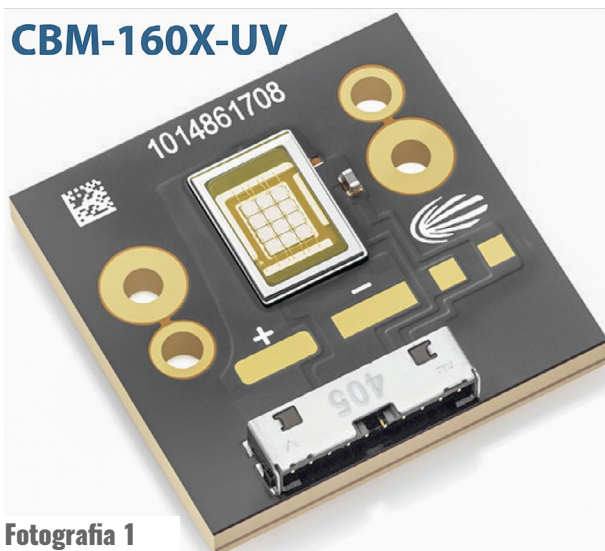
ale wkroczenie w specyficzny świat mikrofal, gdzie obowiązują reguły zupełnie niezbrane większości „zwykłych” elektroników. A co do diod tunelowych: mam spory zapas diod tunelowych 3I101B (3I101B) i w pierwszej kolejności bezpłatnie udostępniłem je Patronom z progów 25zł+. Pozostali moi Patroni też otrzymali informacje o możliwości ich pozyskania.

Dzień dobry,

pojawiają się już takie cudenka (**fotografia 1**). Najpierw myślałem, że chodzi o mW, ale to nie pomyłka. Cena też ciekawa. <https://www.mouser.pl/ProductDetail/Luminus-Devices/CBM-160X-UV-Y32-Q365-22?qs=olJun-0bQHM%2FK3QUt7wajfA%3D%3D>.

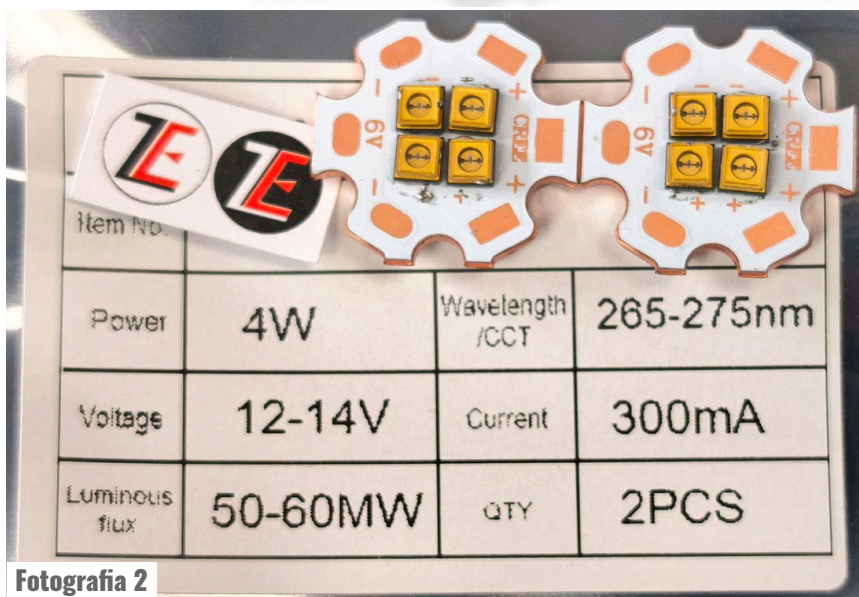
Pozdrawiam
Zygmunt Flisak

CBM-160X-UV

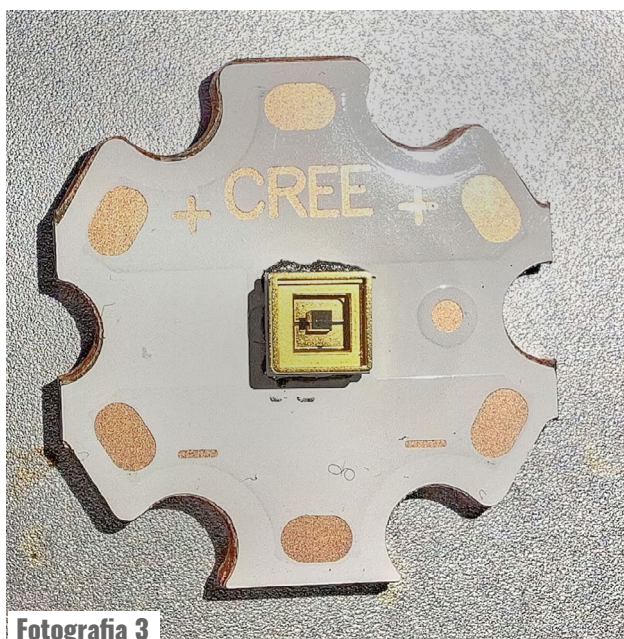


Fotografia 1

To jest zestaw 12 struktur ultrafioletowych diod LED, które zasilone mocą kilkudziesięciu watów (prądem 3 A) dają w impulsie moc promieniowania ultrafioletowego nawet ponad 20 watów! Jest to promieniowanie UVA, czyli tzw. bliski ultrafiolet (365...400 nm). Duża moc i znakomita sprawność! Odpisałem, że niedawno, w marcu kupiłem z linku: <https://pl.aliexpress.com/item/4000985305128.html> (**fotografia 2**) – wersję rzekomo 4 W, a cena przystępna – zapłaciłem 79 zł za te dwie sztuki. Kupiłem „dla mięcia”, z ciekawości, bo to są zupełnie inne diody, o nieporównanie gorszej sprawności energetycznej, ale za to wytwarzające krótsze i „silniejsze” promieniowanie UVB



Fotografia 2



Fotografia 3

(265...275 nm). Napisałem, że mam, że leżą, i że z braku czasu jeszcze nie dotknąłem, zresztą nie miałem do czynienia z takim dalekim UV i nawet nie wiem za bardzo, jak elektronik mógłby to sensownie wykorzystać. Bo mało kto utwardza za pomocą UV. A nie wiem też, na ile przy takiej mocy jest to niebezpieczne dla człowieka, zwłaszcza nieostrożnego, który zaświeci sobie tym w oczy, bez okularów (poliwęglanowych). Nadeszła odpowiedź:

(...) Te z Ali mają moc optyczną 13-17 mW/W, czyli ok. 60 mW dla mocy elektrycznej 4 W. Ja kupiłem w TME taką o mocy optycznej 10-15 mW (**fotografia 3**) i wczoraj ją testowałem <https://www.tme.eu/pl/details/rf-c37p0-urh-ar/diody-led-uv/refond/>

Promieniowanie UV, zwłaszcza UVC jest bardzo niebezpieczne, nawet przy takiej mocy – nie tylko dla oczu, ale i skóry. O agresywnym działaniu biologicznym można się przekonać, kładąc banana w pobliżu działającej diody. Po kilku minutach skórka jest „opalona” na brązowo.

Pozdrawiam
Zygmunt Flisak

Dzień dobry,

zawsze czytałem, że potencjometry o charakterystyce liniowej są oznaczone literą A, natomiast te o charakterystyce logarytmicznej – literą B. Odwiedzając dziś sklep elektroniczny dowiedziałem się jednak, że rzeczywista konwencja jest odwrotna, a ta wspomniana to pomysł Telpodu. Chcąc to zweryfikować zerknąłem do angielskiej Wikipedii i jest tam napisane, że nie ma jednego standardu, natomiast wspomniany sposób oznaczania jest typowy dla Europy, a ten odwrotny dla USA i Azji. Wychodziłoby więc na to, że Telpod sam niczego tutaj nie wymyślił, a sklep z jakiegoś powodu wybrał oznaczenie amerykańskie/azjatyckie. Może tymi literami nie trzeba się sugerować, tylko zawsze sprawdzać kartę katalogową?

Pozdrawiam
Grzegorz

Tak, trzeba sprawdzać. Kiedyś, w czasach słusznie minionych, problem dotyczył tylko potencjometrów z importu „dolarowego”. A takich na rynku było wtedy bardzo mało – przede wszystkim były to „alpsy” do sprzętu audio. A dziś trzeba uważać, bo prawie cała oferta to „chińszczyzna”.

Fotowoltaika

Link do interesującego artykułu: <https://www.komputer-swiat.pl/nauka-i-technika/technika/przelom-w-fotowoltaice-chinczy-pokazali-rekordowe-ogniwa-perowskitowe/tmlevr2>.

Pozdrawiam
Leszek Potocki

W fotowoltaice jest jeszcze bardzo dużo do zrobienia. W ostatnich filmach, a bardziej w artykułach wskazałem na ograniczenia dotyczące fundamentalnych zasad, składu widma światła słonecznego i szerokości pasma zabronionego w ogniwach. Ogniwa krzemowe z zasady mogą wykorzystać tylko niewielką część energii ze Słońca, a większą sprawność energetyczną można uzyskać tylko w ogniwach hybrydowych, których poszczególne „składniki” wykorzystują energię promieniowania o różnych długościach fali. Jak na razie do sprawności bliskiej 100% jest jeszcze bardzo daleko, ale z zaciekawieniem będziemy śledzić postępy w tej ważnej dziedzinie. W szczególności, czy tak głośne w naszym kraju zapowiedzi i oczekiwania dotyczące perowskitów, będą mieć pozytywny finał.

Bajka o oscyloskopie – dzień dobry, taki link:
https://youtu.be/iMZmbtnU_Pk

Pozdrawiam
Sławomir Skrzyński

Witam Pana Piotra,

gratuluje super prowadzonej strony Internetowej. Od kilkudziesięciu lat jestem amatorem elektroniki (obecnie przykuty do łóżka) wiek 80. Od 1986 mieszkam z rodziną w Toronto. W Polsce budowałem lampowe wzmacniacze na EL 84, 34, efekty gitarowe, echo (miałem tymczasowy patent na pętle taśmy pracującej odwrotną stroną). Korespondowałem z Don Lancaster (tinaja.com). Ostatnio próbowałem przerobić małe termometry LCD na... woltomierze, sfrustrowany brakiem takowych (wszystkie są na LED). Może Pan by to dopracował? Wskaźnik baterii 12 V (...) bez wyłącznika.

Pozdrawiam serdecznie
Andrzej Szulc

Podziękowałem za miłe słowa! Elektronika to piękne hobby i cieszymy się nim, póki to możliwe. Jeżeli chodzi o meritum, to ja wykorzystywałem ostatnio przede wszystkim woltomierze z wyświetlaczami LED, w tym bardzo dokładne, ale pobierające kilkanaście miliamperów prądu. Podobny prąd pobiera większość modułów LCD, z uwagi na obecność stabilizatora i podświetlenia. Nie sprawdzałem, czy na rynku można znaleźć bardzo oszczędne woltomierze modułowe. Może ktoś z Czytelników natknął się na takie wersje?

Witam Panię Piotrze,

dziękuję za serię artykułów o lampach elektronowych! Przyszedł mi jeszcze jeden pomysł na cykl artykułów traktujących o wzmacniaczach audio. Taka anatomia, podzielenie na bloki, wytłumaczenie, co do czego służy, porównanie tranzystora i lampy w danych układach. Generalnie tak od podstaw do tematów zaawansowanych. To jest temat rzeka, a nigdzie nie ma takiego kompendium wiedzy od A do Z. Myślę, że temat zainteresowałby sporą część Czytelników.

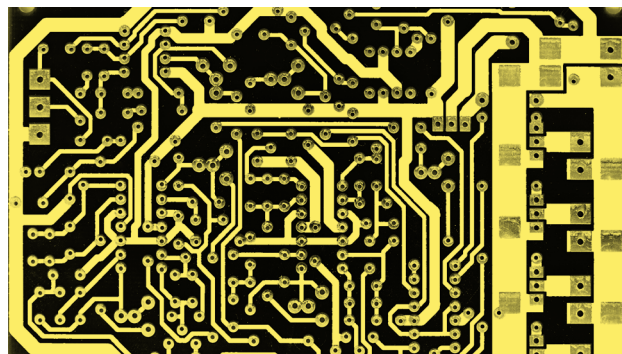
Pozdrawiam
Tomasz Konsek

Zapisuję takie propozycje i sugestie. Część udaje mi się w miarę szybko zrealizować, ale niektóre czekają długo. Muszę przyznać, że jak na razie nie udało mi się zrealizować obietnicy, że w ZE będzie dużo więcej tematyki audio. W ubiegłym miesiącu nawet jeden z Czytelników napisał, że rezygnuje z patronatu – prenumeraty między innymi właśnie z uwagi na nieregularność i brak tematów audio.

Pracuję nad tym, ale moja doba też ma 24 godziny.

Łamigłówki elektroniczne

Czerwiec 2026



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

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

Co to jest? 2606

Zagadka 2606

Jak odpowiesz? 2606

Policz 2606

Co to jest? 2606

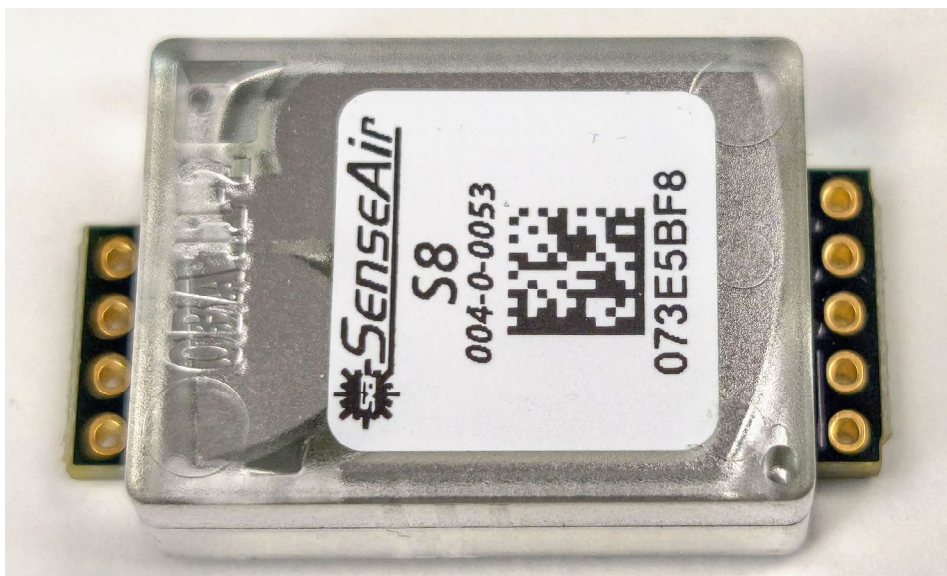
Na poniższej fotografii pokazany jest element, a raczej pewien moduł elektroniczny.

Podstawowe, dość łatwe pytanie brzmi:

Co to jest i do czego służy?

Zdecydowanie bardziej interesujące jest pytanie dodatkowe:

Na jakiej zasadzie działa taki moduł?



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

Jak odpowiesz? 2606

Kontynuujemy wątek związany z kluczowym w elektronice, ale wcale nie tak łatwym, jak się wydaje, tematem ładunku elektrycznego.

Otóż zakładamy, że przyszedł do nas młody człowiek, który dowiedział się w szkole, że kondensator gromadzi ładunek elektryczny i chce się upewnić: **czy podczas ładowania kondensator rzeczywiście gromadzi ładunek, czyli czy zwiększa się ilość ładunku zawartego w tym kondensatorze?**

Ponieważ trochę interesuje się elektroniką, więc wcześniej już coś słyszał o ujemnych elektronach i dodatkich dziurach, dlatego dodatkowo pyta, **czy te dodatnie ładunki w kondensatorze to dziury?**

Jak należałoby odpowiedzieć na takie pytania?

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

Policz 2606

Na fotografii pokazany jest 200-watowy potencjometr, a tak naprawdę reostat, o rezystancji 5 omów. W pewnym układzie będzie on pracował jako rezystancja obciążenia i zostanie ustawiony na wartość 1,25 oma. Pytanie konkursowe brzmi:

Jaki może być maksymalny prąd obciążenia przy takiej pracy?

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



Zagadka 2606

W poprzednich miesiącach czterokrotnie zajmowaliśmy się starym, ale bardzo interesującym zasilaczem IZS 5/71, w którym wykorzystane są zaskakujące rozwiązania. Między innymi doszliśmy do wniosku (Rozwiązania Łamigłówek w ZE 5/2026), że główny stabilizator ma nietypową konfigurację, w której obwody sterujące głównym elementem regulacyjnym związane są z dodatnią, a nie z ujemną szyną napięcia wyjściowego. To niewątpliwie wiąże się z faktem, że głównym elementem regulacyjnym jest zespół sześciu lamp elektronowych – pentod mocy EL36.

Współczesne stabilizatory regulowane zwykle mają inne konfiguracje, gdzie obwody sterujące głównym tranzystorem regulacyjnym najczęściej związane są z ujemną szyną zasilania. Dziś jednymi z najpopularniejszych zasilaczy laboratoryjnych są zasilacze KORAD KA3005. W Internecie można znaleźć materiały na temat ich budowy. Zadanie konkursowe jest takie:

Znajdź informacje i przedstaw podstawową konfigurację – schemat blokowy zasilaczy KORAD KA3005.

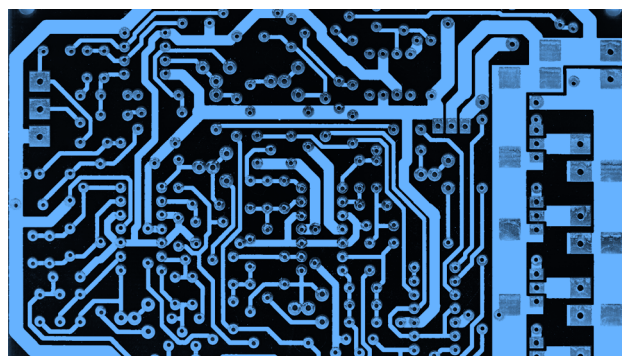
Pytanie dodatkowe brzmi: **Czy konfiguracja ta ma jakiś związek z konfiguracją starego zasilacza IZS 5/71?**

Uwaga! Do rozwiązania zadania wystarczą materiały dotyczące wcześniejszych, „jednoliterowych” wersji zasilaczy KORAD: modeli KA3005D i KA3005P; nie trzeba szukać schematów nowych wersji z literkami KA3005DS i KA3005PS czy też KKG305.

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

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

Rozwiązania Łamigłówek Kwiecień 2026



Poniżej przedstawione są rozwiązania łamigłówek, zamieszczonych w numerze kwietniowym (4/2026). Aktualnie ani dla Autorów nadesłanych łamigłówek, ani dla uczestników, którzy je prawidłowo rozwiążą, nie przewiduje się honorariów ani upominków. Nagrodą dla Autorów oraz uczestników jest satysfakcja oraz nieprzemijająca sława wynikająca z faktu zaistnienia w naszym wspólnym czasopiśmie.

Rozwiązanie – Co to jest? 2604

Rozwiązanie – Zagadka 2604

Rozwiązanie – Jak odpowiesz? 2604

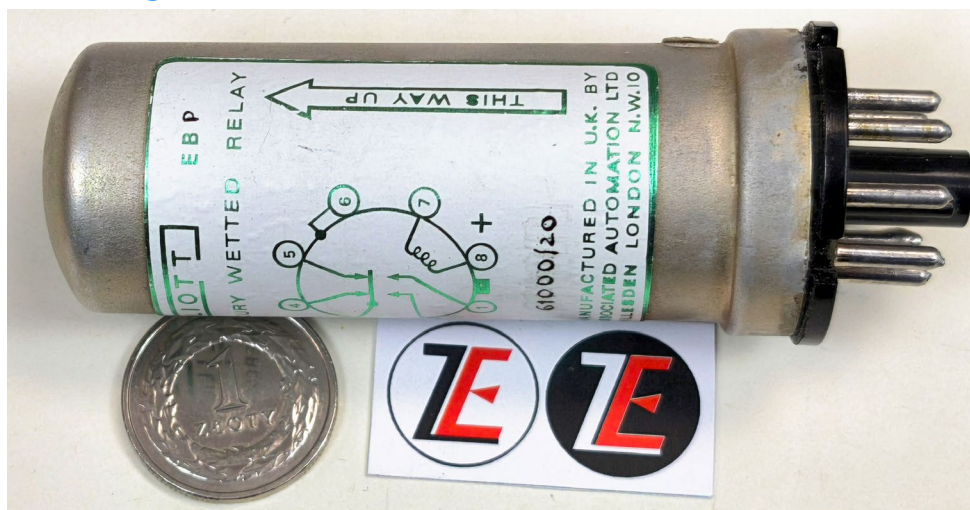
Rozwiązanie – Co sądzisz? 2604

Rozwiązanie – Co to jest? 2604

Przed dwoma miesiącami postawione zostało następujące zadanie konkursowe: *Na fotografii pokazany jest pewien stary element elektroniczny. Pytanie konkursowe brzmi: Co to jest? Dodatkowo można przedstawić szersze informacje. Konkurs jest zamknięty Oto rozwiązania.*

Jest to przekaźnik zwilżany rtęcią (ang. Mercury Wetted Relay), wyprodukowany przez brytyjską firmę Elliott (Associated Automation Ltd).

Krzysztof Warzych



Jest to przekaźnik kontaktronowy ze zwilżanymi rtęcią stykami, stosowany dawno temu.

Stosowany był w układach elektronicznych gdzie wymagano braku drgań styków np. w telekomunikacji i systemach komputerowych. Montaż wymagany był w pozycji pionowej, jak zaznaczono na etykiecie. Nie jest stosowany obecnie ze względu na zawartość rtęci.

*Pozdrawiam
Andrzej Kubiak*

Jest to przekaźnik elektromagnetyczny w wykonaniu lampowym, tzw. przekaźnik ze „zwilżanymi” stykami, gdzie styki są pokryte cienką warstwą rtęci dla lepszego kontaktu.

Zastosowana jest wielopinowa podstawa przypominająca lampy elektronowe typowe dla starszych

modułów przemysłowych i wojskowych. Taki element działa jak zwykły przekaźnik, ale dzięki rtęci ma bardzo niski opór styków, dużą niezawodność, brak iskrenia, dużą trwałość przy małych sygnałach. Dziś takie przekaźniki są praktycznie wycofane ze względu na rtęć.

Sebastian Owsiak

To jest elektromagnetyczny przekaźnik specjalny – rtęciowy. Napęd jest elektromagnetyczny a styki zwilżane rtęcią.

Na obudowie wprost widnieje napis „MERCURY WETTED RELAY” (przekaźnik zwilżany rtęcią). “This way up” – wskazanie prawidłowej orientacji montażu. Oznaczenie orientacji jest właśnie efektem jego konstrukcji i sposobu działania.

Tadeusz Suszał ✉

Rozwiązanie – Zagadka 2604

Przed dwoma miesiącami postawione zostało następujące zadanie konkursowe: Na pewnej stronie internetowej znaleźliśmy schemat urządzenia z przekaźnikiem. Standardowo do cewki przekaźnika dołącza się jedną zwykłą diodę, a na tym schemacie jest dodatkowa dioda Zenera o napięciu 39 woltów. Pytania konkursowe brzmią: **Czy obecność tej diody Zenera to pomyłka i niedopatrzenie? Czy może zastosowanie diody Zenera ma jakiś sens?** Konkurs jest zamknięty Oto rozwiązania.

Dla normalnej pracy, zabezpieczającej układ elektroniczny przed przepięciami, dioda Zenera jest niepotrzebna. Nigdy jej nie stosowaliśmy, z tego co pamiętam. Prąd i napięcie indukowane przez cewkę przekaźnika ma płynąć tylko w obwodzie dioda – cewka. Zastosowanie diody Zenera 39 V zabezpiecza układ dopiero od przepięć większych niż 39 V. Ale przepięcia bywają nawet do kilku kV więc stosowanie diody Dz nie ma sensu.

Czytelnik

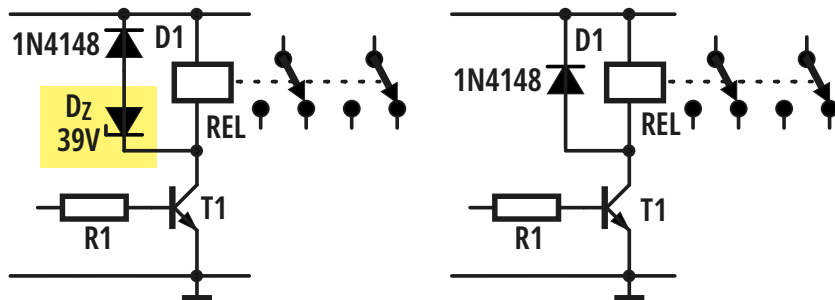
To nie jest pomyłka, to nie błąd, to świadomy zabieg projektowy. Ta dioda Zenera ma sens, tylko nie w typowej roli, jak wielu się spodziewa. Standardowa dioda równoległa dołączona do cewki przekaźnika (np. 1n4148 czy 1n4007) tłumi przepięcia przy wyłączeniu cewki oraz chroni tranzystor sterujący, ale ma ona efekt uboczny – spowalnia wyłączenie przekaźnika, bo energia z cewki rozładowuje się powoli (napięcie 0,7 V).

Dioda Zenera na schemacie zmienia zasady gry – zamiast ograniczać napięcie do 0,7 V, pozwala napięciu wzrosnąć aż do 39 V. Dzięki temu energia z cewki rozładowuje się znacznie szybciej, przekaźnik szybciej się wyłącza, styki mają krótszy czas przejścia (mniej iskrzenia). Przy wyłączeniu cewki – cewka „chce” utrzymać prąd – generuje wysokie napięcie. Zwykła dioda blokuje napięcie – prąd zanika wolno. Zenera pozwala na wyższe napięcie – prąd zanika szybciej. Jest to bezpieczne dla tranzystora, pod warunkiem, że napięcie Zenera (39 V) + zasilanie nie przekracza dopuszczalnego napięcia tranzystora.

Sebastian Owsiak

To nie jest błąd, lecz świadome ulepszenie układu. Poniższa tabela przedstawia różnice pomiędzy zastosowaniem zwykłej diody a układem z diodą Zenera.

Cecha	Zwykła dioda	Dioda + Zener
Szybkość wyłączenia	wolna	szybka
Napięcie na tranzystorze	niskie	wyższe (kilkadziesiąt V)
EMI	mniejsze	większe



Wymagania i konsekwencje projektowe:

Tranzystor T1 musi wytrzymać napięcie:

– $V_{ce} \geq V_{zener} + \text{odpowiedni zapas}$,

Dioda Zenera musi mieć odpowiednią moc impulsową, aby bezpiecznie rozproszyć energię zgromadzoną w cewce.

W układzie z diodą Zenera gwałtowne wyłączenie prądu powoduje generację szerokiego widma zakłóceń wysokoczęstotliwościowych (HF). Może to prowadzić do:

– powstawania szpilek napięciowych w innych częściach układu,

– emisji przewodzonej przez zasilanie (zakłócenia z cewki nie pozostają lokalne, lecz wnikają w linie zasilania i rozchodzą się po całym układzie),

– emisji promieniowanej (przewody mogą działać jak anteny).

Układ staje się bardziej dynamiczny, ale jednocześnie bardziej wymagający pod względem kompatybilności elektromagnetycznej (EMC). W praktyce zakłócenia te mogą powodować np. reset mikrokontrolera, jeśli taki znajduje się w systemie. Układ z diodą Zenera wymaga zastosowania odpowiednich środków ograniczających zakłócenia.

Tadeusz Suszał

Podsumowując: obecność diody Zenera nie jest przypadkowa – przyspiesza wyłączenie przekaźnika i tego rodzaju rozwiązania są stosowane, ale tylko w nielicznych przypadkach.

Zadaniem diody lub zespołu diod jest pochłonięcie energii zgromadzonej w cewce przekaźnika. Energia ta w każdym przypadku wydziela się głównie w postaci ciepła.

Diody Zenera lub analogiczne rozwiązania stosujemy, żeby przyspieszyć wyłączenie, ale tak, żeby nie dopuścić do przebicia tranzystora impulsem energii z cewki podczas wyłączenia przekaźnika. Szczegóły omówię w jednym z najbliższych numerów, w artykule opisującym uniwersalny tester przekaźników. □

Rozwiązanie – Jak odpowiesz? 2604

Przed dwoma miesiącami postawione zostało następujące zadanie konkursowe:

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

1. Czy to prawda, że prawo Ohma spełniają tylko nieliczne elementy elektroniczne?

2. Co to są elementy omowe i nieomowe?

3. Jakie można podać przykłady wykorzystywanych w elektronice elementów omowych i nieomowych?

Konkurs jest zamknięty. Oto rozwiązania.

Czy prawo Ohma spełniają tylko nieliczne elementy?

Tak, prawo Ohma działa tylko dla elementów, które mają stałą rezystancję. Większość elementów elektronicznych NIE ma stałej rezystancji, więc nie spełnia prawa Ohma w prosty sposób.

Elementy omowe spełniają prawo Ohma: zależność napięcia i prądu jest liniowa (prosta). Elementy nieomowe nie spełniają prawa Ohma: charakterystyka jest nieliniowa np. dioda, tranzystor, żarówka.

Elementy omowe (liniowe) to takie, które spełniają prawo Ohma ($U = R \cdot I$) – ich rezystancja jest w przybliżeniu stała. To rezystory, ścieżki PCB i przewody, miedź na PCB, boczki do pomiaru prądu.

Elementy nieomowe (nieliniowe) – diody – przewożą dopiero powyżej pewnego napięcia, tranzystory działają jak wzmacniacze lub przełączniki, prąd nie jest proporcjonalny do napięcia, termistory, fotorezystory, cewki i kondensatory.

Sebastian Owsiak

1. Z definicji prawo Ohma – stosunek napięcia między końcówkami przewodu do natężenia prądu płynącego przez niego jest wielkością stałą i nazywa się opornością. Opierając się na definicji możemy przypuszczać, że ilość materiałów spełniających te warunki, a są to przewodniki metalowe, jest mniejsza od ogółu materiałów.

2. Określenie „nieomowe” to stworzony neologizm, bo w oficjalnej literaturze o elektryczności nie spotkałem takiego określenia. Trzeba więc opierać się na właściwej definicji i wszystkie materiały, które jej nie podlegają nie są zgodne z prawem Ohma.

3. Elementy spełniające prawo Ohma to przewody

elektryczne i różne metale. Do tzw. nieomowych materiałów można zaliczyć np. diody, termistory, fotorezystory itp.

Pozdrawiam
Andrzej Kubiak

Jak odpowiesz? 2604

1. Prawo Ohma w postaci $U = R \cdot I$ zakłada, że rezystancja R jest stała (nie zależy od napięcia, prądu, temperatury ani czasu). W praktyce oznacza to, że charakterystyka $I(U)$ jest liniowa (prosta), nachylenie tej prostej jest stałe. Większość elementów elektronicznych nie spełnia tego warunku, bo są nieliniowe, ich parametry zależą od temperatury, pola elektrycznego, częstotliwości itd. Prawo Ohma jest dokładnie spełnione tylko przez idealne elementy liniowe, a większość realnych elementów spełnia je co najwyżej lokalnie (w przybliżeniu).

2. Elementy omowe to elementy, które spełniają prawo Ohma w szerokim zakresie pracy, mają stałą rezystancję, ich charakterystyka $I(U)$ jest liniowa. $R = U/I = \text{const}$.

Elementy nieomowe to elementy, które nie mają stałej rezystancji, ich charakterystyka $I(U)$ jest nieliniowa, rezystancja zależy od napięcia, prądu, temperatury, oświetlenia itd. $R = U/I \neq \text{const}$.

3. Elementy omowe (praktyczne):

- rezystory liniowe (metalizowane, węglowe, cienko-warstwowe),
- ścieżki przewodzące na PCB (w przybliżeniu),
- przewody (dla małych zmian temperatury).

Nawet rezystor przestaje być idealnie omowy, gdy wydzielona moc powoduje nagrzewanie (zmiana R), napięcie powoduje efekty nieliniowe, przy wysokich polach elektrycznych rezystor przestaje być elementem liniowym (rezystancja zaczyna zależeć bezpośrednio od napięcia).

Elementy nieomowe (typowe w elektronice):

- półprzewodniki (dioda, tranzystor (BJT, MOSFET)), układy scalone,
- elementy zależne od temperatury (termistor NTC/PTC),
- elementy zależne od światła (fotorezystor),
- elementy nieliniowe specjalne (warystor VDR – zależny od napięcia, żarówka – rezystancja rośnie wraz z temperaturą włókna),
- elementy reaktancyjne (kondensator, cewka).

Tadeusz Suszał ✉

Rozwiązanie – Co sądzisz? 2604

Przed dwoma miesiącami postawione zostało następujące zadanie konkursowe: *W pracowni elektronika przydatne są transformatory separujące. Między innymi separujące od sieci energetycznej 230 V, mające przekładnię 1:1. Ale przy różnych pomiarach przydatny byłby transformator sygnałowy, który mógłby separować generator od badanego układu. Takie transformatory bywają potrzebne przy niektórych pomiarach audio, więc powinny to być transformatory szerokopasmowe o paśmie co najmniej 20...20 000 Hz. Są też potrzebne (jako injection transformers) do zdejmowania charakterystyk Bodego w zasilaczach impulsowych i liniowych, a wtedy pożądane jest pasmo przenoszenia jeszcze szersze. W idealnym przypadku od 1 herca do 10 megaherców.*

Wydawałoby się, że realizacja tak szerokopasmowego transformatora nie jest w ogóle możliwa. Jednak na rynku są tak szerokopasmowe transformatory, jak pokazuje fotografia obok. Problem w tym, że taki transformator kosztuje około 2000 złotych. Także tańsze chińskie wersje, o nieco węższym paśmie, kosztują kilkaset złotych.

Dlatego zastanawiamy się nad możliwością realizacji transformatora szerokopasmowego w warunkach domowych. Może nie o aż tak szerokim paśmie, ale zdecydowanie tańszego. W jednym ze sklepów internetowych, za niecałe 40 złotych znaleźliśmy sporej wielkości rdzeń (vitroperm) o wyjątkowo dużej przenikalności magnetycznej. Pochodzi on z jakiegoś sprzętu medycznego, gdzie pracował jako filtr zakłóceń impulsowych. Zastanawiamy się, czy można byłoby go wykorzystać do realizacji transformatora szerokopasmowego DIY.

Na razie trzeba odpowiedzieć na podstawowe pytanie: **Czy zmiany wartości przenikalności rdzenia (w funkcji częstotliwości) zmieniają przekładnię transformatora?**

Konkurs jest zamknięty Napłynęły rozmaite odpowiedzi. Oto przykład odpowiedzi nietrafnej.

Jako przykład posłuży rdzeń VAC T60006 L2040 W424 (VITROPERM 500F), do którego odniosę się, odpowiadając na pytanie postawione w zadaniu konkursowym.

Zmiana przenikalności w funkcji częstotliwości w tym rdzeniu powoduje, że przekładnia napięciowa transformatora przestaje być stała, pojawia się silna zależność parametrów od częstotliwości i transformator



nie spełnia wymagań toru pomiarowego. Rozwijając tę kwestię, należy stwierdzić, że rdzeń ten wykazuje wyraźną zależność swoich parametrów od częstotliwości. Z karty katalogowej mamy:

częstotliwość	A_L
10 kHz	76 – 142 μH
100 kHz	17,3 – 35,4 μH

Oznacza to, że indukcyjność maleje około 4x między 10 kHz a 100 kHz, co wynika ze spadku efektywnej przenikalności magnetycznej rdzenia.

$$L = A_L \cdot N^2$$

A_L wynika bezpośrednio z μ i geometrii rdzenia

$$A_L = \mu_0 \cdot \mu_e \cdot (A_e / l_e) \quad \text{gdzie:}$$

N – liczba zwojów

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m – przenikalność próżni

μ_e – efektywna przenikalność (uwzględnia szczeliny itd.)

$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$ – przenikalność magnetyczna ośrodka (bezwzględna)

μ_r – względna przenikalność materiału

A_e – przekrój rdzenia

l_e – długość ścieżki magnetycznej

Użyte μ_e różni się tym od μ_r , że dotyczy całego rdzenia, a nie samego materiału, uwzględnia rzeczywisty obwód magnetyczny rdzenia.

Analogicznie jak dla materiału, ale zamiast μ_r mamy μ_e . μ_r opisuje materiał, a A_L opisuje konkretny rdzeń – i jest bezpośrednio używany do obliczania indukcyjności uzwojenia.

Spadek efektywnej przenikalności magnetycznej rdzenia (tym samym A_L) przekłada się na praktyczne konsekwencje:

1. Transformator nie ma stałego przełożenia w szerokim paśmie,
2. Charakterystyka amplitudowa będzie zmienna z częstotliwością,
3. Pomiar Bodego będą obarczone błędem.

Dla transformatora pomiarowego wymagane jest prawie stałe L w funkcji częstotliwości. Ten rdzeń tego warunku nie spełnia.

Transformator na tym rdzeniu:

- przy niskich f – nie działa (za mała X_L), nie jest spełniony warunek $X_L \gg R_{obc}$
- przy średnich – działa częściowo,
- przy wyższych – tłumi przez straty, czyli nie ma płaskiej charakterystyki amplitudowej.

Praktycznie dla tego rdzenia przekładnia geometryczna jest stała, a przekładnia rzeczywista jest funkcją częstotliwości.

Wniosek kluczowy – μ nie zmienia przekładni bezpośrednio, dzieje się to pośrednio.

Pozdrawiam
Czytelnik

A oto inny przykład rozwiązania tego zadania:

SEM w uzwojeniach transformatorów:

$SEM = 4,44 \cdot f \cdot z \cdot \Phi_m$ (f – częstotliwość, z – liczba zwojów, Φ_m – strumień magnetyczny).

Z definicji: $E1/E2 = z1/z2 = p$ (przekładnia)

Ten sam strumień Φ_m obejmuje zwoje pierwotne i wtórne. SEM wzbudzana w każdym zwoju transformatora jest taka sama w związku z czym przekładnia zależy tylko od liczby zwojów. Przenikalność magnetyczna ma tylko wpływ na indukcyjność magnetyczną w rdzeniu transformatora ale nie na przekładnię.

Pozdrawiam
Andrzej Kubiak

I to jest prawidłowa, choć skrajnie uproszczona i niepełna odpowiedź na pytanie konkursowe: **przekładnia (napięciowa) transformatora nie zależy od przenikalności magnetycznej rdzenia**. Przenikalność, owszem, decyduje o indukcyjności własnej uzwojeń. Ale przy (jednakowych) zmianach indukcyjności przekładnia pozostaje stała.

Przenikalność rdzenia może się zmniejszać z częstotliwością, ale nie zmienia to przekładni. W transformatorze zachodzą natomiast inne zjawiska i to one powodują, że transformator podczas pracy nie ma stałej realnej przekładni na skrajach pasma. Jedną z przyczyn jest mała wartość reaktancji X_L , która przy małych częstotliwościach jest z konieczności bardzo mała. Ale tu należy zauważyć, że akurat przy małych częstotliwościach przenikalność rdzenia jest bardzo duża (maleje ona ze wzrostem częstotliwości). Czyli ten praktyczny problem ma znikomy związek z przenikalnością rdzenia, a przede wszystkim z innymi czynnikami. Podobnie jest przy wyższych częstotliwościach. Owszem, przenikalność maleje, indukcyjność maleje, ale reaktancja X_L i tak jest bardzo duża. Z reaktancją nie ma problemu, natomiast może być problem z rosnącymi stratami w rdzeniu. Zmniejszenie realnej przekładni nie wynika z mniejszej przenikalności rdzenia, tylko z coraz większych strat. A przy jeszcze większych częstotliwościach w grę po prostu wchodzi rezonans. Jeden z uczestników ujął to następująco:

Tak – zmiany przenikalności magnetycznej rdzenia zależne od częstotliwości wpływają na działanie transformatora, ale... nie zmieniają idealnej przekładni wprost.

W praktyce jednak „efektywna przekładnia” zaczyna się rozjeżdżać wraz z częstotliwością.

W idealnym transformatorze przekładnia zależy wyłącznie od liczby zwojów $U2:U1 = N2:N1$ i nie zależy od rdzenia ani jego przenikalności.

W rzeczywistości rdzeń ma przenikalność dużą, ale silnie zależną od częstotliwości. To powoduje spadek indukcyjności przy wyższych częstotliwościach. Jeśli przenikalność μ maleje z częstotliwością, maleje L , rośnie prąd magnesujący, pogarsza się sprzężenie. Przy zmianach μ część strumienia „ucieka”, rośnie indukcyjność rozproszenia, pojawia się tłumienie sygnału.

Transformator działa poprawnie tylko w pewnym zakresie: niskie częstotliwości – za mała indukcyjność – spadek sygnału, wysokie częstotliwości – straty + pojemności – spadek sygnału

Liczba zwojów się nie zmienia – przekładnia „geometryczna” jest stała ale napięcie wyjściowe zależy od częstotliwości, więc „efektywna przekładnia napięciowa” staje się funkcją częstotliwości.

Rdzenie o wysokiej μ (jak vitropem), świetne dla niskich częstotliwości, mogą tracić właściwości przy MHz. (...) szerokopasmowe transformatory (np. 1 Hz – 10 MHz) używają specjalnych materiałów (...)

Sebastian Owsiak

Ogromnie się cieszę z poniższych informacji. Otóż jeden z Czytelników w e-mailu przysłał fotografię transformatora zrealizowanego we własnym zakresie w bardzo prosty sposób, na rdzeniu bardzo podobnym albo nawet identycznym, jak ten pokazany na początku tego zadania. Co jeszcze ważniejsze, ma on dostęp do renomowanego sprzętu Bode 100 i przysłał wynik porównania uchodzącego za jeden z najlepszych, transformatora Omikron B-WIT 100 ze swoją samoróbką. Napisał:

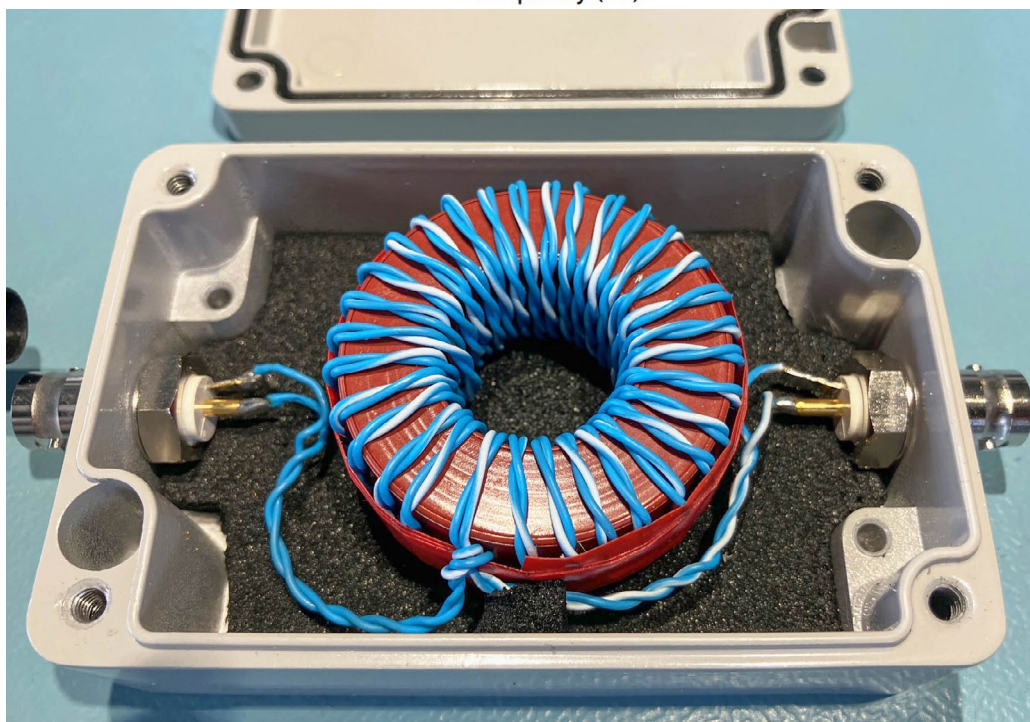
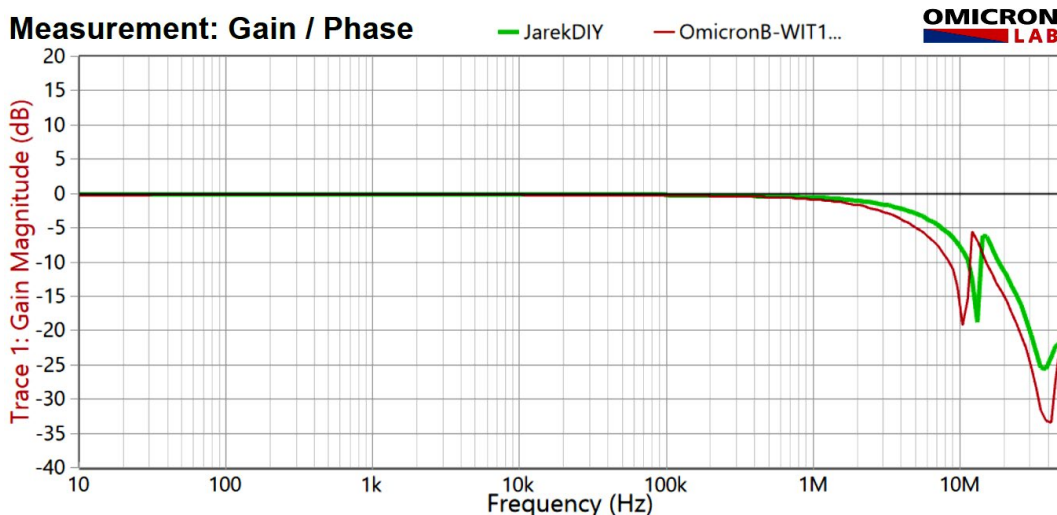
Dzień dobry,

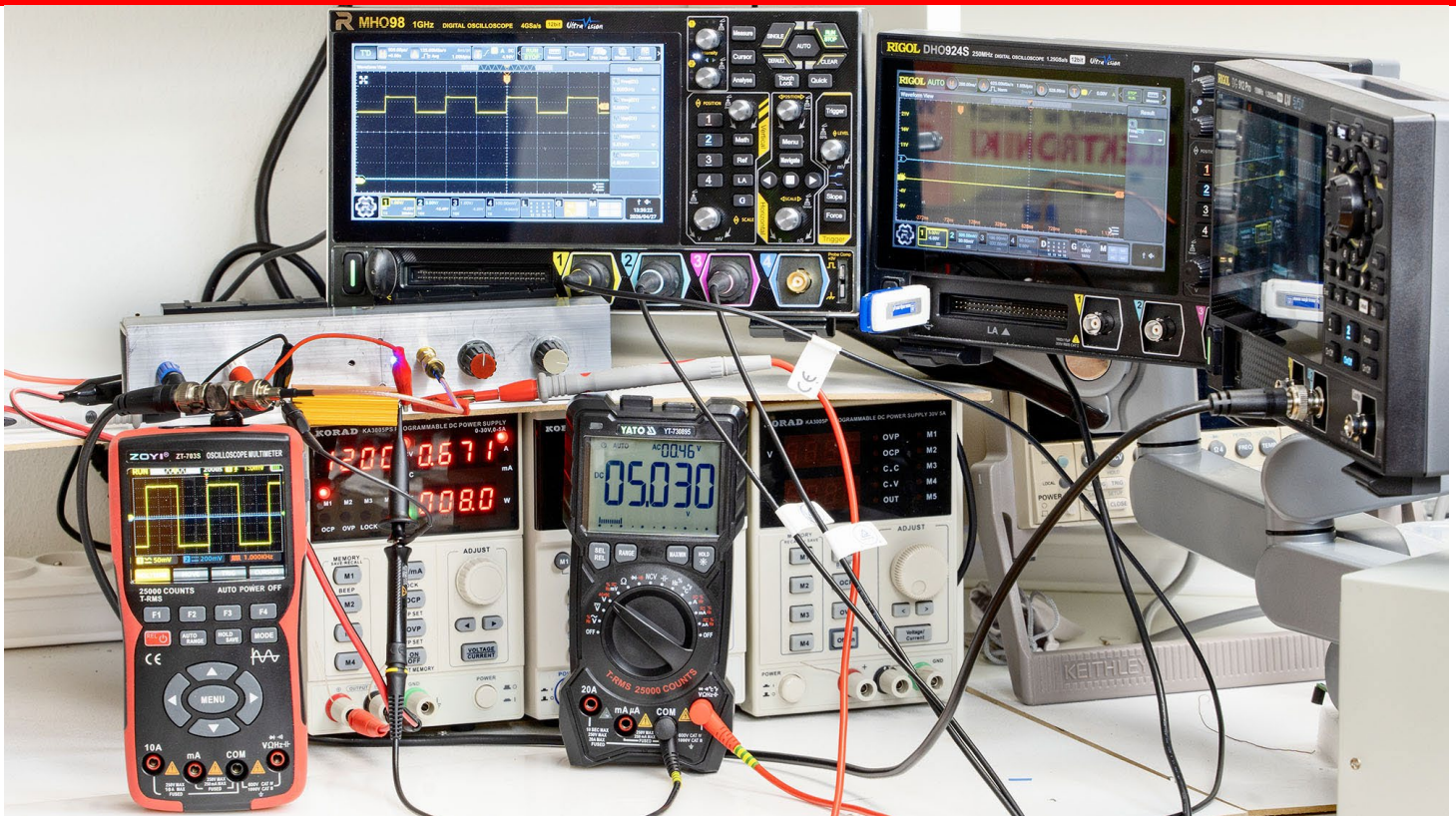
moim zdaniem zmiana przenikalności co do zasady nie wpływa na samą przekładnię, ale zmieniająca się przenikalność zmienia inne parametry transformatora (indukcyjność magnesowania, indukcyjność rozproszenia itp.), a to w pewnym stopniu może wpływać na stosunek napięć wejścia i wyjścia.

Jako ciekawostkę dodam że zbudowałem taki transformator (do pomiarów przetwornic). Użyłem rdzenia z Vitopermu od Vacuumschmelze i nawinęłem uzwojenia podobnie jak w transformatorze Omikrona (musiałem zastosować korektę liczby zwojów, bo mój rdzeń miał nieco inną przenikalność). Generalnie wyszło lepiej niż się spodziewałem. W załączniku wyniki pomiarów dla transformatora Omikron B-WIT 100 oraz mojego „customowego” (zmierzone Bode 100).

*Pozdrawiam serdecznie
Jarek*

Bardzo się cieszę z tej informacji, bo takie dość duże rdzenie nanokrystaliczne VAC T60006 L2040 W424 kupiłem właśnie do realizacji bardzo szerokopasmowych transformatorów separujących (m.in. do realizacji wykresów Bodego) oraz do eksperymentów pokazujących podstawy magnetyzmu. ▣





Eksperymentalny bateryjny zasilacz czterokwadrantowy

Klasyczny zasilacz jest jednokwadrantowy. Zasilacz czterokwadrantowy może dostarczać napięcie o dowolnej biegunowości (dodatnie albo ujemne), a co ważne, nie tylko dostarczać, ale też pobierać energię, czyli może służyć jako aktywne obciążenie. Może też pracować jako zasilacz napięcia zmiennego!

Rozważania projektowe i opis układu
Praktyczna realizacja

Możliwości zmian

Przedstawione rozwiązanie jest jak najbardziej użyteczne, ale jest specyficzne, niejako początkowe, niezbyt doskonale i powinno być przede wszystkim inspiracją do realizacji podobnych nietypowych zasilaczy. A co to w ogóle za wynalazek **zasilacz czterokwadrantowy**? Dlaczego bateryjny? I po co mi taki sprzęt?

Akurat w moim przypadku związane jest to z projektami budowy **charakterografu** oraz z przymiarkami do realizacji czegoś tak bardzo skomplikowanego, jak urządzenia zasilająco-pomiarowe zwane **SMU** (Source Measure Unit). Prezentowany układ jest bardzo interesujący z kilku powodów! Zasilanie bateryjne to opcja bardzo ważna z uwagi na mnóstwo „śmieci z sieci” i mnóstwo zakłóceń „radiowych”. W licznych zastosowaniach warto się odciąć od takich zakłóceń. A dlaczego czterokwadrantowy? Może wystarczyłby zwykły – jednokwadrantowy? Może

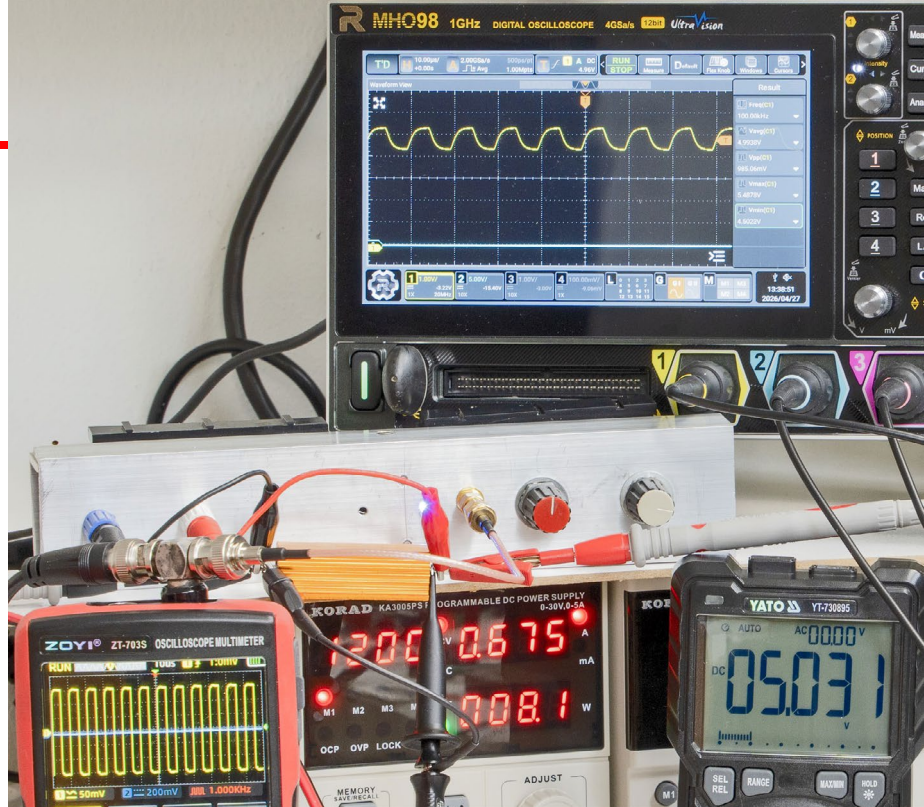
wystarczyłby **dwukwadrantowy**, będący zasilaczem, którego wyjście może nie tylko dostarczać prąd do obciążenia, ale też prąd z zewnętrznego źródła pochłaniać, czyli pracować jako aktywne obciążenie „stałonapięciowe”. Możliwość pochłaniania prądu zwiększa uniwersalność, bo niczego nie trzeba przełączać, a urządzenie może pracować zarówno jako zasilacz, jak też jako aktywne obciążenie o stałym napięciu, czyli najprościej mówiąc, jako specyficzna odmiana diody Zenera dużej mocy. Co bardzo ważne, **opisany układ może być zasilaczem napięcia zmiennego lub przemiennego!** Tak, przemiennego!

Opisywany zasilacz jest czterokwadrantowy głównie dlatego, że warto go zrealizować właśnie tak, a nie jako dwukwadrantowy. Ale jeśli ktoś chce, może prosto zamiast czterokwadrantowego zrobić dwukwadrantowy, co jest jeszcze łatwiejsze.

Fotografia tytułowa i fotografia 1 pokazują możliwość wykorzystania zasilacza do sprawdzania wpływu tętnień zasilania na działanie różnych układów (ale tu na potrzeby fotografii wyjście jest obciążone nie układem, tylko rezystorem 8-omowym, więc średni prąd wyjściowy to 0,625 ampera). Na wyjściu zasilacza ustawione jest napięcie stałe wyjściowe, równe +5,0 V, a na to nałożony jest przebieg prostokątny $\pm 10\%$ czyli $\pm 0,5$ V, a więc o międzyszczytowej amplitudzie 1 V, co można zobaczyć na **rysunku 2**.

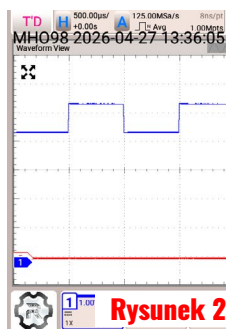
Oczywiście źródłem przebiegu prostokątnego jest zewnętrzny generator, widoczny na fotografii tytułowej. Porównanie tych ilustracji dobrze pokazuje możliwości i ograniczenia tego zasilacza. Gdy częstotliwość przebiegu prostokątnego wynosi 100 kHz to widać, że przebieg wyjściowy jest już znacząco zniekształcony. Tak, ale to jest częstotliwość 0,1 MHz i od razu widać, że 3-decybelowe pasmo przenoszenia jest stosunkowo szerokie, właśnie rzędu 100 kiloherców. Mamy zasilacz, którego napięcie wyjściowe możemy zmieniać z częstotliwością nawet 100 kHz!

Z kolei **fotografia 3** przedstawia wykorzystanie zasilacza czterokwadrantowego jako źródła unipolarnego przebiegu trójkątnego 10 kHz o międzyszczytowej amplitudzie 14 V i składowej stałej +7V.

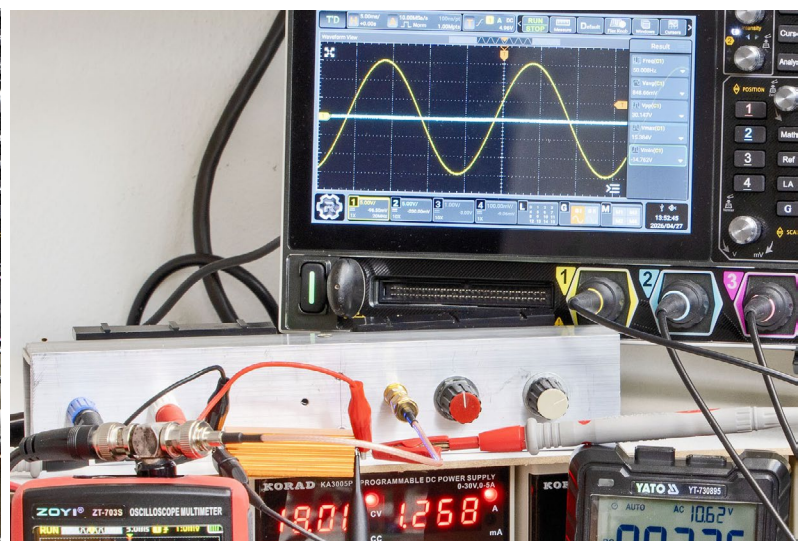
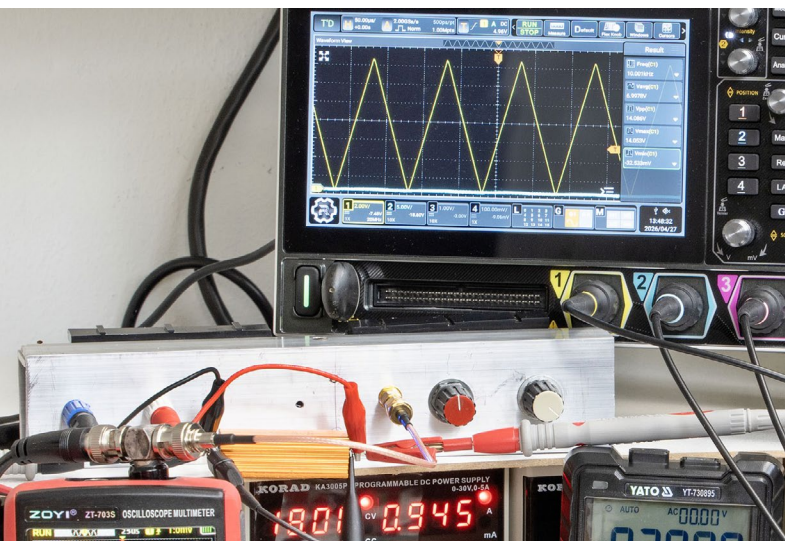
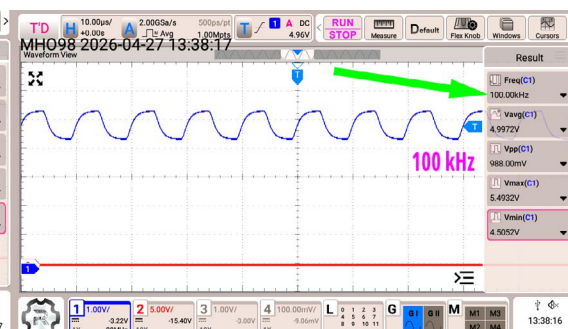


Fotografia 1

Natomiast na **fotografii 4** widać pracę modelu w roli **zasilacza napięcia przemiennego**, w tym przypadku napięcia sinusoidalnie zmiennego $f = 50$ Hz, $U_{RMS} = 10,6$ V, obciążonego rezystancją 8 omów. Taki zasilacz znakomicie zastępuje transformator sieciowy, a przy tym daje czyste napięcie sinusoidalne, a przecież wiadomo, że dziś przebieg napięcia w sieci energetycznej mało przypomina sinusoidę.



Rysunek 2



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



Komunikacja przez sieć

Sieci komputerowe, coś, co do niedawna było zarezerwowane tylko dla dużych komputerów, staje się dostępne w małych systemach mikroprocesorowych. To otwiera nowy rozdział w budowie wszelkiego rodzaju elementów automatyki domowej czy przyrządów wykorzystanych w pracowni hobbyistycznej.

Klasy sieci
Znaczenie maski podsieci

Sieć lokalna
Znaczenie serwera DNS

Ethernet to najpopularniejsza na świecie technologia wykorzystywana do budowy przewodowych lokalnych sieci komputerowych LAN. Sam skrót LAN (od ang. Local Area Network) należy rozumieć jako sieć komputerową o zasięgu lokalnym, system łączący komputery i urządzenia peryferyjne (np. drukarki) na ograniczonym obszarze, takim jak biuro, dom, szkoła czy laboratorium. Cechą charakterystyczną jest to, że dane są przesyłane przewodowo, zazwyczaj tzw. skrętką, zakończoną charakterystyczną 8-pinową wtyczką RJ45 (**fotografia 1**).

Jako przewód o czterech parach wykorzystywane są skrętki UTP (ang. Unshielded Twisted Pair – jako skrętka nieekranowana), każda para przewodów jest skręcona z odpowiednim skokiem. Inną możliwością jest użycie kabli FTP (ang. Foiled Twisted Pair, jako rodzaj skrętki ekranowanej), w której pary przewodów są owinięte wspólną folią aluminiową. Ich główną zaletą jest zmniejszenie zakłóceń

elektromagnetycznych, co czyni ten kabel bardziej niezawodnym niż nieekranowane kable UTP. Rosnącą konkurencją dla połączeń przewodowych jest wariant Wi-Fi, gdzie jako medium transmisyjne wykorzystane są fale radiowe. Bez względu na „wariant” komunikacyjny, sieci przesyłają te same dane (w sieciach Wi-Fi dochodzi autoryzacja dostępu).



Fotografia 1

Klasy sieci

Przyzwyczajeni jesteśmy do posługiwania się pojęciem adresu IP, zwyczajowo zapisywanego jako ciąg czterech liczb rozdzielonych znakiem kropki (przykładowo komputer, którym się posługuję ma adres IP=192.168.1.16 jako połączenie via kabel ethernetowy, jak pokazuje **rysunek 2** w reakcji na polecenie *ipconfig*). Obecnie są dwa warianty adresacji IP określane jako IPv4 (Internet Protocol version 4) składający się z czterech 8-bitowych liczb oraz IPv6 o znacząco większej liczbie końcowych adresów. IPv6 (Internet Protocol version 6) to najnowsza wersja protokołu komunikacyjnego, który identyfikuje urządzenia w sieci i umożliwia im wymianę danych. Powstał, aby zastąpić wyczerpujący się standard IPv4, oferując niemal nieograniczoną liczbę unikalnych adresów, dzięki zastosowaniu 128-bitowej przestrzeni (zamiast 32-bitowej w IPv4). Jednak w sieciach lokalnych nadal powszechnie stosuje się wariant IPv4 i tym będziemy się zajmować.

Z adresacją IPv4 związane jest pojęcie klasy sieci (klasy A, B, C, D oraz E). Jest to historyczny podział adresów 32-bitowych, określający wielkość sieci na podstawie pierwszego bajtu adresu. Klasy A, B, C służą do adresowania urządzeń (hostów), klasa D do multicastu oraz E do celów eksperymentalnych. Zakresy adresowe z podziałem na klasy są następujące:

- klasa A – zakres adresowy IP: 0.0.0.0 do 127.255.255.255, pozwalający na zbudowanie dużej sieci o ponad 16 mln adresów końcowych,
- klasa B – zakres adresowy IP: 128.0.0.0 do 191.255.255.255, pozwalający na zbudowanie sieci średniej wielkości o 65 534 adresach końcowych,
- klasa C – zakres adresowy IP: 192.0.0.0 do 223.255.255.255, pozwalający na zbudowanie sieci lokalnych o 254 adresach końcowych – adresy, w których ostatnią liczbą jest 0 lub 255 są zarezerwowane,
- klasa D – zakres adresowy IP: 224.0.0.0 do 239.255.255.255,
- klasa E – zakres adresowy IP: 240.0.0.0 do 255.255.255.255.

W ramach klas A, B i C wydzielono specjalne pule adresów prywatnych, które nie są przetwarzane w publicznym internecie. Między innymi w obrębie klasy C (przeznaczonej do budowy sieci lokalnych) wydzie-

```

C:\Windows\System32\cmd.exe
D:\>ipconfig

Windows IP Configuration

Ethernet adapter Ethernet 3:

    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix  . :

Wireless LAN adapter Połączenie lokalne* 9:

    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix  . :

Wireless LAN adapter Połączenie lokalne* 10:

    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix  . :

Ethernet adapter Ethernet 2:

    Connection-specific DNS Suffix  . :
    Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::a5be:6367:dd5:7336%7
    IPv4 Address. . . . . : 192.168.1.16
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Default Gateway . . . . . : 192.168.1.1

Wireless LAN adapter Wi-Fi 2:

    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix  . :

Ethernet adapter Połączenie sieciowe Bluetooth 2:

    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix  . :
    
```

Rysunek 2

W całej puli adresowej IP istnieje jeden wyjątek: IP=127.0.0.1, który oznacza „nas samych”. Adres ten jest zarezerwowany dla pętli zwrotnej (loopback) i służy do testowania połączeń lokalnych. Przykładowo wysłanie polecenia *ping 127.0.0.1* przeznaczonego do testowania „drożności” sieci z jakiegoś komputera jest adresowane do naszego komputera (**rysunek 3**).

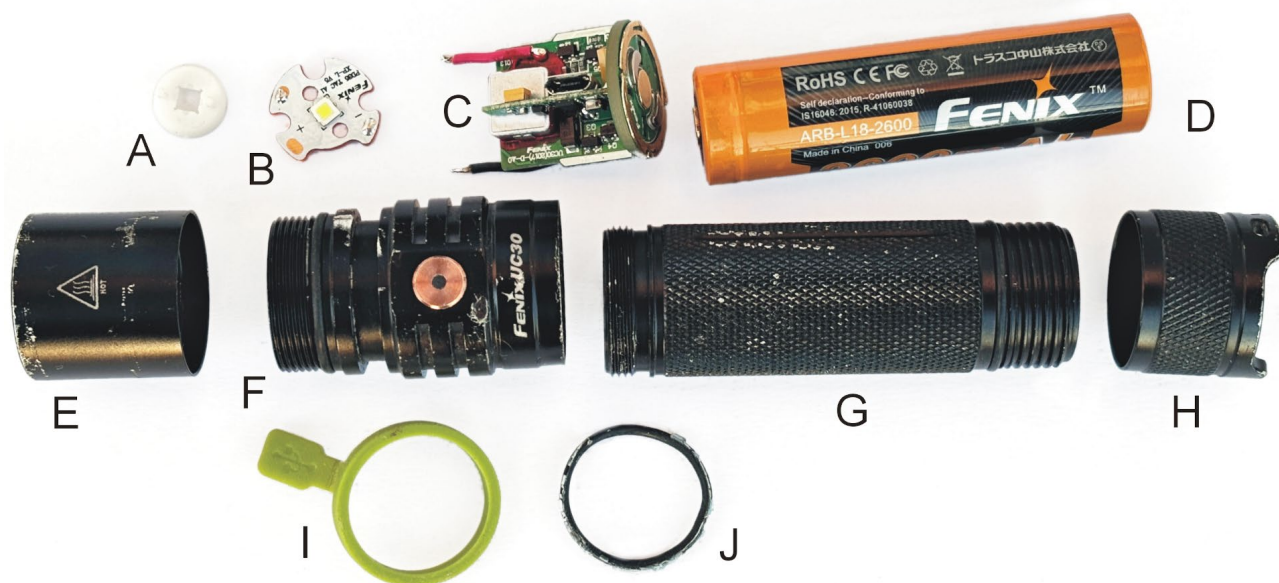
```

WybierzC:\Windows\System32\cmd.exe
D:\>ping 127.0.0.1

Pinging 127.0.0.1 with 32 bytes of data:
Reply from 127.0.0.1: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 127.0.0.1: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 127.0.0.1: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 127.0.0.1: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 127.0.0.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
    
```

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



Historia naprawy latarki Fenix UC30

Chciałbym opisać nietypową usterkę latarki oraz sposób, w jaki próbowałem sobie z nią poradzić. Choć ostatecznie zakończyło się to sukcesem, moje działania były dalekie od optymalnych. Mam jednak nadzieję, że ta historia pokaże innym, że nie zawsze źródło problemu znajduje się tam, gdzie go szukamy.

Opis latarki

Pojawienie się problemu

Próba naprawy

Źródło problemu

Wnioski

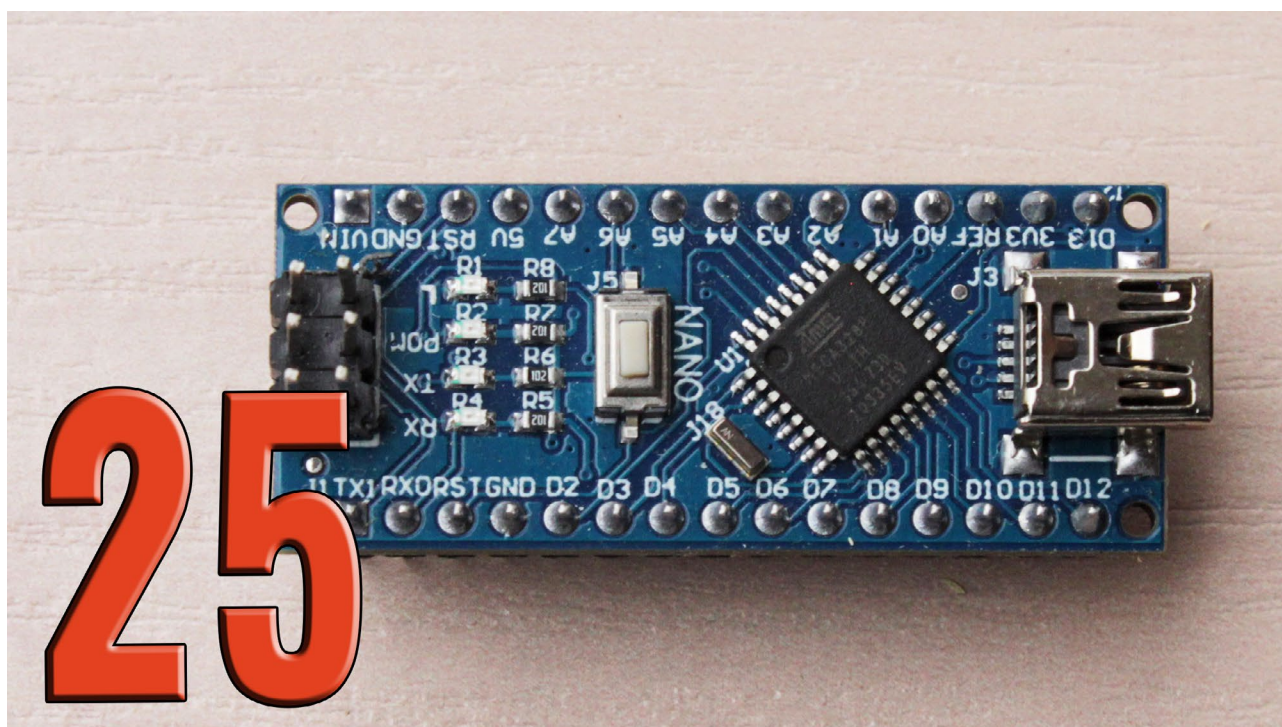
Opis latarki

Najpierw przedstawię główną bohaterkę tej historii, którą jest latarka Fenix UC30 (**fotografia 1**). Kupiłem ją kilka lat temu w sklepie „Kolba”, będącym oficjalnym dystrybutorem tej marki na Polskę. Była to moja pierwsza latarka LED „z prawdziwego zdarzenia”. Wcześniej używałem co najmniej kilku modeli z diodą LED zamiast żarówki, jednak były to proste konstrukcje zasilane bateriami AA lub AAA. Choć według opisów niektóre z nich miały być „latarkami taktycznymi używanymi przez

Natomiast latarka Fenix UC30, za którą zapłaciłem około 250 zł, zaskoczyła mnie bardzo pozytywnie. Szczególnie jasnością, która znacząco przewyższa tę z wcześniej posiadanych modeli. Przy maksymalnej mocy oferuje ona 1000 lumenów, czyli mniej więcej tyle, ile włókno światła mijania typowej samochodowej żarówki H4. Z kolei w najśłabszym trybie daje co prawda zaledwie 5 lumenów, ale za to



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



Mikroprocesorowa ośła łączka, część 25

„Wynalazek” klasy (a także obiektów) to ogromny postęp w tworzeniu oprogramowania. Choć powstał z myślą o komputerach PC i dużych aplikacjach, ma również zastosowanie w małych systemach bazujących nawet na 8-bitowych mikrokontrolerach.

[Klasa bez konstruktora](#)
[Klasa z konstruktorem](#)
[Parametr this](#)

[Operatory rzutowania](#)
[Metody zaprzyjaźnione](#)

Aby móc sprawnie posługiwać się klasami oraz obiektami warto poznać ich istotne cechy. Do zaprezentowania tych cech zostały utworzone proste programy. Proste, ponieważ zbyt złożone algorytmy jedynie komplikowałyby przedstawiane zagadnienia.

Zadaniem prezentowanych programów (w kilku wariantach) jest obliczenie rezystancji wypadkowej dwóch rezystorów w połączeniu szeregowym oraz równoległym. Żeby można było zaobserwować działania programu, będzie on uruchomiony pod kontrolą wbudowanego w Atmel Studio symulatora. Uruchamiając program krokowo można zaobserwować, jakie działania są wykonywane.

Klasa bez konstruktora

W pierwszym wariantcie (program U110A) utworzona klasa nie posiada konstruktora (jak pokazuje **listing 1** na następnej stronie). W tym przypadku *linker* przydzieli obiektowi (obiekt należy traktować jak zwykłą zmienną w pamięci, mającą swój adres oraz zajmującą określoną wielkość) odpowiednie miejsce w przestrzeni pamięci operacyjnej. Podobnie jak „zwykłe” zmienne obszar zajmowany przez obiekt jest wyzerowany (każdy bajt składowy obiektu zawiera zero), jak pokazuje **rysunek 1** (na następnej stronie). Tu warto zwrócić uwagę, że obiekt zajmuje 16 bajtów w pamięci (wynik działania standardowej w C i C++ funkcji *sizeof*).

Patrząc na definicję klasy (listing 1), widać, że zawiera ona cztery zmienne typu *float* (po 4 bajty każdy), łącznie 16 bajtów. Dodatkowo definicja zawiera kolejny nowy element: proste funkcje można „rozwinąć” w samej definicji klasy – istotne szczegóły wyjaśnia rysunek 2. Takie rozwiązanie nadaje się jedynie do prostych przypadków, gdyż kompilator zamiast zrealizować wywołanie od-

```
float Wynik1 ;
float Wynik2 ;
uint8_t Size ;
```

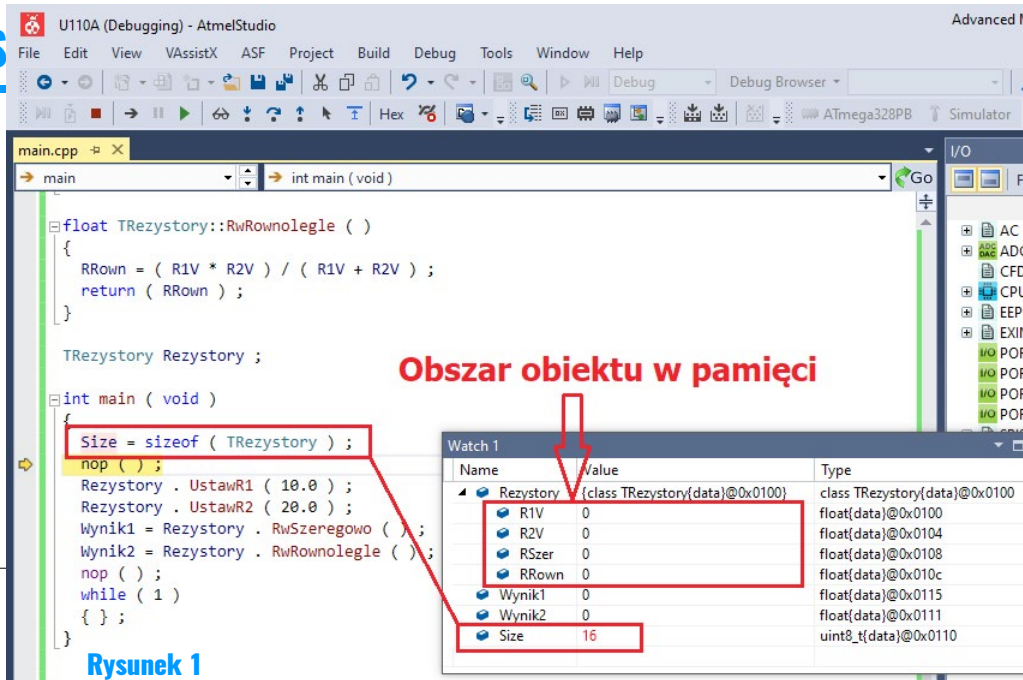
```
class TRezystory {
public :
    void UstawR1 ( float R1Val ) { R1V = R1Val ; } ;
    void UstawR2 ( float R2Val ) { R2V = R2Val ; } ;
    float Rwszeregowo ( ) ;
    float Rwrównolegle ( ) ;
private :
    float R1V ;
    float R2V ;
    float RSzer ;
    float RRown ;
};
```

```
float TRezystory::Rwszeregowo ( )
{
    RSzer = R1V + R2V ;
    return ( RSzer ) ;
}
```

```
float TRezystory::Rwrównolegle ( )
{
    RRown = ( R1V * R2V ) / ( R1V + R2V ) ;
    return ( RRown ) ;
}
```

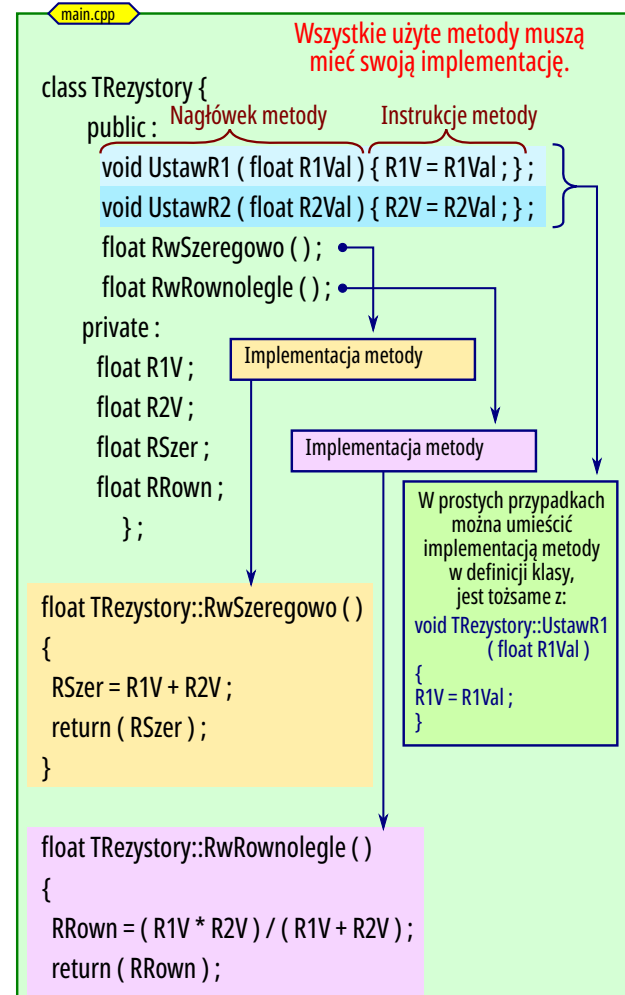
```
TRezystory Rezystory ;
```

```
int main ( void )
{
    Size = sizeof ( TRezystory ) ;
    Rezystory . UstawR1 ( 10.0 ) ;
    Rezystory . UstawR2 ( 20.0 ) ;
    Wynik1 = Rezystory . Rwszeregowo ( ) ;
    Wynik2 = Rezystory . Rwrównolegle ( ) ;
}
```

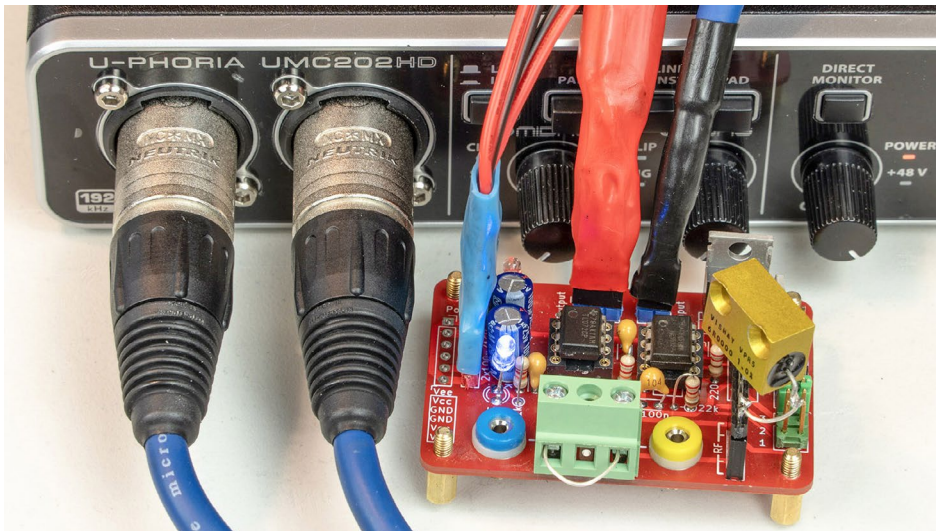


Rysunek 1

powodniej funkcji (jak przykładowo użycie metody, której implementacja występuje w postaci klasycznej funkcji) jej realizację umieści w kodzie w miejscu wywołania (zamiast wygenerować instrukcję wywołania funkcji), co w konsekwencji doprowadzi do wielokrotnego powielenia kodu funkcji.



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



Wspólnie projektujemy: Przystawka do karty audio

Na łamach ZE przewija się intrygujący temat wykorzystania kart audio do rozmaitych pomiarów. Proponuję, żebyśmy w cyklu *Wspólnie projektujemy* zajęli się bardzo ważnym tematem przystawek pomiarowych. Spróbujmy wspólnie zrealizować różne przystawki, a przynajmniej przeprowadźmy eksperymenty.

Mnóstwo osób posiada różne dobre 24-bitowe komputerowe karty audio, a nawet lepsze, ale nie wykorzystuje ich do pomiarów. I nic dziwnego! Podstawową przyczyną jest brak przystawek wejściowych ułatwiających takie zadania.

Nie ma wątpliwości, że komputerowe karty audio wraz ze stosownym programem komputerowym, mogą służyć w roli przyrządów pomiarowych, ponieważ wyposażone są w wielobitowe przetworniki analogowo-cyfrowe. Słabe karty audio mają przetwornik 16-bitowy, czyli rozróżniający 65536 poziomów napięcia, co daje teoretyczną rozdzielczość 0,0015% i dynamikę 96 decybeli. Realna dynamika jest mniejsza, ale i tak bardzo duża w porównaniu z oscyloskopami. Przypomnę, że typowe oscyloskopy mają przetwornik 8-bitowy,

czyli rozróżniają 256 poziomów napięcia, a tylko nieliczne mają przetworniki 12- lub 14-bitowe.

Tymczasem mnóstwo komputerowych kart audio ma przetworniki 24-bitowe. Pasma co prawda jest ograniczone do kilkudziesięciu kiloherców, ale za to dynamika jest znakomita. Wprawdzie z uwagi na nieuchronne szумы i inne okoliczności nie można osiągnąć teoretycznej, 24-bitowej dynamiki, wynoszącej 144 decybeli, ale nawet budżetowe karty pozwalają uzyskać znakomitą dynamikę rzędu 120 decybeli, czyli milion razy.

Dzięki temu mogą pracować nie tylko jako oscyloskopy, ale przede wszystkim jako znakomite analizatory widma o ogromnej dynamice! Dostępnych jest wiele programów komputerowych, które to realizują, w tym rewelacyjny REW.

Zadanie konkursowe YK053 brzmi:

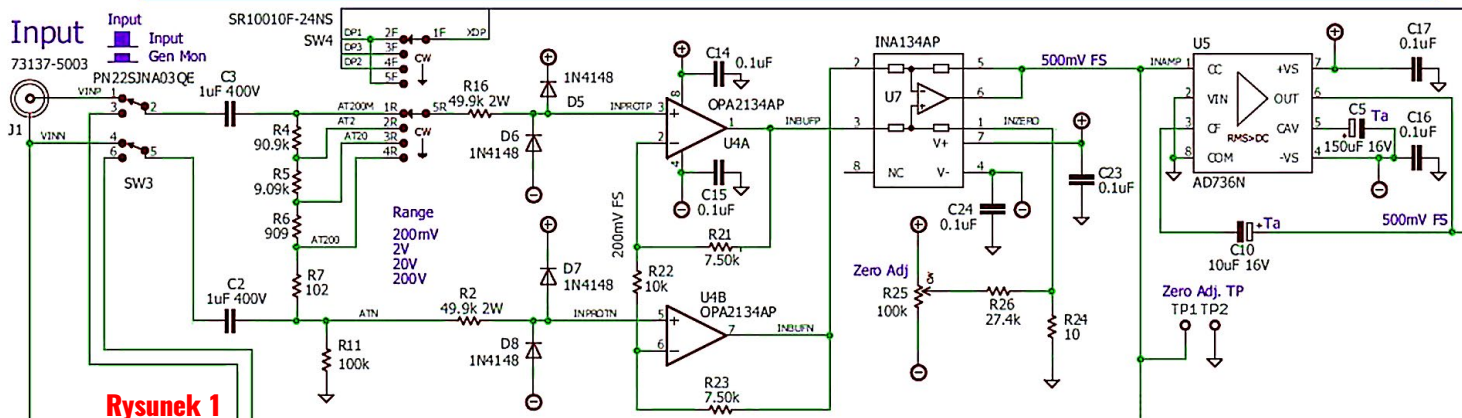
Zaproponuj przystawkę pomiarową do komputerowej karty dźwiękowej.

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

Nadesłane prace zostaną omówione w numerze 9/2026 czasopisma **Zrozumieć Elektronikę**.

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

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



Rysunek 1

Programy są darmowe, przyzwoitą budżetową kartę z przetwornikiem 24-bitowym można kupić za około 300 złotych, ale oryginalna karta nie jest przeznaczona do pomiarów i dlatego właściwości jej wejść są odpowiednio tylko do klasycznych zastosowań „dźwiękowych”.

Głównym problemem są właśnie właściwości wejść, które z reguły mają rezystancje wejściową rzędu pojedynczych kiloomów, najwyżej kilkudziesięciu kiloomów. Wiele osób słusznie obawia się, że przypadkowe podanie zbyt silnego sygnału na wejście mikrofonowe może je uszkodzić.

Jest też kłopot z regulacją wzmocnienia, czyli czułości karty. A przy większości pomiarów bardzo ważna jest informacja o wielkości badanych sygnałów. Typowa karta nie spełnia „oczekiwań pomiarowych” i dlatego potrzebne są różne przystawki wejściowe.

Proponuję przede wszystkim zewnętrzne przystawki, a nie przeróbkę kart, bo przeróbka jest dużo trudniejsza i narzuca liczne ograniczenia. Ponadto są różne „potrzeby pomiarowe” i potrzebne są różne przystawki. Wspomnę o trzech głównych grupach przystawek: (1) wysokoomowych, (2) ultraniskosumnych oraz (3) przeznaczonych do testowania elementów i obwodów elektronicznych.

Dobra wiadomość jest taka, że w najprostszej wersji przystawka ma pracować w pasmie audio, a nawet w przypadku kart z próbkowaniem 192 kHz pasmo pomiarowe nie przekracza 100 kHz. To znakomicie ułatwia zadanie. Trzeba tylko uwzględnić specyfikę związaną z docelowym zastosowaniem – oto garść szczegółów.

1. Wysokoomowe przystawki „oscylskopowe”. Najprościej biorąc, jeżeli karta audio ma pełnić rolę użytecznego oscylskopu lub uniwersalnego analizatora widma, to impedancja wejściowa powinna być duża. Najlepiej żeby miała, tak jak w oscylskopach, 1 megaom rezystancji i jakąś nieuniknioną niewielką pojemność (kilkanaście pikofaradów), mało istotną w zastosowaniach audio. Takie wejście pozwoli wykorzystać typowe bierne

sondy oscylskopowe, które muszą współpracować z wysokoomowymi wejściami (1 Mohm || kilkanaście pikofaradów).

No i oczywiście taka wysokoomowa przystawka powinna zapewnić skokową regulację wzmocnienia / tłumienia. Tak, żeby mogła pracować z dużymi sygnałami do kilkudziesięciu woltów (do 100...150 woltów międzyszczytowo), jak też z małymi sygnałami o amplitudach rzędu miliwoltów.

Trzeba więc po pierwsze, zapewnić skokową regulację wielkości sygnału w dość szerokim zakresie, a do tego dobrze byłoby na wszystkich zakresach utrzymać niezmienną impedancję wejściową, żeby można było korzystać z biernych sond oscylskopowych.

Na **rysunku 1** widać fragment znalezionej w Internecie schematu bodaj najbardziej znanej przystawki do karty audio. Nie znaczy to, że taka przystawka jest najlepsza. Stopień trudności przy projektowaniu i budowaniu własnej przystawki zależy od przyjętych założeń oraz postawionych wymagań. W bardziej złożonej wersji przystawka ma pracować i jako wzmacniacz słabych sygnałów, i jako tłumik silnych. Ale można zrezygnować ze wzmacniania i zrealizować tylko tłumienie.

Można też zrezygnować z wymagania, żeby na różnych zakresach czułości impedancja wejściowa pozostawała niezmienna, co zapewne ułatwi zadanie.

W oscylskopach jesteśmy przyzwyczajeni do tego, że z ekranu odczytujemy wartości napięć i dlatego mamy w nich skokową regulację czułości w sekwencji 1-2-5-10-20-50... W przypadku karty audio, rzadziej będzie ona wykorzystywana w roli oscylskopu, a nieporównanie częściej w roli znakomitego analizatora widma. A wtedy bardziej interesują nas zależności decybelowe. Dlatego w przystawkach do kart audio raczej bardziej sensowna będzie skokowa regulacja w sekwencji 1 – 3,16 – 10 – 31,6 – 100..., czyli 0dB – 10dB – 20dB – 30dB – 40dB... To dobra wiadomość, bo w uniwersalnych przystawkach wejściowych obwody regulacji mogą być prostsze. Tylko trzeba jeszcze zaproponować schemat.

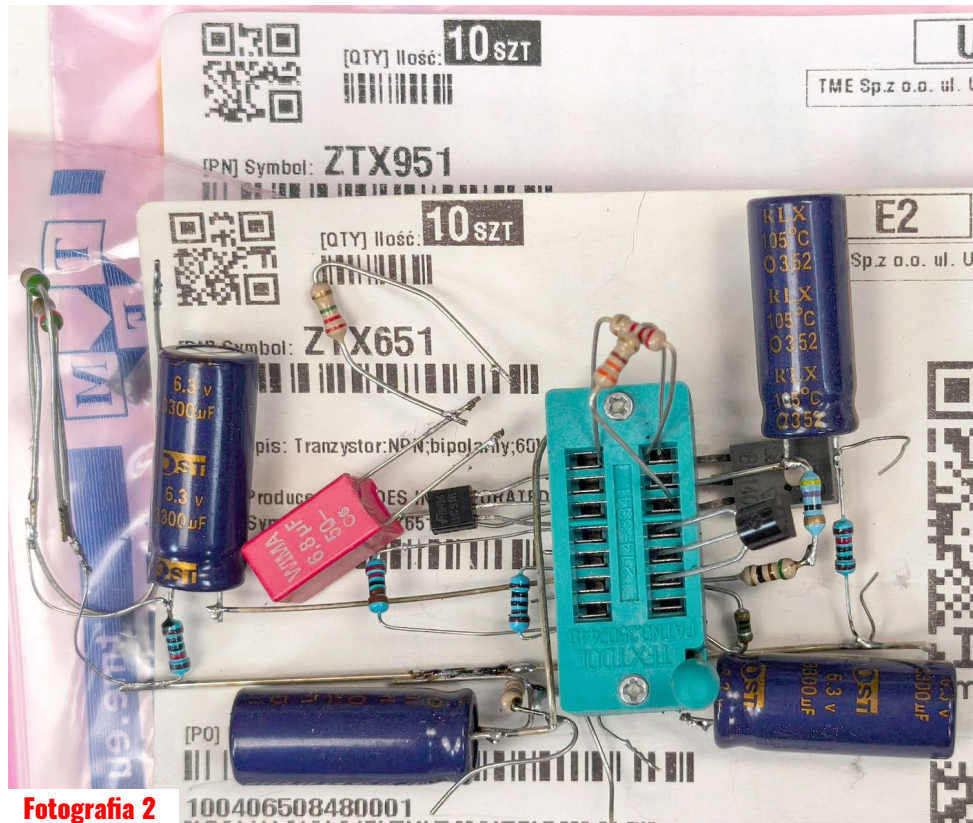
2. Przystawki ultraniskoszumne.

Wiele osób chce mieć i mierzyć jak najmniej szumiące wzmacniacze i zasilacze, ale nie wnika w obszerny i skomplikowany problem szumów. Otóż często chcemy mierzyć małe sygnały, w tym także rozmaite szумы, ale nie jest to łatwe, bo szумы użytego wzmacniacza pomiarowego mogą być większe niż mierzone sygnały czy szумы. Ogólnie biorąc: jeżeli chcemy mierzyć małe sygnały i szумы, to nie nadają się do tego uniwersalne przystawki o rezystancji wejściowej 1 megaom. Źródła takich małych sygnałów najczęściej mają małą rezystancję wewnętrzną i dlatego do wstępnego wzmocnienia ich sygnałów potrzebne są specyficzne wzmacniacze o małej gęstości szumów napięciowych, potocznie nazywane ultraniskoszumnymi.

Tradycyjnie takie wzmacniacze mają w stopniach wejściowych jak najmniej szumiące tranzystory bipolarne. Istnieją tzw. ultraniskoszumne wzmacniacze operacyjne, na przykład AD797, LT1028, OPA1611 / OPA1612. Ale nie wszyscy wiedzą, że jeszcze mniejsze szумы można uzyskać za pomocą prostszych wzmacniaczy z tranzystorami dyskretnymi. **Fotografia 2** przedstawia moje pierwsze przyrządki do realizacji takiego wzmacniacza.

Tak! Najniższe szумы można uzyskać w dość prosty sposób, łącząc równolegle kilka tranzystorów w stopniu wejściowym. A to oznacza, że przystawka ultraniskoszumna do mierzenia najmniejszych sygnałów musi mieć specyficzną budowę i właściwości. Niekoniecznie budowę skomplikowaną, ale na pewno specyficzną. To jest naprawdę bardzo interesujący temat, który można zgłębiać właśnie z wykorzystaniem nawet budżetowych komputerowych kart audio. Zachęcam więc do zbadania tematu przystawek ultraniskoszumných i do eksperymentów! Nie jest to ani trudne, ani kosztowne, tylko trzeba sporo eksperymentować, bowiem różne typy i poszczególne egzemplarze tranzystorów szumią w różnym stopniu i nie ma prostych recept.

3. Przystawki do badania elementów. Po wszechnie wiadomo, że najprostszy sposób pomiaru elementów za pomocą karty audio wymaga zastosowania tylko jednego rezystora, który wyznacza punkt odniesienia. W sumie chodzi o pomiar nie tylko rezystancji, ale i impedancji, a tym samym także pojemności i indukcyjności.



Fotografia 2

Jeden rezystor to minimum, ale jeżeli chcemy mierzyć, najprościej mówiąc – lepiej, to potrzebna jest przystawka, która rozszerzy zakres pomiarowy i zwiększy dokładność. Możliwości są różne. Warto przeanalizować i ofertę programów komputerowych, które pozwalają mierzyć parametry elementów, i właściwości przydatnej do tego przystawki.

Zasilanie. Mówimy przede wszystkim o komputerowych kartach audio – o kartach zewnętrznych. Z reguły są to karty dołączane za pomocą USB i zasilane przez USB napięciem 5 V.

Planowane w ramach tego zadania przystawki pomiarowe do kart audio też wymagają jakiegoś zasilania. Nie jest to drobny szczegół, tylko bardzo ważna kwestia! 24-bitowa karta potencjalnie zapewnia znakomitą dynamikę, ale łatwo to zepsuć, jeśli nieprawidłowo zostaną zrealizowane obwody zasilania, a w szczególności obwody masy. Ogólnie biorąc, „masa komputera jest mocno zaśmiecona”, co dotyczy też zasilania zapewnianego przez USB. Temat ma liczne aspekty, po części też bardzo korzystne. Ale nie wchodząc w szczegóły, trzeba zdecydować, jak ma być zasilana przystawka do karty audio.

Najwygodniej byłoby też wykorzystać zasilanie USB z komputera, ale mogą się pojawić kłopoty, głównie z masą. Dlatego w grę wchodzi wykorzystanie izolowanej przetwornicy impulsowej, która zasilana z USB da odseparowane napięcie pojedyncze lub symetryczne, potrzebne dla przystawki.

Fotografia 3 pokazuje dwa przykłady wchodzących tu w grę przetwornic indukcyjnych. Ta na górze zawiera transformator, co zapewnia izolację galwaniczną, bardzo istotną w takich właśnie zastosowaniach. Dolna przetwornica ma wspólną masę, ale to nie znaczy, że masa przystawki musi być połączona z minusem zasilania USB.

Atrakcyjne i optymalne może okazać się bowiem zasilanie przystawki z baterii lub akumulatorów, co najskuteczniej eliminuje problem zakłóceń związanych z łączem USB. Szczegóły należy zbadać eksperymentalnie po zrealizowaniu przystawki, ale warto od początku przewidzieć różne możliwości dotyczące zasilania.

Fotografia 4 przedstawia dwa moje „bateryjne zasilacze symetryczne”, wyposażone w dwubiegunowe wyłączniki. Warto zauważyć, że w jednym z koszyków włożone są cztery akumulatory litowo-jonowe, co daje napięcie około $\pm 7,4$ V.

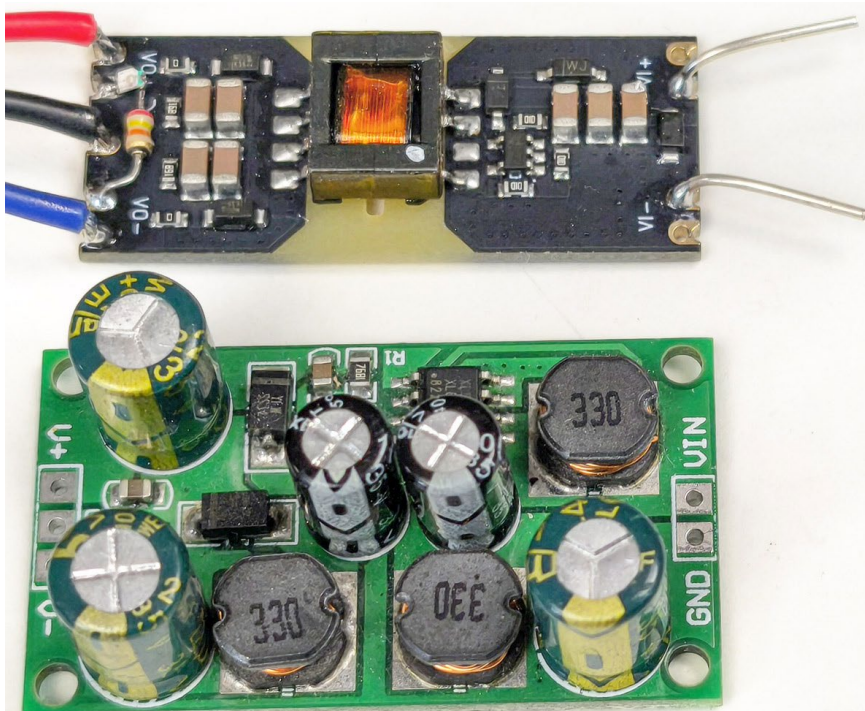
W Internecie jest sporo informacji o różnych przystawkach do kart audio. Niektóre przystawki są mocno skomplikowane i kosztowne w realizacji (przykład na rysunku 1) i aż prosi się, żeby je uprościć. Inne są proste, ale mają różne wady. Warto zbadać temat i zaproponować coś odpowiedniego do naszych współczesnych potrzeb.

Podsumowując: komputerowe karty audio naprawdę mogą być znakomitymi przyrządami pomiarowymi, tylko trzeba zbudować i przetestować odpowiednie przystawki.

Przede wszystkim zachęcam więc do przedstawienia na łamach ZE praktycznie zrealizowanych własnych przystawek! Jednak tematyka jest bardzo obszerna i w sumie niełatwa, dlatego jeśli Ty także interesujesz się takimi przystawkami i chcesz przeprowadzić eksperymenty – śmiało

napisz do mnie (kontakt@piotr-gorecki.pl). Możemy wspólnie popracować nad różnymi wersjami przystawek pomiarowych. Zachęcam więc do udziału w tym bardzo praktycznym zadaniu! ©

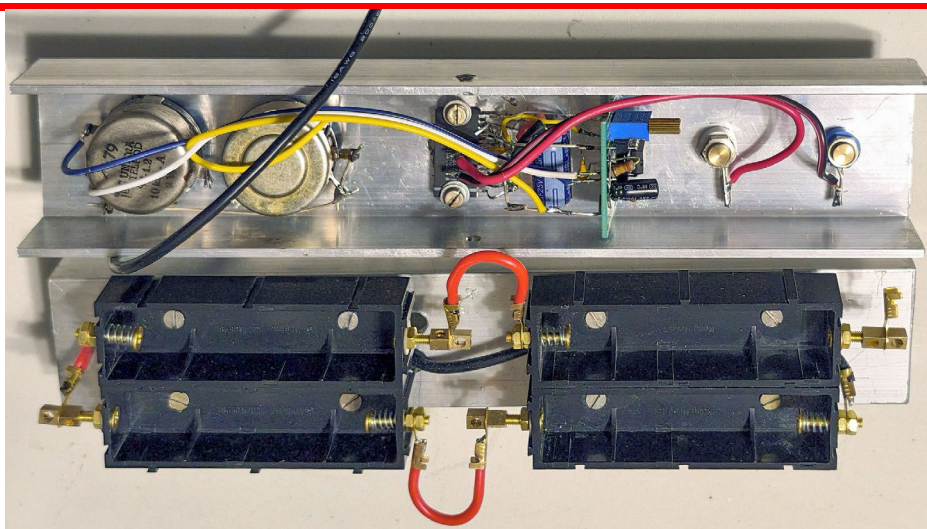
Piotr Górecki



Fotografia 3



Fotografia 4



Wspólnie projektujemy: Zasilacz bipolarny

Zasilacze to jeden z tematów cieszących się największym zainteresowaniem. Zaproponowałem, żebyśmy zajęli się czymś na pozór drobnym, ale przydatnym. Mianowicie zasilaczem bipolarnym, który może dać na wyjściu napięcie o dowolnej biegunowości. Dobrze, żeby to był zasilacz bateryjny (akumulatorowy).

W marcowym numerze (ZE 3/2026) postawione było zadanie konkursowe YK050: **Zaproponuj koncepcję i schemat płynnie regulowanego zasilacza bipolarnego, na którego wyjściu można ustawić napięcie dodatnie, zerowe lub ujemne.**

Nie chodzi o zasilacz symetryczny, który daje napięcie dodatnie i ujemne względem masy, czyli nie chodzi o te dwa powiązane zasilacze. Celem jest coś, tylko troszkę podobnego: jeden zasilacz, mający możliwość płynnej regulacji napięcia wyjściowego. Chodzi o zasilacz z pojedynczym wyjściem (dwa zaciski), tak zbudowany, żeby na wyjściu można było łatwo ustawić napięcie dodatnie lub ujemne oraz oczywiście zero i napięcia dodatnie i ujemne bliskie zeru.

Nie jest to teoretyczny wymysł. W elektronicznej praktyce niezbyt często, ale zdarza się, że potrzebne jest napięcie ujemne lub dodatnie o regulowanej wartości. Bywa potrzebne na przykład w układach zawierających tranzystory MOSFET, zwłaszcza zubożane (depletion mode) oraz w układach lampowych, gdzie trzeba regulować ujemne lub dodatnie napięcie siatki. A oto inny przykład:

Dzień dobry, widzę kilka rozwiązań:

1. Na wzmacniaczach operacyjnych (rysunek 1). Jeżeli potrzebny jest

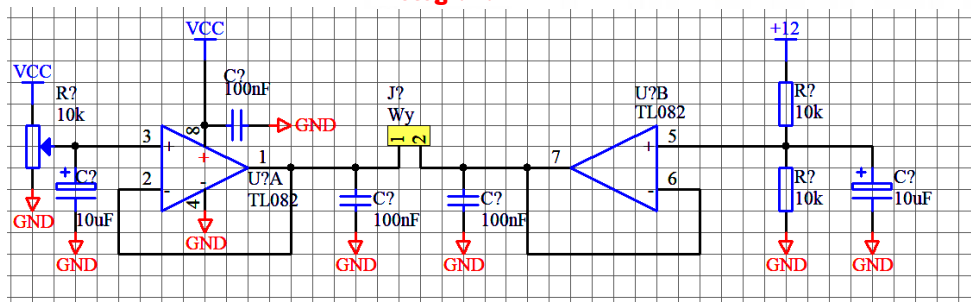
wiekszy prąd to na TDA2030, 2040, 2050, które można kupić po kilka złotych.

2. Inna opcja to klasyczna konstrukcja + przełącznik do zmiany polaryzacji albo mostek H, choćby leciwy L298 albo coś nowszego jak L6201...3. Ale uwaga, one mają układ bootstrapu, więc muszą być kluczowane, albo trzeba dostarczyć zewnątrz napięcie wyższe od zasilającego do obwodów bootstrapu.

3. Dwukierunkowy zasilacz do „kolejki”, gotowiec (fotografia 2).



Fotografia 2



Rysunek 1

Mam kilka, jednego używam do... regulacji jasności listwy LED. Używany jest sporadycznie, więc niska sprawność (na LM317) mi nie przeszkadza. Nowsze wersje mają zasilacz impulsowy, starsze transformatorowy.

Lepszy jest opisany w - **rysunek 3**. Niestety na szybko nie znalazłem skanów tego zeszytu.

Pozdrawiam
Sławomir Skrzyński

A oto rozwiązanie, które przysłał niezawodny **Tadeusz Suszał**:

Dzień dobry a raczej dobry wieczór, w załączeniu próba rozwiązywania zadania konkursowego YK050. Na razie na etapie prototypu w bardzo niedoskonałej formie montażowej. Ale czasu miałem tylko kilka dni (jak student na ostatnią chwilę), a montaż, nawet na płytce prototypowej, wymaga dużo czasu. Ja to wczoraj zmontowałem a dziś próbowałem uruchomić i testować. Testy nie są obszerne, ale udało się ustalić najważniejsze: **układ działa**. Więcej się nie dało rady (nie wiem, czy byłby sens na więcej w tym montażu), bo mi się zasilacz wyłączył. Później do niego zajrzę, co się tam stało, może tylko bezpiecznik. Dziś już nie było czasu na takie serwisy. W załączeniu materiały związane z tematem.

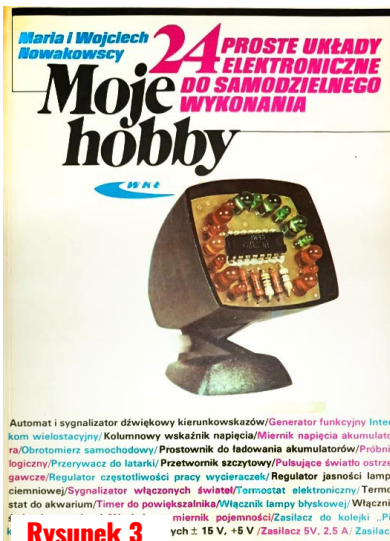
Pozdrawiam
Tadeusz Suszał

Zadanie konkursowe YK050

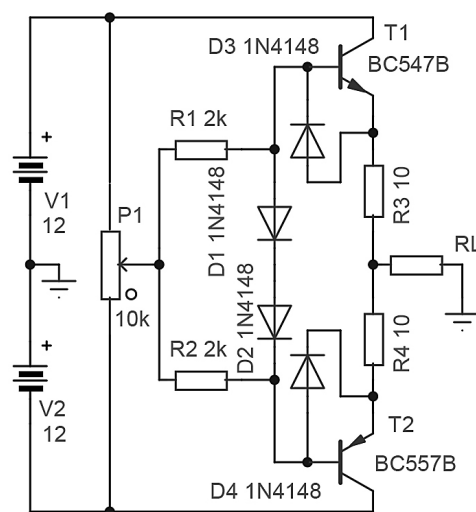
Zasilacz bipolarny dwukońcówkowy (dwukwadrantowy) służy do precyzyjnego generowania napięcia, które może być płynnie regulowane od wartości ujemnych do dodatnich, na tej samej parze zacisków. Pozwala na zmianę znaku napięcia (np. od -10 V do +10 V) bez odłączania i zamieniania przewodów. Urządzenie może więc działać jako źródło napięcia dodatniego i ujemnego na tych samych zaciskach.

Istnieją specjalizowane układy umożliwiające realizację takich funkcji, np. regulator LT8714 (Analog Devices), zaprojektowany do pracy w czterech kwadrantach. Przykładowe rozwiązanie dwukońcówkowego zasilacza bipolarnego opartego na tym układzie przedstawiono tu: <https://www.analog.com/en/resources/design-notes/two-terminal-bipolar-power-supply.html>.

Układ ten jest dostępny w sprzedaży (np. Mouser Electronic) i kosztuje około 12 USD. W ni-



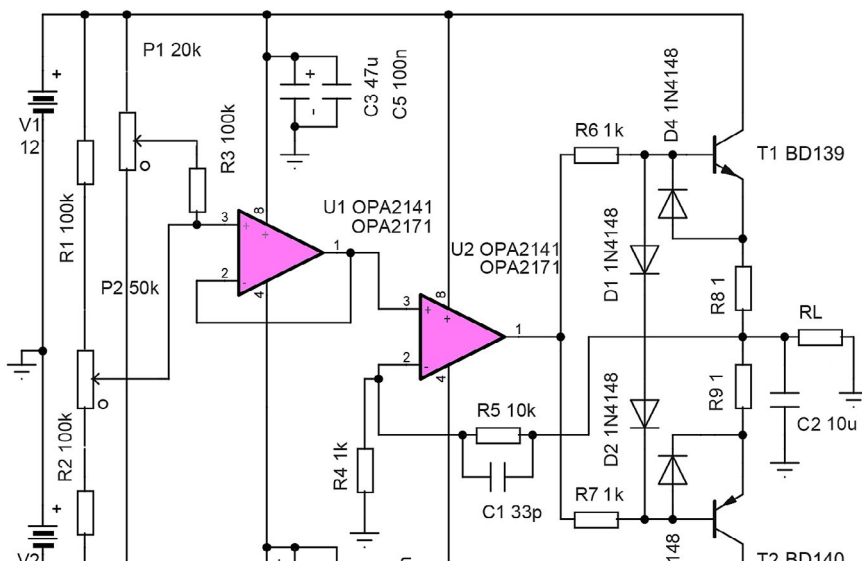
Rysunek 3



Rysunek 4

nuje ono rozwiązaniom zintegrowanym, nie wymaga specjalizowanego układu i może stanowić punkt wyjścia do dalszych eksperymentów. Na wstępie przedstawiono prosty układ z **rysunku 4**. Jest to elementarna realizacja regulatora bipolarnego. Główną wadą tego rozwiązania jest brak sprzężenia zwrotnego z wyjścia, co skutkuje brakiem stabilizacji napięcia. Wartość napięcia zależy od parametrów tranzystorów (V_{BE} , β), temperatury oraz obciążenia. W układzie tym istnieje również ryzyko niestabilności termicznej (tzw. runaway), szczególnie przy większych prądach. Przy prądach rzędu 10–20 mA zjawisko to nie jest groźne, jednak należy mieć je na uwadze.

Układ z rysunku 4 można traktować jako eksperyment i punkt odniesienia do rozwiązania przedstawionego na **rysunku 5**. W tym układzie zastosowano wzmacniacz operacyjny, który wprowadza sprzężenie zwrotne i stabilizuje napięcie wyjściowe. Wzmacniacz „pilnuje” napięcia wyjściowego i ogranicza dryft punktu pracy wynikający ze zmian temperatury czy obciążenia. Układ z rysunku 5 umożliwia obciążenie prądem do około



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



Elementy nieomowe. Czy dioda ma rezystancję?

Oto kolejny artykuł z serii omawiającej niewzruszone fundamenty elektroniki przewodowej. W dwóch poprzednich zajmowaliśmy się rezystorami i rezystancją. W trzecim, poniższym, też w centrum uwagi jest rezystancja. Omawiam zarówno prawo Ohma, jak też kilka przykładów elementów nieliniowych.

[Go tak naprawdę mierzymy?](#)
[Czy dioda „ma” rezystancję?](#)
[Czym jest, a czym nie jest prawo Ohma](#)

[Elementy nieomowe – nieliniowe](#)
[Charakterystyki liniowe i nieliniowe](#)
[Napięciowo-prądowa czy prądowo-napięciowa?](#)

W tym artykule przedstawiam kolejne fundamentalne zagadnienia, a dodatkowo dużo miejsca poświęcam popularnym błędnym wyobrażeniom, które przeszkadzają w nauce elektroniki.

Na początek podkreślę, że w artykułach i filmach przeznaczonych dla początkujących celowo, nieprzypadkowo używam nieprecyzyjnego i ogólnego określenia „oporność”, a nie rezystancja. Po to, żeby nie utożsamiać „oporności” jedynie z rezystancją. My, elektronicy słów „oporność”, „opór” używamy rzadko, bo w elektronice mamy do czynienia z bardzo różnymi rodzajami i odmianami „oporności”, między innymi z reaktancją i impedancją, ale nie tylko.

Kwestią, czym tak naprawdę jest **rezystancja** zajmujemy się w innym artykule, dopiero po omówieniu kondensatora i cewki, bo wtedy poznamy takie rodzaje „oporności” jak **reaktancja** i **impedancja**.

W tym i w następnym artykule zajmiemy się różnymi odmianami rezystancji, czyli odmianami „najprostszej oporności”. Ma to ścisły związek z prawem Ohma. Problem wielu elektroników, i nie tylko, polega na tym, że edukację zaczynali od ładunków, od przepływu prądu w drutach i od prawa Ohma. Wpojono im przekonanie, że najważniejsze jest pochodzące sprzed 200 lat prawo Ohma. Spróbujmy „wyprostować” niektóre potoczne, fałszywe wyobrażenia.

Co tak naprawdę mierzymy?

Początkującym się wydaje, że tak jak woltomierz mierzy tylko wolty (napięcie), a amperomierz – tylko ampery (natężenie), tak omomierz mierzy „tylko” omy – „prawdziwe omy” (rezystancję). Rzeczywistość jest dużo bardziej skomplikowana.

Poniższa **fotografia 1** prezentuje bardzo popularny element elektroniczny – diodę 1N4148. Na **fotografii 2** widać, że poszczególne multimetry pracujące w roli omomierza pokazują różną rezystancję tej diody. Dwa mają wskazania niedalekie od dwóch megaomów, a trzeci pokazuje niewiarygodnie wielką oporność 125 megaomów. Nie jest to błąd! Dla nieco bardziej zaawansowanych: to jest pomiar rezystancji w kierunku przewodzenia diody, a nie w kierunku zaporowym!

Zaskakujące i bardzo interesujące są wyniki pomiaru rezystancji tego egzemplarza diody profesjonalnym i bardzo dokładnym multimetrem Keithley 2000. Na **fotografii 3** widać wskazania na różnych zakresach pomiarowych rezystancji. Zależnie od zakresu pomiarowego, wskazanie zmienia się od prawie 400 000 omów do 621 omów.



Fotografia 1



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



Specyfika akumulatorów litowych

Akumulatory litowe zostały wstępnie omówione w artykule [Akumulatory wczoraj i dziś \(2\)](#), w numerze 7/2025. Natomiast poniższy materiał zawiera najważniejsze informacje i wskazówki praktyczne, dotyczące tych absolutnie najważniejszych dziś rodzajów akumulatorów, z jakimi mamy powszechnie do czynienia.

Akumulatory litowe

Prawdziwe parametry akumulatorów litowych?

Ładowanie i rozładowanie akumulatorów litowych

Akumulatory Li-Ion (oraz Li-Po)

Akumulatory LiFePO4

Wątpliwości dotyczące oznaczeń i odmian

We wcześniejszych artykułach tego cyklu omówiłem akumulatory zasadowe i kwasowe, a to jest pierwszy z artykułów omawiających akumulatory litowe oraz zasady i problemy ich ładowania i rozładowywania. Ten artykuł zawiera informacje podstawowe. W kolejnych omówiona zostanie kwestia ochrony pojedynczych akumulatorów i zestawów, a potem niełatwe zagadnienia dotyczące balansów. Najpierw jednak trzeba przypomnieć podstawy.

Nie irytuj się, że w artykułach tej serii będę powtarzał to, co najważniejsze: **wszelkie akumulatory litowe są dużo bardziej delikatne, niż akumulatory kwasowe czy zasadowe**. Mają lepsze parametry, ale **łatwo je uszkodzić a nawet spowodować pożar**.

Podkreślam to, ponieważ wiele osób nie tylko miało i ma do czynienia z akumulatorami kwasowymi, ale też nabyło silnych przyzwyczajeń dotyczących ich obsługi. Co prawda w dużej części prawdziwa jest opinia, że akumulatory litowe pod różnymi względami są podobne do kwasowych. Jednak **zastosowanie reguł i przyzwyczajeń dobrych dla akumulatorów kwasowych może doprowadzić do wybuchu lub pożaru akumulatorów litowych**, a co najmniej może dramatycznie skrócić ich żywotność!

Właśnie dlatego, też celowo, we wcześniejszych artykułach serii tak dużo uwagi i miejsca poświęciłem akumulatorom kwasowym, a w szczególności kwestii zasad i procedur ich prawidłowego ładowania.

Akumulatory litowe

Najogólniej biorąc, **wszelkie akumulatory litowe są dużo lepsze od kwasowych i zasadowych, ale niestety są znacznie delikatniejsze i łatwo je uszkodzić.**

W szczególności są dużo lżejsze od kwasowych, trwalsze, a ceny są dziś porównywalne. Dwie główne odmiany akumulatorów litowych to **litowo-jonowe** (Li-Ion, Li-Po) oraz **litowo-fosforanowe** (LiFePO₄, LiFePO₄, LFP), które ja nazywam krócej **akumulatorami fosfatowymi**.

Warto pamiętać nie tylko o pojemności wyrażanej w amperogodzinach, ale o zawartości energii, wyrażanej w watogodzinach. Weźmy pojedyncze akumulatory o pojemności 10 amperogodzin. Akumulator zasadowy ma napięcie 1,2 V, więc zawiera porcję energii $1,2 \text{ V} \times 10 \text{ Ah} = 12 \text{ Wh}$. Akumulator kwasowy ma napięcie nominalne 2,1 V, więc jedna cela zawiera 21 watogodzin. A akumulator Li-Ion ma napięcie 3,6 V, więc jeden akumulator 10 Ah zawiera 36 watogodzin energii.

Małe akumulatorki Li-Ion całkowicie wyparły ze sprzętu mobilnego akumulatory zasadowe NiMH, natomiast duże akumulatory LiFePO₄ na naszych oczach wypierają akumulatory kwasowe GEL i AGM.

Przytłaczająca większość małych akumulatorów litowych to właśnie akumulatory litowo-jonowe (Li-Ion). W szczególności ogromnie popularne są cylindryczne akumulatory Li-Ion, znane jako 18650, co oznacza wielkość: średnicę 18 mm i długość 65 mm – **fotografia 1**. Z kolei duże akumulatory litowe, to w zdecydowanej większości fosfatowe (LiFePO₄). Przykłady na **fotografii 2**.

Tak, ale dziś można też kupić małe akumulatorki LiFePO₄ – przykład na **fotografii 3**. Można też kupić duże akumulatory Li-Ion – przykład na **fotografii 4**. Na pewno trzeba rozróżniać te dwie główne grupy: Li-Ion, LiFePO₄, bo mają znacząco różne właściwości.

Skład chemiczny elektrod to jedno, druga kwestia to niezbędny elektrolit między nimi. W większości akumulatorów Li-Ion elektrolit zawierający związki litu jest cieczą. Ale w niektórych jest to polimer, związek organiczny, który ma konsystencję



Fotografia 1



Fotografia 2



Fotografia 3



Fotografia 4

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



Jak działa smartfon?

5G – czy to jeszcze telefonia?

To jest siódmy artykuł serii zainspirowanej pytaniem mojej małżonki: jak działa smartfon? Do tej pory omówiłem radiotelefony oraz generacje od 0G do 4G. W tym artykule zajmiemy się współczesnością, czyli piątą i szóstą generacją telefonii komórkowej, która jednak telefonii wcale już nie przypomina.

Czym jest telefonia 5G?

Historia, współczesność i przyszłość 5G

Co z systemami 6G?

Problemy z 5G i nie tylko z 5G...

Dla osoby „nietechnicznej” próba zrozumienia, jak działa smartfon, jak możliwe jest przesyłanie na dowolne odległości rozmów, tekstów, zdjęć i filmów, przypomina próbę wskoczenia do pędzącego ekspresu (**fotografia 1**). Odpowiedź musi być bardzo obszerna, a osobom „nietechnicznym” nie da się w prosty sposób wyjaśnić wszystkich zadziwiających szczegółów. Jednak można przystępnie wyjaśnić i przybliżyć, pokazać zarys, najważniejsze zasady, a także pewne ciekawostki. Można, tylko w tym celu trzeba wrócić do korzeni i pokazać, jak telefonia powstała i jak się zmieniała.

W poprzednich artykułach tej serii przedstawiłem w skrócie kolejne generacje telefonii komórkowej. Wiemy, że obiecujący, „wojskowy” system 3G (UMTS) został szybko wycofany. Ostatnio pisałem o tym, że powszechnej, „prawdziwej” telefonii 4G tak naprawdę nie było i nie ma, bo LTE nie spełnia wymagań. Dziwimy się, że nadal do rozmów telefonicznych wykorzystuje się mocno już dziś archaiczny system GSM, czyli 2G. I bardzo dużo mówi się o telefonii 5G.



Czym jest telefonia 5G?

Trzeba zacząć od przypomnienia, że telefonie generacji 0G, 1G, 2G oraz 3G wykorzystują zasady „klasycznej telefonii”, polegające na zestawieniu konkretnego połączenia między abonentami na cały czas trwania rozmowy. Natomiast telefonie 4G i 5G to technologie „internetowe”, gdzie, najprościej biorąc, takie konkretne połączenie między abonentami nie jest zestawiane. W tych nowszych systemach każdy abonent cały czas dołączony jest do globalnej sieci komputerowej, a rozmowy telefoniczne są realizowane według potrzeb (z wykorzystaniem technologii VoIP – „głos przez Internet”). I co ogromnie ważne, są tylko drobną częścią świadczonych usług.

Tak naprawdę, nie powinniśmy już mówić o „telefonii 5. generacji”, tylko o „mobilnym Internecie 5. generacji”, bo funkcje telefonowania stają się coraz bardziej marginalne.

A czym różni się 5G od 4G? Jeżeli chodzi o rozwiązania techniczne, to w pierwszym przybliżeniu można powiedzieć, że nie ma znaczącej zmiany „w kwestiach radiowych” – 5G działa podobnie jak 4G. Między generacjami 0G, 1G, 2G, 3G i 4G występowały duże różnice dotyczące „rozwiązań radiowych”. W każdej wykorzystywano fale radiowe, ale do przenoszenia informacji wykorzystywano znacząco różne sposoby modulacji tych fal radiowych, spośród których najdziwniejsze były sposoby rozpraszania sygnału w szerokim paśmie, stosowane w systemach 3G.

W systemach 4G w celu „upchnięcia” w przydzielonym paśmie częstotliwości radiowych jak największej liczby użytkowników i zwiększenia szybkości transmisji, powrócono do nowoczesnych odmian modulacji „bardziej klasycznych”, a konkretnie OFDM (ang. Orthogonal Frequency-Division Multiplexing). W systemach 5G też wykorzystywana jest modulacja OFDM. Systemy 5G są ulepszeniem LTE i systemów 4G.

Podstawowa różnica między 4G i 5G to szybkość przekazywania danych. Z punktu widzenia przeciętnego użytkownika, ale nie tylko przeciętnego, różnice między 4G i 5G polegają praktycznie tylko na szybkości przesyłania danych, bo to jest dla użytkowników najważniejsze.

W poprzednim artykule pisałem, że wczesne systemy LTE nie były telefonią 4G, bo nie spełniały podstawowego warunku, żeby nieruchomy abonent mógł odbierać dane „internetowe” z prędkością (przepływnością) 1 Gb/s, a abonent poruszający się samochodem do 100 Mb/s. To są wymagania dla 4G.

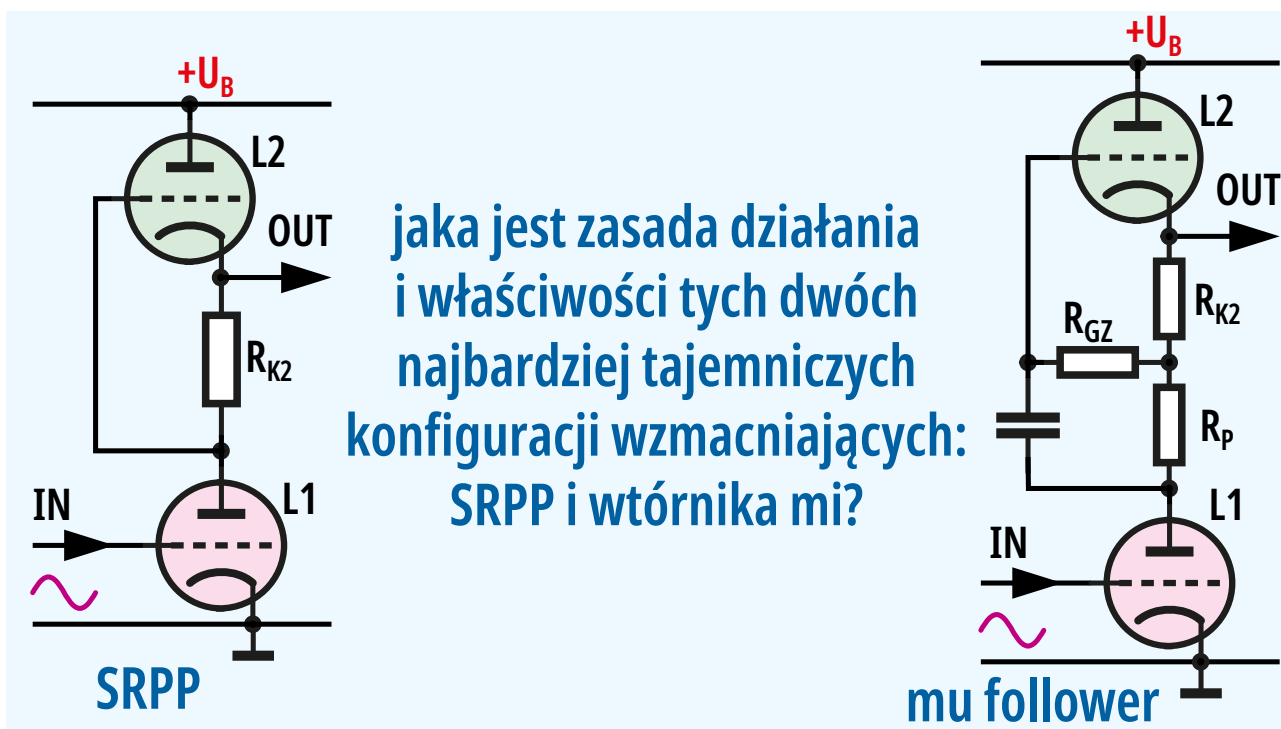
Natomiast systemy 5G mają zapewniać transmi-

te 20 gigabitów to teoretyczna szybkość, jaką system może osiągnąć w powiedzmy, idealnych warunkach. To teoretyczne, „obliczeniowe” możliwości systemów 5G – w praktyce szybkość transferu danych jest wielokrotnie mniejsza, ale i tak zadziwiająco duża. Podkreślam, że dla zwykłego użytkownika smartfona liczy się końcowy efekt, właśnie w postaci szybkości transmisji danych i zwykle nie jest on zainteresowany szczegółami technicznymi. A tymczasem **5G to nie tylko zwiększona szybkość transferu danych – to też liczne inne możliwości!**

5G to już nie jest telefonia, czyli przesyłanie głosu na odległość, tylko szybki Internet. I właśnie bardzo ważną nowością jest możliwość wykorzystania **5G do realizacji Internetu rzeczy (IoT – Internet of Things)**. Do realizacji najróżniejszych inteligentnych systemów, w których urządzenia techniczne komunikują się ze sobą bez udziału człowieka. Jak na razie praktyczne wykorzystanie takich możliwości jest niewielkie, ale właśnie 5G wreszcie daje możliwość rozwoju Internetu rzeczy, czyli najprościej inteligentnych domów, inteligentnych miast czy inteligentnych fabryk.



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



jaka jest zasada działania i właściwości tych dwóch najbardziej tajemniczych konfiguracji wzmacniających: SRPP i wtórnika mi?

Lampowe konfiguracje SRPP i mu follower (3)

W cyklu o lampach elektronowych zajmujemy się dwiema konfiguracjami z dwiema triodami. Te konfiguracje są najłatwiej rozumiane i najbardziej tajemnicze. W poprzednich dwóch artykułach podałem wszystkie niezbędne informacje wstępne, a w tym wreszcie wyjaśnię ich działanie.

Czy SRPP to wzmacniacz przeciwobny?
Zmiany prądu czy rezystancji?
SRPP z pentodą

Ujemna dynamiczna rezystancja obciążenia?
„Dziwne zapętlenie” czyli bootstrap
Mu follower, czyli wtórnik mi

W dwóch ostatnich artykułach zajmujemy się popularnymi, ale słabo rozumianymi, tajemniczymi konfiguracjami z **rysunku tytułowego**, a głównie pierwszą z nich. Do tej samej konfiguracji SRPP podaliśmy z dwóch punktów widzenia. W poprzednim artykule górną triodę widzieliśmy jako dynamiczną rezystancję obciążenia dla głównej, dolnej triody pracującej jako wzmacniacz w układzie ze wspólną katodą. Uzasadniłem też, że górna trioda nie jest wtórnikiem. A wcześniej obie triody układu SRPP traktowaliśmy jako części składowe trochę dziwnego szeregowego wzmacniacza przeciwobnego (series push-pull).

Nie musi tu być żadnej sprzeczności – do licznych układów elektronicznych możemy podchodzić z różnych punktów widzenia, jak nam wygodniej. I właśnie tu mamy znakomity przykład.

Czy SRPP to wzmacniacz przeciwobny?

Zgodnie z nazwą, w konfiguracji SRPP (Series Regulated Push-Pull) dopatrujemy się tu wzmacniacza przeciwobnego, tylko brakuje ważnego szczegółu: we wzmacniaczu przeciwobnym obie lampy powinny być sterowane sygnałami zmiennymi o przeciwnej fazie. Mniej zorientowani być może jeszcze nie widzą, jak jest sterowana górna trioda.

Dlatego trzeba wrócić do wcześniejszego schematu z kondensatorem – **rysunek 1**. Duży kondensator C_{K2} stanowi zwarcie dla sygnałów zmiennych. A to znaczy, że między siatką i katodą L2 nie ma sygnałów zmiennych? Wersja z rysunku 1 na pewno NIE jest wzmacniaczem przeciwsobnym!

A wersja bez kondensatora, według **rysunku 2**?

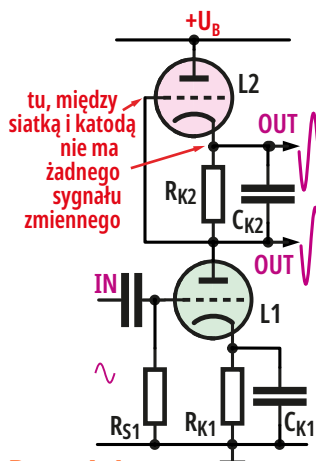
Od biedy **można dopatrywać się tu wzmacniacza przeciwsobnego, ponieważ górna trioda jest sterowana sygnałem zmiennym**, jaki występuje na rezystorze R_{K2} . Otóż wzmacniany sygnał wejściowy podawany jest na siatkę dolnej lampy L1 i powoduje zmiany prądu tej lampy. Dodatkowo połówki sygnału wejściowego zwiększają prąd lampy L1, a tym samym zwiększają też spadek napięcia na R_{K2} , czyli między siatką i katodą górnej lampy L2. A to oznacza zwiększenie ujemnego napięcia siatki względem katody L2.

Na rezystorze R_{K2} niewątpliwie występuje sygnał zmienny. Możemy uznać, że ma fazę odwrotną niż sygnał wejściowy. Inaczej mówiąc, w tym nietypowym układzie górna lampa jest sterowana sygnałem odwrotnym niż dolna, czyli tak, jak we wzmacniaczu przeciwsobnym. Tylko że ten sygnał sterujący dla górnej lampy jest uzyskiwany „niekanonicznie”, bardzo dziwnie, niejako z wewnątrz, a nie z zewnątrz układu, jako spadek napięcia na R_{K2} .

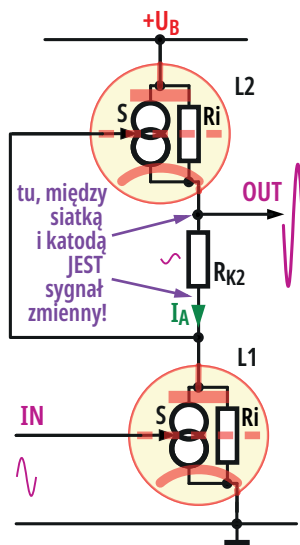
A to wiąże się z poważnymi ograniczeniami. Otóż w „kanonicznych” wzmacniaczach przeciwsobnych amplitudy sygnałów sterujących obiema lampami są jednakowe, a tylko fazy są przeciwne. A tutaj mamy wprawdzie przeciwne fazy, ale amplitudy nie są jednakowe. Górna lampa sterowana jest sygnałem mniejszym niż dolna! Trudno więc mówić o prawdziwym wzmacniaczu przeciwsobnym (SRPP).

Trzeba jednak zauważyć, iż nazwa tej konfiguracji jest też rozszyfrowywana jako Shunt Regulated Push-Pull, gdzie określenie *shunt*, czyli *bocznik*, nawiązuje do faktu, że w roli bocznika pracuje R_{K2} a z niego pobierany jest sygnał sterujący dla lampy L2.

Jest jeszcze inny ważny powód, dla którego trud-



Rysunek 1



Rysunek 2

że prądy obu elementów czynnych nie są jednakowe. Najprościej biorąc – gdy prąd jednego elementu rośnie, drugiego maleje, a różnica ich prądów to prąd obciążenia. To jest oczywiste we wzmacniaczach mocy.

Natomiast omawiana konfiguracja SRPP prawie nigdy nie jest wzmacniaczem mocy, tylko wzmacniaczem napięciowym, którego obciążeniem jest następny, zwykle lampowy stopień. A takie obciążenie ma bardzo dużą rezystancję, więc prąd obciążenia wzmacniacza SRPP jest znikomy, wielokrotnie mniejszy niż prąd płynący przez lampy. Dlatego w praktyce można zaniedbać ten mały prąd obciążenia, a to oznacza, że **w konfiguracji SRPP prąd obu lamp jest jednakowy!** A to zupełnie nie pasuje do wzmacniacza przeciwsobnego push-pull.

Wszystko to świadczy, że w odniesieniu do konfiguracji z rysunku 2 pracującej jako wzmacniacz napięciowy, sygnałowy, określenie SRPP jest naciągane, bardzo słabo uzasadnione. Ale za to jest atrakcyjne i tajemnicze, bo mało kto zagłębia się w szczególności tak głęboko, jak my to teraz robimy.

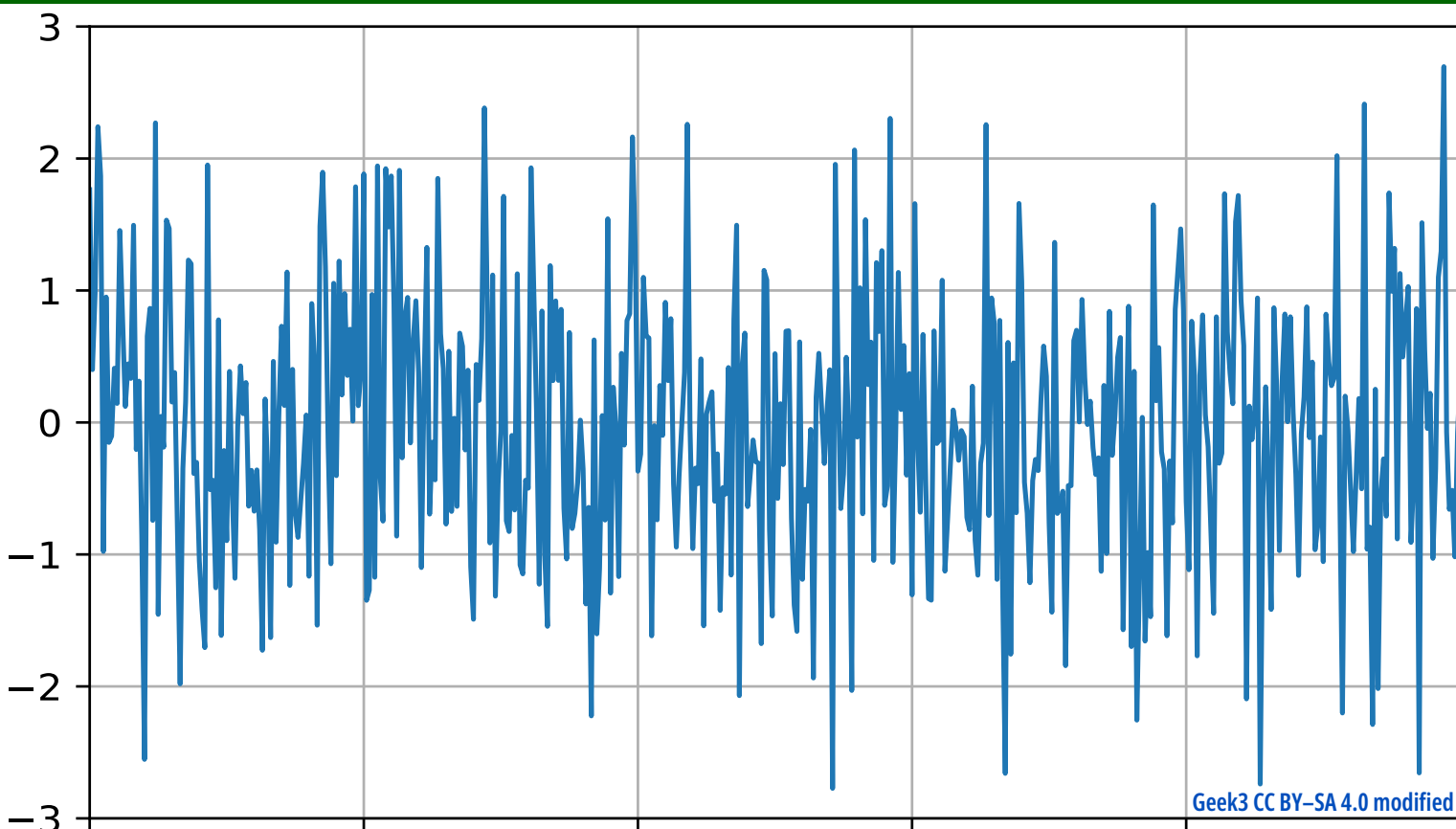
Taki układ wzmacniacza napięciowego nie powinien być traktowany jako wzmacniacz przeciwsobny. Dawniej słusznie traktowano go jako układ „z podciąganiem” (bootstrapped), o czym za chwilę.

Zamiany prądu czy rezystancji?

Wróćmy do innego podejścia: w poprzednim artykule (jak najbardziej słusznie) potraktowaliśmy konfigurację SRPP jako wzmacniacz z główną lampą L1 pracującą w układzie ze wspólną katodą. Górną triodę potraktowaliśmy wyłącznie jako obciążenie, jako zamiennik typowego rezystora anodowego, jako rezystancję dynamiczną. W wersji z rysunku 1, z kondensatorem, ta rezystancja dynamiczna dla przebiegów zmiennych jest równa katalogowej wartości R_i . A dla wersji bez kondensatora z rysunku 2?

I to znów jest problem dla mniej zaawansowanych. Dlatego spróbujemy do tego podejść możliwie jak najprościej, intuicyjnie. Otóż analizujemy wzmacniacz napięciowy, pomijamy znikomy prąd obciążenia, a to znaczy, że przez obie lampy płynie ten sam prąd. Co bardzo ważne, o wielkości tego prądu decyduje przede wszystkim dolna lampa L1,

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



Dopasowanie szumowe – zarys trudnego zagadnienia

Analizując kolejne aspekty problemu dopasowania, w poprzednim artykule zacząłem omawiać dopasowanie szumowe. To wyjątkowo trudny temat i wcześniej tylko przygotowałem grunt, natomiast w tym artykule spróbuję w jak najbardziej przystępny sposób nakreślić zarys tajemniczego zagadnienia.

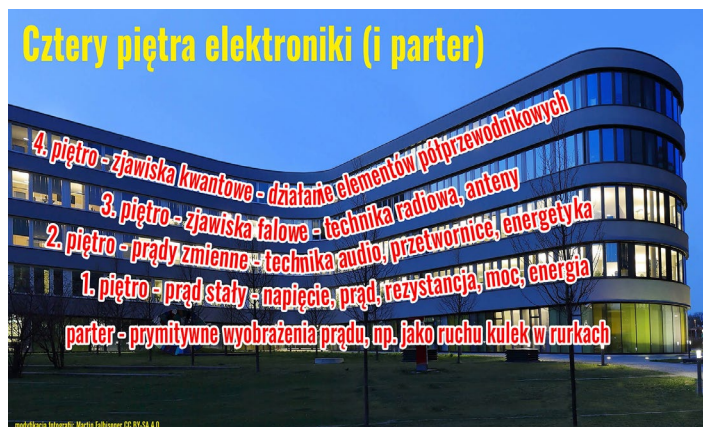
Skąd się biorą szумы?

Trudne do zrozumienia „parametry szumowe”

Dopasowanie szumowe

Dopasowanie szumowe, energetyczne i falowe

Wcześniej w artykule Podstawowe zjawiska falowe omówiłem fundamenty ogromnie ważnego, a słabo rozumianego problemu zjawisk falowych i odbić, a w artykule serii Dopasowanie falowe – dlaczego i kiedy potrzebne? pokazałem, jak można uniknąć odbić i wyjaśniłem, czym jest dopasowanie falowe. W kolejnych artykułach omówiłem dopasowanie energetyczne i pewne fałszywe wyobrażenia na jego temat. W poprzednim – Dopasowanie szumowe – a co to właściwie jest? zasygnalizowałem, że przy wzmacnianiu bardzo małych sygnałów, oprócz dopasowania energetycznego, trzeba jeszcze uwzględnić problem szumów i stosunek sygnału do szumów.



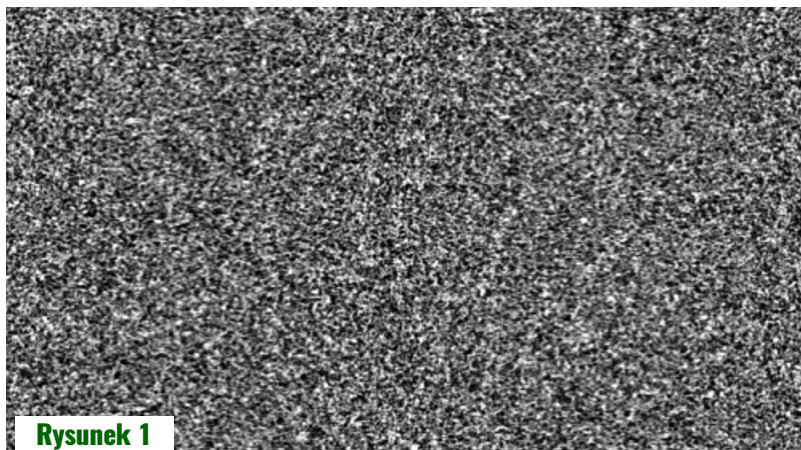
Skąd się biorą szумы?

Chcemy maksymalnie prosto i przystępnie omówić dopasowanie szumowe, mające na celu uzyskanie najlepszego stosunku sygnału do szumów. Dlatego najpierw trzeba spróbować odpowiedzieć na pytania: **skąd się biorą szумы, czy i jak można je minimalizować, a przede wszystkim, jak uzyskać największy stosunek sygnału do szumów?**

Otóż rozróżniamy różne rodzaje szumów (**rysunek 1**) i zakłóceń – to naprawdę bardzo szeroki i niełatwy temat, a ja omawiam teraz elementarne podstawy dopasowania. Dlatego wspomnę tylko o podstawowym rodzaju szumów – o szumach termicznych.

Najprościej biorąc, jeżeli rezystor lub element przewodzący ma temperaturę wyższą od zera absolutnego, to zawarte w nim elektrony wykonują chaotyczne drgania cieplne. Czym wyższa temperatura, tym energia tych chaotycznych drgań jest większa. Nietrudno zaakceptować wniosek, że takie chaotyczne drgania cieplne nośników ładunku elektrycznego nie tylko mają jakąś energię, ale drgania, czyli ruch, przemieszczanie, to przepływ swego rodzaju „chaotycznego” prądu elektrycznego. Drgania nośników i zmiany gęstości ładunku mogą też być rozumiane jako powstawanie „przypadkowego” napięcia elektrycznego. Nie jest to napięcie i prąd stały, tylko **niewielkie przebiegi zmienne o przypadkowych częstotliwościach i amplitudach**. Zmienne przebiegi napięcia i prądu. Przykład na **rysunku 2**.

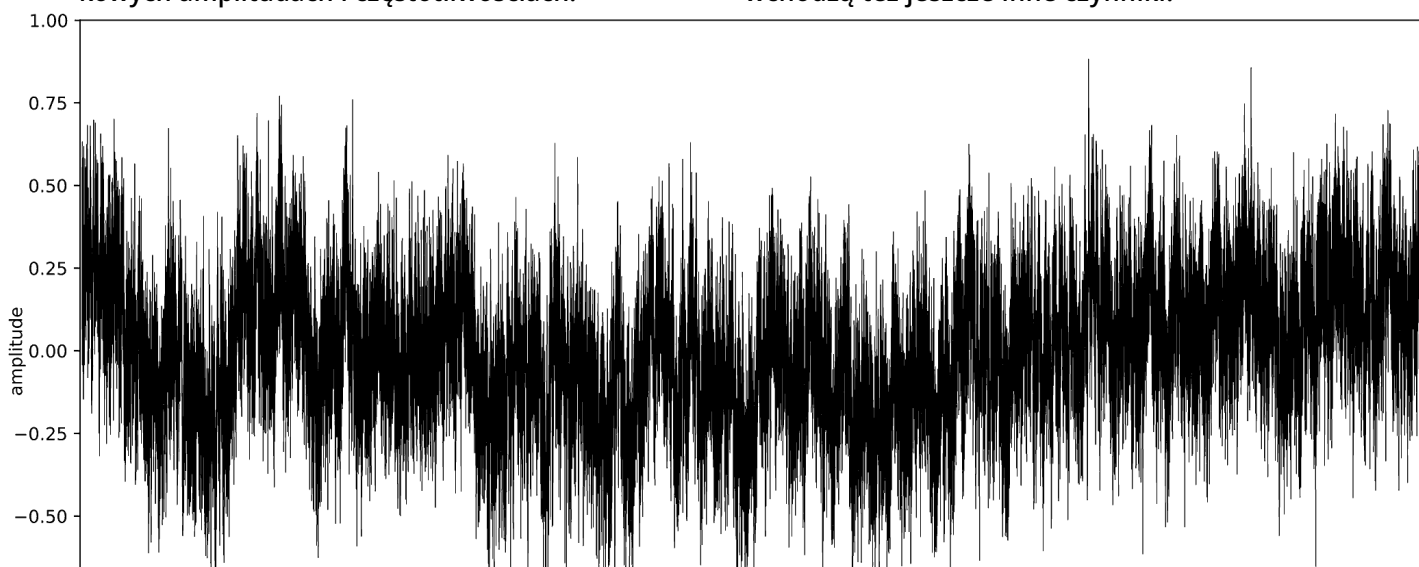
Nie wchodząc w szczegóły możemy uznać, iż **każdy rezystor w temperaturze wyższej od bezwzględnego zera staje się miniaturową elektrownią cieplną. A raczej termicznym generatorem zmiennych przebiegów elektrycznych** o przypadkowych amplitudach i częstotliwościach.



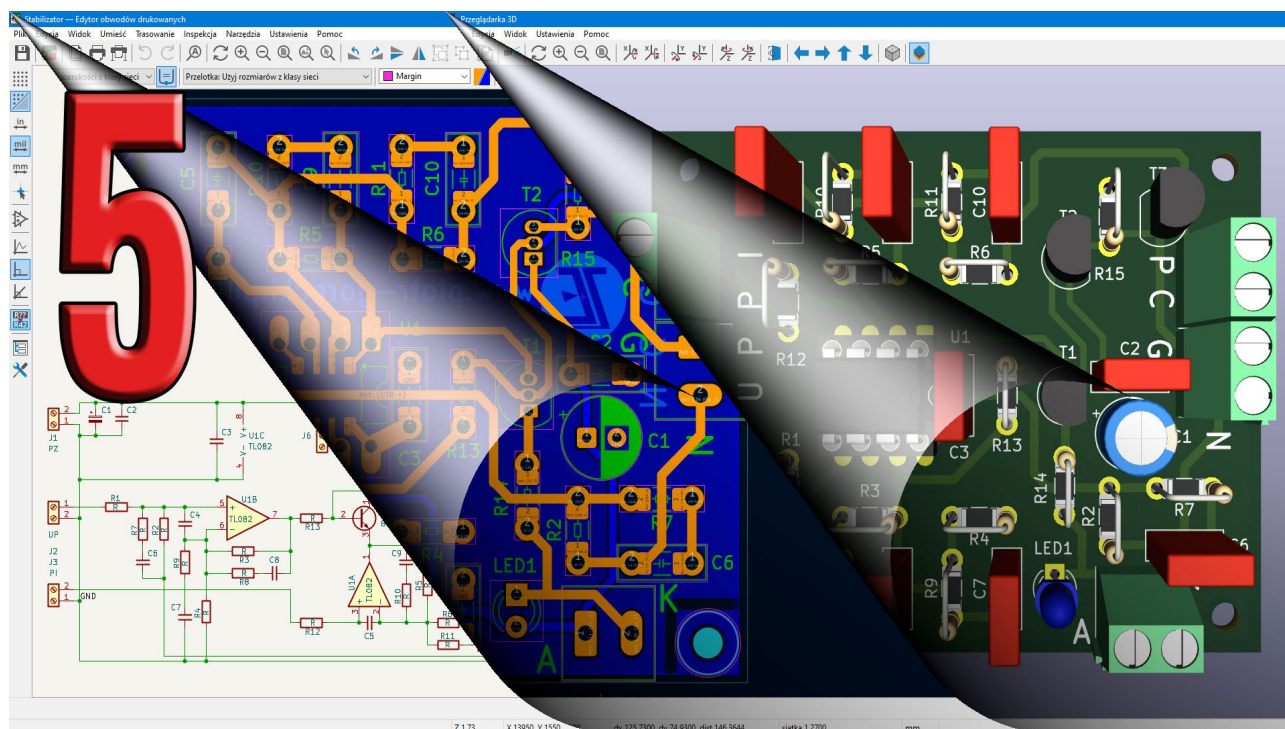
Rysunek 1

W temperaturze powyżej zera absolutnego każdy rezystor, a ściślej biorąc, nie tylko rezystor, ale **każda rezystancja, jest źródłem szumów, które nazywamy szumami termicznymi**. Źródłem szumów termicznych, generatorem szumów termicznych o znikomym małej mocy. Moc wytwarzanych przebiegów zmiennych jest wprost proporcjonalna do temperatury, zgodnie z ustalonym ponad sto lat temu wzorem: $P = kTB$, gdzie **k** to stała Boltzmanna, **T** – temperatura bezwzględna w kelwinach, a **B** to szerokość interesującego nas pasma częstotliwości w hercach.

Jak podkreślałem w poprzednim artykule tej serii, podstawowym parametrem jest moc szumów, ale znając moc **P** oraz wartość rezystancji **R** i wykorzystując wzór $P = U^2 / R$, możemy obliczyć napięcie szumów. Wykorzystując wzór $P = I^2 \times R$ możemy obliczyć prąd szumów, jakie wytwarza ta rezystancja w danej temperaturze. Tak, ale w grę wchodzi tu także szerokość pasma częstotliwości **B** i to dość mocno komplikuje sprawę. W grę wchodzi tu jeszcze inne czynniki.



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



Projektowanie płytek drukowanych za pomocą KiCad (5)

To już kolejny opis programu KiCad w czasopiśmie ZE. W marcu 2026 roku wydana została nowsza, dziesiąta wersja KiCada i opis ten oparty jest na tej wersji programu zainstalowanej w systemie Windows 11. To jeszcze dwie kolejne części, opisujące pokrótce zagadnienie bibliotek nowego KiCada.

Format bibliotek KiCada
Zmienne środowiskowe
Tabele bibliotek

Zarządzanie bibliotekami
Tworzenie tabeli dodatkowych bibliotek

Poniższy dwuczęściowy artykuł opisuje ideę i wykorzystanie bibliotek w programie KiCad. Z konieczności nie obejmuje on wszystkich zagadnień obsługi tego programu, bo artykuł stałby się zbyt obszerny i musiałyby być publikowane przez kilka kolejnych miesięcy.

Format bibliotek KiCada

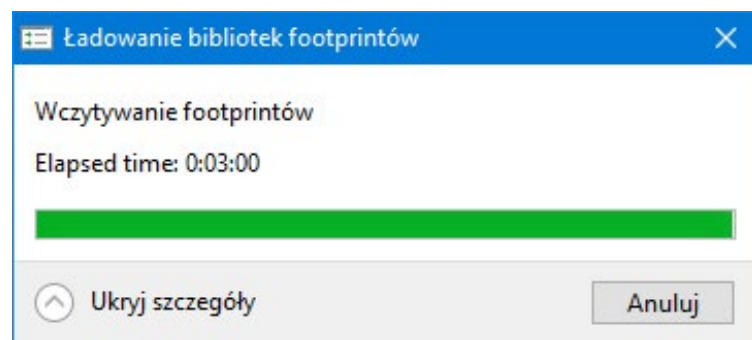
Na początku omówimy format bibliotek KiCada. W najstarszych wersjach KiCada biblioteki elementów miały postać pliku. Jeden plik biblioteki o rozmiarze kilkudziesięciu-kilkuset kB zawierał w sobie wiele elementów bibliotecznych. Później rozpoczęto prace nad bibliotekami sieciowymi dostępnymi online oraz wprowadzono tak zwane tabele bibliotek.

Na potrzeby bibliotek sieciowych opracowano nowy format bibliotek footprintów nazwany „pretty” (ang. ładny, piękny). Biblioteka w formacie pretty to folder o nazwie według szablonu **nazwa_biblioteki.pretty**, który zawiera wiele plików bibliotek. Nazwa pliku biblioteki to nazwa elementu. Jeden element to plik o małym rozmiarze kilku-kilkunastu kB. Mały rozmiar pliku biblioteki miał zapewnić szybkie wczytywanie przez łącze internetowe elementów z bibliotek sieciowych. Takich plików z elementami w jednym folderze – bibliotece może być kilkaset i więcej. Przykładową bibliotekę footprintów **Button_Switch_Keyboard.pretty**, otwartą w menadżerze plików Double Commander, widzimy na **rysunku 1** (na następnej stronie).

W przypadku symboli schematowych i modeli 3D jest inne „rozszerzenie” folderu tych bibliotek: **nazwa_biblioteki.kicad_symdir** oraz **nazwa_biblioteki.3dshapes** dla modeli 3D. W przeszłości nieco chaotyczny rozwój KiCada spowodował, że mamy obecnie trzy formaty bibliotek schematowych! Najstarszy format – *.lib, nowszy format w postaci pliku *.kicad_sym oraz najnowszy format pretty, według szablonu **nazwa_biblioteki.kicad_symdir** zawierający pliki *.kicad_sym. W przypadku bibliotek płytkowych są to dwa formaty. Starszy *.mod oraz nowy format pretty. Z kolei biblioteki z modelami 3D w przeszłości występowały w postaci pliku *.wrl oraz źródłowym *.wings z programu Wings 3D. Obecnie używane modele 3D są w postaci plików *.step. W starszych wersjach KiCada pliki modeli 3D były zdublowane jako pliki *.wrl i *.step. Najnowsze wersje KiCada obsługują biblioteki modeli 3D w kilkunastu różnych formatach, a nie tylko *.step i *.wrl. Niestety nowy format bibliotek KiCada spowodował, że jednoczesne wczytanie tysięcy plików bibliotek o małym rozmiarze powoduje zauważalne spowolnienie przy pierwszym ich wczytaniu i większe niż zazwyczaj obciążenie pamięci RAM komputera. Widać to na **rysunku 2**, gdzie na dysku SSD i złączu starszej generacji SATAII w systemie Windows 10 wczytywanie bibliotek footprintów w KiCad 6 trwało trzy minuty! Początkowo w formacie pretty były tylko biblioteki płytkowe – footprinty. Później modele 3D, a w KiCad 10 są to również biblioteki symboli. Prace nad bibliotekami sieciowymi były przez kilka lat zawieszane, ale zostały ukończone. Czy to dobre rozwiązanie? Trudno powiedzieć. Jednak przy wolnych łączach i małej ilości pamięci RAM komputera mogą występować nie tylko zauważalne opóźnienia w działaniu KiCada, ale i w dostępie do bibliotek. Tym bardziej, że wolne wczytywanie bibliotek występuje na

Nazwa	Roz.	Wielkość	Data	Atryb.
[..]		<DIR>	27.03.2026 08:59:34	d-----
SW_Cherry_MX_1.00u_PCB	kicad_mod	5,2 K	6.03.2026 21:30:44	--a----
SW_Cherry_MX_1.00u_Plate	kicad_mod	4,9 K	6.03.2026 21:30:44	--a----
SW_Cherry_MX_1.25u_PCB	kicad_mod	5,2 K	6.03.2026 21:30:44	--a----
SW_Cherry_MX_1.25u_Plate	kicad_mod	4,9 K	6.03.2026 21:30:44	--a----
SW_Cherry_MX_1.50u_PCB	kicad_mod	5,2 K	6.03.2026 21:30:44	--a----
SW_Cherry_MX_1.50u_Plate	kicad_mod	4,9 K	6.03.2026 21:30:44	--a----

Rysunek 1



Rysunek 2

ry przedstawia menadżera zadań systemu Windows. Jak widać obciążenie pamięci RAM przez KiCada przekroczyło 11GB, po tym gdy dodałem dodatkowe biblioteki do standardowych bibliotek KiCada. Ze standardowymi bibliotekami KiCada obciążenie pamięci RAM wynosi około 4,6 GB. Jednak po dodaniu potrzebnych elementów do projektu i zaprzestaniu korzystania z bibliotek, obciążenie pamięci RAM przez KiCada spadło u mnie do około 400 MB. Nowy format „pretty” bibliotek KiCada miał zapewnić większą szybkość w dostępie do bibliotek. Tymczasem osiągnięto wręcz odwrotny efekt.

Nazwa	Stan	Procesor...	Pamięć
Aplikacje (5)			
Brave Browser (31)		0,3%	896,5 MB
Double Commander		0%	13,9 MB
Eksplorator Windows		0%	70,8 MB
KiCad EDA 10.0.0 (2)		0,8%	11 012,3 MB

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

ZROZUMIEĆ **E**LEKTRONIKĘ z Piotrem Góreckim

ZE 6/2026

piotr-gorecki.pl



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

Redaktor Naczelny: Piotr Górecki

e-mail: kontakt@piotr-gorecki.pl

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

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

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

Uwaga! Ani autorzy artykułów, ani wydawca nie biorą odpowiedzialności za ewentualne szkody będące 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.