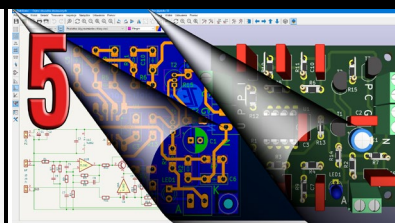




Eksperymentalny bateryjny zasilacz czterokwadrantowy

- 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





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

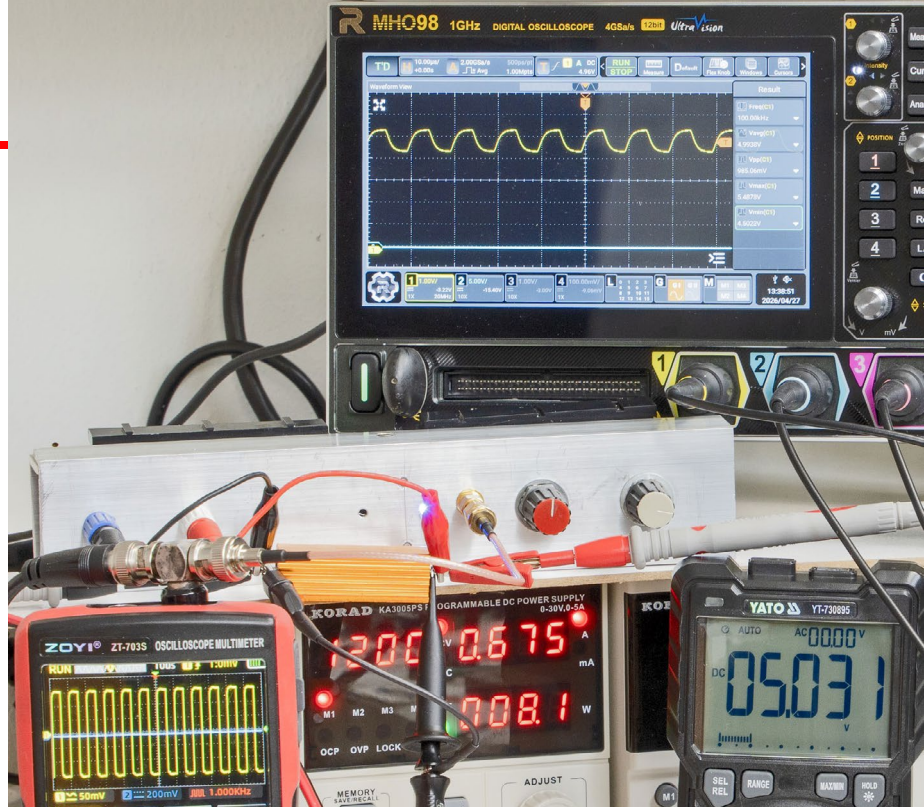
wystarczyłby **dwukwadrantowy**, będący zasilaczem, którego wyjście może nie tylko dostarczać prąd do obciążenia, ale też prąd z zewnętrznego źródła pochłaniać, czyli pracować jako aktywne obciążenie „stałonapięciowe”. Możliwość pochłaniania prądu zwiększa uniwersalność, bo niczego nie trzeba przełączać, 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**.

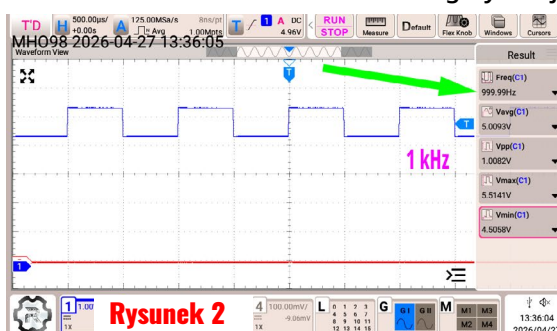
Oczywiście źródłem przebiegu sinusoidalnego jest zewnętrzny generator, widoczny na fotografii tytułowej. Porównanie tych ilustracji dobrze pokazuje możliwości i ograniczenia tego zasilacza. Gdy częstotliwość przebiegu prostokątnego wynosi 100 kHz to widać, że przebieg wyjściowy jest już znacząco zniekształcony. 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.

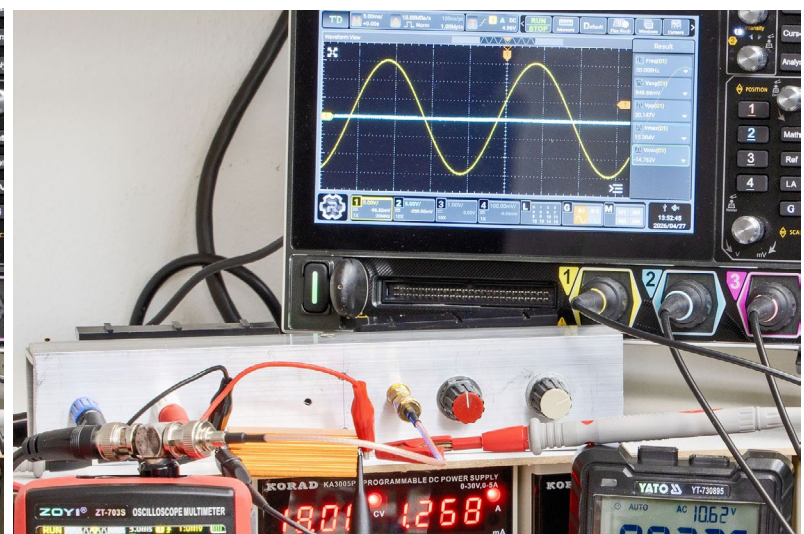
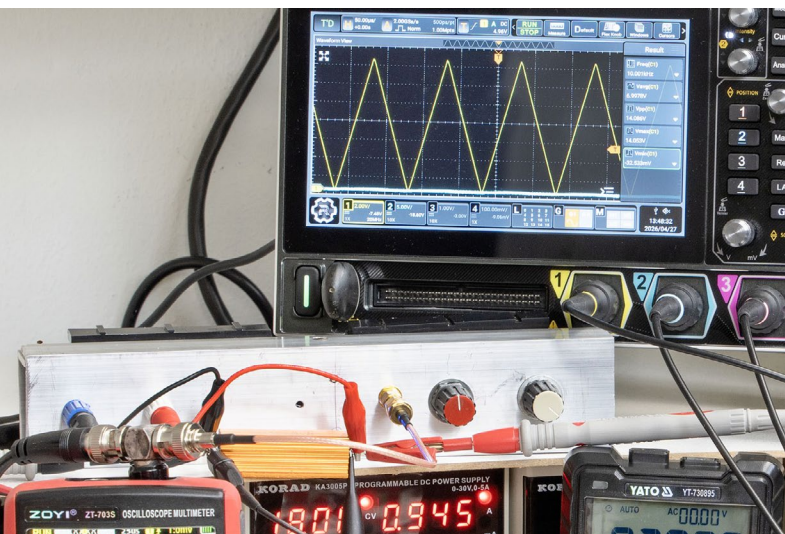
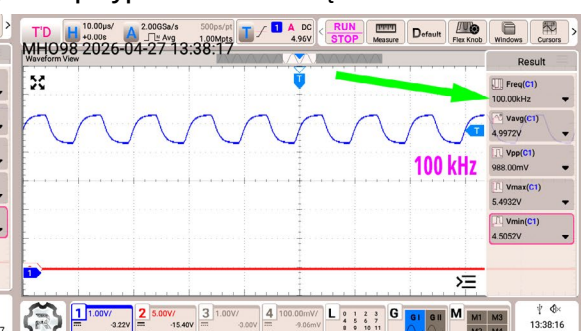


Fotografia 1

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 dużych 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 adresów końcowych,
- klasa C – zakres adresowy IP: 192.0.0.0 do 223.255.255.255, pozwalający na zbudowanie sieci lokalnych o 256 adresów końcowych,
- 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

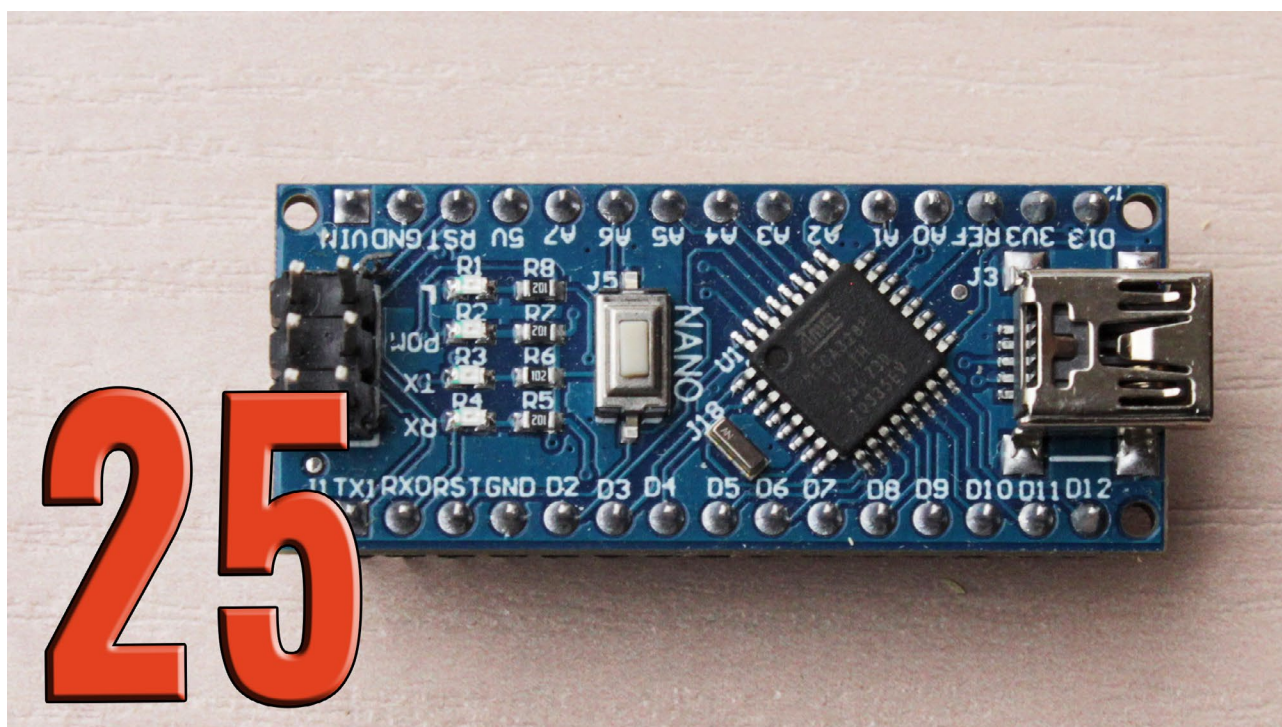
Opis latarki

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 (jak i również 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 przypadkach, gdyż kompilator zamiast zrealizować wywołanie od-

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

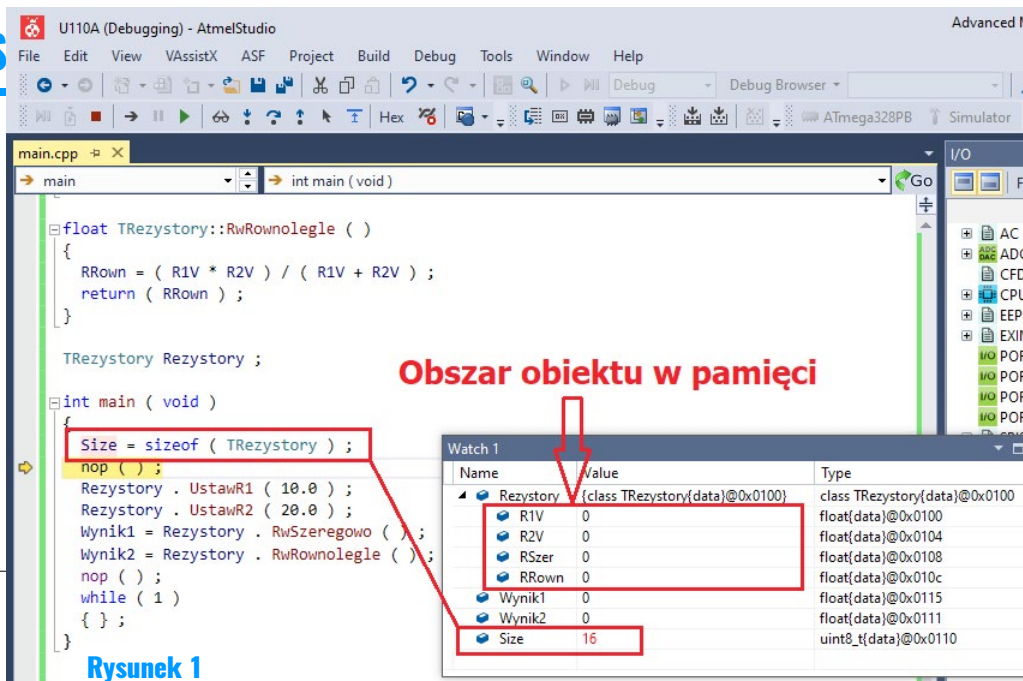
```
class TRezystory {
public :
    void UstawR1 ( float R1Val ) { R1V = R1Val ; } ;
    void UstawR2 ( float R2Val ) { R2V = R2Val ; } ;
    float Rwszeregowo ( ) ;
    float Rwrównolegle ( ) ;
private :
    float R1V ;
    float R2V ;
    float RSzer ;
    float RRown ;
};
```

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

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

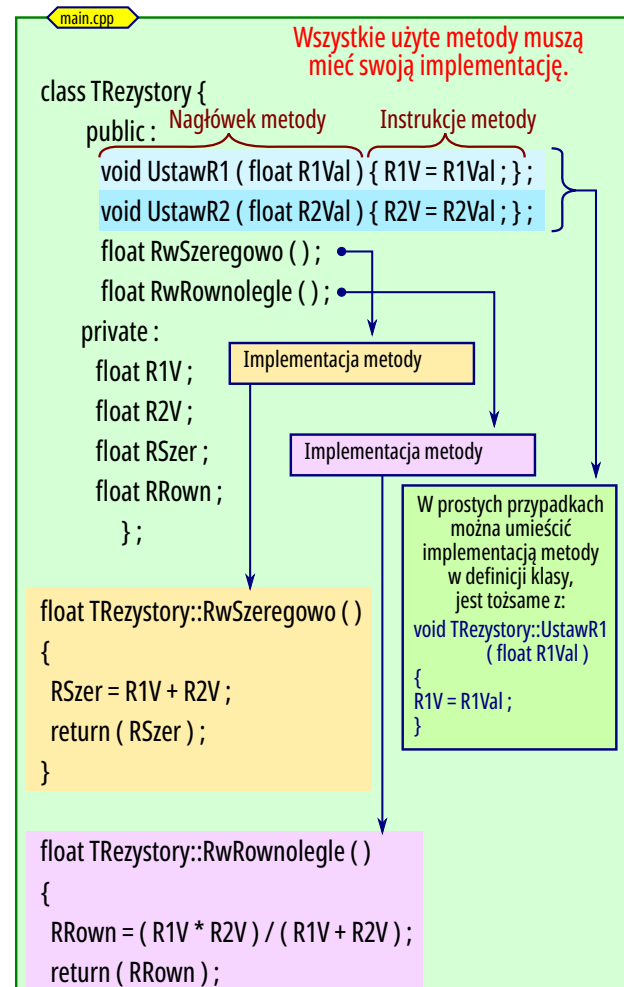
```
TRezystory Rezystory ;
```

```
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.



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.

[Co 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” używany 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 zajmujemy 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 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 $1,2 V \times 10 Ah = 12 Wh$. 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 zaskakujących 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.



Fotografia 1

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) 1Gb/s, a abonent poruszający się samochodem do 100 Mb/s. To są wymagania dla 4G.

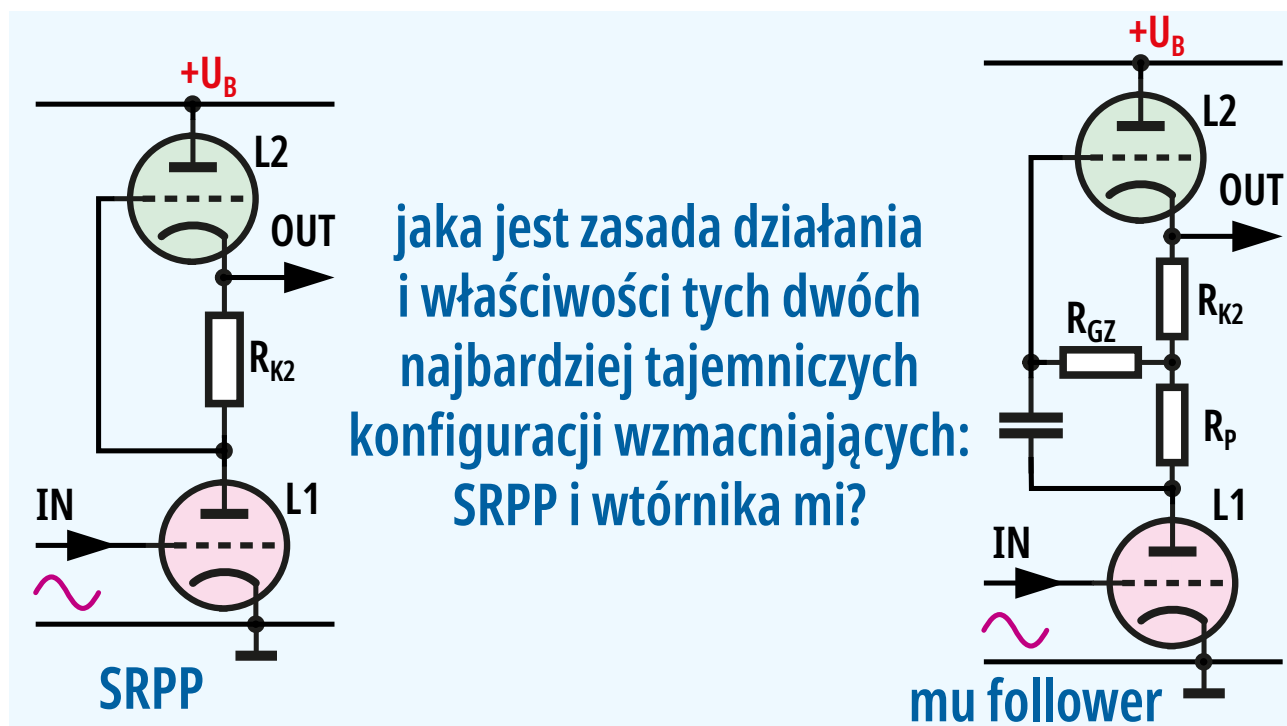
Natomiast systemy 5G mają zapewniać transmi-

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**?

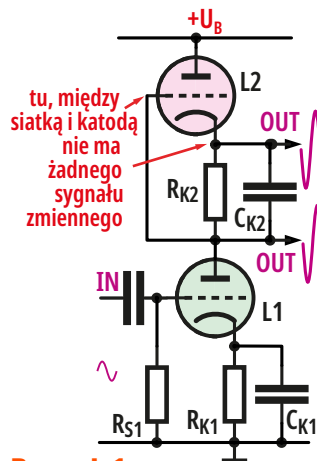
Od biedy **można dopatrywać się tu wzmacniacza przeciwsobnego, ponieważ górna trioda jest sterowana sygnałem zmiennym**, jaki występuje na rezystorze R_{K2} . Otóż wzmacniany sygnał wejściowy podawany jest na siatkę dolnej lampy L1 i powoduje zmiany prądu tej lampy. Dodatkowo połówki sygnału wejściowego 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} .

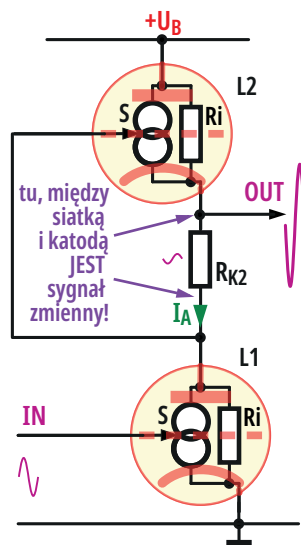
A to wiąże się z poważnymi ograniczeniami. Otóż w „kanonicznych” wzmacniaczach przeciwsobnych amplitudy sygnałów sterujących obiema lampami są jednakowe, a tylko fazy są przeciwne. A tutaj mamy wprawdzie przeciwne fazy, ale amplitudy nie są jednakowe. Górna lampa sterowana jest sygnałem mniejszym niż 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.

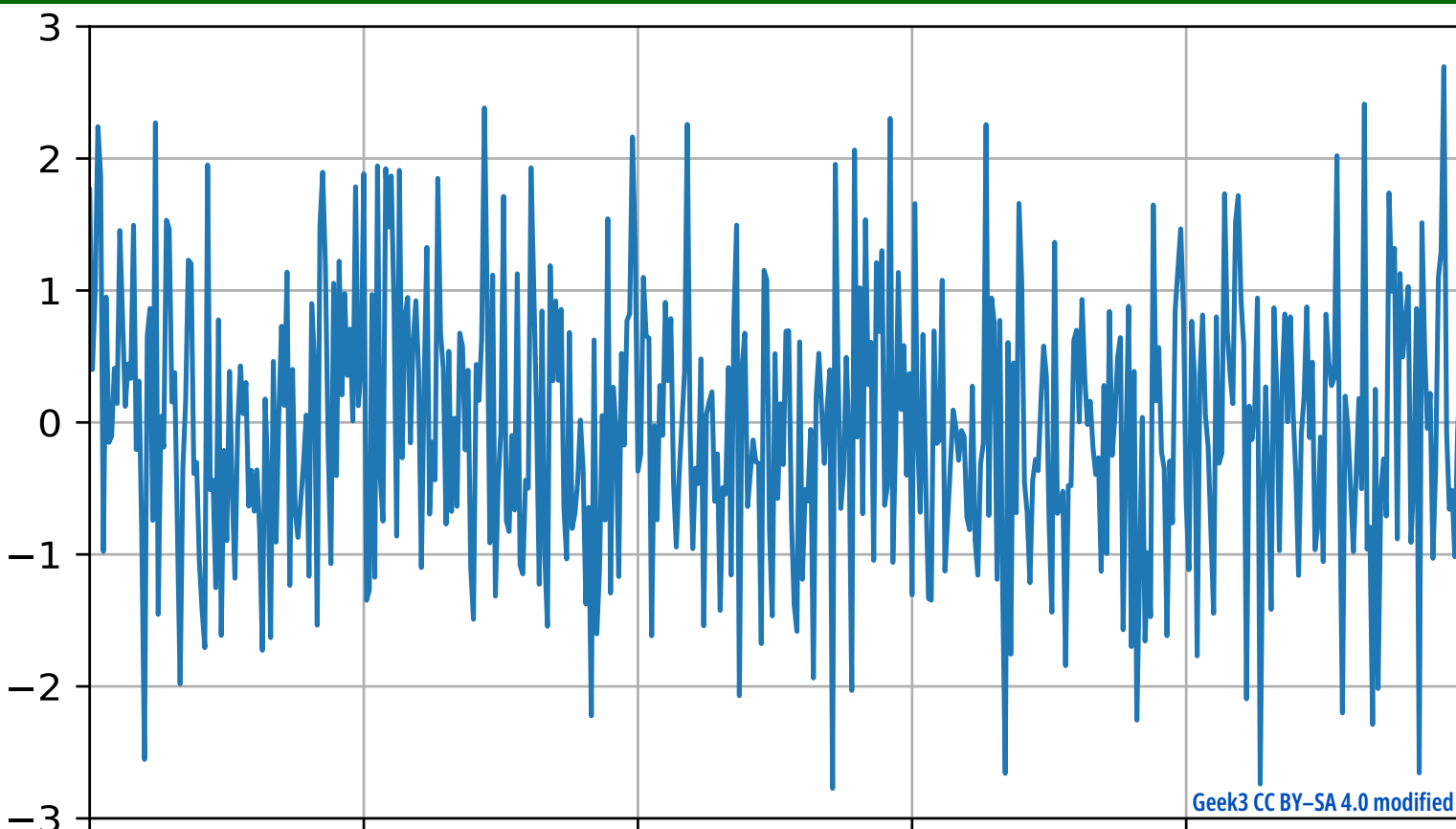
Taki układ wzmacniacza napięciowego nie powinien być traktowany jako wzmacniacz przeciwsobny. Dawniej słusznie traktowano go jako układ „z podciąganiem” (bootstrapped), o czym za chwilę.

Zamianny 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 co 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.



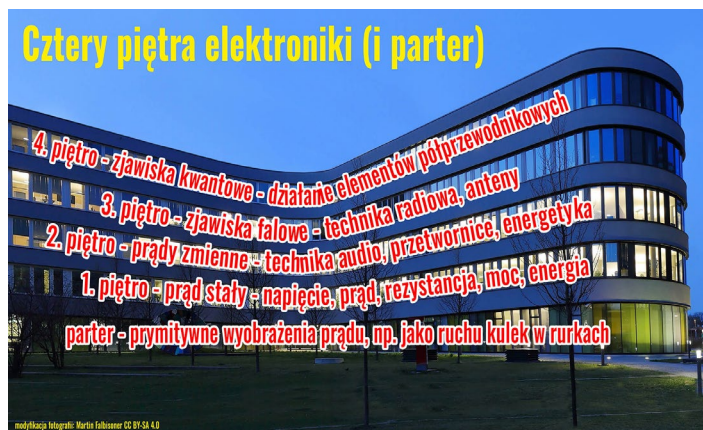
Dopasowanie szumowe – zarys trudnego zagadnienia

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.



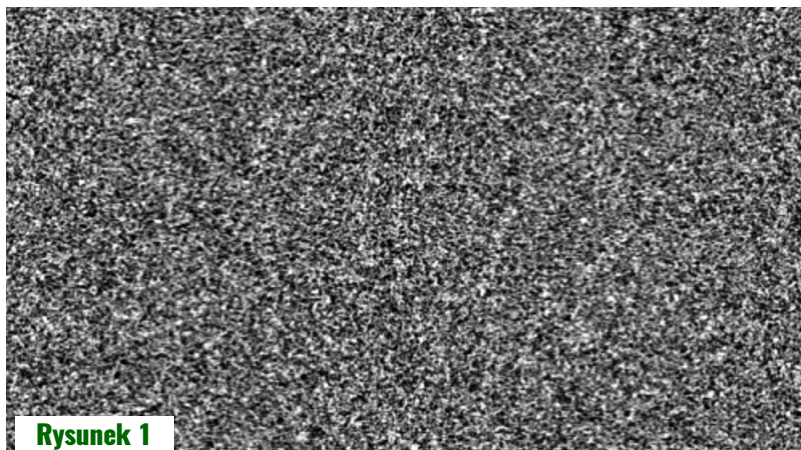
Skąd się biorą szумы?

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**.

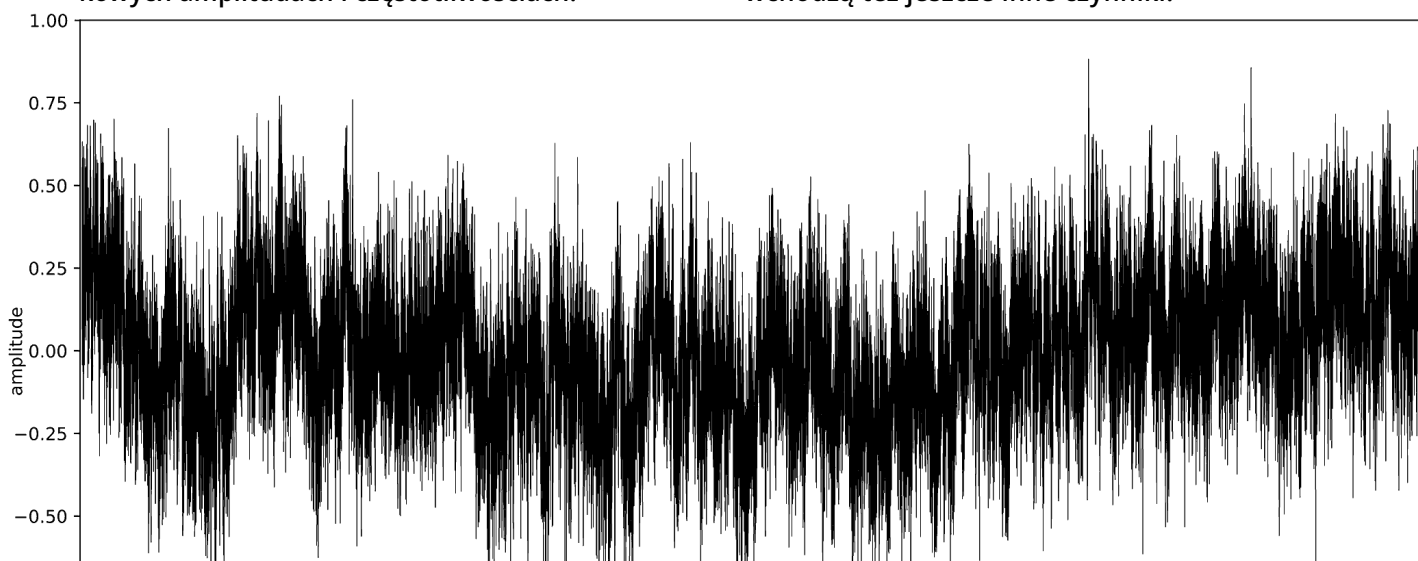
Nie wchodząc w szczegóły możemy uznać, iż **każdy rezystor w temperaturze wyższej od bezwzględnego zera staje się miniaturową elektrownią cieplną. A raczej termicznym generatorem zmiennych przebiegów elektrycznych** o przypadkowych amplitudach i częstotliwościach.



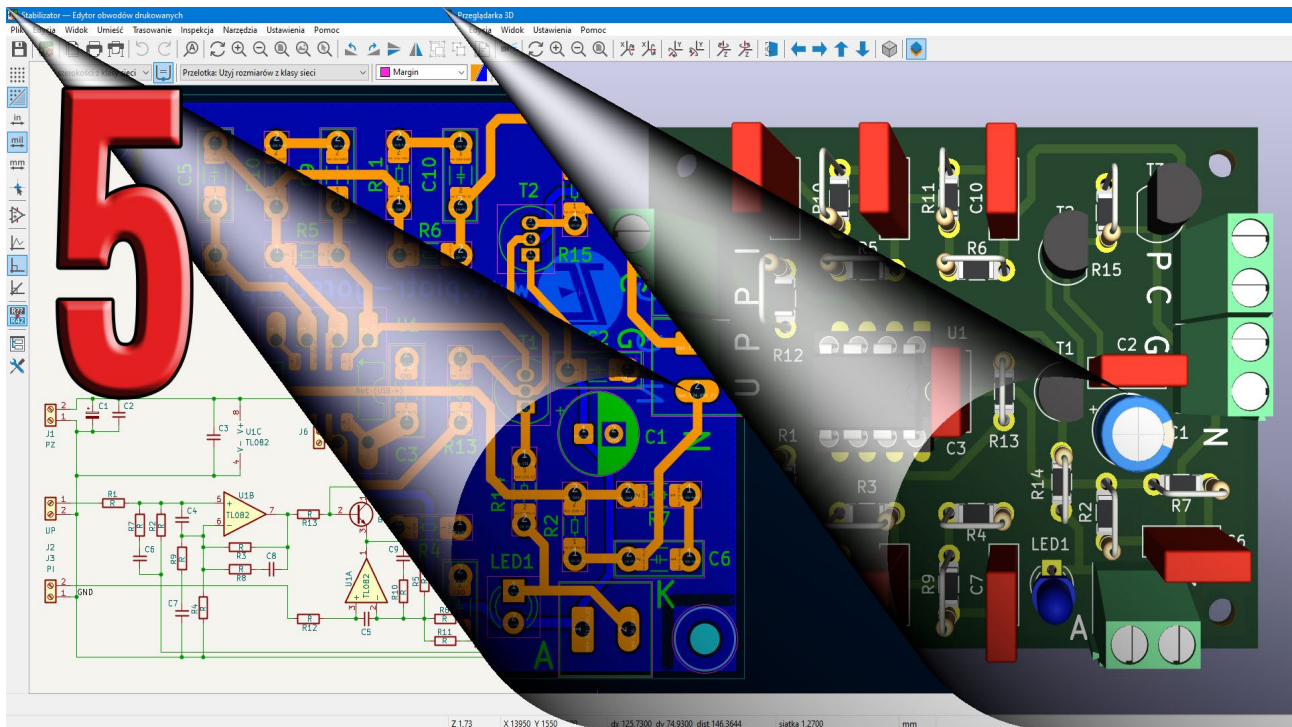
Rysunek 1

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

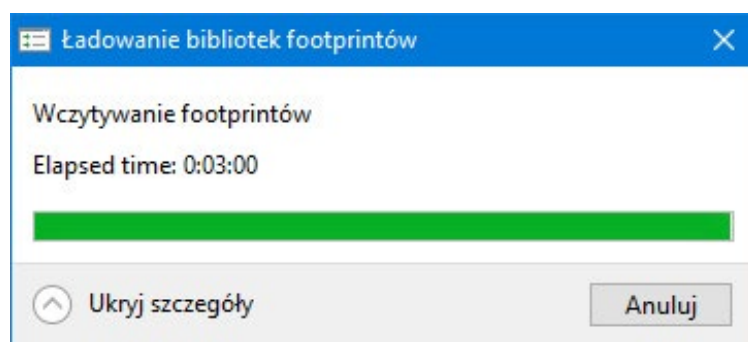
Na początku omówimy format bibliotek KiCada. W najstarszych wersjach KiCada biblioteki elementów miały postać pliku. Jeden plik biblioteki o rozmiarze kilkudziesięciu-kilkuset kB zawierał w sobie wiele elementów bibliotecznych. Później rozpoczęto prace nad bibliotekami sieciowymi dostępnymi online oraz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

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

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.