

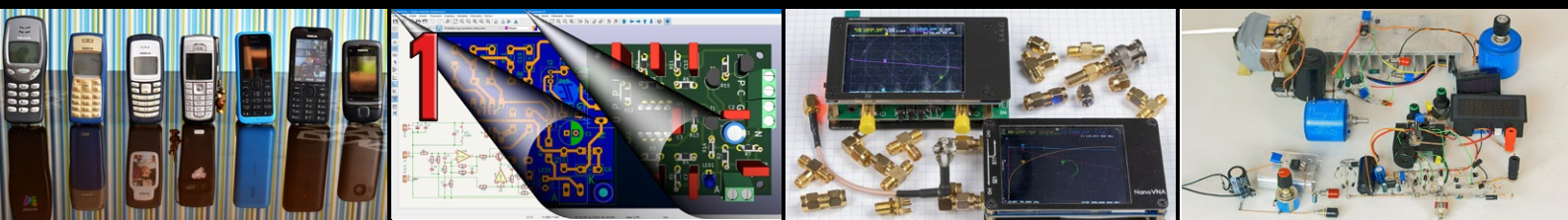
1/2026 Styczeń (37)

piotr-gorecki.pl



Superwoltomierz i superamperomierz

- Mały liniowy zasilacz: Podsumowanie i ulepszenia • Historia nanoVNA – dobrego miernika impedancji
- Uniwersalny sterownik do chłodzenia elementów mocy • Jak działa smartfon? Czy telefonia 2G to GSM?
- Jaki kupić dobry niedrogi zasilacz dla elektronika? • Projektowanie płytek drukowanych za pomocą KiCad
- Silniki krokowe – wstęp do budowy zabawek • Mikroprocesorowa ośła łączka • Analizator logiczny Saleae





Superwoltomierz i superamperomierz

W artykule pokazuję bardzo interesujące przykłady realizacji „superwoltomierza” i „superamperomierza”. Takie konstrukcje mogą się okazać bardzo przydatne do niektórych „trudnych pomiarów”. Podane przykłady i informacje warto też potraktować jako inspirację i zachętę do samodzielnych eksperymentów.

A po co to wszystko?

Czarna skrzynka „superwoltomierza”

W numerze ZE 11/2025 było zadanie konkursowe – łamigłówka: zaproponuj sposób pomiaru źródeł napięcia o ogromnej oporności (i dużym napięciu). W następnym numerze ZE 12/2025 znalazła się pokrewna łamigłówka dotycząca pomiarów prądu.

Łamigłówki te miały zwrócić uwagę na niedoskonałość naszych woltomierzy i amperomierzy. Pojawia się pytanie o możliwość zwiększenia rezystancji woltomierza i zmniejszenie rezystancji amperomierza. Wiadomo bowiem, że idealny woltomierz miałby nieskończenie wielką oporność (rezystancję, impedancję) wewnętrzną. A idealny amperomierz miałby zerową oporność. Dołączenie takich dosko-

„Superamperomierze”

Źródła zakupu „skrajnych” rezystorów

nałych przyrządów nie zmieniałoby nic w badanym układzie – byłoby niezauważalne (pomijamy indukcyjność przewodów i pojemności montażowe, bo na razie rozważamy napięcia i prądy stałe).

Natomiast dołączenie rzeczywistych woltomierzy i amperomierzy w jakimś stopniu zmienia, zaburza sytuację w układzie. Starsi elektronicy wiedzą, że rezystancja woltomierzy wskazówkowych była zależna od zakresu. Dobre woltomierze miały rezystancję wewnętrzną 100 kiloomów na volt, gorsze 5...20 kiloomów na volt. Czyli na przykład dobry woltomierz (100 kΩ/V) o zakresie 10 V miał rezystancję jednego megaoma, a na zakresie 300 V – 30 megaomów.

W typowych cyfrowych multimetrach rezystancja wewnętrzna woltomierza na wszystkich zakresach jest zwykle równa 10 megaomów (albo 11 MΩ). To znaczy, że przykładowo przy pomiarze napięcia 200 woltów przez woltomierz w multimetrze płynie prąd 20 mikroamperów. Niby niewiele, ale w niektórych sytuacjach jest to nie dopuszczalnie duże obciążenie. Prąd

20 mikroamperów wcale nie jest mały – powoduje bardzo wyraźne świecenie diody LED, jak widać na **fotografii 1** oraz na **fotografii tytułowej**.

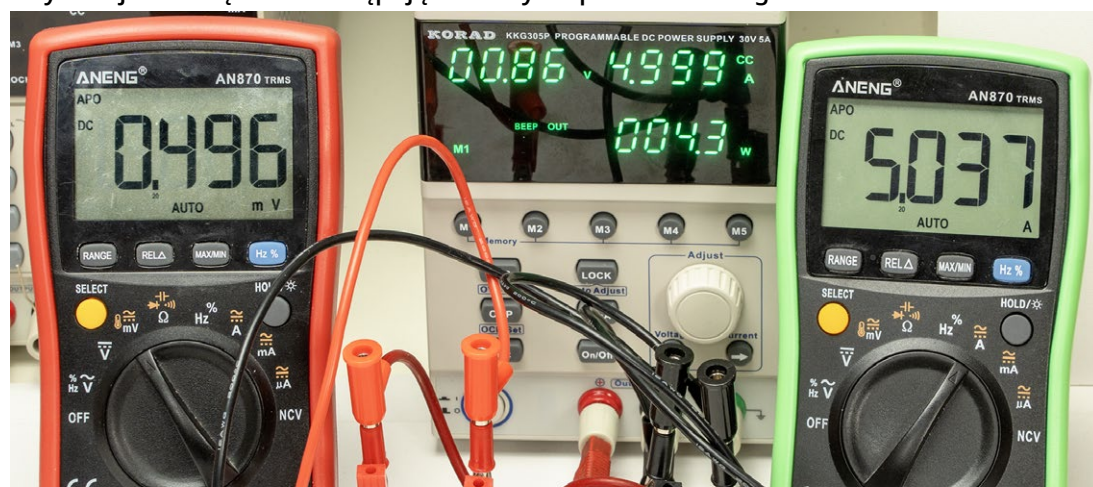
Pokazany jest tu pomiar napięcia stałego około 200 V. Multimetr z lewej strony to zwykły woltomierz (RM219 = ZT219), ma rezystancję wewnętrzną około 10 megaomów i mierzy napięcie w klasyczny sposób. W obwód dodatkowo włączyłem szeregowo niebieską diodę LED1 i zielony mikroamperomierz. Jak widać, płynie przez nią prąd około 20 mikroamperów, który powoduje zaskakująco jasne jej świecenie. Trzeci multimetr jest „superwoltomierzem” i mierzy to samo napięcie. Także i tu w szereg włączyłem diodę LED2, ale absolutnie nie widać jej świecenia i mikroamperomierz – czwarty miernik – pokazuje zero. W obwodzie pomiarowym też zapewne płynie jakiś prąd, ale tak mały, że tak czuły mikroamperomierz go nie wykrywa. Dzięki prostemu dodatkowi rezystancja wewnętrzna takiego „superwoltomierza” jest ogromna. Miernik pracuje jako miliwoltomierz, a wysokoomowy dzielnik ma stopień podziału 1000:1. Miernik podaje wynik w miliwoltach, ale przy obecności dzielnika 1000:1 niczego nie trzeba przeliczać – napięcie wyrażone jest w woltach. Wskazania „zwykłego woltomierza” oraz „superwoltomierza” (199,15 V,



Fotografia 1

Fotografia 2 pokazuje „superamperomierz” – czerwony miernik współpracujący z zewnętrznym bocznikiem. Zasilacz Korad KKG305P pracuje w trybie prądowym CC i jego wskaźnik pokazuje wartość 4,999 A. Zwykły amperomierz z prawej strony pokazuje prąd 5,037 A, czyli o niecałe 0,8% więcej. „Superamperomierz” ma wskazanie 0,496 miliwolta (tak! 0,000496 V) i mniej więcej tak znikomo mały jest spadek napięcia na samym boczniku. Bocznik jest 750-amperowy o typowym spadku napięcia 75 mV, czyli ma rezystancję 0,1 milioma (0,0001 Ω), dlatego wynik trzeba pomnożyć przez 10.

W tym artykule pokazuję jak zrobić tego rodzaju „superprzrządy” i gdzie można tanio kupić potrzebne rezystory. Natomiast w artykule „**Skrasne pomiary**” – **możliwości i ograniczenia** szerzej przedstawiam niedoskonałości przyrządów, rezystorów oraz występujące wtedy nieprzekraczalne granice.

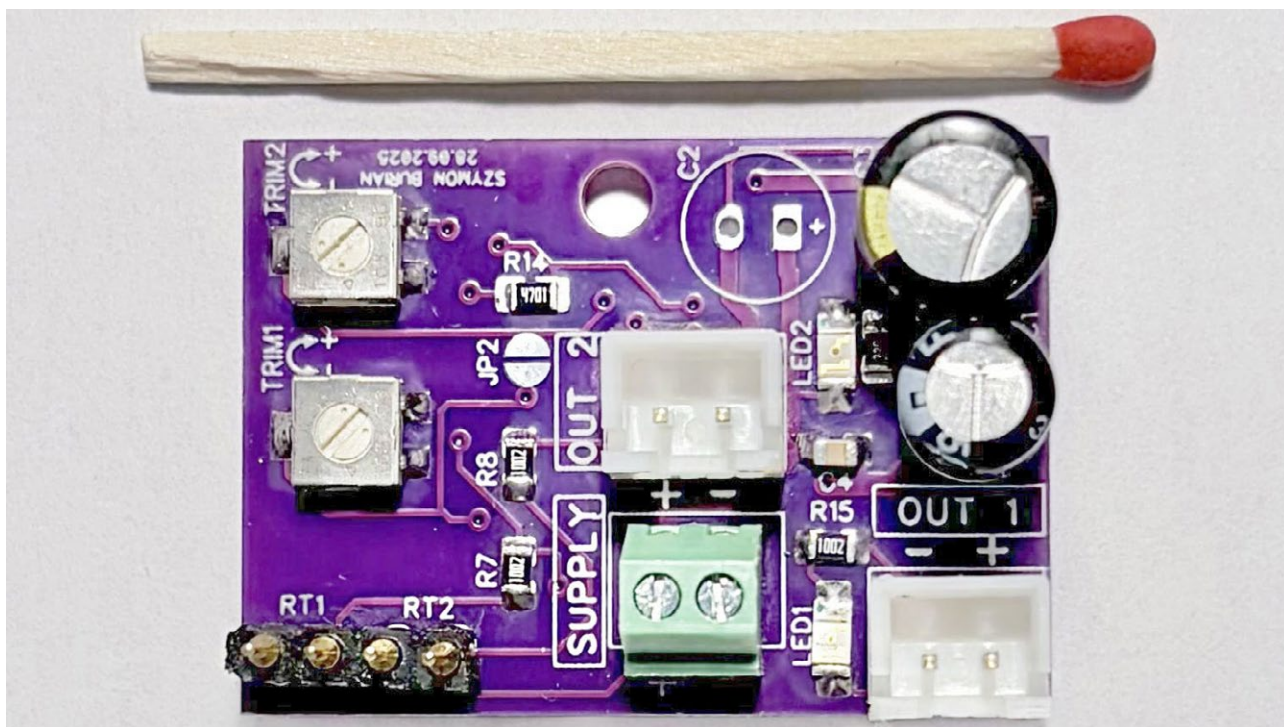


Fotografia 2

„superamperomierz”

zwykły amperomierz

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



Uniwersalny sterownik do chłodzenia elementów mocy

Prosty i bardzo uniwersalny układ do sterowania chłodzeniem układów mocy. Zapewnia niezależną kontrolę nad jednym lub dwoma obwodami wykonawczymi, w szerokim zakresie napięć zasilania. PCB zaprojektowano do wersji SMD i THT. Warto mieć zapas takich płytek, wśród innych przydatnych modułów elektronicznych.

Do czego to służy? Opis układu

Konstrukcja elektryczna i mechaniczna

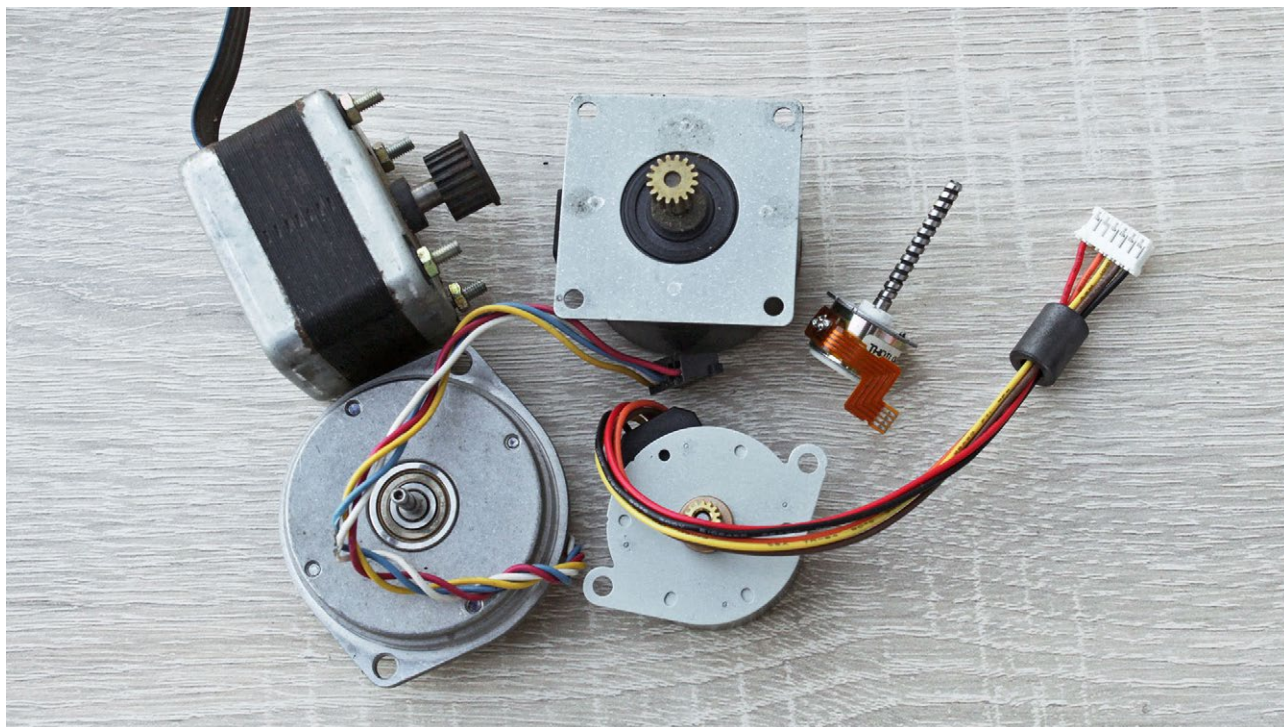
Do czego to służy?

Konstrukcja układu jest banalna, ale bardzo uniwersalna, dzięki czemu można go szybko i łatwo zaadaptować do użycia w większości urządzeń amatorskich, w których potrzebne jest wymuszone chłodzenie za pomocą wentylatora. Układ składa się z dwóch, opartych na podwójnym wzmacniaczu operacyjnym komparatorów, z niezależnie regulowanymi progami zadziałania. Jest to rozwiązanie proste, stosowane powszechnie od lat w dziesiątkach (jeśli nie setkach) konstrukcji amatorskich i fabrycznych.

do 24 V (a w razie potrzeby także wyższych) – działa więc w zakresie typowym dla większości powszechnie stosowanych w konstrukcjach amatorskich wentylatorów i przekaźników.

W założeniu podstawową konfiguracją pracy było wykorzystanie jednego toru do sterowania małym wentylatorem, pobierającym prąd rzędu 100–250 mA, oraz toru drugiego, do sterowania odłączeniem obciążenia przy przegrzaniu (OHP). Stąd też jako elementów sterujących użyłem tranzystorów bipolarnych: w razie potrzeby sterowania na przykład dwoma dużymi wentylatorami, po-

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



Silniki krokowe – wstęp do budowy zabawek

Silnik krokowy to bardzo ciekawa odmiana silnika elektrycznego. Ma on tę właściwość, że potrafi w sposób stabilny obrócić swój wirnik o kąt mierzony pojedynczymi stopniami (lub mniej). Ta cecha zaowocowała zastosowaniem go do budowy różnych mikromaszyn.

Budowa i działanie silnika unipolarnego

Rozpoznanie silnika

Prosty program do identyfikacji wyprowadzeń

Sterowanie kierunkiem obrotów

Sterowanie prędkością obrotową

Zastosowania

Silniki krokowe to elementy mające szerokie zastosowanie w automatyce, robotyce, itp. Podanie na uzwojenie silnika impulsu prądu elektrycznego powoduje, że jego wirnik nie obraca się ruchem ciągłym, lecz wykonuje ruch obrotowy o ściśle ustalony kąt. Dzięki temu kąt obrotu wirnika jest ściśle zależny od liczby dostarczonych impulsów (no i rzecz jasna od jego cech konstrukcyjnych), a prędkość kątowa wirnika jest proporcjonalna do częstotliwości tych impulsów. Kąt obrotu wirnika pod wpływem działania jednego impulsu może mieć różną wartość, zależnie od budowy silnika – jest to zwykle wartość od kilku do kilkudziesięciu stopni.

Zwykłe silniki prądu stałego mają dwa wyprowadzenia, które po przyłączeniu do źródła napięcia powodują, że silnik wykonuje ruch obrotowy. Silniki krokowe natomiast mają kilka wyprowadzeń. Z punktu widzenia budowy (w sensie rozwiązań elektrycznych), można je podzielić na unipolarne i bipolarne.

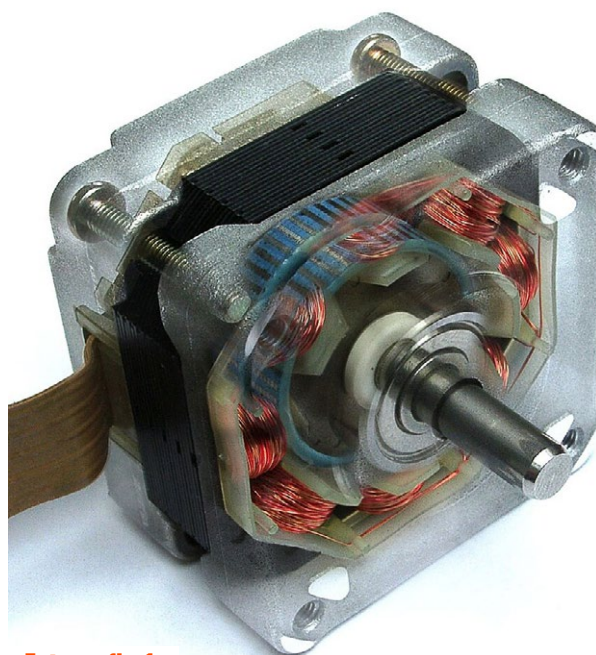
Wariant bipolarny, mający dwa uzwojenia (stąd taki silnik ma wyprowadzone cztery przewody), wymaga cyklicznej zmiany polaryzacji napięcia przyłączonego do uzwojenia, co zmusza do zastosowania rozwiązania typu mostek H (dokładniej dwóch mostków typu H). W drugim wariantcie (unipolarnym), występują cztery uzwojenia, które zasilane w odpowiedniej kolejności powodują ruch obrotowy wirnika.

Sterowanie tego typu silnikiem jest łatwiejsze, wystarczą proste układy komutujące prąd płynący w uzwojeniach (przepływ prądu jest w jednym kierunku).

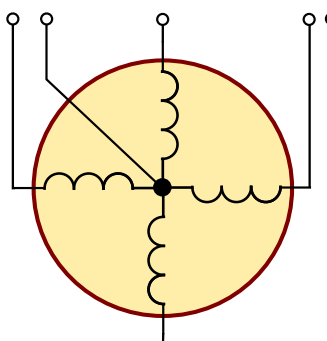
Budowa i działanie silnika unipolarnego

Typowym rozwiązaniem jest grupa czterech uzwojeń z jednym wspólnym końcem wyprowadzonym na zewnątrz (to implikuje 5 przewodów wychodzących z silnika). Każde uzwojenie jest podzielone na dwie sekcje połączone szeregowo. Pewien pogląd na budowę daje **fotografia 1** (autor: Nicolas Kruse, licencja Creative Commons). Uzwojenia są rozłożone na stojanie, natomiast wirnik jest bardzo silnym magnesem. Niektóre silniki są „rozbieralne” (jak choćby ten z fotografii 1), chcę jednak przestrzec potencjalnych ciekawskich, że nie jest to dobry pomysł, gdyż bez specjalistycznego wyposażenia ponowne złożenie jest niemożliwe. Zastosowane magnesy są tak silne, że nie da się uzyskać jednakowej szczeliny na całym obwodzie między stojanem a wirnikiem. Tę szczególną wiedzę uzyskałem w wyniku własnych doświadczeń a części silnika zostały poddane recyklingowi (samowiedza utrwała się najsilniej).

Uzwojenia w silniku są połączone w sposób przedstawiony w dużym uproszczeniu na **rysunku 2**. Jedne końce uzwojeń są połączone razem i jako jeden przewód wyprowadzone na zewnątrz silnika, a pozostałe, drugie końce wszystkich uzwojeń są wyprowadzone niezależnie na zewnątrz (co daje finalnie 5 przewodów). Przyłączenie wspólnego przewodu do plusa zasilania oraz tylko jednego (z indywidualnych przewodów od każdego uzwojenia) do minusa, spowoduje, że płynący prąd wytworzy pole magnetyczne, który oddziałując na wirnik sprawi, że ustawi się on w określonym kierunku, jak pokazuje **rysunek 3a**, i tak pozostaje. Przełączenie minusa na inne uzwojenie doprowadzi do obrotu wirnika o niewielki kąt, doprowadzając do sytuacji pokazanej na **rysunku 3b**. Kolejna komutacja prądu w uzwojeniach (**rysunek 3c**) wymusza kolejny niewielki obrót wirnika. Następne przełączenie (**rysunek 3d**) wymusza obrót wirnika o kolejny krok. Po czterech impulsach prądu (w odpowiedniej kolejności dla każdego uzwojenia) wirnik został obrócony o 45° (na rysunku, w rzeczywistych rozwiązaniach może być



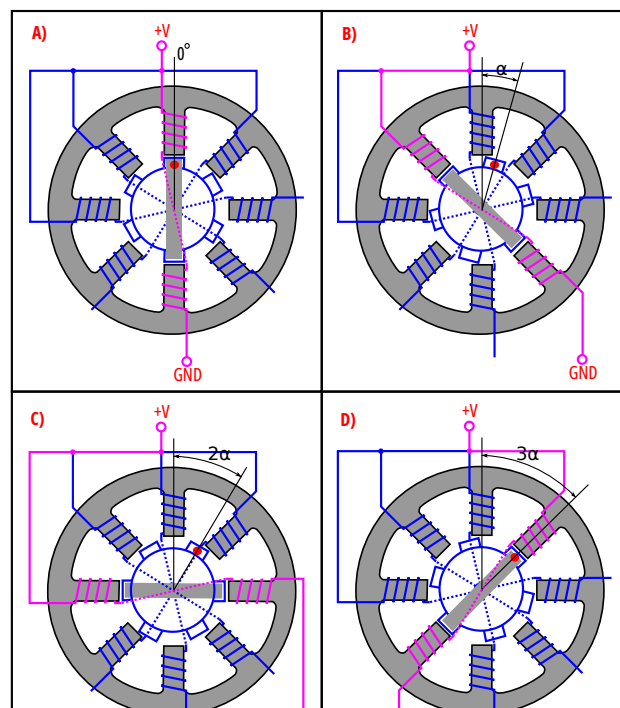
Fotografia 1



Rysunek 2

wymaga przyłączenia wspólnego przewodu do plusa zasilania oraz łączenia kolejno do minusa zasilania poszczególnych przewodów w odpowiedniej kolejności.

Przedstawione rozważania są dużym (ale wystarczającym) przybliżeniem, gdyż rzeczywistość jest trochę bardziej złożona. Sam wirnik jest magnesem stałym



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



Analizator logiczny

Saleae, część 1

Analizator logiczny można uznać za sprzęt diagnostyczno-pomiarowy i stosowany jest wyłącznie do przebiegów cyfrowych. Można go traktować jako 8-kanałowy oscyloskop i w praktyce hobbystycznej będzie bardzo pomocnym przyrządem.

Oprogramowanie do analizatora

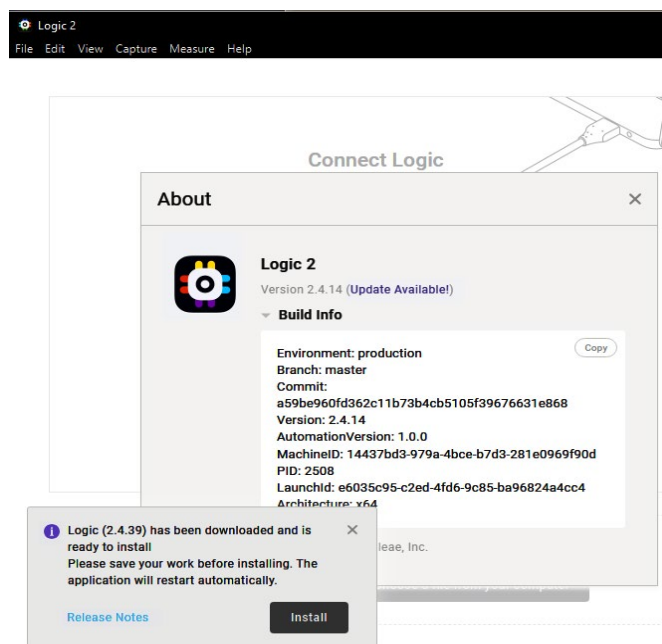
Uruchomienie programu

Skanowanie przebiegu

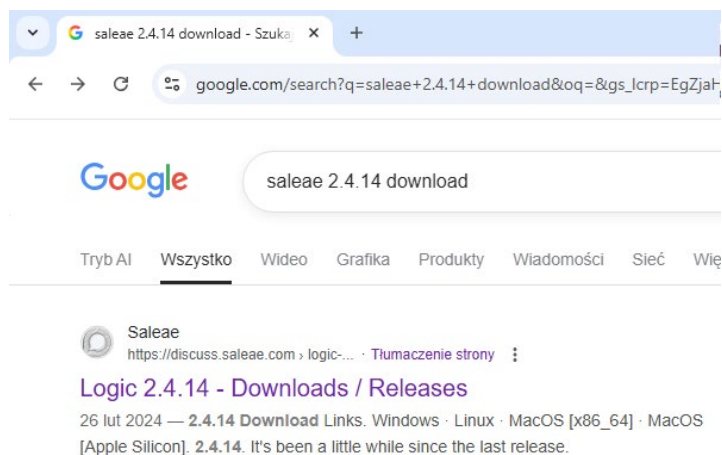
Analizator *Saleae* to niewielkie urządzenie współpracujące z komputerem PC za pośrednictwem złącza USB. Takie rozwiązanie pozwala mu zasilać się z komputera. Jego „siłą” jest właściwie oprogramowanie uruchamiane w komputerze, gdyż „pudełeczko” pokazane na fotografii tytułowej w gruncie rzeczy jest tylko czytnikiem stanów logicznych, które via USB są transmitowane do komputera. Drugą „siłą” tego analizatora jest jego cena, co w warunkach budżetowych osób zaczynających swoją przygodę z elektroniką jest istotnym elementem (popularny portal aukcyjny oferuje go za małe kilkadziesiąt złotych).

Oprogramowanie do analizatora

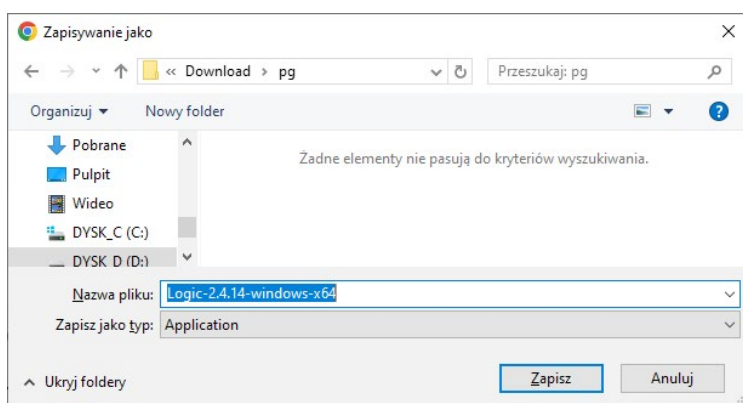
Użycie analizatora wymaga zainstalowania w komputerze odpowiedniego oprogramowania. Ja posługuję się wersją 2.4.14, choć dostępna jest już nowsza wersja (rysunek 1).



Rysunek 1

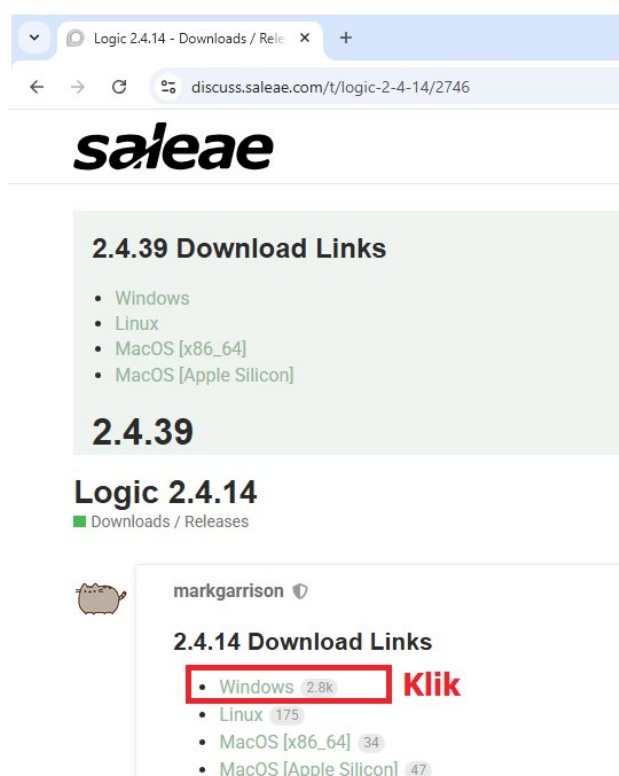


Rysunek 2



Rysunek 4

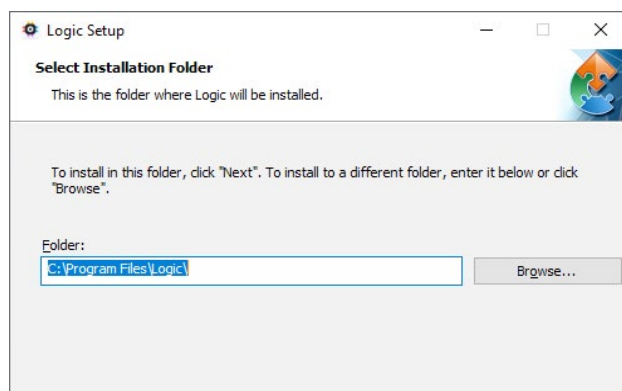
Program obsługujący jest bezpłatny i można go pobrać ze strony producenta. Najprostszym rozwiązaniem jest wpisanie w wyszukiwarkę frazy *Saleae download* – zostaniemy przekierowani do strony oferującej wersję instalacyjną programu. Pobrałem ze strony producenta wersję oprogramowania 2.4.39, ale próba jego instalacji zakończyła się niepowodzeniem. Nie bardzo miałem czas na rozpatrywanie problemu, a z drugiej strony nie potrzebuję najnowszej wersji, gdyż posiadana całkowicie mi wystarcza. Aby jednak całe przedsięwzięcie nie zakończyło się porażką, opiszę jak uzyskać wersję używaną przeze mnie (może ktoś z Czytelników będzie miał ochotę zagłębić się w problem najnowszej wersji i to opisać). Po uruchomieniu przeglądarki internetowej należy wpisać frazę *saleae 2.4.14 download* (**rysunek 2**) i następnie kliknąć w link by przejść do strony umożliwiającej pobranie oprogramowania (**rysunek 3**). Udostępniony plik zapisać na swoim dysku (**rysunek 4**). Jest to wersja dla Windows (używam Windows 10) dla komputerów 64-bitowych, ale dostępne są wersje pod inne platformy. Uży-



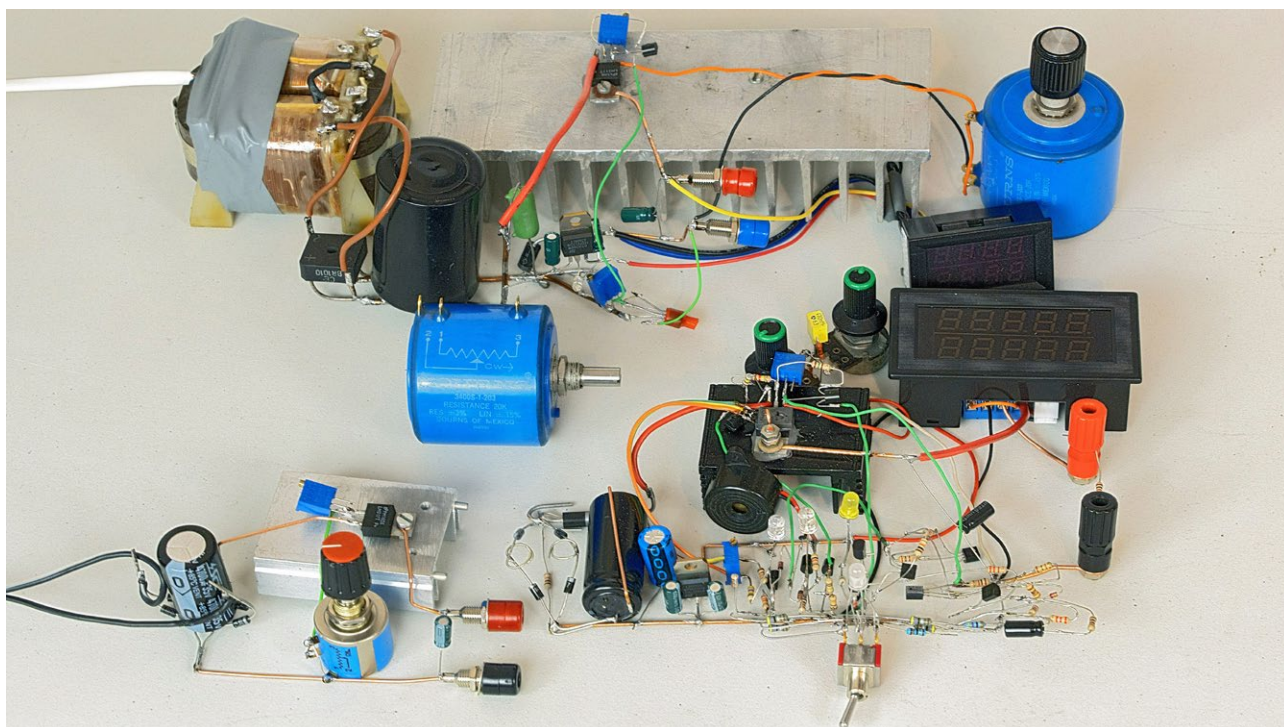
Rysunek 3



Rysunek 5



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



Mały liniowy zasilacz: Podsumowanie i ulepszenia

Oto ostatni artykuł serii pokazującej, jak elektronik dla swej ogromnej satysfakcji może zaprojektować i zrealizować niewielki zasilacz liniowy do swojej pracowni. Niewielki, o prądzie maksymalnym do 0,5 ampera, zawierający scalony stabilizator LM317 oraz opcjonalnie szereg obwodów dodatkowych.

Ogranicznik napięcia wejściowego
Szybkie włączanie i wyłączenie
Ogranicznik napięcia wyjściowego
Ulepszone wersje zasilacza

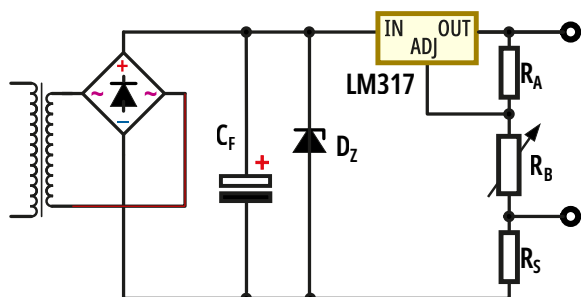
Wersje o wyższym napięciu
Regulacja napięcia „od zera”
Wersje o większym prądzie
Wersje z dodatkowymi tranzystorami

W ostatnim artykule serii opisującej proces projektowania niewielkiego zasilacza warsztatowego do pracowni hobbysty, podam dodatkowe informacje oraz propozycje do ewentualnego zrealizowania.

Ogranicznik napięcia wejściowego

W małym zasilaczu ma pracować kostka LM317, dla której dopuszczalne napięcie wejściowe to 40 woltów. Do takiego zasilacza atrakcyjne, a wręcz idealne wydają się transformatory o napięciu nominalnym 24 V, bowiem zgodnie z obliczeniami z napięcia przemienne 24 V po wyprostowaniu powinniśmy

otrzymać na kondensatorze i na wejściu stabilizatora napięcie stałe około 33 woltów. Teoretycznie tak, tylko mówimy tu o projektowaniu niewielkiego zasilacza amatorskiego, w którym będzie pracował przypadkowy transformator o przypadkowych parametrach. Być może transformator bardzo „miękki”, czyli taki, którego napięcie bez obciążenia będzie dużo wyższe niż nominalne, podane w katalogu. Może się więc zdarzyć, że zastosowany 24-woltowy transformator okaże się tak „miękki”, że bez obciążenia napięcie stałe na kondensatorze filtrującym przekroczy dopuszczalne dla LM317 40 woltów.



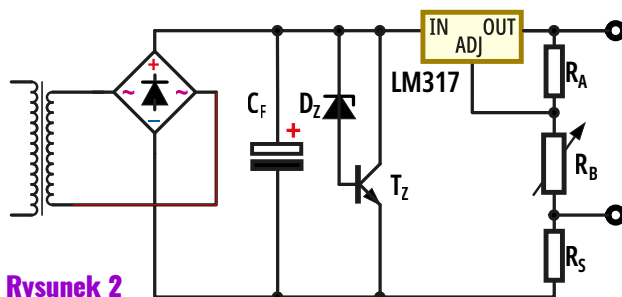
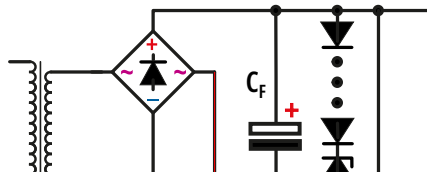
Rysunek 1 Dziś problem jest bardziej realny także dlatego, że w niektórych okresach (głównie wskutek obecności instalacji fotowoltaicznych) napięcie sieci energetycznej jest wyższe od nominalnego 230 V i sięga 250V, a nawet więcej. I wtedy należy przynajmniej rozważyć, czy w takim amatorskim zasilaczu zupełnie nietypowo trzeba dodać obwód ograniczający napięcie na wejściu stabilizatora LM317.

Otóż w przypadku „miękkich” transformatorów o napięciu nominalnym 24 V, może mieć sens zastosowanie „partyzanckiego rozwiązania” w postaci ogranicznika napięcia na kondensatorze filtrującym, według idei z **rysunku 1**. Taka dioda stanowi wstępne obciążenie transformatora i przewodzi tylko przy małym obciążeniu wyjścia zasilacza.

Problem w tym, że przez taką 40-woltową diodę Zenera musi płynąć taki prąd I_Z , który wywoła znaczące spadki napięcia na rezystancjach uzwojeń transformatora i przez to zmniejszy napięcie na kondensatorze do dopuszczalnych 40 V. W diodzie wydzieli się moc strat ciepłych o wielkości około $P = I_Z \times 40 \text{ V}$. Tymczasem popularne diody Zenera mają obciążalność 0,3...1 W, czyli maksymalny prąd I_Z nie mógłby być większy niż 7,5...25 mA. Najprawdopodobniej będzie to prąd za mały do zredukowania napięcia do 40 V i potrzebna będzie dioda Zenera o większej mocy.

Zamiast szukać diody Zenera dużej mocy, można wykorzystać prosty sposób z tranzystorem mocy T_Z i „małą” diodą, według **rysunku 2**. Idealna wydaje się tu dioda 39-woltowa (BZX55C39), ale takie diody mają 5-procentowy rozrzut napięcia stabilizacji i napięcie zależy też w pewnym stopniu od prądu. Dlatego w praktyce być może trzeba będzie dobrać egzemplarz diody 39-woltowej albo zastosować diodę „o numer mniejszą”, czyli 36-woltową a w szereg z nią włączyć diodę LED i ewentualnie odpowiednio dobrane jakieś zwykłe diody krzemowe, według **rysunku 3**.

Zależnie od wielkości i „miękości” transformatora, różny



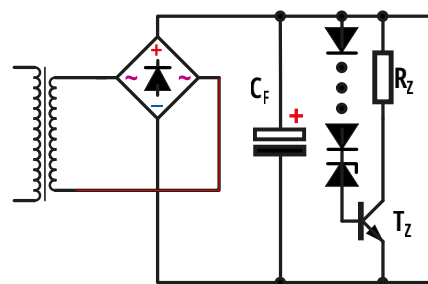
Rysunek 2

i różna będzie moc wydzielająca się w tranzystorze. Być może dla takiego tranzystora potrzebny będzie radiator, co komplikuje zasilacz. Dlatego warto wiedzieć o sposobach redukcji problemu grzania się takiego tranzystora.

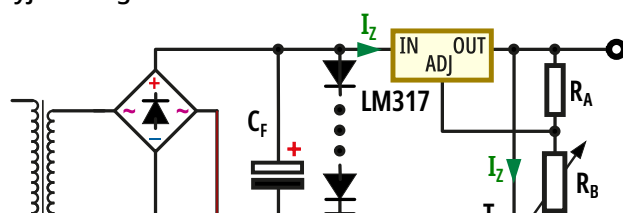
Otóż lepiej wydzielić taką moc strat nie w tranzystorze, tylko w rezystorze o odpowiedniej mocy (np. drutowym). Wystarczy sprawdzić jaką rezystancję trzeba dołączyć do kondensatora żeby zmniejszyć jego napięcie poniżej 40 V, a potem rezystor o trochę mniejszej rezystancji (i odpowiedniej obciążalności) dołączyć nie na stałe, tylko w kolektorze tranzystora, według **rysunku 4**.

Innym rozwiązaniem jest zamontowanie takiego tranzystora wstępnego obciążenia na radiatorze, do którego bezpośrednio przykręcony jest stabilizator LM317. Otóż wkładka radiatorowa LM317 jest połączona z końcówką wyjściową (OUT). Podobnie z wkładką radiatorową połączony jest kolektor tranzystora T_Z . A to znaczy, że bezpośrednio przykręcenie tych elementów do radiatora da układ wstępnego obciążenia według **rysunku 5**. To może być interesujące rozwiązanie praktyczne, o ile jest potrzeba wstępnej redukcji napięcia wejściowego.

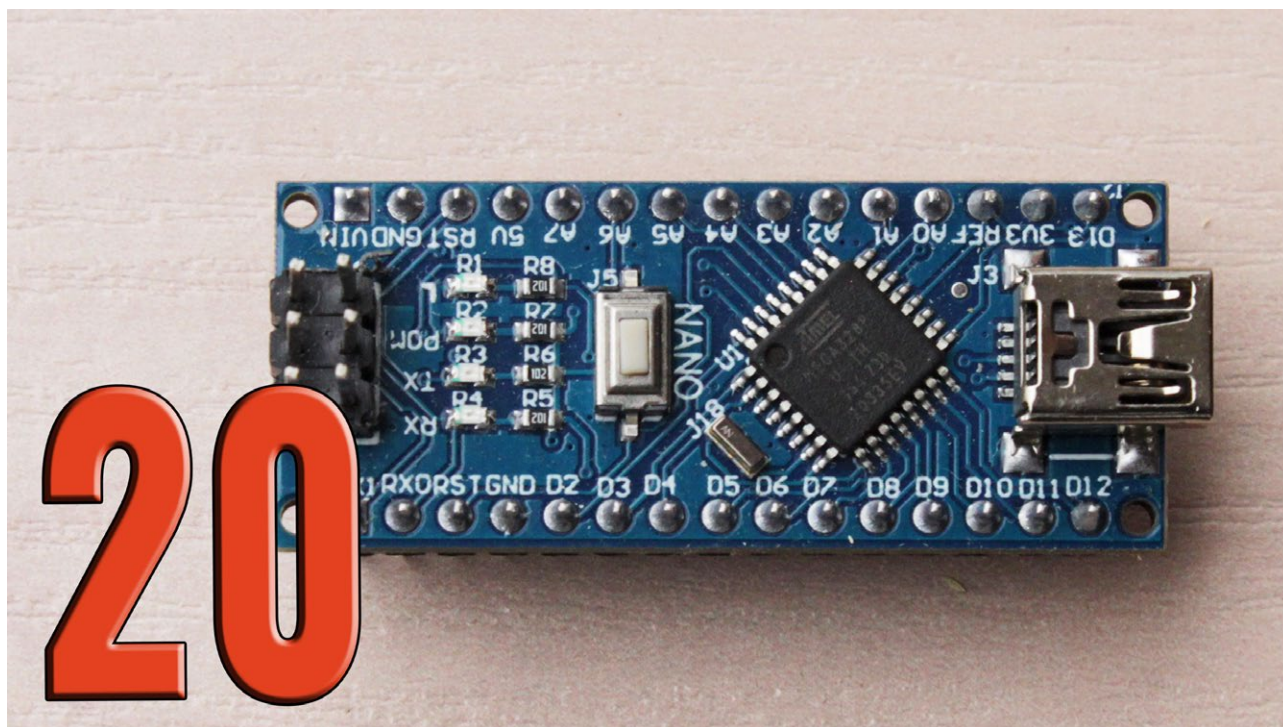
Przy braku obciążenia wyjścia zasilacza, prąd wstępnego obciążenia I_Z popłynie przez stabilizator LM317, niezależnie od wartości ustawionego napięcia wyjściowego. Prąd ten nie będzie jednak mierzony przez miernik prądu wyjściowego.



Rysunek 4



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



Mikroprocesorowa ośła łączka, część 20

Kolejna część podsumowująca dotyczy instrukcji języka C. Większość z nich powinna być dobrze znana, gdyż były szeroko stosowane w przykładowych programach. Jednak sam język ma też instrukcje, które nie są zbyt często używane. Poza tym warto poznać ich cechy – dowiedzieć się jak działają.

[Warunki w instrukcjach](#)
[Instrukcja warunkowa](#)
[Instrukcje pętli](#)

[Instrukcje wymuszonego zakończenia pętli](#)
[Instrukcje postawienie warunkowego](#)
[Instrukcje skoku w programie](#)

Działanie programów będzie uruchamiane pod kontrolą symulatora wbudowanego w środowisko Atmel Studio, gdyż zwalnia to nas z budowania odpowiedniego środowiska sprzętowego, a możliwości symulatora są wystarczające żeby poznać szczegóły ich działania.

Warunki w instrukcjach

Jednym z istotnych elementów wielu instrukcji jest zapis warunku, który w zależności od wartości logicznej wyrażenia (typu tak/nie) będzie wpływał na wykonanie instrukcji. W wielu językach istnieje oddzielny typ reprezentujący typ logiczny. W języku C nie ma dedykowanego takiego typu i jest on „emulowany” przez typ o najmniejszej zajętości w pamięci, czyli `uint8_t` jako liczba 8-bitowa bez

znaku (jeżeli mamy potrzebę utworzenia zmiennej przechowującej wartość logiczną, przyjmując, że 0 odpowiada nie/false oraz 1 to tak/true). Wyrażenie warunkowe służy do zbadania określonej relacji zachodzącej między zmienną a inną zmienną lub stałą. Zapis tego w języku C odpowiada intuicyjnemu podejściu i ma postać: `<zmienna> <operator relacji> <zmienna>`, gdzie `<zmienna>` jest identyfikatorem zmiennej lub stałą a `<operator relacji>` jest znakiem lub dwuznakiem identyfikującym relację (zapis `<stała> <operator relacji> <stała>` z logicznego punktu widzenia nie ma sensu, choć jest poprawny w sensie gramatyki języka). Tego typu operatory są dwuargumentowe (po obu stronach operatora musi w ogólnym przypadku wystąpić wyrażenie). Dostępne są następujące operatory:

• > to operator *większe*, ma wartość *tak*, jeżeli wartość wyrażenia z lewej strony jest większa od wartości wyrażenia z prawej strony operatora, w przeciwnym wypadku wynikiem jest *nie*,

• >= to operator *większe lub równe*, ma wartość *tak*, jeżeli wartość wyrażenia z lewej strony jest większa lub równa wartości wyrażenia z prawej strony operatora, w przeciwnym wypadku wynikiem jest *nie*,

• < to operator *mniejsze*, ma wartość *tak*, jeżeli wartość wyrażenia z lewej strony jest mniejsza od wartości wyrażenia z prawej strony operatora, w przeciwnym wypadku jest *nie*,

• <= to operator *mniejsze lub równe*, ma wartość *tak*, jeżeli wartość wyrażenia z lewej strony jest mniejsza lub równa z wartością wyrażenia z prawej strony operatora, w przeciwnym wypadku jest *nie*,

• == to operator *równe*, ma wartość *tak* jeżeli wartość wyrażenia z lewej strony jest równa wartości wyrażenia z prawej strony operatora, w przeciwnym wypadku jest *nie*,

• != to operator *różne*, ma wartość *tak*, jeżeli wartość wyrażenia z lewej strony jest inna niż wartość wyrażenia z prawej strony operatora, w przeciwnym wypadku jest *nie*.

Każde wyrażenie logiczne typu <coś> <operator> <coś> jest prostym wyrażeniem logicznym. Dwa takie wyrażenia połączone operatorem logicznym mogą tworzyć bardziej złożone wyrażenia warunkowe. Możliwe są następujące operatory łączące wyrażenia proste:

• || to operator logiczny *or* (alternatywa/suma logiczna/lub),

• && to operator logiczny *and* (koniunkcja/iloczyn logiczny/i).

Występuje jeszcze operator jednoargumentowy negacji (w języku C oznaczany znakiem !). Ten operator dotyczy wyrażenia zapisanego za operatorem.

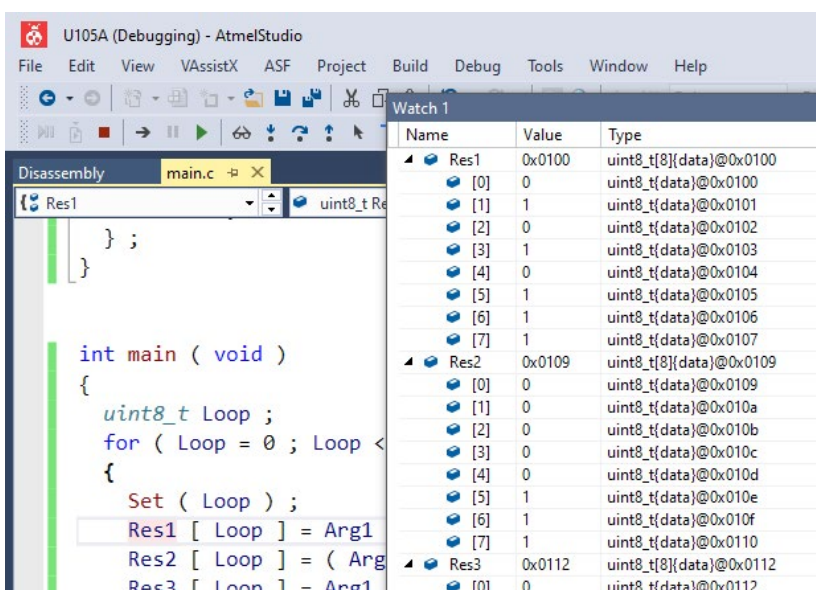
Oprócz zwyczajowo rozumianego podejścia do wyrażen logicznych przedstawionych wyżej, w języku C występuje mniej intuicyjna wersja, przykładowo *if (Zmienna)*, gdzie zmienna jest dowolnego typu (nawet typu *float*). Taka konstrukcja w języku C jest dopuszczalna i przyjmuje wartość *nie*, jeżeli *Zmienna* przechowuje liczbę zero oraz *tak*, jeżeli wartość zmiennej jest różna od zera. Można taki zapis interpretować w sposób pokazany na **rysunku 1**.

W obliczaniu wartości złożonych wyrażeń logicznych, poszczególne operatory mają swoje priorytety (podobnie jak w wyrażeniach arytmetycznych w pierwszej

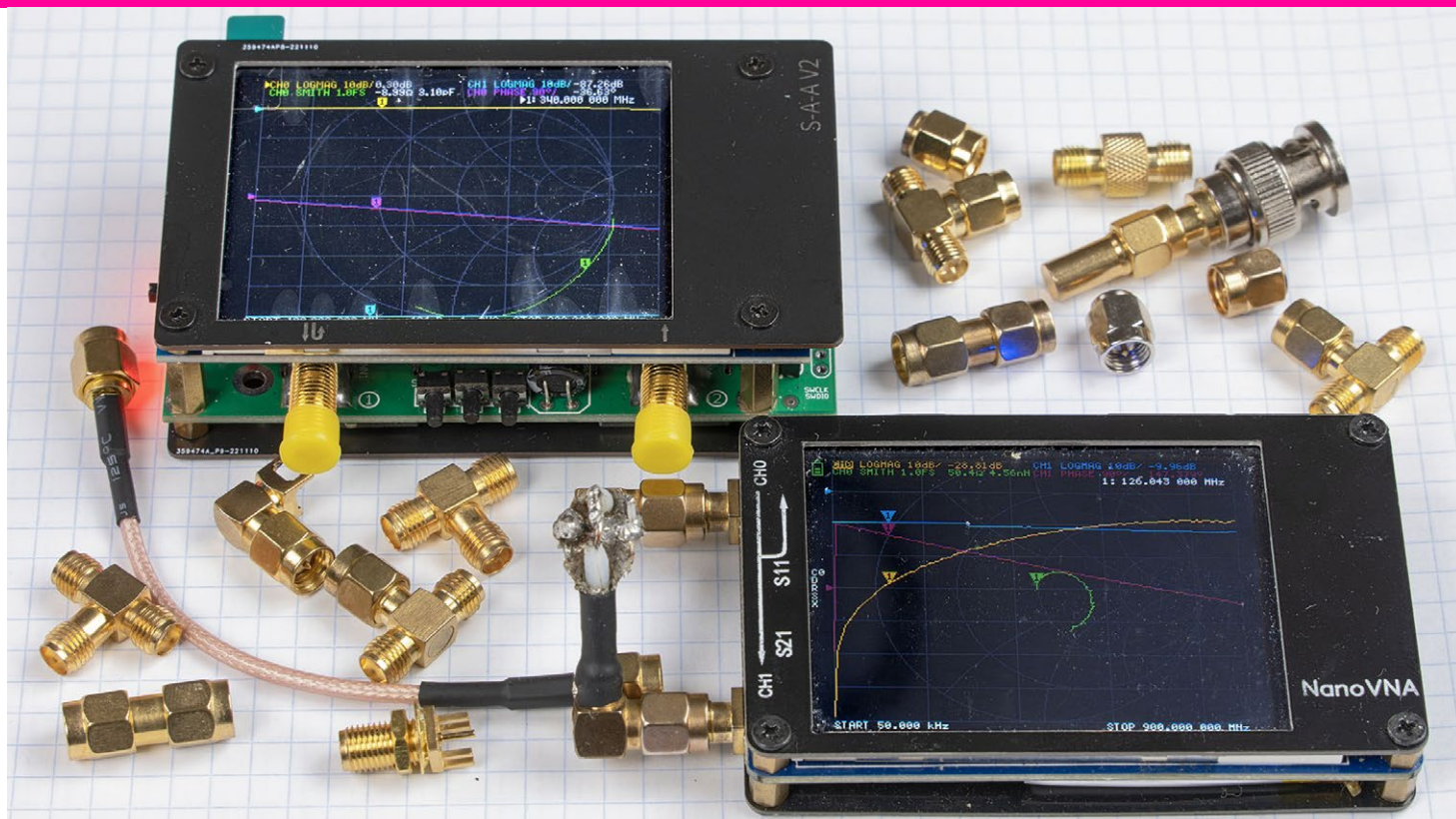
w drugiej dodawania). W sytuacji, gdy występują wątpliwości co do kolejności działań, najlepiej jest użyć zapisu z nawiasami (nadmiar nawiasów jeszcze nigdy nie zaszkodził). Do ilustracji tej problematyki utworzyłem program (U105A, dostępny w **materiałach dodatkowych**), którego istotną część pokazuje **listing 1**:

```
int main ( void )
{
    uint8_t Loop ;
    for ( Loop = 0 ; Loop < 8 ; Loop ++ )
    {
        Set ( Loop ) ;
        Res1 [ Loop ] = Arg1 || Arg2 && Arg3 ;
        Res2 [ Loop ] = ( Arg1 || Arg2 ) && Arg3 ;
        Res3 [ Loop ] = Arg1 || ( Arg2 && Arg3 ) ;
    } /* for */ ;
    while (1)
    {
    }
}
```

Zadaniem programu jest pokazanie różnicy w obliczaniu wartości wyrażenia z „domyślnym” priorytetem operatorów logicznych oraz z dwoma wariantami priorytetów „narzuconych” poprzez zastosowanie nawiasów. Program w pętli (osiem obrotów) poprzez wywołanie funkcji *Set* inicjuje zmienną „logiczną” na jedną z ośmiu możliwych kombinacji oraz oblicza wartość wyrażenia logicznego *Arg1 || Arg2 && Arg3* (suma logiczna *Arg1* i *Arg2* oraz iloczyn logiczny z *Arg3*). Wyniki obliczeń dla różnych notacji zapisu wyrażenia są zachowane w tablicach *Res1*, *Res2* i *Res3*. Po uruchomieniu programu w symulatorze, z pokazanych wyników (**rysunek 2**) można wysnuć wniosek,



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



Historia nanoVNA – dobrego miernika impedancji

W artykule [NanoVNA – gdzie i którą wersję kupić?](#) przedstawiłem zwięzłą odpowiedź na pytania dotyczące zakupu. Natomiast w poniższym artykule przedstawiam historię rodziny, czy raczej rodzin nanoVNA – przyrządów, które pierwotnie zostały opracowane przez amatorów, a są przydatne każdemu elektronikowi.

Co to jest nanoVNA?
VNA (nie) dla każdego?

Prapoczątki nanoVNA

Pierwsza linia – Gen Hu, czyli hugen79

Meandry dalszego rozwoju

Drugi wątek rozwojowy
flyboob i nanoVNA-F

Jeszcze inne „małeVNA”

Chińskie klony chińskich klonów...

W serii artykułów o numerach zaczynających się od M024 (<https://piotr-gorecki.pl/m024>) przedstawiłem fascynującą historię trzech rodzin popularnych i tanich przyrządów pomiarowych opracowanych pierwotnie przez hobbystów, a dziś masowo produkowanych w Chinach. Ten artykuł ma numer M027 i przedstawia historię mierników zwanych **nanoVNA**.

Co to jest nanoVNA?

Od wielu lat znane i wykorzystywane były wobulATORY, wobuloskopy i analizatory widma. Ich podstawowa zasada działania jest stosunkowo prosta do zrozumienia. Nas teraz interesują przyrządy

zwane **VNA**, które działają zupełnie inaczej. Ich zasada działania i specyfika są tajemnicą nawet dla wielu elektroników. Także z powodu nazwy. VNA to **Vector Network Analyzer** i najwięcej niepewności wnosi słowo *Network*. Jakże to sieci analizuje on w sposób wektorowy?

Sytuację komplikuje fakt, że te przyrządy mierzą impedancję w bardzo szerokim zakresie częstotliwości, nie tylko radiowych, ale też mikrofalowych, a mianowicie do kilku gigaherców, czyli kilku tysięcy megaherców, a wtedy silnie dają o sobie znać tajemnicze zjawiska falowe i mówimy o rozpraszaniu (*scattering*). Ale to zupełnie inna historia.

Moim zdaniem dużo trafniejszą, a zdecydowanie mniej straszącą polską nazwą VNA jest: **wektorowy miernik impedancji**. Tak, ponieważ w sumie podstawową funkcją jest pomiar impedancji. Przynajmniej przy niższych częstotliwościach.

Ja z kosztownego, profesjonalnego analizatora VNA produkcji Hewlett-Packard (**fotografia 1**) korzystałem już ponad 30 lat temu, pracując w jednym z zakładów TELKOM. Obecnie mam możliwość „dotknąć się” do RSA3015 N (**fotografia 2**) – przyrządu typu 4 w 1, który między innymi jest analizatorem VNA o paśmie do 1,5 GHz.

Ale znam i wykorzystuję **nanoVNA** – to **najtańsza na rynku odmiana VNA**. Ja nie jestem specjalistą od techniki w.cz., ani tym bardziej mikrofalowej. Jednak dobrze wiem, że **nanoVNA** albo inna wersja VNA **to genialny przyrząd, który powinien stać się wyposażeniem dosłownie każdej pracowni elektronicznej**. VNA to przyrząd niebywale wszechstronny, ale zdecydowanie zbyt mało znany. Wbrew opisom, nie jest to jedynie analizator anten i innego sprzętu radiowego. **NanoVNA to niewyobrażalnie uniwersalny... omomierz, a właściwie uniwersalny miernik impedancji, a tym samym także miernik pojemności, indukcyjności oraz oczywiście parametrów falowych. Przyrząd, który może też pełnić funkcję TDR.**

Mam dwie tanie wersje nanoVNA, pokazane na **fotografii 3**. Kilku oddzielnych artykułów i filmów wymaga odpowiedź na pytania, jak działa nanoVNA i jak można ten genialny przyrząd wykorzystać w zastosowaniach „nieantenowych” jako znakomity szerokopasmowy miernik impedancji. A w tym artykule przedstawię tylko fascynującą historię nanoVNA.

VNA (nie) dla każdego?

„Prawdziwe” analizatory VNA mają bardzo szerokie pasmo i ogromną dynamikę. „Na dole” zakres pracy może sięgać nawet 10 herców, a „na górze” w najlepszych VNA przekracza 100 GHz. Tak! Jest szerszy niż 100 000 megaherców!

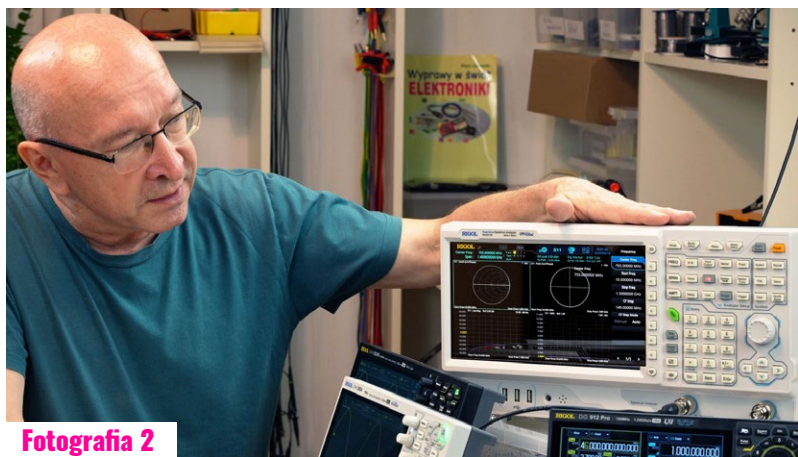
Poszerzanie pasma VNA zarówno w górę, jak też w dół oraz zwiększanie dynamiki jest bardzo kosztowne. Dlatego też ceny profesjonalnych VNA zawsze były i są wysokie, a niektórych wręcz niebotyczne.

Hobbyści, a konkretnie najbardziej zaawansowani krótkofalowcy, od lat próbowali budować rozmaite odmiany VNA. Interesującym przykładem sprzed kilku lat jest może być projekt (**rysunek 4**) ze strony: <https://hforsten.com/improved-homemade-vna.html>.

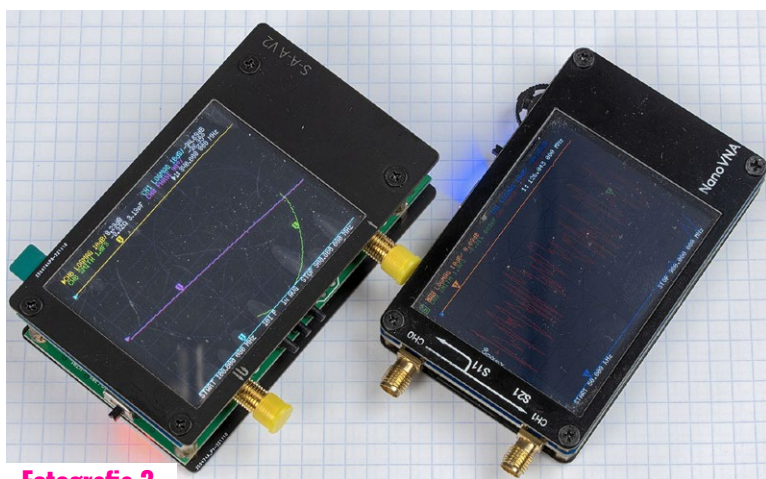
Jednak były to konstrukcje niezbyt atrakcyjne dla



Fotografia 1



Fotografia 2

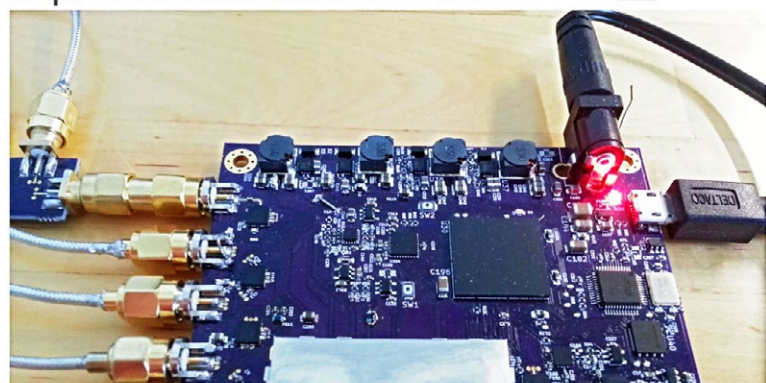


Fotografia 3

<https://hforsten.com/improved-homemade-vna.html>

Improved homemade VNA

Date 2017-03-13



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

Skrzynka pytań i odpowiedzi

W tej rubryce przedstawiane są odpowiedzi na wybrane pytania dotyczące elektroniki, zawarte w komentarzach do postów i filmów, nadsyłane przez Patronów i Mecenasów oraz innych Czytelników za pomocą kanałów podanych na stronie: [Zapytaj, odpowiedz](#).



Jaki kupić dobry niedrogi zasilacz dla elektronika?

(...) wykorzystuję kilka zasilaczy. (...) często to męka
(...) W Pana filmie widzę zalety zasilacza laboratoryjnego. Czy mógłby Pan doradzić, jaki kupić zasilacz laboratoryjny dla elektronika i opisać obsługę? Nie musi być najtańszy. (...) żeby miał naprawdę dobre parametry i był wygodny w obsłudze.

TLDR (*too long; didn't read*), czyli najkrócej dla każdego, kto chce szybko kupić, a nie czytać uzasadnienia: **kup najlepszy, na jaki Cię stać!** Koniecznie z **klasycznym transformatorem i stabilizatorem liniowym, a więc zasilacz ciężki**. Wprawdzie niewiele pieniędzy należy przeznaczyć na jak najlepszy oscyloskop, ale dobry uniwersalny zasilacz też jest ważny. Z doświadczenia wiem, że dobry stosunek możliwości do ceny mają **nowe wersje** zasilaczy KORAD: **KA3005DS**, **KA3005PS** oraz **KKG305D** i **KKG305D**. **NIE KUPUJ starych wersji KA3005D ani KA3005P**. Zasilaczom KORAD poświęcony jest **cały artykuł**, a tutaj dla zainteresowanych cztery „dobre” linki do sklepu autoryzowanego dystrybutora:

[KA3005DS](#)

[KKG305D](#)

[KA3005PS](#)

[KKG305P](#)

A bardziej obszerna [oferta KORAD jest na tej stronie](#).

A teraz szersza odpowiedź. Autor tej prośby zajmuje się elektroniką hobbystycznie i do tej pory nie korzystał z zasilacza laboratoryjnego. W e-mailu nie było informacji **jaki jest akceptowalny górny próg cenowy oraz jak rozumieć „naprawdę dobre parametry”**? Bo zasilacze nazywane laboratoryjnymi można kupić w cenach od nieco ponad 100 złotych do kilkudziesięciu tysięcy złotych.

Kluczowe, naprawdę ważne pytanie jest następujące: czy naprawdę musi to być wysokiej klasy, kosztowny **zasilacz laboratoryjny**, czy może wystarczy przyzwoity **zasilacz warsztatowy**? Określenie „zasilacz laboratoryjny” jest bowiem mocno nadużywane! Szersze rozważania na ten temat przedstawiam [w artykule oznaczonym M080](#).

Zdecydowanej większości hobbystów wcale nie jest potrzebny prawdziwy zasilacz laboratoryjny z mnóstwem opcji i możliwości współpracy z komputerem. Zdecydowanej większości elektroników wystarczy zasilacz **warsztatowy** o sensownych parametrach, który nie ma zaawansowanych funkcji ani możliwości współpracy z komputerem.

Ogólna reguła jest prosta: czym droższy zasilacz i czym lepszy producent, tym lepsze są parametry. Ale „naprawdę dobre”, najbardziej potężne zasilacze laboratoryjne kosztują kilkadziesiąt tysięcy złotych.

Przykłady pokazane są na **rysunku 1**. To jest najwyższa półka. Tańsze prawdziwe zasilacze laboratoryjne kosztują kilka tysięcy złotych, niektóre w granicach 1000...3000 zł, czyli w zasięgu wielu hobbystów. ***Ceny tańszych, prawdziwych zasilaczy laboratoryjnych wcale nie są szokujące, tym bardziej, jeśli zwykle chodzi o zasilacze dwu- i trzykanałowe – bo przecież wiadomo, że w pracowni elektronika pojedynczy zasilacz nie wystarczy.***

Jednak pytanie Czytelnika dotyczy nie tyle prawdziwego laboratorium, co raczej pracowni hobbysty elektronika. ***Jeżeli ktoś zajmuje się wyłącznie techniką cyfrową, nie potrzebuje zasilacza laboratoryjnego*** i prawdopodobnie wystarczy mu jakikolwiek zasilacz dający napięcia w zakresie 1...5 V, a może nawet 3...5 woltów. ***Natomiast każdy prawdziwy elektronik powinien mieć w pracowni uniwersalny zasilacz z klasycznym transformatorem i stabilizatorem liniowym***, a nie zasilacz impulsowy.

Dlaczego zasilacz liniowy a nie impulsowy?

Ogólnie biorąc cieszymy się, że dziś zasilacze i ładowarki dużej mocy mają nieduże rozmiary i zaskakująco małą masę – są to bowiem zasilacze **impulsowe**. Ale nie tak jest w przypadku zasilaczy laboratoryjnych, ani nawet lepszych warsztatowych, przeznaczonych do pracowni elektronika. Wtedy fakt, że zasilacz jest impulsowy (a dzięki temu lekki), wcale nie jest zaletą, tylko poważną wadą! Głównie z uwagi na **rozmaite zakłócenia oraz słabe właściwości dynamiczne**. Najprościej biorąc, zasilacze liniowe „nie śmiecą”, natomiast zasilacze impulsowe wytwarzają różne zakłócenia i dają na wyjściu „zaśmieczone napięcie”. Obszerniejsze uzasadnienie, dlaczego powinien to być zasilacz liniowy z klasycznym transformatorem, a nie na pozór lepszy, lżejszy i tańszy zasilacz impulsowy, stopniowo przedstawiam w innych artykułach serii zaczynającej się od artykułu M080 – **rysunek 2**.

A teraz, nie
wchodząc
w szczegóły:
**do roli głów-
nego zasilacza
w pracowni
elektronika
zdecydowanie
polecam cięż-
kie zasilacze
analogowe
z klasycznymi**



 <https://www.mouser.pl/c/power/power-supplies/>

Image	Mfr. 	Description	Pricing (PLN) 
	B&K Precision	Benchtop Power Supplies 1950V/27A/18kW DC	1 86 472,74 zł ..
	B&K Precision	Benchtop Power Supplies 500V/108A/18kW DC	1 85 434,55 zł ..
	Keysight	Benchtop Power Supplies Basic AC Power Source, 4000 VA, 310 V, 20 A	1 72 660,37 zł ..
	Keysight	Benchtop Power Supplies Autoranging System DC Power Supply, 500 V, 60 A, 10000 W, 208 VAC	1 68 053,61 zł ..

Rysunek 1

Zwłaszcza, jeśli ten elektronik zajmuje się jakimikolwiek układami analogowymi, choćby audio lub pomiarowymi, a nie tylko techniką cyfrową.

Zasilacz liniowy poznajemy po jego ciężarze – masie. Liniowy, klasyczny zasilacz „wielkości” 3005 (30 V, 5 A) ma masę 4 kilogramów lub więcej. Zasilacz impulsowy „wielkości” 3005 ma masę poniżej 2 kilogramów.

Niedrogi prawdziwy zasilacz laboratoryjny

Jeżeli ktoś dysponuje odpowiednim budżetem, niech rozważy zakup prawdziwego zasilacza laboratoryjnego. Oferta jest szeroka, ja niedawno testowałem trzykanałowy **Rigol DP832A**, zaprezentowany na **fotografii 3**.



Naprawdę dobre zasilacze dla profesjonalistów i amatorów

W czasopiśmie ZŁ sukcesywnie przedstawiam obszerniejsze informacje i wskazówki dotyczące wyboru sprzętu do pracowni czy też do warsztatu elektronika. Były artykuły i filmy dotyczące multimetrów. Były artykuły i filmy na temat oscyloskopów. Pora na zagadnienie uniwersalne, nazywane laboratorcymiw.

Czy potrzebny jest Ci zasilek LABORATORYJNY? Czy kupię „Laboratoryjny” zasilek impulsowy? Zasilek jest regulowany RD (Riden)	Czy kupię stary słynący zasilek laboratoryjny? A może samodzielnie zrobię sobie zasilek? Gdzie kupić dobry zasilek?
--	--

Jaki zasilacz kupić? Oczywiście najlepszej dużej mocy. Niestety, **trzeba wybrać: albo bardzo tanie, albo**

Mnóstwo osób kupuje tanie i śmiesznie tanie zask-

Przed wszystkim trzeba pamiętać, że każda konstrukcja jest wynikiem kompromisów i że dotyczy

Rysunek 2

Rysunek 2

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



Annatsach CC BY-SA 4.0 cropped

Jak działa smartfon?

Czy telefonia 2G to GSM?

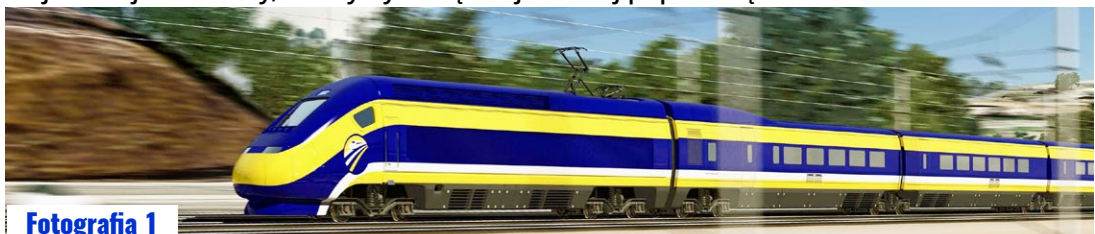
To jest czwarty artykuł serii zainspirowanej pytaniem mojej małżonki: jak działa smartfon? Niestety, nie da się tego wyjaśnić krótko. Po przedstawieniu prehistorii oraz generacji 0 G (zerowej) oraz 1 G, w tym artykule omawiam, do dziś wykorzystywaną generację telefonii komórkowej, oznaczaną skrótem 2 G.

Telefonia mobilna drugiej generacji – 2G
Dlaczego telefonia cyfrowa, a nie analogowa?

Telefonia „ułamkowa” 2,5G oraz 2,75G

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, pokazać, jak telefonia powstała i jak się zmieniała.

Dlatego w pierwszym artykule serii nieprzypadkowo zacząłem od telegrafu i telegrafu bezprzewodowego oraz omówiłem klasyczne stare telefony i radiotelefony. W drugim artykule doszliśmy do telefonii mobilnej zerowej generacji (0G), która była bardzo kosztowna i mało popularna. W trzecim przedstawiłem pierwszą prawdziwą generację telefonii komórkowej (1G). Pora na do dziś wykorzystywaną i najbardziej popularną 2G.



Fotografia 1

Telefonia mobilna drugiej generacji – 2G

Wcześniej wspomniałem, że lubimy „okrągłe” daty i że pierwsza „prawdziwa” telefonia komórkowa (1G) pojawiła się na początku lat 80. Teraz warto zapamiętać, że **telefonia 2G zaczęła się upowszechniać na świecie od wczesnych lat 90.**

Z jednej strony szybki rozwój techniki cyfrowej, a z drugiej rosnące zapotrzebowanie na telefonię komórkową spowodowały, że szybko podjęto prace nad wdrożeniem mobilnej telefonii cyfrowej – telefonii drugiej generacji (2G). Idealem byłoby, gdyby udało się opracować jeden ogólnosiwiatowy standard cyfrowej telefonii komórkowej. Nie udało się!

W Europie poczynając od roku 1982 opracowywano standard znany jako **GSM**, co pierwotnie znaczyło *Groupe Spécial Mobile*, a dziś znaczy **Global System for Mobile Communications**. Zalecono wszystkim krajom europejskim zarezerwowanie pasm częstotliwości w okolicach 900 MHz na potrzeby nowego systemu cyfrowego. GSM – cyfrowy system drugiej generacji został po raz pierwszy uruchomiony pod koniec roku 1991 w Finlandii. Za pierwszy telefon cyfrowej generacji 2G (GSM) uznaje się Nokii 2101 – **rysunek 1**. Jej masa to prawie pół kilograma! Nam telefony drugiej generacji kojarzą się głównie z marką Nokia – **fotografia 2**.

W nazwie GSM jest słowo Global, ale w USA opracowano i wdrożono zdecydowanie inny system cyfrowej telefonii komórkowej – D-AMPS (Digital AMPS), znany też jako TDMA. Właśnie skrót TDMA wskazuje, że system D-AMPS był podobny do GSM.

Ale w USA powstał też system cdmaOne (CDMA, IS-95 – Interim Standard 95), który działał na zupełnie innej, zaskakującej zasadzie, nazywanej właśnie CDMA. Skróty FDMA, TDMA i CDMA rozszyfruję i objaśnię w innym artykule.

W Japonii opracowano i wykorzystywano inny, własny, cyfrowy system PDC (Personal Di-

Santeri Viinamäki CC BY-SA 4.0 cropped



<https://www.mobilephonemuseum.com/phone-detail/1011>



Rysunek 1

NOKIA 1011

10 listopada 1992

475 gramów

Nokia 1011 jest powszechnie uważana za pierwszy telefon GSM (2G) na rynku masowym. Miał podobną konstrukcję do analogowej (1G) Nokii 121, która była biznesową wersją Nokii 101.

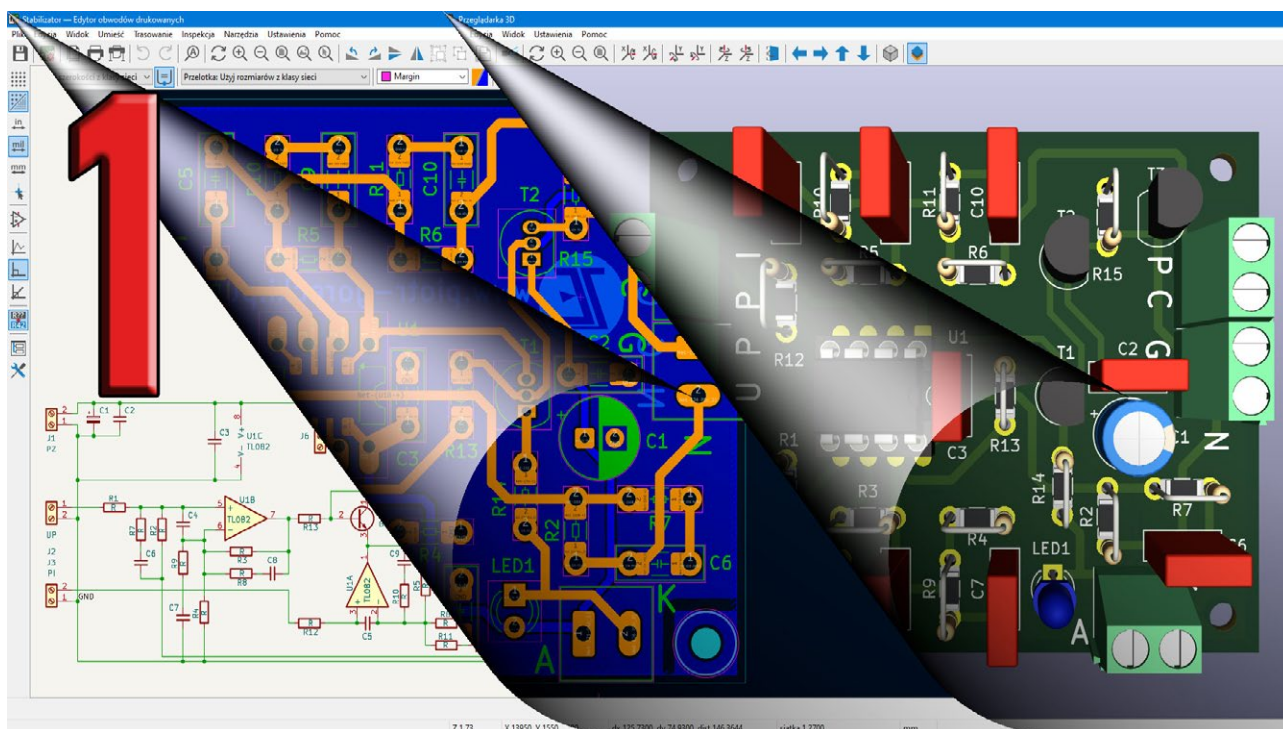
Nokia 1011 łatwo odróżnić od Nokii 101 czy Nokii 121 po charakterystycznym diamentowym kształcie słuchawki.

Co ciekawe, Nokia 121 używała tej samej czarnej klawiatury, która, podobnie jak klawiatura w 1011, ulegała zużyciu na krawędziach, przez co stawały się białe.

Poszczególne kraje mogły przyjąć któryś z wymienionych, albo jeszcze inny system. W każdym razie **największą popularność zdobył europejski standard GSM, który realizował (i nadal realizuje) około 85% światowego mobilnego ruchu telefonicznego.** Warto dodać, że u nas, w Europie, telefonię drugiej generacji (2G) kojarzymy tylko ze standardem GSM, który powstał w Europie. W sumie słusznie, bo stary europejski system GSM nadal realizuje zdecydowaną większość rozmów telefonicznych na świecie. Tak, ale pamiętajmy, że w USA, Japonii, Korei Południowej i w niektórych innych państwach, zamiast GSM wykorzystano inne systemy, też należące do drugiej generacji (2G).

W każdym razie, europejski system GSM to wprawdzie dominująca część, ale tylko część telefonii 2G.

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



Projektowanie płytek drukowanych za pomocą KiCad (1)

To jest pierwszy artykuł zwięzłego, praktycznego kursu projektowania płytek drukowanych za pomocą mającego wprawdzie pewne znaczące wady, ale za to w pełni darmowego pakietu projektowego KiCad. W kilku artykułach bardzo przystępnie, krok po kroku omówiony zostanie cały proces projektowania płytki.

Dlaczego jednak KiCad?

Co trzeba wiedzieć na początek?

Etapy procesu projektowania płytki

Co to jest KiCad i jakie ma możliwości?

KiCad wersja Polska

Pierwsze uruchomienie

Tabele bibliotek

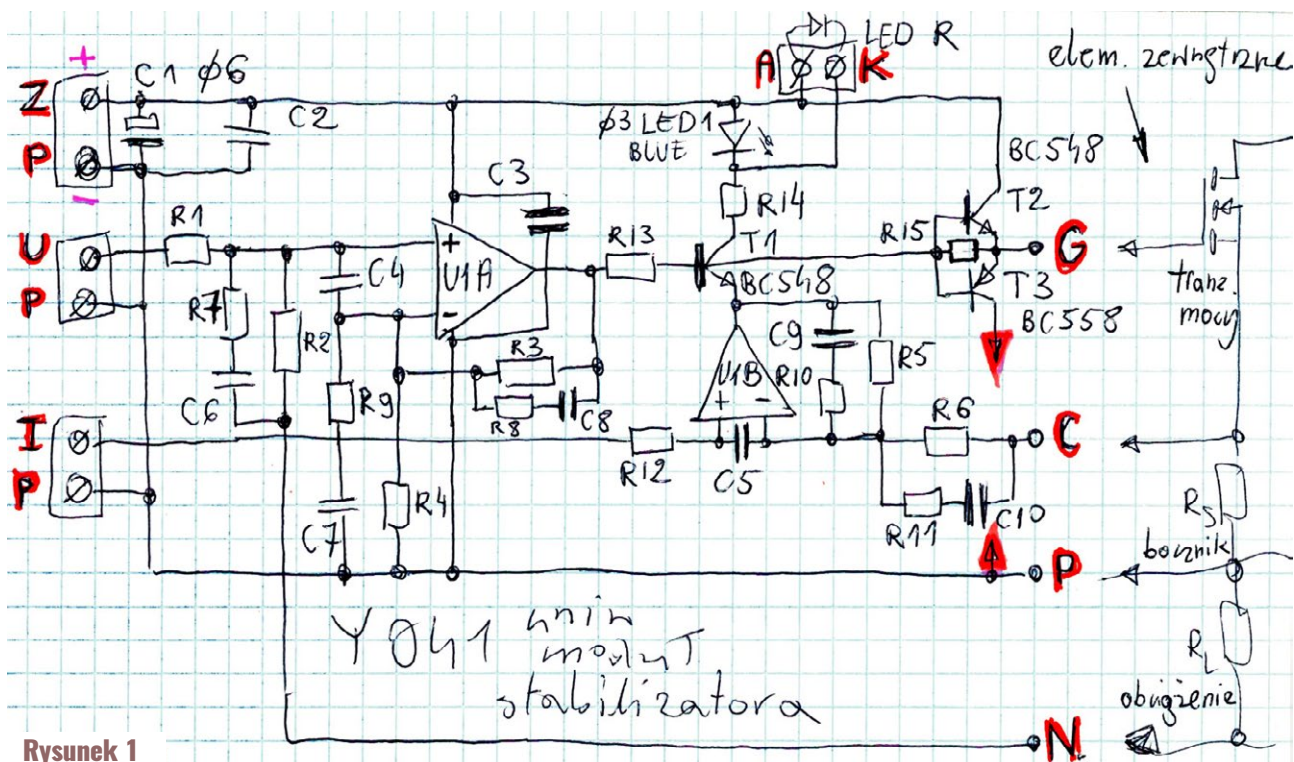
Menadżer wtyczek i treści

Ustawienia KiCada

Osoby, które chciałyby nauczyć się projektowania płytek drukowanych często są przytłoczone stopniem skomplikowania wykorzystywanych do tego programów, mnóstwem dostępnych opcji i koniecznością rozmaitych wyborów, których trzeba dokonać i przy konfiguracji, i podczas samego projektowania. Wielu rezygnuje po wstępnych próbach lub nawet takich prób nie zaczyna. Inni szukają programu projektowego jak najprostszego w obsłudze, co zwykle okazuje się dużym błędem albo nawet ślepą uliczką, bo najprostsze programy mają wiele ograniczeń, które później nie pozwalają zrealizować bardziej zaawansowanych projektów.

Właśnie dlatego w kilku artykułach tej pierwszej części cyklu niejako poprowadzimy Cię za rękę i wspólnie zrealizujemy nieskomplikowany projekt krok po kroku. Nie będziemy wnikać we wszystkie szczegóły i opcje – skoncentrujemy się na najważniejszym, czyli na zaprojektowaniu, oraz wykonaniu profesjonalnej jakości płytki drukowanej.

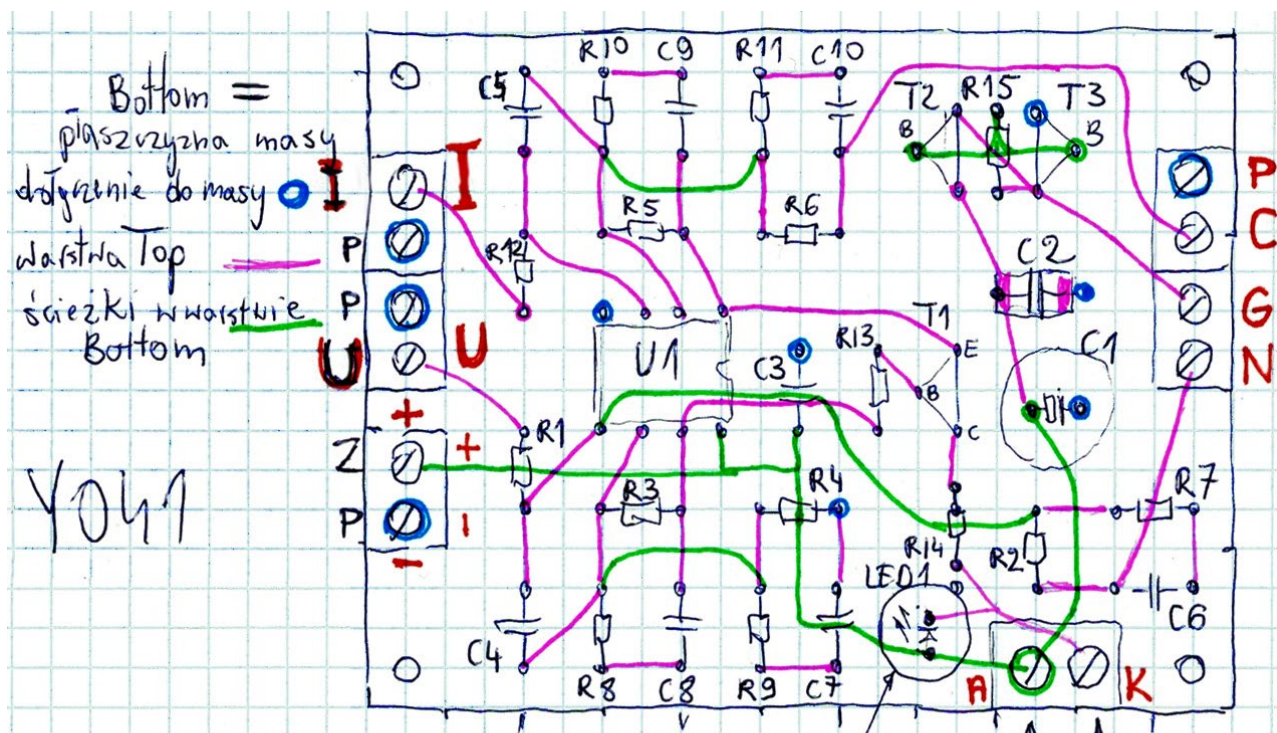
Natomiast w drugiej części cyklu podanych jest mnóstwo dodatkowych wiadomości. Niektóre zawierają ogólne informacje związane z projektowaniem płytek. Inne przybliżają trudniejsze aspekty zagadnienia i przedstawiają dodatkowe funkcje i możliwości programu KiCad.



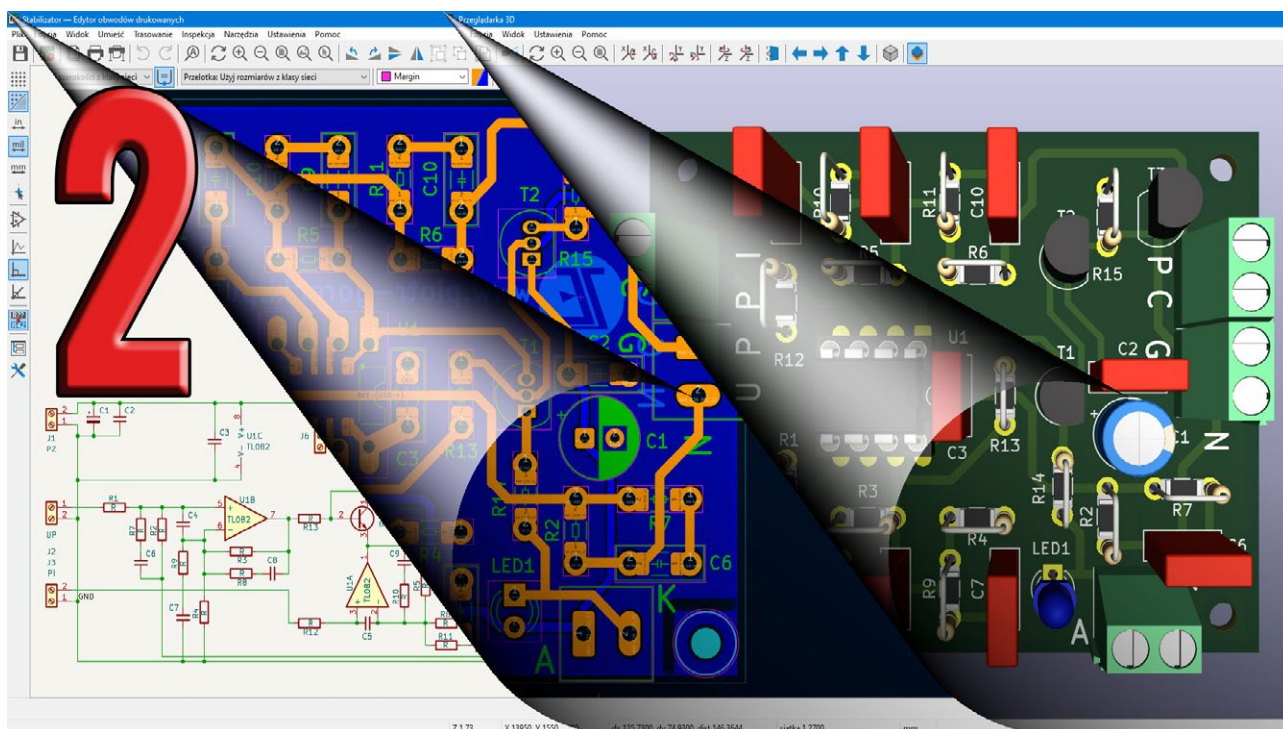
Rysunek 1

Zaprojektujemy płytke uniwersalnego, eksperymentalnego modułu stabilizatora liniowego, którą możesz wykorzystać do realizacji własnego zasilacza o atrakcyjnych parametrach. W tym i w następnych artykułach w przystępny sposób pokazany jest cały proces projektowania płytki drukowanej na podstawie

narysowanego na kartce schematu widocznego na **rysunku 1**. W niektórych przypadkach znaczenie ma typ i rozmieszczenie użytych elementów. Autor schematu może przedstawić pewne wymagania i zalecenia dotyczące płytki drukowanej. W przypadku tego schematu zalecenia takie pokazane są na **rysunku 2**.



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



Projektowanie płytek drukowanych za pomocą KiCad (2)

W drugim artykule cyklu zajmiemy się rysowaniem schematu z odręcznego rysunku. Opisane są tu wszystkie kroki potrzebne do stworzenia użytecznego schematu i netlisty – niezbędnych do półautomatycznego zaprojektowania płytki drukowanej. Artykuł zawiera też wskazówki dotyczące konfiguracji.

Ustawienia edytora schematu

Ustawienia projektowe schematu

Umieszczanie symboli

Etykiety klas sieci czyli np. obwody zasilania

Numeracja elementów

Rysowanie połączeń

Kontrola ERC

Wykaz BOM

Podsumowanie

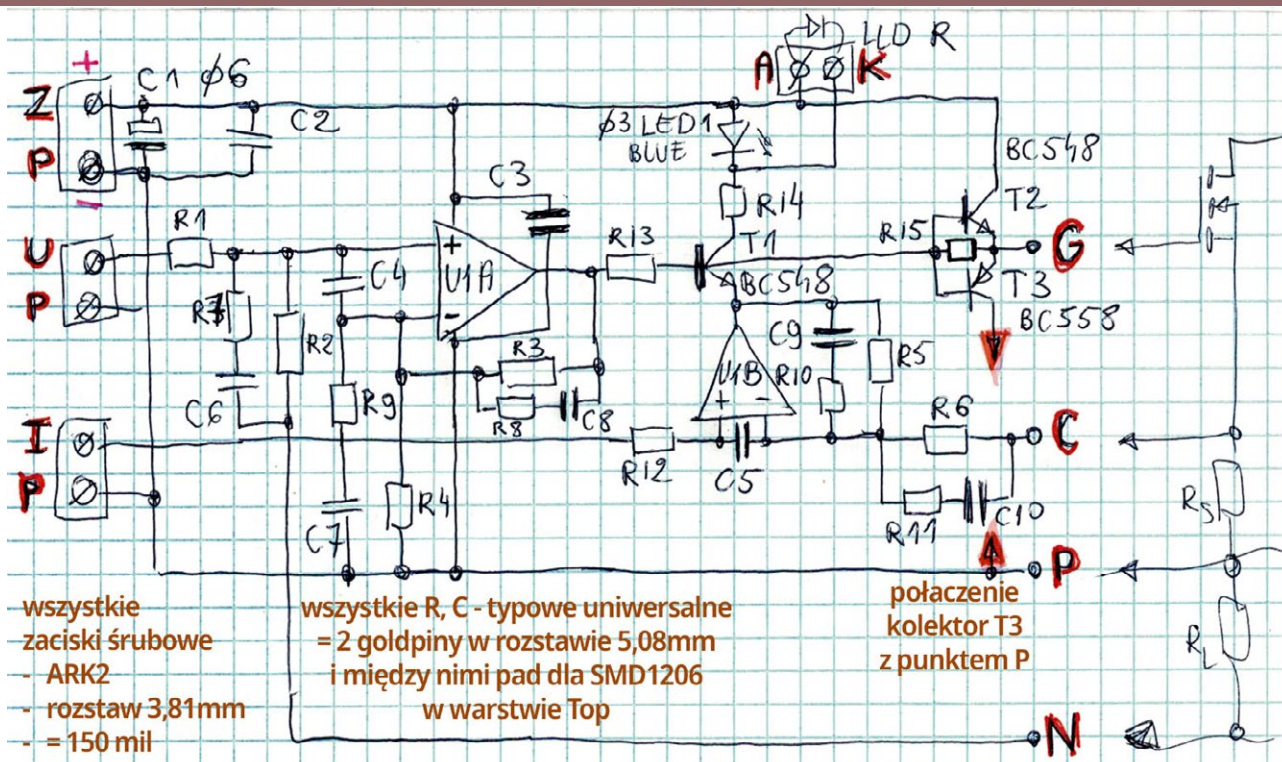
Będziemy realizować projekt według odręcznego **rysunku 1** (na następnej stronie). Zanim jednak zaczniemy rysować schemat, przedstawię niezbędne informacje dotyczące KiCada, m.in. odnoszące się do rysunków zrzutów ekranowych. Otóż program cechują duże, a wręcz ogromne okna dialogowe. Aby nadmiernie nie zwiększały objętości tego artykułu, niektóre z nich są skadrowane i pokazują tylko to, co najważniejsze.

Będziemy rysować schemat, czyli tylko rysunek, a KiCad z tego rysunku zrobi listę połączeń. Do narysowania schematu wykorzystamy tylko graficzne symbole elementów z biblioteki symboli, ale na płyt-

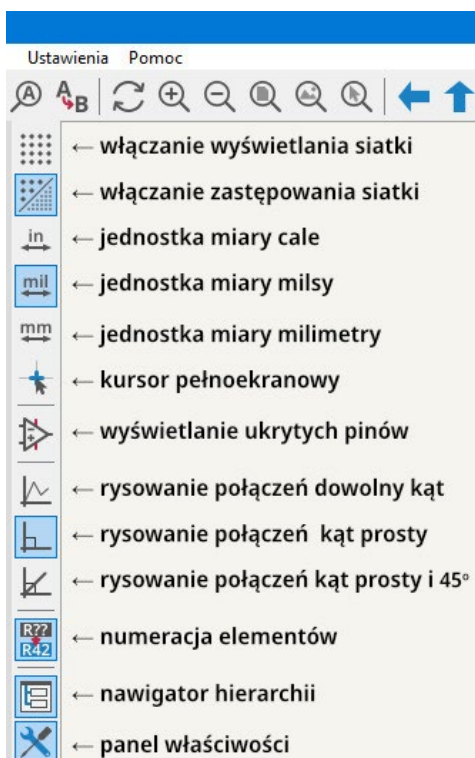
ce mają być zamontowane realne elementy. Oprócz bibliotek symboli, KiCad ma też biblioteki footprintów, czyli najprościej biblioteki „realnych elementów płytkowych”. I właśnie dla każdego elementu już na etapie rysowania schematu trzeba wybrać tak zwany footprint, czyli najprościej mówiąc to, co ma być na płytce. Rysując schemat wykorzystamy i biblioteki symboli (schematowych), i biblioteki footprintów (płytkowych).

Ustawienia edytora schematu

Na samym początku nie trzeba tu niczego zmieniać, ale warto wiedzieć o kilku istotnych szczegółach.



Rysunek 1

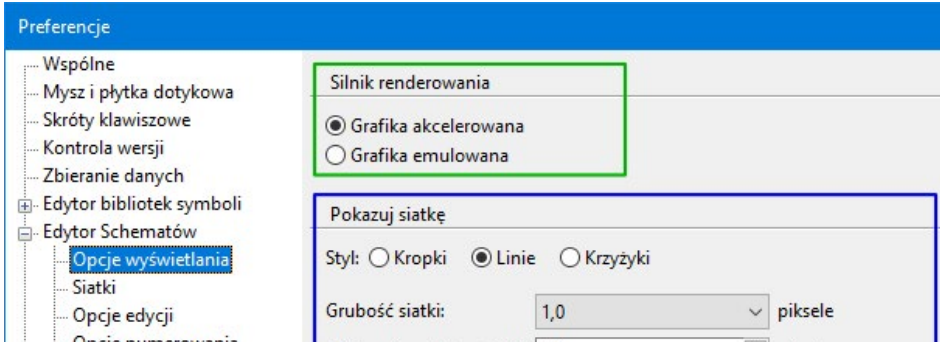


Rysunek 2

Po uruchomieniu edytora schematów po jego lewej stronie mamy widoczny panel podzielony na trzy sekcje. **Hierarchię schematów**, **Właściwości** oraz **Filtr wyboru**. Panele te możemy wyłączyć poprzez kliknięcie na dwóch



Rysunek 3



wego paska narzędzi opisane są na **rysunku 2**. Prawy pasek narzędzi edytora schematów zawiera znacznie więcej narzędzi. Na **rysunku 3** opisałem te, z których będziemy korzystali. Przed rozpoczęciem tworzenia schematu możemy dostosować wyświetlanie siatki do własnych preferencji z menu **Ustawienia** → **Ustawienia...** lub skrótem klawiaturowym **Ctrl+** (przecinek). W skadrowanym oknie z **rysunku 4**, w polu zaznaczonym niebieską ramką możemy wybrać styl wyświetlania siatki. Ja u siebie wybrałem linie. Powinniśmy też mieć włączone przyciąganie do siatki, co znacznie ułatwia rysowanie schematu i jego połączeń. Czerwona ramka to styl kursora myszki.

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

ZROZUMIEĆ **ELEKTRONIKĘ** z Piotrem Góreckim

ZE 1/2026

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 spowodowane wynikiem eksperymentów inspirowanych treścią czasopisma i strony internetowej.

Osoby, które chciałyby przeprowadzić eksperymenty związane z treścią artykułów powinny mieć odpowiednie kwalifikacje BHP dotyczące elektryczności oraz świadomość ryzyka.

Osoby niepełnoletnie i niedoświadczone mogą przeprowadzić takie działania jedynie pod opieką wykwalifikowanych opiekunów, np. nauczycieli.

Projekty przedstawiane w czasopiśmie mogą być wykorzystane jedynie do własnych potrzeb, a ich wykorzystanie do innych celów, zwłaszcza zarobkowych, wymaga zgody Autora.

Wszystkie materiały zamieszczane w czasopiśmie są własnością ich twórców, więc przedruk czy umieszczenie na stronach internetowych wymaga pisemnej zgody Autora.