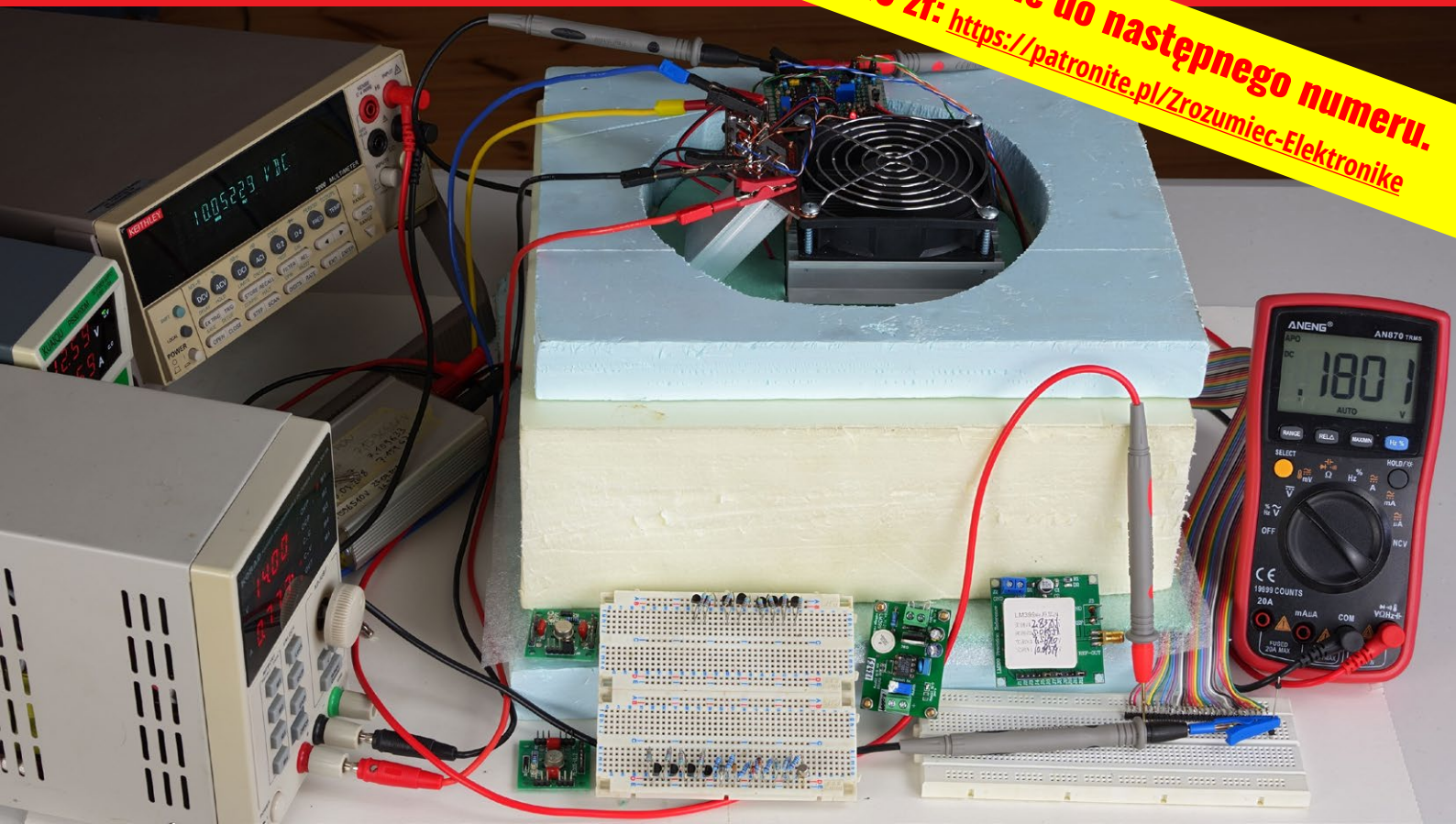


**Uwaga – to skrócona zapowiedź – artykuły wstępnie planowane do następnego numeru.
Zapowiedź pełną mogą pobrać tylko Patroni z progów ≥ 20 zł: <https://patronite.pl/Zrozumiec-Elektronike>**

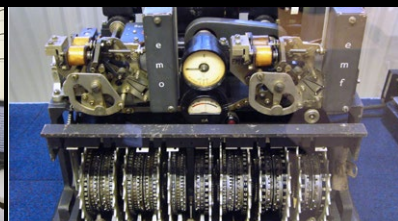
5/2024 Maj (17)

piotr-gorecki.pl

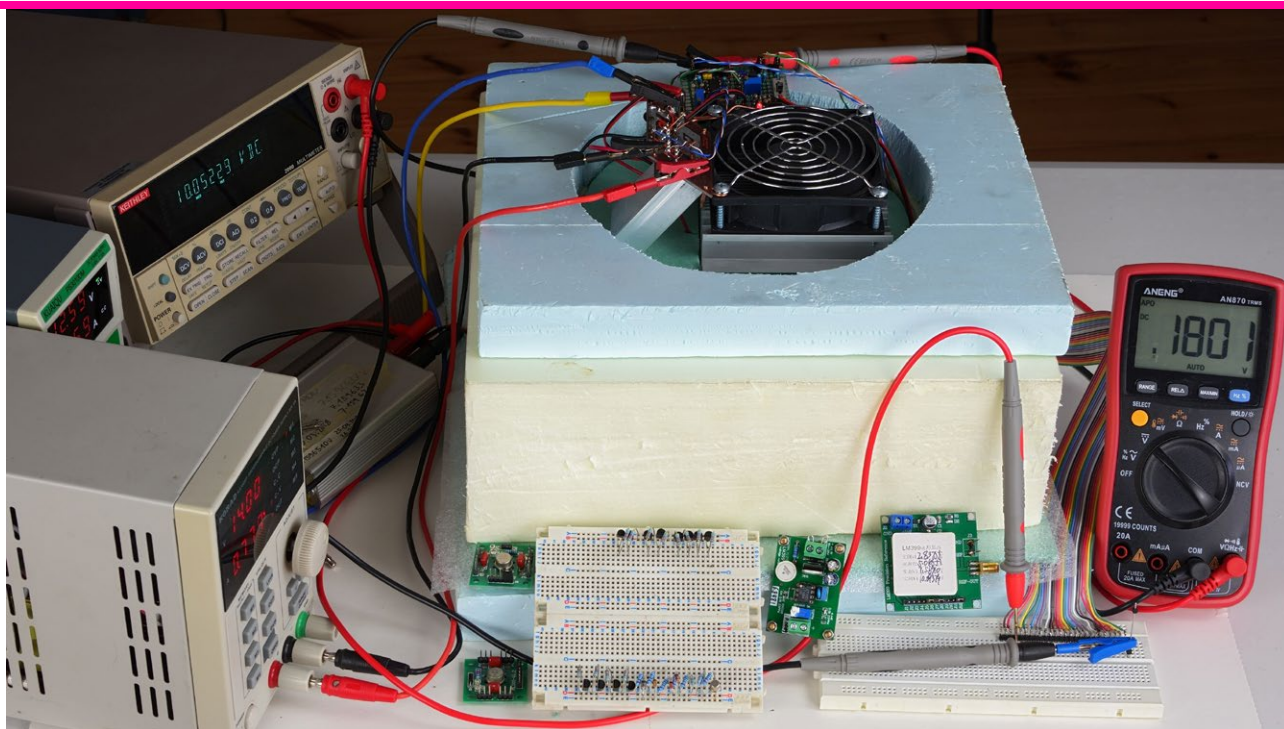


Testy termiczne wzorców napięcia

- Precyzyjny pomiar rezystancji styków • Kłopoty z modułami przetwornic impulsowych
- Rigol DH0924S w praktyce: pomiar czasu narastania • Szyfrowanie danych
- Metalowe obudowy do urządzeń elektronicznych • Historia tranzystora bipolarnego
- Sieci energetyczne, faza, wartość skuteczna • Lampy elektronowe: od teorii do praktyki



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



Testy termiczne wzorców napięcia

Prawie każdy elektronik chciałby mierzyć z jak najlepszą dokładnością. Testy opisane w artykule pokazują, jakie są rzeczywiste parametry wzorców napięcia stałego, dostępnych dla każdego hobbysty. Między innymi parametry rewelacyjnego wręcz wzorca napięcia, który można kupić za około 40...50 złotych.

[Wzorce napięcia dla \(nie\)każdego hobbysty](#)
[Zbiorcze wyniki testów cieplnych](#)
[Warunki i przebieg pomiarów](#)
[Podstawowe założenia i wyniki testów](#)
[Diody Zenera oraz LM385, TL431, LMV431](#)

[AD580, MAB01 H, MAC01](#)
[Moduły z AD584 i LM399](#)
[Nie takie to proste, czyli tyżka dziegiu...](#)
[Jakie jest napięcie danego egzemplarza?](#)

Uzupełnieniem i rozszerzeniem tego artykułu jest **film M020 na moim kanale YT**.

Warto przypomnieć, że co prawda najdokładniejsze wzorce napięcia są koszmarnie drogie, ale jak pokazuje ten artykuł i film, dziś każdy hobbysta zaskakująco tanio może zrealizować wzorce napięcia (stałego) o parametrach rewelacyjnych jak na zastosowania amatorskie. Stabilność i dokładność najlepszych *kwantowych* laboratoryjnych wzorców napięcia opisana jest w artykule [Wzorce wielkości elektrycznych](#). Laboratoryjne *klasyczne* wzorce napięcia mają dokładność mniej więcej trzy rzędy wielkości mniejszą, czyli około 0,0001%, inaczej 1 ppm.

Dla porównania, popularny, klasyczny cyfrowy multimetr 3,5-cyfrowy ma rozdzielczość 0,05% i dokładność około $\pm 0,5\%$...1%. Multimetr 4,5-cyfrowy, jak na przykład Aneng AN870 (**fotografia 1**) ma rozdzielczość 0,005% (50 ppm), a przy pomiarze napięć stałych producent deklaruje dokładność $\pm 0,05\%$ (500ppm).



Fotografia 1

Wzorce napięcia dla (nie)każdego hobbysty

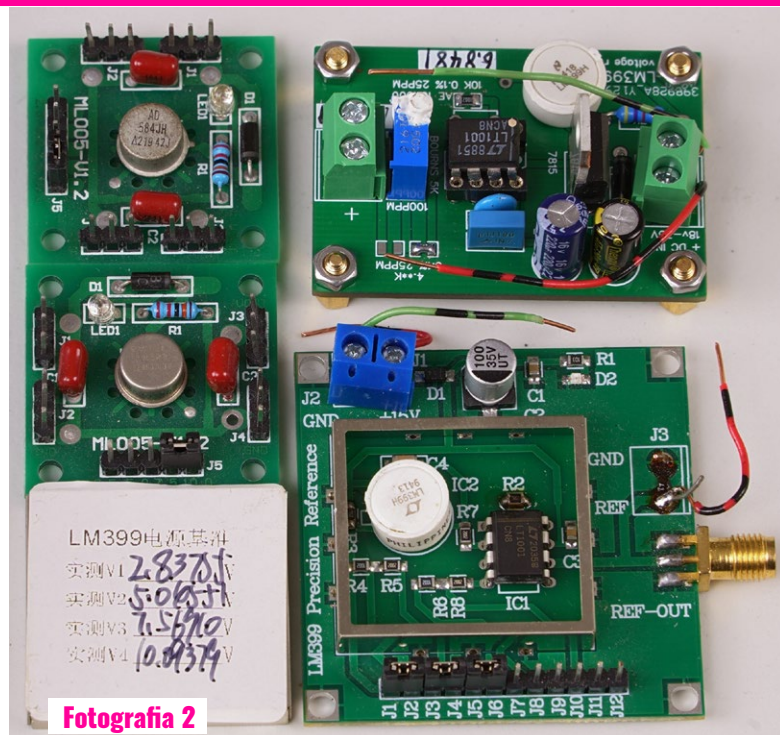
Niniejszy artykuł pokazuje, jak zmiany temperatury wpływają na źródła napięcia wzorcowego. Jest kontynuacją artykułu [Amatorskie wzorce napięcia \(M020\)](#) opublikowanego w ZE 9/2023.

Kwestie dokładności, precyzji i stabilności są skomplikowane, co omawiam w cyklu zaczynającym się od artykułu [Dokładność i zakres pomiarów w elektronice](#). Większość hobbystów nie chce wnikać we wszystkie trudne szczegóły. Ale chyba **każdy chciałby mieć pod ręką dobry wzorec napięcia**. Możliwości jest wiele, co udowadnia ten artykuł. Na **fotografii 2** pokazane są egzemplarze zaskakująco tanich wzorców napięcia o dokładności i stabilności dużo lepszej, niż potrzeba do sprawdzenia, coraz popularniejszych także wśród hobbystów, multimetrów 4,5-cyfrowych, gdzie w najlepszym przypadku zmiana wskazania o 1 cyfrę to zmiana o 0,005% (50 ppm).

Tymczasem **pokazane tu wzorce przy zmianach temperatury w zakresie +18...+28°C zmieniają swoje napięcie o mniej niż 0,005% czyli 50 ppm**. Spodziewana stabilność długoczasowa też zapowiada się dobrze. Dla multimetrów 4,5-cyfrowych są więc aż za dobre. Z powodzeniem mogą służyć do kalibracji także multimetrów 5,5-cyfrowych.

Stabilność wskazań to jedno, ale z uwagi na nieunikniony rozrzut produkcyjny, jakie dokładnie napięcie ma konkretny egzemplarz? Skuteczne rozwiązanie przedstawione jest na końcu tego artykułu!

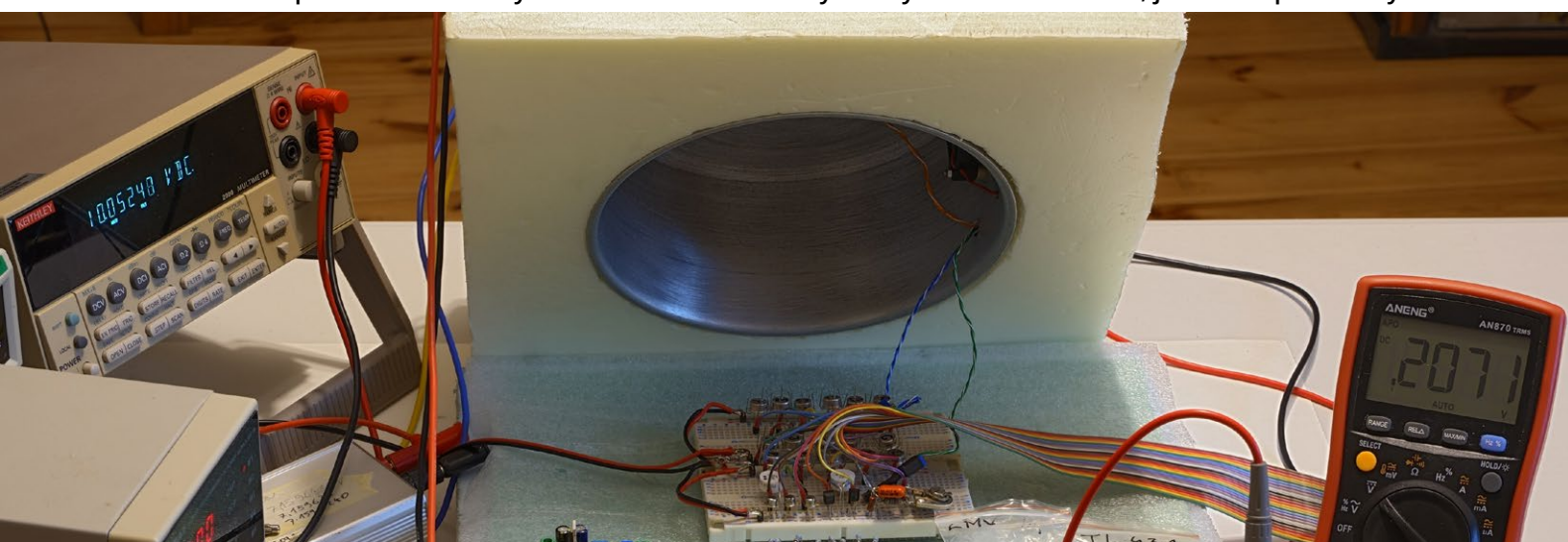
W artykule przedstawione są też testy wielu innych źródeł napięcia odniesienia w mojej prostej komorze termicznej. **Fotografia 3** pokazuje wszystkie elementy i układy, których parametry zostały zmierzone i przedstawione w tym materiale.



Fotografia 2

Są wśród nich elementy kosztujące poniżej 10 złotych, o parametrach wystarczających dla wielu hobbystów. Dla porównania przetestowałem wiele spośród posiadanych źródeł napięcia odniesienia, a dla porównania także zwykłe diody Zenera (które w świadomości wielu osób też są wzorcami napięcia).

W tym artykule opisane są tylko bardzo proste i bardzo tanie rozwiązania. Najlepsze i najdroższe z przedstawionych są układy LM399, które właśnie do takich testów zakupiłem w chińskich sklepach. Same kostki LM399 (przy zakupie dwóch egzemplarzy) można nabyć po około 40 złotych za sztukę, natomiast moduły z tą kostką – za około 70...80 złotych. Czyli niemal za bezcen, jak na ich parametry.



Fotografia 3

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

Uwaga! Możliwość dokładnych pomiarów!



Nazywam się Bartłomiej Radzik, jestem weteranem Szkoły Konstruktorów, inżynierem elektronikiem i entuzjastą metrologii.

Jestem w stanie zaproponować społeczności ZE dokładny pomiar źródeł napięcia odniesienia DC i rezystorów wzorcowych. Proszę o uważne zapoznanie się z poniższymi warunkami współpracy:

1. Pomiar wykonywany jest dla celów amatorskich, pro publico bono – brak korzyści finansowych, ale i brak możliwości wnoszenia wszelkich roszczeń;
2. Pomiar napięcia stałego w zakresie 1 V do 19,9 V z użyciem zespołu trzech wzorców Fluke 732A oraz multimetru Datron 1281 używanego jako transfer;
3. Pomiar rezystancji w zakresie 1 k...19,9 kΩ z użyciem wzorca ESI SR104 oraz multimetru Datron 1281;

6. Urządzenie testowane będzie wygrzane przez minimum 1 h przed dokonaniem pomiaru;

7. Nadsyłanie i odsyłanie przedmiotu tylko i wyłącznie przy użyciu paczkomatów Inpost. Jest to jedyna akceptowana forma wysyłki;

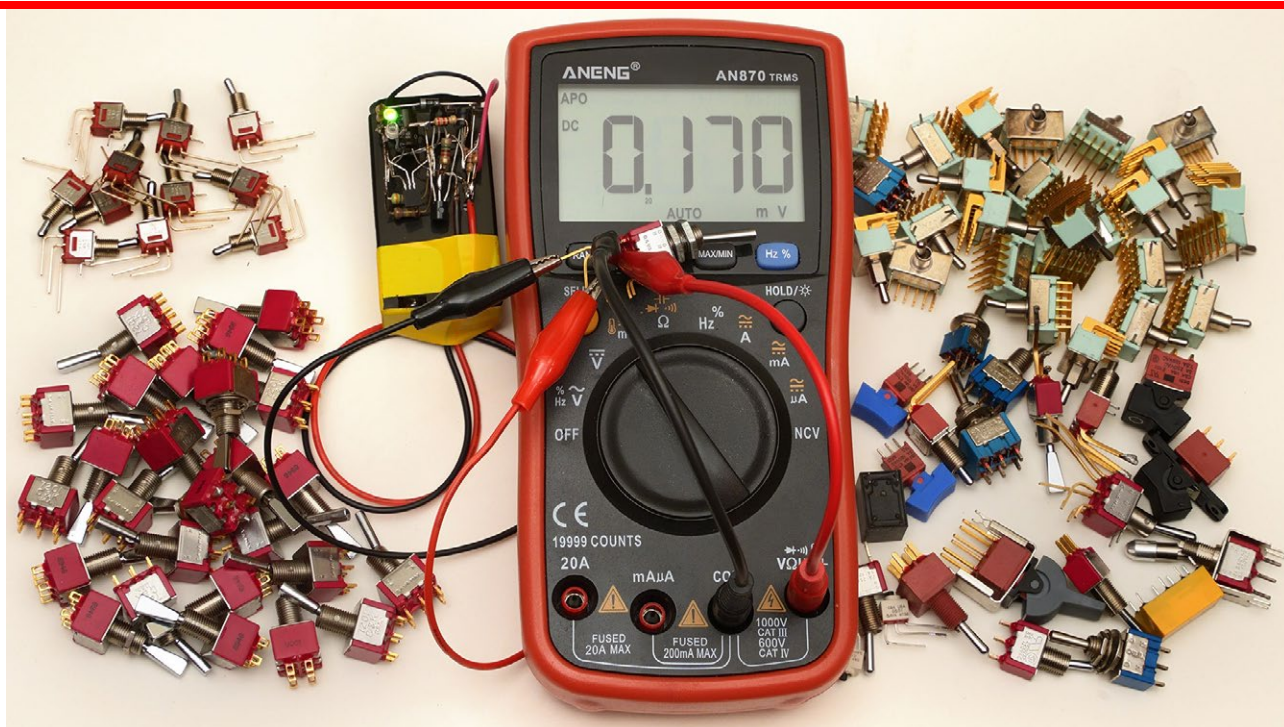
8. Termin realizacji: do 10 dni, w sezonie urlopowym i świątecznym możliwe wydłużenie terminu;

9. Niedopuszczalne jest wysyłanie wzorców zasilanych akumulatorami litowymi na czas transportu ze względu na ryzyko pożarowe;

10. Dane adresowe i szczegóły dotyczące nadawania paczek udostępniane są zainteresowanym po uprzednim wysłaniu wiadomości



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



Precyzyjny pomiar rezystancji styków

Już od paru miesięcy myślę nad zaproponowaniem sposobu łatwego pomiaru rezystancji styków w warunkach polowych. Rozważałem i wypróbowałem różne koncepcje. W niniejszym artykule przedstawiam jeden z najprostszych sposobów dokładnego pomiaru oporności rzędu miliomów z rozdzielczością 10 $\mu\Omega$.

Po co mierzyć rezystancję styków?

Jakie styki do układów pomiarowych?

Miernik i pomiar rezystancji styków

Miernik styków – rozważania projektowe

Mikroomierz – wersja finalna

Gdzie kupić LMV431 lub odpowiednik?

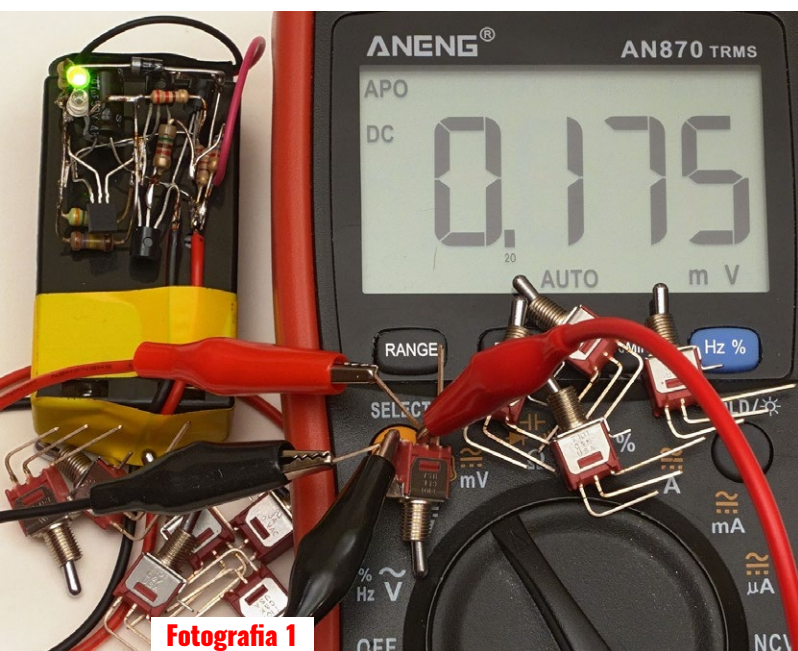
Mikroomierz – wersja uproszczona

Najprostszy sposób pomiaru małych rezystancji w warunkach warsztatowych jest trywialny: bierzemy jakikolwiek zasilacz z ogranicznikiem prądowym. Ustawiamy sensowny prąd ograniczania I (w zakresie 0,1 A do kilku amperów), dołączamy badaną rezystancję i woltomierzem mierzymy spadek napięcia U bezpośrednio na tej badanej rezystancji ($R = U / I$).

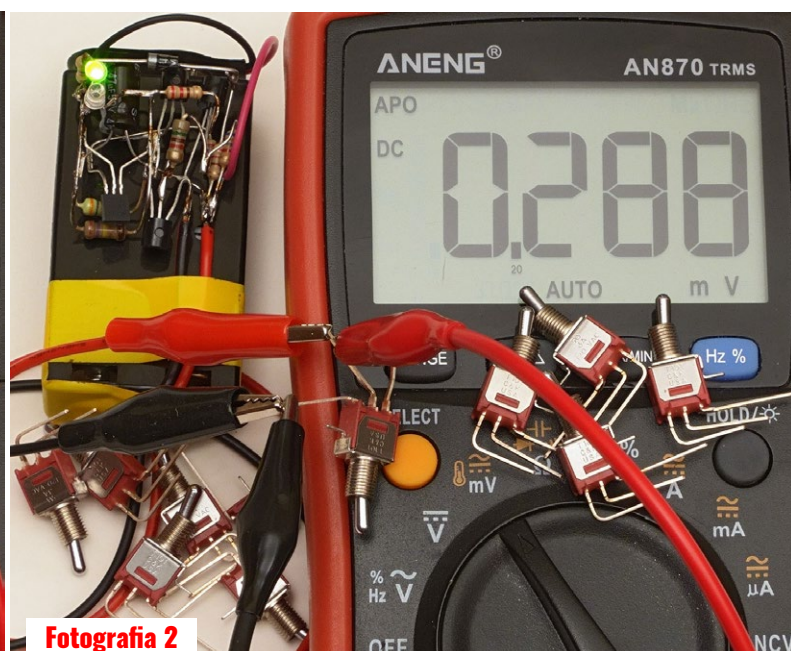
Natomiast na kwestie pomiaru w warunkach polowych rezystancji styków, w szczególności przekazników i przełączników, już wcześniej zwrócił moją uwagę **Jacek Kosecki** z Etku. Właśnie w warunkach polowych. Na przykład w samochodach, różnych innych pojazdach i maszynach, a także w przemysłowych systemach automatyki. Wiadomo, że pracujący, obciążony styk ulega zużyciu, co zwiększa jego rezystancję. Potocznie mówimy o „wypalaniu styków”.

Wzrost rezystancji styków może powodować błędną pracę, nadmierne grzanie, a w końcu uszkodzenie i brak przejścia. Podczas pracy rezystancja styku stopniowo wzrasta i dobrze byłoby mieć sposób sprawdzania jej wartości właśnie w warunkach polowych.

Drugim powodem, który bezpośrednio skłonił mnie do realizacji opisanego dalej układu są przygotowania do realizacji jak najtańszym kosztem różnych bardzo precyzyjnych układów pomiarowych. Aktualnie przygotowuję się do realizacji bardzo dokładnych dzielników napięcia i kalibratorów prądu, w których niezbędne są też dobre przełączniki. Znalazłem tanią ofertę i kupiłem na próbę tego rodzaju przełączniki. Trzeba je wypróbować i pomierzyć, bo w sklepie nie było informacji, jaki jest materiał styków i jaka może być ich realna rezystancja.



Fotografia 1



Fotografia 2

Na **fotografii tytułowej** widać moje różne przełączniki, z których jeden jest mierzony z wykorzystaniem zasilanej z dwóch „paluszków” prostej przystawki, będącej dość dokładnym źródłem prądowym o wydajności 0,1 A. Miliwoltomierz pokazuje spadek napięcia na zwartym styku. Napięcie 0,170 miliwolta przy prądzie 0,1 A świadczy, że rezystancja złączonego w tym przypadku styku wynosi 1,7 milioma ($0,0017 \Omega$). Ten przełącznik nadawałby się do moich celów, tylko potrzebowałbym więcej egzemplarzy tego typu.

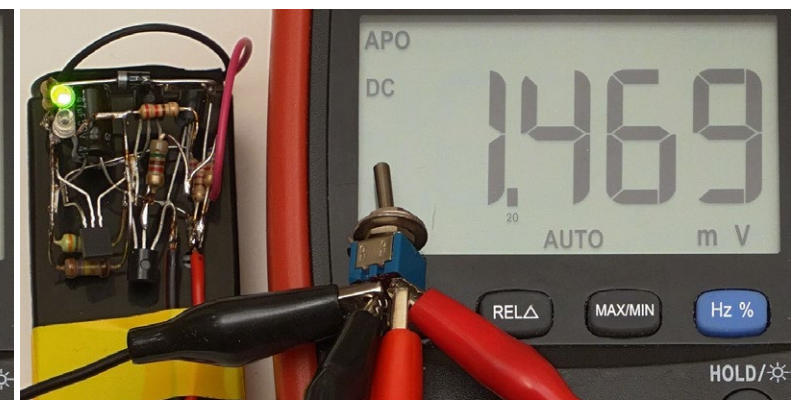
Fotografia 1 pokazuje pomiar rezystancji zakupionych właśnie przełączników C&K T101. Multimetr wskazuje 0,175 mV. Prąd pomiarowy wynosi 0,1 ampera, więc mierzona rezystancja wynosi 1,75 milioma. Dla porównania: renomowany producent gwarantuje w karcie katalogowej, że rezystancja styku na początku użytkowania typowo może sięgnąć 20 miliomów: (*CONTACT RESISTANCE: Below 20 mΩ typ. initial @ 2-4 V DC, 100 mA, for both silver and gold plated contacts*). Rzeczywistość jest więc zdecydowanie lepsza niż granice gwarantowane przez wytwórcę.

Oprócz rezystancji samego styku, w tym przypadku złączonego, w grę wchodzi też rezystancja doprowadzeń – nóżek. **Fotografia 2** pokazuje pomiar rezystancji tego samego styku, ale wraz z nóżkami – doprowadzeniami, w dalszej odległości od korpusu. Wynik to 2,88 milioma, a więc rezystancja doprowadzeń okazuje się zbliżona do rezystancji samego styku.

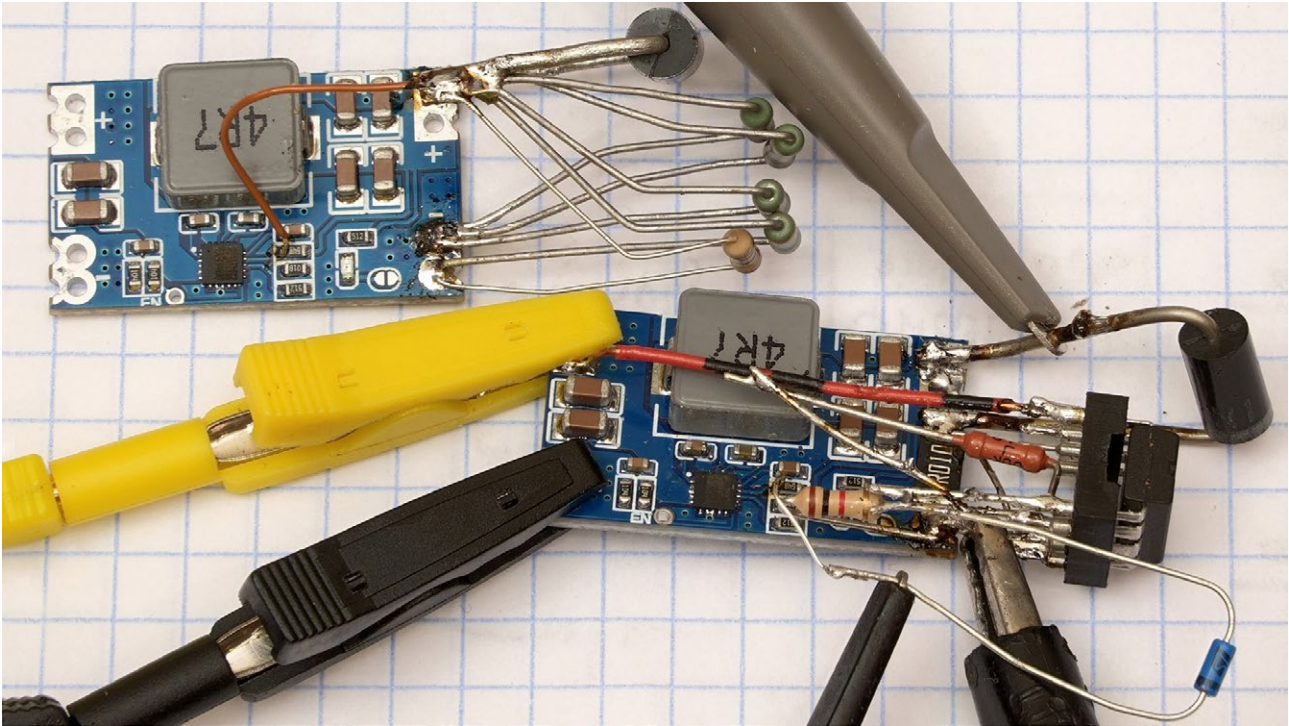
Na **fotografii 3** widać pomiar rezystancji popularnego taniego chińskiego przełącznika niebieskiego. Rezystancja jego styku jest kilka razy większa (8,38 milioma). To i tak niezły wynik...

Fotografia 4 pokazuje pomiar rezystancji mniejszej wersji. To też jest popularny i bardzo tani chiński przełącznik, który można kupić za 1...2 zł. Rezystancja jego styków to prawie 15 miliomów, czyli niemal dziewięć razy więcej, niż dużo droższych przełączników czarnych, pokazanych na wcześniejszych fotografiach.

W każdym przypadku wskazanie miernika w miliwoltach należy pomnożyć przez 10, co daje rezystancję w miliomach czyli tysięcznych częściach oma. Czy jednak te drobne ułamki oma mają jakieś znaczenie?



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



Kłopoty z modułami przetwornic impulsowych

Artykuł przeznaczony jest dla osób interesujących się przetwornicami impulsowymi. Materiał ten jest efektem prób stworzenia oszczędnego źródła prądowego, wykorzystującego interesujący moduł przetwornicy impulsowej MINI 560. Pokazuje specyfikę i problemy występujące przy użyciu takich modułów.

Cel i założenia

Wstępna koncepcja

Kłopoty z MT3608, SX1306, B628

Impulsowe źródło prądowe

Testy pierwszego modelu

Przetwornica MINI 560

Pracę nad impulsowym źródłem prądowym podjąłem na efekcie rozmowy z **Jackiem Koseckim** na temat trwałości i możliwości oceny stopnia zużycia styków przełączników, przekaźników i styczników, nie tylko w warsztacie, ale też w warunkach polowych. Napotkałem problemy opisane w dalszej części tego artykułu. Powstał pokrewny projekt Precyzyjny pomiar rezystancji styków.

Chciałbym jednak przedstawić pouczające doświadczenia i wnioski z przeprowadzonych testów. Mogą być inspiracją, ale przede wszystkim mają pokazać poważne problemy i ograniczenia, jakie pojawiają się przy próbie wykorzystania i modyfikacji gotowych modułów przetwornic.

Cel i założenia

Założonym na wstępie celem jest pomiar rezystancji styków realnych elementów **w warunkach polowych, a nie w warsztacie**. Co prawda jednorazowy pomiar rezystancji styku nie daje pełnej informacji o stopniu zużycia tych styków, ale przynosi bardzo cenne informacje i przez porównanie pozwala szybko wykryć styki mocno zużyte.

Zasadniczo pomiar małej rezystancji styku nie jest trudny, co udowodnił artykuł Mikroomierz, jednak zadanie nie jest już takie łatwe, gdy pomiary trzeba wykonać w warunkach polowych. Wtedy praktycznie użyteczna **przystawka pomiarowa powinna być autonomiczna i mieć własne zasilanie**.

Celem jest pomiar w warunkach polowych bardzo małych rezystancji, rzędu miliomów, więc jeżeli wyniki mają być wiarygodne, **niezbędny jest pomiar z wykorzystaniem czteropunktowego połączenia Kelvina.**

W przypadku przekaźników występuje dodatkowy problem, którego nie ma przy pomiarze przełączników mechanicznych: **przełącznik trzeba włączyć, czyli podać na jego cewkę odpowiednie napięcie.**

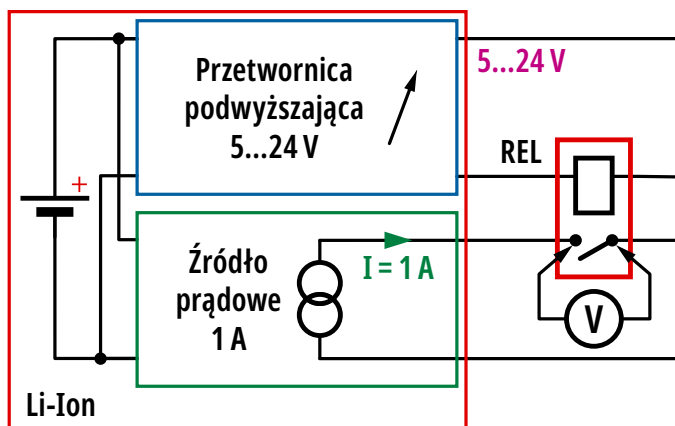
Problem w tym, że cewki przekaźników mają różne napięcia pracy. Dominują przekaźniki, wymagające podania na cewkę napięcia stałego 5 V, 12 V, 24 V. Ale są też przekaźniki z cewką na napięcie zmienne, głównie 24 V, 110 V i 230 V.

Do przekaźników dochodzą też styczniki, które mogą przełączać jeszcze większe prądy, a których cewki są zasilane napięciem *zmiennym* 230 V. Oczywiście **cewki takie mogą być zasilone dużo niższym napięciem stałym, ale jego wartość trzeba dobrać**, stosownie do przekaźnika czy stycznika, co oczywiście jest praktycznym utrudnieniem.

W każdym razie autonomiczna przystawka do pomiaru rezystancji styków w warunkach polowych powinna mieć własne zasilanie (akumulator lub baterie), przetwornicę o regulowanym napięciu do włączenia przekaźnika oraz oczywiście, niezbędne do pomiaru małych rezystancji, źródło prądowe, najlepiej o wydajności 1 ampera.

Wstępna koncepcja

Jeżeli pomiary mają być dokonywane w warunkach polowych, to powinny być możliwie łatwe i wygodne. Przy pomiarach w warsztacie nie ma problemu, bo w zasięgu ręki są zasilacze i mierniki – tam pomiary styków można przeprowadzić bez żadnej przystawki, wykorzystując dwa zasilacze, z których jeden zasili cewkę, a drugi będzie pracował jako źródło prądu 1 A. Natomiast **przyrząd do pomiaru rezystancji styków w warunkach polowych musi mieć własne zasilanie.** Planowany schemat blokowy pokazany jest na **rysunku 1**. Przetwornice zasila jeden akumulator Li-Ion rozmiaru 18650 (lub 2...4 akumulatorki NiMH). Minimalne napięcie częściowo rozładowanego akumulatora Li-Ion to 3,0 V. Minimalne napięcie akumulatorów NiMH i baterii jednorazowych to 1 V lub nawet mniej, więc raczej nie wystarczy jeden akumulator NiMH lub jedna bateria jednorazowa – trzeba połączyć w sze-



Rysunek 1

i służyć tylko do włączenia przekaźnika. Druga przetwornica jest impulsowym źródłem prądowym o wydajności 1 ampera.

Mierzona za pomocą woltomierza rezystancja styków jest mała, rzędu miliomów, więc spadki napięcia na niej przy prądzie 1 A są małe, rzędu miliwoltów. Dlatego konieczne jest dokonanie pomiaru tego małego spadku napięcia w czteropunktowym układzie Kelvina. Realizują to niedrogie klipsy pomiarowe. **Przy prądzie 1 A wskazanie w miliwoltach jest wartością zmierzonej rezystancji styku w miliomach.**

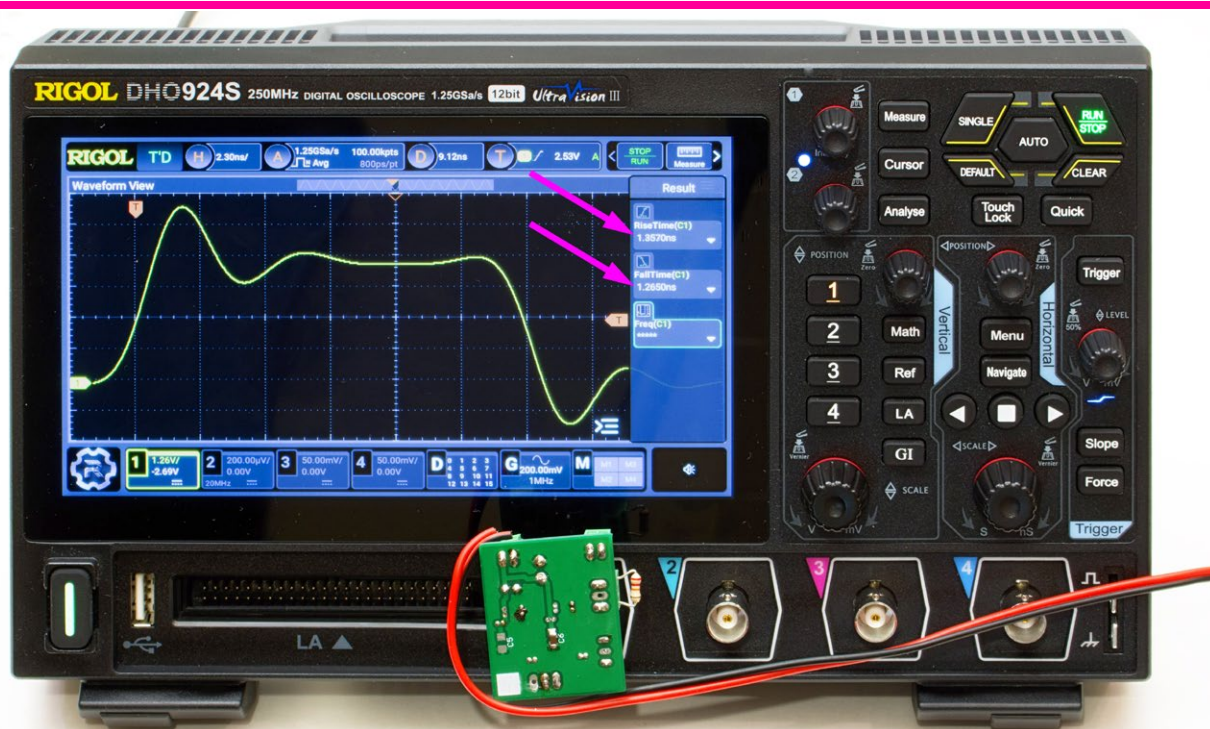
Wiele dodatkowych cennych informacji o takich pomiarach zawartych jest w artykułach: **Mikroomierz** oraz **Precyzyjny pomiar rezystancji styków.**

Zwykle przy pomiarze rezystancji styków nie jest potrzebna wysoka precyzja. Prąd pomiarowy nie musi mieć wartości dokładnie 1,0 A, a jego wartość nie musi być bardzo stabilna. Mierząc rezystancje poszczególnych styków chcemy tylko znaleźć te, które mają znacznie podwyższoną rezystancję. Dlatego ewentualne zmiany prądu o 10% czy nawet 20% nie mają tu większego znaczenia. Nominalna wartość prądu pomiarowego może być znacząco różna od 1 ampera – najważniejsze są bowiem nie tyle bezwzględne wartości rezystancji, co różnice rezystancji między stykami nowymi, a zużytymi, wypalonymi.

Kłopoty z MT3608, SX1306, B628

Do zasilania cewki przekaźnika potrzebna będzie jakaś nieduża **przetwornica podwyższająca** o mocy kilku watów. Tu wybór jest łatwy. Na rynku jest mnóstwo tanich przetwornic z układami scalonymi oznaczonymi MT3608, SX1308 oraz B628. Tak oznaczone układy mają podobne, zupełnie przy-

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



Rigol DH0924S w praktyce: pomiar czasu narastania

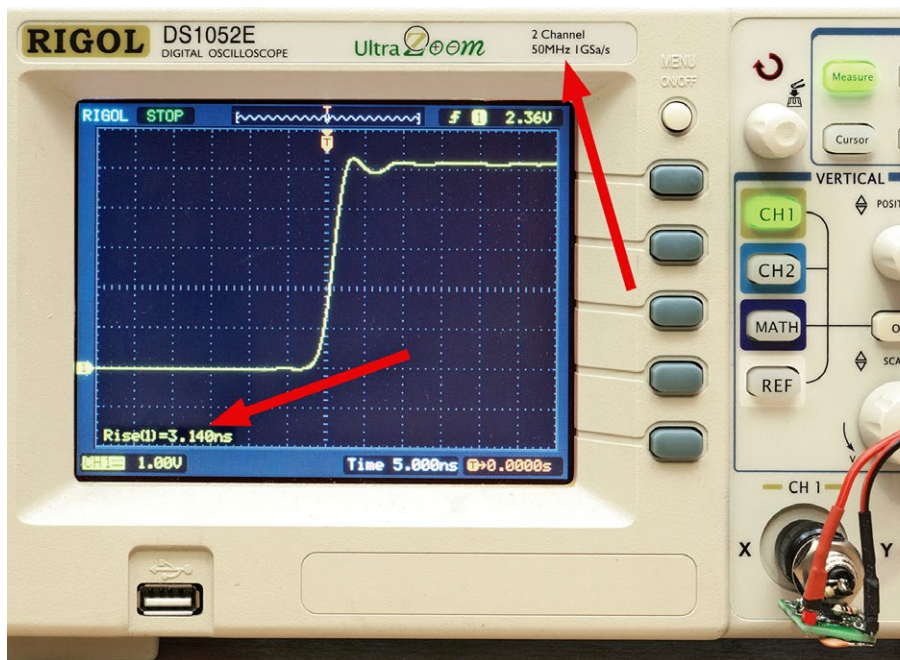
To jest trzeci artykuł pokazujący parametry i możliwości budżetowych oscyloskopów Rigol, pochodzących z nowej serii, oznaczonej DHO. Artykuł pokazuje, jak można w zaskakująco prosty sposób zmierzyć czas narastania oraz jak wykorzystać oscyloskop do badania szybkich przebiegów impulsowych.

[TDR – Time-Domain Reflectometer](#)
[Styki zwilżane rtęcią](#)

[Proste generatory „szybkich” impulsów](#)
[Sumowanie czasów narastania i opadania](#)

W [pierwszym](#) oraz w [drugim](#) artykule serii poświęconej popularnym nowoczesnym oscyloskopom przedstawiłem podstawowe informacje o oscyloskopie DH0924S.

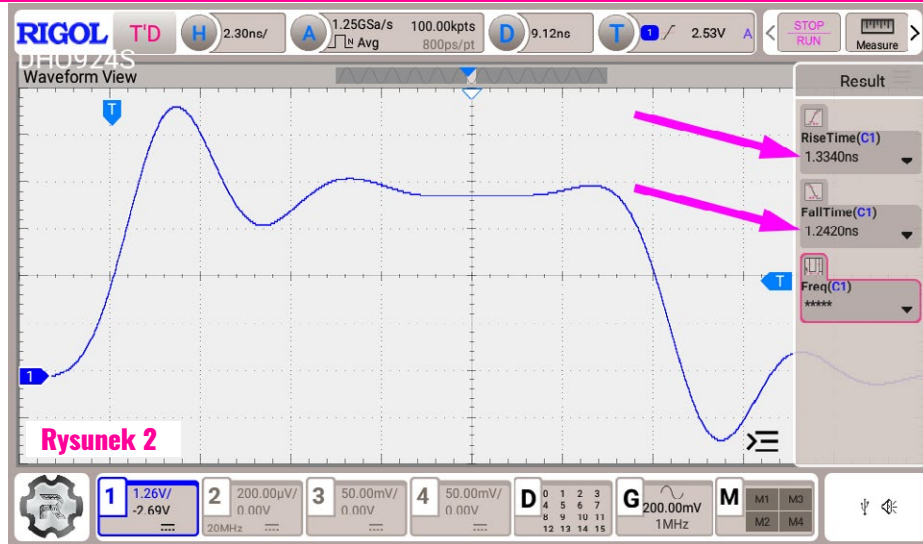
Jednym z najważniejszych, a właściwie najważniejszym parametrem jest pasmo przenoszenia oraz nieodłącznie z tym związany czas narastania i opadania. Stare i kultowe już oscyloskopy Rigol DS1052 są znane z tego, że ich pasmo i czas narastania są lepsze niż podaje specyfikacja. I to nawet bez dodatkowych zabiegów. **Fotografia 1** pokazuje, że czas narastania tego 50-megahercowego oscyloskopu jest taki, a nawet lepszy, niż klasycznego oscyloskopu 100-megahercowego (3,5 ns). Na **fotografii tytułowej** fioletowe strzałki wskazują, że z 250-megahercowym oscyloskopem DH0924S jest podobnie!



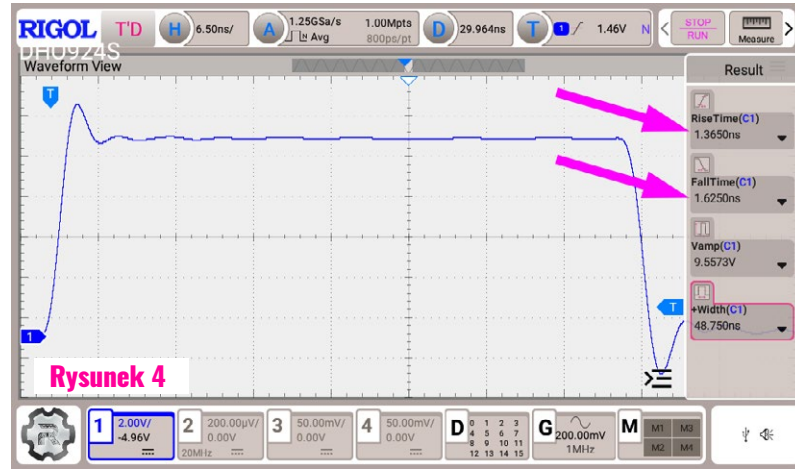
Fotografia 1

Rysunek 2 przedstawia to dokładniej. Wskazywany przez Rigol DHO924S czas narastania (Rise Time) to 1,334 nanosekundy, natomiast czas opadania (Fall Time) to 1,242 ns. Czyli lepiej, niż podane w specyfikacji gwarantowane czasy narastania i opadania oscyloskopu 250-megahercowego, wynoszące 1,4 ns (**rysunek 3**).

Bardzo podobne wskazanie czasów narastania i opadania prezentuje **rysunek 4**, gdzie widzimy impuls o czasie trwania 48 nanosekund. Bardzo interesujące jest, skąd pochodzi ten impuls. Otóż wytworzony jest przez baardzo nietypowy, zaskakująco prosty generator... elektro-mechaniczny, co widać na poniższej **fotografii 5**.



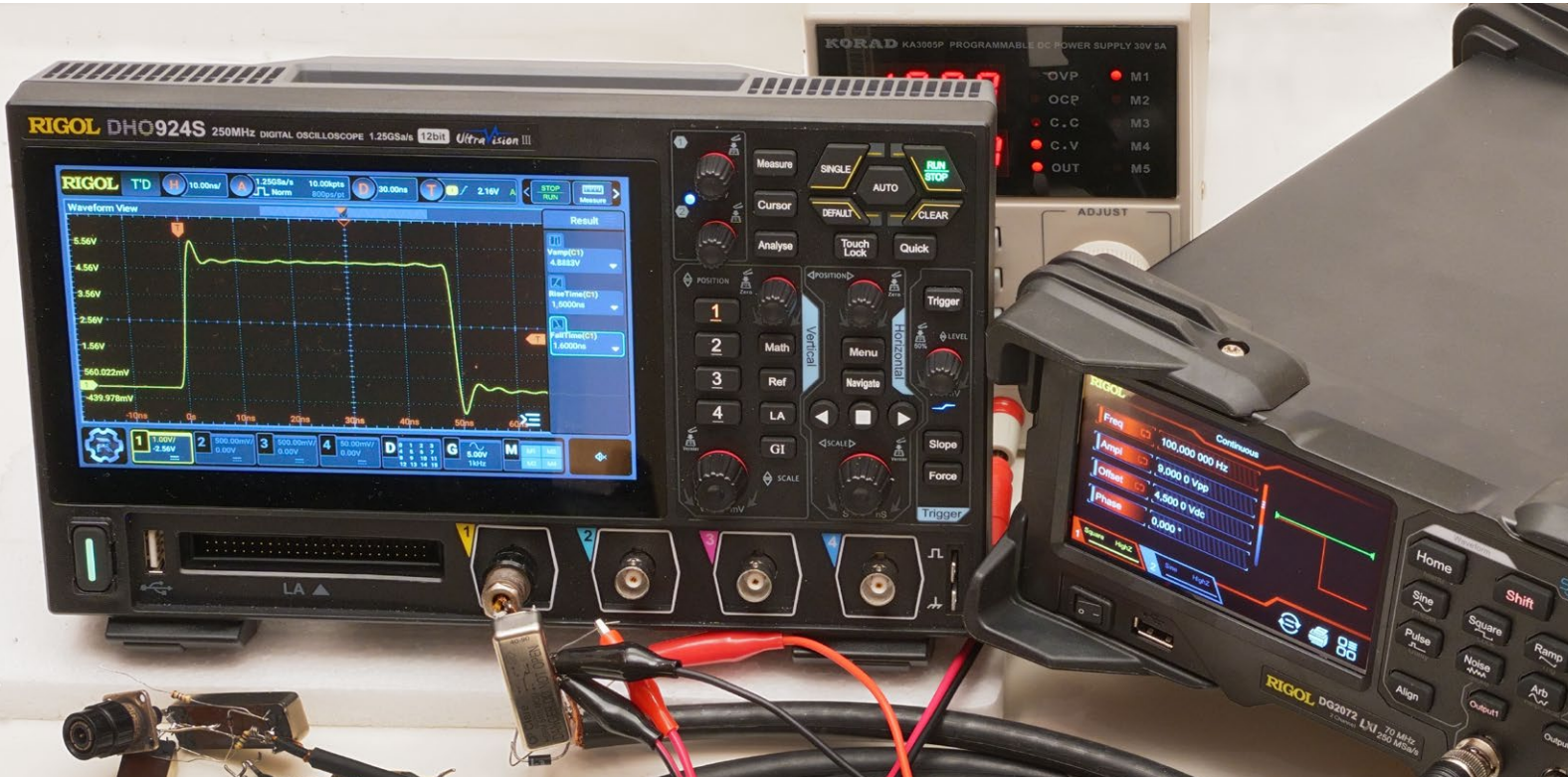
Rysunek 2



Rysunek 4

Overview of the DHO900 Series Technical Specifications				
Model	DHO914	DHO914S	DHO924	DHO924S
Analog Bandwidth (-3 dB)	125 MHz		250 MHz	
Rise Time (10% to 90%, typical)	≤2.8 ns		≤1.4 ns	
No. of Input/Output Channels	4 input analog channels 16 input digital channels 1 channel arbitrary function generator (AFG)			

Rysunek 3



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



Metalowe obudowy do urządzeń elektronicznych

Wbrew pozorom samodzielne wykonanie w warunkach domowych dość estetycznej obudowy jest możliwe. Co prawda jest tu niezbędne elementarne wyposażenie w narzędzia, jak choćby wiertarka, a im więcej mamy do dyspozycji, tym bardziej jesteśmy niezależni. Niemniej zawsze można sobie jakoś poradzić.

Buduję zasilacz
Pojawiające się możliwości
Panel przedni i tylny

Konstrukcja
Uwagi końcowe

Na początku przygody z elektroniką najczęściej zadowolenia przynosi samo wykonanie urządzenia elektronicznego, które realizuje swoją funkcję. Pozostałe elementy składające się na wyrób finalny, jak choćby obudowa, schodzą na dalszy plan. Zapewne wielu Czytelników może potwierdzić moje słowa. Nie wynika to z jakiegoś lenistwa lub braku chęci do pracy lecz z dostępnych możliwości. Wystarczy spróbować wykonać kilka otworów w płycie czołowej budowanego urządzenia w równych odstępach. Samo wykonanie pojedynczego okrągłego otworu nie stanowi już problemu: wiertarki elektryczne wraz z zestawem wiertel o różnych średnicach stają się powszechnym wyposażeniem warsztatowym. Gorzej jest z otworami prostokątnymi – to już wal-

ka z materiały przy pomocy pilnika. W przypadku gdy detal płyty czołowej lub tylnej wykonany jest z aluminium, to przy odrobinie wysiłku daje się to pokonać. Ale detale wykonane ze stali kwasoodpornej (popularnie nazywanej kwasówką) nie poddają się tak łatwo. Tu nawet wywiercenie okrągłego otworu jest wyzwaniem.

Buduję zasilacz

Właściwie nie ma znaczenia jakie urządzenie zostanie umieszczone wewnątrz tworzonej obudowy, ale artykuł dotyczy technologii wykonania i zastosowanych rozwiązań w konstrukcji obudowy, która stanie się integralną częścią urządzenia będącego zasilaczem na stałe (bez możliwości regulowania)



Fotografia 1

napięcie wyjściowe o wartości +12 V. Wiadomo do czego służy zasilacz i jako taki nie jest on tutaj głównym bohaterem. Został pozyskany od innego urządzenia i należy uważać, że jest gotowym komponentem seryjnie produkowanym. Obudowa to z kolei często wyrób jednorazowy, takie ręcznie wykonane „dzieło sztuki”.

Pojawiające się możliwości

Nowoczesna technologia związana o obróbką materiałów staje się dostępna nawet amatorom i hobbystom. Ja w swojej okolicy mam zakłady, które usługowo wykonują wycinanie otworów na podstawie dostarczonego rysunku. Właściwie są dwie możliwości: cięcie wodą lub cięcie laserem. W obu przypadkach przygotowanie rysunków odbywa się w identyczny sposób, a jedyna różnica dotyczy przede wszystkim jakości wykonania detali. Obróbka laserem daje ładne, czyste cięcia i taki wariant stosuję do płyt czołowych wykonanych ze stali kwasoodpornej o grubości 1 mm (**fotografia 1**). Tu pamiętając o trudnościach w jej obróbce należy całość dokładnie przemyśleć na etapie projektu, gdyż późniejsza korekta jest dosyć kłopotliwa. Wiąże się to głównie z otworami na śrubki, gdyż o takich detalach jak otwór na włącznik trudno jest zapomnieć. Inną możliwością jest wykonanie panelu z aluminium (**fotografia 2**). Tu z racji dużo mniejszej wytrzymałości aluminium panel musi być wykonany z grubszej blachy (ten ma 3 mm), a to w konsekwencji daje większy przekrój, na którym widać ślad po obróbce (**fotografia 3**), który należy zniwelować pilnikiem.

Drugim istotnym elementem całości jest pokrywa górna i dolna stanowiąca wspornik dla wszystkich detali zawartych wewnątrz (**fotografia 4**). Te elementy najprościej jest zamówić w zakładzie dekar skim. Obecna oferta jest bardzo szeroka, dostępne są różne kolory oraz faktura wykończenia (moja pokrywa górna jest matowa w kolorze brązowym). Dodatkowo są już fabrycznie zabezpieczone przed ko-



Fotografia 2

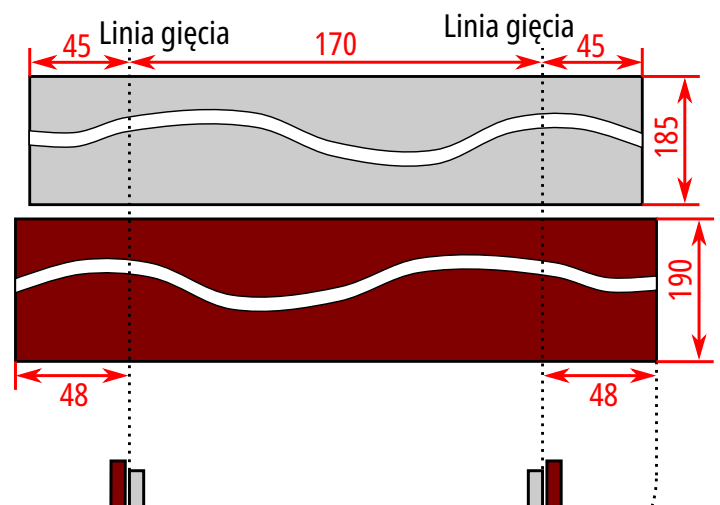


Fotografia 3

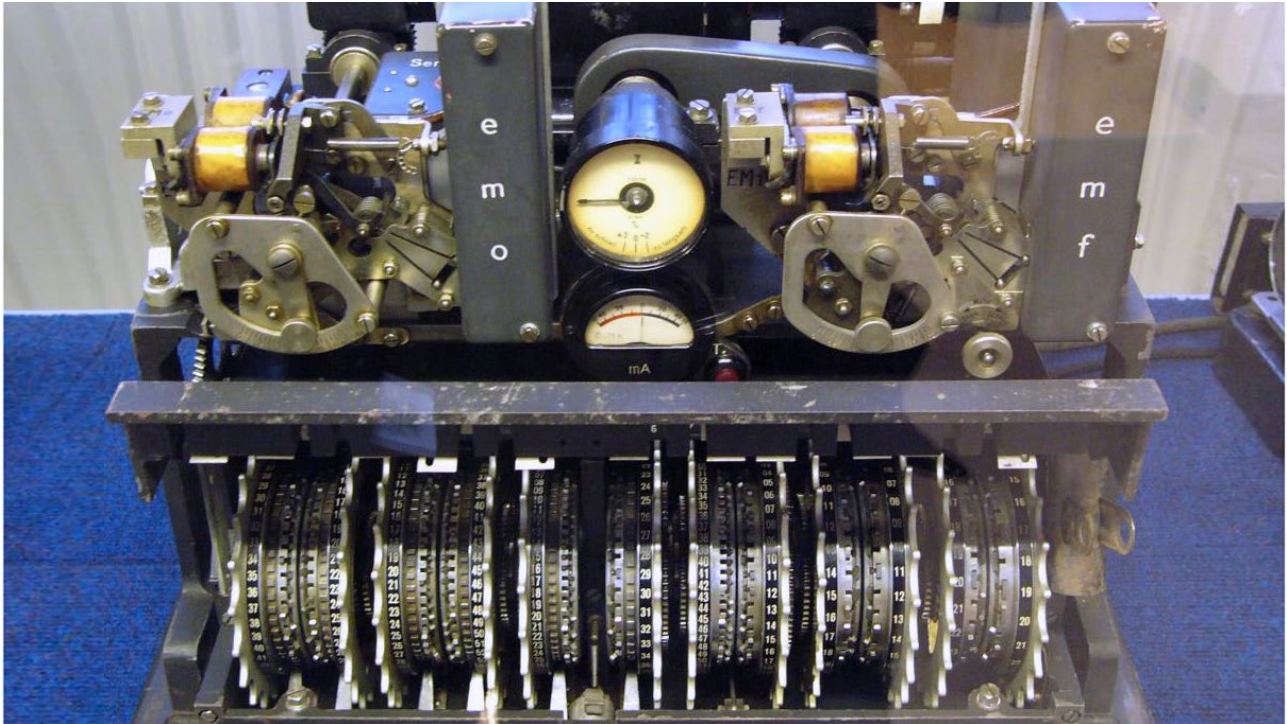


Fotografia 4

nia pasków blachy z arkusza oraz do ich zaginania. Wystarczy dać nawet odręczny rysunek z podanymi wymiarami (**rysunek 5**). Ideałem jest, by jedna pokrywa wchodziła w drugą, co łatwo uzyskać jeżeli będą zaginane jednocześnie oba paski blachy.



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



Szyfrowanie danych

W obecnych czasach trudno zachować swoją „prywatność”. Dochodzi do nas coraz więcej informacji o cyberatakach lub inwigilacji. Można przed tym się bronić, a jedną z takich możliwości jest szyfrowanie danych. Jak to zrobić, jak się posłużyć szyfrowaniem?

Szyfrowanie (kryptografia) Algorytm 3DES

Przykład użycia

Ochrona własnych danych w trakcie transmisji (choćby jako transmisji szeregowej) może czasami być przydatna, gdyż są takie sytuacje, gdy nie mamy ochoty aby te dane dostały się w niepowołane ręce. Oczywiście my jesteśmy dalecy od organizowania cyberataków i nie będziemy przetwarzać tajnych informacji. Ideą tego artykułu jest nabycie elementarnej wiedzy związanej z tematyką.

Szyfrowanie (kryptografia)

Kryptografia (gr. *kryptos* – ukryty oraz *grafo* – pisać) to dziedzina wiedzy związana z utajnianiem wiadomości. Z historycznego punktu widzenia wykorzystanych było wiele różnych patentów w tej dziedzinie, jak chociażby rozwiązanie mechaniczne widoczne na fotografii tytułowej (udostępniona jako własność publiczna przez autora, Matt Crypto z angielskiej Wikipedii). Obecnie wszystko opiera się na matematyce, gdzie zastosowane rozwiązania są na tyle złożone, że znacząco wybiegają poza ramy

czasopisma „Zrozumieć Elektronikę”, co nie znaczy, że nie da się wykorzystać gotowych wzorców we własnych pracach.

Samo szyfrowanie polega na zamianie jawnych danych (przykładowo tekstu jako ciągu bajtów) na dane zaszyfrowane (również jako ciąg bajtów niekoniecznie już czytelnych). Odbywa się to według określonego algorytmu (sposobu postępowania, którego celem jest osiągnięcie zamierzonego efektu), gdzie każdy bajt wejściowej informacji jest zamieniany na dane wyjściowe, które nie są już czytelne jak dane oryginalne. Banalnie prostym tego przykładem jest odwrócenie każdego bitu w kodzie znaku. Jednak taki algorytm nie gwarantuje nawet małej ochrony informacji. Znając algorytm (czyli przepis na to, co trzeba zrobić) łatwo można dane odszyfrować (ponownie odwrócić bity danych i uzyskać oryginalną wiadomość). Dodanie do algorytmu dodatkowej informacji powoduje, że proces deszyfracji może zostać znacząco utrudniony.

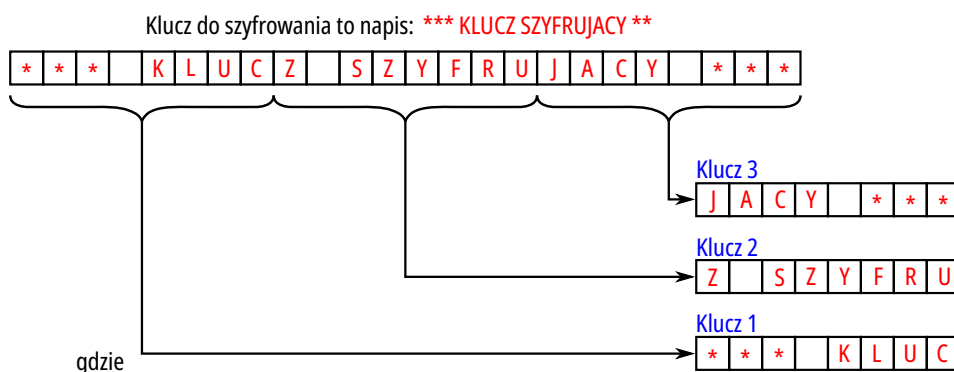
Tym dodatkowym elementem jest tzw. klucz szyfrujący. Jest to informacja, która jest ustalona (w jakikolwiek sposób) i użyta do szyfrowania a także odszyfrowania. W przypadku szyfrowania i deszyfrowania używany jest ten sam klucz (ta sama informacja) i w takim przypadku mowa jest o algorytmie symetrycznym. Istnieje również algorytm asymetryczny, gdzie wyróżnia się klucz publiczny oraz prywatny. Ten pierwszy może być zupełnie jawny, drugi powinien znać tylko właściciel. Kolejną istotną informacją jest to, że szyfrowanie jest operacją blokową i polega na szyfrowaniu bloku wejściowego przy użyciu danego klucza i przekształceniu go na blok wyjściowy o takiej samej długości (nie da się szyfrować danych „w locie” po jednym bajcie).

Algorytm 3DES

Jest to algorytm szyfrowania symetrycznego, polegający na trzykrotnym przetworzeniu danych wejściowych za pomocą algorytmu DES (ang. *Data Encryption Standard*). Należy on do grupy symetrycznych szyfrów blokowych i został zaprojektowany w 1975 roku przez IBM. Szyfrowany blok danych jest dzielony na fragmenty o wielkości 8 bajtów (co przy okazji oznacza, że wielkość wejściowego bloku danych jest wielokrotnością 8 bajtów). Klucz stosowany w tym algorytmie zawiera 192 bity (czyli 24 bajty) i jest podzielony na trzy części (**rysunek 1**), gdzie każdy z tych „podkluczy” bierze udział w kolejnych krokach algorytmu DES (DES ma klucz 64 bitowy – 8 bajtów). Wykonane kroki są następujące:

- szyfrowanie bloku pierwszym kluczem (co daje w wyniku „pakę” danych),
- deszyfrowanie drugim kluczem (co daje większą „pakę” danych),
- szyfrowanie trzecim kluczem (co daje jeszcze większą „pakę” danych).

Algorytm w piśmie rysunkowym pokazuje **rysunek 2**.

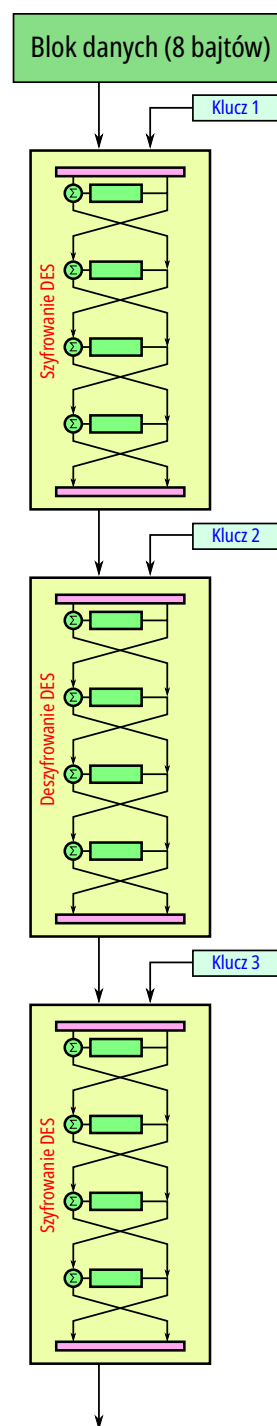


Przykład użycia

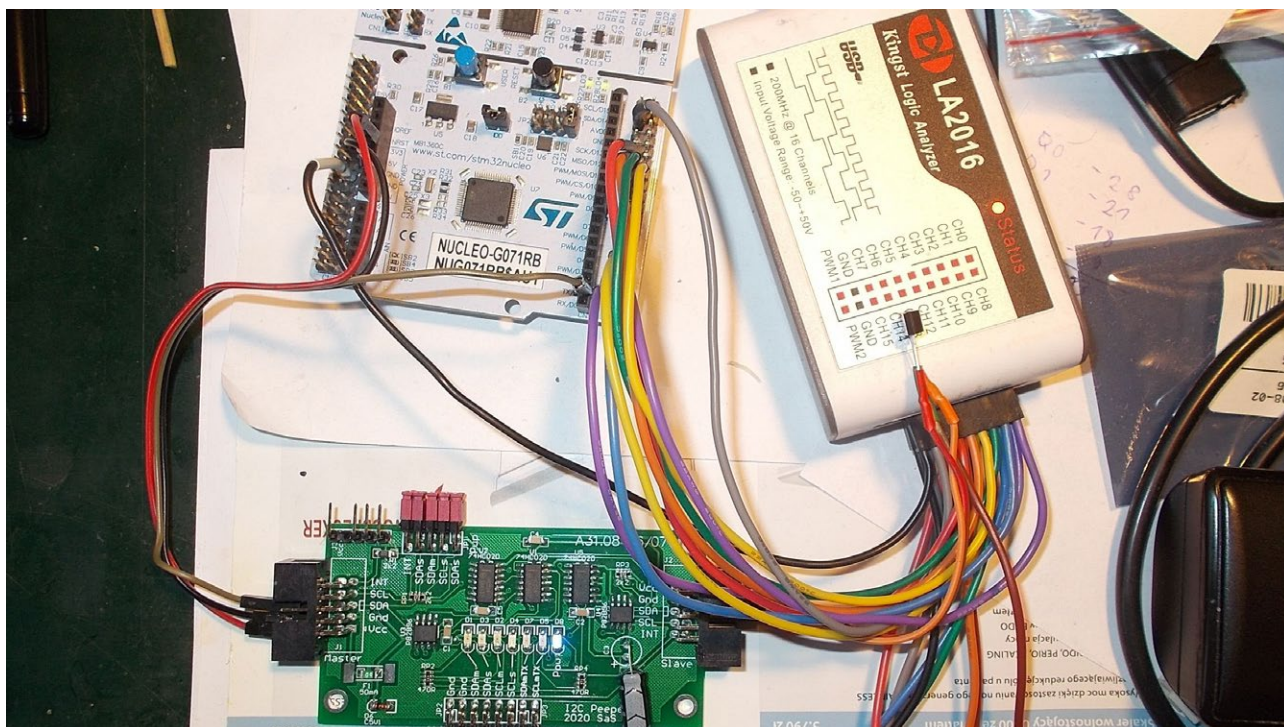
Prezentowana realizacja algorytmu 3DES opiera się na rozwiązaniu, które opracował Richard Outerbridge (które zostało udostępnione do domeny publicznej) i z moimi modyfikacjami jest dedykowane dla mikrokontrolerów AVR (ze względu na architekturę Harvard i specyficzne funkcje dostępu do stałych tablic umieszczonych w segmencie kodu). Nie jest jednak przywiązane do jakiegokolwiek modelu mikrokontrolera (moduł *descripto.h* i *descripto.c*). Można go użyć przykładowo do ochrony zawartości pamięci EEPROM lub do szyfrowania transmisji poprzez UART (pamiętając o 8-bajtowej blokowości danych). Poniższy program prezentuje „obróbkę” danych polegającą na:

- wyświetleniu zawartości bloku danych przed zaszyfrowaniem,
- wyświetlenie zawartości bloku danych po zaszyfrowaniu,
- wyświetlenie zawartości bloku danych po odszyfrowaniu.

Każde wyświetlenie jest realizowane jako wysłanie przez UART tekstu pokazanego na ekranie terminala (emulatorze terminala). Tekst jest wyświetlany w formie znaków (dla znaków kontrolnych wyświetlany jest znak kropki)



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



OneWire na przerwaniach od UART dla DS18B20

Zazwyczaj obsługa OneWire realizowana jest przez manipulowanie GPIO z wykorzystaniem delay. Niestety powoduje to blokowanie programu na długi czas, przez który często zawieszane są przerwania. Dzięki wykorzystaniu UART całą obsługę komunikacji można zrealizować całkowicie na przerwaniach.

Jak działa 1-Wire?

Co daje wykorzystanie UART?

OneWire (1-Wire) jest popularnym standardem głównie za sprawą termometru DS18B20. W Internecie ponad 90% projektów wykorzystujących 1-Wire to pomiar temperatury, mimo że asortyment układów jest duży i obejmuje między innymi pamięci EEPROM, EPROM, SRAM, GPIO, konwertery na I2C. Prawie zawsze, a w Arduino i AVR w 99,9% przypadków, obsługa 1-Wire jest programowa, polegająca na manipulowaniu portem GPIO. Wymagane kryteria czasowe realizują funkcje delay. Rzadko kiedy sięga się po UART, metodę zaproponowaną jeszcze przez firmę Dallas. Jak wykorzystać UART do obsługi 1-Wire na AVR pokazałem w EP 1/2019 <https://serwis.avt.pl/manuals/AVT5567.pdf>. Tym razem podniosłem poprzeczkę i obsłużyłem 1-Wire UART-em całkowicie na przerwaniach. W przykładowym kodzie układem DS18B20 mierzona jest temperatu-

Na koniec pomijany problem zabezpieczenia magistrali przed uszkodzeniem

ra, którą odcytujemy w programie głównym. Film pokazujący działanie programu można obejrzeć na Youtube: <https://youtu.be/iXtIc535780>. W kolejnym kroku 1-Wire będzie obsługiwane przez DMA, angażując przerwania tylko na czas generowania sygnału RESET oraz po zakończeniu transmisji.

Warto wiedzieć, że produkowane są układy 1-Wire MASTER. Największy asortyment obejmują mostki I2C-OneWire oraz jeden układ UART-OneWire, który ma największe możliwości spośród wszystkich masterów. Ciekawym mostkiem jest układ SD2482-800 zawierający osiem HOST-ów 1-Wire.

Jak działa 1-Wire?

Opis protokołu można znaleźć na stronie producenta: <https://www.analog.com/en/search.html?q=1-wire>.

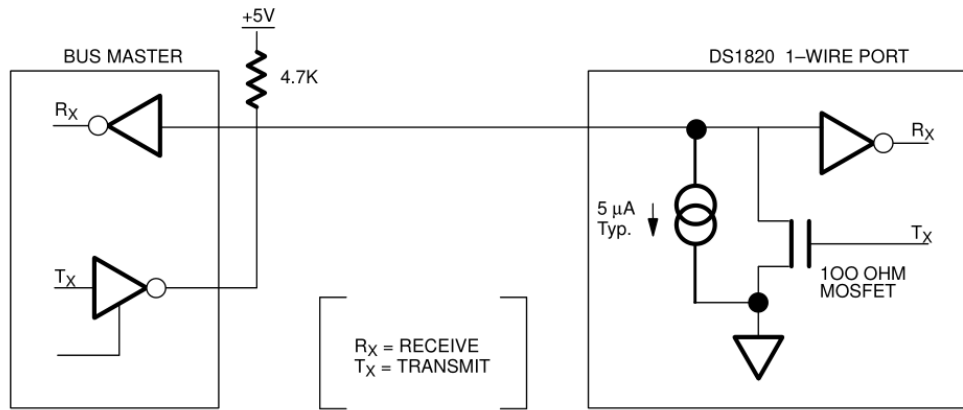
Podstawowe informacje można poznać na Wiki:

<https://en.wikipedia.org/wiki/1-Wire>.

W materiałach dodatkowych zamieściłem wszystkie informacje na temat 1-Wire, jakie posiadam.

Nie ma sensu dokładnie wyjaśniać działania 1-Wire skoro producent udostępnia stosowne dokumenty. Zajmiemy się istotnym zagadnieniem, czyli generowaniem sygnału RESETU rozpoczynającego każdą transmisję i sposobem przesyłania pojedynczych bitów. Nie będę omawiał trybu OVERDRIVE, który jest ciekawy, ale DS18B20 go nie obsługuje. Na początek realizacja sprzętowa – rysunek 1. Jak widać jest to rozwiązanie stosowane w I2C, tyle że tam mamy dwie linie a tu jedną.

Sygnalem do rozpoczęcia transmisji jest RESET – rysunek 2. Przybiera on postać impulsu o poziomie niskim, trwającego od 460 do 960 μ s, ale są wyjątki. Niektóre układy wymagają dłuższego sygnału – rysunek 3. Po 15–60 μ s od sygnału RESET układy slave wystawiają sygnał PRESENCE, trwający od 60 do 240 μ s. Transmisję bitu pokazuje rysunek 4. Wysłanie zera polega na ustawieniu poziomu L na czas od 60 do 120 μ s. Wysłanie jedynek to impuls L o czasie od 1 do 15 μ s. W celu odczytu bitu master wysyła impuls o czasie 1–15 μ s, a po 15 μ s na magistrali (w przypadku braku slave lub odsyłania jedynek

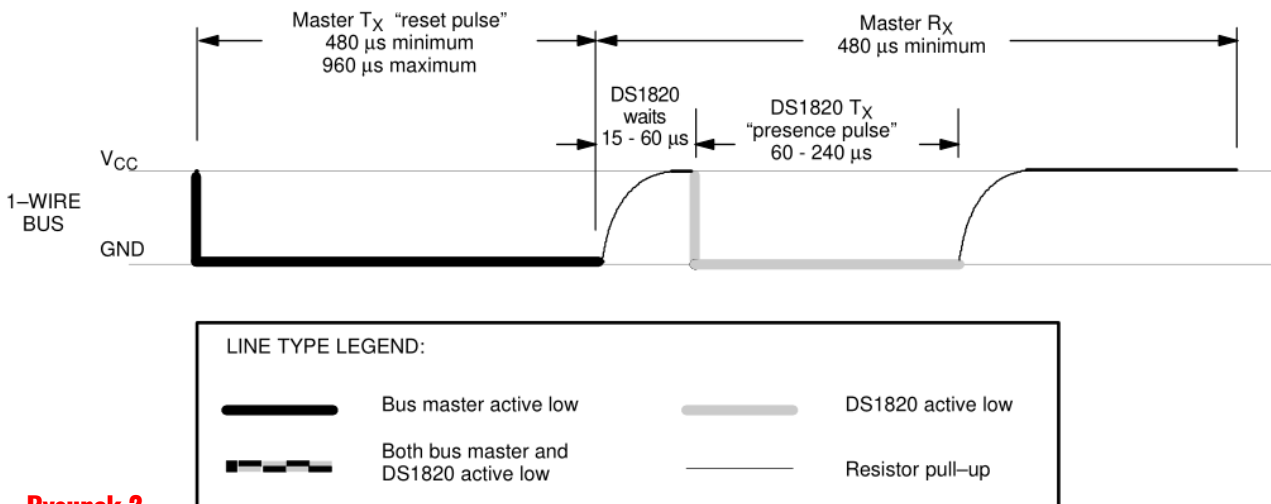


Rysunek 1

przez niego) musi być poziom H. To oznacza w praktyce impuls L od mastera o czasie maksymalnym 10 μ s. Slave przedłuża impuls L do 30–60 μ s, gdy chce odesłać zero, albo nie robi nic, gdy ma to być jeden. Master próbkuje magistralę po 15 μ s od chwili rozpoczęcia generowania impulsu slotu odczytu, w praktyce jest to zwykle czas 30–45 μ s.

No to niezbędną teorię mamy za sobą. Teraz zajmiemy się zagadnieniem, jak realizowane jest to sprzętowo? Niezwykle prosto ale jednocześnie nie najlepiej. Listing 1:

```
void owWriteBit(bool d){
    CLI(); // wyłączenie wszystkich przerwań
    GPIO = 0;
    if ( d ) delay_us(1); else delay_us(60);
    GPIO = 1;
    SEI(); // włączenie przerwań
}
```



Rysunek 2

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
I/O Pin, 1-Wire Reset, Presence-Detect Cycle						
		Standard speed V _{CC} = 5V				

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



WYSOKIE NAPIĘCIE
...i nowe studio!

Sieci energetyczne, faza, wartość skuteczna

Ten artykuł jest pisany odpowiednikiem mojego filmu na YT, oznaczonego S013. Zawiera elementarne wiadomości dotyczące sieci energetycznych. Wyjaśnia, co to jest faza. Przedstawia te elementarne ale niezbędne każdemu informacje o wartości skutecznej napięcia i prądu elektrycznego.

[Sieci wysokiego napięcia](#)
[Sieci jednofazowe i trójfazowe](#)
[Co to jest faza?](#)

[Sieci energetyczne – uziemianie](#)
[Sieci energetyczne TN-C, TN-S i TN-C-S](#)
[Wartość średnia i skuteczna](#)

W poprzednich filmach z tej serii – S010, S011 oraz S012, a także w artykułach S010 oraz S011 przypominałem podstawowe informacje – omówiłem analogie hydrauliczne dotyczące prądu stałego i zmiennego. Pokazałem, jak można wytworzyć napięcie i prąd zmienny. W języku potocznym wymiennie używamy określeń „prąd zmienny” oraz „napięcie zmienne”, a także „prąd przemienny” i „napięcie przemienne”. Ale napięcie i prąd to nie jest to samo. W analogii hydraulicznej odpowiednikiem napięcia elektrycznego jest ciśnienie wody (związane z wysokością), a odpowiednikiem prądu elektrycznego jest przepływ wody.

Podkreśliłem, że w sieci energetycznej mamy do czynienia ze specyficzną odmianą prądu *zmiennego* – z prądem *przemiennym* o przebiegu sinusoidalnym o częstotliwości 50 herców.

Napięcie i prąd o takim kształcie można wytworzyć za pomocą różnego rodzaju prądnic – generatorów. W drugiej części mojego innego filmu – B004 – pokazałem, że za pomocą wkrętarki i specyficznego silnika (tzw. bezszczotkowego – BLDC) można łatwo wytworzyć napięcie trójfazowe. Pokazałem też, że za pomocą starego rowerowego dynama można wytworzyć napięcie przemienne podobne do sinusoidalnego i zbudować minisieć energetyczną.

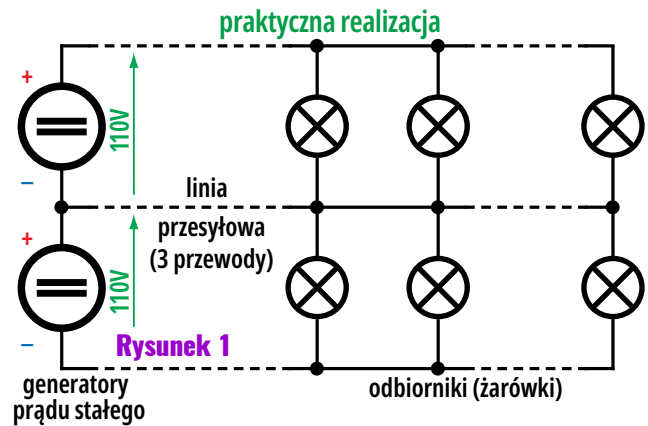
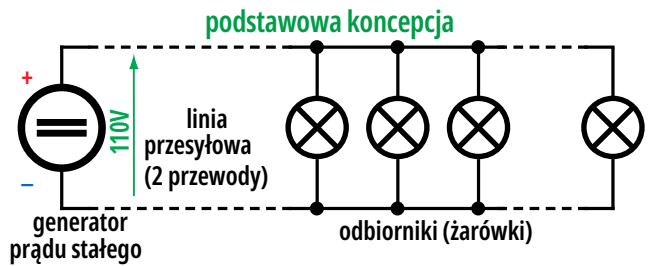
Sieci wysokiego napięcia

W pierwszych, stałoprądowych sieciach Edisona układ był prosty: napięcie wytwarzane przez generator za pośrednictwem miedzianych przewodów było doprowadzane wprost do odbiorników, a konkretnie do żarówek zainstalowanych w mieszkaniach odbiorców. **Rysunek 1** pokazuje podstawową koncepcję, a także praktyczną realizację, w postaci sieci trzyprzewodowej, pozwalającej przesać energię do odbiorcy przy nieco mniejszych stratach.

Stałoprądowe sieci Edisona szybko ustąpiły sieciom prądu zmiennego (sieciom Westinghouse'a i Thomsona, a nie Tesli) ze względów praktycznych. Otóż sieci prądu zmiennego (przemienne) pozwalały lokalizować elektrownie z dala od odbiorców. Aby straty przy przesyłaniu energii były małe trzeba podwyższyć napięcie.

Podwyższanie i obniżanie napięcia nie jest problemem w przypadku prądu przemiennego, bo wystarczy zastosować transformatory, najpierw do podwyższenia napięcia, a potem do jego obniżenia. Pokazuje to w uproszczeniu **rysunek 2**. I tego rodzaju model wykorzystałem w filmie S013, co przedstawia **fotografia 3**.

W XIX wieku nie było możliwości analogicznego podwyższania i obniżania napięcia stałego, dlatego stałoprądowe sieci Edisona szybko „przestawiono”



Rysunek 1

na prąd przemienny według idei z rysunku 2.

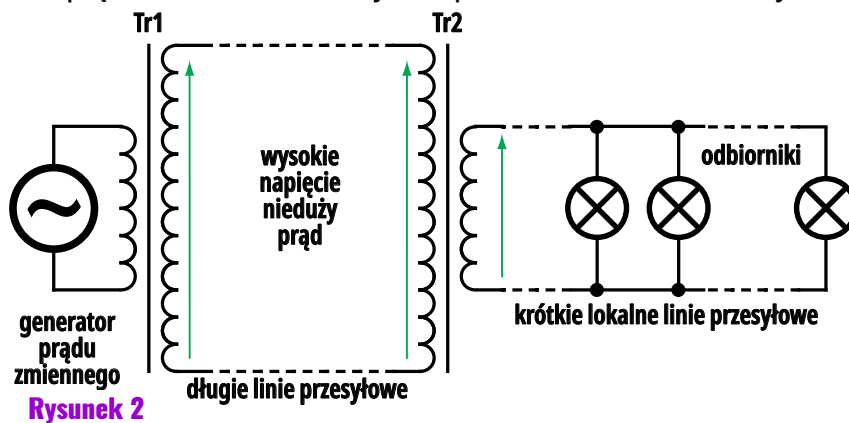
Otóż zgodnie ze wzorem $P = U \times I$ daną moc P można przesać do odbiorcy albo przy małym, niskim napięciu U i dużym prądzie I , albo przy wysokim napięciu U i małym prądzie I .

Z punktu widzenia przesyłanej mocy nie ma to znaczenia, byle u odbiorcy taki sam był iloczyn $U \times I$. Ma to natomiast ogromne znaczenie z punktu widzenia strat, bo o stratach decyduje wartość prądu I .

Otóż przewody – druty przesyłowe mają jakąś niezerową rezystancję R_D . Prąd I płynący przez tę rezystancję R_D wywołuje na niej jakiś spadek napięcia U_D . Wielkość tego spadku napięcia wyraża prosty wzór $U_D = R_D \times I$. Czym większy prąd, tym większy ten niepożądany spadek napięcia, ale co gorsze,

powoduje to też straty mocy, bo w rezystancji przewodów R_D wydziela się energia cieplna. Wartość mocy strat określa zależność $P_D = U_D \times I = (R_D \times I) \times I$, czyli $P_D = I^2 \times R_D$ – moc strat rośnie „z kwadratem prądu”.

Przykładowo *dziesięciokrotne* zmniejszenie wartości prądu powoduje *stukrotne* zmniejsze-

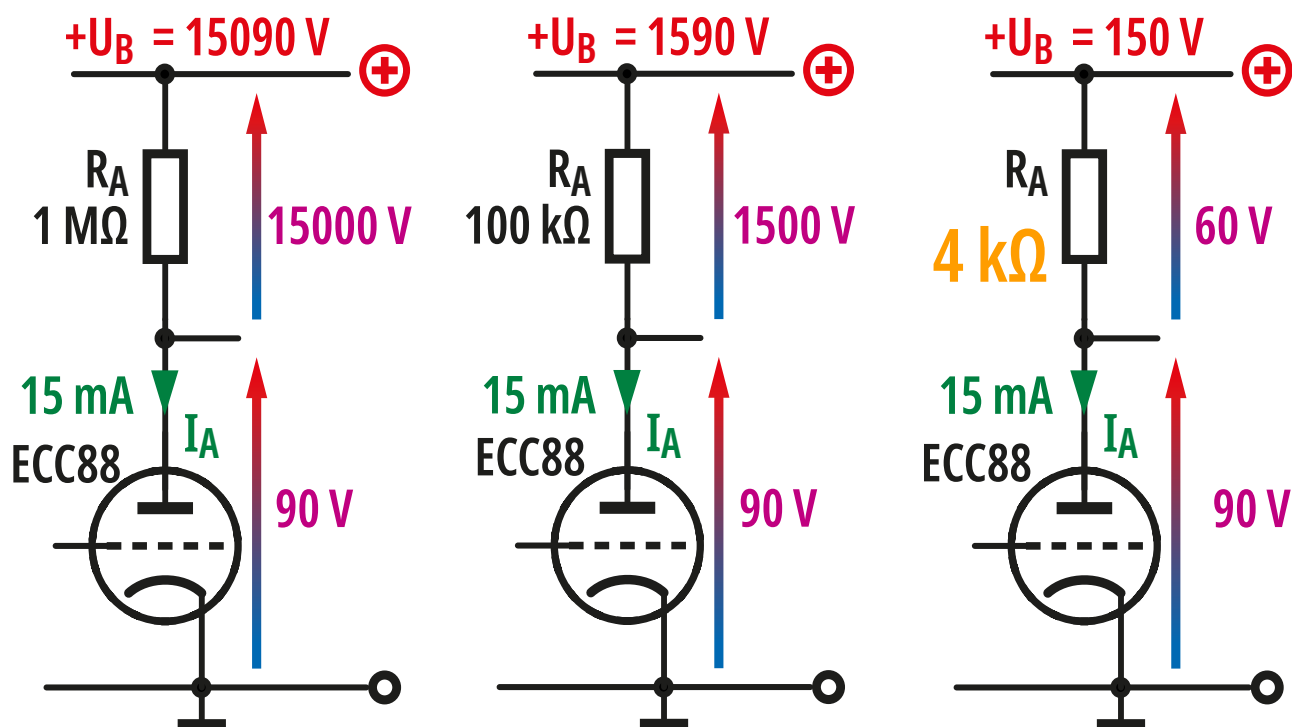


Rysunek 2



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

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



Lampy elektronowe: od teorii do praktyki

W tym artykule są omówione bardzo ważne informacje pokazujące, jak łatwo może od teorii przejść do praktyki osoba zaczynająca swoją przygodę z lampami elektronowymi. Materiał ten jest też nierozzerwalnie związany z projektem zatytułowanym Uniwersalne stanowisko do testów lamp - triod.

Metoda graficzna, testy czy intuicja?

(Przed)wzmacniacz lampowy – dobór R_A

(Przed)wzmacniacz lampowy – dobór prądu pracy

(Przed)wzmacniacz lampowy – dobór napięcia U_a

Lampa trioda – praktyczny dobór punktu pracy

Różne aspekty doboru punktu pracy

Począwszy od następnego artykułu tej serii zaczniemy analizować różne konfiguracje sygnałowych wzmacniaczy lampowych poczynając od najprostszyc. Natomiast w poprzednim artykule przedstawiłem podstawy graficznej metody określania punktu pracy. To przydatna pomoc, ale kluczowe decyzje musi podjąć człowiek, czyli Ty.

Projektowanie wzmacniaczy lampowych z początku wydaje się koszmarnie trudne, ponieważ rzeczywistość w grę wchodzi szereg czynników, w tym sprzecznych wymagań. Lampowy projekt zawsze jest wynikiem pewnego kompromisu – w tym artykule podane są informacje i o sprzecznych wymaganiach, i o prostych sposobach osiągnięcia akceptowalnego kompromisu. Ale najpierw...

Metoda graficzna, testy czy intuicja?

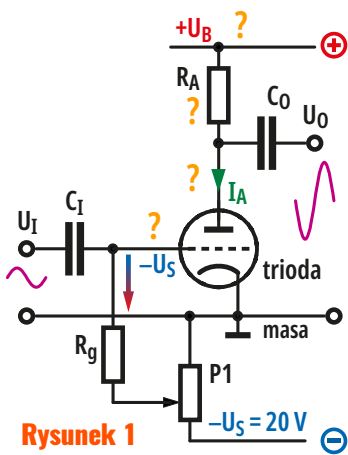
Z początku wybór punktu pracy i wartości elementów mogą wyglądać wręcz przerażająco, bo jest kilka niewiadomych ($+U_B$, R_A , I_A , U_a , U_g) i nie wiadomo, od czego zacząć. Które wartości należy przyjąć, założyć, a które potem na ich podstawie wyliczyć?

Już wcześniej wspominałem, że nie ma tu jednoznacznej, prostej odpowiedzi i że projekt wzmacniacza lampowego zawsze jest wynikiem kompromisu.

Nie jest to jednak trudne, jeżeli zrozumiemy najważniejsze zagadnienia. Najważniejsze, żeby zacząć, nawet w sposób niedoskonały.

Warto rozpocząć jakkolwiek, a potem ewentualnie „dopieszczać” swoje konstrukcje w miarę dalszego zdobywania wiedzy i doświadczenia.

Nie będzie to wcale błędzeniem po omacku – trzeba jednak zrozumieć i „poczuć” intuicyjnie kilka niezbyt trudnych zależności. Omówimy je właśnie w tym artykule, na podstawie **rysunku 1**, gdzie napięcie siatki ustawiane jest potencjometrem. Niewiadome wartości zaznaczyłem pomarańczowymi znakami zapytania. Zacznijmy od rezystancji R_A .



Rysunek 1

(Przed)wzmacniacz lampowy – dobór R_A

Dobór punktu pracy lampy wydaje się koszmarnie trudnym zadaniem, wymagającym trudnych obliczeń, opartych na katalogu. W literaturze można znaleźć opisy procedur projektowych, także wykorzystujących sposoby graficzne. Nie musi tak być!

Otóż wiemy już, że w prostym wzmacniaczu z triodą, o wartości wzmocnienia *zmiennoprądowego* decyduje głównie wartość rezystancji anodowej R_A . Czym jest większa, tym większe jest wzmocnienie.

Notujemy ważny punkt: dla uzyskania możliwie **dużego wzmocnienia, wartość rezystancji anodowej R_A powinna być jak największa.**

W praktyce najczęściej tą rezystancją anodową R_A jest zwyczajny rezystor, który powinien mieć jak największą rezystancję, żeby wzmocnienie sygnałów *zmiennych* było jak największe. Tak, ale tu w grę wchodzi też *stałoprądowy* punkt pracy i istotna sprzeczność, a przynajmniej trudność, o której za chwilę. Ale najpierw kolejny ważny punkt.

Otóż nie wchodząc w szczegóły i jałowe polemiki, generalnie **przyjmuje się, że lampa elektronowa ma najlepsze właściwości gdy pracuje przy prądzie niewiele mniejszym od katalogowego prądu maksymalnego**, co w praktyce związane jest też z maksymalną dopuszczalną mocą strat w lampie. Taki wniosek potwierdzają rysunki 4 i 5 w poprzednim artykule **Lampy elektronowe: metody graficzne**, na których widać wyraźnie, że wartość współczynnika amplifikacji μ (K_a) rośnie ze wzrostem prądu (stałego) lampy.

I wracamy do wartości rezystora anodowego: z jednej strony chcemy pracować przy możliwie dużym stałym prądzie anodowym lampy. Z drugiej strony, jednocześnie chcemy zastosować re-

Zupełnie nierealny przykład pokazany jest na **rysunku 2**, gdy z lampą ECC88 miałyby pracować rezystor R_A o wartości 1 megaoma. Otóż dla lampy ECC88 zalecane w katalogu warunki pracy to prąd anodowy 15 mA i napięcie na lampie 90 V (przy napięciu siatki typowo -1,3 V, co teraz jest nieistotne).

Jeżeli prąd anodowy 15 mA ma płynąć przez rezystor anodowy R_A o wartości 1 megaoma, to na tym rezystorze wystąpi spadek napięcia 15 000 V, czyli napięcie zasilające U_B musiałyby być aż tak ogromne! Nie wspominamy o mocy strat (225 W) w tak dużym rezystorze.

Nawet rezystor anodowy $R_A = 100 \text{ k}\Omega$ jest zdecydowanie za duży dla lampy ECC88. Jak pokazuje **rysunek 3**, prąd 15 mA płynący przez taką rezystancję wywoła na niej spadek napięcia 1500 V, czyli napięcie zasilające układ musiałyby wynosić 1590 V, co z kilku powodów jest absolutnie nie do przyjęcia!

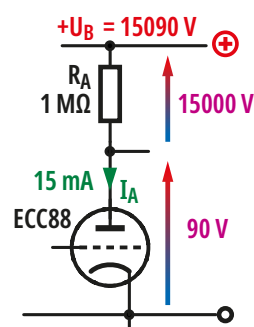
To jaką oporność ma mieć rezystor anodowy? Dla mniej zorientowanych dobór wartości rezystora R_A to poważny dylemat. Niepotrzebne! Można bowiem skorzystać z pożytecznej uproszczonej reguły. Oto kolejny ważny punkt: **w większości układów wartość rezystora anodowego R_A powinna być taka, żeby napięcie stałe na nim wynosiło 0,6...1 wartości napięcia stałego występującego na triodzie.**

Reguła ta **nie** dotyczy układów, gdzie zamiast rezystora anodowego zastosowany jest układ o charakterze źródła prądowego – do tego wrócimy później.

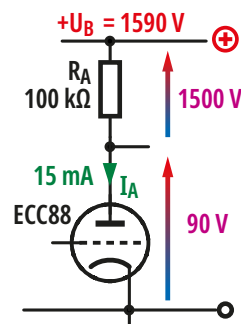
Na **rysunku 4** pokazany jest przykład, gdzie założyliśmy, że napięcie na rezystorze R_A ma wynosić 60 V. Wyliczona wartość to 4 kiloomy, w praktyce stosujemy 3,9 k Ω , o obciążalności co najmniej 1 W lub lepiej 2 W.

W najprostszym przypadku stałe napięcie na rezystorze anodowym R_A powinno być trochę mniejsze niż napięcie na lampie lub takie same. To jest dobra reguła nie tylko dla początkujących! Reguła, która znakomicie upraszcza projektowanie przedwzmacniaczy lampowych, szczególnie układów testowych. Usuwa ona najważniejszy dylemat dotyczący ustawiania punktu pracy lampy.

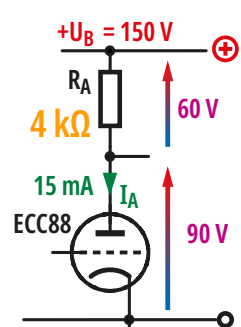
Kolejnych szczegółów tu nie opisuję, bo omawiam



Rysunek 2



Rysunek 3



Rysunek 4

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

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



Autor: Mister rf CC BY-SA 4.0

Ultrakrótką historia elektroniki: historia tranzystora bipolarnego

W poprzednim artykule serii przedstawiona była dziwna historia nie tyle wynalezienia, co przypadkowego odkrycia dziwnego tworu, który potem nazwano tranzystorem bipolarnym. Nastąpiło to pod koniec roku 1947, a następne miesiące i lata przyniosły kolejne wydarzenia ważne w historii elektroniki.

Odkrycie, publikacja i reakcja świata
Skąd się wzięła nazwa „tranzystor”?
Pierwsze tranzystory amerykańskie

Inni producenci tranzystorów
Tranzystory (tranzystrony) europejskie
Tranzystory japońskie

W poprzednim artykule cyklu opowiedziałem o kulisach powstania tranzystora bipolarnego. Oto ciąg dalszy tej interesującej historii

Odkrycie, publikacja i reakcja świata

23 grudnia 1947 roku Brattain i Bardeen zaprezentowali wąskiemu gronu osób, a mianowicie kierownictwu laboratorium Bell Labs, dziwny półprzewodnikowy element wzmacniający.

Pomijamy paskudną, zazdrosną reakcję szefa laboratorium, Williama Shockley'a. Najważniejsze jest to, że i on, i całe kierownictwo laboratorium od razu doceniło znaczenie i potencjalne wykorzystanie odkrycia, także w zastosowaniach wojskowych. Dlatego informację o odkryciu pierwotnie utajniono.

Świat dowiedział się o nowym elemencie wzmacniającym na publicznej konferencji pół roku później, 30 czerwca 1948 roku, i dlatego ta data bywa podawana jako „moment wynalezienia tranzystora”. Wyniki tej publicznej prezentacji odbiły się w ówczesnej prasie zaskakująco słabym echem. Nie była to zupełna nowość, bo już wcześniej znane były półprzewodnikowe elementy wzmacniające, jak krystadyna. A lampy elektronowe miały się wtedy bardzo dobrze. Dopiero po kilku latach okazało się, jak ważne było odkrycie tranzystora. A w roku 1948 reakcja prasy i ogółu społeczeństwa była słaba. Natomiast naukowcy związani z tematem od razu dostrzegli ogromny potencjał tego odkrycia: oto pojawiła się szansa na pozbycie się niewygodnych, energożernych lamp elektronowych.

Skąd się wzięła nazwa „tranzystor”?

Zanim omówimy pierwsze tranzystory, wyjaśnijmy pewien ważny szczegół. Otóż od ponad 20 lat poszukiwano elementu nazywanego „semiconductor triode” lub częściej „solid state triode”.

„Potworek” stworzony przez Bardeena i Brattaina nie był tym poszukiwanym elementem i nie miał nazwy własnej. Gdy okazało się, że jest to dziwny element wzmacniający, którego działania z początku nikt nie rozumiał, a który można realizować w różny sposób, potrzebna była jakaś nazwa. Pojawiły się różne propozycje.

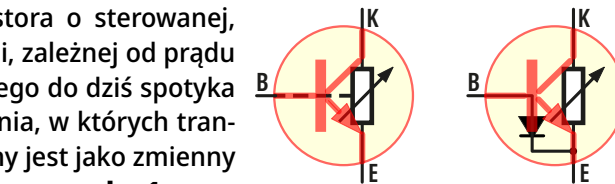
Na początku roku 1948 w Bell Labs w ramach wewnętrznego konkursu zaproponowano sześć nazw: *semiconductor triode*, *surface states triode*, *crystal triode*, *solid triode*, *iotatron* oraz *transistor*.

W właśnie już w roku 1948, jako skutek korporacyjnego głosowania w Bell Labs, przyjęła się, do dziś nieco wprowadzająca w błąd, nazwa **tranzystor** (**transistor**). Zaproponował ją jeden z pracowników, John Pierce. Określenie **transistor** pochodzi od skróconych słów **trans**conductance oraz albo **varistor**, albo **resistor** – są w tej kwestii dwa niespójne wyjaśnienia.

Określenie *transrezystancja* związane z *transkonduktancją* ma sens, jednak nazwa i najprostsze wyjaśnienia sugerują, że tranzystor to jakaś odmiana rezystora. Rezystora o sterowanej, zmiennej rezystancji, zależnej od prądu bazy. Zapewne dlatego do dziś spotyka się pseudowyjaśnienia, w których tranzystor przedstawiany jest jako zmienny rezystor – przykład na **rysunku 1**.

A to nie jest prawda! Takie wyobrażenia są fatalnie mylące, ponieważ ani obwód wejściowy, ani wyjściowy tranzystora bipolarnego nie zachowuje się jak klasyczna rezystancja, w której prąd jest wprost proporcjonalny do napięcia. Nazwa „tranzystor” kojarzona z regulowanym rezystorem oraz „wyobrażenie rezystancyjne” utrudniają wielu osobom zrozumienie właściwości tranzystora, którego działanie tak naprawdę nie przypomina zmiennego rezystora, tylko bardzo przypomina tak zwane **źródło prądowe sterowane prądem** bazy. Z punktu widzenia praktyka tranzystor bipolarny jest źródłem prądowym sterowanym prądem: CCCS – Current Controlled Current Source. Ilustruje to **rysunek 2**, w którym wykorzystałem jeden z licznych symboli źródła prądowego.

Podobnie tranzy-



tranzystor jako zmienny rezystor

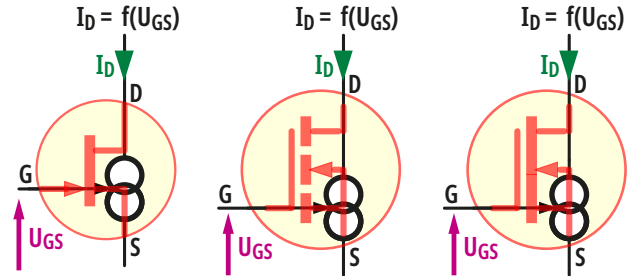
Rysunek 1



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

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

maksymalnie otwarty, maksymalnie przewodzący, też nie jest sterowaną rezystancją, tylko źródłem prądowym sterowanym napięciem (VCCS), co można zobrazować tak, jak na **rysunku 3**, ale to odrębny temat, który tu poruszyłem tylko w związku z nazwą tranzystora, do dziś mylącą wielu.



tranzystory polowe jako źródła prądowe (sterowane napięciem)

Rysunek 3

A na marginesie: w literaturze angielskojęzycznej nadal zaskakująco często zamiast **transistor**, spotyka się „lampowe” określenia: **valve** (zawór) i **triode**, ale z oczywistych względów nie **tube** (rura).

Pierwsze tranzystory amerykańskie

Brattain i Bardeen pod koniec roku 1947 stworzyli prymitywny laboratoryjny model tranzystora, dziś nazywanego ostrzowym (*point contact transistor*). Praktycznie użyteczny laboratoryjny model tranzystora zaprezentowano 30 czerwca 1948.

W wydaniu New York Times z 1 lipca 1948 zrelacjonowano to krótko i bez entuzjazmu. Była to tylko część niewielkiej notatki, pokazanej na **rysunku 4** (ze strony **NYT**). Pełną treść można znaleźć w Sieci, np. [tutaj](#) oraz [tutaj](#). Jak z tego wynika, na pokazie zaprezentowano też tranzystorowy odbiornik radiowy i inne przykłady zastosowania tranzystorów.

<https://www.nytimes.com/1948/07/01/archives/the-news-of-radio-two-new-shows-on-cbs->

The New York Times

The News of Radio; Two New Shows on CBS Will Replace 'Radio Theatre' During the Summer

July 1, 1948



Rysunek 4

ZROZUMIEĆ **E**LEKTRONIKĘ z Piotrem Góreckim

ZE 5/2024

piotr-gorecki.pl



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

Redaktor Naczelny: Piotr Górecki

e-mail: kontakt@piotr-gorecki.pl

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

Stali współpracownicy: Andrzej Pawluczuk, Szymon Burian,
Rafał Kozik, Jacek Kosecki, Sławomir Skrzyński, Tadeusz Suszał

Inicjatywa **Zrozumieć Elektronikę** realizowana jest
dzięki wsparciu Patronów i Mecenasów poprzez
konto autorskie Patronite: <https://patronite.pl/Zrozumiec-Elektronike>
oraz konto buycoffee.to: [buycoffee.to/ piotr-gorecki](https://buycoffee.to/piotr-gorecki)

Uwaga! Ani autorzy artykułów, ani wydawca nie biorą odpowiedzialności za ewentualne szkody spowodowane wynikiem eksperymentów inspirowanych treścią czasopisma i strony internetowej.

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

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

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

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