

Uwaga – to jest egzemplarz demonstracyjny (niepełny). Pełna wersja ma 93 strony.
Kup pełną wersję na buycoffee.to, a prenumerata jest tu: patronite.pl/Zrozumiec-Elektronike/posts

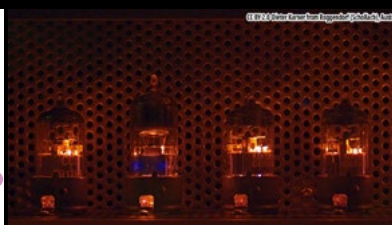
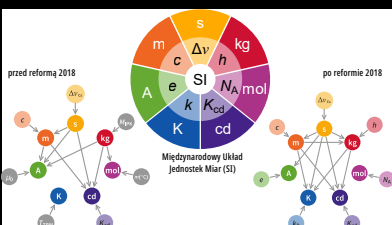
11/2023 Listopad

piotr-gorecki.pl



Oscyloskop? Nie ma problemu!

- Modułowe mierniki napięcia i prądu zmiennego • Aneng AN870: najlepszy multimetr dla hobbysty?
- Lampy elektronowe: Czy możesz być projektantem? • Wspólnie projektujemy: Częstościomierz
- Wzorce wielkości elektrycznych • Katalogowe parametry Absolute Maximum Rating
- Dodatkowe porty UART w Arduino • Historia elektroniki odkrycie tranzystora bipolarnego



Inicjatywa Zrozumieć Elektronikę realizowana dzięki wsparciu Patronów i Mecenasów poprzez Patronite.pl

Zawartość numeru 11/2023

15

MIERNICTWO



Oscyloskop? Nie ma problemu!

To jest wstępny artykuł serii dotyczącej oscyloskopów. Krótko sygnalizuje najważniejsze zagadnienia, które szerzej omówione są w kolejnych artykułach serii. Cykl ten przeznaczony jest i dla hobbystów, i profesjonalistów, a bardzo dużo uwagi poświęcono w nim parametrom i kwestii wyboru oscyloskopu.

3

Słowo wstępne – listopad

4

Nasze wspólne czasopismo – listy Czytelników

8

Łamigłówki elektroniczne listopad 2023

10

Łamigłówki elektroniczne wrzesień 2023

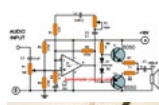
13

Tropimy błędy: Sygnalizator wyczerpania baterii

KONKURSY

14

KONKURSY



Tropimy błędy: Wzmacniacz 2 W do iPod'a

20

PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA



Modułowe mierniki napięcia i prądu zmiennego

26

PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA



W poszukiwaniu prawdy, część 2

31

PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA



Wspólnie projektujemy: Rozbudowa zasilacza LM317

34

PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA



Wspólnie projektujemy: Częstościomierz, część 4

41

MIERNICTWO



Kalibracja termometrów w temperaturze 0°C

47

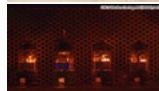
ZASILANIE



Aneng AN870: najlepszy multimetr dla hobbysty?

54

AUDIO I WIDEO



Lampy elektronowe: Czy możesz być projektantem?

59

ELEKTRONIKA UŻYTKOWA



Podstawy automatyki – detekcja położenia

62

MIERNICTWO



Wzorce wielkości elektrycznych

68

ELEMENTY I MODUŁY



Katalogowe parametry Absolute Maximum Rating

73

MIKROPROCESORY



Dodatkowe porty UART w Arduino

80

HISTORIA, RETRO



Historia elektroniki: Odkrycie tranzystora bipolarnego

85

RÓŻNE



Budowa wewnętrzna tanich chińskich zasilaczy

89

ELEMENTY I MODUŁY



Pięciocyfrowy moduł mierzący U + I + P



Słowo wstępne – listopad

Witam!

Zapraszam do lektury numeru listopadowego, gdzie na okładce nietypowo jest artykuł otwierający **cykl o oscyloskopach**.

Cykl ten planowałem od bardzo dawna, co najmniej od kilku lat, jeszcze w EdW. Bezpośrednim impulsem do jego powstania była wymiana e-maili z jednym z moich Patronów, który pytał o wskazówki dotyczące wyboru oscyloskopu.

Gdy zacząłem pisać, a właściwie porządkować powstałe już wcześniej materiały okazało się, że w żadnym wypadku nie da się tego zmieścić w jednym artykule. Powstaje obszerny cykl.

Jednak mam informację dla najbardziej niecierpliwych. Otóż najprostsza zasada zakupu jest taka: **kup najdroższy oscyloskop, na jaki Cię stać**. Przy czym pamiętaj, że ceny prawdziwych oscyloskopów zaczynają się dziś od około 1000 złotych. Jeżeli jednak chcesz dokonać naprawdę przemysłowego i optymalnego zakupu, musisz uwzględnić szereg czynników, żeby nie żałować.

W tej chwili są już gotowe cztery artykuły: jeden wprowadzający, w tym numerze, oraz trzy omawiające różne czynniki i aspekty problemu wyboru i zakupu oscyloskopu. Na razie te materiały dostępne są wyłącznie dla moich najbardziej hojnych Patronów.

Artykuły o oscyloskopach, a właściwie ich wstępne wersje, wcześniej rozesłałem do bardzo wąskiego grona w ramach konsultacji i **chciałbym podziękować za wiele wartościowych uwag dotyczących treści i formy!** Wpłynęły one na ostateczny kształt tego materiału.

Mam też dobrą informację na temat strony internetowej <https://piotr-gorecki.pl>. Zajęty tworzeniem czasopisma nie mam wystarczająco dużo czasu, żeby o nią odpowiednio dbać i uzupełniać. Bardzo dobra wiadomość jest taka, że **Rafał Wiśniewski** bezinteresownie podjął się wrzucania na stronę **wcześniejszych materiałów z mojej wieloletniej twórczości**. Materiałów na tematy, które są zawsze aktualne. Takich artykułów, publikowanych wcześniej przez 30 lat w EP i EdW jest nieprzebrane mnóstwo.

Na początek pojawiło się przypomnienie moich dawnych „Listów od Piotra” na temat rezystorów, kondensatorów i cewek. Potem będą inne.

Jest więc nadzieja, że w ten sposób na stronie w nowej atrakcyjnej formie pojawi się mnóstwo moich wcześniejszych materiałów z różnych dziedzin elektroniki.

Jeżeli ktoś chciałby w tej pracy pomóc Rafałowi, żeby przyspieszyć ten proces wypełniania strony <https://piotr-gorecki.pl> moimi wcześniejszymi materiałami, to po pierwsze, może pomóc przy opracowywaniu i wrzucaniu materiałów na stronę internetową, w szczególności w przygotowaniu grafiki – rysunków.

Po drugie, każdy może napisać, jakie moje wcześniejsze artykuły i cykle znane z EdW powinny się tam znaleźć w pierwszej kolejności. **Proszę śmiało pisać: kontakt@piotr-gorecki.pl**.

A wracając do moich prac bieżących: powstają również inne, nowe serie artykułów. Już są gotowe cztery artykuły na temat multimetru AN870 (ZT219), zaskakująco taniego jak na swoje możliwości. Między nimi artykuł na temat **pomiarów prądu w zakresie femtoamperów i rezystancji w zakresie petaomów**. Tak femtoamperów, czyli miliardowych części mikroampera. I petaomów, czyli miliardów megaomów.

A najważniejsze jest to, że wreszcie powstaje też **nowy cykl „zerowy”** będący podbudową do zapowiadanej od dawna Radiowej Oślej Łączki. Cykl przeznaczony jest głównie dla osób zupełnie początkujących, które nie mają jeszcze żadnego doświadczenia. Okazało się jednak, że jest to materiał także dla doświadczonych elektroników, którzy już dawno temu „poszli do przodu”, a nie wykonali pewnych eksperymentów podstawowych. Eksperymentów w większości bardzo prostych, a dających mnóstwo satysfakcji i radości także zaawansowanym. Wiem, bo sam tego doświadczyłem, robiąc proste eksperymenty, o których wcześniej tylko czytałem. A między „czytać i oglądać”, a „wykonać to własnoręcznie” jest kolosalna różnica! Zapewniam!

I właśnie nowa seria o roboczym tytule **Fascynujące przemiany energii** jest znakomitą okazją „powrotu do korzeni”. Więcej szczegółów mam nadzieję podać już w następnym numerze ZE.

Pozdrawiam serdecznie!

Piotr Górecki

Nasze wspólne czasopismo – listy Czytelników



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

Poniżej fragmenty ostatnio nadesłanych listów.

*Dzień dobry,
mam pytanie związane z budową przetwornicy impulsowej, obniżającej napięcie. Jeśli ma Pan chęć i możliwość, proszę o odpowiedź.*

W Pańskim miesięczniku 1/2023 na stronie 25 widnieje schemat ideowy przetwornicy obniżającej. Zastosowany jest tam MOSFET N. Czy w takim układzie MOSFET typu N będzie pracował prawidłowo? Czy nie jest konieczne stosowanie MOSFET – typu P?

*Pozdrawiam
Mateusz*

Odpowiedziałem, że to bardzo interesujące pytanie i że gratuluję wnikliwości! Rzeczywiście łatwiej wysterować MOSFET-a P. Ale w praktyce wiele przetwornic wykorzystuje MOSFET N, co trochę komplikuje układ, ale warto, bo MOSFET-y N mają lepsze parametry. Wykorzystuje się wtedy zwykle układ wspomagający typu bootstrap z kondensatorem podwyższającym napięcie powyżej „plusa zasilania”. Następny e-mail mał treść:

*Dziękuję bardzo za odpowiedź!
Czy ma Pan, lub może polecić artykuł związany z konstrukcją układu bootstrap? Jakie niesie za sobą ograniczenia w sterowaniu?*

*Pozdrawiam
Mateusz*

Materiałów w Internecie jest wiele, ale mało który omawia zagadnienie od podstaw. Sposób sterowania MOSFET-ów N „powyżej plusa zasilania” jest powszechnie stosowany w drajwerach high side, half

bridge i full bridge. Przykład drajwerów z takim rozwiązaniem, np IRS2184, można znaleźć na stronach IRF, obecnie Infineon, np. https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-IRS2184-DataSheet-v01_00-EN.pdf?fileId=5546d462533600a401535676d8da27db

W przetwornicach scalonych jest to realizowane na podobnej zasadzie. Jeżeli byłoby więcej osób zainteresowanych, mogę nie tylko napisać artykuł wyjaśniający „sterowanie MOSFET-ów N powyżej plusa zasilania”, ale też zaproponować praktyczne ćwiczenia.

Pytanie i prośba początkującego elektronika

Mam na imię Andrzej (...) Czy mógłby Pan napisać książkę na temat zasilaczy impulsowych z wykorzystaniem kilku lub kilkunastu przykładowych układów scalonych (...) Mam skan książki w PDF-e (...) na temat zasilaczy impulsowych i przetwornic prądu stałego DC -DC. Będę czytał. Coś się poniekąd orientuję, bo dawniej czytałem artykuły z prenumerowanej „Elektroniki dla Wszystkich” na temat podstaw i zasad działania przetwornicy opartej na cewkach indukcyjnych

Andrzej

Książki o wykorzystaniu układów scalonych do projektowania zasilaczy impulsowych aktualnie nie planuję. To jest, i to z kilku względów, zadanie dla doświadczonych specjalistów. Zwłaszcza projektowanie zasilaczy sieciowych, spełniających wymagania bardzo ostrych dziś norm bezpieczeństwa.

Natomiast tematem przetwornic impulsowych, głównie indukcyjnych, ale też pojemnościowych, będziemy się nadal zajmować na łamach czasopisma. Głównie jednak opisami i przeróbkami gotowych modułów, a także w ramach ćwiczeń edukacyjnych.

Bardzo się cieszę z poniższej korespondencji i jej efektów. A zaczęło się od następującego e-maila:

Dobry wieczór,

dziękuję za poruszenie w ostatnim numerze ZE zagadnień związanych z napięciami odniesienia. Jest to dla mnie o tyle ciekawe, że od ok. 2 lat we własnym zakresie pogłębiam wiedzę w tej dziedzinie. Podkreślam, że robię to amatorsko/hobbystycznie, czyli non-profit (jako elektronik z wykształcenia i zamiłowania, ale pracujący zawodowo w innej dziedzinie).

Aby poruszać się sprawnie w „świecie dokładności pomiaru $U > 5$ cyfr”, a nie błądzić w krainie cieni, niestety trzeba mocno doposażyć warsztat pomiarowy...

...ostatnio (w marcu 2022 r) udało mi się na ebay.com kupić Agilent 34401 A (sprzedawca z Japonii – poziom uczciwości kupieckiej i sam zakup to temat na osobnego maila).

Słowem: mam solidny multimetr klasy 6,5 cyfry. Jeszcze przed likwidacją stanowisk pomiarowych w mojej firmie udało mi się pozytywnie zweryfikować dokładność pomiarów U_{DC} z dwoma skalibrowanymi firmowymi Agilentami 34401 A.

I tutaj dochodzę do sedna sprawy: mocno przymierzam się do zmontowania modułu bardzo dokładnego napięcia odniesienia na układzie LTZ1000. Aby to mogło się zakończyć zweryfikowanym sukcesem, potrzebuję dostępu do woltomierza 8,5 cyfry.

Czy istniałaby szansa z Pana strony, możliwość dostępu do pomiaru takim woltomierzem, albo odesłania (skomunikowania) do Osoby która grzecznościowo umożliwiłaby taki pomiar modułu?

Oczywiście liczę się z jakąś odpłatnością (chociażby za „zawracanie głowy”), ale chciałbym uniknąć podejścia w pełni komercyjnego, bo stawki wzorcowania przewyższą wartość ww. modułu.

Z góry dziękuję za każdą pomoc.

Pozdrawiam

Wojciech Głogowski

Odpowiedziałem, że nie mam miernika 8,5-cyfrowego i że bardzo cieszy mnie zgłoszenie osoby o takich zainteresowaniach. Napisałem, że mam trzy LM399 i najpierw chcę je zbadać i uzyskać oferowaną przez nie stabilność, a dopiero potem ewentualnie zająć się LTZ1000 (lub ADR1000) i „przyległościami”. Napisałem, że „chodzi mi po głowie” zaproponowanie realizacji „minilaboratorium metrologicznego”. Zestaw z dokładnym wzorcem (najpierw na LM399, potem ew. LTZ1000), do tego dokładny dzielnik Hamona 10:1 i 100:1 oraz w przyszłości dzielnik nastawny (dwójkowy lub Cutkosky'ego), ale nie Kelvin-Varley, bo to zdecydowanie zbyt pracochłonne i kosztowne.

Później Wojciech napisał:

Dzień dobry, dziękuję za odpowiedź – a więc jest nadzieja! Dzisiaj odpisuję trochę skrótowo (...) zmontowanie modułu to kwestia przełomu 2023/2024, a więc średnio odległa przyszłość. Obawiam się, że mój poziom to raczej materiał na „List do Redakcji”.

Pozdrawiam

Wojtek Głogowski

W następnej kolejności poruszyliśmy temat komory termicznej do testów oraz szczegóły wykorzystania LTZ1000. Zadałem parę konkretnych pytań. Oto odpowiedź:

Dobry wieczór,

dziękuję za ostatnią korespondencję – to mnie motywuje do ciągu dalszego z wzorcem na LTZ1000 (podkreślam, że chodzi mi o Uref z napięciem natywnym ok. 7 V). A teraz konkrety (z elementami dygresyjnymi).

1) – moduł do LTZ1000 typu „semi-finished” w aplikacji bazowej z LT1013 za ok. 120\$ chcę kupić u sprawdzonego Chińczyka na ebay (kupiłem u niego np. OCO OSC5A2B02 10 MHz – zrobiłem moduł OCO zsynchronizowany GPS – uzyskałem kilkugodzinną stałość rzędu 1 ppb – temat na osobną rozmowę – efekty przerosły oczekiwania...).

2) – sam układ LTZ1000ACH w dużej firmie wysyłkowej (np. Farnel za ok 100\$, w Digikey podobnie, ale z darmową wysyłką) – sprawdzałem: mają niezerowe stany magazynowe.

3) – połączenie pkt 1+pkt 2 we własnym zakresie, do docelowej metalowej solidnej obudowy chcę zainstalować na pewno 4×18650 (zasilanie bateryjne na właściwe pomiary), dodatkowa opcja zasilania zewnętrznego na czas wstępnego starzenia (1000 h/2000 h).

3') – sprawdzenie swoim 34401 A czy to działa... a potem to raczej chyba nie... (finalnie to chciałbym odwrotny przepływ informacji).

4) – wstępne starzenie (1000 h/2000 h) we własnym zakresie...

5) – przy pojawieniu się Ludzi Dobrej Woli – > pomiar właściwy.

6) 7) itp. – to prace na 2024 i dalej!!! Bo to tak naprawdę punkty zainspirowane Pana pytaniami o dzielniki Hamona, w celu zrobienia precyzyjnego zadajnika napięcia referencyjnego. Widzę, że jest co robić...

A teraz odnosząc się do Pana innych pytań:

– zrobiłem sobie amatorską komorę termostatyzowaną, tylko grzejną (grzeją 6 × BUZ11 jako źródła prądowe), stąd zakres temperatur: 25°C...55°C (badałem do 60°C, ale asekuracyjnie obniżyłem). Obudowa z płyt Al 4 mm, wewn. wymiar ok. 10 × 15 cm (wysokość robocza do 8 cm, ale praktyczne testy wykazały że powinno być <4 cm, aby zapanować nad

w miarę jednakową temperaturą w komorze) – **fotografia 1**.

– komora właściwa oklejona solidną matą termoizolacyjną, a zewnętrzna obudowa to odzysk ze starego UPS'a, zasilanie ze starego zasilacza 15 V Toshiba.

– moduł utrzymania zadanej temperatury na LM358 i 2 × NTC Vishay w gałęzi mostka (same NTC w spodniej części komory na dużym kawałku płaskownika z mosiądzu). Część cyfrowa wysyła ustawioną temp jako U_pwm i mierzy poprzez 3 × DS18B20 temperaturę w różnych miejscach komory.

– orientowałem się na sprawne działanie całości (chciałem już testować LT1236, LT1021, MAX6241 itp), więc piękne to to nie jest... lecz załączam kilka zdjęć.

(...) Czasem jak mnie czas nie goni, mechanika wychodzi trochę lepiej, w linku poniżej mój zasilacz laboratoryjny (opisałem go na elektrodzie):

<https://www.elektroda.pl/rtvforum/topic3954335.html>

Pozdrawiam

Wojciech Głogowski

Potem pojawiły się jeszcze inne tematy i możliwości:

Dzień dobry,

zgodnie z naszą rozmową podsyłam informację wstępną o planowanym opisie projektu Licznik GM2023 (**fotografia 2**). Podstawowe informacje:

– klasyczny licznik Geigera-Mullera oparty na soowieckiej lampie/tubie STS-5,

– układ sterująco-pomiarowy oparty na kontrolerze STM32L011,

– zasilanie z ogniwa Li-ion 18650.

Układ jest na ok. 80% ukończony, do zrobienia docelowe oprogramowanie (tryb testu, przełączanie zakresów, praca właściwa itp) i oczywiście – cały opis do artykułu. Realna finalizacja listopad 2023. (...)

Pozdrawiam

Wojciech Głogowski

Bardzo bym się cieszył, gdyby na łamach ZE zaczął publikować nowy Autor! Już wstępnie ustaliliśmy, że spróbujemy połączyć siły i wspólnie „pociągniemy” temat możliwie najtańszych i jak najdokładniejszych pomiarów w warunkach amatorskich.

A przy okazji: jeśli ktoś jeszcze chciałby dołączyć, proszę o zgłoszenia: kontakt@piotr-gorecki.pl.

Jedno takie zgłoszenie napłynęło już wcześniej:

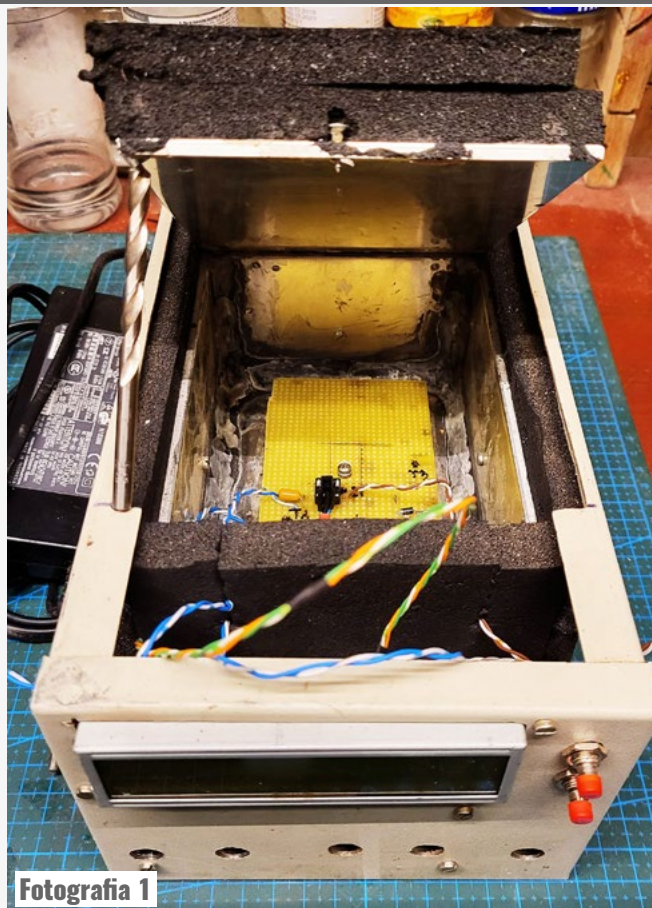
Dzień dobry,

jestem zainteresowany tematem dokładnych pomiarów. Mam sporo czasu do zagospodarowania.

Pozdrawiam

Miroslaw

PS Czy będą jeszcze na łamach ZE artykuły odnośnie montażu niedrogich kitów kupionych na Aliexpress?



Fotografia 1

Artykuły o różnych chińskich zestawach będą. Jest tylko kwestia zakupów – wielu Czytelników wołałoby kupować w polskich sklepach, a z tym bywa rozmaicie, bo tu oferta jest dość wąska, a ceny dużo wyższe.

Po rozesłaniu do wąskiej grupki wstępnych wersji artykułów o oscyloskopach otrzymałem kilka interesujących e-maili. Większość zawartych w nich uwag i sugestii już uwzględniłem w zmodyfikowanych i wzbogaconych artykułach, dlatego ich tu nie cytuję, tylko dziękuję wszystkim ich Autorom. Oto dwa krótkie i bardziej ogólne:



Fotografia 2

Witam Panie Piotrze!

Bardzo dziękuję za przesłany materiał. Przeczytałem z wielkim zainteresowaniem.

Właściwie wszystko zostało rozmiennione na drobne i wyjaśnione. Jeżeli ktoś będzie zainteresowany kupnem, wie na co zwrócić uwagę.

Ja zaczynałem przygodę z oscyloskopami już w szkole średniej. Sam zbudowałem takowy, już można było na nim zobaczyć to, czego normalnie nie widać.

W mojej karierze były polskie i rosyjskie analogowe. Mam też francuza z pasmem 250 MHz. No a teraz są jeszcze cyfrowe Rigol i Siglent z wbudowanymi generatorami.

Służę mi bardzo dobrze, razem obecnie posiadam tego 12 sztuk. Jest to moje podstawowe narzędzie pomiarowe, bez którego nie wyobrażam sobie uruchamiania i serwisu elektroniki.

Pozdrawiam serdecznie
Piotr Świerczek

Dobry wieczór,

w nawiązaniu do propozycji (...) mógłbym zaproponować kurs używania oscyloskopu od podstaw, uwagi związane z masą oscyloskopu, figury Lissajous, inne...

Ja osobiście używam oscyloskopu, kiedyś dla zabawy nawet „wyświetliłem” jakieś krzywe Lissajousa, jednak mam świadomość, że zapewne nie w pełni go wykorzystuję.

Obecnie mam dwa oscyloskopy:

1. Metrix OX734 (i funkcjonalność tych przycisków na skraju prawej strony nie jest mi znana),
2. 5012H (wykorzystywany w terenie).

(...) ja osobiście o tym nie wiedziałem, że przy sondzie 1:1 jest ograniczone pasmo do 5 MHz.

Uważałem, że przełącznika 1:10 używa się przy wyższych napięciach, oraz tam gdzie płyną małe prądy, żeby nie zakłócać pracy układu, a tym samym nie fałszować sobie pomiaru.

(...) Jakiś czas temu chciałem samodzielnie zrobić sondę do oscyloskopu. Szukałem w Internecie informacji na temat budowy sond, jednak żadnych konkretnych nie znalazłem. Uznałem, że temat jest nieznany nawet dla blogowych inżynierów czy innych autorów internetowych. Temat umarł... Brak odpowiedniej wiedzy :(

Po przeczytaniu Pana [niepublikowanego] artykułu, sprawa jest jasna i oczywista – DZIĘKUJĘ.

Pozdrawiam
Jacek Kosecki

Temat oscyloskopów będzie kontynuowany. Już jest artykuł o tanim przenośnym AOS02. Mam też dwa artykuły o tajemnicach sond oscyloskopowych. Będą także wskazówki dla zupełnie początkujących.

Dzień dobry,

mam zapytanie: jak wykupię teraz wsparcie za 10 zł, to czy też otrzymam dostęp do wszystkich czasopism, które zostały już wydane i kodów czy też materiałów dodatkowych?

Pozdrawiam

Robert

Odpowiedziałem, że rozpoczęcie Patronatu daje dostęp do bieżącego oraz jednego wcześniejszego numeru. Aktualnie wydanych jest już kilkanaście numerów – to mnóstwo mojej pracy, czasu i wysiłku, a na razie przychody z Patronite nie pokrywają jeszcze kosztów.

Poprzednie numery można nabyć przez „postawienie mi kawy” jak piszę o tym w poście:

<https://patronite.pl/post/48548/numery-biezace-i-archiwalne-nie-tylko-dla-patronow>

oraz na stronie głównej <https://piotr-gorecki.pl>. Natomiast z dostępem do materiałów dodatkowych i kodów, jeżeli były użyte w projektach, nie ma żadnego kłopotu – są dostępne po kliknięciu w link zamieszczony w artykule. A gdyby przypadkiem czegoś brakowało – można pisać wprost do mnie.

Otrzymałem taką informację:

Dzień dobry,

zapłaciłem wczoraj za osiem pierwszych numerów ZE i do tej chwili ich nie otrzymałem. Napisałem wcześniej w tej sprawie na Patronite.pl, niestety brak odpowiedzi. W załączeniu potwierdzenie zapłaty.

Pozdrawiam

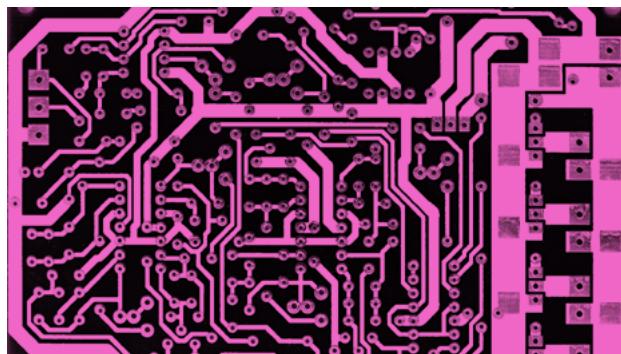
(Czytelnik)

Wzmianka o [Patronite.pl](https://patronite.pl) zasugerowała mi, że przelew poszedł na jakieś niewłaściwe konto. Tam bowiem realizowana jest tylko (nietypowa) prenumerata. Natomiast dowolne pojedyncze numery można zamawiać przez „postawienie mi kawy” na stronie <https://buycoffee.to/piotr-gorecki>, która nie ma nic wspólnego z patronajtem.

Po wymianie korespondencji okazało się jednak, że Czytelnik prawidłowo „postawił mi kawę” za 80 złotych, tylko ja nie otrzymałem o tym informacji. E-mail przyszedł, ale z ponad 30-godzinny opóźnieniem. Później, w ramach testu i wyjaśniania problemu Czytelnik znów „postawił mi małą kawę” i wtedy otrzymałem e-mail z opóźnieniem mniejszym niż 2 minuty od momentu dokonania płatności. Mam nadzieję, że standardowo następuje to właśnie tak szybko, a też ja staram się jak najszybciej wysłać (przez WeTransfer) link do pobrania numerów ZE zamówionych w ten „kawowy” sposób.

Łamigłówki elektroniczne

listopad 2023



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

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

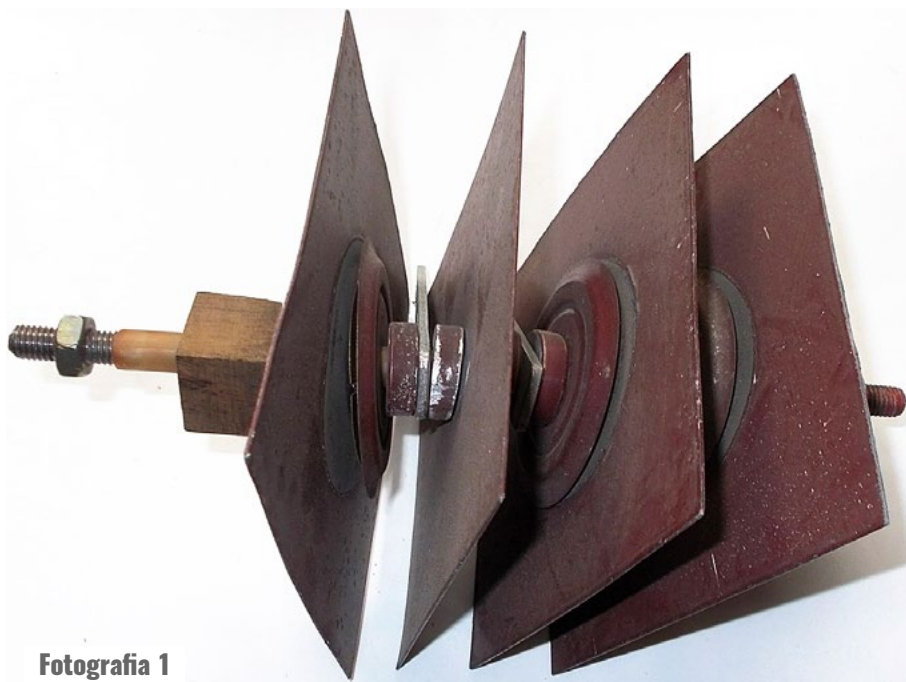
Co to jest? 2311
Jak odpowiesz? 2311

Policz 2311
Usterka 2311

Co to jest? 2311

Na **fotografii obok** pokazany jest pewien stary element elektroniczny

Pytanie konkursowe brzmi:
Co to jest i do czego może służyć?



Fotografia 1

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

Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca listopada 2023 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl

Jak odpowiesz? 2311

W naszym czasopiśmie sporo uwagi poświęcamy dokładności, precyzji oraz pomiarom. Temat ten interesuje wiele osób, choć oczekiwania w zakresie dokładności są różne: mniejsze lub większe. Niektórzy bez konkretnej potrzeby, a tylko „dla sportu” chcieliby mieć możliwość przeprowadzenia jak najbardziej dokładnych pomiarów, a w szczególności chcieliby sprawdzić dokładność posiadanych multimetrów. Między innymi dokładność pomiaru rezystancji.

Założmy że jeden z młodych Czytelników odziedziczył mnóstwo elementów, w tym najrozmaitszych

rezystorów po swoim dziadku, który między innymi zajmował się naprawą mierników wskazówkowych.

Ten młody elektronik wpadł na pomysł, by przyszuć duże zbiory rezystorów, przez długie lata zbieranych przez dziadka, by poszukać jakichś egzemplarzy, które nadawałyby się do roli wzorców.

Jak oceniasz taki pomysł wykorzystania starych rezystorów? Czy należałoby go do tego zachęcać? Czy raczej zniechęcać, by nie marnował na to czasu?

Niezmiennie zadanie konkursowe jest takie:

Jak odpowiesz na postawione pytania?

Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca listopada 2023 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl

Policz 2311

W związku z planowanym cyklem na temat oscyloskopów chcemy wrócić do podstaw. Otóż wiadomo, że każdy oscyloskop ma znormalizowaną rezystancję wejściową R o dość dużej wartości 1 megaoma. Niestety, każdy oscyloskop ma też jakąś pojemność wejściową C , która przy większych częstotliwościach

ma jakąś reaktancję pojemnościową. Oporność, czyli impedancja wejściowa jest równa równoległemu połączeniu rezystancji R i reaktancji X_C . Pytanie konkursowe jest takie:

Jaką oporność (impedancję) ma przeciętny oscyloskop przy częstotliwości 10 megaherców?

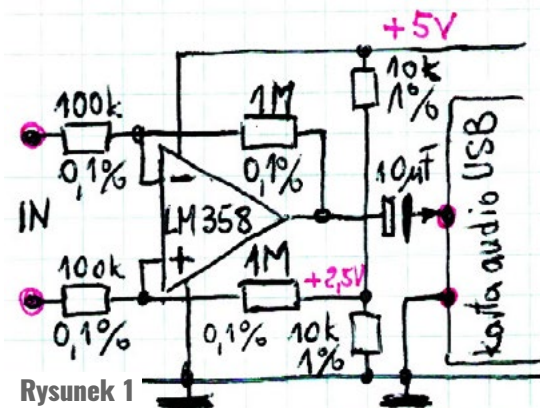
Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca listopada 2023 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl

Usterka 2311

Szykujemy się do testów układów i urządzeń audio z wykorzystaniem komputerowej karty dźwiękowej. Po pierwsze, z uwagi na ryzyko uszkodzenia nie chcemy podawać badanego sygnału wprost na wejście karty. Po drugie, chcielibyśmy mieć możliwość wzmacnienia sygnału. Po trzecie, chcielibyśmy mieć wejście, symetryczne, różnicowe, o dużym tłumieniu zakłóceń. Na **rysunku obok** pokazany jest schemat wzmacniacza różnicowego.

Niezmiennie pytanie konkursowe jest takie:

Czy na tym schemacie widzisz jakąś usterkę?

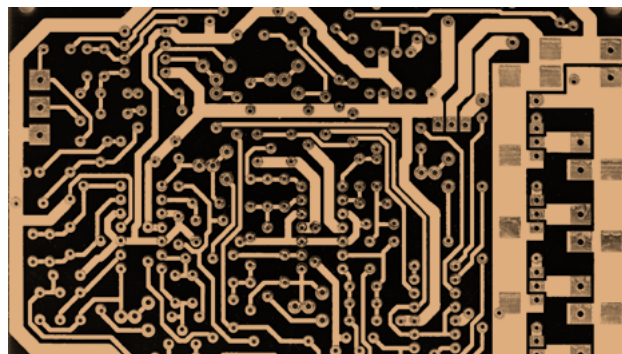


Rysunek 1

Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca listopada 2023 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl

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

Łamigłówki elektroniczne wrzesień 2023



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

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

Krzyżówka 23xx
Zagadka 23xx

Stały konkurs: Oblicz 23xx
Stały konkurs: Usterka 23xx

Jak odpowiesz? 2309

We wrześniowym wydaniu czasopisma ZE postawione zostało następujące zadanie konkursowe:

Na fotografii obok pokazany jest standardowy, czyli najprościej biorąc, wzorcowy rezystor o nominale zero omów. Według opisu ma to być rozwiązanie symetryczne, zbalansowane w jakimś układzie czterołączowym (balanced tetrajunction).

- Czy jest to realna fotografia, czy jakiś fotomontaż?
- Czy miałyby sens budowa tego rodzaju standardowego rezystora wzorcowego?

Niezmiennie zadanie konkursowe jest takie:

Jak odpowiesz na postawione pytania?

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

Zadanie było dość trudne. Pojawiły się opinie, że fotografia nie jest prawdziwa, lecz jest to fotomontaż i jakiś dowcip, może primaaprilisowy.



Jednak inni uczestnicy słusznie stwierdzili, że przedstawiona fotografia jest prawdziwa.

Otóż powszechnie wiadomo, że bardzo trudno jest mierzyć bardzo małe rezystancje. Dla zmniejszenia błędów wykorzystuje się wtedy czteropunktowy pomiar Kelvina. Ale to samo w sobie nie rozwiązuje wszystkich problemów. Jeden z uczestników słusznie napisał: *Wzorcowy rezystor służy do kalibracji mierników oraz mikroomierzy.* □

Kwestie energetyczne 2309

We wrześniowym wydaniu czasopisma ZE postawione zostało takie zadanie konkursowe:

Planujemy zrobić pewien energooszczędny układ, który ma nieprzerwanie bardzo długo pracować dzień i noc. Chcemy do jego zasilania wykorzystać cztery popularne „paluszki”, czyli baterie jednorazowe oznaczane AA lub LR6. Chcielibyśmy, żeby komplet baterii wystarczył na cały rok pracy tego układu.

Zadanie konkursowe jest następujące:

Jaki może być maksymalny pobór prądu, żeby baterie wystarczyły na tak długi czas?

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

Oto rozwiązanie konkursu, który jest związany z nowym cyklem, nad którym aktualnie pracuję. Jest to cykl pokazujący elementarne podstawy elektroniki, przeznaczony dla starszych i młodszych. Będziemy tam wykorzystywać ogniwa i baterie.

W szczególności alkaliczne „duże paluszki” LR6 (AA). Nie wchodząc w szczegóły, zależnie od producenta i warunków rozładowania, pojemność takich alkalicznych ogniw zawiera się w granicach od 2000 do 3000 miliamperogodzin, co daje zawartość energii mniej więcej 3...4,5 watogodzin.

Do rozwiązania zadania w pierwszym przybliżeniu można przyjąć, że dobrej jakości alkaliczny „paluszek” będzie miał pojemność nie mniejszą niż 2500 mAh, a przy małych prądach zapewne znacząco większą. Pozostawmy przy 2500 mAh.

Trzeba obliczyć, ile godzin ma rok. Przyjmując równo 365 dni po 24 godziny otrzymujemy 8760 godzin.

Dzieląc 2500 mAh przez 8760 h otrzymamy „jednoroczny” średni prąd pracy około 0,25 miliampera.

Niby niewiele, ale jak na współczesne energooszczędne układy – niemało. Tym bardziej, że wiele tego rodzaju układów pracuje w sposób przerywany, a te 0,25 mA to średnia wartość prądu. ▢

Policz 2309

We wrześniowym wydaniu czasopisma ZE postawione zostało takie zadanie konkursowe:

W układzie zawierającym płytkę Arduino zastosujemy zieloną kontrolkę LED, jak pokazuje rysunek obok. Będzie to współczesna dioda LED o dobrej skuteczności świetlnej. Nie chcemy by świeciła bardzo jasno i dlatego chcemy ustawić prąd pracy 2 mA. Niezmienne zadanie konkursowe jest takie:

Jaką wartość ma mieć rezystor ograniczający R?

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

Oto rozwiązanie konkursu, który też jest związany z nowym cyklem, pokazujący elementarne podstawy elektroniki. Będziemy tam wykorzystywać diody LED, głównie w postaci kontrolerek.

Cykl ten w zasadzie przeznaczony jest dla zupełnie początkujących, którzy nie mają bladego pojęcia o elektronice. Jednak korzyść odniosą też także doświadczeni elektronicy, którzy prawdopodobnie nie przeprowadzili elementarnych testów diod LED.

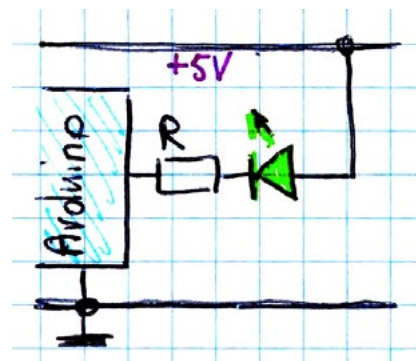
A wiadomo, że diody świecące w różnych kolorach mają różne napięcia pracy. Najniższe diody podczerwone (IRED) i czerwone, wyższe diody żółte i zielone, jeszcze wyższe niebieskie i białe oraz fioletowe i ultrafioletowe (UV).

W Internecie można znaleźć wzór na wartość rezystora, który przy zasilaniu napięciem U_{ZAS} zapewni prąd diody równy I : $R = (U_{ZAS} - U_{LED}) / I$

Do powyższego wzoru potrzebna jest wartość napięcia na diodzie (U_{LED}). W analizowanym zadaniu jest mowa o zielonej diodzie LED. Diody takie mają „pośrednie” napięcie przewodzenia, a w Internecie można znaleźć tabelki z konkretnymi wartościami, niestety nie do końca prawdziwymi, bo napięcie diody LED znacząco zależy też od prądu pracy. Najprościej biorąc: podany wzór jest słuszny, ale w praktyce nie można przeprowadzić precyzyjnych obliczeń, a jedynie obliczenia szacunkowe, bowiem nigdy nie znamy dokładnej wartości U_{LED} .

Jeśli przyjmiemy napięcie zielonej diody LED równe 2,6 V, to dla prądu 2 mA obliczymy wartość rezystancji R równą 1,2 kilooma. Tę i zbliżone wartości podali prawie wszyscy uczestnicy konkursu.

W praktyce takie obliczenia absolutnie wystarczą, natomiast we wspomnianym cyklu temat napięcia na diodach LED zbadamy nieco dokładniej. ▢



Rozwiązanie – Co to jest? 2309

We wrześniowym wydaniu czasopisma ZE postawione zostało takie zadanie konkursowe:

Na rysunku obok pokazany jest schemat nieskomplikowanego, ale, jak się okazuje, dość dziwnego, nietypowego układu elektronicznego. Pytania konkursowe brzmi:

Co to jest za układ? Do czego może służyć?

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

Praktycznie wszystkie nadesłane rozwiązania były prawidłowe. Oto dwa najlepsze przykłady:

(...) Układ jest generatorem impulsów o małym czasie narastania i opadania (350 ps), zasilany napięciem 1,5 V, np. z baterii. Może służyć do kontroli w aplikacjach wymagających impulsu o małym czasie narastania, określenia szerokości pasma oscyloskopu bez użycia generatora funkcyjnego wysokiej częstotliwości. Szerokość pasma możemy wyznaczyć z zależności: Szerokość pasma (f) = 0,35/Tn [GHz]

Przykładowo dla kilku czasów narastania Tn odpowiadające szerokości pasma:

- 7 ns – 50 MHz,
- 3,5 ns – 100 MHz,
- 1,75 ns – 200 MHz,
- 0,35 ns – 1 GHz

Tadeusz Suszał

Dzień dobry,

schemat przedstawia generator impulsów o czasie narastania 350 ps/DIV (pikosekund na działkę). Służy do sprawdzania czasu narastania sygnału (przebiegu) w oscyloskopie. Zawiera impulsowy regulator napięcia LT1073. Dokładny opis układu znajduje się w katalogu obwodów pomiarowych i sterujących f-my Linear Technology w poniższym linku na stronach 18-19:

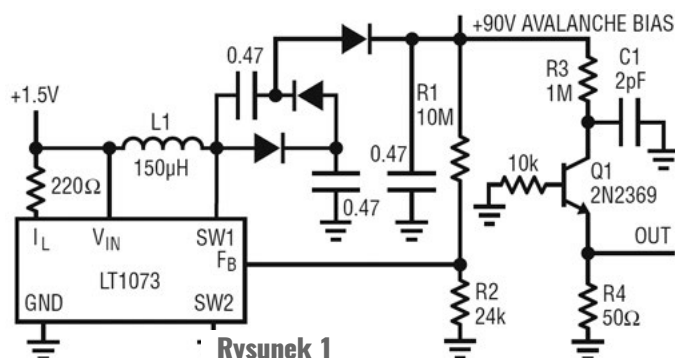
https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/application-notes/an45_f.pdf

Pozdrawiam

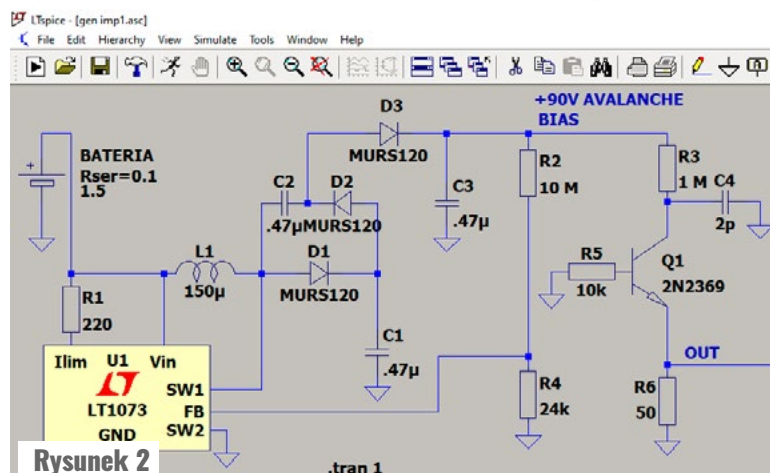
Mirosław Kaszowski

P.S. W załączeniu przesyłam schemat układu narysowanego w programie LTSpice. Może się uda przeprowadzić symulację?

Podkreślaliście, że generator takich krótkich i wyjątkowo stromych impulsów może być wykorzystany do sprawdzania szybkości narastania, a tym samym pasma przenoszenia oscyloskopów. Napisałem właśnie pierwsze cztery artykuły nowego cyklu o oscyloskopach. Być może w związku z tą serią



Rysunek 1



Rysunek 2

wróćmy do analizowanego tu układu. W ramach tego konkursu otworzyłem tylko nadesłany schemat w programie – **rysunek 2**, ale symulacji nie przeprowadzałem. Może ktoś z Czytelników spróbuje to zrobić i poinformuje, czy udaje się to z tym i z innymi modelami tranzystorów.

Ja do uzyskania impulsów o bardzo stromych zboczach zakupiłem kontaktrony, pokazane na **fotografii 3** i być może najpierw zajmę się próbą ich wykorzystania. Zainteresowani tematem oczywiście mogą do mnie napisać w tej sprawie.

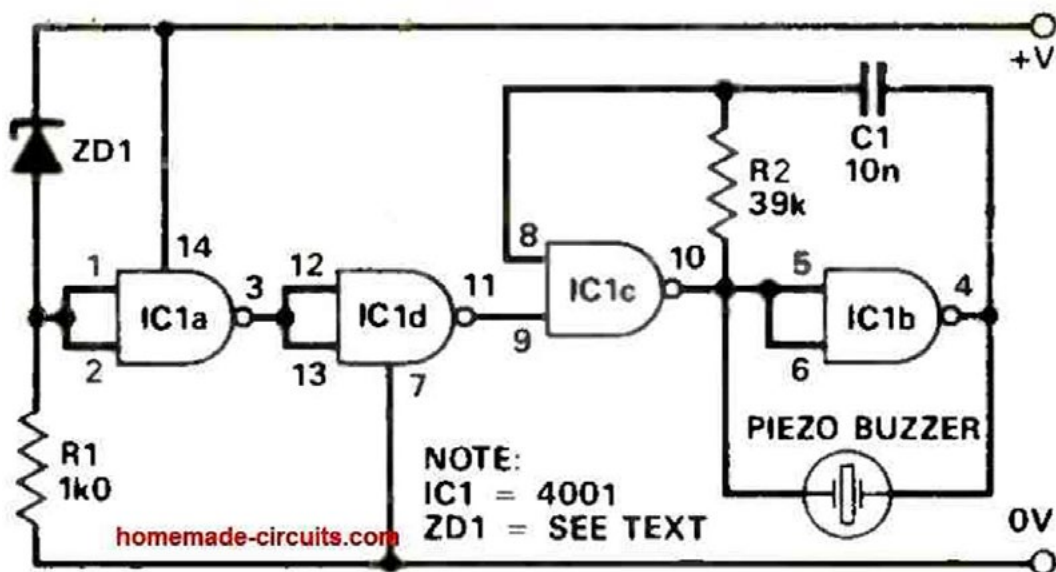
Piotr Górecki



Fotografia 3

Tropimy błędy: Sygnalizator wyczerpania baterii

W Internecie można znaleźć mnóstwo schematów budzących większe lub mniejsze wątpliwości. Niektóre są ewidentnie błędne i bezwartościowe. Inne mają jakąś wartość, ale zawierają usterki i niedoróbki. Jeszcze inne nie są błędne, tylko całkiem przestarzałe. Jak ocenisz schemat pokazany na poniższym rysunku?



Źródło schematu: <https://www.homemade-circuits.com/battery-low-voltage-alarm-circuit/>

Schemat z powyższego rysunku był przedstawiony w wydaniu ZE z września roku 2023 w ramach konkursu **Tropimy błędy**, o oznaczeniu KX010. Konkurs jest zamknięty – rozwiązania można było nadsyłać do końca września. Oto jego rozwiązanie.

Od dawna mnóstwo urządzeń zasilanych jest z baterii i akumulatorów. Najczęściej wyładowanie baterii poznajemy po tym, że urządzenie przestaje działać. Jednak w niektórych przypadkach bardzo potrzebny, lub wręcz niezbędny, jest jakiś sygnalizator, który poinformuje, że bateria jest bliska wyczerpania. Powyższy rysunek pokazuje realizację takiego sygnalizatora, który dźwiękiem brzęczyka alarmuje o nadmiernym obniżeniu napięcia baterii.

Układ nie jest błędny. Mógł być atrakcyjny 40, a może jeszcze 30 lat temu, gdy oferta dostępnych powszechnie układów scalonych była uboga i gdy nie zwracano większej uwagi na wielkość pobieranego prądu.

Obecnie coraz więcej urządzeń jest zasilanych z baterii i akumulatorów. Celem jest jak najdłuższa praca, więc trzeba minimalizować zużycie energii. Podstawowym wymaganiem jest praca przy jak

najmniejszych prądach. Dziś liczy się każdy mikro-ampier pobierany z baterii. Tymczasem analizowany układ jest zaprzeczeniem tego wymagania, choć jak najbardziej jest akustycznym sygnalizatorem wyczerpania baterii.

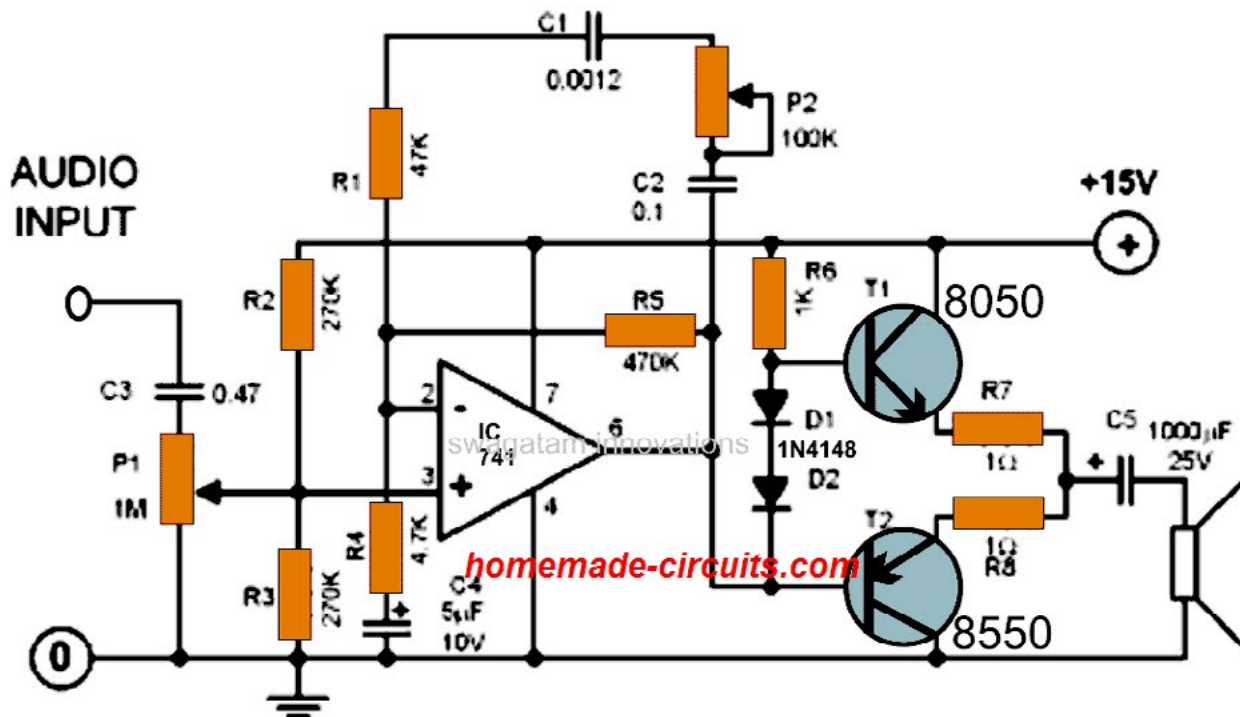
Schemat prawdopodobnie pochodzi z karty katalogowej dobrej firmy i nie zawiera błędów. Tylko „piezo buzzer” ma być membraną piezo, a nie sygnalizatorem z wbudowanym generatorem. Podstawą działania jest to, że napięcie przełączania bramek CMOS jest, z grubsza biorąc, równe połowie ich napięcia zasilania. IC1a pełni rolę komparatora.

Niestety, podczas normalnej pracy układ pobiera znaczny prąd z uwagi na stosunkowo małą wartość rezystora R1. Układ scalony CMOS 4001 nie pobiera wtedy prądu. Gdy jednak napięcie zasilania obniży się w pobliżu progu przełączania, to w bramce IC1a zostaną częściowo otwarte i „górne”, i „dolne” tranzystory MOSFET, więc także układ scalony zacznie pobierać prąd, co przyspieszy wyczerpywanie baterii. Jeden z uczestników konkursu słusznie napisał, że *nie jest to sygnalizator, tylko przyspieszacz zużycia baterii*.

Piotr Górecki

Tropimy błędy: Wzmacniacz 2 W do iPod'a

W Internecie można znaleźć mnóstwo schematów budzących większe lub mniejsze wątpliwości. Niektóre są ewidentnie błędne i bezwartościowe. Inne mają jakąś wartość, ale zawierają usterki i niedoróbki. Jeszcze inne nie są błędne, tylko całkiem przestarzałe. Jak ocenisz schemat pokazany na poniższym rysunku?



Źródło schematu: <https://www.homemade-circuits.com/make-this-mini-hi-fi-ipod-amplifier/>

Na powyższym rysunku przedstawiony jest schemat wzmacniacza audio o mocy 2 watów, który według opisu na podanej stronie internetowej i nazwy oryginalnego artykułu, może być atrakcyjnym uzupełnieniem i wzbogaceniem iPod'a.

Według opisu, jest to „very simple 2 watt audio amplifier”, czyli bardzo prosty dwuwatowy wzmacniacz audio, zrealizowany na bazie popularnego, a dawniej wręcz kultowego, wzmacniacza operacyjnego '741 oraz dwóch tranzystorów.

W ramach konkursu **Tropimy błędy KX012** możesz zgłosić swoje uwagi dotyczące tego znalezionej w Internecie schematu pokazanego na powyższym rysunku tytułowym. Jeśli chcesz, możesz albo króciutko, albo bardziej obszernie napisać, jak oceniasz ten schemat. Jaką ma wartość? Czy może nie jest błędny, tylko przestarzały? A może wprowadza w błąd? Możesz tylko wskazać, a ewentualnie także szerzej opisać błędy, usterki i niedoróbki, jakie Twoim zdaniem występują na tym schemacie.

Rozwiązanie tego konkursu **Tropimy błędy** możesz nadesłać do końca listopada 2023 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl.

Ponieważ inicjatywa „Zrozumieć Elektronikę” dopiero startuje, nie są przewidziane nagrody, natomiast źródłem satysfakcji może być publikacja fragmentów lub całości Twojego rozwiązania.

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

Niezależnie od tego, czy przysyłasz rozwiązanie, możesz też zgłosić jakiś inny błędny schemat, który mógłby zostać przeanalizowany w ramach któregoś z następnych wydań tego konkursu.



Oscyloskop? Nie ma problemu!

To jest wstępny artykuł serii dotyczącej oscyloskopów. Krótko sygnalizuje najważniejsze zagadnienia, które szerzej omówione są w kolejnych artykułach serii. Cykl ten przeznaczony jest i dla hobbystów, i profesjonalistów, a bardzo dużo uwagi poświęcono w nim parametrom i kwestii wyboru oscyloskopu.

Rozwiązanie problemu: jaki oscyloskop kupić?
Kluczowe parametry oscyloskopów

ABC i XYZ oscyloskopów
Niedoceniane sondy pomiarowe

To jest wstępny, „zerowy” artykuł serii dotyczącej oscyloskopów. Oto planowane artykuły tej serii:

- Oscyloskop? Nie ma problemu!
- Trudny dylemat: jaki oscyloskop warto kupić?
- Parametry rozstrzygające o wyborze oscyloskopu
- Rozstrzygnij dylemat: jaki oscyloskop kupić?
- Parametry oscyloskopu: pasmo i próbkowanie
- Parametry oscyloskopu: wyzwianie, czułość i sondy
- ABC oscyloskopu cyfrowego i analogowego
- Pomocnicze funkcje w oscyloskopach cyfrowych
- Budowa oscyloskopów cyfrowych i analogowych
- Poznaj dziewięć rodzajów oscyloskopów
- Sondy oscyloskopowe bierne i czynne
- Tajemnice sond oscyloskopowych

Oscyloskop był, jest i raczej zawsze będzie najważniejszym przyrządem pomiarowym w pracowni elektronicznej. W czasach słusznie minionych oscyloskopy, nazywane także oscylogramami, były horrendalnie drogie i niedostępne dla ogółu hobbystów. Był to obiekt marzeń. Oscyloskopy zwane amatorskimi były raczej zabawkami niż przyrządami pomiarowymi. Oscyloskopy profesjonalne były kosztownie drogie i nie były sprzedawane hobbystom.

Dziś oscyloskop o sporych możliwościach każdy może kupić już za kilkadziesiąt złotych. Rynkowa oferta rozmaitych oscyloskopów obejmuje setki modeli i odmian o cenach od kilkudziesięciu złotych do co najmniej kilku milionów złotych.



Fotografia 1



Fotografia 2

Fotografia 1 pokazuje bardzo prosty, stary analogowy oscyloskop „szkolny” Mini 4, który bardzo dawno temu był szczytem marzeń niejednego amatora. Dziś szczytem marzeń są dobre oscyloskopy najsłynniejszych marek, czyli Tektronix i Keysight (dawniej Agilent i Hewlett Packard). Oczywiście nie te najdroższe, kosztujące setki tysięcy dolarów. Przykład takiego kosztownego obiektu marzeń w postaci 1-gigahercowego Keysight InfiniiVision z serii 3000G widać na **fotografii 2**.

Aktualnie najczęściej kupowane są lepsze i gorsze „chińczyki”, spośród których w ostatnich latach najbardziej znane stały się Rigol i Siglent. **Fotografia 3** prezentuje mój stary, kultowy już DS1052 – model, który rozślawił firmę i markę Rigol.

Z dostępnością sprzętu kłopotów nie ma żadnych. Wprost przeciwnie, z powodu obfitości jest kłopot odwrotny: Co wybrać? Jaki model? Jakiej firmy? I gdzie go kupić: w kraju, czy ściągnąć taniej z Chin?

Są też inne kłopoty: wiele osób kierując się reklamami i kiepskimi recenzjami z Internetu, kupuje na pozór atrakcyjne odmiany oscyloskopów, a potem gorzko tego żałuje, ponieważ ładny wygląd i „parametry reklamowe” nie idą w parze z jakością, niezawodnością, realnymi możliwościami, praktyczną przydatnością i wygodą użytkowania.

Jest jeszcze inny kłopot: coraz więcej osób popełnia poważne błędy i nie potrafi prawidłowo wykorzystać możliwości – ogromnego potencjału posiadanych cyfrowych oscyloskopów.

Niniejszy cykl omawia te i wiele innych zagadnień.

Rozwiązanie problemu: jaki oscyloskop kupić?

W kwestii „jaki oscyloskop kupić?” nie ma jednej, uniwersalnej recepty dla wszystkich. Recepty nie ma, ale są wskazówki optymalnego, rozsądnego wyboru. Dwa podstawowe czynniki to: zasoby finansowe oraz upodobania. Bogaci kupują to, co im się zamarzy.

I koniec, kropka! Kto bogatemu zabroni?

Profesjoniści nadal często kupują oscyloskopy najlepszych światowych firm. Kosztowne ale dobre! Niekiedy nie mają wyboru, jeżeli potrzeby są wysokie, nie tylko dotyczące pasma powyżej 1 gigaherca, ale innych właściwości.

„Gadździarze” kupują błyszczące, najświeższe nowości, a potem szybko je sprzedają, żeby kupić jeszcze nowsze. Niektórzy nie mają czasu, żeby swoje nabytki wykorzystywać w praktyce, bo



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

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



Modułowe mierniki napięcia i prądu zmiennego

Artykuł powstał głównie dlatego, że moje ostatnie rachunki za energię elektryczną okazały się prawie dwa razy wyższe niż dotychczasowe. Dla ustalenia, gdzie można i gdzie warto zmniejszyć zużycie energii, przetestowałem posiadane moduły pomiarowe i wykonałem praktycznie użyteczny miernik.

PZEM-020
KWS-AC301
ATORCH AT24 C (DT24)
Porównanie

True RMS i Power Factor
Obsługa modułów
Realizacja praktyczna
Budowa wewnętrzna

Do opisu modułowych mierników napięcia, natężenia, mocy i energii prądu zmiennego 50 Hz przymierzałem się od kilku lat. Tego rodzaju modułów jest mnóstwo. Ja po dość długiej i czasochłonnej analizie ofert nabyłem drogą kupna trzy, które według fotografii i opisów w chińskich sklepach zapowiadały się najbardziej interesująco. Zwracałem uwagę głównie na to, jaka jest rozdzielczość amperomierza. Wybrałem takie, które mają wyświetlacz co najmniej 4-cyfrowy o rozdzielczości wskazań 1 mA. Do tego znalazłem w domu gotowy wtyczkowy miernik energii – moje przyrządy widoczne są na **fotografii 1**.



Fotografia 1

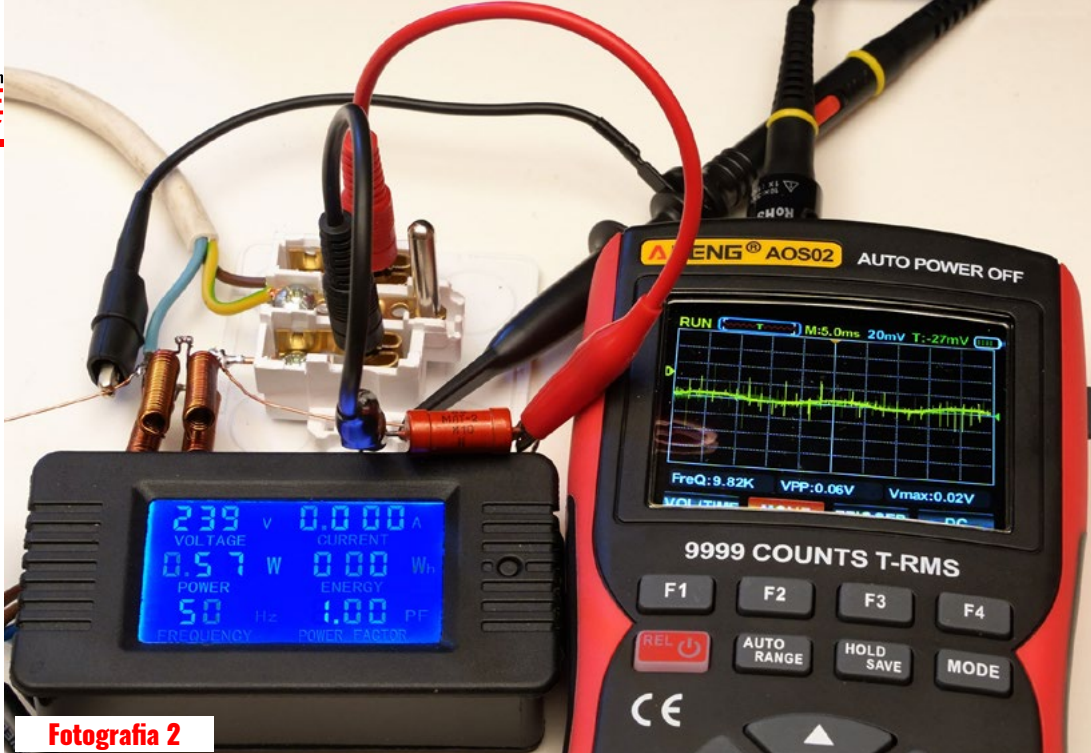
Fotografia tytułowa pokazuje stanowisko testowe podczas pomiaru prądu, jaki z sieci pobierają moje żarówki halogenowe, wykorzystywane podczas robienia zdjęć do artykułów. Jest to sześć żarówek 50-watowych.

Do sieci 230 V dołączony jest moduł PZEM-020. na jego wyjściu zamontowałem gniazdko z szeregowym rezystorem bocznikowym $1\ \Omega$. W tej roli wykorzystałem zakupione właśnie precyzyjne rezystory 1-omowe (cztery sztuki w połączeniu szeregowo-równoległym też mają $1\ \Omega$ i czterokrotnie większą wypadkową obciążalność).

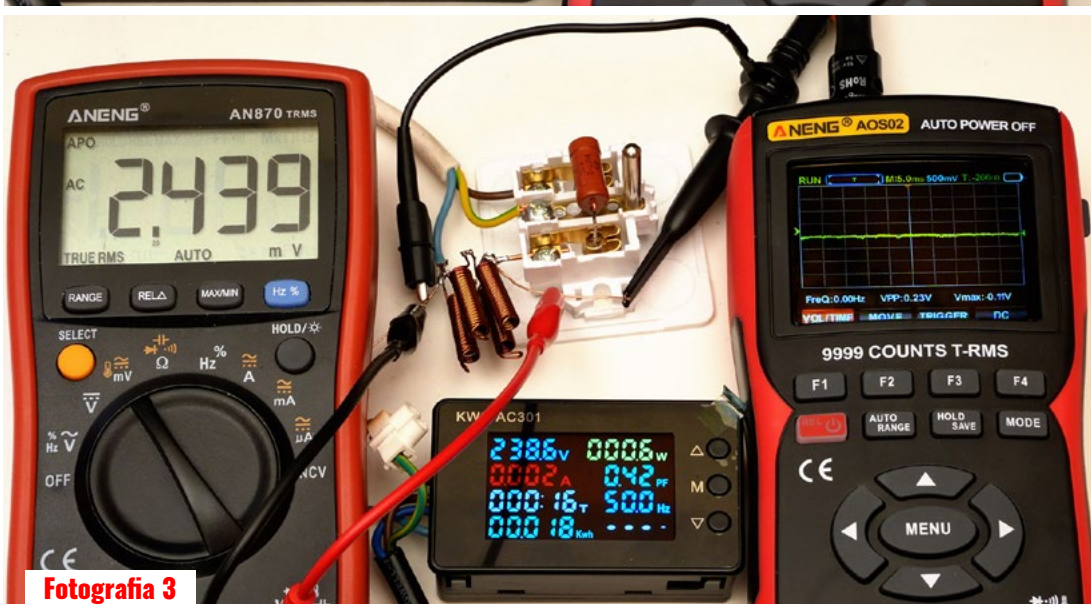
Z prawej strony widać oscyloskop, a właściwie pseudoskopometr Aneng AOS02 (ZT702S), który pokazuje spadek napięcia na boczniku, czyli kształt prądu. Moduł PZEM-020 wskazuje natężenie prądu 1,414 A. W miarę dokładny woltomierz Aneng AN870 pokazuje 1,4091 A, czyli tylko o znikome, pomijalne 0,3% mniej. Można uznać, że moduł dokładnie mierzy wartość prądu.

Jego dokładność potwierdza **fotografia 2**. Obciążeniem jest rezystor 100 k Ω . Przy napięciu sieci 239 V płynie przezeń prąd 2,4 mA i pobiera on 0,57 W mocy. Zgodnie z opisem, wskazania prądu zaczynają się od 5 mA, ale już przy o połowę mniejszym prądzie prawidłowo obliczana jest moc (0,57 W)!

Na **fotografii 3** widać analogiczny test modułu KWS-AC301. Na wyświetlaczu jest wskazanie 0,002 A i prawidłowo obliczona jest moc (0,6 W). Multimetr z lewej strony pokazuje wartość prądu



Fotografia 2



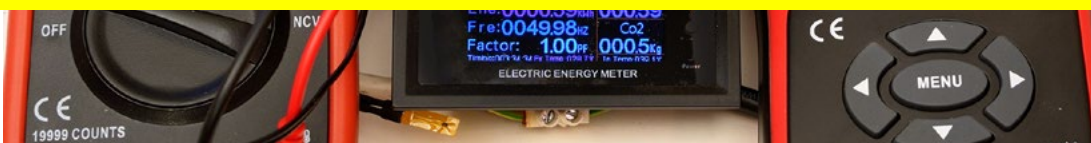
Fotografia 3

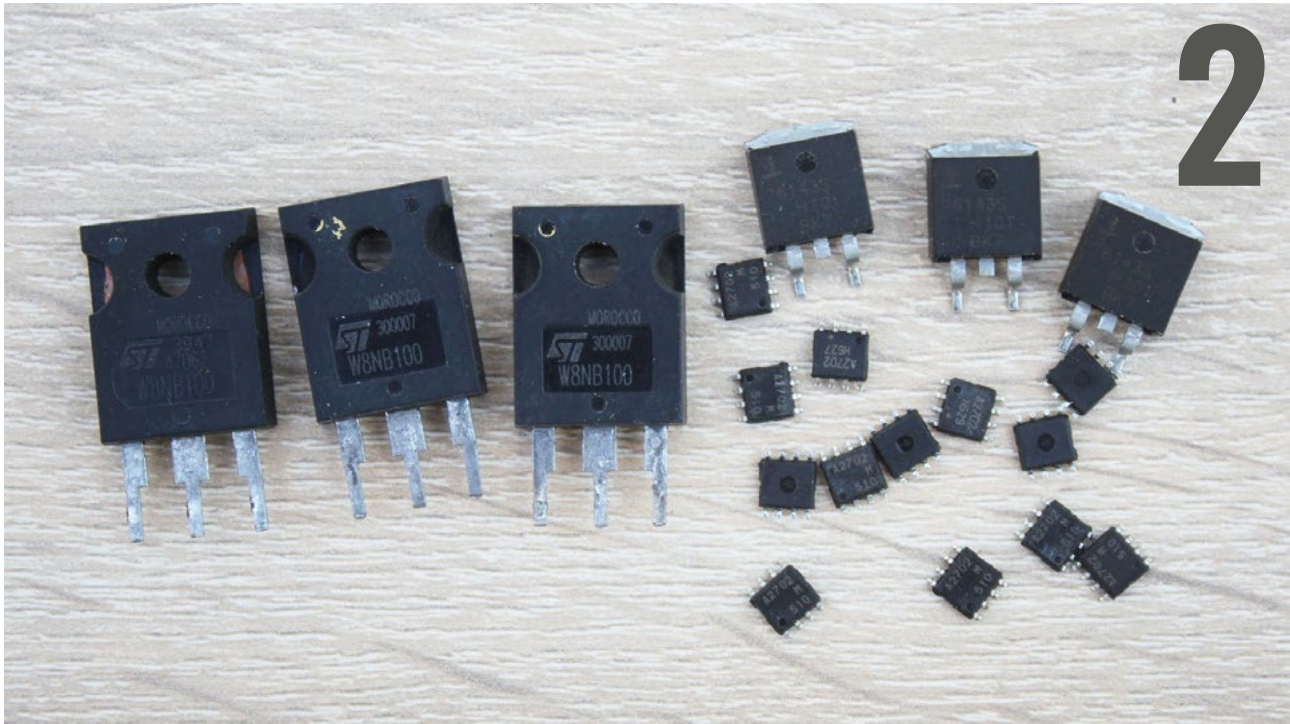
Zdecydowanie gorzej jest z na pozór najatrakcyjniejszym modułem ATORCH AT24 C, widocznym na **fotografii 4**. Wskazania prądu (0,003 A) zaczynają się tu dopiero przy rezystancji obciążenia 19,4 k Ω , gdy płynie prąd 12 mA i gdy moc wydzielana w obciążeniu wynosi 2,86 W. Tymczasem moduł zdecydowanie zaniża i prąd (0,003 A), i moc (1,48 W).



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

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





W poszukiwaniu prawdy, część 2

Kontynuując temat pomiaru podstawowych parametrów tranzystorów MOSFET, by móc zidentyfikować elementy podrabiane, kolejna część jest poświęcona pomiarom rezystancji kanału w stanie włączenia. Temat jest dosyć prosty w swej koncepcji, jednak w pewnych sytuacjach trochę się komplikuje.

Jak się nie ma co się lubi
Pomiary

Uwagi końcowe

W poprzedniej części „molestowane” były tranzystory, które należy raczej zaliczyć do grupy elementów dużej mocy. Toteż podstawowym występującym tu problemem, w kwestii pomiarów rezystancji kanału $R_{DS(on)}$, jest zapewnienie właściwych warunków w trakcie pomiaru. Przede wszystkim są one realizowane przy dużych prądach, co implikuje, że zasilanie musi dostarczyć do układu pomiarowego dużo energii, zasilacz musi dysponować odpowiednią mocą. Wystarczy spojrzeć do noty katalogowej pierwszego badanego tranzystora STW-8NP100 (**rysunek 1**). Koniecznością jest zbudowanie układu pomiarowego, gdzie prąd obciążenia ma wartość 4 A przy napięciu wysterowania bramki wynoszącym 10 V. Najlepszym rozwiązaniem do zasilenia jest zastosowanie źródła prądowego.

Jak się nie ma co się lubi

...to się lubi co się ma. Niestety aktualnie nie dysponuję odpowiednim zasilaczem (będącym źródłem prądowym o odpowiedniej wartości). Alternatywą jest zastosowanie źródła napięciowego, do którego koniecznością staje się dołączenie odpowiedniej rezystancji. Przejrzałem swoje szuflady i inne zakamarki w poszukiwaniu odpowiednich detali. Z wszystkich znalezionych „skarbów” wybrałem stabilizowany zasilacz impulsowy

STW8NB100

ON (*)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	$V_{DS} = V_{GS} \quad I_D = 250 \mu A$	3	4	5	V
$R_{DS(on)}$	Static Drain-source On Resistance	$V_{GS} = 10 V \quad I_D = 4 A$		1.2	1.5	Ω
$I_{D(on)}$	On State Drain Current	$V_{DS} > I_{D(on)} \times R_{DS(on)max}$ $V_{GS} = 10 V$	8			A

Rysunek 1

o mocy 60 W (**fotografia 2**) oraz rezystory dużej mocy – dwa połączone szeregowo o łącznej rezystancji 6 Ω (**fotografia 3**). Obciążenie takimi rezystorami zasilacza spowoduje przepływ prądu o wartości 2 A. To dwa razy za mało w stosunku do wymagań, ale aktualnie nie mam nic lepszego do zastosowania. Z obliczeń wynika, że wydzielona na opornikach moc to 24 W. To również jest więcej niż ich nominalna moc, pomiary trzeba będzie robić szybko i dać „odpocząć” opornikom przed kolejnym użyciem.

Schemat układu pomiarowego pokazuje **rysunek 4**. Przy zasilaniu ze źródła napięcia o wartości 12 V, aby uzyskać na bramce tranzystora wymagane 10 V, zastosowałem dzielnik z rezystorów mających 2 kΩ oraz 10 kΩ. Użyty włącznik pozwala na włączanie/wyłączanie tranzystora. Przy jego włączeniu popłynie prąd, który łatwo jest obliczyć (na rysunku 4 oznaczony jako i). Ten sam prąd popłynie przez tranzystor. W stanie włączenia można go traktować jak mały opornik ($R_{DS(on)}$), który właśnie mamy zamiar zmierzyć. Z prostej zależności, gdzie trzy wielkości wynikają z pomiarów, można obliczyć poszukiwaną wartość parametru tranzystora.

$$\frac{U_R}{R} = \frac{U_T}{R_{DS(on)}} \Rightarrow R_{DS(on)} = R \frac{U_T}{U_R}$$

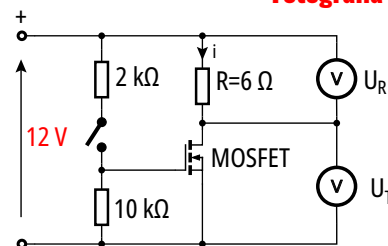
Wielkości napięć, co oczywiste, będą się zmieniać, jednak jeden element ma stałą wartość (pomijając zjawisko zmiany rezystancji w miarę nagrzewania się rezystora), jest to stały opornik R , którego wartość można zmierzyć już w tej chwili. Jego opór należy zakwalifikować do „małych”, czyli wymaga uwzględnienia w pomiarze rezystancji samych przewodów przyłączonych do miernika. Zwarte sondy omomierza dają pomiar 0,1 Ω (**fotogra-**



Fotografia 2



Fotografia 3



Rysunek 4

two wysnuć wniosek, że zastosowany do pomiarów opornik ma rezystancję 6 Ω (elementy mają swoją tolerancję, więc napis 3 Ω nie oznacza, że dokładnie tyle ma). Jeszcze przed rzeczywistymi pomiarami postanowiłem zrobić kilka symulacji mających na celu określenie „wrażliwości” wyniku na dokładność pomiarów. Do tego celu użyłem arkusza kalkulacyjnego. Wymyśliłem sobie wartości zmierzonych napięć, jak na **rysunku 7**.

Przy takich wartościach ($U_T=0,1$ V i $U_R=11,9$ V, przy założeniu, że $R=6$ Ω), to $R_{DS(on)}=50$ mΩ. Sprawdziłem jaki wpływ na rezultat będzie miała „niepewność”



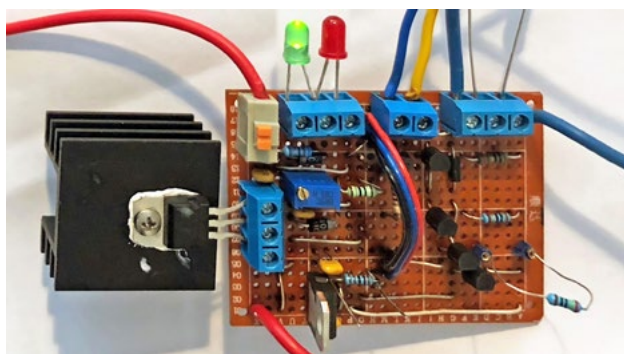
Fotografia 6



formula.ods - OpenOffice Calc					
Blik Edytuj Widok Wstaw Format Narzędzia Dane Okno Pomoc					
	A	B	C	D	E
1					
2	R	6	delta R	0,1	
3			R1=R-delta R	5,9	
4			R2=R+delta R	6,1	
5	Ur	11,9			
6	Ut	0,1	Rdson1	0,0495798319	
7			Rdson2	0,0512605012	

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

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



Wspólnie projektujemy: Rozbudowa zasilacza LM317

W cyklu konkursowym **Wspólnie projektujemy** realizujemy zasilacz warsztatowy. Wprowadzeniem był artykuł: Projektowanie zasilacza liniowego. Rozważania wstępne. Dalsze informacje są tutaj. A poniżej przedstawione jest zadanie konkursowe YK007, dotyczące monitorowania napięcia i prądu.

Zaprojektowanie nawet prostego zasilacza wcale nie jest tak łatwym zadaniem, jak mogłoby się wydawać. Dlatego projektowanie praktycznie użytecznego zasilacza warsztatowego rozłożyliśmy na kilka etapów. Rozwiązany już konkurs YK001 dotyczył podstawowego schematu stabilizatora napięcia. W ZE 7/2023 przedstawione było rozwiązanie konkursu YK005 dotyczące realizacji obwodu ogranicznika prądowego. W tych kwestiach mamy więc już jasność, a zgodnie z zapowiedzią, w następnej kolejności, w ramach dalszej rozbudowy zasilacza, chcemy dodać obwody pomiaru aktualnego napięcia i prądu wyjściowego. W praktyce jest to bardzo ważne.

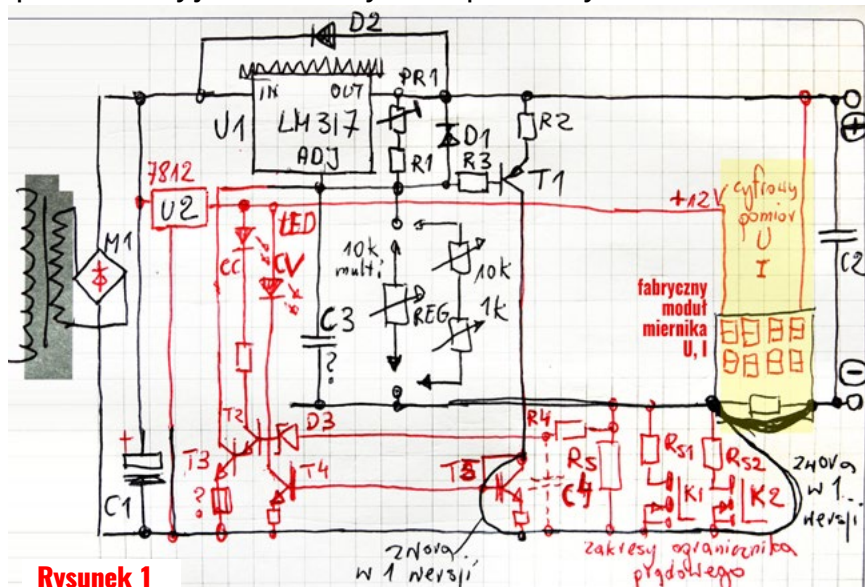
Warto wiedzieć, jakie jest aktualne napięcie wyjściowe, ale w rzeczywistości znacznie ważniejsza jest informacja o prądzie, który z zasilacza pobiera dołączony układ.

Monitorowanie napięcia i prądu można zrealizować na wiele sposobów. Na przykład z użyciem mierników wskazówkowych, które mają istotne zalety. Wiele osób preferuje mierniki wskazówkowe nie tylko z sentymentu. Jednak dziś dostępnych jest mnóstwo lepszych i gorszych modułowych mierników cyfrowych.

Można tak zaprojektować układ monitora napięcia i prądu, żeby ani trochę nie zakłócał działania samego zasilacza – w tym celu prąd można mierzyć jako spadek napięcia na rezys-

torze ogranicznika prądu, który jest włączony poza pętlą stabilizacji napięcia. Pomiaru można też zrealizować prościej, kosztem pewnych niewielkich kompromisów. Jednak tylko nieliczne modułowe mierniki cyfrowe się do tego nadają, co też dobitnie potwierdza zamieszczony w tym numerze czasopisma artykuł Pięciocyfrowy moduł mierzący U + I + P.

W lipcowym wydaniu ZE było zamieszczone rozwiązanie zadania YK005 dotyczącego ograniczników prądu. Na **rysunku 1** pokazany jest mój niezbyt staranny szkic – ogólna koncepcja, gdzie żółtą podkładką zaznaczony jest ewentualny moduł pomiarowy.

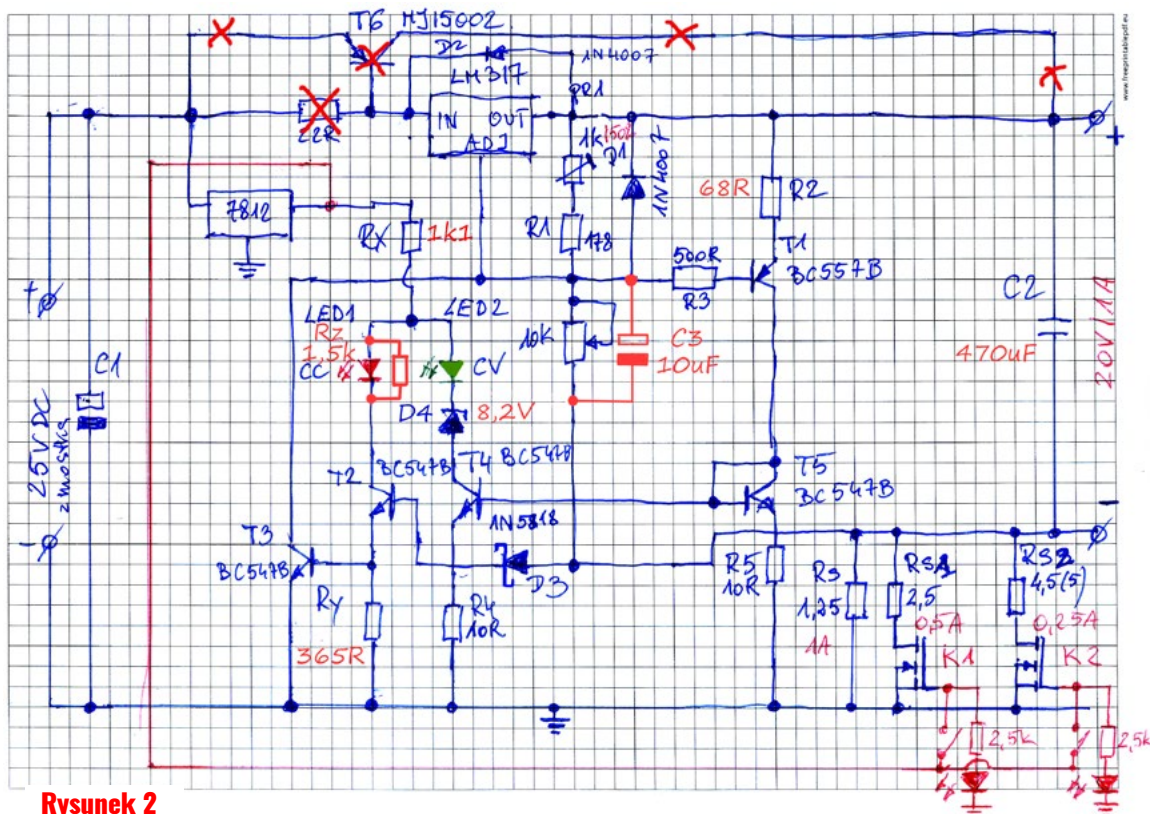


Rysunek 1

Tadeusz Suszał

z Warszawy zrealizował model, pokazany na fotografii tytułowej, według schematu z **rysunku 2**. Oto obszernie fragmenty jego opisu.

(...) W zasilaczu chcemy zastosować miernik panelowy 4-cyfrowy z przetwornikiem MCP4321. Znane mi są dwa typy tych mierników, jednozakresowy i dwuzakresowy. Oba typy mają identyczne maksymalne wartości pomiaru napięć i prądów (33 V, 3 A) oraz napięcia zasilania (3.5-28 V). Z przeprowadzonych prób dokładności mierników wynika, że dla małych prądów (pojedyncze mA) dokładniejszy jest miernik dwuzakresowy. Miernik dwuzakresowy ma możliwość kompensacji. I taki zostanie zastosowany w projektowanym zasilaczu. (...)



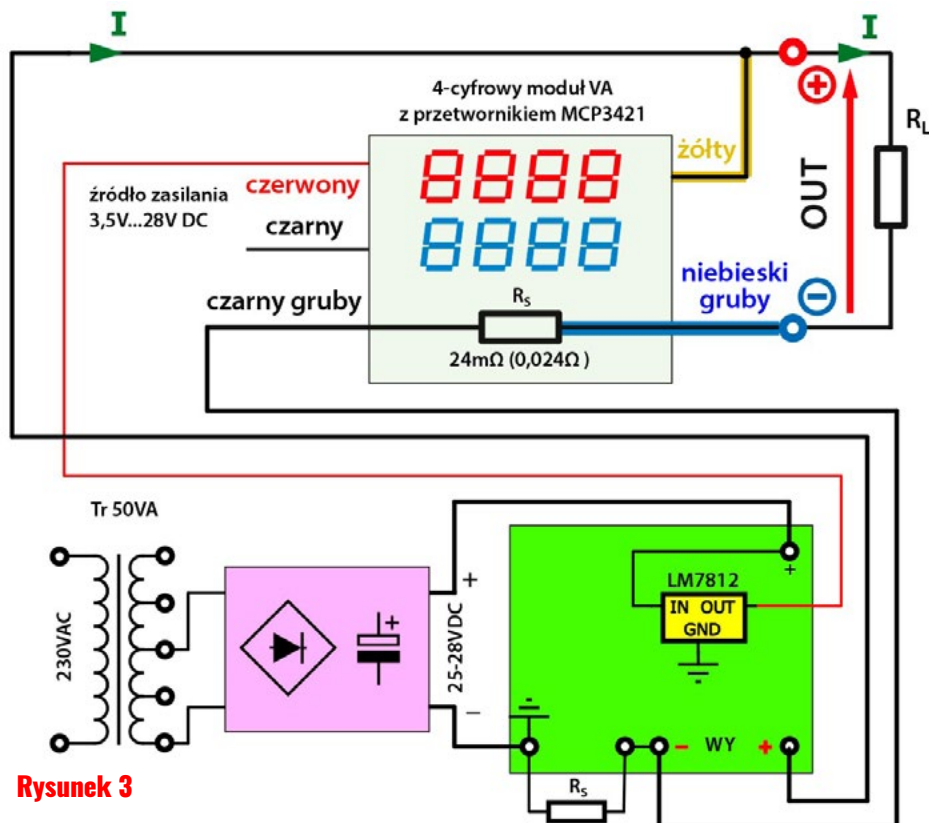
Rysunek 2

Zauważyłem również, że typ miernika panelowego (jednozakresowy lub dwuzakresowy) ma wpływ na wartość tej częstotliwości. Wydawałoby się, że może mieć to związek z częstotliwością tętnień napięcia wyprostowanego (100 Hz) ale nie ma to z tym nic wspólnego. Wystarczy odłączyć panel od zasilania (pozostawiając go w układzie) a przebieg AC ustaje.

Zasilanie miernika panelowego.

W pierwotnej wersji zasilanie miernika panelowego (czerwony cienki) jest podłączone do wyjścia układu LM7812, który znajduje się na płycie zasilacza. W tym rozwiązaniu nie podłączono cienkiego czarnego przewodu (minus zasilania). Na **rysunku 3** przedstawiony jest pierwszy wariant podłączenia miernika panelowego. Takie podłączenie powoduje, że prąd zasilania miernika panelowego płynie przez rezystor R_S ogranicznika prądowego. Należy to uwzględnić w doborze wartości rezystorów R_S .

W tym wariantie podłączenia miernika panelowego okazało się, że występuje na obciążeniu R_L składowa zmienna AC. Najgorszy przypadek (największa wartość V_{pp} ok. 500 mV) zachodzi dla przypadku ogranicznika prądowego o wartości 50 mA. Pojawia się ona w momencie działania ogranicznika. Jest to przebieg piłokształtny o $f = 90 - 140$ Hz. Da się zauważyć również na nim inne zakłócenia o wyższych f . Wartość f zależy od zakresu ogranicznika prądowego.

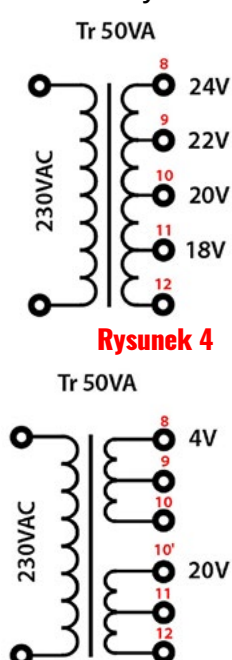


Rysunek 3

Nie wnikając w to, jak powstaje to zakłócenie wydaje się, że kluczowe jest to, że prąd zasilania miernika płynie również przez rezystor ogranicznika prądowego RS do masy, czego w tym sposobie zasilania nie unikniemy. Podłączenie na wyjściu kondensatora elektrolitycznego tylko częściowo zmniejsza wartość Vpp przebiegu. Zwiększanie tej pojemności nie poprawia sytuacji. Wcześniej wspominałem, że równolegle do potencjometru 10 k włączyłem kondensator 10 uF, który zlikwidował wcześniej występujący problem. Idąc tym tropem zwiększyłem tę pojemność. Ze zwiększaniem jej wartości zauważyłem radykalny spadek wartości Vpp przebiegu. Z moich prób wynika, że zwiększanie tej pojemności powyżej 1800 uF nie ma już sensu. W dalszym ciągu da się zauważyć w napięciu wyjściowym składową AC o wartości kilku mV (5–6 mV). Nie mam przekonania do tego rozwiązania z tak dużą pojemnością podłączoną do potencjometru. Zwłaszcza, że nie rozwiązuje to całkowicie problemu. Na oscyloskopie widać, że składowa AC ma tendencję do „pływania”. Przebieg mimo już tak małej wartości zachowuje się niestabilnie, faluje na ekranie.

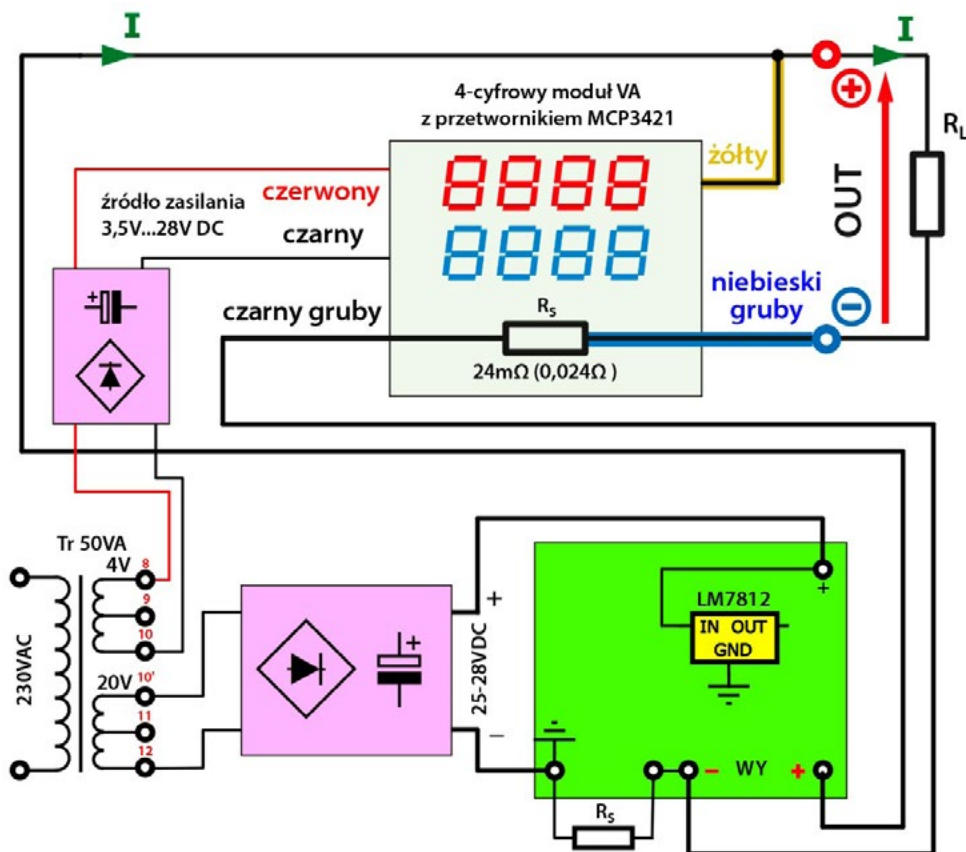
W związku z tym poszukałem innego rozwiązania z oddzielnym, niezależnym zasilaniem miernika. Wcześniej (w grudniu) został wykonany w tym celu transformator (wykonanie tradycyjne EI) o schemacie uzwojeń jak na **rysunku 4**. Na rysunku tym opisano wartości napięć AC na poszczególnych odczepach uzwojenia wtórnego w odniesieniu do końcówki oznaczonej nr 12. Prąd uzwojenia wtórnego 2 A.

Ze względu na to, aby uzyskać oddzielne, niezależne zasilanie miernika panelowego rozdzieliłem końcówki uzwojeń w pkt. nr 10 tak aby powstały dwa niezależne uzwojenia wg



Rysunek 5

rysunku 5. Miernik panelowy został zasilany z końcówek 8–10 (4 V AC). Natomiast układ zasilacza z końcówek oznaczonych 10'–12 (20 V AC). Przy zasilaniu z końcówek 11–12 (18 V AC), przy obciążeniu zasilacza prądem 1 A pojawiły się na wyjściu tętnienia. To świadczy o tym, że przy takim poborze prądu, napięcie na stabilizatorze LM317 spada poniżej wartości dopuszczalnej. Dlatego zasilacz został



Rysunek 6

podłączony do końcówki nr 10' aby zwiększyć napięcie zasilające. W celu oddzielnego zasilania miernika panelowego z niezależnego uzwojenia został wykonany prosty zasilacz DC składający się z mostka DF08 i kondensatora 470 uF. Próby pokazały, że bez stabilizacji działa dobrze i miernik pracuje prawidłowo. Na wyjściu uzyskano napięcie ok. 4,3 V DC.

Na **rysunku 6** przedstawiono drugi wariant zasilania miernika panelowego w układzie zasilacza.

W tym wariantcie prąd zasilania miernika panelowego nie płynie przez układ zasilacza (przez rezystor RS). Jednocześnie nie obserwujemy niepożądanych zjawisk w postaci przebiegów zmiennych na obciążeniu jakie pojawiają się w wariantcie nr 1. Układ pracuje stabilnie. Zaobserwowana składowa AC to ok. 0,4–0,5 mV Vpp ale jej źródło może wiązać się z długimi przewodami na tym etapie prób.

Taka zmiana schematu uzwojeń transformatora skutkuje tym, że przy zasilaniu z tego transformatora nie uzyskam napięcia wyjściowego większego niż 20 V. Na pewno nie uzyskam 25 V. W razie czego będę musiał zmienić transformator. Albo zastosować dodatkowo, mały transformator dla zasilania miernika i wrócić do pierwotnego połączenia uzwojenia. Transformator został wykonany wcześniej niż przeprowadziłem próby. Mając tę wiedzę o działaniu układu inaczej bym go zaprojektował dodając dodatkowe niezależne uzwojenie do zasilania miernika.

Tadeusz Suszał



Wspólnie projektujemy: Częstościomierz, część 4

Usunięcie składowej stałej

Wzmocnienie sygnału

Tłumik 20 dB

Konwersja do sygnału cyfrowego

Uwagi końcowe

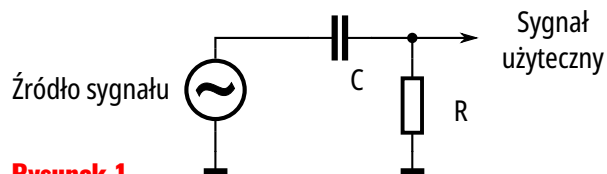
Kolejnym zagadnieniem do rozwiązania w projektowanym przyrządzie jest tor analogowy sygnału. Użyłem określenia „analogowy”, gdyż realizowane operacje mają taki charakter. Przede wszystkim koniecznością staje się usunięcie z sygnału jego składowej stałej.

Element składowy częstościomierza, któremu poświęcony jest obecny artykuł okazał się dość trudnym. Wystarczy tu zauważyć, że w przewidzianym terminie do redakcji nie napłynęły żadne koncepcje rozwiązania. Chcąc uzyskać dość uniwersalny przyrząd pomiarowy, należy dostosować mierzony sygnał do standardów wymaganych przez układy cyfrowe (mikroprocesorowe). Zadanie komplikuje się przede wszystkim z powodu konieczności przetwarzania sygnału w szerokim paśmie: musi w równym stopniu przetwarzać sygnał o częstotliwości ułamka Hz jak i kilkudziesięciu MHz. Innym problemem jest odpowiednie wzmocnienie sygnału, by układy logiczne/cyfrowe poprawnie go interpretowały. Przed rzeczywistymi badaniami i eksperymentami można sprawdzić reakcję układu na różne sygnały za pomocą oprogramowania symulacyjnego. Istnieje całkowicie bezpłatny pakiet oprogramowania oferowany przez firmę będącą liderem w swojej dziedzinie, program LTSpice (użyty tu program jest w wersji 17,1). Można go ściągnąć wpisując w przeglądarce internetowej hasło „ltspice download”.

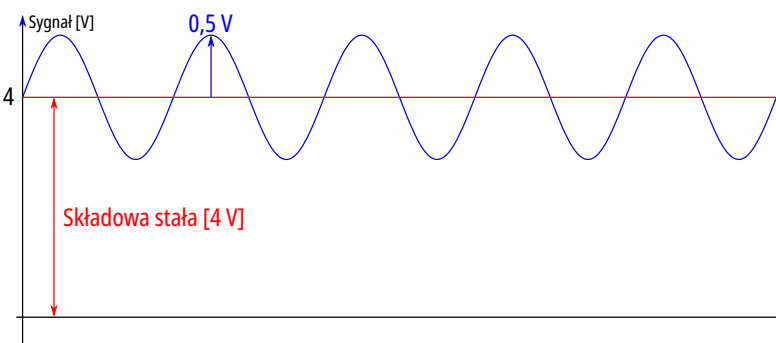
Usunięcie składowej stałej

W celu usunięcia składowej stałej wystarczy przepuścić sygnał przez kondensator włączony szeregowo w obwód, jak pokazuje **rysunek 1**. W miejscu

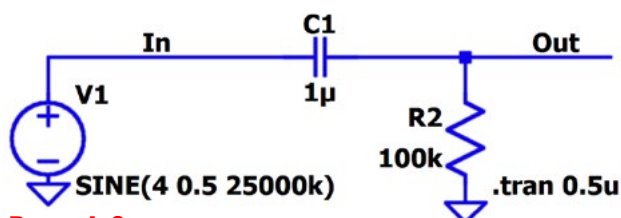
określonym jako „sygnał użyteczny” jest on pozbawiony tego składnika, co nie znaczy, że występujący dalej sygnał będzie miał jedynie dodatnie wartości napięcia. By lepiej zrozumieć tę problematykę zostanie przeanalizowany przebieg pokazany na **rysunku 2**. Mamy tu sygnał sinusoidalny o amplitudzie 0,5 V, nałożony na sygnał o składowej stałej o wartości 4 V (oczywiście jest to jedynie przykład). Gdy usuniemy z tak złożonego przebiegu składową



Rysunek 1



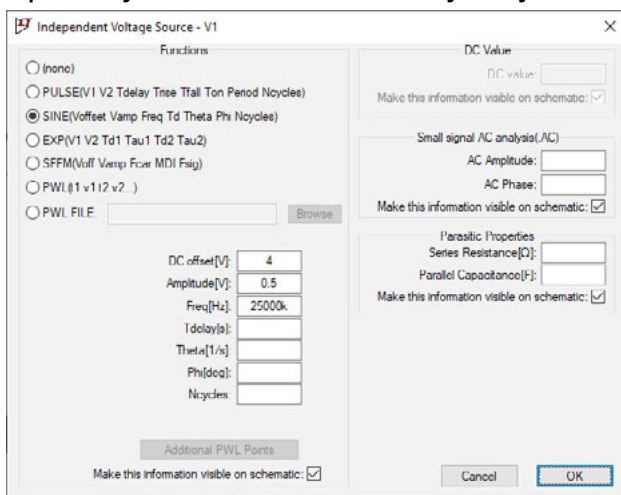
Rysunek 2



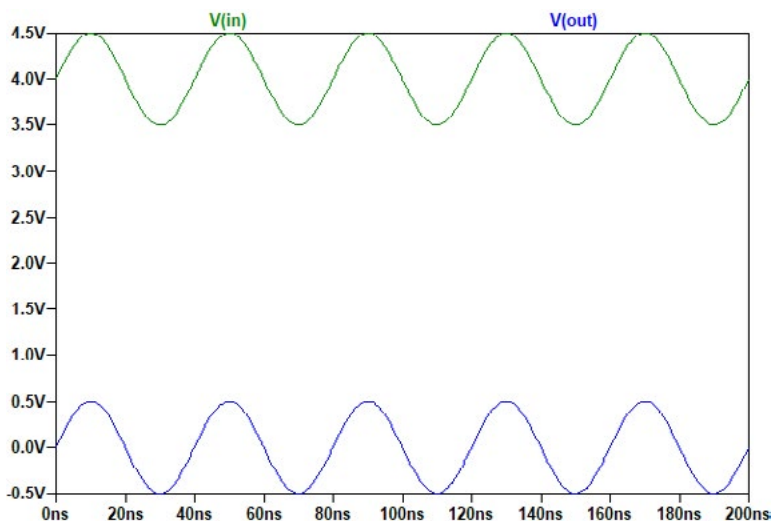
Rysunek 3

stałą nowy będzie przyjmował wartości od $-0,5$ V do $+0,5$ V. Zaproponowany układ elektryczny w rzeczywistości jest dzielnikiem napięcia (z identyczną koncepcją działania, jak dla napięcia stałego) zbudowanym z rezystancji R (rysunek 1) oraz reaktancji o wartości $-1/\omega C$. Jak łatwo zauważyć, jedna część dzielnika napięcia jest stała (niezależna od pulsacji ω), natomiast druga jest od niej zależna.

Zgodnie z tą koncepcją został utworzony opis układu do symulacji w programie LTSpice (**rysunek 3**), gdzie sygnał wymuszający o częstotliwości 25 MHz, którego opis pokazuje **rysunek 4**, odpowiada wariantowi z rysunku 2. Wynik symulacji prezentuje **rysunek 5**. Sygnał napięciowy identyfikowany jako $V(in)$ zostaje przetworzony w układzie dzielnika, gdzie uzyskany rezultat to $V(out)$ i zgodnie z przewidywaniami nie ma składowej stałej.

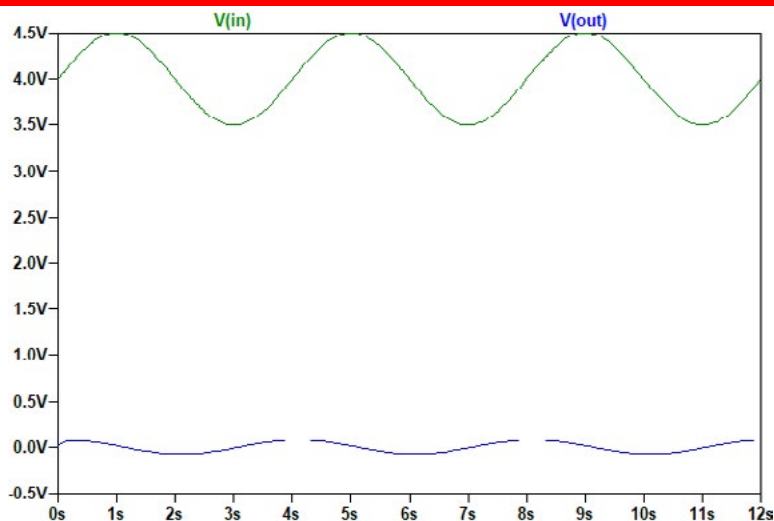


Rysunek 4



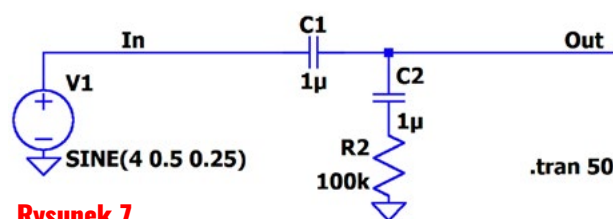
Rysunek 5

$F=25$ MHz



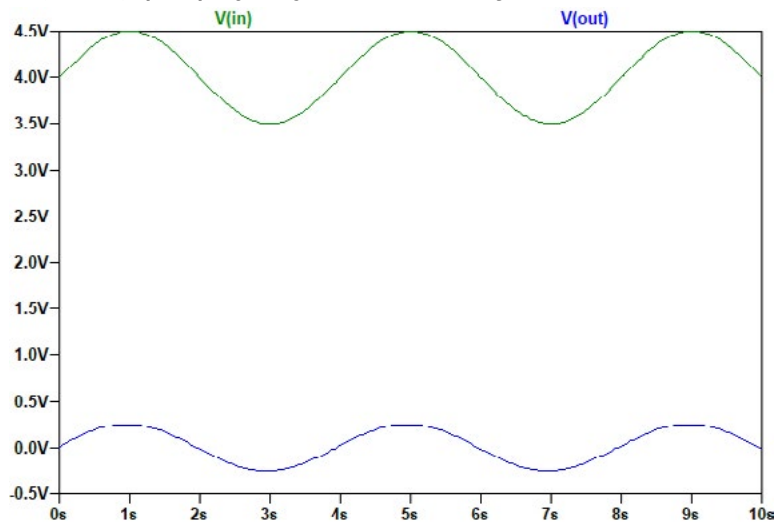
Rysunek 6

$F=0,25$ Hz



Rysunek 7

To proste rozwiązanie ma jedną istotną wadę: impedancja jednej gałęzi dzielnika napięcia zmienia się w funkcji pulsacji ω (w sumie w funkcji częstotliwości) natomiast druga pozostaje niezmienna, a to prowadzi do zaniku sygnału na wyjściu dla małych częstotliwości. Wynik symulacji dla skrajnie przeciwnego wariantu (przykładowo częstotliwość 0,25 Hz) pokazuje **rysunek 6**. Zgodnie z przewidywaniami, amplituda sygnału wyjściowego znacząco zmalała. By zniwelować to niekorzystne zjawisko, rozbudowałem dzielnik napięciowy do postaci widocznej na **rysunku 7**. Reaktancja obu gałęzi dzielnika napięcia jest zależna od pulsacji ω . W tym przypadku odpowiedź układu dla wymuszenia o małej częstotliwości znacząco się polepszyła, jak widać na **rysunku 8**,



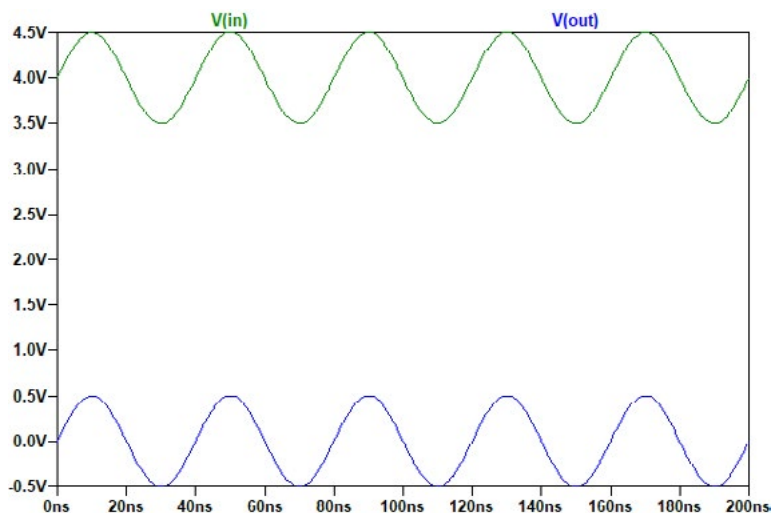
Rysunek 8

$F=0,25$ Hz

pozostając praktycznie bez zmian dla częstotliwości 25 MHz (**rysunek 9**).

Wzmocnienie sygnału

Uzyskany sygnał nie nadaje się jeszcze do obróbki przez układy cyfrowe/mikroprocesorowe. Przede wszystkim nie jest to sygnał o charakterze cyfrowym (ma za małą amplitudę oraz zbyt łagodne zbocza). Do dalszego przetwarzania można wykorzystać wzmacniacze operacyjne. Jednak z ich użyciem wiąże się pewien kłopot: muszą przetwarzać sygnał o dużych częstotliwościach (dla ogromnej większości wzmacniaczy operacyjnych częstotliwość 25 MHz jest poza zasięgiem) i większość ich nie nadaje się do tego celu. W danych katalogowych są publikowane dane charakteryzujące ich własności. Tu istotnym parametrem jest szerokość pasma przenoszenia oznaczana w danych jako GBW (ang. gain-bandwidth) będącym iloczynem wzmocnienia i pasma. Biorąc pod uwagę parametry sygnału uzyskanego z symulacji (**rysunek 8 i 9**) oczekiwane wzmocnienie wynosi $K=6...8$. Dla maksymalnej częstotliwości sygnału wejściowego (20...25 MHz)



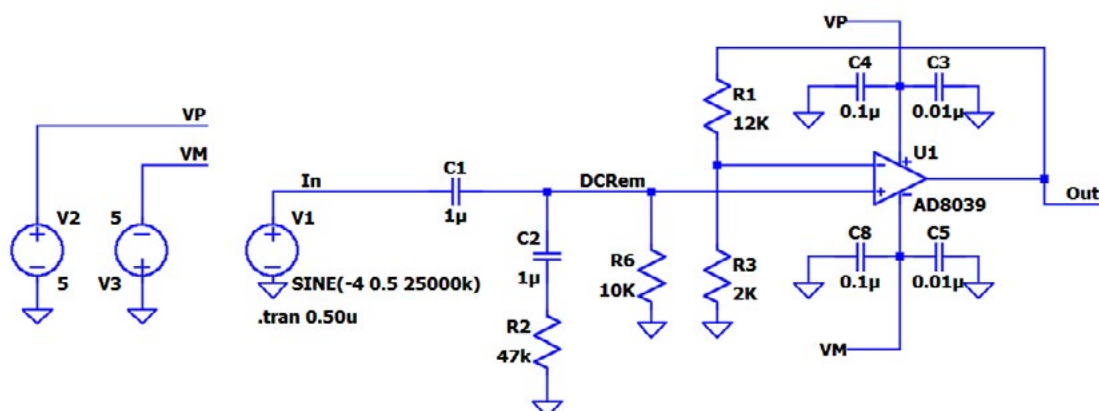
Rysunek 9

F=25 MHz

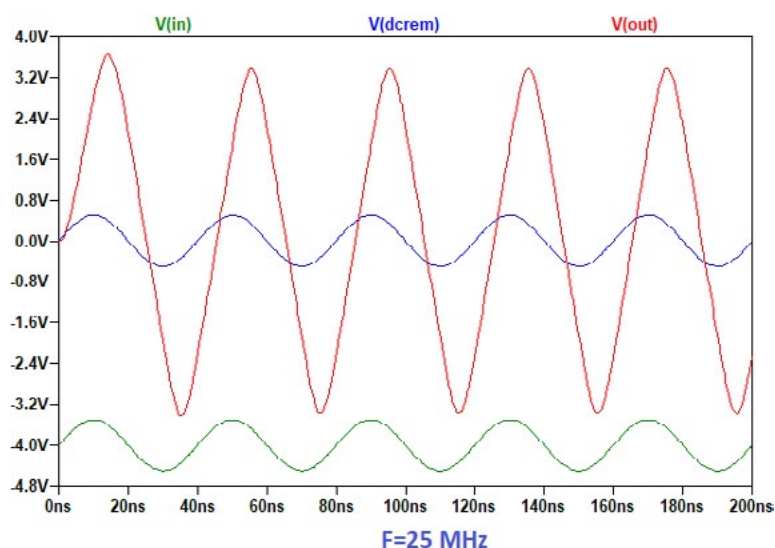
wzmacniacz operacyjny musi mieć parametr GBW o wartości minimum 150...200 MHz. Z istniejących (w programie do symulacji) wzmacniaczy jest kilka takich, które mogą być zastosowane. Są to: AD8039, AD8047 czy AD8065. Rozbudowany układ do przetwarzania sygnału widać na **rysunku 10** (tu dla od-

miany sygnał wejściowy ma stałą składową o wartości ujemnej), a rezultat jego symulacji działania dla skrajnych częstotliwości pokazuje **rysunek 11** oraz **12**.

Uzyskane cechy nie są satysfakcjonujące, więc prowadziłem dalsze badania i eksperymenty. Zmodyfikowałem układ, dodając

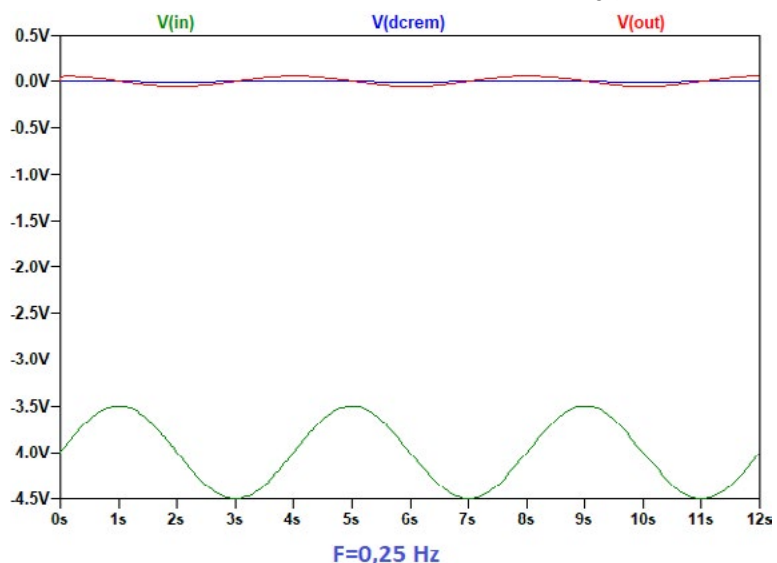


Rysunek 10



Rysunek 11

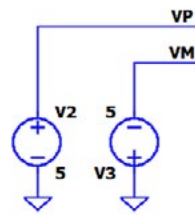
F=25 MHz



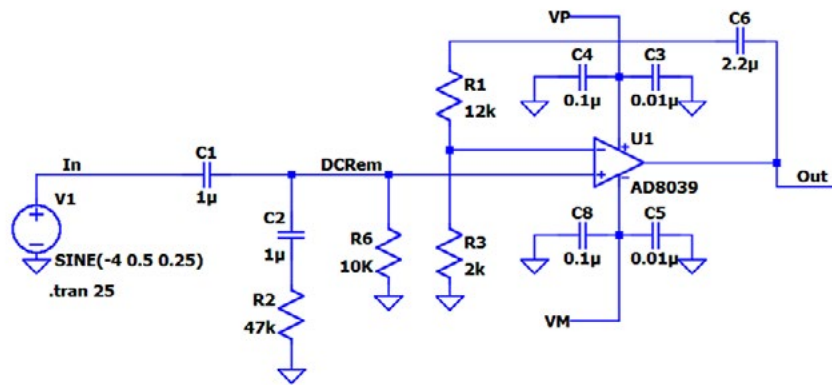
Rysunek 12

F=0,25 Hz

element o charakterze reakcyjnym w obwód sprzężenia zwrotnego (element C6 na **rysunku 13**). To rozwiązanie „podbija” wzmocnienie dla sygnałów o małej częstotliwości. Ponieważ tym razem wzmocnienie układu będzie zależne od przetwarzanej częstotliwości, postanowiłem sprawdzić jego zachowanie również dla kilku różnych częstotliwości pośrednich (oprócz skrajnych). Wyniki symulacji działania pokazują **rysunki 14** do **18**. Tym razem można uznać, że cel został osiągnięty. Wprowadzenie do obwodu elementów o charakterze pojemnościowym przesunęło sygnał wyjściowy w stosunku do wejściowego. Można to dostrzec na rysunkach wynikowych symulacji. W naszym zastosowaniu nie stanowi to

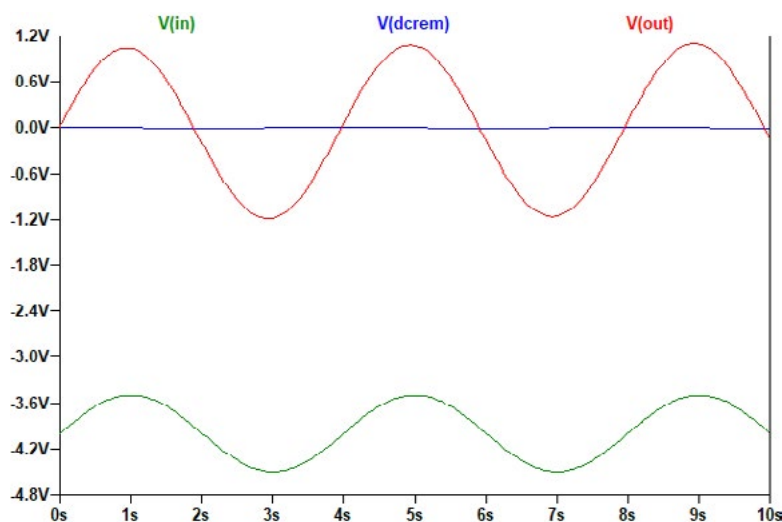


Rysunek 13



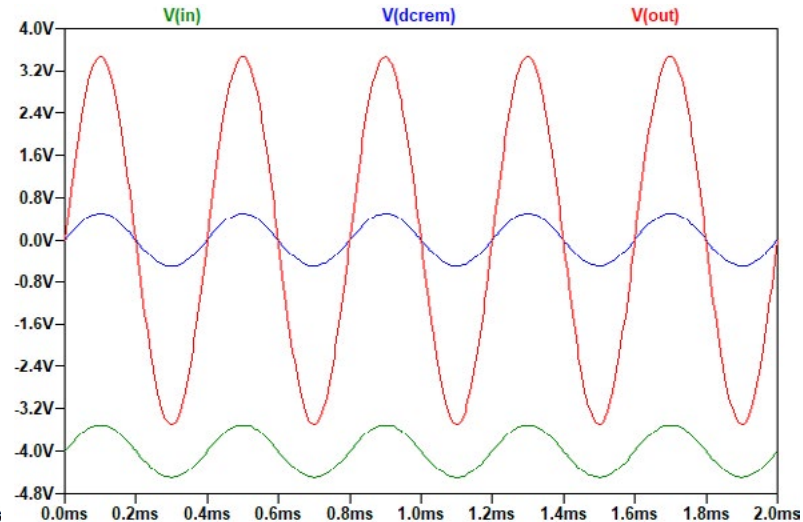
przeszkody, gdyż nadrzędnym celem jest „niezgubienie” impulsów, te „na sztuki” się zgadzają. Przesunięcia „w czasie” nie mają już znaczenia.

Tak całkiem przy okazji, warto zrobić jeden eksperyment, który unaoczní znaczenie posiadanych przez wzmacniacz operacyjny cech. Zamieniłem dotychczas używany na popularny OP07. Wspomniany



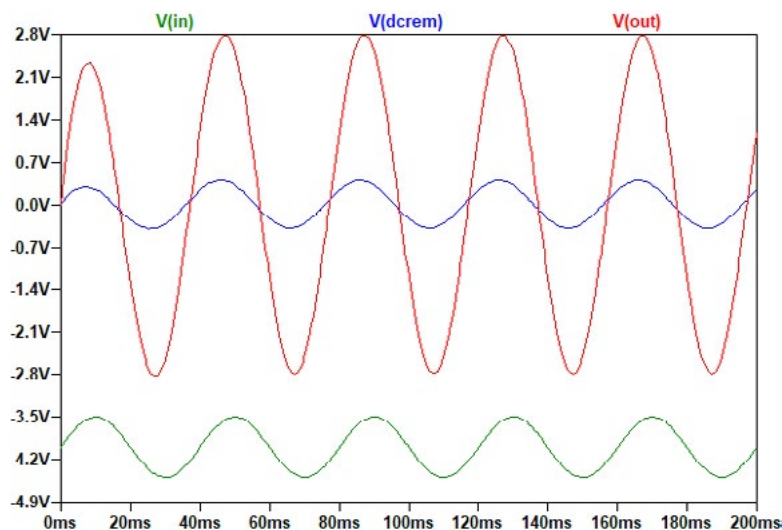
Rysunek 14

F=0,25 Hz



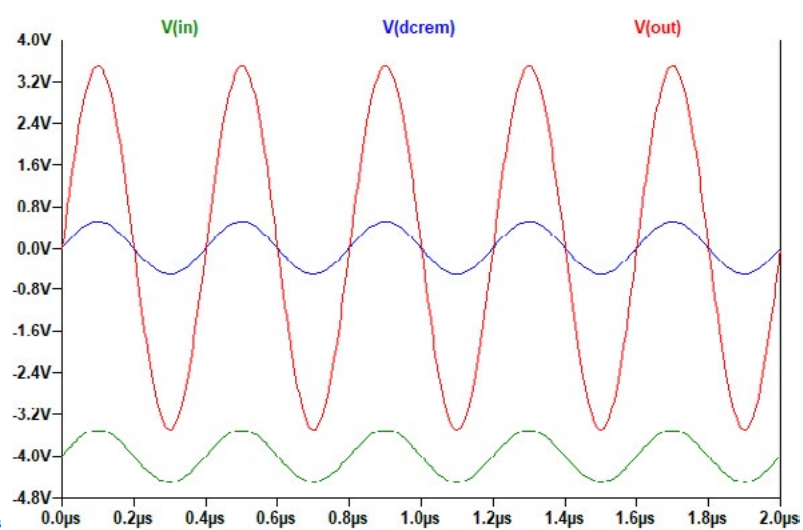
Rysunek 16

F=2,5 kHz



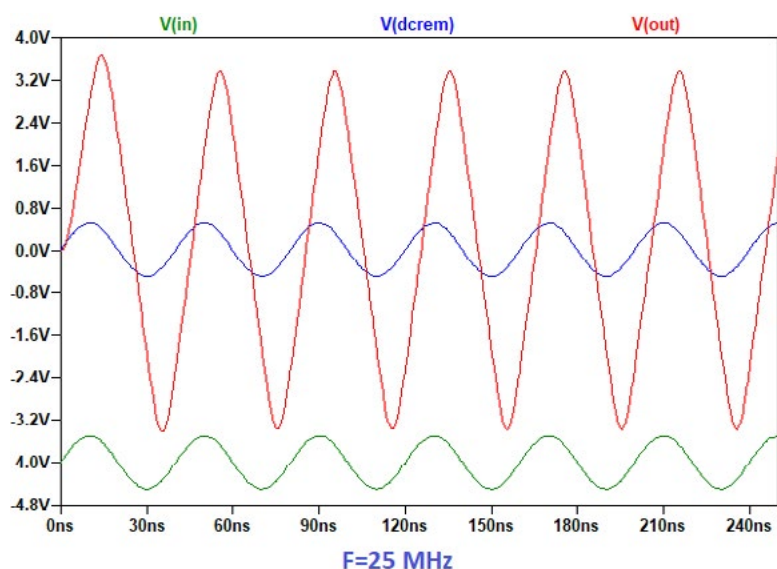
Rysunek 15

F=25 Hz

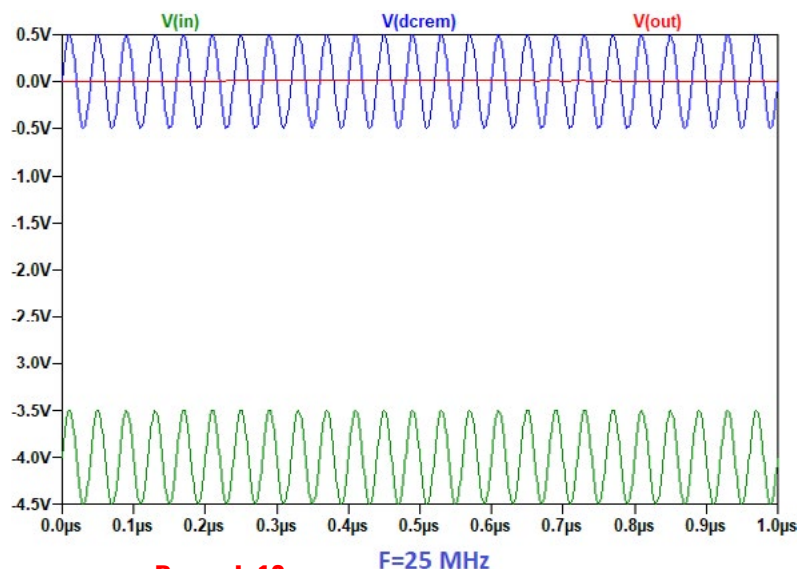


Rysunek 17

F=2,5 MHz



Rysunek 18

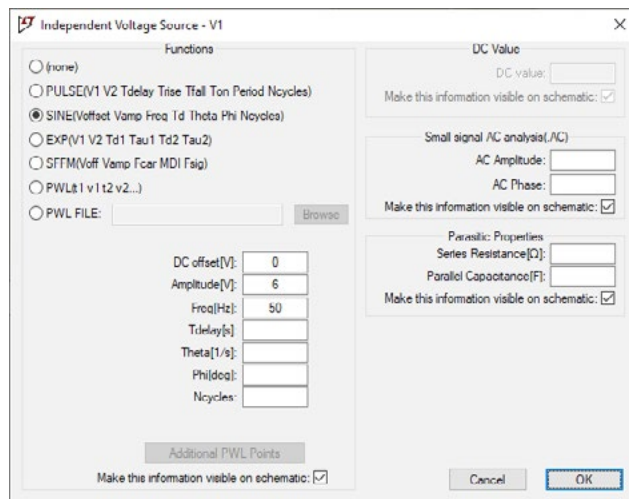


Rysunek 19

OP07 to układ mający wiele interesujących cech, jednak do przetwarzania sygnału w naszym zastosowaniu nie nadaje się. Wynik symulacji pokazuje **rysunek 19**, gdzie można dostrzec, że układ ten nie „reaguje na bodźce” zewnętrzne. Ogólnie są tu postawione wysokie wymagania w stosunku do wzmacniacza. Nawet układ „z górnej półki”, jakim jest wcześniej użyty AD8039, zaczyna mieć kłopoty z przetwarzanym sygnałem. Wystarczy wrócić do rysunku 18 i dostrzec, że sygnał wyjściowy zaczyna przybierać kształt trójkąta. Na rysunku 17 kształt odpowiedzi układu jest jeszcze podobny do sinusoidy.

Tłumik 20 dB

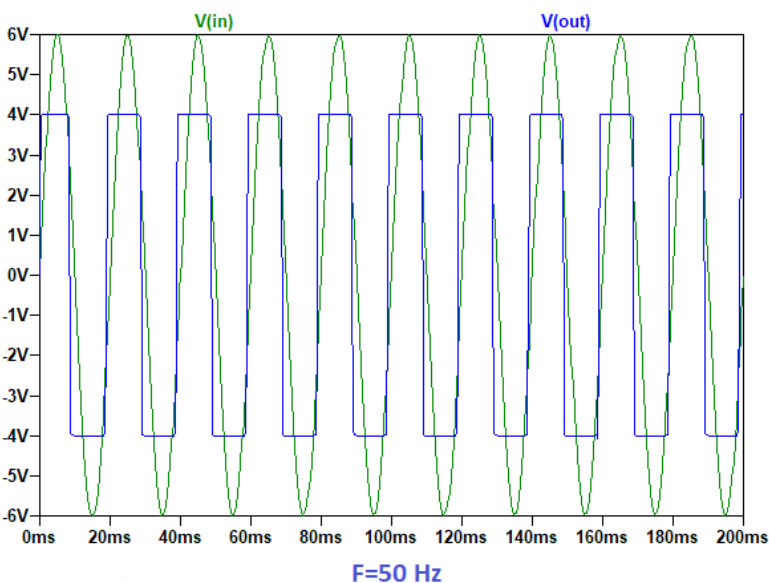
Załóżmy, że przy pomocy budowanego częstotliwościomierza będziemy chcieli zmierzyć częstotliwość na wyjściu transformatora sieciowego, gdzie napięcie przemienne ma amplitudę przykładowo 6 V. W układzie z rysunku 13, wystarczy odpowiednio określić



Rysunek 20

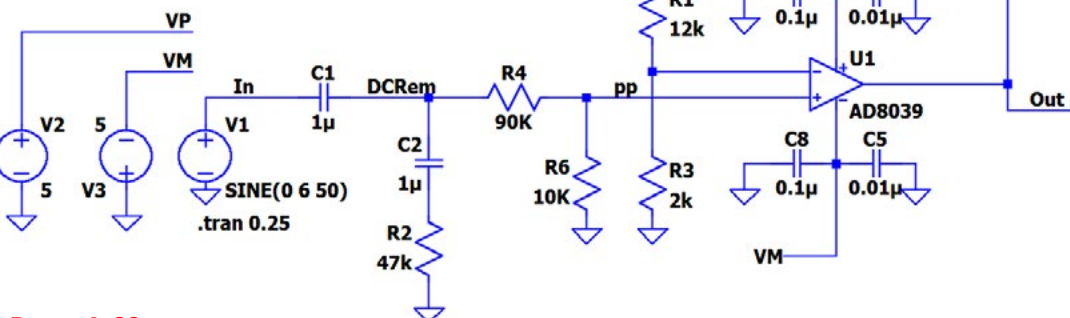
parametry źródła sygnału (**rysunek 20**) i dokonać symulacji (**rysunek 21**).

Daje się tu zauważyć, że układ został „przestawiany”. Mierzony sygnał ma tak dużą amplitudę, że przy wstępnie założonym wzmacnieniu, wynik „wypada” poza zakres. Zastosowane wzmacniacze operacyjne mają maksymalne dopuszczalne napięcie zasilania wynoszące +6 V / -6 V (a w układzie symulacyjnym symetryczne napięcie zasilające ma wartości 5 V). Ponieważ użyty układ (AD8039) nie jest na wyjściu typu R-R (ang. rail-to-rail – od szyny do szyny) zakres napięcia na wyjściu wzmacniacza nie osiągnie wartości bliskiej napięciu zasilającemu. W takim przypadku może warto rozpatrzyć możliwość dodania jakiegoś przełącznika, który zmieniłby wzmacnienie. Każdy praktyk dokonujący pomiarów za pomocą oscyloskopu wie, że sondę można przełączyć jako 1:1 lub 1:10. Warto wprowadzić do toru analogowego podobną możliwość. Wzmocnienie 1:10 (właściwie jest to dziesięciokrotne wytłumienie sygnału)

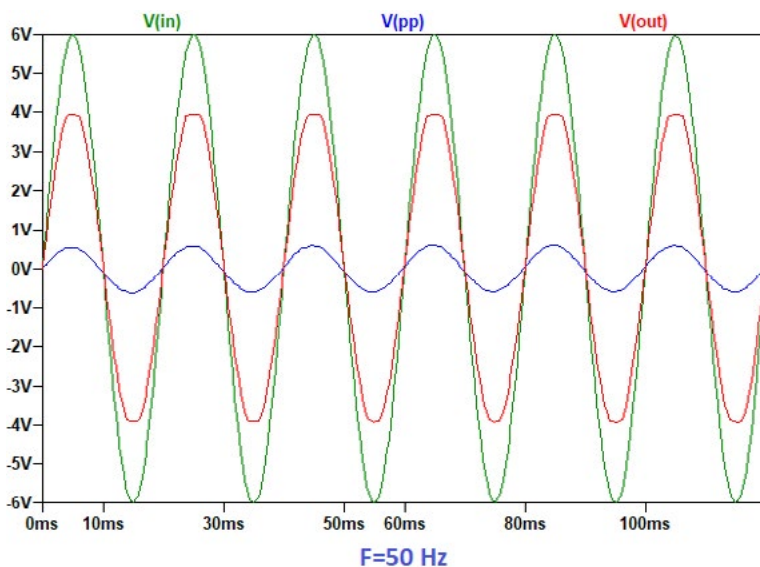


Rysunek 21

w skali logarytmicznej odpowiada tłumieniu sygnału o 20 dB. Dodanie rezystora R4 w parze z rezystorem R6 zmniejszy sygnał dziesięciokrotnie (**rysunek 22**). W realnym rozwiązaniu może to być przełącznik, który zwierzałby rezystor R4. Kolejna symulacja daje rezultat widoczny na **rysunku 23**, wzmacniacz nie jest mocno przesterowany. Wynik symulacji dodatkowo prezentuje sygnał w punkcie PP (**rysunek 22**) jako sygnał z wyjścia dzielnika. Warto skonfrontować sygnał wejściowy – kolor zielony na **rysunku 23** (który będzie praktycznie identyczny jak w miejscu oznaczonym etykietą DCRem, **rysunek 22**) z sygnałem w miejscu oznaczonym etykietą pp – kolor niebieski na **rysunku 23**.



Rysunek 22

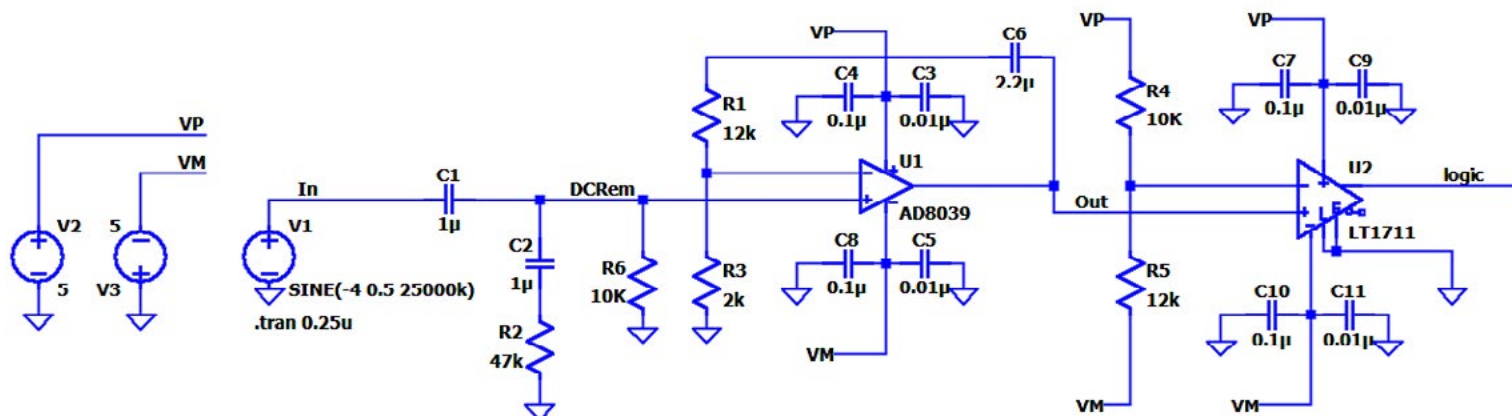


Rysunek 23

Konwersja do sygnału cyfrowego

Sygnał po przetworzeniu w torze analogowym musi zostać dostosowany do standardów wymaganych przez układy cyfrowe/mikroprocesorowe. Jak zauważyliśmy do tej pory, sygnał wyjściowy ze wzmacniacza operacyjnego nie będzie współpracował z układami logicznymi przede wszystkim z dwóch powodów: przyjmuje wartości ujemne napięcia oraz występuje problem ze stromością zboczy. By część analogowa współpracowała z częścią cyfrową musi wystąpić pośrednik w postaci komparatora napięcia. Podobnie jak w przypadku wzmacniaczy operacyjnych, nie każdy komparator może zostać zastosowany. Tu również istnieją wymagania dotyczące jego szybkości pracy. W środowisku programu symulacyjnego zastosowałem element o oznaczeniu LT1711. Z jego noty katalogowej wyni-

ka, że sprostą on stawianym wymaganiom. Rozbudowany układ do symulacji pokazuje **rysunek 24**. Komparator porównuje napięcie z wyjścia wzmacniacza operacyjnego ze stałym napięciem uzyskanym z dzielnika zbudowanego na bazie rezystorów R4 i R5 (**rysunek 24**). Wartości tych rezystorów determinują próg zadziałania komparatora i są tak dobrane, by przy zasilaniu symetrycznym (tak jak



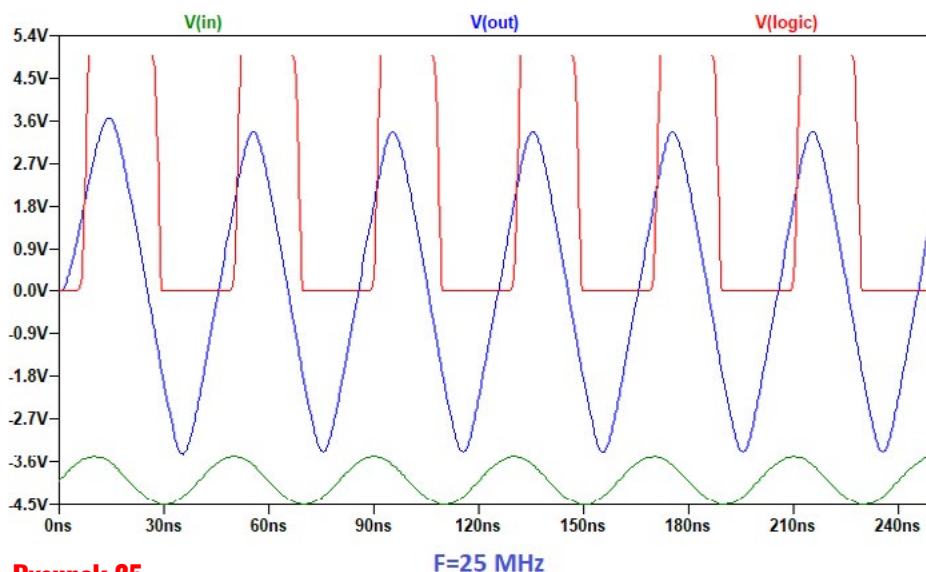
Rysunek 24

wzmacniacze operacyjne) napięcie odniesienia dla komparatora było dodatnie i wynosiło około 0,5 V. Symulacja działania spełnia oczekiwania. Przykładową odpowiedź układu pokazuje **rysunek 25**.

Uwagi końcowe

Przedstawione rozważania mają na celu pokazanie problemów, jakie mogą pojawić się przy projektowaniu toru analogowego. Zastosowanie wzmacniaczy operacyjnych służy jedynie przystępnemu zilustrowaniu tematyki. Możliwe, że wielu Czytelników będzie miało odmienne spojrzenie na opisane rozwiązania i pojawią się pomysły pozwalające na ich uproszczenie. Zachęcam Czytelników do przemyśleń i podzielenia się nimi.

Na zakończenie pragnę zwrócić uwagę na dwa szczegóły. Po pierwsze, opisane działania są oparte na symulacji. Warto pamiętać, że to jest jedynie próba „zbliżenia się” do rzeczywistości. Program pozwala na poznanie wielu aspektów projektowanego rozwiązania, a nawet na redukcję popełnionych błędów. Jednak nawet najlepszy symulator nie zastąpi eksperymentów bazujących na rzeczywistych elementach. Takie będą zrealizowane w przyszłości. Drugi szczegół dotyczy zaproponowanego schematu. Patrząc choćby na schemat pokazany na rysunku 24, od



Rysunek 25

wejścia w torze mamy kondensator C1. Załóżmy, że do tego wejścia doprowadzony jest sygnał o częstotliwości przykładowo 1 MHz i amplitudzie 10 V. Reaktancja kondensatora C1 będzie bardzo mała w stosunku do rezystancji R6 (nawet przy uwzględnieniu równoległego dołączenia rezystora R2 przy pomijalnie małej reaktancji wynikającej z użycia kondensatora C2). W takiej sytuacji, do wejścia wzmacniacza operacyjnego zostanie doprowadzony sygnał, którego wartość może doprowadzić do jego uszkodzenia. W związku z tym zapraszam Czytelników do udziału w kolejnym zadaniu konkursowym: jak zabezpieczyć układ przed potencjalnym uszkodzeniem.

Andrzej Pawluczuk
apawluczuk@vp.pl

Zadanie konkursowe YK033 brzmi:

Zaproponuj rozwiązanie pozwalające na zabezpieczenie toru analogowego przed potencjalnym uszkodzeniem.

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

Proponuję, żeby teraz, w ramach zadania zająć się tylko schematem, ewentualnie symulacją działania.

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

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



Kalibracja termometrów w temperaturze 0°C

Artykuł pokazuje, jak w prosty sposób można w warunkach domowych skalibrować i sprawdzić wskazanie praktycznie każdego termometru w temperaturze dokładnie zera stopni. Wykazuje też, dlaczego wbrew licznyim zaleceniom, analogiczna precyzyjna kalibracja we wrzącej wodzie nie jest możliwa.

Dokładność i rozrzut wskazań czujników Pt100
Multimetr do pomiaru czujników Pt100 i Pt1000

Kalibracja czujnika w temperaturze 0 stopni
Praktyczny sposób kalibracji temperatury

Przyznam z pewnym zawstydzeniem, że do tej pory nie mam w domu naprawdę precyzyjnego i wiarogodnego termometru, który pozwoliłby mierzyć temperaturę z dokładnością lepszą niż 0,5°C.

Aktualnie przeprowadzam różne eksperymenty z komorą termiczną bazującą na module Peltiera. W jej pierwszej wersji zastosowałem scalone analogowe LM335, które bardzo dobrze się sprawdzają. Jednak nie są to czujniki bardzo dokładne i stabilne. Znakomicie spełniają swoją funkcję w komorze, ale ja podczas niektórych pomiarów chciałbym mieć możliwość pomiaru temperatury z możliwie dużą dokładnością, lepszą niż 0,1 stopnia. Oczywiście mam kilka czujników DS18B20, które mają lepszą rozdzielczość. Tak, ale tylko rozdzielczość wskazań, a nie bezwzględ-

ną dokładność. Aby uzyskać dokładność, trzeba by je skalibrować. Nie mam też wiarygodnych modułów ze scalonymi czujnikami TMP117 czy LMT70.

Termopary nie wchodzą w grę przy potrzebnej mi dokładności. Sprawdziałem ofertę precyzyjnych „wymennych” termistorów NTC, takich jakie są dostępne w serii Omega 44000. Jednak po analizie zdecydowałem się na stare i dobre czujniki RTD, a konkretnie czujniki platynowe Pt100, które mam w swoich zapasach oraz Pt1000, które chcę wykorzystać w planowanej aktualnie konstrukcji prostego termostatu „na peltierze”. Ty możesz kupić czujniki RTD typu Pt100 albo nowe, niestety dość drogo, albo na aukcjach, gdzie często można znaleźć dobre okazje – oferty dosłownie za kilkanaście złotych.

Z niepamiętnych czasów pozostało mi w zapasach pięć czujników PT100 w metalowych obudowach. Do tego mam jeden „goły” czujnik z czterema wyprowadzeniami, który po pomiarze okazał się nie czterokońcówkową wersją Kelvina, tylko dwoma oddzielnymi czujnikami w jednej obudowie. Czujniki te pokazane są na **fotografii 1**.

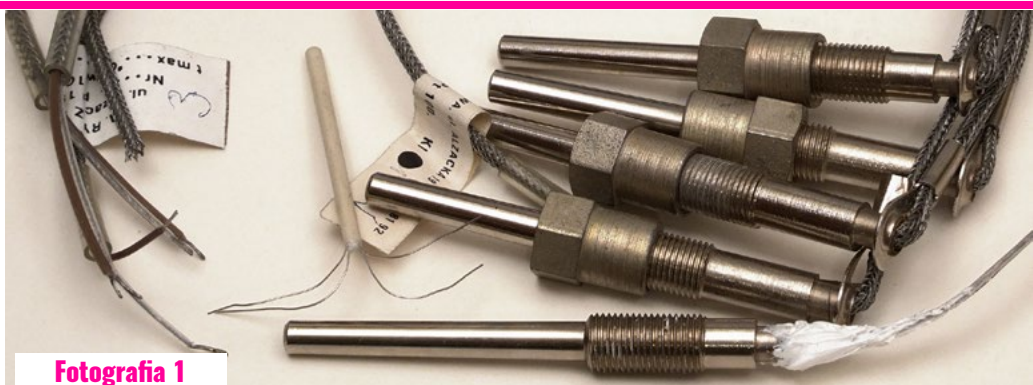
Obecność szlachetnego metalu – platyny zapewnia długotrwałą stałość parametrów. Czujniki prawidłowo wykorzystywane (bez szoków termicznych i mechanicznych) w zakresie temperatur $-20...+250^{\circ}\text{C}$, typowo stosowanym w laboratoriach wzorcujących, w bardzo małym stopniu zmieniają R_0 (poniżej $0,01$ stopnia na rok).

W Internecie można bez problemu znaleźć tabele, pokazujące jaką rezystancję ma mieć czujnik Pt100 w różnych temperaturach. Ameryka i Japonia mają własne standardy bazujące na platynie o wysokiej czystości. W normach europejskich przyjmuje się współczynnik $\alpha = 0,00385$ (norma PN - EN 60751). Przykładem jest **tabela 1**, gdzie zieloną podkładką znaczyłem, że w temperaturze $+25^{\circ}\text{C}$ czujnik Pt100 powinien mieć rezystancję 109,735 oma.

Nominalnie tak. Ale nie w moim przypadku, bo nie są to precyzyjne czujniki do celów metrologicznych – były przeznaczone do wtryskarek. Mają ponad 30 lat, co akurat nie jest wadą, a raczej zaletą. W temperaturze 0 stopni powinny mieć rezystancję dokładnie 100,00 Ω , ale oczywiście występuje jakiś rozrzut produkcyjny (w przypadku moich pięciu egzemplarzy rozrzut wskazań między nimi wynosi troszkę więcej niż pół stopnia).

Są to jednak niewątpliwie prawdziwe czujniki platynowe Pt100, bardzo stabilne. Można je dokładnie skalibrować, najprościej biorąc, w dwóch dokładnych określonych temperaturach.

Ponieważ kalibracja zera stopni następuje w mieszaninie wody z lodem, wybrałem i przerobiłem jeden czujnik, żeby go uszczelnić i zabezpieczyć przed dostępem wody do wnętrza metalowej rurki ochronnej (gilzy). Tym uszczelnieniem jest popularny silikon, ale nie kwaśny, octowy, tylko **silikon**



Fotografia 1

Temp.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	100,000	100,391	100,781	101,172	101,562	101,953	102,343	102,733	103,123	103,513
10	103,903	104,292	104,682	105,071	105,460	105,849	106,238	106,627	107,016	107,405
20	107,794	108,182	108,570	108,959	109,347	109,735	110,123	110,510	110,898	111,286
30	111,673	112,060	112,447	112,835	113,221	113,608	113,995	114,382	114,768	115,155
40	115,541	115,927	116,313	116,699	117,085	117,470	117,856	118,241	118,627	119,012
50	119,397	119,782	120,167	120,552	120,936	121,321	121,705	122,090	122,474	122,858
60	123,242	123,626	124,009	124,393	124,777	125,160	125,543	125,926	126,309	126,692
70	127,075	127,458	127,840	128,223	128,605	128,987	129,370	129,752	130,133	130,515
80	130,897	131,278	131,660	132,041	132,422	132,803	133,184	133,565	133,946	134,326
90	134,707	135,087	135,468	135,848	136,228	136,608	136,987	137,367	137,747	138,126
100	138,505	138,885	139,264	139,643	140,022	140,400	140,779	141,158	141,536	141,914

Tabela 1

neutralny (oksymowy, alkoks). Można też zastosować jakiś inny uszczelniacz, ale koniecznie nieagresywny. Mój niezbyt ładnie, ale skutecznie uszczelniony czujnik widoczny jest na **fotografii 2**.

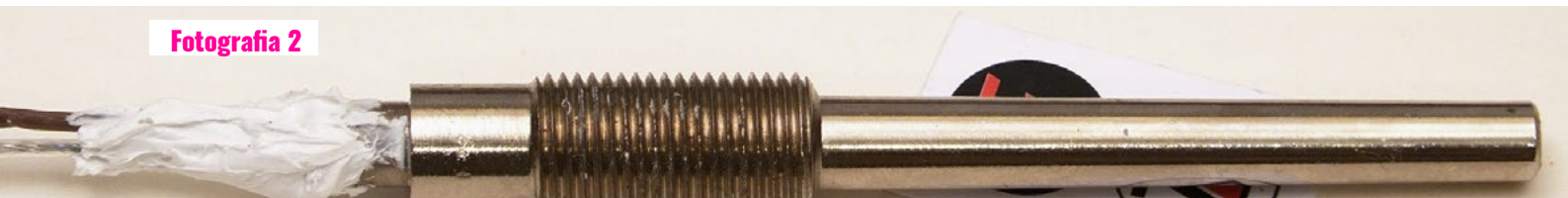
Z **fotografii tytułowej** wynika, że w temperaturze 0°C dokładny multimetr pokazuje rezystancję 99,9827 Ω , czyli odrobinę, jedynie o około 0,017 Ω , niższą niż nominalne 100 omów. Taka kalibracja zera stopni pozwala wyeliminować rozrzut produkcyjny – nieunikniony w praktyce rozrzut „wartości początkowej”, nominalnej.

Najprościej biorąc, mój czujnik z fotografii 2 ma rezystancję niższą niż wskazuje tabela 1, czyli trochę zaniża wskazania temperatury. O ile?

Czujniki platynowe mają nominalny współczynnik temperaturowy rezystancji 0,00385, czyli 0,385% na stopień Celsjusza. Szczegóły są dość skomplikowane, bo występuje też niewielka nieliniowość, zależna od czystości użytej platyny. Szczegóły mogą omówić w oddzielnym artykule. A teraz tylko prosty wniosek: **w zakresie temperatur pokojowych i dokładności, jakie mnie interesują, mogę pominąć kwestię nieliniowości i wykorzystywać tabelę 1, wprowadzając tylko poprawkę wynikającą z fotografii tytułowej.**

Na podstawie tabeli można przyjąć, że 1 stopień różnicy temperatur to różnica rezystancji 0,39 Ω ; $0,1^{\circ}\text{C}$ to około 0,04 Ω , $0,01^{\circ}\text{C}$ to około 0,004 Ω . Mój wybrany egzemplarz ma rezystancję niższą o około 0,017 Ω , co wskazywałoby, że zaniża wskazania o mniej więcej $0,04^{\circ}\text{C}$. **Rewelacja!**

Fotografia 2



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

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



Aneng AN870: najlepszy multimetr dla hobbysty?

To prawda, że nie ma idealnego rozwiązania kwestii jaki multimetr jest najlepszy dla hobbysty? Jednak są multimetry mniej lub bardziej godne zainteresowania z uwagi na stosunek możliwości do ceny. Artykuł szczegółowo przedstawia zaskakująco tani multimetr, o wyjątkowo dużych możliwościach pomiarowych.

Rewelacyjne właściwości multimetru AN870
A gdzie jest haczyk?

Zalety multimetrów AN870, RM219 i ZT219
Neutralne właściwości multimetrów

W trzech artykułach zaczynających się od Multimetr – podstawowe funkcje zawarłem elementarne informacje o wykorzystaniu multimetrów przeznaczonych dla osób zupełnie początkujących.

W czteroczęściowej serii zaczynającej się od artykułu Jaki multimetr dla elektronika? dość szeroko przedstawiłem kwestie wyboru multimetru, ale ogólnie, w pewnym sensie teoretycznie. Teraz, w nowej serii, zajmiemy się nie teorią, lecz czystą praktyką. Przedstawię konkretne propozycje. Ten artykuł jest pierwszy w serii. Warto poznać treść wcześniejszych artykułów, ale jeżeli niecierpliwie szukasz konkretnej propozycji, pominię te rozważania i od razu przeanalizuj właściwości prezentowanego tu AN870.

Dziś problemem jest ogromna oferta multimetrów. Niestety, zupełnie bezwartościowa jest większość zamieszczonych w Internecie rankingów i list typu „Najlepszy multimetr roku 202x”. Znikomą wartość praktyczną ma też większość testów i opisów „teardown”, czyli rozbiegania na części pierwsze. Wartościowych wskazówek jest niewiele i trudno je odróżnić od sponsorowanych reklam. Ja w tym artykule też wskazuję źródło zakupu, ale przede wszystkim uzasadniam, dlaczego moim zdaniem dziś najbardziej godnym zainteresowania multimetrem jest Aneng AN870 i jego ściśle odpowiedniki – Zoyi ZT219 i Richmeters RM219. Nawet jeśli nie kupisz takiego przyrządu – poznaj jego zaskakujące możliwości!

Rewelacyjne właściwości multimetru AN870

Śmiem twierdzić, że w przypadku AN870 i ścisłych odpowiedników **stosunek możliwości do ceny jest rewelacyjny i najlepszy ze znanych mi multimetrów**. Oto najważniejsze według mnie argumenty.

Przytłaczająca większość popularnych niedrogich multimetrów ma dokładność pomiaru napięcia stałego $\pm 0,5\%$, a mało który multimetr zapewnia dokładność $\pm 0,1\%$. Tymczasem opisywany tu miernik ma deklarowaną dokładność pomiaru napięć stałych $\pm 0,05\%$. **Fotografia wstępna** pokazuje pomiar napięcia wytwarzanego przez kostkę LM385-1,2.

Profesjonalny 6,5-cyfrowy multimetr Keithley K2000 pokazuje wartość 0,999918 V, co przyjmujemy jako punkt odniesienia. Dwa multimetry Aneng AN870 pokazują praktycznie to samo – trudno tu mówić o błędzie! Trzeci multimetr oznaczony jako RM219 pokazuje wartość 1,0003 V, co względem wartości 0,999918 V stanowi błąd 0,038%. Mamy pierwszy bardzo ważny argument: zaskakująco duża rozdzielczość oraz dokładność pomiaru.

Większość popularnych multimetrów mierzy napięcie z rozdzielczością 0,1 miliwolta, czyli 100 mikrowoltów. **Fotografia 1** pokazuje pomiar napięcia o wartości -0,025 mV czyli (minus) 25 mikrowoltów. Tak, dwadzieścia pięć **mikrowoltów**. Nie jest to wcale błąd, oszustwo, czy fotomontaż: jest to napięcie stałe wytwarzane przez... rezystor. Rezystor (1 k Ω) i połączenia stykowe pracują w roli termopary. Mamy tu praktyczny przykład problemu tak zwanych napięć EMF, ważny przy pomiarach bardzo małych napięć. Dla porównania drugie ujęcie pokazuje zerowe wskazanie, gdy nie ma różnic temperatur i nie ma wynikających stąd napięć termoelektrycznych. Notujemy drugą ważną

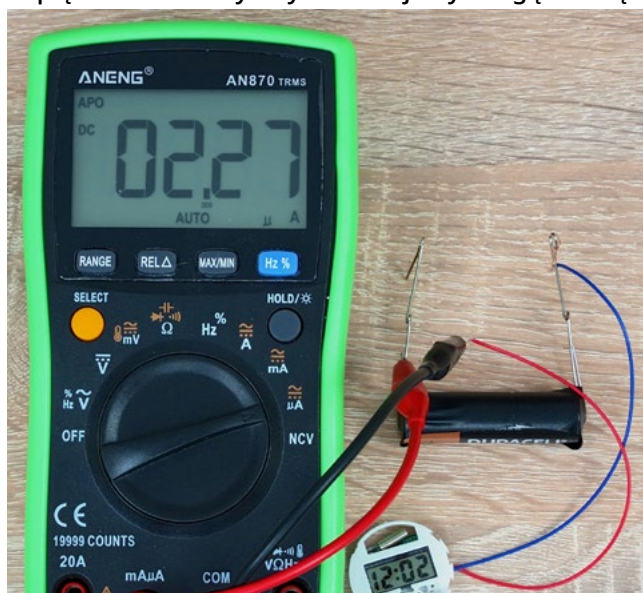


Fotografia 1

cechę multimetru: możliwość pomiaru znikomo małych napięć z rozdzielczością 1 mikrowolta!

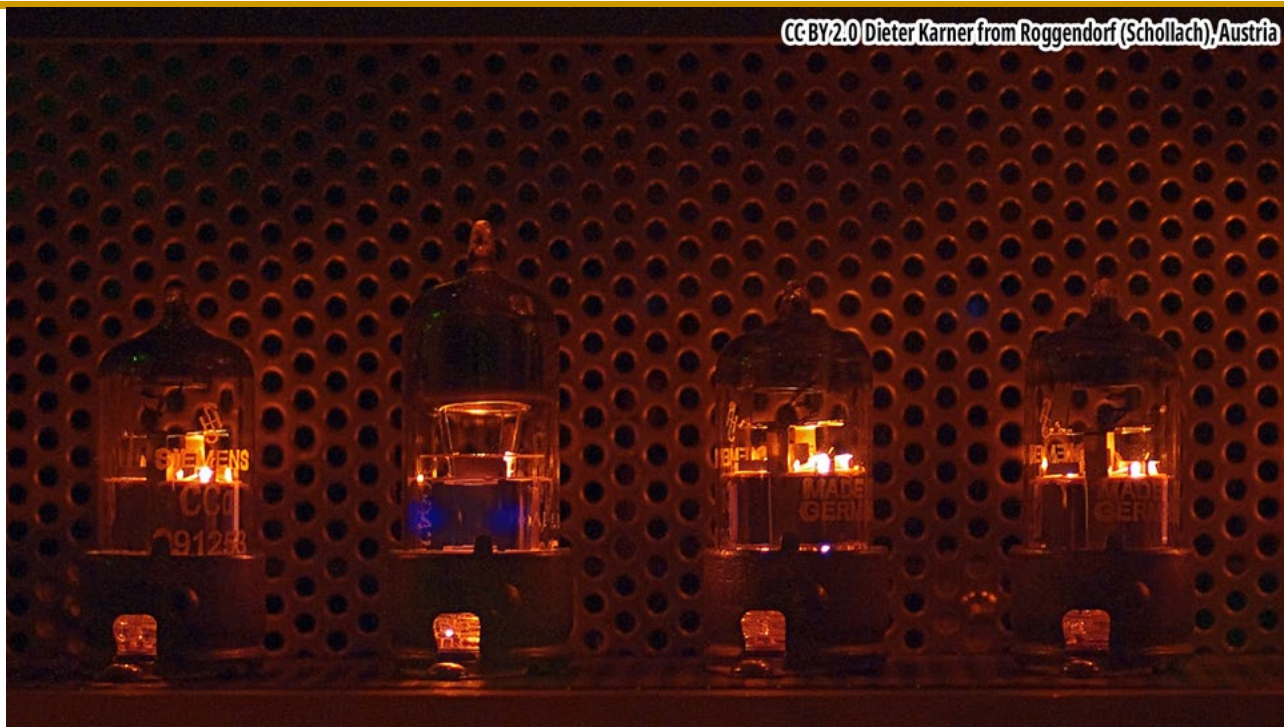
Multimetr może też mierzyć bardzo małe prądy. **Fotografia 2** przedstawia przykład pomiaru prądu o wartości nieco ponad 2 mikroampera z rozdzielczością 10 nanoamperów. To kolejna ważna cecha, ale przyrząd może też dość dokładnie mierzyć prądy wielokrotnie mniejsze. Nie rzędu mikroamperów i nanoamperów, tylko pikoamperów, a nawet femtoamperów! A przy okazji pozwala to mierzyć nieprawdopodobnie duże rezystancje.

Omierz tego multimetru jest w stanie bezpośrednio mierzyć rezystancje do 200 M Ω , natomiast **fotografia 3** pokazuje pomiar oporności rezystora o nominale 10 G Ω czyli 10 000 M Ω w sposób opisany



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

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



Lampy elektronowe: Czy możesz być projektantem?

Głównym celem serii artykułów jest przekonanie Ciebie, że możesz z powodzeniem projektować układy lampowe, oczywiście najpierw te prostsze. Projektować, w tym dobierać punkty pracy i testować. Poradzisz sobie z tym, ale też napotkasz różne problemy, które sygnalizują w poniższym artykule.

Tyrania autorytetu i zupełnie nagi król

Jakie lampy do układów audio?

Konfiguracja układowa i punkt pracy

Podstawowe problemy w układach lampowych

Transformatory 230- i 220-woltowe

Brum sieci i zewnętrzne zakłócenia

PSRR – tłumienie tętnień zasilania

Prowadzenie masy

Mikrofonowanie

Szumy

Lokalne i globalne sprzężenie zwrotne

Odpowiedź na intrygujące tytułowe pytanie, czy także Ty możesz być projektantem układów lampowych, brzmi: **tak możesz, ale...**

W poprzednim artykule **Lampy elektronowe: nie taki diabeł straszny...** zacząłem Cię przekonywać, że projektowanie nieskomplikowanych układów lampowych jest łatwiejsze niż się wydaje. Oczywiście mistrzostwo przychodzi wraz z doświadczeniem, ale naprawdę warto zacząć działania praktyczne i to doświadczenie zdobywać stopniowo.

Wielu osobom zaprojektowanie (przed)wzmacniacza lampowego wydaje się koszmarnie trudne, bo pytań i problemów jest wiele. Przypomnę chociaż te najważniejsze: *Jaką lampę wykorzystać? Jaką konfigurację układową? Jakie ma być napięcie*

zasilania? Jakie ma być napięcie między anodą i katodą lampy? Jakie napięcie ma wystąpić na głównym rezystorze (anodowym lub katodowym)? Jakie ma być napięcie siatka-katoda? Jaką rezystancję mają mieć wszystkie rezystory w układzie? A jaka będzie głębokość ujemnego sprzężenia zwrotnego?

Część odpowiedzi przedstawiłem w poprzednim artykule. Konfiguracjami układowymi zajmiemy się szczegółowo w innej serii artykułów, a w jeszcze innej będziemy też je realizować i badać ich właściwości. Wtedy też będziemy dobierać punkty pracy lamp. **A w tym artykule omówię to, co w układach lampowych okazuje się najważniejsze, i co w praktyce bywa największym problemem**, nie tylko dla początkujących. Ale najpierw wprowadzenie.

Tyrania autorytetu i zupełnie nagi król

Lektura for tak zwanych audiofilskich, oprócz innych wniosków, stwarza też nieodparte wrażenie, że projektowanie układów lampowych wymaga umiejętności i wiedzy graniczących ze sztuką magiczną. Tymczasem ja namawiam także Ciebie: **spróbuj i zacznij projektować lampowe układy audio!**

Prawda jest taka, że dawnych, niekwestionowanych specjalistów od techniki lampowej praktycznie już nie ma, bo po prostu umarli. Nadal jest garstka ludzi, których można nazwać specjalistami od lamp. Jednak prawdziwych ekspertów jest coraz mniej, natomiast namnożyło się mnóstwo szarlatanów, którzy przede wszystkim opanowali słownictwo techniczne związane z lampami. Niektórzy zauważyli, że w sumie podstawowych konfiguracji lampowych jest niewiele, że lampy na wiele pozwalają i wiele wybaczą. Zorientowali się też, że inni do trudniejszych kwestii związanych z techniką audio podchodzą wręcz z nabożną czcią i że można „wcisnąć” im nie tylko różne informacje, ale też sprzedać po paskarskich cenach różne urządzenia zawierające lampy elektronowe.

Znam kilka osób, które budują i sprzedają układy zawierające lampy. Niestety, zwłaszcza ci młodszy proponują rozwiązania co najmniej dyskusyjne. A przynajmniej niespójne i niezgodne z tym, co dotychczas było uważane za dobrą praktykę. I kreują się przy tym na wszytkowiedzących ekspertów. A łatwo można wykazać, że mają duże braki w znajomości ogólnych zasad elektroniki. W ich przypadku łatwo można pokazać, że król jest nagi.

Piszę to dlatego, żebyś nie uległ tyranii autorytetu mnóstwa pseudoekspertów, którzy preferują rozmaite „jedynie słuszne” poglądy i kierunki. Nie daj sobie wmówić, że jakiś kierunek czy jakieś poglądy są jedynie słuszne. W kwestiach lampowych wszystko jest dozwolone, a „jedynie słuszne” będzie to, co odpowiada Tobie. I to niezależnie od poziomu Twojej wiedzy, muzykalności i doświadczenia.

Faktem jest, że będę Cię także namawiał do pewnych rozwiązań dyskusyjnych i niezgodnych z dawnymi kanonami. Wypróbuj różne możliwości!

Piszę o tym, żeby Cię zachęcić do poznania ogólnych zasad wykorzystania lamp i do praktycznych eksperymentów z wykorzystaniem najróżniejszych lamp: triod, pentod, a nawet triodopodobnych wyświetlaczy flu-

nietypowymi wzmacniaczami lampowymi VFD nieporównanie mniejszym kosztem. Także Ty możesz stać się projektantem i konstruktorem układów lampowych, oczywiście najpierw tych prostszych, łatwiejszych.

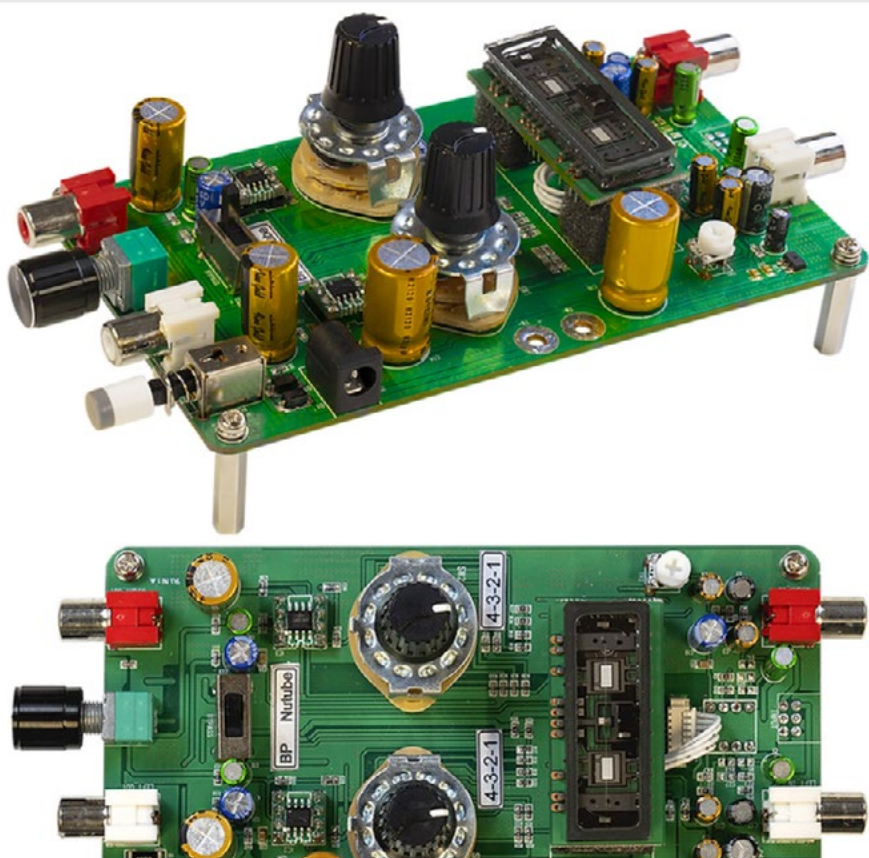
Jakie lampy do układów audio?

W kwestii lamp do układów audio moja propozycja jest prosta i niezmienna: **sprawdź osobiście!** Proponuję nie przejmować się za bardzo kategorycznymi opiniami na temat tego, które to lampy i jakich producentów dają „dobry dźwięk”. Opinie te są mocno rozbieżne, niespójne, często wzajemnie sprzeczne i niestety bardzo, ale to bardzo często „mocno skażone komercją”.

Na pewno na początek nie musisz kupować kosztownych lamp po kilkaset złotych za sztukę! Zacznij od niedrogich triod z serii ECC8x (PCC8x).

Nie poddawaj się tyranii autorytetu! Nie bój się nietypowych rozwiązań! W „lampowych ocieplaczach dźwięku” i w efektach gitarowych możesz wykorzystać i przetestować dowolne lampy. Między innymi warto wypróbować pentody. Na łamach ZE niedługo zajmiemy się także „świecącymi triodami”.

⚠ Niezabezpieczona | <http://www.nutube.us>



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

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



Podstawy automatyki – detekcja położenia

W automatyce bardzo często zachodzi potrzeba uzyskania informacji, że element mechanizmu jest we właściwej pozycji. Poza informacją o osiągnięciu pewnego punktu, potrzebny jest również pomiar przebytej drogi albo pomiar kąta obrotu danego elementu. Jaki czujnik można do tego zastosować? O tym poniżej.

[Enkodery i resolwery](#)
[Enkoder inkrementalny](#)
[Enkoder absolutny](#)

[Budowa enkoderów i resolwerów](#)
[Problemy eksploatacyjne](#)
[Wyłączniki krańcowe](#)

Enkodery i resolwery

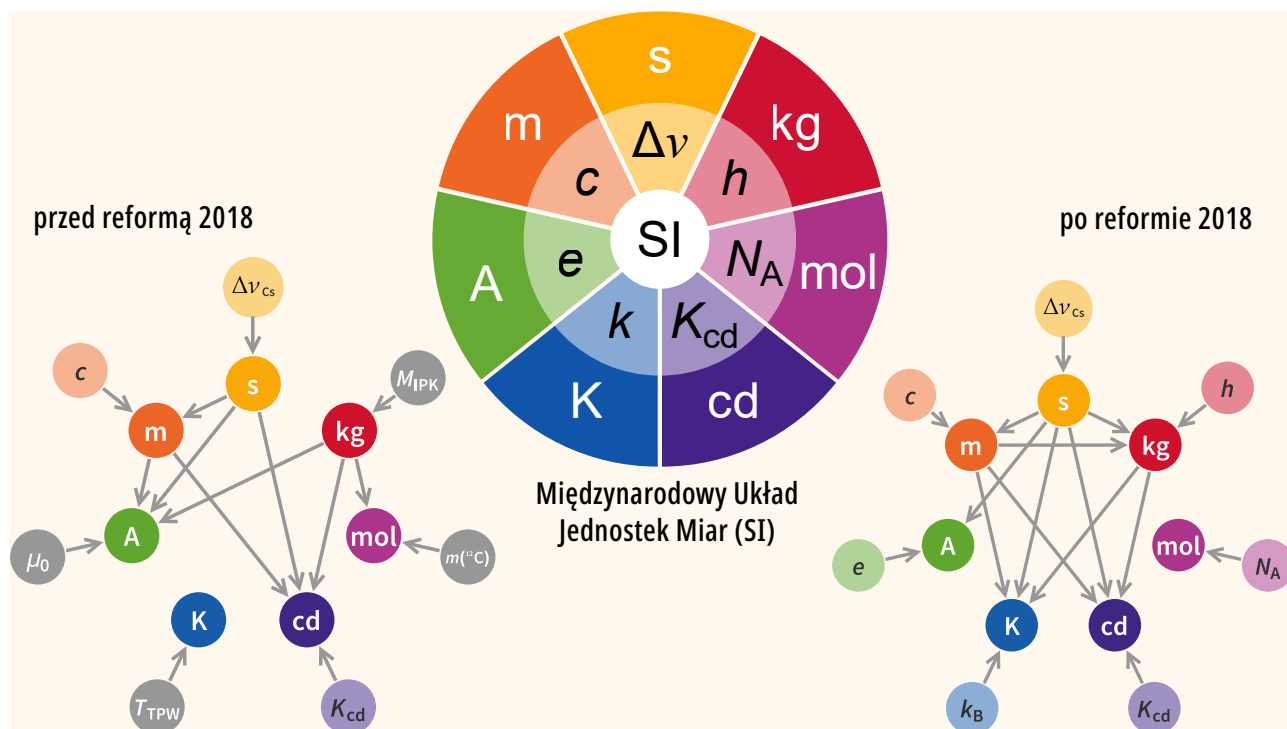
Enkoder to czujnik, który przekształca przemieszczenie liniowe lub kątowe elementu na sygnał elektryczny. Enkodery mogą być **inkrementalne** (pomiar drogi jest liczony od miejsca zakończenia poprzedniego pomiaru – pomiar względny) oraz **absolutne** (pomiar jest liczony od miejsca referencyjnego, stałego dla każdego pomiaru – pomiar bezwzględny). Urządzenia te są stosowane do pomiaru przebytej drogi i precyzyjnego manewrowania elementem, np. we wszelkich obrabiarkach CNC i podobnych. Mogą być także używane do kontroli prędkości obrotowej

wag (o wagach jest przewidziany oddzielny artykuł w ramach niniejszego cyklu).

Resolver jest elementem mierzącym kąt obrotu, jednak jego budowa jest nieco odmienna od typowego enkodera. Ponadto wyjście enkodera to sygnał impulsowy, zaś wyjście resolwera jest sygnałem napięciowym o wartości z pewnego zakresu.

Istotnym parametrem przy pomiarach drogi jest **rozdzielczość** przetwornika – liczba impulsów na jeden obrót wału. Im impulsów więcej, tym mniejszy odcinek drogi można zmierzyć – pomiar z większą dokładnością.

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



Wzorce wielkości elektrycznych

Pomiary muszą opierać się na jakichś wzorcach. Zdecydowana większość elektroników nie miała i nie będzie mieć do czynienia z laboratoryjnymi wzorcami wielkości elektrycznych. Najlepsze wzorce są nieprawdopodobnie dokładne i choć nie mamy z nimi do czynienia, naprawdę warto o nich wiedzieć.

Co jest ważniejsze: amper czy volt?

Wzorce napięcia elektrycznego

Wzorce rezystancji

Wzorce (natężenia) prądu

Wzorce ładunku elektrycznego?

Jako elektronicy przeprowadzamy rozmaite pomiary za pomocą różnych mierników, najczęściej multimetrów. Ale też z pomocą innych, mniej i bardziej skomplikowanych przyrządów.

A skąd wiemy, że ich wskazania są prawidłowe? Nie wystarczy zaufanie do sprzedawcy, że jego miernik „ma prawidłowe wskazania”. Nie wystarczy specyfikacja miernika (multimetru), która w przypadku najtańszych przyrządów bywa wręcz „wyssana z palca”, a w lepszym przypadku niepełna, niekompletna, nieścisła, a przez to wprowadzająca w błąd.

Jak więc można sprawdzić, czy wskazania posiadanego miernika są prawidłowe?

Otóż najprościej przez porównanie z lepszym miernikiem, co najmniej o klasę lepszym, cokolwiek tak naprawdę miałyby to znaczyć. Ale ten „lepszy miernik” też trzeba sprawdzić, zapewne z użyciem „jeszcze lepszego miernika”. I tak dalej... Aż wreszcie dojdziemy do laboratoriów metrologicznych,

gdzie nie tyle są „najlepsze mierniki”, co są wzorce. Wzorce wielkości elektrycznych.

Dawniej wzorcem metra była metalowa linijka zamknięta w sejfie w pałacach Sevres pod Paryżem gdzie mieści się Międzynarodowe Biuro Miar i Wag, BIPM (fr. *Bureau international des poids et mesures*).

Dziś ani metr, ani inne jednostki nie mają takich materialnych wzorców. Szczególnie po reformie z roku 2018, gdy ściśle zdefiniowano pewne stałe fizyczne, oparto na nich podstawowe jednostki i określono, jak w laboratoriach można te jednostki odtworzyć, zrealizować. Co ważne, w każdym kraju jest państwowa instytucja, która dba o zgodność krajowych wzorców z wzorcami światowymi. W Polsce obecnie jest to GUM – Główny Urząd Miar.

W każdym razie dziś można „odtworzyć” wzorce jednostek w każdym dobrze wyposażonym laboratorium. Także wzorce jednostek „elektrycznych”. I tu zaczyna się interesująca, trochę dziwna historia.

Co jest ważniejsze: amper czy volt?

W szkole uczymy się, że układ jednostek miar SI opiera się na następujących siedmiu jednostkach: metr, kilogram, sekunda, **amper**, kelwin, kandela i mol. Między innymi to pokazuje **rysunek tytułowy** tego artykułu, który wskazuje też relacje między jednostkami w systemie SI przed i po reformie z roku 2018. Najprościej biorąc, reforma oparła jednostki podstawowe na pewnych stałych fizycznych. A na siedmiu jednostkach podstawowych opierają się jednostki pochodne, między innymi najbardziej interesujące nas „elektryczne”, takie jak wat, džul, henr, farad, kulomb, herc, om, simens i volt.

Oczywiście spośród tych siedmiu jednostek podstawowych, elektronika najbardziej interesuje amper. Przypomnijmy, że obecnie ta jednostka podstawowa SI (natężenia) prądu elektrycznego, zdefiniowana jest **poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej ładunku elementarnego e , wynoszącej $1,602\,176\,634 \times 10^{-19}$, wyrażonej w jednostce C (kulomb), która jest równa $A \cdot s$, gdzie sekunda zdefiniowana jest za pomocą $\Delta\nu_{Cs}$.**

Czy wobec tego podstawą i fundamentem wszelkich pomiarów elektrycznych i elektronicznych jest amper? Czy w laboratoriach tym fundamentem jest liczenie mnóstwa ($6,241509074 \times 10^{18}$) elektronów przepływających w ciągu jednej sekundy?

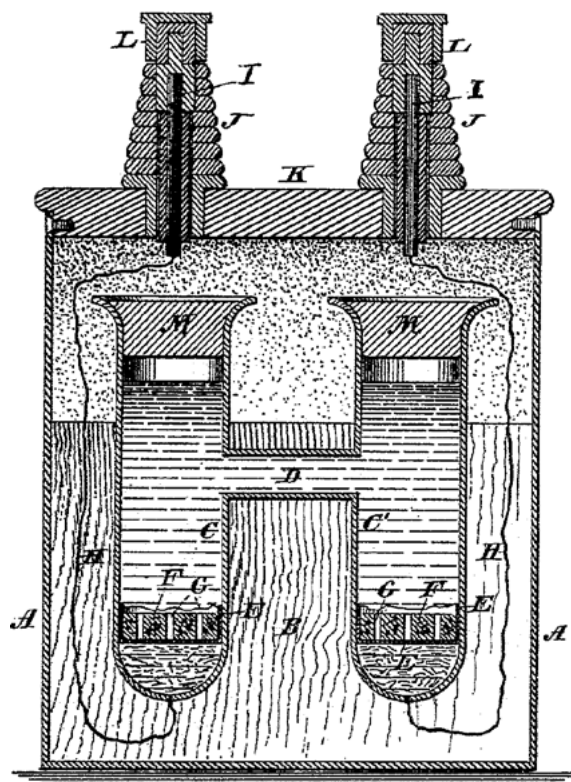
Otóż nie! Dla wielu zaskoczeniem może być informacja, że **pomiary elektryczne opierają się na wzorcach napięcia i wzorcach rezystancji**, a nie na wzorcach prądu czy ładunku.

Podkreślam, że amper jest jednostką podstawową układu SI, ale w praktyce nie wykorzystuje się „wzorca ampera”, tylko wzorce napięcia i rezystancji, jedno i drugie oparte na efektach kwantowych.

Wzorce napięcia elektrycznego

Zjawiska elektryczne zaczęto intensywnie badać od roku 1800, głównie dzięki wykorzystaniu stosu Volty. Opracowano różne źródła napięcia, głównie o małej stabilności, co zresztą było przyczyną kłopotów, pomyłek i błędnych wniosków. Właśnie dlatego w latach 20. XIX wieku Ohm, po wstępnych błędnych interpretacjach, wykorzystywał jako źródło napięcia... termopary, a nie wynalezione ćwierć wieku wcześniej ogniwo Volty, mające bardzo dużą rezystancję wewnętrzną. Dopiero wtedy odkrył prawo Ohma.

Natomiast w roku 1872 (inni podają 1873 lub 1874) angielski inżynier Jozjasz Latimer Clark opracował stosunkowo stabilne ogniwo, które mniej więcej do końca XIX wieku służyło za oficjal-



Rysunek 1

i wygodniejszym w użyciu ogniwem (Edwarda) Westona. Napięcie ogniwa Westona wynosi około 1,01865 V. Około, ponieważ w określonym niewielkim stopniu zależy też od temperatury. **Rysunek 1** pochodzi z oryginalnego patentu.

Fotografia 2 (z Wikipedii, Autor: Инженер Павел Серков CC-BY-SA 4.0) pokazuje praktyczną realizację z czasów Związku Radzieckiego.



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

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

1.1 Absolute Maximum Ratings †

$V_{DD} - V_{SS}$	6.5V
Current at Input Pins ††	±2 mA
Analog Inputs (V_{IN+} and V_{IN-}) ††	$V_{SS} - 1.0V$ to $V_{DD} + 1.0V$
All other Inputs and Outputs	$V_{SS} - 0.3V$ to $V_{DD} + 0.3V$
Difference Input voltage	$ V_{DD} - V_{SS} $
Output Short Circuit Current	Continuous
Current at Output and Supply Pins	±30 mA
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Max. Junction Temperature	+150°C
ESD protection on all pins (HBM, CDM, MM) ≥ 4 kV, 1.5 kV, 300V	

Katalogowe parametry Absolute Maximum Rating

To jest czwarty z serii artykułów wprowadzających w tematykę parametrów elementów elektronicznych, przedstawiający informacje ułatwiające analizę rozmaitych kart katalogowych. Pokazuje on, które parametry są najważniejsze z uwagi na możliwość uszkodzenia i jak je znaleźć w katalogu.

Grupy parametrów w kartach katalogowych
Które parametry są najważniejsze?
Absolute Maximum Ratings

Ograniczenia „napięciowe”
Maksymalna i minimalna temperatura

W tym artykule skupimy się na tym, co w kartach katalogowych jest najważniejsze, w szczególności na kwestii kluczowych ograniczeń.

Grupy parametrów w kartach katalogowych

Zła wiadomość jest taka, że nie ma wspólnych reguł dotyczących formy i treści kart katalogowych. Jedne karty są bardzo krótkie, inne obszerne, a sposób definiowania parametrów, czyli określania niedoskonałości elementów, bywa różny. Brak wiedzy, a nawet tylko odrobina nieuwagi może skutkować wyciągnięciem błędnych wniosków, czyli wprowadzeniem w błąd. Nie ma jednej prostej reguły, jak analizować i interpretować katalogowe informacje.

Trzeba się tego nauczyć stopniowo. Pomocą będą ten oraz dwa następne artykuły tej serii, omawiające grupy bardziej i mniej ważnych parametrów.

W artykułach tych pokażę, że katalogowe parametry można logicznie podzielić na pewne grupy. Gdyby istniał jeden wspólny, uniwersalny szablon, dobrze rozdzielający poszczególne grupy parametrów, analiza byłaby genialnie ułatwiona.

Niestety, z różnych względów nie ma jednolitego szablonu. Informacje zawarte w kartach katalogowych są często przemieszane i nie jest łatwo się w nich rozeznąć. Co ważniejsze i gorsze, poszczególni wytwórcy inaczej i w innych warunkach wyznaczają, a potem odmiennie przedstawiają parametry elementów.

Które parametry są najważniejsze?

Na końcu poprzedniego artykułu – Co jest, a czego nie ma w kartach katalogowych wspomniałem krótko o parametrach **informacyjnych** i **ograniczających**. Ogólnie biorąc, najważniejsze są właśnie parametry ograniczające, których przekroczenie doprowadzi lub może doprowadzić do uszkodzenia. To **kwestia podstawowa: element musi pracować w warunkach, które nie grożą jego szybkim uszkodzeniem**. I głównie tym zajmiemy się w artykule.

A jeżeli już zapewnimy bezpieczną pracę elementu, wtedy w niektórych zastosowaniach za najważniejsze uznajemy inne parametry, których nie można zaliczyć do ograniczających. Parametry, które można nazwać informacyjnymi, które są miarą doskonałości lub niedoskonałości danego elementu.

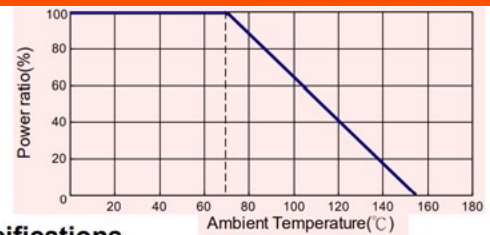
Zasygnalizuję to króciutko na przykładzie **rezystorów SMD produkcji Viking serii AR**. **Rysunek 1** pokazuje fragment karty katalogowej, gdzie różowymi podkładkami zaznaczyłem parametry ograniczające, związane z możliwością uszkodzenia.

Idealny rezystor ma tylko jeden parametr: **rezystancję**. Dla realnego rezystora drugim najważniejszym parametrem jest **obciążalność**, potocznie zwana mocą – maksymalną mocą strat. Podawana w watach obciążalność (moc strat, ang. *power*) to podstawowy parametr ograniczający rezystora. I bardzo ściśle związana jest z tym temperatura, co pokazuje wykres na górze rysunku.

Podana w katalogu obciążalność rezystora, inaczej mówiąc dopuszczalna moc strat, jaka może się w nim wydzielić (Power Rating), wyznacza też maksymalne napięcie, jakie trwale może wystąpić na tym rezystorze oraz maksymalny prąd przezeń płynący zgodnie z zależnościami: $P = U \times I = I^2 \times R = U^2 / R$. Jednak w grę wchodzi też inne kwestie ograniczające, które będziemy stopniowo omawiać w oddzielnych artykułach o rezystorach.

Jeżeli rezystor ma być zastosowany w jakimś układzie precyzyjnym, wtedy kluczowe znaczenie mają parametry informacyjne, określające jego dokładność i stabilność. Ważna jest tolerancja oraz kwestia zmian wartości rezystancji pod wpływem różnych czynników zewnętrz-

Derating Curve



Standard Electrical Specifications

Item Type	Power Rating at 70°C	Operating Temp. Range	Max. Operating Voltage	Max. Overload Voltage	Resistance Range					TCR (PPM/°C)
					±0.05%	±0.1%	±0.25%	±0.5%	±1%	
AR02 (0402)	1/16W	-55 ~ +155°C	25V	50V	49.9Ω - 10KΩ	49.9Ω - 100KΩ				±25 ±50
AR03 (0603)	1/16W	-55 ~ +155°C	50V	100V	10Ω - 49.9KΩ	10Ω - 332KΩ				±25 ±50
AR05 (0805)	1/10W	-55 ~ +155°C	100V	200V	10Ω - 100KΩ	10Ω - 1MΩ				±25 ±50
AR06 (1206)	1/8W	-55 ~ +155°C	150V	300V	10Ω - 200KΩ	10Ω - 1MΩ				±25 ±50
AR13 (1210)	1/4W	-55 ~ +155°C	150V	300V	10Ω - 499KΩ	10Ω - 1MΩ				±25 ±50
AR10 (2010)										
AR12 (2512)	1/2W	-55 ~ +155°C	150V	300V	10Ω - 499KΩ	10Ω - 1MΩ				±25 ±50

Rysunek 1

Z kolei w zastosowaniach w.c.z. (radiowych), kluczowe znaczenie mają parametry informacyjne, opisujące niedoskonałości związane z częstotliwością i szybkością. Na przykład do układów wysokiej częstotliwości generalnie nie nadają się rezystory drutowe, bo mają znaczną szkodliwą indukcyjność.

W przypadku kondensatora podstawowym parametrem jest oczywiście **pojemność**, a najważniejszym parametrem ograniczającym jest **maksymalne napięcie pracy**, które jest wynikiem niedoskonałości dielektryka. Maksymalne napięcie pracy to niewątpliwie podstawowy parametr ograniczający, ale jak widać choćby na przykładzie karty katalogowej **przebieganych kondensatorów elektrolitycznych produkcji Panasonic**, (fragmenty na **rysunku 2**) traktowane jest to jako oczywistość. Nie ma nic na ten temat.

Specifications

Category temp. range	-40 °C to +85 °C
Rated voltage range	4 V to 50 V
Capacitance range	2.2 µF to 330 µF
Capacitance tolerance	±20 % (120 Hz / +20°C)
Leakage current	$I \leq 0.01 CV$ or 3 (µA) After 2 minutes (Whichever is greater)
Dissipation factor (tan δ)	Please see the attached characteristics list
Endurance	After applying rated working voltage for 1000 h at +85 °C±2 °C when the capacitors are restored to 20 °C, capacitors shall meet the following limits.
	Capacitance change Within ±20 % of the initial value (4 V : ±30 %)
	Dissipation factor (tan δ) ≤ 200 % of the initial limit
	DC leakage current Within the initial limit
Shelf life	After storage for 1000 h at +85 °C±2 °C with no voltage applied and then being stabilized at +20 °C, capacitors shall meet the limits specified in endurance. (With voltage treatment)

Frequency correction factor for ripple current

Cap. (µF)	Freq. (Hz)			
	50, 60	120	1 k	10 k to
2.2 to 330	0.70	1.00	1.30	1.70

Rysunek 2

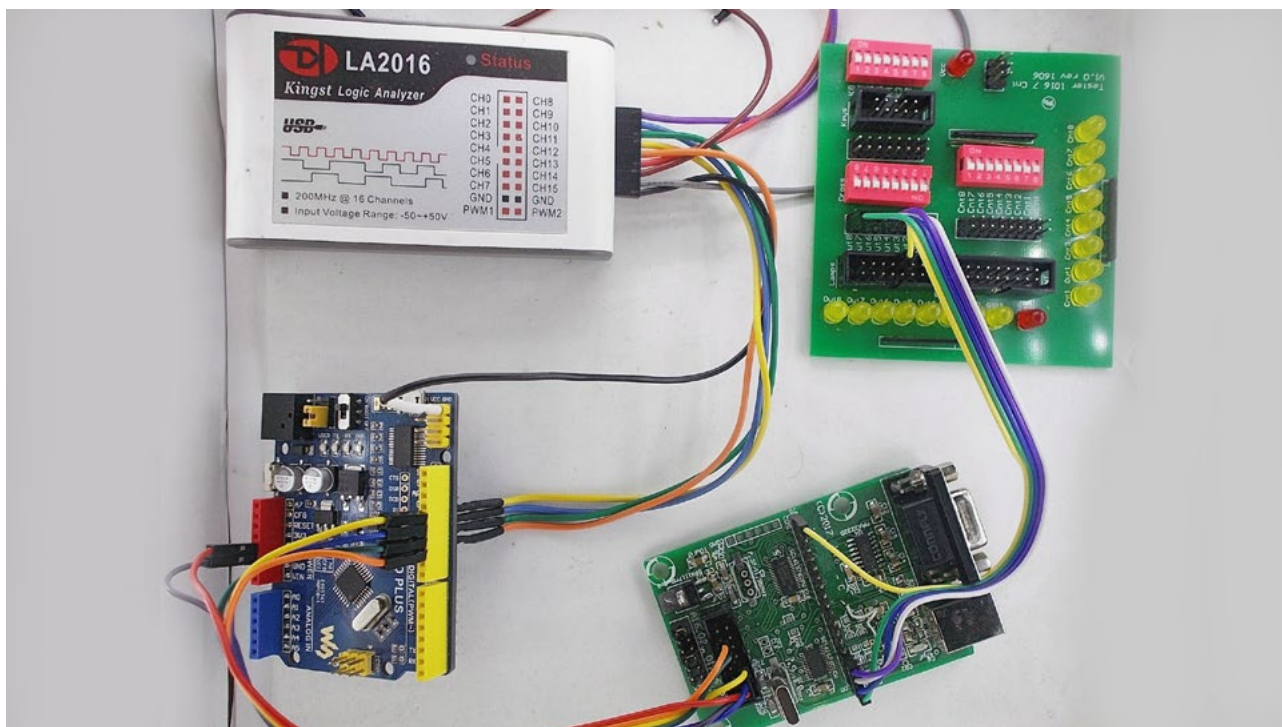
Case size

Lead length

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

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

33	5.0	5.0	43	0.20	0.45	2.0	5.0	2.5	ECEA1AKS330()
47	6.3	5.0	65	0.20	0.45	2.5	5.0	2.5	ECEA1AKS470()
100	6.3	5.0	80	0.20	0.45	2.5	5.0	2.5	ECEA1AKS101()
220	8.0	5.0	120	0.20	0.45	2.5	—	2.5	ECEA1AKS221()



Dodatkowe porty UART w Arduino

Jedną z poważniejszych wad Arduino na AVR jest mała ilość portów UART. Uwzględniając fakt, że jeden UART jest wykorzystywany przez bootloader w przypadku Arduino UNO/NANO w ogóle nie mamy pełnowartościowego UART, bo jedyny jest współdzielony z bootloaderem.

Co będzie potrzebne?

Jak podłączyć?

Ramka komunikacyjna do SC16IS7xxx

Program

Dlaczego rozwiązanie jest niedoskonałe?

Jak arduinowcy rozwiązują problem braku UART? W najgorszy możliwy sposób czyli używając programowego UART-a. Dlaczego to złe rozwiązanie? Powodów jest kilka:

- niska maksymalna prędkość transmisji,
- niezmienny format ramki 8N1,
- co **bardzo ważne, aby programowy UART działał muszą być włączone przerwania.**

Dlaczego włączone przerwania są problemem? Arduinowe biblioteki **nader często i na długo blokują wszystkie przerwania.** Takie niechlubne przykłady to biblioteka do obsługi 1-Wire oraz do LED WS2812. Równoczesne działanie tych bibliotek i programowego UART jest w praktyce niemożliwe. UART będzie gubił znaki. Jak rozwiązać ten problem? W przypadku Arduino UNO można zamienić płytkę

na Arduino MEGA. Co w przypadku Arduino MEGA? Gdy brakuje UART? Sytuacja patowa? Na szczęście nie! Rozwiązaniem jest zewnętrzny UART. Odrzucić należy stare UART, komunikujące się magistralą równoległą, jak na przykład 16C550, ze względu na to, że niewiele AVR ma kontroler magistrali równoległej a jego programowa emulacja to nie najlepszy pomysł, ale ważniejsza jest **wysoka cena** tych nieprodukowanych już UART. Dostępne są jednak, w przystępnej cenie, UART komunikujące się po magistrali I²C lub SPI. Znalazłem dwa takie układy w ofercie krajowych sklepów:

- SC16IS760
- SC16IS762

Pierwszy z nich zawiera jeden UART: 64 bajty FIFO Tx i Rx, maksymalna prędkość transmisji 5Mb/s,

5-8 bitów danych, parzystość/nieparzystość/brak, 1/ 1/2/ 2 bity stopu, sprzętowe sterowanie przepływem RS232C lub Xon/Xoff i kierunkiem transmisji dla RS485, IrDA, od czterech do ośmiu GPIO. Komunikacja przez I2C (max. 400kb/s) lub SPI (max. 5Mb/s).

Drugi zawiera dwa UART-y po: 64 bajty FIFO Tx i Rx, max. prędkość transmisji 5Mb/s, 5-8 bitów danych, parzystość/nieparzystość/brak, 1/ 1/2/ 2 bity stopu, sprzętowe sterowanie przepływem RS232C lub Xon/Xoff i kierunkiem transmisji dla RS485, IrDA, łącznie do ośmiu GPIO. Komunikacja przez I2C (max. 400kb/s) lub SPI (max. 5Mb/s).

Ciekawą wspólną cechą obu układów jest **kompatybilność, na poziomie rejestrów, z popularnym 16C450/550**. Zmieniony jest interfejs z równoległego na I2C/SPI oraz dodane kilka funkcji.

Co będzie potrzebne?

Płytkę z układem SC16IS760 lub SC16IS762, które znalazłem na Aliexpress. Co ciekawe, płytkę z podwójnym UART była ponad dwa razy tańsza od płytki z jednym UART. Ze względu na to, że nie posiadałem takich płytek próby prze-

prowadziłem na module, którego schemat widać na **rysunku 1**. Płytkę została opracowana do urządzenia, które nie doczekało się realizacji. Płytkę ma dwa układy: SC16IS760 i SC16IS762. Pierwszy z nich jest połączony mostkiem USB-UART FT230XS, drugi z MAX3232D i złączem GOLDPIN. Ponadto wszystkie linie GPIO/sterowania przepływem UART-ów wyprowadzono na GOLDPIN-y.

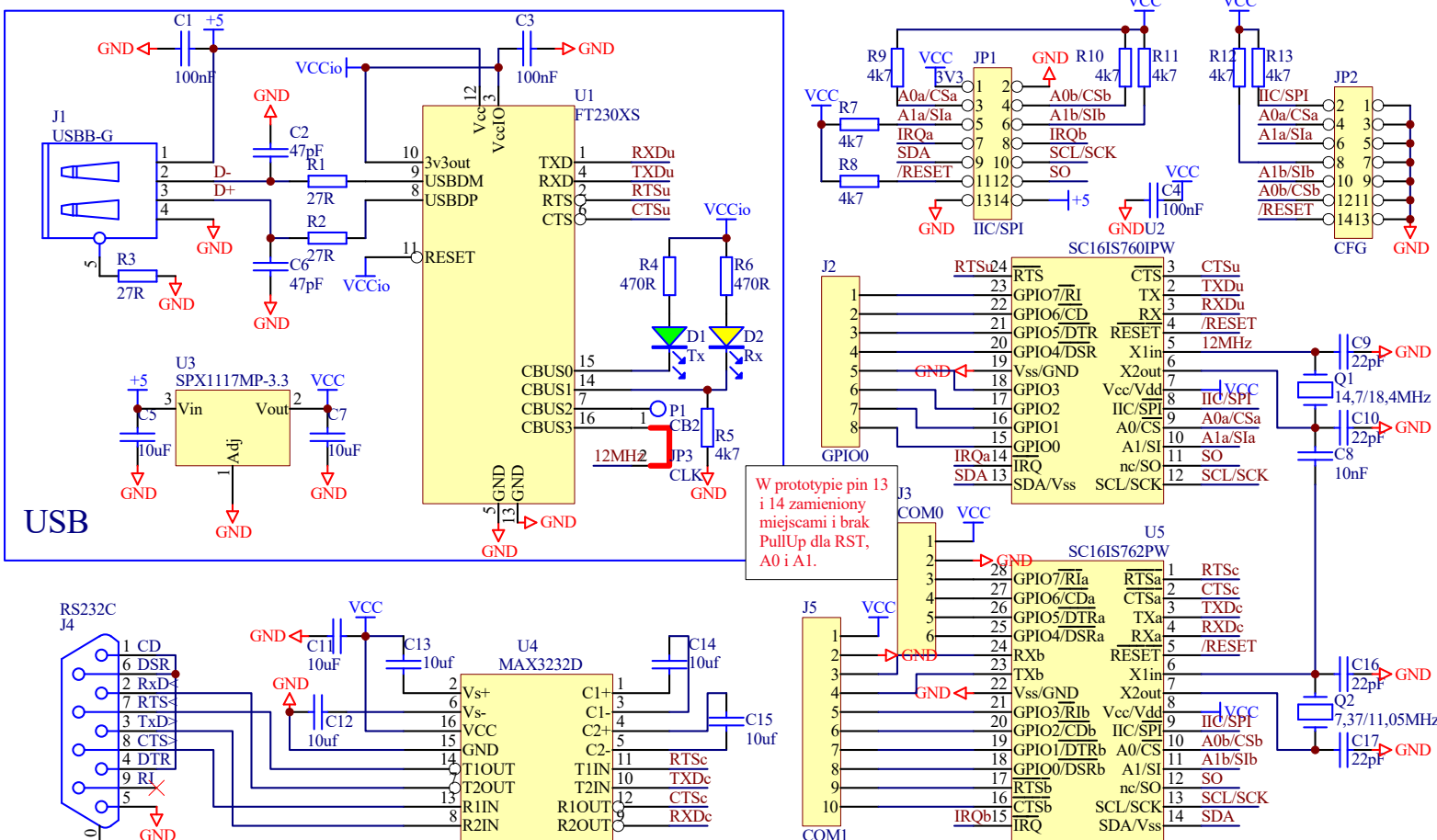
Jak podłączyć?

Zwierając pin układu SC16IS7xx oznaczony I2C/ SPI z masą wymuszamy komunikację w trybie SPI. Z Arduino łączymy linie według **tabeli 1**:

Nie jest wymagany konwerter poziomów, ponieważ układy SC16SI akceptują napięcia do 5,5V, mimo że są zasilane z 3,3V.

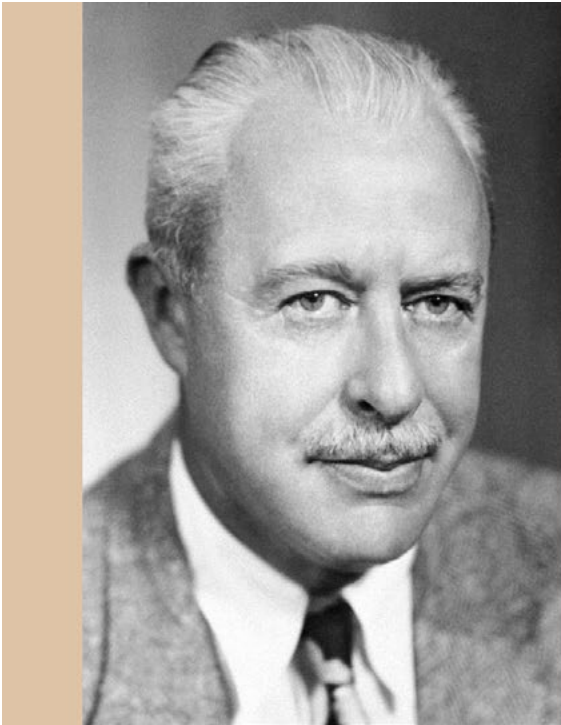
Oznaczenie pinu	Oznaczenie pinu	Numer pinu	Numer pinu
Arduino UNO	SC16IS7XX	SC16IS760	SC16IS762
D9	A0/CS	9	10
D10 (MOSI)	A1/SI	10	11
D11 (MISO)	SO	11	12
D12 (SCK)	SCL/SCK	12	13

Tabela 1



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

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



Ultrakrótka historia elektroniki: Odkrycie tranzystora bipolarnego

W poprzednim artykule serii ([H016](#)) mówiliśmy o próbach stworzenia ulepszonej, półprzewodnikowej wersji triody. Pomysł pojawił się w latach 20. XX wieku, ale na jego realizację trzeba było czekać ćwierć wieku. A to co przedstawiono w roku 1947, wcale nie było tym elementem, na który czekano.

Bardeen, Brattain i Shockley
Rola Shockley'a

Tranzystor ostrzowy i złączowy
Schemat obwodu pomiarowego

Opowieść o historii elektroniki zakończyliśmy informacją, że po zakończeniu II wojny światowej słynny amerykański koncern telekomunikacyjny Bell skompletował zespół badaczy, którego celem było opracowanie półprzewodnikowego elementu wzmacniającego.

Przypominam, że historia półprzewodników zaczęła się od prostowników ostrzowych (detektorów) mniej więcej na przełomie XIX i XX wieku i że w latach 20. XX wieku zaobserwowano i próbowano wykorzystać działanie wzmacniające niektórych takich detektorów (krystadyna). Jednak wtedy nikt nie rozumiał ich działania, a to działanie było niestabilne. Dlatego po I wojnie światowej elementami wzmacniającymi były praktycznie wyłącznie lampy elektronowe.

Też miały wady, dlatego już pod koniec lat 30. koncern Bell podjął próby stworzenia stabilnych półprzewodnikowych elementów wzmacniających.

Próby spełzły na niczym, głównie z uwagi na brak odpowiednio czystych materiałów półprzewodnikowych. Paradoksalnie dalszy krok umożliwiła II wojna światowa. Z jednej strony przerwała ona wcześniejsze prace, ponieważ naukowcy też podjęli działania związane z wojną. Z drugiej strony było to bazą do powstania tranzystorów.

Jednym z kluczowych kierunków działań naukowców było stworzenie jak najlepszych radarów. Najprościej biorąc – radarów pracujących na jak najwyższych częstotliwościach, rzędu gigaherców. W układach odbiorczych potrzebne były dobre detektory – diody.

Włożono wiele wysiłku, żeby stworzyć szybkie i niezawodne diody półprzewodnikowe. Były to głównie diody germanowe, ale też krzemowe. I właśnie dla celów militarnych opracowano sposoby wytwarzania wysokiej jakości, czystych materiałów półprzewodnikowych. Gdy wojna się skończyła, do dyspozycji naukowców był zarówno german, jak i krzem o bardzo dużej czystości. A to dawało szansę na stworzenie elementów półprzewodnikowych o powtarzalnych parametrach.

Najczęściej mówi się o Ameryce i laboratoriach koncernu Bella, gdzie w celu opracowania półprzewodnikowego elementu wzmacniającego stworzono zespół badawczy pod kierunkiem Williama Shockley'a. Ale nie był to jedyny ośrodek, gdzie eksperymentowano z półprzewodnikami.

Otóż wcześniej, w czasie wojny, drugim głównym centrum badań półprzewodników były hitlerowskie Niemcy. Niemieccy naukowcy też mieli znaczące osiągnięcia, ale wojna zrujnowała kraj i wyniki wojennych badań wykorzystano potem we Francji, gdzie tranzystor (tranzystron) wynaleziono praktycznie w tym samym czasie co w USA, co omówię w następnej artykule tego cyklu. Ale najpierw o Ameryce.

Bardeen, Brattain i Shockley

Trzej naukowcy: Walter Brattain, John Bardeen i William Shockley w roku 1956 otrzymali nagrodę Nobla z fizyki. W sumie za tranzystor, którego pierwsza wersja została zaprezentowana 23 grudnia 1947.

Już wcześniej pisałem, że szefem zespołu badawczego był William Shockley. Jego pierwsza próba stworzenia, jak byśmy dziś powiedzieli, tranzystora polowego w postaci cylindra, spełzała na niczym.

To Shockley nadawał kierunek badaniom, jednak bardzo często był nieobecny w laboratorium i pozostawiał dużą swobodę swoim współpracownikom. Jednym z nich był Walter Brattain, którego można też nazwać majsterkowiczem, bo to on fizycznie realizował modele i przeprowadzał testy. Natomiast John Bardeen był myślicielem, i teoretykiem, bardzo dobrym zresztą.

Kierunek nadany przez Shockley'a to było dążenie do stworzenia

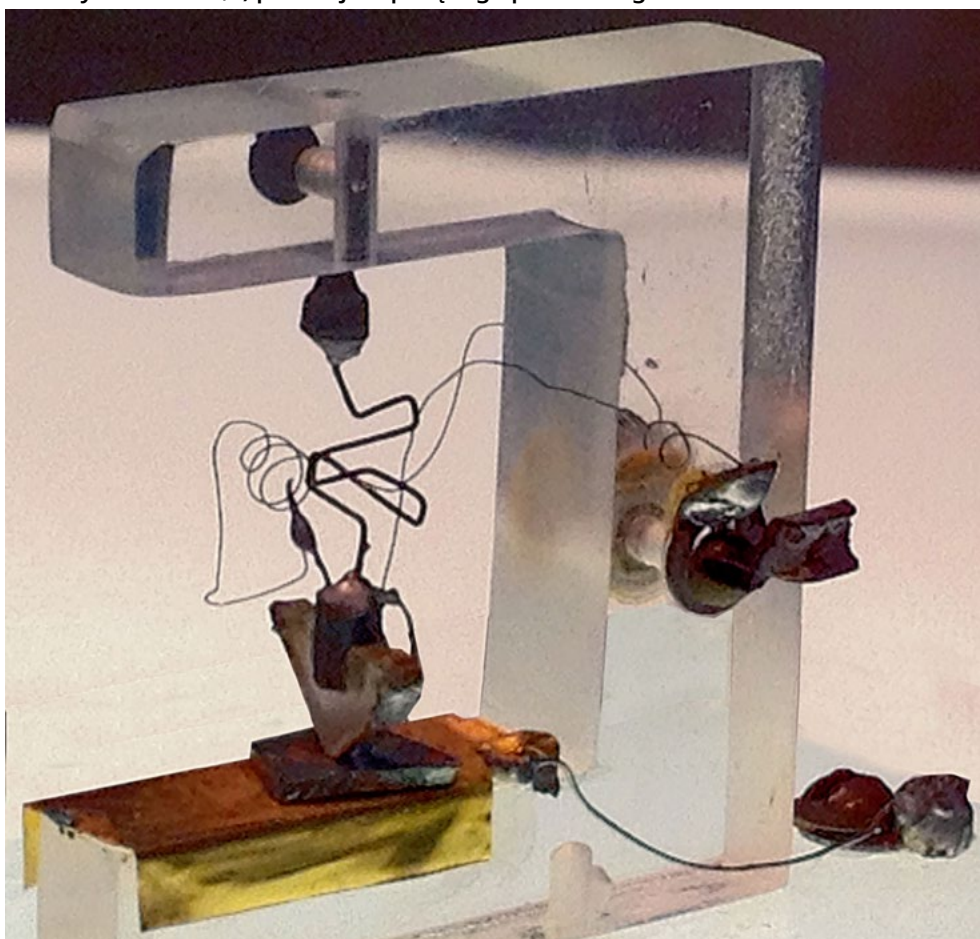
Jednak prace nie posuwały się według oczekiwań. Problemem były efekty powierzchniowe, które najprościej biorąc, nie pozwalały polu elektrycznemu wnikać w głąb (słabo przewodzącego) materiału półprzewodnikowego. Brattain i Bardeen podejmowali różne próby przezwyciężenia i wytłumaczenia szkodliwych efektów powierzchniowych, ale bez rezultatu. Miedzy innymi zanurzali badane próbki półprzewodnika w cieczach – głównie w wodzie.

Cel był jasny: stworzyć odpowiednik lampy triody, ale z uwagi na przeszkody przeprowadzano różne, także bardzo dziwne próby w celu zbadania i wyeliminowania wpływu efektów powierzchniowych.

Jednym z takich dziwnych eksperymentów badawczych było przyciśnięcie do powierzchni germanowej płytki paska złotej folii za pomocą trójkątnego kawałka plastiku. Paska przeciętego ostrym nożem.

Bazą, podstawą była płytka, sztabka germanu. Stąd do dziś pozostała nazwa „baza”, dziś już zupełnie nieadekwatna. Do górnej powierzchni tej bazowej płytki przyciśnięte były dwie części przeciętego złotego paska, między którymi była wąska szczelina.

Fotografia 1 (z Wikipedii, Autor: Unitronic CC BY-SA 3,0) pokazuje replikę tego pokracczego elementu.



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

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



Budowa wewnętrzna tanich chińskich zasilaczy

Często słyszy się określenia w rodzaju „tani chiński chłam”. Potoczna opinia głosi, że tanie chińskie wyroby zawierają przestarzałe podzespoły, zwykle najniższej jakości, i że „małe chińskie rączki” wykonały je bardzo niestarannie. Często jest to prawdą, ale jak pokazuje ten artykuł – nie zawsze.

Jakiś czas temu nabyłem drogą kupną małą ładowarkę, pokazaną na fotografii tytułowej. Dwa wyjścia USB, czyli napięcie 5 V, deklarowany prąd maksymalny 2,2 A, czyli sporo. Wbudowany miernik z wyświetlaczem pokazuje aktualny prąd i napięcie. Zakupiona w kwietniu roku 2019 wprost w Chinach za pośrednictwem Aliexpress kosztowała (wraz z dostawą) 14,59 zł. Czyli bardzo tanio jak na takie parametry i naprawdę estetyczną obudowę.

Była często wykorzystywana do ładowania smartfonów oraz iPada za pomocą uniwersalnego kabla z trzema wtyczkami (**fotografia 1** pokazuje ten kabel z podobnym, sprawnym 3-ampierowym zasilaczem kupionym w styczniu 2021 jeszcze taniej, za niecałe 13 złotych). Zadowolony z działania nie zastanawiałem się nad budową wewnętrzną, ale w październiku 2022 zasilacz ten uległ uszkodzeniu, więc nadarzyła się okazja, żeby zajrzeć do środka

(niszcząc zaklejoną trwałe obudowę).

Oderwanie wklejonej części z wtyczką nie sprawiło kłopotu. Okazało się, że połączenie z siecią jest rozłączne – nie zawiera przewodów, tylko sprężyste styki. Spory problem pojawił się, gdy spróbo-



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

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



Pięciocyfrowy moduł mierzący U + I + P

Fotografia tytułowa mocno intryguje, ponieważ przedstawia niedrogi moduł mierzący napięcie, prąd i moc. Najbardziej intrygujące jest to, że wyświetlacze są 5-cyfrowe, a w opisie modułu jest mowa o wysokiej precyzji, a nawet można znaleźć wzmiankę o przetworniku 24-bitowym.

Opis modułu
Wstępne wrażenia

Jedno wielkie oszustwo!
Finalne wnioski

Pochodząca ze strony sklepu internetowego sprzedawcy **fotografia 1** robi ogromne wrażenie! Kto nie chciałby mieć tak znakomitego modułu? Tym bardziej, że w chińskich sklepach można go kupić za śmiesznie niską cenę około 35 złotych.

W artykule Precyzyjny monitor prądu i napięcia DC przedstawiłem dobitny przykład, że w chińskich sklepach (aktualnie za około 40 złotych) można kupić naprawdę dobre, zaskakująco dokładne moduły mierniki napięcia i prądu. Czyżby pojawiła się jeszcze bardziej atrakcyjna oferta?

Ja taki moduł zobaczyłem na filmie YT prezentu-

Moduł dotarł szybko, ale trochę czasu upłynęło do chwili, gdy wreszcie zdołałem określić, czy moduł to precyzyjny miernik, czy jedno wielkie oszustwo.



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

ZROZUMIEĆ **ELEKTRONIKĘ** z Piotrem Góreckim

ZE 11/2023

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.