

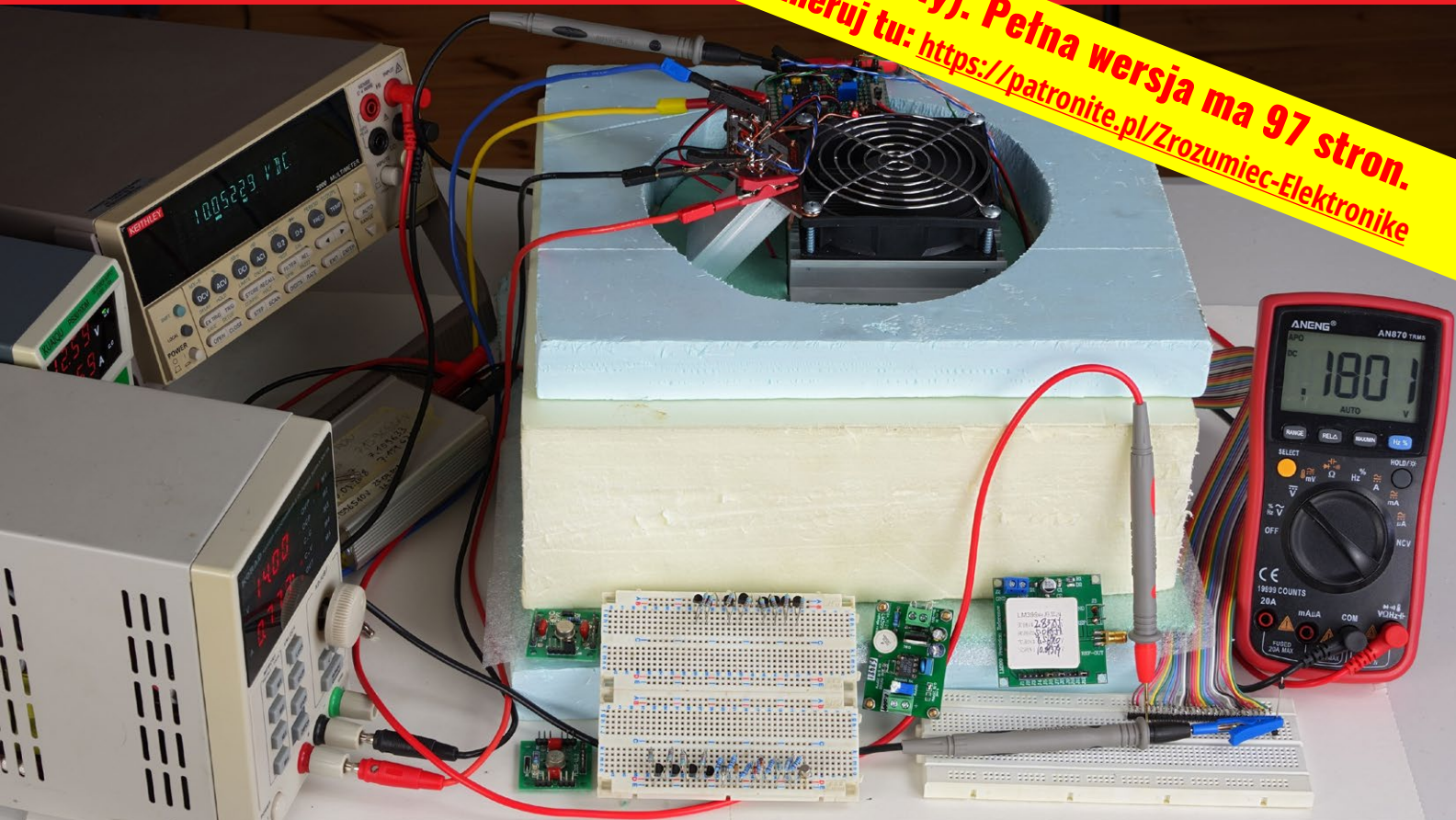
ZROZUMIEĆ ELEKTRONIKĘ

z Piotrem Góreckim

5/2024 Maj (17)

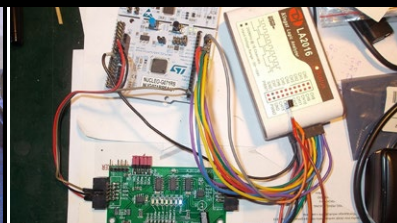
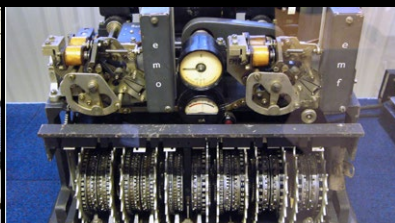
piotr-gorecki.pl

**Uwaga – to jest egzemplarz demonstracyjny (niepełny). Pełna wersja ma 97 stron.
Kup pełny egzemplarz na buycoffee.to a lepiej zaprenumeruj tu: <https://patronite.pl/Zrozumiec-Elektronike>**



Testy termiczne wzorców napięcia

- Kłopoty z modułami przetwornic impulsowych • Czy chcesz mierzyć dokładnie?
- Rigol DH0924S w praktyce: pomiar czasu narastania • Lampy elektronowe: od teorii do praktyki
- Metalowe obudowy do urządzeń elektronicznych • Sieci energetyczne, faza, wartość skuteczna
- Podstawy automatyki – regulacja prędkości silników • Szyfrowanie danych

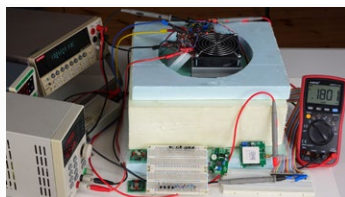


Inicjatywa Zrozumieć Elektronikę realizowana dzięki wsparciu Patronów i Mecenasów poprzez [Patronite.pl](https://patronite.pl)

Zawartość numeru 5/2024

16

MIERNICTWO



Testy termiczne wzorców napięcia

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

3

Słowo wstępne - maj

4

Nasze wspólne czasopismo - listy Czytelników

9

Łamigłówki elektroniczne maj 2024

11

Rozwiązania łamigłówek marzec 2024

PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA

27



Kłopoty z modułami przetwornic impulsowych

PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA

37



Wspólnie projektujemy: Minimalistyczna pracownia

PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA

41



Wspólnie projektujemy: Uniwersalne obciążenie aktywne

MIERNICTWO

49



Czy chcesz mierzyć dokładnie?

MIERNICTWO

56



Rigol DHO924S w praktyce: pomiar czasu narastania

ELEKTRONIKA UŻYTKOWA

63



Podstawy automatyki - regulacja prędkości silników

WARSZTAT

66



Metalowe obudowy do urządzeń elektronicznych

MIKROPROCESORY

74



Szyfrowanie danych

MIKROPROCESORY

79



OneWire na przerwaniach od UART dla DS18B20

ZASILANIE

86



Sieci energetyczne, faza, wartość skuteczna

ELEMENTY I MODUŁY

92



Lampy elektronowe: od teorii do praktyki

ZROZUMIEĆ **E**LEKTRONIKĘ z Piotrem Góreckim



Słowo wstępne – maj

Witam!

Tematem przewodnim majowego numeru naszego wspólnego czasopisma są dokładne pomiary.

Każdy elektronik mierzy różne wielkości, w szczególności napięcie, prąd i rezystancje. Każdy mierzy, ale niestety nie wszyscy doceniają znaczenie dokładnych pomiarów.

Co prawda, w niektórych przypadkach dokładność nie ma większego znaczenia, ale w wielu innych ma, i to duże. Tymczasem okazuje się, że wiele popularnych multimetrów mierzy z błędami znacznie większymi, niż wynika z ich specyfikacji.

I właśnie w tym wydaniu dużo miejsca poświęciłem tej naprawdę ważnej kwestii. Przede wszystkim w numerze jest artykuł wprowadzający, zatytułowany **Czy chcesz mierzyć dokładnie?** Omawia on między innymi, od czego zależy dokładność cyfrowych przyrządów pomiarowych.

Okazuje się, że zależy głównie od zastosowanych w miernikach wzorców napięcia oraz od jakości i stabilności rezystorów w kluczowych obwodach.

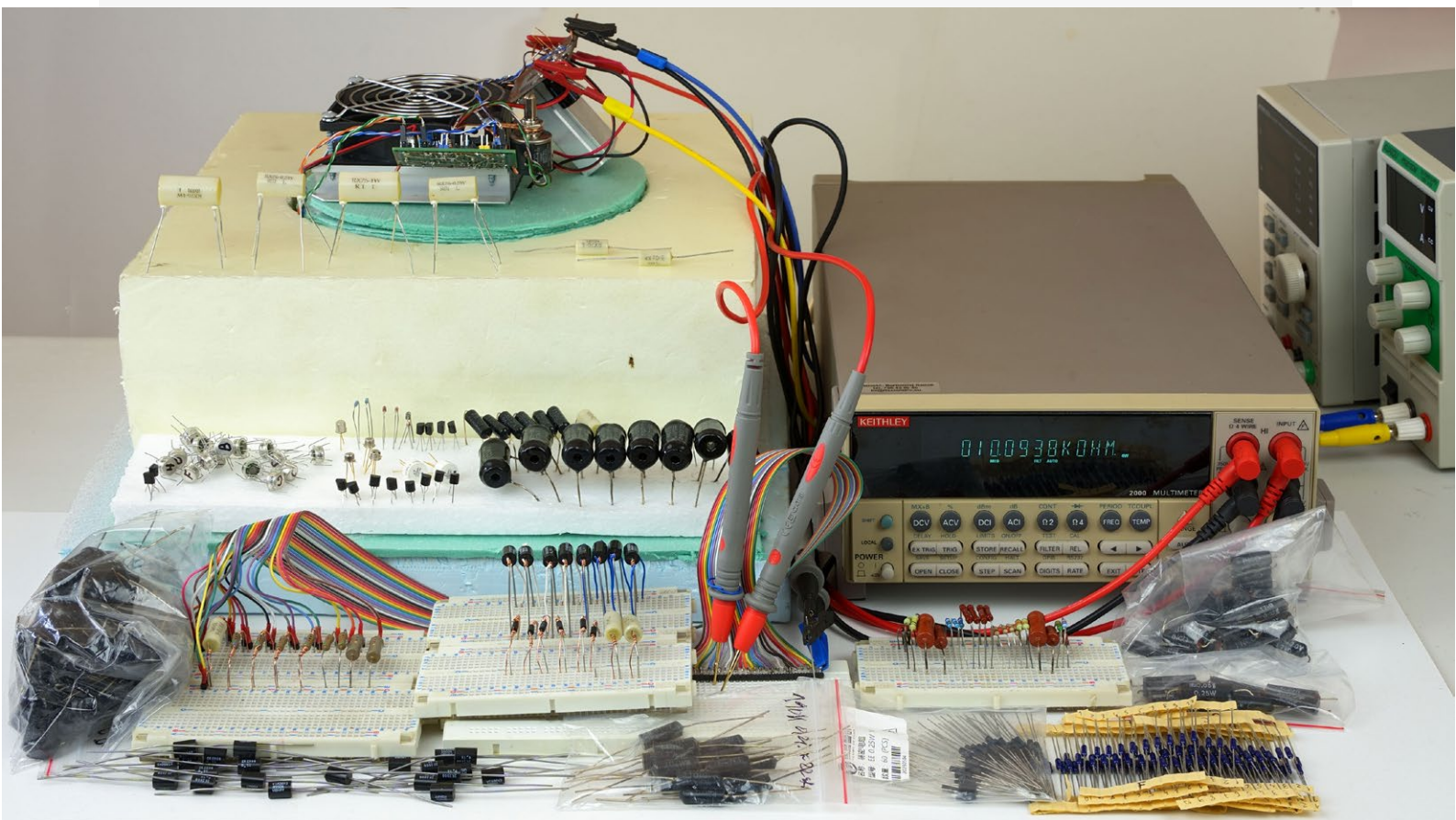
W niektórych przypadkach przepisy wymuszają użycie certyfikowanego przyrządu pomiarowego i wtedy nie ma miejsca na działania we własnym zakresie. W pozostałych przypadkach elektronik może poprawić dokładność pomiarów przez porównanie swoich przyrządów z dobrym wzorcem i uwzględnienie tak określonej poprawki.

Warto mieć dobry wzorzec napięcia. I w ten sposób dochodzimy do okładkowego projektu tego numeru, który pokazuje, że dobre wzorce można dziś nabyć zaskakująco tanio. **Poniższa fotografia** pokazuje, że analogicznie przetestowałem też różne rezystory – szczegóły w następnym numerze. A moi Patroni już otrzymali e-maile z linkami do następnych filmów, które na razie są jeszcze niepubliczne.

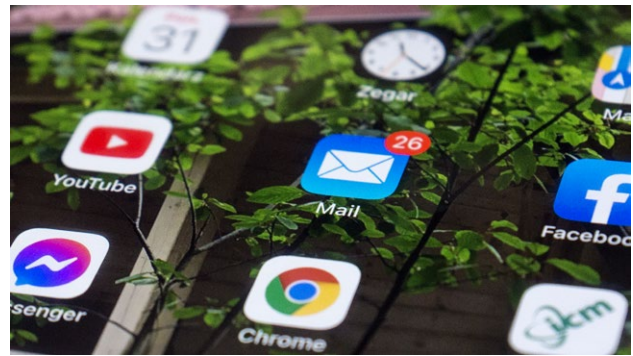
Także Ciebie zapraszam do lektury wszystkich artykułów majowego wydania czasopisma oraz do udziału w licznych konkursach!

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,
nic odkrywczego, chciałem tylko ponownie wyrazić swój szacunek i radość z tego, że jest Pan obecny na YT. Miło się Pana słucha i ogląda w luźnej (bluza) formie, z uśmiechem na twarzy i żartami.*

Fajnie byłoby połączyć elektronikę z chemią – od czasu do czasu jakieś ogniwo, galwanizacja, szereg elektrochemiczny, elektroliza, prąd z cytryny, itd.

Dziękuję za Pański wkład w popularyzację nauki.

Wszystkiego dobrego!

Sebastian

Różne ogniwa galwaniczne oraz stos Volty będą w kursie „Fascynujące przemiany energii”. Czekam tylko na informacje, że komplet elementów do ćwiczeń jest już dostępny w sklepie.

*Dzień dobry Panie Piotrze,
wysoko sobie cenię Pana wkład w szerzenie wiedzy elektronicznej. Swojego czasu kupowałem kolejne wydania „Elektroniki dla Wszystkich”, do tej pory mam je w piwnicy, lepszego wydawnictwa i podejścia do czytelnika nie spotkałem.*

Mam tylko jedną drobną sugestię, co do Pana filmów na YT „Zrozumieć elektronikę”, a właściwie pytanie: co Pana podkusiło żeby przyjąć taką „pseudozamerykanizowaną lub anglosaską” formę zwracania się do audytora: „opowiem ci”, „z tego filmu dowiesz się”... To, że oni zwracają się na „you” nie oznacza, że w Polsce musimy to małpować (oni tam GB używają formy you ale też tytułują się całym pakietem lordów i tym podobnymi nazwami – jak to mają w zwyczaju koloniści i gnębiciele całego świata). W Polsce powinno dbać się o czystość zasad, szacunek do tradycji i języka. Pomijam to, że gdy jako osoba mi nieznana zwraca się pan

do mnie (starego konia, mającego jakieś doświadczenie z elektroniką) w sposób „dzisiaj opowiem ci”, brzmi to, jakby pan mówił do buraka i totalnego nowicjusza (a przecież, ktoś kto Pana zna z EdW również śledzi pana filmy na YT), a poza tym to trochę zajeżdża tęczową rewolucją ;-)

Nawet najwięksi profesorowie/doktorzy – kosiarze na uczelniach wyższych, mimo że na egzaminach byli sadystami, na wykładach rozpoczynali wystąpienie „Szanowni państwo”, „dzisiaj zajmiemy się...” itp. – no chyba, że coś się zmieniło.

Z wyrazami najwyższego szacunku, życząc dalszych sukcesów w dziedzinie szerzenia wiedzy o elektronice.

Pozdrawiam

Dariusz

Dobry wieczór,

z przyjemnością obejrzałem Pański film o historii elektroniki. Jednak wychwyciłem w nim drobną nieścisłość. Otóż komputery z procesorami 8-bitowymi, takie jak ZX Spectrum, Commodore, Atari nazywano komputerami domowymi (Home Computers). Dostarczały one głównie rozrywki, a ich moc obliczeniowa poskramiana była przez rozbudowane multimedia. Dopiero maszyny typu PC (Personal Computers) firmy IBM i ich klony zaoferowały użytkownikom profesjonalne narzędzia, takie jak bazy danych, edytory tekstów, programy graficzne.

Można przekornie rzec, że historia zatoczyła koło. Urządzenia sprzedawane dzisiaj to przecież tylko komputery domowe do słuchania muzyki i oglądania filmów. A obliczenia kwantowo-chemiczne i tak prowadzimy na klastrach!

Zostało nam jeszcze trochę Świąt. Życzę Panu, aby były radosne i przyniosły powiew wiosennego optymizmu.

Zygmunt Flisak

Panie Piotrze,

w ZE umieścił Pan bardzo dobry poradnik „Parametry rozstrzygające o wyborze oscyloskopu”. Bardzo zainteresował mnie artykuł opisujący Rigol DHO924S, do tego stopnia, że mimo iż posiadam Rigol DS2202A mocno zastanawiam się nad zakupem któregoś oscyloskopu z serii DHO900.

Czy nie byłaby też dobrym pomysłem seria artykułów na temat „Parametry rozstrzygające o wyborze generatora (arbitralnego)”. Myślę o takiej wiedzy praktycznej z warsztatu – na co warto zwrócić szczególną uwagę. Sam przymierzam się do kupna generatora arbitralnego, przejrzałem dostępne oferty w cenie 2...3,5 tys. zł i mam wątpliwości. Głównie w obawie przed parametrami które mogą być „naciągane” przez producenta.

Do tej pory nie miałem okazji z Panem korespondować, mimo że „znam” Pana od lat 90. ubiegłego wieku, od samego początku EdW. I posiadam wszystkie Pana wydawnictwa książkowe i EdW. I mam też Radioelektronika (chyba wszystkie) i raczej wszystkie czasopisma polskie o elektronice, których większość już przeminęła. Sporo też innej literatury w tym temacie. Mam 58 lat więc miałem czas „zbierać”. I jak do tej pory jest Pan najlepszym popularyzatorem elektroniki w Polsce, a EdW to była rewolucja w latach 90. Dlatego trudno mi zrozumieć wydawnictwo AVT – odsunięcie Pana od EdW.

Jeden z moich synów jest również elektronikiem (obecnie na AGH w Krakowie). Tam w zespole budują sondę do badania regolitu, która faktycznie poleci na Księżyc. Bardzo ciekawy projekt ze względu na zupełnie inne zjawiska fizyczne, jakie należy uwzględnić przy projektowaniu elektroniki. Dlatego warto popularyzować elektronikę i takie osoby jak Pan – z pasją i umiejętnością przekazywania praktycznej wiedzy są bardzo potrzebne.

Marek

Odpisałem, że nie myślałem o szerszym teście generatorów arbitralnych i o cyklu. Jednak planowałem porównać i zmierzyć dwa generatory, które pokazywałem w artykułach i filmach: Rigola i zabaweczkę FY6900.

W kwestii generatorów arbitralnych nie czuję się ekspertem, ale rzeczywiście warto byłoby zająć się tematem, bo wiele osób uważa, że DDS „z natury” rozwiązuje wszystkie problemy z generowaniem dowolnych przebiegów. Propozycję wpisałem na dość długą już listę „to do”.

Szanowny Panie Piotrze,

w 1991 roku ukończyłem studia na kierunku elektronika (specjalizacja systemy pomiarowe) i od 30 lat zajmuję się konstruowaniem urządzeń elektronicznych oraz programowaniem mikrokontrolerów.

Zupełnie przypadkowo trafiłem na Pański film na YouTube i odnalazłem stronę <https://piotr-gorecki.pl>.

Po obejrzeniu kilku filmów i przeczytaniu paru artykułów stwierdziłem, że wykonuje Pan świetną robotę edukacyjną. Z wielką przyjemnością przystąpiłem do grona patronów „Zrozumieć Elektronikę”.

Zgadzam się z Panem, że najważniejsza jest energia. Jakiś czas temu pojawił się u mnie problem precyzyjnego pomiaru energii pobieranej przez moje urządzenia. Znalazłem w sieci miernik energii Joulescope JS220, na który chciałbym zwrócić Pańską uwagę. Po roku intensywnego użytkowania tego miernika stwierdzam, że jest on genialny i w niektórych zastosowaniach niezastąpiony. Jeżeli nie posiada Pan takiego urządzenia, to naprawdę gorąco polecam jego zakup.

Cieszę się, że trafiłem na Pańską stronę i na godnego partnera do dyskusji o praktycznej elektronice.

Chapeau bas za wkład w popularyzację elektroniki.

Pozdrawiam

Andrzej

Panie Piotrze,

czy artykuł „Nietypowy algorytm, zmiany czasu lato-zima” powstał na prima aprilis?

Jeżeli na PA, to można uznać, iż jest to ciekawy żart. Jeżeli jednak powstał jako artykuł bez żartu, to jego zawartość merytoryczna rozmija się z prawdą.

Za https://pl.wikipedia.org/wiki/Czas_letni, w Polsce mamy dwie strefy czasowe:

Czas podstawowy UTC+1, czyli CET.

Czas letni UTC+2, czyli CEST.

I zgodnie z regułami, w marcu przechodzimy z CET na CEST, czyli dodajemy jedną godzinę, a w październiku przechodzimy z CEST na CET, czyli odejmujemy jedną godzinę od istniejącego czasu. W sekcji „Algorytm” pierwsze zdanie jest prawidłowe „Najprostsze algorytmy wymagają pracy urządzenia w chwili zmiany czasu, czyli o godzinie 2:00 w ostatnią niedzielę marca i 3:00 w ostatnią niedzielę października”. W jednym z kolejnych zdań „W październiku jest łatwo, wystarczy o 2:00 dodać do godziny 1. W marcu trochę gorzej, bo gdy o 3:00 odejmiemy jeden, to za godzinę nastąpi ponownie 3:00.”

Z poważaniem

Paweł

Później pojawił się drugi e-mail:

Przyznam, iż wcześniej nie zauważyłem informacji odnośnie żartu prima aprilis nim wysłałem maila. Przeszukując jeszcze raz pismo trafiłem na informację, że znajduje się W NIM żart.

Listingi 1 i 2 mnie zastanawiały, gdyż w listingu 3 odwołanie do UTC

```
if( dt.letni ) dt.g += 2; // czas letni
else dt.g += 1; // czas zimowy
```

oraz cała logika była prawidłowa.
 (...) I gorąca prośba o przedstawienie statystyki w kolejnym numerze – ilu czytelników zauważyło żart.

Z poważaniem
Paweł

Statystyka w tym przypadku to za duże słowo: tylko kilka osób (do zliczenia wystarczyłoby palców jednej ręki) zgłosiło ten szczegół. Niektórzy jako błąd, inni jako żart.

Dzień dobry, (...) chcę zapytać kiedy ruszy Radiowa Ośła Łączka, chcę po prostu kupić. Dziękuję

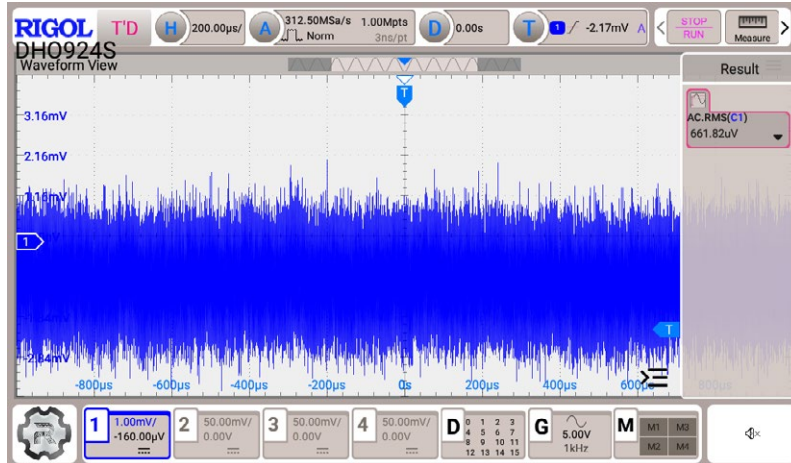
Stefan

Konkretnym wprowadzeniem do Oślej Łączki będzie głównie wspomniany kurs „Fascynujące przemiany energii”. Planuję też kilka filmów, między innymi o prawie Ohma, które niestety mocno przeszkadza w zrozumieniu elektroniki.

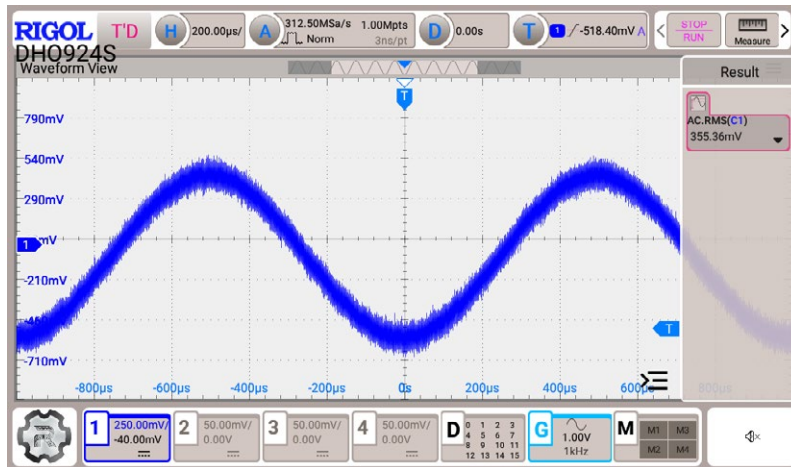
Uśrednianie przebiegów w DHO924S

Witam ponownie, list mojego imiennika zachęcił mnie do sprawdzenia, jak to jest z tym uśrednianiem w oscyloskopie Rigol DHO924S. **Rysunek 1** pokazuje szum sondy różnicowej Hantek HT8050, ustawionej na tłumienie 50x. Na pierwszy rzut oka tragedia. Po spojrzeniu na odczyt (662 uV) nabieramy wrażenia, że wręcz przeciwnie, rewelacja. Prawda, jak zwykle, jest gdzieś pośrodku. Wartość 662 uV pokazuje szum na wyjściu sondy, po odniesieniu do jej wejścia to już 33,1 mV, a to jednak sporo. Na domiar złego jest to wartość RMS, jej przeliczenie na amplitudę widocznego szumu nie jest takie proste. Jak to więc jest w praktyce? Ilustruje to **rysunek 2**, pokazujący sygnał sinusoidalny o amplitudzie 1 V. Jak widać szum jest znaczny. Jak więc z tym uśrednianiem? **Rysunek 3** przedstawia ten sam sygnał uśredniony 1024 razy. Szum powinien być 32 razy mniejszy. Jest lepiej, ale na pewno stosunek sygnału do szumu nie poprawił się w oczekiwanym stopniu. Przyczyną są problemy z wyzwalaniem mocno zaszumionego przebiegu. Dla sygnału prostokątnego powinno być łatwiej. No to sprawdzamy. [Wymienione dalej rysunki – zrzuty można ściągnąć z tego linku] Przebieg **DS3.png** to prostokąt 1 V. Dużo szumu. **DS4.png** pokazuje efekt uśrednienia 1024 razy. Jedziemy dalej. **DS5.png** to nie-uśredniony prostokąt 300 mV. Szum, szum, szum. **DS6.png** to ten sam sygnał po uśrednieniu 1024 razy, a **DS7.png** po uśrednieniu 4096 razy. Dobrze, wręcz znakomicie. Niemniej jednak eksperyment z sinusem pokazuje, że uśrednianie nie jest „lekiem na całe zło”.

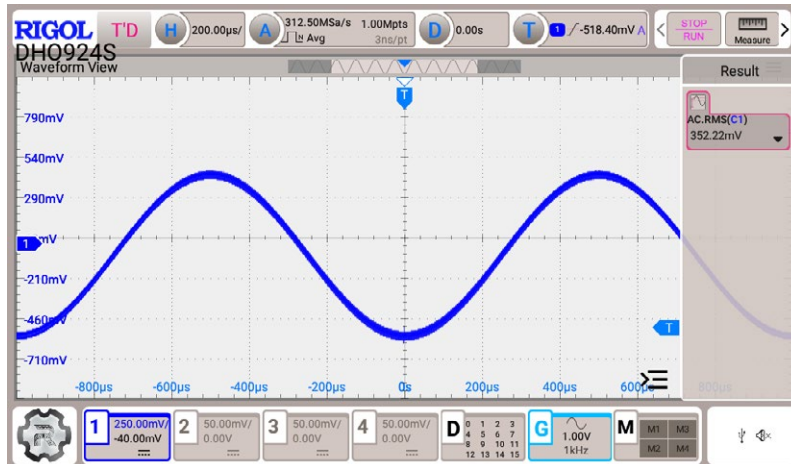
Pozdrawiam serdecznie
Paweł Pawłowicz



Rysunek 1



Rysunek 2



Rysunek 3

Witam Pana, oglądając film o podstawach zasilania wpadłem na pomysł, jak zwiększyć przyswajanie materiałów oraz zwiększyć liczbę patronów lub zachęcić obecnych do wejścia próg wyżej. Chętnie zapłaciłbym za gotowe quizy/fiszki w aplikacji Anki do tworzonych przez Pana filmów. Mogłyby być zawarte w progu +50zł.

Pozdrawiam
Michał

Dzień dobry,

nazywam się Izydor (...), lat 78 (...), piszę do Pana odnośnie właśnie czasopisma o elektronice, ale z końca lat siedemdziesiątych, a kojarzące się z tytułem EdW. W tym czasopiśmie drukowane były urządzenia elektroniczne do samodzielnego wykonania, było zdjęcie gotowego, schemat, wykaz podzespołów, opis montażu, a na ostatnich stronach każdego egzemplarza były strony z wydrukowanymi ścieżkami płytek montażowych. Kopiowało się przez kalkę na laminat, wytrawiało i gotowe. Nie trzeba było główkować z projektowaniem płytek. Dodam, że podzespoły zdobywało się systemem tzw. gospodarczym. A większość z nich była jeszcze germanowa.

Nie jestem elektronikiem, ale tamtą metodą zmontowałem parę urządzeń – świetna zabawa. Teraz wróciło mi zainteresowanie elektroniką i choć późno, z ciekawością słucham między innymi Pana wykładów i zdobywszy nieco podzespołów próbuję na płytkach stykowych robić małe ćwiczenia. Przydałyby się takie czasopisma, o których wspominałem, a tacy amatorzy jak ja mieliby wielką frajdę.

Pozdrawiam
Izydor

Autora listu zachęciłem do lektury „Zrozumieć Elektronikę”. Potem otrzymałem e-mail:

Dzień dobry,

miło mi poznać twórcę i autora tego bardzo ciekawego czasopisma. Obejrzałem kilka niepełnych wprawdzie artykułów i stwierdziłem, że są bardzo ciekawe na miarę czasu, który tak szybko przepłynął i rozwinął branżę elektroniki na tak wysoki poziom, że dla mnie nauka tej dziedziny wywoła mętlik w głowie.

Ja to mówię, że mam już za mało RAM-u na dysku w głowie. Mnie najbardziej odpowiadała wersja EdW z przykładami do samodzielnego wykonania. Mimo tego z zainteresowaniem oglądam Pańskie wykłady na kanale YT. (...)

Pozdrawiam
Izydor

Stały współpracownik ZE napisał:

Dzień dobry,

projekt z zeszłego tysiąclecia:

<https://youtu.be/fEnJp4Plgu4>

to może by trochę młodzieży się zainteresowało elektroniką? (...)

Zmiana uC na lepszy nic nie daje!

<https://youtu.be/IzGbBqn3QMA>

<https://youtu.be/Yq4LyESOZVI>

https://youtu.be/a0_Oni6M6as

ciekawy temat:

<https://youtu.be/LV8JYiyCF8U>

a jest jeszcze ZIP, LS120, ale nawet zapis na dyskietkach to ciekawe zagadnienie.

<https://youtu.be/QF8nWeJ-4I0?t=564>

może zaciekawi Czytelników.

Podstawy systemu napisałem w 2 tygodnie, dodatkowe funkcje (zapis odczyt „po kawałku”) w kolejne dwa. W sumie miesiąc. (...)

<https://youtu.be/Nvg4MBWwGQo>

<https://youtu.be/XPCL0yQF8IU>

<https://youtu.be/hDrWth5pK9Q?t=1796>

Ja robiłem otwory ostrym szpikulcem w cienkim przespanie :-)

Kilka lat temu widziałem TQFP na kartonie z otworami!

Pozdrawiam

Sławomir Skrzyński

Temat: Gitarowy przedwzmacniacz lampowy

Szanowny Panie Piotrze,

dopiero dziś zostałem patronem Pańskiego kanału, choć EdW (...) czytam od pierwszego numeru z 1996 roku. Z pewnością może Pan nie pamiętać, ale gdy w okolicy lat 2004/2005 powstawał Elportal, a wraz z nim „Nasze strony”, z autentycznej wdzięczności za wiedzę i umiejętności jakie zdobywałem w tamtym czasie dzięki EdW, postanowiłem podzielić się autorskim pomysłem interfejsu USB-MIDI, który przy pomocy p. J. Szczesiula z EP udało mi się zrealizować za pomocą nowego wówczas układu FTDI 232. Potem była jeszcze klawiatura MIDI, którą wykonałem ze starej klawiatury organów elektronicznych, sterowana przez uP Atmel AT89C4051 zaprogramowany w Bascomie. Na więcej nie wystarczyło mi już wtedy czasu i zapału, gdyż zawodowo zajmuję się muzyką (głównie jazzową, jestem także wykładowcą na AMKP w Krakowie), jednak w ciągu minionych lat moje zainteresowanie elektroniką nie ustało, wręcz przeciwnie, czego dowodem może być choćby ten list ;)

Ostatnio bardzo mocno zainteresowały mnie układy lampowe, a to dlatego, że gram głównie na kontrabasie i od lat zmagam się z problemem nagłośnienia tego instrumentu za pomocą przetwornika piezoelektrycznego i rozmaitych wzmacniaczy/przedwzmacniaczy. Przetworniki piezo, jak wiadomo, mają dużo wyższą impedancję (powyżej 1 Mohm) od gitarowych przetworników elektromagnetycznych (ok. 500 kohm) i włączenie takiego pickup'u piezo bezpośrednio w wejście jakiegokolwiek wzmacniacza gitarowego czy basowego powoduje, iż powstaje coś w rodzaju filtra hi-pass, przenosząc różne niepożądane szумы, trzaski i przede wszystkim obcinając dość mocno zakres całego przenoszzonego pasma.

Potrzebny więc jest dopasowujący bufor, z wysoką impedancją wejścia i niską na wyjściu. Mam kilka takich własnych i fabrycznych konstrukcji buforów i przedwzmacniaczy (na tranzystorach FET, wzmacniaczach operacyjnych i procesorach DSP), jednak niedawno odkryłem, że preamp firmy Studio Projects VTB-1, który posiadam, ma w środku bufor na lampie ECC83/12AX7, który daje tak znakomite brzmienie, że odpadłem. I dlatego postanowiłem do Pana napisać.

Ze wszystkich uznanych lampowych konstrukcji przedwzmacniaczy gitarowych, jakie udało mi się znaleźć, najbardziej zainteresował mnie legendarny już układ firmy Alembic, oznaczony jako F2-B, który swego czasu był częścią wzmacniacza lampowego firmy Fender, znanego jako Dual Showman. Firma Alembic po prostu skopiowała sam preamp, sprzedając go z ogromnym sukcesem jako własne urządzenie pod nazwą F2-B, głównie jako preamp do gitary basowej. Więcej informacji na ten temat można znaleźć tutaj: <http://www.watersish.com/archives/2017/09/alembic-f2b-preamp-diy.html#prettyPhoto>.

Także tu: <https://noisemikers.com/alembic-f-2b-inspired-preamp-clone/>, oraz przede wszystkim tu, gdzie można także kupić pcb, itd.: <https://frogpedals.com/index.php/product/frog-f1a-tube-preamp-pcb-for-diy/>. Jest tam też pdf do ściągnięcia, wraz z szczegółowym opisem układu.

Choć jeszcze nie sprawdziłem działania tego preampu w praktyce, bardzo ciekawi mnie temat układów lampowych przeznaczonych do nagłaśniania gitar elektrycznych (głównie basowych) i innych instrumentów (głównie akustycznych, nagłaśnianych za pomocą przetworników piezo), a w szczególności tego, czym one powinny różnić się od typowych lampowych konstrukcji audio. Interesują mnie także dość – jak dla mnie – zawile problemy związane z impedancją i dopasowaniem przedwzmacniacza czy bufora do różnego rodzaju używanych mikrofonów i przetworników piezoelektrycznych. Jest w sieci dużo informacji na temat konstrukcji lampowych, lecz rzetelnych informacji dotyczących ww. zagadnień zbyt wielu nie znalazłem. Myślę, że ta problematyka mogłaby okazać się interesująca także dla wielu młodych adeptów gry na gitarze elektrycznej i innych wymagających nagłośnienia instrumentów akustycznych. W związku z powyższym, chciałbym zapytać: czy byłaby szansa na omówienie ww. zagadnień na łamach tworzonego przez Pana czasopisma „Zrozumieć Elektronikę”? Byłbym niezmiernie wdzięczny za informacje na ten temat. W załączniku przesyłam schemat oryginalnego preampu Alembic F2-B oraz schemat bufora z książki „Designing Valve Preamps for Guitar and Bass”, Marlona Blencowe.

Pozdrawiam serdecznie
Maciej

W tym numerze jest artykuł **Lampy elektronowe: od teorii do praktyki**. Temat przedwzmacniaczy lampowych na łamach czasopisma będzie kontynuowany. W jednym z najbliższych numerów będzie opisane stanowisko testowe, pozwalające w łatwy sposób przeprowadzić eksperymenty.

Wprawdzie ja nie jestem specjalistą od efektów gitarowych, ale w tym przypadku chodzi nie o efekt, tylko o przedwzmacniacz. Jest więc szereg możliwości, najpierw do przeanalizowania, potem do wypróbowania. Przyznam szczerze, że brakuje mi czasu na realizację wszystkich planowanych projektów. Nie mogę poświęcić całej uwagi jednemu wątkowi (lampowemu). Jednak na pewno mogę coś podpowiedzieć, może też pomóc w kwestii elementów. Dlatego zachęcam wszystkich zainteresowanych do kontaktu (kontakt@piotr-gorecki.pl) i wspólnej realizacji rozmaitych projektów lampowych.

Dzień dobry,

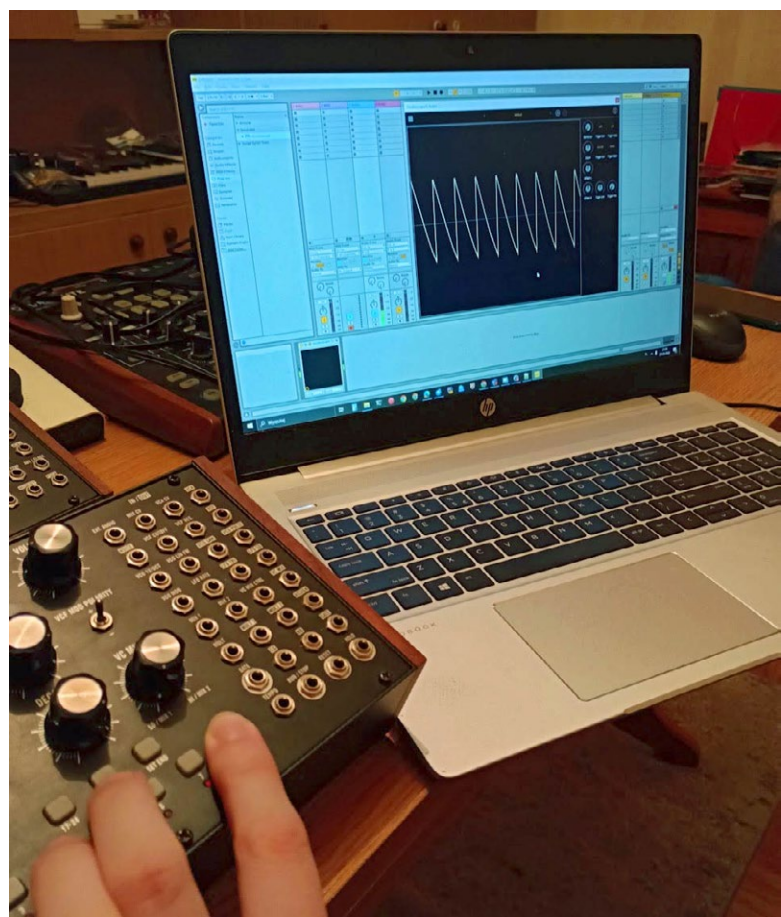
Szanowny Panie Piotrze, Marcin (...) z tej strony. Ten amator, co tak o oscyloskop pod kątem projektowania i utworzenia własnego syntezyatora pytał. (...)

Jeszcze raz bardzo Panu dziękuję za pomoc i odpowiedź, jaki oscyloskop firmy Rigol wybrać. Na razie ze względu na brak funduszy radzę sobie wtyczką do oprogramowania Ableton, ale to nie to samo.

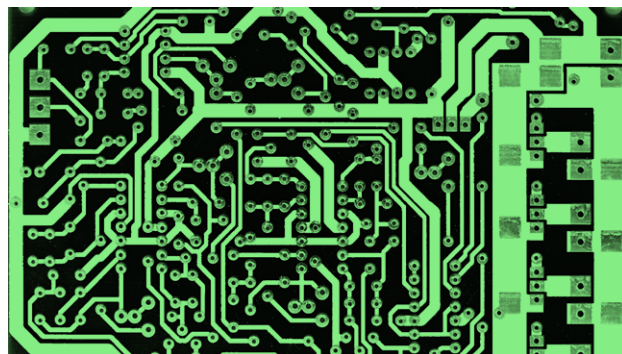
Jako inżynier muszę widzieć co się dzieje „pod spodem”, jak oscylator generuje falę i jakiego rodzaju, jest to dla mnie piękne i inspirujące do dalszej nauki.

Przede wszystkim nauczone mnie, że to co robię, to tworzenie dźwięku, a nie muzyki.

Z poważaniem
Marcin



Łamigłówki elektroniczne maj 2024



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? 2405
Co tu nie gra? 2405

Policz 2405
Zagadka 2405

Co to jest? 2405

Na fotografii przedstawione są układy scalone. Zadanie konkursowe brzmi:

Co to za układy?



Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca maja 2024 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl.

Co tu nie gra? 2405

Pokazaną obok **fotografię** można znaleźć w ofertach wielu chińskich sklepów na platformie Aliexpress. A konkretnie w reklamach i opisach nagrzewnic indukcyjnych. Fotografia niewątpliwie robi wrażenie, ale też budzi pytania i wątpliwości.

Pytanie konkursowe jest następujące:
Co tu nie gra?

Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca maja 2024 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl.

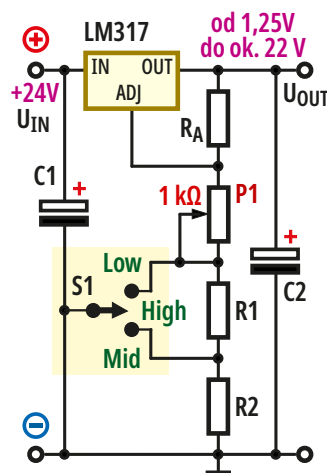


Policz 2405

Do posiadanego zasilacza 24-woltowego chcemy dorobić przystawkę – regulowany stabilizator z kostką LM317. Do dokładnego ustawienia potrzebnego napięcia należałoby wykorzystać potencjometr wieloobrotowy. My chcemy wykorzystać zwykły, pojedynczy potencjometr P1, 1 kΩ, a dla polepszenia dokładności ustawiania napięcia wyjściowego podzielimy cały zakres napięć wyjściowych (od 1,25 V do około 22 woltów) na trzy podzakresy. Planujemy to zrobić jak najprościej, trochę nieintuicyjnie, bo za pomocą przełącznika trzypozycyjnego S1 z pozycją neutralną w środku (co daje nietypową kolejność zakresów). Chcemy wykorzystać prosty schemat pokazany na **rysunku obok**.

Bardzo praktyczne zadanie konkursowe brzmi:
Zaproponuj wartości rezystorów R_A , R_1 , R_2 .

Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca maja 2024 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl.



Zagadka 2405

Przed laty powszechnie używane były latarki na baterię „płaską”, czyli 3R12 o napięciu nominalnym 4,5 V. Przykład na **fotografii obok**. Osoby młodsze może nigdy takiej nawet nie miały w rękach, ponieważ dziś bezwzględnie królują latarki z diodami LED. Poniższe pytanie konkursowe nie dotyczy oświetlenia, tylko pewnego fundamentalnego problemu praktycznego:

Dlaczego w takich latarkach powszechnie stosowano żarówki 3,5-woltowe, a nie 4,5-woltowe?

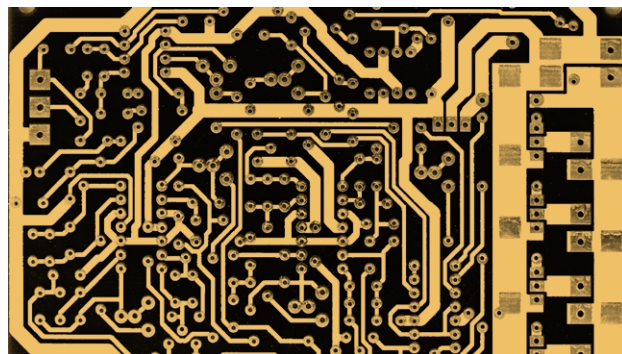
Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do końca maja 2024 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl.



fot. Grzegorz W. Teżycki
CC BY-SA 4.0 DEED

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

Rozwiązania łamigłówek marzec 2024



Poniżej przedstawione są rozwiązania łamigłówek, zamieszczonych w numerze marcowym (3/2024). Aktualnie ani dla Autorów nadesłanych łamigłówek, ani dla uczestników, którzy je prawidłowo rozwiążą, nie przewiduje się honorariów ani upominków. Nagrodą dla Autorów oraz uczestników jest satysfakcja oraz nieprzemijająca sława wynikająca z faktu zaistnienia w naszym wspólnym czasopiśmie.

Rozwiązanie – Co to jest? 2403
Rozwiązanie – Zagadka 2403

Rozwiązanie – Jak odpowiesz? 2403

Rozwiązanie – Co to jest? 2403



W marcu postawione zostało następujące zadanie konkursowe: Na **fotografii powyżej** pokazane są stare elementy elektroniczne. Podstawowe pytanie konkursowe brzmi: **Co to jest?** To pytanie jest łatwe. Kto chce, może też odpowiedzieć na praktyczne pytanie dodatkowe: **Do jakich eksperymentów można dziś wykorzystać tego rodzaju elementy?**

Konkurs jest zamknięty – rozwiązania można było nadsyłać do końca marca. Oto rozwiązania.

Dzień dobry,
 jest to tranzystor germanowy. Można go stosować do budowy wzmacniacza tranzystorowego.

Pozdrawiam. **Mirosław Kaszowski**

Dzień dobry,
 na zdjęciu przedstawiono oczywiście tranzystory germanowe średniej mocy ASY37. Do czego można

je wykorzystać? Tego typu tranzystory dziś są bardzo chętnie wykorzystywane np. przez producentów efektów gitarowych (oraz gitarzystów, fanów DIY) do budowy różnej maści efektów. Z mojego doświadczenia wynika, że są to bardzo kapryśne konstrukcje, ponieważ efekt ich działania dość mocno zależy od zastosowanego egzemplarza (egzemplarza, nie typu!) tranzystora. Trzeba mieć worek tranzystorów i dużo wolnego czasu aby uzyskać oczekiwany efekt :) Widuję również różne przedwzmacniacze, bufory, czy ocieplacze dźwięku z wykorzystaniem tranzystorów germanowych. Osobiście jednak nigdy nie testowałem tego typu ulepszczy.

Do czego jeszcze można wykorzystać takie tranzystory? Do czego tylko zechcemy :)

Pozdrawiam
Artur Krawczyk

Dzień dobry!

Mam wolną chwilę na dyżurze i z przyjemnością mogę nie tylko zajrzeć do (...) marcowego wydania ZE (...) Na fotografii znajdują się zabytkowe, dyfuzyjne tranzystory germanowe PNP, produkowane przez przedsiębiorstwo TEWA z Warszawy (wchłonięte następnie przez zjednoczenie o nieco bardziej rozpoznawalnej nazwie CEMI). W owych czasach w Polsce produkowano wyłącznie tranzystory PNP, opracowanie tranzystorów germanowych NPN okazała się barierą technologiczną nie do pokonania, tak więc do początku lat 70. królował u nas german w wersji P, po czym nagle, w ramach gierkowskiego otwarcia na świat i zakupu licznych licencji, nastąpił wielki skok – niemal za jednym zamachem zaczęto produkować w Polsce tranzystory krzemowe, o obu typach przewodzenia, w nowoczesnej technologii planarnej. Tranzystory germanowe w przestarzałej technologii dyfuzyjnej odeszły do lamusa, ale już wówczas zyskały wśród amatorów nowe, zupełnie zaskakujące zastosowanie, o czym wspomnę na końcu.

Tranzystory ASY37 były, o ile pamiętam, lepszą wersją tranzystorów TG50. Należy jednak podkreślić, że „lepszy” nie znaczy w tym wypadku „dobry”. Elementy te już wówczas, czyli mniej więcej na przełomie lat 60. i 70. ubiegłego wieku, były przestarzałe o wiele lat w stosunku do reszty świata tzw. zachodniego. W zasadzie, z dzisiejszego punktu widzenia, składały się z samych wad: miały katastrofalnie niską częstotliwość graniczną (choć akurat ASY37 pracujący do 15 MHz był na tle TG50 z $f_T=1,5$ MHz niemal demonicznie szybki), wysoki prąd zerowy kolektora, sięgający w wyższych temperaturach kilkudziesięciu μ A. Jeżeli dodać do tego fatalną kombinację małej, sięgającej 150 mW mocy strat (i to pomimo zastosowania dużej, metalowej obudowy TO39!) z bardzo niską dopuszczalną temperaturą złącza (około 70–80°C), otrzymamy obraz tego, jak NIE powinien wyglądać tranzystor. Jednak, przez wiele lat, zarówno ten typ, jak i jego znacznie gorszej jakości protoplaści mniejszej mocy, były podstawą produkcji większości urządzeń tranzystorowych produkowanych w PRL, a dla tysięcy amatorów – przedmiotem marzeń i pierwszych konstrukcyjnych sukcesów (lub, jeszcze częściej, porażek).

Warto zwrócić uwagę, że tranzystory na fotografii Piotra Góreckiego mają absurdalnie długie wyprowadzenia, nadające im wygląd pajęczaka kosarza. To nie jest przypadek – wspomniana już niska dopuszczalna temperatura złącza, czyniła te elementy bardzo wymagającymi przy lutowaniu: o uszkodzenie, zwłaszcza w warunkach amatorskich, było bardzo łatwo. Ówczesne podręczniki dla hobbystów były pełne porad, by wyprowadzeń nie skracać, a podczas lutowania ścisnąć nogę lutowanego elementu pomiędzy obudową a powierzchnią płytki szczypcami, celem odprowa-

dzenia ciepła. Otwierając obudowy starych urządzeń powszechnego użytku można zauważyć, że i tam tranzystory germanowe są osadzone na długich wyprowadzeniach, często z nałożonymi na nie kolorowymi, igelitowymi koszulkami. Pełniły one nie tylko rolę izolatora, ale także elementu dystansowego, chroniącego przed przegrzaniem przy montażu.

Do czego zatem można dziś wykorzystać tak złe elementy? Wyrzucać? Uważam, że absolutnie nie!

Po pierwsze, elementy te są cenne dla osób, zajmujących się renowacją starej elektroniki. Jestem przeciwnikiem niszczenia i wyrzucania starych sprzętów – nawet kiepskie wyroby peerelowskiej elektroniki są świadkami historii, mają już dziś wartość niemal muzealną, dla wielu sentymantalną, a z czasem ich wartość będzie rosła. Warto zachować zatem rezerwuar części, by utrzymać je przy życiu.

Po drugie, fatalne parametry szumowe dyfuzyjnych tranzystorów germanowych, predysponują je do zastosowania w generatorach białego szumu lub bardziej ambitnie, w generatorach liczb losowych.

Po trzecie, mogą mieć zastosowanie w technice audio. Nie, nie w konstrukcjach pseudoaudiofilskich (zwanych złośliwie audiofool), ale w rozmaitych wzmacniaczach i efektach gitarowych. Całkiem poważni gitarzyści uważają, że brzmienie efektu typu np. Fuzz na tranzystorach germanowych jest niemożliwe do emulacji nawet na złożonych procesorach dźwięku. Gdyby była to opinia audiofila z forum internetowego, można by parsknąć śmiechem. Ale kiedy mówi to na przykład Brian May, legendarny gitarzysta Queen, dodając, że jego solówka w Bohemian Rhapsody brzmi tak, a nie inaczej dzięki archaicznej konstrukcji wzmacniacza, daje to do myślenia. Nota bene wzmacniacz ten, nazywany Deacy Amplifier, od nazwiska jego konstruktora, Johna Deacona, kolegi Briana May z zespołu, jest obecnie do nabycia w formie kitu DIY. Co niewiarygodne – zawiera tylko cztery tranzystory germanowe AC125, 126 i parę 128. Proponuję więc nie wyrzucać, tylko eksperymentować, może ktoś znajdzie w ten sposób drogę do sławy :-)

I wreszcie zastosowanie z dzisiejszego punktu widzenia absurdalne i niezrozumiałe, o którym pisałem na początku. Tranzystory średniej mocy serii TG5x i ASY3x były wypełnione towarem deficytowym, zwłaszcza dla hobbystów w PRL: pastą termoprzewodzącą (choć konsystencję miała bardziej żelu niż współczesnej pasty). Dziś może trudno w to uwierzyć, ale gdy tranzystory te stały się przestarzałe, tanie i łatwo dostępne, hobbysci nacinali ich obudowy piłąk włosową i wyciskali pastę szczypcami po to, by wykorzystać ją do montażu na radiatorach tranzystorów mocy, najczęściej we wszechobecnej wówczas obudowie TO3.

Bardzo serdecznie pozdrawiam!

Szymon Burian

Dzień dobry!

Przesyłam rozwiązanie „Co to jest? 2403”.

Są to stare tranzystory germanowe produkcji krajowego CEMI. Pierwsza litera A oznacza, że jest to tranzystor germanowy. Druga litera S wskazuje na tranzystor impulsowy małej i średniej mocy. Więcej informacji o oznaczeniach w starym katalogu CEMI:

<https://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/CEMI/mXvuxzu.pdf>

Do czego dziś można wykorzystać taki tranzystor? Na pewno do ostrożnego lutowania, bo te tranzysto-

ry są bardzo wrażliwe na przegrzanie przy lutowaniu. Oprócz tego taki tranzystor, ze względu na niższe od tranzystora krzemowego spadki napięć (i na złączu B-E, i niskie napięcie nasycenia), można wykorzystać do eksperymentów w układach pracujących z bardzo niskimi napięciami (np. z małych paneli solarnych, termostosów, ale też rozładowanych baterii, itd.).

Na pewno układ typu Joule Thief, ale pracujący z tranzystorem germanowym, byłby ciekawym pomysłem do realizacji.

Circuit Chaos »

Rozwiązanie – Zagadka 2403

W marcu postawione zostało następujące zadanie konkursowe:

Przy badaniu tematu regulatorów PID, potrzebnych do optymalnego sterowania modułem Peltiera w komorze termicznej, można znaleźć rozmaite materiały. Niektóre bardzo cenne, inne bezwartościowe, a wręcz wprowadzające w błąd. Rysunek obok pochodzi ze strony <https://www.researchgate.net>, gdzie ogólnie biorąc, zamieszczane są poważne prace naukowe. W jednej z zamieszczonych tam prac można znaleźć schemat analogowego regulatora PID z dodatkowym inwerterem na wyjściu.

Pytanie konkursowe jest takie: **Czy na tym schemacie widzisz jakiś problem lub błąd?**

Konkurs jest zamknięty – rozwiązania można było nadsyłać do końca marca. Oto nadesłane rozwiązania.

Dzień dobry,

na schemacie przedstawionym na rysunku wzmacniacz U2 jest niepotrzebny, bo i tak jest zwarty :) Ktoś zapewne chciał narysować bufor, ale się pomylił, problem w tym że bufor nie spełnia założenia odwrócenia fazy. Aby odwrócić fazę należałoby zbudować wzmacniacz odwracający o wzmacnieniu równym jedności jak na schemacie w załączniku.

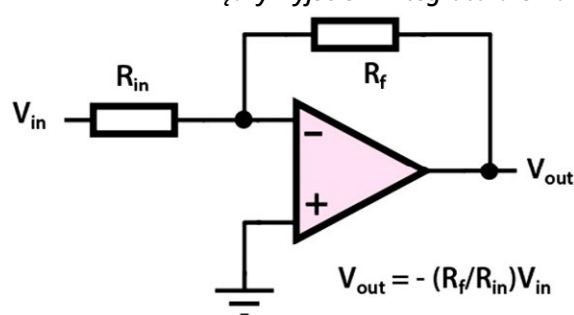
Pozdrawiam
Artur Krawczyk

ZAGADKA 2304

Wzmacniacz U2 ma pełnić funkcję inwertera przywracającego fazę sygnału regulatora. Aby spełniał funkcję inwertera muszą być dołączone rezystory zgodnie z tym jak pokazano na rysunku:

Przy $R_{in} = R_f$, obwód reprezentuje inwerter sygnału.

Tadeusz Suszał



Aby wzmacniacz U2 spełniał to zadanie, potrzebne są najmniej dwa jednakowej wartości rezystory, jeden pomiędzy wyjściem integratora U1 a wejściem odwracającym U2, drugi pomiędzy wejściem odwracającym U2, a jego wyjściem. Sam układ integratora wydaje się poprawny.

Szymon Burian

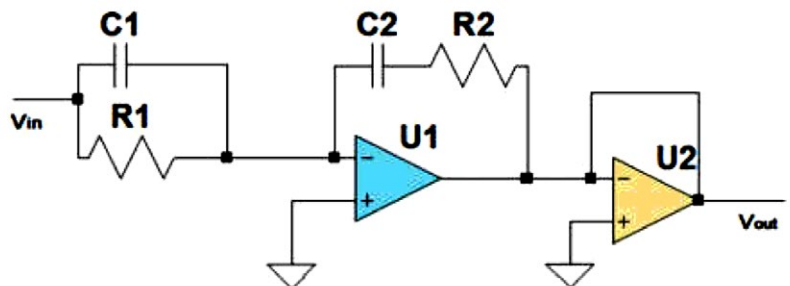


Figure-2: op-amp circuit, with inverting buffer to correct for initial inversion

(...)

Inwerter fazy na schemacie jest narysowany błędnie. Ponieważ jednak, jak pisze autor zagadki, schemat nie pochodzi ze sławnej kopalni elektronicznych bzdur czyli indyjskiej strony Homemade Circuits (vel Swagatam Innovations), a z poważnego portalu, należy przyjąć, że jest to błędne uproszczenie autora – narysował odwracacz fazy jako swojego rodzaju moduł, podobnie jak umownie oznacza się źródło prądowe symbolem dwóch kółek. Tak w każdym razie podejrzewam.

Inwerter fazy z definicji powinien być dla sygnału „przezroczysty”, tzn. wyłącznie odwrócić fazę sygnału, nie zmieniając jego poziomu, a więc być wzmacniaczem odwracającym o wzmacnieniu 1, lub dokładniej -1 .

Aby wzmacniacz U2 spełniał to zadanie, potrzebne są najmniej dwa jednakowej wartości rezystory, jeden pomiędzy wyjściem integratora U1 a wejściem odwracającym U2, drugi pomiędzy wejściem odwracającym U2, a jego wyjściem.

(...)

Patrząc na ten schemat, porównując go ze swoją (bardzo skromną) wiedzą na temat regulatorów PID, i staram się zrozumieć, co autor miał na myśli.

Zakładam, że rezystory oznaczone R1 i R2 mają odpowiadać za część proporcjonalną, kondensator C1 (równoległy z R1, na wejściu) za część różniczkującą, a C2 (szeregowy z R2, w pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego) za całkującą. Zakładam, że odpowiedni dobór elementów miałby dobrać również współczynniki regulacji.

Tylko czy dobierze? Weźmy najprostszy przykład: sygnał DC w okolicach zera, czyli układ wyregulowany idealnie. Nie ma uchybu. Dla wartości stałej (lub bardzo wolno zmiennej) błędu regulacji w tym obwodzie nie ma w ogóle sprzężenia zwrotnego. Wzmocnienie wzmacniacza będzie olbrzymie, w zasadzie ograniczone tylko parametrami użytego wzmacniacza operacyjnego, i nawet najmniejsze zmiany tego sygnału w okolicy zera, wywołane przez przypadkowy szum lub minimalne fluktuacje wartości mierzonej, będą powodowały ogromną reakcję układu. Kondensator C2 zmniejszy czas tych zmian, ale tendencja się nie zmieni – wzmacniacz w końcu wejdzie w nasycenie. Co być może nie byłoby złe, gdyby dało się jego

wyjscie pomnożyć przez współczynnik regulacji części całkującej i wykorzystać też inne człony do regulacji. Ale w tym przypadku się nie da. Regulator całkujący zdominuje dwa pozostałe regulatory.

Weźmy drugi przykład: skokowa zmiana sygnału uchybu (np. na skutek skokowej zmiany nastawy). C1 przepuści ją na wejście, powodując natychmiastową reakcję układu i pętla sprzężenia zwrotnego tu nie pomoże, a wszystko będzie zależało tak naprawdę od rezystancji wyjściowej poprzedniego stopnia. Współczynnik regulacji proporcjonalnej też zresztą od niej zależy. Zakładając niską lub zerową rezystancję wyjściową, w tym przypadku pętla regulacji również nie zadziała i wzmocnienie będzie bardzo duże – tym razem regulator różniczkujący zdominuje wyjście.

Ogólnie: nie podoba mi się ten układ. Może kryje się za nim jakiś geniusz, którego nie rozumiem, może warto byłoby go przeanalizować łącząc szeregowo R1 z C1, a równoległe R2 z C2, ale moim zdaniem idea połączenia razem regulatorów P, I i D w jednym wzmacniaczu jest albo zbyt genialna na mój rozum, albo bardzo głupia i nie sprawdzi się właśnie ze względu na wpływ poszczególnych regulatorów na siebie i niemożliwość kontroli współczynników regulacji.

Circuit Chaos ▣

Rozwiązanie – Jak odpowiedzieć? 2403

W marcu postawione zostało następujące zadanie konkursowe:

Na rysunku obok pokazany jest jakiś stary schemat. O jego wieku świadczą proponowane typy tranzystorów, diody i przekaźnika. Pytania konkursowe są takie:

Czy taki stary schemat może się dziś przydać? Do czego można byłoby wykorzystać taki układ?

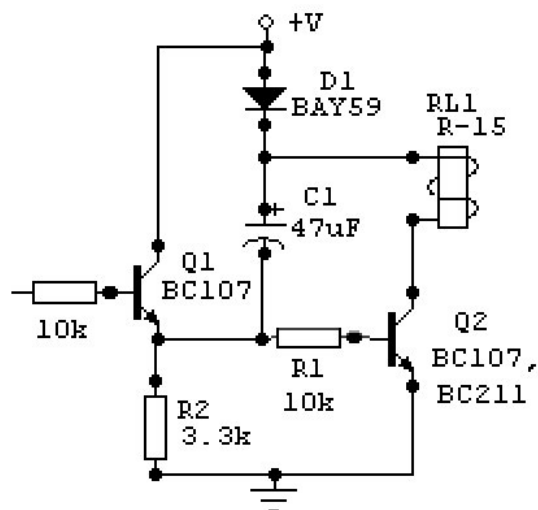
Konkurs jest zamknięty – rozwiązania można było nadsyłać do końca marca. Oto rozwiązania.

Dzień dobry,

układ wykorzystuje histerezę przekaźnika – kotwica przekaźnika odpuści przy znacznie niższym napięciu, niż jest potrzebne do jej przyciągnięcia, a więc napięcie o wartości nominalnej potrzebne jest tak naprawdę tylko przez chwilę, aby przekaźnik załączył.

Normalnie kondensator C1 naładowany jest do napięcia prawie +V przez diodę D1 i rezystor R2. Tranzystor Q2 jest zamknięty, bo jego baza jest ściągana do masy przez R2 i R1. Nawet gdyby przez chwilę się otworzył w momencie włączenia zasilania gdy kondensator jest nienaładowany, to i tak napięcie będzie zbyt niskie, aby cewka zdołała przyciągnąć kotwicę przekaźnika.

W momencie gdy na bazę Q1 zostanie podane napięcie +V, to tranzystor ten otworzy się, a ponieważ



pracuje w konfiguracji OC, to napięcie na jego emiterze będzie zbliżone do napięcia na bazie (i +V), co spowoduje, że ujemna okładzina kondensatora C1 znajdzie się na potencjale zbliżonym do +V, a dzięki obecności diody D1 na okładzinie dodatniej kondensatora napięcie wzrośnie niemal dwukrotnie. Jednocześnie otworzy się tranzystor Q2 i spowoduje przepływ prądu przez cewkę przekaźnika. Po chwili kondensator C1 rozładuje się i napięcie na nim spadnie do pierwotnego poziomu, ale przekaźnik

pozostanie załączony (oczywiście o ile nie zniknie napięcie sterujące na bazie Q1) ponieważ do podtrzymania jego działania często wystarczy napięcie o wartości nawet 40% nominalnej.

Na schemacie widnieje przekaźnik R15, a to dość duży przekaźnik. Myślę, że w tym przypadku chodziło po prostu o pewne załączenie przekaźnika i uzyskanie dzięki temu niższej rezystancji styków.

Taki układ można wykorzystać np. w domofonie, gdzie tablica przy drzwiach wejściowych do budynku/posesji zwykle jest oddalona od zasilacza, a przewody łączące są dość cienkie (zwykle ok. 0,1–0,2 mm²), co może powodować spore spadki napięcia i w pewnych przypadkach uniemożliwić otwarcie drzwi/furtki.

Dzięki takiemu rozwiązaniu jak na rysunku, otwieranie drzwi/furtki zawsze działałoby pewnie, ponieważ przekaźnik zawsze załączany był wyższym napięciem.

Pozdrawiam

Artur Krawczyk

(...)

Przedstawiony układ służy do sterowania przekaźnikiem napięciem niższym od jego napięcia znamionowego. Jest swojego rodzaju impulsowym podwajaczem napięcia, a jego skuteczność wynika z faktu, że znamionowe napięcie przekaźnika jest zawsze większe niż jego napięcie zadziałania (tzw. pick up voltage) i wielokrotnie większe, niż napięcie potrzebne do podtrzymania jego działania (drop out lub napięcie opadowe).

Przykładowo: przekaźnik oznaczony na schemacie jako R15 jest produkowanym do dziś przekaźnikiem przemysłowym, którego gwarantowane napięcie opadowe wynosi nieco ponad 0,1 wartości napięcia znamionowego. Choć może to brzmieć dziwnie, według katalogu Relpol przekaźnik R15 w wersji z cewką 12 V musi zadziałać już przy napięciu 9,6 V, natomiast jego styki pozostaną zwarte jeszcze przy napięciu niewiele większym niż 1,2 V. Powyższa cecha może być pozytywna, ale może też sprawić nieprzyjemne niespodzianki niedoświadczonemu konstruktorowi.

W każdym razie przedstawiony na schemacie układ, np. przy napięciu zasilania rzędu 5 V, może sterować przekaźnikiem R15 z cewką 12 V.

Czy taki sposób sterowania ma obecnie sens? Moim zdaniem niewielki: dostępność przekaźników jest obecnie tak duża, że z powodzeniem można dobrać sobie przekaźnik z cewką optymalną dla napięcia pracy

układu. Wyjątkiem może być sytuacja, w której mamy do dyspozycji jakiś szczególnie kosztowny przekaźnik, jak np. przekaźnik wysokonapięciowy lub dedykowany do dużych prądów DC, a jego napięcie pracy jest wyższe niż dostępne w urządzeniu: tego rodzaju układ może być tańszą alternatywą dla dodatkowej szyny zasilania w projektowanym układzie.

Bardzo serdecznie pozdrawiam!

Szymon Burian

„Jak odpowiesz? 2403”

Rysunek przedstawia interesujący układ, który może być użyty do:

- a) zasilania przekaźnika napięciem niższym niż jego nominalne,
- b) ograniczenia poboru prądu przez przekaźnik, który pozostaje załączony.

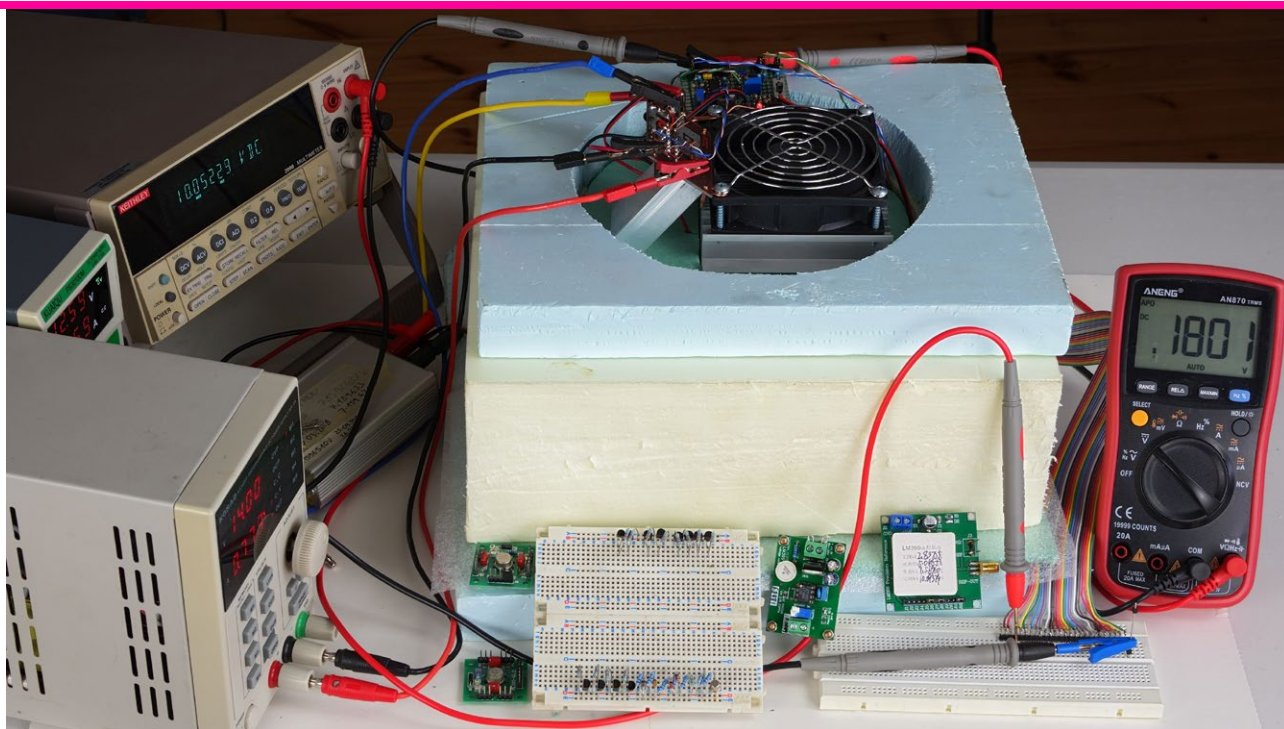
Gdy na wejściu jest stan niski, to Q1 nie przewodzi i kondensator C1 ładuje się (prąd płynie przez D1, C1, R2), a gdy podany jest stan wysoki, to ten naładowany kondensator łączy się w szereg z zasilaniem (prąd płynie przez Q1, C1, RL1 i Q2, który jest otwarty przez prąd płynący przez Q1, R1 i złącze BE Q2). W efekcie przekaźnik dostaje „kopa”, żeby się pewnie otworzył (żeby napięcie na nim było przez chwilę większe od jego napięcia zadziałania), a później napięcie na przekaźniku jest już niższe (czyli płynie przez niego mniejszy prąd), ale wyższe od napięcia podtrzymania (które jest niższe od napięcia zadziałania).

Po zamianie elementów na współczesne odpowiedniki układ będzie dalej działał, a wykorzystać go można np. do załączania przekaźnika 5-woltowego, mając do dyspozycji jedynie 3,3 V.

Circuit Chaos

Pojawiły się też odpowiedzi nietrafne:

- jest to generator – impulsator przekaźnikowy (...)
- układ służy do załączania, przełączania styków przekaźnika z określonym opóźnieniem. Kondensator C1 i rezystor R1 służą do ustawienia czasu opóźnienia. Jak najbardziej taki stary schemat można wykorzystać i dziś, np. w oświetleniu, gdzie po naciśnięciu przycisku lub wykryciu ruchu przez czujnik (w obwodzie bazy Q1) światło pozostaje włączone przez określony czas. Do momentu kiedy tranzystor Q2 przestanie przewodzić i przez cewkę przekaźnika nie będzie płynął prąd. ▣



Testy termiczne wzorców napięcia

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

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

[AD580, MAB01H, MAC01](#)
[Moduły z AD584 i LM399](#)
[Nie takie to proste, czyli tyżka dziegiu...](#)
[Jakie jest napięcie danego egzemplarza?](#)

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

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

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



Fotografia 1

Wzorce napięcia dla (nie)każdego hobbysty

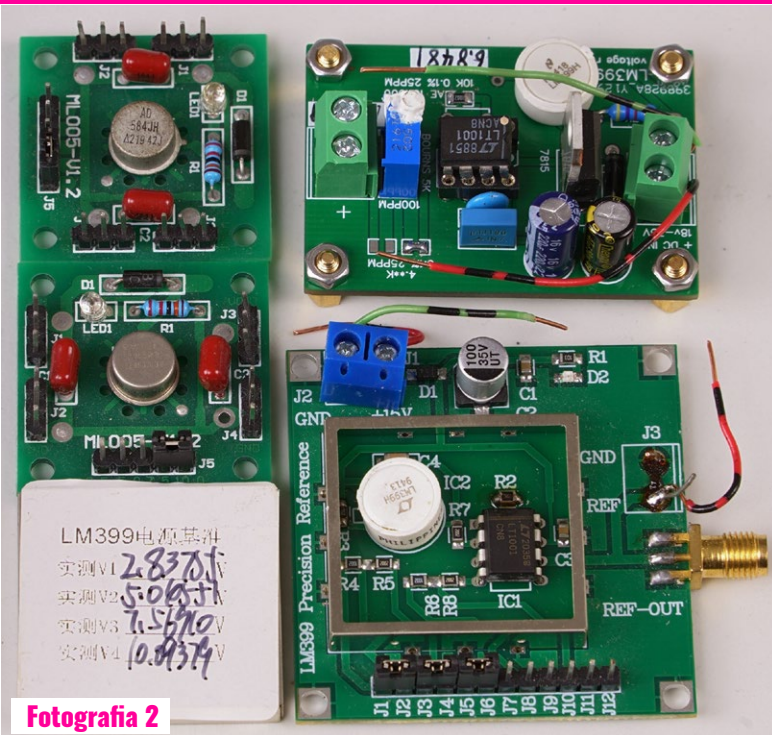
Niniejszy artykuł pokazuje, jak zmiany temperatury wpływają na źródła napięcia wzorcowego. Jest kontynuacją artykułu [Amatorskie wzorce napięcia \(M020\)](#) opublikowanego w ZE 9/2023.

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

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

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

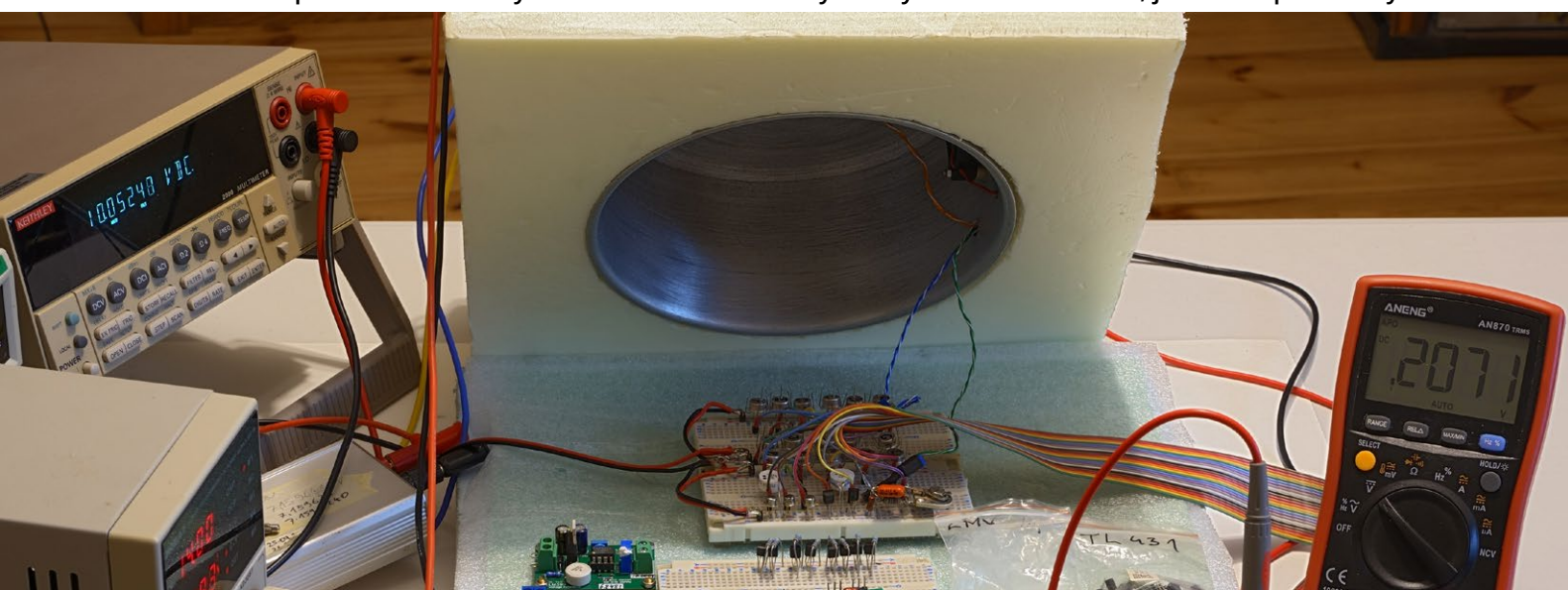
W artykule przedstawione są też testy wielu innych źródeł napięcia odniesienia w mojej prostej komorze termicznej. **Fotografia 3** pokazuje wszystkie elementy i układy, których parametry zostały zmierzone i przedstawione w tym materiale.



Fotografia 2

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

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



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

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

Uwaga! Możliwość dokładnych pomiarów!



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

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

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

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

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

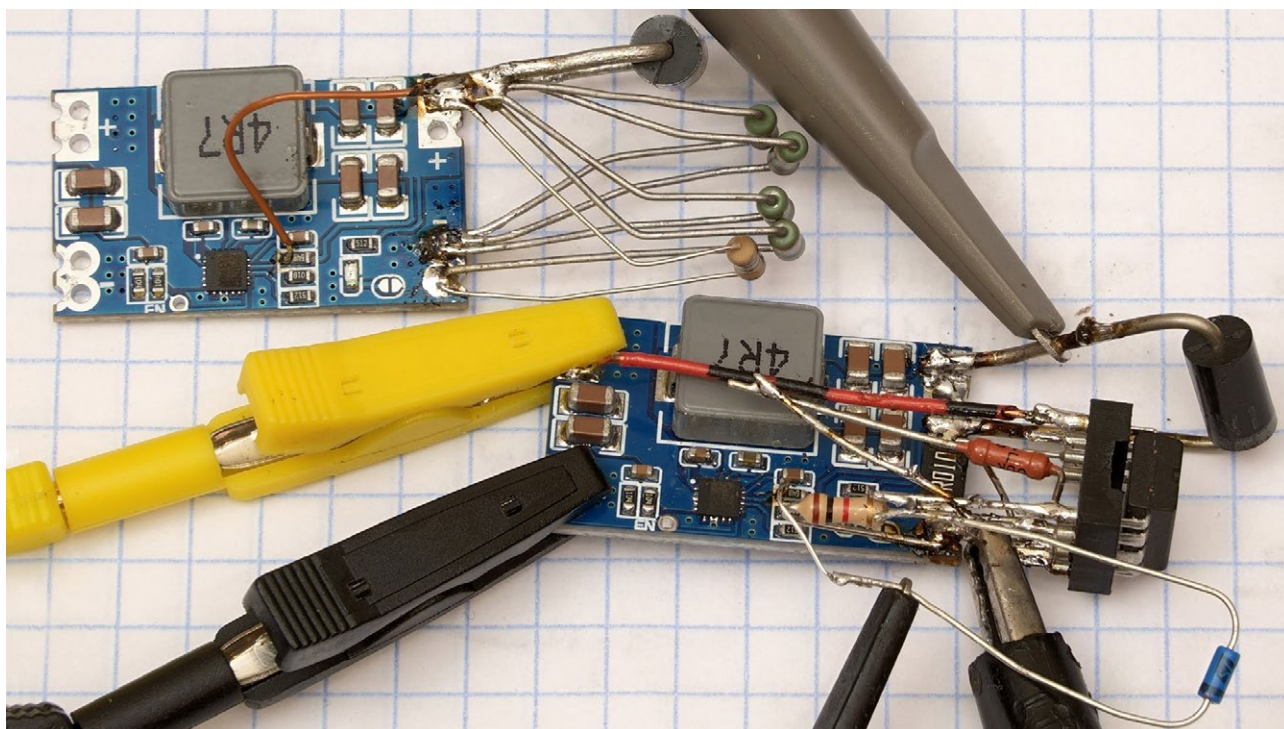
8. Termin realizacji: do 10 dni, w sezonie urlopowym i świątecznym możliwe wydłużenie terminu;

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

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



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



Kłopoty z modułami przetwornic impulsowych

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

Cel i założenia

Wstępna koncepcja

Kłopoty z MT3608, SX1306, B628

Impulsowe źródło prądowe

Testy pierwszego modelu

Przetwornica MINI 560

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

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

Cel i założenia

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

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

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

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

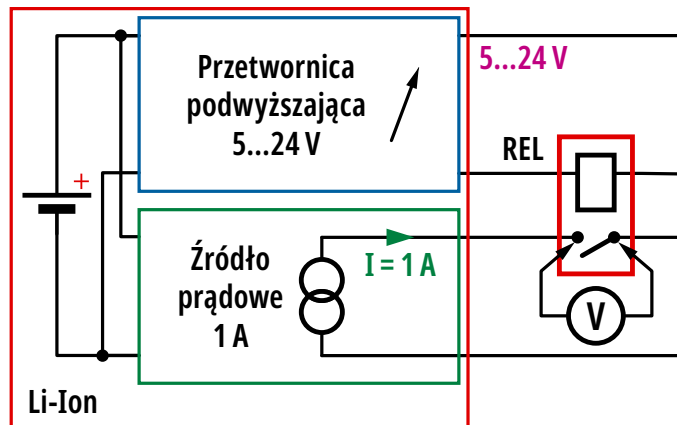
Problem w tym, że cewki przekaźników mają różne napięcia pracy. Dominują przekaźniki, wymagające podania na cewkę napięcia stałego 5 V, 12 V, 24 V. Ale są też przekaźniki z cewką na napięcie zmienne, głównie 24 V, 110 V i 230 V.

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

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

Wstępna koncepcja

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



Rysunek 1

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

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

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

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

Kłopoty z MT3608, SX1306, B628

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

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

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



Wspólnie projektujemy: Minimalistyczna pracownia

Zapraszam także Ciebie do udziału w zadaniu konkursowym, w ramach którego można doradzić, podzielić się doświadczeniem i przedstawić własne spostrzeżenia dotyczące tego, jak początkujący elektronik może zrealizować własną mikropracownię i od czego powinien zacząć kompletowanie wyposażenia.

Na powyższej fotografii tytułowej widać załazek mojej nowej pracowni. W zasadzie powstaje ona głównie na potrzeby kręcenia filmów na mój kanał YouTube, ale ma oczywiście pełnić także funkcję mojej klasycznej pracowni elektronicznej.

A jeżeli ma też służyć jako warsztat do eksperymentów i pomiarów, to trzeba ją odpowiednio do tego wyposażać.

Zapraszam Czytelników ZE do wspólnej pracy, a może raczej do wspólnej zabawy. Otóż docelowo będziemy się też zastanawiać nad wyposażeniem tej mojej pracowni, która jest dość duża, bo zajęłem pokój niewykorzystywany od czasu, gdy wyprowadził się stamtąd mój syn z rodziną.

Ja mam więc komfortową sytuację, ale zdecydowana większość hobbystów ma warunki nieporównanie skromniejsze. Niektórzy uważają, że w ogóle nie mają warunków, bo zamieszkują małe, ciasne

mieszkanie w bloku lub kamienicy, bez żadnego garażu, piwnicy czy strychu. Inni młodzi, na przykład studenci, na wynajmowanych stancjach lub w akademikach mają warunki jeszcze skromniejsze.

Takie utrudnienie wcale nie przekreśla szans na uprawianie elektroniki jako pięknego hobby! Trzeba tylko dobrze zorganizować pracę, żeby nie przeszkadzać domownikom i współlokatorom. Trzeba też sensownie dobrać sprzęt: narzędzia i przyrządy.

I właśnie jako pierwsze zadanie w tym wątku proponuję żebyśmy wspólnie zastanowili się, **co można zaproponować i poradzić hobbystom, których możliwości lokalowe są wyjątkowo skromne?**

Czy i Ty mógłbyś coś doradzić, a jeszcze lepiej – pokazać sprawdzone w praktyce przykłady jako wzór?

Ogólnie biorąc, widzę dwa główne kierunki:
– stacjonarna mikropracownia w ciasnym mieszkaniu,
– mobilna mikropracownia w walizce lub kartonie.

Zadanie konkursowe YK016 brzmi:

Zaproponuj sposób realizacji i niezbędne wyposażenie minimalistycznej pracowni dla elektronika hobbysty, który ma bardzo skromne warunki lokalowe.

Do udziału w zadaniu zapraszam doświadczonych, a także mniej zaawansowanych i początkujących.

Propozycje można **nadsyłać do końca czerwca 2024 roku** na adres konkursy@piotr-gorecki.pl.

Śmiało przysyłajcie wszelkie propozycje, spostrzeżenia i doświadczenia.

Zostaną one omówione w numerze 8/2024 czasopisma **Zrozumieć Elektronikę**.

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

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

W pierwszym wariantcie można liczyć, że na drodze rodzinnych negocjacji elektronik na stałe otrzyma do dyspozycji szafkę lub przynajmniej ze dwie półki na własny użytek. Ale tylko szafkę lub półki, natomiast prace będą prowadzone na okresowo zajmowanym stole lub biurku.

W drugim wariantcie zakładamy, że cała pracownia będzie pakowana do walizki, a w skrajnym przypadku do jakiegoś niezbyt wielkiego kartonowego pudła.

W obu wariantach chodzi o to, żeby sprawnie rozłożyć sprzęt do pracy, a potem równie sprawnie go spakować i szybko przywrócić porządek w pomieszczeniu. Jeden cel, to jak najmniej przeszkadzać współdomownikom. Drugi, jeszcze ważniejszy, to utrzymanie porządku w narzędziach i podzespołach niezbędnych w takiej mikroskopijnej pracowni. A z czasem zapewne będzie ich coraz więcej.

Zanim przejdziemy do narzędzi, omówmy bardzo ważną kwestię...

Lutowanie czy płytki stykowe

Od lat ogromną popularnością cieszą się płytki stykowe – przykład na **fotografii 1**. Wielu początkujących sądzi, że dziś hobbyści właśnie tak powinni realizować układy elektroniczne.

Owszem, płytki stykowe mają zalety i są przydatne do budowy prototypów i prowizorycznych układów eksperymentalnych, jak pokazuje przykład testowania rezystorów w układzie z **fotografii 2**.

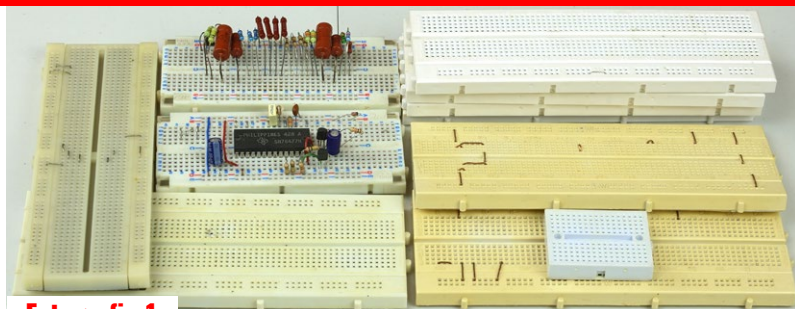
Jednak jakość wykonania płytek stykowych, najdelikatniej to ujmując, bywa różna. Jeżeli układ ma być w miarę trwały i niezawodny, trzeba elementy zamontować na płytce drukowanej za pomocą lutowania. Dlatego nawet najmniejsza pracownia musi zawierać narzędzia umożliwiające lutowanie.

Na pewno lutowanie klasycznych, stosunkowo dużych tak zwanych elementów przewlekanych (THT), a być może też dużo mniejszych elementów do tzw. montażu powierzchniowego (SMT, SMD). I tu na myśl przychodzi lutownica, ale nie tylko lutownica.

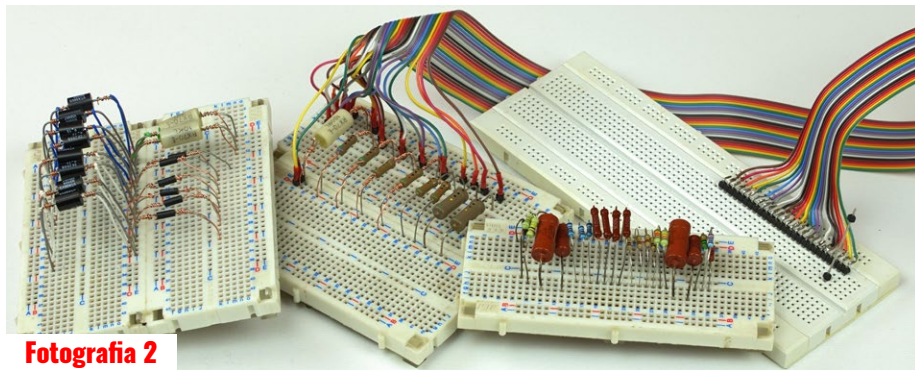
Jakie narzędzia związane z lutowaniem możesz zaproponować początkującemu? Ewentualnie też: w jakiej kolejności je nabywać?

Wyposażenie – niezbędne narzędzia

Elektronikowi są też potrzebne rozmaite inne narzędzia, niezwiązane bezpośrednio z lutowaniem. Bodaj najprostszym przykładem jest wkrętak, nadal nazywany śrubokrętem, a raczej wkrętaki. Innym niezbędnikiem jest pinceta, którą można też nazywać pęsetą. I to raczej nie jedna. Jaka pinceta do kla-



Fotografia 1



Fotografia 2

sycznych elementów przewlekanych, a jaka do SMD?

Absolutnie niezbędne są szczypce boczne do obcinania końcówek elementów. Czy wystarczy wersja kosztująca kilka złotych (**fotografia 3**)? Czy jest sens zainwestować kilkadziesiąt złotych w lepsze цапки, na przykład te z **fotografii 4**?

Na pewno przydadzą się też szczypce płaskie lub małe kombinerki. Oczywiście są jeszcze inne narzędzia i wyposażenie, ułatwiające pracę.

Co jest w tym zakresie absolutnym minimum? A jakie „inne narzędzia” warto polecić hobbyście?



Fotografia 3



Fotografia 4

Wyposażenie – niezbędne przyrządy pomiarowe

Elektronik ma jakieś przyrządy pomiarowe. Absolutnie niezbędny jest co najmniej jeden multimetr. Czy może to być M830, kosztujący w hipermarkecie 20 złotych? Najważniejszym przyrządem pomiarowym elektronika zawsze był i jest oscyloskop. **Jakie multimetry i oscyloskopy należy Twoim zdaniem polecić początkującym?**

Do przyrządów pomiarowych można zaliczyć generator, a raczej generatory. Kupić? Zrobić? Od czego zacząć w tym zakresie?

Tu trzeba też wspomnieć o zasilaczu lub zasilaczach, które są absolutnie niezbędne do różnych eksperymentów. Jaki w miarę uniwersalny zasilacz lub zasilacze możesz polecić na początek? A może też jakiś rodzaj zasilania bateryjnego?

Jakie jeszcze inne budżetowe przyrządy i przystawki pomiarowe powinny się znaleźć w mikropracowni? Jaką zalecisz kolejność ich zakupu?

A może warto coś samodzielnie zbudować lub przerobić? Może jakąś przystawkę?

I pokrewna sprawa, ważna w przypadku mobilnej mikropracowni. Niektóre narzędzia i przyrządy są delikatne. Przez nieuwagę łatwo je uszkodzić podczas transportu. Czy nie warto pomyśleć o jakimś zabezpieczeniu na okoliczność transportu?

Tu zapewne wiele cennych rad mogą przedstawić serwisanci pracujący w terenie, którzy w różnych warunkach wożą sprzęt. A może zaproponujesz coś innego, zamiast zakupu profesjonalnych walizek na sprzęt. W grę wchodzi gąbka, pianka, ale chyba nie styropian, który się łatwo kruszy. Jak to widzisz?

Organizacja prac i porządek

Eksperymentujący w mieszkaniu elektronik nie powinien pobrudzić czy porysować stołu, na którym zapewne będzie pracował. Ochroną przed tym nie powinna być gazeta czy przypadkowy kawałek kartonu. Z kilku powodów warto mieć paletkę lub paletki albo płaskie pudełka – pojemniki, które nie tylko ochronią stół, ale może też będą miejscem przechowywania narzędzi po pracy. Ja „z rozpędu” wykorzystywałem między innymi resztki – kawałki płyty meblo-



Fotografia 5



Fotografia 6

wej, pokazane na **fotografii 5**, ale to raczej nie jest godne polecenia rozwiązanie do mikropracowni. Chyba, że będą to półki, które po pracy będą błyskawicznie wstawiane w regał lub szafkę – wtedy byłoby to rozwiązanie wręcz znakomite!

A do roli palet czy płaskich pojemników roboczych proponowałbym wykorzystanie cieńszej i lżejszej płyty. Do nowej pracowni już zamówiłem formatki z 3-milimetrowej płyty HDF powszechnie stosowanej jako „plecy” do szafek – **fotografia 6**. Mają chronić przed porysowaniem blatu i być roboczymi paletkami przy realizacji kolejnych projektów.



Fotografia 7



Fotografia 8

Zasilanie 230 V

Jeżeli to ma być stanowisko pracy, to zapewne trzeba zająć się o doprowadzenie napięcia 230 V. Czy wystarczy jeden gotowy przedłużacz, choćby taki jak na **fotografii 7**. Czy zamiast albo oprócz przedłużacza 230 V należałoby zastosować nieco inne rozwiązanie? **Fotografia 8** pokazuje moje „stanowisko zabezpieczające” z żarówką.

Jakie masz w tym zakresie doświadczenia i propozycje?

Przechowywanie podzespołów i modułów

Nie tylko z własnego doświadczenia wiem, że większość elektroników nieustannie coś kupuje i ma coraz większe zapasy. Zapasy nie tylko narzędzi i sprzętu, ale też podzespołów i modułów. Ogromnie ważne jest, by od początku zapanować nad bałaganem w takich zapasach!

Fotografia 9 przedstawia moje liczne plastikowe pojemniki, dopiero co kupione do nowej pracowni. U mnie jest ich naprawdę dużo, ale na początek nie potrzeba aż tylu. Tylko jakie pojemniki?

Posegregowane zapasy wyglądają znakomicie. Przyznam jednak, że z kilku mniej i bardziej uzasadnionych powodów nie jestem pod tym względem wzorem. Generalnie podzespoły, moduły i urządzenia mam posegregowane, ale zdarza mi się, że sporo czasu tracę na znalezienie czegoś, co na pewno mam, ale co mi się zawieruszyło nie tam, gdzie powinno być.

Świadomie, czy nie, każdy wypracowuje sobie własne nawyki w tym zakresie. Jednak naprawdę warto o tym pomyśleć od początku, bo systematyka i porządek znakomicie ułatwiają pracę i oszczędzają czas. Czy z doświadczenia możesz coś doradzić początkującym w zakresie przechowywania części – podzespołów i modułów?

Prace mechaniczne?

Mówimy o mikropracowni dla elektronika. Jednak w grę wchodzi też pewne prace mechaniczne. Praktykujący elektronik często musi coś uciąć oraz wyciąć albo wywiercić otwory w obudowie lub radiatorze.

Przy takich pracach powstają śmieci, w szczególności drobne wióry przy cięciu, piłowaniu i wierceniu. Czy można przy takich pracach skutecznie opanovać problem śmieci? Czy takie prace uda się wykonać w mieszkaniu? Czy i jakie narzędzia uważasz za niezbędne do prac mechanicznych, jakie musi czasem wykonać elektronik? Czy możesz coś doradzić w takich kwestiach?

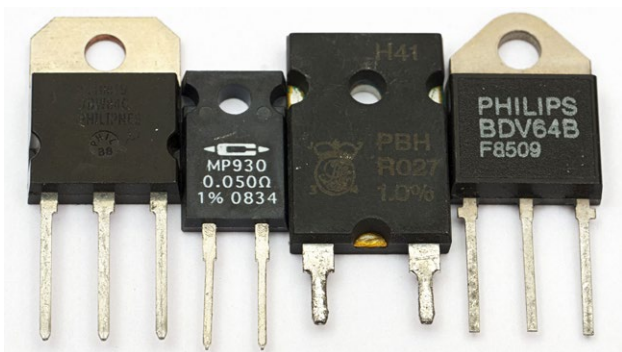
Zapraszam więc do udziału w tym zadaniu konkursowym YK016 – wykorzystywane przez Ciebie rozwiązania, propozycje i spostrzeżenia możesz nadesłać e-mailem: konkursy@piotr-gorecki.pl.

Na koniec jeszcze raz podkreślam, że **na razie, w ramach tego zadania konkursowego zajmujemy się tylko mikropracownią „okresową” lub mobilną dla osób o bardzo trudnych warunkach lokalowych**. Natomiast wyposażeniem klasycznej, stałej, większej pracowni elektronicznej będziemy się zajmować oddzielnie. ©

Piotr Górecki



Fotografia 9



Wspólnie projektujemy: Uniwersalne obciążenie aktywne

Już dawno w naszym czasopiśmie opublikowany był projekt Mój uniwersalny tester impulsowy i szereg przykładów jego wykorzystania. Jednak w niektórych zastosowaniach potrzebny jest pomiar ciągły, a nie impulsowy. Dlatego wspólnie zajęliśmy się realizacją uniwersalnego układu aktywnego obciążenia.

W numerze lutowym naszego czasopisma postawione było zadanie konkursowe YK012: **Zaproponuj schemat układu elektronicznego uniwersalnego, aktywnego obciążenia, o możliwie dużej mocy.**

Okazuje się, że aktywne obciążenie w wielu sytuacjach jest bardzo potrzebne, wręcz konieczne. W następnych numerach ZE przedstawione będą opisy zrealizowanych układów. **A w dalszej części tego artykułu są zaprezentowane dwa rozwiązania**, na razie teoretyczne, które mogą być inspiracją dla innych zainteresowanych tematem. Przypomnę też najważniejsze, podstawowe informacje.

Otóż opisany wcześniej Mój uniwersalny tester impulsowy w wielu przypadkach jest niezastąpiony, ale dość często potrzebne jest też obciążenie o dużej mocy, które może pracować nie impulsowo, tylko ciągle. W najprostszym przypadku takim obciążeniem o dużej mocy może być zestaw rezystorów, zestaw żarówek albo grzałki z drutu oporowego.

Jednak takie proste rozwiązania mają poważne wady, przede wszystkim brak uniwersalności i konieczność kłopotliwego dobierania, zależnie od potrzeb i warunków. Na pozór najprostsze do wykorzystania żarówki mają liczne słabości, w tym dużą nieliniowość, co niekiedy wręcz je dyskwalifikuje. Dlatego wiele osób decyduje się na realizację układu elektronicznego, pełniącego funkcję mniej lub bardziej uniwersalnego obciążenia aktywnego. Ogólnie mówiąc, układu o możliwie dużej mocy, służącego do zamiany energii elektrycznej na energię ciepłą.

I właśnie w ramach kolejnego wątku **Wspólnie projektujemy**, chcemy zająć się zaprojektowaniem możliwie najbardziej uniwersalnego układu elektronicznego obciążenia o jak największej mocy.

Dzisiaj można niedrogo kupić gotowe układy aktywnego obciążenia. Przykład widać na **rysunku 1**.

Jest to układ o prądzie maksymalnym aż 20 amperów i deklarowanej mocy strat 150 watów. Zasilany jest z małego wtyczkowego zasilacza 12-woltowego. Ma kolorowy ekran, który jest nie tylko monitorem podczas pracy, ale pozwala wygodnie ustawić potrzebne parametry. Dla wielu osób zakup gotowego urządzenia tego typu jest rozwiązaniem optymalnym. Ale nie dla wszystkich.

Po pierwsze, podobny układ wielu elektroników może i zechce zrealizować **wielokrotnie taniej**, wykorzystując posiadane popularne elementy. Co prawda tania wersja nie będzie miała wyświetlacza i cyfrowego sterowania, ale jej kluczowe parametry

120,26zł -1%
Najniższa cena w ciągu 30 dni
Cena z VAT

Sprzedaj hurtowa 10+ sztuk, dodatki

150W 10A/20A obciążenie
1.77/2.4in TFT kolor moc
wyświetlacza bateria Test
starzenia miernik napięcie
prądu Monitor rozładowania

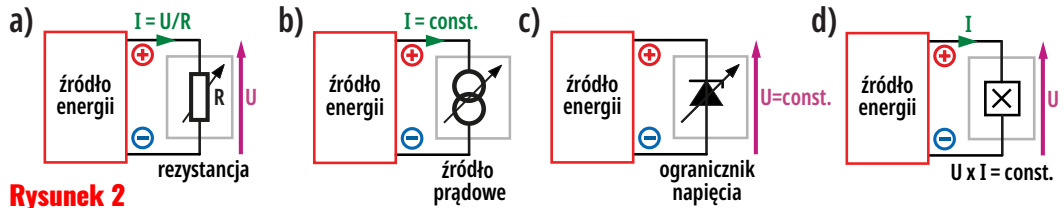
★★★★★ 4.9 21 Recenzje |
Zniżka kuponu

12,12zł off
na zamówienia za pona...

kolor: 2.4inch 20A

Rysunek 1

nie będą gorsze, a nawet mogą być lepsze. Układ elektroniczny może być zaskakująco prosty i tani!



Rysunek 2

Po drugie, część elektroników chce zrealizować układ aktywnego obciążenia „dla sportu”, aby mieć satysfakcję nie tyle z posiadania, co z **samodzielnego wykonania urządzenia**. Co bardzo istotne, można się przy tym naprawdę dużo nauczyć.

Po trzecie, **często potrzebny jest układ o parametrach znacząco lepszych, niż oferują chińscy producenci**, na przykład o większej mocy strat, o większym napięciu maksymalnym, czy o jeszcze większym prądzie.

Są to wystarczające powody, żeby zastanowić się nad samodzielną realizacją aktywnego obciążenia. Układ może być genialnie prosty i tani, a przy tym może mieć możliwości i kluczowe parametry dużo lepsze niż niedroge urządzenia fabryczne.

Aktywne obciążenie – nietypowe potrzeby

Przypomnę, że inspiracją do tego zadania był interesujący e-mail, jaki w grudniu otrzymałem od **Marcina Foltyna**. Ucieszyłem się, że ktoś zajmuje się tematami, które interesują także mnie i zapewne wiele innych osób. Oto fragmenty otrzymanego w grudniu e-maila:

Dzień dobry,
 interesuję się oświetleniem LED i po trochu wszystkim, co jest z tym związane. Aktualnie testuję kilka zasilaczy stałoprądowych, zdejmując ich charakterystyki mocy strat w funkcji ich mocy wyjściowej. Ostatnio wpadł mi w ręce zasilacz (...) By zdjęć jego charakterystyki chcę moc z jego wyjścia wytracić (...) oraz na tranzystorze IXFH20N50P3 (...) Maksymalna moc strat na tranzystorze MOSFET wyniesie 120 W, dlatego muszę go „rozbić” na trzy równoległe połączone tranzystory (...) Proszę o radę, czy w takim przypadku parowanie tranzystorów ma sens, a jeżeli tak, to jak się do tego zabrać? (...)

Pozdrawiam

Marcin Foltyn

Odpisałem, że równoległe łączenie tranzystorów MOSFET do pracy liniowej jest bardzo ryzykowne. A w sumie najważniejszym problemem jest rozpraszanie ciepła, co wyznacza zastosowany radiator.

Rodzaje aktywnego obciążenia

Muszę też przypomnieć, że są **trzy główne odmiany aktywnego obciążenia**.

Otóż obciążeniem może być zestaw rezystorów, grzałek lub żarówek. To najprostszy rodzaj obciążenia – **obciążenia o charakterze rezystancji** (w przypadku żarówek mocno nieliniowej rezystancji).

Jednak często potrzebne jest **obciążenie zachowujące się jak źródło prądowe**, a nie jak rezystancja. W przypadku obciążenia rezystancyjnego o wartości prądu decyduje napięcie na rezystancji według oczywistego wzoru $I = U / R$. Natomiast w przypadku źródła prądowego napięcie na obciążeniu nie ma żadnego wpływu na wartość prądu, która jest ustalana przez użytkownika.

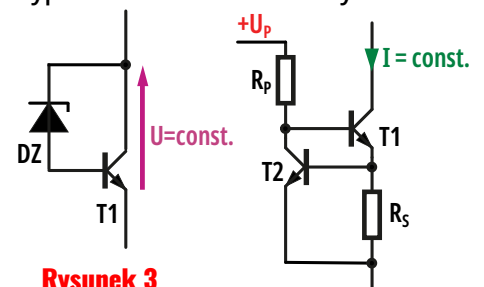
Trzecim głównym rodzajem jest obciążenie stałonapięciowe, a raczej **obciążenie o napięciu ustawionym przez użytkownika**.

Dodatkowo trzeba wspomnieć, że czwartym godnym uwagi rodzajem jest bardziej skomplikowane rozwiązanie elektronicznego obciążenia, które niejako dostosowuje się do sytuacji. Tak dostosowuje, **żeby w obciążeniu wydzielala się określona moc**, ustawiona przez użytkownika.

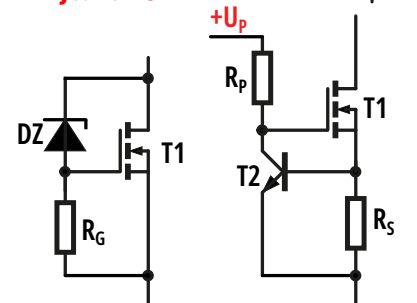
Wymienione cztery główne odmiany aktywnego obciążenia przedstawione są na **rysunku 2**.

Każdy rodzaj (każdą charakterystykę) obciążenia można zrealizować za pomocą odpowiednio sterowanego tranzystora. Może to być tranzystor bipolarny, MOSFET lub IGBT. Bodaj najprostsze realizacje obciążenia stałonapięciowego i stałoprądowego z wykorzystaniem tranzystora bipolarnego NPN są pokazane na **rysunku 3**. Bywają wykorzystywane w praktyce, ale z kilku powodów nie są dobrą podstawą do realizacji uniwersalnego obciążenia aktywnego o możliwie dużej mocy.

Dziś absolutnie najpopularniejsze są tranzystory MOSFET z kanałem typu N. Właśnie taki tranzystor może być kluczowym elementem uniwersalnego obciążenia aktywnego. Nie warto jednak zwracać sobie głowy odpowiednikami rozwiązań z rysunku 3, pokazanymi na **rysunku 4**. Owszem, mogą być użyteczne, ale my chcemy zrealizować obciążenie jak najbardziej uniwersalne.



Rysunek 3



Rysunek 4

Stąd propozycja wykorzystania najtańszego wzmacniacza operacyjnego LM358. Gdyby opisywane rozwiązanie sprawdziło się w praktyce, a pożądana byłaby lepsza dokładność i stabilność, wtedy można pomyśleć o wersji znacznie ulepszonej: zapewne droższej i być może bardziej rozbudowanej.

Kluczowe funkcje realizuje tu wzmacniacz operacyjny, do którego zasilania potrzebne jest autonomiczne źródło napięcia – od kilku do kilkunastu woltów. Podkreślam, że napięcie zasilania układu nie powinno być niższe niż 9 V, by zapewnić pełne otwarcie MOSFET-a. Napięcie zasilania nie może być też zbyt wysokie z uwagi na dopuszczalne napięcie bramka-źródło, wynoszące dla większości MOSFET-ów 20 V. A gdyby potrzebna była wersja bardzo precyzyjna, to być może trzeba będzie zastosować nowoczesny wzmacniacz operacyjny typu *zero drift*, a takie wzmacniacze z reguły mają maksymalne napięcie zasilania 5,5 wolta. Wtedy trzeba będzie zmienić i skomplikować układ.

Precyzja, dokładność i stabilność cieplna układu aktywnego obciążenia zależą będą od parametrów użytych elementów. Nie tylko od wzmacniacza operacyjnego, ale też od źródła napięcia odniesienia oraz rezystora pomiarowego R_S .

Moc strat tranzystora

Maksymalne założone napięcie U_L to 300 V, a maksymalny prąd I_L to 10 A, co dałoby maksymalną moc strat 3000 watów. To oczywiście jest nierealne do osiągnięcia i niecelowe. W tym prostym i niedrogim układzie, głównym tranzystorem, w którym będzie się wydzielać większość mocy strat, ma być **pojedynczy** MOSFET. A jeśli pojedynczy, to właśnie on wyznaczy maksymalną moc proponowanego aktywnego obciążenia. Nie ma szans na uzyskanie obciążenia o mocy strat 3000 watów (chyba, że ktoś chciałby samodzielnie rozważyć możliwość

wykorzystania jakiegoś odpowiednio potężnego modułu IGBT). Maksymalna moc strat układu będzie zależeć od dopuszczalnej mocy strat użytego MOSFET-a oraz od zastosowanego radiatora i skuteczności jego chłodzenia.

O wszystkim zadecydują parametry termiczne! Niska musi być i rezystancja R_{thJC} samego tranzystora, i rezystancja R_{thRA} użytego radiatora. W praktyce zapewne okaże się, że wąskim gardłem jest rezystancja termiczna R_{thCR} styku tranzystora z radiatorem. Z popularnymi MOSFET-ami kosztującymi kilka czy kilkanaście złotych i dobrymi radiatorami z wentylatorem, jest możliwe uzyskanie układu aktywnego obciążenia o mocy strat rzędu 100...200 watów.

Jeśli ktoś potrzebuje układu o większej mocy strat, musi zainwestować w droższy tranzystor o rezystancji R_{thJC} poniżej $0,1^\circ\text{C/W}$ i w odpowiedni radiator, być może o chłodzeniu wodnym. **Rysunek 19** pokazuje przykładowe propozycje „silniejszych” MOSFET-ów. Jak widać, wersje o katalogowej mocy strat ponad 1000 watów można kupić już za 40 złotych brutto!

Dobra wiadomość jest taka, że pierwszą wersję do wstępnych testów można i warto wykonać z wykorzystaniem tanich podzespołów: niemal dowolnego MOSFET-a z dowolnym radiatorem i najpopularniejszego wzmacniacza operacyjnego LM358. ©

Piotr Górecki

The screenshot shows a search for 'mosfet' on the TME website. The filters are set to: Napięcie dren źródło [18] (500V, 600V, 650V, 800V, 20V, 24V), Prąd drenu [18] (26A, 29A, 44A, 50A, 60A, 62A), Rodzaj kanału [18] (wzbogacany, zubożony), Rezystancja w stanie przewodzenia [18] (17mΩ, 30mΩ, 38mΩ, 50mΩ, 55mΩ, 65mΩ), and Moc rozpraszana [18] (>1000). The results show three MOSFETs from IXYS:

Model	Specyfikacja	Ilość [szt]	Cena brutto [PLN/szt]
IXFQ50N60P3	Tranzystor: N-MOSFET; unipolarny; 600V; 50A; 1040W; TO3P	1+	40.25
IXFQ60N50P3	Tranzystor: N-MOSFET; unipolarny; 500V; 60A; 1040W; TO3P	1+	44.67
IXFH60N50P3	Tranzystor: N-MOSFET; Polar: 3 [™] ; unipolarny; 500V; 60A; 1040W; 250ns	1+	51.81

Rysunek 19



Czy chcesz mierzyć dokładnie?

Większość elektroników na powyższe tytułowe pytanie odpowie: Oczywiście, chcę mierzyć jak najdokładniej! Chcę, ale nie stać mnie na zakup kosztownych mierników. Poniższy artykuł pokazuje ograniczenia, ale co ważniejsze, sygnalizuje interesujące możliwości, jakie może wykorzystać każdy hobbysta.

Źródła błędów i niepewności
Wzorce wewnętrzne i zewnętrzne
Wzorce napięcia

Stabilne rezystory
Inne możliwości

O **prawie Ohma** słyszał prawie każdy. A ile osób słyszało o **prawie Barlowa**? Peter Barlow był o kilkanaście lat starszy od Georga Ohma. Był to zasłużony i szanowany uczonec, któremu na początku XIX wieku zlecono zbadanie zagadnienia: *jak płynie prąd elektryczny*. Mniej więcej w tym samym czasie co Ohm przedstawił on wyniki swoich rzetelnych badań oraz wynikające z nich wnioski, w tym zależność wielkości prądu od długości drutu, przez który płynie. Czyli tak zwane **prawo Barlowa**, które po pierwsze, później okazało się nieprawdziwe, a po drugie, najprawdopodobniej co najmniej o kilka lat opóźniło rozwój i opracowanie praktycznie użytecznego telegrafu, czyli pierwszego użytkowego wykorzystania elektryczności.

Dlaczego ten skrupulatny i rzetelny naukowiec wprowadził świat naukowy w błąd?

Otóż wyciągnął co prawda prawidłowe wnioski z wyników swoich pomiarów, ale jego dane pomiarowe były niepełne. Barlow na początku lat 20. XIX wieku w bardzo prymitywny sposób mierzył wielkość prądu, a wynikiem pomiaru był kąt i tangens kąta, o jaki odchyliła się igła kompasu. Nie mierzył napięcia, bo po pierwsze, wtedy nie było takiej możliwości, a po drugie, pojęcie napięcia nie było wtedy jeszcze jasne i zrozumiałe.

Georg Ohm też na początku wpadł w tę samą pułapkę i też pierwotnie przedstawił błędne wnioski, co jest fascynującą i bardzo mało znaną historią.

W każdym razie w elektrotechnice i elektronice ogromnie ważne są pomiary napięcia, (natężenia) prądu oraz oporności. W ciągu ostatnich 200 lat nastąpił w tej dziedzinie nieprawdopodobny postęp!

Po pierwsze nauczyliśmy się mierzyć napięcie, czyli różnicę potencjałów. Najpierw mierzono napięcie za pomocą... potencjometra, czyli, jak dziś mówimy, potencjometru. Potem wynaleziono różne woltomierze. To kolejny bardzo interesujący wątek.

Ja wróć do anegdotycznego zdarzenia, gdy w dyskusji między mechanikiem i elektrykiem ten ostatni z głębokim przekonaniem twierdził, że oni, elektrycy, napięcie, w szczególności napięcie sieci energetycznej, mierzą z dokładnością **absolutną**.

Bardzo się mylił, bo w zakładzie przemysłowym, gdzie pracowali, podstawowym wyposażeniem były wskazówkowe mierniki uniwersalne typu UM-4B,

które mają klasę dokładności 2,5 na zakresach napięcia przemiennego. Ogólnie biorąc, błąd mógł więc wynosić $\pm 2,5\%$, a w praktyce nawet więcej.

Pojawienie się i upowszechnienie mierników cyfrowych stworzyło fałszywe wrażenie, że skończył się problem z dokładnością pomiarów. Dla wielu osób słowo „cyfrowy” jest wręcz synonimem określeń „precyzyjny”, „dokładny”. Zupełnie niesłusznie!

Fałszywe jest wyobrażenie, że cyfrowy miernik pokazuje dokładną wartość mierzonej wielkości!

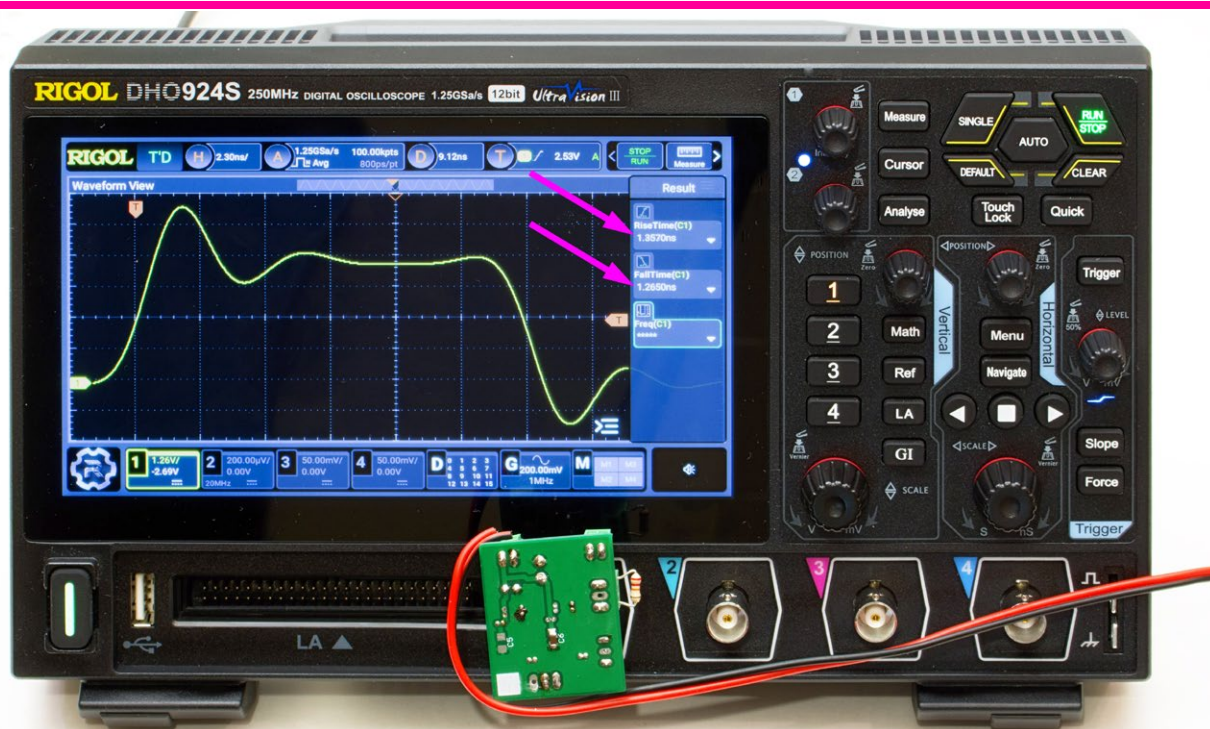
Przykładem jest **fotografia 1**, będąca kadrem z filmu *Czy chcesz mierzyć dokładnie?*, oznaczonego numerem M008a. Wszystkie pokazane mierniki mierzą (przemienne) napięcie sieci energetycznej.

Różnice wskazań są, a przynajmniej powinny być, mniejsze, jeżeli mierzone jest napięcie stałe. Przykład na **fotografii 2**.



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





Rigol DH0924S w praktyce: pomiar czasu narastania

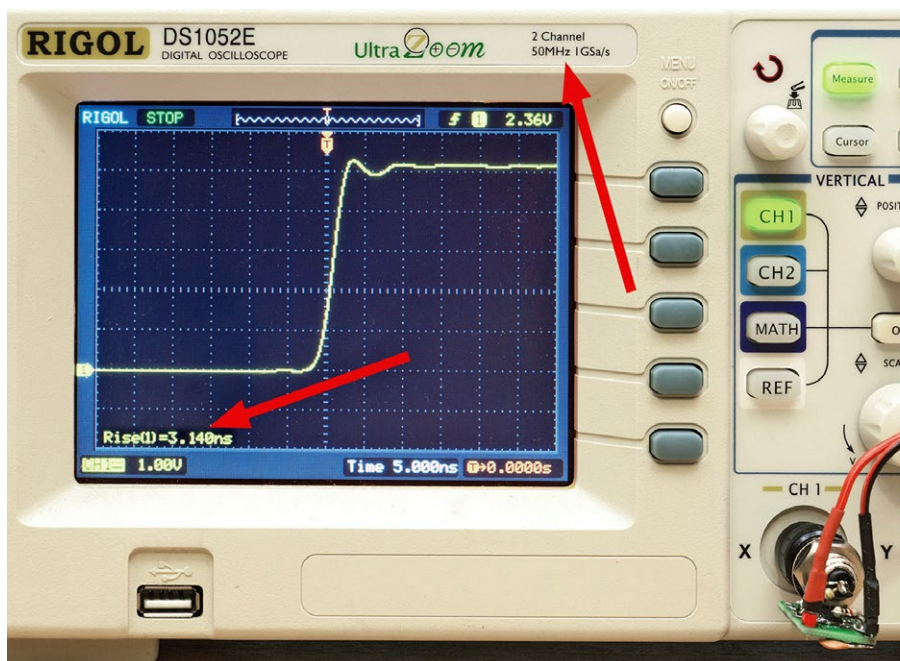
To jest trzeci artykuł pokazujący parametry i możliwości budżetowych oscyloskopów Rigol, pochodzących z nowej serii, oznaczonej DHO. Artykuł pokazuje, jak można w zaskakująco prosty sposób zmierzyć czas narastania oraz jak wykorzystać oscyloskop do badania szybkich przebiegów impulsowych.

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

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

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

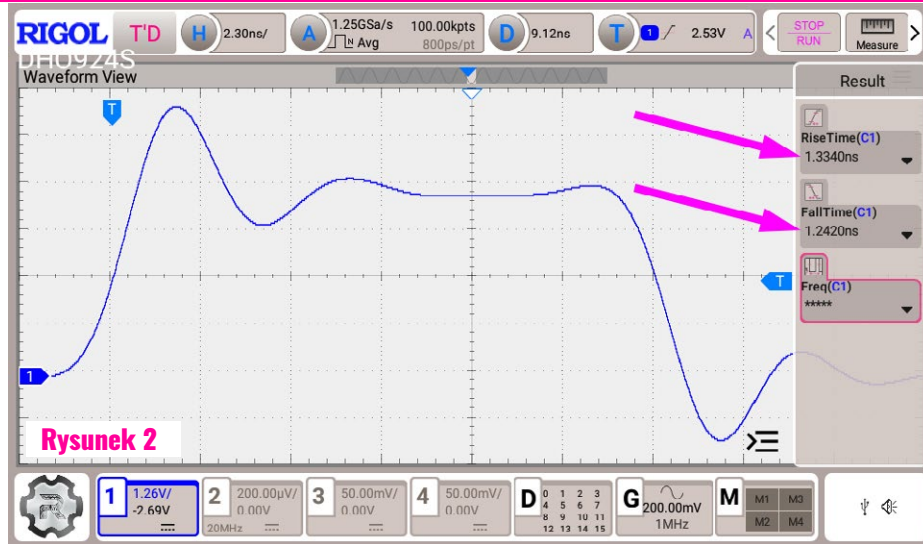
Jednym z najważniejszych, a właściwie najważniejszym parametrem jest pasmo przenoszenia oraz nieodłącznie z tym związany czas narastania i opadania. Stare i kultowe już oscyloskopy Rigol DS1052 są znane z tego, że ich pasmo i czas narastania są lepsze niż podaje specyfikacja. I to nawet bez dodatkowych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



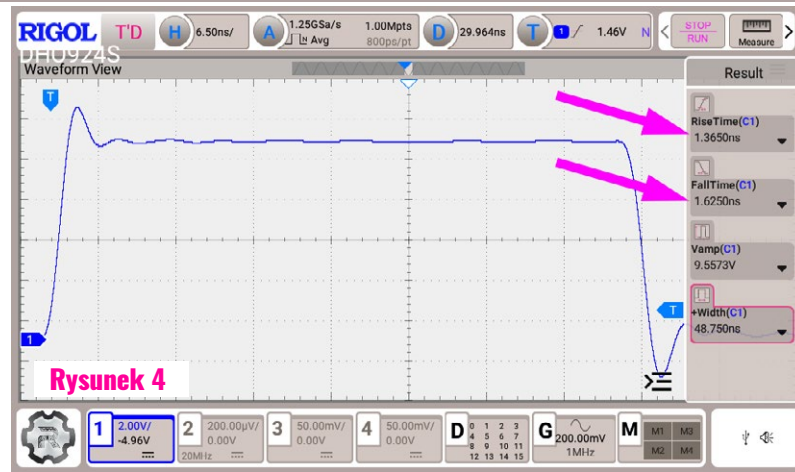
Fotografia 1

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

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



Rysunek 2



Rysunek 4

Overview of the DHO900 Series Technical Specifications

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

Rysunek 3



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



Podstawy automatyki – regulacja prędkości silników

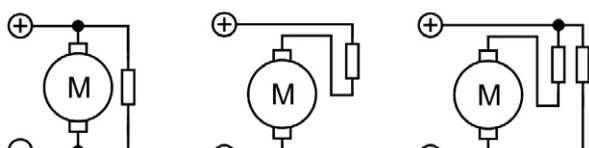
Dzisiejszym odcinkiem zaczynamy drugi dział cyklu – dotyczący techniki napędowej. W jaki sposób można regulować prędkość obrotową silnika elektrycznego? Czy falownik to poprawna nazwa? Czym jest układ łagodnego startu? Odpowiedzi na te pytania Czytelnicy znajdą w najbliższych odcinkach.

[Podstawy teoretyczne](#)
[Silniki prądu stałego](#)
[Silniki prądu zmiennego](#)

[Układ Leonarda](#)
[Przetwornice wirowe](#)
[Układy tyrystorowe](#)

Podstawy teoretyczne

Możliwości regulacji prędkości obrotowej silników zależą od typu silnika. Dla silników prądu stałego istnieje możliwość regulacji prądu wzbudzenia lub napięcia zasilającego. Dla silników prądu zmiennego można stosować zmianę napięcia zasilającego lub częstotliwości oraz zmianę rezystancji w obwodzie



wirnika (wyłącznie dla silników pierścieniowych). Poza tym dla rozruchu silników DC stosuje się dodatkowe oporniki rozruchowe. Ponadto w lokomotywach elektrycznych jest używane bocznikowanie (dla silników szeregowych).

Silniki prądu stałego

Wyróżniamy trzy podstawowe typy silników prądu stałego, w zależności od konfiguracji obwodu wzbudzenia: bocznikowe, szeregowo i bocznikowo-szeregowe – **rysunek 1** (według: <https://elektronika2b.pl/>). Silniki szeregowo wymagają rozruchu

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

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



Metalowe obudowy do urządzeń elektronicznych

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

Buduję zasilacz
Pojawiające się możliwości
Panel przedni i tylny

Konstrukcja
Uwagi końcowe

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

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

Buduję zasilacz

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



Fotografia 1

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

Pojawiające się możliwości

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

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



Fotografia 2

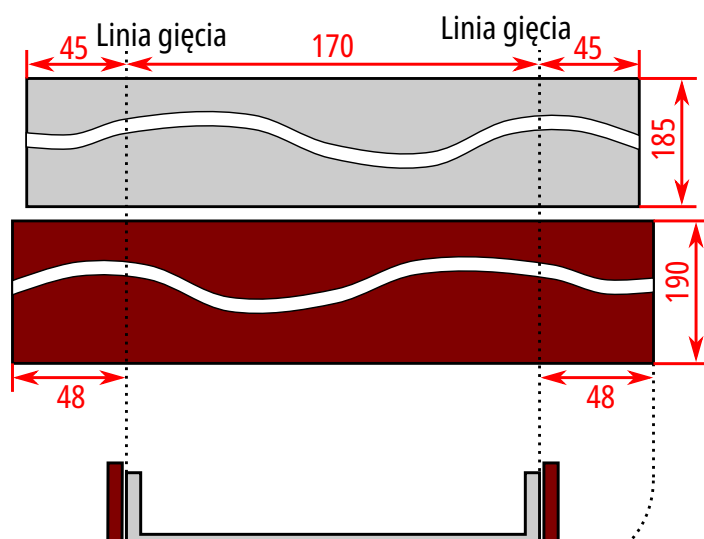


Fotografia 3



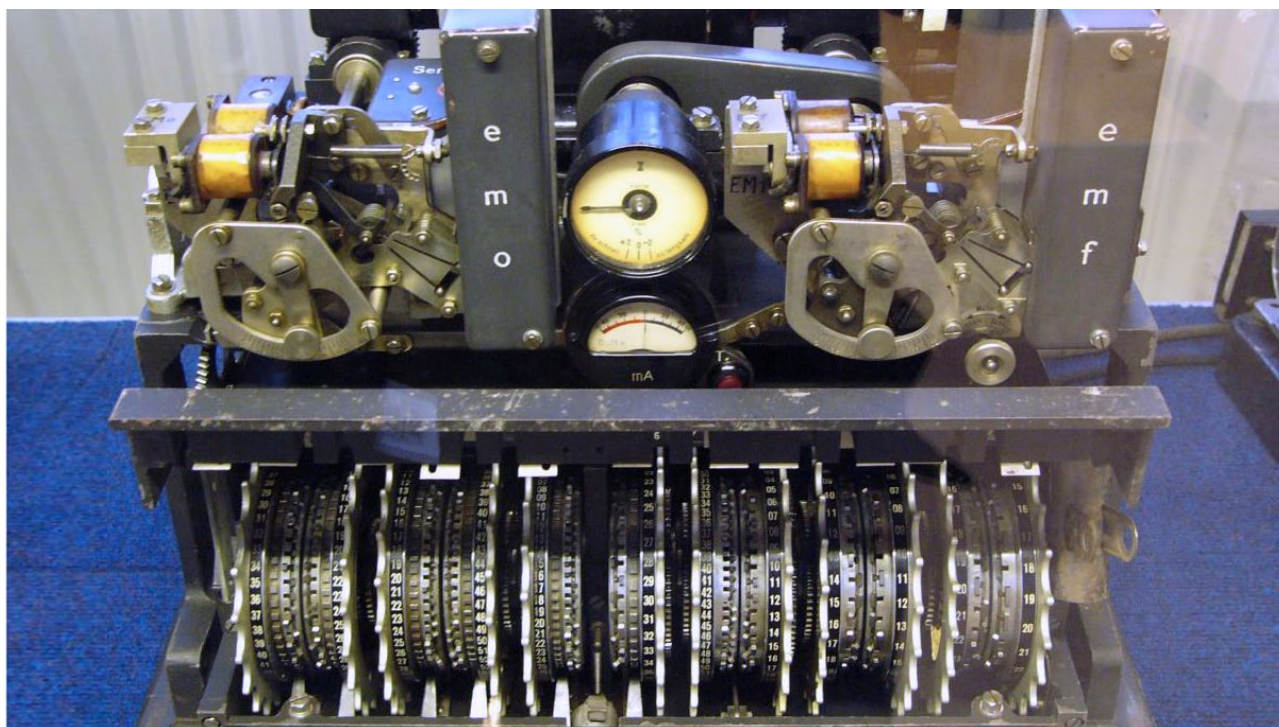
Fotografia 4

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



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

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



Szyfrowanie danych

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

Szyfrowanie (kryptografia) Algorytm 3DES

Przykład użycia

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

Szyfrowanie (kryptografia)

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

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

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

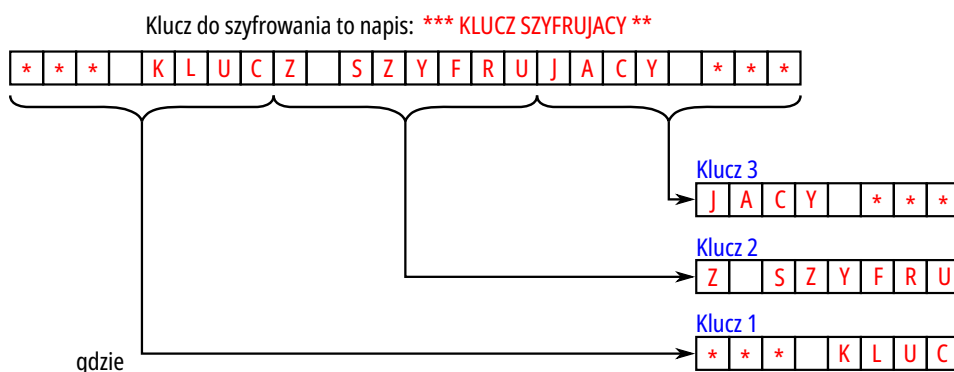
Tym dodatkowym elementem jest tzw. klucz szyfrujący. Jest to informacja, która jest ustalona (w jakikolwiek sposób) i użyta do szyfrowania a także odszyfrowania. W przypadku szyfrowania i deszyfrowania używany jest ten sam klucz (ta sama informacja) i w takim przypadku mowa jest o algorytmie symetrycznym.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

Algorytm 3DES

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

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

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

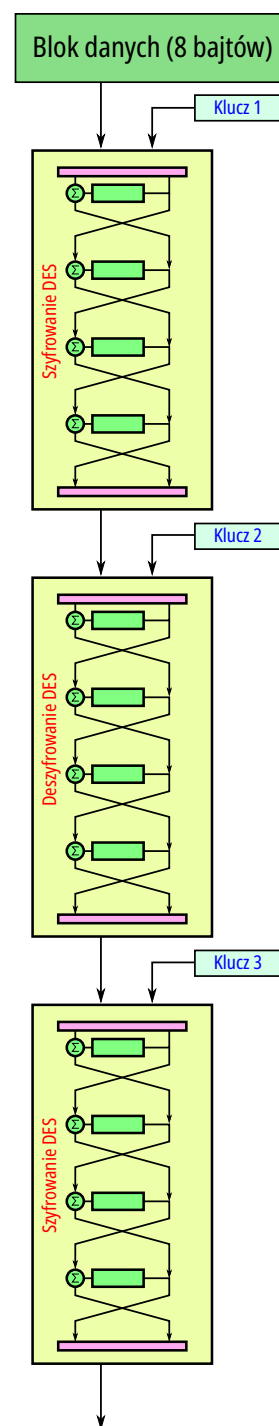


Przykład użycia

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

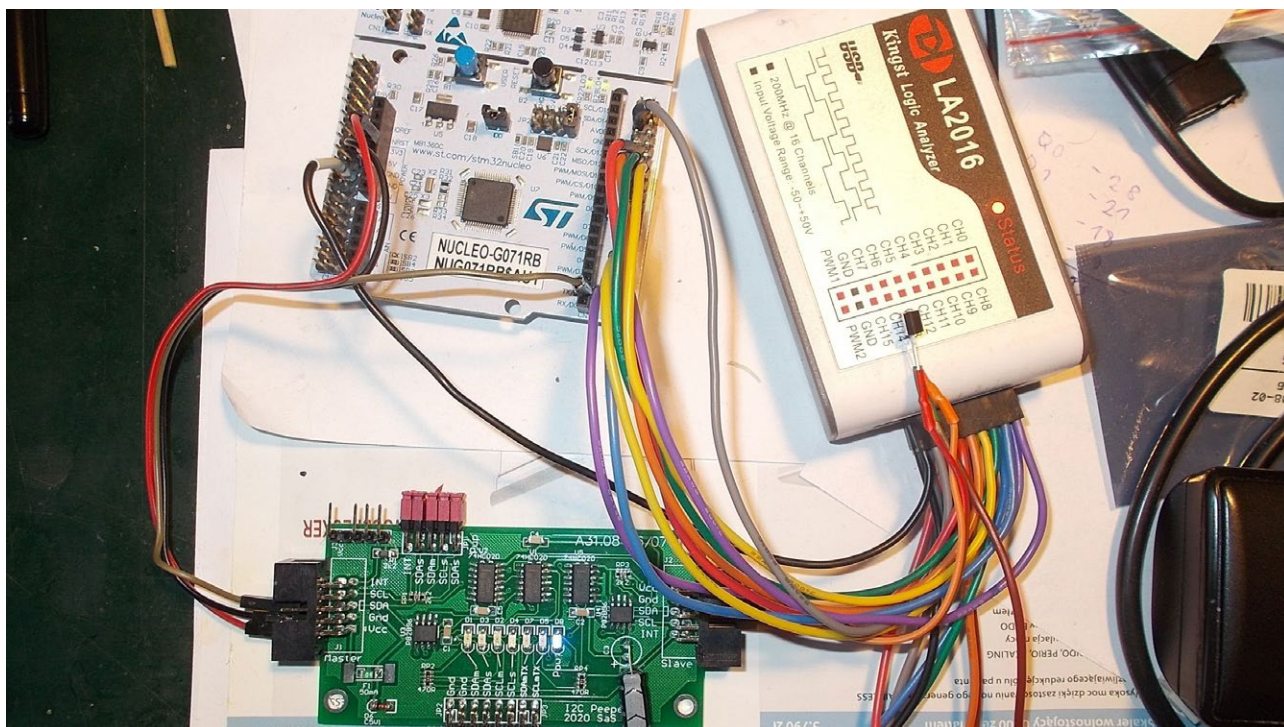
- wyświetleniu zawartości bloku danych przed zaszyfrowaniem,
- wyświetlenie zawartości bloku danych po zaszyfrowaniu,
- wyświetlenie zawartości bloku danych po odszyfrowaniu.

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



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

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



OneWire na przerwaniach od UART dla DS18B20

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

Jak działa 1-Wire?
Co daje wykorzystanie UART?

Na koniec pomijany problem zabezpieczenia magistrali przed uszkodzeniem

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

ra, którą odcytujemy w programie głównym. Film pokazujący działanie programu można obejrzeć na Youtube: <https://youtu.be/iXtlc535780>. W kolejnym kroku 1-Wire będzie obsługiwane przez DMA, angażując przerwania tylko na czas generowania sygnału RESET oraz po zakończeniu transmisji.

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

Jak działa 1-Wire?

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

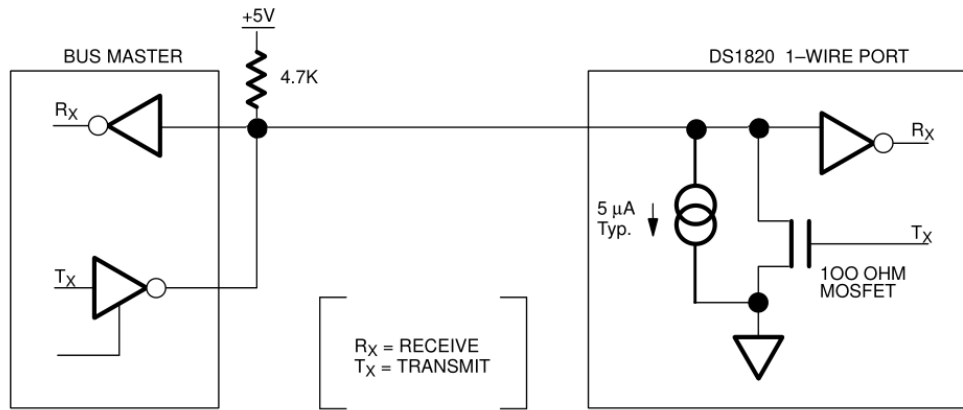
Podstawowe informacje można poznać na Wiki:

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

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

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

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

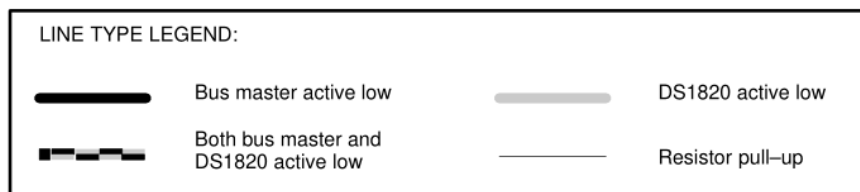
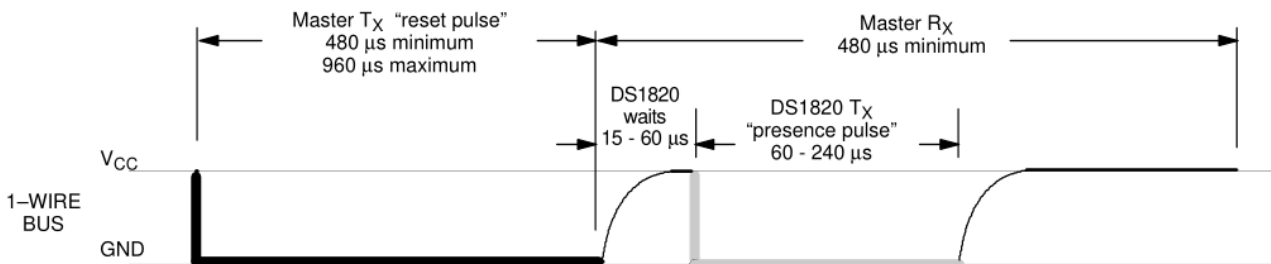


Rysunek 1

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

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

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



Rysunek 2

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
I/O Pin, 1-Wire Reset, Presence-Detect Cycle						
		Standard speed, $V_{PUP} >$	480		720	

DS2408

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



Sieci energetyczne, faza, wartość skuteczna

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

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

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

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

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

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

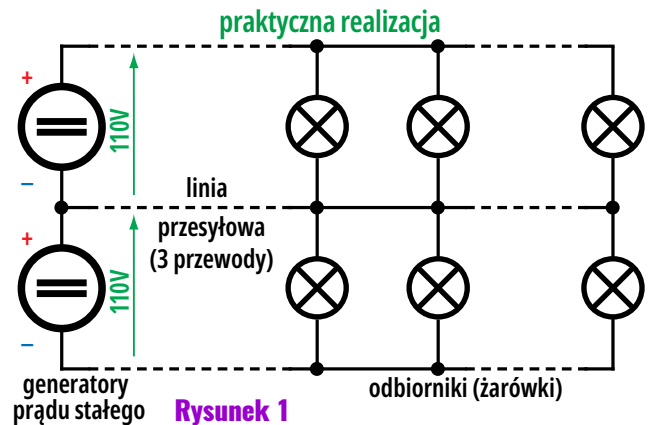
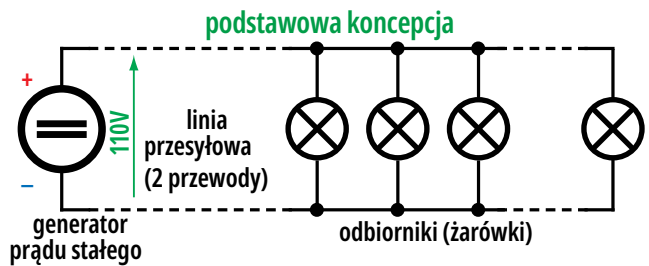
Sieci wysokiego napięcia

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

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

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

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



Rysunek 1

na prąd przemienny według idei z rysunku 2.

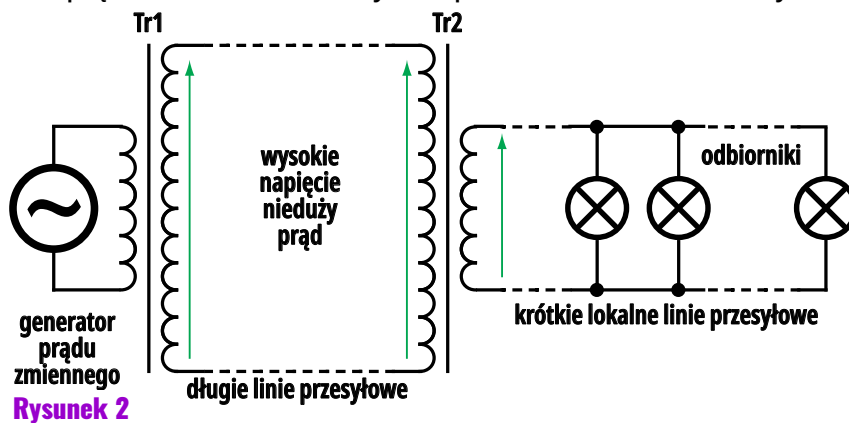
Otóż zgodnie ze wzorem $P = U \times I$ daną moc P można przesać do odbiorcy albo przy małym, niskim napięciu U i dużym prądzie I , albo przy wysokim napięciu U i małym prądzie I .

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

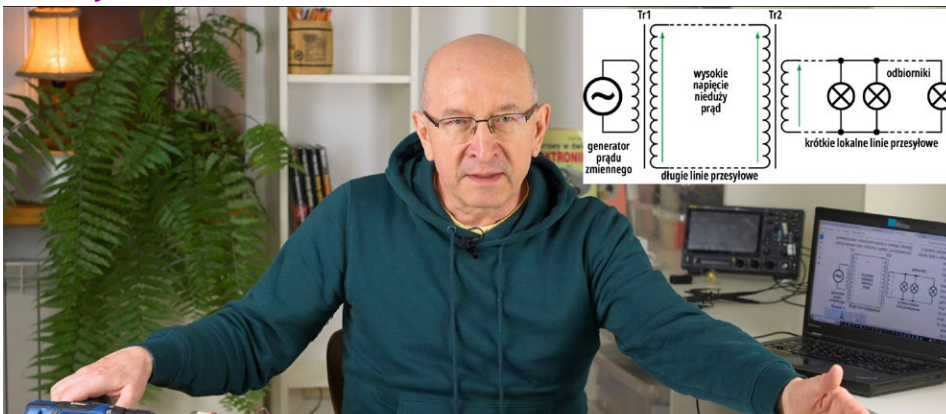
Otóż przewody – druty przesyłowe mają jakąś niezerową rezystancję R_D . Prąd I płynący przez tę rezystancję R_D wywołuje na niej jakiś spadek napięcia U_D . Wielkość tego spadku napięcia wyraża prosty wzór $U_D = R_D \times I$. Czym większy prąd, tym większy ten niepożądany spadek napięcia, ale co gorsze,

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

Przykładowo *dziesięciokrotne* zmniejszenie wartości prądu powoduje *stukrotne* zmniejszenie strat przesyłania. *Stukrotne*

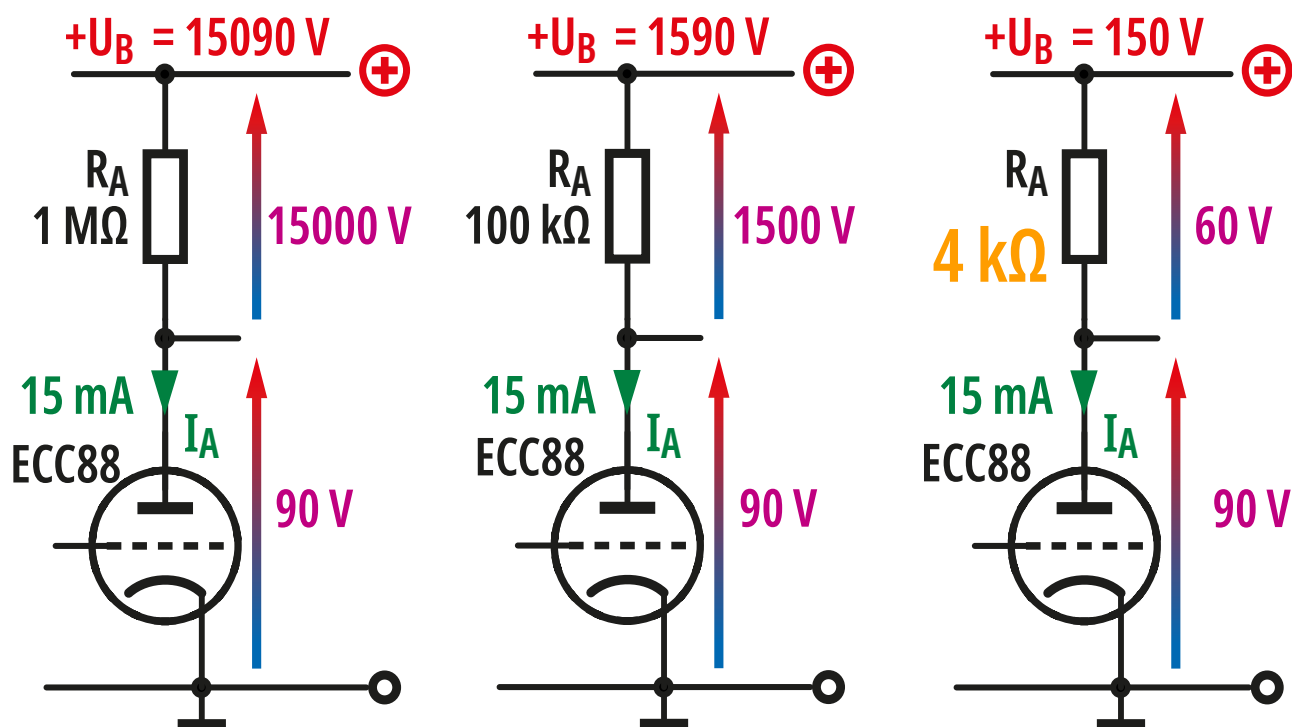


Rysunek 2



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

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



Lampy elektronowe: od teorii do praktyki

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

Metoda graficzna, testy czy intuicja?

(Przed)wzmacniacz lampowy – dobór R_A

(Przed)wzmacniacz lampowy – dobór prądu pracy

(Przed)wzmacniacz lampowy – dobór napięcia U_a

Lampa trioda – praktyczny dobór punktu pracy

Różne aspekty doboru punktu pracy

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

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

Metoda graficzna, testy czy intuicja?

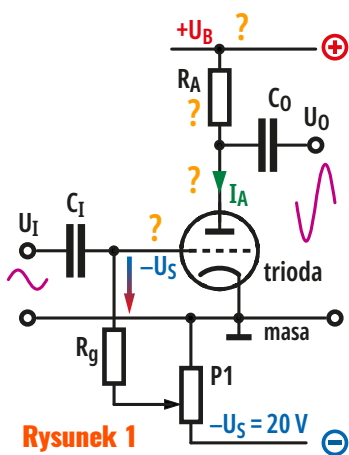
Z początku wybór punktu pracy i wartości elementów mogą wyglądać wręcz przerażająco, bo jest kilka niewiadomych ($+U_B$, R_A , I_A , U_a , U_g) i nie wiadomo, od czego zacząć. Które wartości należy przyjąć, założyć, a które potem na ich podstawie wyliczyć?

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

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

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

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



Rysunek 1

(Przed)wzmacniacz lampowy – dobór R_A

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

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

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

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

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

I wracamy do wartości rezystora anodowego: z jednej strony chcemy pracować przy możliwie dużym stałym prądzie anodowym lampy. Z drugiej strony, jednocześnie chcemy zastosować rezystor anodowy R_A , o jak największej wartości. To

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

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

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

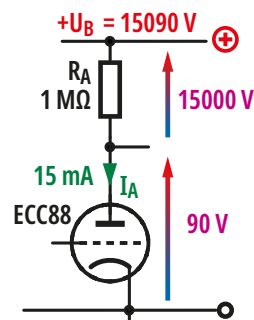
To jaką oporność ma mieć rezystor anodowy? Dla mniej zorientowanych dobór wartości rezystora R_A to poważny dylemat. Niepotrzebnie! Można bowiem skorzystać z pożytecznej uproszczonej reguły. Oto kolejny ważny punkt: **w większości układów wartość rezystora anodowego R_A powinna być taka, żeby napięcie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

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

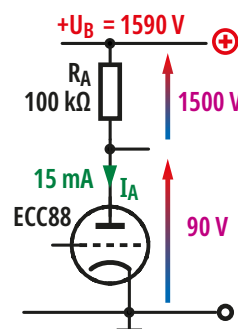
Na **rysunku 4** pokazany jest przykład, gdzie założyliśmy, że napięcie na rezystorze R_A ma wynosić 60 V. Wyliczona wartość to 4 kiloomy, w praktyce stosujemy 3,9 k Ω , o obciążalności co najmniej 1 W lub lepiej 2 W.

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

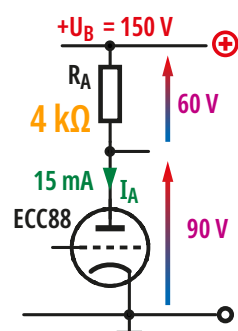
Kolejnych szczegółów tu nie opisuję, bo omawiam je w dalszej części tego artykułu, a przede wszyst-



Rysunek 2



Rysunek 3



Rysunek 4

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

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

ZROZUMIEĆ **E**LEKTRONIKĘ z Piotrem Góreckim

ZE 5/2024

piotr-gorecki.pl



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

Redaktor Naczelny: Piotr Górecki

e-mail: kontakt@piotr-gorecki.pl

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

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

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

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

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

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

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

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