

ZROZUMIEĆ ELEKTRONIKĘ z Piotrem Góreckim

12/2022 Grudzień

piotr-gorecki.pl

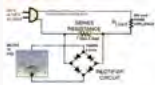
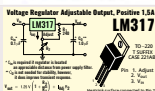
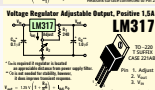
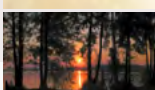


Mikroomomierz

- Tropimy błędy: Układ do pomiaru prądu • Wspólnie projektujemy: Prosty zasilacz z LM317
 - Interesujące układy: Mini Tesla Coil • Fałszywe i podrabiane podzespoły elektroniczne
- Przetwornice impulsowe w pigułce – część 1 • Czy chcesz być audioekspertem? Czy audiofilem?
- Kuchenka mikrofalowa, czyli mikrofalówka • Jaki kupić miernik uniwersalny – multimetr?



Zawartość numeru ZE 12/2022

13		Mikroomomierz
PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA		Artykuł pokazuje, w jak zaskakująco prosty sposób nawet w warunkach amatorskich można mierzyć znikomo małe rezystancje, poniżej 1 milioma czyli poniżej jednej tysięcznej oma, i to z rewelacyjną rozdzielczością 1 mikrooma, czyli milionowej części oma. Można mierzyć i warto mierzyć!
3		Słowo wstępne – grudzień
5		Nasze wspólne czasopismo – listy Czytelników
9		Łamigłówki elektroniczne Grudzień 2022
KONKURSY		
12		Tropimy błędy: Układ do pomiaru prądu
PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA		
22		Projektowanie zasilacza liniowego: Rozważania wstępne
PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA		
27		Wspólnie projektujemy: Prosty zasilacz z LM317
PRAKTYCZNA ELEKTRONIKA		
28		Interesujące układy: Mini Tesla Coil
RÓŻNE		
33		Fałszywe i podrabiane podzespoły elektroniczne
ZASILANIE		
36		Przetwornice impulsowe w pigułce – część 1
MIKROPROCESORY		
39		Zrozumieć mikroprocesory i mikrokontrolery
AUDIO I VIDEO		
44		Czy chcesz być audioekspertem? Czy audiofilem?
HISTORIA, RETRO		
49		Ultrakrótka historia elektroniki
HISTORIA, RETRO		
54		Niezwykłe dokonania zwykłych ludzi Intel i4004 i...
ELEKTRONIKA UŻYTKOWA		
59		Kuchenka mikrofalowa, czyli mikrofalówka
FUNDAMENTY ELEKTRONIKI		
63		Pułapki w nauczaniu elektroniki
PYTANIA I ODPOWIEDZI		
67		Zasilacz do lampy ledowej
PYTANIA I ODPOWIEDZI		
72		Jaki kupić miernik uniwersalny – multimetr?

ZROZUMIEĆ ELEKTRONIKĘ z Piotrem Góreckim

Słowo wstępne – grudzień



Przez prawie 30 lat współpracowałem z Wydawnictwem AVT i ponad 25 lat prowadziłem czasopismo *Elektronika dla Wszystkich*. Przez ten czas wszystko wokół nas się zmieniło. Także w dziedzinie elektroniki wszystko jest inne niż kiedyś. Pora dostosować się do tych zmian oraz odnowić i ulepszyć sposób naszych wzajemnych kontaktów.

Od prawie 30 lat gościłem w Waszych domach na łamach drukowanych wydań czasopism. Najwyższy czas to zmienić. Kończy się epoka czasopism drukowanych – na świecie już prawie ich nie ma. Szczególnie w ostatnich miesiącach koszty papieru, druku i dystrybucji są wręcz nie do zaakceptowania.

Dlatego powstała nowa inicjatywa: **Zrozumieć Elektronikę**, w skrócie **ZE**, której pełny tytuł brzmi: **Zrozumieć Elektronikę z Piotrem Góreckim**.

Nadal będziemy wspólnie poznawać tajemnice i piękno elektroniki oraz czerpać radość nie tylko z czytania i zdobywania wiedzy, ale też z rozmaitych działań praktycznych.

Chcemy korzystać z całkiem nowych możliwości, których nie ma klasyczne czasopismo drukowane na papierze. Formy papierowej nie przewiduję, a będzie forma elektroniczna, w postaci plików PDF, ewentualnie też jako pliki EPUB, jeśli zechcecie. Nowe czasopismo ściśle powiązane będzie z moją stroną internetową: piotr-gorecki.pl, co zapewni błyskawiczną wymianę informacji i pozytywne sprzężenie zwrotne.

Nasze wspólne czasopismo

Ścisłe powiązanie klasycznych artykułów zawartych w plikach PDF ze stroną internetową daje zupełnie nowe szanse. Już w EdW mieliśmy dobrą interakcję, ale teraz proponuję jeszcze bardziej satysfakcjonujące współdziałanie. Chciałbym, żebyśmy wspólnie w ten sposób realizowali na różnych płaszczyznach **pozytywne sprzężenie zwrotne**.

Formuła **Zrozumieć Elektronikę** jest zupełnie nowa i dopiero się formuje, dlatego mam prośbę także i do Ciebie! Otóż przede wszystkim **poinformuj mnie: jakie kategorie, dziedziny i jakie konkretne tematy z szeroko pojętej elektroniki są dla Ciebie interesujące?** To pozwoli mi ściśle dostosować treść publikowanych artykułów i projektów do aktualnych potrzeb i zainteresowań.

Bardzo ważną częścią nowej inicjatywy i czasopisma będzie dział **Skrzynka pytań i odpowiedzi**.

Czytelnicy będą pytać, a ja będę odpowiadał. Szczegóły i możliwość kontaktu są na stronie:

Zapytaj, odpowiedz

A teraz parę słów o finansowaniu tego całkiem nowego, dużego przedsięwzięcia.

<https://patronite.pl/Zrozumiec-Elektronike>

Jest oczywiste, że muszę jakoś zarobić na utrzymanie siebie i rodziny, zapłacenie podatków, ubezpieczenia, a także na zakup wszelkiego potrzebnego sprzętu, oprogramowania i podzespołów elektronicznych. Proponuję nowoczesną, coraz bardziej popularną formę: patronat. **Także i Ty możesz zostać moim Patronem albo Mecenasem** – najkrócej mówiąc: moim chlebodawcą i pracodawcą.

Patronat to finansowanie na zasadzie dobrowolności. Ja ze swej strony, o ile nie przydarzy mi się jakiś wypadek czy nagła choroba, **obietuję miesięcznie co najmniej 7 moich artykułów zajmujących w czasopiśmie PDF nie mniej niż 30 stron**. Chciałbym też przynajmniej raz w miesiącu umieszczać na moim kanale na YouTube merytoryczny film.

Jestem jednak przekonany, że w sumie materiałów będzie dużo więcej, także dlatego, że w czasopiśmie będą też artykuły innych Autorów, w tym również tych znanych z EdW. Zapraszam do publikacji!

Szczegóły dotyczące patronatu i mecenatu dość szeroko opisałem na stronie:

Zostań moim Patronem albo Mecenasem

dlatego nie będę ich tu powtarzał.

Patroni i Mecenasi otrzymają pełny dostęp do tych materiałów już w chwili ich publikacji (a niektórzy nawet jeszcze wcześniej). Wtedy też na mojej stronie piotr-gorecki.pl zostaną umieszczone fragmenty – w tym początki artykułów. Pełne wersje wszystkich artykułów zostaną udostępnione na stronie z jakimś znacznym opóźnieniem, zależnym od kilku czynników.

Projekty

W ostatnich latach silnie zmieniła się aktywność elektroników hobbystów. Znikoma liczba osób realizuje dziś skomplikowane potężne projekty, obejmujące projektowanie i samodzielną realizację płytki drukowanej. Prawie nikt nie wykonuje w domu płytek drukowanych. Mało kto montuje elementy na gotowych płytkach.

Nie bez powodu! Ręczny montaż maleńkich elementów SMD jest zbyt trudny dla większości hobbyistów. Za to coraz popularniejsze są gotowe moduły, w szczególności Arduino i Raspberry Pi, ale nie tylko te. Jeżeli ktoś chce zbudować jakiś praktycznie użyteczny układ elektroniczny, to najczęściej składa go z gotowych modułów jak z klocków.

Z jednej strony dzisiejsza elektronika hobbystyczna to właśnie systemy z mikroprocesorem (Arduino, ESP, Raspberry) i różnymi modułami współpracującymi, a to wszystko z wykorzystaniem gotowych programów, a przynajmniej gotowych bibliotek programowych. Będziemy się tym zajmować, oczywiście także od strony praktycznej.

Z drugiej strony dzisiejsi hobbyści, także, a może nawet przede wszystkim, ci młodzi i bardzo młodzi, sięgają po „elektronikę dawną”, na przykład lampy: lampy próżniowe (np. w układach audio), lampy gazowe (np. w zegarach cyfrowych) czy lampy obrazowe (oscyloskopowe i kineskopowe). Do tego też się „dotkniemy”. I to niejednokrotnie.

O tym, jakimi projektami będziemy się wspólnie zajmować – zadecydują Czytelnicy, być może także i Ty. Mam mnóstwo interesujących pomysłów na różne projekty. Będę też realizował ciekawe „zamówienia Czytelników”. Ponadto myślę też o pewnych większych projektach, które będziemy wspólnymi siłami realizować w wątku **Wspólnie projektujemy**.

Na początek jednak przedstawię projekty „małe”, które nie wymagają wiele pracy, a które również przynoszą mnóstwo satysfakcji.

I wszystko z naciskiem na proces projektowania, o co się upominaliście od dawna. Bardzo ważną częścią każdego mojego nowego projektu będą **Rozważania projektowe**. Ta część artykułu pokaże drogę od wstępnego pomysłu do finalnej wersji.

I całkowita nowość: Internet daje nam okazję do błyskawicznej reakcji i interakcji. Każdy projekt przedstawiony w **ZE** może mieć ciąg dalszy. Zapraszam, żebyście przedstawili własne wersje projektu głównego – Mikrooomierza. Kto zrealizuje go ładniej? Kto coś ulepszy? Kto znajdzie i usunie wady?

Takie informacje mogą ukazać się na stronie internetowej pod artykułem, albo jako oddzielny wpis.

Pierwsze dwa nieskomplikowane, dostępne dla każdego projekty zawarte są w tym pierwszym numerze. To **Mikrooomierz**, który może mierzyć rezystancje już od 1 mikrooma oraz bardzo tajemnicza **Mini cewka Tesli** z cyklu „Interesujące układy”.

„Proces produkcyjny”

Inicjatywa **Zrozumieć Elektronikę** obejmuje czasopismo w postaci plików PDF, wpisy na stronie internetowej piotr-gorecki.pl i mój kanał na YouTube.

„Proces produkcyjny” przedsięwzięcia będzie wyglądał tak, że albo ja określę temat, albo ktoś z Czytelników zaproponuje temat artykułu, projektu lub postawi interesujące pytanie.

Wtedy powstanie artykuł do czasopisma w postaci na pewno PDF i ewentualnie także jako EPUB, o ile będzie takie zapotrzebowanie. Artykuł zostanie też przeniesiony na stronę internetową w postaci wpisu (najpierw tylko początkowa część, potem całość).

Co istotne, jeżeli miałoby to sens, może też powstać film, będący multimedialną wersją artykułu.

To będzie mój „proces produkcyjny”, a oprócz tego w **ZE** publikować będą też autorzy zewnętrzni.

Czego jeszcze nie wiem?

Jeżeli chodzi o inicjatywę **Zrozumieć Elektronikę** – podstawy są już ustalone, ale nie wiem jeszcze, jakie finalnie będą proporcje tematyczne. O tym zadecydują Czytelnicy, a więc także i Ty.

Zakończyłem współpracę z *Elektroniką dla Wszystkich*, gdzie dotąd prowadziłem **Szkołę Konstruktorów** z konkursami **Co tu nie gra?**, **Policz** oraz **Jak to działa?** Formuła zadań głównych Szkoły Konstruktorów się wyczerpała. Zamiast tego, w **Zrozumieć Elektronikę** na pewno będziemy zajmować się tropieniem błędów i wspólnym projektowaniem. Przedstawiam też obszerną propozycję rubryki **Łamigłówek elektronicznych**. Czekam także na Twoje propozycje i opinie!

Kopalnia skarbów

Na stronie piotr-gorecki.pl sukcesywnie umieszczane są też liczne moje wcześniejsze materiały, publikowane w czasopiśmie. Od razu są dostępne dla wszystkich. W ciągu 30 lat mojej działalności popularyzatorskiej uzbierało się tego mnóstwo, ale przekształcenie materiałów do postaci wpisów na stronie internetowej wymaga wiele pracy i czasu – w praktyce: sporo kosztuje. Stając się moim Patronem lub Mecenase, wesprzesz też proces udostępniania mojego wcześniejszego dorobku wszystkim chętnym.

Zapraszam także Ciebie do współpracy!

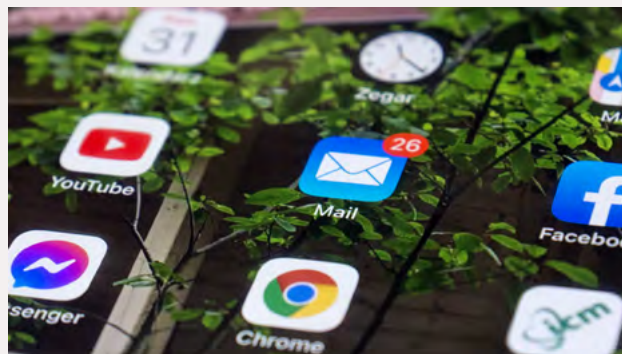
Zapraszam Autorów interesujących projektów i artykułów do publikacji! Inicjatywa **Zrozumieć Elektronikę** startuje od zera, także pod względem finansowym, więc Autor nie otrzymuje honorarium za artykuł, gratyfikacją jest m.in. satysfakcja z publikacji, a materiały pozostają jego pełną własnością.

Chętnych zapraszam też do różnych innych form współpracy (testowanie, korekta, prace redakcyjne).

A przede wszystkim serdecznie zachęcam: także i Ty stań się moim Patronem albo nawet Mecenase!

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 pisma, strony internetowej czy na dowolne tematy związane z szeroko pojętą elektroniką.

Poniżej fragmenty listów, jakie jeszcze przed powstaniem czasopisma nadesłali zaprzyjaźnieni Czytelnicy, których poprosiłem o opinie i sugestie w kwestii profilu czasopisma i zawartych w nim konkursów.

*Dzień dobry,
dobrze by było, aby jakaś forma tego, co było w „Szkole Konstruktorów” znalazła się na łamach nowego czasopisma. Mam tu na myśli zagadnienia projektowo-konstrukcyjne ogólnie biorąc. Najbardziej odpowiadały mi konkursy „Policz” i „NieGra”. Mnie osobiście interesują urządzenia zasilające w szerokim tego słowa znaczeniu, pomiary i przyrządy pomiarowe. 50 lat temu bardzo mnie interesowały wzmacniacze m.cz. Obecnie mniej, ale zawsze coś nowego warto się dowiedzieć. Interesuje mnie również tematyka wzmacniaczy operacyjnych. Były artykuły w EdW, jest też Pana książka, ale jest to temat rzeka. Bardzo interesujący. Ogólnie najbardziej mnie interesują różne zagadnienia projektowo-konstrukcyjne, obliczeniowe. Sam je zgłębiałem na użytek Szkoły i coś mi się tam udało napisać. (...) W polskiej literaturze jest mało na takie tematy. Tak jakby była to wiedza tajemna, dla wtajemniczonych.*

Pozdrawiam
Tadeusz

*Dzień dobry,
cieszę się, że będą artykuły/konkursy przez Pana napisane. (...) Konkurs polegający na znajdowaniu błędów w schematach, w działaniu, jest jak najbardziej potrzebny. Rozwija umiejętność wyłapywania czasem drobnych błędów, aczkolwiek istotnych szczegółów z punktu widzenia działania obwodu elektronicznego tudzież elektrycznego.*

(...) mam świadomość jak szeroką dziedziną jest dziś elektronika (podobnie zresztą jak informatyka i inne).

Dlatego też nie czuję żalu innych, że w EdW nie było wszystkiego. Ze swojej strony mógłbym rzec, że raczej odwrotnie. Było wszystko, czy prawie wszystko, co jest w urządzeniach elektronicznych, ponieważ składają się one z elementarnych cegiełek (R i C i L dalej krzem i IC), które tworzą powszechnie znane układy, a że ciągle powstają nowe, no cóż rozwój i inwencja ludzi – dobrze.

(...) Ja uważam, że nadal warto zajmować się elektroniką analogową, choć tłum sądzi, że to przeżytek, ponieważ jest w użyciu bardzo dużo sprzętu (i nie mam na myśli domowego czy konsumenckiego), który bazuje na analogowej. Poza tym uważam, że w pewnych zastosowaniach jest dokładniejsza, wierniejsza ta właśnie ciągła, a nie próbkowana. (...)

Jestem z Panem, Panie Piotrze. Jeśli mógłbym jakoś pomóc, to proszę dać znać jak.

Z poważaniem
Jacek

*Dzień dobry,
(...) Jestem za utrzymaniem konkursu „Policz”, który to naprawdę pozwala się wiele nauczyć i odczarować dobór elementów elektronicznych. Takie nowe **Policz** mogłoby łączyć też to, co jest obecnie w Szkole Konstruktorów (...) Pan przedstawia konkretny problem (czytelnicy mogliby je podsuwać), a czytelnicy go rozwiązują i jednocześnie dobierają elementy, czy wykonują prototypy. Następnie w rozwiązaniu przedstawiony jest najbardziej optymalny tok rozumowania oraz metodologia obliczeń i doboru elementów. Można by nawet pokusić się o bardziej skomplikowane układy, tyle że tworzone etapami. Trochę tak jak zarzucony projekt zasilacza. Tematy mogłyby obejmować: przetwornice, technikę radiową, Arduino, wzmacniacze mocy, technikę audio, pomiary wielkości nieelektrycznych, napędy elektryczne, robotykę, inteligentny dom itp. Chodzi o to, by młodzi adepci elektroniki*

potrafili w praktyczny sposób rozwiązać napotkany problem. Mogłoby być przygotowaniem do podjęcia pracy zawodowej jako konstruktor czy projektant urządzeń. Pamiętam jak ja po opuszczeniu technikum elektronicznego nie potrafiłem dobrać rezystora do ograniczenia prądu diody LED. Nikt nam nie pokazał jak należy dobrać elementy i dopiero EdW i cykl „Policz „, otworzyły mi oczy. Wydaje mi się że obecna wersja Szkoły Konstruktorów trochę się wyczerpała. Tematy są bardzo ogólne i w zasadzie da się wszystko pod nie podciągnąć. Przez to skrótowo omawia się zalety i wady rozwiązań i w zasadzie ciężko się coś z niej nauczyć.

Pozdrawiam serdecznie i życzę powodzenia w realizacji swoich zamierzeń.

Maciej

Na łamach **ZE** będziemy realizować większość postulatów z tego listu. Najbardziej cenne byłoby, gdyby udało się podjąć i stopniowo, wspólnymi siłami, zrealizować jakiś duży projekt. Pomysł, dotyczący zasilacza (najpierw niewielkiego, potem dużej mocy) już jest. To cykl **Wspólnie projektujemy...**

Teraz wszystko w Waszych rekach!

Dzień dobry Panie Piotrze,

(...) Życzę sukcesów i ze swojej strony postaram się aktywnie uczestniczyć w miarę możliwości (czasowych).

(...) zaproponowany konkurs [tropimy błędy] wpisuje się w te ramy. Jeśli miałbym coś zasugerować, to pewnie pomyślałbym o takiej tematyce, która jest modna ostatnio. W związku z globalnymi zawirowaniami dużym zainteresowaniem cieszą się alternatywne źródła energii czyli PV, pompy ciepła, elektrownie wiatrowe, uniezależnienie się od sieci itp. Tematyka bardzo szeroka, ale mocno powiązana z elektroniką (sterowniki, przetwornice, inwertery, bms'y, magazyny energii, LiFePo4 itp). Patrząc na opublikowane projekty DIY i dyskusje toczące się w sieci – widać wielkie niezrozumienie tematyki, nawet u tych co uchodzą za ekspertów-praktyków (generalizując, ale czasami ich rady są po prostu śmiertelnie niebezpieczne). Pojazdy elektryczne to kolejny temat, który wywołuje wiele emocji. Bardzo dużo mitów panuje w tym obszarze.

Na rynku istnieje spory problem z brakiem podzespołów elektronicznych i podrabianymi częściami. Nie wiem jak można by ugryźć temat podróbek i ich wykrywania, ale to jest plaga. Sam mocno się przekonałem o tym, kiedy szukałem problemów w moim układzie bo MOSFETy wybuchały jeden po drugim. Po bardzo długim śledztwie problemem okazały się podróbki.

Układy retro – widzę po kanałach YT, że nadal ta działka cieszy się sporym zainteresowaniem.

Może warto by było zrobić przegląd różnych mitów (a może działających patentów) w środowiskach amatorskich (np. odsiarczanie akumulatorów kwasowych,

reanimacja akumulatorów LiIon, cały temat PV, magiczne boxy zmniejszające zużycie energii itp)

Ogólnie sporo się dzieje w świecie elektroniki (nie zawsze są to pozytywne zmiany) i warto by było podążać za trendami (ale w sposób praktyczny i edukacyjny a nie tylko przedruki not katalogowych!). (...) Chętnie coś dopowiem albo podyskutuję jako ktoś kto zawodowo jest w świecie IT, a hobbystycznie elektronikiem od pierwszego numeru EdW.

PS. Pamięta Pan „Listy od Piotra”? Bo od tych cennych materiałów zaczęła się moja prawdziwa pasja do elektroniki :)

Pozdrawiam

Rafał

Witam (...)

Analiza schematów, aby zrozumieć jak to działa, lub w poszukiwaniu błędów to świetna droga do nauki elektroniki przez własne poszukiwania i myślenie. Bardzo popieram taki pomysł konkursu [Tropimy błędy].

(...) dział o roboczym tytule „Drugie życie e – Złomu”. Tu również projekty czytelników, ale tylko takie z zastosowaniem elementów pozyskanych ze sprzętu elektronicznego lub AGD. Elementy elektryczne, elektroniczne czy mechaniczne. Tu czytelnicy mogą się wykazać szerszym spojrzeniem na projektowanie urządzeń. Mam na myśli CNC i Robotykę. Sam wykorzystuje elementy z e-złomu i uważam, że warto bo jest tam wiele cennych rzeczy, a to też rozwija wyobraźnię zgodnie z myśleniem ... do czego by to użyć ...?

Kolejny dział to może „Mój projekt” i tu też różne projekty czytelników, które sami w 100% zrealizowali bez używania czyichś „gotowców”. I tu warunek, aby projekt nie był tylko do szuflady, ale urządzenie musi co najmniej przepracować rok, tak aby go sprawdziła praktyka. Może nawet najbardziej wartościowe projekty to takie, w których konstruktor amator, w czasie użytkowania musiał wprowadzić jakieś poprawki, które oczywiście opisuje. Ważny wymóg w tym dziale to dokładny opis jak precyzyjnie działa zaprojektowane urządzenie. Wyniki podane w formie tabel. Mile widziane przebiegi z oscyloskopu.

Takiego wymogu zawsze brakowało mi w EdW. Przykładem niech będzie projekt zegara, czy termoregulatora. Nie wystarczy, że urządzenie działa, obowiązkowo należy wymagać testów z wynikami (...)

Świat produkuje mnóstwo elementów elektronicznych, w Internecie są dostępne karty katalogowe, które te elementy opisują. Myślę że jest potrzeba w zakresie edukacji, aby choć trochę zapoznać się z nimi. Kolejny dział mógłby omawiać, jak rozumieć dane podawane przez producentów i do czego takie elementy można wykorzystać. Należy zacząć o omówienia prostych elementów dyskretnych i układów scalonych.

Może to być takie „Okno na świat”, aby czytelnicy mogli sięgać po te ciekawe elementy, a nie używać ciągle tych samych. To tak, abyśmy nie czuli się gorsi od e-hobbystów z innych krajów. Być może i w to tłumaczenie i wyjaśnianie zaangażują się czytelnicy.

(...) Wiem, że łatwo można coś zaproponować nie znając realiów związanych z wydawaniem pisma, a poza tym pozostaje pytanie ... i kto to wszystko ma robić?

Pozdrawiam Pana serdecznie i życzę trafnej decyzji.

Andrzej

Dzień dobry,
co do konkursów typu „Co tu nie gra?” to zawsze czytałem je z zainteresowaniem, więc w mojej opinii warto ten temat kontynuować. Jednak kiedy spojrzałem na przesłaną przez Pana propozycję [Tropimy błędy KX2212] to muszę stwierdzić, że jest ona dość trudna (przynajmniej ja tego nie rozumiem, ale tematyka takich przetwornic wykracza trochę poza moje zainteresowania). Dlatego ujmę to tak: konkursy tego typu jak najbardziej tak, ale może warto podzielić je na jakieś stopnie zaawansowania? Dla początkujących i dla bardziej zaawansowanych?

Pozdrawiam

Marian

Dzień dobry,
moim zdaniem w nowym czasopiśmie mógłby pojawić się konkurs podobny do „Jak to działa?” z EdW.

Pozdrawiam

Adam

Dzień dobry,
Panie Piotrze uważam, że konkursy muszą być, jest to doskonała forma interakcji z czytelnikami. Mi osobiście najbardziej spodobała się szkoła konstruktorów i analiza układów, różnych rozwiązań. W tym wypadku zdarzało mi się, że „odkrywałem” Amerykę, a okazywało się, że Pan ten opisał ten problem wraz z rozwiązaniem. Analiza sposobu działania układów na pewno pozwala bardziej „wczuć” się w elektronikę niż „policzyć to”. Jak ktoś będzie rozumiał, to z policzeniem i dobraniem elementów już łatwiej sobie poradzi. Dla mnie świetnym przykładem analizy jest pokazanie jak wychwytywać ważne informacje z kart katalogowych elementów elektronicznych i pokazanie jak krok po kroku coś zaprojektować.

Rafał

Dzień dobry,
bardzo ciekawa zawartość (...) Ja zresztą bardzo lubiłem formę EdW pod Pana kierownictwem. Szczególnie rozkminy układowe, być może jestem masochistą, ale

uwielbiam ciągle czytać o podstawach, z których to ciągle coś nowego się dowiaduję.

I często nie jest to wiedza papierowa, bo tą posiadam, ale coś przeskakuje w intuicji, w głowie, w obrazy działania, aplikacji itd. Dla przykładu kwestia rezystora kolektorowego: zmieniając jego wartość od razu widzę, jak zmienia się krzywa obciążenia, wzmocnienie, impedancje i inne parametry. Dlatego ciągle czytam podstawy.

Z innej strony: widzę śmierć klasycznej elektroniki i jak porównuję publikacje sprzed powiedzmy 20 lat, to widzę przepaść w wielu dziedzinach. Ale to szeroki temat.

Osobiście nie jestem fanem startowania w konkursach. Ale często czytałem odpowiedzi na pytania konkursowe, lub też sam dla siebie rozwiązywałem zagadki. To bardzo dobry sposób nauki, rozumienia i analizy układów elektronicznych.

Fantastyczne były konkursy, w których główne role grały wzmacniacze operacyjne. Osobiście uważam że kluczową sprawą będzie dobór tematów konkursowych. Można też podzielić stopień trudności, oraz wprowadzić konkursy z wyszukiwaniem błędów w prostych programach np. szkicach Arduino ?

Panie Piotrze życzę powodzenia i jestem z Panem.

Pozdrawiam

Andrzej

Dzień dobry Panie Piotrze,
cieszę się, że robi Pan przymiarki do nowego czasopisma. (...) Co do pytania o konkursy – oczywiście powinny być i myślę, że w podobnej formie i zakresie tematycznym. Brak nagród nie powinien stanowić przeszkody w uczestnictwie. Wysłało się rozwiązania dla własnej satysfakcji, choć nagrody były miłym dodatkiem.

Na temat przysłanego zadania [Tropimy błędy] się nie wypowiadam, ponieważ jest powyżej mojego poziomu :)

Pozdrawiam

i życzę powodzenia w podjętym przedsięwzięciu.

Andrzej

Witam Serdecznie Panie Piotrze :-)

Ogromnie się cieszę z zaprezentowanego pomysłu. To wspaniała idea! (...) Ludzie, szczególnie młodzi, budują stabilne poczucie własnej sprawczości gdy potrafią coś wykonać, zbudować, stworzyć – sami. Duma i radość z budowy prostych rzeczy daje wewnętrzną siłę do wiary w zdolności radzenia sobie z problemami. Dla mnie takim drogowskazem i pomocą w budowie pierwszych układów były Pańskie artykuły. Osobiście polecam początkującym „Praktyczny kurs Elektroniki”, bo to jest to, czego brakowało w księgarniach. Były podobne, ale nie tak szczegółowo napisane.

(...) pomysł konkursów [Tropimy błędy] jest bardzo ciekawy, nieszablonowy, ale co istotne – potrzebny.

W nowym czasopiśmie musi być ten „duch” który Pan tworzył w EdW, że faktycznie było ono skierowane dla wszystkich, co jest majstersztykiem.

Chciałbym aby i w nowym czasopiśmie były podobne treści jak w „Praktycznym Kursie Elektroniki” czy w „Wyprawach w świat Elektroniki”

Fajnie, gdyby była Szkoła Konstruktorów – to bym brał w niej udział, to mnie zawsze rozwijało i z tego powstawały bardzo fajne artykuły.

Uważam że „Zrozumieć Elektronikę” powinno być w Internecie. Ta strona musi tworzyć społeczność, miejsce do którego będą przychodzić po informacje jak i po to by być częścią tej grupy. Tak jak się tworzy marki produktów, ludzie chcą się z nimi utożsamiać bo za tym kryje się jakieś przesłanie, jakiś styl czy idea.

Pozdrawiam i trzymam kciuki

Dawid

Szanowny Panie,
z zainteresowaniem przeczytałem przesłany (...) materiał. (...) przedstawiam moje przemyślenia.

Idea jest prawie dobra, jednakże proponuję przeanalizować, czym i dla kogo ma być ten periodyk. Artykuły (...) mógłbym podzielić na 5 grup:

1. Artykuły o tym co jest aktualnie na rynku (...)
2. Artykuły przedstawiające ciekawe układy elektroniczne, wykorzystanie w interesujący sposób dostępnych elementów, modułów (...)
3. Porady (...)
4. Artykuły o podstawach elektroniki (...)
5. Felietony (...)

Trzy pierwsze grupy bezsprzecznie mają sens natomiast zastanawiam się, jaki jest cel opisywania w takim czasopiśmie podstaw elektroniki? Dla kogo to ma być? Część czytelników taką wiedzę już posiada, część

jej nie ma, ale się właśnie dowie z takiego artykułu. Problem w tym, że jak się dowie, to już będzie wiedzieć. Za rok przyjdzie kolejne pokolenie i też będzie chciało się dowiedzieć i co wtedy – powtórka. Ci co już wiedzą znów będą musieli czytać o prawie Ohma, przetwornicach, organizacji pamięci w procesorach, podstawach Arduino itd.

Moim zdaniem taką wiedzę niezmienną lepiej przekazać w odrębnych, niezależnych publikacjach, tak by były stale dostępne dla każdego chętnego (jak książki jeszcze do niedawna). Czasopismo powinno raczej zajmować się sprawami bieżącymi, przedstawiać aktualne problemy, nowe pomysły. Jeśli chce Pan mieć grono stałych czytelników nie można ich zanudzać w kółko tym samym. Zamiast publikować kolejny zestaw artykułów o Arduino lepiej podać informację, że właśnie jest już dostępna publikacja o tym traktująca i gdzie można ją znaleźć. Zainteresowani zapoznają się z nią.

Jeśli chodzi o felietony i temu podobne to nie mam zdania. Czasami bywają ciekawe, ale nie takiej treści oczekiwałbym od czasopisma o elektronice. Na szczęście publikacje elektroniczne mają tę zaletę, że w zasadzie nie muszą mieć ograniczenia co do wielkości, więc takie felietony by mi nie przeszkadzały jeśli nie zabierałyby miejsca na ciekawsze sprawy.

Życząc wytrwałości w organizacji nowego czasopisma pozostaję z wyrazami szacunku.

Tomasz

Witam Panie Piotrze,

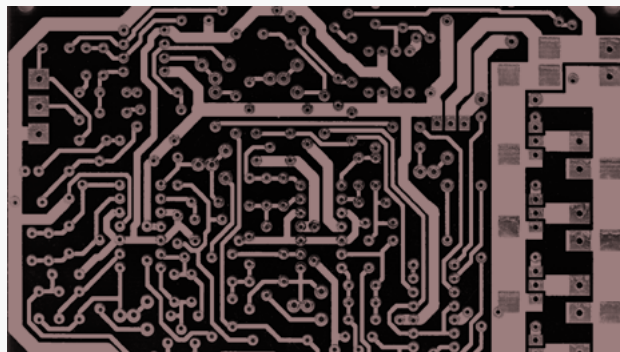
bardzo dziękuję za przesłany materiał. Myślę, że jest to znakomity pomysł. Z Pana wiedzy i doświadczeniem z pewnością coś z tego będzie. Będę śledził rozwój projektu i nie jest wykluczone, że dołączę do teamu.

Na razie tyle, pozdrawiam i życzę dużo zdrowia oraz wytrwałości w dążeniu do zamierzonego celu

Piotr

Łamigłówki elektroniczne

Grudzień 2022



W tej rubryce przedstawiane są łamigłówki związane z elektroniką, także te nadsyłane przez Czytelników. Proszę i serdecznie zachęcam także Ciebie: zaproponuj 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.

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 stronie internetowej piotr-gorecki.pl.***

Oblicz 2212

Zagadka 2212

Kwestie energetyczne 2212

Usterka 2212

Krzyżówka 2212

Oblicz 2212

W związku z głównym projektem tego numeru, jakim jest **Mikroomierz**, zastanawiamy się, jakie są najmniejsze realne rezystancje, z jakimi możemy mieć do czynienia. Pamiętamy, że 1 metr miedzianego przewodu o przekroju poprzecznym 1 mm² ma rezystancję od 17 do 18 miliomów, zależnie od czystości miedzi. Moneta 5-złotowa ma średnicę 24 mm (i grubość prawie 2 mm). Wyobrażamy sobie bardzo grubego drutu miedziany o takiej właśnie średnicy, którego metrowy odcinek oczywiście miałby wielokrotnie mniejszą rezystancję. Ale nas nie interesuje metr tego grubego drutu, tylko dużo mniej. W wyobraźni z tego drutu odcinamy plasterek o grubości 1 mm, czyli cieńszy od pięciocentówki.

Pytanie konkursowe brzmi: **Jaką rezystancję miałby odcinek, a właściwie 1-milimetrowy plasterek z miedzianego drutu o średnicy 24 mm?**

Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do 15 stycznia na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl

Zagadka 2212

Zagadka ma ścisły związek z projektem głównym tego numeru (Mikroomomierz). Otóż w naszej elektronicznej praktyce mamy do czynienia z **rezystancjami** o bardzo różnej wartości, od bardzo małych, o wartości drobnych ułamków oma, do ogromnych, rzędu milionów, miliardów i więcej omów. Zakres wartości **rezystancji**, z jakimi możemy się spotkać jest ogromny. Natomiast zagadka dotyczy nie wartości **rezystancji** z jakimi mamy do czynienia, tylko wartości **rezystorów**, z którymi współczesny elektronik ma lub może mieć do czynienia. Pytanie brzmi:

Jakie najmniejsze wartości mają produkowane współcześnie rezystory?

Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do 15 stycznia 2023 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl

Kwestie energetyczne 2212

Bardzo aktualne są dziś kwestie związane z energią, w szczególności z „darmową energią” i pozyskiwaniem energii, a nie wszystkie potoczne wyobrażenia w tym zakresie są prawdziwe i realne. Niektóre aspekty tego aktualnego zagadnienia chcemy zbadać nieco dokładniej.

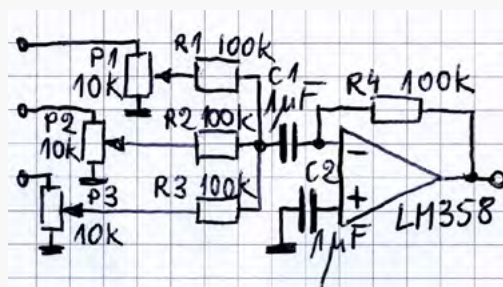
Na przykład wiadomo, że pracę mechaniczną można zamieniać na energię elektryczną, czego przykładem jest dynamo w rowerze oraz niektóre stacjonarne rowery na siłowniach zawierające prądnice. Weźmy pod uwagę właśnie stacjonarny rower z prądnicą.

„Energetyczne” zadanie konkursowe 2212 jest takie: **Ile mniej więcej czasu potrzeba na naładowanie smartfona za pomocą takiego stacjonarnego roweru z prądnicą?**

Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do 15 stycznia 2023 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl

Usterka 2212

Na **rysunku 1** pokazany jest schemat **prostego trzykanałowego miksera audio**. Niezmiennie pytanie konkursowe brzmi:
Czy na tym schemacie widzisz jakąś usterkę?

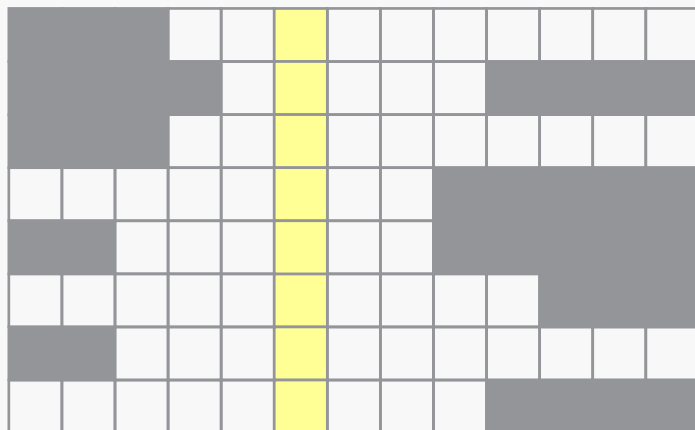


Rysunek 1

Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do 15 stycznia 2023 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl

Krzyżówka 2212

Uwaga: plik PDF z interaktywną wersją tej krzyżówki można pobrać klikając poniższy link:
<https://piotr-gorecki.pl/wp-content/uploads/2022/12/K2212Ki.pdf>.



Hasła:

1. Rdzeń o niskiej magnetostrykcji.
2. Nie lubi zmian prądu.
3. Może być niemaskowalne.
4. Np. antykatoda.
5. Wynalazł koherer.
6. Jej modulem jest zawada.
7. Pole powstające na skutek obrotowego ruchu elektronów.
8. Wykreśla charakterystykę częstotliwościową.

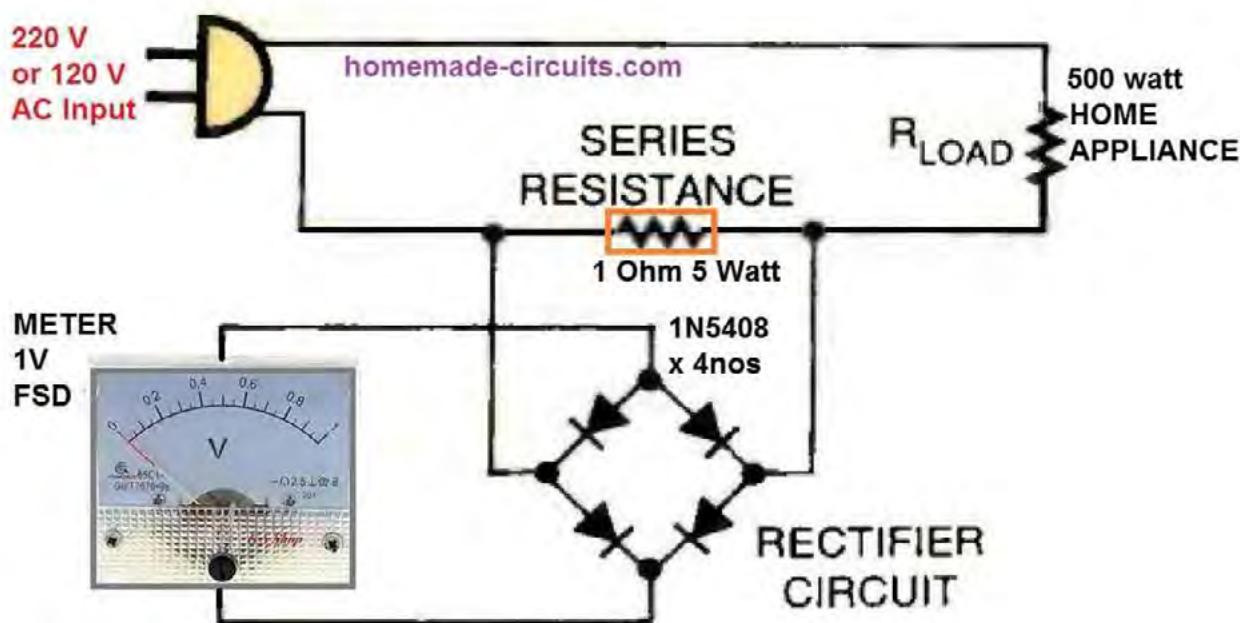
Autorem krzyżówki jest **Circuit Chaos z Warszawy**

Rozwiązanie tego konkursu można nadsyłać do 15 stycznia 2023 na adres: konkursy@piotr-gorecki.pl

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

Tropimy błędy: Układ do pomiaru prądu

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



Źródło schematu: <https://www.homemade-circuits.com/ac-ammeter-circuit-for-measuring-current-across-220-v-appliances/>

Tytuł wpisu: *AC Ammeter Circuit for Measuring Current across 220 V Appliances* wskazuje, że chodzi o układ służący do pomiaru natężenia prądu pobieranego z sieci energetycznej przez różne urządze-

nia powszechnego użytku, które zainstalowane są w naszych domach. Na stronie, oprócz powyższego schematu, przedstawione są też wzory do wyliczania wartości szeregowego rezystora pomiarowego.

W ramach konkursu **Tropimy błędy KX001** możesz zgłosić swoje uwagi dotyczące tego znalezionej w Internecie schematu, pokazanego na powyższym rysunku tytułowym. Jeśli chcesz, możesz albo króciutko, albo bardziej obszernie napisać, jak oceniasz ten schemat. Jaką ma wartość? Czy może nie jest błędny, tylko przestarzały? A może wprowadza w błąd? Możesz tylko wskazać, a ewentualnie także szerzej opisać błędy, usterki i niedoróbki, jakie Twoim zdaniem występują na tym schemacie.

Rozwiązanie tego konkursu **Tropimy błędy** możesz nadesłać do 15 stycznia 2023 na adres:

konkursy@piotr-gorecki.pl

Ponieważ inicjatywa „Zrozumieć Elektronikę” dopiero startuje, nie są przewidziane nagrody, natomiast źródłem satysfakcji może być publikacja fragmentów lub całości Twojego rozwiązania. Jeżeli jednak nie chcesz, żeby przy omawianiu nadesłanych rozwiązań pojawiło się Twoje nazwisko, tylko ewentualnie imię czy pseudonim, napisz o tym wyraźnie w treści e-maila z rozwiązaniem.

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



Mikroomomierz

Artykuł pokazuje, w jak zaskakująco prosty sposób, nawet w warunkach amatorskich, można mierzyć znikomo małe rezystancje, poniżej 1 milioma czyli poniżej jednej tysięcznej oma, i to z rewelacyjną rozdzielczością 1 mikrooma, czyli milionowej części oma. Można mierzyć i warto mierzyć!

Przykłady pomiaru małych rezystancji

Małe rezystancje i funkcja REL

Jak mierzyć małe rezystancje?

Kalibrowane źródło prądowe

Czteropunktowy układ Kelvina

Wybór koncepcji

Jaka ma być dokładność?

Źródło prądowe na LM317

Zakres napięć zasilania

Problem mocy strat

Stabilność źródła prądowego

Dobór rezystora ustalającego prąd

Parametry wersji budżetowej

Realizacja

Co można poprawić?

Głównym celem artykułu jest zachęcenie do pomiaru bardzo małych rezystancji, których obecność może mieć negatywny wpływ na działanie układów elektronicznych. Rezystancji **rzędu miliomów, a nawet mikroomów**, czyli takich, których pomiar za pomocą omomierza jest absolutnie niemożliwy.

Opisywana prosta przystawka pozwala zmierzyć bardzo małe rezystancje, nawet rzędu mikroomów. Tak, to nie pomyłka, teoretycznie nawet od 1 mikro-oma! Nie tylko oporność rezystorów, ale też rezystancje przewodów, różnych połączeń i styków.

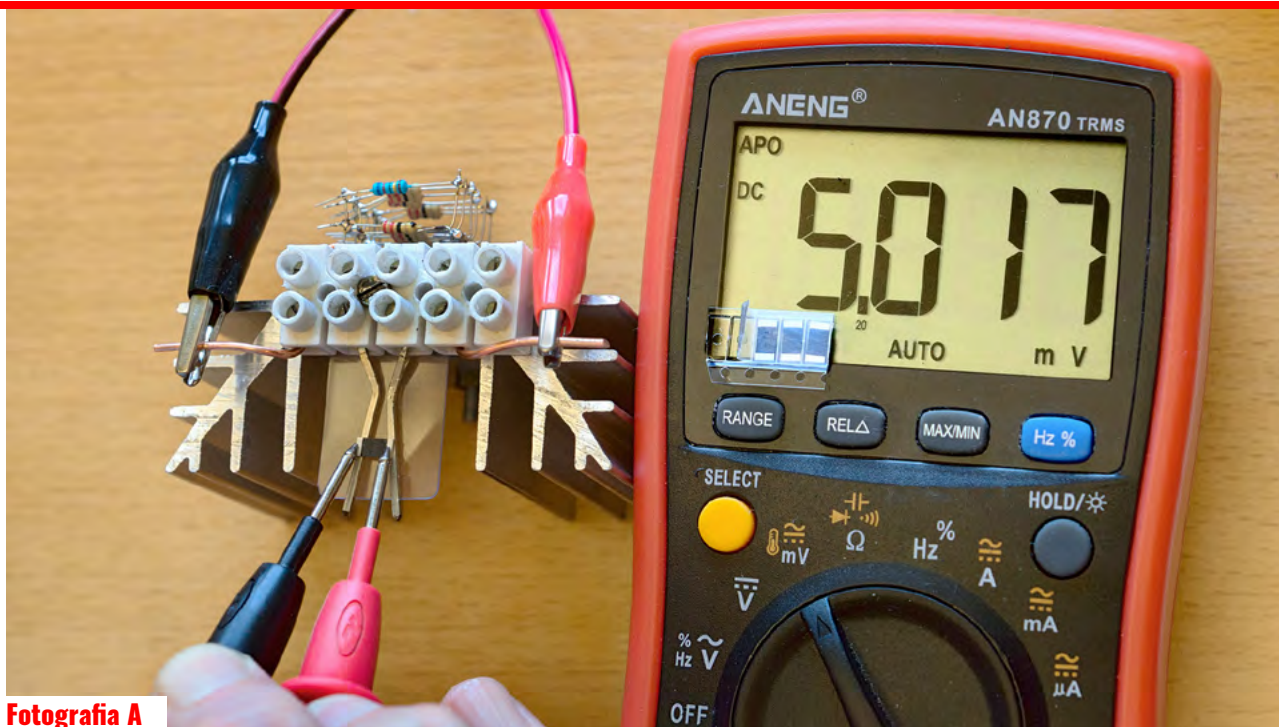
Problem pomiaru małych i bardzo małych oporności w ostatnich latach nabiera znaczenia, ponieważ coraz większą uwagę zwracamy na wszelkie straty i chcemy te straty minimalizować, co wiąże się między innymi właśnie ze stosowaniem i koniecznością pomiaru bardzo małych rezystancji.

Niniejszy artykuł jest też przykładem pokazującym, jak w praktyce wygląda projektowanie prostych układów elektronicznych.

Przykłady pomiaru małych rezystancji

Fotografia tytułowa pokazuje pomiar rezystancji kawałka instalacyjnego kabla o przekroju $2,5 \text{ mm}^2$ i długości nieco ponad 1 cm za pomocą opisanej dalej przystawki. W ten sposób mierzymy rezystancję między punktami dołączenia sond woltomierza (między czerwonym i czarnym krokodylkiem), a nie mają znaczenia rezystancje pomocniczych przewodów połączeniowych. Jak widać, **rezystancja tego kawałka dość grubego drutu wynosi 92 mikroomy** ($92 \mu\Omega$).

To bardzo dobrze zgadza się z teorią: rezystancja 1 centymetra miedzianego drutu o przekroju $2,5 \text{ mm}^2$ powinna wynosić około 70 mikroomów.



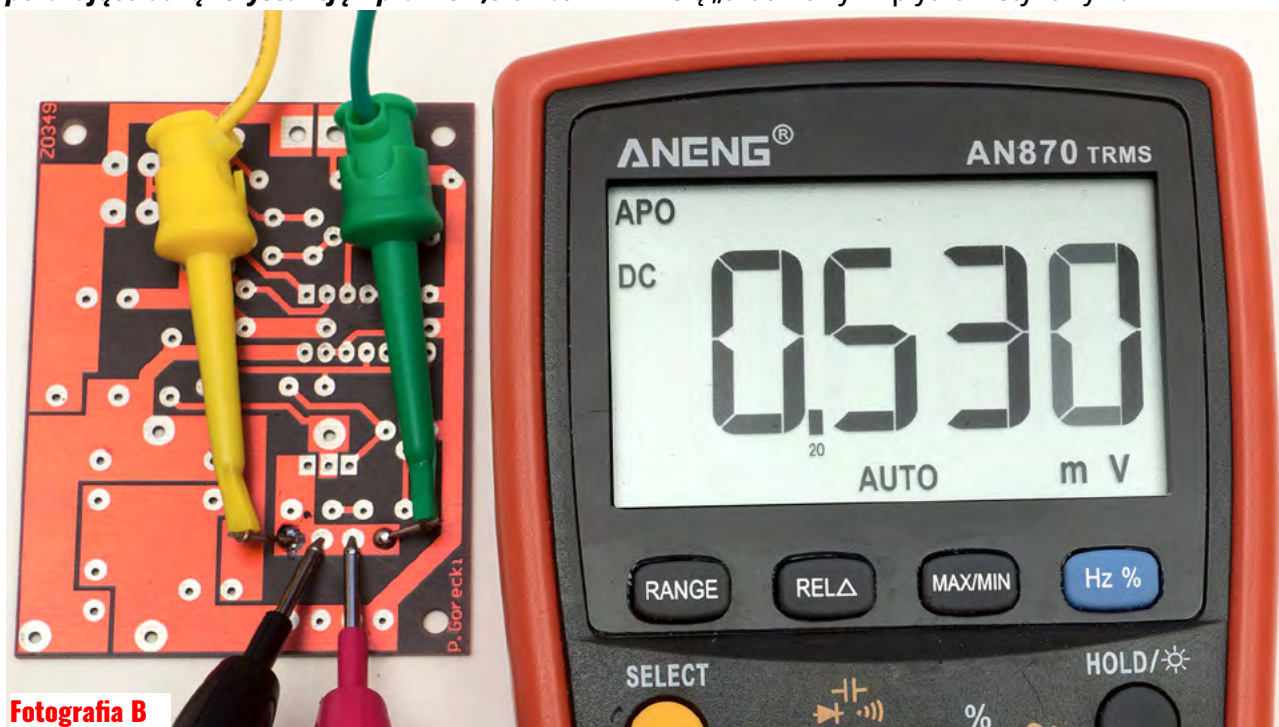
Fotografia A

Fotografia A pokazuje pomiar rezystora SMD o zniskomej rezystancji pięciu miliomów ($5\text{ m}\Omega$ 1% 2 W) z wykorzystaniem samodzielnie zrobionego adaptera.

Natomiast **fotografia B** przedstawia pomiar rezystancji półcentymetrowego odcinka na pozór solidnej ścieżki na płytce drukowanej. Tu rezystancja jest wielokrotnie większa – ponad pół milioma. To też zgadza się z teorią: przy standardowej grubości warstewki miedzi $35\text{ }\mu\text{m}$, każdy kwadracik ścieżki ma rezystancję około $0,45$ milioma.

Fotografia C pokazuje pomiar rezystancji na płycie stykowej. **Katastrofa!!! Kilka miedzianych zworek i wewnętrzne połączenia płytki stykowej mają porażająco dużą rezystancję – prawie $1,3\text{ oma}$!**

Tu wspomnę, że dla uzyskania dokładnego wyniku pomiaru musiałem zwiększyć napięcie zasilania ponad 5 V , jednak w tym wypadku dążenie do dokładności ma niewielki sens, bo rezystancja takiego połączenia zmienia się po poruszeniu płytki i zworek. **Niech fotografia C zachęci Cię do przeprowadzenia podobnych pomiarów!** Właśnie dotykamy ogromnie ważnego zagadnienia: fatalnej niedoskonałości płytek stykowych tak ukochanych przez arduinowców. Takie nieoczekiwane rezystancje styków, ścieżek i przewodów mogą niekorzystnie wpływać na pracę układów elektronicznych. Do tego ważnego problemu będziemy wracać. W szczególności przyjrzymy się „arduinowym” płytkom stykowym.



Fotografia B



Fotografia C

Małe rezystancje i funkcja REL

W niektórych przypadkach wystarczy dobry omomierz. Ale nie najprostszy: po pierwsze taki z zakresem pomiarowym 200 omów lub mniej, po drugie konieczne z funkcją REL według **fotografii 1**, który może zapamiętać „wartość zerową”, czyli rezystancję przewodów i styków, a potem mierzy tylko różnicę oporności. Jednak zakres pomiarowy jest wtedy bardzo ograniczony, a z kilku innych względów nie jest to rozwiązanie optymalne.

Jak mierzyć małe rezystancje?

Teoretycznie pomiar bardzo małych rezystancji jest dziecinnie łatwy: wykorzystując zasilacz przepuszczamy przez badaną rezystancję możliwie duży prąd o znanej wartości **I** i mierzymy spadek napięcia **U** na niej. Badana rezystancja ma wartość: $R = U / I$.

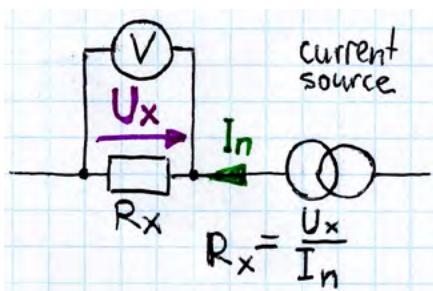
Nie każdy ma jednak odpowiednio potężny zasilacz i odpowiednio czuły woltomierz. Ale każdy posiada zasilacz 5 V o wydajności co najmniej 1 A, choćby od ładowarki smartfona. Opisywany przyrząd dołączamy do jakiegokolwiek zasilacza 5 V o wydajności minimum 1 A. Do zacisków pomiarowych dołączamy przewody prądowe lub dedykowaną przystawkę, pozwalającą przez badaną rezystancję R_x przepuścić prąd o wartości dokładnie 1 A. Wykorzystując jakikolwiek zwyczajny woltomierz mierzymy napięcie na badanej rezystancji R_x . Wartość napięcia w woltach pokazuje wartość rezystancja R_x w omach.



Fotografia 1

Kalibrowane źródło prądowe

Bliski ideału jest sposób z wykorzystaniem kalibrowanego źródła prądowego (*current source*), czyli układu, który według **rysunku 2** zapewni przepływ prądu I_n o dokładnie ustalonej wartości. Wtedy do pomiaru rezystancji wystarczy jeden woltomierz. Znając prąd I_n , badaną rezystancję R_x obliczymy z zależności $R = U / I$. A gdy prąd I_n będzie miał „okrągłą” wartość 1 ampera, nie trzeba niczego liczyć, bo napięcie w (mili)woltach odpowiada rezystancji w (mili)omach. I właśnie taki układ chcemy zrealizować (o ile nie mamy laboratoryjnego zasilacza z precyzyjnym ogranicznikiem prądowym, który równie dobrze można do tego wykorzystać).

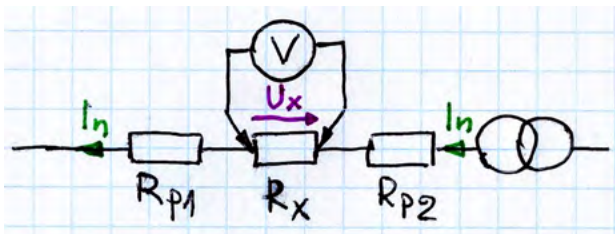


Rysunek 2

Moja propozycja jest taka: budujemy stabilne źródło prądowe, o wydajności jak najbardziej zbliżonej do 1 ampera. Nawet najprostszy, 3,5-cyfrowy woltomierz na najniższym zakresie 200 mV ma rozdzielczość 0,1 mV czyli 100 mikrowoltów, co pozwoli mierzyć rezystancje od 100 mikroohmów wzwyż. Dolną granicę pomiaru wyznaczy czułość woltomierza. Warto więc postarać się o lepszy woltomierz, bo będziemy mogli mierzyć jeszcze mniejsze rezystancje i z lepszą dokładnością. Gdy zastosujemy woltomierz o rozdzielczości 1 mikrowolta, dolną granicę pomiaru będzie 1 mikro-ohm! Takie woltomierze są dostępne i to w atrakcyjnych cenach. Przykładem jest pokazany na fotografiach ANENG AN870 lub jego jeszcze tańszy odpowiednik.

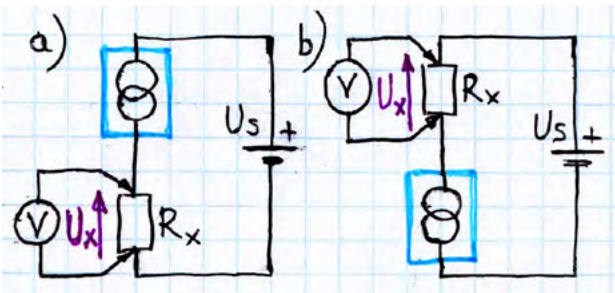
Czteropunktowy układ Kelvina

Problem w tym, że badana rezystancja R_x może być porównywalna, a nawet mniejsza, od różnych niepożądanych rezystancji przewodów i styków, które wystąpią w obwodzie pomiarowym. Obecność takich niepotrzebnych szeregowych rezystancji nie stanowi żadnego problemu, gdy spadek napięcia U_x jest mierzony bezpośrednio na rezystancji R_x . Z uwagi na różne szkodliwe rezystancje połączeń i styków, **obowiązkowo trzeba wykorzystać czteropunktowe połączenie Kelvina**. Jak ilustruje **rysunek 3**, woltomierz ma mierzyć napięcie tylko na badanej rezystancji, a więc **mierzmy rezystancję między punktami dołączenia sond woltomierza**.



Rysunek 3

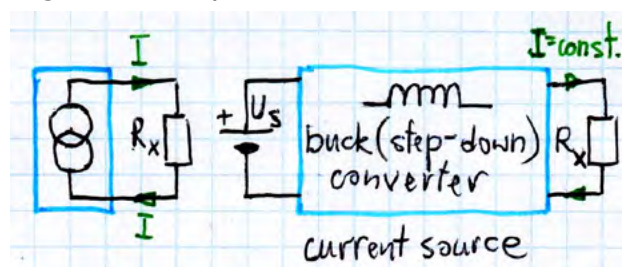
Jeżeli mamy niezależne, dwukońcówkowe źródło prądowe, to dwa sposoby jego wykorzystania, zilustrowane na **rysunku 4**, są równorzędne, jednakowo dobre, ale choćby tylko dla sentymentu, z przyzwyczajenia lub „na wszelki wypadek” wielu elektroników wołałoby zbudować wersję z **rysunku 4a**, gdzie badana rezystancja jest dołączana do ujemnego bieguna źródła zasilania, który zwykle taktowany jest jako masa. My też pójdziemy tą drogą.



Rysunek 4

Wybór koncepcji

Potrzebne źródło prądowe można zrealizować na wiele sposobów. W układzie ma płynąć prąd 1 A, mierzona rezystancja będzie mniejsza niż 1 Ω , więc spadek napięcia U_x nie przekroczy 1 V, a wydzielana moc strat będzie mniejsza niż 1 wat. Teoretycznie do zasilania wystarczyłoby jakieś 1-amprowe źródło prądowe, które dostarczy moc do 1 wata. Można coś takiego zrealizować, na przykład w postaci obniżającej przetwornicy impulsowej z wyjściem prądowym 1 A, według **rysunku 5**, jednak w praktyce, dla mniej zaawansowanych byłoby to dość trudne i kłopotliwe do realizacji. Podobnie kłopotliwy byłby sensowny układ oszczędnego liniowego źródła prądowego zasilanego dwoma napięciami.



Rysunek 5

Ponieważ ma to być realny, praktycznie użyteczny przyrząd pomiarowy, warto zbudować go tak, żeby był łatwy w obsłudze. Optymalna wydaje się realizacja prostego modułu według **rysunku 4a** z łatwo dostępnym źródłem zasilania U_s , na przykład zwykłym zasilaczem 5 V 1 A.

Jaka ma być dokładność?

Idea jest taka, że prąd pomiarowy ma mieć natężenie dokładnie 1 ampera. Ale z jaką dokładnością? I na ile ta wartość może zmieniać się pod wpływem takich czynników jak zmiany napięcia zasilania U_s oraz zmiany temperatury?

Można zaprojektować bardzo precyzyjne i bardzo stabilne źródło prądowe. Tylko czy to konieczne?

Jednym z kluczowych czynników jest dokładność, czy raczej spodziewany błąd używanego do pomiarów woltomierza. Nie ma sensu, żeby źródło prądowe miało dokładność i stabilność dużo lepszą niż współpracujący woltomierz. A najbardziej popularne woltomierze mają według specyfikacji maksymalny błąd 0,5...1%, a tylko w bardzo nielicznych błąd pomiaru jest mniejszy niż 0,1%.

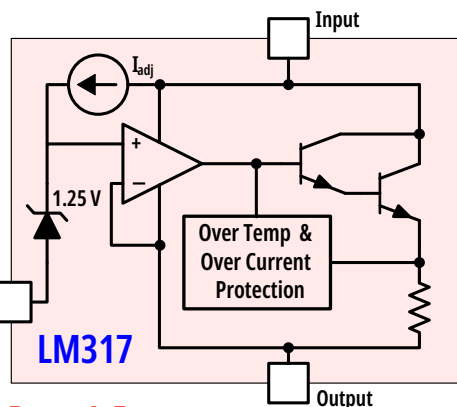
Konieczne trzeba też wziąć pod uwagę, że projektowane źródło prądowe trzeba będzie wstępnie skalibrować za pomocą jakiegoś amperomierza. A tu z dokładnością zwykle jest gorzej. Amperomierze w popularnych miernikach bardzo rzadko mają dokładność lepszą niż 0,5%.

A tak w ogóle, to w przypadku bardzo małych rezystancji niezmiernie rzadko potrzebna jest wysoka dokładność, a często absolutnie wystarczy przybliżona wartość i dokładność pomiaru rzędu nawet 10%.

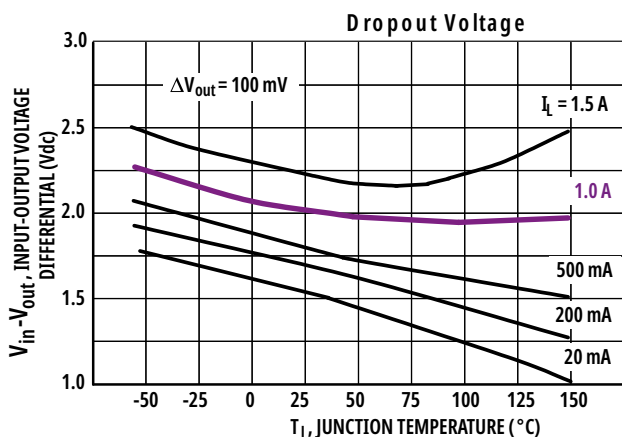
Nie ma więc głębszego sensu próba projektowania do takich celów bardzo precyzyjnego i bardzo stabilnego źródła prądowego. Zwłaszcza chodzi o stabilność cieplną: wystarczy, by ewentualne zmiany temperatury nie zmieniały prądu źródła prądowego więcej niż o 0,5%.

Taki wniosek umożliwia wykorzystanie prostych i tanich rozwiązań. Nie trzeba szukać specjalizowanych układów scalonych i troszczyć się o ich stabilność cieplną. Potrzebne nam źródło prądowe można zrealizować na bazie jakiegoś scalonego trzykońcówkowego stabilizatora napięcia. Dziś dostępnych jest mnóstwo stabilizatorów LDO, większość w małych obudowach SMD. Nam potrzebny jest prąd 1 A, a to zapowiada znaczącą moc strat, z którą małe obudowa SMD może sobie nie poradzić.

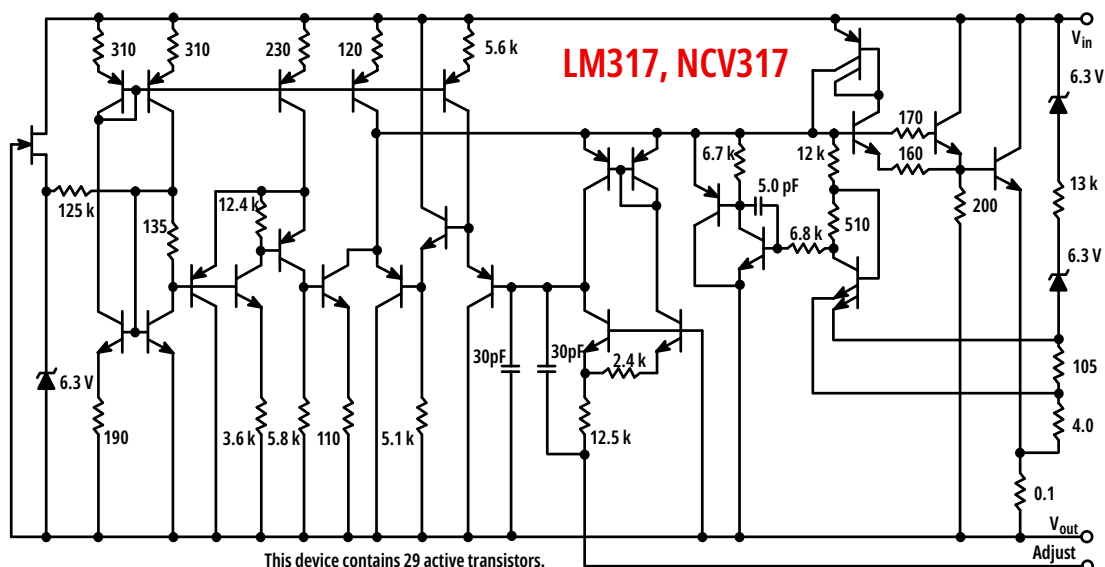
Ponadto nie chodzi tylko o jak najmniejszy spadek napięcia LDO na stabilizatorze, ale też o kwestię, jakie w ogóle może być najmniejsze napięcie zasilania takiego stabilizatora prądu.



Rysunek 7



Rysunek 9



Rysunek 6

tora prądu. Komplikuje to sytuację, dlatego zamiast sprawdzać w katalogach, czy uda się znaleźć odpowiedni stabilizator LDO, warto wrócić do bardzo do niedawna popularnego stabilizatora LM317. Nie będzie to rozwiązanie optymalne, ale za to bardzo proste i bardzo tanie.

Źródło prądowe na LM317

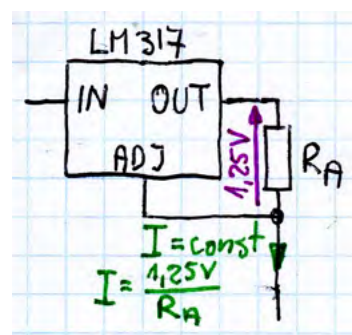
Stabilizator LM317, podobnie jak mnóstwo innych, pracuje na tej zasadzie, że stara się między wyjściem OUT i końcówką ADJ utrzymać napięcie 1,25 V. Wewnętrzny schemat kostki LM317, pokazany na **rysunku 6** pochodzi z karty katalogowej OnSemi. Uproszczony schemat stabilizatora widoczny jest na **rysunku 7** (TI). Pomaga on zrozumieć, dlaczego dodanie jednego rezystora według **rysunku 8** pozwala zrealizować źródło prądowe o przyzwoitych parametrach.

W praktyce w omawianym zastosowaniu trzeba jeszcze rozważyć trzy podstawowe kwestie:

- 1 – jaki jest zakres użytecznych wartości napięcia zasilania U_s ?
- 2 – jak wygląda problem mocy strat stabilizatora?
- 3 – jak zmiany temperatury struktury zmieniają prąd I_n ?

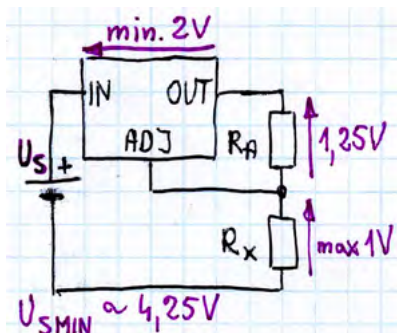
Zakres napięć zasilania

Chcemy przy prądzie $I_n = 1$ A mierzyć rezystancje poniżej 1 oma, a to znaczy, że spadek napięcia na badanej rezystancji R_x będzie mniejszy niż 1 V. Do tego dojdzie spadek napięcia wymagany do prawidłowej pracy źródła prądowego ze starą kostką LM317. W katalogu znajdziemy **rysunek 9**, który pokazuje minimalny wymagany spadek napięcia U_{LDO} między wejściem IN i wyjściem OUT. Przy prądzie



Rysunek 8

1 A wymagane jest około 2 V. Do tego dojdzie 1,25 V spadku napięcia na rezystancji R_A ustalającej prąd. I spadek napięcia na badanej rezystancji R_X , od 0 do co najwyżej 1 V. W sumie zgodnie z rysunkiem 10



Rysunek 10

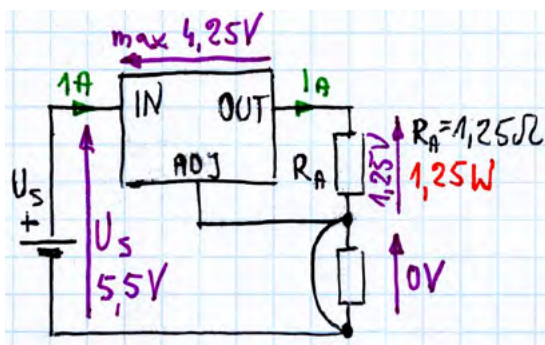
daje to minimalne napięcie zasilania $U_{SMIN} = 4,25$ V, co daje szansę na wykorzystanie dowolnego zasilacza 5 V 1 A.

Problem mocy strat

Stabilizator LM317 według katalogu ma maksymalną moc strat ponad 20 watów, ale tylko przy zastosowaniu bardzo skutecznego radiatora. My chcemy zrealizować jak najprostsze i najtańsze źródło prądowe, więc chcielibyśmy zastosować jakiś nieduży radiator. Zasilanie całości napięciem 5 V daje taką możliwość. Jak pokazuje rysunek 11, w najgorszym przypadku przy $U_S = 5,5$ V na samym stabilizatorze wystąpi napięcie 4,25 V i wydzielą się moc 4,25 W. To nie jest dużo. Nawet bez żadnego radiatora LM317 może rozproszyć do 2 watów.

W omawianym zastosowaniu w zasadzie wystarczy więc nieduży radiator, teoretycznie nawet w postaci małego kawałka blaszki, ale podczas pracy blaszka mogłaby mieć temperaturę ponad +100°C. Aby temperatura zbyt nie rosła, trzeba zastosować radiator znacznie większy i skuteczniejszy niż absolutne minimum. Dla bezpieczeństwa użytkownika dobrze byłoby, gdyby podczas pracy radiator nie był gorący, żeby go można dotknąć ręką. To polepszy też stabilność cieplną prądu pomiarowego I_n .

Odnotowujemy też, że prąd 1 A, płynąc przez rezystancję $R_A = 1,25 \Omega$ spowoduje wydzielenie w niej znacznej mocy strat 1,25 W.



Rysunek 11

Stabilność źródła prądowego

Oczywiście wartość prądu I_n nie będzie idealnie stabilna. Będzie się nieco zmieniać przy zmianach napięcia występującego na stabilizatorze oraz przy zmianach temperatury jego struktury. A temperatura struktury będzie zależeć od wielkości radiatora. Karta katalogowa nie zawiera informacji o stabilności źródła prądowego z LM317. Pokazane na rysunku 12 pokrewne dane dotyczące stabilności napięcia wyjściowego w funkcji zmian napięcia zasilania sugerują, że stabilność powinna być bardzo dobra.

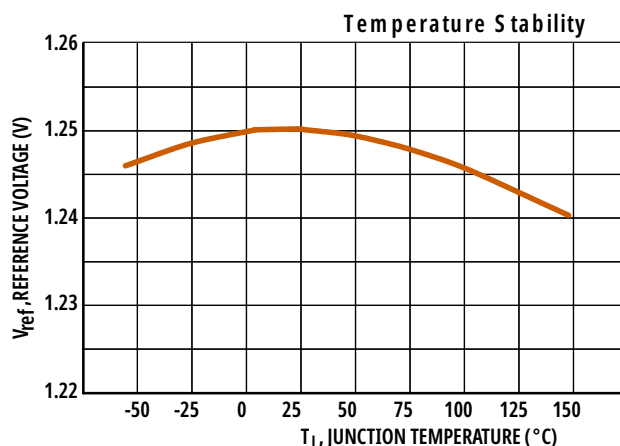
Characteristics	Min	Typ	Max	Unit
Line Regulation (Note 3), $T_A = +25^\circ\text{C}$, $3,0\text{ V} \leq V_I - V_O \leq 40\text{ V}$	-	0.01	0.04	%/V

Rysunek 12

Problem jednak w tym, że dotyczy to spadku napięcia na stabilizatorze co najmniej 3 V, a my chcemy pracować przy możliwie najmniejszym spadku napięcia na LM317, a wtedy stabilność prądu zapewne będzie gorsza – to koniecznie trzeba sprawdzić praktycznie w modelu, by określić minimalne napięcie zasilania. A jeżeli chodzi o stabilność cieplną, to katalog zawiera rysunek 13. Wynika z niego, że przy zmianie temperatury struktury stabilizatora od +25°C do +150°C napięcie referencyjne (i prąd źródła prądowego zmniejsza się z 1,25 V do 1,24 V, czyli o 0,8%. Tu widać powód, wręcz konieczność, zastosowania na tyle skutecznego radiatora, żeby stabilizator LM317 nie był aż tak gorący.

Dobór rezystora ustalającego prąd

Teoretycznie napięcie odniesienia LM317 wynosi 1,25 V, można zaniedbać prąd końcówki ADJ (około 50 uA), więc dla uzyskania prądu 1 A potrzebna jest rezystancja $R_A = 1,25 \Omega$. Jednak z uwagi na rozrzut wartości napięcia odniesienia (1,2...1,3 V, a może nawet więcej) trzeba przewidzieć możliwość korekcji rezystancji wyznaczającej prąd o kilka procent.



Rysunek 13

Prąd 1 A płynąc przez rezystancję $1,25 \Omega$ spowoduje wydzielenie się mocy strat ciepłych $1,25 \text{ W}$ ($P = I^2 R$). Jeżeli zastosujemy tu jakiś zwyczajny, tani rezystor R_A , to podczas nagrzewania mocą $1,25 \text{ W}$ jego rezystancja będzie się zmieniać, a to zmieni prąd I_n . Pamiętajmy, że przy maksymalnej mocy strat, rezystor może się nagrzać nawet do ponad $+100^\circ\text{C}$. Po pierwsze wymaga to zastosowania rezystora lub raczej zestawu rezystorów o odpowiedniej obciążalności, co najmniej 2 W . Po drugie, przy takim prądzie trudno wyobrazić sobie sensowną korekcję rezystancji potencjometrem

Jeżeli układ ma być tani i zrealizowany z łatwo dostępnych elementów, najprościej ustalić wartość prądu za pomocą zestawu popularnych rezystorów. Małe rezystory do montażu przewlekane (THT) zwykle mają obciążalność $0,2...0,6 \text{ W}$. Satysfakcjonujące wydaje się wykorzystanie ośmiu połączonych równolegle popularnych rezystorów $10\text{-}\Omega$ owych, co daje rezystancję $1,25 \Omega$ i obciążalność $1,6...4,8 \text{ W}$.

Parametry wersji budżetowej

Chcemy pozostawić możliwość zastosowania nawet najpopularniejszych rezystorów, być może o słabych parametrach, w tym o słabym, dużym współczynniku cieplnym (TCR), a to rodzi znaczący problem. Ja podczas pierwszych testów wykorzystałem zestaw zwyczajnych 8 rezystorów $10\text{-}\Omega$ owych, pokazany na **fotografii 14**. Ich samonagrzewanie znacząco zmieniało prąd I_n : tuż po włączeniu wynosił on $0,95 \text{ A}$, a przy ciągłej pracy wskutek wzrostu ich temperatury wzrastał do $1,008 \text{ A}$. Aby z powodzeniem wykorzystać także takie, nawet najtańsze, rezystory należy zastosować zestaw, który będzie się mniej grzał – sensowne wydaje się wykorzystanie na przykład równolegle połączonych 17 sztuk rezystorów o popularnym nominalnie 22Ω , co daje rezystancję około $1,3 \Omega$, a do tego trzeba dobrać jeszcze jeden lub dwa rezystory o innym nominalnie, żeby w tak łatwy sposób finalnie ustawić prąd pomiarowy dokładnie równy 1 A . W moim modelu trzeba było dodać rezystor 62Ω . Z takim zestawem 18 rezystorów tuż po włączeniu prąd wynosił $0,997 \text{ A}$ i przy nagrzewaniu tych rezystorów stopniowo rósł do $1,005 \text{ A}$, co daje błąd poniżej $\pm 0,5\%$.

Ty możesz trafić lepszy lub gorszy egzemplarz LM317, więc koniecznie sprawdź, jak obniżanie napięcia zasilania zmniejsza prąd I_n . U mnie przy $R_X = 0$

(zwarcie), prąd zmniejszył się do wartości $0,995 \text{ A}$ (błąd $0,5\%$) przy napięciu $4,05 \text{ V}$. Przy zasilaniu $5,0 \text{ V}$ napięcie U_X może sięgać $0,95 \text{ V}$, czyli moim mikroomierzem można dokładnie mierzyć rezystancje do około $0,9 \text{ m}\Omega$ z błędem do $0,5\%$ (pomijając błąd woltomierza). Zakres pomiarowy będzie też mniejszy, gdy napięcie zasilacza będzie mniejsze niż $5,0 \text{ V}$. Ja wykorzystuję 5-woltowy zasilacz o prądzie większym niż 1 A . Jeżeli Ty wykorzystasz zasilacz dokładnie 1-amperowy to koniecznie sprawdź, czy jego napięcie nie zmniejsza się zbyt (poniżej $4,5 \text{ V}$) – wtedy niestety nie nadawałby się do naszych celów. Wszystko to możesz sprawdzić jednocześnie, włączając amperomierz w szereg z badaną rezystancją R_X . Sprawdź prąd gdy $R_X = 0$ (zwarcie), a potem zastosuj R_X o wartości powiedzmy $0,1 \Omega$, $0,22 \Omega$, $0,47 \Omega$, 1Ω i ewentualnie większe. Sprawdź przy jakiej rezystancji R_X prąd zmaleje o $0,5\%...1\%$ – to jest górna granica dokładnych pomiarów.

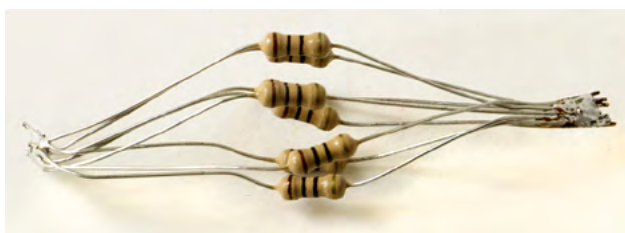


Fotografia 15

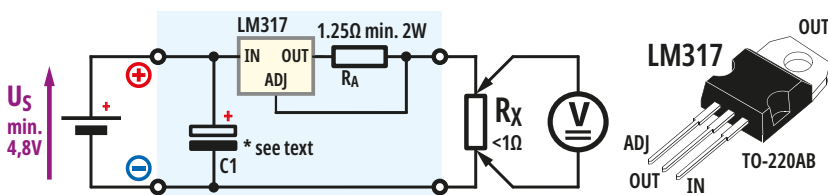
Fotografia A na początku artykułu pokazuje pomiar zakupionego kiedyś w TME rezystora, pokazanego dokładniej na **fotografii 15** (Walsin WW25; $5 \text{ m}\Omega$; 2 W ; $\pm 1\%$). Nie znaczy to wcale, że zmierzylśmy jego rezystancję z dokładnością 1 mikrooma , bo to oznaczałoby dokładność $0,02\%$. Realną dokładność naszego pomiaru wyznacza nie tylko dokładność kalibracji i stabilność źródła prądowego (rzędu $\pm 0,5\%$), ale też ewentualne inne źródła niepewności. Najogólniej biorąc – rezystor o tak małej mocy po wlutowaniu w układ na pewno wykaże nieco inną rezystancję niż zmierzylśmy. Precyzyjne pomiary przed wlutowaniem w układ nie mają praktycznego sensu – jeśli już, to po zamontowaniu na miejscu pracy. Ale faktem jest, że woltomierzem o rozdzielczości 1 mikrowolta możemy mierzyć rezystancje już od 1 mikrooma .

Realizacja

Źródło prądowe zrealizowałem według **rysunku 16**. Ponieważ nie było tendencji do samowzbudzenia,



Fotografia 14



Rysunek 16

więc nie zastosowałem kondensatora C1, ale na wszelki wypadek, dla uniknięcia ryzyka samowzbudzenia można go dodać (10...100 uF).

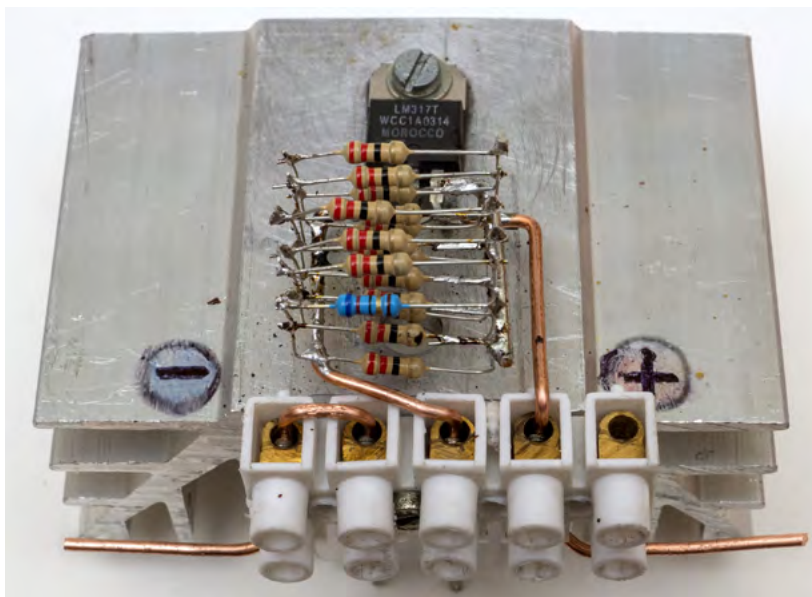
Realizacja mojego prostego i taniego źródła prądowego pokazana jest na fotografii tytułowej oraz na **fotografiach 17, 18**. Małe rezystory tworzące R_A podczas pracy są mocno ciepłe. Natomiast mój radiator jest stosunkowo duży i nawet przy ciągłej pracy grzeje się bardzo mało – jest letni. Przykręcając stabilizator LM317 do radiatora warto miejsce połączenia posmarować smarem termicznym. Ja do radiatora przy mocowałem też zaciski śrubowe (wystarczy cztery). W dwa środkowe zamocowałem sprężynujące pręciki o przekroju kwadratowym, które tak wygiąłem, żeby pozwoliły na wygodne testowanie rezystorów SMD, obowiązkowo czteropunktową metodą Kelvina, co pokazuje fotografia wstępna.

Co można poprawić?

Jeszcze mniejsze rezystancje można byłoby mierzyć po zwiększeniu prądu pomiarowego powyżej 1 ampera, co jednak rodzi szereg problemów. Nawet najprostszy woltomierz cyfrowy może mierzyć napięcie od 0,1 miliwolta, czyli rezystancje od 100 mikroomów. Jeżeli ktoś koniecznie chce mierzyć rezystancje jeszcze mniejsze (lub z większą dokładnością), niech po prostu wykorzysta lepszy woltomierz. Fotografii w artykule pokazują pomiar napięcia z rozdzielczością 1 mikrowolta, co teoretycznie pozwala mierzyć rezystancje już od 1 mikrooma i z rozdzielczością 1 mikrooma.

W zasadzie tak, ale z tą „większą dokładnością” przy pomiarach skrajnie małych rezystancji może być kłopot z zupełnie innych względów – najprościej biorąc, wyniki najprawdopodobniej nie będą powtarzalne.

Układ byłby najbardziej uniwersalny, gdyby był zasilany bateryjnie. Przystępując do projektowania zastanawiałem się, czy układ można byłoby zasilać z jednego akumulatora Li-Ion, którego napięcie nominalne to wprowadzie 3,7 V, ale który po naładowaniu ma 4,2 V. Ponieważ



Fotografia 17

napięcie akumulatora pod obciążeniem zmniejsza się, więc byłoby to ryzykowne. A dodawanie przetwornicy podwyższającej to kiepski pomysł, bo jeśli już stosować przetwornicę, to obniżającą, która jednocześnie będzie źródłem prądowym. W razie zainteresowania, nad taką baterijną wersją można byłoby pomyśleć.

Parametry opisywanego źródła prądowego nie są rewelacyjne, jednak jak na układ zrealizowany z najpopularniejszych elementów są zupełnie przyzwoite. Dla polepszenia stabilności cieplnej można byłoby zastosować lepszej jakości rezystory (metalizowane, o tolerancji 1%) lub rezystory o większej



Fotografia 18

obciążalności, żeby ich temperatura rosła mniej. Przy pomiarze rezystancji cewek potrzebny będzie kondensator C1 z rysunku 16.

Na koniec prośba: jeżeli za pomocą takiej przystawki albo w jakikolwiek inny sposób przeprowadzisz pomiary bardzo małych rezystancji i wyniki Cię zaskoczą – ucieszą lub zasmucają, podziel się proszę swoim doświadczeniem. Jeżeli interesuje Cię kwestia odpowiedniego multimetru – daj znać, tematyką

multimetrów zajmiemy się dużo szerzej, ze szczegółami. Poinformuj mnie też, jeżeli jesteś zainteresowany przeróbką zasilaczy impulsowych, między innymi w celu realizacji oszczędnego impulsowego źródła prądowego.

Do kontaktu możesz wykorzystać stronę

[Zapytaj, odpowiedz](#)

albo e-mail kontakt@piotr-gorecki.pl. ©

Piotr Górecki

Zrób to sam, czyli wykonaj to własnoręcznie!

Zachęcam wszystkich Czytelników, a więc także i Ciebie, do naśladowania, kontynuacji, ulepszenia oraz do przedstawienia ładniejszych i lepszych niż moja realizacji tego projektu.

Zapraszam do zaprezentowania fotografii i innych informacji o swojej własnej wersji. Wtedy będzie można porównać sposoby realizacji nie tylko „kto ładniej?”, ale też „kto bardziej praktycznie?”.

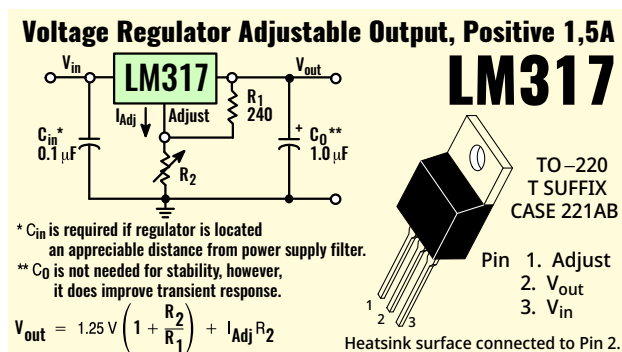
Czy może usprawnisz ten układ lub zaproponujesz lepszy, pełniący taką samą lub podobną funkcję?

A może znajdziesz i ewentualnie usuniesz jakieś niezauważone wady zaprezentowanego rozwiązania?

Twoje informacje mogą pojawić się jako komentarz na stronie, albo jako oddzielny artykuł w czasopiśmie.

Napisz do mnie: kontakt@piotr-gorecki.pl.

Zachęcam do działania! Zapraszam do współpracy!



Projektowanie zasilacza liniowego

Rozważania wstępne

Rzeczywiste potrzeby

Potrzebny zakres napięć wyjściowych

Prąd wyjściowy i moc

Transformator i radiator

Ogranicznik i stabilizator prądu

Pomiar napięcia i prądu

Sygnalizacja braku stabilizacji

Właściwości termiczne

Bezpiecznik elektroniczny?

Dodatkowe zabezpieczenie nadnapięciowe?

Inne obwody pomocnicze?

Wspólnie projektujemy zasilacz – etapami

W ramach inicjatywy *Wspólnie projektujemy warsztatowy zasilacz liniowy* w kilku etapach wspólnie zrealizujemy praktycznie użyteczny zasilacz warsztatowy. Dokonamy tego metodą kolejnych kroków, za pomocą co najmniej siedmiu etapów – konkursów, do których wprowadzeniem jest poniższy artykuł.

Dziś większość zasilaczy to w istocie przetwornice impulsowe, które wytwarzają mnóstwo różnych zakłóceń. Do prac i eksperymentów warsztatowych nieporównanie lepsze są klasyczne zasilacze liniowe, które zakłóceń nie wytwarzają.

Brak zakłóceń jest podstawową zaletą klasycznych zasilaczy, natomiast ich główną i istotną wadą są duże straty mocy w obwodach stabilizacji. Dlatego, chcąc wykonać liniowy stabilizowany zasilacz warsztatowy, trzeba gruntownie zastanowić się nad rzeczywistymi potrzebami i możliwościami.

Rzeczywiste potrzeby

Oczywiście najlepiej byłoby posiadać uniwersalny zasilacz laboratoryjny o bardzo dobrych parametrach i szerokich możliwościach, na przykład o napięciu płynnie regulowanym w zakresie 0...50 V, z ogranicznikiem prądowym płynnie regulowanym w zakresie 0...5 A i z różnymi dodatkowymi funkcjami ułatwiającymi wygodę obsługi.

Wierz mi, że budowa takiego zasilacza byłaby i bardzo kosztowna, i bardzo, bardzo trudna.

Praktyka okazuje, że niezwykle rzadko potrzebny jest bardzo dobrej jakości zasilacz stabilizowany o napięciu wyjściowym ponad 20 woltów i o prądzie ponad 1 A. Gdy napięcie i prąd są duże, zwykle precyzyjna stabilizacja nie jest konieczna i można zastosować oszczędniejszy zasilacz impulsowy. A dobra stabilizacja najczęściej jest dziś potrzebna w przypadkach, gdy napięcie zasilania wynosi tylko kilka woltów, przy czym zasilane energooszczędne układy pobierają niewiele prądu, zwykle dużo mniej niż 1 amper.

Zastanów się przez chwilę, czy i kiedy naprawdę był Ci niezbędny potężny zasilacz o dobrych parametrach stabilizacji?

Potężny zasilacz o prądzie 20 amperów lub jeszcze dużo większym, możemy zrealizować w ramach innego cyklu, z wykorzystaniem zasilacza, a raczej zasilaczy impulsowych – pierwsze dwa artykuły do takiej serii są już gotowe. Natomiast w ramach niniejszego cyklu *Warsztatowy zasilacz liniowy* chcemy zbudować urządzenie o skromniejszych możliwościach, ale za to o dobrych właściwościach i przede wszystkim nie wytwarzające zakłóceń impulsowych.

Ja wiem, że mnóstwo elektroników od razu chciałoby zbudować zasilacz o robiących wrażenie parametrach: dużym napięciu, dużym prądzie i dużej mocy. Większość tego rodzaju prób daje mizerne efekty, a nawet gdy taki zasilacz powstanie, podczas użytkowania wychodzi wiele jego wad. Duża moc wyjściowa radykalnie zwiększa koszty zasilacza albo jest realizowana z zastosowaniem różnych bolesnych kompromisów. Duże napięcie wyjściowe bardzo rzadko jest potrzebne. Wbrew pozorom, duży prąd maksymalny często okazuje się fatalną wadą podczas pracy. I to nawet w zasilaczach z regulacją prądu. Proste ograniczniki prądu niestety przepuszczają krótkie potężne impulsy, a te potrafią uszkodzić zasilany układ w przypadku różnych awarii i eksperymentów.

Moja praktyka pokazuje, że w warsztacie elektronika powinien być co najmniej jeden, a lepiej dwa zasilacze regulowane, o niezbyt dużej mocy, napięciu i prądzie, a za to wyposażone w dodatkowe bardzo przydatne funkcje. Oto szczegóły.

Potrzebny zakres napięć wyjściowych

Cześć Czytelników zapewne chciałby mieć zasilacz o napięciu wyjściowym zaczynającym się od zera.

To zły pomysł! Karkołomny! Wykonanie dobrego stabilizatora napięć mniejszych niż 1 V o znacznym prądzie pracy, wbrew pozorom okazuje się zaskakująco trudnym zadaniem. Możemy w przyszłości zająć się realizacją zasilacza niskonapięciowego w ramach odrębnego projektu i zapewne potrzebne tam będą superkondensatory, a przynajmniej jeden.

Co prawda nowoczesne mikroprocesory zasilane są napięciem poniżej 1 wolta, jednak współczesny

hobbysta bardzo rzadko ma do czynienia z układami zasilanymi napięciem niższym niż 3,3 wolta.

Dlatego zasadniczo wystarczyłby zasilacz warsztatowy o minimalnym napięciu wyjściowym 3 V. Jeszcze niższe napięcie wyjściowe, 2,5 V czy 1,5 V będzie nam potrzebne bardzo rzadko. Owszem, czasem chcemy wykorzystać zasilacz zamiast pojedynczej baterii 1,5-woltowej czy akumulatora 1,2 V, ale bardzo rzadko, zresztą można to zrobić inaczej.

Jeżeli chodzi o maksymalne napięcie wyjściowe zasilacza warsztatowego, to wiele osób chciałoby jak najwięcej, co najmniej 30 woltów. Ale pomyśl: w ogromnej większości przypadków wystarczy napięcie zasilające do 12 woltów. 15 czy 16 woltów to spory zapas, a 24 V czy 30 V to luksus, najprawdopodobniej niepotrzebny. Problem w tym, że najczęściej będziemy pracować przy niskich napięciach wyjściowych, rzędu kilku woltów, a wysokie napięcie maksymalne w przypadku zasilaczy liniowych oznacza duże straty ciepłe w liniowym stabilizatorze.

W razie potrzeby wyższe napięcie uzyskamy łącząc w szereg dwa lub więcej zasilaczy. Dochodzimy więc do wniosku, że najbardziej potrzebujemy zasilacza warsztatowego o napięciu minimalnym w zakresie 1 V...2 V i maksymalnym w zakresie 12 V...20 V.

Wiele, wiele lat temu, na początku lat 90. wykonałem niepozorny, prosty, wręcz prymitywny zasilacz pokazany na **fotografii 1**. Ma on dwa kanały 1,25 V...14 V 0,3 A i dodatkowo kanał 5 V 1 A.

Prąd wyjściowy i moc

Z mojego doświadczenia wynika, że w przytłaczającej większości przypadków w pracowni potrzebny jest zasilacz warsztatowy o napięciu regulowanym

od kilku do kilkunastu woltów i o prądzie do 100...300 mA. Bardzo rzadko o prądzie powyżej 1 A.

Dlatego uważam, że teraz w ramach cyklu **Wspólnie projektujemy – Warsztatowy zasilacz liniowy** skupimy się na zasilaczu o regulowanym napięciu wyjściowym i maksymalnym prądzie wyjściowym 300 mA do 1 ampera.



Fotografia 1

A to oznacza, że taki zasilacz może być zrealizowany na bazie niedużego transformatora o mocy kilkunastu, a nawet tylko kilku watów.

Możesz mi wierzyć albo nie, ale przez około 30 lat bardzo często wykorzystuję właśnie ten zasilacz, pomimo jego licznych wad i niedoróbek. Podstawowa idea przerwała próbę czasu. Konstrukcja okazała się bardzo dobra i niezawodna. Oczywiście ten zasilacz ma liczne niedoróbki i właśnie teraz, w ramach cyklu **Wspólnie projektujemy – Warsztatowy zasilacz liniowy**, chcemy usunąć wady i niedoróbki, które ma ta stara, nadmiernie prosta konstrukcja.

Transformator i radiator

Przyjęty nieduży prąd maksymalny (0,3...1 A) pozwoli wykorzystać nieduży transformator, być może z odzysku lub kupiony po okazjowej cenie. I co w praktyce równie ważne – nie trzeba będzie stosować potężnych radiatorów do chłodzenia stabilizatora.

Fotografia 2 pokazuje wnętrze mojego bardzo starego modelu. Pracuje tam 15-watowy transformator, a radiatory stabilizatorów to zwykłe kawałki blachy aluminiowej. Nie jest to wzór do naśladowania z kilku względów, między innymi bezpieczeń-

stwa, bowiem odnośne przepisy zostały przez ostatnie 30 lat mocno zaostrzone. Omówmy dokładniej, jakie braki chcemy teraz wspólnie usunąć.

Ogranicznik i stabilizator prądu

W opisach zasilaczy bardzo często spotyka się oznaczenie CV / CC. Skrót CC od Constant Current, czyli niezmienny prąd, wskazuje na obecność ogranicznika lub inaczej stabilizatora prądu.

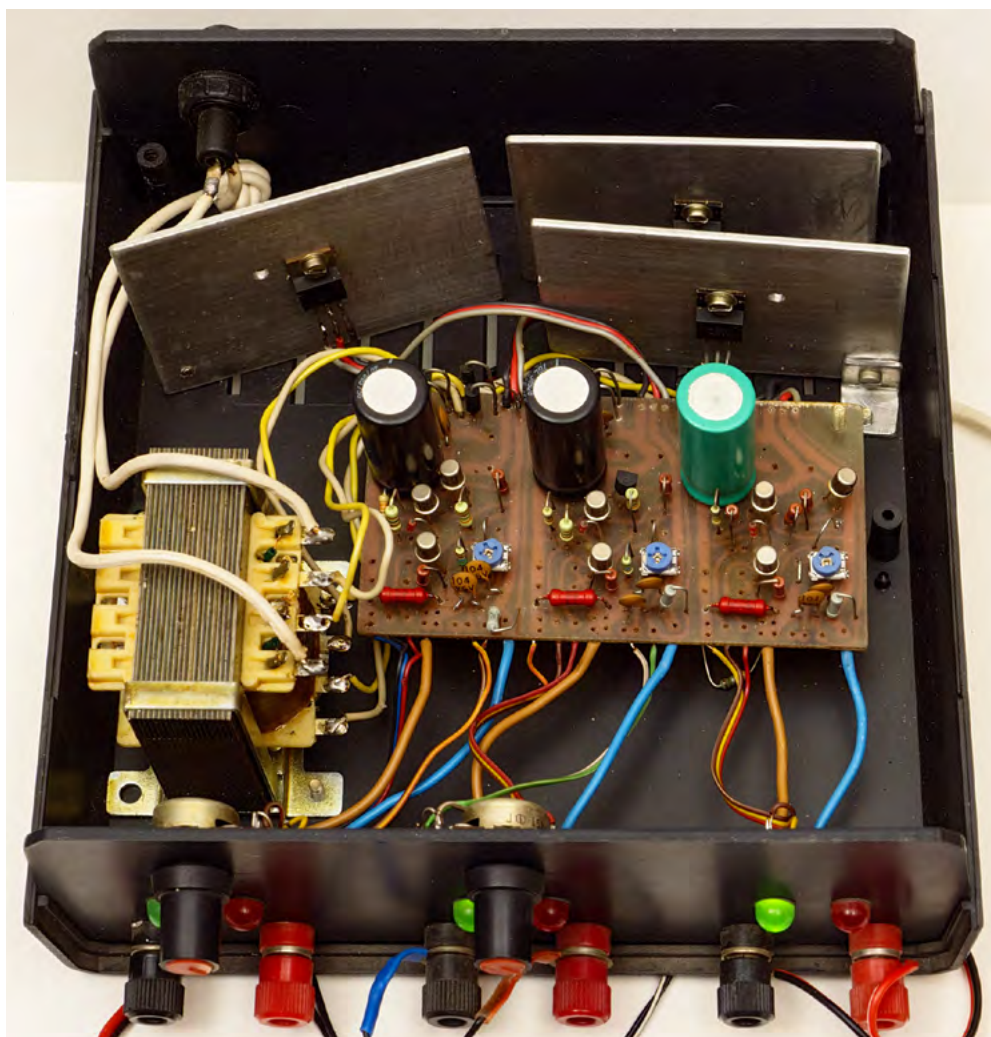
Mój stary zasilacz ma ogranicznik prądu, ale ustawiony na stałe. W dwóch kanałach regulowanych prąd ograniczania wynosi około 300 mA. W nowej wersji, którą chcemy wspólnie zaprojektować, chcemy zrealizować regulowany ogranicznik – stabilizator prądu. Regulacja nie musi być płynna, całkowicie wystarczy skokowa. Minimalna wersja powinna dawać możliwość ustawienia trzech wartości prądu maksymalnego, na przykład 40 mA, 200 mA, 1 A albo w słabszej wersji: 30 mA, 100 mA 300 mA.

Pomiar napięcia i prądu

Mój zasilacz z fotografii 1, 2 ma tylko kontrolki LED. Czerwona zaświeca się, gdy działa ogranicznik prądu, czyli gdy zasilacz pracuje w trybie CC. Nie ma niestety ani wskaźników aktualnego napięcia, ani aktualnego prądu wyjściowego. A to jest bardzo uciążliwe, zwłaszcza brak informacji o wartości prądu i o jego zmianach.

Napięcie wyjściowe można ustawić i kontrolować za pomocą zewnętrznego woltomierza, ale z prądem jest większy kłopot. Nowa wersja zasilacza musi być wyposażona przynajmniej w miernik prądu.

Może to być, ale nie musi być miernik cyfrowy. Może być miernik analogowy – wskazówkowy. Wiele osób nadal preferuje odczyt analogowy właśnie w przypadku pomiarów prądu, a w szczególności jego zmian.



Fotografia 2

Gdyby to był wskazówkowy miernik prądu, to może pokazywać bezwzględną wartość prądu jako amperomierz. Ale niekoniecznie: może pokazywać wartość procentową względem ustawionego prądu maksymalnego. I taki analogowy wskaźnik procentowy może być optymalnym rozwiązaniem w przypadku zasilacza z kilkoma zakresami ogranicznika prądowego.

Sygnalizacja braku stabilizacji

W moim zasilaczu czerwona lampka sygnalizuje tylko, że działa ogranicznik prądowy. Nie ma natomiast żadnego wskaźnika, że w napięciu wyjściowym pojawiły się znaczące tętnienia.

A może się to zdarzyć, gdy napięcie wyjściowe ustawione jest na maksimum i prąd też jest bliski maksymalnemu, a napięcie w sieci energetycznej jest mniejsze od nominalnego 230 V.

Obniżone napięcie sieci i znaczny pobór prądu zmniejszają napięcie wyjściowe transformatora i w efekcie na wejściu stabilizatora napięcie jest za małe, żeby prawidłowo pracował on przy ustawionym maksymalnym napięciu zasilacza.

Owszem, można tak ograniczyć prąd maksymalny i zastosować odpowiednio duży transformator z zapasem, żeby wykluczyć taką możliwość. I tak powinno być w profesjonalnych zasilaczach, które powinny prawidłowo pracować także przy napięciu sieci zmniejszonym o 15%, czyli wynoszącym 195 V.

Z uwagi na takie wymagania, dobre profesjonalne zasilacze muszą być odpowiednio przewymiarowane, a więc i odpowiednio drogie. Wierz mi, że nie warto tego robić w zasilaczach amatorskich, bowiem wystarczy dodać jakiś sygnalizator braku stabilizacji. Mój stary zasilacz oczywiście tego nie ma.

Właściwości termiczne

Pokrewny problem dotyczy radiatorów i odprowadzania ciepła. Jeżeli układ stabilizatora nie ma zabezpieczenia termicznego, to główny element (tranzystor) regulacyjny może ulec przegrzaniu i dosłownie spaleniu. Jeżeli stabilizator ma zabezpieczenie termiczne, jak to jest w praktycznie wszystkich stabilizatorach scalonych, to nie ulegnie uszkodzeniu. Nie przegrzeje się, bowiem zabezpieczenie termiczne zmniejszy i napięcie, i tym samym prąd stabilizatora, żeby nie dopuścić do przegrzania. Stabilizator się nie uszkodzi, ale jeżeli podczas jakichś testów zabezpieczenie termiczne obniży napięcie i pobór prądu, to zakłóci te eksperymenty oraz spowoduje zamieszanie i niepotrzebne problemy.

Niejednak elektronik doświadczył czegoś takiego, gdy niepotrzebnie stracił masę czasu na szukanie „dziwnego błędu w układzie”, gdy tymczasem przyczyną było niezauważone obniżenie napięcia.

Coś takiego zdarza się, gdy w zasilaczu ustawione jest niskie napięcie wyjściowe i pracuje on z prądem bliskim maksymalnemu, a akurat napięcie w sieci energetycznej jest podwyższone, na przykład z powodu obecności w sąsiedztwie wielu instalacji fotowoltaicznych. Wtedy w analogowym stabilizatorze wydziela się na tyle duża moc strat, że zadziała zabezpieczenie termiczne.

Problem w tym, że zadziała po cichu, obniży napięcie i prąd, a użytkownik tego nie zauważy, co oznacza niepotrzebne kłopoty. Oczywiście znów rozwiązaniem może być przewymiarowanie, tym razem radiatorów chłodzących. Jednak także i tu dużo lepszym rozwiązaniem jest byłoby dodanie obwodu informującego o nadmiernym wzroście temperatury elementów regulacyjnych lub radiatorów. Choć nie jest to jednak łatwe z kilku względów, dobrze byłoby mieć w zasilaczu obwody, które zasygnalizują możliwość kłopotów „termicznych”.

Bezpiecznik elektroniczny?

Wiele osób uważa, że zasilacz powinien mieć także wbudowane obwody bezpiecznika elektronicznego. To kwestia dyskusyjna i najpierw należałoby dokładnie określić, czym jest bezpiecznik elektroniczny i jakie ma mieć właściwości dynamiczne. Często miano bezpiecznika elektronicznego nosi układ lub obwód, który w razie przeciążenia prądowego całkowicie przerywa obwód i do powrotu do normalnej sytuacji wymagane jest naciśnięcie jakiegoś przycisku lub wyłączenie zasilania.

Jednak funkcję bezpiecznika z powodzeniem spełni odpowiednio ustawiony ogranicznik (stabilizator) prądu. Byle miał odpowiednie właściwości dynamiczne, a z tym niestety bywa różnie (podobnie z bezpiecznikami elektronicznymi, z których część ma działanie zbyt powolne i przepuszcza silne impulsy, np. podczas zwarcia).

Nie widzę potrzeby dodawania bezpiecznika elektronicznego, a za to należy zwrócić uwagę na szybkość działania ogranicznika prądowego, co zresztą nie jest wcale takie jasne, proste i oczywiste.

Sensownym wyposażeniem zasilacza warsztatowego może być natomiast inny obwód.

Dodatkowe zabezpieczenie nadnapięciowe?

Coraz więcej osób przekonuje się, że zbyt wysokie napięcie zasilające przypadkowo podane na niskonapięciowy układ może takowy uszkodzić.

Takie zbyt wysokie napięcie zasilania może być wynikiem pomyłki elektronika, który w zasilaczu ustawił zbyt wysokie napięcie. Może też być wynikiem awarii – uszkodzenia zasilacza, np. przebicia szeregowych tranzystorów regulacyjnych.

Efektom może być nieodwracalne uszkodzenie jakiegoś kosztownego układu 3,3- albo 5-woltowego. Dlatego niektórzy chcieliby mieć albo oddzielny autonomiczny układ, albo wbudowany w zasilacz niezależny obwód, który byłby rodzajem ogranicznika napięcia, stanowiąc dodatkowe zabezpieczenie, uniemożliwiając nadmierny wzrost napięcia.

Kwestia jest dyskusyjna, bo taki ogranicznik nadnapięciowy musiałby być niezależny od zasilacza i jego nastaw. Użytkownik musiałby go nastawiać ręcznie, co stanowi dodatkowy kłopot i nie daje gwarancji, że będzie skuteczne.

Niemniej każdy, kto przez zbyt wysokie napięcie zasilania spalił jakiś kosztowny moduł, przynajmniej chciałby mieć możliwość zastosowania tego rodzaju ogranicznika nadnapięciowego. Nie sygnalizatora, tylko ogranicznika, który skutecznie zapobiegne wzrostowi napięcia, np. wprowadzając kontrolowane zwarcie. Tym szczegółem też się zajmujemy.

Inne obwody pomocnicze?

Samodzielne zaprojektowanie i własnoręczne wykonanie zasilacza o sensownych parametrach to jedna z najważniejszych, kanonicznych, a może wręcz najważniejsza pozycja w dorobku każdego elektronika. Nic dziwnego, że niektórzy chcieliby taki swojej roboty zasilacz wyposażać w jeszcze inne funkcje i obwody. Może to być jak najbardziej sensowne i uzasadnione, więc do tego też wrócimy.

Wspólnie projektujemy zasilacz – etapami

Inicjatywę *Wspólnie projektujemy – Warsztatowy zasilacz liniowy* zrealizujemy w kilku etapach, które związane będą z zadaniami konkursowymi.

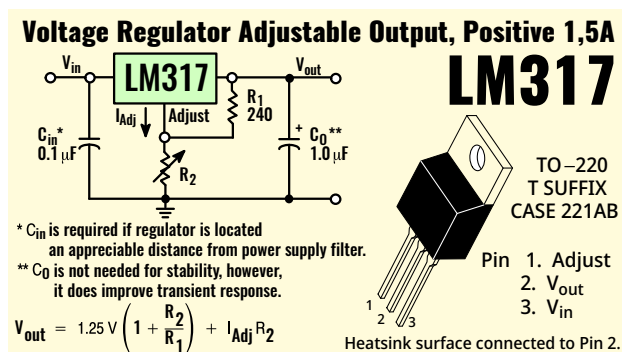
Oto tematyka planowanych zadań konkursowych:

1. Podstawowy układ zasilacza (z LM317).
2. Ogranicznik – stabilizator prądu.
3. Pomiar napięcia i prądu wyjściowego.
4. Sygnalizator braku stabilizacji napięcia.
5. Obwody kontroli termicznej.
6. Dodatkowe zabezpieczenie nadnapięciowe.
7. Opcjonalne zmiany i ulepszenia.

Po pierwsze zapraszam do udziału w siedmiu konkursach, z których pierwszy ogłoszony jest poniżej. Po drugie – zapraszam do praktycznej realizacji, testowania i ulepszania.

Pomysł jest taki, żeby zrealizować zasilacz w pewnym sensie modułowy, składający się z pewnej liczby autonomicznych klocków. Fundamentem ma być podstawowy moduł, zawierający transformator, prostownik, filtr oraz regulowany stabilizator napięcia. Tylko stabilizator napięcia, ponieważ stabilizatorem – ogranicznikiem prądu zajmujemy się w konkursie trzecim. W ten sposób już w pierwszym etapie uzyskamy praktycznie użyteczny zasilacz, który w następnych etapach będziemy wzbogacać i wyposażać w kolejne funkcje. W następnym artykule przedstawione jest pierwsze zadanie konkursowe.

Piotr Górecki



Wspólnie projektujemy: Prosty zasilacz z LM317

W ramach inicjatywy **Wspólnie projektujemy warsztatowy zasilacz liniowy**, za pomocą co najmniej siedmiu etapów – konkursów wspólnie zrealizujemy praktycznie użyteczny liniowy zasilacz warsztatowy. Wprowadzeniem do serii konkursów jest poprzedni artykuł: [Projektowanie zasilacza liniowego. Rozważania wstępne](#)

Pierwsze zadanie konkursowe dotyczy wyłącznie zaproponowania schematu minimalistycznej, nie mniej już praktycznie użytecznej wersji zasilacza o regulowanym napięciu. Zakres regulacji to co najmniej 3...12 V, ale lepiej, gdyby był choć trochę szerszy. Prąd wyjściowy: wystarczy 0,3...1 A.

Teraz, **w pierwszym etapie, należy zaproponować tylko schemat zasilacza ze stabilizatorem napięcia, bez obwodów stabilizacji prądu**, bo tym zajmiemy się później. Ale już teraz warto pomyśleć i przewidzieć, jak w takim zasilaczu mają zostać zrealizowane obwody pomiaru i ograniczania prądu oraz inne funkcje.

Stabilizator o płynnie regulowanym napięciu można zrealizować dowolnie, jednak **proponuję zastąpić stabilizator scalony, najlepiej nadal bardzo popularny LM317**, ewentualnie jakąś wersję pokrewną o ulepszonych niektórych parametrach.

Do udziału w nowym konkursie zapraszam elektroników doświadczonych, ale także mniej zaawansowanych i początkujących hobbystów.

Proponuję, żeby najpierw zająć się tylko schematem, a działania praktyczne rozpocząć dopiero wtedy, gdy różne wersje zostaną omówione w numerze lutowym czasopisma **Zrozumieć Elektronikę**.

Zadanie konkursowe YK001 brzmi:

Zaproponuj schemat podstawowej, możliwie prostej wersji zasilacza warsztatowego, najlepiej z układem LM317 lub podobnym.

Do udziału w zadaniu zapraszam doświadczonych, a także mniej zaawansowanych i początkujących. Propozycje schematów można **nadsyłać do 15 stycznia 2023 roku** na adres konkursy@piotr-gorecki.pl

Proponuję, żeby teraz, w ramach zadania, zająć się tylko schematem, a działania praktyczne rozpocząć dopiero wtedy, gdy różne możliwości i nadesłane rozwiązania zostaną omówione w numerze 3/2023 czasopisma **Zrozumieć Elektronikę**.

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



Interesujące układy: Mini Tesla Coil

Ani to „Tesla”, ani „Coil” – w tytule projektu prawdziwe jest tylko słowo „Mini”. Niemniej tego rodzaju układ jest nie tylko atrakcyjny, ale też wyjątkowo interesujący dla elektronika, ponieważ wiele wskazuje, że... w ogóle nie powinien działać z uwagi na błędy układowe. A działa i zaskakuje swoim działaniem!

Co to właściwie jest?

Montaż

Kłopoty z uruchomieniem

Poważne wątpliwości co do schematu...

Ciąg dalszy nastąpi...

W serii „Interesujące układy” chcemy budować rozmaite układy elektroniczne, cieszyć się ich działaniem, a przy okazji bliżej zapoznawać się z zasadami ich funkcjonowania, by coraz lepiej rozumieć elektronikę.

Co to właściwie jest?

Na początek na warsztat bierzemy bardzo atrakcyjny układ, który najczęściej nazywany jest **Mini Tesla Coil**, a niekiedy **Mini cewka Tesli**. Fotografia wstępna udowadnia, że układ działa i że to działanie jest bardzo atrakcyjne.

Ale jeszcze bardziej fascynujące są inne okoliczności. Dziś w modzie jest postać Nikoli Tesli i wszystko, co się z jego nazwiskiem wiąże. Jednak nie powinniśmy mówić o „cewce Tesli”, tylko, jeśli już, o „transformatorze Tesli”. Tymczasem układ prezentowany na fotografii wstępnej nie jest ani cewką, ani trans-

formatorem Tesli. Owszem, wykorzystywane są te same fundamentalne zasady fizyki, ale klasyczny transformator Tesli działa na innej zasadzie. **To nie jest klasyczny transformator Tesli.** Kropka.

Jeśli chodzi o omawiany układ, to w literaturze nosi on inną nazwę i wiąże się go z kimś innym.

Otóż fotografia wstępna pokazuje nieco rozbudowaną wersję układu znanego jako **Slayer Exciter Circuit** i podobno jego wynalazcą jest niejaki Dr Stiffler, który tego rodzaju układ opracował dla, czy też może przy współudziale, internauty o nicku GBluer, a potem społeczność internetowa przedstawiała swoje modyfikacje. W Internecie na wielu stronach można znaleźć kopiowane kolejno wzmianki, że nastąpiło to „kilka lat temu” (*few years ago*), ale w sumie nie wiadomo kiedy (najstarsze filmy na mało popularnym profilu YT GBluer pochodzą sprzed 5 lat).

Nazwa może co najmniej dziwić: *exciter* to *wzbudnik*, *wzbudnica*, ale też *generator* i blisko tu do określenia *podzégacz*. Natomiast *slayer* to *zabójca*, *morderca*, ale też *pogromca*.

Nazwa nazwą; jest coś gorszego: wszystkie znaki na niebie i ziemi wskazują, że schemat jest błędny, co zasygnalizuję dalej w tym artykule, a dokładniej omówię w następnym artykule na ten temat.

Jakkolwiek by było, ten wzbudający rozmaite emocje układ pomimo wszelkich wątpliwości działa i okazuje się najprostszym rozwiązaniem, by samodzielnie zbudować układ wytwarzający wysokie napięcie o dość dużej częstotliwości. Najprostszym i najtańszym. Otóż w wersji minimalnej potrzeba trochę drutu, jeden tranzystor i jeden rezystor, ewentualnie do tego jeszcze jedną diodę i jeden kondensator.

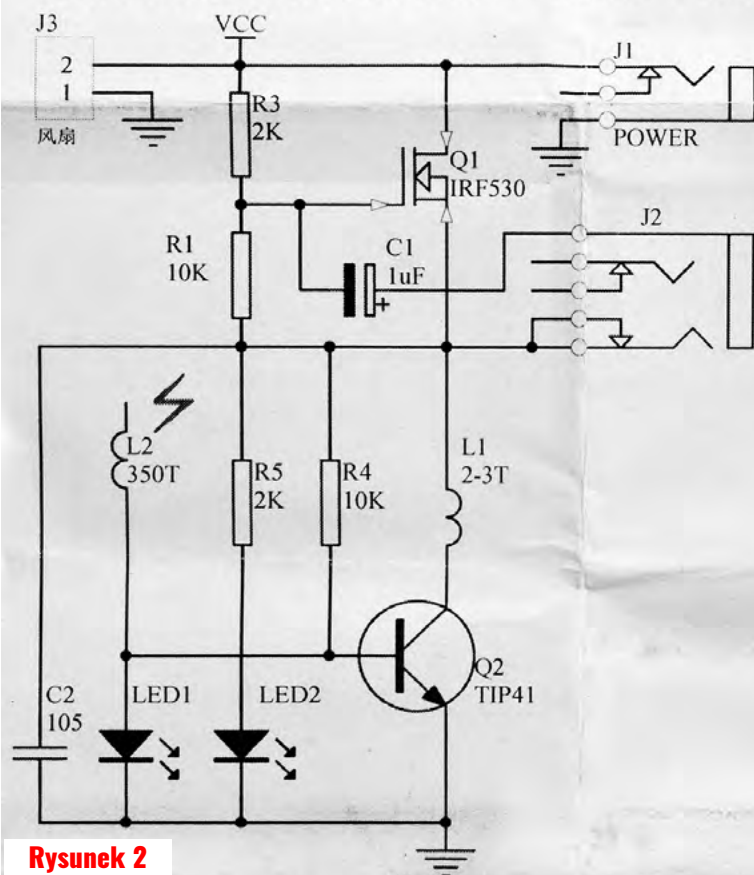
Prezentowana wersja jest rozbudowana. Według wielu opisów jest to **Music Mini Tesla Coil**, czyli wersja muzyczna, reklamowana jako... nowa odmiana głośnika plazmowego. Wynalazek ten w postaci zestawu elementów do samodzielnego montażu kupiłem w marcu 2022 w sklepie RoarKit Store na Aliexpress wraz z kosztami dostawy za 17,69 zł (w chwili pisania artykułu w listopadzie 2022 cena wynosi 20,71 zł). Natomiast w polskich sklepach cena jest 2...3-krotnie wyższa, ale dostawa szybsza.

Fotografia 1 pokazuje zawartość zestawu. Dla mnie najważniejsze było to, że nie muszę sam nawijać kilkusetzwojowej cewki.

Montaż

Montaż nie był trudny. W komplecie była kartka z chińską instrukcją montażu, która zawierała schemat, pokazany na **rysunku 2**. Jednak jak widać na fotografii 1, tak naprawdę schemat nie jest potrzebny, ponieważ na płytce opisany jest nie tylko numer

特斯拉线圈可以隔空点亮氖灯，节能灯，闪频灯

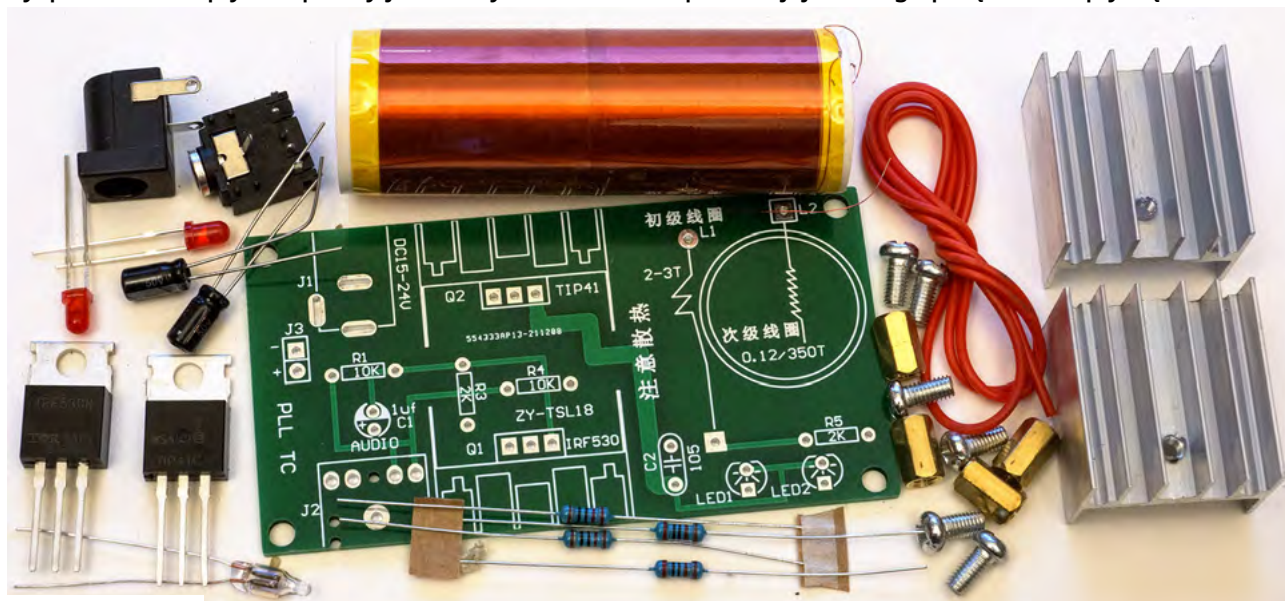


Rysunek 2

elementu, ale też jego wartość. Trzeba tylko rozróżnić rezystory 10kΩ i 2kΩ.

Dodatkowe złącze J3 pozostaje nieobsadzone. Jeżeli ktoś ma pastę termoprzewodzącą (smar do radiatorów), może posmarować przez miejsce styku tranzystorów z radiatorem. Mam taką pastę, ale celowo jej nie wykorzystałem – przekręciłem tranzystory do radiatorów „na sucho”.

Główna cewka jest gotowa, ale nie przewidziano sposobu jej trwałego połączenia z płytką.



Fotografia 1

Ja użyłem odrobiny kleju typu „Kropelka”, ale można wykorzystać inny, w szczególności popularny klej „na gorąco”. **Cewkę koniecznie trzeba jakimś sposobem trwale przymocować do płytki, bo bez tego łatwo urwać cienkie doprowadzenia**, co wiązałoby się z niepotrzebnymi kłopotami. W moim zestawie oba wyprowadzenia głównej cewki były odizolowane i pobielone, ale informacje z Internetu wskazują, że należy to sprawdzić, bo nie zawsze tak jest.

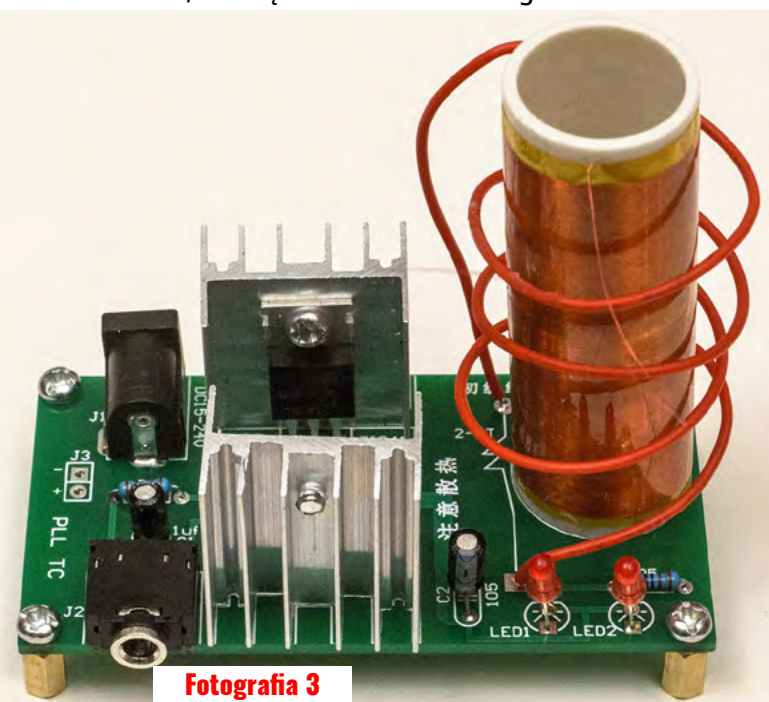
Jeżeli chodzi o cewkę kilkuzwojową (uzwojenie pierwotne transformatora powietrznego), to zgodnie z zaleceniami, nawinałem na „szablonie” w postaci gwintu zwykłej żarówki E27 i nie skracałem dostarczonego czerwonego drutu. Wlutowałem tak, jak pokazuje **fotografia 3**. Zgodnie z zaleceniami zadbałem żeby zwoje te były oddalone od głównej cewki uzwojenia wtórnego o co najmniej 2 mm.

Mój tak zmontowany układ... nie zadziałał! Jeśli chcesz, już tu możesz zabawić się w detektywa i przed przeczytaniem następnych akapitów postawić hipotezę co ja zrobiłem źle, że mój model nie chciał pracować.

Kłopoty z uruchomieniem

Jako doświadczony elektronik nieufnie podszedłem do schematu z rysunku 2. Z drugiej strony znam już trochę specyfikę chińskich tanich wyrobów. Generalnie działają i pełnią opisane funkcje, ale nie zawsze do końca zgodnie z oczekiwaniami.

Mój model po zmontowaniu nie zadziałał, ale nie przejąłem się tym, bowiem chodzi o generator z transformatorem i pierwsza myśl, to zamienić wyprowadzenia jednego z uzwojeń, oczywiście pierwotnego, żeby uzyskać potrzebne zależności fazowe, niezbędne do wzbudzenia generatora.

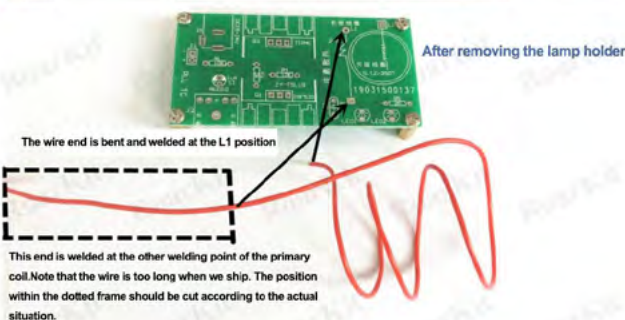


Fotografia 3

Przyznam szczerze, że wcześniej mogłem dokładniej przyjrzeć się fotografiom na stronie sklepu RoarKit Store, gdzie ten moduł kupiłem. A konkretnie obrazkom pokazanym na **rysunku 4**.

Wylutowałem i odwrótnie wlutowałem końcówki uzwojenia pierwotnego i układ... nie zadziałał!

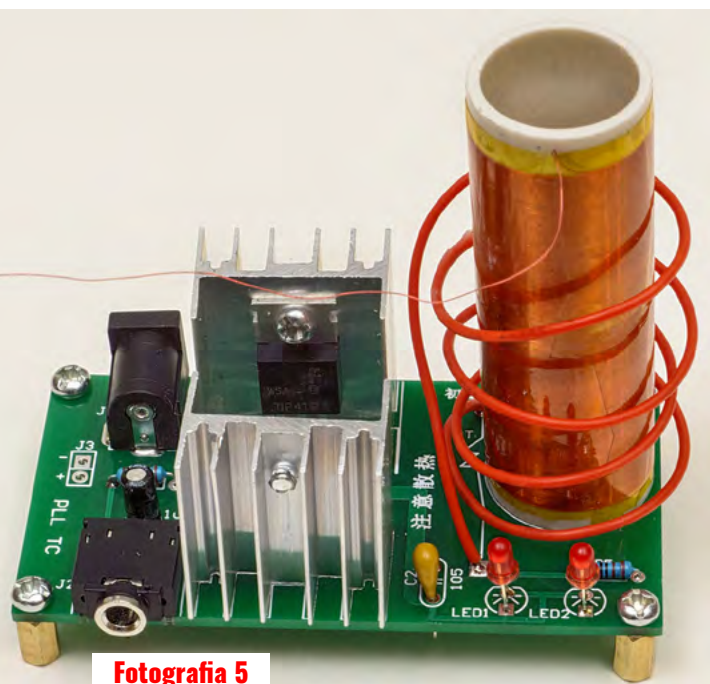
I to mnie zaskoczyło. Po chwili zastanowienia podejrzenia padły na kondensator C2. Fotografia 1 pokazuje, że w moim zestawie były dwa kondensatory elektrolityczne (1 µF/50 V). Wiadomo, że kondensator oznaczony 105 ma pojemność 1 mikrofarada. Uznałem, że chiński producent zamiast kondensatora stałego, zapewne ceramicznego monolitycznego, dał zamiennik w postaci drugiego „elektrolita”. Po przebiegu ścieżek zorientowałem się, jaka ma być biegunowość i w roli C2 wlutowałem tego „elektrolita” z zestawu, jak pokazuje fotografia 3.



After putting the primary coil on the secondary coil, Do not touch the secondary coil or it will short-circuit. It is better to have a distance of 3-5 mm between the two coils.



Rysunek 4



Fotografia 5

I tu znów muszę się przyznać do nieuwagi i bałaganu. Otóż na pewno chiński zestaw zawierał elementy pokazane na fotografii 1, ale właśnie podczas szukania przyczyn problemu, wśród innych szparagów i elementów znalazłem na biurku nowy, nielutowany monolityczny kondensator oznaczony 105. Nie jestem w stanie stwierdzić, czy może niepostrzeżenie wypadł mi z rozpakowywanej torebki tego zestawu, czy może to był mój kondensator, planowany do wykorzystania podczas jakichś wcześniejszych prac.

Wylutowałem „elektrolita” C2 i wlutowałem kondensator ceramiczny. Tak zmodyfikowany model, pokazany na **fotografii 5...** zadziałał, co ewidentnie pokazuje fotografia wstępna.

Opisuję szczegółowo te swoje perypetie, bo i Ty możesz mieć podobne kłopoty.

Na razie nie przeprowadzałem dalszych eksperymentów, ponieważ już wcześniej zwróciłem uwagę na kilka szczegółów, które radykalnie zmieniły moje pierwotne plany co do tego układu.

Otóż tak jak od dawna mam w zwyczaju, przygotowując się do napisania artykułu, wcześniej przeprowadziłem obszerne i czasochłonne badania tematu, szukając informacji w Internecie.

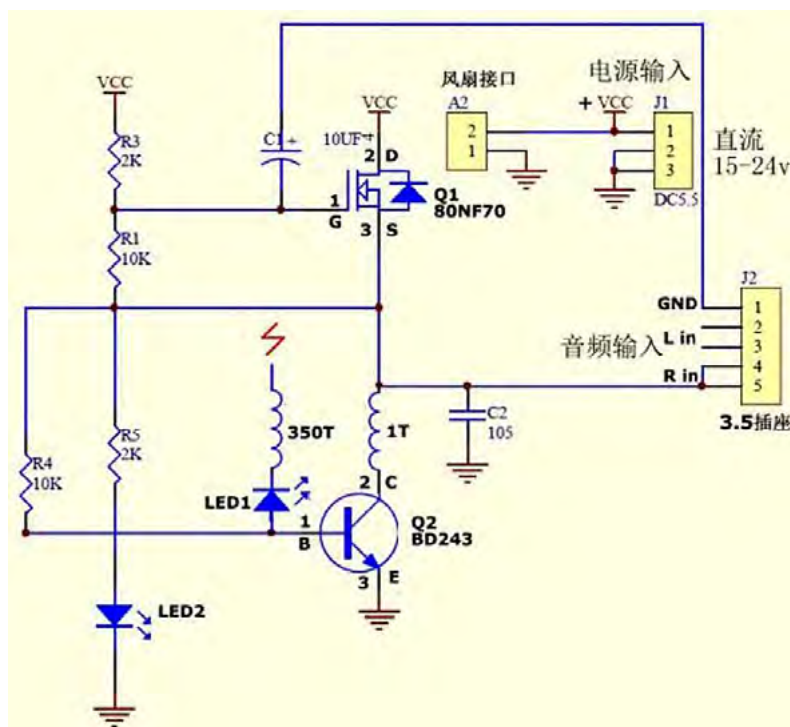
Z początku myślałem, że ograniczę się tylko do krótkiego zaprezentowania interesującego układu, zgodnie z tytułem tego cyklu. Czym jednak głębiej badałem temat, tym okazywał się on bardziej zagadkowy i fascynujący.

Ma też ścisły związek z kolejnym intrygującym i bardzo modnym obecnie tematem, który właśnie przygotowuję do tego cyklu, mianowicie z bezprzewodowym przekazywaniem energii i z ładowarkami bezprzewodowymi.

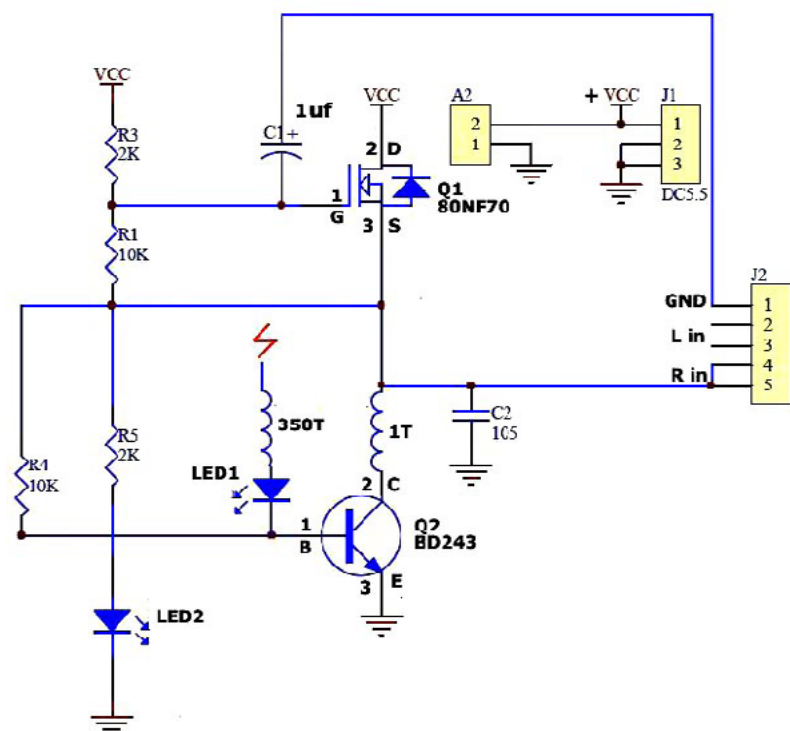
Poważne wątpliwości co do schematu...

Schemat mojego zestawu pokazany jest na rysunku 2. Jednak w innych źródłach można spotkać różne jego odmiany. U innych sprzedawców na Aliexpress można znaleźć odmienne schematy. Przykład na **rysunku 6**. Prawie taki sam, ale jak włączona jest dioda LED1?

A jak włączona jest na schemacie z **rysunku 7**? A wracając do schematu z rysunku 2: jaki sens ma takie włączenie diody LED1 w moim układzie?



Rysunek 6



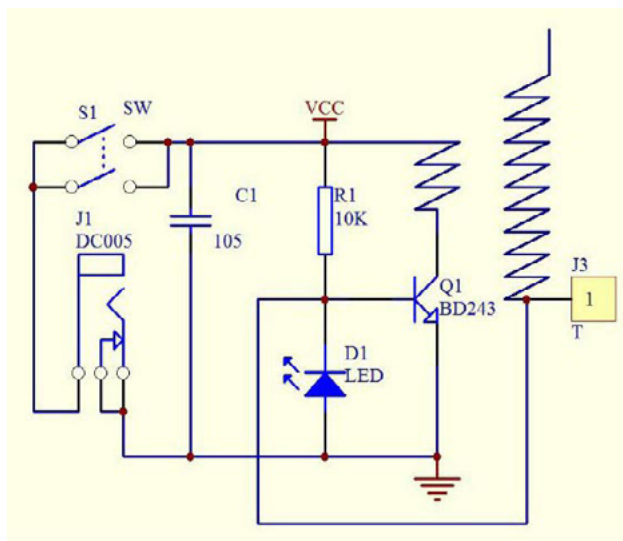
Rysunek 7

Czy to niedbalstwo przy rysowaniu schematów? Czy rażący brak elementarnej wiedzy u Chińczyków?

U wielu osób zainteresowanych tym, jak widać intrygującym, tematem, w związku z takimi układami pojawiają się jeszcze inne wątpliwości. Otóż omawiamy układ, który nazywany jest *Music Tesla Coil* albo *Plasma Speaker*, czyli głośnikiem plazmowym, zawiera dwa tranzystory, z których jeden pełni tylko funkcję „muzyczną”. Co ważne, obok odmian tego dziwnego wynalazku oferowane są też różne inne „Tesla Coils”, w tym naprawdę bardzo proste, z jednym tylko tranzystorem. W jednym ze sklepów można znaleźć schemat pokazany na **rysunku 8**.

Zwróć uwagę jak tu włączona jest dioda LED! I kolejna wątpliwość – to jest schemat generatora, który można zmontować na malutkiej płytce pokazanej na **fotografii 9**.

Świetnie! Tylko nie widać tu grubego drutu do wykonania uzwojenia pierwotnego, zawierającego od jednego do trzech 3 zwojów! Czyżbyśmy znaleźli przykład kolejnej nedoróbki Chińczyków? To nie jest zadanie konkursowe, ale jeśli chcesz, możesz już teraz do mnie napisać: konkursy@piotr-gorecki.pl, i podzielić się swoimi uwagami co do różnic na schematach oraz kwestii z fotografii 9.



Rysunek 8

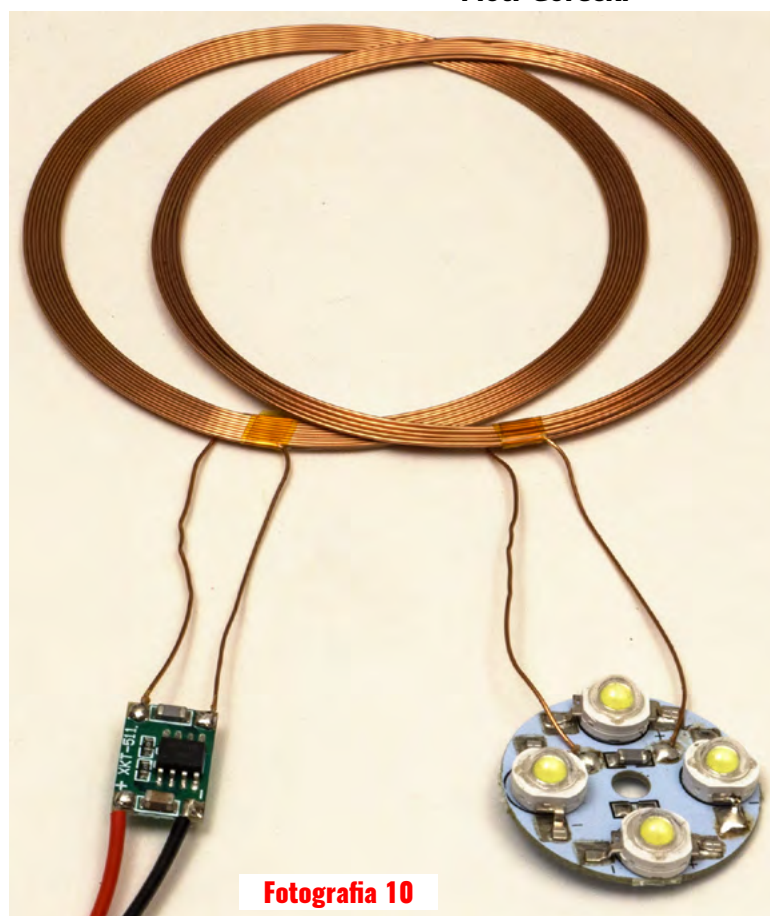
Ciąg dalszy nastąpi...

A ja w następnym odcinku tej serii przedstawię układ transmitujący energię na odległość, ale nie spodziewaj się cudów, bo też wykorzystam gotowy chiński zestaw, pokazany na **fotografii 10**.

A do opisanego właśnie układu generatora wysokiego napięcia wrócimy później. Między innymi wyjaśnimy intrygujące kwestie dotyczące schematu, różnic na schematach oraz zasad działania układu.

A potem w oddzielnym, kolejnym artykule będę kontynuował temat. Zbadamy działanie omówionego dziś wstępnie generatora. Gdy poznamy szczegóły i jego specyfikę, zaproponuję Ci realizację pokrewnych wersji i podzielnie się swoimi doświadczeniami z ich realizacji i ich działania. ©

Piotr Górecki

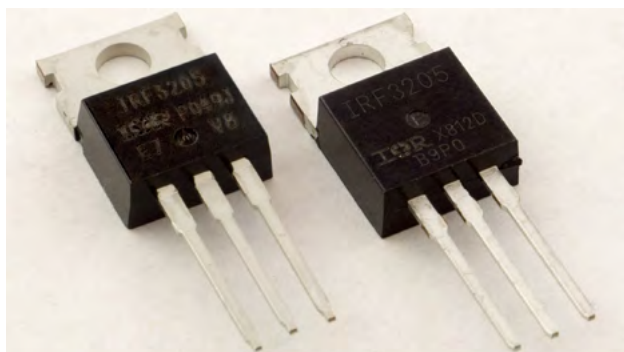


Fotografia 10



Fotografia 9

Fałszywe i podrabiane podzespoły elektroniczne



Każdy elektronik słyszał o podrabianych elementach elektronicznych. Niektórzy z nas nie tylko słyszeli, ale zetknęli się z takimi elementami i mieli z nimi kłopoty. Krótki artykuł porusza niektóre aspekty złożonego zagadnienia i jest zachętą do podzielenia się z innymi swoimi doświadczeniami w tym zakresie.

Tytuł może budzić pewne wątpliwości: co to znaczy: „fałszywe podzespoły elektroniczne”? W języku polskim nie utrwały się jeszcze precyzyjne definicje. W języku angielskim najczęściej używa się określeń *fake electronic components* oraz *counterfeit electronic components* i pod takimi hasłami warto szukać dodatkowych informacji o tych kwestiach.

Stosunkowo łatwo określić, czym są **podrabiane** podzespoły elektroniczne – to takie, które mają oznaczenia, jak elementy wiodących światowych producentów, a ich parametry są zdecydowanie gorsze, niż podają katalogi. Niekiedy oprócz „firmowego” oznaczenia, mają też logo jakiejś znanej firmy. Rzadko się zdarza, żeby takie podrabiane elementy w ogóle nie działały – najczęściej działają, ale „jako-tako”. W niektórych zastosowaniach mogą się nawet sprawdzić, ale w innych nie zapewnią prawidłowej pracy układu.

Określenie **fałszywe** podzespoły jest trudniejsze do zdefiniowania i znacznie szersze. Obejmuje wszelkie podzespoły, które nie są tym, co deklaruje producent czy sprzedawca. Też może obejmować elementy podrabiane, które tylko udają firmowe. Jaskrawym przykładem fałszywych podzespołów są rozmaite akumulatorki, dla których podaje się kosmiczne wręcz parametry. Producent nie kopiuje oznaczeń firmowych, tylko deklaruje nierealne, wielokrotnie lepsze od realnych parametry. Nie podszysza się pod wiarygodnych producentów, tylko po prostu wprowadza w błąd słabiej zorientowanych.

Stopniowo, w kilku artykułach omówię przykłady oraz przedstawię porównanie niektórych elementów oryginalnych i podrabianych.

Na pierwszy ogień pójdą tranzystory MOSFET, między innymi te egzemplarze pokazane na fotografii tytułowej. Nie tylko omówimy problem podróbek, ale w oddzielnym artykule przedstawiony będzie układ i sposoby pomiaru kluczowych parametrów MOSFET-ów, w szczególności ich rezystancji $R_{DS(on)}$ i pojemności wejściowej. To właśnie te dwa parametry są zdecydowanie najważniejsze przy ocenie, czy MOSFET jest podróbką, czy nie jest. Tych parametrów nie mierzą najpopularniejsze multymetry. Jednak można je zmierzyć w zaskakująco prosty sposób, i to bez użycia kosztownych dedykowanych mierników i testerów.

Przy realizacji różnych wysokiej jakości układów audio zbadamy i porównamy wzmacniacze operacyjne, zarówno te firmowe, jak i podejrzenie tanie wersje oferowane przez chińskich sprzedawców. Zrealizujemy też różne proste przystawki do testowania i pomiaru kluczowych parametrów wzmacniaczy operacyjnych. Jeżeli tylko będziecie chcieli, możemy zająć się nie tylko parametrami statycznymi, ale też szybkością, zniekształceniami i szumami własnymi wzmacniaczy operacyjnych.

Przy okazji budowy praktycznie użytecznego miernika radiatorów zajmiemy się różnymi wersjami 5-ampierowego stabilizatora LM338, w tym jego bardzo podejrzaną taną wersją chińską.



Fotografia 1

Odrębny, interesujący temat to akumulatory litowe, o czym za chwilę. Związana z tym jest też tematyka laterek i ilości wytwarzanego światła, wyrażanej w tysiącach lumenów, a rekordziści ponoć dają do 1 miliona lumenów... Też mogą coś na ten temat napisać...

Wracamy do akumulatorów. Powszechnie wiadomo, że na rynku nie ma dziś akumulatorów litowych o wielkości 18650 (średnicy 18 mm i długości 65 mm) o pojemności większej niż 3500 mAh. Tymczasem w ofertach sklepów bez problemu znajdziemy oferty tej wielkości akumulatorów o pojemności nawet kilkunastu tysięcy miliamperogodzin. Pojemność 9900 mAh (fotografia 1) można uznać za swego rodzaju standard – takie akumulatory w chwili pisania artykułu (wrzesień 2022) można kupić po około 8 zł za sztukę.

A teraz zagadka z rodzaju: *znajdź szczegóły, którymi różni się akumulator z fotografii 2...4.*

To będzie bardzo pouczająca analiza.

Co o tym sądzisz? Sam oceń, czy i na ile jest to przysłowiowy „pic na wodę i fotomontaż”. I nie jest wcale mój fotomontaż – wykorzystałem obrazki z chińskich sklepów internetowych, jedynie je obróciłem o 90 stopni i skadrowałem.



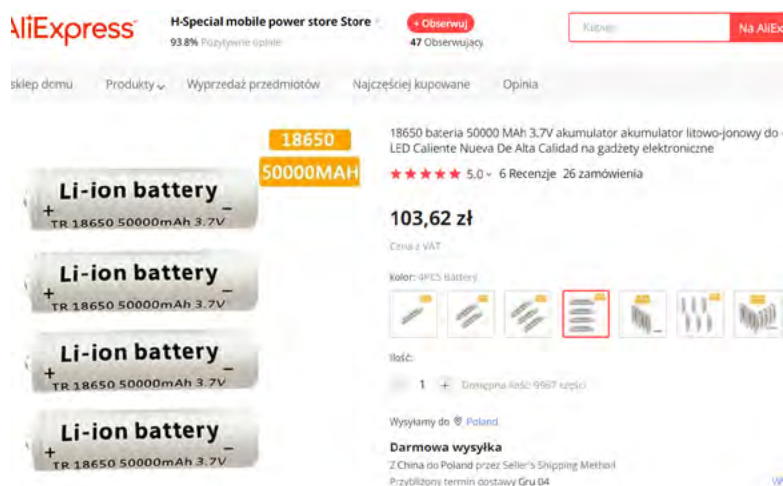
Fotografia 2



Fotografia 3



Fotografia 4



Rysunek 5

20 amperogodzin to imponująca pojemność, ale podczas przygotowań do tego artykułu znalazłem jeszcze lepsze „kwiatki” – jeszcze większe pojemności przy rozmiarze 18650.

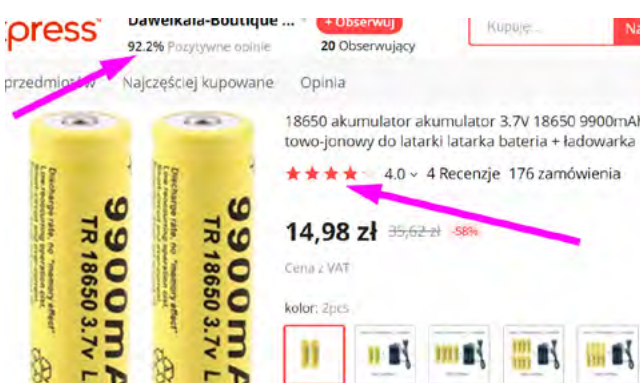
Rysunek 5 pokazuje fragment strony chińskiego sklepu internetowego. Oferowane akumulatory wielkości 18650 rzekomo mają pojemność 50000 mAh.

Cztery takie ogniwa za stówkę! Niecałe 104 złote z darmową dostawą! Nie skorzystałem z okazji, by za tak śmiesznie niską cenę stać się właścicielem zestawu o pojemności 50 amperogodzin i napięciu 14,8 V, a więc mniej więcej takiego, jak akumulator w średniej wielkości samochodzie...

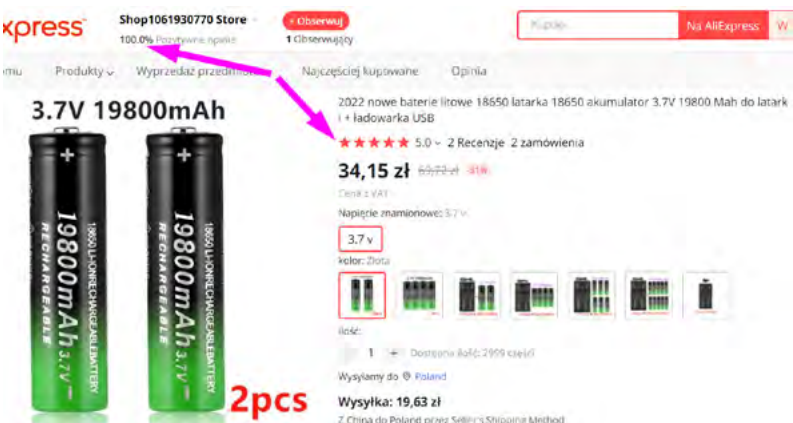
Nie skorzystałem z tej atrakcyjnej oferty, żeby nie zmarnować stu złotych. Jednak temat jest aktualny, trzeba o tym pisać, więc postanowiłem zmarnować 15 złotych i od razu zamówiłem dwa akumulatory 9900 mAh – rysunek 6. Do tematu więc wrócimy.

A na marginesie: nie znaczy to wcale, że trzeba unikać chińskich wyrobów. Należy kupować, tylko mądrze. A nie jest to łatwe.

Najbardziej ryzykowne jest kupowanie towarów o podejrzenie niskich cenach. Od dawna wiadomo: nie ma darmowych obiadów. Są tylko obiady, za które ktoś zapłacił. W tym przypadku to Ty płacisz za „obiad” – za towar. Najprawdopodobniej jakość będzie odpowiednia do ceny...



Rysunek 6



Rysunek 7

Akurat w przypadku portalu Aliexpress, gdzie ja też sporo kupuję, a także innych podobnych platform sprzedażowych, jedną ze wskazówek jest procent pozytywnych opinii, i o danym sklepie, i o tym konkretnym towarze. Możesz sprawdzić, że w przypadku tanich akumulatorów procent pozytywnych opinii dla sklepów je sprzedających jest, jak na Aliexpress, bardzo niski – w okolicach 80%.

Jednak są mylące wyjątki. Jak wskazują strzałki na rysunku 6, w sklepie, gdzie ja za 15 złotych zamówiłem te dwie rewelacje, procent pozytywnych opinii to ponad 92%, a towar ma średnią ocenę 4,0. Widać, że sklep ma też inne, lepsze towary, a co do opinii, to nie są to opinie o jakości produktu, tylko raczej o szybkości wysyłki i jakości obsługi klienta.

Na **rysunku 7** znajdziesz jeszcze bardziej mylący przykład: sklep ma 100% pozytywnych opinii, co jest rzadkością na platformie Aliexpress, towar ma opinię 5,0, a cena za sztukę po uwzględnieniu kosztów wysyłki (27 zł) może wskazywać na sensowną jakość.

Tymczasem prawda jest taka, że sklep powstał przed 4 miesiącami, ma bardzo małą sprzedaż, mało opinii i tylko 1 osobę obserwującą. Były tylko 2 zamówienia (z Rosji), a kupujący ocenili nie jakość towaru, tylko zgodność z opisem, przebieg transakcji i dostawy. W innych sklepach można kupić te same akumulatory po 15 złotych za sztukę (z darmową dostawą).

A oto inny przykład do przemyślenia. Na **rysunkach 8 ... 10** pokazane są oferty sprzedaży kompletu 10 sztuk popularnych MOSFET-ów typu IRF3205. Liczymy wraz z kosztami dostawy: według rysunku 8, te nowe, prosto z fabryki kosztują 1,5 zł za sztukę. Co ciekawe, według rysunku 9, wersje z krótkimi nóżkami, wylutowane z jakiegoś starszego sprzętu kosztują prawie 3 zł za sztukę. A zgodnie z rysunkiem 10, tranzystory reklamowane jako oryginalne, importowane, nowe, kosztują około 3,7 zł za sztukę.

Dla porównania: w porządnym europejskim sklepie, np krajowym TME, cena przy zamówieniu 10 sztuk jest bliska 5 zł. Do tranzystorów IRF3205 i IRF4905 jeszcze wrócimy.

A ja już teraz poproszę Czytelników, więc może także i Ciebie, o podzielenie się swoimi doświadczeniami w tym zakresie: jeżeli i Ty natknąłeś się na elementy podrabiane lub nieprawidłowo oznakowane – napisz do mnie za pośrednictwem strony:

Zapytaj i odpowiedz

Być może Twoja informacja ukaże się jako komentarz pod tym artykułem na stronie internetowej:

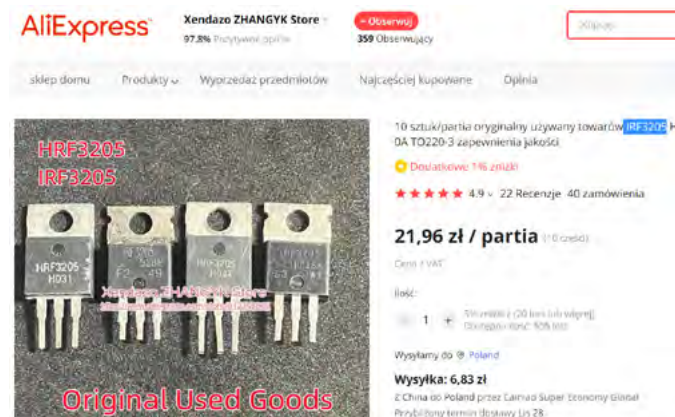
piotr-gorecki.pl/X001

Jednak jeśli będzie szersza i interesująca, może stać się oddzielnym artykułem lub częścią kolejnego artykułu na ten temat. ©

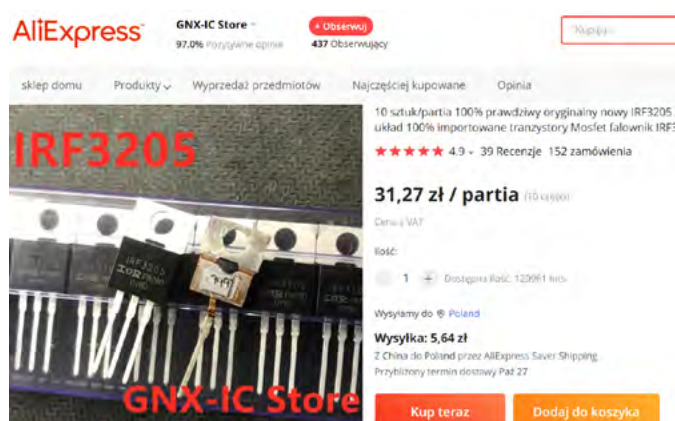
Piotr Górecki



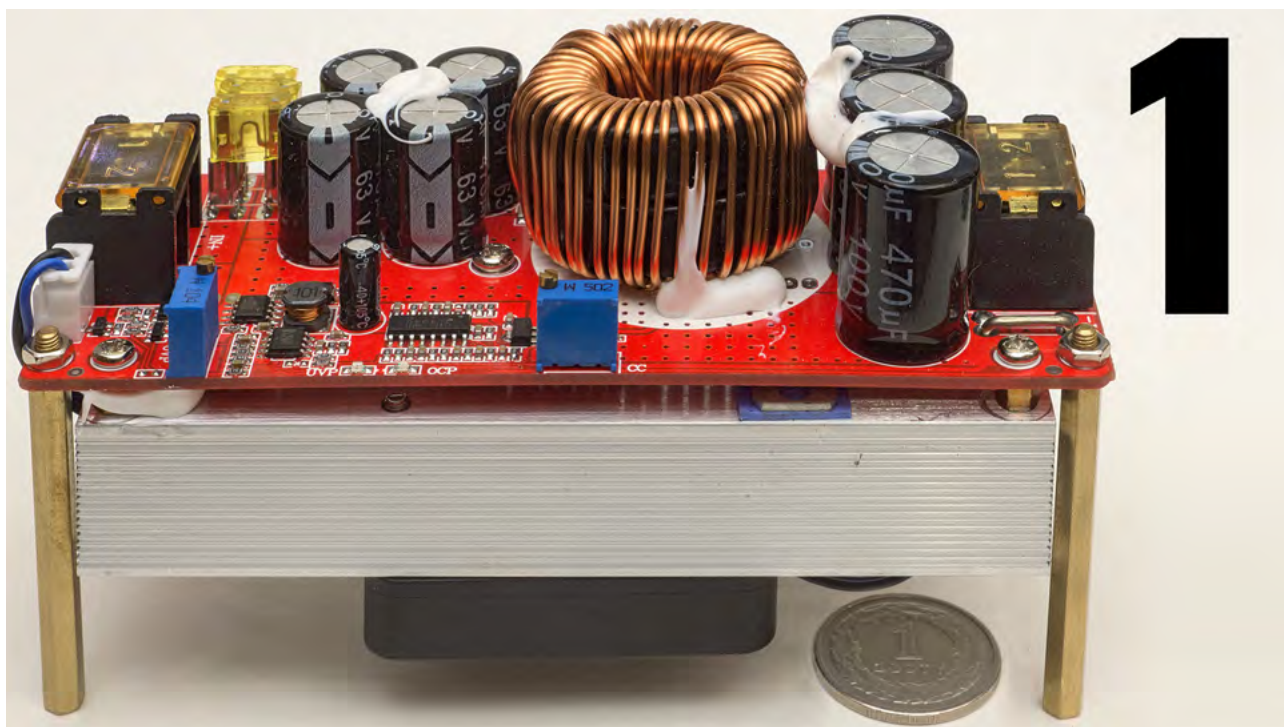
Rysunek 8



Rysunek 9



Rysunek 10



Przetwornice impulsowe w pigułce – część 1

Klasyczne, liniowe zasilacze i stabilizatory zostały prawie całkowicie wyparte przez rozmaite przetwornice impulsowe. Faktem jest, że szczegóły ich budowy mogą być skomplikowane, jednak spróbuję Cię przekonać, że podstawowe zasady działania i ich praktyczne wykorzystanie są zaskakująco łatwe!

Nie taki diabeł straszny...

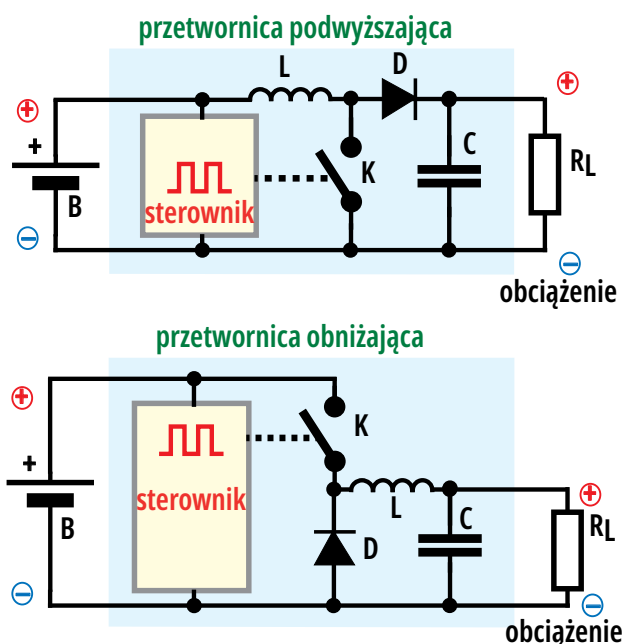
Przetwornica podwyższająca

Nie taki diabeł straszny...

Współczesne urządzenia elektroniczne zasilane są z wykorzystaniem rozmaitych przetwornic impulsowych, w przytłaczającej większości – przetwornic indukcyjnych, a nie pojemnościowych. Dla wielu elektroników ich funkcjonowanie jest dosłownie czarną magią. Tymczasem ich zasada działania, a także praktyczne wykorzystanie gotowych modułów, okazują się zaskakująco łatwe. Zasilaczami sieciowymi, które przekształcają napięcie przemienne 230 V 50 Hz na niskie napięcie stałe, zajmiemy się w dalszych częściach artykułu, a teraz, na początek poznamy dwa główne, najpopularniejsze rodzaje prostych przetwornic indukcyjnych:

- podwyższające (boost, step-up),
- obniżające (buck, step-down).

Ich uproszczone schematy pokazane na **rysunku 1** zawierają cztery elementy oznaczone L, C, K, D.



Rysunek 1

Klucz K w rzeczywistości jest tranzystorem (najczęściej MOSFET-em, bardzo rzadko tranzystorem bipolarnym), włączanym i wyłączanym z dużą szybkością kilkudziesięciu kHz do kilku MHz.

Wartość napięcia wyjściowego regulowana jest w bardzo prosty sposób. Otóż napięcie wyjściowe nie zależy od częstotliwości przełączania, tylko od współczynnika wypełnienia impulsów (D – duty factor), czyli różnic czy raczej stosunku, ilorazu czasu włączenia (t_{on}) i czasu wyłączenia (t_{off}) klucza. Sterownik jest dziś układem scalonym, zawierającym generator oraz obwody regulacji współczynnika wypełnienia. I właśnie ten scalony, gotowy sterownik robi za nas całą czarną robotę!

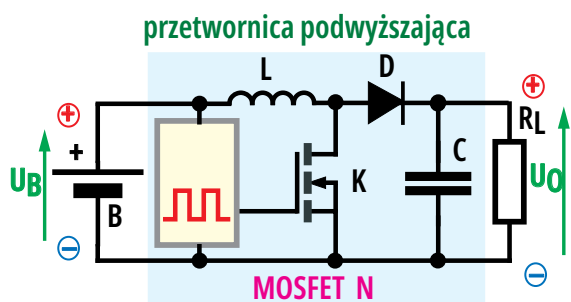
Bardzo dobra, wręcz znakomita wiadomość jest taka: **nie musimy wcale rozumieć każdego szczegółu budowy i działania sterownika**. O szczegóły zadbali projektanci układu scalonego.

W najprostszym przypadku po prostu kupujemy gotowy moduł przetwornicy i go wykorzystujemy. A jedynie w razie potrzeby, przeprowadzamy jakąś modyfikację. Możliwościami, a nawet koniecznością modyfikacji i wzbogacenia fabrycznych przetwornic o różne obwody pomocnicze będziemy się zajmować w kolejnych artykułach, a na razie przypomnijmy podstawowe konfiguracje i poznamy praktycznie użyteczne gotowe moduły przetwornic.

Przetwornica podwyższająca

Gdy w przetwornicy podwyższającej z kluczem K w postaci tranzystora MOSFET N według **rysunku 2** współczynnik wypełnienia D wynosi zero, czyli gdy klucz K w ogóle nie jest włączany, tylko stale pozostaje rozarty, nieprzewodzący, wtedy napięcie z baterii po prostu przechodzi na wyjście przez cewkę L i diodę D. Zakładając na początek, że cewka L jest idealna i ma zerową rezystancję uzwojenia oraz że idealna jest dioda D, na wyjściu otrzymamy napięcie U_O równe napięciu baterii U_B . W rzeczywistości będzie ono niższe od napięcia baterii o spadek napięcia na rezystancji uzwojenia cewki oraz o spadek napięcia na diodzie D (0,2...0,8 V, zależnie od typu diody D i wielkości płynącego prądu).

Gdy na przemian zwieramy i rozwieramy klucz K, napięcie wyjściowe U_O staje się większe.



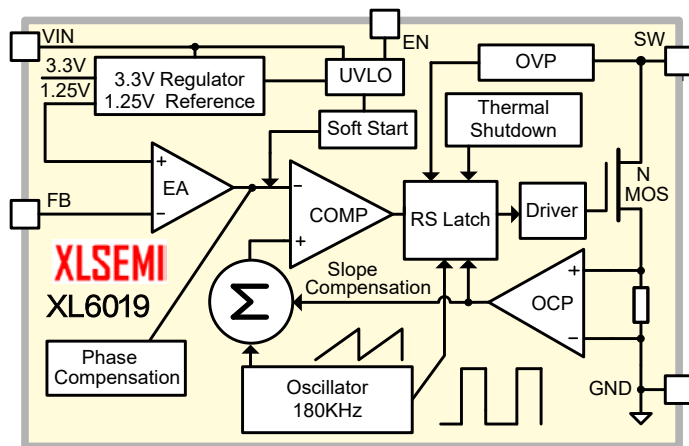
Rysunek 2

Gdy klucz zostaje zwarty (tranzystor przewodzi), płynie przez liniowo rosnący prąd, i wtedy cewka gromadzi porcję energii. Gdy klucz zostaje rozarty, ta porcja energii zostaje przekazana na wyjście do obciążenia zwiększając tym samym napięcie wyjściowe powyżej napięcia baterii. Na razie nie pytaj: *dlaczego i jak to się dzieje?* To w sumie prosta sprawa, ale na początek nawet tego nie musisz wiedzieć.

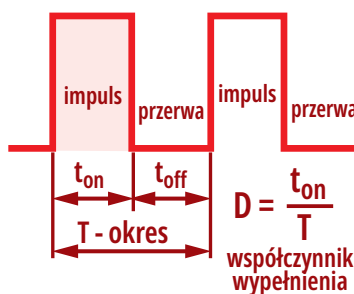
Jeżeli współczynnik wypełnienia D jest mały, czyli klucz K zostaje zwarty na króciutki czas, a potem rozarty na czas dłuższy, to napięcie wyjściowe jest niewiele większe od napięcia baterii. Gdy wypełnienie D wynosi 0,5 (50%), czyli gdy klucz K jest zwierany, a potem rozwierany na taki sam czas, wtedy w idealnym przypadku napięcie wyjściowe jest dwa razy większe od napięcia baterii.

Jeżeli współczynnik wypełnienia D zbliża się to 1 (do 100%), to napięcie wyjściowe bardzo silnie rośnie, teoretycznie do nieskończoności. Teoretycznie, bowiem wypełnienie 1 (100%) oznacza, że klucz jest zwarty stale (przewodzi), a to spowodowałoby katastrofę, bo wtedy z baterii przez cewkę L płynąłby ogromny prąd, niszczący i cewkę L, i klucz K.

Wypełnienie impulsów z kilku względów nie powinno być zbyt duże. Regulacja zwykle realizowana jest przez odpowiedni układ scalony, który ogranicza maksymalne wypełnienie na tyle, żeby napięcie wyjściowe było co najwyżej kilka razy większe od napięcia wejściowego. Na **rysunku 3** pokazany jest blokowy schemat wewnętrzny kilkuamperowych sterowników XL6019 (XL6009).



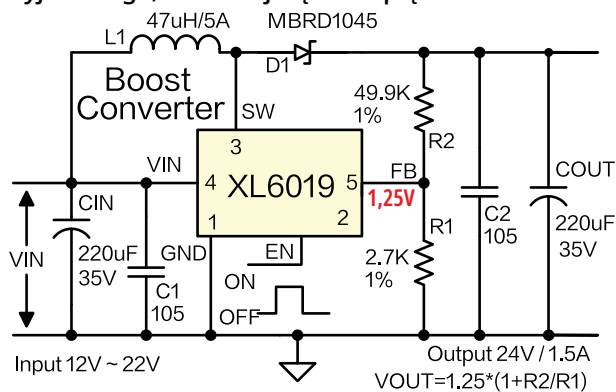
Rysunek 3



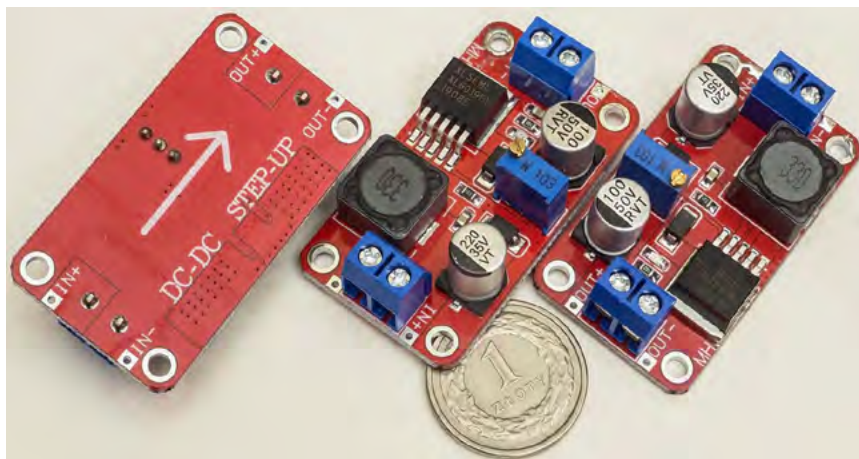
Scalony sterownik zawiera w sobie kluczujący tranzystor (MOSFET N) i jest tak zbudowany, że stara się utrzymać na swoim wejściu kontrolnym FB (feedback) określone napięcie – w przypadku kostek XL6019, XL6009

i pokrewnych jest to 1,25 V. Ma wbudowane zabezpieczenia: termiczne, ogranicznik prądu (OCP – OverCurrent Protection) i napięciowe (OVP – OverVoltage Protection), które chroni tranzystor przed uszkodzeniem, gdyby użytkownik próbował ustawić zbyt wysokie napięcie wyjściowe, a także UVLO – obwód, który wyłącza przetwornicę, gdy napięcie wejście jest za małe i nie gwarantuje jej poprawnej pracy (UnderVoltage LockOut). Ma też obwód powolnego startu.

Wnętrze scalonego sterownika może być skomplikowane, jednak finalny układ aplikacyjny często jest zaskakująco prosty. **Rysunek 4** pokazuje proponowany w karcie katalogowej schemat przetwornicy podwyższającej z kostką XL6019 i pokrewnymi. Zewnętrzny dzielnik napięcia R1, R2 pozwala ustawić płynnie potrzebną wartość napięcia wyjściowego, nie mniejszą niż napięcie baterii.



Rysunek 4



Fotografia 5

Moduły z kostką XL6019, zrealizowane według tego schematu pokazane są na **fotografii 5**.

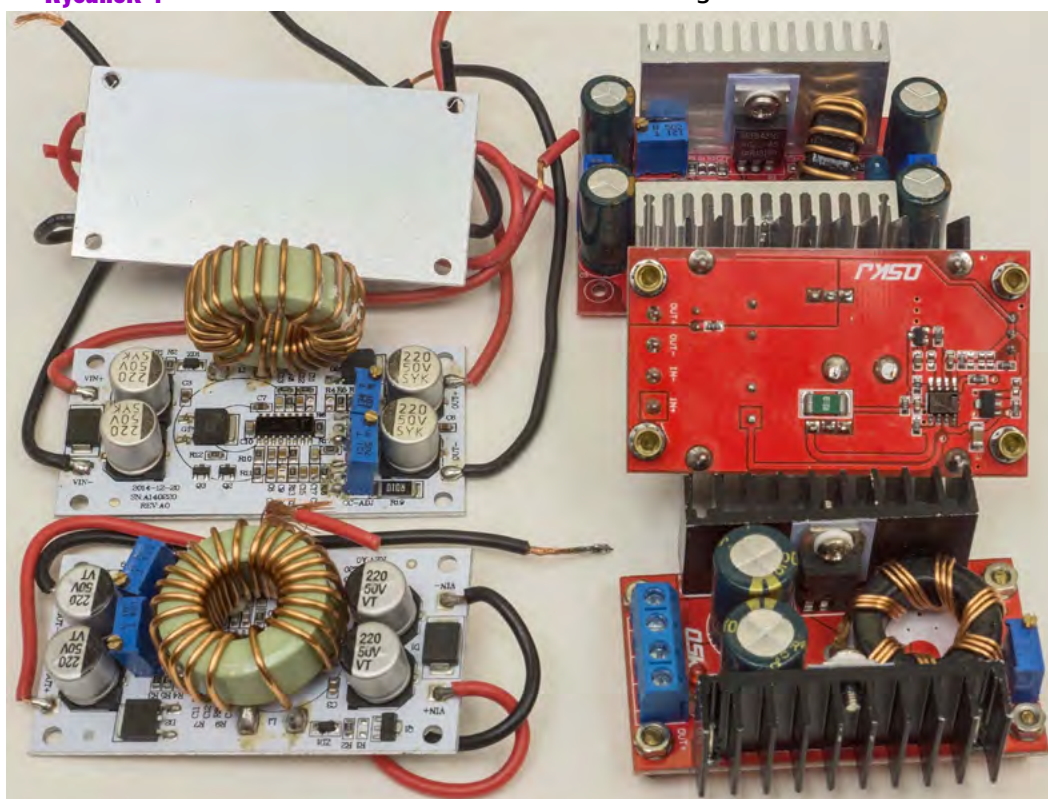
Natomiast **fotografia 6** przedstawia inne moduły przetwornic podwyższających o większej mocy z moich zapasów. Schematy niektórych są bardzo podobne do tego z rysunku 4, ale niektóre mają rozwiązania bardziej skomplikowane (np. z kostkami UC3843, TL494 C). Dostępnych jest też wiele modułów przetwornic podwyższających o mniejszej mocy i dużo mniejszych rozmiarach.

Nieliczne przetwornice mają napięcie wyjściowe ustawione na stałe, np. 12 V, 5 V czy 3,3 V. Większość modułów zawiera potencjometr pozwalający regulować napięcie wyjściowe w szerokim zakresie (warto jednak uważać, żeby nie ustawić zbyt wysokiego napięcia wyjściowego, grożącego uszkodzeniem kondensatorów wyjściowych

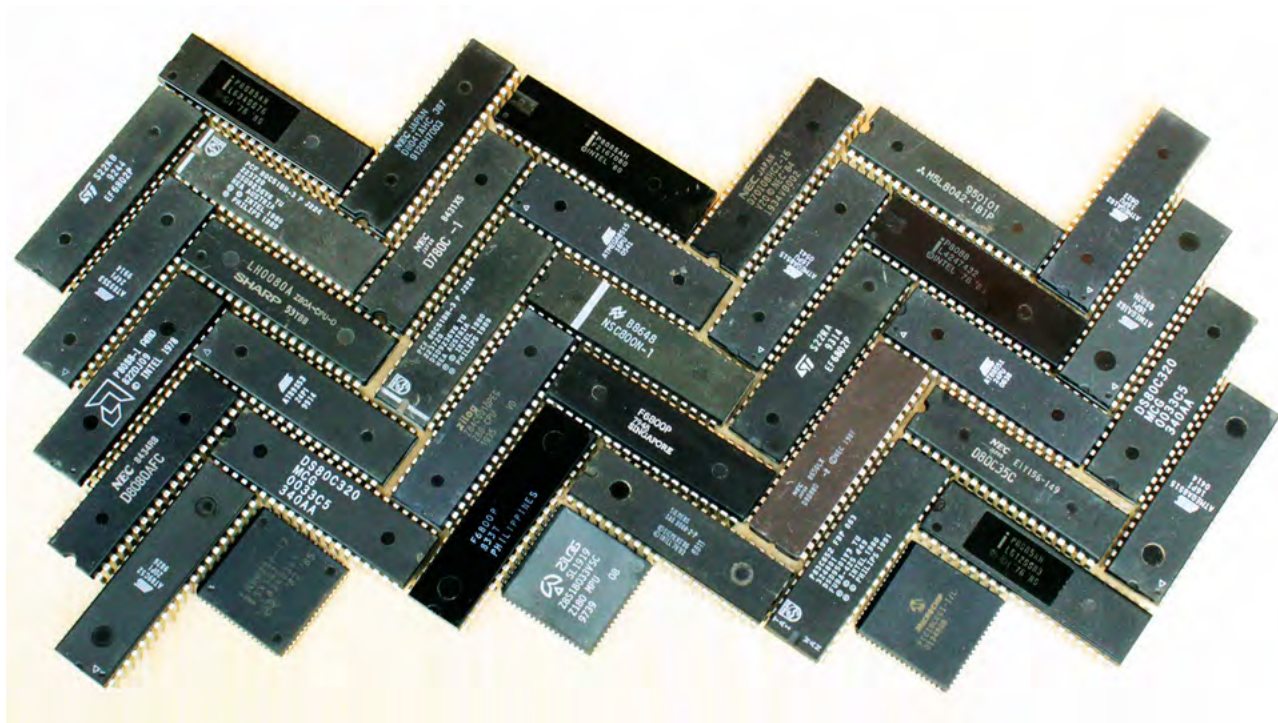
i tranzystora kluczującego). Część modułów ma dodatkowo drugi potencjometr, który pozwala ustawić prąd maksymalny (ogranicznik prądowy). W razie potrzeby schemat można albo rozrysować z płytki, albo też poszukać informacji w Internecie, wpisując nazwę zastosowanego w nim scalonego sterownika.

W drugiej części artykułu zajmiemy się przetwornicami obniżającymi. ©

Piotr Górecki



Fotografia 6



Zrozumieć mikroprocesory i mikrokontrolery

W artykule przypomniana jest krótko historia mikroprocesorów. W skrócie przedstawione są zasady budowy i działania na przykładzie pierwszych popularnych mikroprocesorów, jakie pojawiły się na rynku. To, z czym mierzymy się dzisiaj jest konsekwencją zdarzeń jakie miały miejsce w historii.

[Trochę historii](#)

[Co to jest mikroprocesor](#)

[Adres w programie](#)

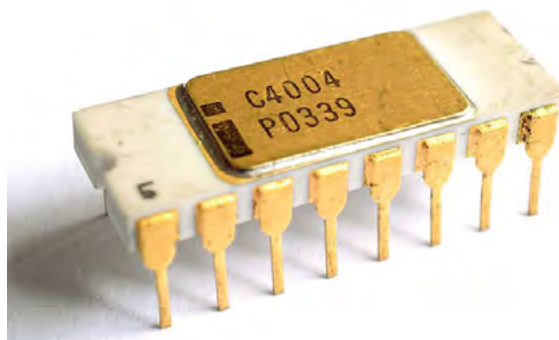
[Program jako kod binarny](#)

[Architektury mikroprocesorów i mikrokontrolerów](#)

Trochę historii

Niewiele jest wynalazków, które przyniosły wręcz rewolucyjne zmiany dla ludzi. Jednym z nich jest właśnie mikroprocesor. Jego historia zaczyna się w burzliwych latach 70. XX wieku. Pierwszym, jaki wszedł do powszechnego użytku jest i4004 (**fotografia 1**, z zasobów en.wikipedia.org) opracowany w firmie Intel – tak przynajmniej brzmi oficjalna wersja wydarzeń. Historia, jak to historia, często ma dwie twarze: tę oficjalną (niekoniecznie prawdziwą) oraz tę prawdziwą, która często pozostaje w ukryciu. Podobnie było też w przypadku wynalezienia mikroprocesora. Istnieje wersja, że pierwszym był układ opracowany jeszcze w latach 60. na potrzeby armii Stanów Zjednoczonych i natychmiast został utajniony (nie był w powszechnym uży-

ciu). Pozostaje kwestią punktu widzenia, co należy uznać za początek ery mikroprocesorów (każdy może to widzieć w odmienny sposób). Z jednej strony rozwiązania opracowane dla wojska fizycznie



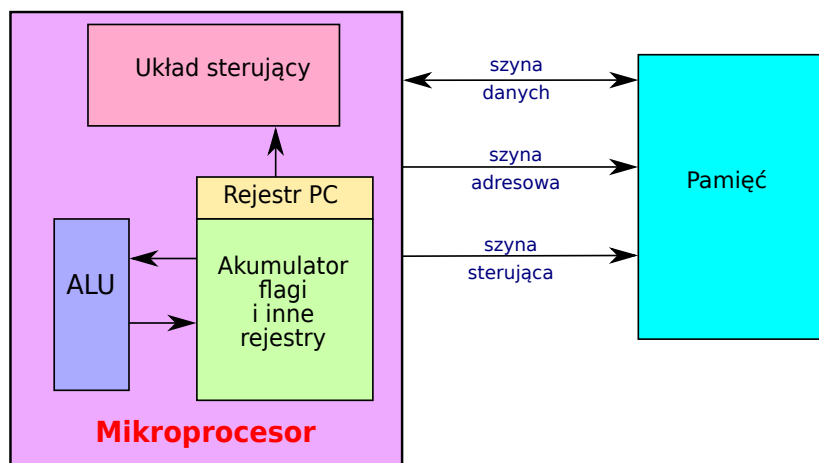
Fotografia 1

były wcześniejsze, jednak nie były ono dostępne dla ogółu. Patrząc z innej strony: układ Intel'a był dostępny dla każdego, jednak jego narażenie były późniejsze. W każdym razie spór o pierwszeństwo z punktu widzenia elektronicznego nie ma żadnego znaczenia. Jest ewentualnie dobrym tematem dla historyków lub spekulantów roztrząsających elementy teorii spisowych.

Powstanie pierwszego mikroprocesora ujawniło jego ogromny potencjał w rozwiązywaniu wielu problemów technicznych. Z dzisiejszej perspektywy ten procesor to bardzo prymitywne rozwiązanie. Pomijając fakt, że był 4-bitowy, to nie dysponował przykładowo funkcjonalnością określaną dzisiaj jako przerwania. To zostało wprowadzone do popularnych mikroprocesorów trochę później. Mówiąc o przerwaniach zaczynamy zahaaczać o typowe pojęcia ze świata mikroprocesorów. Te nowe elementy w wielu przypadkach powinny być zrozumiałe, wystarczy użyć własnej intuicji i skojarzeń. Niektóre z nich wymagają już pewnych wyjaśnień. Postaram się przybliżyć te zagadnienia, ilustrując niektóre przykładami.

Co to jest mikroprocesor

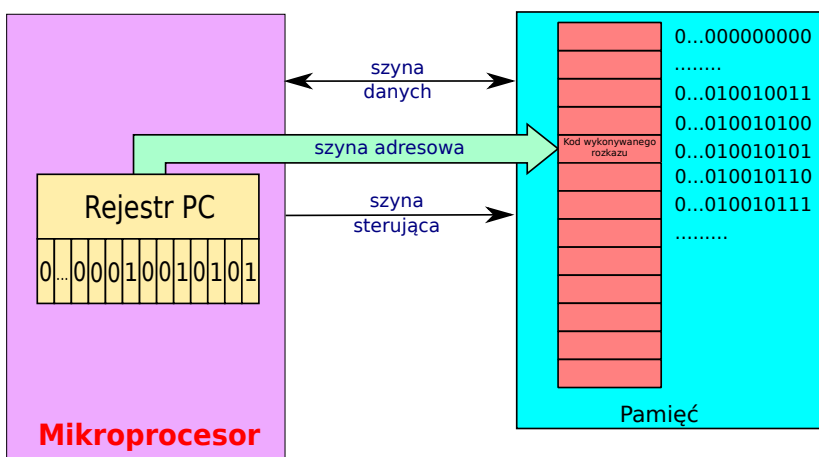
Właściwie należy zacząć od **definicji mikroprocesora**. Często odniesieniu do niego używa się skrótu **CPU** (ang. Central Processing Unit), co tłumaczy się jako „**centralna jednostka obliczeniowa**”, czasami używa się też skrótu **MPU** (ang. Micro-Processing Unit). Z punktu widzenia teorii układów cyfrowych mikroprocesor to bardzo wielostanowy automat synchroniczny. Sądzę, że ta definicja niewiele wniosła. Sam „automat” jest raczej intuicyjnie zrozumiały – to urządzenie, które samo wykonuje coś w jakimś cyklu. W teorii układów logicznych automatem jest rejestr (rejestrem jest coś, co pamięta, przechowuje informację, można go zbudować z przerzutników), który przechowuje swój stan. Przykładowo w rejestrze 4-bitowym może zapisać jedną z 16 możliwych kombinacji. Korzystając z takiego rejestru można zbudować automat 16-stanowy. Obok automatu wystąpiło słowo „synchroniczny”. Oznacza ono, że coś się zmienia (w tym automacie) w sposób zsynchronizo-



Rysunek 2

wany z czymś innym. Tym czymś jest sygnał taktujący, sygnał zegarowy – ciąg impulsów o określonej częstotliwości, które determinują zachodzące w automacie zmiany. Skoro mikroprocesor zmienia swój stan zgodnie z sygnałem taktującym, a każda jego „czynność” wymaga określonej liczby taktów zegarowych – to częstotliwość taktująca wpływa na prędkość jego pracy. Im większa częstotliwość sygnału zegarowego, tym mikroprocesor szybciej wykonuje swoje działania. Nie można zwiększać jej dowolnie, gdyż każdy ma swoje ograniczenia (w dokumentacji jest podawana maksymalna częstotliwość sygnału zegarowego). Takim odpowiednikiem rejestru stanu automatu w mikroprocesorach jest rejestr nazwany licznikiem rozkazów PC (ang. Program Counter). Jest to rejestr (**rysunek 2**), który określa w jakim stanie jest mikroprocesor, czyli gdzie znajduje się aktualnie realizacja zadanego programu.

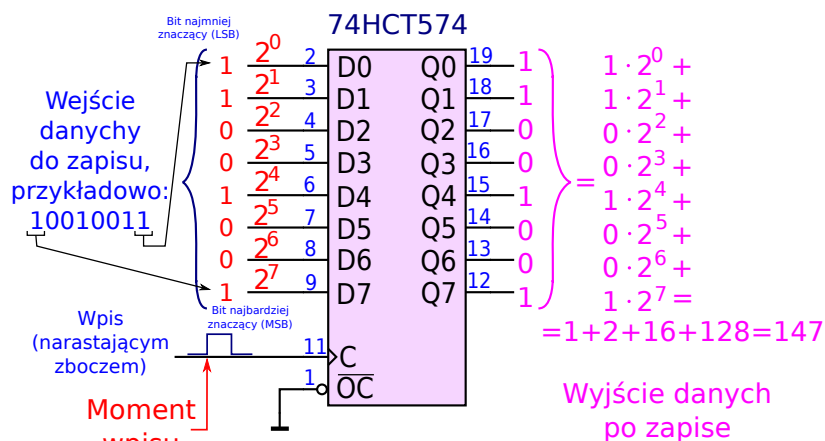
Stan tego rejestru można interpretować jako liczbę określaną jako adres – numer komórki w pamięci, gdzie aktualnie znajduje się realizacja programu, jak pokazuje **rysunek 3**.



Rysunek 3

Adres w programie

Na ilustracji tej w rejestrze PC zapisany jest jakiś ciąg zer i jedynek. Odpowiada to oczywiście pewnej wielocyfrowej liczbie binarnej (binarnej – zbudowanej na bazie dwóch cyfr: zera i jedynki). Obowiązuje tu dokładnie ta sama idea, do jakiej jesteśmy przyzwyczajeni w codziennym świecie liczb dziesiętnych. Można przekształcić liczbę binarną i określić jej wartość. Ideę konwersji jako operacji zapisu danych do rejestru pokazuje **rysunek 4**.

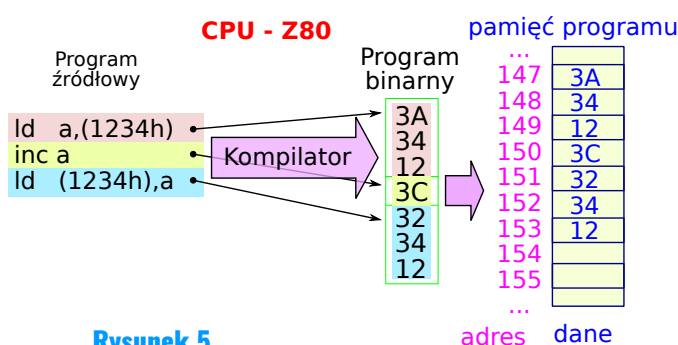


Rysunek 4

Program jako kod binarny

Wystąpiło tu kolejne nowe pojęcie: **program**. Jest to **ciąg czynności jakie są przewidziane dla danego mikroprocesora do osiągnięcia określonego celu**. Realizuje on je w sposób sekwencyjny, jedna po drugiej w ściśle określonej kolejności, a licznik rozkazów pokazuje położenie aktualnie wykonywanej operacji w całym programie (rysunek 3). Te polecenia, przeznaczone dla określonego mikroprocesora, są reprezentowane przez pewne kody tworzące program binarny (każda czynność, operacja to inny kod). Sformułowanie „binarny” doskonale określa ten program – jest to ciąg zer i jedynek i ma niewiele wspólnego z tym co napisał programista. Programista (czyli człowiek) posługuje się językiem programowania. Jest kilka języków niezależnych od modelu mikroprocesora (jak przykładowo język C) i jest język ściśle dedykowany dla danego mikroprocesora. Taki jest określany jako assembler danego mikroprocesora – podstawowy język jego programowania. Program stworzony przez człowieka nazywa się programem źródłowym. To co napisał człowiek (program źródłowy) jest absolutnie niezrozumiałe dla procesora. To co realizuje mikroprocesor (program binarny) jest raczej mało czytelne dla człowieka. Można powiedzieć, że na styku człowiek – mikroprocesor zawsze występuje problem „dogadania się”, gdyż każda ze stron posługuje się innym dialektem. By wszystko harmonijnie współgrało, niezbędna jest dodatkowa pomoc elementów trzecich. Tu na scenę wkracza kolejny element – kompilator w parze z linkerem jako programy narzędziowe najczęściej skrośne (przygotowujące program binarny na „obcy” procesor, kompilator uruchomiony przykładowo w komputerze PC [procesor z rodziny x86], generujący kod dla procesora MC6800 [Motorola]).

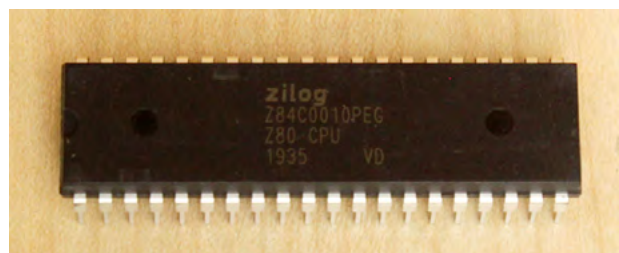
Zadaniem kompilatora jest przetłumaczenie jednego dialektu (program źródłowy) na język zrozu-



Rysunek 5

miały dla mikroprocesora (program binarny).Koncepcję pokazuje **rysunek 5** dla mikroprocesora Z80 (Zilog, **fotografia 6**). Program zwiększa tu o jeden zawartość komórki pamięci o adresie 1234 hex i składa się z operacji przesłania zawartości komórki pamięci do akumulatora, zwiększenia stanu akumulatora i przesłania wyniku do pamięci pod ten sam adres. Można dostrzec, że niektóre rozkazy zajmują 1 bajt w pamięci, inne muszą mieć więcej miejsca.

Właściwie to za utworzenie programu binarnego odpowiedzialny jest linker (program łączący). Często program źródłowy występuje w kilku „kawałkach”, które można niezależnie kompilować. Poza tym w grę wchodzi różne dodatkowe biblioteki. Zadaniem linkera jest zebranie wszystkich w jednym miejscu i połączenie w jedną całość – program binarny. Taki program (wyprodukowany przez linker) ma określoną wielkość (jako



Fotografia 6

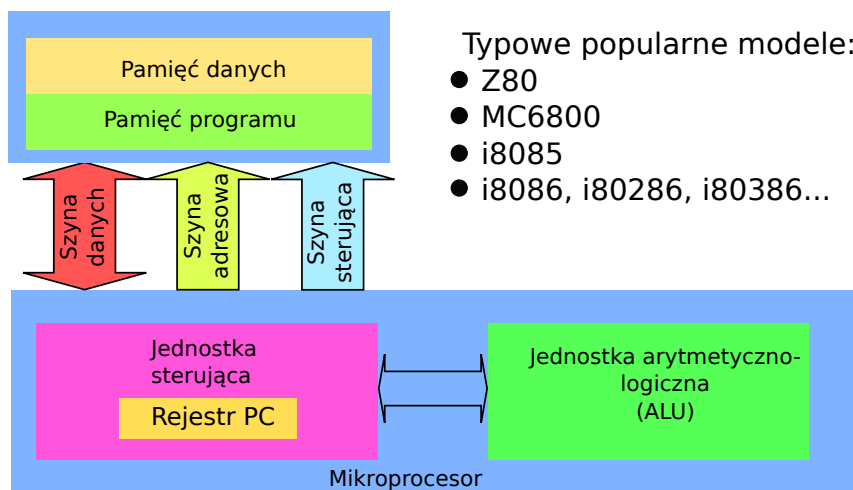
określoną liczbę poleceń do wykonania). Naturalnym jest, że wielkość programu nie może przekraczać maksymalnej wielkości przestrzeni adresowej mikroprocesora.

Architektury mikroprocesorów i mikrokontrolerów

Z przestrzenią adresową wiąże się kolejne pojęcie dotyczące architektury mikroprocesora: **architektura von Neumanna** albo **architektura harwardzka**.

W pierwszym przypadku przestrzeń adresowa jest przeznaczona na program i dane łącznie (**rysunek 7**). Jednostka sterująca pobiera z pamięci kod operacji do wykonania, gdzie ALU dokonuje obliczeń i wynik zapisuje do tej samej pamięci (przestrzeni adresowej). Nie można arbitralnie określić, która część pamięci jest przeznaczona do przechowywania kodu programu, a która przechowuje wyniki obliczeń. Możliwa jest nawet automodyfikacja programu, program może sam się zmodyfikować lub wykonać program „z danych”. Wręcz klasycznym przypadkiem jest załadowanie (z dowolnego nośnika zewnętrznego) kodu programu i wykonanie go tak, jak robią to typowe komputery. Z punktu widzenia programu ładującego (jakiegoś fragmentu systemu operacyjnego) ładowany program stanowi dane. Po zakończeniu ładowania możliwe jest jego uruchomienie (potraktowanie umieszczonych w pamięci danych jako ciągu poleceń do wykonania – wszystko jest kwestią interpretacji).

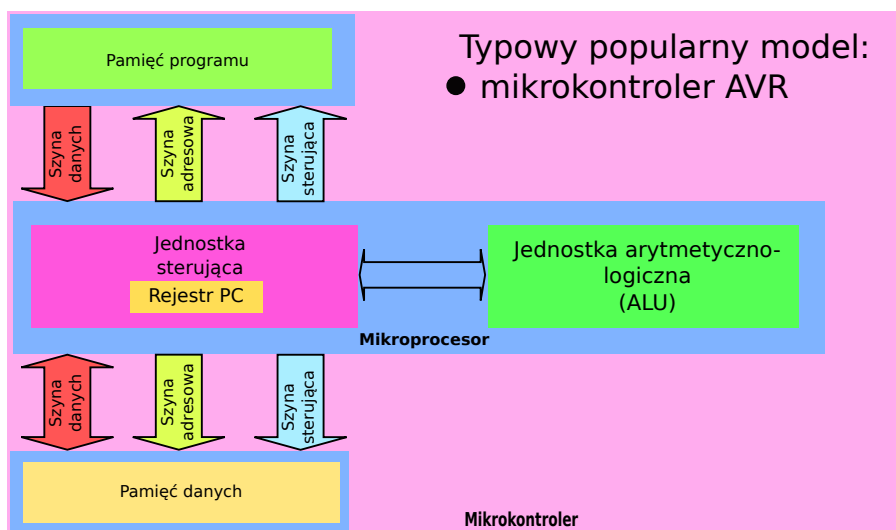
W architekturze harwardzkiej program oraz dane znajdują się w oddzielnych przestrzeniach (technicznie rozdzielonych). Pierwsze mikroprocesory bazowały na architekturze von Neumana. Jest to najprostsze rozwiązanie. Jeden układ elektroniczny realizuje każdy dostęp do pamięci. To może być zapis/odczyt danych lub odczyt kodu polecenia do wykonania. Rosnące zapotrzebowanie na moc obliczeniową mikroprocesorów doprowadziło do alternatywnego rozwiązania organizacji przestrzeni adresowych – architektura harwardzka (**rysunek 8**). Pozwala to na zwiększenie efektywności, gdyż przykładowo podczas zapisywania danych do pamięci (jako



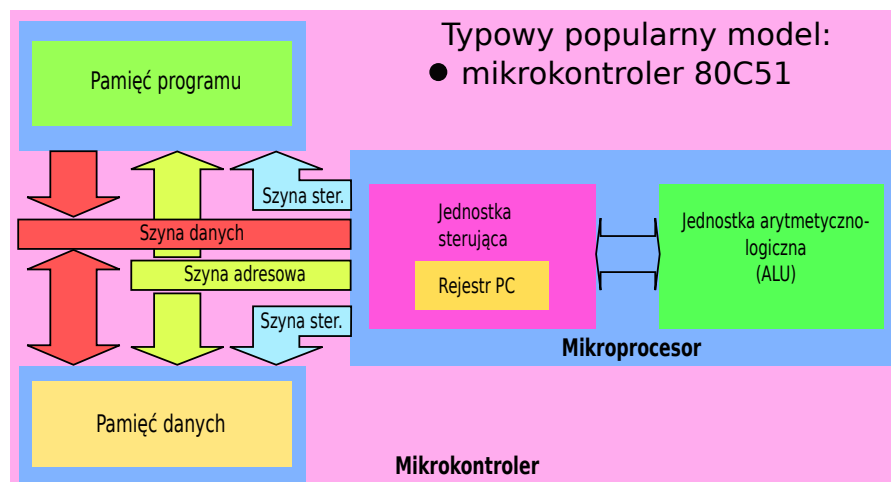
Rysunek 7

wynik operacji) przez jeden układ elektroniczny jednocześnie inny układ elektroniczny może pobierać z przestrzeni programu kolejny kod rozkazu do wykonania. Z punktu widzenia mikroprocesora pamięć danych tak jak i pamięć programu należy traktować jako elementy niezależne i zewnętrzne. Taki „wielodostęp” jest raczej domeną mikrokontrolerów, gdyż wymaga zdublowania szyny danych, szyny adresowej i szyny sterowania. Mikrokontroler jako element integrujący w jednej strukturze półprzewodnikowej mikroprocesor, pamięć, porty i inne podzespoły nie ma ograniczeń na liczbę „nózek” między tymi elementami. Ten sam skład funkcjonalny podzielony na niezależne układy scalone wymaga stworzenia możliwości połączeń między nimi.

Cechą charakterystyczną architektury harwardzkiej jest brak możliwości automodyfikacji kodu programu. Przestrzeń programu jest tylko do odczytu (lista instrukcji procesora zawiera jedynie możliwość odczytu komórek z tej przestrzeni). Dodatkową implikacją tego faktu jest pewna komplikacja w programie, gdyż człowiek (programista) musi wyraźnie



Rysunek 8



Rysunek 9

zaznaczyć w nim swoje zamiary. Kompilatory języków niezależnych od mikroprocesorów (jak przykładowo C) filozoficznie są przywiązane do architektury von Neumanna i „nie rozumieją”, że istnieją inne wymiary przestrzeni adresowych. Realizując dostęp do komórek pamięci zawsze mają na uwadze jedną przestrzeń adresową. Natomiast w językach typu assembler nie zachodzi konieczność „zmuszania” kompilatora do ściśle określonych zachowań. Te języki „oferują sformułowania” pozwalające rozróżnić, czy chodzi o pamięć programu, czy pamięć danych niemniej nadal programista musi świadomie wybrać właściwy wariant.

Oprócz wymienionych wariantów architektury został wypracowany kolejny, łączący cechy obu wyżej wymienionych. Ta architektura jest określana jako mieszana (**rysunek 9**). Łączy podwójną przestrzeń adresową, a jednocześnie używa jednej szyny adresowej i szyny danych. Szyna sterowań jest rozdzielona, gdyż układy obsługi pamięci (na zewnątrz mikroprocesora) muszą „wiedzieć” czy wystawiony na właściwej szynie adres odnosi się do pamięci programu czy pamięci danych. Typowym przedstawicielem takiego rozwiązania są mikrokontrolery z rodziny C51.

Andrzej Pawluczuk
apawluczuk@vp.pl



Czy chcesz być audioekspertem? Czy audiofilem?

W cyklu „Wielopłaszczyznowa Panorama Audio” proponuję Ci szereg artykułów edukacyjnych oraz rozmaitych projektów związanych z szeroko pojętą tematyką audio, budzącą nie tylko dużą ciekawość, ale też wywołującą bardzo silne emocje. Oto pierwszy artykuł, wprowadzający w tę piękną dziedzinę.

Wielopłaszczyznowa Panorama Audio

Moja propozycja w dziedzinie audio

Wskakiwanie do pędzącego pociągu

Dobra mapa, czyli Panorama Audio

Wiele płaszczyzn Panoramy Audio

Wielopłaszczyznowa Panorama Audio

W szeregu artykułów i projektów możemy zająć się fascynującą tematyką audio. Jest to ogromnie szeroka dziedzina, dlatego na początek warto nakreślić zarys, niejako ogólną panoramę, żeby nie zgubić się w mnogości zagadnień, tematów i aspektów.

Moja propozycja w dziedzinie audio

Ja techniką audio interesuję się od wielu lat: i biernie, i czynnie. Zrealizowałem wiele wzmacniaczy, przedwzmacniaczy oraz innych układów, zajmowałem się też nagaśnianiem większych i mniejszych obiektów. Mogę nie tylko pisać o różnych aspektach zagadnienia, ale chętnie przedstawię Ci też interesujące propozycje praktyczne, które sam zrealizujesz i będziesz się nimi cieszył.

Już zacząłem tworzyć cykl – **Lampy elektroniczne w Twoich układach audio**, gdzie przygodę z lampami zaczynamy od samego początku. Na pewno będziemy się zajmować tematyką komputerowych kart dźwiękowych, zarówno do odsłuchu, ale co jeszcze ważniejsze – do bardzo precyzyjnych pomiarów nie tylko elementów, ale i całych torów audio. Karta audio, zwłaszcza po przeróbce lub po dodaniu

odpowiedniej prostej przystawki, jest znakomitym narzędziem pomiarowym, oczywiście przy wykorzystaniu stosownego oprogramowania. W tym zakresie niewątpliwą rewelacją jest darmowy program REW, który bije swoimi możliwościami bardziej znane RMAA czy LIMP i ARTA. REW pozwala też mierzyć właściwości akustyczne pomieszczeń, dlatego będziemy go do różnych celów wykorzystywać i budować rozmaite przystawki.

Główne kierunki działań są dwa: jeden to realizacja elementów toru audio, w szczególności lampowych, ale nie tylko. Od wielu lat to planowałem, może teraz się uda zrealizować plany, także z Twoją pomocą albo zachętą. Chodzi o to, żeby stworzyć szereg modułów czy to przedwzmacniaczy, czy korektorów RIAA, czy wzmacniaczy mocy o tej samej funkcji, ale o różnej konstrukcji i parametrach. A potem te urządzenia w sensowny, naprawdę przekonujący sposób porównać. A porównanie nie jest prostym zadaniem – żeby nie było to bezsensowne „gonienie króliczka” konieczne trzeba porównać finalne efekty, ale w sposób obiektywny, nie budzący wątpliwości i sporów. Jeden sposób porównania to **pomiary**, a drugi to **odsluch**.

Przy odsłuchu ujawnia się ogromnie ważna i wieloaspektowa kwestia, którą można streścić w haśle: **ślepe testy**. Już mam gotowy artykuł na temat ślepych testów oraz propozycję budowy oprzyrządowania, które takie obiektywne, ślepe testy pozwoli przeprowadzić w naprawdę wiarygodny sposób.

Drugi kierunek to realizacja praktycznych pomiarów, które pozwolą poznać prawdziwe parametry sprzętu, nie tylko zresztą samodzielnie zrobionego.

Głównym kierunkiem będą praktyczne działania. Stopniowo chcę zachęcić Cię, byś zrealizował i wykorzystał narzędzia sprzętowe i programowe, głównie oparte na karcie audio, którymi zmierzysz zarówno poszczególne składniki sprzętu, jak i całe systemy audio. A jeżeli chodzi o układy do toru audio – będę proponował nie tyle gotowe projekty do powielenia, tylko pokazywał kierunek oraz zachęcał do rozlicznych eksperymentów.

Czyli moja sumaryczna propozycja dla Ciebie to: **samodzielnie buduj układy audio, dobieraj zawarte w nich elementy i ich punkty pracy, a potem mierz i słuchaj!** Czyli słynne mickiewiczowskie „szkiełko i oko”, co zresztą ma też związek z rozumem i sercem. A jeśli w grę wchodzi rozum i serce to nawiązujemy do tytułowego audioeksperta i audiofila. Nie zamierzam wdawać się w gorące dyskusje, tak charakterystyczne dla tak zwanego środowiska audiofilskiego. Zamiast jałowej dyskusji proponuję: **zbuduj – zmierz – posłuchaj – porównaj** i w ten sposób sam się przekonaj!

Zapewniam Cię, że ekspertem w dziedzinie audio można zostać bez odpowiednio ukierunkowanych wyższych studiów! Naprawdę można. Nie jest konieczna znajomość wyższej matematyki ani fizyki. W zasadzie ekspertem można zostać nawet w młodym wieku! Wiedza jest potrzebna i ważna, ale **najważniejsza jest praktyka, a największą satysfakcją jest samodzielne tworzenie** elementów toru audio, najczęściej wzmacniaczy mocy, w tym lampowych, ale też przedwzmacniaczy, przetworników DAC czy nawet odtwarzaczy.

Jest jednak i zła wiadomość: technika audio to wyjątkowo szeroka dziedzina. Słowo audio ma różne znaczenia, ale generalnie kojarzy się z dźwiękiem. My teraz pod słowem audio rozumiemy **wszelkie zagadnienia związane z nagrywaniem i odtwarzaniem dźwięku**. Na pewno ekspertem w tej dziedzinie nie można zostać przez przeczytanie kilku książek lub kilkudziesięciu wpisów w Internecie. I jeszcze bardzo ważna przestroga!

W żadnym wypadku nie zaczynaj zagłębiania się w tematykę audio od for internetowych! Fora internetowe o tematyce audio zdecydowanie więcej zaszkodzą niż pomogą. Naprawdę! Jeżeli jeszcze tego nie wiesz na razie uwierz mi na słowo, a z czasem sam się o tym przekonasz.

Aby zostać ekspertem, należy nie tylko zdobyć mnóstwo rzetelnej wiedzy, ale przede wszystkim uporządkować zdobytą, czy raczej ustawicznie zdobywaną wiedzę oraz nauczyć się oddzielać ziarno od plew. A tych „audiofilskich plew” jest mnóstwo. Trzeba zrozumieć, przyswoić sobie oraz uporządkować wiele wiadomości z różnych dziedzin, nie tylko elektroniki. Dlatego aby zostać ekspertem potrzeba dużo czasu i wysiłku. „Na skróty” niestety się nie da. Ponadto nie można stać się ekspertem we wszystkich dziedzinach techniki audio. Ale i **Ty możesz zostać audioekspertem!**

Błędem byłoby jednak zaczynanie od elektroniki i od konstruowania układów! To byłby błąd, ponieważ oprócz aspektów technicznych i elektronicznych w grę wchodzi także liczne inne bardzo ważne zagadnienia, ważniejsze od elektroniki, dlatego uznałem za konieczne przedstawić Ci też artykuły wprowadzające, jak niektórzy powiedzieliby: „ogólnowojskowe”. Zaczynamy:

Wskakiwanie do pędzącego pociągu

Ponieważ tematyka audio jest niesamowicie szeroka, pojawia się dylemat: od czego zacząć? Kiedyś było łatwiej, bo wiedzy do przyswojenia było zdecydowanie mniej. Poznawanie nieprawdopodobnie rozległej tematyki audio można porównać do próby wskoczenia do jadącego pociągu. Kilkadziesiąt lat temu, w epoce analogowej ten pociąg jechał stosunkowo powoli – **rysunek 1** ([commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Express_Train_\(color\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Express_Train_(color).jpg)) i było to dość łatwe. Jednak z czasem pociąg przyspieszał, a teraz, w epoce cyfrowej, pędzi bardzo szybko.



Rysunek 1



Fotografia 2

I wciąż przyspiesza. Krajobrazy za oknem szybko migają i podróżni często nie zdążą im się dokładniej przyjrzeć, a już za oknem pojawia się inna atrakcja – **fotografia 2** (public domain). Wskoczenie do tak szybko pędzącego pociągu nie jest łatwe.

Bardzo dobra wiadomość jest taka, że ja mogę Ci pomóc. Interesuję się tą dziedziną od wielu lat i staram się nadążyć. Wraz ze mną możesz bezboleśnie dogonić ten pędzący pociąg. Mogę Ci przekazać wiedzę, a co jest jeszcze ważniejsze, możemy wspólnie tę wiedzę uporządkować. Pomogę Ci też w praktycznych działaniach, co daje nieporównanie więcej zadowolenia niż samo zdobywanie wiedzy.

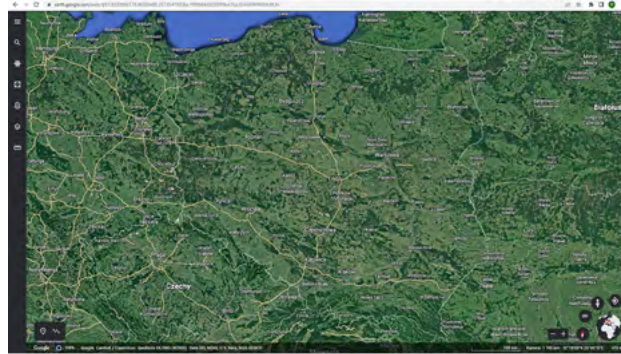
Dobra mapa, czyli Panorama Audio

Problem w tym, że technika audio, dotycząca rejestracji, przechowywania, transmisji i odtwarzania dźwięku, w ostatnich latach rozwijała się i rozwija ogromnie szybko. Powstają coraz to nowe rozwiązania i bardzo łatwo zgubić się w nawale informacji. Należałoby nie tylko ustawicznie wzbogacać, ale też przede wszystkim uporządkować wiedzę. Ze względu na ogrom informacji i liczne aspekty zagadnienia nie ma jednego dobrego sposobu, żeby w prosty i łatwy sposób wiedzę tę uporządkować.

Nieprzypadkowo proponuję zacząć od szerokiej panoramy – panoramy audio, a potem przejść od ogółu do szczegółów, czyli najpierw nakreślić zarys, szkielet, a potem stopniowo wgłębiać się w szczegóły dotyczące rozmaitych fragmentów tej panoramy. Odwrotne podejście: od szczegółów do ogółu w tak rozległej dziedzinie byłoby wielokrotnie trudniejsze.

Zdecydowanie proponuję drogę od ogółu do szczegółu, czyli analizę, rozkład na czynniki z wyodrębnieniem składników, ich cech i właściwości. Właśnie w przypadku audio warto w ten sposób, od ogółu do szczegółu, poznawać poszczególne aspekty i zagadnienia. Najpierw jak najszerzej, potem wyróżnić główne działy, a dopiero wtedy zgłębiać się w różne interesujące szczegóły

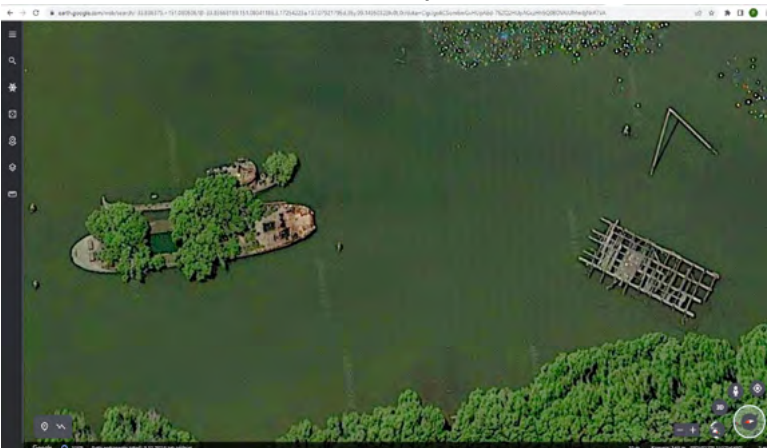
Coś podobnego robimy często korzystając z map Google: możemy zacząć od kuli ziemskiej, a potem stopniowo powiększać obraz, by zobaczyć najpierw



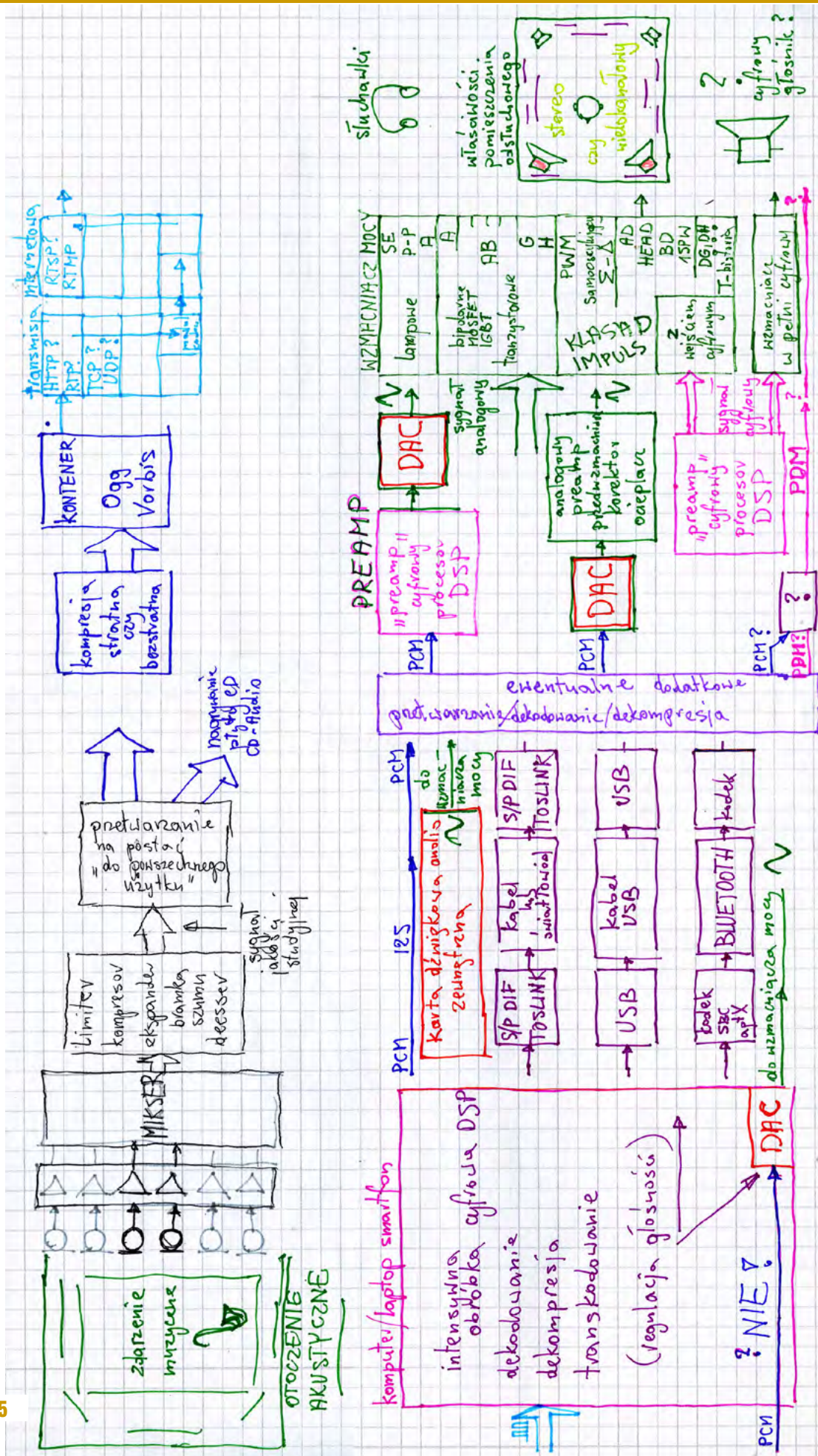
Rysunek 3

kontynenty, potem kraje, regiony, miasta, aż do nawet dość drobnych szczegółów – **rysunek 3**.

Rozpoczęcie na chybił trafił od jakichś interesujących szczegółów, jak na przykład pokazanego na **rysunku 4** statku pochłoniętego przez roślinność (-33,836379, 151,080506) to fajna przygoda, ale niewątpliwie utrudni uzyskanie szerszego obrazu i ogarnięcie całości. Chyba, że chcemy zostać poszukiwaczami ciekawostek, a nie ekspertami.



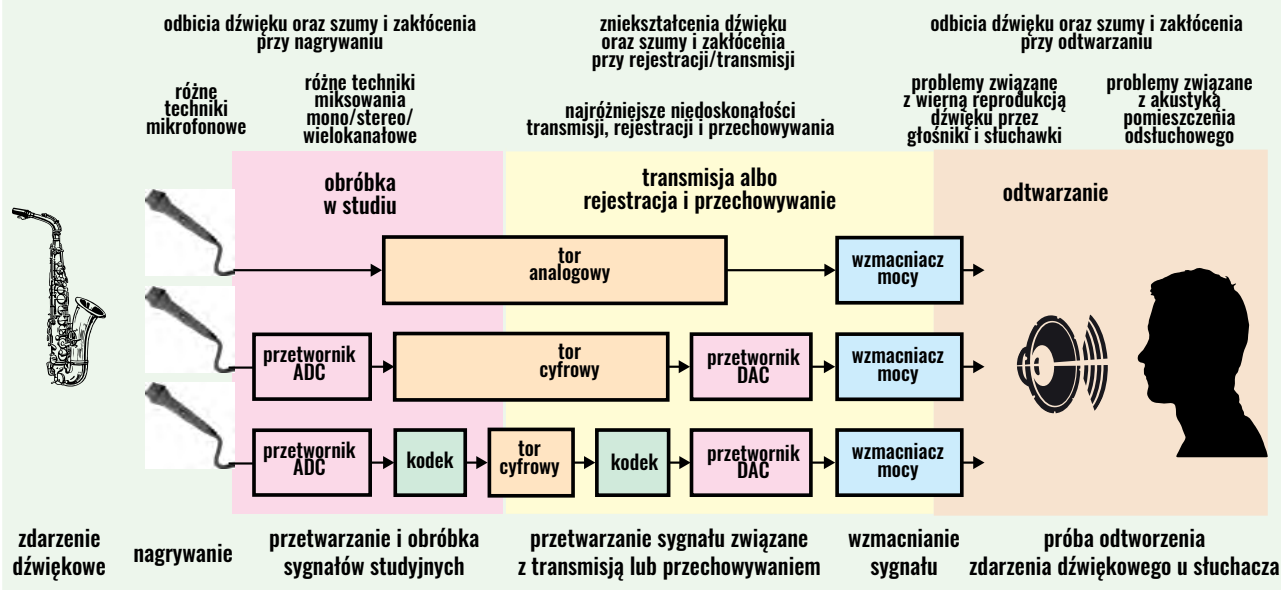
Rysunek 4



Rysunek 5

Indywidualne upodobania i preferencje

Właściwości zmysłu słuchu. Dźwięk przestrzenny - możliwości i ograniczenia



Rysunek 6

Podobnie warto podejść do tematyki audio. Aby nie zgubić się w szczegółach ogromnego tematu, należałoby mieć coś w rodzaju mapy drogowej.

Zamieszczony na poprzedniej stronie **rysunek 5** można uznać za odręczny szkic takiej mapy drogowej, tyle że też niekompletny. Między innymi dlatego, że koncentruje się on głównie na technice cyfrowej i nie pokazuje wielu ważnych szczegółów, zwłaszcza dotyczących techniki analogowej. Jednak i **rysunek 5**, i **rysunek 6**, mogą być znakomitą pomocą jako punkt wyjścia. Dobrze byłoby też posiadać odpowiednie mapy o różnej szczegółowości, żeby się nie zgubić. I takie mapy możemy stworzyć. Tylko najpierw musimy podkreślić złożoność zagadnienia i utrwalić przekonanie, że audio to nie tylko elektronika.

Wiele płaszczyzn Panoramy Audio

Dla wielu osób tematyka audio to tylko kwestie **odtworzenia dźwięku**. Owszem, ale absolutnie nie można pominąć kwestii **nagrywania**, **transmisji** i **przechowywania**, bo to mocno wpływa na finalny efekt. Ponadto mnóstwo osób uważa, że najważniejsze są aspekty techniczne, związane z elektroniką i informatyką. Owszem są one ogromnie ważne, ale paradoksalnie dużo ważniejsze okazują się inne aspekty, w tym też zupełnie nietechniczne!

A najważniejsza okazuje się kwestia upodobań, co z techniką nie ma zupełnie nic wspólnego.

W zasadzie finalnie chodzi o odtwarzanie dźwięku za pomocą sprzętu elektronicznego, ale w grę wchodzi zaskakująco wiele dziedzin nauki, odległych, a nawet bardzo odległych od elektroniki. Zajmiemy się tym w drugiej części artykułu. ©

Piotr Górecki



Ultrakrótka historia elektroniki

W poniższym artykule skrótkowo przedstawiona jest historia elektroniki z uwzględnieniem kluczowych „kamieni milowych” w jej rozwoju – od archaicznych radioodbiorników do współczesnych smartfonów. Na życzenie Czytelników dowolne ze wspomnianych tu zagadnień mogą być omówione dokładniej.

Początek ery elektryczności – rok 1800

Początek ery elektroniki – rok 1900

Wzmacnianie i wzmacniacze

Komputery i mikroprocesory

Przetwarzanie i transmisja sygnałów

Cyfryzacja – digitalizacja i kompresja

Dobrodziejstwa elektroniki zaczęły być dostępne dla ludzkości dopiero w XX wieku i należy to wiązać z wynalezieniem lampy elektronowej. Jak najbardziej, ale odkrycia, które są podstawą elektroniki zostały dokonane znacznie wcześniej.

Początek ery elektryczności – rok 1800

Łatwo zapamiętać, że odkrycie, które umożliwiło powstanie i rozwój elektroniki zostało dokonane w roku 1800 – wtedy Alessandro Volta wynalazł rodzaj baterii elektrycznej (stos Volty).

Rysunek wstępny pokazuje, jak Volta prezentował swój wynalazek Napoleonowi.

Wcześniej badano tylko tak zwaną *elektryczność statyczną*, która była jedynie jarmarczną cieka-



wostką. Dopiero bateria Volty otworzyła drogę do badań nad zjawiskami elektrycznymi dla mnóstwa badaczy, w tym najbardziej znaczących jak Michael Faraday, Andre Marie Ampère, Hans Christian Ørsted oraz Georg Simon Ohm. Wyniki ich eksperymentów z lat 1820...1860 były z kolei materiałem „surowcem” dla teoretyka Jamesa Clerka Maxwella, który około roku 1865 przedstawił interesujący, ale skomplikowany i trudny

Bateria – stos Volty
(Autor fot: Luigi Chiesa
CC-BY-SA 3.0)

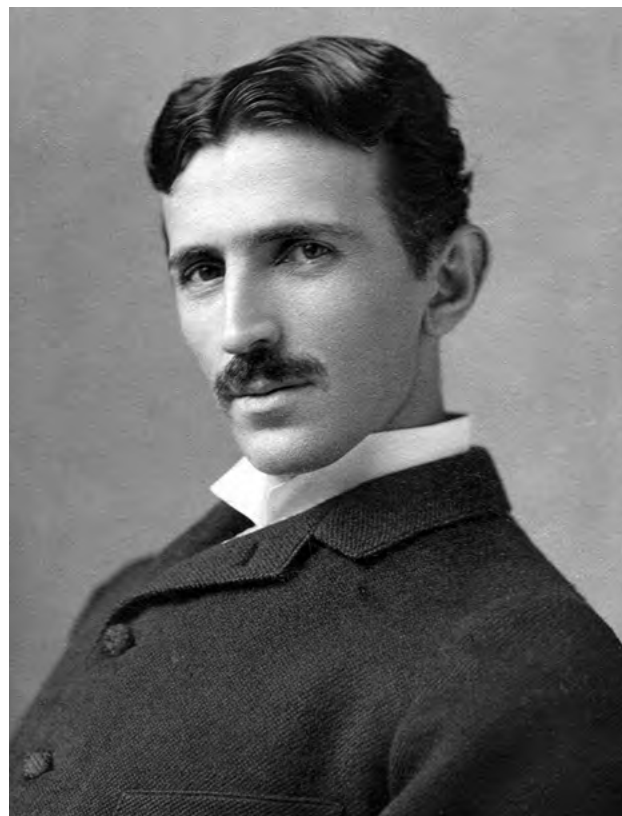


Michael Faraday (1791 – 1867)

do zrozumienia matematyczny opis zjawisk elektryczności i magnetyzmu. Co ważne, teoretyk Maxwell przewidział też istnienie fal radiowych, które odkrył dwadzieścia lat później (1886) młody, dobrze się zapowiadający naukowiec Heinrich Hertz.

Początek ery elektroniki – rok 1900

Początki elektroniki należy wiązać z radiem. Tu przypomina się więc wynalazca radia – Nikola Tesla oraz sprytny przedsiębiorca Guglielmo Marconi, który właśnie na przełomie XIX i XX wieku przeprowadzał praktyczne próby radiowej transmisji sygnałów telegraficznych, co można uznać za początek wykorzystania radia i początki elektroniki.



Nikola Tesla (1856 – 1943)

Kamieniem milowym było wynalezienie w roku 1907 (Lee de Forest) próżniowej lampy elektronowej, triody zwanej audionem, która pozwalała wzmacniać sygnały elektryczne. Po Wielkiej Wojnie, od lat 20. XX wieku rozpoczął się gwałtowny rozwój radia czyli przekazu głosu na odległość – urządzenia elektroniczne „trafiły pod strzechy”.

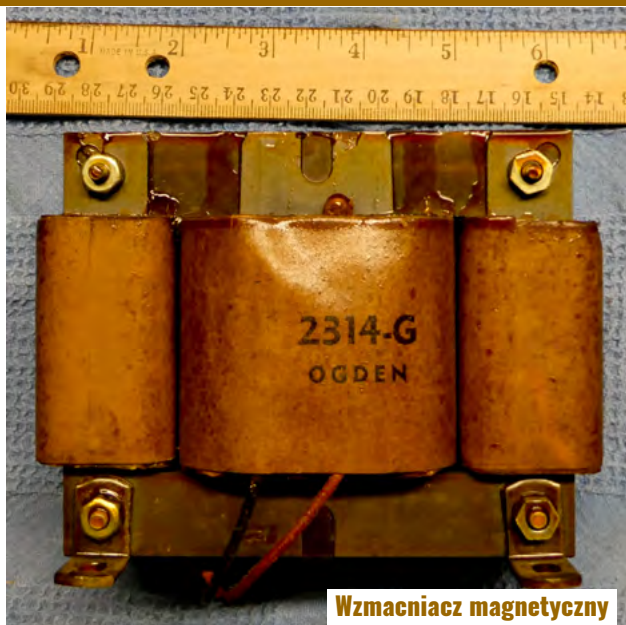
Zaskoczeniem może być informacja, że pierwsza publiczna demonstracja bardzo prymitywnej telewizji, czyli przekazu obrazu na odległość, miała miejsce już w roku 1900 podczas Wystawy Światowej w Paryżu. Tak zwana telewizja mechaniczna została opracowana już w latach 20. (John Logie Baird) i zaczęła działać w latach 30.



Lampa elektronowa audion



Odbiornik telewizji mechanicznej z tarczą Nipkowa 1931



Wzmacniacz magnetyczny

Całkowicie elektroniczna telewizja została opracowana przed II Wojną Światową (Philo Farnsworth, Władimir Zworykin), ale zaczęła się upowszechniać dopiero po wojnie. Wkrótce opracowano telewizję kolorową, a w latach 80 telewizję trójwymiarową (3D) i cyfrową.

Wzmacnianie i wzmacniacze

Kluczem i fundamentem rozwoju elektroniki były na początku **elementy wzmacniające**.

Zaskoczeniem może być fakt, że **pierwszymi wzmacniaczami były mikrofony węglowe** wynalezione około roku 1880, z powodzeniem wykorzystywane w telefonii przez 100 lat.

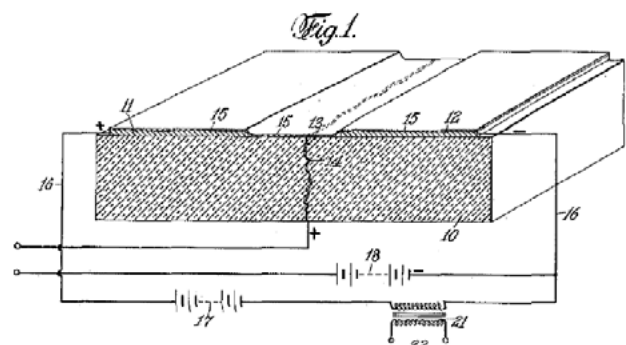
Zaskakująca może też być informacja, że w lotnictwie do niedawna wykorzystywano tak zwane **wzmacniacze magnetyczne**, które można uznać za specyficzny rodzaj transformatora.

Nie wszyscy wiedzą, że **elementami wzmacniającymi są też niektóre diody** (diody tunelowe i IMPATT).

Najbardziej znanymi elementami wzmacniającymi dawniej były **lampy elektronowe**, które dominowały do lat 60. XX wieku. A dziś są nimi rozmaite **tranzystory**. A z tranzystorów zbudowane są **układy scalone**.

Patent na tranzystor, złożony w roku 1926

Jan. 28, 1930. J. E. LILIENTHAL 1,745,175
METHOD AND APPARATUS FOR CONTROLLING ELECTRIC CURRENTS
Filed Oct. 8, 1926



Replika pierwszego tranzystora bipolarnego
(Autor fot: Mister rf
CC-BY-SA 4.0)

Zaskoczeniem może być fakt, że pierwszy patent na tranzystor pochodzi z roku 1930 i ma on związek z... Polską. Jednak droga od tego pomysłu do jego realizacji trwała około 30 lat.

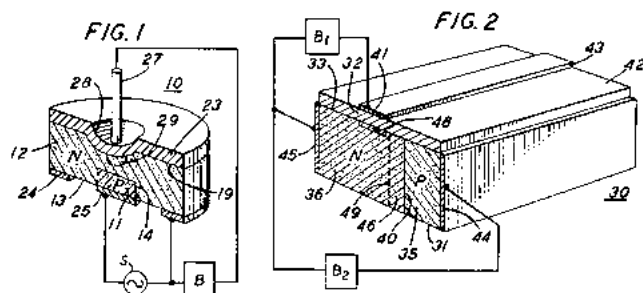
Tak! Dominujące dziś **„prawdziwe tranzystory” zostały wynalezione dopiero około roku 1960**. Natomiast w grudniu 1947 nie tyle **wynaleziono**, tylko **przypadkowo odkryto tranzystor bipolarny** i był to swego rodzaju „wypadek przy pracy”. Dziś tranzystory bipolarne (NPN, PNP) mają znikome znaczenie. Niepodzielnie królują tranzystory **MOSFET**.

I właśnie dopiero tranzystory MOSFET, a także pokrewne tranzystory wykorzystujące efekt polowy, umożliwiły nieprawdopodobny rozwój elektroniki.

Tranzystor jest nie tylko **elementem wzmacniającym**. Co niezmiernie ważne, może też pracować jako **zdalnie sterowany przełącznik**, jako sterowany klucz, co pozwala realizować układy pełniące funkcje logiczne, arytmetyczne, czyli przeprowadzać obliczenia i przetwarzać informacje.

Patent na tranzystor MOSFET z roku 1960

Sept. 14, 1965 M. M. ATALLA 3,206,670
SEMICONDUCTOR DEVICES HAVING DIELECTRIC COATINGS
Filed March 8, 1960

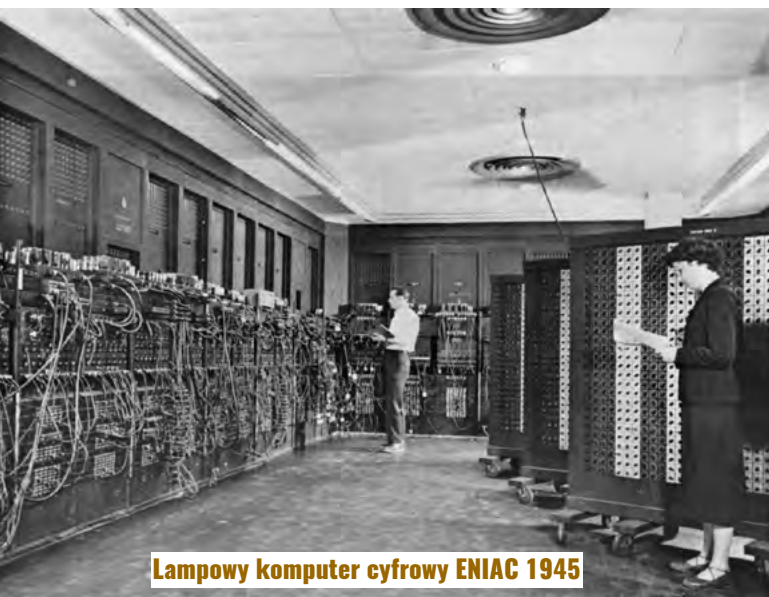




Polski lampowy komputer analogowy ARR (Analizator Równań Różniczkowych) 1953 (Autor fot: Marcin Wichary CC-BY 2.0)

Komputery i mikroprocesory

Komputery, czyli elektroniczne maszyny do obliczeń matematycznych zaczęto szerzej wykorzystywać podczas wojny, od początku lat 40. Najpierw były to mało znane **komputery analogowe**. Pierwszym znanym elektronicznym **komputerem cyfrowym** był ENIAC z roku 1945. I jedno, i drugie opierały swe działanie na lampach elektronowych.



Lampowy komputer cyfrowy ENIAC 1945

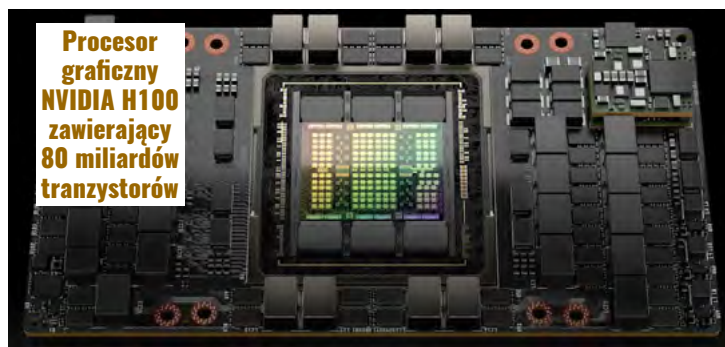
Krótkim etapem pośrednim były komputery cyfrowe, zawierające pojedyncze tranzystory bipolarne oraz układy scalone z tranzystorami bipolarnymi. Prawdziwy rozwój techniki komputerowej nastąpił dopiero wtedy, gdy komputery zaczęto realizować z wykorzystaniem układów scalonych zawierających „prawdziwe tranzystory” MOSFET.

Kamieniem milowym jest rok 1971, kiedy pojawił się **pierwszy mikroprocesor Intel 4004** – układ scalony zawierający 2300 tranzystorów MOSFET. Jednak pierwszym naprawdę popularnym był wypuszczony



Pierwszy mikroprocesor Intel 4004 1971

na rynek zaraz potem Intel 8008, następnie 8080. Zgodnie z prawem Moore’a kolejne scalone mikroprocesory zawierały coraz więcej tranzystorów.



Procesor graficzny NVIDIA H100 zawierający 80 miliardów tranzystorów

Dziś **najnowsze mikroprocesory zawierają w jednej krzemowej płytce kilkadziesiąt miliardów tranzystorów!** Tak, kilkadziesiąt miliardów!

Przetwarzanie i transmisja sygnałów

W elektronice podstawowymi zadaniami jest przesyłanie oraz przetwarzanie rozmaitych sygnałów elektrycznych. Na początku robiono to w sposób analogowy. Przykładem jest klasyczna radiofonia AM i FM i telewizja analogowa.

Szybko okazało się, że dowolne zadanie – przetwarzanie sygnału (np. wzmacnianie, filtrowanie, zmiana dynamiki) można też zrealizować cyfrowo, czyli za pomocą obliczeń matematycznych. Zamiast bezpośrednio przetwarzać sygnały elektryczne, zamienia się je na postać cyfrową w przetwornikach analogowo-cyfrowych ADC, przetwarza matematycznie za pomocą odpowiedniego programu działającego w mikroprocesorze, a następnie, jeśli trzeba, zamienia się znów na postać analogową za pomocą przetworników cyfrowo-analogowych DAC. I właśnie w dzisiejszych urządzeniach elektronicznych podstawą są mikroprocesory oraz przetworniki ADC i DAC, a do tego rozmaite inne przetworniki i czujniki (sensory).

Także transmisja i przechowywanie (rejestracja) sygnałów w postaci cyfrowej (zer i jedynek) okazała się lepsza od sposobów analogowych, podatnych na szumy, zakłócenia i błędy. Zarówno transmisja przewodowa, jak i bezprzewodowa, z wykorzystaniem fal radiowych, czego przykładem jest telefonia i telewizja cyfrowa oraz sieci Wi-Fi.

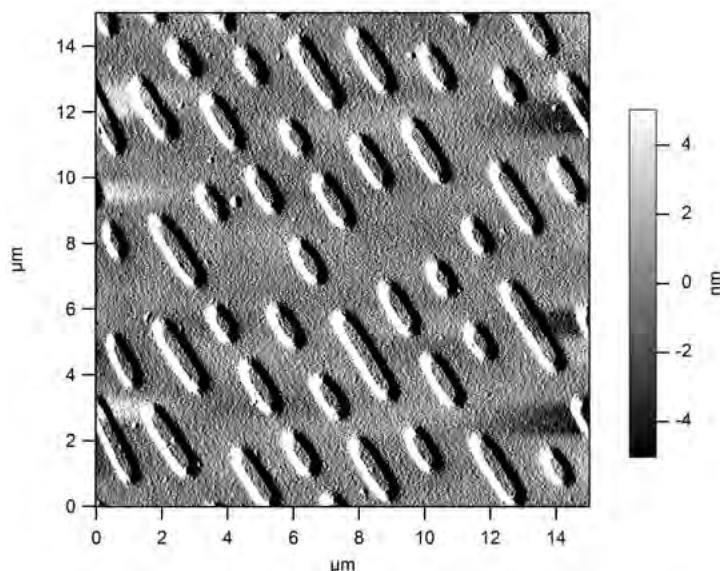
Cyfryzacja – digitalizacja i kompresja

Od lat 80. wprowadzano systemy cyfrowej transmisji sygnałów i danych, najpierw w telekomunikacji.

W roku 1982 pojawiła się płyta CD z cyfrowym zapisem sygnałów audio, później płyty DVD i Blu-Ray.

Zasadniczo sygnał elektryczny audio i wideo po **digitalizacji**, czyli po zamianie na postać cyfrową „zajmuje wiele miejsca”. Kluczową kwestią jest znalezienie efektywnych sposobów **kompresji danych** cyfrowych, żeby przesyłany czy przechowywany sygnał cyfrowy audio czy wideo „zajmował dużo mniej miejsca”, ale bez znaczącej utraty jakości sygnału. I tu kamieniem milowym jest MP3 – standard kompresji cyfrowego sygnału audio, który opublikowano w roku 1991. Dziś mamy wiele standardów kompresji sygnałów audio i wideo – kodeków i kontenerów (AAC, Vorbis, FLAC, H.264 – MP4, Divx, Xvid, ...). Do tego dochodzą inne sposoby i standardy kompresji dowolnych danych cyfrowych (ZIP, RAW) oraz obrazów w postaci cyfrowej (JPG, PNG, GIF, TIFF).

Dawniej urządzenia elektroniczne, np. radioodbiorniki, telewizory, zawierały dedykowane układy i obwody, pełniące określone zadania – funkcje. Dziś te funkcje realizowane są cyfrowo, jako obliczenia matematyczne za pomocą mikroprocesora, czyli w sumie komputera o dużej wydajności obliczeniowej. A dzisiejsze urządzenia elektroniczne, takie jak smartfony, telewizory, dekodery i odtwarzacze są w sumie komputerami.



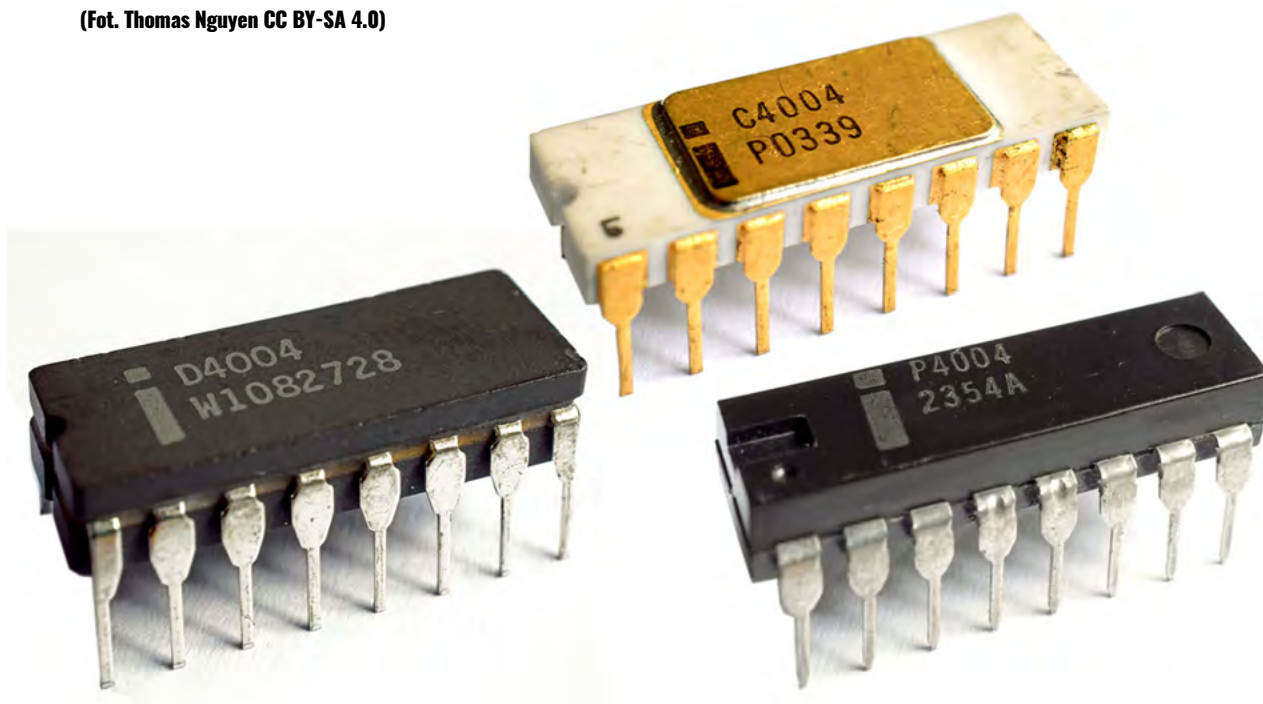
Mikrofotografia powierzchni płyty CD
(Autor fot: freiermensch CC-BY-SA 3.0)

Sercem większości współczesnych urządzeń elektronicznych jest mniej lub bardziej „silny” mikroprocesor, który współpracuje z przetwornikami ADC, DAC oraz z różnymi innymi przetwornikami i sensorami. ©

Piotr Górecki

Na życzenie Czytelników, czyli także i Twoje, dowolne z opisanych zagadnień i wątków mogą być omówione dokładniej. Jeśli taką formę uznacie za interesującą, mogą stworzyć dłuższą serię artykułów „Ultrakrótką historią elektroniki”.

(Fot. Thomas Nguyen CC BY-SA 4.0)



Niezwykłe dokonania zwykłych ludzi

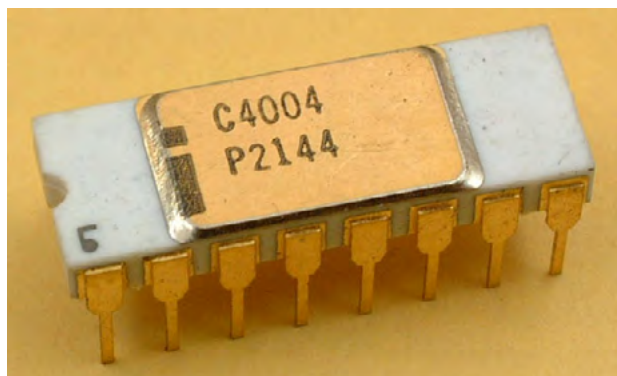
Intel i4004 i...

Za początek ery mikroprocesorów uznaje się rok 1971, kiedy to wprowadzono na rynek układ scalony znany jako Intel i4004. Wprawdzie ten układ scalony nie odegrał znaczącej roli, niemniej właśnie on zapoczątkował nową erę w historii ludzkości, dlatego warto poznać okoliczności jego powstania.

Całkiem niedawno, w 2021 roku, obchodziliśmy półwiecze od premiery pierwszego mikroprocesora. Intel 4004 (**fotografia 1**), bo o nim jest mowa, jest pierwszym na świecie komercyjnym jednoukładowym 4-bitowym mikroprocesorem. Sztuka budowania komputerów była już opanowana. Tu warto wspomnieć o słynnym lampowym komputerze ENIAC, który zajmował całkiem spory budynek i wymagał małej elektrowni by go zasilić w energię elektryczną. Pół wieku temu istniały już pierwsze układy scalone. Na przełomie lat 50-60. dwudziestego wieku w firmie Fairchild Semiconductor został opatentowany pierwszy układ scalony bazujący na płytce krzemowej oraz niezależnie w Texas Instruments układ scalony bazujący na germanie. Były to jednak układy o małej skali integracji.

To wydarzenie zapoczątkowało proces, który finalnie doprowadził dzisiaj firmę Intel do pozycji światowego lidera w dziedzinie mikroprocesorów. Można długo się zastanawiać, do jakich zbiegów okoliczności musiało dojść, by mało znany, raczkujący jeszcze

Intel dokonał tego czego dokonał. W tamtych czasach istniały firmy o znacząco większych zasobach finansowych i ludzkich oraz lepiej wyposażone w aparaturę badawczą, diagnostyczną. Zrozumiałe jest, że tego typu nowatorskie prace wymagają zwykle sporych zasobów finansowych i odpowiedniego wyposażenia narzędziowego (które również mają jakieś przełożenie na środki finansowe). Cała tajemnica tkwi w odpowiednim zespole ludzi (czterech inżynierów), których praca stała się wyznacznikiem dla



Fotografia 1 INTEL i4004

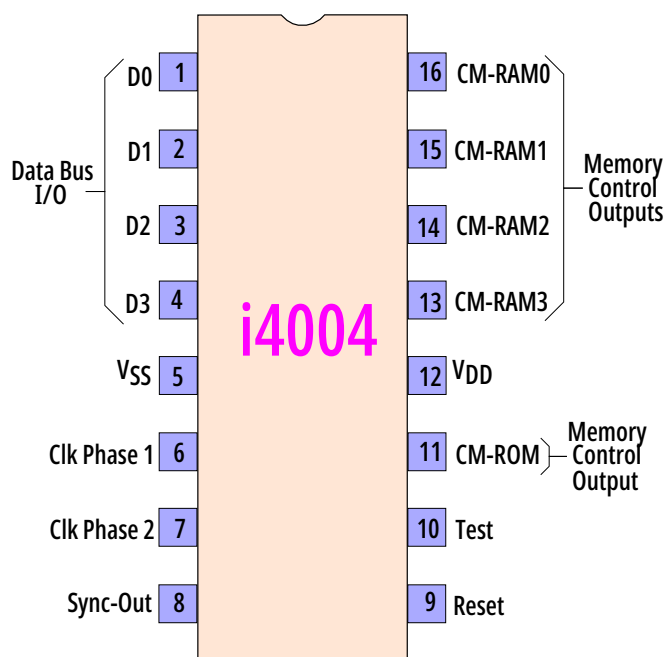
innych. To jest jak odkrywanie nieznanego świata. Dodatkowo musiało zaistnieć „coś” co dało impuls do działania. To „coś”, to była japońska firma Busicom, która zajmowała się biurowymi kalkulatorami i chciała stworzyć nowy model kalkulatora.

W sumie procesor 4004 miał czterech ojców. Pierwszym z nich jest Masatoshi Shima, który pracował dla japońskiej firmy Busicom. To Shima miał wizję nowatorskiego rozwiązania. W 1969 r. Busicom i Intel podpisały wstępną umowę na opracowanie niestandardowego zestawu chipów do kalkulatora. W rzeczywistości ten projekt był pobocznym projektem z niedoborem personelu (Intel rozwijał swoją inną linię produktów – układy pamięci). Niewiele brakowało, by cały projekt zakończył się fiaskiem.

Drugim ojcem był Ted Hoff. Kierował on działem aplikacji Intela i jednocześnie negocjował z Busicom. Hoff miał świadomość, że Intel będzie miał trudności z opracowaniem wszystkich chipów. Zwłaszcza że system będzie wymagał wielu pinów w chipie do połączenia z innymi, co przesunęłoby granice technologii pakowania układów w ceramicznych obudowach używanych przez Intela. Intel w tamtych czasach nie wytwarzał układów większych niż o 16 wyprowadzeniach. Zapewne był to jakiś problem, gdyż kosztem „oszczędności na pinach” procesor 4004 miał dosyć pokrętny system komunikacji z pamięcią.

Kolejnym ojcem był Stanley Mazor. Hoff i Mazor razem opracowali zestaw specyfikacji dla każdego chipa i proponowany harmonogram produkcji. Niewiele brakowało, by rozwijający się projekt upadł. Prace w Intelu praktycznie się zatrzymały na początku 1970 roku. Problem polegał na tym, że Hoff i Mazor nie byli projektantami układów. Niezbędny był ktoś, kto potrafi przyjąć specyfikacje i stworzyć szczegółowe diagramy bramek logicznych budujących procesor, co z kolei przekłada się na dokładne ustalenie, jak i gdzie tranzystory i inne komponenty mają być umieszczone w fizycznym chipie. W rzeczywistości w firmie Intel nie było nikogo, kto mógłby podjąć się tego zadania, ponieważ firma koncentrowała się wówczas na innym profilu działania.

I tu na scenę wkracza najważniejszy, czwarty ojciec: Federico Faggin (**fotografia 2**). Na początku swojej kariery Faggin zaprojektował i zbudował komputer od podstaw dla firmy Olivetti we Włoszech. Następnie pod koniec lat 60. dołączył do Fairchild Semiconductor w Dolinie Krzemowej, gdzie wniósł kluczowy wkład w zaawansowaną technologię półprzewodników (MOS), na której opierały się między innymi układy Intela. Faggin chciał pracować w bardziej przedsiębiorczym środowisku niż w Fairchild, dlatego w kwietniu 1970 roku przyjął ofertę Intela. Jak sam powiedział, kiedy zobaczył



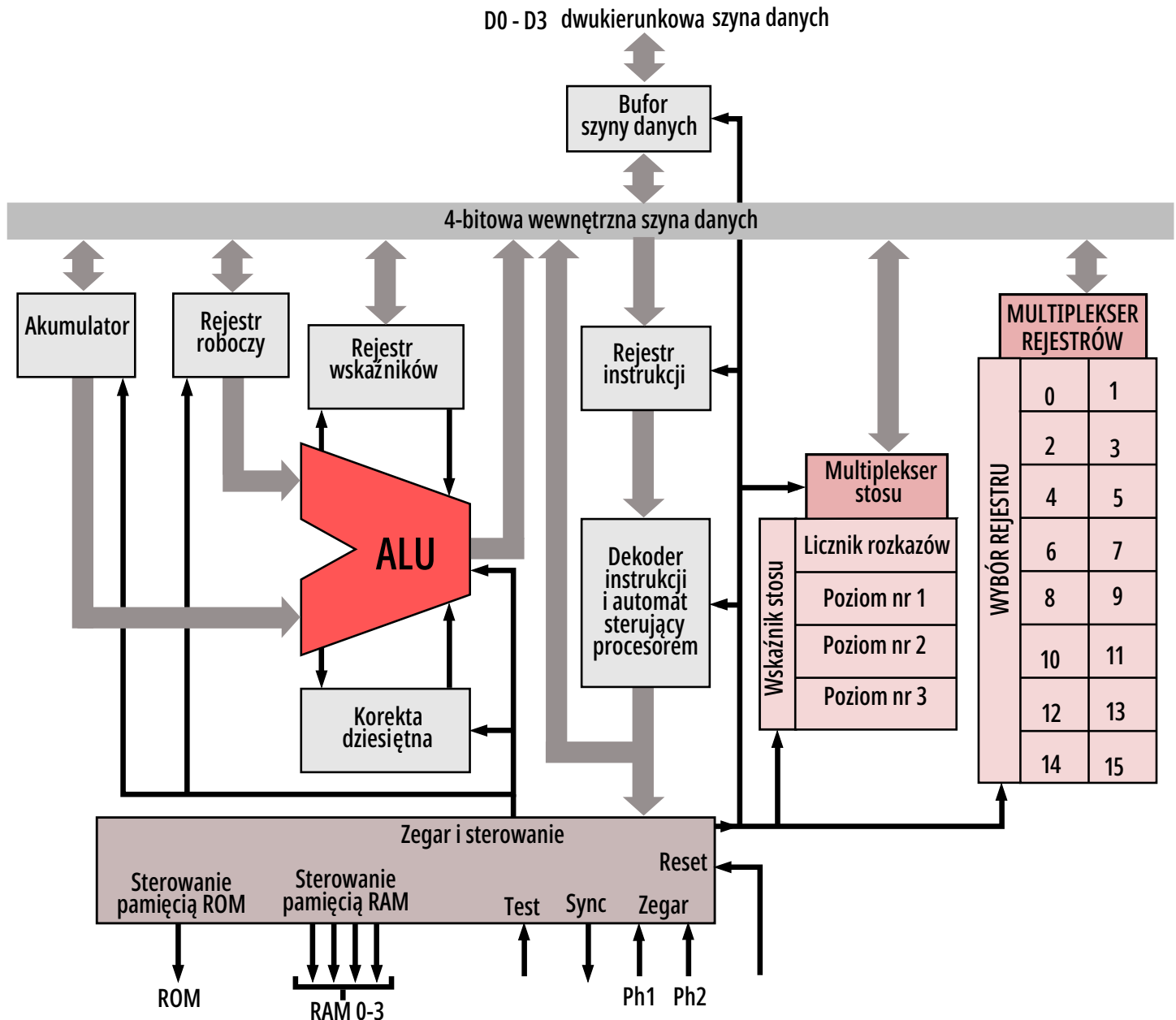
Rysunek 1

harmonogram prac: „Opadła mi szczeka: miałem mniej niż sześć miesięcy na zaprojektowanie czterech układów, z których jeden, CPU, znalazł się na granicy możliwości technologicznych”.

Faggin sprostował swemu zadaniu. Dał ludzkości niezwykle wynalazek, coś, co głęboko i trwale wdarło się do świata ludzi. Dzisiaj mikrokontrolery (jako pochodne mikroprocesorów) są wszechobecne i trudno sobie wyobrazić świat bez tego ważnego wynalazku. Pierwszy mikroprocesor miał 16-pinową obudowę typu DIL (**rysunek 1**).

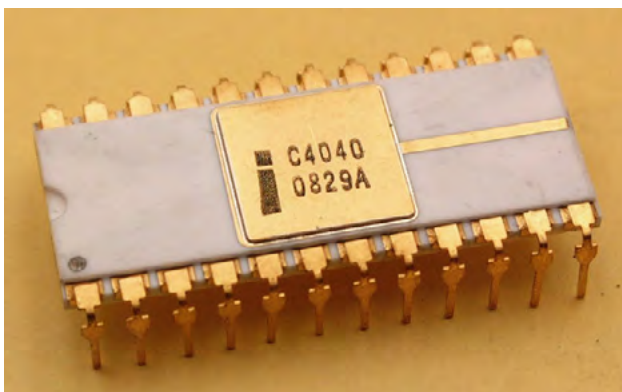


Fotografia 2. Federico Faggin



Rysunek 2. Struktura wewnętrzna i4004

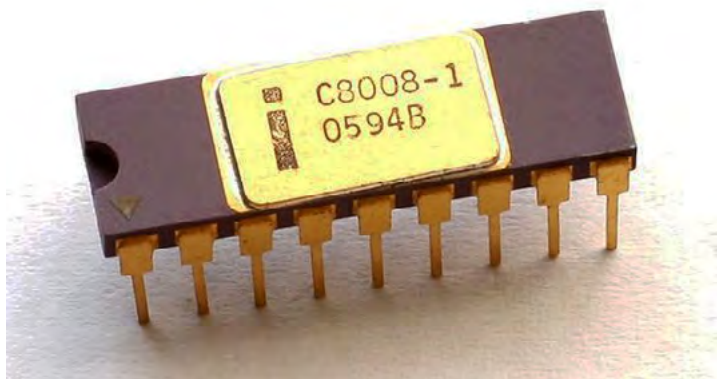
Strukturę wewnętrzną procesora pokazuje **rysunek 2**. Jak się bliżej przyjrzeć, to można dostrzec, że procesor ten miał dosyć „krótki” stos sprzętowy (3 elementy stosu) oraz, co znamienne, nie obsługiwał



Fotografia 3. '4040

żadnych przerwań. Przerwanie, jako niezbędny element współczesnych procesorów oraz mikrokontrolerów, nie występowało w pierwszych konstrukcjach, wręcz nie istniało takie pojęcie jak przerwanie. Nie należy się temu dziwić, gdyż nikt nie posiada patentu na doskonałe rozwiązania. Jak mówi znane porzekadło: nie od razu Kraków zbudowano. Podobnie tutaj, ewolucja pomysłów i koncepcji jest ciągle trwającym procesem. Każdy produkt w trakcie swego użytkowania ujawdacza elementy, których początkowo twórca nie brał pod uwagę.

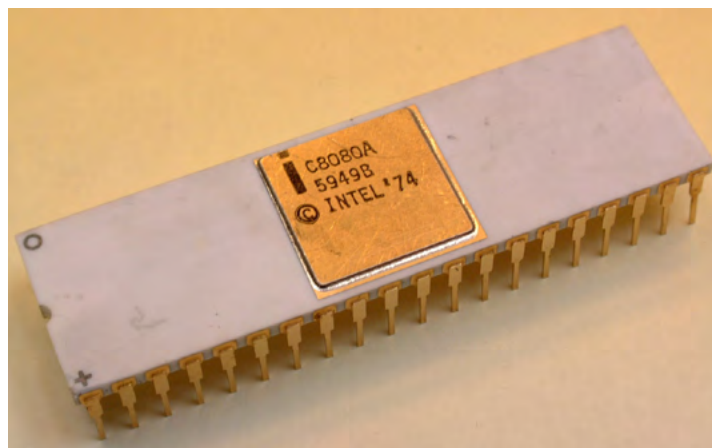
Faggin stworzył coś, co nadal ulega ewolucji. Dosyć szybko Intel dostrzegł ogromny potencjał jaki ma w sobie mikroprocesor. Powstały kolejne ulepszone modele. Procesor 4040 (**fotografia 3**), jako następca 4004, miał praktycznie identyczną strukturę wewnętrzną.



Fotografia 4. '8008

Podstawowa różnica (oprócz zwiększonych zasobów stosu) to zdecydowanie większa obudowa (24 pin) oraz możliwość obsługi przerwań. Świat również dostrzegł ogromną elastyczność procesora w wielu zastosowaniach. Ciągły popyt na moc obliczeniową (pierwsze procesory mogły wyciągnąć ledwie małe kilkaset tysięcy instrukcji na sekundę) spowodował zwiększenie szerokości szyny danych, by zwiększyć szybkość przesyłania danych pomiędzy procesorem a pamięcią. Powstał procesor 8008 (**fotografia 4**).

Kolejnym krokiem był procesor 8080 (**fotografia 5**), który stał się bardzo uniwersalnym elementem do budowy różnych urządzeń. Nawet polskie CEMI miało go w swojej ofercie (**fotografia 6**). Ten układ miał pewne wady. Jednostka centralna składała się z trzech układów: 8080 – procesora, 8224 – generatora taktu zegarowego, gdyż procesor wymagał dwufazowego sygnału zegarowego o ściśle określonym wypełnieniu, oraz 8228 – kontrolera systemu do współpracy z pamięcią i portami. Jednostka wymagała też trzech napięć zasilających. Tej wady nie miał już procesor 8085 (**fotografia 7**), który stał się znacząco ulepszoną wersją 8080 (był już jednonapięciowy i jednoukładowy). Jednak cele biznesowe Intela oraz Faggina stały się rozbieżne. By rozładować tworzące się napięcie pomiędzy zarządem a zespołem stworzonym przez naszego bohatera, odszedł on i stworzył nową firmę powszechnie znaną jako ZILOG. To tam powstał najbardziej kultowy procesor wszech czasów: Z80 (**fotografia 8**). Ogromną zaletą procesora Z80 jest kompatybilność programowa z 8080 (program stworzony dla 8080 bez żadnych przeróbek będzie działał na Z80, odwrotnie już niekoniecznie). To pozwoliło użytkownikom na wykorzystanie ogromnych już zasobów oprogramowania w nowym środowisku. Procesor ten jest produkowany do dzisiejszego dnia (czego nie można powiedzieć o 8080) i obecnie wręcz powstają jego fankluby. Sam osobiście jestem ogromnym sympatykiem tego wynalazku, który zdeklasował wszystkie inne procesory 8-bitowe.



Fotografia 5. '8080



Fotografia 6. MCY7880

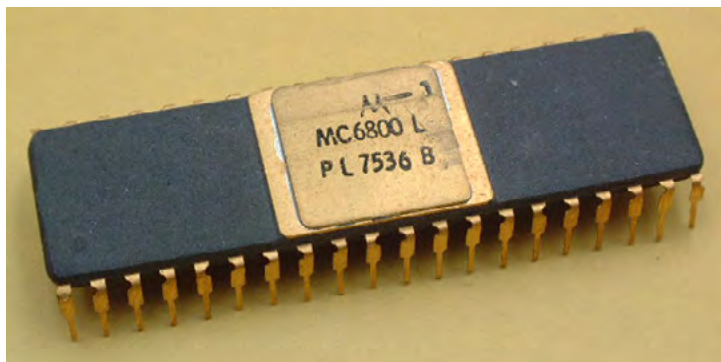


Fotografia 7. '8085



Fotografia 8. Z80

we. Uważam, że każdy kto chce zgłębić sztukę budowania urządzeń opartych na procesorach, powinien spróbować swoich sił z tym procesorem. Przy budowie urządzenia opartego na Z80 (jak i na innych procesorach z tamtych czasów jak 8085 czy inny wręcz kultowy model procesora o oznaczeniu



Fotografia 9. M6800

6800 – **fotografia 9**, produkowany przez firmę Motorola) wystąpi wiele czynników poszerzających wiedzę, których nigdy nie zaobserwujemy wykorzystując nowoczesne mikrokontrolery typu AVR czy ARM.

Podsumowując, Federico Faggin jest osobą, która odcisnęła swój trwały ślad w historii elektroniki, dając nam wszystkim produkt o niesłychanych

możliwościach. Można się długo zastanawiać, co by było, gdyby zamiast fizykiem został on przykładowo lekarzem. Czy świat dostałby w prezencie coś, co nazywamy mikroprocesorem? Zapewne tak, gdyż rzeczywistość zawsze znajdzie jakąś drogę do celu.

Jak nie Federico to pewnie byłby ktoś inny. Niewykluczone, że rozwój elektroniki potoczyłby się inaczej.

Fotografie udostępnione na licencji Creative Common pochodzą z Wikipedii i strony www.cpu-zone.com.



Andrzej Pawluczuk
apawluczuk@vp.pl



Kuchenka mikrofalowa, czyli mikrofalówka

W trzyczęściowym artykule przedstawione są obszernie informacje na temat jakże popularnej, ale także budzącej kontrowersje kuchenki mikrofalowej. W niniejszej pierwszej części przedstawione są podstawowe informacje o jej budowie, działaniu i elementarnych zasadach jej wykorzystywania.

Zasada działania i budowa „mikrofali” A gdzie jest falowód?

Podstawowe zasady

„Koń jaki jest, każdy widzi” – kuchenka mikrofalowa od lat jest wyposażeniem wielu mieszkań, jednak nadal wzbudza niemałe kontrowersje. Wokół kuchenek mikrofalowych i mikrofal narosło wiele błędnych wyobrażeń i mitów, z których większość jest łatwa do wyjaśnienia, jednak niektórymi zajmiemy się dokładniej w drugiej części artykułu. Natomiast teraz, w części pierwszej omówimy zagadnienia łatwiejsze.

są do wnętrza komory mikrofalówki, gdzie zwykle na obrotowym talerzu umieszczone jest podgrzewane jedzenie. Tam energia fal elektromagnetycznych (mikrofal) w substancjach zawierających wodę jest zamieniana na ciepło, które podgrzewa jedzenie.

Kuchenka mikrofalowa to urządzenie o zaskakująco prostej zasadzie działania i budowie. To zgodnie z **rysunkiem 1** dwa kluczowe elementy:

Zasada działania i budowa „mikrofali”

Kuchenka mikrofalowa to interesujący przykład przekazywania na odległość energii elektrycznej oraz zamiany jej na ciepło. Najprościej biorąc, energia elektryczna pobierana z sieci energetycznej jest zamieniana na fale radiowe bardzo dużej częstotliwości, czyli na tak zwane mikrofały. Dokonywane jest to za pomocą tak zwanego **magnetronu**. Wytworzone przez magnetron mikrofały przekazywane



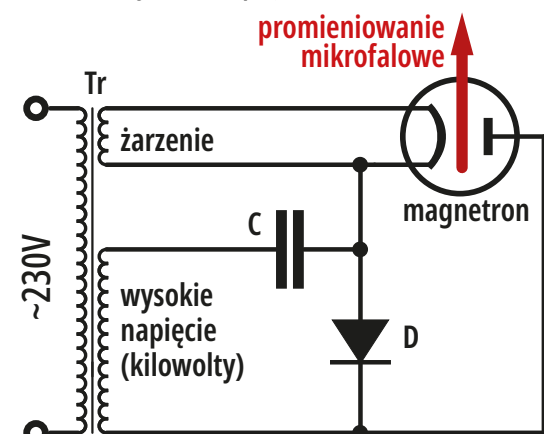
Rysunek 1

1 – zamknięta **metalowa komora**, do której niejako wpuszczane są mikrofae (promieniowanie mikrofalowe), wytwarzane przez 2 – tak zwany **magnetron**. Ten **magnetron** to specyficzna odmiana lampy elektronowej. Sprawność zamiany mocy zasilania na moc wytworzonych mikrofae wynosi około 50%, więc można przyjąć, że tylko połowa mocy pobieranej z sieci może być wykorzystana. Jednak w tym przypadku sprawność około 50% można uznać za sukces.

Typowy magnetron „kuchenny” odkręcony od komory jest widoczna na dole **fotografii 2**. Przyzwyczajeni jesteście, że lampy elektronowe mają obudowy szklane, a tu nie widać szklanych części; obudowa, przynajmniej z zewnątrz, wygląda na metalową i ma dziwny kształt, a jej większość, a w szczególności metalowe żebra to elementy chłodzące.

Każda kuchenka mikrofalowa musi zawierać obwód zasilania magnetronu: dla tej lampy elektronowej potrzebne jest niewielkie napięcie żarzenia, a przede wszystkim wysokie napięcie główne (tzw. anodowe), 2000 V lub więcej.

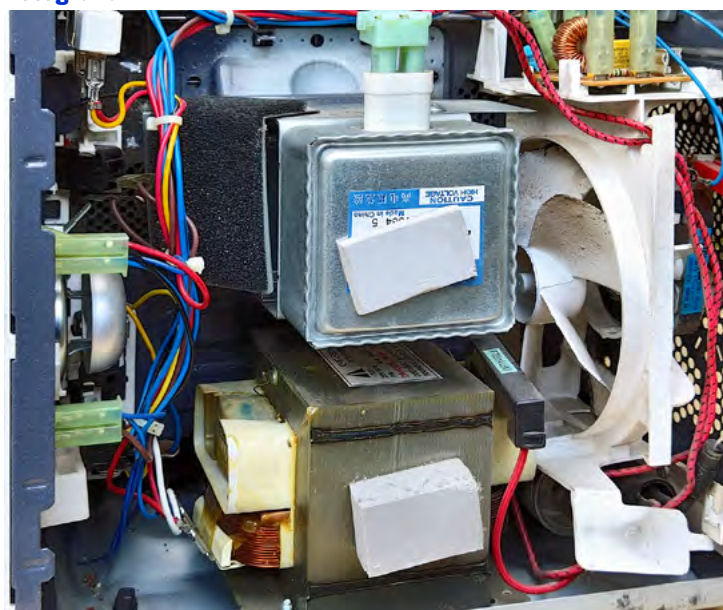
W nowoczesnych kuchenkach potrzebne napięcia mogą wytwarzać zasilacze impulsowe. Jednak w przytłaczającej większości tanich „mikrofae” w obwodzie zasilania pracuje klasyczny, ciężki transformator sieciowy, widoczny pośrodku **fotografii 2**, a jeszcze lepiej na **fotografii 3**, gdzie widać magnetron zamontowany na swoim miejscu pracy. Na dole, z prawej strony transformatora, pod wentylatorem chłodzącym magnetron, zamontowane są pozostałe elementy zaskakująco prostego zasilacza. Schemat elektryczny wygląda mniej więcej jak na **rysunku 4**. Lampa pracuje impulsowo, w szczytach napięcia sieci.



Rysunek 4



Fotografia 2



Fotografia 3

Podstawowy schemat jest więc zaskakująco prosty. Rzeczywista kuchenka zawiera jeszcze minutnik – timer oraz układ regulacji mocy. Regulacja mocy realizowana jest prosto: okresowo, nawet co kilka sekund magnetron jest włączany i wyłączany, a współczynnik wypełnienia decyduje o średniej mocy grzania potrawy.

W każdej kuchence potrzebny jest jeszcze jeden ważny element: albo tzw. rozpraszacz mikrofal w postaci śmigła, albo znacznie częściej – obrotowy talerz. Problem w tym, że wskutek odbić fal wewnątrz metalowej komory kuchenki powstają tak zwane *fale stojące*. Tworzy się swego rodzaju przestrzenna siatka. W obszarze komory powstają punkty, swego rodzaju węzły, gdzie grzanie jest wyjątkowo silne, oraz obszary, gdzie grzania może praktycznie nie być. I tu istotna informacja dla dociekliwych: przestrzenny rozkład węzłów (hotspotów) można dość łatwo sprawdzić, mając do dyspozycji papier termoczuły przeznaczony do drukarek termicznych. Należałoby taśmy takiego papieru termicznego jakoś umocować we wnętrzu komory na różnej wysokości i w ten sposób sprawdzić przestrzenny rozkład wytwarzanych fal stojących.

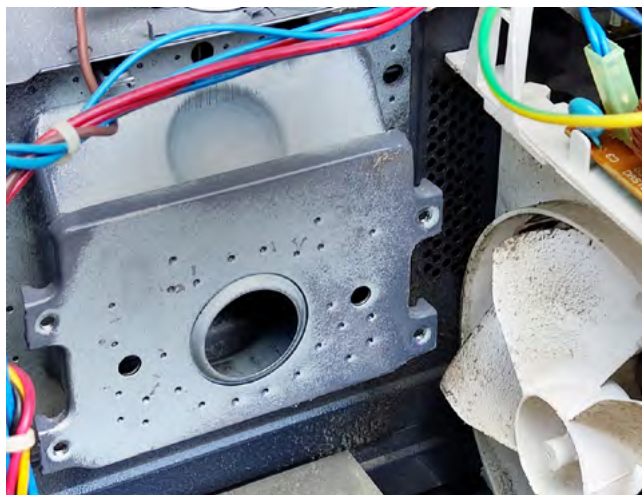
Aby nagrzewać wsad (jedzenie) w miarę równomiernie albo nie należy dopuścić do powstania fal stojących, np. przez zastosowanie ruchomego rozpraszacza, albo poruszać wsadem, co realizuje obrotowy talerz. Obracanie wsadu zdecydowanie poprawia sytuację, ale nie rozwiązuje problemu węzłów (fal stojących) do końca, przede wszystkim w osi obrotu talerza.

Co bardzo ważne, **metalowe ścianki i metalowa siatka w okienku drzwiczek nie wypuszczają mikrofal z tej komory**. Patrzenie przez szybę drzwiczek podczas pracy nie jest więc ryzykowne.

Mikrofały wielokrotnie odbijają się od metalowych ścianek i siatki, ale nie mogą wydostać się na zewnątrz. Jednak jeżeli komora mikrofalówki jest pusta, mogą też odbijać się z powrotem w kierunku magnetronu, co rodzi ryzyko jego uszkodzenia. Dlatego **kuchenka mikrofalowa nie powinna być włączana „na pusto”, bez wsadu**.

A gdzie jest falowód?

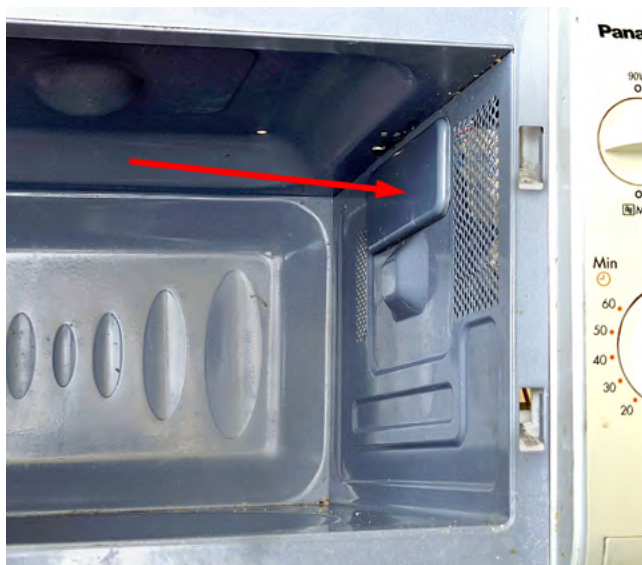
Osoby choć trochę związane z elektroniką mogą spodziewać się obecności w kuchence falowodu, czyli przewodnicy fal elektromagnetycznych. Typowe falowody mikrofalowe mają postać metalowej rury o dobranych rozmiarach. Przykład na **fotografii 5** (z Wikipedii, Autor: Muraer CC BY-SA 3,0). Czegoś takiego nie znajdziemy w „mikrofali”. Źródło mikrofal (magnetron) jest umieszczony blisko komory. A to, co nazywa się falowodem, jest raczej rozpraszaczem



Fotografia 6

mikrofal i może to być po prostu wytłoczenie w blaszanej ściance komory, jak widać to na **fotografii 6** oraz na fotografii 2.

W mojej starej kuchence, która posłużyła za model, wewnątrz komory ma jednolity szary kolor i bez zdjęcia obudowy trudno się zorientować, którędy wpuszczane są mikrofały. Przy bliższym zbadaniu okazało się, że jest tam plastikowa wkładka. Jest ona na **fotografii 7** wskazana czerwoną strzałką



Fotografia 7



Fotografia 5

i właśnie to jest podłużne okno wpuszczające mikrofałe, które po drodze z magnetronu przechodzą przez rodzaj prymitywnego falo-wodu (prowadnicy fal radiowych), a raczej rozpraszacza stworzonego z wyprofilowanego fragmentu ścianki komory i kawałka wyprofilowanej blachy zamocowanej z zewnątrz.

Podstawowe zasady

W pierwszym, zgrubnym przybliżeniu można śmiało przyjąć trzy podstawowe niedalekie od prawdy uproszczenia:

- Po pierwsze, że mikrofałe podgrzewają wodę oraz produkty zawierające wodę, a więc między innymi także jedzenie.
- Po drugie, że liczne materiały, takie jak szkło, porcelana oraz wiele tworzyw sztucznych są dla mikrofal „przezroczyste”, czyli mikrofałe nie oddziałują z nimi i ich nie grzeją.
- Po trzecie, metale, a przynajmniej większe powierzchnie metalowe, są dla mikrofal lustrem – mikrofałe generalnie odbijają się od nich, bardzo podobnie jak odbija się światło od lustra.

Ma to ważne konsekwencje praktyczne. W mikrofalówce nie da się nagrzać czy rozmrozić konserw, zamkniętych w metalowych puszkach, ponieważ te metalowe puszki pełnią rolę ekranu ochronnego. Także jeżeli jedzenie owinięte jest cienką aluminiową folią, to też jest ona ekranem ochronnym, który nie przepuszcza mikrofal i nie pozwala im nagrzać jedzenia.

Do wnętrza mikrofalówki nie powinno się wkładać żadnych metalowych przedmiotów. Włożenie jedzenia w metalowym naczyniu po pierwsze uniemożliwi jego nagrzanie, ale po drugie, jeśli wytwarzana energia mikrofal nie będzie zamieniana na ciepło, to może dojść do uszkodzenia wytwarzającego mikrofałe magnetronu.

W zasadzie powierzchnie metalowe odbijają mikrofałe, jednak niektórzy przekonali się, że małe i cienkie metalowe elementy, w tym złożone ozdoby na talerzach mogą się silnie nagrzewać, a nawet ulec stopieniu i uszkodzeniu. Tak zdobionych naczyń ceramicznych raczej nie należy wkładać do mikrofalówki.

Przypadkowe włożenie do mikrofalówki na przykład widelca może skutkować wyładowaniami (iskrami), ponieważ we wnętrzu panuje bardzo silne zmienne pole elektryczne o natężeniu rzędu nawet miliona woltów na metr. Z kolei niektórzy celowo wkładają do mikrofalówki płyty CD lub DVD (fabrycznie tłoczone, ale nie te nagrywalne), w których aluminiowa warstwa zawierająca dane ulega



Fotografia 8

spektakularnemu nadpaleniu. Przykład na **fotografii 8** (z Wikipedii: Brian0918, public domain).

Pod wpływem fal elektromagnetycznych wytwarzają się (indukują się) prądy, których przepływ rozgrzewa metal. Zjawisko to występuje też w metalu komory kuchenki, bo mikrofałe nie odbijają się idealnie od blachy, z której jest zbudowana, jednak problem występuje głównie w małych przedmiotach metalowych włożonych do wnętrza komory.

Powszechnie wiadomo też, że jajko podgrzewane w mikrofalówce eksploduje i zanieczyści wnętrze komory. I to nawet wtedy, gdy będzie to jajko wcześniej ugotowane na twardo, bez skorupki.

Ogólnie biorąc, grzanie za pomocą mikrofal jest specyficzne, zdecydowanie inne niż przy innych rodzajach podgrzewania. W przypadku tego, jakże już popularnego urządzenia elektronicznego, które niewątpliwie należy do AGD – jest artykułem gospodarstwa domowego, mówi się o jego promieniowaniu. A słowo *promieniowanie* ma szeroki zakres znaczeniowy. *Promieniowanie* wielu osobom kojarzy się nie z budzącymi radość promieniami słonecznymi, tylko z różnymi rodzajami zabójczego promieniowania, w tym promieniowania radioaktywnego. Dlatego temat kuchenek mikrofalowych, trochę podobnie jak temat telefonii 5 G, budzi szereg pytań i wątpliwości, co skutkuje też różnymi fałszywymi wyobrażeniami i opiniami. Zagadnienia te szeroko omówione są w drugiej części artykułu, przeznaczonej dla bardziej dociekliwych Czytelników. ©

Piotr Górecki



Pułapki w nauczaniu elektroniki

Elementarne podstawy elektroniki wydają się bardzo łatwe. Do tej pory naukę zaczynano zwykle od obwodu składającego się z baterijki, żaróweczki i wyłącznika. Działanie takiego obwodu na pozór jest oczywiste – prąd płynie i żarówka świeci. Niestety, są to tylko pozory, a rzeczywistość jest skomplikowana!

Jak płynie prąd? – A kto pyta?
Co jest dłuższe: 15 minut czy kilometr?
Julian Tuwim i elektronika

Wstęp do wstępu do Radiowej Oślej Łączki
Intrygujące pytania – czy potrafisz wyjaśnić?

Ostatnio poproszono mnie, żebym wyjaśnił: **Czym tak naprawdę jest prąd elektryczny?** – ale tak naprawdę. I jeszcze: Jak płynie prąd elektryczny?

To była dla mnie znakomita okazja, żeby jeszcze raz zastanowić się, jak uczyć elektroniki?

Na pytanie *Jak płynie prąd elektryczny?* mam świetną odpowiedź, ale tylko częściową. Od dawna wiem jak prąd elektryczny płynie przez drut kolczasty?

Otóż **przez drut kolczasty prąd płynie... ostrożnie!**

Jeśli nie wiedziałeś – zapamiętaj raz na zawsze! I wykorzystaj ten dowcip.

No to coś już wiemy o prądzie...

Wróćmy jednak do pytania: Czym tak naprawdę jest prąd elektryczny? Jest ono jak najbardziej sensowne, ale już w pytaniu zawarta jest pułapka, a nawet kilka pułapek.

Jak płynie prąd? – A kto pyta?

Pierwsza kwestia: A kto pyta? I dla kogo jest przeznaczona ta odpowiedź?

To niezmiernie ważne! Na przykład wiele osób chciałoby wiedzieć czym jest prąd i jak płynie, ale w kontekście gniazdka elektrycznego w ścianie, czyli prądu zmiennego, a nie stałego:

Jak to jest z tym prądem zmiennym? Dlaczego w gniazdku elektrycznym są trzy przewody? Dlaczego w niektórych dwa? O co chodzi z tym uziemianiem, zerowaniem i przewodem ochronnym? Do czego służy i jak działa „różnicówka”? I co to jest tak naprawdę ten kosinus fi? Dlaczego współczesne zasilacze o większej mocy muszą być wyposażane w obwód PFC, czyli obwód korekcji współczynnika mocy? O co w tym chodzi?

Można to wszystko wytłumaczyć i zapewne to zrobimy, ale czy pytający nie powinien najpierw dobrze opanować tematu prądu stałego?

Przedstawiona mi prośba o wyjaśnienie kwestii związanych z prądem nie dotyczyła sieci energetycznej, tylko materiału dla początkujących elektroników, którzy już zaczęli zajmować się elektroniką i którzy budują jakieś układy elektroniczne, w tym z mikroprocesorami, głównie z Arduino.

A wtedy powstaje poważny problem: Jak uczyć elektroniki takich początkujących praktyków? Co im mówić o prądzie? O tym za chwilę.

Otóż pytanie: *Czym tak naprawdę jest prąd elektryczny?* stawiają nie tylko elektronicy. Również osoby, które chciałyby zainteresować się takimi praktycznymi działaniami, a nie wiedzą, jak zacząć. A także liczne światłe, dociekliwe osoby z wykształceniem ogólnym, chcące jedynie poszerzyć swoje horyzonty. Chcą wiedzieć nie tylko, co to jest prąd elektryczny, ale też zrozumieć jak działają urządzenia elektroniczne, które mamy wokół siebie.

A są także liczne dociekliwe osoby „nietechniczne”, które chciałyby wiedzieć więcej, nie tylko o prądzie i urządzeniach, ale też o elementach elektronicznych, np. jak działa tranzystor? Co to jest MOSFET? Co to jest i jak działa mikroprocesor? Co to jest to całe Arduino? Czy i ja mogę wykorzystać RaspberryPi?

Co jest dłuższe: 15 minut czy kilometr?

Druga, jeszcze ważniejsza kwestia jest taka: Czego oczekuje odbiorca odpowiedzi na to pytanie?

Właśnie: **czego oczekuje?**

Prawdopodobnie ma już jakieś fragmentaryczne i nieposkładane, niespójne wyobrażenia. Stawia pytanie i oczekuje, że po otrzymaniu odpowiedzi wszystko mu się poskłada w spójną całość.

Ale czy taka sytuacja nie jest trochę podobna do przypadku, gdy ktoś prosi:

Powiedz mi, co jest dłuższe: kilometr czy 15 minut? Tylko krótko i zwięźle! I nie rozszerzaj! Wystarczy mi konkretna i krótka odpowiedź.

Analogiczne ryzyko pojawia się w przypadku pytania o prąd elektryczny. Prawdopodobnie może już w intencji tego pytania tkwić bardzo poważny błąd, a raczej głęboka pułapka w postaci sugestii, że prąd jest najważniejszy...

Co w elektronice jest najważniejsze? Czy może coś jest ważniejsze od prądu?

Czy i Ty myślisz: może nauki elektroniki nie należałoby zaczynać od prądu, tylko od czegoś ważniejszego? Ważniejszego od prądu?

Tak – wielokrotnie ważniejszego od prądu elektrycznego! Tym **czymś wielokrotnie ważniejszym od prądu jest energia**.

Nie tylko energia elektryczna, ale **także przemiany różnych form energii, w szczególności przemiany energii elektrycznej w najmniej szlachetną odmianę energii cieplną. Najważniejsza jest energia oraz przepływ, przekazywanie i zużywanie energii, a także tempo tych zmian, czyli moc. I do tego jeszcze sprawność.**

To jest najważniejsze i mogę to przekonująco uzasadnić! Prąd i napięcie też są bardzo ważne, ale zdecydowanie mniej niż energia! Chętnie to szerzej omówię.

Elektryczność i elektronika, czymkolwiek one są, to podstawy dzisiejszej cywilizacji. Elektronika opiera się na przekształcaniu form energii i przesyłaniu energii, ale też umożliwia przetwarzanie i przesyłanie informacji, co dziś ma kluczowe znaczenie.

Problem w tym, że nauka o elektryczności to zagadnienie bardzo obszerne, a temat prądu elektrycznego nieoczekiwanie okazuje się bardzo trudny i wręcz zwodniczy, o czym mogę Ci szerzej opowiedzieć w innym materiale. Wracam do pytania: Czym tak naprawdę jest prąd elektryczny?

Julian Tuwim i elektronika

Mam przygotowanie i mógłbym w przystępny sposób to wszystko wyjaśnić. Dlaczego jednak mnóstwo osób o tym nie wie? Czy to było omawiane w szkole? Czy aby powszechny brak takiej wiedzy nie jest dowodem, że system szkolnictwa sobie nie poradził?



I godnym krokiem z mieszkań - na ziemię,
Taką wiadomą, taką okrągłą.

I oto idą, zapieci ścielnie,
Patrzą na prawo, patrzą na lewo.
A patrząc - widzą wszystko oddzielnie
Że dom... że Stasiek... że koń... że drzewo...

Jak ciasto biora gazetę w palce

Jedno pytanie jest prozaiczne: czy uważałem na zajęciach szkolnych? Drugie jest trudniejsze: czy to w ogóle było omawiane, a jeśli tak, to jak było przedstawione? Czy w sposób przystępny?

Czy aby nie mamy także i tu do czynienia ze znany od lat problemem, który w poruszający sposób przedstawił mniej więcej 90 lat temu Julian Tuwim w wierszu „Mieszkańcy”?

Co prawda kontekst był inny, ale zwróćmy uwagę na najbardziej znany fragment:

*I oto idą, zapieci ścielnie,
Patrzą na prawo, patrzą na lewo.
A patrząc - widzą wszystko o d d z i e l n i e:
Że dom... że Stasiek... że koń... że drzewo...*

Czy szkoła nadal uczy, żebyśmy widzieli wszystko oddzielnie? Że elektronika, że fizyka, że historia, że matematyka, że chemia...

Problem braku synergii w procesie nauczania jest znany od dawna. Mam przyjaciela Andrzeja, który nie tak dawno uzupełniał wykształcenie pedagogiczne w Akademii w Pułtusku. Potwierdził, że w środowisku jest wiedza o problemach oraz o sposobach ich rozwiązywania. Jednak system szkolnictwa to z jednej strony potęga, a z drugiej moloch o ogromnej bezwładności. Jest problem z nauczycielami (negatywna selekcja), z drugiej strony jest problem świadomych nauczycieli z powołaniem, którzy mają szczerą chęć i... problem, jak uczyć elektroniki. W tym problem z podstawą programową.

Sytuację trudno zmienić z różnych powodów. Podejmowano i podejmuje się różne próby, ale efekty są najdelikatniej mówiąc – umiarkowane. Dotyczy to też nauczania elektroniki. Na ile należy łączyć elektronikę z informatyką? A na ile pozostać przy traktowaniu jej jako części fizyki? Poza tym w kwestii *Jak uczyć elektroniki?* mamy dwa pokrewne zagadnienia:

Jak uczyć elektroniki elektroników, którzy mają w przyszłości projektować, budować i naprawiać układy elektroniczne?

Jak wszystkich pozostałych uczyć o elektronice, żeby rozumieli podstawy i cieszyli się z tego?

Jak powinien przebiegać proces nauki elektroniki w szkołach, żeby był skuteczny? Żeby był pomocny i przyszłym zawodowym elektronikom, a także ogółowi społeczeństwa?

Wstęp do wstępu do Radiowej Oślej Łączki

I tu wracamy do prądu. Z mojego niemałego doświadczenia wynika następujący wniosek: **nie należy zaczynać od prądu i napięcia, bowiem zbytne przywiązanie do prądu i napięcia i haniebnie uproszczonych analogii utrudnia, a wręcz uniemożliwia poznanie techniki radiowej!**

To naprawdę ważna kwestia! Dziś, nawet dla większości elektroników, także tych bardzo dobrych, technika radiowa to czarna magia! Dlaczego?

Jestem przekonany, że właśnie z powodu zbytne przywiązania do prądu i napięcia elektrycznego, a nie do energii i przemian energii!

Przy obecnym systemie nauczania technika radiowa dla większości elektroników pozostaje czarną magią. Bo z jednej strony mamy dobrych znajomych: prąd i napięcie elektryczne, a po drugiej stronie tajemnicze fale radiowe, ściślej fale elektromagnetyczne w pewnym zakresie częstotliwości. Właśnie – częstotliwości. I dlaczego elektromagnetyczne?

Według definicji fale elektromagnetyczne to zaburzenie pola elektromagnetycznego. *A czy istnieją fale elektryczne? A fale magnetyczne?*

I co to jest to całe pole elektromagnetyczne? Według definicji *pole to stan przestrzeni*, w tym próżni. Jakim cudem próżnia, czyli „nic” ma jakieś właściwości? I dlaczego dwa parametry próżni, czyli „niczego” (przenikalność elektryczna i przenikalność magnetyczna) wyznaczają bodaj najważniejszą stałą naszego Uniwersum: prędkość światła?

Można to wszystko łagodnie i przystępnie wyjaśnić, wykorzystując ujęcie historyczne, omawiając i rozszerzając pojęcie „prądu przesunięcia” wprowadzone przez Maxwella do równania Ampere’a. Ale warto zacząć od genialnego samouka, który był chłopcem na posyłki i introligatorem. Paradoksalnie znakomitą pomocą jest przy tym nieaktualne dziś pojęcie eteru, dominujące w XIX wieku. Właśnie eter pozwala zaprzyjaźnić się z pojęciem pola elektrycznego i pola magnetycznego. Z pojęciami tak dziwnymi, zniechęcającymi przy wyobrażeniu, że próżnia to „nic”.

Do tego niezbędne jest zgrubne omówienie zjawisk falowych, w szczególności odbić oraz dokładniejsze przedstawienie kilku aspektów dopasowania, a wtedy... technika radiowa przestaje być czarną magią. Nie tylko dla elektroników, ale i dla „zwykłych zjadaczy chleba”.

Jednak tu kluczowym problemem jest wcześniejsze nadmierne przywiązanie do prądu i napięcia elektrycznego (i ich prymitywnych modeli), a nie do energii i mocy – to kwestia do szerszego, oddzielnego omówienia.

Intrygujące pytania – czy potrafisz wyjaśnić?

Ponieważ przy nauce elektroniki wykorzystuje się rozmaite uproszczone modele i wyobrażenia, na dodatek niespójne, a nawet wzajemnie sprzeczne, dlatego powstaje mnóstwo intrygujących pytań stawianych przez osoby, które w szkole uczyły się o prądzie elektrycznym.

Jak można na takie pytania przekonująco odpowiedzieć? Czy Ty masz jasność w takich kwestiach? Oto niektóre z takich pytań:

Czy i dlaczego wewnątrz baterii prąd płynie „w odwrotnym kierunku niż normalnie, czyli od minusa do plusa”?

Jeżeli wewnątrz baterii przewodzi prąd, to dlaczego bateria nie rozładowuje się błyskawicznie prądem płynącym wewnątrz niej „od plusa do minusa”?

Czy i jakie ładunki dodatnie występują w dodatnim biegunie baterii?

Czy bieguny baterii o różnej pojemności zawierają różną ilość ładunku?

Czy ładowanie akumulatora albo kondensatora zwiększa ilość zawartego w nim ładunku?

A jak jest z ilością ładunku w kondensatorze przy ładowaniu napięciem dodatnim i ujemnym?

Jeżeli mówi się, że napięcie to „energia przypadająca na ładunek” ($U = E/Q$), to czy ujemne napięcie oznacza ujemną energię? Czy energia w ogóle może być ujemna? A czy moc może być ujemna?

I pytanie ogromnie ważne, będące kluczem do techniki radiowej: Z definicji izolator nie przewodzi prądu. Dlaczego mówimy, że przez kondensator płynie prąd zmienny? Czy tak naprawdę przez izolator w kondensatorze prąd płynie, czy też nie płynie?



Prawidłowa odpowiedź na to pytanie to klucz do fal elektromagnetycznych, czyli techniki radiowej. A popularna odpowiedź błędna, odwołująca się do gromadzenia ładunków, wprowadza w błąd i bardzo często skutecznie zamyka możliwość zrozumienia techniki radiowej. I pokrewne pytanie: *Czy antena zamienia prąd elektryczny na fale radiowe?*

Są też, pochodzące od początkujących elektroników, inne sensowne pytania, tylko na pozór wyglądające na bardzo dziwne. Jak należałoby na nie odpowiedzieć? Oto niektóre: *Jaka jest rezystancja diody? Jakim sposobem tranzystor wzmacnia prąd? Czy stosując kilka tranzystorów wzmacniających można by zbudować elektrownię lub perpetuum mobile? Jaka jest największa możliwa oporność? Jaka jest najmniejsza możliwa oporność w elektronice? Jaka jest największa dokładność w elektronice? Czy można mierzyć z dokładnością „absolutną”? Jak zmniejszyć szumy w sprzęcie audio do zera? Jaki wzmacniacz ma najmniejsze zniekształcenia? Czy mogą być zerowe?*

Niektóre z tych pytań dotyczą teorii, inne kwestii praktycznych. W każdym razie sygnalizują problem uproszczeń, nieścisłości i fałszywych wyobrażeń. Udzielenie sensownej odpowiedzi na niektóre z nich wymaga posiadania szerokiej, rzetelnej wiedzy, by naświetlić różne aspekty zagadnienia.

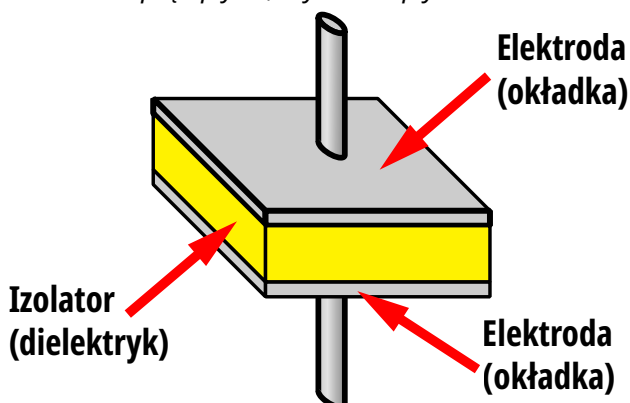
Kwestie zasygnalizowane w tym artykule zostały omówione bardzo skrótowo w filmie:

<https://youtu.be/SdQCFSGqP60>

a nieco szerzej w filmie oznaczonym A001:

<https://www.youtube.com/watch?v=XbGrpjiNI6s&t=5s>.

Piotr Górecki



Skrzynka pytań i odpowiedzi

W tej rubryce przedstawiane są odpowiedzi na wybrane pytania dotyczące elektroniki, zawarte w komentarzach do postów i filmów, nadsyłane przez Patronów i Mecenasów. Wszystkie możliwości kontaktu podane są na stronie: [Zapytaj, odpowiedz.](#)



Zasilacz do lampy ledowej

Zepsuła się lampa ledowa. Podejrzewam zasilacz. Jaki zasilacz kupić, żeby to sprawdzić i naprawić? Jaka ma być moc i napięcie zasilacza? (...)

Problem polega głównie na tym, że jesteśmy przyzwyczajeni do baterii, akumulatorów oraz do zasilaczy dających na wyjściu niezmiennie, (w miarę) stałe napięcie. Najważniejszym parametrem takich źródeł jest napięcie, a w przypadku zasilaczy, także moc wyjściowa lub prąd maksymalny. Takie klasyczne zasilacze są odpowiednie do zasilania popularnych taśm LED, z których przytłaczająca większość zasilana jest napięciem stałym 12V, a potrzebny prąd jest wprost proporcjonalny do długości taśmy LED.

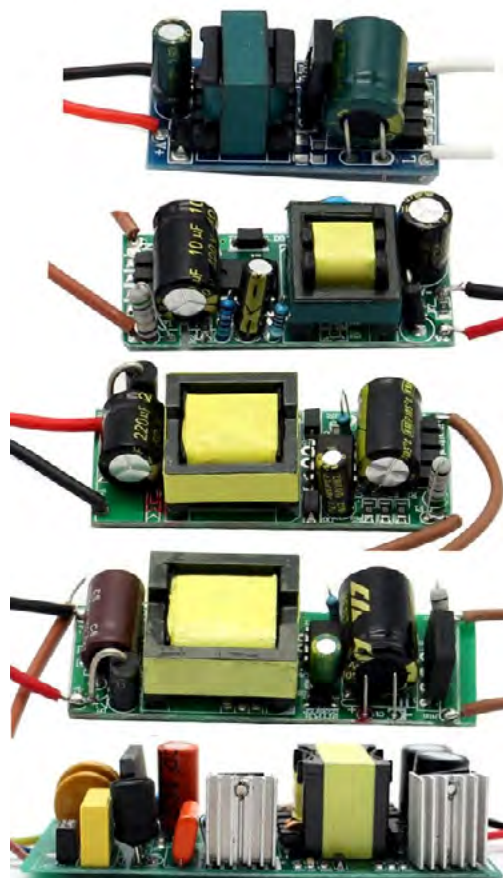
Tymczasem w „lampach ledowych” potrzebne są nietypowe zasilacze „prądowe”, a dokładniej stałoprądowe, do jakich absolutnie nie jesteśmy przyzwyczajeni, bo takich zasilaczy do tej pory praktycznie nie było na rynku. Jak się okazało, Autor pytania wcześniej nie spotkał się z takimi zasilaczami i dlatego pytał o napięcie wyjściowe zasilacza. A powinien pytać o prąd wyjściowy.

Powinien kupić tak zwany zasilacz prądowy, inaczej mówiąc zasilacz stałoprądowy. Dziś w sklepach elektrycznych takie zasilacze są dostępne bez problemu, trzeba tylko dobrać wersję o parametrach odpowiednich do danego modułu LED. Tu jednak jest pewien problem. Trzeba bowiem znać parametry współpracującego modułu LED (modułu COB LED – Chip On Board LED). O tym za dalej w artykule.

W każdym razie do takiego celu potrzebny jest zasilacz (stało)prądowy, w którym podstawowym

parametrem jest prąd wyjściowy, a nie jest napięcie wyjściowe; drugim kluczowym parametrem jest maksymalna moc wyjściowa.

Fotografia 1 (Aliexpress) pokazuje zasilane z sieci zasilacze prądowe w wersji bez obudowy.



Fotografia 1

Dawniej zasilacze zawierały ciężki transformator sieciowy, o którym można powiedzieć, że to on wyznaczał podstawowe właściwości zasilacza. Natomiast współczesne zasilacze w przytłaczającej większości są przetwornicami impulsowymi, czyli są dość skomplikowanymi układami elektronicznymi.

Wprawdzie też zawierają transformator – mały transformator impulsowy, ale w sumie finalne parametry zasilacza określa nie ten transformator impulsowy, tylko współpracujący z nim układ elektroniczny. I ten układ elektroniczny przetwornicy łatwo zrealizować tak, żeby albo stabilizował napięcie wyjściowe, co da klasyczny zasilacz napięciowy, albo żeby stabilizował prąd wyjściowy, co da właśnie zasilacz prądowy. Uwaga! Niektórzy tłumaczą, że zasilacz prądowy to zwykły zasilacz o jakimś napięciu wyjściowym, z wbudowanym ogranicznikiem prądowym. Można tak podejść do tematu, ale to utrwała nieścisłe i nieprawidłowe wyobrażenia dotyczące kilku ważnych zagadnień, dlatego ja proponuję tu opis z początku trudniejszy, ale finalnie lepszy z kilku względów. Proponuję mianowicie, żebyśmy potraktowali zasilacz prądowy, jako swego rodzaju „odwrotność” klasycznego zasilacza napięciowego.

Działanie klasycznego zasilacza napięciowego jest dla nas oczywiste: na wyjściu utrzymuje on jednakowe napięcie U , a prąd wyjściowy I , zależnie od dołączonego obciążenia R , może zmieniać się od zera do jakiejś wartości maksymalnej według wzoru $I = U / R$. Zasilacz ma określony prąd maksymalny I_{MAX} i właśnie maksymalny prąd wyjściowy pomnożony przez napięcie wyjściowe daje (wyznacza) moc maksymalną zasilacza $P_{MAX} = U * I_{MAX}$. Nie zastanawiamy się zwykle, co się będzie dziać, gdybyśmy próbowali pobrać z takiego zasilacza prąd większy, niż jego prąd maksymalny – są różne możliwości, ale nie omawiamy tego, bo to tylko przeszkodzi w rozważaniach o zasilaczach prądowych. Wiemy, że wyjścia zasilacza napięciowego nie wolno zwierać, czyli dołączać tam obciążenie o rezystancji zero, ponieważ grozi to uszkodzeniem. Jest też dla nas „oczywistą oczywistością”, że taki klasyczny zasilacz napięciowy nie musi być obciążony maksymalnie, a wtedy przekazuje do obciążenia moc mniejszą od maksymalnej. Tak samo oczywiste jest, że bez obciążenia napięcie wyjściowe U jest nominalne, a prąd I jest równy zeru, więc moc wyjściowa ($P = U * I$) też jest równa zeru. Tu nie ma wątpliwości.

Zasilacz (stało)prądowy działa w pewnym sensie odwrotnie. Nie stabilizuje napięcia, tylko chce stabilizować prąd. I właśnie to jest dla nas dziwne, bo rzadko mamy do czynienia z takim działaniem. Podstawowa zależność jest jednak prosta: jeżeli do zasilacza prądowego o jakimś określonym prądzie wyjściowym I dołączymy obciążenie w postaci rezy-

stora R , to przez to obciążenie popłynie prąd I , co spowoduje wystąpienie na nim napięcia zgodnie z oczywistym wzorem $U = I * R$. I tu zaczyna się problem! Mianowicie napięcie wyjściowe jest zależne od (rezystancji) obciążenia, a my jesteśmy przyzwyczajeni, że napięcie powinno być niezmiennie.

Przed wszystkim zaskakująca jest następująca skrajna sytuacja: co się dzieje, gdy rezystancja obciążenia R jest bardzo duża i dąży do nieskończoności? Otóż teoretycznie powinno wtedy dążyć do nieskończoności zarówno napięcie ($U = I * R$), jak i moc wyjściowa ($P = U * I$).

W przypadku klasycznego zasilacza napięciowego oczywiste jest, że dla każdego realnego zasilacza o napięciu wyjściowym U mamy jakiś prąd maksymalny I i moc maksymalną P , zależną m.in. od wielkości tego zasilacza. Analogiczne jest w zasilaczu prądowym: on też ma jakąś moc maksymalną P i jakieś maksymalne... napięcie wyjściowe U . W praktyce przetwornica impulsowa, która ma stabilizować prąd, ma też wbudowany obwód ograniczania napięcia. Napięcie wyjściowe nie może wzrastać dowolnie, więc przy bardzo dużej rezystancji obciążenia, w szczególności przy rozwarciu wyjścia, napięcie wyjściowe realnego zasilacza prądowego powinno wzrosnąć tylko do ustalonej przez konstruktora wartości.

Zaskakująca jest też sytuacja przeciwna: otóż zasadniczo, gdy w zasilaczu prądowym rezystancja obciążenia R jest bardzo mała lub gdy jest bliska zeru, czyli gdy jest zwarcie, to... nic się nie dzieje, nie ma żadnego zagrożenia – wbrew potocznym wyobrażeniom, że każde zwarcie jest niebezpieczne. Zasilacz prądowy nie powinien więc bać się ani zwarcia, ani rozwarcia wyjścia.

Nie powinien, ale projektanci współczesnych zasilaczy impulsowych czasem tak projektują układ, że jego działanie zaskakuje. Sam niedawno zostałem zaskoczony działaniem impulsowego klasycznego zasilacza napięciowego, który przy braku obciążenia... pozostawał wyłączony i miał wtedy na wyjściu napięcie praktycznie równe zeru! Otóż projektant uznał, że ten zasilacz w czasie pracy ma być obciążony, co najmniej jakimś niedużym prądem, i gdy takiego obciążenia nie ma, elektroniczny układ przetwornicy zostaje wyłączony (co zresztą ma uzasadnienie – oszczędność energii w stanie jałowym). Ścisłej biorąc, przetwornica przy zbyt małym obciążeniu wyjścia przechodzi w tryb czuwania i co jakiś czas sprawdza – próbkuje, czy obciążenie zostało dołączone. Jeśli nie, to pozostaje w trybie próbkiwania, a na wyjściu co jakiś czas pojawiają się tylko króciutkie impulsy, a średnie napięcie wyjściowe jest praktycznie równe zeru.

Projektanci zasilaczy prądowych przeznaczonych dla modułów COB LED mogą stosować i stosują analogiczne rozwiązania. Mianowicie dodają obwody, które wyłączą przetwornicę, jeżeli napięcie wyjściowe jest zbyt niskie – dużo niższe, niż napięcie pracy przewidywanego modułu COB LED. Nawet jeśli takiego obwodu zabezpieczenia nie ma, zasilacze prądowe mają określony zakres dozwolonych napięć wyjściowych, przy których będą prawidłowo pracować. Dlatego na obudowach takich zasilaczy, oprócz wartości prądu wyjściowego, podaje się zakres prawidłowych napięć wyjściowych. Przykłady masz na **fotografii 2** (Aliexpress). Wszystkie są zasilaczami prądowymi o prądzie 300mA. Ponieważ napięcie przewodzenia białej diody wynosi mniej więcej 3,3V (3...4V), więc przy prądzie 0,3A pobiera on moc około 1 wata. I właśnie to mamy w oznaczeniu modelu: podana jest liczba połączonych w szereg diod 1-watowych, które może obsłużyć dany zasilacz. Ten na samej górze obsłuży 1...3 diod, więc napięcie pracy będzie wynosić 3...12V. Z kolei najsilniejszy zasilacz na samym dole może zasilić tańcuch 25...36 połączonych w szereg 1-watowych diod, więc jego napięcie podczas pracy będzie wynosić 75...135V.

W tym przypadku nie ma podanej mocy, ale należy zwrócić uwagę, że sprzedawcy często mnożą prąd pracy przez podane najwyższe napięcie pracy i taką podają moc zasilacza, co może być mylące.

Można się też zdziwić z innego powodu: niektórzy sprzedawcy podają, że dany zasilacz nie może pracować ani być testowany bez obciążenia wyjścia – przykład na **rysunku 3**.

Tip 3: The no-load test is forbidden.

The voltage is too large and the data is inaccurate, so be sure to enter the bulb load test.

Rysunek 3

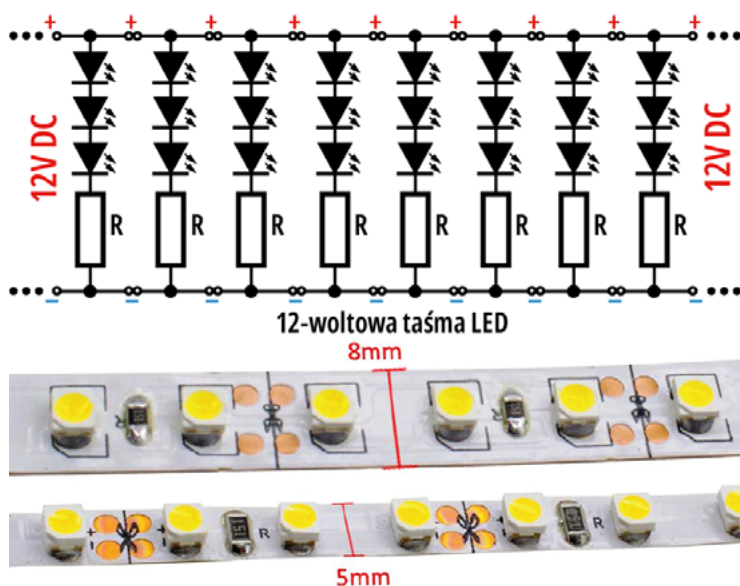
To jest wręcz niewiarygodne i może wyglądać na niedoróbkę, a wręcz błąd w bardzo tanim zasilaczu, którego konstruktor z nadmiernej oszczędności nie zabezpieczył przetwornicy przez uszkodzeniem...

Generalnie, na wyjściu nieobciążonego zasilacza prądowego powinno występować napięcie bliskie maksymalnemu przewidzianemu dla tego zasilacza. Ale uwaga! Projektant zasilacza prądowego zamiast pominąć zabezpieczenie nadnapięciowe, może zrobić coś przeciwnego: może dodać obwody, które wyłączą przetwornicę, gdy wyjście zasilacza jest nieobciążone. Wspominam o tym dlatego, że można natknąć się na tego rodzaju rozwiązanie: jak najbardziej sprawny zasilacz prądowy nie będzie pracował ani przy zbyt małym, ani przy zbyt dużym obciążeniu. Dopiero dołączenie prawidłowego obciążenia „obudzi” przetwornicę impulsową tego zasilacza. To zresztą jest powód, dla którego zasilaczy prądowych

nie należy testować w wykorzystaniu żarówek. Jeżeli przetwornica ma któreś z opisanych właśnie zabezpieczeń, to może nie chcieć wystartować z zimną żarówką, której włókno ma małą rezystancję. Także przy testach z wykorzystaniem rezystorów należy tak dobrać rezystancję obciążającą, żeby przy danym prądzie wyjściowym napięcie wyjściowe mieściło się w granicach podanych na zasilaczu.

Dlatego też warto testy zasilaczy prądowych przeprowadzać stosując jako obciążenie moduł COB LED o napięciu leżącym w środkowym zakresie napięć tego zasilacza prądowego.

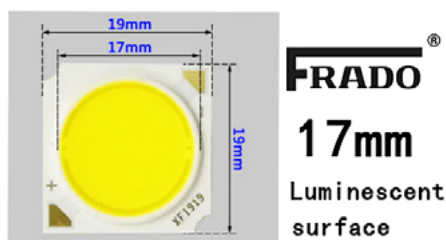
Tu też można natknąć się na niespodzianki. Niespodzianek nie ma tylko w przypadku taśm LED, które zasila się napięciowo, a nie prądowo, ponieważ mają one wbudowane rezystory ograniczające prąd. **Rysunek 4** pokazuje schemat budowy 12-woltowych taśm LED, gdzie w szereg połączone są trzy diody LED.



Rysunek 4



Fotografia 2

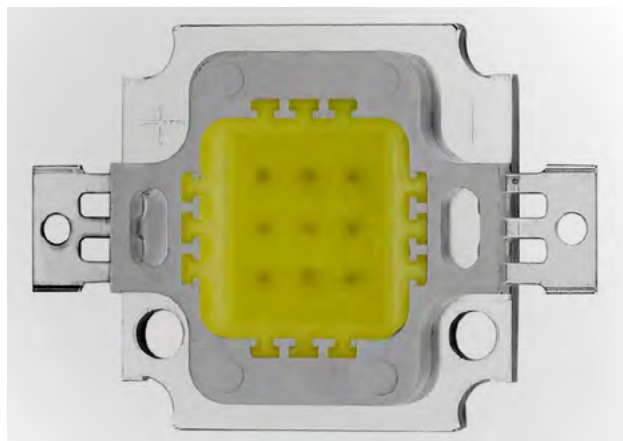


功率	电压	电流	色温
10W	29-35V	300ma	3000K/4000K/6000K
12W	35-42V	300ma	3000K/4000K/6000K
15W	42-53V	300ma	3000K/4000K/6000K
18W	50-65V	300ma	3000K/4000K/6000K
20W	58-72V	300ma	3000K/4000K/6000K
24W	69-84V	300ma	3000K/4000K/6000K
30W	87-108V	300ma	3000K/4000K/6000K
36W	69-84V	300ma	3000K/4000K/6000K

Rysunek 5

W modułach COB LED nie ma rezystorów ograniczających i w szereg połączonych jest zwykle znacznie więcej niż trzy diody LED. Właśnie z uwagi na brak marnujących energię rezystorów ograniczających, moduły COB LED powinny być zasilane prądowo. **Rysunek 5** pochodzi z oferty 300-miliamperowych modułów COB LED, zawierających różną liczbę połączonych szeregowo diod. Wersja 10-watowa zawiera dziesięć diod i jej napięcie pracy wyniesie 29...35V, natomiast wersja 30-watowa to 30 diod o napięciu zasilania 87...108V. Wersja najsilniejsza 36-watowa zawiera 48 diod (2 łańcuchy po 24 diody), które z uwagi na silne nagrzewanie mają pracować przy mniejszym prądzie (po 150mA), a napięcie pracy wyniesie 69...84V.

Dostępne są diody i moduły COB LED o różnych prądach. Podstawowe nominały prądu pracy to 350mA, 700mA, 1050mA, 1400mA, 2100mA, ale bardzo często spotyka się moduły COB LED o zalecanych prądach pracy 150mA, 300mA, 600mA, 900mA i jeszcze innych.



Fotografia 6

Na przykład **fotografia 6** pokazuje mały moduł, tak zwany 10-watowy, gdzie wewnątrz mamy połączenie dziewięciu diod LED: trzy łańcuchy po 3 diody. Oczywiście też należy je zasilac za pomocą zasilaczy prądowych – w tym przypadku o prądzie około 900mA, a napięcie pracy wyniesie około 9...11V.

Bardzo popularne, bardzo tanie, ale zwykle też dające światło o bardzo słabej jakości, są moduły pokazane na **fotografii 7**. Zawierają kilka łańcuchów po 10 diod każdy, dlatego ich napięcie pracy wynosi około 30...40V. Jeden łańcuch z 10 diodami ma teoretycznie 10 watów, więc o mocach 20, 30, 50, 100W zawierają odpowiednio 2, 3, 5, 10 takich łańcuchów, co widać na fotografii 7. Proponowane dla nich prądy pracy wynoszą odpowiednio 600mA, 900mA, 1,5A i 3A. W praktyce prąd pracy powinien być znacznie mniejszy, a absolutną koniecznością jest solidny radiator. W przeciwnym wypadku diody szybko stracą parametry i ulegną uszkodzeniu. Skuteczne chłodzenie, czyli odprowadzanie ciepła wydzielającego się w diodach LED to ogromnie ważne zagadnienia, a większość błędów polega właśnie na pracy diod LED przy zbyt dużym prądzie i zbyt słabym chłodzeniu. To jednak odrębne i ogromnie szerokie zagadnienie.



Fotografia 7

Jeżeli chodzi o zakup zasilacza prądowego do modułów COB LED, oferta rynkowa jest bardzo szeroka. Daje o tym pojęcie także **rysunek 8** – fragment oferty jednego ze sklepów internetowych.

Dokonując wyboru, przede wszystkim należy wybrać odpowiedni dla danego modułu COB LED prąd pracy. Bezpieczniej jest pracować przy prądzie mniejszym, niż podaje sprzedawca – zwiększy to trwałość, ale pod warunkiem zastosowania skutecznego chłodzenia.

Należy też dobrać zasilacz o zakresie napięć pracy stosownym do danego modułu, czyli zależnym od liczby diod połączonych szeregowo w łańcuchu (łańcuchach). Ogólnie biorąc, na jedną białą diodę zwykle przypada napięcie około 3,2...3,4V.

Inna, znacznie trudniejsza kwestia, to wybór modułu COB LED na podstawie jego dostępnych parametrów i ceny. To jednak odrębne, szerokie zagadnienie, które możemy omówić oddzielnie.

Omówiliśmy z grubsza podstawowe zasady doboru zasilaczy prądowych. Nie wspomnieliśmy jednak nic o kwestiach bezpieczeństwa ani o znaku – deklaracji CE, a to kolejny obszerny i ważny temat.

Przykładami były tanie i stosunkowo proste zasilacze z niższej półki. Warto jednak wiedzieć, że istnieją też zasilacze prądowe, przeznaczone do systemów inteligentnych domów, których prąd wyjściowy można zdalnie i w różny sposób regulować, a tym samym zmieniać jasność świecenia diod LED. Takie zaawansowane zasilacze mogą mieć różne sposoby regulacji. Najprostsza i najpopularniejsza jest regulacja wypełnienia podawanych na moduł LED impulsów prądowych (PWM) o częstotliwości 100Hz do 2kHz. Różne są też interfejsy sterujące: od analogowych oznaczanych 0-10V i 1-10V do bezprzewodowych, w tym wykorzystujących WiFi. **Fotografia 9** pokazuje zasilacz LC-60 znanej firmy MeanWell, pozwalający regulować prąd wyjściowy, i to na kilka sposobów. To jednak oddzielny, obszerny temat. ©



Fotografia 9

AliExpress LCFocus Official Store + Obserwuj 3191 Obserwujący

97.0% Pozytywne opinie

sklep domu Produkty Wyprzedaż przedmiotów Najczęściej kupowane

Sterownik LED 10W letniowie zasilacz c

★★★★★ 4.6

Power	Input Voltage	Output Current	Dimensions
10W	12-34V	300mA	30*17*17 mm, 56*32*22 mm, 60*25*21 mm
10W	6-10V	900mA	30*17*17 mm, 56*32*22 mm, 60*25*21 mm
20W	18-34V	600mA	47*20*13 mm, 65*34*24 mm, 80*25*21 mm
30W	18-39V	900mA	85*27*24 mm, 115*45*28 mm, 112*37*29 mm
40W	18-39V	1200mA	110*32*23 mm, 140*45*28 mm, 140*37*29 mm
50W	18-39V	1500mA	110*32*23 mm, 140*45*28 mm, 140*37*29 mm
60W	18-39V	1800mA	124*36*23 mm, 167*42*34 mm, 152*51*38 mm
70W	18-39V	2100mA	124*36*23 mm, 167*42*34 mm, 152*51*38 mm
80W	18-34V	2400mA	124*36*23 mm, 167*42*34 mm, 152*51*38 mm
100W	18-34V	3000mA	140*70*38 mm
120W	18-34V	3600mA	200*69*38 mm
150W	18-34V	4500mA	200*69*38 mm
200W	18-34V	6000mA	257*69*38 mm
300W	18-34V	9000mA	290*85*40 mm

Rysunek 8

Skrzynka pytań i odpowiedzi

W tej rubryce przedstawiane są odpowiedzi na wybrane pytania dotyczące elektroniki, zawarte w komentarzach do postów i filmów, nadsyłane przez Patronów i Mecenasów. Wszystkie możliwości kontaktu podane są na stronie: [Zapytaj, odpowiesz](#).



Jaki kupić miernik uniwersalny – multimetr?

(...) mam pytanie – szukam miernika uniwersalnego w miarę dobrego i w rozsądnej cenie (...) cele bardzo ogólnoelektroniczno-elektryczne (...) może być jakiś plusik – miernik tranzystorów czy coś ;-)

Nie ma uniwersalnej odpowiedzi w kwestii zakupu miernika uniwersalnego. Pierwsza, dla wielu najważniejsza kwestia to cena. Jeżeli ktoś ma sporo pieniędzy do wydania i lubi najwyższą jakość, to wybór jest jasny: renomowany producent Fluke i jego niemała oferta. A z niej na przykład znany i ceniony profesjonalny multimetr Fluke 87 (V) – **fotografia 1**. Ale to wydatek rzędu 3000 PLN. Tak jest, to nie pomyłka – około trzech tysięcy złotych.

Jeżeli budżet jest mocno ograniczony, to w grę wchodzi jakiś zdecydowanie tańszy „chińczyk”, oczywiście cyfrowy, a nie wskazówkowy. Niekoniecznie ściągany bezpośrednio z Chin, co w przypadku pecha może oznaczać problemy z serwisem i gwarancją. Dlatego wiele osób woli zapłacić trochę drożej i kupić sprzęt u porządnego polskiego dystrybutora, który zapewnia serwis gwarancyjny, a przynajmniej zgodnie z prawem daje dwuletnią gwarancję i możliwość wymiany.

Nieelektronikowi zapewne wystarczy jeden multimetr, dlatego prawdopodobnie będzie skłonny kupić droższy i... ładniejszy.

Tak naprawdę, to w domu, do celów ogólnych wystarczy jakikolwiek multimetr, nawet najtańszy, już za kilkanaście złotych.

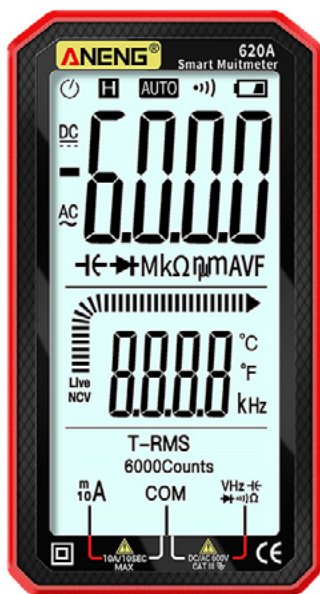
Natomiast każdy, kto praktycznie zajmuje się elektroniką powinien mieć kilka multimetrów, przy-

najmniej trzy: co najmniej jeden możliwie najlepszy i co najmniej dwa budżetowe, ale lepiej nie najprostsze, nie najtańsze. W chwili pisanego tego materiału (czerwiec 2022) multimetry „ogólnoelektroniczne” o sensownych parametrach można kupić w granicach 40...200 zł. No chyba że ktoś ma szczególne potrzeby i wymagania, to być może będzie musiał zapłacić więcej. Niektóre multimetry lepiej, inne gorzej nadają się na przykład do



Fotografia 1

warsztatu samochodowego. Większość w ogóle nie nadaje się do pomiarów prądów i napięć w obwodach sieci energetycznej, gdzie występują regulatory z triakami, deformujące sinusoidę. I dodatkowa uwaga: praktycznie nie ma multimetrów nadających się do pomiarów audio (pomijamy AMM-1 za 450USD) – pomiary sygnałów audio, także w obwodach głośnikowych, dokonywane są w zupełnie inny sposób.



Fotografia 2



Fotografia 3

A jeżeli chodzi o wybór niedrogiego miernika „ogólnoelektronicznego”, to kierunki wyboru są dwa: jeden to miernik jak najbardziej atrakcyjny z wyglądu, a niekoniecznie o wysokich parametrach.

Przykłady multimetrów o mało typowym wyglądzie, dla wielu bardzo atrakcyjnym, pokazane są na **fotografiach 2, 3**.

Kierunek drugi to multimetr o jak najlepszych parametrach, a możliwie tani. Jednym z najbardziej obecnie atrakcyjnych przykładów jest Aneng AN870 (**fotografia 4**), który na Aliexpress można przy odrobinie wysiłku „upolować” w cenie (z dostawą) poniżej 150 zł. Dla wielu elektroników może to być bezapelacyjnie najdokładniejszy woltomierz w pracowni, ponieważ jego błąd pomiaru napięć stałych nie przekracza 0,05%, a atrakcyjność zwiększa obecność przetwornika True RMS.

Nie polecam najtańszych multimetrów serii 830 (**fotografia 5**) i pokrewnych w dużo ładniejszych obudowach, ale mających te same zakresy i możliwości. Nie znaczy to jednak, że są nieprzydat-



Fotografia 4



Fotografia 5

ne. Ale jeżeli już ktoś chce kupić miernik tani lecz znacząco lepszy, może zwrócić uwagę na odmiany multimetrów o numerze 9205 A (**fotografia 6**) lub na podobne, w cenach od około 40 zł.

Niestety, wyższa cena nie zawsze oznacza większe zadowolenie nabywcy. A już obecność wspomnianych w pytaniu „plusików” to zwykle żadna zaleta. Na



Fotografia 6

przykład wbudowany w niego obwód w postaci miernika tranzystorów to dla większości użytkowników gadżet, bezwartościowy „wodotrysk”, z którego praktycznie nigdy nie skorzystają. A jeżeli już, to co najwyżej do sprawdzenia, czy bipolarny tranzystor jest w ogóle sprawny. I nie zmierzają MOSFET-ów.

Ogólnie biorąc, na podstawie reklam i parametrów przedstawianych przez handlowców bardzo trudno jest dokonać optymalnego wyboru. W specyfikacjach wcale nie są podane wszystkie kluczowe parametry i właściwości. Szereg aspektów tego obszernego zagadnienia może być

omówionych w najbliższych numerach ZE w artykułach dotyczących multimetrów, o ile wyrażicie takie życzenie.

Natomiast praktyczne przykłady pełnego wykorzystania współczesnych multimetrów cyfrowych podane są w artykułach na temat Mikroomomierza oraz Planowanego Teraomomierza. ©

ZROZUMIEĆ **E**LEKTRONIKĘ z Piotrem Góreckim

ZE 12/2022

piotr-gorecki.pl



Wydawca: Piotr Górecki ul. Nadarzyn 23B 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

**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.