Szkoła Konstruktorów – Zaproponuj dowolną przystawkę do smartfona

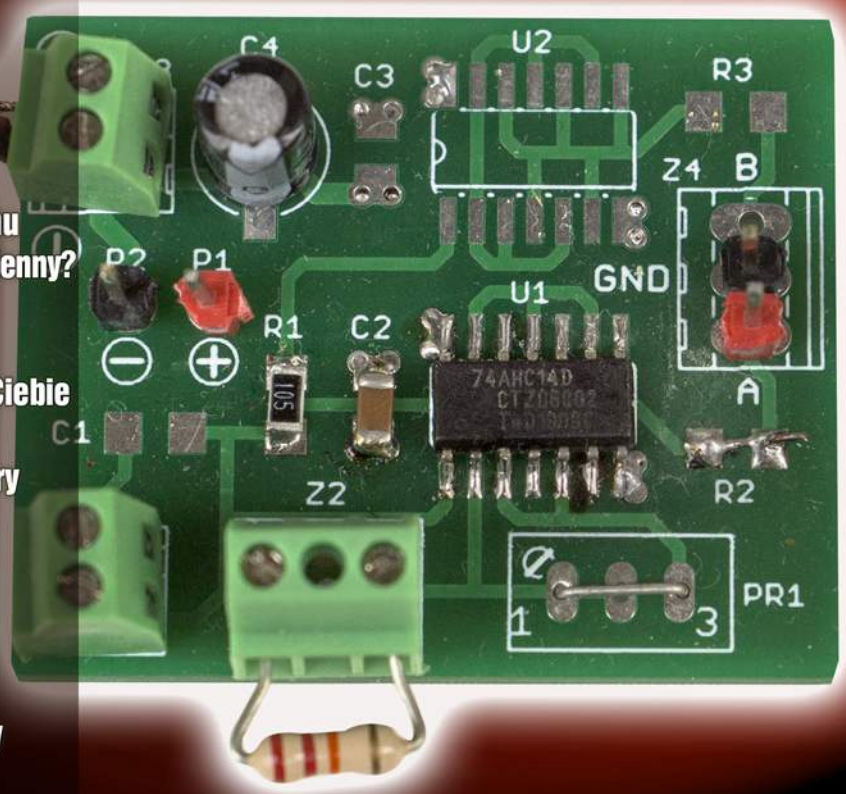
# ELEKTRONIKA dla wszystkich

3/2022 MARZEC • CENA 13,90 zł (w tym 8% VAT)

www.elportal.pl

# Generator nanosekundowy

## Ładowarka podtrzymująca do akumulatora 12V




- Frezarka CNC
- Izolacja chassis
  – Cel i różne rozwiązania tego problemu
- Felieton: Czy potrzebny nam prąd przemienny?
- Inteligentny dom
  – Centrum dowodzenia czy hybryda?
- Automatyczne nawadnianie także dla Ciebie
- Rozkazy protokołu MODBUS
- NanoVNA – Wykonaj precyzyjne pomiary
- Przeróbki modułowych mierników prądu stałego
- Wzmacniacze klasy D
- Akumulatory litowe – Podstawy
- Moje pasje
  – Własnej roboty magnetofon szpulowy

INDEKS 333 62X ISSN 1425-1698

Portale branżowe
AutomatykaB2B.pl
ElektronikaB2B.pl
Miejsca dla specjalistów

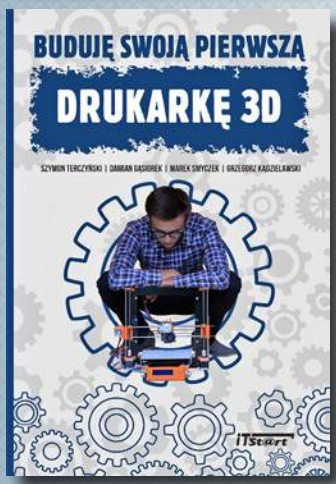
Drukarki 3D
filamenty, części zapasowe
sklep.avt.pl

FIRMA PIEKARZ
CZĘŚCI ELEKTRONICZNE
przełączniki
półprzewodniki
złącza
przekaźniki
radiatory
obudowy
i wiele więcej...
www.piekarz.pl

OLED
artronic
OPTOELEKTRONIKA
www.artronic.pl

# KSIĄŻKI Z RABATEM DO 30% W ULUBIONYM KIOSKU

**Wybieraj spośród naszych nowości i bestsellerów!**



**Zobacz pełną ofertę książek na UlubionyKiosk.pl**

eprasa.pl 019970d2a6

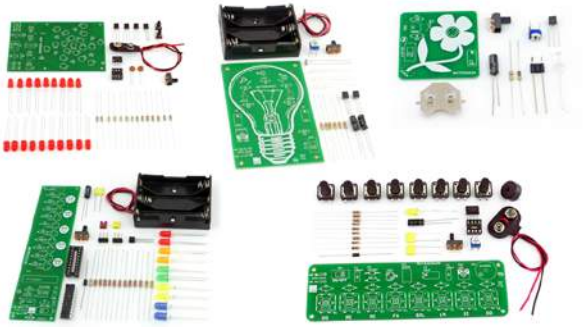
# AVTEDU

Poznaj całą serię

Zupełnie nowa edukacyjna seria kitów AVTEDU. Wypróbuj je wszystkie i zostań mistrzem lutownicy, poznaj świat elektroniki i zgłębiaj go razem z nami

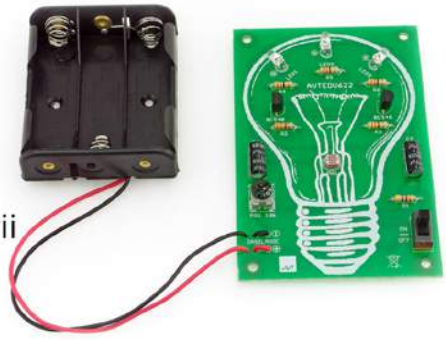
**#AVTEDU #NaukaLutowania #KityAVT**

**AVTEDU to zestawy (KITy) DIY do samodzielnego zlutowania.**
W zestawach znajduje się płytka drukowana i komplet elementów elektronicznych.



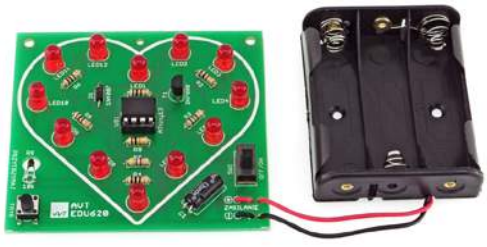
## Zmierzchowa lampka LED
## Zestaw do montażu **AVTEDU622**, cena: 24zł

- lampka nocna z czujnikiem zmierzchu
- źródło światła: 3 białe diody LED
- płynna regulacja czułości zadziałania
- napięcie zasilania: 5 VDC [3×AA] - zestaw nie zawiera baterii
- wymiary płytki: 92x60mm



## Bijące serce LED
## Zestaw do montażu **AVTEDU620**, cena: 28zł

- oryginalny prezent na walentynki, urodziny, imieniny itp
- 12 czerwonych diod LED tworzący zarys serca
- czujnik temperatury jako "przyspieszacz" bicia serca
- 3 efekty bicia serca wybierane przyciskiem
- napięcie zasilania: 4,5VDC [3×AA] - zestaw nie zawiera baterii
- wymiary płytki 74×67mm



AVT SPV Sp. z o.o., 03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel.: (22) 257 84 51 e-mail: handlowy@avt.pl

AVT sklep **sklep.avt.pl**

eprasa.pl 019970d2a6

**Firmy prezentujące swoje oferty w niniejszym wydaniu EdW**


ARTRONIC ..... 1

ELMAX ..... 27

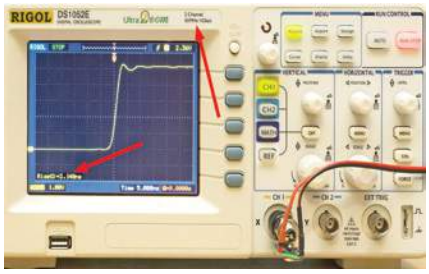
FERYSTER ..... 55

PIEKARZ ..... 1, 33

PRODUCENT AUTOMATYKI GRZEWCZEJ

PW KEY ..... 39

SEMICON ..... 35

## str. 17

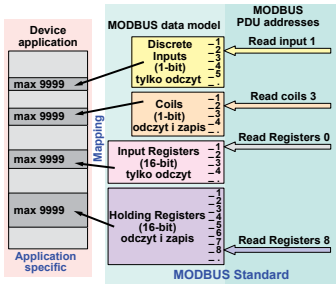
### Generator nanosekundowy

Układ elektroniczny jest banalnie prosty. A sygnały prostokątne o zboczach 1-nanosekundowych przydadzą się do wielu różnych celów. Przy okazji ujawniają się zaskakujące fakty o oscyloskopach Rigol.

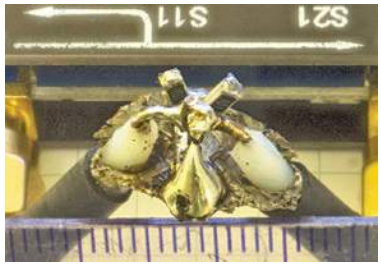
## str. 34

### Transmisja danych w inteligentnym domu. Rozkazy protokołu MODBUS

Ponieważ MODBUS nadal jest bardzo popularnym standardem, także w systemach inteligentnego domu, trzeba dobrze poznać i zrozumieć strukturę jego komunikatów, a wtedy wszystko stanie się jasne i proste.




MODBUS Addressing model




## str. 36

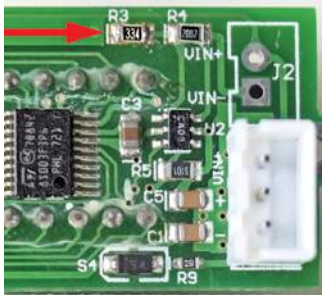
### NanoVNA – wykonaj precyzyjne pomiary

Maleńki i tani NanoVNA ma ogromny potencjał, jednak uzyskanie prawidłowych i dokładnych wyników zależy od wielu czynników. Między innymi trzeba ominąć pułapki związane z pętlą masy.

## str. 40

### Przeróbki modułowych mierników prądu stałego

Moduły fabrycznych woltomierzy zawierające 18-bitowy przetwornik ADC MCP3421 mogą zostać poddane rozmaitym przeróbkom, które dostosują ich parametry do konkretnych, indywidualnych potrzeb.



## str. 56

### Ładowarka podtrzymująca do akumulatora 12V

Akumulatory kwasowe z czasem tracą zgromadzoną w nich energię. Boleśnie odczuwają to użytkownicy starszych samochodów, które po kilku dniach nie chcą „zapalić". Opisywany układ pozwala na bieżąco doładowywać akumulator.


**Copyright** AVT-Korporacja Sp. z o.o., Warszawa, ul. Leszczynowa 11.
Projekty publikowane w „Elektronice dla Wszystkich" mogą być wykorzystywane wyłącznie do własnych potrzeb. Korzystanie z tych projektów do innych celów, zwłaszcza do działalności zarobkowej, wymaga zgody redakcji „Elektroniki dla Wszystkich". Przedruk oraz umieszczanie na stronach internetowych całości lub fragmentów publikacji zamieszczanych w „Elektronice dla Wszystkich" jest dozwolone wyłącznie po uzyskaniu pisemnej zgody redakcji.
Redakcja nie odpowiada za treść reklam i ogłoszeń zamieszczanych w „Elektronice dla Wszystkich".



**Miesięcznik**

ELEKTRONIKA dla wszystkich

***www.elportal.pl***

**(12 numerów w roku) jest wydawany we współpracy z kilkoma redakcjami zagranicznymi.**

**Wydawca:**
Wiesław Marciniak

**Adres Wydawcy:**
AVT-Korporacja sp. z o.o.
ul. Leszczynowa 11
03-197 Warszawa
tel.: (22) 257 84 99
fax: (22) 257 84 00

**Redaktor Naczelny:**
Piotr Górecki, *pg@elportal.pl*

**Redaktorzy Działów:**
Andrzej Janeczek
*sp5aht@swiatradio.com.pl*

**Opracowanie graficzne, skład:**
Ewa Górecka-Dudzik

**Okładka, zdjęcia, skanowanie:**
Piotr Górecki jr

**Sekretarz Redakcji**
Ewa Górecka-Dudzik
*ewa.dudzik@elportal.pl*
tel.: (22) 783 00 20
(w godzinach 10:00 – 15:00)

**Dział Reklamy:**
Katarzyna Gugała
*katarzyna.gugala@elportal.pl*
tel.: (22) 257 84 64

Klasyczne listy i paczki (projekty i Szkoła Konstruktorów) prosimy adresować:

***AVT – EdW***
***ul. Leszczynowa 11***
***03-197 Warszawa***
*(+dopisek określający zawartość)*

**Korespondencja elektroniczna:**

e-maile do Redakcji EdW:
*edw@elportal.pl*

e-maile do Szkoły Konstruktorów:
*szkola@elportal.pl*

rozwiązania konkursów – e-maile:
*konkursy@elportal.pl*

uwagi do rubryki Errare:
*errare@elportal.pl*

**Prenumerata:**
**W Wydawnictwie AVT**
tel: (22) 257 84 22
(godz. 10:00–14:00)
e-mail: prenumerata@avt.pll
**W RUCH S.A.**
tel: 801 800 803, (22) 717 59 59
e-mail:prenumerata@ruch.com.pl
www.prenumerata.ruch.com.pl

**Stali współpracownicy:**

Michał Adamus
Szymon Janek
Krzysztof Kawa
Rafał Orodziński
Michał Pędzimąż
Michał Stach
Szymon Trygar
Adam Sobczyk
Piotr Świerczek
Piotr Wójtowicz


eprasa.pl 019970d2a6

ELEKTRONIKA dla wszystkich

Marzec 3 (314)

## Projekty

### Projekty AVT

Generator nanosekundowy ....17
Frezarka CNC, część 3 ....24

### Elektronika 2000

Ładowarka podtrzymująca do akumulatora 12V....56

## Szkoła Konstruktorów

**Zadanie główne 312**
Zaproponuj sposób realizacji praktycznie użytecznego zasilacza warsztatowego lub laboratoryjnego.. .... 45
**Rozwiązanie zadania głównego 307**
Zaproponuj dowolną przystawkę do smartfona ....46
**Druga klasa Szkoły Konstruktorów** Co tu nie gra? 312, 307.... 50
**Trzecia klasa Szkoły Konstruktorów** Policz 312, 307.... 52

## Artykuły różne

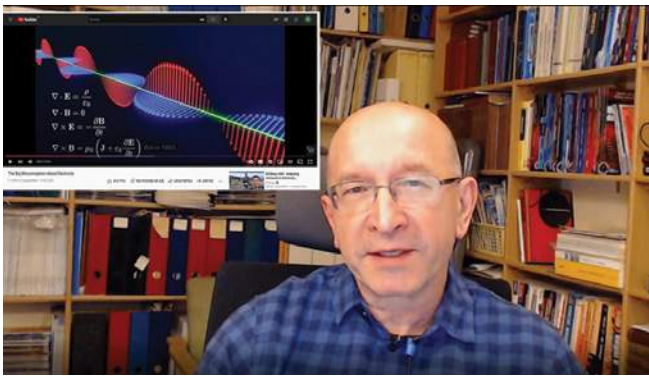
Elektronika i historia
Izolacja chassis – cel i różne rozwiązania tego problemu....13
Felieton: Czy potrzebny nam prąd przemienny? ....16
Inteligentny dom także dla Ciebie, czyli jest dobrze, ale nie beznadziejnie. Część 6 – Centrum dowodzenia czy hybryda?....28
Automatyczne nawadnianie
także dla Ciebie – podstawy, część 2 ....32
Transmisja danych w inteligentnym domu
7. Rozkazy protokołu MODBUS....34
NanoVNA – wykonaj precyzyjne pomiary, część 3....36
Przeróbki modułowych mierników prądu stałego, część 2 ....40
Wzmacniacze klasy D, część 16....58
Współczesne akumulatory.
4. Akumulatory litowe – podstawy....62
Moje pasje – własnej roboty magnetofon szpulowy, część 2....66

## Rubryki stałe

Nowości, ciekawostki .... 6
Poczta....8
Prenumerata ....12
Skrzynka porad ....14
Księgarnia AVT....31
Oferta handlowa AVT .... 70

## Konkursy

Co to jest? ....67
Krzyżówka ....61
Jak to działa?....68



# Marzec

Na marcowej okładce mamy *Generator nanosekundowy*. Beznadziejnie prosty układ pozwala wytworzyć przebieg prostokątny o bardzo ostrych zboczach, a właśnie taki sygnał okazuje się znakomity do najrozmaitszych testów. Na przykład wraz z oscyloskopem tworzy reflektometr (TDR), który przyda się nie tylko do testowania kabli, ale też do zgłębiania tajemnic techniki radiowej, a mianowicie odbić i dopasowania. A przy okazji pozwoli także zmierzyć parametry oscyloskopu, co może okazać się bardzo dużym zaskoczeniem, tak jak to było w moim przypadku.
W marcowym numerze znajdziecie też szereg innych wartościowych informacji.
Muszę też poinformować, że po ponad 25 latach przestaję być Naczelnym EdW, więc jest to mój ostatni numer realizowany w tej roli. Nowej redakcji EdW życzę powodzenia i sukcesów!
Dziękuję kierownictwu AVT, wszystkim Współpracownikom i Czytelnikom czasopisma za tak wiele lat współpracy!
Do tej pory co miesiąc zwracałem się do Was tu, na piątej stronie każdego numeru EdW. Nie znikam – odtąd bedę bardziej aktywny w Internecie. Zapraszam serdecznie do mojego kanału na YouTube:
***www.youtube.com/channel/UCDxH7sHb6TMl4IgtcD1FifA?***
oraz na Facebook: ***https://bit.ly/3aj0ixL***
gdzie postaram się umieszczać kolejne filmy i inne informacje o swoich pracach i planach.

Bardzo serdecznie pozdrawiam

Piotr Górecki

***Prenumerata – naprawdę warto!***

eprasa.pl 019970d2a6

## LEICA M11

Fani dalmierzowego systemu M od niemieckiej Leiki czekali na ten model z niecierpliwością. To długo wyczekiwana pierwsza M, która od strony zaawansowania sensora i elektroniki nie odstaje od konkurencji ze strony Sony, Canona czy Fujifilm.

Najbardziej istotną nowością jest nowa 60-megapikselowa matryca CMOS z tylnym podświetleniem, która dzięki funkcji Triple Resolution pozwoli nam także zapisywać pliki DNG i JPG w pomniejszonych rozdzielczościach 36 i 18Mpx – zawsze przy wykorzystaniu całego obszaru matrycy. To bardzo wygodna funkcja, która pozwoli zwiększyć rozpiętość tonalną oraz zaoszczędzić miejsce na kartach czy zwiększyć pojemność bufora, który w przypadku serii o pełnej rozdzielczości (maksymalnie 4,5 kl./s) zapisze raptem 15 zdjęć DNG.

Matryca pracuje w zakresie czułości ISO 64-50 000 i oferować ma 15-stopniowy zakres dynamiczny, a dzięki nowemu procesorowi Maestro III nawet przy pracy z pełną rozdzielczością ma dawać płynną i wygodną obsługę.

Otrzymujemy także nowy ekran dotykowy o rozdzielczości 2,3 mln punktów, układ menu zaczerpnięty z modeli SL2 i Q2 oraz trzy kluczowe zmiany jakimi są: pojawienie się portu USB-C, 64GB wbudowanej pamięci oraz o ponad 60% bardziej wydajna bateria.

Razem z modelem Leica M11 debiutuje także nowy doczepiany do stopki aparatu, metalowy wizjer elektroniczny Visoflex 2, który lepiej pasować będzie designem do nowego aparatu i zapewni większy komfort fotografowania dzięki rozdzielczości 3,7 mln pikseli.

Nowy model M wyceniono na… 41 tysięcy złotych.

## CENY DYSKÓW SSD W GÓRĘ

Obecnie najpopularniejszymi dyskami są SSD, które bazują na różnych odmianach pamięci NAND. Jak się okazuje, pewne zdarzenie może sprawić, że kości pamięci będą droższe, przez co ceny dysków pójdą w górę. Pamięci NAND różnego typu – najbardziej zaawansowane SLC, solidne TLC czy tańsze MLC są kluczowe do stworzenia dysków półprzewodnikowych SSD, niezależnie od tego, na jakim interfejsie bazują – czy to tradycyjnym SATA, czy PCI-Express. W obecnych czasach ich podaż jest ogromna, dzięki czemu za szybsze dyski o wyższych pojemnościach nie musimy płacić aż tak wiele. W polskich sklepach bez problemu kupi się dysk SSD o pojemności 500GB w cenie około 200 złotych czy 1TB za niespełna 500 złotych.

Western Digital Corporation poinformowało, że na liniach produkcyjnych kostki NAND fabryki Yokkaichi i Kitakami w Japonii doszło do incydentu, który spowodował, że uszkodzeniu uległa znaczna liczba struktur NAND. Raport TrendForce donosi, że szacowane szkody sięgają 6,5 eksabajtów, czyli aż 6500 mln gigabajtów.

Szacuje się, że klienci odczują to najbardziej w drugim kwartale 2022 roku, ponieważ ceny pamięci NAND wzrosną o 5 do 10%. Producenci dysków z tego względu mogą sobie zażyczyć jeszcze więcej za swoje dyski.

## WALKMAN DLA AUDIOFILÓW

Czy smartfony na zawsze pogrążyły odtwarzacze muzyczne? Nie, te drugie wciąż znajdują swoich amatorów, z czego zdaje sobie sprawę Sony, wypuszczając w tym roku dwa nowe modele Walkmana.

O przywiązaniu firmy do dbałości o wysoką jakość dźwięku może świadczyć fakt, że dla Sony ważny jest nawet materiał użyty do konstrukcji obudowy. W przypadku modelu o niewiele mówiącej nazwie NW-WM1ZM2 mówimy o oczyszczonej do 99,99%, pozłacanej miedzi beztlenowej (Oxygen Free Cooper – OFC). Dzięki temu obudowa cechuje się większą sztywnością oraz powiększoną masą elektryczną obwodów cyfrowych. W modelu NW-WM1AM2 zastosowano natomiast ramkę ze stopu aluminium – chroni ona urządzenie przed zakłóceniami elektrycznymi i usztywnia konstrukcję obudowy.

Dla fanów dedykowanych odtwarzaczy muzycznych najważniejsza jest jednak jakość dźwięku, dlatego oba urządzenia wyposażono we wzmacniacze cyfrowe S-Master HX, opracowane specjalnie do Walkmanów.

Obie propozycje od Sony oparto na systemie Android 11 i wyposażono w moduł Wi-Fi, dzięki czemu możliwe jest pobieranie muzyki lub odsłuchiwanie jej z platform streamingowych. 128GB wbudowanej pamięci w modelu NW-WM1AM2 i 256GB w NW-WM1ZM2 powinno wystarczyć na wgranie tysiąca utworów w najwyższej jakości. Jeżeli i to nie wystarczy, oba urządzenia wyposażono w gniazdo na kartę microSD. Producent deklaruje, że bateria wystarczy na odsłuch utworów w jakości FLAC 96kHz nawet przez 40 godzin.

## ELEKTRYKI Z ZASIĘGIEM 1000 KM?

Wśród najczęściej wymienianych wad samochodów elektrycznych znajduje się,obok szybkości ładowania, zasięg na jednym ładowaniu. Niewykluczone jednak, że niebawem nie będzie to głównym problemem. Model Fresco XL ma przejeżdżać 1000km bez konieczności uzupełnienia energii w akumulatorach.

Dla osób, które pokonują długie dystanse nadal wygodniejszym wyborem są auta z silnikami spalinowymi, szczególnie Diesla. Oczywiście niektóre elektryki przekraczają już 500km na jednym ładowaniu, ale osiągnięcie takich wyników podawanych przez producenta wymaga często wielu wyrzeczeń, a także odpowiednich warunków jazdy.

Należy jeszcze zauważyć, że nawet przy sporym zasięgu, musimy liczyć się z koniecznością odwiedzenia ładowarki i długim czasem ładowania. Oczywiście na bardzo szybkich ładowarkach można już osiągnąć 30–40 minut, gdy zdecydujemy się na ładowanie od prawie 0 do 80%, ale to wciąż odczuwalnie dłużej niż zatankowanie benzyny czy oleju napędowego.

Nie wiadomo jaką pojemność będzie miał akumulator, ale ma on zapewnić zasięg do 1000km na jednym ładowaniu. To znacznie więcej niż zasięgi oferowane przez elektryki już obecne na rynku. Ważnym aspektem ma być tutaj aerodynamika, bo sam akumulator, nawet naprawdę duży, nie byłby wystarczający.

Dowiedziano się, że Fresco XL ma być wyposażony w dwa silniki i napęd na wszystkie cztery koła. Pomieści on maksymalnie 8 osób w środku. Uwagę zwraca minimalistyczne wzornictwo i lampy LED umieszczone z przodu oraz tyłu pojazdu.

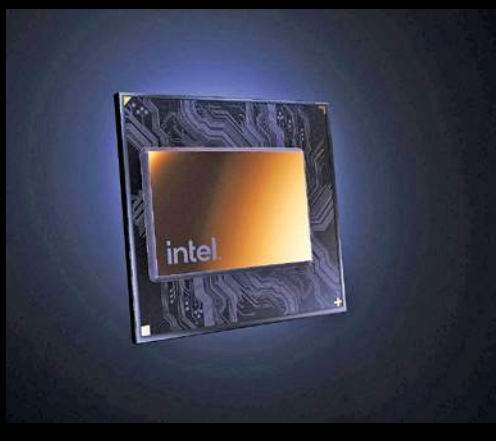
## INTEL A KRYPTOWALUTY

Blockchain to zdecydowanie jedna z najciekawszych technologii, które zostały stworzone i spopularyzowane w ostatnich latach. Jak się okazuje, kolejny gigant technologiczny – Intel, który znany jest w głównej mierze z procesorów dla komputerów typu PC, zamierza zaznaczyć swoją obecność na rynku kryptowalut. Producent zapowiada także narzędzia, które pomogą wydobywanie cyfrowych pieniędzy.

Coraz więcej korporacji widzi w tym realną szansę na zarobek. Dla przykładu, Intel także zamierza przyczynić się do rozwoju sieci łańcucha blokowego. Co najważniejsze, firma nie tylko chce czerpać korzyści biorąc, ale także oferować coś w zamian. Intel jeszcze w tym roku ma wprowadzić na rynek specjalne akceleratory blockchain, czyli mikroukłady, które będą stworzone wyłącznie z myślą o wydobywaniu kryptowalut.

Nie będą to typowe karty graficzne, takie jak seria NVIDIA CMP HX, które właściwie bazują na procesorach graficznych Ampere zaprojektowanych do gier komputerowych, a także tworzenia treści. Akcelerator blockchain Intela ma być owocem prac różnych zespołów – wyspecjalizowanych m.in. w kryptografii oraz w projektowaniu niskonapięciowych układów, które nie konsumują ogromnych ilości energii.

Intel spodziewa się, że nadchodzący układ będzie cechował się nawet 1000-krotnie wyższą wydajnością na wat w porównaniu do klasycznych GPU w algorytmie SHA-256. Ma zatem zapewnić wyższą wydajność, przy niższym poborze energii elektrycznej.




## LAPTOP BEZ PORTÓW

Nowoczesne, lekkie laptopy są zazwyczaj dość do siebie podobne. Trendy wyznaczył tu już wiele lat temu Macbook Air, który na świecie PC wymusił erę ultrabooków ze smukłym wzornictwem i niewielką liczbą portów. Jeden z producentów poszedł jednak jeszcze o krok dalej i stworzył urządzenie, które jednocześnie zachwyca i wzbudza obawy. Takiego komputera na rynku naprawdę jeszcze nie było.

Marka, o której prawdopodobnie nikt nie słyszał, właśnie zaanonsowała Craob X – pierwszy na świecie laptop bez ani jednego złącza ani portu. Urządzenie prezentuje się tak bardzo oryginalnie, że nie sposób oderwać od niego oczu – ta smukła obudowa, płaska niemal jak kartka, robi ogromne wrażenie. Producent podaje, że Craob X ma zaledwie 7mm grubości i waży tylko 860 gramów. Po chwili pojawia się jednak pytanie, jak w takim razie wykorzystać pełnię jego potencjału, który jest naprawdę duży, jeśli nie można podpiąć do niego zewnętrznych akcesoriów?

Producent, w odpowiedzi na to wyzwanie, przygotował wielofunkcyjny hub, który pełni zarówno rolę ładowarki (akumulator ładowany jest indukcyjnie), jak i stacji dokującej, do której można podłączyć na przykład pendrive czy inne akcesorium.

Hub przyczepia się magnetycznie do pokrywy, po której drugiej stronie znajduje się niemal bezramkowy wyświetlacz o przekątnej 13,3 cala i rozdzielczości 4K UHD+. Producent zapowiada, że w sprzedaży dostępne będą konfiguracje z różnymi procesorami (do Intel Core i7-1280P) oraz do 32GB RAM LPDDR5 i do 2TB PCIe 4.0 x4 SSD. Ponadto laptop zaoferuje kartę graficzną Intel Iris Xe i obsługę WiFi 6E.

# Poczta

## edw@elportal.pl

**W rubryce „Poczta” zamieszczamy fragmenty Waszych listów oraz nasze odpowiedzi i komentarze. Prosimy o listy dotyczące bieżących wydań EdW, a także o listy z Waszymi komentarzami, propozycjami, problemami, pytaniami, oczekiwaniami względem nas, z propozycjami tematów do opracowania, itp. Autorzy najciekawszych, wartościowych listów otrzymują upominki, najczęściej w postaci drobnych kitów AVT. Piszcie do nas, bardzo cenimy Wasze listy, choć nie wszystkie prośby możemy zrealizować.**

Do części projektów publikowanych w EdW firma AVT proponuje kompletne zestawy elementów albo tylko płytki drukowane. Na początku i końcu takich artykułów-projektów podana jest informacja o numerze kitu AVT. Jeżeli w artykule numeru kitu nie ma, a Czytelnicy byliby zainteresowani nabyciem zestawów albo samych płytek, jest to możliwe.
AVT uruchomi realizację kitów/płytek, o ile tylko gotowość zakupu wyrazi przynajmniej kilku chętnych. Zgłoszenia i pytania w tej sprawie należy nadsyłać wprost na adres:
**kity@avt.pl**

*Dzień Dobry. Kilka moich przemyśleń w sprawie przyszłości czasopisma. Jestem zawodowym elektronikiem projektantem, głównie układów cyfrowych. Czytelnikiem EdW jestem z pewnymi przerwami od 1999 roku. W tym czasie zarówno elektronika, jak i samo czasopismo mocno ewoluowało. W ostatnich latach elektronika i technologia znacznie przyspieszyła, stając się bardziej specjalizowana i jednocześnie coraz mniej dostępna dla hobbystów. Niewiele osób, szczególnie młodych, może sobie pozwolić na zamawianie komponentów poprzez dystrybutorów takich jak Digikey czy chociażby Mouser. Przez co kontakt ze współczesną elektroniką staje się coraz trudniejszy. Jednocześnie szybkość interfejsów komunikacyjnych (np. pamięci DDR, PCIe czy USB), obudowy układów (BGA, QFN) wymagają szerokiej wiedzy oraz zasobnego portfela, aby zamówić PCB w ilościach prototypowych. Czynniki te powodują, że obecnie hobbyści są troszkę „zepchnięci na margines” lub skazani na korzystanie z gotowych dostępnych modułów, które albo są tanie, albo dobrej jakości. I nie zawsze zawierają układy, z których chciałoby się skorzystać.*
*Powoduje to, że obecnie dużym wyzwaniem staje się prowadzenie pisma o tematyce elektronicznej. Z jednej strony jest niedostępność dla przeciętnego młodego człowieka nowoczesnych układów, z drugiej strony, przeglądając opasłe zasoby internetu, można dotrzeć do niemal każdej możliwej implementacji gotowych modułów elektronicznych. Dodatkowo często taniej jest kupić gotowe urządzenie (radio, zasilacz, oscyloskop), niż zrobić je własnoręcznie.*
*Co w takiej sytuacji począć z pismem dla hobbystów?*
*Osobiście myślę, że należałoby się „przeprosić” z podstawami. Powrócić do układów tranzystorowych, opartych o wzmacniacze operacyjne czy układy hybrydowe (układ tranzystorowy objęty pętlą sprzężenia zwrotnego wzmacniacza operacyjnego). Wyeliminowałoby to problem dostępności elementów dla młodych adeptów elektroniki, jednocześnie dając możliwość taniego rozwoju wiedzy. Wielu z nas, nawet doświadczonych projektantów, zapomniało już, że tranzystor może być wzmacniaczem, diodą Zenera lub diodą zabezpieczającą z małym prądem upływu – a to tylko jeden element!*
*Oczywiście nie chodzi o to, żeby całe pismo miało taki format, ale dobrze by było, gdyby był w jakiejś formie obecny w każdym wydaniu. Jako ciekawostkę dodam, że układ wejściowy oscyloskopu DS1054Z (1GSps, 50MHz) firmy Rigol jest zbudowany niemal w pełni z elementów dyskretnych. Pokazuje to, że „stara” szkoła elektroniczna jest ciągle żywa.*
*Inna kwestia to przetwornice czy chociażby wzmacniacze klasy D. Po bardzo dobrym opracowaniu teoretycznym dobrze byłoby publikować projekty prostych przetwornic czy wzmacniaczy D – nie zawsze idealnych czy w pełni funkcjonalnych (z dodatkowymi układami zabezpieczającymi), ale działających. Dałoby to czytelnikom możliwość zbudowania takich układów w formie prototypu, poznania, jak działają i jakie przebiegi występują w układzie oraz jakie problemy można napotkać, próbując je modyfikować. Obecnie jest publikowana seria dobrych artykułów pana Karola Świerca, ale one są raczej przeznaczone dla zaawansowanych czytelników.*
*No i jeszcze na koniec trzeba to zrobić tak, żeby pismo zarabiało na siebie – niełatwa to sztuka.*
*PS. Jeśli chodzi o Radiową Oślą Łączkę, to myślę, że to bardzo dobry pomysł i taki cykl powinien pojawić się w czasopiśmie. Sam po cichu na niego czekam. Jednocześnie zdaje sobie sprawę z trudności, jakie wiążą się z tematyką układów radiowych i wyzwaniem, jakim jest przedstawienie tego w przystępnej formie dla dużej rzeszy czytelników. Troszkę obawiam się, że pewna część, szczególnie młodych czytelników, może myśleć, że taki cykl będzie „powtórką z Arduino” – gotowy szkic + moduł i działa. Tu takiej formuły nie da się zastosować i może to spowodować, że u wielu osób pojawi się rozczarowanie w trakcie cyklu. O maniakach zgodności z literą prawa nie będę tu nawet wspominał. (...)*

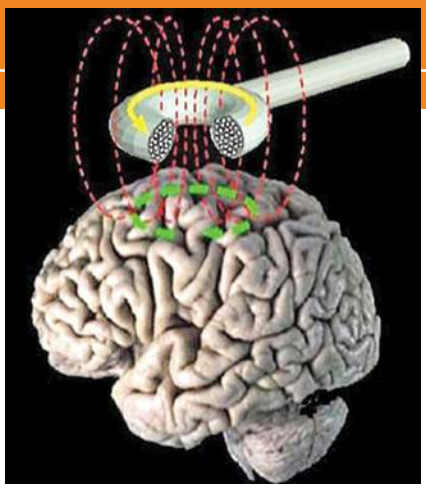
*Z poważaniem*
***Zbigniew Brzozowski***

*Witam. A macie jakąś wiedzę na temat symulatorów pola magnetycznego TMS?*
*Pozdrawiam*
***Jarek Zubrycki***

Nikt ze współpracowników redakcji nie ma doświadczenia w zakresie TMS. Autor pytania zapewne miał na myśli *Transcranial Magnetic Stimulation*, czyli *Przezczaszkową stymulację magnetyczną*, stosowaną w terapii rozmaitych zaburzeń neurologicznych i psychiatrycznych, takich jak: migrena, wylew, choroba Parkinsona, dystonia, szum uszny, depresja i halucynacje słuchowe. TMS polega na wzbudzaniu w mózgu napięć i prądów za pomocą silnego pola magnetycznego. Te prądy i napięcia oddziałują na funkcjonowanie neuronów (depolaryzacja lub hiperpolaryzacja).
Cewka, pojedyncza lub podwójna w kształcie ósemki, umieszczona w pobliżu głowy wytwarza krótki, znacznie krótszy od



eprasa.pl 019970d2a6



1 sekundy, impuls magnetyczny o bardzo dużej indukcji (B) co najmniej kilku tesli. Problemem jest między innymi fakt, że indukcja szybko maleje ze wzrostem odległości od takiej cewki, a potrzebne jest oddziaływanie na wartwy mózgu położne nawet 6cm od cewki. Ponieważ w obszarze oddziaływania pola na mózg nie ma rdzenia z materiału ferromagnetycznego, do uzyskania indukcji rzędu 2...3 tesli potrzebny jest ogromny prąd, nawet ponad 10 tysięcy amperów. W urządzeniach TMS z reguły prąd pochodzi z naładowanego wcześniej kondensatora. Kondensator dołączony do cewki wytwarza paczkę tłumionych drgań sinusoidalnych. Sa też rozwiązania z jednokierunkowym przepływem prądu, gdzie prąd z kondensatora płynie przez cewkę w jednym tylko kierunku. Stosuje się pojedyncze silne impulsy albo serie impulsów (rTMS – repetitive TMS).
Znane są raporty opisujące pozytywne rezultaty terapii TMS w różnych dolegliwościach, niemniej jak na razie metoda nie jest dobrze zbadana.

---

Oto kolejny e-mail dotyczący artykułów na temat modułowych mierników prądu stałego:

*Dzień dobry. Zachwyciliśmy się tymi chińskimi mierniczkami V i A, jak również V+A. Tym czasem w firmie (...) odkryłem bardzo przyzwoity moduł V+A+P+R. Moduł ten (...) jest skonstruowany na przetworniku ADC TM7705 i procesorze. Do modułu tego należy dokupić wyświetlacz 1602. Koszt około 36 zł za moduł. Niestety (...) [nie wiadomo] dokładnie, jak można ewentualnie przeprogramować. Moduł jest fabrycznie zaprogramowany. Przyznam szczerze, że ten moduł bardzo się mi spodobał. Jeżeli [ktoś] nie wiedział o takim module, to ewentualnie polecam. Próbowałem na Aliekspresie odnaleźć, ale to się mi nie udało. To tyle w telegraficznym skrócie.*

*Pozdrawiam serdecznie*
***R. Nowak***

W drugim e-mailu były dodatkowe informacje: *(...) moduł, o którym napisałem, zainteresował mnie głównie ze względu na wyświetlacz LCD 1602 i wymiary, co bardzo dobrze by się komponowało w zasilaczu, który przerabiam. Może strzałem w dziesiątkę byłoby opracowanie przez EdW modułu, na wzór tego, o którym wspomniałem, opartego na wspomnianym (...) MCP 3421 i wyświetlaczu 1602. Moduł TM7705 „startuje" od 5–8mA, bo tak wychodzi mi z pomiarów (...)*

Wzmianka, że moduł „startuje" dopiero od kilku miliamperów, a poniżej pokazuje prąd równy zeru, dyskwalifikuje go z praktycznie użytecznych zastosowań. To dziwne, ponieważ TM7705 to klon AD7705, więc jako 16-bitowy przetwornik ADC powinien mieć lepsze parametry. Rzeczywiście, rozsądne byłoby wykorzystanie MCP3421. Nie jest to trudne, ponieważ dostępne są gotowe moduły z tym przetwornikiem. Wystarczy do tego dodać choćby płytkę Arduino (na przekład małą Nano, Micro) i wyświetlacz: albo znakowy LCD, albo jakiś nowocześniejszy. Biblioteki do Arduino są dostępne bez problemu, więc zadanie można zrealizować bardzo łatwo.

*Witam! W EdW 9/2021 opublikowany był mój artykuł na temat mrygałki zbudowanej na lampie DM-160. Ostatnio trafiłem w sieci na interesujący film, w którym autor zrealizował oscylator, włączając przekaźnik rosnącym prądem anodowym lampy. Przekaźnik wyłączał żarzenie, przez co prąd anodowy spadał, przekaźnik odpuszczał i w ten sposób realizowany był cykl. Nie mogłem się powstrzymać i zastosowałem ten sam pomysł z lampą DM-160. Pracę tak zbudowanej mrygałki można obejrzeć na filmie: https://youtu.be/H7oNkFn8BiM. W opisie znajduje się link do filmu, który mnie zainspirował. Warto jedynie zwrócić uwagę na to, że trwałość tak sterowanej lampy może nie być zbyt duża, ale mimo wszystko pomysł jest moim zdaniem ciekawy.*

*Pozdrawiam*
***Circuit Chaos***

---

*Witam (...) Dziękuję za tak piękne uhonorowanie mnie za korespondencję w sprawie miernika wzmacniaczy operacyjnych tj. opublikowanie kompilacji e-maili i opublikowanie ich w dziale Poczta, wspomnienie o tym we wstępniaku w wersji wideo oraz przyznanie nagrody. Moja motywacja w sprawie dalszego zgłębiania elektroniki sięgnęła zenitu. Serdeczne pozdrawiam*

***Andrzej Szulda***

*PS. Korzystając z okazji, chcę dodać, że nareszcie doczekałem się artykułu o frezarce CNC. Nazwałem go nawet „Wiecznie uciekającą Panną Młodą". W planach mam modyfikację, aby rozszerzyć jej zastosowanie przez wymienne montowanie w miejsce wrzeciona modułu laserowego. Będę wycinać w balsie elementy konstrukcyjne modeli.*
*Ponadto muszę się pochwalić, że szczęśliwym zbiegiem okoliczności siostrzeniec obdarował mnie oscyloskopem RIGOL DS1054 i generatorem funkcyjnym SDG1025. Ponadto kupiłem w sklepie AVT Multimetr MS8268 z funkcją REL. Tak więc pod względem zaopatrzenia w przyrządy pomiarowe jestem „poważnym elektronikiem".*

---

Uwagi po publikacji artykułu na temat interfejsu RS-485:

***Początkujący może trafić „na ścianę"...***

*(...) Problem 1: Brak połączenia mas (no chyba że jest izolacja galwaniczna). Problem pojawia się czasami, dlatego brak połączonych mas (przez rezystory) nie wyklucza poprawnej transmisji. Wykluczy ją, gdy urządzenia są zasilane z różnych faz lub (czasem) gdy na przewodzie PE jest zbyt wysokie napięcie.*
*Problem 2: Brak terminatora od strony mastera z podciągnięciem do VCC i GND. Gdy magistrala „pływa" przed wysłaniem danych, po przyłączeniu nadajnika do magistrali, trzeba odczekać pewien czas. Bez tego przeważnie gubiony jest jeden znak. Taki problem wyklucza (utrudnia) skorzystanie z opcji „hardware control rs485". Terminator z ustaleniem stanu spoczynkowego to trzy rezystory, jeden 240R pomiędzy A i B drivera 485 i dwa po 470R, jeden pomiędzy A i Vcc, drugi pomiędzy b i GND. Takie rezystory dają prawie 120R (około 118).*

*Pozdrawiam*
***Sławomir S.***



eprasa.pl 019970d2a6

*Dzień dobry. (...) Jestem prenumeratorem od początku wydawania czasopisma „Elektronika dla Wszystkich”. Od dłuższego czasu nie mogę znaleźć, gdzie by można ściągnąć materiały dodatkowe (wzory płytek drukowanych, programy) do publikowanych tam projektów. Kiedyś to było na stronie: elportal.pl, w zakładce materiały dodatkowe. Obecnie strona internetowa jest zmieniona i w żadnej zakładce nie ma tych materiałów. Tak samo w czasopiśmie nie ma informacji, gdzie ich szukać. Proszę o odpowiedź.*

***Henryk***

Informacja o zmianach była i jest w czasopiśmie (na każdej okładce, w Szkole Konstruktorów). Po niedawnych zmianach „stary Elportal” ma adres: **https://edw.elportal.pl**.
czyli dodane jest: **edw.** przed nazwą domeny. Takie uzupełnienie należy dodać w przypadku podobnych kłopotów ze znalezieniem materiałów w „starym Elportalu”.

---

*(...) pojawił się temat budowy układów lampowych innych niż audio. Zainteresowało mnie to, gdyż czasami eksperymentuję z tymi elementami. Zbudowałem ostatnio nawet działający generator RC sinusoidalny na dwóch duotriodach E88CC. Jeszcze 50 lat temu, czyli na długo zanim się urodziłem, układy takie były powszechnie spotykane w czasopismach i książkach dla elektroników amatorów. Liczne schematy można znaleźć w słynnej książce autorstwa Janusza Wojciechowskiego „Nowoczesne Zabawki”. Były to proste woltomierze lampowe po oscyloskopy. Może ktoś z czytelników podjąłby się realizacji czegoś podobnego?*

***Sławek***

---

*Witam*
*(...) jeden z moich znajomych zasugerował, abym (...) [napisał] do redakcji EdW. Pomyślałem sobie: dlaczego nie. Na przestrzeni lat 90. jako amator zaczytywałem się w tym doskonałym piśmie. Parę razy zostałem wyróżniony. Potem coś zaiskrzyło. Nawiązałem kontakt z sektorem półprzewodników jednej z największych firm w branży. Dzięki olbrzymiej pomocy merytorycznej, ale nie tylko merytorycznej... zostałem rzucony na głębokie wody elektronicznej rzeki. W bardzo krótkim czasie musiałem przyswoić sobie dużą porcję wiadomości. Choć obecnie tylko okazjonalnie przeglądam EdW, mam do tego pisma szczególny sentyment. Jestem wdzięczny EdW za podstawową porcję wiedzy, jaką zdołała mi przekazać. Sądzę, że sporą część tego, kim obecnie jestem zawdzięczam EdW. Takie właśnie myśli krążyły mi po głowie, gdy rozważałem sugestie znajomego.*
*(...) Skupiliśmy się na samym procesie realizacji układów. Od wstępnej koncepcji, poprzez dobór komponentów, rozrysowywanie schematów, testy, a na dokumentacji skończywszy. Zamysłem było przedstawienie realizacji projektu punkt po punkcie, jednak bez uwikłania Czytelnika w zbędne szczegóły. Raczej chodziło o prezentacje pewnego sposobu myślenia niż serwowanie konkretnych rozwiązań. W ten sposób powstała swojego rodzaju checklista.*
*Zbliżoną w formie listę stworzyłem na swój własny użytek wiele lat temu. W czasach, w których powstawały moje pierwsze (zawodowe) projekty. Na własnej skórze przekonałem się wówczas, że to, co w działalności amatorskiej stanowi, niestety, normę – czyli bezład, chaos, bylejakość, jest w zawodowstwie nie do przyjęcia. I nie jest istotne, czy nasz wysiłek intelektualny zostanie powielony w milionie egzemplarzy, czy tylko w stu.*
*Po latach realizacji bardzo specyficznych projektów jestem skłonny uważać, że ten drugi przypadek wymaga większej staranności. Uznaliśmy również, że powstały na bazie autentycznego przypadku, materiał traktujący o prawidłowym rozrysowaniu schematu stanowi doskonale dopełnienie całości. (...)*
*Przeglądając EdW, byłem nieco zawiedziony brakiem prezentacji nowoczesnych rozwiązań z zastosowaniem izolatorów cyfrowych. Czytelnicy opracowują projekty izolatorów, implementując transoptor. Jedyną zaletą tego typu rozwiązań jest w zasadzie cena elementów. Jednakże nie równoważy ona szeregu problemów podczas wdrażania elementów w projekt. Obecnie wiele firm (...) oferuje szereg układów izolatorów cyfrowych do różnego rodzaju zastosowań. Od kilku lat w swoich projektach wykorzystuję właśnie tego typu rozwiązania. (...) Moje dotychczasowe doświadczenia z tego typu izolatorami cyfrowymi skłaniają mnie do rekomendacji tego typu układów nawet dla projektów amatorskich. Niezależnie od producenta, izolatory cyfrowe w wielu przypadkach stanowią istne wybawienie od całego szeregu problemów.*
*Być może zabrzmi to dla szanownej redakcji jak policzek, jednak sądzę, że na łamach EdW zbyt mało poświęca się miejsca współczesnym rozwiązaniom. Ale warto zaznaczyć, że książka „Sztuka Elektroniki”, okrzyknięta swojego czasu „biblią elektroniki”, jest w porównaniu z EDW, przereklamowaną pozycją. Być może Redakcja na zarzut o niedostatku informacji na temat implementacji nowoczesnych scalonych rozwiązań układowych odpowie że: „EdW w swojej formie przewidziana jest szczególnie dla początkujących i średnio zaawansowanych”. To prawda. Być może redakcja dopowie tekst, aż do znudzenia wypowiadany tu i ówdzie, o zmierzchu amatorów. Prawdę powiedziawszy, zmierzch amatorów nastał z początkiem samej elektroniki. Zawsze była to dziedzina wymagająca nieustannego procesu samodoskonalenia. Zakupu coraz nowszych rozwiązań.*
*W początkach radia, a potem telewizji, konstruktorami, serwisowcami, operatorami byli „panowie w białych fartuchach”. Ciekawskiego Jasia biło się po łapach i napominało: „to nie dla amatorów!”. Jasio jednak grzebał, kombinował i sam stawał się „panem w białym kitlu”. I tak jest do dnia dzisiejszego. Uważam, że w obecnych czasach wręcz niezbędnym elementem powinna być edukacja nowych pokoleń owych „Jasiów”. Edukacja w kierunku aktywacji w Jasiach procesu twórczego. Zmysłu inżynierskiego. Zmysłu konstruktora. Natomiast seryjna produkcja kolejnych rzesz pań i panów od „zarządzania i marketingu” będzie skutkowała powiedzeniem: sami dyrektorzy, i operatorzy, a inżynierowie na wschodzie i w Azji.*
*Jak pokazuje historia, wielu z czytelników EdW z biegiem czasu wkracza w profesjonalizm, w zawodowstwo. Zważywszy na powyższe, a także bardzo wysoki poziom merytoryczny materiałów publikowanych na łamach pisma, sądzę, że to właśnie stali autorzy EdW powinni zostać poproszeni przez MEN o opracowanie podręczników do nauki zawodu.*
*A teraz nieco o moim blogu: Bezpośrednią inspiracją do powstania bloga były... porządki. W czeluściach dysków twardych odnalazłem wiele moich dawnych zapisków. Pomyślałem, że mogłyby się komuś przydać. A więc w miarę możliwości czasowych poddaję je renowacji, upiększam do formy aktualnej i publikuję. Wpisy zamieszczane są „jak leci”. Bez chronologicznego klucza na stronie: https://solderedit.blogspot.com/*
*Natomiast pod poniższym adresem znajduje się mój profil na Twiterze: https://twitter.com/witurski.*

***Mariusz Witurski***



eprasa.pl 019970d2a6

Tuż po ukazaniu się poprzedniego numeru EdW, jeden z Autorów EdW, **Karol Świerc**, przysłał do Naczelnego bardzo obszerny list, którego całość można znaleźć w Elportalu wśród materiałów dodatkowych do tego numeru. Oto fragmenty:

*W EdW 2/2022 w listach od Czytelników był poruszony interesujący temat. Z pozoru bardzo proste zagadnienie: **jak płynie prąd?**, było doskonałym pretekstem dla naświetlenia problemów, z jakimi spotkamy się, gdy częstotliwość jest duża w porównaniu z rozmiarami fizycznymi obwodu elektrycznego, lub np. bardzo strome zbocza w układzie cyfrowym na płytce PCB. Zagadnienie jest ładnie naświetlone przez Czytelnika Krzyśka z Krakowa (...) Efektem było krótkie wyjaśnienie Piotra Góreckiego (...) i szersze w jego filmie na YouTube. (...) Film Piotra Góreckiego ma właściwie zamykać temat, albo go dopiero otwierać, zależy jak na to popatrzeć. Do wyjaśnień we wspomnianym filmie nic dodać nic ująć, a właściwie to tylko – nic ująć, bo na bieżąco autor ujawnia, ile to należałoby dodać. Ogrom poważnych zagadnień zarówno patrząc od strony fizyka, jak i elektronika: teoretyka i praktyka.*

*(...) Miałem w swojej praktyce serwisowej taki ciekawy przypadek (...) Podczas domowej naprawy telewizora zauważyłem przed wtyczką antenową opornik. Było to dawno. Kabel antenowy był płaski, antena pokojowa, telewizor chyba jeszcze czarno-biały, a rezystor miał wartość 300 om. Klient wyjaśnił mi, że poprzedni mechanik wstawił ten opór, bo kabel antenowy powinien mieć oporność 300Ω, a on zmierzył, iż ma o wiele mniej. Już wtedy pomyślałem: gdyby kabel ten był nieskończenie długi, czy mój poprzednik zmierzyłby 300Ω?*

*(...) zanim zgodzimy się z faktami, trzeba mocno pogłówkować. Podział linii na łańcuch malutkich kondensatorów i ceweczek jest dobrym pomysłem. Może jedynym, bo robią to także „telegrafiści", na podstawie czego wyłaniają się stosowne równania i daleko idące wnioski. Szkopuł w tym, że to na drodze ściśle matematycznej, a my tą drogą podążać nie chcemy. (...)*

*Wracając do naszego pierwotnego zadania (postawionego w filmie Veritasium), myślowy podział przewodu (linii) na malutkie pojemności i indukcyjności będzie nadal bardzo pomocny. (...) Co tak naprawdę jest odpowiedzialne za to, że długi kabel zamknięty w czarnej skrzynce ujawni nam się jako rezystor? Po zamknięciu wyłącznika, w pierwszej chwili prąd przepłynie przez pierwszy kondensatorek. No tak, ale jak on się naładuje, to już go nie ma! Zauważamy jednak równocześnie, że ładunek przelewa się na kolejne kondensatorki z opóźnieniem zależnym od łączących je indukcyjności. Ładunek ucieka coraz dalej, a my widzimy zarówno w górnej, jak i w powrotnej linii, jakiś prąd. Że to będzie cały czas prąd stały, trochę trudno uwierzyć? Ale intuicja naszego modelu linii plus to, że podobno z równań tak wychodzi spowodują, że z takim zachowaniem naszego kabla się zgodzimy. Wydaje się, iż problem ujarzmiamy, ale tylko do czasu, gdy „przelewający się" ładunek zorientuje się, że jest tam gdzieś koniec! Jeśli końca nie będzie, lub będzie zamknięty rezystorem o odpowiednio dobranej oporności, to „wpuszczony" w kabel prąd nie zorientuje się, że jest koniec. Wtedy „czarna skrzynka" przedstawi nam się jako ten rezystor.*

*Mamy odpowiedź na pytanie postawione w filmie Veritasium, lecz nieco zmodyfikowane. (...) I dodatkowy wniosek: szkoda drutu na 300 tysięcy kilometrów! (...) I na tak postawione pytanie (problem) jednoznacznie daje odpowiedź film Piotra Góreckiego. Odpowiedź (D). Żarówka zaświeci po czasie 3,3ns. Zanim prąd, ładunek, fala (każde z tych określeń budzi zastrzeżenia) zorientuje się, że jest koniec, to nie ma znaczenia, co na końcu jest. (...) No tak, ale Veritasium postawił zadanie inne! Odpowiedzią na pytanie, po jakim czasie zaświeci żarówka, pozostaje: po dłuższym czasie zanikną zjawiska falowe i żarówka zaświeci pełnym światłem. Czy to jest odpowiedź satysfakcjonująca? Powiem więcej: odpowiedzi brak! Jak przebiegnie ten proces? Czy fala będzie się odbijała wielokrotnie, powodując skokowe rozjaśnianie żarówki? A jeśli tak, to jakie będą te skoki w czasie i w jasności? (...) odsyłam do zasianej przeze mnie wątpliwości, czy pomiar omomierzem (lub wszelki pomiar) czarnej skrzynki zawierającej nieskończenie długi kabel nie będzie odróżnialny od sytuacji, gdy jest tam zwykły, czyli naprawdę rzeczywisty rezystor?*

*(...) Jak wspomina Piotr Górecki na początku filmu, poważni teoretycy podeszli do zagadnienia od strony równań Maxwella i wektora Poyntinga. I moje myśli zataczają koło. Może faktycznie od tego należy zacząć? Moje skromne wyobrażenia pokrywają się z wnioskiem Naczelnego, iż ugruntowana w szkole podstawowej i średniej wiedza jest utrudnieniem. Trudno wyzbyć się wyobrażenia, jak prąd (elektrony) z elektrowni wędruje do gniazdka w naszym domu. A jak to właściwie jest? Czy prąd płynie w drucie? No chyba tak. A energia? Tu już wątpliwości są większe. I nie uciekniemy od wektora Poyntinga! To wszystko bardzo ciekawe. A co więcej, nie wiadomo, czy uznana dziś nauka dobrze to wszystko opisuje?*

*Być może moje myśli i wnioski pobiegły zbyt daleko. Może to chęć zrozumienia na skróty. A może praw fizyki nie da się „tak" zrozumieć? Odgadnięte (to ważne słowo, bo nie wyliczone ani logicznie wydedukowane) prawa fizyki kwantowej sugerują twierdzącą odpowiedź na ostatnie pytanie. Prosta logika, lub może w ogóle, nasza logika – zawodzi. Często przytaczane jest zdanie wypowiedziane przez Richarda Feynmana: „Jeśli ktoś myśli, że rozumie fizykę kwantową, to już na pewno – jej nie rozumie". Jak „coś" może być równocześnie cząstką i falą? To zupełnie odmienne „byty"! Jak można być w dwu stanach jednocześnie? Jak „cząstka" może przejść równocześnie dwoma drogami (np. przez dwie szczeliny), pozostając niepodzielną? Czy obserwacja, informacja (np. podglądanie cząstki) ma wpływ na realną rzeczywistość? Czy to są jakieś herezje? A wygląda na to, że trzeba postawić twierdzącą odpowiedź na te pytania. No, może oprócz ostatniego, choć... nie wiadomo!*

*Prosty filmik Veritasium wywołał burzę mózgów, i wygląda na to, że słusznie. No tak, ale trzeba to wszystko jakoś poukładać i poszufladkować. Moje skromne zdanie i sugerowana ścieżka, to – odmitologizować w nauczaniu matematykę i od niej nie uciekać. Co zupełnie nie przeczy temu, by w pierwszym rzędzie kierować się intuicją, a dopiero potem ją weryfikować. Nie bardzo wiem, jak jest w szkołach obecnie. Ale wiem, jak było kiedyś. Oddzielnie matematyka, oddzielnie fizyka, język polski czy historia, i bez szukania wszelkich możliwych analogii i powiązań. Mojemu wnukowi (i dwom wnuczkom) sugeruję (z małym skutkiem, niestety): matematyka, na ile to tylko możliwe – razem z fizyką. (...) Podobnie: połącz historię z literaturą, a geografię z geometrią. (...) powiązanie historii (odkryć naukowych) z przedmiotami ścisłymi jest prawdopodobnie ciekawsze od każdego z tych przedmiotów oddzielnie. (...) ciekawsze i bardziej zrozumiałe. Ale to tylko moje skromne zdanie, niestety już w relacji dziadka z wnukami.*

*Wracając z obłoków na Ziemię, czekamy na Oślą Łączkę Radiową autorstwa naszego Redaktora Naczelnego.*

***Karol Świerc***

---

Upominki za listy do Poczty otrzymują: ***Circuit Chaos***, ***Andrzej Szulda*** oraz ***Mariusz Witurski***.



eprasa.pl 019970d2a6

# Zaprenumeruj Elektronikę dla Wszystkich, a zawsze dostaniesz najnowszy numer wprost do Twojej skrzynki!

**na start do 6* wydań gratis**

**po 5 latach nieprzerwanej prenumeraty do 12* wydań gratis**

* Cena prenumeraty rocznej **na start** wynosi 152,90 zł. Przy zamówieniu prenumeraty dwuletniej za 250,20 zł oszczędność wynosi równowartość sześciu wydań Elektroniki dla Wszystkich.
**Przedłużasz prenumeratę?** Aby otrzymać zniżkę lojalnościową, przedłuż prenumeratę po zalogowaniu się do swojego panelu na **www.ulubionykiosk.pl**, gdzie znajdziesz atrakcyjną ofertę prenumeraty, która uwzględnia przysługujące Ci zniżki za lojalność. Po 5 latach nieprzerwanej prenumeraty otrzymasz **rabat 50%** na prenumeratę dwuletnią.
Oferta dotyczy prenumeraty drukowanej.

**Wszystkie opcje prenumeraty i e-prenumeraty znajdziesz na stronie**
**www.UlubionyKiosk.pl**

prenumerata@avt.pl
AVT-Korporacja sp. z o.o., ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa,
konto 18 1050 1012 1000 0024 3173 1013

eprasa.pl 019970d2a6

## Elektronika i historia

# Izolacja chassis – cel i różne rozwiązania tego problemu

Najpierw przedstawię temat i cel: jak ważna jest izolacja chassis? Otóż można to pokazać na wielu przypadkach, gdy jej brak.

Przytoczę tu swoje (przykre) doświadczenie z młodych lat. Rodzice mojej szkolnej koleżanki mieli radio, lampowe, a jakże, z metalowym, nieizolowanym chassis. Z wrażenia nie pamiętam marki, ale z tej kategorii, jakich urok pokazuje nam obecnie Pan Jerzy Szymański. Ta koleżanka to moja żona od 42 lat. Ale to było jeszcze kilka lat wcześniej. Byłem wtedy młodym nieopierzonym radioamatorem, zakochanym przede wszystkim w fizyce i matematyce (i może jeszcze w tej koleżance!). Moja wiedza w zakresie elektryczności i elektrotechniki była bardzo skromna i też koncentrowała się w obrębie równań i obowiązujących tu praw fizyki. Kiedyś „ta koleżanka" spytała mnie, czy potrafiłbym do radia dorobić wyjście słuchawkowe umożliwiające nagrywanie muzyki na magnetofon? A jakże, oczywiście że to zrobię, odpowiedziałem. Nie bardzo wiedziałem jak, ale schemat radia był dostępny, więc chyba dam sobie radę. I zrobiłem! Ale w zakresie izolacji galwanicznej nie miałem kompletnie świadomości. Był to odbiornik jak wiele innych w tamtym czasie, na chassis-obudowie mógł mieć fazę lub zero w zależności od kierunku włożenia wtyczki sieciowej. Zatem prawdopodobieństwo na szczęście lub nieszczęście było fifty-fifty.

Jak po czasie się okazało, że mogłem pozabijać (przyszłych) teściów, to mina mi zrzedła. To wydarzenie pozostało mi w pamięci na całe życie. Brak wiedzy może świadczyć o głupocie. I to w najlepszym razie, bo w najgorszym – lepiej nie mówić.

Drugi przykład, też z mojej młodości, pochodzi z pierwszej mojej pracy. W Instytucie Systemów Sterowania. Był rok 1980 i zespół, do którego trafiłem, zajmował się opracowaniem analizatora stanów logicznych. Dostałem ambitne zadanie przerobienia OTV Vela 203 na monitor oraz wykonanie do niego karty graficznej. Prawdę mówiąc, graficznej to zbyt dużo powiedziane, bo mogłem się ograniczyć do wyświetlania znaków alfanumerycznych. Oczywiście wszystko na TTL-ach. Bramkach, przerzutnikach, rejestrach, licznikach, monoflopach itp. Och, szkoda, że teraz nie trzeba projektować na takich układach scalonych, nazywanych wtedy układami średniej skali integracji! Z powierzonych zadań wywiązywałem się nie najgorzej. Jak powiedziałem, był rok 1980 i na rynek wszedł pierwszy mikroprocesor Intel 8080 (z pominięciem 8008) i pierwszy polski telewizor kolorowy, perła polskiej elektroniki – Jowisz 04. Dyrekcja zadecydowała, że kolejnym etapem będzie wykonanie monitora kolorowego dla Anissa (takim kryptonimem nazwaliśmy projektowany analizator stanów logicznych) na podzespołach Jowisza. Nie zakupiono całego telewizora, ale kineskop, blok odchylania i blok zasilacza. Wzmacniacze wizji i tak dla monitora trzeba było wykonać oddzielnie. Przystąpiłem do analizy schematu, w czym bardzo pomocna była książka, która akurat w tym czasie się ukazała. „Jowisz 04...", pełnego tytułu nie pamiętam, ale jestem w stanie odszukać, oczywiście że gdzieś ją mam. Bardzo porządne opracowanie, obecnie takich nie znajdziemy. Dużo się z niej nauczyłem.

Następnie postanowiłem wykonać jakieś pomiary. Tu pamiętam już typ oscyloskopu DT516. Bardzo porządny jak na owe czasy. Chyba najlepszy, jakim dysponował Instytut, lub przynajmniej nasza komórka. Niestety, wtyczkę sieciową miał z uziemieniem. A ja masę podłączyłem do masy gorącej zasilacza. Pierwsze pomiary chciałem wykonać na module w bloku zasilacza. Po podłączeniu zasilania do zestawionego układu pomiarowego coś huknęło...! Odprysk z tranzystora o mało a wybiłby mi oko. Ścieżki na module niemal odparowały. Nie opiszę już miny mojego szefa. Jowisz 04 kosztował wtedy 45000zł „na stare pieniądze", przed denominacją. Wtedy to było mniej więcej tyle, ile 45000zł teraz. Moja pierwsza pensja wynosiła 3700zł. Oczywiście, po stażu i po „uznaniowości". Pensja była oczywiście wg tabeli płac, a uznaniowość dotyczyła opcji 3400zł lub 3700zł (w zależności od oceny na stażu).

To był wstęp, a teraz opowiem, jak na przestrzeni lat i różnych konstrukcji realizowali to ludzie mający świadomość i wiedzę w tym zakresie. Temat jest zdecydowanie zbyt obszerny, jak na krótki odcinek rubryki historia. Dlatego zrobimy tylko szybki przegląd, starając się z grubsza zachować kolejność chronologiczną. Temat ew. rozwiniemy, jeśli będzie takie zainteresowanie Czytelników.

W przypadku sprzętu RTV problem powstał, gdy urządzenia zaczęto wyposażać w różnego rodzaju gniazda i złącza. Dopóki jedynym gniazdem wejściowym było gniazdo antenowe, sprawę separacji od sieci załatwiały dwa małe kondensatorki. Sygnałami wyjściowymi w telewizorze był głos płynący z głośnika i obraz z ekranu, a te porazić prądem nie mogły. Pierwszymi złączami dodatkowymi były takie, jakie chciałem wykonać mojej sympatii. Gniazdko słuchawkowe i możliwość wejścia/wyjścia audio z/do magnetofonu. Standardowym rozwiązaniem był niewielki transformatorek. Dla sygnału audio sprawdzał się bez zarzutu.

Jowisz miał izolowane od sieci chassis i realizował to transformator zasilacza plus mały transformatorek w sprzężeniu zwrotnym. Dzisiaj powiemy: nic nowego i nic ciekawego. Dlatego opisywać go nie będziemy. Ale prekursor Jowisza, T5601 (nie wiem dlaczego krążyła taka opinia, bo odbiornik konstrukcyjnie diametralnie odmienny od Jowisza), miał izolację wykonaną ciekawie i bardzo oryginalnie.

*Ciąg dalszy na stronie 15*



eprasa.pl 019970d2a6

# Skrzynka Porad

**W rubryce przedstawiane są odpowiedzi na pytania nadesłane do Redakcji. Są to sprawy, które, naszym zdaniem, zainteresują szersze grono Czytelników.**

**Jednocześnie informujemy, że Redakcja nie jest w stanie odpowiedzieć na wszystkie nadesłane pytania, dotyczące różnych drobnych szczegółów.**

***(...) jak jest możliwe mierzenie temperatury tranzystorami (...) wiadomo, że każdy egzemplarz ma inne parametry (...) wzmocnienie beta, napięcie $U_{BE}$ (...)***

Z niecytowanej części listu wynika, że pytanie dotyczy pomiaru temperatury w sprzęcie cyfrowym oraz w niektórych zasilaczach impulsowych.

Autor pytania zastanawiał się, który parametr tranzystora jest wykorzystywany do pomiarów temperatury. Otóż najprościej biorąc, wykorzystuje się zależność od temperatury napięcia baza-emiter.

Aby dokładniej wyjaśnić zagadkę, przede wszystkim trzeba podkreślić, że choć istotnie do pomiarów temperatury często wykorzystywane są tranzystory, jednak pracują one w połączeniu diodowym. Badane są właściwości diody krzemowej, a dokładniej krzemowego złącza p-n.

Autor pytania słusznie jako najbardziej prawdopodobną opcję przyjął, że mierzone jest *napięcie $U_{BE}$, które maleje około 2 miliwoltów na każdy stopień Celsjusza*. Istotnie, napięcie $U_{BE}$ liniowo zależy od temperatury. Są jednak co najmniej dwa istotne problemy. Jeden to właśnie duży rozrzut występujący pomiędzy egzemplarzami. Ten rozrzut spowodowany jest różnymi czynnikami, między innymi szczegółami procesu technologicznego. Na dwa inne aspekty zwraca uwagę **rysunek A** pochodzący z katalogu Onsemi tranzystorów BC547/BC548. Jego lewa część pokazuje, że napięcie $U_{BE}$ silnie zależy też od prądu pracy – od prądu kolektora oraz od prądu bazy. Dla uzyskania powtarzalnych wyników należałoby pracować przy określonym prądzie. Jeszcze bardziej pokazuje to prawa część rysunku. Czerwona linia pokazuje, że czułość przetwarzania temperatury na napięcie jest zależna od prądu pracy (prądu kolektora). Przy prądzie kolektora 0,1mA (czyli przy prądzie bazy poniżej 1uA) zmiana temperatury o 1°C powoduje zmianę $U_{BE}$ o ponad 2,4mV. Czułość 2mV/°C uzyskuje się przy prądzie kolektora około 5mA. Natomiast przy prądzie 100mA czułość wynosi około 1,4mV/°C. Ściśle biorąc, współczynniki te są ujemne. ponieważ ze wzrostem temperatury napięcie $U_{BE}$ zmniejsza się.

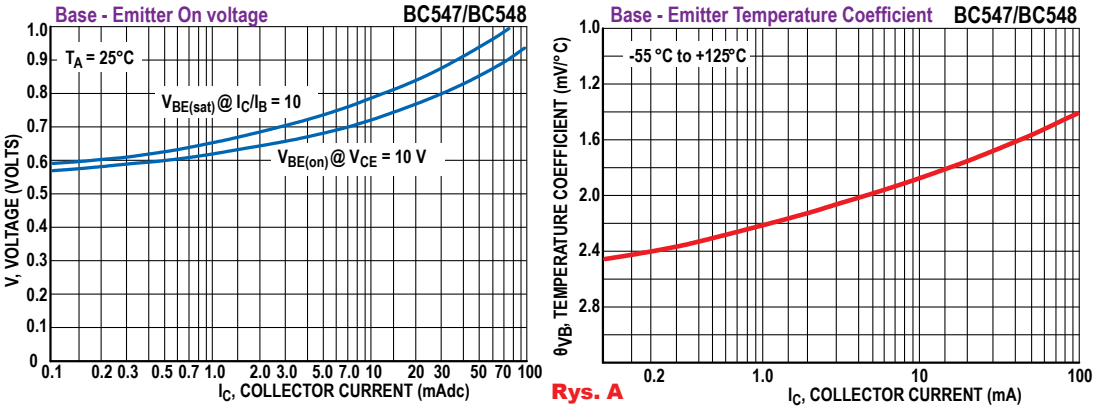
Dla innych tranzystorów zależność ta może mieć nieco inny przebieg niż na rysunku A. Wartość współczynnika cieplnego zależy bowiem nie tyle od *wartości*, co od *gęstości* prądu w złączach, czyli też od rozmiarów (powierzchni) złączy. W grę wchodzą też parametry procesu technologicznego.

Pomiar temperatury na podstawie wartości napięcia $U_{BE}$ jak najbardziej jest możliwy, ale wymaga kłopotliwej indywidualnej kalibracji. Okazuje się, że istnieje pokrewna metoda, dużo lepsza dlatego, że rozrzut pomiędzy egzemplarzami ma dużo mniejszy wpływ na wyniki pomiaru.

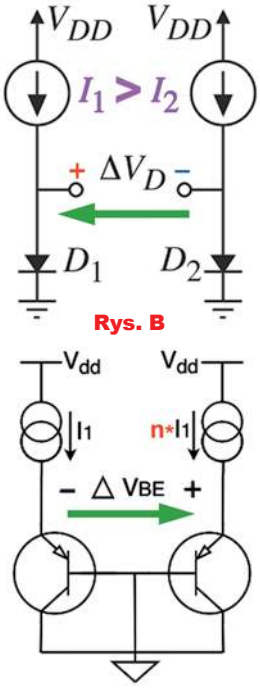
Na trop tej metody naprowadza prawa część rysunku A. Otóż zależnie od wartości prądu pomiarowego (prądu kolektora) zmienia się czułość przetwarzania. Przy mniejszych prądach czułość przetwarzania jest mniejsza niż przy dużych. Okazuje się, że zamiast mierzyć napięcie przy jednej określonej wartości prądu, warto mierzyć różnicę napięć przy różnych wartościach prądu.

Można to robić w układzie z dwoma jednakowymi tranzystorami, pracującymi przy różnej wartości, czyli różnej gęstości prądu w złączach. Dwa przykłady na **rysunku B**.

Zasada pracy takich czujników temperatury była krótko omówiona w EdW 1/2021 w rozwiązaniu zadania *Jak to działa?* Teraz prawa część rysunku A pozwala z grubsza oszacować, że tak określona różnica napięć $U_{BE}$ będzie mała i mały będzie współczynnik przetwarzania. Nie będzie rzędu 2mV/°C, tylko rzędu 0,1mV/°C, zależnie od różnicy, a raczej od tego, ile razy jeden prąd będzie większy od drugiego. Takie rozwiązanie jest powszechnie wykorzystywane do budowy precyzyjnych źródeł napięcia odniesienia, gdzie pozwala skompensować ujemny




Rys. A




Rys. B



eprasa.pl 019970d2a6

współczynnik cieplny złączy pn. Zainteresowani mogą poszukać szczegółów samodzielnie, wpisując w wyszukiwarkę takie hasła jak: *Bandgap reference, Brokaw cell* oraz *PTAT, CTAT*.

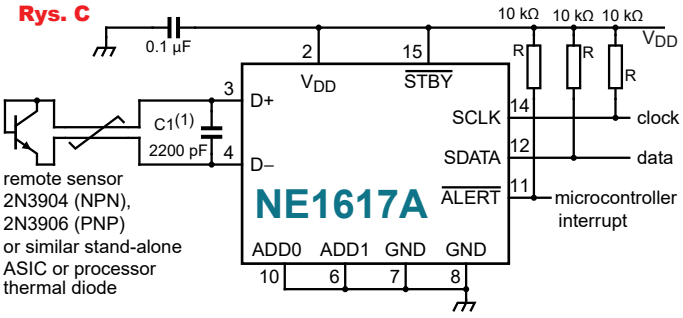
Warto wykorzystać taki sposób, ponieważ tu wpływ rozrzutu parametrów wykorzystanego tranzystora jest zdecydowanie mniejszy. A wracając do postawionego pytania: sposób z dwoma tranzystorami lub diodami według rysunku B nie jest wygodny do pomiaru temperatury. W praktyce stosuje się pokrewny sposób z jednym tranzystorem, gdzie zasada działania jest taka sama jak na rysunku B. Zamiast jednak mierzyć różnicę napięć między dwoma jednakowymi tranzystorami, mierzy się różnicę napięć $U_{BE}$ tego samego tranzystora, tylko przy różnych prądach.

Można to zrealizować w różny sposób. Przykład był omawiany w EdW 5/2021 w konkursie *Jak to działa?*

Taki sposób jest powszechnie wykorzystywany do pomiaru temperatury struktury pracujących mikroprocesorów: czujnikiem jest dioda lub tranzystor, specjalnie umieszczona w strukturze mikroprocesora. Na rynku dostępnych jest szereg układów scalonych, które przeprowadzają tego rodzaju pomiar. Przykładami mogą być MAX1617, NE1617A, ADM1021 i pokrewne. **Rysunek C** pokazuje schemat aplikacyjny z karty NE1617A (SA56004X). Widać tu zewnętrzny czujnik w postaci popularnego zwłaszcza za oceanem tranzystora 2N3904 (lub 2N3906 pnp). Kostka ma też w swej strukturze wbudowany drugi czujnik, który mierzy jej temperaturę.

Przy takiej realizacji, bez kalibracji, dokładność pomiaru temperatury nie jest wysoka, błąd może wynosić do 2...3 stopni. Taka dokładność jest zdecydowanie za mała do realizacji precyzyjnych termometrów, a nawet termometrów domowych, ale jest absolutnie wystarczająca do sprawdzania temperatury półprzewodników, by uchronić je przed przegrzaniem. Sama metoda zapewnia dużo większą dokładność, ale wymaga kalibracji z uwagi na co prawda mniejszy, lecz też znaczący rozrzut parametrów między egzemplarzami i typami tranzystorów.

Rys. C




*Ciąg dalszy ze strony 13*

Ewolucja izolacji złączy dodatkowych była stopniowa i interesująca. Nie od razu realizował ją zasilacz. Nawet długo po opracowaniu przetwornic zadanie izolacji galwanicznej nie spoczywało na nim (Jowisz był tu chlubnym wyjątkiem). Początkowo w najróżniejszy sposób realizowano izolację samych złączy AV.

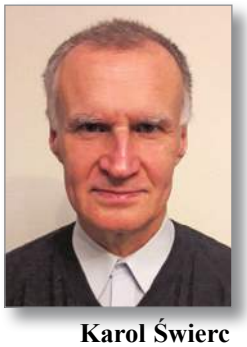
Tak renomowana firma jak Sony, która na czołową opinię zasłużyła sobie właśnie odbiornikami z tamtych lat, stosowała izolację samych wejść/wyjść AV. Sygnału wizji nie można przenieść przez transformator. Tu pasmo częstotliwości jest bardzo szerokie i musi obejmować też składową stałą. Bardzo fikuśne były rozwiązania w tym zakresie, i bez dodatkowego transformatora też się nie obyło. Po stronie izolowanej było potrzebne zasilanie, choć ze znikomym poborem prądu. Ale jak to zrobić bez transformatora?

Podobne rozwiązania, z nieizolowanym chassis, a izolacją samych wejść/wyjść AV długo stosowała firma Orion i Otake.

Nawet wtedy, gdy zadanie izolacji chassis przejął transformator zasilacza-przetwornicy, problem był z izolacją toru sprzężenia zwrotnego. Łańcuch jest tak mocny, jak wytrzymałe jest najsłabsze ogniwo. Dlatego w tym miejscu nie ma żadnej taryfy ulgowej. Izolacja optyczna (transoptorem) upowszechniła się stosunkowo niedawno. Początkowo była to, a jakżeby inaczej, bariera pola magnetycznego. Stosowanie transformatorów i różnego rodzaju cewek strojonych było w początkowym okresie rozwoju elektroniki bardzo powszechne. A dzisiaj się uważa, że to element niewygodny i drogi. Wiele odpowiedzialnych zadań pełniły tzw. transduktory. Kto dziś pamięta, co to takiego? Trafo impulsowe w torze sprzężenia zwrotnego miało jedną niewygodną cechę. Nie potrafi przenieść składowej stałej. Za to przenosi energię, czego trudno oczekiwać od transoptora. Przeniesienie składowej stałej w torze sprzężenia zwrotnego jest konieczne. I radzono sobie z tym na kilka sposobów. Tak renomowane firmy jak Thomson, Telefunken, Saba i Nortmende opracowały bardzo interesujący typ zasilacza pracującego w trybie master-slave. Może na ten temat też warto coś kiedyś napisać? Wiele konstrukcji rezygnowało z poprawnego sprzężenia zwrotnego kontrolującego faktyczne napięcie wyjściowe. We flybackach można ograniczyć się do kontroli napięcia pomocniczego po stronie gorącej. Układ się wtedy zdecydowanie upraszcza, ale zdecydowanie ucierpi współczynnik stabilności na zmiany obciążenia.

W wielu odbiornikach OTV linia izolacji była bardzo rozległa. I tu znów należy powtórzyć zdanie o wytrzymałości łańcucha. Kilka konkretnych przekładów opiszemy w osobnym odcinku wędrówki po historii elektroniki. Teraz powiemy ogólnie. Czasem „połowa" transformatora wysokiego napięcia była po stronie gorącej, a druga połowa po izolowanej. Podobnie cewki odchylające na kineskopie. Albo obie były izolowane, ale częściej izolowane były tylko cewki wertykalne (odchylania pionowego). Całe odchylanie poziome, jako najbardziej energochłonne, pozostawało po stronie gorącej.

Historia jest podobnie interesująca jak sama elektronika. Szczegółami technicznymi zajmiemy się, jeśli będzie takie zainteresowanie ze strony Czytelników. Czekamy na listy do Redakcji lub na adres e-mailowy autora.



**Karol Świerc**
rtv@silnet.pl



eprasa.pl 019970d2a6

# Czy potrzebny nam prąd przemienny?

W 1882 roku Thomas Edison uruchomił pierwszą na świecie publiczną elektrownię, która oferowała swym odbiorcom prąd stały o napięciu 100V. Prąd stały był wtedy używany głównie do oświetlania wnętrz budynków i ulic przy użyciu żarówek. W tamtych czasach był to najnowocześniejszy sposób oświetlenia.

Niestety jego popularyzacja była utrudniona – prąd stały (ang. *Direct Current*) z uwagi na spadki napięcia nie nadawał się do przesyłania na większe odległości. Elektrownie musiały powstawać w każdej dzielnicy, aby do odbiorcy dostarczać prąd bezpośrednio, jak najkrótszą drogą.

Alternatywną technologię prądu przemiennego (ang. *Alternate Current*) opracował Nikola Tesla. Tu nie było większych problemów przy przesyłaniu nawet na duże odległości. Dzięki transformatorom podnoszono napięcie do dużo wyższej wartości, przy której prąd był dużo mniejszy (P = U * I), a tym samym straty i ostateczne koszty przesyłu były niższe. Do końcowego odbiorcy trafiało napięcie obniżone do wartości skutecznej takiej jak prądu stałego (w Ameryce około 100V). Żarówki świeciły tak samo dobrze, ale prąd był tańszy.

Edison, posiadając patenty na dystrybucję prądu stałego, próbował zdyskredytować konkurencję. W tej „wojnie prądów" prąd stały jednak przegrał – jeszcze przed końcem XIX wieku dokonano konwersji na prąd przemienny.

Inaczej rzecz miała się w Europie, gdzie przyjęto dwa razy wyższe napięcie. Miasta przeważnie były mniejsze, zatem elektrownie prądu stałego „dawały radę". Jednak też do czasu. Większość przekonwertowała się na prąd przemienny z końcem lat 20. XX wieku.

Jak wyglądała wówczas ta konwersja? Dla żarówek i grzejników zasilanie prądem przemiennym, w miejsce stałego, nie stanowiło różnicy. Również komutatorowe silniki szeregowe, o ile tylko ich rdzenie były wykonane z materiału magnetycznie miękkiego, pracowały bez problemu z prądem przemiennym.

Urządzeń elektronicznych było niewiele. Odbiorniki radiowe były przeważnie zasilane bateryjnie, a te zasilane sieciowo produkowane w dwóch odmianach: Z – zasilane prądem zmiennym oraz U – uniwersalne. W sieciach prądu stałego używano tych ostatnich, które działały również po konwersji sieci na prąd przemienny.

Minęło sto lat. Nowy zielony ład wymusza rezygnację z elektrowni cieplnych i wykorzystywanie do produkcji energii elektrycznej wyłącznie źródeł odnawialnych. Jednym z nich są baterie ogniw fotowoltaicznych montowane często na dachach budynków. Prąd stały z tych ogniw zamieniany jest na prąd przemienny za pomocą lokalnego inwertera i oddawany do sieci prądu przemiennego. Sporą wadą tego rodzaju domowej instalacji jest to, iż nie może ona pracować przy braku w sieci napięcia pochodzącego z elektrowni (z uwagi na ryzyko porażenia). Zatem w sytuacji awarii sieci (lub blackoutu) nie można korzystać z w pełni sprawnej instalacji fotowoltaicznej. Rozwiązaniem byłyby instalacje wyspowe, w których ogniwa fotowoltaiczne ładują baterie akumulatorów. Obecnie taki typ instalacji jest drogi z powodu kosztów magazynów energii. Jednak z czasem, wraz ze spadkiem cen akumulatorów, może stać się on dominujący – realizując przy tym zielony postulat domu niezależnego energetycznie.

Przy takim rozwiązaniu należy zadać pytanie o sens zamiany stałego napięcia ogniw fotowoltaicznych czy baterii akumulatorów na prąd przemienny obecny w domowych gniazdkach. Spora część urządzeń konsumenckich, czy to opraw oświetleniowych LED, czy to impulsowych zasilaczy rozmaitych urządzeń elektronicznych, może być z powodzeniem zasilana prądem stałym. Problematyczne są jedynie starego typu urządzenia z transformatorami sieciowymi lub uproszczonymi zasilaczami beztransformatorowymi. Jednak również większość z nich może być zasilana prądem stałym za pośrednictwem elektronicznego falownika. Niestety obecnie produkowane urządzenia nie mają jawnie podanych informacji o możliwości alternatywnego ich zasilania prądem stałym.

Obecnie trwają już prace nad opracowaniem norm i standardów dla domowych sieci prądu stałego LVDC (ang. *Low Voltage Direct Current*). Oczywiście chodzi tutaj o odbiorcze, budynkowe instalacje elektryczne. Prąd przemienny pozostaje nadal najprostszym sposobem przesyłania energii na większe odległości. Lecz i tutaj nie od dziś używa się linii przesyłowych prądu stałego HVDC (ang. *High Voltage Direct Current*), czego przykładem jest uruchomione w 2000 roku połączenie energetyczne Polski ze Szwecją (podmorskim kablem). Na styku obu technologii przesyłowych pracują półprzewodnikowe układy przekształtnikowe, który mogą pracować w trybie prostownika lub falownika – w zależności od kierunku przesyłanej energii.

Czy po ponad stu latach powrócimy do zasilania prądem stałym z gniazdka w ścianie? Kiedyś największym problemem takiego rozwiązania były dymiące elektrownie węglowe na każdym rogu ulicy. Obecnie czyste zielone elektrownie mogą istnieć na dachu każdego domu.

Czyżby przyszłość instalacji domowych miała należeć do prądu stałego?

**Sławomir Węgrzyn**
bsw@poczta.onet.pl
www.e-bsw.blogspot.com

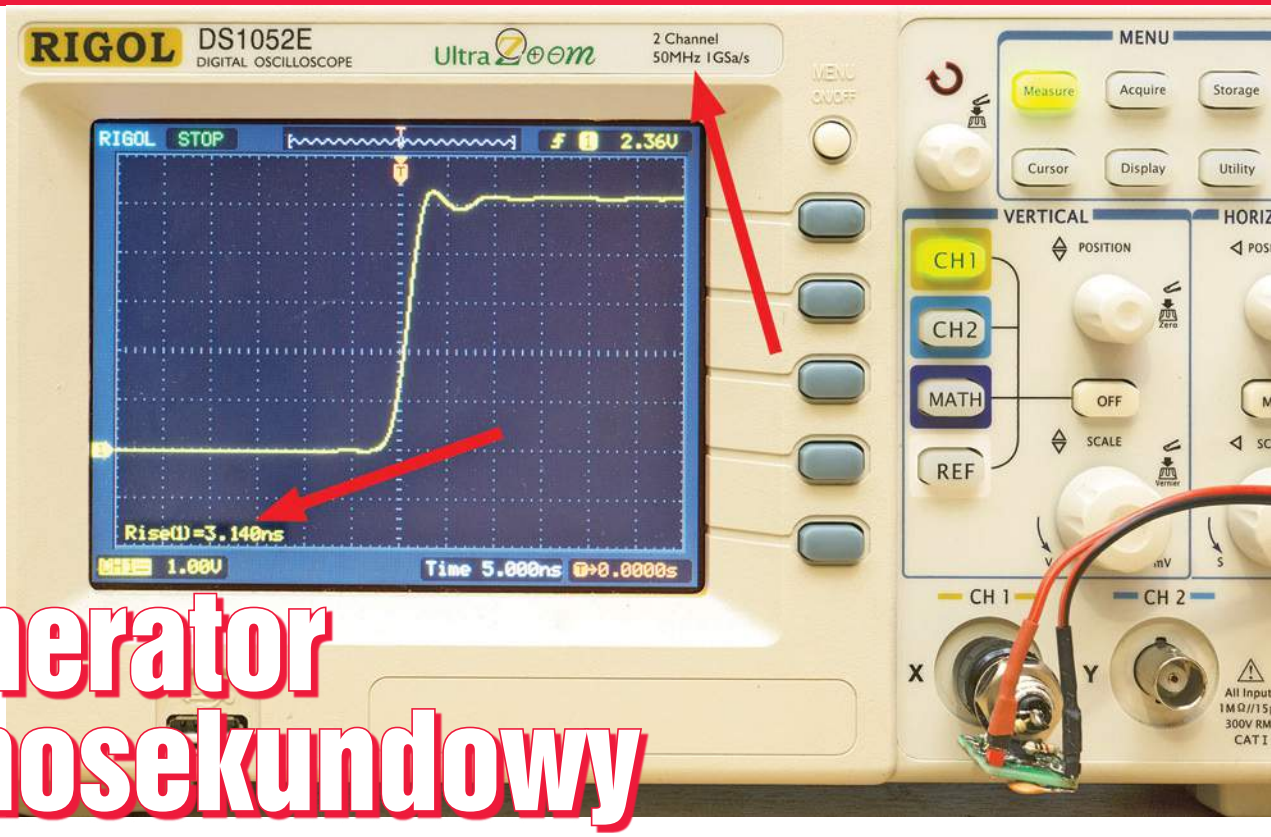
***Zachęcamy do nadsyłania podobnych tekstów!***

***Podziel się z innymi Czytelnikami swoimi wspomnieniami albo przemyśleniami, dotyczącymi historii, współczesności czy spodziewanego rozwoju elektroniki!***

Pomyśl, napisz (powyższy materiał ma około 750 słów) i przyślij zwykłym listem lub na adres *edw@elportal.pl*!
Materiał może dotyczyć „elektronicznych wspomnień", ale też dowolnego innego aspektu elektroniki.



eprasa.pl 019970d2a6




# Generator nanosekundowy

**Jeszcze niedawno generatory impulsów o bardzo stromych zboczach i czasach narastania rzędu 1 nanosekundy były bardzo drogie. Dziś takie impulsy można wytworzyć w zaskakująco prosty sposób za pomocą popularnych elementów.**

Dziwny tytuł projektu ma zainteresować tym prościutkim i na pozór banalnym generatorkiem. Banalnym, bo jest to generator przebiegu prostokątnego o niemal dowolnej częstotliwości, zrealizowany za pomocą jednej bramki „ze szmitem", jednego rezystora i jednego kondensatora. Choć okres generowanego przebiegu jest wielokrotnie większy niż 1 nanosekunda, to tytułowe określenie nie jest chwytem reklamowym. Chodzi bowiem o generator przebiegu prostokątnego o zaskakująco ostrych zboczach. Dwie gwiazdki nad tytułem artykułu określają nie stopień trudności realizacji projektu, tylko poziom wiedzy potrzebnej do jego wykorzystania.

**Rysunek 1** pokazuje zrzut ekranu z oscyloskopu widocznego na fotografii tytułowej. Oscyloskop ten redakcja otrzymała kilka lat temu od firmy NDN. Jak widać na rysunku 1 zmierzony czas narastania sygnału wynosi 2,98 nanosekundy. To bardzo krótki czas, ale wręcz szokujące jest, że mierzy to popularny oscyloskop DS1052! Oscyloskop niewątpliwie 50-megahercowy.

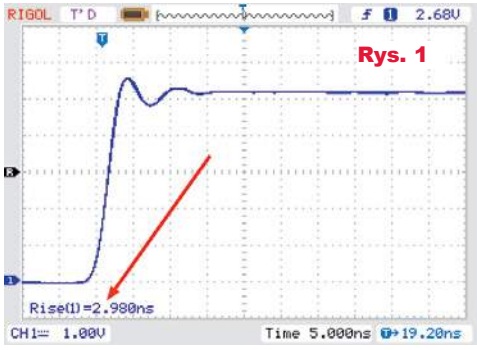
Dwa intrygujące względy, żeby zainteresować się projektem są takie:

1 – 50-megahercowy oscyloskop powinien mieć własny czas narastania mniej więcej dwa razy większy i nie powinien mierzyć tak krótkich czasów! Typowo dopiero oscyloskopy 100-megahercowe mają własny czas narastania 3,5ns.

2 – W rzeczywistości czas narastania impulsu z badanego generatora jest znacznie krótszy, rzędu 1 nanosekundy, czyli w zaskakujący sposób zrealizowany został prościutki i tani generator o wyjątkowo ostrych zboczach.

Generator o tak ostrych zboczach znajdzie szereg interesujących zastosowań, nie tylko do kompensacji dzielników napięcia. Szczegóły w dalszej części artykułu

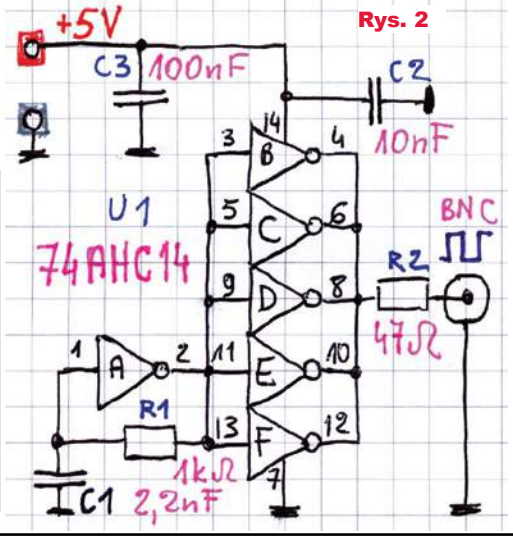
Rysunek 1 i fotografia tytułowa wręcz zmuszają do dokładniejszego przyjrzenia się układowi, a także i okolicznościom jego powstania.



Rys. 1

## Opis układu

Na **rysunku 2** widać schemat prostej wersji generatora. Nic szczególnego: inwerter Schmitta (A) z elementami R1, C1 to generator przebiegu prostokątnego. Sygnał z jego wyjścia jest podawany na pięć połączonych równolegle inwerterów i dalej na gniazdo BNC. Ponieważ ma to być generator impulsów o bardzo ostrych zboczach, wykorzystany jest bardzo szybki układ 74**AHC**14. Podobne generatory były opisywane w EdW 1, 2-3/2021. Wracamy do układu, ponieważ już wstępne testy prowizorycznego modelu były na tyle zaskakujące, a wręcz szokujące, że powstał niniejszy artykuł.



Rys. 2



eprasa.pl 019970d2a6

Pierwszy model zmontowany został na malutkiej prototypowej płytce drukowanej SO-16 (TSSOP-16). W szybkich generatorach należy minimalizować długość połączeń. Przypomnijmy, że światło (fala elektromagnetyczna) w czasie 1 nanosekundy pokonuje odległość 30 centymetrów (impuls w kablu niewiele mniej). Jak wiadomo, dziwne dla początkujących zjawiska falowe dają o sobie znać wtedy, gdy długość fali jest porównywalna z długością połączeń. Nie wchodząc w szczegóły, można się spodziewać, że przy oczekiwanych czasach narastania rzędu 1 nanosekundy, czyli pasmie harmonicznych rzędu 3GHz, połączenia nie powinny być dłuższe niż 10 centymetrów. Zdecydowanie lepiej jednak połączenia skracać, nawet przesadnie, niż zbliżać się do tak nieprecyzyjnie oszacowanych granic. Dlatego też w generatorze pracuje szybka kostka w wersji SMD, która ma mniejsze rozmiary niż wersja DIP, a po drugie w modelu połączenia między punktami układu są jak najkrótsze. Gniazdo BNC (męskie) jest dołączone na stałe wprost do płytki.

**Fotografie 3...5** pokazują szczegóły budowy modelu niezbyt ładnie wyglądającego, bo lutowanego z dużą ilością kalafonii, która nie została zmyta po lutowaniu.

W przypadku generatora do testowania i kompensowania dzielników napięcia celem jest uzyskanie przebiegów o jak najostrzejszych zboczach, natomiast częstotliwość przebiegu nie ma dużego znaczenia. W związku z tym wartości elementów R1, C1 ustalających częstotliwość można zmieniać w szerokich granicach. Wartość R1 nie powinna być jednak mniejsza niż 1 kiloom, by niepotrzebnie nie obciążać wyjścia inwertera U1A pracującego jako generator. W modelu dobrano częstotliwość nieco poniżej 1MHz, ale w praktyce może ona być inna, według potrzeb i upodobań. Bez kondensatora C1, w oparciu tylko o pojemności montażowe, generator wytwarzał przebieg podobny do sinusoidy o częstotliwości 95MHz, jak pokazuje **rysunek 6**. Z małym kondensatorem C1 = 9pF wytworzył przebieg pokazany na **rysunku 7** o częstotliwości 46MHz, gdzie czasy narastania (zmierzone oscyloskopem 50MHz) są krótsze niż 3 nanosekund. Z kondensatorem 1,5nF przebieg miał częstotliwość bardzo bliską 1MHz – **rysunek 8**.

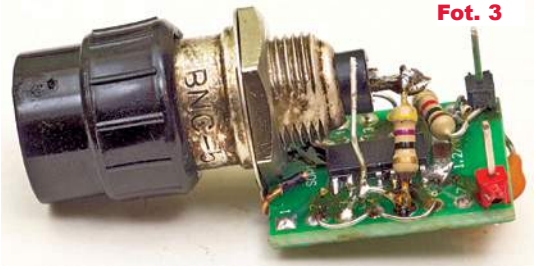
Uwaga! Do pierwszych testów wyjściowy rezystor R2 został zwarty i wtedy zmierzone przez oscyloskop czasy narastania i opadania wynosiły około 3 nanosekund – **rysunek 9** pokazuje oba zbocza przebiegu prostokątnego.

Z różnych względów warto, by generator miał rezystancję wyjściową około 50 omów. Jednak obecność na wyjściu rezystora R2 zmniejsza mierzoną stromość zboczy. Jak pokazuje **rysunek 10**, z rezystorem R2 (47Ω) zmierzony czas narastania wzrasta z około 3ns do ponad 4,6ns. Nic dziwnego: to bezpośredni efekt działania filtru dolnoprzepustowego (**rysunek 11**), jaki tworzy wyjściowy rezystor R2 z pojemnością wejściową oscyloskopu, która według specyfikacji DS1052 wynosi 18pF±3pF . Pomnożenie rezystancji 50 omów i pojemności 20 pikofaradów daje stałą czasową równą 1 nanosekundzie. Czas narastania to czas zmiany od 10 do 90 procent wartości maksymalnej i jest 2,2 razy dłuższy od stałej czasowej RC, co w sumie pasuje do przedstawionych właśnie wyników pomiaru. Czy można osiągnąć więcej?

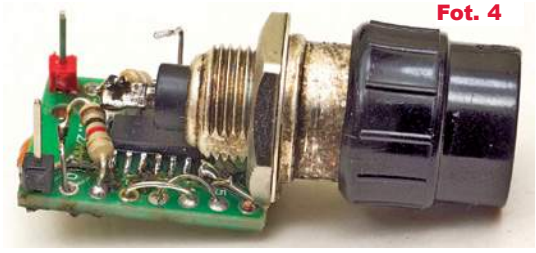
Okazuje się, że tak!

## Najszybsze kostki

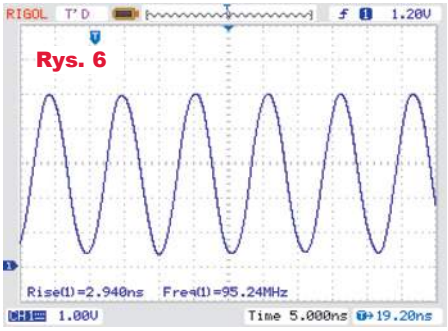
Interesują nas negatory i proste bramki, a zwłaszcza te z wejściami Schmitta. Najszybsze są rodziny niskonapięciowe (zasilanie do 3,6V), ale my szukamy raczej 5-woltowych, a spośród powszechnie dostępnych, oprócz 74AHCxx, godna zainteresowania jest rodzina 74ABTxx.

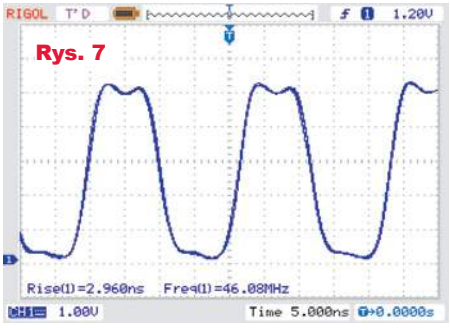


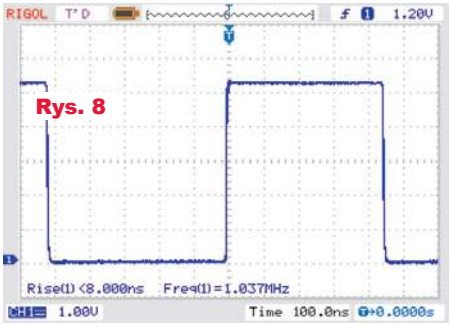
Fot. 3

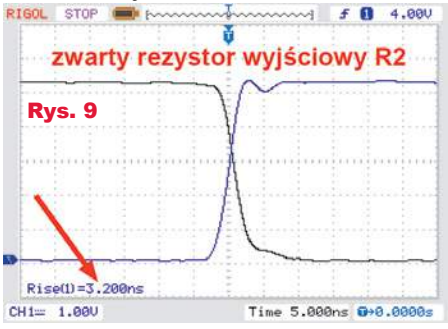

Fot. 4

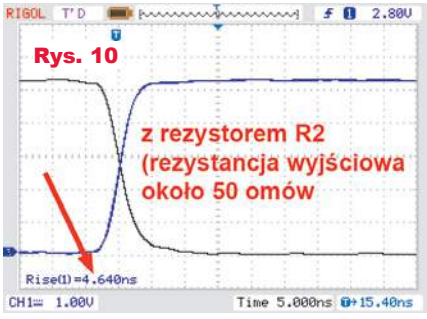
Fot. 5



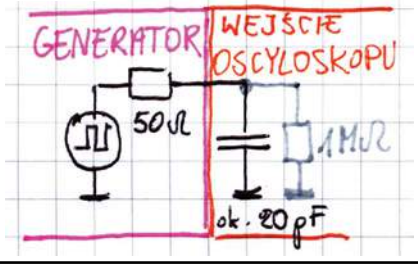




Rys. 11






eprasa.pl 019970d2a6

Według tabel i porównań, na przykład na stronie:
http://design.stanford.edu/spdl/ME218a/logic/which_is_best.html
w skrócie: https://stanford.io/2UHNysI, jest to najszybsza z rodzin wywodzących się z TTL, zasilanych napięciem 5V.

Niestety, liczba oferowanych typów układów 74ABT jest niewielka, o czym świadczy choćby strona:
https://www.nexperia.com/products/analog-logic-ics/family/ABT/#/p=1,s=0,f=,c=,rpp=,fs=0,sc=,so=,es=
w skrócie: https://bit.ly/2HaXumH,

Produkowanych jest kilka rodzajów bramek oraz układów do współpracy z szyną (line driver, bus transceiver). Niestety, nie ma wśród nich wygodnej w tym przypadku kostki 74ABT14, zawierającej inwertery „ze szmitem". Są zwykłe inwertery 74ABT04 oraz bramki 74ABT00, 74ABT08, 74ABT32.

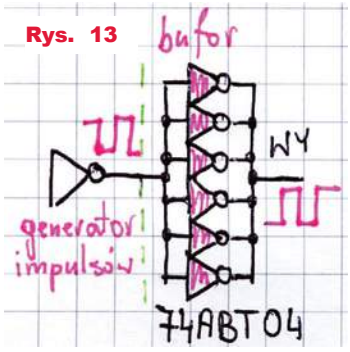
W materiałach katalogowych podawane są czasy opóźnienia przejścia sygnału przez bramkę (czas transmisji – *transmission time*). Przykład na **rysunku 12**. Jednak nie ma tam praktycznie żadnych informacji na temat najbardziej nas interesujący: jak szybkie jest samo przełączanie? Informacje firmowe na ten jakże ważny dla nas temat są niejednoznaczne. Można jednak mieć nadzieję, że jeżeli czas transmisji jest znacznie krótszy niż w innych rodzinach, to i czas zmiany stanu (*transition time*) też jest proporcjonalnie krótszy.

O ile dla inwerterów 74AHC04 katalogi podają typowy czas opóźnienia 3ns, o tyle dla 74ABT04 jest to tylko 2,2ns, a opadającego zbocza nawet 1,6ns i to przy 50-pikofaradowym obciążeniu wyjścia. Spodziewane czasy przełączania ze znikomym obciążeniem pojemnościowym powinny być znacznie krótsze. Ponadto na pewno wyjścia rodziny 74ABT mają dużą wydajność prądową, typowo 100mA, co jest tak ważne przy szybkim przeładowywaniu pojemności. W każdym razie podstawowe informacje wyglądają zachęcająco.

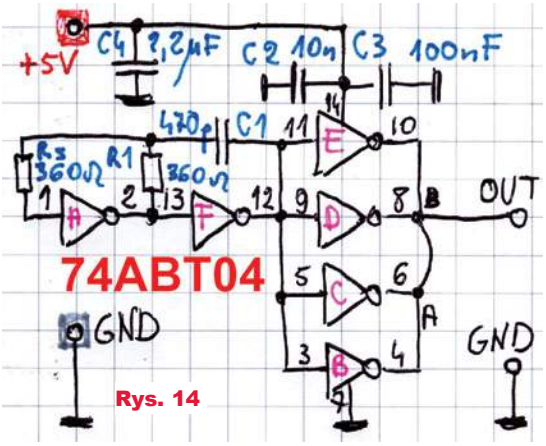
## Generatory z 74ABT04

Zwykłe inwertery 74ABT04 można wykorzystać jako stopień wyjściowy według **rysunku 13**.

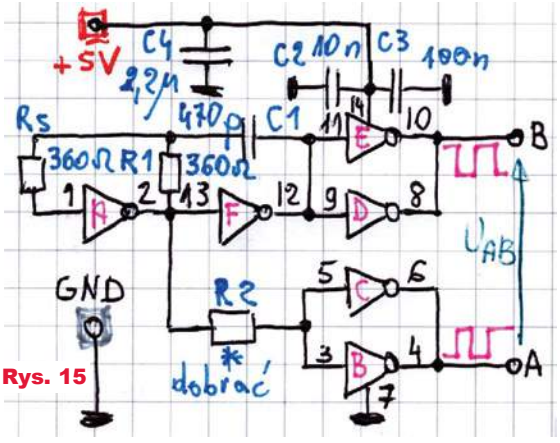
Rys. 13




Na dwóch zwykłych inwerterach można zrealizować klasyczny generator, na przykład według **rysunku 14**. Dodatkowe cztery inwertery są połączone równolegle i tworzą bufor wyjściowy o dużej wydajności prądowej. Ponieważ po inwerterach 74ABT04 spodziewałem się dużej szybkości, w obwodzie zasilania napięcie filtrują aż trzy kondensatory ceramiczne o różnej pojemności.



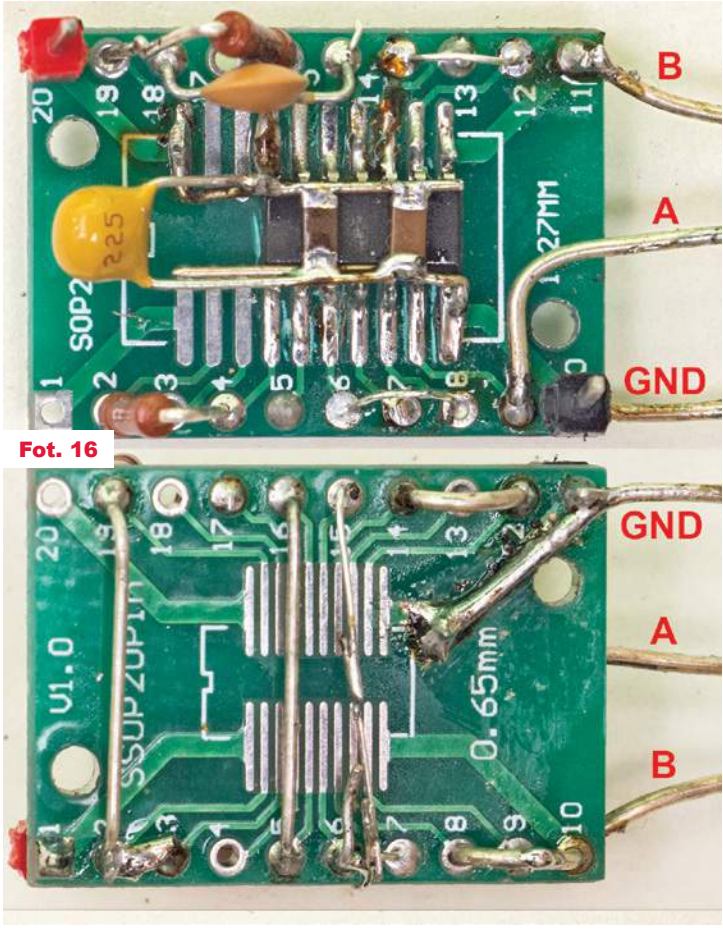

Rys. 14




Rys. 15

Od razu przewidziałem też drugą bardzo podobną wersję według **rysunku 15**, gdzie wyjście symetryczne da dwa razy większe napięcie wyjściowe. Różnica polega tylko na sposobie połączenia wejść inwerterów U1B, U1C oraz ich wyjść.

Układ powstał, co pokazuje **fotografia 16** i testom została poddana wersja z rysunku 14.
I już na początku dały o sobie znać dziwne




Fot. 16

Rys. 12

Table 7. Dynamic characteristics 74ABT04

| Symbol | Parameter | 25 °C; $V_{CC}$ = 5.0 V | | | 40 °C to +85 °C; $V_{CC}$ = 5.0 V ± 0.5 V | | Unit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Min | Typ | Max | Min | Max | |
| $t_{PLH}$ | LOW to HIGH propagation delay | 1.0 | 2.2 | 3.4 | 1.0 | 4.1 | ns |
| $t_{PHL}$ | HIGH to LOW propagation delay | 1.0 | 1.6 | 2.5 | 1.0 | 3.0 | ns |
| $t_{sk(o)}$ | output skew time [1] | - | 0.4 | 0.5 | - | 0.5 | ns |

[1] Skew between any two outputs of the same package switching in the same direction. This parameter is guaranteed by design.



eprasa.pl 019970d2a6

właściwości. Otóż przypadkowo okazało się, że zwieranie oddzielnie wyprowadzonych punktów wyjściowych A, B zmniejsza zauważalnie amplitudę impulsów wyjściowych, która była zbliżona do 5V, czyli do wartości napięcia zasilającego. Było to bardzo dziwne i zupełnie nieoczekiwane. Zwłaszcza że zgodnie z rysunkiem 1 gwarantowany rozrzut czasów propagacji (*output skew time*) jest mniejszy niż 0,5ns!

Intensywne testy pokazały kolejne dziwne właściwości. Otóż amplituda impulsów wyjściowych była praktycznie równa wartości napięcia zasilającego, podobnie jak we wcześniejszych układach. Na pozór nic dziwnego...

Tak, ale nic dziwnego, jeżeli są to układy CMOS, a nie bipolarne. A użyta przeze mnie kostka to 74ABT04. Skrót ABT pochodzi od Advanced BiCMOS Technology i zgodnie z nazwą w zaawansowany sposób łączy zalety tranzystorów **Bi**polarnych (zapewniających duże prądy stopnia wyjściowego) i tranzystorów **MOS**FET (szybkość i energooszczędność). Już te wstępne informacje wskazują, że w stopniu wyjściowym pracują tranzystory bipolarne, a wszyscy elektronicy, przynajmniej ci nieco starsi, wiedzą, że w bipolarnych układach TTL stan wysoki to napięcie rzędu co najwyżej 3,5V, a nie 5V! W karcie katalogowej 74ABT04 Nexperia (Philips) nie ma nic o szczegółach budowy wewnętrznej, ale podana jest typowa wartość napięcia dla stanu wysokiego, równa typowo 2,9V, a nie 5V – **rysunek 17**.

Texas Instruments produkuje kostki 74ABT, ale nie inwertery ...04. Niemniej właśnie w materiałach TI (*scba008b.pdf*) można znaleźć skąpe informacje o budowie stopnia wyjściowego i o pokrewnych szczegółach, między innymi te pokazane na **rysunku 18**.

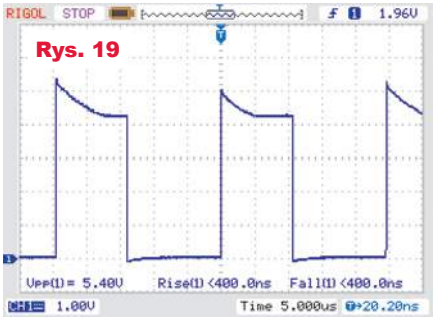
Skąd więc na wyjściu amplituda około 5 woltów?

Gdy radykalnie zmniejszyłem częstotliwość generatora (zwiększając C1 do wartości około 22nF), na nieobciążonym wyjściu generatora zaobserwowałem dziwny przebieg pokazany na **rysunku 19**.

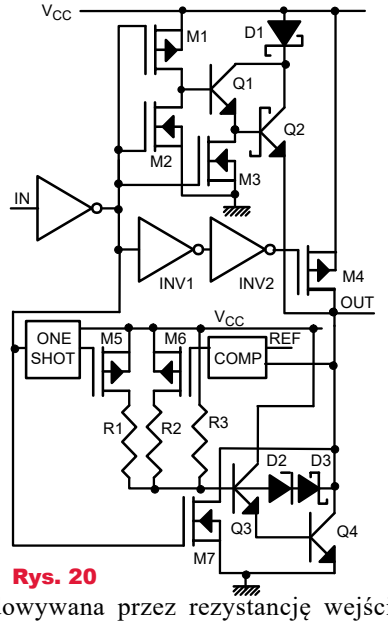
Bez wątpienia wyglądało to na szybciutkie ładowanie w chwili zmiany stanu jakiejś pojemności i potem jej powolne rozładowywanie. Rysunek 6 pokazuje uproszczoną (*simplified*) budowę stopnia wyjściowego. Być może są tam też jakieś tranzystory wspomagające MOSFET, czynne tylko w chwilach przełączania, ładujące do pełnego napięcia zasilania pojemności występujące na wyjściu. Takie rozwiązanie widać na pochodzącym z materiałów Philips dotyczących niskonapięciowych rodzin LVT i ALVT (AN-243) **rysunku 20**.

Na pozór nieobciążone wyjście generatora tak naprawdę było przecież obciążone: rezystancją i pojemnością wejściową oscyloskopu 1MΩ||18pF). Wszystko wskazywało na to, że w krótkich chwilach przełączania na wyjściu generatora pojawia się króciutki impuls o wartości napięcia zasilania, który ładuje pojemność wejściową oscyloskopu, a potem ta pojemność jest rozładowywana przez rezystancję wejściową oscyloskopu, ale nie całkiem, tylko do napięcia około 3V, które zapewnia obwód z rysunku 18.

Takie przypuszczenia potwierdziły dalsze testy. Otóż gdy między wyjście generatora i wejście oscyloskopu włączyłem według **rysunku 21** rezystor Ro o wartości 56 omów (ale bez kondensatora Co), przebieg na ekranie wyglądał jak na **rysunku 22a**. „Pełny impuls" na wyjściu generatora w chwili przełączania jest na tyle króciutki, że już rezystor 56Ω uniemożliwia znaczące naładowanie pojemności wejściowej oscyloskopu (choć jest to zauważalne na rysunku). Gdy oprócz rezystora Ro dodatkowo wprost na wyjściu gene-



Rys. 19

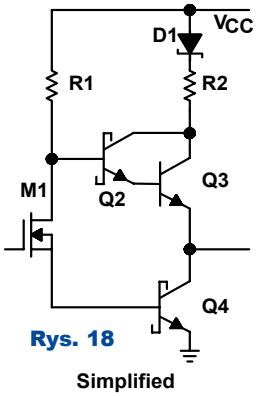


Rys. 20

Rys. 17

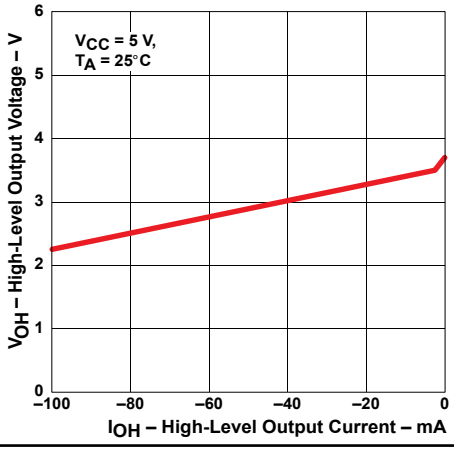
**Static characteristics** — **74ABT04**

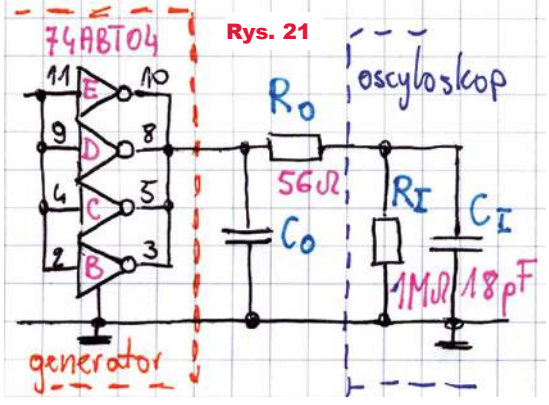
| Symbol | Parameter | Conditions | 25°C | | | −40°C to +85°C | | Unit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Min | Typ | Max | Min | Max | |
| $V_{IK}$ | input clamping voltage | $V_{CC}$ = 4.5 V; $I_{IK}$ = −18 mA | −1.2 | −0.9 | - | −1.2 | - | V |
| $V_{OH}$ | HIGH-level output voltage | $V_{CC}$ = 4.5 V; $I_{OH}$ = −15 mA; $V_I = V_{IL}$ or $V_{IH}$ | 2.5 | 2.9 | - | 2.5 | - | V |
| $V_{OL}$ | LOW-level output voltage | $V_{CC}$ = 4.5 V; $I_{OL}$ = 20 mA; $V_I = V_{IL}$ or $V_{IH}$ | - | 0.35 | 0.5 | - | 0.5 | V |



Rys. 18

Simplified ABT Output Stage



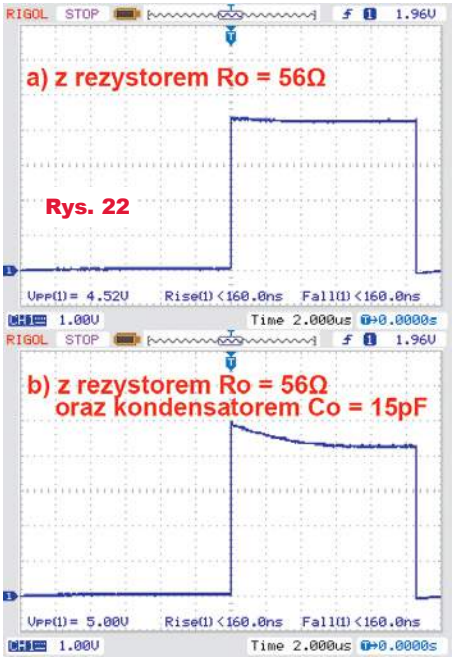



Rys. 21



eprasa.pl 019970d2a6

ratora dołączyłem kondensator Co = 15pF, przebieg na ekranie wglądał jak na **rysunku 22b**. Wszystko wskazywało, że na wyjściu kostek 74ABT04 przez jakąś bardzo krótką chwilę pojawiał się impuls o amplitudzie równej napięciu zasilania.

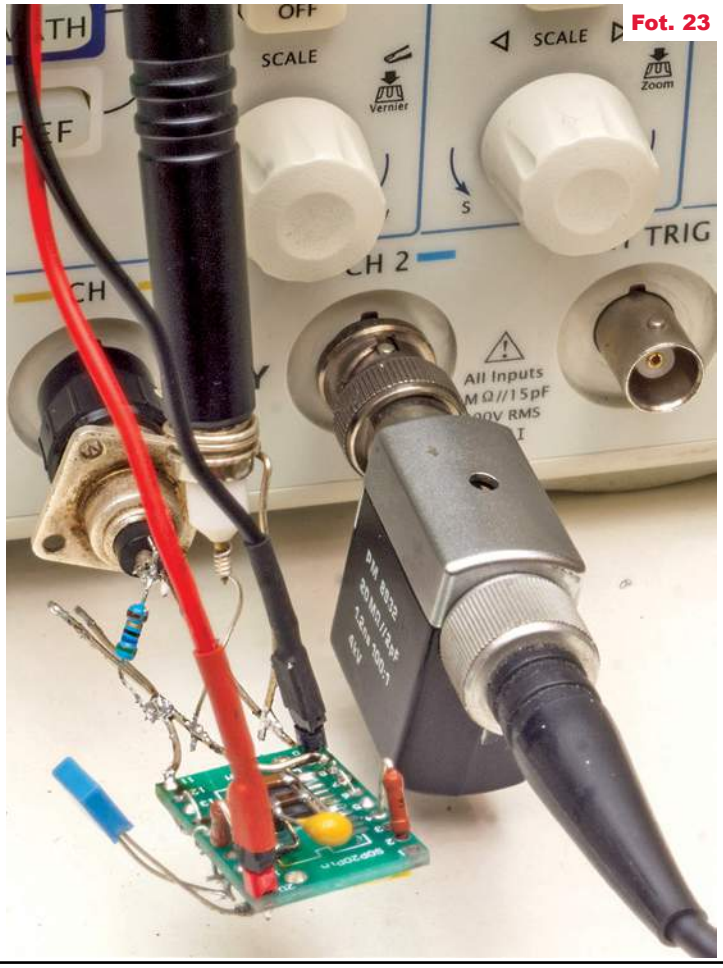


Rys. 22

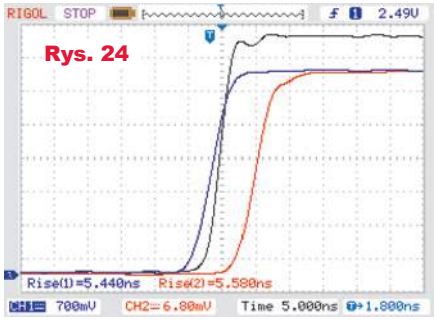
Odłączyłem kondensator Co i pozostawiłem Ro = 56Ω. W zapasach mam dobrą sondę oscyloskopową o tłumieniu 100×, czasie narastania 1,2ns, rezystancji wejściowej 20MΩ i pojemności wejściowej tylko 2pF. Dołączyłem sondę bezpośrednio do wyjścia generatora, jak pokazuje **fotografia 23**, co dało na ekranie mizerny efekt przedstawiony na **rysunku 24**. Przebieg czarny pokazany dla porównania to napięcie mierzone przez oscyloskop bez elementów Ro, Co. Przebiegi kolorowe zmierzone są z rezystorem Ro (bez Co). Przebieg czerwony to sygnał z sondy mierzony przez kanał CH2 oscyloskopu (nieco opóźniony w sondzie). Dobre parametry dynamiczne sondy nic nie pomogły, bo ograniczeniem jest czas narastania oscyloskopu. Odczytane tu czasy narastania około 5,5ns są niemiarodajne, ponieważ wykorzystane są oba kanały oscyloskopu, który ma tylko jeden przetwornik ADC o częstotliwości próbkowania 1GS/s (bardziej miarodajne wyniki uzyskuje się przy włączeniu tylko jednego kanału oscyloskopu).

Przeprowadziłem kolejne pomiary przy różnych wartościach rezystora wyjściowego, na postawie których można byłoby szacunkowo określić i rezystancję wewnętrzną generatora, i przypuszczalny czas impulsu występującego podczas przełączania. Okazało się też, że zmierzone przez oscyloskop czasy narastania były krótsze, gdy wyjście generatora było dość silnie obciążone (rezystancją 220...240Ω).

W każdym razie wszystko wskazuje, iż prościutki generator na kostce 74ABT04 ma bardzo strome zbocza, a na zboczu rosnącym najwidoczniej występuje też dodatkowy króciutki impuls. I wygląda na to, że mamy do czynienia z czasami poniżej 1 nanosekundy.



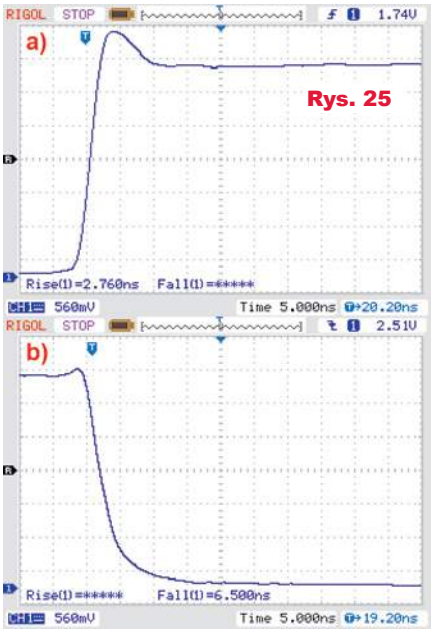
Fot. 23



Rys. 24

Najkrótsze czasy narastania, jakie udało mi się powtarzalnie zmierzyć przy użyciu wspomnianej sondy 20MΩ||2pF, były rzędu 2,8ns – przykład na **rysunku 25a**. To bardzo zaskakujące jak na tani oscyloskop o paśmie 50MHz i gwarantowanym czasie narastania 7ns. Wygląda też na to, że ze zboczem opadającym jest inaczej, na co wskazuje **rysunek 25b**. Jednak ograniczona szybkość oscyloskopu nie pozwala zbadać rzeczywistych kształtów przebiegów na wyjściu generatora.

W każdym razie niedaleko było do magicznej bariery 1ns, którą najprawdopodobniej można przekroczyć. Skąd takie wnioski? Po pierwsze na stronie: *https://www.analog.com/en/design-center/reference-designs/circuit-collections/lt1721-pulse-generator-has-0ns-to-10ns-width-520ps-transitions.html#cc-overview* w skrócie: *https://bit.ly/2UBOEGt* opisany jest generator impulsów z szybkimi komparatorami LT1721 i co bardzo ważne, z bramką 74**AHC**08 na wyjściu. W opisie jest podane, że czasy zmian stanu impulsu 5-woltowego (transitions) trwają tylko 520ps czyli 0,52ns.



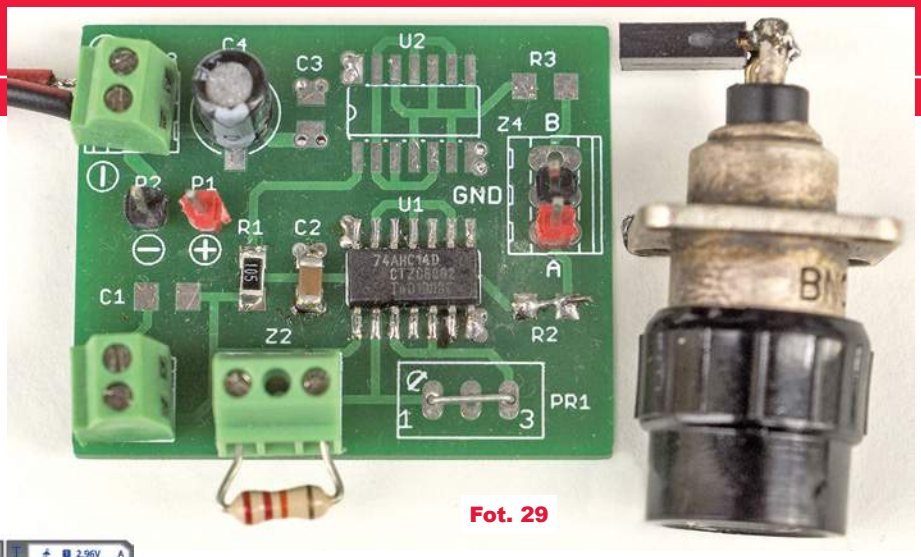
Rys. 25



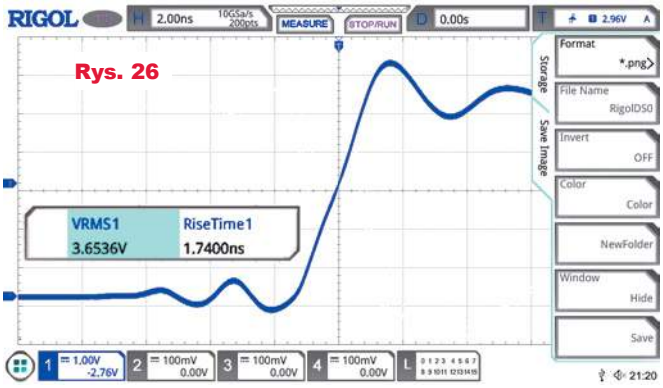
eprasa.pl 019970d2a6

W nocie aplikacyjnej AN98f pod adresem: *https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/application-notes/an98f.pdf* w skrócie: *https://bit.ly/2UDWbEL* można znaleźć dalsze szczegóły i oscylogramy to potwierdzające.

Dzięki uprzejmości ***Stanisława Jasińskiego*** z firmy ***NDN*** przebieg wyjściowy generatora z rysunku 2 i fotografii 3...5 został zbadany oscyloskopem z próbkowaniem 10GSa/s. Zmierzony czas narastania to 1,74ns – **rysunek 26**.



Fot. 29



Rys. 26

My możemy wykorzystać kostkę z rodziny 74**AHC**, więc podobnie jak w tamtym układzie czas narastania/opadania (*transition time*) też może być krótszy od 1 nanosekundy. Jednak to zależeć też będzie od kilku czynników. Identycznie oznaczone układy różnych producentów mogą mieć zdecydowanie różne czasy narastania i opadania. W każdym razie tytuł projektu wcale nie jest przesadzony. A dla ułatwienia eksperymentów w AVT została zaprojektowana pytka drukowana według schematu z **rysunku 27**.

## Montaż i uruchomienie

Przedstawione generatory są zaskakująco proste, ale trzeba bardzo mocno podkreślić, że w przypadku wszelkich szybkich układów ogromnie ważne są dwie kwestie:

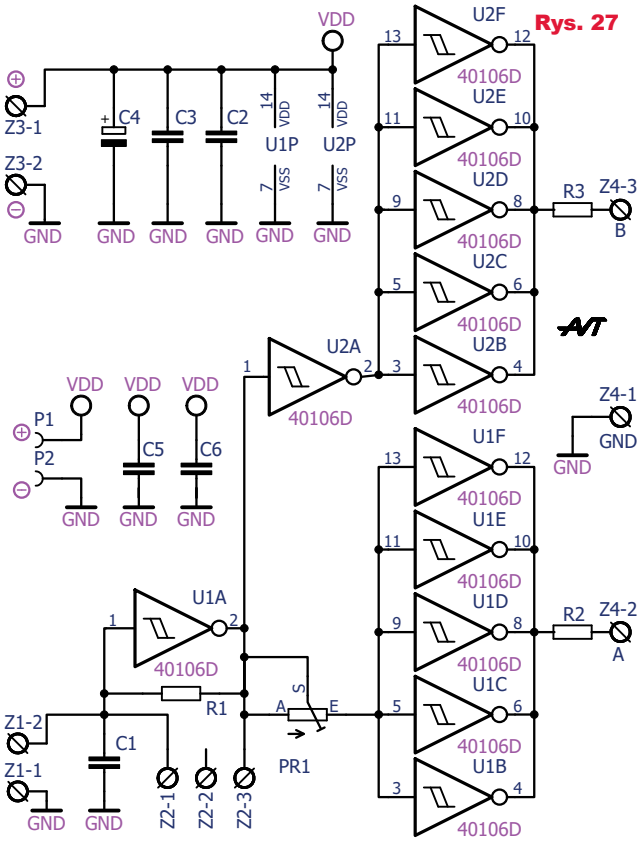
– prawidłowej filtracji zasilania,
– minimalizacji długości połączeń.

Nie ma jednej jedynej recepty na prawidłowe filtrowanie obwodów zasilania, ponieważ wszystkie rzeczywiste kondensatory mają też jakąś szkodliwą rezystancję strat ESR i jakąś szkodliwą indukcyjność ESL. Ponadto wszystkie połączenia, gdzie płynie prąd (przewody i ścieżki), mają jakąś indukcyjność. Wszystko to jest przyczyną dodatkowych spadków napięć, odbić, opóźnień i rezonansów. Najprościej biorąc, w obwodzie filtracji zasilania powinny pracować dwa albo trzy kondensatory o różnej pojemności, najlepiej SMD, umieszczone jak najbliżej układu scalonego. Wszystkie połączenia powinny być jak najkrótsze.

Różne wersje generatora według rysunku 27 można zmontować na pytce drukowanej, pokazanej na **rysunku 28**. Montaż jest łatwy, nie powinien sprawić trudności średnio zaawansowanym elektronikom, dla których przeznaczony jest taki generator. Na płytce można zmontować różne wersje generatora, z kostkami 7414 różnych rodzin TTL, w tym 74AHC14, ewentualnie wykorzystać CMOS40106.

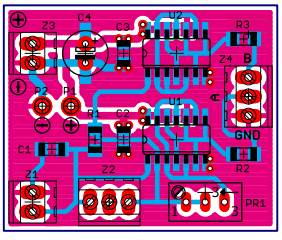
Dodatkowe informacje można znaleźć w artykule *Generator kalibracyjny dla każdego* w EdW 1 oraz 2-3/2021.

**Fotografie 29**, **30** pokazują model z jedną kostką 74AHC14 i pojedynczym wyjściem.



Rys. 27

Rys. 28 – Skala 150%



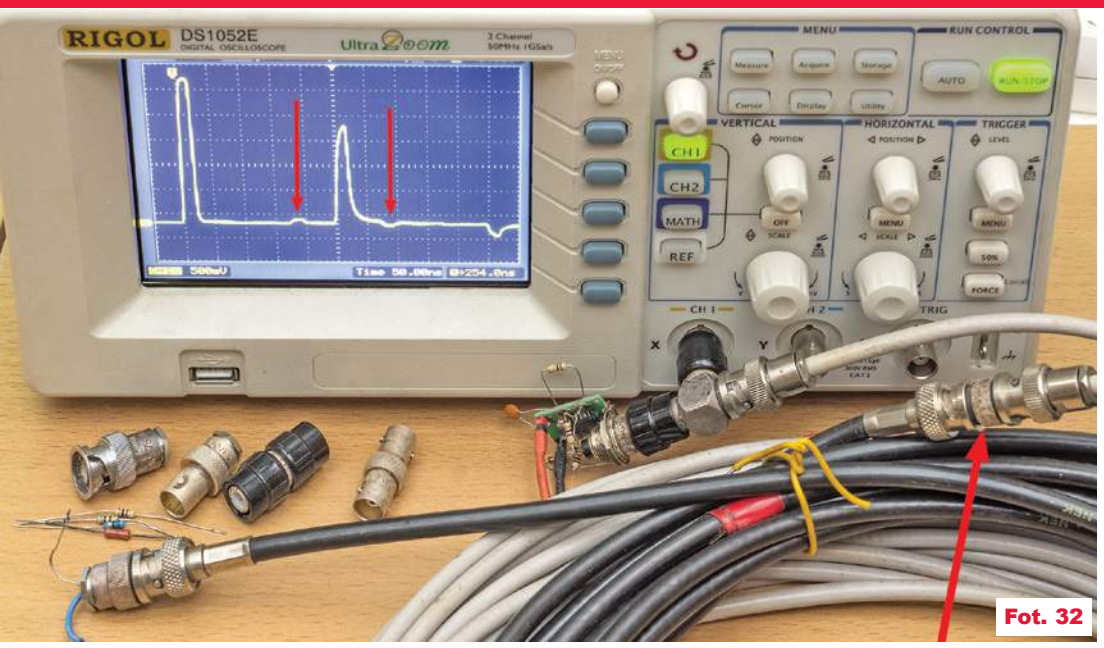
## Po co mi to?

Bardziej zaawansowani Czytelnicy wykorzystają opisany generator ***do kompensacji szerokopasmowych dzielników napięcia***. Posłuży też do testowania, określania szerokości pasma i nierówności charakterystyki częstotliwościowej wszelkich szybkich wzmacniaczy. Wszyscy za pomocą takiego generatora mogą ***sprawdzić czasy narastania posiadanych oscyloskopów***. Można też taki generator wykorzystać ***do obserwacji zjawisk falowych***. Najlepiej bada się zjawiska falowe

Fot. 30



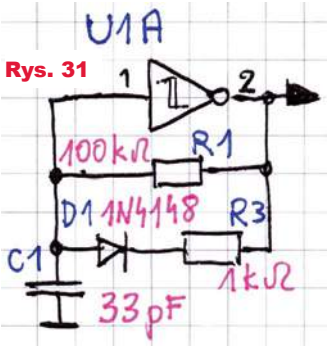
eprasa.pl 019970d2a6



Fot. 32

za pomocą jak najkrótszych impulsów.

Prosty przykład dla zachęty: można zróżnicować czas trwania stanu wysokiego i niskiego na wyjściu generatora. Przy wartościach elementów według **rysunku 31**, wlutowanych szybko, prowizorycznie, bez szczegółowej analizy i testów, na wyjściu występowały około 20-nanosekundowe impulsy o częstotliwości powtarzania około 1MHz (przy odrobinie wysiłku można uzyskać krótsze impulsy). Połączenie za pomocą trójnika BNC generatora oscyloskopu i kilkunastometrowego kabla, jak pokazuje **fotografia 32**, pozwoliło wyraźnie zaobserwować odbicia związane z niedopasowaniem impedancji. Z uwagi na dość długi czas impulsów testowych (20ns) w tym przypadku można badać kable o długości co najmniej kilku metrów. Do testu wykorzystano dwa posiadane od dawna kable koncentryczne z wtykami BNC, które zostały połączone za pomocą złączki (beczki) BNC. Na **rysunku 33** pokazane są przebiegi na wyjściu generatora z kablem rozwartym na końcu i zwartym na końcu. Czas między czołami impulsu pierwotnego i odbitego jest wprost proporcjonalny do długości kabla. A znając długość kabli, można obliczyć prędkość propagacji w kablu – jest to czas, w którym impuls wędruje z generatora do końca kabla, odbija się i wraca z powrotem z prędkością większą niż połowa szybkości światła.



Rys. 31

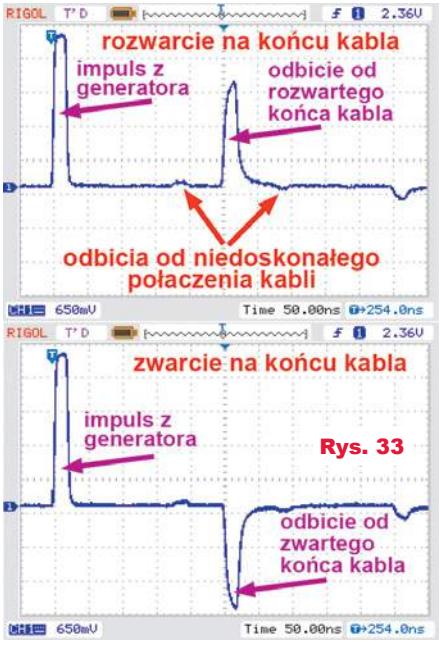
**Rysunek 34** przedstawia przebiegi przy dołączeniu na końcu kabla rezystora 50Ω (ściślej 51Ω) oraz rezystora 75Ω. Rysunek ten wykazuje, że dołączone kable są 75-omowe. Niewielkie zakłócenie, zaznaczone na fotografii 14 i na rysunku 15 czerwonymi strzałkami to odbicia od miejsca niedoskonałego połączenia kabli. Złączka jest niedopasowana falowo do 75-omowych kabli (jest 50-omowa), stąd niewielkie odbicie. Umiejscowienie tego odbicia pozwala też obliczyć długość każdego z połączonych kabli.

To jest tylko prościutki przykład możliwości wykorzystania opisywanego generatora. Tego rodzaju szybkie układy TDR pozwalają także na przeprowadzenie szeregu innych interesujących badań. Między innymi moga posłuzyc do kompensacji częstotliwościowej dzielników napięcia, bo do takich celów pierwotnie miały być przeznaczone opisywane tu generatory.

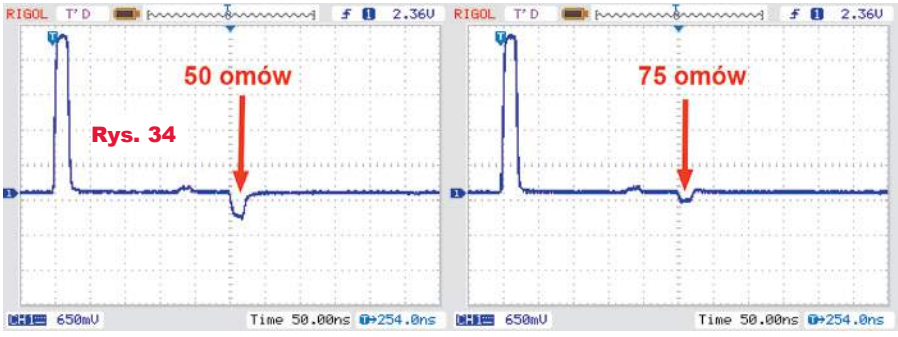
## Dodatkowe informacje

Nas najbardziej interesują czasy narastania i opadania impulsów prostokątnych, czyli czas, potrzebny by napięcie wyjściowe zmieniło się między 10% a 90% wartości maksymalnej. W przypadku układów cyfrowych nie podajemy stromości SR, podawanej dla wzmacniaczy analogowych, tylko czasy narastania i opadania, mierzone zazwyczaj albo dla impulsów o amplitudzie, albo 3,3V przy określonej pojemności obciążenia (z reguły 15pF i 50pF).

Podobnie w przypadku oscyloskopów podaje się czas narastania zbocza impulsu. Dla powszechnie dziś dostępnych oscyloskopów 50-megahercowych producenci zwykle podają czasy narastania typowo 7 nanosekund lub nieco mniej, a dla oscyloskopów 100-megahecowych – zazwyczaj 3,5ns. Często w literaturze



Rys. 33



Rys. 34



eprasa.pl 019970d2a6

spotyka się wzór wiążący czas narastania $t_r$ z (trzydecybelowym) pasmem przenoszenia **B**: **tr = 0,35 / B**
Jeżeli do tego wzoru wstawimy pasmo przenoszenia 100MHz, to uzyskamy:

$tr = 0,35 / 100MHz = 0,35 / 10^8 Hz$

$tr = 0,35 / 10^8 Hz = tr = (0,35 / 10^8)$ s

$tr = 0,35*10^{-8}$ s $= 3,5*10^{-9}$ s

tr = 3,5ns

Współczynnik 0,35 dotyczy charakterystyki przenoszenia o charakterze najprostszego filtru RC pierwszego rzędu, a współczynnik ten dla niektórych oscyloskopów może być większy (np. 0,4 albo 0,45), między innymi zależnie od przeprowadzanej cyfrowej obróbki sygnału.

Nie wchodząc w szczegóły: jeżeli dostępne dziś dla amatorów oscyloskopy mają pasmo 100MHz i czasy narastania rzędu 3,5ns, to dobrze byłoby, gdyby budowany przez nas testowy generator miał czasy narastania znacząco krótsze niż te 3,5 nanosekundy. I właśnie generatory z kostkami 74AHC oraz 74ABT pozwalają uzyska czasy zmian dużo krótsze niż 3,5ns!

Warto wiedzieć, że nawet jeśli dysponowalibyśmy generatorem o idealnie stromych zboczach, czyli o zerowym czasie narastania/opadania, to taki idealny sygnał podany na wejście oscyloskopu zostanie zobrazowany na jego ekranie z dokładnością, na jaką pozwala czas narastania obwodów tego oscyloskopu. Z kolei mając generator o bardzo ostrych zboczach, można bardzo łatwo określić czas narastania posiadanego oscyloskopu (i oszacować związaną z tym szerokość jego pasma przenoszenia).

Jeżeli generator daje sygnał o czasie narastania porównywalnym z czasem narastania oscyloskopu, to zobrazowany na ekranie czas będzie geometrycznym złożeniem czasów generatora i oscyloskopu:

$tr = (t_G^2 + t_O^2)^{1/2}$

**Static characteristics** — **74ABT04**

| Symbol | Parameter | Conditions (Rys. 35) | 25°C Min | 25°C Typ | 25°C Max | −40°C to +85°C Min | −40°C to +85°C Max | Unit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_{IK}$ | input clamping voltage | $V_{CC}$ = 4.5 V; $I_{IK}$ = −18 mA | −1.2 | −0.9 | - | −1.2 | - | V |
| $V_{OH}$ | HIGH-level output voltage | $V_{CC}$ = 4.5 V; $I_{OH}$ = −15 mA; $V_I = V_{IL}$ or $V_{IH}$ | 2.5 | 2.9 | - | 2.5 | - | V |
| $V_{OL}$ | LOW-level output voltage | $V_{CC}$ = 4.5 V; $I_{OL}$ = 20 mA; $V_I = V_{IL}$ or $V_{IH}$ | - | 0.35 | 0.5 | - | 0.5 | V |

Niestety, ograniczeniem jest też sonda oscyloskopowa. Sonda 1:1 z uwagi na dużą pojemność (zwykle >100pF) w ogóle nie nadaje się do szybkich pomiarów. Tylko pasywne sondy 1:10 i 1:100 mają małą pojemność i mogą mierzyć szybkie impulsy. Jednak i one mają ograniczony czas narastania (a także nieco opóźniają sygnał). Wtedy czas narastania pokazany na ekranie jest złożeniem czasów narastania generatora, sondy i oscyloskopu:

$tr = (t_G^2 + t_S^2 + t_O^2)^{1/2}$

Przykładowo jeżeli oscyloskop ma czas narastania 7ns i badane impulsy też mają czas narastania 7ns, to pokazany na ekranie i zmierzony czas narastania wyniesie:

$tr = [(7ns)^2+(7ns)^2)]^{1/2} = (49ns^2 + 49ns^2)^{1/2}$

$tr = (98ns^2)^{1/2}$

tr = 9,9ns

Ale jeżeli impulsy będą mieć zbocza 1-nanosekundowe,

to „7-nanosekundowy" oscyloskop pokaże na ekranie zbocze o czasie narastania:

$tr = [(1ns)^2+(7ns)^2)]^{1/2} = (1ns^2 + 49ns^2)^{1/2}$

$tr = (50ns^2)^{1/2}$

tr = 7,07ns ~ 7,1ns

czyli zaskakująco blisko swoich maksymalnych możliwości.

Dlatego mocno dziwią wyniki pomiarów przedstawione na fotografii tytułowej i na rysunkach w artykule! Oscyloskop Rigol DS1**05**2 jest ewidentnie 50-megahercowy, a jego specyfikacja podaje tylko, że czas narastania jest krótszy niż 7ns (**rysunek 35**). Dla 100-megahercowej wersji DS1**10**2E podaje czas narastania <3,5ns. A my zgodnie z rysunkiem 1, oscyloskopem 50-megahercowym zmierzyliśmy czas poniżej 3ns!

Aby dokładniej zbadać temat, należałoby sprawdzić pasmo przenoszenia i przebieg charakterystyki częstotliwościowej wejściowego wzmacniacza analogowego oscyloskopu. Dopiero to pokazałoby, na ile w grę wchodzi tez sztuczna, cyfrowa obróbka. Należałoby też zapytać, jak mierzone są czasy narastania, podawane w specyfikacjach oscyloskopów. Zapewne przy użyciu generatorów o rezystancji wyjściowej 50 omów, co jak już wiemy, bez użycia sondy wiąże się z dodatkowym opóźnieniem rzędu 2 nanosekund potrzebnym na przeładowanie pojemności wejściowej oscyloskopu.

W oscyloskopie DS1052 i podobnych pracuje jeden przetwornik ADC o szybkości 1GS/s, więc do tego typu pomiarów należy włączać tylko jeden kanał, by nie obniżać częstotliwości próbkowania do 0,5GS/s. Ale i tak można się zastanawiać, czy pomiary czasu na granicy możliwości oscyloskopu nie są obarczone jakimś dodatkowym poważnym błędem.

Jednak to są kwestie niewpływające na nasze finalne wnioski: otóż po pierwsze wszystko wskazuje, iż użyty ***popularny oscyloskop DS1052E ma realne pasmo pomiarowe szersze niż 50MHz***. Potwierdza się bardzo dobra opinia o oscyloskopach Rigol!

Po drugie, w prosty sposób można zrealizować generator przebiegu prostokątnego o czasach narastania/opadania nawet poniżej 1 nanosekundy!

**Piotr Górecki**

R E K L A M A

AVT 1327 Mini generator funkcyjny

- częstotliwość: około 1kHz
- sygnały wyjściowe: prostokąt, piła, trójkąt lub sinus
- przebieg prostokątny o wypełnieniu około 50%
- płynnie regulowane napięcie wyjściowe
- zasilanie: 5...10 VDC / 10 mA
- wymiary płytki: 41×64 mm

Znajdź nas na

KITy AVT

eprasa.pl 019970d2a6

# Frezarka CNC część 3

**W artykule opisana jest prosta obrabiarka sterowana numerycznie, której wykonanie nie przekracza możliwości większości elektroników – hobbystów.**

W trzeciej części artykułu opisane są elementy elektroniczne wykorzystane w frezarce CNC.

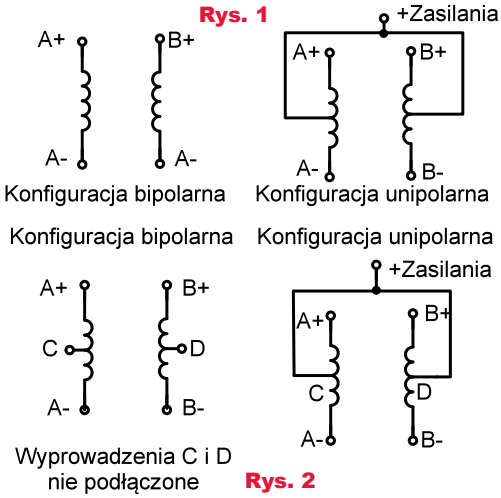
## Silniki krokowe

W roli elementu sterującego położeniem osi frezarki CNC, ale też drukarek 3D, wykorzystuje się silniki krokowe. Silnik taki, po podaniu jednostkowego sygnału sterującego, wykonuje obrót o ściśle określony, powtarzalny kąt. Dzięki tej właściwości możliwe jest określenie położenia elementów wykonawczych, podłączonych do silnika krokowego, i to tylko na podstawie sygnałów sterujących.

Podstawowymi parametrami charakteryzującymi silnik krokowy są: znamionowe napięcie i prąd prący, liczba kroków przypadających na pełny obrót osi silnika i moment siły, nazywany również momentem obrotowym. Dwa pierwsze parametry nie wymagają wyjaśnień, zauważyć należy jedynie, że napięcia nominalne pracy typowych silników krokowych dostępnych na portalach aukcyjnych rzadko przekraczają 5V, a większe napięcia zasilania mają zwykle silniki stosowane w drukarkach laserowych i igłowych. Liczba kroków przypadających na pełny obrót osi silnika mówi, jak wiele impulsów pełnokrokowych trzeba podać na silnik, by oś silnika wykonała jeden pełen obrót. W przypadku silników Nema17 liczba kroków na jeden obrót wynosi najczęściej 200, a więc oś silnika obraca się o 1,8 stopnia co każdy pełny krok. Moment siły (obrotowy) wyrażany jest w niutonometrach (Nm). Im wyższa wartość momentu siły, tym silnik łatwiej pokonuje wszelkie opory konstrukcji mechanicznej. W przypadku zbyt małej wartości momentu siły w stosunku do oporów ruchu często dochodzi do gubienia kroków przez silnik krokowy: mimo podawania sygnałów sterujących pracą silnika krokowego część z kroków nie jest wykonywana. W skrajnych wypadkach możliwe jest całkowite zablokowanie osi silnika i możliwości wykonywania ruchów przez oś. W przypadku gubienia kroków dochodzić będzie nie tylko do błędów we frezowaniu, ale frezarka nawet może zostać uszkodzona wskutek nieprawidłowego określenia aktualnej pozycji np. wrzeciona. W profesjonalnych konstrukcjach dodatkowo stosuje się enkodery, które fizycznie sprawdzają, czy rzeczywiście nastąpiło przemieszczenie wału silnika.

Silniki krokowe mogą mieć cewki sterujące skonfigurowane jako bipolarne bądź unipolarne. Silniki bipolarne mają wyjście czteroprzewodowe, zaś unipolarne – wyjście pięcioprzewodowe – **rysunek 1**. W przypadku silnika unipolarnego piąte wyprowadzenie jest wspólne dla wszystkich cewek. Występują również silniki krokowe z wyprowadzeniami sześcioprzewodowymi. Silniki takie można skonfigurować zarówno jako silniki bipolarne, jak i unipolarne – **rysunek 2**. Oba typy połączeń cewek silników wymagają różnych układów elektronicznych sterujących cewkami. W silnikach unipolarnych stosuje się klucze tranzystorowe zwierające poszczególne sekcje cewek do masy w określony reżimie czasowym. W przypadku silnika bipolarnego pracą cewek steruje się za pomocą mostka H.

Mimo bardziej złożonego elektronicznie układu sterowania silnikami bipolarnymi, są one szeroko wykorzystywane we frezarkach CNC i drukarkach 3D. Silniki krokowe z bipolarną konfiguracją cewek mają większy moment siły niż te z konfiguracją unipolarną. W przypadku silników bipolarnych następuje szybszy spadek momentu obrotowego w funkcji prędkości obrotowej silnika niż w przypadku silników z cewkami w konfiguracji unipolarnej. Dopiero jednak dla naprawdę dużych prędkości obrotowych silnika moment obrotowy w konfiguracji unipolarnej i bipolarnej zrównują się ze sobą.




Autor wszystkie silniki kupuje jako silniki z demontażu, za ułamek ceny nowego fabrycznego silnika chińskiego producenta. Silniki takie pochodzą często od renomowanych producentów jak np. Minebea czy Sanyo. Kupując silnik krokowy, należy kierować się nie liczbą wyprowadzeń na złączu silnika, a jego opisem. Często zdarza się, że silnik ma sześć wyprowadzeń, natomiast elektrycznie wykorzystane są tylko cztery. Łatwo to sprawdzić, mierząc przejścia omomierzem pomiędzy poszczególnymi wyprowadzeniami. Zasadniczo do naszych zastosowań najczęściej stosuje się silniki z szeregu Nema17, a w przypadku urządzeń o większych masach Nema23 – **fotografia 3**. Mimo iż nie zawsze silniki takie mają podane parametry elektryczne, to należy oczekiwać, że silnik z tego samego typoszeregu, ale o większych gabarytach, będzie dysponował większym

Fot. 3

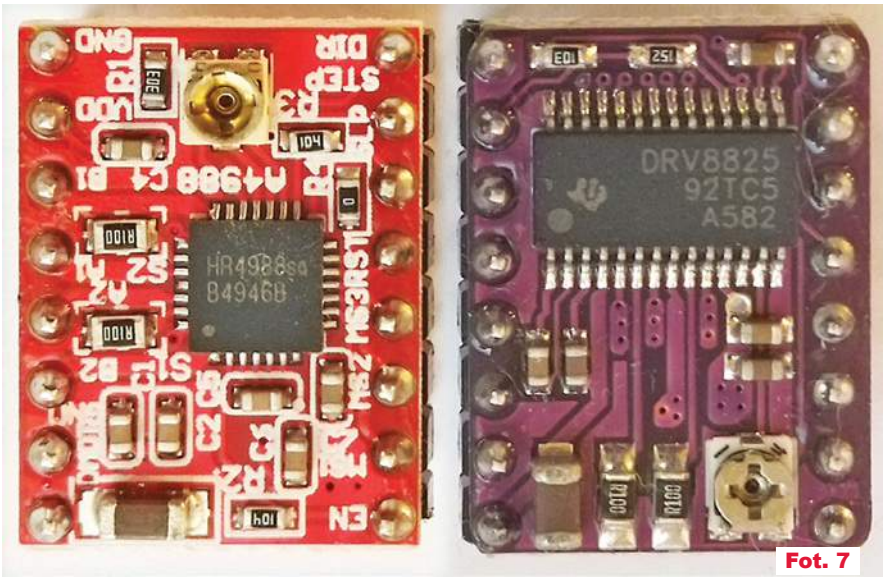


eprasa.pl 019970d2a6

Fot. 4

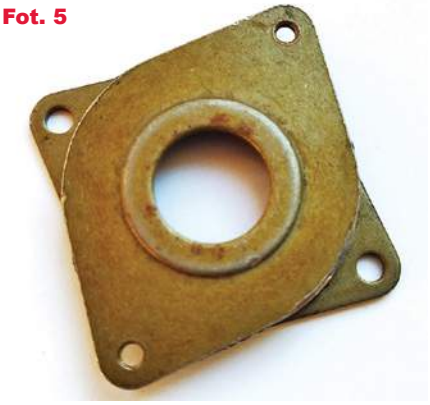
momentem siły – **fotografia 4**. Silniki pochodzące z demontażu często mają zamocowany amortyzator drgań, który warto wykorzystać – **fotografia 5** oraz zębatkę przekładni, którą należy zdemontować. Demontaż zębatki można wykonać na dwa sposoby: podgrzewając ją za pomocą lutownicy na gorące powietrze i następnie ściągając, albo ściąć części zębatki za pomocą tarczy do cięcia metali narzędziem wielofunkcyjnym (np. dremel). Zębatkę należy ściąć tak, by do osi silnika zostało około 2mm a pozostały nadmiar zeszlifować za pomocą odpowiednich tarcz do grubości około 1mm. Pozostałości zębatki należy za pomocą kombinerek usuwać od razu podczas takiej obróbki, gdy zębatka jest nagrzania na skutek tarcia, co bardzo ułatwia pracę. Niewielkie „zarysowania" osi silnika, jakie mogą powstać podczas cięcia zębatki, nie wpływają na pracę układu. Autor preferuję drugą z wymienionych metod.

Moment siły nieznanego silnika można porównać z silnikiem o znanym momencie obrotowym w układzie pokazanym na **rysunku 6**. W układzie tym jeden z silników sterowany jest odpowiednimi sygnałami ze sterownika silnika krokowego, a przez jedną z cewek drugiego silnika płynie prąd stały o regulowanym natężeniu, zapewniający hamowanie. Natężenie prądu reguluje się, zmieniając napięcie podawane na cewkę, przy czym należy pamiętać, że napięcie to nie może być zbyt wysokie, gdyż może przegrzać i uszkodzić silnik. Silniki sprzęgnięte



Fot. 7

Fot. 5

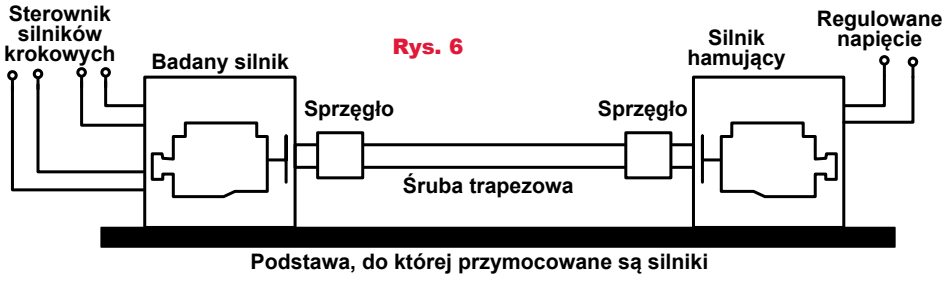


są za pomocą sprzęgła elastycznego i śruby o średnicy 8mm. Regulując napięcie i prąd sterujący obrotem jednego silnika oraz prąd hamujący silnika drugiego, można nie tylko porównać momenty siły obu silników, ale też określić akceptowalne wartości napięcia i prądu pracy badanego silnika – takie, które nie spowodują nadmiernego wzrostu temperatury.

## Sterowniki silników krokowych

Tak jak wcześniej wspomniano, będziemy zajmować się silnikami bipolarnymi i dedykowanymi do nich sterownikami (driverami). W przypadku frezarek zawierających silniki Nema17 wykorzystuje się najczęściej sterowniki silników krokowych z układami scalonymi A4988 (Allegro), DRV8825 (Texas Instruments), jak TMC2208, TMC2130 (Trinamic), a w przypadku silników dużej mocy – moduły TB6600. Wszystkie wymienione układy i moduły zawierają mostek H do sterowania pracą silnika krokowego, lecz mają też dodatkowe bloki funkcjonalne ułatwiające sterowanie pracą silnika krokowego i zapewniające odpowiednie reżimy czasowe sygnałów i wartości prądów sterujących. Sterowniki firmy Trinamic, dzięki specjalnym algorytmom, generują niski poziom hałasu, lecz są znacznie droższe niż wymienione układy firm Allegro i Texas Instruments – dlatego nie ma sensu ich stosować we frezarce CNC. Tryb cichej pracy, jakie oferują wspomniane sterowniki, i tak nie zostanie zauważony ze względu na wysoki poziom hałasu, jaki generowany jest przez pracujące wrzeciono. Na portalach aukcyjnych można kupić gotowe moduły wykorzystujące wspomniane układy scalone, tzw. stepsticki. Moduły wykorzystujące układy A4988 (maksymalne napięcie pracy 35V, prąd 2A, praca do 1/16 kroku) i DRV8825 (maksymalne napięcie pracy 48V, prąd 2,5A, praca do 1/32 kroku), mimo różnych zastosowanych układów scalonych, mają takie same wyprowadzenia i są zamienne ze sobą – **fotografia 7**.

Do modułów dołączany bywa radiator mocowany na taśmę dwustronną. Zdaniem autora skuteczność takiego radiatora jest niewielka. Radiator przymocowany jest do obudowy z tworzywa, która sama jest izolatorem ciepła.



Rys. 6

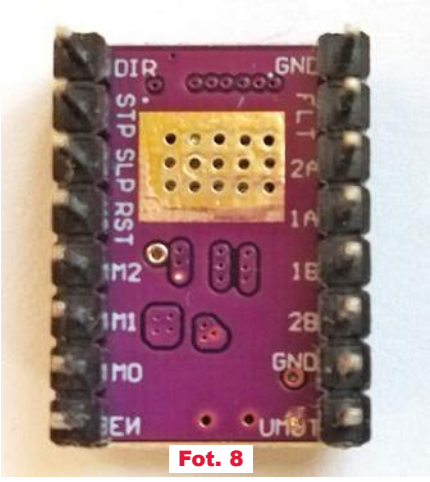


eprasa.pl 019970d2a6

Lepsze odprowadzenie ciepła uzyskamy, zdrapując od dołu soldermaskę pod wyprowadzeniem odprowadzającym ciepło z układu scalonego (thermal pad) i cynując w tym miejscu płytkę drukowaną, a jeśli już cynowanie istnieje – poszerzając jego powierzchnię (**fotografia 8**). Bez dodatkowego odprowadzenia ciepła wspomniane moduły nie są w stanie pracować z maksymalnymi prądami podanymi przez producenta.

Cena modułów sterujących silnikami krokowymi wynosi kilka złotych za sztukę i nie warto ich samodzielnie wykonywać. W przypadku uszkodzenia takiego modułu wystarczy zwyczajnie wyjąć go z urządzenia i wymienić na nowy. Wszystkie wspomniane układy sterowane są bardzo podobnie, dlatego sterowanie modułem sterownika silnika krokowego zostanie dalej opisane na przykładzie układu A4988. Układ wymaga dwóch napięć zasilających. Napięcia zasilającego układ wykonawczy (silnik) zwykle od 8V, przy czym górna wartość ograniczona jest maksymalnym dopuszczalnym napięciem pracy układu scalonego. Napięcie zasilające części cyfrowej wynosi od 3 do 5V i zasila część będącą interfejsem pośredniczącym między mikroprocesorem a układem wykonawczym. Podanie na część cyfrową modułu zbyt wysokiego napięcia zasilającego uszkadza układ scalony.

Do sterowania silnikiem wykorzystuje się wyprowadzenia: Step (krok), Dir (kierunek) oraz MS1, MS2, MS3 (ustawianie kroków). Podanie stanu wysokiego na wejście Step wymusza wykonanie kroku przez silnik przez czas trwania stanu wysokiego na wejściu Step. Stan logiczny na wejściu Dir określa kierunek, w którym obraca się wał silnika krokowego (zgodny lub przeciwny do ruchu wskazówek zegara) dla danego podłączenia cewek silnika krokowego. Kombinacja sygnałów na wejściach MS1, MS2, MS3 określa liczbę pozycji (mikrokoków), jaką może przyjąć silnik krokowy w stosunku do pełnego kroku. Sterownik A4988 może wykonywać pełne kroki, półkroki, 1/8 i 1/16 kroku. Zastosowanie pracy innej niż pełnokrokowa zwiększa liczbę kroków przypadających na pełny obrót osi silnika. W przypadku silnika Nema17 liczba kroków w przypadku sterowania pełnokrokowego wynosi 200 kroków na obrót, co odpowiada rozdzielczości 1,8 stopnia. W przypadku pracy półkrokowej liczba kroków na pełen



Fot. 8

obrót osi silnika wyniesie 400 kroków, a silnik będzie obracał oś co 0,9 stopnia. W przypadku pracy ćwierćkrokowej liczba kroków wyniesie 800 kroków, a silnik będzie obracał oś co 0,45 stopnia itd. Praca subkrokowa realizowana jest przez odpowiednie sterowanie cewkami silnika krokowego.

Należy pamiętać, że ze wzrostem „mikrokrokowości" maleje moment siły – oś silnika coraz trudniej pokonuje opory mechaniczne układu. Autor przyjmuje, że napięcie zasilające silnik krokowy powinno być co najmniej dwukrotnie większe niż napięcie nominalne tego silnika. Wiele osób stosuje napięcie zasilające równe 24V nawet do silników o nominalnym napięciu kilku woltów, gdyż korzystnie wpływa to na dynamikę silnika. Stosowanie znacznie wyższego napięcia niż nominalne w przypadku sterowania stepstickami z ograniczeniem prądu nie stanowi zagrożenia dla silników. Układ ma obwód sprzężenia zwrotnego, dzięki któremu stabilizuje się wartość prądu płynącego przez cewki, a ponadto zawiera zabezpieczenie termiczne układu scalonego. Zasilanie cewek silnika napięciem nominalnym obniżałoby moment siły silnika, gdyż indukcyjność cewek silnika ogranicza szybkość narastania prądu. Reaktancja uzwojeń jest tym większa, im większa jest szybkość przestawiania wału silnika (rośnie częstotliwość zasilającego silnik prądu, a tym samym rośnie reaktancja indukcyjna, która dodaje się do rezystancji uzwojeń). Aby wymusić określony prąd w uzwojeniu, napięcie zasilające musi być wyższe tym bardziej, im szybciej przestawiamy silnik. Klasycznym rozwiązaniem takiego problemu jest sterowanie U/f w falownikach, służące do zasilania silników prądu zmiennego. Maksymalną wartość prądu płynącego przez cewki silnika ustawia się za pomocą potencjometru montażowego na płytce sterownika. W przypadku układu A4988 i wartości oporników, podłączonych do wejść SENSE1 i SENSE2, wynoszących 0,05 oma, wartość prądu płynącego przez cewki obliczamy z następującej zależności: Prąd zadany [A] = 2,5*napięcie odniesienia[V]. Napięcie odniesienia mierzymy na suwaku potencjometru ograniczającego wartość prądu (wyprowadzenie 17 REF). Aby nie tracić momentu obrotowego dla pracy subkrokowej, wartość zadanego prądu można zwiększyć bez większej szkody dla silnika i układu scalonego. Warto zauważyć, że sterownikiem bipolarnym można również sterować silnik unipolarny, ale pod warunkiem że wyprowadzenie wspólne cewek nie zostanie podłączone do napięcia zasilającego. Przy małych prędkościach silnika autor nie zaobserwował istotnej utraty momentu obrotowego ani uszkadzania sterowników silników krokowych nawet przy wielodniowych testach.

**Jerzy Wilczewski**
**Rafał Orodziński**
sq4avs@gmail.com

R E K L A M A

eprasa.pl 019970d2a6

# Inteligentny dom także dla Ciebie, czyli jest dobrze, ale nie beznadziejnie Część 6 – Centrum dowodzenia czy hybryda?

Przed laty realizacja inteligentnego domu była bardzo trudnym i baaardzo kosztownym zadaniem. Jednak ostatnio na rynku pojawiło się mnóstwo niedrogich elementów inteligentnego domu chińskich producentów. Ich instalacja, konfiguracja i wykorzystanie są bardzo łatwe, więc wielu użytkowników wykorzystuje jedynie tak oferowane klasyczne fabryczne rozwiązania. Wielu osobom, nieco bardziej zaawansowanym technicznie, wydawało się, że idealnym rozwiązaniem jest wykorzystanie ***Domoticza***. Niektórzy zachłysnęli się właśnie Domoticzem z uwagi na jego w miarę przyjazne właściwości i łatwość konfiguracji. Niestety, szybko przekonali się o fatalnych wadach nie tylko Domoticza, ale też innych składników systemu. Ujawniły się także jeszcze inne problemy i wady, natury bardziej ogólnej. Dlatego każdy, kto chce zrealizować, a raczej ustawicznie realizować i rozbudowywać system inteligentnego domu, powinien mieć świadomość pewnych kwestii podstawowych, strategicznych. Błędy w tym zakresie będą się boleśnie mścić, dlatego warto na początku poświęcić czas na gruntowną analizę różnych aspektów zagadnienia.

## Koncepcja i sprzęt

W jednym z pierwszych odcinków tego cyklu stwierdziliśmy, że ***określenie „inteligentny dom" może mieć bardzo różne znaczenie***. Może oznaczać prosty albo bardzo zaawansowany system. W każdym jednak przypadku będzie to system zawierający pewną liczbę ***połączonych ze sobą elementów wykonawczych*** oraz ***czujników***, a także jakiś ***interfejs użytkownika***.

Inteligentny dom to oczywiście nie inteligentne ściany czy sufity, tylko właśnie *system współpracujących elementów wykonawczych oraz czujników*. Czyli jakiś sprzęt. Teoretycznie mógłby to być system automatyki pneumatyczny, czyli wykorzystujący sprężone powietrze, albo system hydrauliczny bądź parowy. Z oczywistych względów współczesny system automatyki domowej składa się z rozmaitych urządzeń elektromechanicznych, elektrycznych i elektronicznych. Na system automatyki domowej na pewno składają się rozmaite ***elementy wykonawcze***, zwane dość często ***aktuatorami*** (ang. *actuators*), a czasem niezbyt przekonująco *aktorami*. Przykładami mogą być: różne silniki (w wentylatorach, roletach, elektrozaworach, siłownikach liniowych, pompach), źródła światła (lampy), elektromagnesy, przekaźniki elektromechaniczne i elektroniczne, tranzystory, triaki, i tyrystory pełniące funkcję wyłączników i regulatorów. Do aktuatorów można też zaliczyć dźwiękowe i świetlne sygnalizatory alarmowe (syreny i migacze). Zapewne Ty możesz podać przykłady jeszcze innych elementów wykonawczych.

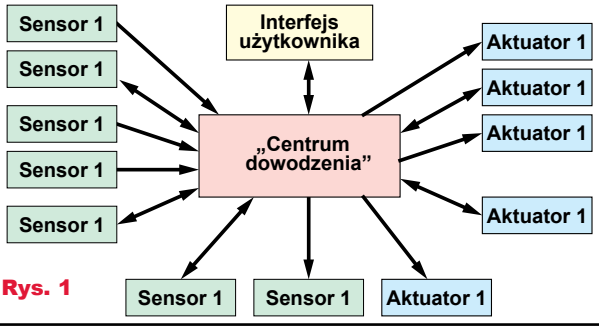
System inteligentnego domu zawiera też najrozmaitsze ***czujniki***, inaczej mówiąc ***sensory*** (ang. *sensors*). Przykładami *sensorów* są: moduł pomiaru temperatury, wilgotności, ciśnienia, natężenia światła, natężenia promieniowania UV, miernik poziomu wody, czujnik deszczu, miernik wilgotności gleby, a także podczerwona lub mikrofalowa (radarowa) czujka ruchu, (pobudzany magnesem) styk kontaktronu, powszechnie stosowane w systemach alarmowych. Zapewne Ty wymienisz też wiele innych czujników – sensorów.

## Topologia gwiazdy?

***W inteligentnym domu aktuatory i sensory powinny tworzyć jednolity system***, co nasuwa prosty wniosek, że wszystkie muszą być dołączone do jakiegoś centralnego sterownika, który będzie centrum dowodzenia, zarządzania. A to prowadzi nas wprost do oczywistej idei pokazanej na mocno uproszczonym **rysunku 1**.

W przypadku niektórych urządzeń domowych nasuwa się myśl, że mogą, albo wręcz powinny, być sterowane bezpośrednio przez „centrum dowodzenia", a może nawet powinny stanowić część tego „centrum dowodzenia". Przykładowo lampy, a szerzej całe domowe oświetlenie mogłoby być sterowane przez przekaźniki czy regulatory półprzewodnikowe, które będą częścią „centrum dowodzenia".

W wielu nowo budowanych domach wszystkie przewody zbiegają się w jednym punkcie, gdzie też umieszczona jest energetyczna rozdzielnica 230V. Zbiegają się tu nie tylko kable energetyczne, ale też wszelkie przewody sygnałowe: kable alarmowe i komputerowe UTP, a także antenowe wysokiej częstotliwości. Przykład z małego domku znajdziesz na **fotografii 2**. Sterowniki inteligentnego domu można umieścić tam, w tym centralnym punkcie. W takim przypadku określenie „centrum dowodzenia" jednoznacznie kojarzy się ze sprzętem umieszczonym w tym centralnym punkcie. Nie zawsze jednak w domu istnieje taki punkt centralny, gdzie mogłoby być umieszczone „centrum dowodzenia". Po pierwsze nie wszędzie przewody domowych instalacji zbiegają się w jednym punkcie. Po drugie wielu młodszych Czytelników zapewne uzna, że kable to przeżytek i trzeba je zastąpić łączami bezprzewodowymi. Kable nie są przeżytkiem, a łącza bezprzewodowe (radiowe, oraz wykorzystujące podczerwień i ultradźwięki) są powodem wielu kłopotów. Niemniej faktem jest, że kable można zastąpić innymi łączami. Po trzecie zagadnienie ma też jeszcze inne bardzo ważne aspekty.




Rys. 1



eprasa.pl 019970d2a6

Fot. 2

Fot. 4

## Potencjalne problemy

Z koncepcją gwiazdy z rysunku 1 wiążą się różne poważne konsekwencje. Oto przykład: w systemie przewodowym „centrum dowodzenia" wie, a przynajmniej może w każdej chwili sprawdzić, jaki jest stan dołączonego kablem urządzenia wykonawczego typu załącz/wyłącz, na przykład wentylatora sterowanego za pomocą przekaźnika. Można spokojnie uznać, że podanie napięcia na cewkę przekaźnika włącza wentylator (pomijamy problem uszkodzenia samego wentylatora). Natomiast w systemie z łączami bezprzewodowymi „centrum dowodzenia" jedynie wysyła rozkaz (załącz albo wyłącz). Wie tylko to, że wysłało rozkaz, ale nie wie, jaki jest prawdziwy stan urządzenia wykonawczego, ponieważ rozkaz z różnych powodów mógł nie dotrzeć do adresata. Możliwość sterowania jest, ale nie ma kontroli nad rzeczywistym stanem urządzenia. I nie ma możliwości sprawdzenia jego aktualnego stanu.

W praktyce problem komunikacji dwukierunkowej dotyczy przede wszystkim sterowanego zdalnie oświetlenia. Zarówno żarówek i prostych lamp ze sterowaniem załącz/wyłącz, jak też jeszcze bardziej nowoczesnych lamp LED RGB. A w zaawansowanym systemie inteligentnego domu chcielibyśmy mieć możliwość sprawdzenia stanu wszystkich jego składników. Oczywiście ten problem można rozwiązać, ale komplikuje to sytuację.

Problem niepewności stanu lamp i innych urządzeń ma jeszcze inne oblicze. Mnóstwo starszych domów ma instalacje energetyczne, które w niczym nie przypominają topologii punktu centralnego z ilustracji 1, 2. Stara instalacja elektryczna nie ma postaci gwiazdy, często jest prymitywna. Punkty świetlne (lampy) sterowane są tam przez popularne przełączniki), i to tylko lokalnie. A to bardzo przeszkadza w realizacji inteligentnego domu, gdzie lampy, oprócz sterowania lokalnego, powinny mieć też sterowanie zdalne.

W takich domach nie jest konieczne przeprowadzenie generalnej przeróbki instalacji, ponieważ można wykorzystywać inne rozwiązania, nie tylko zresztą bezprzewodowe.

W pewnych przypadkach rozwiązaniem, nie tylko problemu przebiegu przewodów sieci energetycznej, jest ***magistrala***. Na pewno wszystkie urządzenia inteligentnego domu muszą być połączone, niekoniecznie jednak według koncepcji gwiazdy, tylko na przykład w ***koncepcji magistrali*** według także mocno uproszczonego **rysunku 3**. Tu jednym z problemów jest różnorodność sposobów komunikacji. Otóż w systemie z magistralą według rysunku 3 wszystkie urządzenia w systemie muszą wykorzystywać ten sam sposób komunikacji, co jest poważnym ograniczeniem.

Według koncepcji magistrali można przesyłać informacje przez przewody sieci energetycznej, i to niekoniecznie za pomocą starego standardu X10, ale też nowocześniejszymi metodami. W grę wchodzi też klasyczna przewodowa magistrala i protokół MODBUS z wykorzystaniem łącza RS485 albo też szybsza samochodowa magistrala CAN. Paradoksalnie (niezalecane z kilku względów) wykorzystanie radiowej sieci Wi-Fi pod pewnymi ważnymi względami też przypomina koncepcję magistrali z rysunku 3, a nie gwiazdy z rysunku 1.

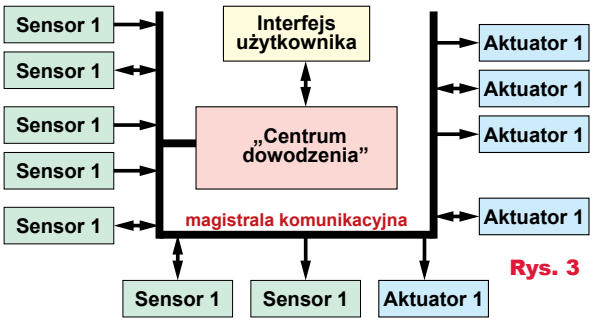
W sumie zarówno w topologii gwiazdy, jak i magistrali, można osiągnąć praktycznie takie same działanie systemu, jeśli chodzi o sterowanie zdalne. Ale co z klasycznymi wyłącznikami powszechnie montowanymi w ścianach naszych mieszkań (**fotografia 4**)? Czy przy przeróbce zwykłego domu na inteligentny trzeba z nich zrezygnować (zakleić lub zdemontować) i pozostawić tylko opcję sterowania zdalnego za pomocą „centrum dowodzenia"?

To naprawdę jest bardzo ważna kwestia praktyczna! Większość z nas jest przyzwyczajona do lokalnego sterowania za pomocą takich wyłączników w ścianie i nie chce z nich rezygnować w inteligentnym domu. Czy jednak taki lokalny ścienny przełącznik będzie współpracował z „centrum dowodzenia"?

Na taki właśnie problem natrafiają wszyscy kupujący „inteligentne żarówki" sterowane smartfonem. Zmuszeni są zrezygnować z wyłącznika ściennego, który musi być stale załączony – zwarty (w praktyce – zaklejony).

I kolejna ważna kwestia: ***co wtedy, gdy „centrum dowodzenia" całkiem się zepsuje lub ulegnie innej awarii?*** Czy wtedy w ogóle nie będzie można sterować oświetleniem?

Niestety, wielu użytkowników mniej i bardziej inteligentnych domów boleśnie zderzyło się z tym właśnie problemem. Opowiedziano mi o przypadku, gdy mąż, który projektował i budował system inteligentnego domu, wyjechał w delegację na kilka dni, pozostawiając w domu żonę. Wskutek błahego niedopatrzenia tuż po jego wyjeździe wysiadł centralny sterownik obsługujący całość według rysunku 1. Nie tylko znikła możliwość zdalnego sterowania przez Internet. Pozostająca w domu żona przez kilka dni w żaden sposób nie mogła nawet włączyć oświetlenia!




Rys. 3



eprasa.pl 019970d2a6

Jak widać, przed rozpoczęciem działań praktycznych trzeba się starannie zastanowić nad podstawową koncepcją! I nad jednym z najważniejszych pytań: ***czy mój system inteligentnego domu powinien opierać się na centralnym sterowniku, którego awaria cały ten system unieruchomi?*** Czy sensownym i wystarczającym rozwiązaniem jest wtedy posiadanie kompletu zapasowego całego systemu (zdublowanych wszystkich elementów)?

A może wspomniany przypadek pozostawionej w domu żony wskazuje, że najważniejsze urządzenia wykonawcze, w szczególności oświetlenie, powinny być autonomicznymi urządzeniami ze sterowaniem lokalnym, natomiast centralne, zdalne sterowanie powinno być jedynie opcją i dodatkiem? To temat do naprawdę poważnej analizy. Jak Ty to widzisz? Niestety, nie ma idealnego rozwiązania.

## System hybrydowy?

Centralny „wszystkomogacy" sterownik własnej roboty ma zalety, ale i poważne wady. Z kolei pomysł zastosowania autonomicznych sterowników z opcją centralnego sterowania z „centrum dowodzenia" budzi mnóstwo pytań i wątpliwości.

Jednak na coś trzeba się zdecydować. Przed podjęciem decyzji warto zwrócić uwagę, że w praktyce *wiele funkcji inteligentnego domu to jedynie ułatwienie i dodatek, a może wręcz tylko atrakcyjny gadżet*. Natomiast ***funkcji kluczowych w inteligentnym domu jest kilka, a jedną z najważniejszych jest sterowanie oświetleniem***. ***A jeszcze ważniejsze są obwody systemu alarmowego***. Bardzo ważna jest też kwestia sterowania ogrzewaniem.

Problem ewentualnej awarii dotyczy przede wszystkim tych kilku kluczowych urządzeń i funkcji, absolutnie najważniejszych dla użytkownika.

Mając taką świadomość, śmiało można dopuścić, by praktycznie wszystkie sensory i większość aktuatorów było obsługiwanych tylko i wyłącznie przez samodzielnie realizowany centralny sterownik – przez „centrum dowodzenia". Natomiast ***bardzo pożądane jest, by kluczowe urządzenia były autonomiczne, by ich sterowanie przez „centrum dowodzenia" było tylko opcją***. Dotyczy to przede wszystkim podstawowego systemu alarmowego, oświetlenia oraz ewentualnie ogrzewania.

W ten sposób dochodzimy do systemów hybrydowych. Zachęcam także Ciebie do głębokiego zastanowienia się, czy i na ile Twój inteligentny dom powinien być systemem hybrydowym. W sumie ***chodzi o to, żeby awaria „centrum dowodzenia" nie powodowała załamania funkcjonowania inteligentnego domu, a jedynie by oznaczała utratę funkcji pomocniczych*** (a co najwyżej utratę tylko jednej z funkcji kluczowych).

Podkreślam, że na szczególną uwagę zasługują funkcje alarmowe. „Centrum dowodzenia" własnej roboty mogłoby bez problemu pełnić funkcję centralki alarmowej i bezpośrednio współpracować z rozmaitymi czujkami alarmowymi, a z drugiej z syrenami alarmowymi i stroboskopami alarmowymi. Jak najbardziej może, tylko czy jest to rozsądne rozwiązanie?

Jedna kwestia to awarie, które w systemach budowanych przez hobbystów zdarzają się niestety często, a druga to pytanie o możliwość cyberataku, bo przecież nasz planowany inteligentny dom docelowo ma mieć połączenie z Internetem i ktoś może się włamać do systemu i przejąć nad nim pełną kontrolę.

Dlatego warto się mocno zastanowić nad następującym rozwiązaniem: do budowy podstawowego systemu alarmowego wykorzystamy fabryczny sprzęt dobrych producentów, natomiast „centrum dowodzenia" inteligentnego domu zbudujemy samodzielnie, by realizowało ono tylko pomocnicze funkcje związane z ochroną obiektu (np. sprawdzanie stanu fabrycznej centralki alarmowej oraz monitorowanie obiektu za pomocą kamer).

Zgodnie z tym tokiem myślenia jedna z wersji to system hybrydowy, gdzie samodzielnie budowane i sukcesywnie rozbudowywane „centrum dowodzenia" przeznaczone będzie dla mniej ważnych funkcji pomocniczych. System zawierałby małą, dobrze zabezpieczoną fabryczną centralkę i fabryczne czujki alarmowe, do tego autonomiczne sterowniki oświetlenia i ogrzewania ze sterowaniem lokalnym – te elementy jedynie z opcją sterowania zdalnego z „centrum dowodzenia".

Inna wersja godna rozważenia to zakup znacznie bardziej rozbudowanej niezawodnej centralki alarmowej dobrego producenta, która zrealizuje nie tylko podstawowe funkcje alarmowe, ale też obsłuży kluczowe obwody oświetlenia i ewentualnie ogrzewania. A do tego amatorsko budowane „centrum dowodzenia" o gorszej zapewne niezawodności, które będzie realizować jedynie funkcje pomocnicze inteligentnego domu i ewentualnie współpracować z centralką alarmową w realizacji funkcji, ale tylko innych niż kluczowe funkcje alarmowe. Taka możliwość istnieje, choćby w posiadanej przeze mnie centralce ROPAM Optima, ale nie tylko w tej. Centralka ta wraz z modułami rozszerzającymi zapewnia co najmniej po 32 cyfrowe wejścia i wyjścia. Wyjścia centralki mają małą wydajność prądową, więc trzeba do nich dołączyć albo przekaźniki elektromechaniczne, albo półprzewodnikowe (triaki, tyrystory lub MOSFET-y), ale to nie problem.

Oczywiście powstaje pytanie, czy i na ile ewentualne włamanie do samodzielnie budowanego „centrum dowodzenia" pozwalałoby zaingerować także w kluczowe funkcje systemu alarmowego? W centralce ROPAM Optima dostęp przez MODBUS (TCP/IP) nie pozwala się dostać do podstawowych funkcji alarmowych.

Rozwiązanie z rozbudowaną centralką alarmową zapewni sterowanie załącz/wyłącz. A dziś dostępne są np. źródła światła, w których można nie tylko regulować siłę światła, ale też zmieniać jego barwę. Oczywiście lampy RGB można uznać za gadżety, niegodne głębszego zainteresowania. Tak, ale nie chodzi mi teraz o lampy RGB, tylko lampy, oświetlacze, moduły i taśmy LED białe, często nazywanie CCT, w których natężenie światła oraz odcień (biały zimny lub ciepły) można płynnie zmieniać, a które coraz częściej służą za oświetlenie główne. W wersji z rozbudowaną centralką alarmową, mającą wyjścia dwustanowe, oświetlenie główne można byłoby zdalnie tylko włączyć i wyłączyć. Jeżeli wykorzystujemy lub przewidujemy wykorzystanie bardziej zaawansowanych źródeł oświetlenia głównego, to należałoby hybrydowy system zrealizować jeszcze inaczej: zastosować takie lokalne sterowniki głównego oświetlenia, które dadzą się sterować na dwa lub trzy sposoby: przede wszystkim lokalnie ręcznie, dodatkowo zdalnie z „centrum dowodzenia" i ewentualnie jeszcze załącz/wyłącz przez centralkę alarmową (tego rodzaju sterownik zapewne należałoby zrealizować samodzielnie).

Przedstawione tu propozycje absolutnie nie wyczerpują zagadnienia. Każde ma zalety i wady. A każdy z nas ma inne warunki, potrzeby i upodobania

Ja tylko mam nadzieję, że przedstawione właśnie rozważania wyczuliły Cię na kwestie niezawodności i bezpieczeństwa. W następnym odcinku będziemy omawiać kolejne fundamentalne aspekty zagadnienia.

**Piotr Górecki**



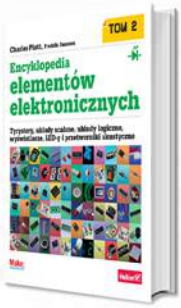
eprasa.pl 019970d2a6

# Wybrane książki dla Czytelników „Elektroniki dla Wszystkich”

**Encyklopedia elementów elektronicznych. Tom 1. Rezystory, kondensatory, cewki indukcyjne, przełączniki, enkodery, przekaźniki i tranzystory**
Autor: Charles Platt; Stron: 296; Oprawa: miękka; Kod: KS-210200

To książka przeznaczona dla początkujących i zaawansowanych elektroników, zarówno inżynierów, jak i hobbystów. Zawiera starannie zebrane, skompletowane, uporządkowane, a co najważniejsze, sprawdzone i potwierdzone informacje o elementach elektronicznych. Pierwszy z trzech tomów obejmuje informacje o podstawowych elementach, wykorzystywanych chyba we wszystkich projektach.
Rezystory, kondensatory, cewki indukcyjne, przełączniki, enkodery, przekaźniki i tranzystory. Dokładne informacje o każdym komponencie: funkcja, działanie, rodzaje, wartości, stosowanie, możliwe błędy.
**Absolutny niezbędnik każdego elektronika: wiarygodny, kompletny, wyczerpujący!**

**Encyklopedia elementów elektronicznych. Tom 2. Tyrystory, układy scalone, układy logiczne, wyświetlacze, LED-y i przetworniki akustyczne**
Autor: Charles Platt i Fredrik Jansson; Stron: 304; Oprawa miękka; Kod: KS-210202

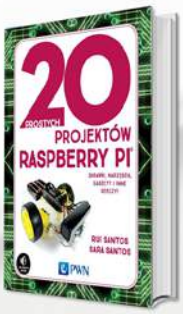



Drugi tom niezwykłej encyklopedii przeznaczonej dla praktyków elektroniki. Podobnie jak w pierwszym, tak i tutaj znalazły się skompletowane, uporządkowane, a co najważniejsze - sprawdzone i potwierdzone informacje o elementach elektronicznych. Drugi z trzech tomów jest poświęcony układom scalonym, tyrystorom, źródłom światła i dźwięku, wskaźnikom oraz wyświetlaczom - ich opisy zostały uzupełnione licznymi fotografiami, schematami i wykresami. Dowiesz się, do czego służy każdy z prezentowanych podzespołów, jak działa, kiedy jest najbardziej przydatny i w jakich odmianach występuje. Oto prawdziwa pomoc dla praktyków, którzy chcą szybko uzyskać wskazówki potrzebne do pracy!
**Absolutny niezbędnik każdego elektronika: wiarygodny, kompletny, wyczerpujący!**

**Lutowanie od podstaw**
Autor: Witold Wrotek; Stron: 160; Oprawa miękka; Kod: KS-201000

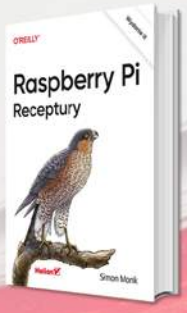
Jeśli chcesz poznać technikę lutowania i nauczyć się prawidłowo stosować ją w praktyce, sięgnij po odpowiednie źródło wiedzy! Książka Lutowanie od podstaw krok po kroku wprowadzi Cię w tajniki sztuki łączenia elementów, przedstawi niezbędne narzędzia i dobre praktyki, nauczy unikać typowych błędów popełnianych przez początkujących oraz pokaże najlepsze sposoby lutowania różnych elementów elektrycznych i elektronicznych.
Nauczysz się też dzięki niej, jak wykonać proste prace elektryczne w swoim domu, a nawet jak naprawić typowe usterki występujące w urządzeniach AGD.
**Zostań prawdziwym mistrzem lutownicy!**

**20 prostych projektów Raspberry Pi**
Autorzy: Rui Santos, Sara Santos; Stron: 276; Oprawa miękka; Kod: KS-210401




Książka krok po kroku uczy, jak realizować interaktywne projekty z wykorzystaniem Raspberry Pi – małego i niedrogiego komputera – takie jak np. cyfrowy zestaw perkusyjny, robot kontrolowany przez WiFi, gra Pong, alarm antywłamaniowy wysyłający powiadomienia e-mail, domowa kamera do monitoringu, detektor wycieku gazu, stacja pogodowa czy gadżety Internetu Rzeczy (IoT) sterujące elektroniką w całym domu. W trakcie lektury czytelnik pracuje z podstawowymi komponentami, takimi jak diody LED, ekrany LCD, kamery i czujniki oraz gry i zabawki. Uczy się, jak skonfigurować własny serwer WWW, stworzyć pierwszą stronę internetową czy napisać prostą grę komputerową.
Każdy projekt zawiera instrukcje krok po kroku, kolorowe zdjęcia i diagramy, a także kompletny kod, dzięki któremu czytelnik ożywi swoje projekty.

**Raspberry Pi. Receptury. Wydanie III**
Autor: Simon Monk; Stron: 528; Oprawa miękka; Kod: KS-200901




Zaktualizowane wydanie znakomitego zbioru receptur ułatwiających wykorzystanie potencjału Raspberry Pi. Uwzględniono tu nowe modele tego komputera, a także zmiany i ulepszenia systemu operacyjnego Raspbian. Dodano rozdziały traktujące o dźwięku i automatyce domowej. Te receptury bez trudu wykorzystasz dla zwiększenia wygody we własnym domu. Dzięki lekturze poznasz podstawowe reguły tej technologii, aby łatwiej zrozumieć zagadnienia dotyczące konkretnej płytki czy kodu. Z tej pozycji możesz korzystać podobnie jak z książki kucharskiej: przeczytać od deski do deski albo skupić się na rozwiązaniu jednego, konkretnego problemu. Być może docenisz, że w recepturach dotyczących sprzętu uwzględniono przede wszystkim rozwiązania niewymagające lutowania obwodów.
**Raspberry Pi: morze możliwości dla inżyniera z pasją!**

AVT sklep

sklep.avt.pl

AVT SPV Sp. z o.o. 03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
Sprzedaż wysyłkowa, tel: 22 257 84 51 e-mail: handlowy@avt.pl

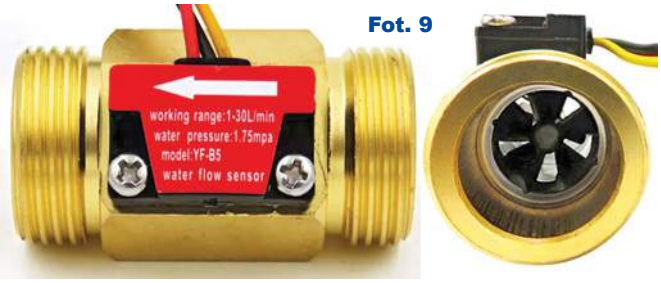
eprasa.pl 019970d2a6

# Automatyczne nawadnianie także dla Ciebie – podstawy część 2

W drugiej części artykułu omówimy kolejne urządzenia, które mogą być wykorzystane w systemach nawadniania.

## Czujnik przepływu wody

Prosty i tani czujnik pokazany jest na **fotografii 9**. Wewnątrz zamontowane jest śmigiełko, poruszane przez przepływającą wodę. Zamontowany na śmigiełku magnesik współpracuje z hallotronem. Taki element ma zwykle trzy wyprowadzenia elektryczne: masa, zasilanie (zwykle +3…14V) oraz wyjście hallotronu, gdzie pojawiają się impulsy ujemne. Częstotliwość zwiększa się wraz ze wzrostem poboru wody.



Fot. 9

Teoretycznie częstotliwość powinna być liniowo zależna od przepływu wody i czujnik charakteryzuje liczba impulsów na litr przepływającej wody. Niestety, tego typu czujniki nie są elementami precyzyjnymi. Łożyskowanie śmigiełka jest niedoskonałe i występują pewne opory. W efekcie przy małych wartościach przepływu śmigiełko stoi, a rusza dopiero przy jakimś niezerowym przepływie. Taki czujnik nie jest więc w stanie wykryć mniejszych przecieków. Może też nie reagować podczas pracy krótkiej linii kroplującej.

## Wodomierze „z magnesem”

Omówionych właśnie „śmigiełkowych” czujników przepływu nie można traktować jako elementów pomiarowych, a jedynie jako wskaźniki poboru (znaczącej ilości) wody. Co innego fabryczne wodomierze. Zasadniczo wodomierz jest urządzeniem czysto mechanicznym. Podstawą jest turbinka, poruszana przez przepływ wody. Ruch turbinki jest przenoszony przez różne rodzaje sprzęgieł i przekładni na mechaniczny licznik. Wodomierze dzielą się na suche (suchobieżne) i mokre.

Ponieważ są to urządzenia przeznaczone do rozliczeń finansowych, włożono dużo wysiłku, by były to przyrządy precyzyjne. Niemniej na rynku dostępne są wodomierze o różnych klasach dokładności. W przypadku wielu z nich dokładność zależy w pewnym stopniu od sposobu montażu (poziomy/pionowy). Dla zwiększenia dokładności i zakresu prawidłowych wskazań stosuje się jak najbardziej precyzyjne łożyskowanie turbinki, która jest poruszana przez przepływającą wodę. Przepisy określają, że wodomierz powinien być wymieniany co pięć lat. Te szczegóły interesują decydentów w przedsiębiorstwach wodociągowych między innymi dlatego, że dobry wodomierz reaguje także na małe przepływy związane z drobnymi przeciekami u użytkowników, których suma może być znaczącym obciążeniem dla przedsiębiorstwa. Dla większości indywidualnych użytkowników te szczegóły mają nieduże znaczenie.

Z punktu widzenia elektronika ważne jest to, że ***istnieją niedrogie liczniki z nadajnikiem impulsów***. Zasada działania jest prosta: tym nadajnikiem impulsów jest malutki kontaktron, którego styki są zwierane przez mały magnes, umieszczony na jednym z kółek licznika. Wodomierz z **fotografii 10** daje 1 impuls na litr pobranej wody. Istnieją też liczniki, w których można wybrać, czy jeden impuls ma sygnalizować pobór 1 litra, 10 litrów, 100 litrów.

Tu dodatkowy kontaktron i magnes pełnią tylko funkcję nadajnika impulsów, co łatwo wykorzystać do pomiaru.

Fot. 10

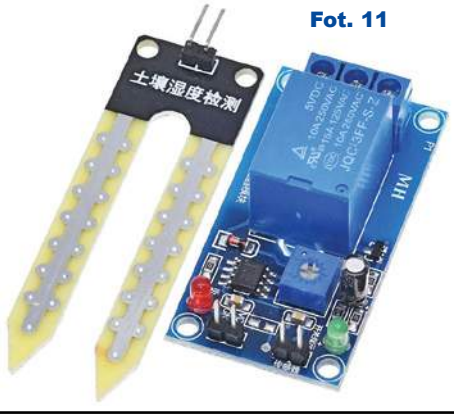
Na marginesie można dodać, że dawniej „kombinowano” z silnymi magnesami neodymowymi, żeby z ich pomocą „zatrzymać licznik” (wpłynąć na sprzęgło magnetyczne). Dziś mamy liczniki zabezpieczone przed takim procederem ze wskaźnikami wpływu silnego pola magnetycznego, a „kombinator” narażony jest na surowe kary. W przypadku gdy chodzi o podlicznik w obwodzie poboru wody do nawadniania, próba zatrzymania go podczas pracy jest zupełnie bezsensowna, ponieważ podwyższy opłaty.

Fabryczne wodomierze są, ogólnie biorąc, dokładne i precyzyjne. Ceny wersji z nadajnikiem impulsów wcale nie są szokujące. Popularne wersje półcalowe (mniejsze) można kupić za około 100 złotych lub nieco więcej. Wersje większe „trzyczwartocalowe” (3/4 cala, DN25) są zauważalnie droższe, ale dają mniejsze opory przepływu, co może mieć znaczenie przy pracy sekcji zraszaczy wynurzanych, gdzie przepływ wody jest duży.

W każdym razie także do kontroli zużycia wody w instalacjach nawodnieniowych najlepszy okazuje się właśnie fabryczny wodomierz „z magnesem”.

## Czujniki wilgotności gleby

Bez wody nie ma życia. Ale jej nadmiar dla wielu roślin jest zabójczy. Określanie zawartości wody w glebie okazuje się zaskakująco trudne. Na rynku są „czujniki wilgotności” (przykład na **fotografii 11**), które absolutnie na taką nazwę nie



Fot. 11



eprasa.pl 019970d2a6

Firma Piekarz Sp. J.
Hurtowania Części
Elektronicznych
Tel.: 22-835-50-37
Tel.: 22-835-50-41

zasługują. Są to co najwyżej czujniki przewodności gleby, a przewodność zależy nie tylko od zawartości wody, ale też różnych soli, w praktyce nawozów. Ponadto takie tanie czujniki są bardzo nietrwałe (ulegają „zżeraniu”).

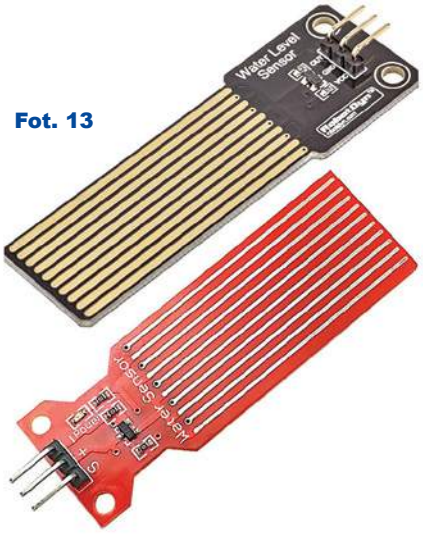
Ściślej biorąc, nie chodzi tylko o bezwzględną zawartość wody w glebie, która jest bardzo skomplikowaną mieszaniną mnóstwa rozmaitych substancji o różnych właściwościach Między innymi pod względem „trzymania” wody. Tak naprawdę, znaczenie ma to, jaką część wody zawartej w glebie mogą „wyssać” rośliny, a zależy to od kilku czynników. Gleba może zawierać dużo wilgoci, ale zawartość w niej określonych składników spowoduje, że zawarta woda jest niedostępna dla roślin. Do pomiaru siły ssącej gleby, czyli siły, z jaką woda będzie zatrzymana w glebie i jaką korzenie muszą mieć, by ją pobrać, służą ***tensjometry***, które wyskalowane są w jednostkach ciśnienia. Z reguły nie są to jednak przyrządy z elektronicznym interfejsem. Do elektronicznego pomiaru zawartości wody w glebie służą mierniki wykorzystujące przebiegi o wysokiej częstotliwości, rzędu 100MHz. Przykład na **fotografii 12**. Mają różne interfejsy, w tym popularny RS485. Wiele wersji może też mierzyć przewodność gleby i temperaturę. Dostępne są także inne sensowne mierniki wilgotności gleby, ale ich omówienie wykracza poza ramy artykułu.

Fot. 12

## Czujniki wody

Czasem w instalacjach nawadniania, zwłaszcza ze sterownikami instalowanymi w piwnicy, pożyteczne okazują się czujniki wody, wykrywające, czy na podłodze nie pojawiła się woda (z jakichś przecieków). Mogą to być jakiekolwiek, nawet bardzo proste czujniki. Przykłady na **fotografii 13**. Nie trzeba się przejmować ryzykiem elektrolizy i zniszczenia elektrod, ponieważ stale pozostają one w stanie czuwania, a pracują bardzo rzadko, tylko podczas awarii systemu.

Fot. 13




## Deszczomierze. Stacje pogodowe

Większość tanich tak zwanych stacji pogodowych jest bezwartościowa z punktu widzenia nawadniania. Pożyteczny może sie okazać jedynie deszczomierz, znajdujący się w niektórych stacjach meteo, zawierających często też czujniki kierunku i siły wiatru oraz nasłonecznienia. Zasada działania deszczomierzy jest prosta: woda z opadów ścieka do małego naczynia, które po wypełnieniu wodą przekręca się na zasadzie kołyski. Woda się wylewa, a wbudowany styk zostaje na chwile zwarty, dając sygnał o zebraniu kolejnej porcji wody. Zliczanie i analiza częstotliwości impulsów daje informację o opadach. Przykład tego rodzaju niedrogiego deszczomierza na **fotografii 14**.

Fot. 14

## Podsumowanie

***Samodzielnej budowy systemu automatycznego nawadniania może się podjąć każdy***. Najłatwiejsze jest wykorzystanie linii kroplujących o długościach do 50 metrów. Wtedy nie trzeba skomplikowanych obliczeń, projektów, ponieważ najważniejsze informacje o ilości zużytej wody łatwo zmierzyć z wykorzystaniem choćby domowego wodomierza i stosownie do tego ustalić długość czasu podlewania. A ewentualne różnice ilości wody trafiające do poszczególnych części nawadnianego obszaru można z grubsza regulować długością użytych tam linii kroplujących i gęstością ich rozłożenia.

Realizacja części hydraulicznej jest wręcz dziecinnie prosta. Oprócz rur polietylenowych doprowadzających i kroplujących o średnicy 16mm, wykorzystuje się tanie złączki z tworzywa (złącza, trójniki, czwórniki, korki, a nawet małe zawory pozwalające odłączyć część instalacji). Do montażu potrzebny jest tylko jakikolwiek nóż do cięcia rur, a złączki są montowane i skręcane ręcznie, bez żadnych dodatkowych narzędzi. Zrealizowaną instalację można też dowolnie przerabiać, rozbudowywać i skracać.

Znacznie trudniejsza jest realizacja systemu podlewania trawnika ze zraszaczami wynurzanymi. Tam z uwagi na duże przepływy wody i spadki ciśnienia muszą być stosowane rury PE o większej średnicy (20mm, 25mm i 32mm). Połączenia rur nie są problemem dzięki plastikowym złączom, w tym redukcyjnym. Najwięcej pracy i uwagi wymaga wykonanie odgałęzień od rur do zraszaczy, co wymaga użycia wiertarki. Doświadczenia wymaga też późniejsza regulacja dysz (można zmieniać kąt rozpryskiwania wody, jej ilość i zasięg).

Można zacząć od jednej linii, ale system na pewno będzie rozbudowywany i od razu lepiej pomyśleć o kilku liniach i o sposobach sterowania ich pracą. Elektrozawory mogą być umieszczone w piwnicy albo w studzienkach w ogrodzie. Centralkę – sterownik najlepiej umieścić w jakimś pomieszczeniu.

Na początek można wykorzystać proste sposoby sterowania na bazie sprzętu fabrycznego. Z czasem można zastosować własne rozwiązania i nawadnianie włączyć jako element zintegrowanego sytemu inteligentnego domu. Do tego potrzebna będzie wiedza o sposobach sterowania różnymi odmianami elektrozaworów – te informacje mogą być przedstawione w oddzielnym artykule.

**Piotr Górecki**


eprasa.pl 019970d2a6

# Transmisja danych w inteligentnym domu
# 7. Rozkazy protokołu MODBUS

**Wielu elektroników chciałoby samodzielnie zbudować elementy lub cały system inteligentnego domu. Jednym z kluczowych problemów okazuje się dobranie odpowiednich sposobów transmisji danych. Wybory w tym zakresie decydują o finalnym sukcesie lub porażce. W cyklu artykułów omawiamy rozmaite aspekty tego bardzo ważnego zagadnienia.**

Po omówieniu w poprzednim odcinku podstaw protokołu MODBUS przechodzimy do dostępnych rozkazów.

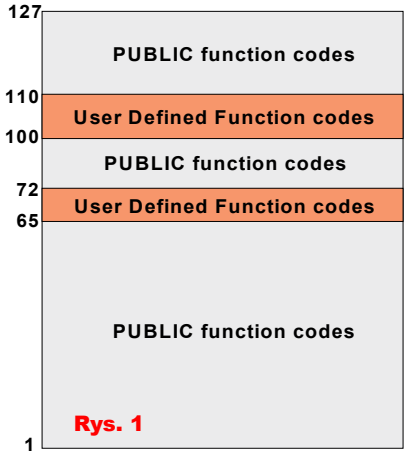
## Rozkazy

Jak wskazały rysunki w poprzednim odcinku, rozkaz MODBUS jest liczbą ośmiobitową, czyli teoretycznie dostępnych jest 256 rozkazów. Jednak po pierwsze „właściwy rozkaz" jest 7-bitowy, co daje 128 rozkazów, z których część przewidziano jako rozkazy definiowane przez użytkownika (**rysunek 1**).

Rozkazów mogłoby więc być dużo, ponad 100, ale co ciekawe, liczba praktycznie wykorzystywanych rozkazów jest zaskakująco mała. Zasadniczo w systemie MODBUS wystarczyłyby dwa podstawowe rozkazy: *zapisz do rejestru* i *odczytaj stan rejestru*. Jest jednak pewien drobny problem...

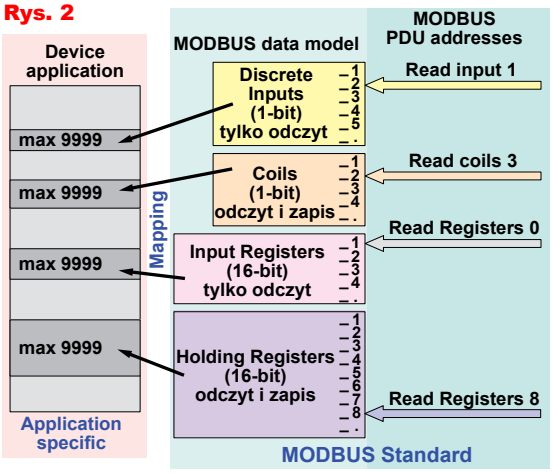
Jak pokazuje **rysunek 2**, przewidziano cztery rodzaje rejestrów o numerach 1...9999, więc adresy powtarzają się: przykładowo w danym urządzeniu slave mogą być cztery rejestry o adresie 1. Dlatego, aby uniknąć takich wątpliwości, każdy podstawowy rozkaz dotyczy tylko jednego rodzaju rejestrów. Dodatkowo istnieją też rozkazy „ogólne", niemające związku z rejestrami, w szczególności rozkazy diagnostyczne.

**Kategorie rozkazów MODBUS**




Rys. 1

Rys. 2




**MODBUS Addressing model**

Rys. 3

| | | | | DEC | HEX |
|---|---|---|---|---|---|
| dostęp do danych | rejestry 1-bitowe | Discrete Inputs (10001...19999) | Read Discrete Inputs | 2 | 02 |
| | | Coils (00001...09999) | Read Coils | 1 | 01 |
| | | | Write Single Coil | 5 | 05 |
| | | | Write Multiple Coils | 15 | 0F |
| | rejestry 16-bitowe | Input Registers (30001...39999) | Read Input Registers | 4 | 04 |
| | | Holding Registers (40001...49999) | Read Holding Registers | 3 | 03 |
| | | | Write Single Register | 6 | 06 |
| | | | Write Multiple Registers | 16 | 10 |
| | | | Read/Write Multiple Registers | 23 | 17 |
| | | | Mask Write Register | 22 | 16 |
| | | | Read FIFO queue | 24 | 18 |
| | pliki | | Read File record | 20 | 14 |
| | | | Write File record | 21 | 15 |
| Diagnostyka | | | Read Exception status | 07 | 07 |
| | | | Diagnostic | 08 | 08 |
| | | | Get Com event counter | 11 | 0B |
| | | | Get Com Event Log | 12 | 0C |
| | | | Report Slave ID | 17 | 11 |
| | | | Read device Identification | 43 | 2B |

**Rysunek 3** pokazuje spis prawie wszystkich wykorzystywanych rozkazów MODBUS, a kolorami, takimi samymi, jak na rysunku 2, zaznaczono grupy rozkazów, odnoszące się do czterech grup rejestrów. Z prawej części rysunku przedstawione są numery tych rozkazów podane w postaci dziesiętnej oraz w postaci szesnastkowej (HEX), częściej wykorzystywanej.

W praktyce najczęściej wykorzystywanych jest tylko kilka rozkazów z górnej części tabeli, obsługujących rejestry. Rozkazy te albo odczytują ich zawartość, albo wpisują nowe wartości.

## Odpowiedź na rozkaz

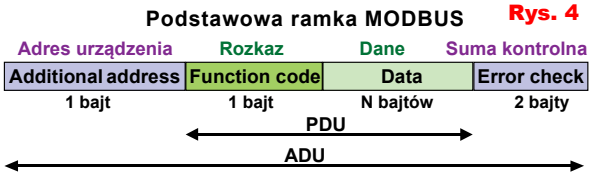
Jak już mówiliśmy, rozkaz zawarty jest w (ośmiobitowym) bajcie, natomiast „właściwy rozkaz" jest 7-bitowy i może mieć numer 1...127, czyli jego pierwszy, najstarszy bit jest zerem. Wiemy, że po otrzymaniu polecenia od mastera urządzenie slave zawsze odsyła potwierdzenie, którego pierwszym bajtem jest jego własny adres, a drugim numer wykonanego rozkazu. Oryginalny rozkaz z pierwszym bitem równym zeru jest odsyłany przez urządzenie slave tylko wtedy, gdy rozkaz ten został prawidłowo wykonany. Gdy z jakiegoś powodu jest to niemożliwe, wtedy urządzenie slave zmienia pierwszy, najstarszy bit rozkazu z zera na jedynkę i ta jedynka jest informacją dla mastera, że rozkaz wprawdzie dotarł do adresata, ale nie został zrealizowany. Na razie nie zagłębiamy się w dalsze szczegóły dotyczące ewentualnych błędów i sumy kontrolnej.

## Struktura komunikatów

Jak już wiemy, podstawowa struktura komunikatów wygląda jak na **rysunku 4**. Składa się z szeregu bajtów, które trzeba przesłać między urządzeniami master i slave.

Zawartość bajtu, czyli liczbę dwójkową 00000000....11111111, można przedstawić za pomocą liczby dziesiętnej 0...255, ale w standardzie MODBUS,

**Podstawowa ramka MODBUS** Rys. 4






eprasa.pl 019970d2a6

sklep.semicon.com.pl
■ Montaż elektroniki ■ Konwerting materiałów ■ Komponenty elektroniczne
■ Szablony SMT ■ Chemia dla elektroniki
■ Moduły laserowe ■ Podzespoły ■ Narzędzia
SEMICON®

podobnie jak w informatyce, przyjęto reprezentację szesnastkową (hexadecimal). A wtedy jeden bajt reprezentują dwie liczby szesnastkowe (0...9, A, B, C, D, E, F).

Ramka komunikatu w trybie ASCII

| Start | Adres | Funkcja | Dane | | | | Suma kontrolna LRC | | CR | LF |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| : (0x3A) | Adres Slave | Kod rozkazu | Długość danych | Dane 1 | … | Dane N | Bajt najbardziej znaczący | Bajt najmniej znaczący | Powrót karetki (0x0D) | Wysuw linii (0x0A) |

Rys. 5

Dlatego najczęściej i adresy urządzeń slave, i rozkazy przedstawia się w postaci szesnastkowej, a rzadziej dziesiętnej (co też bywa przyczyną pomyłek i błędów).

Sprawa ma jeszcze inny aspekt, o którym trzeba wiedzieć. Otóż dawniej do przesyłania danych bardzo często wykorzystywano omawiany dokładnie na łamach EdW kod ASCII. Nic dziwnego, że wiele lat temu, przy opracowywaniu standardu MODBUS przewidziano też możliwość wykorzystania kodu ASCII, gdzie jeden znak jest transmitowany według reguły: 1 bit startu, siedem bitów danych ASCII, 1 bit parzystości oraz 1 lub 2 bity stopu.

Problem w tym, że w protokole MODBUS mają być przesyłane bajty, czyli paczki ośmiobitowe, a kod ASCII jest 7-bitowy. Rozwiązano to w dość prosty sposób, zilustrowany na **rysunku 5**, pokazującym strukturę komunikatu MODBUS ASCII.

Po pierwsze, jeżeli transmisja ma być zrealizowana z wykorzystaniem kodu ASCII, to dla odróżnienia od bajtowej transmisji RTU, pierwszym znakiem musi być dwukropek, czyli kod ASCII o numerze szesnastkowym 3A (0x3A). Na końcu musza być dwa typowe znaki kończące: CR (powrót karetki, kod 0x0D), LF (wysuw linii, kod 0x0A).

Po drugie, każdy bajt ramki MODBUS jest przekazywany za pomocą dwóch następujących znaków ASCII: cyfr 0...9 oraz A...F reprezentujących cyfry szesnastkowe 10....15.

Po trzecie sumą kontrolną ma być wtedy LRC, a nie CRC. Na wcześniejszych rysunkach widzimy, że do obsługi błędów (Error Check) przewidziane są dwa bajty, które dotąd nazywaliśmy niezbyt precyzyjnie *sumą kontrolną*. Otóż przy użyciu kodu ASCII do kontroli błędów należy wykorzystać algorytm tak zwanej wzdłużnej kontroli nadmiarowej (Longitudinal Redundancy Check – LRC) a nie cyklicznej kontroli nadmiarowej CRC (ang. Cyclic Redundancy Code, Cyclic Redundancy Check). Kto chce, może poszukać informacji na temat LRC i CRC, a także dalszych szczegółów dotyczących MOSBUS ASCII, ale nie jest to konieczne. Dziś ten tryb pracy praktycznie nie jest już wykorzystywany.

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| START | 1 BIT | 2 BIT | 3 BIT | 4 BIT | 5 BIT | 6 BIT | 7 BIT | 8 BIT | PAR | STOP |
| START | 1 BIT | 2 BIT | 3 BIT | 4 BIT | 5 BIT | 6 BIT | 7 BIT | 8 BIT | STOP | STOP |

Rys. 6

Choć coraz częściej transmisję komunikatów MODBUS realizuje się przez internetowy protokół TCP/IP, jednak nadal standardem jest prosta transmisja MODBUS RTU z wykorzystaniem łącza RS485. Każdy bajt transmitowany jest wtedy w ramce według reguły: jeden bit startu, osiem bitów danych (dwie liczby szesnastkowe), jeden bit parzystości oraz jeden lub dwa bitu stopu według **rysunku 6**.
Natomiast **rysunek 7** pokazuje strukturę komunikatu MODBUS RTU. Bajtowa transmisja RTU musi być „zwięzła". O ile w transmisji MODBUS ASCII dopuszcza się długie przerwy miedzy kolejnymi znakami ASCII, nawet do 1 sekundy, to w trybie RTU kolejne bajty komunikatu muszą być wysyłane jeden po drugim z maksymalną przerwą miedzy nimi co najwyżej 1,5*T – czasu transmisji jednego bajtu. Z kolei między kolejnymi komunikatami musi być odstęp – przerwa co najmniej 3,5*T.

Wszystko to może wyglądać dość zawile, ale podstawy oraz praktyka, zwłaszcza dotycząca elementów inteligentnego domu, są bardzo proste.

Jeżeli chcielibyśmy wykorzystać protokół TCP/IP, to musimy podać tylko adres, rozkaz i dane. Nie musimy się przejmować i zajmować żadnymi sumami kontrolnymi, bo to załatwią procedury wykorzystywanych protokołów internetowych. Jeżeli natomiast, co jest jak najbardziej sensowne i prawdopodobne, zachcemy wykorzystać protokół MODBUS RTU oraz fizyczne łącze RS485, to raczej nie musimy martwić się o kolejność bitów danych (od MSB czy od LSB) w ramce według rysunku 6. W urządzeniach master i slave, wykorzystujących RS485, musimy tylko podać jednakowe parametry transmisji ramek – znaków, na przykład 9600,8,E,1. Zapewne nie będziemy programów dla mastera i slave pisać od zera, tylko wykorzystamy „gotowce". W większości przypadków zakupione urządzenia Slave będą kompletne i gotowe do użycia – będą zawierać kompletny program i będą fabrycznie skonfigurowane do pracy. Naszym zadaniem będzie jedynie odczytać w dostarczonej przez producenta dokumentacji slave, jak master może się z nim dogadać.

W tym celu poszukamy w dokumentacji po pierwsze, jakie parametry transmisji ustawił fabrycznie producent, w szczególności jaka musi być prędkość transmisji. Zazwyczaj jest to 9600 lub 19200 jako jedna z prędkości wymaganych w standardzie MODBUS (potem, po „dogadaniu się z urządzeniem slave, zwykle można je zdalnie przekonfigurować za pomocą rozkazów MODBUS).

W dokumentacji slave znajdziemy też adres, jaki nadał mu producent (który z reguły też potem można dowolnie zmienić, o ile jest taka potrzeba). Dokumentacja na pewno zawiera również informacje, które rozkazy MODBUS zrealizuje to konkretne urządzenie slave. Większość urządzeń slave realizuje tylko nieliczne rozkazy przewidziane w standardzie. Poszczególne urzadzenia w różny sposób reagują na błędy – zależy to od programu pracującego w takim urżadzeniu – takie informacje też moga znaleźć się w dokumentacji. Oczywiście obowiązkowo muszą tam też być informacje, jakie rejestry zostały zrealizowane – zaimplementowane w urządzeniu, jakie pełnią funkcje i jak je obsługiwać (odczytywać i zapisywać).

**Piotr Górecki**

Rys. 7

Komunikat w trybie RTU

| Przerwa | Adres | Funkcja | Dane | Suma kontrolna CRC | | Przerwa |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Cisza na łączu (>3,5 znaku) | Adres Slave (1 bajt) | Kod rozkazu (1 bajt) | N x 8 bitów od 0 do 252 bajtów | Bajt mniej znaczący (LSB) | Bajt bardziej znaczący (MSB) | Cisza na łączu (>3,5 znaku) |

Odstep między kolejnymi znakami (bajtami) komunikatu < 1,5 T, gdzie T = czas transmisji jednego znaku - bajtu



eprasa.pl 019970d2a6

# NanoVNA – wykonaj precyzyjne pomiary

## część 3

W poprzednim odcinku nauczyliśmy się przeprowadzać pomiary w dwóch konfiguracjach, przeznaczonych do dużych i małych impedancji. Możliwości pomiarowe niepozornego NanoVNA niewątpliwie bardzo pozytywnie zaskakują. Wręcz okazują się rewelacyjne!

Rzeczywiście, możliwości pomiarowe są ogromne, ale trzeba zdawać też sobie sprawę z kilku ważnych kwestii. Niektóre już znamy. I tak w pierwszym odcinku dowiedzieliśmy się, że prosta metoda z wykorzystaniem tylko portu Ch0 i parametru S11 nadaje się do pomiaru impedancji niezbyt dużo różniących się od 50 omów. Do pomiaru impedancji znacznie większych oraz znacznie mniejszych trzeba wykorzystywać dwie inne konfiguracje (*serial* i *shunt*) z wykorzystaniem obu portów Ch0, Ch1 oraz parametru S21. W drugim odcinku dużo uwagi poświęciliśmy pełnej kalibracji, bowiem tylko dobra kalibracja pozwala uzyskać wiarygodne wyniki – do tego wątku jeszcze wrócimy. A teraz omówimy trzecią istotną sprawę, która dotyczy nie tylko NanoVNA, ale i wielokrotnie droższych VNA.

### Najmniejsze rezystancje i problem pętli masy

Jeżeli użyty analizator VNA ma małe szumy i dużą dynamikę, to teoretycznie w konfiguracji według **rysunku 1** można mierzyć bardzo małe impedancje, nawet poniżej 1mΩ! Tak, jeżeli bowiem rezystancję charakterystyczną 50Ω potraktujemy jako 0dB, to rezystancja 50mΩ będzie o 60dB mniejsza, a rezystancja 0,5mΩ będzie o 80dB mniejsza. Tymczasem dobre profesjonalne VNA mają dynamikę toru pomiarowego nawet ponad 100dB. Nawet NanoVNA w zakresie niższych częstotliwości ma dynamikę rzędu 70dB.

W zasadzie pomiar znikomo małych impedancji jest możliwy, ale trzeba wtedy wiedzieć o dodatkowym problemie praktycznym. Z grubsza biorąc, problem przy pomiarze najmniejszych impedancji bierze się z tego, że gniazda Ch0, Ch1 mają wspólną masę.

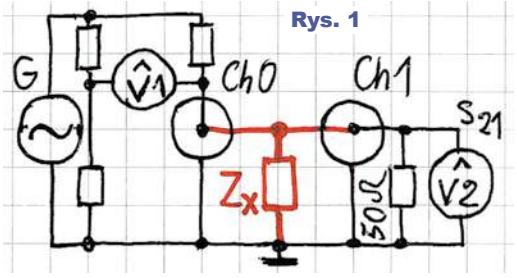
I tu trzeba wrócić do podstaw, w tym do czteropunktowego połączenia Kelvina. **Rysunek 2a** pokazuje prosty sposób pomiaru: przez mierzoną oporność Zx płynie prąd o jakiejś znanej wartości $I_P$. Mierzymy napięcie na tej badanej oporności i jej wartość obliczamy jako stosunek napięcia i prądu.

Gdy jednak mierzymy impedancję Zx o bardzo małej wartości, trzeba też uwzględnić rezystancje doprowadzeń i połączeń (styków), których wartości mogą być porównywalne z opornością mierzoną Zx, a nawet od niej większe! Najgorsza byłaby wersja według **rysunku 2b**. Trochę lepsza byłaby wersja według uproszczonego **rysunku 2c**. Aby pomiary były naprawdę dokładne i żeby wyeliminować spadek napięcia na obu przewodach łączących i stykach, trzeba byłoby zastosować czteropunktowe połączenie Kelvina według **rysunku 2d**.

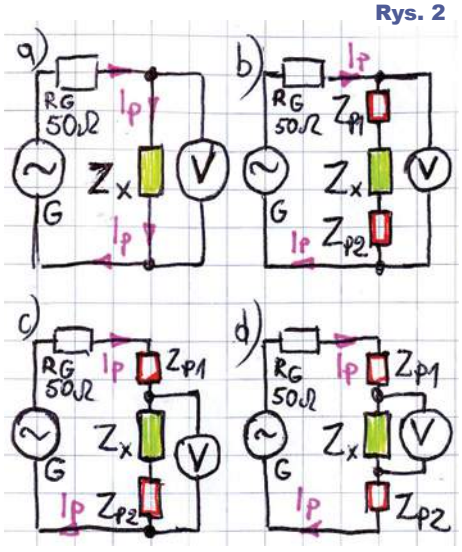
W konfiguracji *shunt-through* z rysunku 1 zawsze mamy problem pokazany w dużym uproszczeniu na rysunku 2c. W poszczególnych przypadkach, zależnie od typu analizatora VNA i od budowy jego obwodów pomiarowych, wartość niepożądanej „dolnej" impedancji $Z_{P2}$ może być różna. Ona na pewno wprowadzi jakiś błąd, który zapewne uniemożliwi pomiar najmniejszych rezystancji Zx rzędu pojedynczych miliomów. Tak naprawdę w grę wchodzi więcej czynników i problem jest dużo bardziej skomplikowany, niż pokazuje rysunek 2, ale my chcemy uchwycić jego zarys.

Najprościej biorąc, problem w tym, że w przyrządach VNA masa gniazd Ch0, Ch1 jest wspólna, co w przypadku konfiguracji *short-through* można przedstawić jak na **rysunku 3a**. Jak widać, tworzy się ***pętla masy***.

Rys. 1

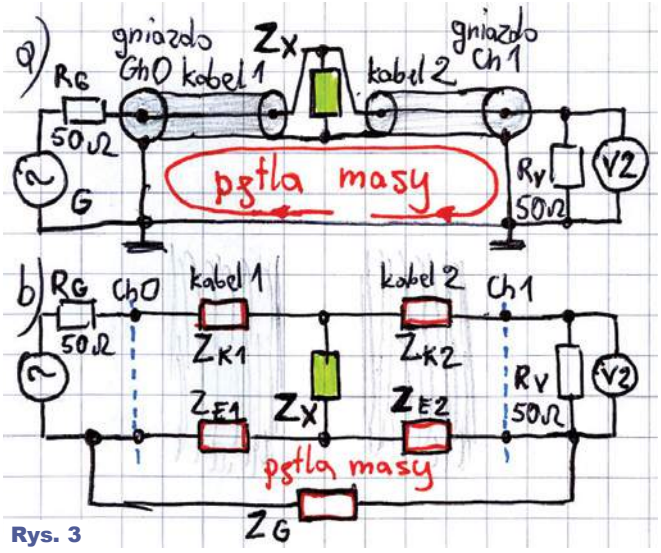



Rys. 2






eprasa.pl 019970d2a6



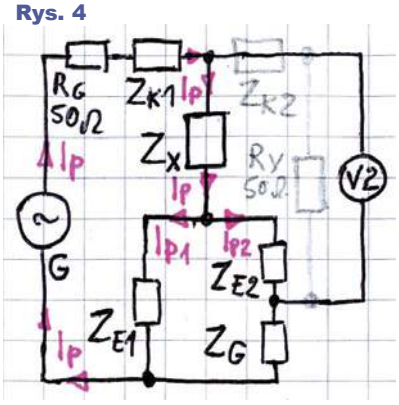
Rys. 3

Określenie ***pętla masy*** zawsze brzmi groźnie, ale ewentualne niekorzystne skutki jej istnienia zależą od kilku czynników. W grę na pewno wchodzą impedancje poszczególnych fragmentów tej pętli masy, które decydują o rozpływie prądu pomiarowego przez dwie gałęzie tej pętli masy. Istotny jest także sposób prowadzenia masy generatora oraz wejściowych obwodów pomiarowych przyrządu. W sytuacji jak na uproszczonym rysunku 3a wiele zależy od tego, do których punktów obwodu (pętli) masy tak naprawdę dołączona jest masa generatora, a do których masa woltomierza V2. Nie sposób tego precyzyjnie zobrazować, ale pewną pomocą może być też znacznie uproszczony **rysunek 3b**.

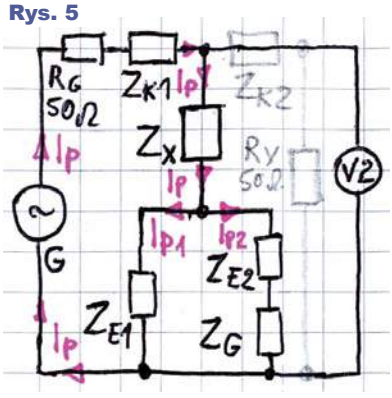
Możemy tu przyjąć, że masa woltomierza V2, czyli obwodów pomiaru S21, dołączona jest do masy gniazda Ch1 według rysunku 3b. Wtedy powstaje sytuacja przedstawiona jaśniej na **rysunku 4**. Impedancje $Z_{K1}$ i $R_V$ można pominąć. Tu lepiej widzimy, że woltomierz V2 mierzy nie tylko spadek napięcia na badanej oporności Zx, ale też spadek napięcia na impedancji ekranu drugiego kabla pomiarowego $Z_{E2}$. Wielkość tego spadku napięcia, a tym samym błędu, zależy od wartości impedancji $Z_{E2}$, ale też od płynącego przez nią prądu $I_{P2}$, który z kolei zależy od stosunku impedancji $Z_{E1}$ oraz $Z_{E2}$ i $Z_G$.

Rysunek 4 wskazuje na dwa możliwe sposoby redukcji błędu. Jeden to próba zmniejszenia wartości $R_{E2}$ przez włączenie badanej impedancji Zx tuż przy gnieździe Ch1. Jednak po pierwsze nie zredukuje to szkodliwej oporności $Z_{E2}$ do zera, a ponadto może się okazać, że masa woltomierza V2 nie jest dołączona wprost do gniazda Ch1 i zastępczy schemat nie jest dokładnie taki jak na rysunku 4, tylko na przykład jak na **rysunku 5**, a wtedy nie da się usunąć wpływu impedancji obwodów masy. Dużo zależy tu od szczegółów budowy VNA – nie sposób tego poznać, a tym bardziej zmienić.

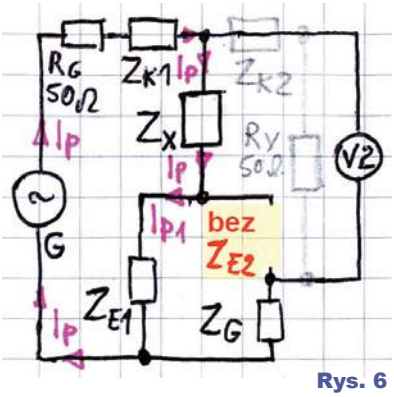
Rys. 4




Rys. 5




Wróćmy do rysunku 4, według którego najprawdopodobniej należałoby rozpatrywać budowę VNA. Widać tam także, że drugi, w praktyce lepszy, sposób redukcji błędu to zmniejszenie lub najlepiej zredukowanie do zera prądu płynącego przez $Z_{E2}$. Choćby tylko dlatego jako skuteczne rozwiązanie omawianego problemu proponuje się zmniejszenie, a wręcz wyeliminowanie prądu płynącego przez $Z_{E2}$ (i $Z_G$). Najprościej biorąc – proponuje się przerwanie pętli masy.



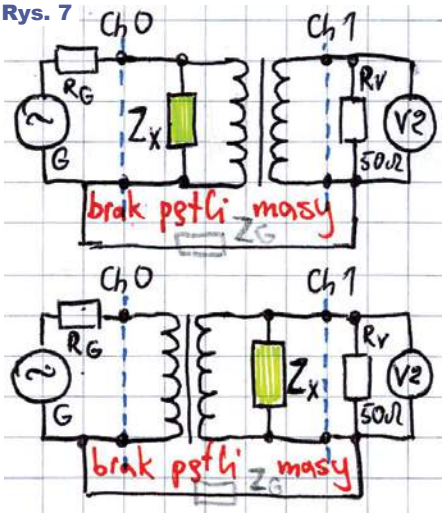
Rys. 6

Tak, ale przy wysokich częstotliwościach na pewno nie zaleca się, by tak po prostu, fizycznie przerwać pętlę masy przez odłączenie ekranu kabla od gniazda Ch1, co dałoby schemat zastępczy mniej więcej według **rysunku 6**. Zwiększenie impedancji $Z_{E2}$ tylko pogorszyłoby sytuację, a błąd zależny byłby wtedy głównie od impedancji $Z_{E1}$.

Trzeba też nadmienić, że do pomiarów z użyciem analizatorów VNA nie zaleca się na pozór najbardziej oczywistego sposobu przerwania pętli masy z szerokopasmowym transformatorem 1:1 według **rysunku 7**, choć w Internecie można znaleźć wzmianki o tego rodzaju rozwiązaniach (np. na stronie *www.signalintegrityjournal.com/articles/1544--why-2-port-low-impedance-measurements-still-matter* w skrócie: *https://bit.ly/3i8pDOM*). Dodanie transformatora wprowadzi dodatkowe niekontrolowane przesunięcia fazy, co przy pomiarach wektorowych jest bardzo istotne.

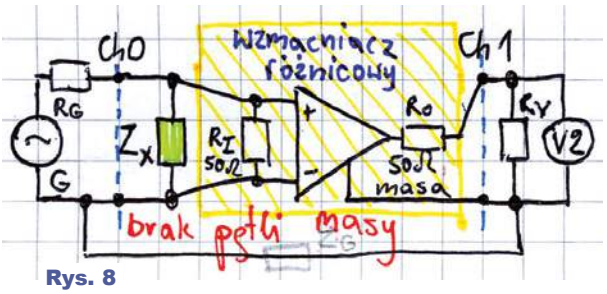
W literaturze zalecane są dwa podstawowe sposoby rozwiązania omówionego właśnie problemu. Jeden to przerwanie pętli masy przez zastosowanie dodatkowego wzmacniacza różnicowego według **rysunku 8**.

Rys. 7

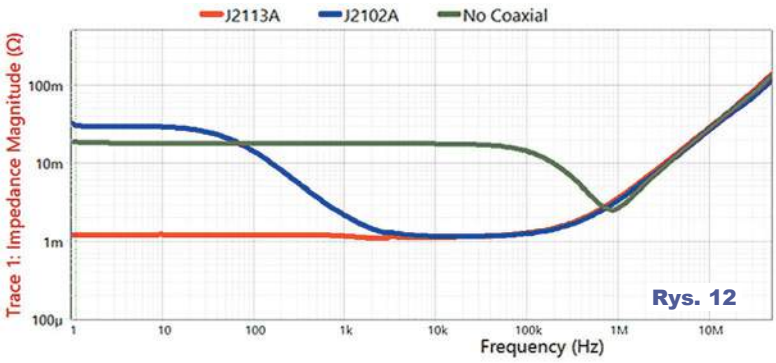





eprasa.pl 019970d2a6



Rys. 8

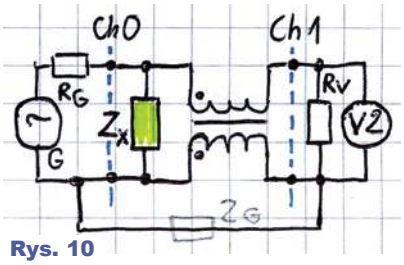


Rys. 12

Dostępne są takie wzmacniacze różnicowe, jednak często wymieniany w literaturze Picotest J2113A o pasmie 0...800MHz (**fotografia 9**) jest wielokrotnie droższy niż NanoVNA.

Fot. 9

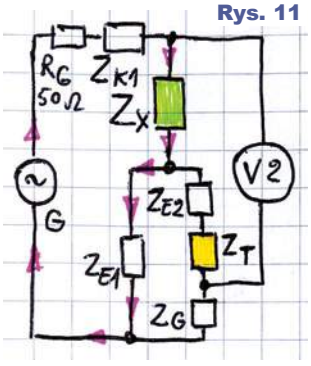
Drugi sposób na przerwanie pętli masy jest dla wielu elektroników zaskakujący. Właściwie nie jest to przerwanie, tylko zwiększenie impedancji fragmentu obwodu masy według **rysunku 10** przez zastosowanie specyficznego dławika z dwoma jednakowymi uzwojeniami, zwanego *Common Mode Transformer*. Porównaj rysunek 4b – dodanie takiego dławika powoduje znaczące zmniejszenie szkodliwego prądu $I_{P2}$ płynącego przez impedancję $Z_{E2}$. Szczegółowe wyjaśnienie działania i sensu stosowania w takim układzie pomiarowym takiego dziwnego elementu indukcyjnego zajęłoby dużo miejsca. Najkrócej mówiąc: zgodnie z rysunkiem 4, dla sygnałów wspólnych, w tym dla prądu pomiarowego, który chciałby płynąć w obwodzie masy do gniazda Ch1 ($I_{P2}$), w tym obwodzie masy włączona jest duża reaktancja „dolnego" uzwojenia dławika, która znacznie ogranicza przepływ prądu pomiarowego niewłaściwą drogą. Prąd $I_{P2}$ jest tu dużo mniejszy, niż w wersji bez takiego dławika. Zilustrowane jest to na **rysunku 11**. Możemy tu przyjąć, że drugie uzwojenie dławika nie ma wtedy znaczenia, bo interesuje nas tylko pętla masy i część prądu pomiarowego $I_{P2}$. Zwiększenie impedancji $Z_{E2}$ wydaje się prowadzić do sytuacji z rysunku 6, którą uznaliśmy za jeszcze gorszą niż tę z rysunku 4. Czy nie ma tu sprzeczności?



Rys. 10

Nie ma, bo układ według rysunku 10 ma schemat zastępczy jak na rysunku 11 tylko dla sygnałów *wspólnych*, a dokładniej – dla prądu pomiarowego $I_{P2}$. Natomiast dla sygnałów *różnicowych*, użytecznych, czyli dla przebiegów występujących na mierzonej impedancji Zx, oba jednakowe uzwojenia tego dziwnego dławika-transformatora połączone są wprawdzie w szereg, ale ich kierunki nawinięcia są przeciwne, więc w idealnym przypadku ich wypadkowa indukcyjność jest dla tych sygnałów równa zeru – tak jakby dławika nie było. Schemat zastępczy dla sygnałów użytecznych jest taki, jak na rysunku 4. Różnica między wersją z rysunku 10 w porównaniu w wcześniejszą wersją z rysunku 3 jest taka, że pokazany na rysunku 4 prąd $I_{P2}$ jest teraz dużo mniejszy, co daje odpowiednio mniejszy błąd pomiaru. Nawet jeżeli nie do końca rozumiesz działanie takiego dziwnego dławika-transformatora, uwierz, że poprawia on sytuację.

Rys. 11



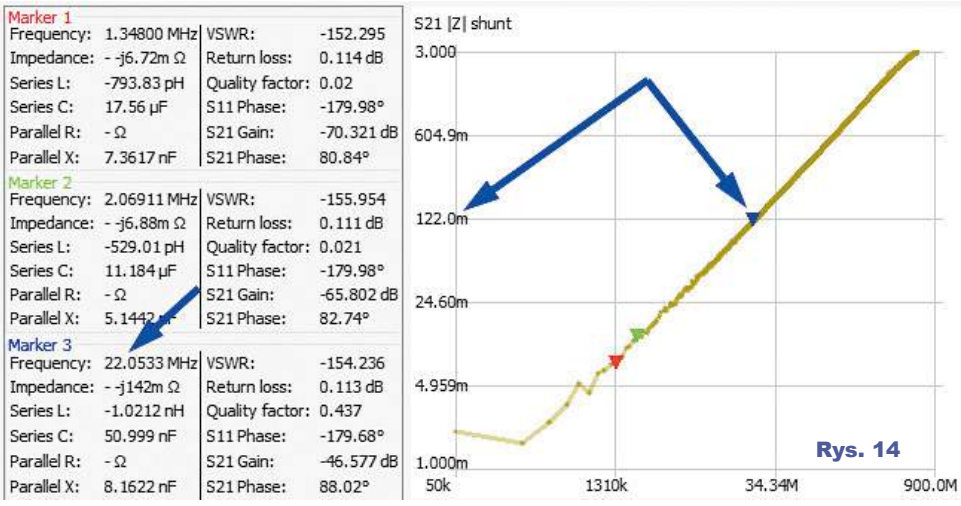

Mówi się, że dla użytecznych sygnałów różnicowych taki dławik jest przezroczysty, natomiast dla niepożądanych sygnałów wspólnych ma znaczną impedancję – reaktancję $X_L$ dolnego uzwojenia. Takie elementy, choć nie przerywają w pełni pętli masy, nazywane są *Ground Loop Breaker* i często są stosowane przy pomiarach małych impedancji dla zwiększenia dokładności i poszerzenia zakresu pomiarowego w dół. Korzyści z zastosowania opisanych właśnie elementów ilustruje pochodzący z materiałów Picotest (*www.picotest.com/products_J2113A.html*) **rysunek 12**. Wskazuje on, że bez dodatkowych środków nie można mierzyć impedancji poniżej 20 miliomów. Zastosowanie jednego z wymienionych przyrządów pozwala mierzyć impedancje już od 1 milioma; w przypadku wzmacniacza Picotest J2113A już od prądu stałego, a w przypadku dławika-transformatora Picotest J2102A (**fotografia 13**) od około 1kHz uwagi na małą reaktancję dławika przy najniższych częstotliwościach.

Fot. 13

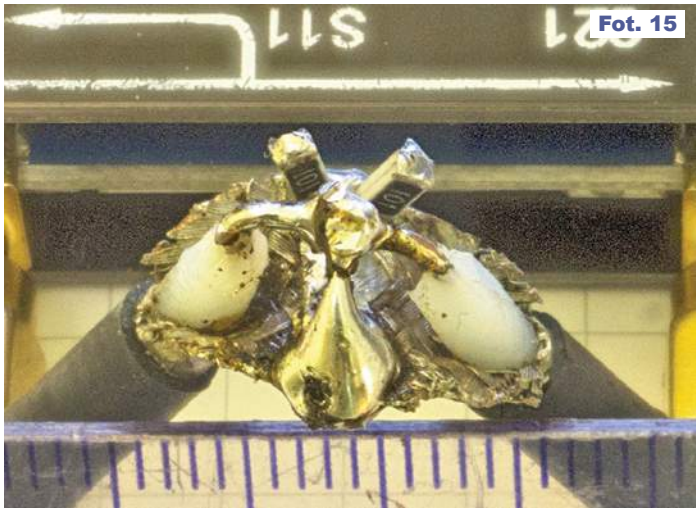
Praktyczny problem jest taki, że różnicowy wzmacniacz J2113A o paśmie 800MHz kosztuje 1995 dolarów, a popularny wśród pro-



eprasa.pl 019970d2a6



Rys. 14


Fot. 15

fesjonalistów, pracujący w zakresie częstotliwości do kilkuset megaherców dławik-transformator J2102B – 799 dolarów, nieporównanie więcej niż NanoVNA. Hobbyści szukają zdecydowanie tańszych rozwiązań, o czym można się przekonać, skrupulatnie przeszukując Internet. Poszukiwania można zacząć od hasła: *2 Port Shunt Thru impedance measurement*.

Koniecznie trzeba też odnotować, że poprawa dotyczy pomiarów najmniejszych impedancji przy stosunkowo niskich częstotliwościach, poniżej 1MHz. Trzeba pamiętać, że przy pomiarach rezystorów o maleńkich wartościach poważnym problemem jest ich szeregowa indukcyjność, która powoduje wzrost impedancji przy wyższych częstotliwościach. Jako przykład można przypomnieć, że już znikoma indukcyjność 1 nanohenra przy częstotliwości 1MHz ma reaktancję ponad 6 miliomów, a przy 10MHz – ponad 60 miliomów.

W praktyce oznacza to, że wzmacniacz różnicowy do pomiaru bardzo małych oporności według rysunku 8 nie musi mieć bardzo szerokiego pasma. Artykuł (plik PDF z obszernego cyklu) ze strony *www.electrical--integrity.com/Quietpower_files/QuietPower-48.pdf* wskazuje, że sensowne jest wykorzystanie wzmacniacza o pasmie rzędu 10MHz z kostką AD815.

Przebieg wykresów z rysunku 12 pokazuje, że ograniczeniem jest tu indukcyjność szeregowa 0,5nH (mająca reaktancję 30mΩ przy 10MHz). Aż prosiłoby się już tu przedstawić wyniki pomiarów z wykorzystaniem NanoVNA, by znaleźć odpowiedź: ***jakie najniższe rezystancje można mierzyć tym tanim przyrządem bez żadnych dodatków?***

**Rysunek 14** to zdjęta przeze mnie charakterystyka (minimalnej) impedancji po wlutowaniu w adapter kawałka drutu pokazanego na **fotografii 15**. Wynik uzyskany za pomocą NanoVNA okazuje się niewiele gorszy niż pomiarów z rysunku 12 uzyskanych przy wykorzystaniu kosztownych VNA. Przebieg charakterystyki pokazuje, że przy moim pomiarze nieprzekraczalnym ograniczeniem jest szeregowa indukcyjność 0,88nH (która jak pokazuje niebieski marker, ma reaktancję 122mΩ przy częstotliwości 22MHz). Być może udałoby się trochę poprawić sytuację przez jeszcze staranniejsze skalibrowanie NanoVNA. Do tych ważnych kwestii jeszcze wrócimy.

**Piotr Górecki**

R E K L A M A

KEY PRODUCENT AUTOMATYKI GRZEWCZEJ
11-200 Bartoszyce ul. Bohaterów Warszawy 67 pwkey@onet.pl
tel. (89)7635050 fax (89)7635051

TANIE REGULATORY
DO KOTŁÓW WĘGLOWYCH I NA DREWNO
z wbudowanym termostatem pokojowym
zapewniającym komfort i oszczędność

REGULATORY DO KOTŁÓW Z PODAJNIKIEM
REGULATORY POGODOWE
• Prosta obsługa, bogate możliwości programowania
• Możliwość dopasowania do każdego kotła i rodzaju paliwa
• Wysoka jakość • Gwarancja 24 miesiące
www.pwkey.pl



eprasa.pl 019970d2a6

# Przeróbki modułowych mierników prądu stałego

## część 2

W pierwszej części artykułu zapoznaliśmy się z przetwornikiem analogowo-cyfrowym MCP3421. Okazało się, że ma on znakomite parametry, w tym dobrą stabilność wskazań zera, tak ważną przy realizacji amperomierzy o szerokim zakresie pomiarowym. Aż prosi się wykorzystać taki przetwornik ADC do samodzielnej budowy wysokiej jakości amperomierza.

Można byłoby taki amperomierz zaprojektować od podstaw, co pozwoliłoby w pełni wykorzystać możliwości użytych podzespołów. Zdecydowanie łatwiejsza i tańsza jest jednak realizacja *amperomierza* na bazie 5-cyfrowego fabrycznego *woltomierza* według **rysunku 7**.

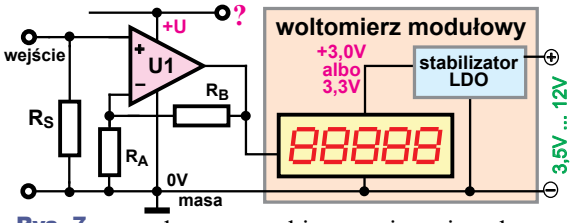
Gruntowna przebudowa gotowego woltomierza polegałaby na dodaniu bocznika $R_S$ i wzmacniacza operacyjnego, a przede wszystkim na zmianie oprogramowania w procesorze zawartym w woltomierzu. Taka zmiana programu jest możliwa, bowiem większość modułów zawiera procesor STM i standardowe złącze do jego programowania. Tylko zmiana programu procesora pozwoliłaby w pełni wykorzystać możliwości przetwornika ADC MCP3421.

Niestety, taka przeróbka wymagałaby napisania własnego programu, czyli dużej wiedzy informatycznej, a więc byłaby niedostępna dla większości Czytelników.

Dlatego trzeba wziąć pod uwagę rozmaite prostsze możliwości, bez ingerencji w oprogramowanie fabrycznego woltomierza.

### Bez przeróbek

Jeżeli w ogóle nie chcielibyśmy ingerować we wnętrze modułu woltomierza, należałoby ustawić takie wzmocnienie wzmacniacza operacyjnego, żeby 1 amper mierzonego prądu dawał 1 wolt napięcia podawanego na woltomierz. Nie wymagałoby to żadnej ingerencji w fabryczny moduł woltomierza!




Rys. 7

Trzeba jednak mieć świadomość, że taki pomysł ma istotną wadę i ograniczenie: pięciocyfrowe woltomierze z reguły mają zakres pomiarowy 0...33V, co teoretycznie pozwalałoby mierzyć prądy do 33A, ale wtedy wzmacniacz operacyjny powinien dać na swym wejściu napięcia w zakresie 0...33V, a to komplikuje zadanie. Wymagałoby to zasilania wzmacniacza operacyjnego napięciem ponad 33V, co jest możliwe, ale kłopotliwe.

Po pierwsze dla wzmacniacza potrzebne byłoby napięcie (+U) ponad 30V, a po drugie trzeba znaleźć wzmacniacz, który ma dopuszczalne napięcie zasilania ponad 33V. Jeżeli miałby to być wzmacniacz precyzyjny, to kłopot jest bardzo duży: trudno znaleźć wzmacniacz precyzyjny typu Single Supply o maksymalnym napięciu zasilania powyżej 32V. Owszem, dobry i niedrogi OP177 ma najwyższe napięcie zasilania 44V (±22V), ale wymaga dodatkowego ujemnego napięcia zasilania, co najmniej 2...3V. Warto wziąć pod uwagę takie rozwiązanie, ale na pewno nie jest ono wygodne.

Najwygodniej byłoby zasilić wzmacniacz operacyjny tym samym napięciem, co moduł woltomierza, czyli pojedynczym napięciem 3,5...12V. Oczywiście ograniczy to zakres mierzonych prądów. Na przykład przy zasilaniu 12V zakres mierzonych prądów wynosiłby od 0 do około 10A, co w wielu sytuacjach byłoby akceptowalne.

Tak, ale problem też w tym, że precyzyjne wzmacniacze o znikomym dryfcie (zero drift) o napięciach zasilania ponad 10V są rzadkością. Przytłaczająca większość wzmacniaczy operacyjnych typu zero drift (auto-zero lub chopping amp) ma niskie maksymalne napięcie zasilania, rzędu 5,5V, do co najwyżej 7V. To jeszcze bardziej ograniczyłoby zakres mierzonych prądów.

Jeżeli już zdecydowalibyśmy się na wykorzystanie bardzo precyzyjnego wzmacniacza operacyjnego, nie warto tak bardzo ograniczać zakresu pomiarowego projektowanego amperomierza. Taki wzmacniacz mógłby być zasilany napięciem ze stabilizatora LDO zawartego w tym module (3,0V albo 3,3V). Większość współczesnych



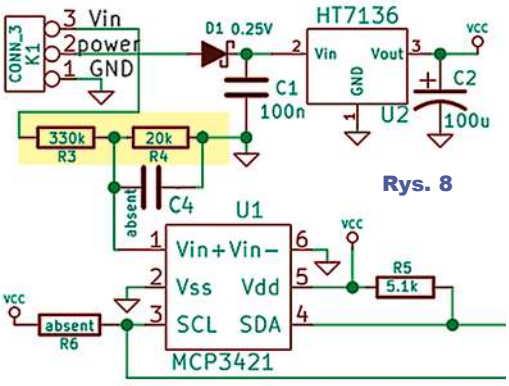
eprasa.pl 019970d2a6

wzmacniaczy auto-zero ma prąd zasilania poniżej 1mA, więc nie stanowi to problemu dla stabilizatora LDO w module woltomierza. I taki właśnie jest sensowny kierunek działań.

## Drobna przeróbka

Wcześniej mówiliśmy, że przetwornik ADC w MCP3421 ma na wejściu programowalny wzmacniacz (PGA), którego wzmocnienie może wynosić 1, 2, 4 albo 8. W fabrycznych modułach *amperomierzy* wzmocnienie jest ustawione na 8, natomiast w modułach *woltomierzy* wzmocnienie jest ustawione na 1, co daje zakres pomiaru taki, jak wbudowane napięcie odniesienia, czyli 0...2,048V.

Sprawdziłem posiadane 5-cyfrowe moduły. Obwód wejściowy mają zbudowany według **rysunku 8**, gdzie żółtym kolorem wyróżniony jest wejściowy dzielnik napięcia.




Rys. 8

**Fotografia 9** pokazuje fragmenty dwóch płytek, gdzie czerwone strzałki wskazują rezystory R3, R4. Na obu 200-kiloomowe rezystory są oznaczone 2002 (20000Ω), co wskazuje na nominały z szeregu co najmniej E96. Podobnie R3 na dolnej jest oznaczony 3303 czyli też według szeregu E96, natomiast na górnej ma on oznaczenie 334, co wskazuje na nominał z szeregu E24 i może wskazywać na gorszą tolerancję i gorsze parametry. To drobny szczegół, który jednak pokazuje, że tanie moduły, nawet te najbardziej precyzyjne, nie są budowane z elementów najwyższej jakości.

Przy wartościach rezystorów 330kΩ i 20kΩ mamy tu dzielnik napięcia, który zmniejsza napięcie wejściowe 17,5× (pomijamy wpływ dużej rezystancji wejściowej przetwornika). Przy napięciu mierzonym 33V na wejście przetwornika podawane jest napięcie około 1,88V (33V / 17,5). A napięcie odniesienia to 2,048V, więc teoretycznie pozwalałoby to mierzyć napięcia do około 35,85V, ale w testowanych miernikach program jest tak napisany, że powyżej 33V wyświetlacz pokazuje same zera.

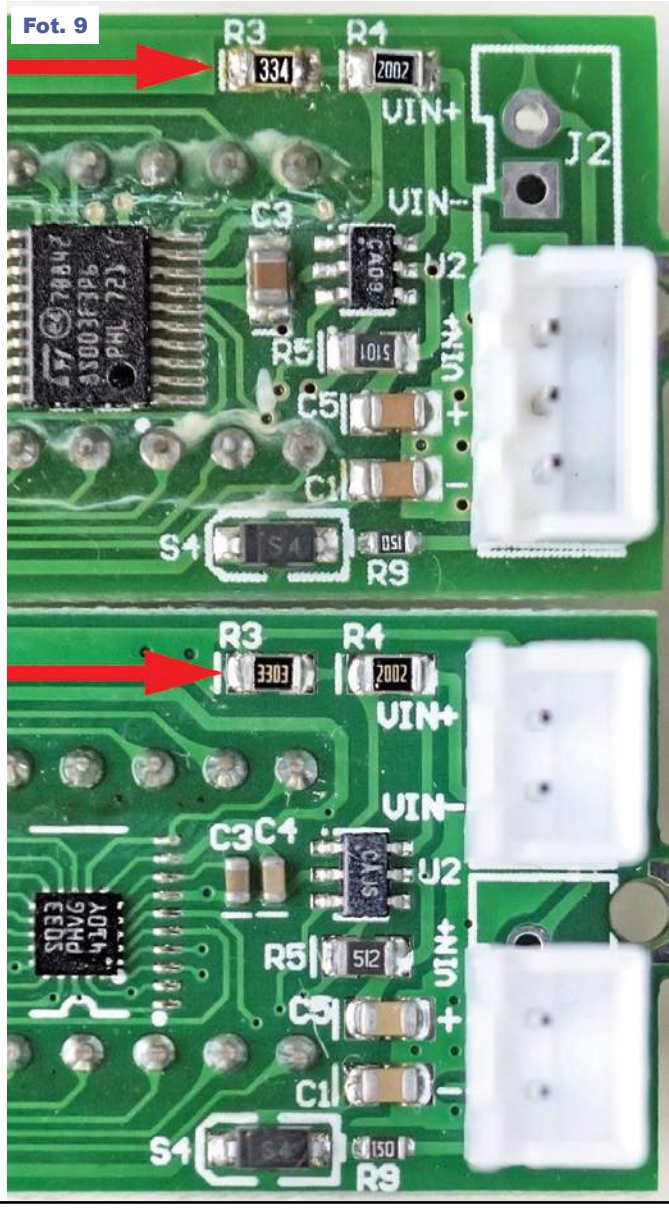
W każdym razie obecność na wejściu kostki MCP3421 napięcia około 1,88V daje na wyświetlaczu wskazanie około 33V. A to dla koncepcji z rysunku 7 oznacza, że ***trzeba tak dobrać wartości $R_S$, $R_A$, $R_B$, żeby przy prądzie 33A na wyjściu wzmacniacza operacyjnego wystąpiło napięcie 1,88V***, które zostanie podane wprost na wejście przetwornika MCP3421, z pominięciem dzielnika (330kΩ, 20kΩ). Umożliwi to też zastosowanie wzmacniacza U1 typu zero drift, zasilanego napięciem około 3V ze stabilizatora LDO modułu woltomierza. Niekoniecznie musi to być wspomniany wcześniej wzmacniacz MCP6V01.

## Ograniczenia – tylko dla najbardziej dociekliwych

Jeden problem mamy rozwiązany w bardzo prosty sposób. Drugi problem polega na tym, że niektóre pięciocyfrowe woltomierze są jednozakresowe: przecinek (punkt dziesiętny) na stałe zaświecony jest po drugiej cyfrze, co po opisanej przeróbce zapewnia rozdzielczość wskazań 1mA. W zasadzie bardzo dobrze, ale wcześniej badaliśmy amperomierze o rozdzielczości 0,1mA i teraz też chcielibyśmy zbudować amperomierz o rozdzielczości 0,1mA. Rozwiązaniem (jak się okaże częściowym) jest zakup 5-cyfrowych modułów 33-woltowych, z kostką MCP3421, ale z oprogramowaniem realizującym woltomierz dwuzakresowy, gdzie pierwszy, niższy zakres to 0...4,3000V, co pozwoli uzyskać rozdzielczość 0,1mA.

Rozdzielczość wskazań możemy wtedy zwiększyć do 0,1mA, ale trzeba mieć świadomość pewnego nieprzekraczalnego ograniczenia. Wykorzystujemy przecież gotowy moduł woltomierza i trzeba się liczyć, że konstrukcja nie będzie w pełni optymalna. Otóż w przypadku wcześniej omawianych amperomierzy z MCP3421, rezystancja bocznika wynosi nieco ponad 24 miliomy, co przy 1 miliamperze mierzonego prądu daje spadek napięcia 24,4uV. Wiemy już, że przy ustawionym tam wzmocnieniu PGA = 8 wartość 1LSB to około 1,95uV. A to finalnie oznacza około ***12 LSB na 1mA***. Jeżeli rozdzielczość wyświetlacza wynosi 0,1mA, to na 0,1mA wskazań przypada 1,2 LSB, czyli rozdzielczość wyświetlacza jest prawie taka sama jak rozdzielczość przetwornika ADC.

Fot. 9






eprasa.pl 019970d2a6

To dobrze. Gorzej, że rezystancja bocznika w takim fabrycznym amperomierzu jest stosunkowo duża (24mΩ), co daje znaczne straty mocy oraz ogranicza zakres pomiarowy.

Moduły 5-cyfrowych woltomierzy 0...33V z przetwornikiem MCP3421 mają ustawione wzmocnienie PGA równe 1, więc ich zakres pomiarowy to 0...Uref (0...2,048V). Przy pomiarze napięć o jednej biegunowości rozdzielczość przetwornika wynosi 17 bitów, a więc rozróżnia on 131072 poziomów napięcia. Wartość „schodka" – najmniejszego bitu (1 LSB) to 15,625 mikrowolta.

Sprawdziliśmy, że takie woltomierze dają na wyświetlaczu wskazanie 33V przy napięciu na wejściu przetwornika ADC około 1,88V, czyli program w procesorze powoduje wykorzystanie około 92% dostępnego zakresu, czyli nieco ponad 120000 „schodków". Te 120 tysięcy schodków odpowiada zakresowi 0...33V. A więc na 1 wolt przypada 3646 schodków, a *na 1 miliwolt 3,6 schodka (LSB)*.

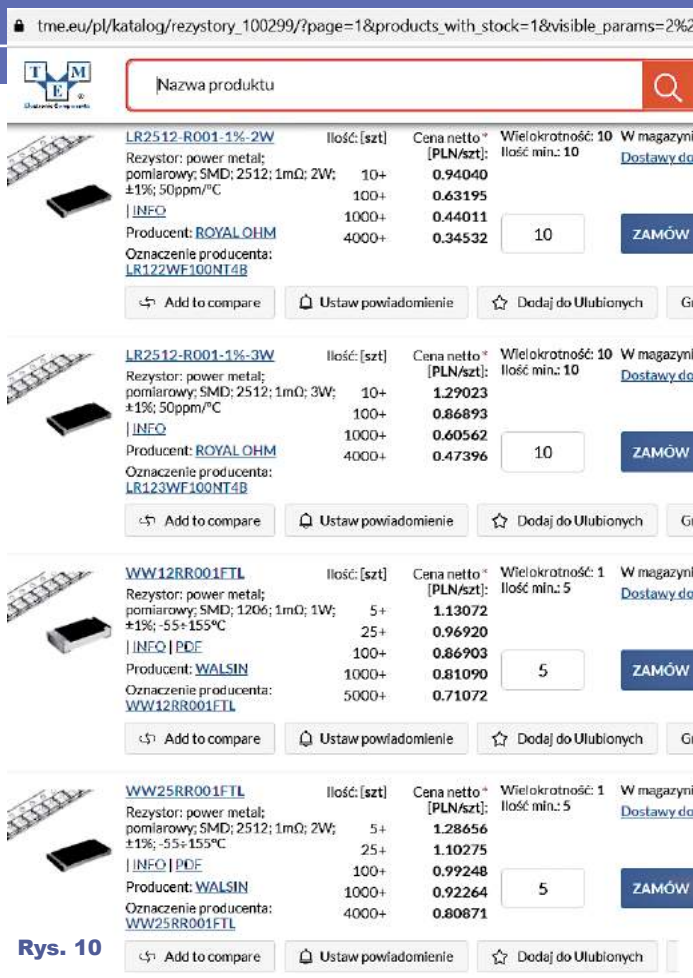
Patrząc na to z innej strony, powiemy, że przy PGA = 1 wartość napięcia dla 1 bitu to 15,625uV, co po uwzględnieniu dzielnika rezystorowego 17,5× daje 273uV = 0,273mV na bit (0,273mV/LSB), czyli tak jak przed chwila obliczaliśmy innym sposobem, około ***3,6 LSB na 1mV***.

Tymczasem dwuzakresowy woltomierz na niższym zakresie (0...4,3000) ma rozdzielczość 0,1mV, co odpowiada 0,36LSB, czyli mniej więcej jednej trzeciej LSB. *Rozdzielczość wyświetlacza* to wprawdzie pożądane 0,1mV, ale *rozdzielczość przetwornika* ADC jest gorsza i wynosi około 0,273mV. Oznacza to, że gdy procesor dokonuje przeliczenia dwójkowego wyniku z ADC, to ***dla najmniejszych napięć podaje wartość przybliżoną, wyliczoną z rozdzielczością 0,1mA, ale nie z dokładnością 0,1mA, tylko gorszą***.

I my chcemy na bazie tego fabrycznego woltomierza zbudować amperomierz, którego współczynnik przetwarzania też wyniesie ***3,6 LSB na 1mA prądu***. A w badanych wcześniej fabrycznych amperomierzach z MCP3421 było mniej więcej trzykrotnie lepiej: ***12 LSB na 1mA***!

Czyżby zastosowanie fabrycznego woltomierza z MCP3421 okazało się rozwiązaniem gorszym niż fabrycznego amperomierza z tą samą kostką?

W sumie nie, choć rzeczywiście dokładność jest nieco gorsza! To prawda, że liczba bitów przypadająca na miliamper jest mniejsza przy wykorzystaniu woltomierza niż w fabrycznym amperomierzu. Nie jest to zaletą i nie możemy tego zmienić. Jednak trzeba zauważyć, że wcześniej badane fabryczne amperomierze z MC3421 zawierają bocznik $R_S$ o rezystancji ponad 24 miliomów, co oznacza duży spadek napięcia i dużą moc strat. Właśnie przez to zakres pomiarowy jest ograniczony do 3A, maksymalnie do 5A. Natomiast w projektowanym przez nas teraz amperomierzu wykorzystującym fabryczny woltomierz będziemy mogli uzyskać zakres pomiarowy do 33A! Tak, od zera do 33 amperów, z rozdzielczością 0,1mA i z dokładnością może nie 0,1mA, ale lepszą niż 1mA! Czyli możemy uzyskać dziesięć razy szerszy zakres pomiarowy niż w fabrycznych amperomierzach, ale co najważniejsze, ***dzięki obecności dobrego wzmacniacza operacyjnego możemy zdecydowanie, ponad dziesięciokrotnie, zmniejszyć rezystancję bocznika $R_S$ i związane z tym straty cieplne***! Taki swojej roboty amperomierz z dobrym wzmacniaczem U1 na pewno będzie lepszy od wszystkich omawianych wcześniej gotowych mierników prądu!



**Rys. 10**

## Projektowanie układu

W zasadzie zadanie jest proste: w układzie według rysunku 7 ***trzeba tak dobrać wartości $R_S$, $R_A$, $R_B$, żeby przy prądzie 33A na wyjściu wzmacniacza operacyjnego wystąpiło napięcie 1,88V***. Można to zrobić na mnóstwo sposobów.

Dla zmniejszenia mocy strat, wartość $R_S$ powinna być jak najmniejsza. Jeżeli chcemy zachować zakres pomiarowy 33A i zastosować $R_S$ o rozsądnej obciążalności, powiedzmy 2 watów, to łatwo policzyć, że wartość $R_S$ nie powinna przekroczyć 1,84mΩ.

Spróbujmy wykorzystać rezystancję 1mΩ i w roli bocznika pomiarowego $R_S$ zastosować dwa połączone równolegle rezystory 2-miliomowe o obciążalności 1W – do kupienia bez problemu w wersji SMD (**rysunek 10**). Przy prądzie 33A na sumarycznej rezystancji 1mΩ wystąpi napięcie 33mV, co da moc strat 1,089W (33A * 33mV), czyli po 544mW na każdy 1-watowy rezystor.

Bocznik o rezystancji tylko 1 milioma to naprawdę rozwiązanie ekstremalne. Jeżeli nie jest potrzebny zakres aż do 33A, to można zwiększyć wartość $R_S$ do 2, 5 czy nawet 10 miliomów, zachowując niedużą moc strat.

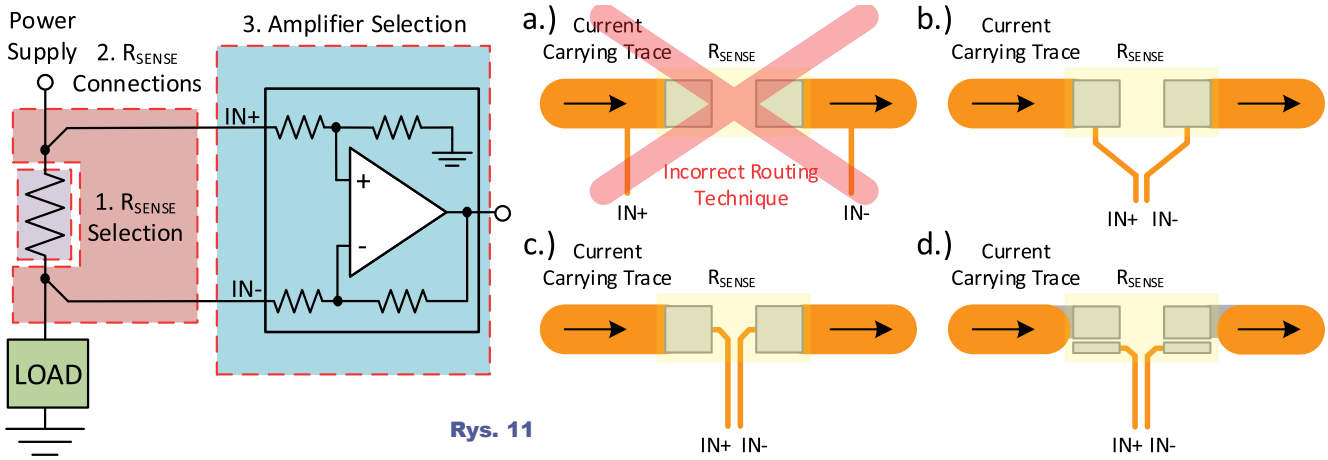
Ale na razie pozostańmy przy 1mΩ – jeżeli przy prądzie 33A na rezystorze $R_S$ uzyskamy 33mV, a na wejście MCP3421 mamy podać 1,88V, to wzmocnienie musi wynieść około 57×.

Czyli stosunek $R_B$ / $R_A$ ma wynieść około 56. Około?

Kolejna kwestia do omówienia to kalibracja. Woltomierze z kostką MCP3421 nie mają potencjometrów kalibracyjnych. Ale kalibracja jest niezbędna, choćby tylko z uwagi na rozrzut rezystancji rezystorów dzielnika wejściowego. Wszystko wskazuje, że w fabrycznych miernikach kalibracja jest dokonywana programowo



eprasa.pl 019970d2a6




**Rys. 11**

podczas produkcji modułu. A my teraz chcemy zrobić układ amperomierza, który będzie zawierał rezystory $R_S$, $R_A$, $R_B$, o jakiejś niezerowej tolerancji. ***W naszym amperomierzu niezbędny jest więc jakiś element kalibracyjny w torze wzmacniacza***. W praktyce będzie to potencjometr włączony w szereg z jednym z rezystorów $R_A$, $R_B$. W precyzyjnych wzmacniaczach dla zmniejszenia zakłóceń, suwak potencjometru powinien być dołączony do punktu o małej impedancji wewnętrznej: albo do masy, albo do wyjścia wzmacniacza operacyjnego.

Co ważne, powinniśmy zastosować rezystory o jak najlepszej stabilności cieplnej, żeby nie popsuć znakomitej precyzji przetwornika ADC, którego napięcie odniesienia ma współczynnik cieplny tylko 15ppm/°C. A tak zwane precyzyjne rezystory 1-procentowe typowo mają współczynnik cieplny 100ppm/°C, czyli mogą być najsłabszym ogniwem budowanego amperomierza. Tu znów otwiera się szeroki temat, wykraczający znacznie poza ramy artykułu. Nie wchodząc w szczegóły – należy zastosować rezystory o możliwie najmniejszym współczynniku cieplnym TCR i potencjometr nie węglowy, tylko koniecznie cermetowy, o rezystancji 5...10 razy mniejszej od rezystancji współpracującego z nim rezystora. Błędem byłoby zastosowanie samego potencjometru, ponieważ potencjometry z reguły mają dużo gorszą stabilność cieplną i długoczasową niż rezystory stałe. I jeszcze: wartość rezystancji $R_B$ powinna leżeć w zakresie 2kΩ do 100kΩ.

I kolejna ważna kwestia. Schemat na papierze to tylko część zadania. Wcześniejsze pomiary pięciu fabrycznych amperomierzy oraz testy kabli pomiarowych wykazały, że ich rezystancja jest dużo większa niż rezystancja bocznika $R_S$, która ma u nas wynosić tylko 1mΩ. Aby to poprawić, na pewno trzeba zrezygnować z kiepskich połączeń stykowych, najlepiej całkowicie. Jeśli już stosować połączenia rozłączne, to porządne, solidne zaciski śrubowe. Ale najpewniejsze są połączenia lutowane. I w każdym przypadku jak najkrótsze. I jak najgrubsze.

Doprowadzając napięcie z bocznika pomiarowego $R_S$, obowiązkowo trzeba zastosować czteropunktowy układ Kelvina oraz wzmacniacz różnicowy, jak pokazuje pochodzący z materiałów firmowych **rysunek 11**.

W literaturze można znaleźć informację, że dla uzyskania najwyższej dokładności i stabilności należy zastosować dla takiego amperomierza oddzielny zasilacz (najlepiej 5...6V), by usunąć wpływ ewentualnych spadków napięcia w obwodzie masy. Zastosowanie układu Kelvina i wzmacniacza różnicowego likwiduje taką konieczność. Czyli wzmacniacz można zasilać napięciem ze stabilizatora modułu woltomierza, ale trzeba odpowiednio poprowadzić obwody masy.

Natomiast dla uzyskania naprawdę dobrej dokładności amperomierza konieczne jest zasilanie takiego miernika napięciem 3,5...12V ze źródła oddzielonego galwanicznie od obwodów, gdzie dokonywany jest pomiar prądu.

Kolejna sprawa to wybór wzmacniacza operacyjnego. Wymagane wzmocnienie około 57× nie jest problemem. Najważniejsza jest stabilność wskazań, zwłaszcza stabilność zera. Sam przetwornik MCP3421 ma obwody autozerowania. O finalnych parametrach amperomierza zadecyduje dryft napięcia niezrównoważenia zastosowanego wzmacniacza operacyjnego. Jeżeli parametry mają być wysokie, w ogóle nie wchodzi w grę LM358. Należy zastosować nowoczesny wzmacniacz operacyjny zero drift, którego dryfty też są na bieżąco zerowane podczas pracy. Niekoniecznie musi to być wspomniany wcześniej wzmacniacz MCP6V01 – można zastosować inny wzmacniacz typu auto-zero lub chopping amp.

Pozostaje jeszcze jedna kwestia. Budujemy amperomierz prądów stałych, a raczej jednokierunkowych. Tymczasem wartość mierzonego prądu może się zmieniać i to w dużym zakresie. Przetwornik MCP3421, pracując przy maksymalnej 18-bitowej rozdzielczości, dokonuje średnio 3,75 pomiaru na sekundę. Wprawdzie przetwornik ADC ma na wejściu obwody próbkowania, jednak duże i szybkie zmiany prądu mogą w niektórych przypadkach utrudnić odczyt. Aby to poprawić, należałoby jak najbardziej stłumić składowe zmienne i na wejście przetwornika ADC podać tylko czystą składowa stałą, co pozwoli zmierzyć średnią wartość prądu tętniącego. Filtrowanie mierzonego przebiegu to dość szeroki temat, ale warto pamiętać, że nie zaszkodziłby jakiś filtr dolnoprzepustowy (na rysunku 2 przewidziano filtrujący kondensator C4, ale zwykle nie jest on montowany).

Podczas realizacji opisanej tu przeróbki prawdopodobnie pojawią się jakieś niespodzianki i być może trzeba będzie rozwiązać dodatkowe problemy. Jest to nieuniknione przy realizacji wszelkich bardzo precyzyjnych układów, a do takich należy opisywany woltomierz. Mam jednak nadzieję, że przedstawione informacje pomogą zainteresowanym przekształcić moduł woltomierza w amperomierz.

**Piotr Górecki**



eprasa.pl 019970d2a6

# Szkoła Konstruktorów

## W Szkole Konstruktorów może wziąć udział każdy Czytelnik EdW, także i Ty!

Możesz zostać stałym uczestnikiem Szkoły, ale możesz tylko jednorazowo nadesłać pojedyncze rozwiązanie jednego zadania, które Cię najbardziej zainteresowało. Nie trzeba się zapisywać, nie ma żadnych zobowiązań – można tylko zyskać. Co miesiąc przydzielane są punkty, upominki, nagrody i kupony do Sklepu AVT, a raz na rok najaktywniejsi uczestnicy Szkoły Konstruktorów są nagradzani dodatkowo. W każdym numerze zamieszczane są zadania trzech klas (*Zadanie główne*, *Co tu nie gra?* oraz *Policz*).

W terminie dwóch miesięcy możesz więc nadesłać e-mailem na adres: ***szkola@elportal.pl*** (*szkol**a***, a nie *szkoł**a***), rozwiązanie jednego, dwóch albo wszystkich trzech zadań Szkoły z danego numeru.

Potwierdzam otrzymanie rozwiązań, nadsyłanych e-mailem. Jeśli w terminie dwóch tygodni nie otrzymasz mojego potwierdzenia, prześlij rozwiązanie jeszcze raz (o przyczynach ewentualnych kłopotów przeczytasz na początku rubryki *Poczta* na stronie 10).

Bardzo proszę: dla ułatwienia segregacji niech tytuł Twojego e-maila (i nazwa każdego ewentualnego załącznika), oprócz ***nazwy konkursu*** oraz ***numeru zadania***, zawiera też ***Twoje nazwisko*** (najlepiej bez typowo polskich liter), na przykład: *Szko312Kowalski, Policz312Zielinski, NieGra312Malinowski, Jak03Krzyzanowski*. Chodzi o to, żeby w tytule e-maila i w nazwach wszystkich załączników była zarówno informacja o zadaniu, jak i o Autorze. Bardzo też proszę, żeby jeden Twój e-mail zawierał rozwiązanie tylko jednego konkursu, a nie kilku, co znacznie mi ułatwi segregowanie poczty.

Do wysyłki nagród i upominków potrzebny jest Twój adres pocztowy. Oszczędzisz mi sporo niepotrzebnej pracy, jeśli podasz go w jednej linii: ***Imię Nazwisko ulica nr domu kod pocztowy Miejscowość e-mail***

Jeśli na łamach czasopisma nie chcesz ujawniać imienia i nazwiska – napisz, a zachowam dyskrecję, podając albo pseudonim, albo imię i pierwszą literę nazwiska, ewentualnie miejscowość zamieszkania. Jeśli nadeślesz rozwiązanie zadania głównego, możesz dołączyć swoją fotografię (portret), która będzie zamieszczona przy rozwiązaniu zadania. Zachęcam też do podawania ***roku urodzenia, a w przypadku uczniów i studentów także informacji o szkole/klasie lub uczelni***. Jest to pomocne przy opracowywaniu i ocenie rozwiązań (Twoje dane nie są nigdzie przekazywane, tylko wykorzystywane w redakcji EdW wyłącznie w związku z oceną prac i przydzielanymi nagrodami).

Najbardziej cieszę się z krótkich i zwięzłych rozwiązań, bo to ułatwia ich opracowanie. Ale jeżeli Twoje rozwiązanie będzie obszerniejsze, mam prośbę dotyczącą kwestii technicznych: Nie umieszczaj ilustracji w tekście! Wszystkie ilustracje (fotografie i rysunki) prześlij w e-mailu jako oddzielne pliki – załączniki. Bardzo proszę też o przysyłanie schematów, projektów płytek i wszelkich innych rysunków w popularnych formatach, na przykład PDF, SVG, JPG, GIF czy PNG, i to także wtedy, gdy przysyłasz oryginalny, źródłowy plik z danego programu projektowego (.sch, .pcb, .brd, .ddb, itp.).

Jeżeli w ramach zadania głównego zrealizujesz rozwiązanie praktyczne, czyli zbudujesz konkretny układ-model, mam następujące wskazówki i prośby:

**Nie przysyłaj modelu do redakcji!** Nie ma też potrzeby nadsyłania papierowych wydruków, płyty CD/DVD, ani modelu – całkowicie wystarczą załączone do e-maila pliki i fotografie zrobione przez Ciebie.

Przygotowując opis **skorzystaj z szablonu** dostępnego pod adresem: ***www.elportal.pl/szablon***.

Więcej wskazówek na temat przygotowania materiałów i prawidłowego fotografowania modeli znajdziesz w Elportalu na stronie: ***https://elportal.pl/zostan-wspolautorem-elektroniki-dla-wszystkich/***.

Twoje praktyczne rozwiązanie głównego zadania Szkoły może być później opublikowane jako artykuł w EdW, za który otrzymasz honorarium. Dlatego w treści e-maila umieść wtedy tekst: *Oświadczam, że materiał, który przesyłam w tym e-mailu do redakcji „Elektroniki dla Wszystkich", jest moim osobistym opracowaniem i nie był wcześniej nigdzie publikowany*.



eprasa.pl 019970d2a6

# Zadanie główne 312

Podstawą zadania 312 jest e-mail, jaki niedawno nadesłał **Michał** (prosił o anonimowość). List dotyczył cykli „Wróbelek" oraz „Taki zwyczajny zasilacz", a także kilku tematów pokrewnych. Autor napisał między innymi:

*Witam! Piszę w sprawie artykułów „Wróbelek", które bardzo mi się podobają i jestem zaskoczony, jak dużo wad mają podstawowe elementy. Bardzo proszę o kontynuowanie tego cyklu! (...) Drugi bardzo mnie interesujący temat to „Taki zwyczajny zasilacz". Od kilku lat planuję zbudowanie dobrego zasilacza, ale z informacji w kolejnych (...) [odcinkach] cyklu widzę, że nie jest to takie łatwe, jak mi się do tej pory wydawało. Ostatnio (...) nie ma już odcinków „Zasilacza..." i czuję, że długo będę czekał na skompletowanie wiadomości, jakie są potrzebne, żeby zbudować taki zasilacz. (...) Myślałem, że Redakcja szybko opublikuje (...) [projekt] dobrej klasy zasilacza dużej mocy. Na razie nie widzę nic takiego w zapowiedziach. Dlatego zgłaszam potrzebę takiego zasilacza. A oprócz tego zgłaszam taki sam temat zadania do Szkoły Konstruktorów. Chodzi o to, żeby Czytelnicy przysłali swoje rozwiązania zasilaczy, jakie sami zrobili oraz projekty jeszcze niezrealizowane, tylko będące w planach (...) Bardzo przydały mi się (...) informacje o modułowych miernikach prądu stałego (...) Nie myślałem, że między nimi są aż tak duże różnice w dokładności (...) Takie moduły można wykorzystać do budowy takiego zasilacza. Będzie wtedy dobra kontrola napięcia i prądu. Może nawet lepsza niż w moim zasilaczu PS-3005, gdzie miernik prądu jest bardzo słaby i nie pokazuje dobrze miliamperów (...) co mnie już parę razy zmyliło. (...)*

Oto temat zadania 312:

**Zaproponuj sposób realizacji praktycznie użytecznego zasilacza warsztatowego lub laboratoryjnego**.

Pomysłodawca napisał o *dobrej klasy zasilaczu dużej mocy*. Czyli zaproponował budowę porządnego ***zasilacza laboratoryjnego***. Zasilacz laboratoryjny powinien mieć nie tylko możliwość płynnej regulacji napięcia, ale tę możliwość płynnej regulacji prądu ogranicznika prądowego. W trybie ograniczania prądu zasilacz laboratoryjny powinien mieć jak największą rezystancję dynamiczną, czyli zachowywać się jak dobre źródło prądowe. Realizacja takiego zadania w warunkach domowych okazuje się bardzo trudna z kilku względów. Na pewno nie jest to zadanie dla początkujących lub średnio zaawansowanych hobbystów.

Dlatego warto rozważyć coś znacznie prostszego: budowę ***zasilacza warsztatowego***. W tym przypadku wymagania będą niższe. Taki zasilacz nie musi nawet mieć obwodu ogranicznika prądowego, a jeśli już, to być może jakiś prosty. Warto, by zawierał obwody pomiaru napięcia i prądu wyjściowego. Może w postaci gotowych modułów? A czy do realizacji samego „zasilacza właściwego" też można byłoby wykorzystać jakieś moduły, a raczej gotowe zasilacze? Może komputerowe, może od laptopów, może jakieś inne? W każdym razie impulsowe.

Atrakcyjną wersją byłby ***zestaw używanych impulsowych zasilaczy komputerowych*** (o prądach ponad 10A) plus ***przełącznik realizujący skokową regulację napięcia***, a do tego ***analogowa przystawka – liniowy stabilizator z tranzystorem mocy***, która zapewni płynną regulację! To naprawdę jest bardzo obiecujący kierunek! Daje możliwość bardzo taniej i względnie łatwej realizacji zasilacza o prądzie rzędu 10...20A. Jeżeli ktoś chciałby mieć zasilacz o jeszcze większym prądzie, to może wykorzystać zestaw używanych zasilaczy serwerowych 12V 50A...100A. W każdym razie zasilacz impulsowy plus stabilizator liniowy.

Możliwości jest mnóstwo. Czekam oczywiście i na rozwiązania praktyczne, ale też na wszelkie pomysły i koncepcje teoretyczne. Zapraszam do udziału w tym praktycznym zadaniu!

**Piotr Górecki**

## Nadsyłajcie propozycje zadań!

**Autorzy propozycji zadań, które zostaną wykorzystane w Szkole, otrzymują jako nagrodę kupon 100zł na zakupy w sklepie AVT:**
***www.sklep.avt.pl.***
Koszty przesyłki pokrywa AVT.
Dobra propozycja nie powinna być ani zbyt trudna, ani zbyt ogólna, ani zbyt wąsko ukierunkowana.
Dobre zadanie Szkoły powinno mieć na tyle szeroki zakres, żeby mogli w nim wziąć udział zarówno doświadczeni elektronicy, jak i początkujący, w tym najmłodsi.
**Zachęcam do nadsyłania propozycji następnych zadań Szkoły!**

**UWAGA! UWAGA! UWAGA! UWAGA! UWAGA! UWAGA! UWAGA! UWAGA! UWAGA! UWAGA!**

## Zachęcamy także Ciebie, drogi Czytelniku, żebyś w ramach działu „Wokół Arduino"

**opublikował swoją realizację projektu lub artykułu związanego z platformą Arduino.**

**Chętnie zaprezentujemy na łamach EdW Twój własny projekt albo Twoją realizację projektu z Internetu, wykorzystującego dowolne moduły lub moduły rozszerzeń Arduino, a także wartościowe artykuły, pokazujące rozmaite aspekty korzystania z tej interesującej platformy.**
**Bliższe informacje: *www.elportal.pl/arduino*, a w razie pytań i wątpliwości śmiało pisz: *edw@elportal.pl***



eprasa.pl 019970d2a6

# Rozwiązanie zadania głównego 307

Temat zaproponowanego przez **Rafała Sikorskiego** zadania 307 brzmiał następująco: ***Zaproponuj dowolną przystawkę do smartfona***.

Zadanie nie było łatwe. Bardzo się cieszę, że w zadaniu wzięli także udział Koledzy, którzy dawniej często uczestniczyli w konkursach EdW. Oto przegląd nadesłanych prac.

**Przemysław Kamiński** z Warszawy napisał tak: *Dzień dobry. Chciałbym zgłosić dość nietypową „przystawkę" do smartfona. Jest nią po prostu aplikacja phyphox (**rysunek 1**):*

*https://phyphox.org*

*Wiemy, że smartfony mają mnóstwo różnych czujników (akcelerometr, mikrofon/głośnik, magnetometr, żyroskop, barometr, czujnik światła). Pomysł jest więc taki, żeby je wykorzystać do różnych eksperymentów z dziedziny fizyki: od grawitacji, przez dźwięk, światło i magnetyzm. Na stronie jest też forum, gdzie można dzielić się pomysłami. Czasem warto docenić to, co już mamy (...)*

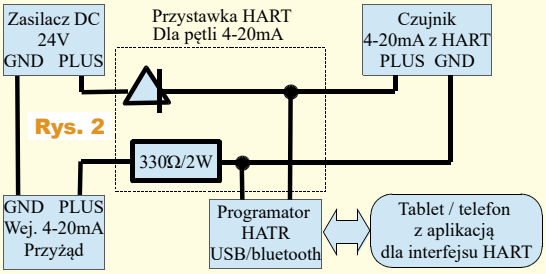
Rys. 1

Aplikacja *phyphox* (*physical phone experiments*) pozwala na przeprowadzenie wielu eksperymentów. Warto nie tylko zajrzeć na stronę, ale też dokładniej zapoznać się z licznymi, dobrze przygotowanymi opisami eksperymentów.

**Jacek Rączka** z Połomi napisał: *(...) jestem pracownikiem komórki AKPiA. (...) mamy w pracy taki gadżet, który współpracuje z telefonem. Jest to programator HART firmy Aplisens, przeznaczony do ich czujników. Jedyne co sami wykonaliśmy to prosta przelotka składająca się z diody i rezystora 330om, której schemat i ideę działania pokazuje **rysunek 2**. (...) Pracujący układ [z czujnikiem różnicy ciśnień] widać na **fotografii 1**. (...) czy we własnym zakresie można (...) stworzyć [aplikację dla smartfona]? Jak najbardziej! Wiele firm, jak Siemens dla LOGO, Schneider Electric oferują do swoich produktów odpowiednie oprogramowanie na Androida, trzeba mieć tylko interfejs sprzętowy lub kabel LAN w przypadku LOGO, który wpinamy w ruter. A co, jeżeli mamy urządzenie X? Jeżeli to urządzenie obsługuje protokół MODBUS RTU/ASCII i ma interfejs RS485, RS232 lub LAN (protokół MODBUS TCP/IP), to zasadniczo nie ma większego problemu. Potrzebujemy tak naprawdę tylko konwertera LAN/WIFI<>RS485/RS232. Najtańszy konwerter tego typu to wydatek niecałych 100zł, na Aliexpress. Zostaje jeszcze kwestia, jak to ugryźć na Androidzie? Zasadniczo są dwa warianty. Pierwszy: poszukać oprogramowania SCADA na Androida, np. Tesla SCADA, albo są prostsze programy obsługujące MODBUS po WIFI. Reszta to tylko dokumentacja urządzenia, które chcemy obsłużyć i trochę zacięcia, bo nie zawsze chce to ruszyć tak z drogi, ale wynika to raczej z niuansów implementacji protokołu MODBUS w oprogramowaniu, jak i w urządzeniach różnych producentów. Często MODBUS jest „obcięty", a dokumentacja ma błędy itp.*

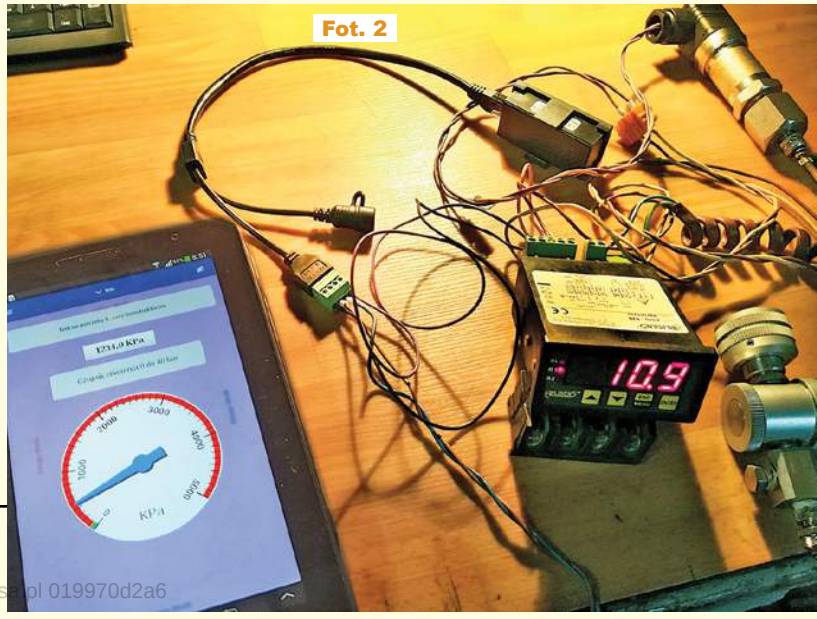
*Ja na potrzeby testu wykorzystałem stary tablet i program Suppanel na Androida. Darmowy jest przez 60 dni, potem należałoby wykupić licencję. Jako interfejs sprzętowy wykorzystałem konwerter WIFI<>RS485 ELFIN-EW11A, zakupiony na Aliexpress. Na szybko zmontowałem układ składający się z czujnika ciśnienia 0–40bar, miernika Aplisens PMS-920 i wspomnianego konwertera EW-11A. Działający układ widać na **fotografii 2**, [gdzie widać też] aplikację stworzoną w programie Suppanel [na potrzeby tego zadania Szkoły].*

*Jak widać, stworzenie działającego systemu nie jest ani zbytnio skomplikowane, ani też jakoś niesamowicie kosztowne czy czasochłonne. Model stworzy-*



Rys. 2

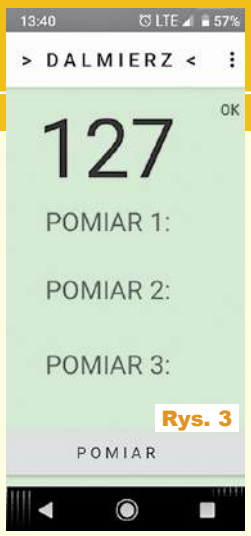
Fot. 1



Fot. 2



eprasa.pl 019970d2a6



Rys. 3

*łem w trochę ponad godzinę, ucząc się programu Suppanel po drodze. Układ docelowy może być dowolny, licznik energii, multi I/O, cokolwiek, co da się spiąć po RS232/485 czy LAN z protokołem MODBUS RTU.*

W Elportalu wśród materiałów dodatkowych do tego zadania można znaleźć pełny tekst i więcej ilustracji (*307raczka.zip*, 9,6MB).

**Michał Grzemski** z Grudziądza napisał między innymi: *(...) W obecnych czasach, w dobie rozwijającej się techniki, elektronika opiera się na budowaniu (składaniu) układów z gotowych modułów. Budowa z klocków. Łączenie asortymentu pozwala na złożenie różnych funkcjonalnych układów. Dzisiejszy elektronik łączy w sobie różne umiejętności zawodowe informatyka, elektronika, elektryka, jak również do celów drukowania [3D] komponentów, umiejętności mechaniczne.*

*Do (...) wymiany informacji pomiędzy człowiekiem a naszym układem służy HMI (ang. Human – Machine Interface). Interfejs człowiek-maszyna. Obecnie Panel HMI ma własny system operacyjny, który po zaprogramowaniu może odciążyć pracę głównej jednostki procesora. Pierwszymi interfejsami były przyciski, lampki sygnalizacyjne, ciekłokrystaliczne wyświetlacze siedmiosegmentowe, lampy NIXE czy wyświetlacze tekstowe. Obecnie otaczają nas na każdym kroku multimedialne dotykowe panele operatorskie tzw. GUI (ang. Graphical User Interface) Graficzny interfejs użytkownika. Każdy z nas ma taki panel w postaci telefonu, tabletu, smartfona, komputera, laptopa, a nawet telewizora. Najważniejsza rola panelu to przedstawienie osobie obsługującej dany system najważniejszych informacji o danym procesie. Wykorzystując popularny Bluetooth, możemy łatwo, bez dodatkowych przewodów stworzyć własną wizualizację.*

*Dostępności wielu narzędzi programistycznych na rynku wymaga znajomości różnych środowisk i języków programowania. Pakiet B4X IDE (ang. Integrated Development Environment) to nic innego jak zintegrowane środowisko programistyczne, obsługuje kilka platform w jednym miejscu. Umożliwia zaprogramowanie Arduino B4R, jak również pozwala na stworzenie własnych projektów na system Androida B4A, który zadomowił się na stałe w sprzęcie RTV i AGD. Wykorzystując „klocki" w postaci płytki bazowej Arduino, ultradźwiękowego czujnika odległości typu HC oraz modułu Bluetooth HC, zbudowałem układ wykonawczy do pomiaru odległości. (...) stworzyłem prosty GUI na smartfona [**rysunek 3**]. Oprogramowanie powstało z wykorzystaniem B4A. W prawym górnym rogu mamy widoczny napis OK, który informuje o pozytywnym nawiązaniu połączenia między urządzeniem a naszym panelem. W głównym ekranie widzimy aktualny wynik pomiaru. Po wciśnięciu przycisku pomiar pozwala na zapisanie na panelu wyniku w polu pomiar.*

*W chwili obecnej aplikacja pozwala na zapisanie 3 pomiarów. (...)*

**Circuit Chaos** z Warszawy o swej propozycji napisał tak: *(...) będzie bardziej ogólna i polega na zaproponowaniu samego sposobu komunikacji smartfona z przystawką.*

*Jednym z interfejsów typowego smartfona jest gniazdo słuchawek z mikrofonem. Mamy do dyspozycji dwa kanały wyjściowe i jeden wejściowy, które można wykorzystać do komunikacji z przystawką. Można proponować najróżniejsze kombinacje związane z modulacją sygnału, ale ja proponuję zwyczajne, najprostsze kluczowanie częstotliwości. Niech obecność tonu odpowiada jednemu stanowi logicznemu, a brak tonu drugiemu. Otrzymane w ten sposób dwa kanały wyjściowe i jeden wejściowy aż proszą się o zastosowanie w roli interfejsu I2C. Niech ton w jednym kanale wystawia zero na wyjście SCL a w drugim na SDA, a brak tonu wystawia jedynkę. Podobnie z wejściem – niech zero na SDA powoduje przesłanie tonu do wejścia mikrofonowego, a jedynka przesłanie ciszy.*

*Wykonałem kilka prób. Najpierw napisałem program (generator.c), którym wygenerowałem trzy pliki z różnymi tonami (1kHz, 8kHz, 12kHz), kluczowanymi z coraz większą prędkością. Pliki te (RAW, 48000 kHz, 16-bit signed int, 1 kanał, endianness maszyny, na której były generowane) przekonwertowałem do .wav i wgrałem na telefon Samsung Galaxy S7. Pierwszą rzeczą było zmierzenie amplitudy sygnału na wyjściu przy maksymalnej głośności (osc1.png).*

WOJNA 3.0
Zbrojne bity i orbity

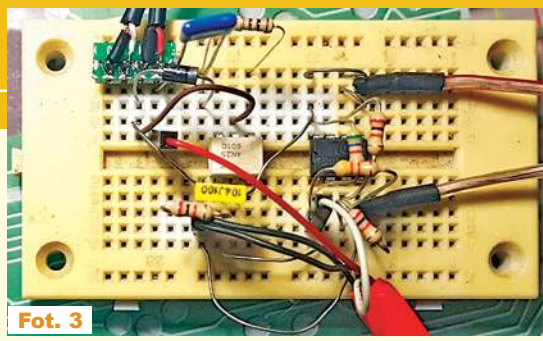
Drony, wiązki energii, roboty-żołnierze i hiperszybkie pociski. Nowe maszeruje do wojska coraz bardziej zamaszystym krokiem. Wyścig zbrojeń przenosi się w kosmos, choć orbitalna wojna jawi się zatem jako nie tak może efektowna wizualnie jak ta z „Gwiezdnych wojen", ale jest to dziś całkiem realna i groźna perspektywa. Bez ustanku trwa również cyberwojna.

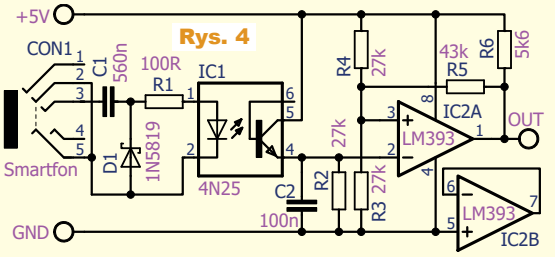
Nowy numer już w sprzedaży
www.ulubionykiosk.pl
Koniecznie odwiedź serwis:
mlodytechnik.pl

REKLAMA




eprasa.pl 019970d2a6


Fot. 3



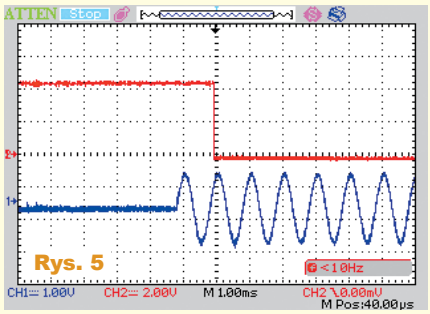
Rys. 4

*1V, trochę mało, ale nie jest źle. Zrobiłem prosty schemat (**rysunek 4**) i przeniosłem go na płytkę stykową (**fotografia 3**). Wartości elementów nie są ostateczne ani nawet policzone – te elementy miałem po prostu pod ręką w zapasach.*

*Pierwszy etap to podbicie napięcia po to, żeby wysterować diodę transoptora (separacja galwaniczna w takim rozwiązaniu jest mocno pożądana). Zrealizowane jest to na elementach C1 i D1. Przy ujemnej połówce napięcia na wyjściu kondensator ładuje się przez diodę D1 (do ok. pół wolta – trzeba odjąć spadek napięcia na D1), a przy dodatniej jego napięcie dodaje się do napięcia ze smartfona i zasila diodę transoptora. Działa to na styk, ale działa. Następnie jest detektor obwiedni, zbudowany na tranzystorze transoptora oraz na elementach C2 i R2. Komparator IC2 pracuje z dodatnim sprzężeniem zwrotnym (rezystor R5), żeby wejście miało pewną histerezę – bez tego na wyjściu mogłyby pojawić się sygnały szybkozmienne w momencie przechodzenia wyjścia detektora przez napięcie odniesienia (tu – połowę napięcia zasilania; wartość również przypadkowa).*

*Układ nie jest doskonały i zdecydowanie elementy powinny zostać policzone, a nie dobrane na oko, ale umożliwił przetestowanie idei i faktycznie udało mi się za jego pomocą ton ze smartfona zamienić na sygnał cyfrowy.*

*Rysunek osc2.png [dostępny w Elportalu] pokazuje wyjście smartfona (sygnał dolny) i wyjście komparatora (sygnał górny), oczywiście na czas testu masy smartfona i układu zostały połączone. osc3.png i osc4.png [w Elportalu] pokazują, z jakim opóźnieniem po zaniku sygnału wyjście powraca do stanu wysokiego – należałoby trochę zmniejszyć wartość kondensatora C2. Podobnie [**rysunek 5**] (osc5.png) pokazuje, jak*



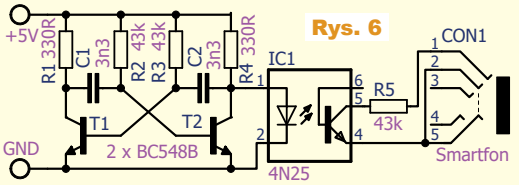
Rys. 5

*szybko po rozpoczęciu sygnału wyjście osiąga stan niski.*

*Kondensator C2 powinien być dobrany tak, żeby opóźnienia te były jak najmniejsze, ale jednocześnie żeby przy zadanej częstotliwości sygnału na wyjściu był stabilny stan cyfrowy.*

*Pozostało jeszcze zrobienie drugiego kanału, czyli przesłanie sygnału cyfrowego z powrotem do smartfona przez wejście mikrofonowe. W tym celu powstał generator sygnału prostokątnego według **rysunku 6**. Układ moduluje napięcie zasilające zewnętrzny mikrofon. Początkowo chciałem zwierać wejście mikrofonowe transoptorem, ale powodowało to rejestrowanie przez smartfon wciśnięcia przycisku na słuchawkach i uruchomienie asystenta Google. Rezystor R5 (o przypadkowej wartości) rozwiązał ten problem.*

*Załączony plik (mic.m4a) [w Elportalu] został nagrany programem do nagrywania dźwięku na smartfonie (podczas ręcznego podłączania i odłączania transoptora od generatora), a jego wizualizacja zrobiona w Audacity pokazana jest na rysunku mic.png [w Elportalu, którego fragment pokazany jest na **rysunku 7**]. Plik ten pokazuje, że rozwiązanie nie jest doskonałe, występują*



Rys. 6

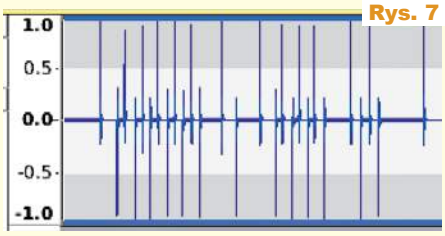
*silne szpilki, a amplituda tak otrzymanego sygnału jest bardzo niewielka, ale ogólnie to działa. Można byłoby poeksperymentować z innymi wartościami R5 lub z transformatorem audio zamiast transoptora. Gdybyśmy chcieli do generatora dorobić wejście cyfrowe, to można byłoby po prostu zwierać bazę któregoś z tranzystorów dodatkowym tranzystorem.*

*Osobnym wyzwaniem jest stworzenie aplikacji, która potrafiłaby w czasie rzeczywistym wysyłać i odbierać tony przez taki zestaw. Przeszukując Internet (w kontekście Androida), odniosłem wrażenie, że nie jest to tak proste, jak może się wydawać. Trochę informacji można znaleźć np. na: https://stackoverflow.com/questions/34489339/immediate-audio-input-output-android.*

*Mając generator tonów i możliwość programowego „bit-bangingu" takim interfejsem możliwości stają się ogromne. Mamy dostępny interfejs I2C i możemy wykorzystać go w dowolny sposób (programowanie EEPROM-ów, zwiększenie liczby wejść/wyjść przez expander, itd.). Nie będzie to dramatycznie szybkie, a wręcz może być dramatycznie wolne, ale w wielu zastosowaniach może być wystarczające. Pozdrawiam.*

Dodatkowe materiały dostępne są w Elportalu (*307circuit.zip* 2,8MB).

I kolejne rozwiązanie: **Rafał Orodziński** zaproponował: *(...) Zastosowanie kamery telefonu komórkowego **jako detektora promieniowania jonizującego**. Aby uzyskać pomiar promieniowania gamma, należy zakleić okienko kamery np. za pomocą czarnej taśmy, by zablo-*



Rys. 7

## Punktacja Szkoły Konstruktorów

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Sławomir Węgrzyn** Dziekanowice | 92 | **Sebastian Jarmosiewicz** Motwica | 50 | **Łukasz Nowak** Warszawa | 33 |
| **Daniel Turbasa** Kraków | 88 | **Circuit Chaos** Warszawa | 48 | **Jacek Konieczny** Poznań | 26 |
| **Michał Stach Kamionka** | 88 | **Michał Pędzimąż** Stara Słupia | 48 | **Piotr Grzegorczyk Siedlce** | 25 |
| **Łukasz Dachowski** Cymbark | 72 | **Łukasz Olszok** Tarnowskie Góry | 45 | **Jacek Rączka** Połomia | 25 |
| **Artur Bereit** Barcin | 69 | **Krzysztof Kawa** Lubcza | 44 | **Andrzej Nowicki Warszawa** | 24 |
| **Aleksander Bernaczek** Magnuszowice | 69 | **Dawid Placha** Rdzawa | 44 | **Marian Gabrowski** Polkowice | 23 |
| **Krzysztof Smoliński** Poznań | 68 | **Szymon Czepiel** Pisarzowice | 43 | **Roman Braumberger** Bytom | 21 |
| **Szymon Trygar** Szczecin | 66 | **Rafał Orodziński** Białystok | 42 | **Jakub Gajda** Kraków | 20 |
| **Radosław Smalec** Zabrze | 64 | **Piotr Gajdosz** Grybów | 41 | **Marian Caruk** Lubań | 17 |
| **Paweł Hoffmann** Wrocław | 62 | **Maciej Zieliński** Kraków | 41 | **Bogdan Kosiński** Szczecin | 16 |
| **Robert Szolc** Bytom | 58 | **Rafał Rówiak** Słaboszów | 40 | **Łukasz Kojro** Gdańsk | 15 |
| **Andrzej Herbut** Siekierczyn | 52 | **Teodor Woźniak** Łódź | 35 | **Marcin Malich** Wodzisław Śl. | 13 |
| **Adam Ples** Jaworzno | 51 | **Tomasz Zaorski** Kalinówka | 34 | **Paweł Sablik** Pisarzowice | 13 |
| **Adam Sobczyk** Warszawa | 50 | **Jarosław Węgliński** Warszawa | 34 | **Piotr Wyderski** Wrocław | 13 |

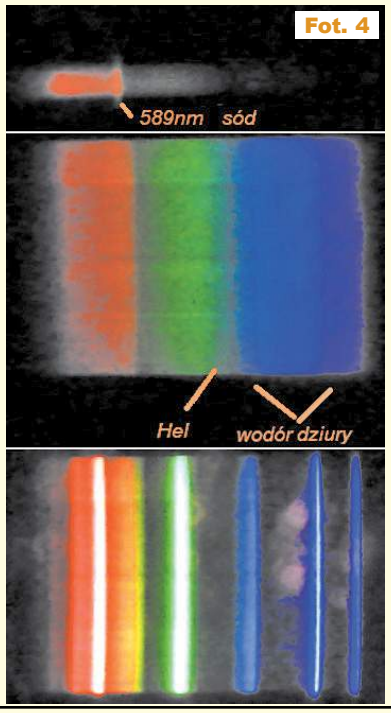


eprasa.pl 019970d2a6

| Publikacja | Nagroda | Talon AVT PLN | Imię | Nazwisko | Miejscowość | Punkty |
|---|---|---|---|---|---|---|
| - | - | 100 | Michał (...) za pomysł zadania 312 | | | - |
| - | U | - | Przemysław | Kamiński | Warszawa | 3 |
| ? | U | - | Jacek | Rączka | Połomia | 5 |
| ? | U | - | Michał | Grzemski | Grudziądz | 5 |
| - | - | 150 | Circuit | Chaos | Warszawa | 7 |
| ? | - | 150 | Rafał | Orodziński | Białystok | 6 |
| - | - | - | Henryk | Wyziński | Pyrzyce | - |

*kować światło widzialne. Detektor taki nie jest zbyt czuły i nie nadaje się do pomiaru małych natężeń promieniowania. Czułość detektora można poprawić, usuwając obiektyw i filtr w kamerze. W internecie jest wiele programów umożliwiających wykorzystanie smartfona jako miernika promieniowania. Fotony promieniowania jonizującego widzimy jako zapalenie się pikseli na ekranie smartfona. (...) [w Elportalu dostępny jest] kilkusekundowy film [307orodzinski.mkv], w którym widać rozbłyski pochodzące od promieniowania gamma pochodzącego z rudy uranu. Filmik należy obejrzeć parokrotnie, patrząc za każdym razem w inny obszar ekranu, lub przeanalizować obszar ekranu po klatkach za pomocą edytora video. Istnieje projekt naukowy szukania nowych cząstek, w którym wykorzystuje się kamerę jako detektor promieniowania, a dane są wysyłane do komputera zajmującego się obróbką danych za pomocą dedykowanego oprogramowania. Aplikację na Androida, w tym obsługę czujników i sterowanie, można zrealizować bardzo prosto, za pomocą aplikacji MIT App Inventor, uczelni, która opracowała Scratcha. Moim zdaniem korzystając z tego środowiska, aplikację na Androida jest w stanie stworzyć nawet osoba, która nigdy wcześniej nie zajmowała się programowaniem.*

Potem w kolejnym e-mailu Rafał napisał: (...) *Mały aktualizacja do zadania 307. (...)* ***Wykorzystanie kamery smartfona do analizy widma światła widzialnego*** *– umożliwia pomiar stężeń substancji (i nie tylko). Dzięki zastosowaniu kamery można wykonać pomiary w całym zakresie widzialnym. Światło białe przechodzi przez kolimator, a następnie przez siatkę dyfrakcyjną. Przykładowe pomiary (...) [na* ***fotografii 4****]. (...) [na górze] widać linię emisyjną sodu (wzbudzenie termiczne w świeczce). [Niżej], (...) widać widmo ciągłe światła słonecznego z liniami absorpcyjnymi helu i wodoru (hel został wykryty na Słońcu prędzej niż na Ziemi, właśnie z wykorzystaniem tej metody).*



Fot. 4

*[Na dole] w widmie (...) świetlówki widać, że generuje pasma emisyjne o różnych barwach (częstotliwościach).*

*Dodatkowe zastosowanie telefonu w roli licznika impulsów małej częstotliwości np. we współpracy z czujnikiem Geigera, który ma znacznie większą czułość niż kamera aparatu w wykrywaniu promieniowania gamma. Dodatkowo jeden ze starszych telefonów będzie sterował CNC, a stosowne oprogramowanie można znaleźć w Google Play.*

Fot. 5

Tak się przypadkiem złożyło, że zadanie główne 307 dosłownie połączyło się z zadaniem *Policz307*. Otóż **Henryk Wyziński** z Pyrzyc właśnie w rozwiązaniu zadania *Policz307* (za które otrzymuje tam nagrodę) napisał: *Witam, poprzedniej zimy zająłem się tematem uprawy sałaty jadalnej w domu. (...) Otrzymałem światło podobne do gotowych modułów LED grow, ale nie mając odpowiedniego sprzętu pomiarowego –- spektrofotometru – postanowiłem zbudować go samemu z siatki dyfrakcyjnej, kierując się instrukcją zamieszczoną na stronie instytutu Maxa Plancka: https://www.ipp.mpg.de/handyspektrometer. Powstała nakładka na smartfona pozwalająca nie tyle dokładnie zmierzyć, ale przynajmniej oszacować widmo światła. W załącznikach przedstawiam fragmenty mojej uprawy [****fotografia 5****: po lewej prolight, po prawej growLED] jak i zdjęcia spektrów dwóch opisanych (...) źródeł światła [LED], do tego jako porównanie światło zwykłej żarówki i świetlówki [****fotografia 6****]. Oczywiście spektrum powinno być dopasowane do gatunku roślin, do poszczególnych faz wzrostowych w tym kwitnięcia, ja zastosowałem duże uproszczenie.*

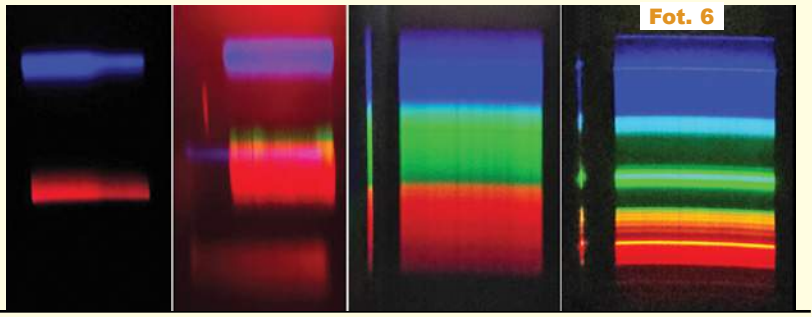
*PS. Sałata smakowała wyśmienicie. Pozdrawiam.*

Aktualne informacje o punktacji oraz rozdziale nagród, upominków i kuponów podane są w tabelkach. Znak zapytania oznacza, że ewentualna publikacja nastąpi dopiero po nadesłaniu ostatecznych materiałów. Osoby nagrodzone kuponami otrzymują z naszej redakcji stosowny e-mail z informacją i wskazówkami, a dopiero potem zamawiają w sklepie AVT (wrzucają do koszyka pod adresem ***www.sklep.avt.pl***) towary za przydzieloną sumę, a w uwagach piszą, że jest to kupon ze Szkoły Konstruktorów. Kupony za zadania z kolejnych miesięcy można sumować, by kupić sprzęt o większej wartości. Istnieje też możliwość dopłaty różnicy cen w przypadku zamówienia na sumę większą niż przydzielony kupon.

Ale ***uwaga: kupon ważny jest tylko 12 miesięcy – po tym terminie traci ważność i przepada***.

Serdecznie zapraszam do udziału w zadaniu głównym 312, a także w drugiej i trzeciej klasie naszej Szkoły Konstruktorów! Zachęcam uczestników, żeby praktyczne rozwiązania zadań Szkoły przygotowywali według Szablonu ze strony ***http://edw.elportal.pl/zostan-wspolautorem-elektroniki-dla--wszystkich/***

**Piotr Górecki**


Fot. 6

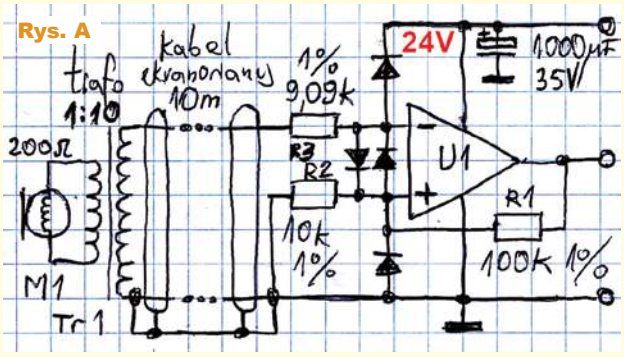


eprasa.pl 019970d2a6

Druga klasa Szkoły Konstruktorów

# Co tu nie gra? Zadanie 312

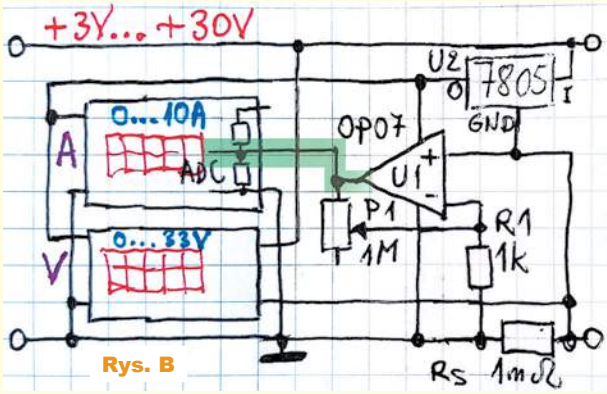
Na **rysunku A** przedstawiony jest schemat planowanego ultraniskoszumnego przedwzmacniacza do mikrofonu dynamicznego (z kostką AD797, LT1115, LT0128 lub LT1128).
Jak zwykle pytanie brzmi:
**Co tu nie gra?**
Nawet jeżeli w układzie jest kilka usterek, możesz zgłosić tylko jedną.




Odpowiedź oznacz **NieGra312** i nadeślij w terminie 60 dni od ukazania się tego numeru EdW. Od razu podaj też swój adres pocztowy, żebym nie musiał pytać, gdy przydzielę upominek. Możesz jeszcze przysłać rozwiązania zadania *NieGra* z poprzedniego miesiąca. Uczestnicy konkursu otrzymują upominki, a najaktywniejsi uczestnicy są co rok nagradzani bezpłatnymi prenumeratami EdW lub innego wybranego czasopisma AVT.

# Co tu nie gra? Rozwiązanie zadania 307

Na **rysunku B** pokazany jest zamieszczony w EdW 10/2021 schemat, a zadanie brzmiało następująco: *Nauczeni doświadczeniem z zadań NieGra 293 i 298 chcemy według* ***rysunku B*** *zrealizować przystawkę pomiarową z 1-miliomowym rezystorem do pomiaru prądu, wykorzystując precyzyjny wzmacniacz OP07 i mające po cztery wyprowadzenia dwa pięciocyfrowe moduły woltomierzy 0...33V, zawierające oddzielny przetwornik ADC. W obwodzie pomiaru prądu sygnał z wyjścia wzmacniacza U1 podany będzie wprost na wejście przetwornika ADC (jak pokazuje zielona podkładka) (...)* ***Co tu nie gra?***




Wcześniej w zadaniach 293 i 298 mieliśmy poważne błędy układowe. Teraz podstawowa koncepcja przystawki pomiarowej jest prawidłowa. Ale jak to zwykle bywa z zadaniami *NieGra*, także i w tym schemacie (przygotowanym przeze mnie specjalnie na potrzeby tego zadania) doszukaliście się mnóstwa błędów i niedoróbek.

I tak na przykład niektórzy uczestnicy słusznie zwrócili uwagę, że nie ma oznaczeń, która strona układu jest wejściem, a która wyjściem.

Są dwie możliwości. Gdyby wejście (zasilacz) było z prawej strony, a obciążenie z lewej, to na wejście nieodwracające U1 podawane byłoby napięcie ujemne względem masy. Z tego powodu odrzucamy tę możliwość i uznajemy, że wejście (zasilacz) jest z lewej strony, a obciążenie dołączane jest z prawej.

Druga niedoróbka, a wręcz błąd, to podany na górze rysunku zakres napięć zasilania, który rzekomo ma wynosić +3V...+30V. Jest to niemożliwe z kilku powodów.

Zacznijmy od dwóch modułów woltomierzy, które mają wbudowane stabilizatory LDO o napięciu 3,3V. Chińscy sprzedawcy często podają dla nich zakres napięć zasilania od 3,5V do 30V.

Dolna granica napięcia zasilania modułów 3,5V daje spadek napięcia na LDO (dropout voltage) o wartości 0,2V, co powinno zapewnić prawidłową pracę takiego stabilizatora. Jednak moduły woltomierzy nie powinny być zasilane napięciem sięgającym aż 30V z uwagi na wbudowane stabilizatory LDO o napięciu 3,3V. Generalnie większość stosowanych tam stabilizatorów według katalogu może pracować przy napięciu wejściowym 30V, ale wtedy na liniowym stabilizatorze wystąpi spadek napięcia prawie 27V, co przy prądzie pracy rzędu kilkunastu miliamperów doprowadzi do przegrzania maleńkiego stabilizatora SMD. Nie ulegnie on uszkodzeniu, ale woltomierz może pracować błędnie (o czym przekonał się już niejeden elektronik). Aby uniknąć ryzyka przegrzania, napięcie zasilania takich modułów powinno wynosić 3,5V...12V, najwyżej do 15V.

Zakres sensownych napięć zasilania 3,5V...15V dotyczy samych modułów woltomierzy. Na rysunku B mamy dodatkowo stabilizator 7805, dzięki któremu woltomierze zasilane są napięciem 5V. Ograniczenie napięcia zasilania modułów woltomierzy to bardzo dobry pomysł, ale nie za pomocą archaicznej kostki 7805!

Aby stabilizator 7805 poprawnie pracował, jego napięcie zasilania musi być wyższe od 5V o co najmniej 1V, zakładając, że jego prąd wyjściowy będzie mały (dla pewności należałoby przyjąć 1,5V...2). Przedstawione rozwiązanie z 7805 jest dopuszczalne, ale minimalne napięcie zasilania wynosić będzie 6...6,5V, natomiast maksymalne mogłoby sięgnąć 35V, bo tyle wytrzymają kostki 7805. Kilku Kolegów dostrzegło ten problem i zamiast 7805 zaproponowało użycie jakiegoś nowocześniejszego stabilizatora LDO o napięciu wyjściowym 3,5V do 5V.

Nie kończy to problemu stabilizatora. Jeden z uczestników napisał: *(...)*



eprasa.pl 019970d2a6

Rys. C

*Stabilizator zasilający moduły mierników ma masę podłączoną po przeciwnej stronie rezystora pomiarowego niż zasilane moduły.* ***Spowoduje to zawyżenie wyniku o prąd pobierany przez stabilizator****. Dodatkowo napięcie zasilania modułów będzie pływać w zależności od prądu pobieranego przez układ mierzony. W tym konkretny przypadku nie powinno to mieć jednak wielkiego wpływu na działanie układu ze względu na bardzo mały opór rezystora pomiarowego, a co za tym idzie – niewielkie odkładane napięcia (...)*

Kolejna kwestia to typ i zasilanie wzmacniacza operacyjnego U1. Oto fragment jednego z rozwiązań: *(...) błędem jest nieprawidłowa aplikacja wzmacniacza OP07. (...) wzmacniacz wymaga symetrycznego napięcia zasilającego o wartości min. ±3V. (...) mamy zasilanie +5V (7805), a więc zbyt niskie i asymetryczne. (...) drugi problem: OP07 nie jest wzmacniaczem typu rail to rail (...) Nie można więc łączyć wejść bezpośrednio z biegunem ujemnym (w tym przypadku z masą), gdyż na wyjściu wzmacniacza pojawi się jakieś napięcie stałe względem masy, zależne od konstrukcji wewnętrznej (sprawdziłem doświadczalnie – było 1,9V) (...)*

Dyskwalifikujący błąd to brak możliwości pracy OP07 przy zasilaniu napięciem pojedynczym. W omawianym przypadku nie jest konieczne stosowanie wzmacniacza *rail-to-rail* (RRIO). Wystarczy wzmacniacz *single supply* (SS), którego wejścia i wyjście mogą pracować na poziomie ujemnego napięcia zasilania (masy), ale nie mogą pracować „w pobliżu" dodatniej szyny zasilania – to nie jest wymagane. Nie jest, bo maksymalny spadek napięcia na 1-miliomowym boczniku $R_S$ będzie rzędu kilku, kilkunastu, najwyżej kilkudziesięciu miliwoltów. Trudniej oszacować, jakie ma być maksymalne napięcie na wyjściu wzmacniacza U1.

Na pewno nie 5V! I na pewno nie więcej niż 3,3V. Tak, co najwyżej 3,3V, ponieważ moduł woltomierza zasilany jest ze stabilizatora LDO napięciem 3,3V. Bierzemy pod uwagę, że niewykorzystany pozostaje wbudowany na wejściu woltomierza dzielnik rezystorowy, który normalnie pozwala mierzyć napięcia 0...33V. Napięcie z wyjścia wzmacniacza U1 podawane jest teraz bezpośrednio na wejście przetwornika ADC, który zapewne zasilany jest napięciem 3,3V, a więc nie może pracować przy napięciu wejściowym wyższym niż te 3,3V.

Mamy pewność, że na wejściu przetwornika ADC nie trzeba napięć wyższych niż 3,3V, a „zwykłe" wyjście wzmacniacza operacyjnego zasilanego napięciem 5V z powodzeniem zapewni te 3,3V.

Jeżeli w przystawce zastosowane mają być moduły pięciocyfrowe, zawierające przetwornik ADC typu MCP3421, to maksymalne napięcie na wejściu wyniesie tylko 2,048V, bowiem takie jest napięcie referencyjne togo przetwornika – wtedy wzmacniacz U1 mógłby zapewne być zasilany napięciem nie 5V, tylko 3,3V – na przykład z wbudowanego w moduł stabilizatora.

Praktycznym problemem, choć nie błędem, jest kwestia wielkości napięcia niezrównoważenia i jego dryftu cieplnego. Jeden ze stałych uczestników naszych konkurów napisał: *(...) OP07 (...) ma co prawda mały offset, ale nie spełnia warunku pracy przy napięciu bliskim masy. Proponuję zastosować WO OPA192. Jest WO typu rail-to-rail, a offset ma wartość 5uV przy dryfcie temperaturowym napięcia offsetu 0,2uV/°C.*

Wzmacniacz OP07 był rewelacją kilkadziesiąt lat temu. Dziś jest przestarzały i nie warto go stosować (w porównywalnych cenach można kupić dużo lepszy OP177, też wymagający podwójnego zasilania).

W takiej przystawce warto zastosować wzmacniacz o zerowym dryfcie (z przetwarzaniem lub autozerowaniem). Tylko takie wzmacniacze zapewnią optymalne parametry przystawki. Ale ich nie zagwarantują. W grę wchodzi bowiem także kwestia rezystorów. Jeden z uczestników zwrócił uwagę na kolejny problem z rysunkiem B: *(...) W obwodzie sprzężenia zwrotnego wzmacniacza OP07 zastosowano potencjometr, zapewne po to, aby dokładnie wyskalować wskazania (...) Niestety, potencjometry nie mają dobrej stabilności ze względu na upływ czasu, zmiany temperatury, wilgotności, drgania. Kilka datasheetów znalezionych szybko w Internecie wskazuje na zmiany w granicach 2–15% i to dla potencjometrów precyzyjnych! Lepiej będzie w tym miejscu dać potencjometr połączony (...) z rezystorem albo dwa–trzy rezystory połączone szeregowo. Tolerancja całości będzie bardzo zbliżona do tolerancji najgorszego z nich (...).*

Inny stały uczestnik napisał: *(...) Potencjometr montażowy P1 o wartości 1MΩ jest zdecydowanie za duży. Przy maksymalnym ustawieniu na 1MΩ i prądzie 10A teoretycznie osiągamy 10V na wyjściu WO. Mamy zasilanie 5V i tyle maksymalnie możemy uzyskać na wyjściu WO (...) Również dla przetwornika ADC takie napięcie jest nie do przyjęcia. (...) Wymuszając przepływ prądu np. 1A, należy tak ustawić P1, aby uzyskać wskazanie 1. Tak samo kalibrację można przeprowadzić dla innych znanych wartości prądu (...)*

Jeden z uczestników zaproponował zamiast 7805 wykorzystać impulsowy Step-Up/Step-Down S18V20F5 o napięciu wejściowym od 2,9V do 32V (**rysunek C**). Pomysł sprytny, tylko trzeba byłoby sprawdzić, czy impulsowy zasilacz nie będzie niekorzystnie wpływał na precyzyjne woltomierze pięciocyfrowe.

Dwóch Kolegów zwróciło uwagę, że nie jest potrzebny „dolny" rezystor w dzielniku napięcia w module mierzącym prąd. Istotnie, nie jest potrzebny, ale raczej nie będzie przeszkadzał, bo jego wartość to ponad 10kΩ, a więc obciąży wyjście U1 w znikomym stopniu, a nawet jego obecność może być pożyteczna, bo będzie ściągał wyjście U1 do masy przy pomiarze najniższych prądów.

Wszystkie nadesłane rozwiązania były prawidłowe – w każdym był wskazany co najmniej jeden rzeczywisty błąd. Tym razem nagrody-upominki za zadanie ***NieGra307*** otrzymują:

**Łukasz Fortuna** – Wołowa,
**Andrzej K.** – Gdańsk,
**Tomasz Sukiennik** – Kraków.

Wszystkich uczestników dopisuję do listy kandydatów na bezpłatne prenumeraty.

**Piotr Górecki**



eprasa.pl 019970d2a6

Trzecia klasa Szkoły Konstruktorów

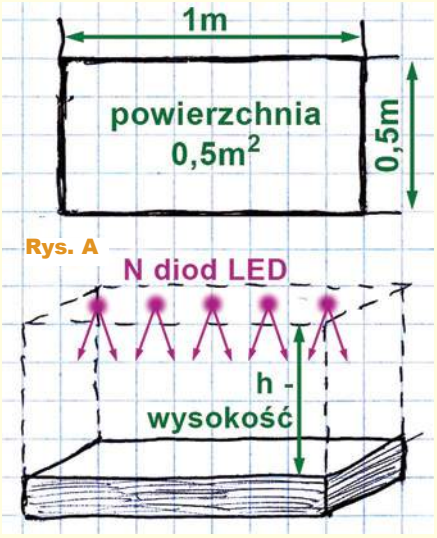
# Policz – zadanie 312

Zadanie 312 jest kontynuacją zadania 307, które pokazało, że koszt sztucznego (d)oświetlenia sporej szklarni byłby nieakceptowalnie duży. Załóżmy jednak, że wczesną wiosną chcemy doświetlać małe sadzonki po wykiełkowaniu, tylko do czasu ich przesadzenia do gruntu. W mieszkaniu chcemy zrealizować niedużą grządkę o rozmiarach jak na **rysunku A**. Okna kamienicy wychodzą na północ, a podwórko jest „studnią", więc nie możemy liczyć na słońce, a jedynie na lampy LED.

W rozwiązaniu zadania *Policz307* znajdują się liczne wskazówki. W ramach zadania ***Policz312*** należy:

**– zaproponować rodzaj (typ) diod LED oraz ich liczbę, moc i geometryczne rozmieszczenie nad grządką**.

Zapraszam do udziału zarówno elektroników doświadczonych, jak i początkujących, którzy jeszcze nie potrafią przeanalizować wszystkich subtelności zagadnienia. Z uwagi na specyfikę zadania proszę o podawanie swojego wieku oraz miejsca nauki czy pracy.



Rys. A

Odpowiedź nadeślij w terminie 60 dni od ukazania się tego numeru EdW. Tytuł e-maila powinien zawierać nazwę konkursu i numer zadania oraz Twoje nazwisko (**Policz312_Nazwisko**). ***Jeżeli chcesz uczestniczyć w podziale upominków, w e-mailu podaj od razu swój adres pocztowy***. Możesz też jeszcze przysłać rozwiązanie zadania *Policz* z poprzedniego miesiąca.

# Policz – rozwiązanie zadania 307

W EdW 10/2021 przedstawione było zadanie ***Policz307***, które brzmiało: *Na znanym chińskim portalu handlowym jest mnóstwo diod i oświetlaczy LED „full spectrum", przeznaczonych do uprawy roślin. Do wyboru są lampy o różnej konstrukcji, barwie światła, mocy i cenie. Niektóre są malutkie, tanie, mają małą moc, a informacje i wskazówki podawane przez ich sprzedawców wyglądają na mocno podejrzane, więc nasuwa się wątpliwość, czy aby nie są to bezwartościowe gadżety, które będą zupełnie nieskuteczne, a ich zakup będzie wyłącznie stratą pieniędzy. Inne są droższe, ale są większe i mają znaczną moc. Z wyglądu budzą zaufanie, ale czy ich cena i późniejsze koszty użytkowania okażą się akceptowalne? (...) obok domu zmontowaliśmy poliwęglanową szklarnię o powierzchni 24m² (3 × 8m – **fotografia B**), w której będziemy mieć różne warzywa (ale w żadnym przypadku niezgodne z prawem „zioła"). Szklarnia będzie wykorzystywała światło słoneczne, ale my jako elektronicy zastanawiamy się nad sensem zastosowania w niej także sztucznego oświetlenia „full spectrum" jako doświetlenia dla planowanych tam roślin w okresach niepogody, a ewentualnie także na początku i na końcu sezonu. Mamy tam doprowadzoną linię 230V, a podstawowe pytanie brzmi: czy to ma sens? W ramach zadania Policz307 należy:*

Fot. B

***– przede wszystkim poszukać w Internecie lub innych źródłach informacji o potrzebnej roślinom ilości światła,***

***– przyjmując sprawność energetyczną diod LED w granicach 15...30%, oszacować moc elektryczną, potrzebną na oświetlenie każdego 1 metra kwadratowego uprawy,***

***– określić sens ekonomiczny zakupu i użytkowania systemu sztucznego oświetlenia (doświetlania) szklarni***.

Zadanie było w sumie bardzo trudne dla osób, które do tej pory nie zajmowały się tego rodzaju zagadnieniami. Tym bardziej byłem zdziwiony, że nadeszło sporo rozwiązań, w tym kilka obszernych i wyczerpujących.

| Wartość strumienia świetlnego dla tradycyjnych żarówek | |
|---|---|
| Moc Żarówki w Watach (W) | Strumień świetlny w Lumenach (lm.) |
| 15 (W) | 136 (lm) |
| 25 (W) | 249 (lm) |
| 40 (W) | 470 (lm) |
| 60 (W) | 806 (lm) |
| 75 (W) | 1055 (lm) |
| 100 (W) | 1521 (lm) |
| 150 (W) | 2452 (lm) |
| 200 (W) | 3452 (lm) |

Jeden ze stałych uczestników napisał: *Witam, Uprawa konopi wymaga oświetlenia 50 tys. lumenów na jej 1m² uprawy. Znalazłem* ***tabelę*** *zależności mocy i ich strumienia świetlnego dla żarówek LED o różnej mocy. Biorąc pod uwagę największą żarówkę 200W, do uzyskania strumienia 50000lm potrzeba 15 żarówek, tzn. 14 żarówek 200W i jednej 100W. Wszystkie żarówki pobiorą 2,9kW. Plantacja o powierzchni 24m² wymaga mocy 69,6kW. Jest to moc małej elektrowni, czyli sens ekonomiczny takiej uprawy jest bardzo słaby. Pozdrawiam*

Co prawda akurat konopie wymagają więcej światła niż inne uprawy, jednak nawet przy kilkakrotnym zmniejszeniu natężenia światła wykorzystanie tradycyjnych żarówek jest absolutnie bez sensu.



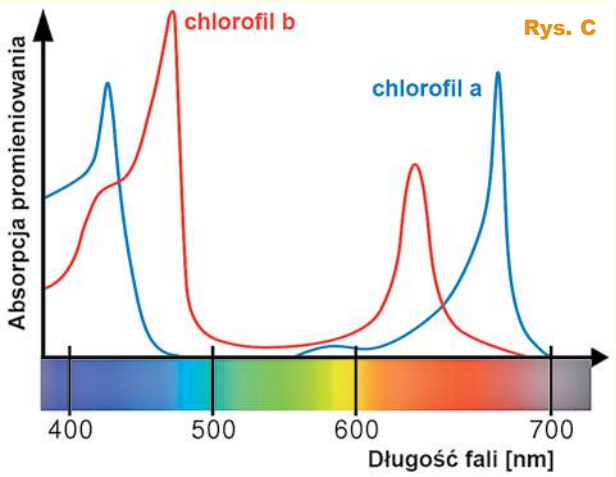
eprasa.pl 019970d2a6

Zadanie było trudne. Trudno bowiem znaleźć wiarygodne informacje na temat poszczególnych roślin. Dużo informacji i wskazówek jest tylko na temat uprawy konopi, ale taki proceder może znaleźć finał w więzieniu.
W telegraficznym skrócie sytuację można streścić tak: światło słoneczne jest bardzo silne, w bezchmurne dni natężenie wynosi do 100 tysięcy luksów, czyli lumenów na metr kwadratowy (lm/m$^2$). Natomiast ***w naszych domach za silne oświetlenie uważamy natężenie 300...1000 luksów, a to zdecydowanie za mało dla roślin***. Najprościej biorąc, należałoby zapewnić roślinom oświetlenie rzędu 20...50 tysięcy luksów (lm/m$^2$), czyli kilkadziesiąt razy silniejsze niż w naszych domach. I oczywiście pobierające kilkadziesiąt razy więcej mocy niż system oświetlenia domowego. Już to wskazuje, że koszty mogą być nieakceptowalnie wysokie, jeśli powierzchnia upraw miałaby być znaczna lub duża.

W rzeczywistości sprawa jest dużo bardziej skomplikowana i w obliczeniach nie powinniśmy używać lumenów i luksów (lm/m$^2$), które są jednostkami z dziedziny *fotometrii*, a nie *radiometrii*. *Radiometria* to dziedzina fizyki, zajmująca się pomiarami energii różnych rodzajów promieniowania, w tym promieniowania widzialnego. Natomiast *fotometria* zajmuje się tylko promieniowaniem widzialnym, światłem, ale *mierzy wrażenia wzrokowe oka ludzkiego*. Można powiedzieć, że *radiometria* dotyczy pomiarów obiektywnych, bezwzględnych, natomiast *fotometria* dotyczy pomiarów subiektywnych, uwzględniających charakterystykę spektralną ludzkiego zmysłu wzroku. I tak lumen określa całkowitą ilość światła wytwarzanego przez źródło światła, ale z uwzględnieniem czułości spektralnej ludzkiego oka. Fotometria nie dotyczy więc roślin. Zasadniczo powinniśmy wykorzystać radiometrię, ale najpierw powinniśmy zapytać, jaką charakterystykę czułości na promieniowanie mają rośliny?

Otóż rośliny wykorzystują światło słoneczne. Ogólnie biorąc, zakres promieniowania widzialnego to 400...700nm. I ten zakres nazywany jest PAR (Photosynthesis Active Radiation), czyli promieniowanie fotosyntetycznie czynne. PAR to nie jest żadna jednostka ani parametr, tylko po prostu określenie zakresu częstotliwości czy długości fal światła użytecznego dla roślin. Tylko użytecznego zakresu, bez żadnego uwzględnienia „charakterystyki czułości roślin", do którego to wątku wrócimy.

A przecież rośliny, analogicznie jak ludzkie oko, mają jakąś „charakterystykę czułości". Naprowadza nas na to już kolor liści. Zielony kolor nadaje im chlorofil, który właśnie pod wpływem światła z wody i dwutlenku węgla produkuje węglowodany – cukry. Chlorofil ma kolor zielony, więc odbija światło zielone, a nie odbija światła innych barw. Już to wskazuje, że chlorofil nie wykorzystuje światła zielonego, bo je odbija. Oświetlanie roślin światłem zielonym byłoby bezsensownym marnowaniem energii! A przypomnijmy, że oko ludzkie ma największą czułość właśnie dla koloru zielonego, czyli odwrotnie niż rośliny. Natomiast chlorofil, a właściwie różne chlorofile mają zupełnie inną charakterystykę czułości. **Rysunek C** pokazuje charakterystyki czułości chlorofilów. Widać wyraźnie, że maksima czułości ma on dla światła niebieskiego i czerwonego. Właśnie dlatego „lampy roślinne LED", często nazywane *grow LED*, zawierają diody niebieskie i czerwone. Okazuje się jednak, że badane w warunkach laboratoryjnych krzywe jak na rysunku C nie mówią wszystkiego o potrzebach roślin w kwestii optymalnego oświetlenia. W każdym razie dziś w uprawach roślin stosuje się raczej lampy zwane ogólnie *full spectrum*, dające nie tylko światło niebieskie i czerwone. Określenie *full spectrum* jest nieprecyzyjne i może wprowadzać w błąd. To kolejny bardzo szeroki, słabo zbadany temat.




Jakkolwiek by było, lumeny i luksy naprawdę nie nadają się do pomiarów światła dla roślin. W radiometrii odpowiednikiem lumena jest wat, a odpowiednikiem luksa jest wat na metr kwadratowy. W radiometrii energię wyrażamy z watosekundach, czyli dżulach, a w fotometrii – w lumenosekundach (lm*s).

Niestety, w przypadku światła dla roślin nie używamy znanych nam watów. Jednostką energii nie jest watosekunda (dżul), tylko... mol. W kwestiach związanych ze światłem dla roślin 1 mol oznacza energię, jaką ma 602214150000000000000000 (liczba Avogadra) fotonów promieniowania z zakresu PAR. 1 mol to dość duża liczba i energia, a przy określaniu źródeł światła dla roślin wykorzystywane są milionowe części mola, czyli mikromole. 1 mikromol (1umol = µmol) to ***energia***, jaką ma 602214150 miliardów fotonów o długości fali z zakresu PAR. Mole i mikromole to odpowiedniki watosekund (dżuli) w radiometrii i lumenosekund w fotometrii.

Do realnych obliczeń potrzebna jest moc: jednostką mocy „roślinnego" promieniowania PAR nie jest wat, tylko mikromol na sekundę (umol/s). Ta moc promieniowania, odpowiednik lumenów, oznaczana jest **PPF** (Photosynthetic Photon Flux) – ***strumień fotonów fotosyntetycznych***.

Przypomnijmy też, że w radiometrii jednostką natężenia promieniowania jest wat na metr kwadratowy (W/m$^2$), a w fotometrii luks, czyli lumen na metr kwadratowy. W uprawie roślin w zakresie PAR nie mówimy o natężeniu oświetlenia, tylko o **PPFD** (Photosynthetic Photon Flux Density) – o ***gęstości strumienia fotonów fotosyntetycznych***. Gęstość strumienia fotonów fotosyntetycznych PPFD wyraża się w mikromolach na sekundę na metr kwadratowy, co można zapisać (umol/s) / m$^2$ albo umol m$^{-2}$ s$^{-1}$, (µmol m$^{-2}$ s$^{-1}$), ale bardzo często zapisywane jest jako umol/m$^2$/s lub umol/s/m$^2$, a nawet umol/m2/s lub umol/s/m2. Jest to „roślinny" odpowiednik luksa.



eprasa.pl 019970d2a6

Teraz jeszcze odpowiednik sprawności i skuteczności, który moglibyśmy nazwać wydajnością. Analogicznie jak w radiometrii i fotometrii, gdzie mamy odpowiednio waty na wat (procenty) i lumeny na wat, tak w przypadku roślin mamy mikromole na sekundę wytworzonego promieniowania PAR na wat dostarczonej mocy elektrycznej. Tyle o sprawności.

Jeżeli kupujemy żarówkę do oświetlenia mieszkania, interesuje nas, jaki ona wytwarza strumień świetlny w lumenach i jaką ma skuteczność (sprawność) w lumenach na wat. Analogicznie gdy kupujemy lampę dla roślin, interesuje nas, jaki wytworzy strumień fotonów fotosyntetycznych PPF (Photosynthetic Photon Flux), wyrażony w mikromolach na sekundę (umol/s).

Ale to nie wszystko. System sztucznego oświetlenia roślin nie powinien pracować ciągle, tylko w rytmie dobowym. Czas naświetlania/doświetlania roślin może wynosić od kilku do 18 godzin na dobę. Dla roślin istotne jest nie tylko natężenie promieniowania PAR, czyli PPFD, ale też całkowita ilość promieniowania w ciągu doby. Jest to bardzo ważny parametr oznaczany **DLI** (ang. Daily Light Integral) – określający ***całkowitą ilość światła docierającego do rośliny w ciągu doby***, wyrażający liczbę moli promieniowania PAR na metr kwadratowy na dobę (mol/m$^2$/dobę).

W naszych szerokościach geograficznych rosnące na wolnym powietrzu rośliny otrzymują latem dawkę DLI rzędu 40...60mol/m$^2$/dobę. Natomiast w szklarni światło słoneczne jest osłabione o 15...50%. Planując system światła sztucznego w szklarni, trzeba zacząć od znalezienia w literaturze, jaka dawka DLI jest potrzebna dla danej rośliny. W Internecie można znaleźć stosowne tabele. Zazwyczaj jest to 10...40 moli/m$^2$/dobę.

Mając wartość DLI i przyjmując dobowy czas pracy lamp (5...18h), można wyliczyć potrzebną wartość natężenia PPFD.

Następnie znając wymaganą wartość PPFD w (umol/s) / m$^2$ i znając powierzchnię uprawy (m$^2$), można obliczyć potrzebną moc „roślinnego" promieniowania PAR, czyli PPF w mikromolach na sekundę (umol/s). To pozwoli dobrać konkretne lampy „roślinne", dla których producent określa wartość PPF.

Zapewne producent oprócz wartości PPF danej lampy poda też, jaką moc elektryczną ona pobiera. Znając moc i liczbę lamp, obliczymy pobór mocy w watach. Wcześniej przyjęliśmy jakiś określony czas naświetlania w godzinach, więc obliczymy dzienne zużycie energii w (kilo)watogodzinach, a tym samym możemy obliczyć dzienny koszt zużytej energii.

Przedstawiona tu procedura obliczeniowa pokazuje najważniejsze kroki, jednak w praktyce pod uwagę trzeba wziąć też szereg innych czynników, jak choćby równomierność oświetlenia roślin przez lampy.

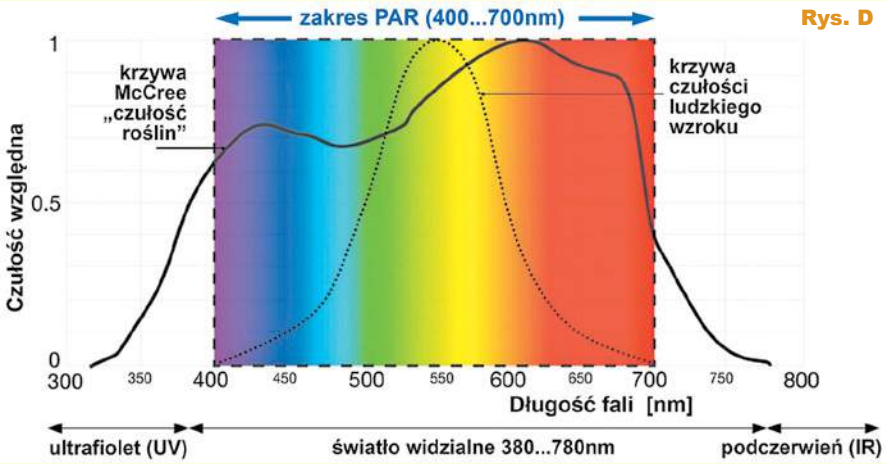
W praktyce problem też w tym, że dla wielu lamp nie podaje się wartości PPF w mikromolach na sekundę, tylko strumień w lumenach. Nie ma uniwersalnego sposobu przeliczenia lumenów na umol/s, ponieważ wynik silnie zależy od spektrum światła danej lampy. W Internecie można znaleźć kalkulatory on-line, które pozwalają przeliczyć lumeny na umol/s, ale tylko dla konkretnych źródeł światła, o określonych charakterystykach widmowych.

Przedstawione rozważania pokazują, jak dziś najczęściej dobiera się systemy oświetlenia sztucznego upraw. Trzeba jednak podkreślić, że są to sposoby uproszczone. Otóż parametry PPF, PPFD, DLI określane są dla zakresu promieniowania PAR (zwykle 400...700nm), bez uwzględnienia charakterystyki czułości roślin na poszczególne składniki widma. A charakterystyka taka, czy raczej tego rodzaju charakterystyki dla poszczególnych roślin, wcale nie sa takie, jak pokazana na rysunku D charakterystyka czułości na promieniowanie samego chlorofilu. Mając charakterystyki czułości poszczególnych roślin, moglibyśmy zoptymalizować zawartość spektralną przeznaczonych dla nich lamp – jest to bardzo proste w przypadku wykorzystania diod LED, ponieważ do dyspozycji mamy diody LED o dowolnych długościach fal, od podczerwieni do ultrafioletu przez wszystkie odcienie światła widzialnego.

Tylko skąd wziąć potrzebne do obliczeń krzywe czułości roślin?

Niestety, to jest największy problem. Problem wręcz nie do rozwiązania. Jak na razie, najwięcej mówi się o starych krzywych, opracowanych na początku lat 70. przez uczonego nazwiskiem McCree (nic wspólnego ze znaną firmą Cree, produkującą wysokiej jakości diody LED). **Rysunek D** pokazuje krzywą ważącą McCree w zestawieniu z „liniowym" zakresem PAR i niezbyt dokładnie zaznaczoną charakterystyką czułości ludzkiego oka. Na krzywej McCree też widzimy dwa maksima, odpowiadające barwie niebieskiej i czerwonej, ale wygląda na to, że roślinom potrzebne jest też światło o innych barwach. Mamy tu argument, że dla roślin potrzebne jest jednak światło typu *full spectrum*, tylko mające to spektrum odpowiednio ukształtowane. Tu warto dodać, że charakterystyka promieniowania większości białych diod LED, stosowanych do oświetlenia, poważnie odbiega od charakterystyki McCree. Dla roślin optymalne jest światło o innym składzie spektralnym.

Dziś wyniki tych starych badań są nie tyle kwestionowane, co lekceważone z kilku poważnych powodów. Znane są wprawdzie wyniki innych badań, które zawierają inne krzywe czułości. Inne, ale ogólnie biorąc, dość podobne do krzywej, a raczej zestawu krzywych McCree. Tego rodzaju






eprasa.pl 019970d2a6

badania czułości roślin są kłopotliwe i niepewne, więc jak na razie nie ma dobrych, powszechnie uznawanych krzywych ważących dla poszczególnych gatunków. Nadal najwięcej mówi się o starych krzywych McCree.

W każdym razie, jeżeli zamiast prostego, „liniowego" wycinka PAR uwzględnimy jakąś krzywą ważącą, na przykład właśnie krzywą McCree, to zamiast parametrów PPF i PPFD, powinniśmy wykorzystać odpowiednio skorygowane analogiczne parametry, nazywane YPF, YPFD (Yield Photon Flux, Yield Photon Flux Density). Jednak różnice między PPF/YPF oraz PPFD/YPFD nie są duże i w przypadku hobbystów takie komplikowanie zagadnienia nie ma żadnego sensu.

Wracając do zadania *Policz307,* trzeba stwierdzić, że określenie mocy elektrycznej lamp LED, potrzebnych na każdy metr kwadratowy uprawy, okazało się zadaniem zbyt trudnym. Aby to określić, należałoby zacząć od wartości DLI, następnie przyjąć jakiś czas dobowego doświetlania, by określić PPFD, a następnie PPF, czyli wielkość strumienia fotonów fotosyntetycznych – odpowiednik strumienia świetlnego w lumenach. Potrzebną wartość PPF można wyliczyć stosunkowo łatwo. Niestety, wartość PPF podawana jest tylko dla nielicznych lamp „roślinnych". Chcąc wykorzystać inne lampy (diody LED), należałoby przejść z PPF na strumień świetlny wyrażony w lumenach, a to jest trudne ze względu na to, że lumen uwzględnia czułość ludzkiego oka, a nie współczynnik absorpcji światła przez rośliny. Dopiero po obliczeniu strumienia świetlnego w lumenach można byłoby oszacować zapotrzebowanie na moc elektryczną.

Jak widać, takie operacje są dość kłopotliwe i łatwo się w nich pogubić. Na szczęście, w praktyce dużą pomocą są tabele, a zwłaszcza kalkulatory on-line, pozwalające przeliczać lumeny PPF lub na odwrót (ewentualnie luksy i PPFD), dla rozmaitych źródeł światła o odmiennych charakterystykach widmowych. Kalkulatorów on-line jest wiele, ale niestety część z nich uwzględnia tylko stare odmiany źródeł światła, a nie uwzględnia różnych odmian diod LED. Mało przydatne są z reguły „kalkulatory DLI".

Oto niektóre użyteczne strony, także ze „świetlnymi" kalkulatorami:

www.waveformlighting.com/horticulture/convert-lumens-to-ppf-online-calculator
https://naturaeplena.com/en/calcolatrice-converti-ppf-in-lumen/
https://www.apogeeinstruments.com/conversion-ppfd-to-lux/
https://cre.science/pl/wiedziec/oswietlenie-roslin-w-liczbach/
https://docs.agi32.com/AGi32/Content/adding_calculation_points/PPFD_Concepts.htm
http://www.egc.com/useful_info_lighting.php
https://spacebuckets.com/docs/lux-ppfd-conversion
https://scynceled.com/dli-calculator/
https://www.growtent.eu/Lumen-light-PAR-calculator-Growbox-calculator-cabout-eng-62.html.

Ogólnie biorąc, uczestnicy zadania ***Policz307*** doszli do wniosku, że koszty sztucznego oświetlenia, a nawet tylko okresowego doświetlania szklarni o powierzchni 24m$^2$ okażą się bardzo wysokie, nieakceptowalne w przypadku warzyw, jakie zwykle uprawiamy w ogródkach. Na koszty te złożą się: zakup sprzętu, jego montaż oraz koszty zużywanej potem energii.

Niektórzy uczestnicy słusznie stwierdzili, że nie warto doświetlać typowych dużych upraw, a sens mają jedynie małe systemy sztucznego oświetlenia, pojedynczych roślin egzotycznych oraz siewek na początku wiosny, przy czym doświetlane siewki powinny być umieszczane na parapecie okna południowego, żeby też korzystały z wiosennego słońca. Warto zadbać o zapewnienie dawki DLI mniej więcej 10mol/m$^2$/dobę. Tu zresztą praktyczne doświadczenia mogą nie zgadzać się z wyliczeniami, a dla wielu praktyków wskaźnikiem sensu stosowania sztucznego doświetlenia siewek na parapecie jest to, czy kierują one swoje łodyżki i listki do okna, czyli słońca, czy raczej do lamp doświetlających. Jeżeli do lamp doświetlających, to dobrze. Jeżeli nie - lampy są za słabe.

Na koniec chciałbym zacytować fragmenty dwóch rozwiązań.

Oto pierwsze: *Witam, poprzedniej zimy zająłem się tematem uprawy sałat jadalnych w domu. Głównym problemem do rozwiązania było oświetlenie – miało być energooszczędne i skuteczne. Po obszernym studiowaniu dostępnych źródeł doszedłem do wniosku, że potrzeba głównie składowej niebieskiej i czerwonej, a do tego jakąś ilość składowej bliskiej podczerwoni. Wypróbowane zostały moduły LED Grow nieznanego producenta zakupione na zagranicznym portalu aukcyjnym, jak i diody LED firmy ProLight Opto dostępne w TME.*
*Gotowe moduły świeciły światłem różowym, z LED-ów firmy ProLight wytypowane zostały:*
*– Royal Blue (niebieski) 448–458nm*
*– Crimson (czerwony) 650–670nm*
*– Cherry red (podczerwień) 720–740nm*
*Przyjąłem następujące proporcje (niebieski 8 : czerwony 4 : podczerwień 1).*
*(...) Oczywiście spektrum powinno być dopasowane do gatunku roślin, do poszczególnych faz wzrostowych w tym kwitnięcia, ja zastosowałem duże uproszczenie. Uważam, że oświetlanie roślin pełnym spektrum jest pozbawione sensu ekonomicznego. Mam nadzieje, że mojej doświadczenia komuś pomogą. (...) Sałata smakowała wyśmienicie.*

A oto treść drugiego e-maila: *(...) Rozwiązanie tego zadania znajduje się w załączniku ze względu na swoją objętość (...) Ponieważ byłem absolutnym laikiem w tym zagadnieniu, postanowiłem to wszystko sobie uporządkować. Duża ilość informacji, jaką można znaleźć w Internecie, z jednej strony przytłacza, a z drugiej jednocześnie nie tłumaczy zagadnienia od podstaw. Postanowiłem rozpracować to małymi kroczkami przy jednoczesnym spisywaniu zaczerpniętej wiedzy na użytek zadania. Inaczej sam bym poległ, gdyż te fruwające mole (ale nie te z szafy) przyprawiły mnie o zawrót głowy (moje pierwsze odczucie było takie, że tym razem dam sobie spokój z tym zadaniem). Zajęło mi to trochę czasu (...) Co z tego wyszło i jak mi się to udało, pozostawiam do oceny (...) Pozdrawiam*

Wspomniane rozwiązanie w postaci kilkunastostronicowego pliku PDF jest dostępne w Elportalu wśród materiałów dodatkowych do tego numeru EdW (*Policz307.pdf* 1,43MB).

Nagrody-upominki za zadanie ***Policz307*** otrzymują:
**Tadeusz Susfał** – Warszawa,
**Henryk Wyziński** – Pyrzyce,
**Jarosław Dąbrowski** – Brzeziny.
Wszystkich uczestników dopisuję do listy kandydatów na bezpłatne prenumeraty.

**Piotr Górecki**



eprasa.pl 019970d2a6

# Ładowarka podtrzymująca do akumulatora 12V

kit 3300 AVT

**Akumulatory kwasowe z czasem tracą zgromadzoną w nich energię. Boleśnie odczuwają to użytkownicy starszych samochodów, które po kilku dniach nie chcą „zapalić". Opisywany układ pozwala na bieżąco doładowywać akumulator.**

## Do czego to służy?

Zadaniem tego układu jest ciągłe doładowywanie akumulatora kwasowego o nominalnym napięciu 12V. Użytkownik może płynnie ustawić końcowe napięcie ładowania oraz wybrać maksymalne natężenie prądu ładowania: 50mA, 150mA, 300mA lub 400mA. Prosty obwód elektroniczny będzie na bieżąco kontrolował napięcie na zaciskach nadzorowanego magazynu energii i w razie potrzeby doładuje go. Może też pełnić funkcję tak zwanego zasilacza buforowego. Po wyłączeniu zasilania niniejszej ładowarki będzie ona obciążała akumulator w marginalnym stopniu.

Energia trafiająca do akumulatora pochodzi z sieci 230V. Odpowiedni transformator został osadzony na niewielkiej płytce drukowanej układu, zatem cała konstrukcja jest zwarta i kompaktowa. Może służyć doładowywaniu akumulatora samochodowego w czasie mrozów, aby zmniejszyć jego rezystancję wewnętrzną, lub gdy akumulator zbyt szybko się rozładowuje.

## Jak to działa?

Schemat układu można zobaczyć na **rysunku 1**. Zasilanie dla niego (230V 50Hz) jest doprowadzone do zacisków złącza J1. Do obniżenia napięcia oraz zapewnienia izolacji galwanicznej służy transformator sieciowy TR1. Bezpiecznik topikowy F1 ma odłączyć zasilanie w razie wystąpienia awarii w układzie, na przykład przy przebiciu międzyzwojowym transformatora, aby nie doszło do eskalacji zniszczeń.

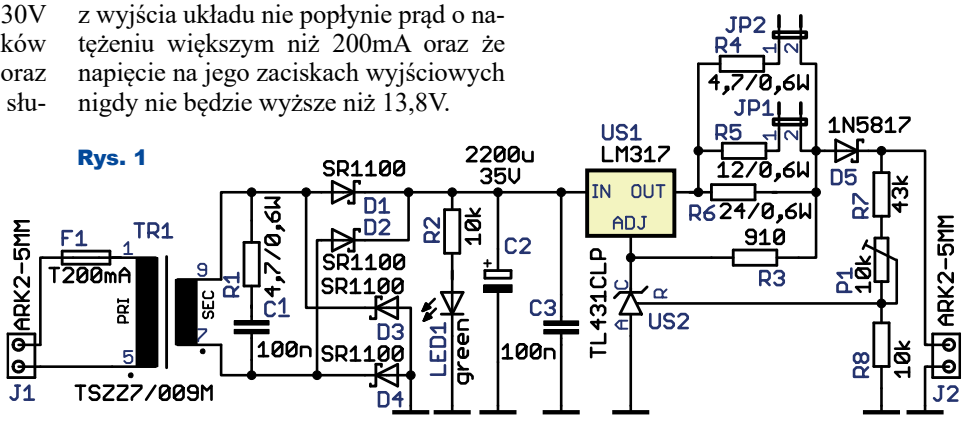
Po stronie wtórnej transformatora możemy wyróżnić mostek prostowniczy złożony z diod Schottky'ego D1...D4. Mają mniejszy spadek napięcia w kierunku przewodzenia niż diody krzemowe i gotowe mostki prostownicze. Za tłumienie zakłóceń o wysokiej częstotliwości, które mogłyby przedostawać się przez transformator do układu, służy gasik RC złożony z rezystora R1 i kondensatora C1. Dioda LED1 informuje o włączeniu zasilania, a rezystor R2 ogranicza jej prąd do niewielkiej wartości około 2mA. Kondensator C2 wygładza tętnienia wyprostowanego napięcia.

Ładowanie akumulatora kwasowego najprościej jest realizować w trybie stały prąd / stałe napięcie, co opisywane jest skrótem CC/CV (ang. *constant current / constant voltage*). Układ najpierw ogranicza natężenie prądu ładowania do ustalonego maksimum, a potem, w miarę wzrastania poziomu naładowania, dąży do utrzymania stałego napięcia akumulatora. Taki układ ma zatem dwie regulacje: maksymalnego prądu i maksymalnego napięcia. Ustawiając te wartości na poziomie, przykładowo, 200mA i 13,8V, będziemy mieli gwarancję, że z wyjścia układu nie popłynie prąd o natężeniu większym niż 200mA oraz że napięcie na jego zaciskach wyjściowych nigdy nie będzie wyższe niż 13,8V.

Do utrzymania prądu na zadanym poziomie służy prosty układ źródła prądowego zbudowany na układzie US1, którym jest poczciwy LM317. Rezystory R4...R6 ustalają maksymalne natężenie prądu, przy czym na stałe włączony jest tylko R6. Został tak dobrany, że natężenie prądu wyjściowego powinno wynosić około 50mA (dokładniej: 1,25V / 24Ω ≈ 52mA). R5 można dołączyć do niego równolegle, nakładając zworkę na wyprowadzenia JP1, przez co prąd wyjściowy wzrośnie o około 100mA (dokładniej: 1,25V / 12Ω ≈ 104mA). Analogiczna jest rola R4, który można dołączyć zworką JP2, dzięki czemu natężenie prądu ładowania wzrośnie o około 250mA (dokładniej: 1,25V / 4,7Ω ≈ 266mA). C3 zapobiega wzbudzeniu się układu US1.

W typowym układzie źródła prądowego z użyciem LM317 jego wejście ADJ jest zwarte bezpośrednio z wyjściem całego układu. W tym układzie

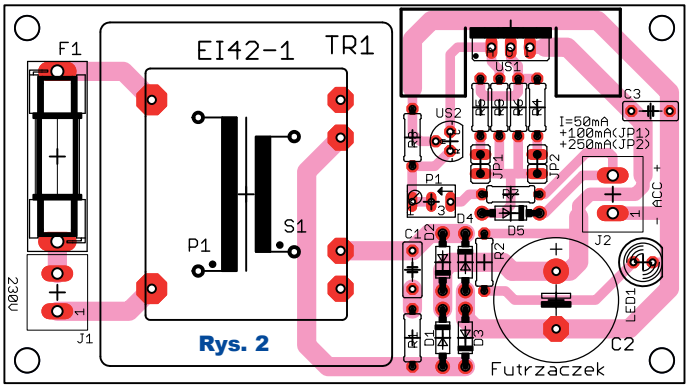
Rys. 1






eprasa.pl 019970d2a6

został wtrącony rezystor R3, o wartości 910Ω, którego zadaniem jest polaryzowanie układu US2 prądem o natężeniu nie większym niż 1,25V / 910Ω ≈ 1,37mA. Regulowane źródło napięcia odniesienia, którym jest dobrze znany TL431, wymaga minimalnego prądu katody na poziomie 1mA, więc ten rezystor zapewnia mały naddatek.



Rys. 2

Do czego służy US2? Do utrzymania zadanego napięcia wyjściowego. Pobiera z wyjścia układu sygnał sprzężenia zwrotnego w postaci napięcia wychodzącego z dzielnika napięciowego. „Górnym" rezystorem tego dzielnika jest sumaryczna rezystancja R7 i P1, więc można go wyregulować w zależności od potrzeb. Zadaniem US2 jest utrzymanie spadku napięcia na R8 równego 2,5V. Jeżeli chciałoby ono wzrosnąć, będzie obniżał potencjał swojej katody, co z kolei spowoduje obniżenie się napięcia wyjściowego do zadanej wartości – jego rola ma znaczenie w trybie stałego napięcia. Podczas pracy układu w trybie stałego prądu ładowania napięcie na R8 jest niższe niż żądane 2,5V, więc US2 pozostaje zatkany. W tym trybie pracy znaczenie ma jedynie US1.

Fot. 1

Do czego służy dioda D5, która ma podejrzanie niskie (20V) dopuszczalne napięcie wsteczne? Ona umożliwia wypływanie prądu z układu do akumulatora, ale blokuje jego przepływ w drugą stronę. W ten sposób akumulator nie będzie rozładowywany po wyłączeniu ładowarki z sieci. Jego jedynym obciążeniem będzie sumaryczna rezystancja R7 + P1 + R8, co będzie powodowało przepływ prądu o natężeniu rzędu 0,25mA. Prąd o tak niskim natężeniu nie rozładuje znacząco akumulatora kwasowego o pojemności kilku amperogodzin lub większej, większy wpływ będzie miał wewnętrzny efekt samorozładowania.

Spadek napięcia na diodzie D5 nie ma wpływu na napięcie wyjściowe, ponieważ spadek napięcia na niej jest kompensowany przez US2, który pobiera informację o napięciu wyjściowym z jej katody, czyli uwzględnia jego aktualną wartość. Za to wartość tego spadku powinna być jak najniższa, aby móc zapewnić układowi US1 wystarczającą różnicę potencjałów między jego wejściem i wyjściem. Taką właściwość ma dioda o możliwie małym dopuszczalnym napięciu wstecznym: 20V będzie wartością wystarczającą, aby napięcie z naładowanego akumulatora kwasowego 12V nie przebiło jej złącza.

Można zauważyć, że w tym układzie rolę elementu wykonawczego, na którym wytraca się przeważająca część ciepła, odgrywa układ US1. Było to celowe, ponieważ jego obudowa została przystosowana do odprowadzania ciepła, a dodatkowo ma wbudowane zabezpieczenia przed przegrzaniem. W związku z tym nie trzeba było dodawać ich na płytce układu.

## Montaż i uruchomienie

Układ prototypowy został zmontowany na jednostronnej płytce drukowanej o wymiarach 90×50mm. Wzór jej ścieżek i schemat montażowy przedstawia **rysunek 2**. W odległości 3mm od krawędzi płytki znajdują się otwory montażowe o średnicy 3,2mm każdy.

Montaż elementów zalecam wykonać w klasycznej kolejności, czyli zaczynając od elementów w obudowach o najniższej wysokości, takich jak rezystory i diody prostownicze. Stabilizator US1 należy przykręcić do radiatora, uprzednio nanosząc cienką warstwę pasty termoprzewodzącej na całą powierzchnię jego metalowej wkładki, która styka się z radiatorem. Po przykręceniu i włożeniu jego wyprowadzeń w odpowiednie otworki na płytce można go przylutować bez dodatkowego klejenia radiatora do laminatu – powinien trzymać się odpowiednio mocno. Zmontowany układ można zobaczyć na **fotografii tytułowej** oraz na **fotografii 1**.

Prawidłowo zmontowany układ zaczyna działać od razu po włączeniu zasilania, jednak na pierwsze uruchomienie proponuję nie podłączać jeszcze akumulatora.

*Ciąg dalszy na stronie 60*

### Wykaz elementów

R1,R4 ..... 4,7Ω/0,6W
R2,R8 ..... 10kΩ
R3 ..... 910Ω
R5 ..... 12Ω/0,6W
R6 ..... 24Ω/0,6W
R7 ..... 43k
P1 ..... 10kΩ montażowy pionowy wieloobrotowy
C1,C3 ..... 100nF raster 5mm
C2 ..... 2200μF/35V THT raster 7,5mm
D1–D4 ..... SR1100
D5 ..... 1N5817
LED1 ..... zielona 5mm
US1 ..... LM317 TO220
US2 ..... TL431CLP TO92
F1 bezpiecznik zwłoczny 200mA 5×20mm + gniazdo bezpiecznikowe do druku PTF-15
J1,J2 ..... ARK2 5mm
JP1,JP2 ..goldpin męski 2pin 2,54mm THT + zworki
TR1 transformator do druku TSZZ7/009M (15V/7VA)
Radiator RAD SK09 SA37.5
Śrubka M3
Odrobina pasty termoprzewodzącej

**Płytka drukowana jest dostępna w Sklepie AVT jako AVT3300**

| L.p. | Stan zworki JP1 | Stan zworki JP2 | Nominalne natężenie prądu ładowania [mA] | Zmierzone natężenie prądu ładowania [mA] |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Zdjęta | Zdjęta | 50 | 53 |
| 2. | Nałożona | Zdjęta | 150 | 163 |
| 3. | Zdjęta | Nałożona | 300 | 320 |
| 4. | Nałożona | Nałożona | 400 | 420 |

Tabela 1



eprasa.pl 019970d2a6

# Wzmacniacze klasy D

## część 16

Zgodnie z zapowiedzią, w ostatnim odcinku cyklu króciutko omówimy najnowsze rozwiązania wzmacniaczy z wejściami cyfrowymi oraz perspektywy rozwoju wzmacniaczy impulsowych.

### W pełni cyfrowe?

W poprzednich 15 odcinkach omówiliśmy najróżniejsze wzmacniacze klasy D. Dobrze wiemy, że można je śmiało nazywać wzmacniaczami *impulsowymi*, ale nie można nazywać wzmacniaczami *cyfrowymi*. Choćby dlatego, że tak naprawdę *wszystkie mają wejścia analogowe*. A przecież obecnie mamy do czynienia z powszechną cyfryzacją.

Nasuwa się oczywiste pytanie: ***czy istnieją wzmacniacze impulsowe w pełni cyfrowe?***

Odpowiedź nie jest wcale oczywista: ***I tak, i nie!***

Otóż istnieją liczne wzmacniacze z wejściami cyfrowymi. Obecność wejścia cyfrowego oraz impulsowego sygnału na wyjściu w zasadzie pozwala zaliczyć je do w pełni cyfrowych, jednak bliższa analiza pokazuje, iż wewnątrz nie udaje się pominąć obwodów analogowych. Dlaczego?

Nie można tego wyjaśnić w kilku słowach. Warto sięgnąć do historii.

### Zaszłości i obróbka dźwięku

Przypomnijmy, że przy zapisie dźwięku na płytach CD stosuje się tzw. kodowanie PCM (Pulse Code Modulation), co najprościej biorąc, polega na próbkowaniu i zamianie chwilowych wartości sygnału analogowego na 16-bitowe liczby (z częstotliwością 44,1kHz, za pomocą „klasycznego" przetwornika ADC). Można powiedzieć, że na płycie CD zapisywane są te 16-bitowe liczby przedstawiające chwilowe wartości amplitudy sygnału audio (pomijamy kwestie ich kodowania i korekcji błędów). Przy odczycie płyty CD najpierw te liczby – amplitudy kolejnych próbek są odczytywane, a następnie przekazywane do 16-bitowego cyfrowo-analogowego przetwornika DAC i na jego wyjściu otrzymuje się sygnał analogowy.

Dziś realizacja 16-bitowego przetwornika DAC o częstotliwości pracy 44,1kHz nie jest problemem, ale dawniej, gdy było to kosztowne, powszechnie stosowanym rozwiązaniem była cyfrowa zamiana 16-bitowego kodu PCM na 1-bitowy kod PDM, czyli następowało cyfrowe przetworzenie 16-bitowych liczb odczytanych z płyty CD z częstotliwością 44,1kHz na „jednobitowy" strumień impulsów PDM o dużo większej częstotliwości, ponad 1MHz. Potem wystarczyło uśrednić uzyskany sygnał PDM w prościutkim filtrze dolnoprzepustowym, by uzyskać wysokiej jakości sygnał audio.

Co ciekawe, już 64-krotne zwiększanie częstotliwości taktowania (tzw. 64-krotny oversampling) pozwala bez straty jakości dźwięku zmniejszyć rozdzielczość bitową z 16 w kodzie PCM do... 1 bita w kodzie PDM. Jednobitowe kodowanie PDM okazało się na tyle atrakcyjne, że wykorzystano je w systemie płyt audio bardzo wysokiej jakości SACD (Super Audio Compact Disc). Niestety, audiofilski system SACD i odmiana formatu PDM o nazwie DSD (Direct Stream Digital) nie upowszechnił się z różnych względów, głównie z powodu rozpowszechnienia się i powszechnej akceptacji dla stratnych, ale za to bardzo oszczędnych sposobów cyfrowego zapisu dźwięku, z których pierwszym był popularny do dziś standard MP3.

Omawiając wzmacniacze klasy D, powinniśmy rozróżnić podstawowe sposoby kodowania dźwięku wykorzystywane do jego zapisu i odtwarzania:

1. PCM (16bit, 44,1kHz) w płytach CD
2. PDM w płytach SACD (format DSD) i w niektórych innych rozwiązaniach. Są to sposoby „czyste", podstawowe, bezstratne.

Natomiast kodowanie dźwięku w stratnych formatach MP3, AAC i podobnych to jeszcze inna historia, gdzie podstawą jest sygnał PCM, tylko dodatkowo przetwarzany, by zmniejszyć ilość danych. Także formaty bezstratne, jak WAV czy FLAC wykorzystują PCM.

W każdym razie cyfrowy zapis dźwięku to przede wszystkim kodowanie PCM, rzadko PDM. Natomiast we wzmacniaczach klasy D przede wszystkim stosuje się omawianą wcześniej „półanalogową" modulację PWM i jej różne odmiany, a tylko w niektórych „wysokoczęstotliwościową" modulację PDM.

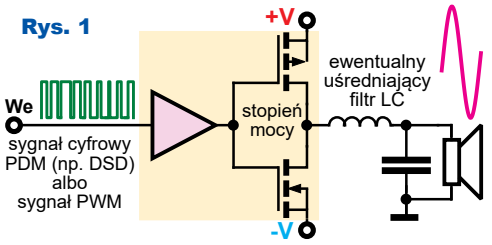
W omawianych do tej pory rozwiązaniach wzmacniaczy klasy D z modulacją PWM i w samooscylujacych występują impulsy o płynnie zmieniającej się częstotliwości, a więc są to wzmacniacze „półanalogowe". Wzmacniacze klasy D typu sigma-delta też mogą być realizowane z taką ciągłą, „półanalogową" zmianą czasu przerw między „standardowymi impulsami", ale mogą być realizowane „bardziej cyfrowo", gdzie zarówno czasy przerw, jak i impulsów są całkowitymi wielokrotnościami częstotliwości taktującej. Wszystko zależy od budowy zastosowanego przetwornika sigma-delta.

Sygnały PWM i PDM mają wspólną cechę: bardzo łatwo można je zamienić na sygnał analogowy za pomocą prostego nawet filtru dolnoprzepustowego. Dlatego we wzmacniaczach klasy D można wykorzystać najróżniejsze odmiany modulacji PWM i PDM. Nie można natomiast bezpośrednio wykorzystać modulacji PCM. To przypomnienie przyprowadziło nas bardzo blisko „prawdziwego wzmacniacza cyfrowego". Przynajmniej teoretycznie.

### Wzmacniacz cyfrowy

Można uznać, że z płyty SACD odczytujemy jednobitowy sygnał cyfrowy PDM (w formacie DSD). Nie musimy go zamieniać na analogowy i podawać na klasyczny wzmacniacz mocy. Możemy w prosty sposób zrobić w pełni cyfrowy wzmacniacz wyjściowy, który zawierałby jedynie blok kluczy MOSFET i sterownik do tych kluczy według idei z **rysunku 1**.

Z uwagi na wysoką częstotliwość próbkowania sygnału DSD (2,8224MHz = 64×44,1kHz) taki wzmacniacz zapewne nie wymagałby wyjściowego fil-




W pełni cyfrowy wzmacniacz impulsowy (klasy D)



eprasa.pl 019970d2a6

tru LC (pomijamy problem zakłóceń). Na wejście takiego wzmacniacza byłby podawany cyfrowy sygnał PDM. Można by tam też podać wcześniej omawiany sygnał PWM.

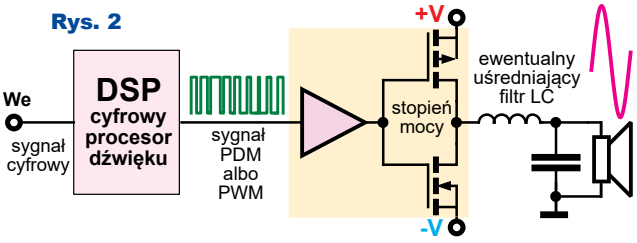
Dlaczego nie ma takich w pełni cyfrowych wzmacniaczy?

Nie dlatego, że płyty SACD i format DSD są bardzo rzadko wykorzystywane (tylko przez niektórych audiofilów).

Powód jest inny: przedstawiona właśnie koncepcja istotnie daje w pełni cyfrowy wzmacniacz, ale praktycznie niemożliwa jest tu jakakolwiek korekcja dźwięku, a nawet regulacja głośności jest bardzo utrudniona. Przemyśl to samodzielnie!

Na pozór oczywistym rozwiązaniem wydaje się dodanie jakiegoś cyfrowego regulatora – układu cyfrowej obróbki dźwięku DSP (Digital Signal Processing) między źródło sygnału PDM (DSD) a taki wzmacniacz według **rysunku 2**.

Rys. 2




Wzmacniacz w pełni cyfrowy

Na pozór! Problem w tym, że dobrze opanowaliśmy cyfrową obróbkę dźwięku (DSP), ale tylko sygnałów cyfrowych w postaci PCM, a nie PDM. To ogromna różnica!

Nie potrafimy w sensowny sposób przetwarzać sygnałów audio w postaci impulsów PDM (DSD). Jeżeli chcemy przeprowadzić cyfrową regulację głośności, barwy dźwięku czy wprowadzić jakieś efekty, musimy to zrobić na sygnale cyfrowym PCM! Niemniej cyfrowe sygnały audio w postaci 1-bitowego ciągu impulsów PDM są wykorzystywane nie tylko jako format DSD na płytach SACD. Na przykład wykorzystuje się format SPDM, czyli Stereo PDM, gdzie na dwóch liniach występuje sygnał zegarowy oraz dane. Dane (impulsy na linii danych) występujące podczas rosnącego zbocza sygnału zegarowego to informacja o dźwięku w kanale lewym, a dane występujące podczas opadającego zbocza sygnału zegarowego to dźwięk kanału prawego, o czym za chwilę.

## Wzmacniacze klasy D z wejściem cyfrowym

Dziś na rynku mamy mnóstwo wzmacniaczy klasy D z wejściem cyfrowym. Ale nie powinno się ich nazywać wzmacniaczami cyfrowymi. Owszem, mają one cyfrowy interfejs wejściowy, natomiast dowolny „właściwy” ***wzmacniacz klasy D nie jest wzmacniaczem cyfrowym, tylko wzmacniaczem impulsowym, gdzie średnia wartość impulsów wyjściowych jest zwykle regulowana w sposób ciągły, analogowy, a nie cyfrowy***.

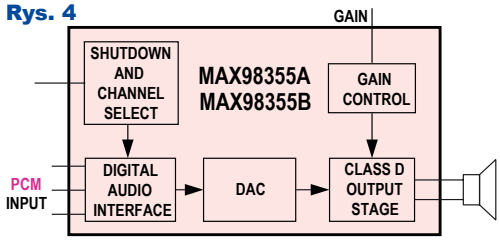
Przykładem wzmacniacza z wejściem PDM może być MAX98356 o niedużej mocy 1×3,2W przy 5V i 4 Ω. Jak pokazuje jego blokowy schemat wewnętrzny z **rysunku 3**, także i tu mamy wzmacniacz klasy D z wejściem analogowym (prawdopodobnie z modulacją PWM – o tym katalog nie informuje). Na to wejście podawany jest sygnał analogowy z przetwornika DAC, którym zapewne jest tu filtr LP.

Na rysunku 3 widać końcówkę GAIN, służącą do zmiany wzmocnienia. Nie jest jednak możliwa ciągła regulacja w szerokim zakresie, tylko skokowe ustawienie wzmocnienia (3dB, 6dB, 9dB, 12dB, 15dB) i to nie w sposób cyfrowy, tylko zależnie od wartości napięcia stałego na tym wejściu.

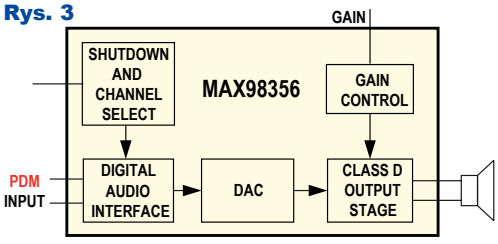
Na dwie końcówki wejściowe (zegar i dane) podawany jest stereofoniczny sygnał SPDM, gdzie strumień danych zawiera informacje o dźwięku w obu kanałach. Dodatkowe wejście sterujące (Channel Select) pozwala wybrać, czy dany wzmacniacz ma wybierać z SPDM i odtwarzać sygnał z kanału lewego czy prawego, czy może sygnał mono, będący sumą obu kanałów stereo. Po zamianie na postać analogową sygnał audio jest podawany na właściwy wzmacniacz klasy D. Karta katalogowa nie zawiera szczegółowych informacji o tym wzmacniaczu. Jest tylko informacja, że wykorzystano zaawansowany sposób modulacji z rozpraszaniem zakłóceń impulsowych w szerokim spektrum (co pozwala zrezygnować z wyjściowego filtru LC) oraz że wzmacniacz ma bardzo wysokie parametry jak wzmacniacz liniowy klasy AB. To jest przykład wzmacniacza z wejściem cyfrowym sygnału PDM (SPDM).

Natomiast przykładem wzmacniacza klasy D z wejściowym interfejsem cyfrowym **PCM** mogą być kostki MAX98355A/MAX98355B o mocy wyjściowej do 3,2W. Jak pokazuje blokowy schemat wewnętrzny z **rysunku 4**, też zawierają one wewnątrz wzmacniacz klasy D z wejściem analogowym.

Rys. 4



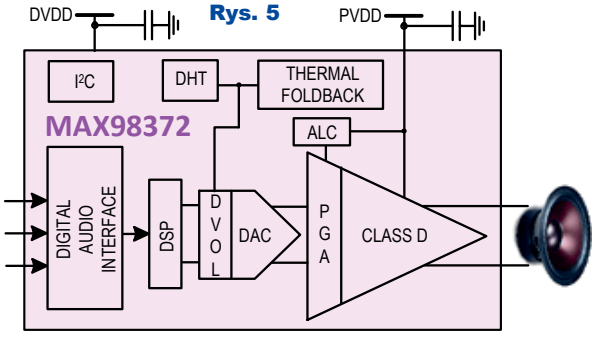

Rys. 3




Na jego wewnętrzne wejście podawany jest sygnał analogowy z przetwornika DAC, który przetwarza wejściowy sygnał cyfrowy PCM (szeregowy, różniący się szczegółami dla wersji A, B). Wcześniej mówiliśmy o sygnale PCM z płyt CD – 16-bitowym z próbkowaniem 44,1kHz. Dziś w urządzeniach cyfrowych wykorzystuje się sygnały PCM o różnych parametrach: rozdzielczości 16, 24 lub 32 bity, próbkowaniu 8kHz do 192kHz, a nawet więcej. Sygnały te mogą mieć różny format. Nadal najpopularniejszy format (i interfejs) to I2S (IIS, $I^2S$), a oprócz tego trzeba wymienić TDM, left justified, right justified. I właśnie wersje MAX98355A/MAX98355B różnią się tym, które formaty PCM potrafią obsłużyć.

Jeszcze bardziej zaawansowanym przykładem wzmacniacza z wejściem cyfrowym może być MAX98372, gdzie właściwy wzmacniacz klasy D to drobna część kostki. Jak widać na **rysunku 5**, w części cyfrowej

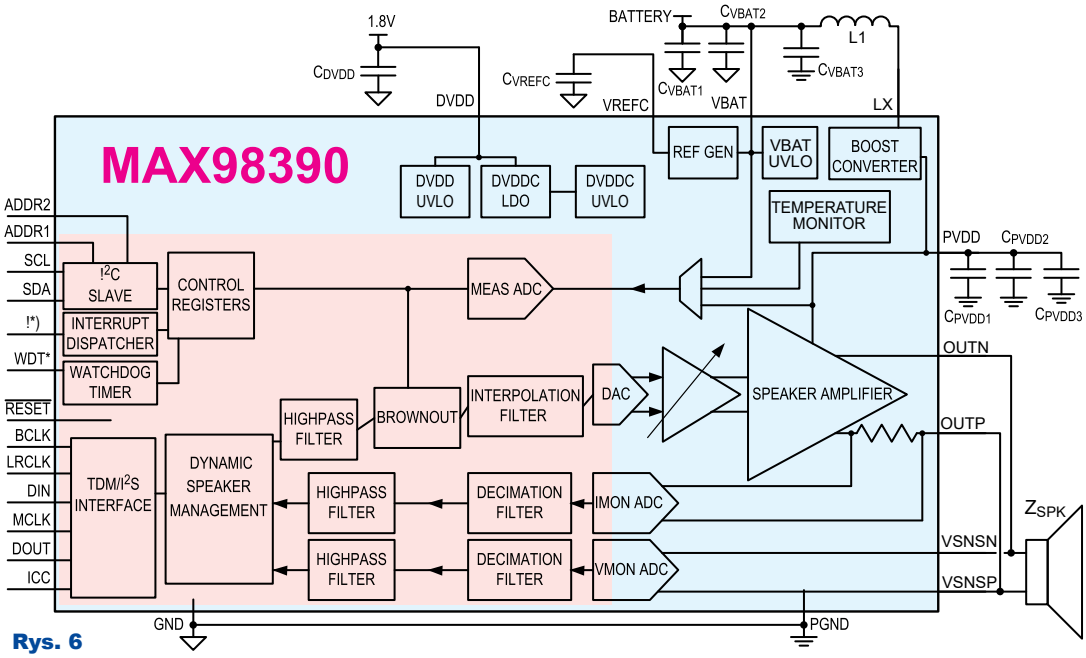
Rys. 5






eprasa.pl 019970d2a6

mamy nie tylko interfejs cyfrowy i przetwornik DAC, ale też cyfrowy procesor dźwięku (DSP), który realizuje różne funkcje, między innymi cyfrowy kompresor i limiter zapobiega przesterowaniu – wszystko to z wykorzystaniem sygnału PCM. Warto zauważyć, że oprócz tej czysto cyfrowej obróbki, obejmującej też regulację wzmocnienia, na wejściu wzmacniacza klasy D mamy dodatkowo PGA, czyli analogowy wzmacniacz o regulowanym wzmocnieniu. W kartach katalogowych tych układów nie ma dokładniejszych informacji o budowie wykorzystanego wzmacniacza klasy D, niemniej lektura karty katalogowej (100 stron!) jest bardzo pouczająca.



**Rys. 6**

Warto też wspomnieć o monofonicznym wzmacniaczu MAX98390, którego schemat blokowy pokazany jest na **rysunku 6**. Może on być zasilany napięciem 2,65V do 5,5V, a dzięki wbudowanej przetwornicy podwyższającej (wykorzystującej zewnętrzną cewkę L1) moc wyjściowa sięga 6,2W. Na wejście można podać cyfrowy sygnał PCM w różnych formatach (I2S, TDM).

Część cyfrowa zawiera procesor sygnaowy DSP, realizujący m.in. funkcje 8-kanałowego korektora parametrycznego – equalizera, a także rozmaite algorytmy ogranicznika (limitera), układu zmiany dynamiki sygnału oraz szereg innych. Między innymi dwa dodatkowe przetworniki ADC monitorują napięcie i prąd głośnika i podają aktuaną informację do procesora DSP.

Producent deklaruje, że dzieki takiej konstrukcji ten wzmacniacz klasy D może pracować bez wyjściowego filtru LC ze znakomitymi parametrami: dynamiką do 116dB i zniekształceniami tylko 0,01%

To są tylko nieliczne przykłady współczesnych wzmacniaczy klasy D z wejściami cyfrowymi. Pokazują one współczesność oraz kierunki rozwoju.

Najbardziej zainteresowani dalsze, w tym najbardziej aktualne informacje znajdą w Internecie.

W podsumowaniu cyklu należy stwierdzić, że jak na razie, do całkowitej cyfryzacji toru audio według rysunku 2 jeszcze dość daleko. Aktualnie nadal wykorzystywane są omawiane wcześniej rozmaite wzmacniacze klasy D z modulacjami PWM i PDM (ΣΔ), wymagające na swym wejściu sygnału analogowego. Jednak pomału dążymy do rozwiązań w pełni cyfrowych, gdzie jedynym analogowym elementem systemu będzie głośnik. Przedstawiane są też rozmaite koncepcje cyfrowych głośników. Może ktoś opracuje jeszcze inną, „w pełni cyfrową" koncepcję? Być może. Na razie czekamy...

**Piotr Górecki**

---

*Ciąg dalszy ze strony 57*

Najpierw trzeba ustawić końcowe napięcie ładowania, co trzeba uczynić po podłączeniu do zacisków J2 jedynie woltomierza. Regulacji dokonuje się poprzez obracanie główki potencjometru P1 cienkim wkrętakiem. W układzie prototypowym regulacja możliwa była w zakresie od 13,2V do 15,7V. Typowe napięcie ładowania akumulatorów kwasowych podczas pracy buforowej powinno zawierać się w przedziale 13,5...13,8V, choć dokładna wartość zależy od temperatury otoczenia i zaleceń producenta konkretnego akumulatora.

Drugim krokiem jest wybór prądu ładowania. Użytkownik ma do wyboru cztery różne wartości, które ustawia się poprzez nakładanie lub zdejmowanie zworek JP1 i JP2. Szczegóły zostały zebrane w **tabeli 1**, która uwzględnia również wartości rzeczywiste, zmierzone w prototypie. Typową wartością natężenia prądu podtrzymującego jest 1/100 C, gdzie C to pojemność w amperogodzinach [Ah], lub mniej. Dlatego dla akumulatora o pojemności 45Ah zaleca się doładowywanie go prądem o natężeniu nie większym niż 450mA – w przypadku tego układu należałoby wybrać opcję 400mA. Szczegółów dotyczących zalecanego prądu podtrzymania również radzę szukać w karcie katalogowej wykorzystywanego akumulatora, ponieważ podana tutaj zależność jest jedynie orientacyjna.

**Michał Kurzela**
michal.kurzela@ep.com.pl



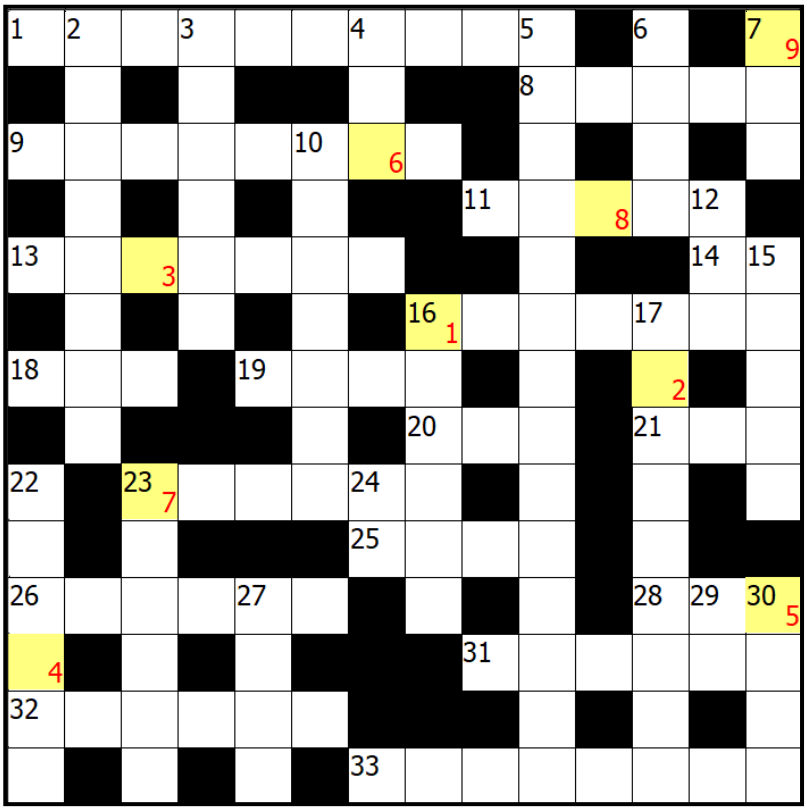
eprasa.pl 019970d2a6

**POZIOMO:**

1. Bipolarny lub unipolarny
8. Elektroda diody
9. W nim paliwo
11. Element półprzewodnikowy
13. Silna kobieta
14. Rodzaj dwójnika
16. Marka telewizorów
18. Typ kondensatorów
19. Korozja
20. Szybki port szeregowy
21. Rozliczenie podatkowe
23. Producent AGD z Rzeszowa
25. Sterownik Siemensa
26. Na charakterystyce widma sygnału
28. Regulacja wzmocnienia
31. Zjednoczenie przedsiębiorstw elektronicznych w PRL
32. Niebezpieczeństwo
33. Potrzebuje tuszu lub tonera

**PIONOWO:**

2. W parze z automatyką
3. Sklep z AGD i RTV
4. Narty
5. Odbiera fale UKF
6. Wprowadził linię produkcyjną do fabryk
7. DDR4
10. Dyzma
12. Rumuńska marka samochodów
15. Zaleta
16. Dostawca energii
17. Oddziela sygnały
22. Model Skody
23. Męskie lub żeńskie



24. Na rejestracji w Łodzi
27. Producent tulejek elektrycznych
29. Brygada z kreskówki
30. Znak zodiaku

Hasło należy odczytać z zaznaczonych pól.

Autorem krzyżówki jest **Sylwester Niemyjski z** Białegostoku.
**Autor w nagrodę otrzymuje 9-miesięczną e-prenumeratę EdW.**

AVT stosuje system rabatów dla wszystkich wiernych Czytelników EdW, dokonujących zakupów w sieci handlowej AVT drogą sprzedaży wysyłkowej. Naklejenie na kartonik zamówienia trzech kuponów wyciętych z trzech kolejnych najnowszych wydań EdW uprawnia do: **10% zniżki** na zakup kitów **AVT, TSM, Vellemana, 10% zniżki** na **książki** w ramach Księgarni Wysyłkowej AVT. **Już zakup na sumę 139 zł pozwala zaoszczędzić kwotę równą cenie jednego numeru EdW.**

***Uwaga!***

*Zniżki dotyczą wyłącznie zamówień osób prywatnych.*

**Kupon rabatowy EdW 3/2022**

**Kupon rabatowy EdW 3/2022**

**Kupon rabatowy EdW 3/2022**

Rozwiązaniem krzyżówki z EdW 11/2021 jest hasło: **REZYSTOR**

Upominki w postaci kitów AVT otrzymują:
**Marek Kowal** – Wojcieszków,
**Krzysztof Mirosław** – Puławy,
**Damian Ząbczyk** – Nowa Osuchowa.

Rozwiązania z tego numeru (tylko hasło) należy nadsyłać w ciągu 45 dni od ukazania się tego numeru EdW.

E-maile z rozwiązaniami powinny w tytule zawierać nazwę konkursu, numer zadania i nazwisko Czytelnika, np. ***Krzyżówka2203Kowalski.***
Listy powinny być opatrzone podobnym dopiskiem.

**Uwaga! Przysyłając rozwiązanie krzyżówki, nie zapominajcie o podaniu e-mailu pełnego adresu. Jego brak uniemożliwia wysłanie, a więc także przyznanie Czytelnikowi upominku.**

Natomiast przysyłając propozycję zagadki napiszcie: ***Krzyżówka – propozycja*** (żeby nie myliło się z rozwiązaniami). Wraz z propozycją nowej krzyżówki należy przysłać oświadczenie, że krzyżówka jest oryginalnym dziełem podpisanego i że nie była nigdzie publikowana. Redakcja nie ingeruje w treść merytoryczną (precyzję sformułowań) haseł krzyżówki.



eprasa.pl 019970d2a6

# Współczesne akumulatory
## 4. Akumulatory litowe – podstawy

**W kilkuodcinkowym artykule przedstawione są informacje o właściwościach stosowanych dziś akumulatorów, w tym wskazówki dotyczące ich prawidłowej obsługi, zapewniających długą żywotność oraz bezpieczeństwo.**

Na początek kluczowe zagadnienia podane w telegraficznym skrócie:

– **Akumulatory litowe** powstały mniej więcej sto lat po upowszechnieniu się akumulatorów kwasowych. Jednak dziś są to najpopularniejsze akumulatory na rynku.

– Są znacznie ***lepsze*** od kwasowych i zasadowych, ale najprościej biorąc, są wielokrotnie ***delikatniejsze***. Błędy w procesie ładowania i rozładowania nie tylko mogą nieodwracalnie uszkodzić akumulator, ale nawet spowodować jego pożar.

– Z uwagi na tę delikatność wymagają ściśle określonych parametrów ładowania i rozładowania, co zapewniają dedykowane ładowarki.

– Aby dodatkowo chronić delikatne akumulatory litowe, wiele z nich ma wewnątrz obudowy wbudowane układy elektroniczne, zapobiegające przeładowaniu i nadmiernemu rozładowaniu, tak zwane BMS (Battery Management System). Przy szeregowym połączeniu kilku ogniw litowych oprócz koniecznych obwodów BMS, potrzebne są też tak zwane balansery.

A oto rozwinięcie tych informacji.

### Wprowadzenie

Akumulatory kwasowe i zasadowe produkowane są i wykorzystywane od ponad stu lat. Na początku XX wieku technologie ich produkcji były prymitywne, użytkownicy akumulatorów nie mieli wiedzy ani sprzętu zapewniającego zachowanie precyzyjnych parametrów ładowania. Już to pokazuje, że przed wielu laty na rynku mogły się upowszechnić tylko akumulatory, wybaczające rozliczne błędy. Takimi były przede wszystkim akumulatory zasadowe, znane z dużej trwałości i odporności, zarówno na rozładowanie do zera, jak i na przeładowanie, które objawiało się tylko grzaniem akumulatora. Także dawne akumulatory kwasowe nie bały się przeładowania, ponieważ oznaczało to tylko elektrolizę wody, którą w dawnych konstrukcjach można było łatwo uzupełnić. Akumulatory kwasowe słabo znoszą jednak rozładowanie do zera i długotrwałe pozostawanie w stanie rozładowania – następuje wtedy tak zwane *zasiarczenie* skutkujące zmniejszeniem pojemności.

Akumulatory zasadowe i kwasowe wybaczały błędy obsługi, ale niestety ich pojemność w stosunku do objętości i masy była mała. Wadą było i jest znaczne samorozładowanie.

Można powiedzieć, że w ciągu ponad stu lat ich parametry poprawiono, ale w niezbyt dużym stopniu. O ile w dawnych akumulatorach kwasowych gęstość energii wynosiła około 20Wh/kg (cokolwiek by to znaczyło), dzisiejsze akumulatory kwasowe mają gęstość energii rzędu 50Wh/kg. Można z grubsza przyjąć, że akumulatory zasadowe NiMH mają gęstość energii do 100Wh/kg. Natomiast różne dostępne na rynku odmiany akumulatorów litowych oferują gęstość od ponad 100Wh/kg do ponad 200Wh/kg.

Notujemy, że po pierwsze ***akumulatory litowe mają większą gęstość energii niż inne***. Po drugie, ***mają znikome, naprawdę bardzo małe samorozładowanie***. Po trzecie, ***ich charakterystyka napięciowa jest bardzo płaska***, to znaczy, że podczas pracy procentowa zmiana napięcia jest mniejsza niż w innych akumulatorach. Dodatkowo ***aktualne napięcie akumulatora litowego dość dokładnie pokazuje stan jego naładowania*** (podobnie jest w akumulatorach kwasowych, ale mniej dokładnie).

To były zalety. Niestety, zalety te okupione są istotnymi wadami. Najogólniej biorąc, akumulatory litowe są delikatne – podatne na uszkodzenia.

***Nadmierne rozładowanie zawsze poważnie skraca żywotność***. Reguły

R E K L A M A

eprasa.pl 019970d2a6

nie ma, ale w przypadku niektórych egzemplarzy już ***jednorazowe rozładowanie do zera może spowodować całkowitą utratę pojemności***. Zwykle nie jest aż tak źle, ale każde rozładowanie do zera powoduje znaczną nieodwracalną utratę pojemności. Dlatego bardzo ważne jest, żeby nie dopuścić do takiego całkowitego rozładowania. W akumulatorach zasadowych w ogóle nie ma tego problemu, w kwasowych jest, ale znacznie mniejszy. W litowych to kluczowa sprawa.

Druga równie ważna sprawa to ***problem przeładowania***. Nadmierny wzrost napięcia akumulatora litowego na pewno obniża trwałość (liczbę cykli pracy), ale co gorsze, może prowadzić i często prowadzi do katastrofy – do destrukcji w wyniku samozapłonu. Problemem jest nie tylko strata akumulatora. Poważniejszym jest ryzyko niepomiernie większych szkód – znane są wypadki samozapłonu akumulatorów nie tylko podczas ładowania, ale i podczas transportu, przez co m.in. wprowadzono ograniczenia ich przewozu samolotami. W akumulatorach zasadowych tego problemu w ogóle nie ma, w kwasowych otwartych też nie, a w kwasowych szczelnych (SLA, VRLA) przeładowanie co najwyżej spowoduje ubytek wody i trwałą utratę części pojemności, ale nie grozi pożarem.

Akumulatory litowe ładuje się tak jak kwasowe: z wykorzystaniem procedury zwanej CC/CV (*constant current, constant voltage*), która była dokładniej omówiona w trzeciej części artykułu. Zasady procedury CC/CV są bardzo proste: w fazie CC nie należy przekraczać maksymalnego prądu ładowania, określonego przez producenta. W drugiej fazie CV, aby zapobiec przeładowaniu akumulatora litowego, wystarczy nie dopuścić, by wystąpiło na nim napięcie wyższe od podanego przez producenta.

To wymusza konieczność wykorzystania odpowiednich ładowarek, które powinny mieć próg końca ładowania ustalony precyzyjnie z dokładnością do 0,05V. W akumulatorach kwasowych tolerancja końcowego napięcia ładowania jest większa, a w zasadowych kontrola napięcia jest niepotrzebna.

Nie są to wyśrubowane wymagania. Ładowarką dla ogniwa litowego jest więc zwyczajny stabilizator o napięciu wyjściowym około czterech woltów, którego napięcie ma być ustalone z dokładnością około 50mV, czyli wymagana jest precyzja około ±1%, co nie jest warunkiem trudnym do spełnienia. Ładowarka ma mieć jakiś ogranicznik prądowy, który absolutnie nie musi być precyzyjny, byle tylko w pierwszej fazie ładowania (CC) nie pozwolił na ładowanie ogniwa prądem większym, niż dopuszcza producent.

W zasadzie to bardzo proste, ale w praktyce już tak oczywiste nie jest. Po pierwsze przy masowej produkcji i tendencji do maksymalnej redukcji kosztów uzyskanie dokładności stabilizacji napięcia rzędu 1% nie jest oczywiste. Dlatego najtańsze ładowarki „litowe" mogą powodować przeładowanie, a tym samym zmniejszenie trwałości akumulatora. Niestety, nie są to rzadkie przypadki.

Po drugie istnieje kilka głównych odmian akumulatorów litowych o znacząco różnych napięciach końcowych i różnych dopuszczalnych prądach ładowania. Użycie niewłaściwej dla danego ogniwa ładowarki będzie oznaczać albo niewykorzystanie dostępnych parametrów i możliwości, albo co gorsze, skrócenie trwałości akumulatora. W grę wchodzą też inne czynniki. Do tych ważnych kwestii wrócimy. A na razie zasygnalizujmy kolejną ważną kwestię.

## BMS-y i balansery

Generalnie akumulatory litowe są dużo lepsze od kwasowych i zasadowych, ale są o wiele delikatniejsze. ***Nie wybaczają błędów nadmiernego rozładowania i przeładowania***. Dziś elementy i układy półprzewodnikowe są tanie, więc powszechnie stosowane są tak zwane ***beemesy*** lub jak kto woli ***BMS-y***. Skrót ***BMS*** (*Battery Management System*) oznacza ***system zarządzania akumulatorem***. Elektroniczny układ BMS może być wbudowany w ładowarkę, ale może też być wbudowany w urządzenie albo w sam akumulator. Systemy BMS mogą być bardziej lub mniej skomplikowane. Te mniej skomplikowane mają za zadanie tylko chronić, zarówno przed przeładowaniem, jak i zbyt głębokim rozładowaniem. Te bardziej skomplikowane pełnią dodatkowe funkcje, niekiedy mocno zaawansowane, a wszystko to dla maksymalnego wykorzystania możliwości akumulatora i zwiększenia jego trwałości.

Bardziej skomplikowane BMS-y potrzebne są w zestawach o wyższym napięciu, gdzie szeregowo połączonych jest kilka akumulatorów litowych (i w ładowarkach do nich). Poszczególne ogniwa składowe na pewno nie są identyczne, a każde z nich indywidualnie musi być chronione przed przeładowaniem i nadmiernym rozładowaniem. Podstawową funkcją wszystkich BMS-ów jest więc ochrona. Niektóre BMS-y zawierają też ***balanser*** (ang. *balancer*), który najogólniej mówiąc, zapewnia jednakowe ładowanie, ewentualnie też pozwala w pełni wykorzystać energię ogniw składowych o niejednakowej pojemności. Sens określeń BMS i balanser jest rozmaicie interpretowany. Te słabo rozumiane kwestie rozwiniemy w kolejnych odcinkach, ale następny zaczniemy od przypomnienia historii.

**Piotr Górecki**

## W najbliższych numerach EdW planujemy

**Rozmaite projekty i artykuły edukacyjne przygotowywane przez Piotra Góreckiego**

zapowiadane są na stronie: ***https://bit.ly/3aj0ixL***
osiągalnej także za pomocą QR-kodu:
gdzie możesz również zadecydować
o kolejności ich publikacji.

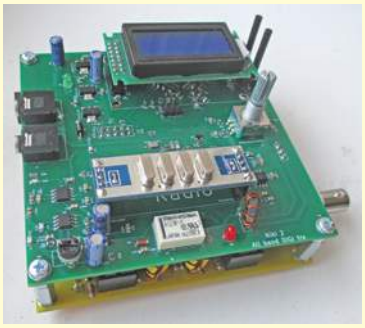
eprasa.pl 019970d2a6

# EdW 3/2022 – lista osób nagrodzonych:

**Circuit Chaos**.....Warszawa
**Jarosław Dąbrowski**..... Brzeziny
**Łukasz Fortuna**.....Wołowa
**Michał Grzemski**..... Grudziądz
**Andrzej Łukańko**.....Krzywaczka
**Andrzej K.**.....Gdańsk
**Przemysław Kamiński**.....Warszawa
**Jerzy Kornaszewski**..... Radom
**Marek Kowal**..... Wojcieszków
**Michał (...)**.....
**Ryszard Magdycz**.....Wrocław
**Krzysztof Mirosław** ..... Puławy
**Sylwester Niemyjski**.....Białystok
**Rafał Orodziński**.....Białystok
**Jacek Rączka**.....Połomia
**Andrzej Sędzielewski**... Siemianowice Śl.
**Tomasz Sukiennik**.....Kraków
**Tadeusz Susfał**.....Warszawa
**Andrzej Szulda** ..... Olsztyn
**Sławomir Tomaszewski** ..... Biała
**Mariusz Widerski**..... Gdynia
**Henryk Wyziński** .....Pyrzyce
**Damian Ząbczyk**.....Nowa Osuchowa

**Uwaga!** Jeśli do końca marca poczta nie dostarczy osobie z powyższej listy przesyłki z nagrodą, prosimy zgłosić ten fakt redakcji (22 783 00 20, ewa.dudzik@elportal.pl)

**Zajrzyj do interesujących materiałów**
## „Świat Radio" 3–4/2022



**TRX Niki2**
TRX Niki2 to prosty transceiver Zespołu RFlabo umożliwiający pracę emisjami cyfrowymi w pasmach 160–10m. Moc wyjściowa strony nadawczej wynosi 1W, a czułość odbiornika 0,18µV przy S/N 12dB. RX pracuje z pojedynczą przemianą częstotliwości i popularnymi układami NE612. Synteza częstotliwości wykorzystuje Si5351, a odczyt częstotliwości wyświetlacz 8×2.

**TX QO-100**
TX QO-100 to prosty nadajnik na 2,4GHz konstrukcji SQ5BPF, przeznaczony do łączności CW przez satelitę QO-100. Autor pokazuje jak wykorzystując tanie gotowe moduły można rozpocząć pracę przez satelitę QO-100 bez inwestycji w drogi sprzęt oraz bez doświadczenia z konstrukcjami mikrofalowymi.

**Transwerter do IC7-300**
DL2EWN zamieszcza opis budowy i wyniki pomiarów transwertera 2m/10m konstrukcji DB6NT. Urządzenie w formie modułu do zainstalowania w transceiverze Icomie IC-7300 i zapewnia pracę w zakresie częstotliwości 144–146MHz z mocą nadajnika 2W.

## Errare Humanum Est

**Marian Gabrowski** z Polkowic napisał:

*(...) [W EdW 2/2022] w artykule „Telewizor bez zasilacza", część 2 znalazła się szczegółowa analiza zasady pracy pewnego zasilacza. Jednakże na schemacie znajdują się trzy rezystory R428, które w tekście Autor przywołuje jako:*

*a) „górny" rezystor, znajdujący się pomiędzy C424 a C424, to prawdopodobnie R420 z opisu;*

*b) „środkowy" R428 opisany jest chyba poprawnie;*

*c) „dolny" R428 to prawdopodobnie R426 z opisu.*

*Jednak dodatkowo analizując artykuł nie jestem w stanie zlokalizować na schemacie rezystorów R971 a także R427 (są tylko R427a i b). Być może jest to błąd? Niestety nie potrafię ocenić, czy jest tak w rzeczywistości. (...)*

Autor, **Karol Świerc** odpowiedział:

*Uwaga jest słuszna. Wymienione 3 rezystory opisane jako R428 powinny mieć numerację taką jak pisze Czytelnik: górny R428–R420, środkowy opisany poprawnie, a dolny R428 to R426. Tak jest w opisie, a numerację elementów brałem głównie ze schematu odbiornika T6151.*

*W pierwszej części artykułu wymieniłem jaką grupę odbiorników obejmuje opis: T6151, Uran, Cygnus i Neptun 625/653. Schematy są niemal identyczne, ale są drobne różnice, a numeracja elementów zupełnie odmienna. Oznaczenie rezystora R971 dotyczy odbiornika Neptun 625, bo tylko tu występował i tylko tu często ulegał uszkodzeniu. Chyba w Neptunie 653, jeśli dobrze pamiętam, zastosowano dwa rezystory szeregowe po 240Ω. R971 (470Ω/20W) to odpowiednik R427a (450Ω) z Uranów/Cygnusów i takie oznaczenie jest na rysunku 1. Nie ma rezystora R427, jest tylko R427a i b. To był podwójny rezystor z odczepem w środku.*

*Numerację elementów odczytywałem ze schematu tej najbardziej reprezentatywnej grupy telewizorów. Ale np. brak tam elementów uwidocznionych na rysunku 1 jako T301, D301, R317. Stabilizator równoległy odchylania pionowego występował tylko w odbiornikach, gdzie ramka pracowała z układem scalonym TDA1170. I numerację tę odczytałem chyba z Neptuna 625. W pozostałych odchylanie pionowe było wykonane na dyskretnych tranzystorach. W związku z tym elementów było o wiele więcej, ale cała struktura zasilania była zgodna ze schematem ideowo-blokowym, który wykonałem do tego artykułu. (...) Błąd w oznaczeniu R428 zapewne powstał w ten sposób, że w programie Inkscape rozmnożyłem napis i nie zmieniłem go na R420 i R426. (...)*



eprasa.pl 019970d2a6

# Sięgnij po archiwalne wydania
# ELEKTRONIKI DLA WSZYSTKICH

Każde wydanie przejrzyj on-line

Szybka wysyłka GRATIS

Zamów wygodnie na www.UlubionyKiosk.pl

eprasa.pl 019970d2a6

# Moje pasje – własnej roboty magnetofon szpulowy część 2

Pierwszą część wspomnień na temat moich magnetofonów zakończyłem informacją, że mój swojej roboty magnetofon wiernie odtwarzał nagrane utwory, umożliwiał szybkie przewijanie taśmy w obie strony i że czułem pewien niedosyt. Ponieważ byłem zafascynowany magnetofonem „Szmaragd", już po miesiącu postanowiłem część mechaniczną przerobić na wzór „Szmaragda".

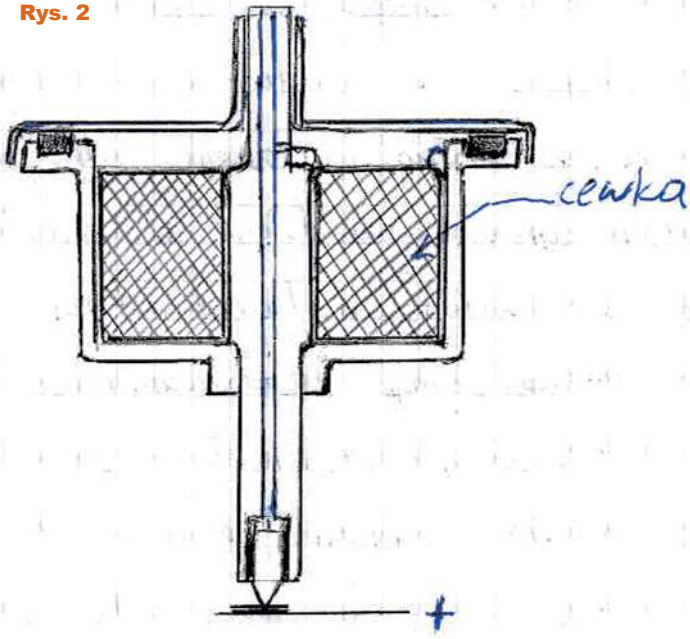
Największy problem stanowiły trudne do wykonania sprzęgła. Po kilku dniach kombinowania wpadłem na pomysł sprzęgła z ruchomą cewką, co miało wyeliminować ruchomą zworę i uprościć konstrukcję (**rysunek 2**). Dolną część sprzęga wytoczyłem z miękkiej stali. Był to kubek też osadzony na stalowym wałku. Górna część kubka była szersza, z rowkiem do wklejenia pierścienia filcowego. Cewka na napięcie 12V została nawinięta na bakelitowym karkasie i umocowana sztywno w kubku. Jeden koniec cewki został przylutowany do ścianki kubka, a drugi poprowadzony przez otwór w wałku do mosiężnego styku. Styk w postaci bolca zakończonego stożkiem został wraz z izolacyjną rurką wklejony do dolnej części wałka. Do dolnej części stożka przylegała sprężyna z dolutowaną fosforobrązową płytką. Do tej sprężyny doprowadzone było z klawisza „przewijanie" napięcie stałe 12V. Górny talerzyk, również z miękkiej stali, był tak wykonany, że obejmował dolny z prześwitem ok. 0,8–1mm. Podczas normalnej pracy górny talerzyk opierał się na pierścieniu filcowym, wystając ok. 2mm nad powierzchnię. W chwili włączenia prądu dolna część stawała się silnym elektromagnesem i na sztywno łączyła z górną. Po wyłączeniu prądu zanikało pole magnetyczne, sprężysty filc odpychał lekko górny talerzyk i sprzęgło pracowało z poślizgiem w normalnym trybie. Sprzęgła pracowały cicho i niezawodnie tak, że zachwycił się nimi poznany później amator magnetofonów. Natychmiast je skopiował i po wykonaniu bardzo chwalił.

Elektromagnes do sterowania rolką dociskową zrobiłem na wzór szmaragdowskiego, a przełącznik obrotowy zapis–odczyt zastąpiłem przekaźnikami, podobnie jak w „Szmaragdzie". Poszczególne funkcje były włączane przełącznikiem klawiszowym od „Szmaragda".

Z tego magnetofonu byłem bardzo zadowolony, ale brakowało mi drugiej prędkości przesuwu – 9,53cm/s. Po kilku miesiącach, gdy zdobyłem dwubiegowy silnik, wykonałem nową płytę nośną. Później zrobiłem też nowy wzmacniacz z przełączaną korekcją dla 19,05cm/s i 9,53cm/s. Musiałam też wcześniej przebudować zasilacz, aby dostarczał napięcia stałego 12V do sprzęgieł, elektromagnesu i przekaźników, oraz 6,3V do żarzenia lampy EF86. Musiałem też wykonać nowe głowice, gdyż poprzednie miały już mocno wytarte czoła. Przełącznik obrotów zrobiłem na wzór „Szmaragda", a pozostałe części wykorzystałem z poprzedniego magnetofonu. Po zmontowaniu otrzymałem aparat nieodbiegający jakością od wykonanego fabrycznie.

W połowie 1961 roku postanowiłem zrobić magnetofon kombinowany. Część mechaniczna miała powstać z zespołów do „Melodii", a elektryczna (wzmacniacz) miała być taka jak w „Szmaragdzie". Mechanizm „Melodii" dzięki autorewersowi jest prostszy w obsłudze, natomiast „Szmaragd" ma lepszy wzmacniacz. Zaopatrzyłem się w silnik SHS, sprzęgła, przełączniki klawiszowe, głowice i mechanizm z rolką dociskową do „Melodii". Wzmacniacz postanowiłam zrobić dokładnie jak w „Szmaragdzie", natomiast generator – jak w „Melodii". Silnik okazał się spalony, więc nie zdążyłem uruchomić mechanizmu przed pójściem do wojska. W wojsku dostałem przydział do warsztatu kompanijnego i w krótkim czasie przywiozłem do niego swój niedokończony magnetofon. W warsztacie miałem bardzo dobrego zwierzchnika, którym był wysokiej klasy specjalista elektronik. Warsztat był dobrze wyposażony, więc w wolnych chwilach mogłem dopracowywać magnetofon. Nie mogłem się pogodzić z istniejącą w wojsku ślepą uległością, która nie dopuszczała nawet najmniejszych usprawnień w sprzęcie. Przykład to spalony transformator impulsowy w nadajniku, którego nie było w magazynie. Postanowiłem go przewinąć, lecz dowódca twierdził, że naprawiony będzie miał gorsze parametry. Ja jednak się uparłem i po zapoznaniu się z bardzo dokładną dokumentacją techniczną dokładnie

Rys. 2






eprasa.pl 019970d2a6

odtworzyłem transformator. Pracował potem bardzo dobrze, ale gdy po pewnym czasie przyszedł nowy, to dowódca natychmiast zamontował go zamiast tego naprawionego.

W wojsku dokończyłem montaż magnetofonu, a silnik przewinął mi kolega z innej kompanii. Następny spalony silnik od Melodii, korzystając ze wskazówek od zaprzyjaźnionego elektryka, przewinąłem już sam. Wzmacniacz zapis–odczyt wykonałem dokładnie wg „Szmaragda", a generator wg „Melodii". Za pomocą generatora sygnałowego ustawiłem dokładne charakterystyki dla obydwu prędkości przesuwu oraz zapisu i odczytu. Muszę się jednak przyznać ze wstydem, że żaden z moich magnetofonów nie miał pokrywy maskującej. Ten magnetofon służył mi przez wiele lat, aż do przeprowadzki do nowego mieszkania. W roku 1988 podczas przeprowadzki zostawiłem go wraz z innymi rzeczami na noc w niezabezpieczonej piwnicy. Nazajutrz zniknął wraz z paroma innymi rzeczami. Bardzo to przeżyłem, gdyż był to mój ulubiony magnetofon. W połowie lat 60. wykonałem dla znajomego jeszcze jeden magnetofon, wzorowany na czeskim „Sonecie".

Praca w serwisie pochłaniała wtedy tyle czasu, że na eksperymenty już go nie starczało. Praktyka zdobyta przy konstruowaniu magnetofonów i pogłębianiu wiedzy o nich bardzo mi się przydała przy ich serwisowaniu. Gdy w połowie lat sześćdziesiątych trafił do mego serwisu magnetofon „Wilga" zobaczyłem, że ma sprzęgła działające na tej samej zasadzie, co moje pierwsze. Oczywiście w „Wildze" cały mechanizm przewijania był dopracowany i do jego obsługi wystarczyło jedno pokrętło. Miałem jednak ogromną satysfakcję, że wpadłem na pomysł podobny do tego, jaki zastosowali konstruktorzy z Tonsilu. Takie chwile, jak pomysł zastosowania reakcji w torze p.cz., o którym wcześniej pisałem, pomysł na sprzęgła w pierwszym magnetofonie, skonstruowanie sprzęgła z ruchomą cewką i wiele innych, sprawiają wiele radości. Pozwalają doskonalić swoją wiedzę i spełniać marzenia.

Może ktoś zdziwi się, że niektóre czynności opisuję dość szczegółowo, ale chcę pokazać, że wykonanie dobrze działającego magnetofonu jest dużo bardziej skomplikowane, niż zrobienie nawet wysokiej klasy radia.

W tamtych czasach kilkakrotnie spotkałem się z opinią, że zrobienie dobrego magnetofonu amatorskim sposobem nie jest możliwe. Ja wykonałem pięć dobrze działających magnetofonów (nie licząc dwóch, nie do końca udanych) i przekonałem się, że można wykonać bardzo dobry magnetofon, nieustępujący fabrycznemu. Na zakończenie chcę powiedzieć, że nie mógłbym spełniać marzeń związanych z techniką i uprawiać swoich pasji, gdybym nie spotkał wspaniałych nauczycieli.

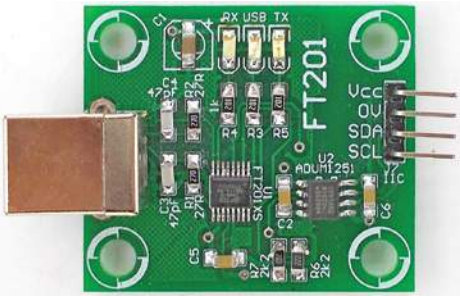
Z wielkim szacunkiem i wdzięcznością wspominam nauczyciela fizyki i chemii, który wprowadzał mnie w zagadnienia radiotechniki w szkole podstawowej w Dąbiu, nauczycieli zawodu ze szkoły zawodowej w Kole, wykładowcę elektrotechniki oraz fizyki i matematyka z Technikum Przemysłowo–Pedagogicznego w Pabianicach oraz wykładowców maszyn elektrycznych, pracowni i pomiarów oraz sieci energetycznych z Technikum Elektroenergetycznego w Toruniu. To byli nauczyciele, którzy po mistrzowsku potrafili przekazywać wiedzę.

**Jerzy Szymański**
j.szymanski@wp.eu

# Stały konkurs: *Co to jest?*

## Zadanie CoTo2203

Zadanie konkursowe brzmi:
**Co przedstawia zamieszczona niżej fotografia?**




Prosimy o krótkie odpowiedzi.

E-maile z odpowiedziami należy przysyłać w ciągu miesiąca od ukazania się numeru, na adres: ***konkursy@elportal.pl***, **nie zapominając o podaniu adresu** niezbędnego do wysyłki upominku.

W tytule e-maila należy podać nazwę konkursu, numer zadania i własne nazwisko, np. *CoTo2203Kowalski*.

Wśród autorów prawidłowych odpowiedzi rozlosowane zostaną 3 kity AVT.

## Rozwiązanie zadania CoTo2112

Fotografia pochodzi z artykułu „Kalibrator w.cz", którego autorem jest Rafał Orodziński.
Artykuł ukazał się w EdW 7/2021, na stronie 21.

Za prawidłowe odpowiedzi upominki w postaci kitów AVT otrzymują:

**Andrzej Sędzielewski** – Siemianowice Śląskie,
**Andrzej Łukańko** – Krzywaczka,
**Jerzy Kornaszewski** – Radom.



eprasa.pl 019970d2a6

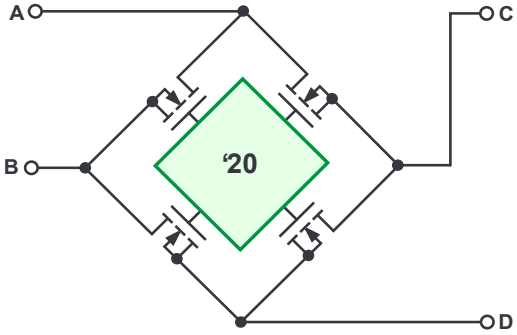
# Jak to działa

Na **rysunku A** przedstawiony jest prosty schemat. Jak zwykle zadanie konkursowe polega na rozszyfrowaniu:

**Jak działa i do czego służy taki układ?**

Odpowiedzi, koniecznie oznaczone dopiskiem **Jak3**, należy nadsyłać w terminie 60 dni od ukazania się tego numeru EdW. Nagrodami w konkursie będą 3 kity AVT

Rysunek A

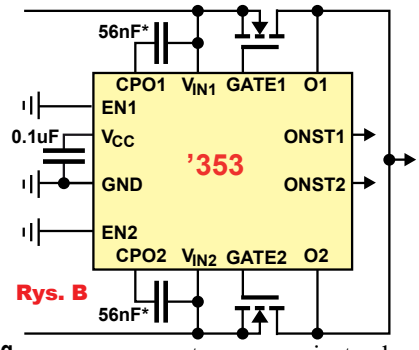



## Rozwiązanie zadania *Jak to działa* z EdW 11/2021

W numerze 11/2021 przedstawiony był, pokazany na **rysunku B**, nieskomplikowany układ elektroniczny. Jest to...

***podwójny kontroler idealnej diody w postaci układu scalonego LTC4353***.

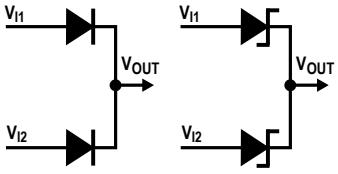
Po co komu taki układ? Ściślej biorąc, chodzi o sterownik pary idealnych diod, który ma zastąpić układ według **rysunku C**.




Rys. B

Rys. C

Diode-ORing




Dwie diody, zwykłe lub w miarę możliwości Schottky'ego, stosowane są w przypadku, gdy dany układ (urządzenie) ma być lub może być zasilany z dwóch źródeł napięcia. Często nazywane jest to „oring", „ORing" lub „OR-ing" od angielskiego OR, czyli LUB. Obwód z dwoma diodami w pewnym sensie pełni bowiem funkcję bramki OR.

Tego rodzaju obwody na przykład są stosowane są do zapewnienia rezerwowego zasilania na czas zaniku napięcia pochodzącego z głównego zasilacza sieciowego. Stosowane są też w urządzeniach, które muszą niezawodnie pracować bez jakichkolwiek przerw i dlatego zasilane są z wykorzystaniem podwójnych lub potrójnych – ogólnie biorąc – nadmiarowych zasilaczy (*redundant supply*).

Niektóre takie rozbudowane systemy zasilania umożliwiają wymianę pojedynczego zasilacza podczas pracy systemu, co jest określane *hot swap*. Systemy i kontrolery *hot swap* to jednak odrębny, dość szeroki temat.

W prostszych przypadkach dwa zasilacze mogą zasilać jeden układ lub urządzenie za pomocą prostego obwodu według rysunku C.

W praktyce problemem są straty napięcia i mocy w diodach. Zwykle przyjmuje się, że spadek napięcia na zwykłej diodzie krzemowej to 0,7V, a na diodzie Schottky'ego 0,3...0,4V.

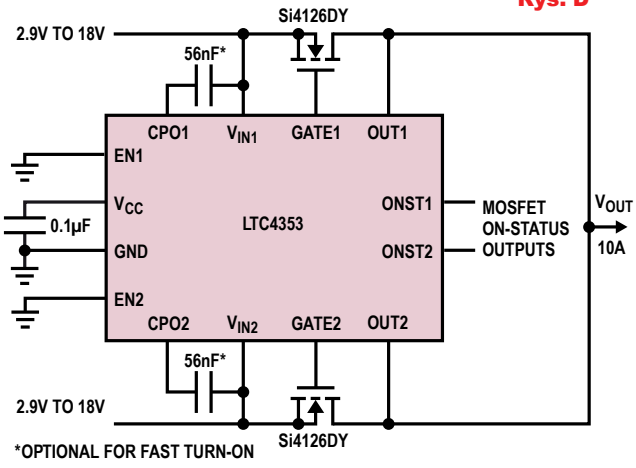
Często tak właśnie jest, ale ogólnie biorąc – przy małych prądach pracy. Przy prądach pracy bliskich maksymalnym dla danej diody spadki napięć mogą być większe: w przypadku zwykłych diod 0,8...1V, w przypadku diod Schottky'ego 0,6..0,8V, a nawet trochę więcej.

Nieco dokładniej biorąc, zależy to od gęstości prądu w złączu. W uproszczeniu można stwierdzić, że takie napięcia przewodzenia mają diody przy prądach znacznie mniejszych od prądu maksymalnego danej diody. Zastosowanie przewymiarowanych diod o większych prądach nie rozwiązuje problemu, zwłaszcza gdy chodzi o prądy rzędu amperów.

Już od dawna problem dużej mocy strat w diodach rozwiązuje się, stosując zamiast nich tranzystory MOSFET. Połączenie MOSFET-a z odpowiednim sterownikiem nazywa się idealną diodą (*ideal diode*). W rzeczywistości taka dioda nie jest idealna, bowiem

2.9V to 18V, 10A Ideal Diode-OR

Rys. D






eprasa.pl 019970d2a6

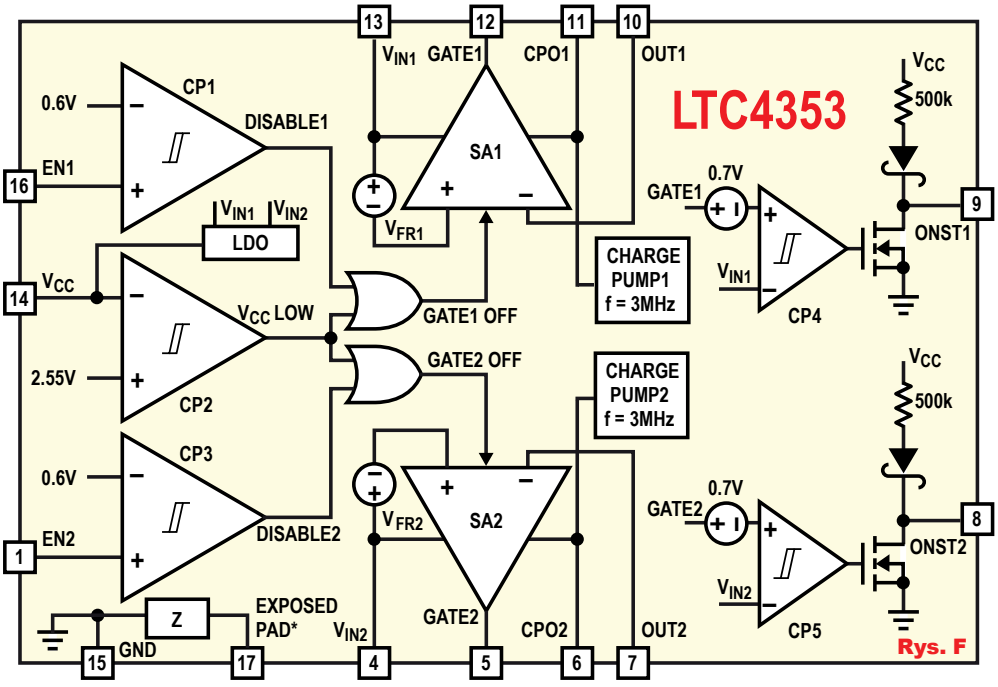
nadal występują straty mocy, tym razem w rezystancji $R_{DSon}$ otwartego MOSFET-a ($P = I^2 * R_{DSon}$), ale trzeba przyznać, że są dużo mniejsze niż w diodach.

W ofercie rynkowej można dziś znaleźć mnóstwo scalonych sterowników idealnych diod (*ideal diode controller*) o różnym przeznaczeniu. Między innymi właśnie układ scalony LTC4353. W karcie katalogowej tej interesującej kostki można znaleźć schemat, pokazany na **rysunku D**.

Wykorzystane są dwa zewnętrzne MOSFET-y z kanałem N. Na rysunku podany jest prad pracy 10A. Jednak stosując odpowiednio mocne tranzystory, można byłoby pracować z prądem o praktycznie dowolnej wartości, nawet ponad 100 amperów. Ograniczeniem jest natomiast zakres napięć. Układ scalony prawidłowo pracuje przy zasilaniu od 2,9V do 18V. Napięcia wejściowe nie mogą być wyższe od 18V, ale mogą być niższe od 2,9V, tylko trzeba wtedy zastosować zewnętrzne źródło zasilania dla układu scalonego (2,9V...6V dołączone do nóżki $V_{CC}$).

Wejścia EN1, EN2 pozwalają wyłączyć tranzystory MOSFET, ale nie oznacza to przerwania przepływu prądu, ponieważ MOSFET-y mają wbudowane diody według **rysunku E**.

Przedstawione schematy nie informują o szczegółach działania układu scalonego. Dociekliwi Czytelnicy zastanawiają się niewątpliwie nad tym, czy podczas normalnej pracy oba MOSFET-y są nasycone, czy może jakiś komparator porównuje oba napięcia wejściowe i otwiera tylko ten tranzystor, na którego źródle (na końcówce $V_{IN1}$, $V_{IN2}$) napięcie jest wyższe, czy może jest jeszcze inaczej.



Rys. F

Otóż jest jeszcze inaczej. Można to przeanalizować w oparciu o pochodzący z katalogu blokowy schemat wewnętrzny, pokazany na **rysunku F**.

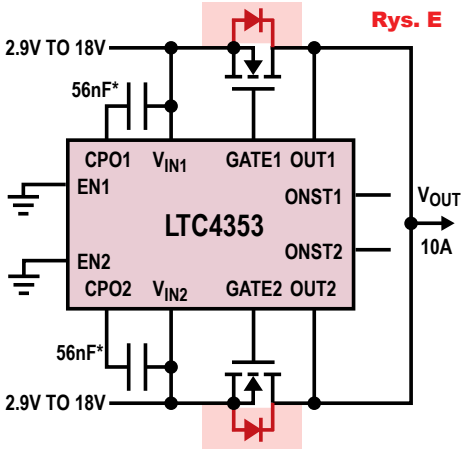
Podstawą są dwa specyficzne komparatory SA1, SA2. W istocie są to serwowzmacniacze. Porównują one małe napięcia $V_{FR1}$, $V_{FR2}$ z różnicą napięć między punktami $V_{IN1}$ – OUT1 oraz $V_{IN2}$ – OUT2, czyli z napięciami występującymi na obu tranzystorach MOSFET. W normalnych warunkach pracy te serwowzmacniacze tak dostosowują napięcia bramek, żeby na przewodzącym tranzystorze występował spadek napięcia równy $V_{FRn}$.

Wartość tego napięcia to według katalogu typowo od 12 do 25 miliwoltów, zależnie od napięcia zasilania. Oznacza to, że podczas normalnej pracy przy niedużych prądach tranzystory nie są nasycone. Jednak gdy pobór prądu rośnie, zostają nasycone i wtedy spadek napięcia na nich może być większy ($U = I * R_{DSon}$).

Każdy z tranzystorów można niezależnie wyłączyć za pomocą wejść EN1, EN2. Oba tranzystory zostaną też wyłączone przy zbyt niskim napięciu zasilania.

Ponieważ współpracujące MOSFET-y są typu N, do ich otwarcia wymagane jest napięcie dodatnie względem dodatnich szyn zasilania $V_{IN1}$, $V_{IN2}$. Stąd obecność dwóch przetwornic – pomp ładunku (*charge pumps*). Jeżeli w obwodach przetwornic zostaną zastosowane opcjonalne kondensatory (56nF), pozwolą one zgromadzić ładunek potrzebny do szybkiego przeładowania pojemności bramkowych MOSFET-ów. Wedug katalogu włączanie i wyłączanie tranzystorów następuje w czasie poniżej 1 mikrosekundy.

Szybkie wyłączanie jest niezbędne tylko w sytuacji awaryjnej, gdy jedno z wejść zostanie zwarte. Problemu nie ma w prostej wersji z diodami według rysunku C. W przypadku tranzystorów powstaje problem, gdy jedno ze źródeł zasilania zostaje zwarte. Otwarte są oba tranzystory i co ważne, oba mogą przewodzić prąd w obu kierunkach, więc zwarcie powoduje przepływ prądu „w niewłaściwym kierunku", od strony zasilanego układu do tego zwartego źródła. Tranzystor trzeba jak najszybciej zatkać, wyłączyć i dba o to serwowzmaciacz (SA1, SA2). Ogólnie biorąc, gdy wykryje on wystąpienie na tranzystorze napięcia o „niewłaściwej biegunowości", zatyka ten tranzystor.



Rys. E

Wszystkie nadesłane odpowiedzi były prawidłowe. Nagrody-upominki za zadanie ***JakDziała?*** otrzymują:
**Circuit Chaos** – Warszawa,
**Sławomir Tomaszewski** – Biała,
**Ryszard Magdycz** – Wrocław.
Wszyscy uczestnicy konkursu zostają dopisani do listy kandydatów na bezpłatne prenumeraty.



eprasa.pl 019970d2a6

# oferta, formularz zamówienia

AVT sklep

sklep.avt.pl

Produkty z oferty i wyroby AVT
można nabyć na kilka sposobów:

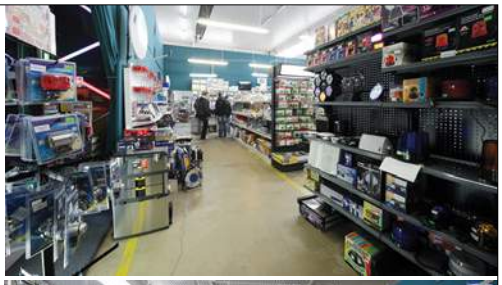
W sklepie internetowym:

**sklep.avt.pl**

W sklepie firmowym AVT:
*Warszawa - Żerań*
*ul. Leszczynowa 11*

Wypełniając poniższy formularz zamówienia

Formularz należy wysłać na adres:
*AVT SPV Sp. z o. o.*
*03-197 Warszawa*
*ul. Leszczynowa 11*



**prześlij na adres:**
**AVT SPV Sp. z o.o.**
**03-197 Warszawa**
**ul. Leszczynowa 11**

Miejsce na **kupon rabatowy** EdW 1/2022

Miejsce na **kupon rabatowy** EdW 2/2022

Miejsce na **kupon rabatowy** EdW 3/2022

Tu wklej kupony z ostatnich 3 numerów EdW a uzyskasz **zniżkę 10%** dla stałych czytelników. (szczegóły na stronie 73)
Prenumeratorzy nie muszą wklejać kuponów, wystarczy, że podadzą nr prenumeraty!

## ZAMÓWIENIE na artykuły z oferty AVT

### Kity

Oznaczenia wersji kitów:
- [A] płytka drukowana PCB
- [UK] zaprogramowany układ
- [A+] płytka PCB i zaprogramowany układ
- [B] płytka PCB (lub płytki), UK (jeśli występuje) i komplet elementów elektronicznych wymienionych w dokumentacji zestawu.
- [C] zestaw zmontowany

| Numer kitu AVT | A | A+ | B | C | UK |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

### Inne artykuły z oferty AVT

| Kod – Nazwa | Ilość |
|---|---|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Nadawca: ..... .....
imię i nazwisko — mój numer prenumeraty

Adres: .....

☐ wysyłka pobraniowa kurierem: 19zł

.....

..... .....
nr telefonu — e-mail — data — podpis

eprasa.pl 019970d2a6

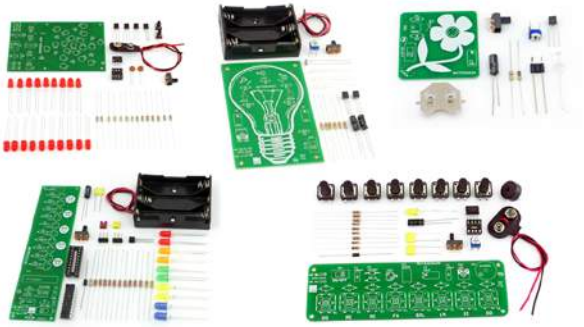
# AVTEDU

Poznaj całą serię

Zupełnie nowa edukacyjna seria kitów AVTEDU. Wypróbuj je wszystkie i zostań mistrzem lutownicy, poznaj świat elektroniki i zgłębiaj go razem z nami

**#AVTEDU #NaukaLutowania #KityAVT**

**AVTEDU to zestawy (KITy) DIY do samodzielnego zlutowania.**
W zestawach znajduje się płytka drukowana i komplet elementów elektronicznych.



## Kolorofon LED
## Zestaw do montażu **AVTEDU644**, cena: 48zł

- wbudowany mikrofon - nie wymaga bezpośredniego połączenia ze źródłem dźwięku
- efekt świetlny wytwarzany zgodnie z rytmem muzyki
- reaguje na tony niskie, średnie i wysokie
- źródło światła - diody LED w trzech kolorach
- płynna regulacja czułości
- zasilanie: 12VDC /200mA (2.1/5.5)
- wymiary płytki: 149×79mm

## Stroboskop dyskotekowy LED
## Zestaw do montażu **AVTEDU641**, cena: 38zł

- źródło światła - superjasne białe diody LED
- płynna regulacja częstotliwości błysków
- 16 kombinacji świetlnych
- długi czas pracy na baterii
- zasilanie: 6 VDC [4×AA] - zestaw nie zawiera baterii
- wymiary płytek: 32×69mm i 61×69mm

AVT SPV Sp. z o.o., 03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel.: (22) 257 84 51 e-mail: handlowy@avt.pl

AVT sklep **sklep.avt.pl**

eprasa.pl 019970d2a6

# Cyfrowy multimetr uniwersalny HT126A

HABOTEST®

**Miernik został zaprojektowany w taki sposób, aby zapewnić Ci maksymalny komfort użytkowania. Niewielki i poręczny - jego grubość wynosi 25,7 mm. Duży wyświetlacz i silikonowe przyciski ułatwiają obsługę urządzenia.**

- Pomiar napięcia DC: 600mV/6V/60V/600V
- Pomiar napięcia AC: 6V/60V/600V
- Pomiar natężenia DC: 600mA/10A/6A
- Pomiar natężenia AC: 600mA/10A/6A
- Pomiar rezystancji: 600om/6kom/60kom/600kom/6Mom/60Mkom
- Pomiar pojemności: 6nF/60nF/600nF/6μF/60μF/600μF/6mF/60mF
- Pomiar częstotliwości: 6Hz/60Hz/600Hz/6kHz/60kHz/600kHz/6MHz/10MHz
- Pomiar współczynnika wypełnienia: 1.0~99.0%
- Pomiar temperatury (°C/°F): -40°C ~ 100°C / -40°F ~ 1832°F
- Testowanie diod: Tak, 0~3V
- NCV: Tak
- Ciągłość: <50om
- Wyświetlacz: 6000 TN z podświetleniem
- Przechowywanie danych: Tak
- Prawdziwa wartość RMS: Tak
- Funkcja wskazywania przepalonego bezpiecznika: Tak
- Wskaźnik niskiego poziomu baterii: Tak
- Automatyczne wyłączanie zasilania: Tak
- Latarka: Tak
- Zasilanie: 4x bateria 1.5V AAA
- Normy i certyfikaty: EN61010-1; EN61326-1; CAT III 600V
- Waga: ok. 182 g
- Wymiary: 146 x 73 x 26 mm

**Kod handlowy: HT126A**
**Cena: 178zł**

Akcesoria w zestawie: baterie, przewody pomiarowe, sonda temp. typu K oraz usztywniane praktyczne etui


sklep.avt.pl

AVT SPV Sp. z o.o., 03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel.: (22) 257 84 51 e-mail: handlowy@avt.pl


eprasa.pl 019970d2a6