

ELEKTRONIKA

dla wszystkich

10/2019 PAŹDZIERNIK • CENA 12zł (w tym 5% VAT) • NAKŁAD: 14 990 egz.

www.elportal.pl

Elektroniczna gra Łamigłówka

Izolowana galwanicznie sonda oscyloskopowa 2,5kV

- ▶ Infinity
 - Współpraca z czujnikiem tlenku węgla
- ▶ Miernik lamp elektronowych
- ▶ Wtórnik audio z zasilaczem
- ▶ Wielofunkcyjne obciążenie aktywne, czyli układ do marnowania energii
- ▶ Enigma
- ▶ Automatyka
 - Elektronika w wentylacji i rekuperacji
- ▶ Transmisja danych w inteligentnym domu
- ▶ Wzmacniacze klasy D
- ▶ Przetwornice indukcyjne
- ▶ Kurs Arduino – Wyświetlacze matrycowe
- ▶ Ratowanie starych odbiorników lampowych
 - Bateriajne odbiorniki radiowe



Portale branżowe
AutomatykaB2B.pl
ElektronikaB2B.pl

Miejsca dla
specjalistów

Drukarki 3D
filamenty, części zapasowe



www.thingiverse.com/thing:486983
sklep.avt.pl

FIRMA PIEKARZ
CZĘŚCI ELEKTRONICZNE

przetłaczniki
półprzewodniki
złącza
przełączniki
radiatory
obudowy
i wiele więcej...

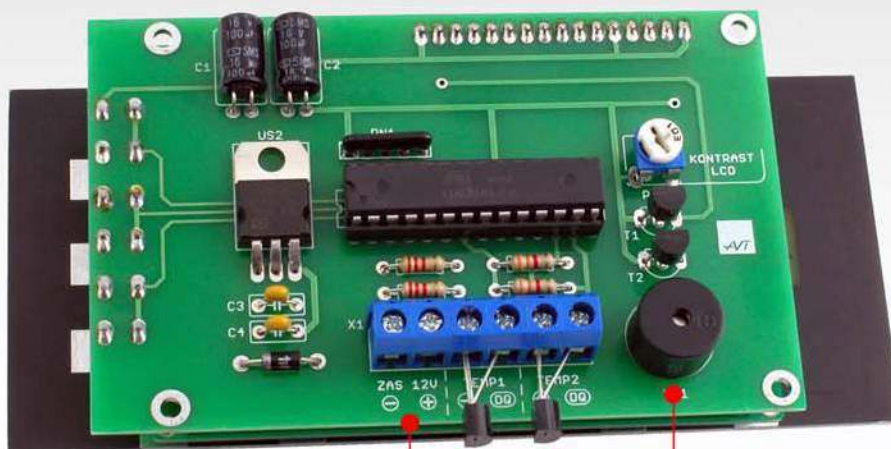
www.piekarz.pl



AVT 1999 2-kanalowy termometr MIN-MAX z alarmem

Termometr służy do monitorowania temperatury w dwóch punktach za pomocą czujników temperatury typu DS18B20 z interfejsem 1-Wire.

Dla każdego czujnika można zadeklarować zakres temperatury normalnej, a o jego przekroczeniu poinformuje sygnalizator akustyczny (sygnał rozlega się w odstępach czasowych tak długo, jak długo temperatura pozostaje wyższa lub niższa od temperatury ustawionej) oraz stosowny komunikat na wyświetlaczu. Termometr posiada pamięć wartości minimalnej i maksymalnej z możliwością jej zerowania w dowolnym momencie. Dodatkową funkcjonalnością termometru jest możliwość przypisania indywidualnej nazwy dla każdego z dwóch punktów pomiarowych.



Zasilanie 12VDC

Czujniki temperatury

Sygnalizator akustyczny

Kod handlowy:
AVT1999



sklep.avt.pl

AVT-Korporacja Sp. z o.o. 03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
Dział Handlowy tel.: (22) 257 84 50 e-mail: handlowy@avt.pl

UWAGA KONKURS

KITY AVT



Elektroniku mały i duży

KITyAVT ogłasza konkurs
wiedzy o zestawach AVT.

Do zdobycia atrakcyjne
nagrody i gadżety. Szczegóły
i regulamin na profilu
Facebook KITyAVT

nie przegap
śledź profil już
od dziś...



Śledź nowości, bierz udział w konkursach,
zgarniaj odlotowe gadżety i nagrody od Kity AVT.

SKLEP.AVT.PL

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



ARTRONIC..... 1



ELMAX..... 77



EX-OR..... 77



FERYSTER..... 61



GTB-SOLARIS..... 77



PIEKARZ..... 1, 33



PRODUCENT AUTOMATYKI GRZEWCZEJ

PW KEY..... 77



SEMICON..... 29



str. 15

Elektroniczna gra – łamigłówka Nauka podstaw elektroniki

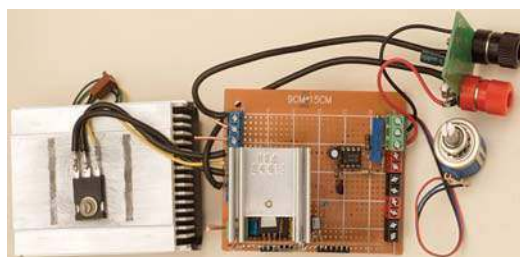
Znakomity sposób by zainteresować elektroniką młodsze pokolenie! Łamigłówka polegająca na zbudowaniu z dostarczonych podzespołów działającego układu elektronicznego.



str. 24

Izolowana galwanicznie sonda oscyloskopowa 2,5kV

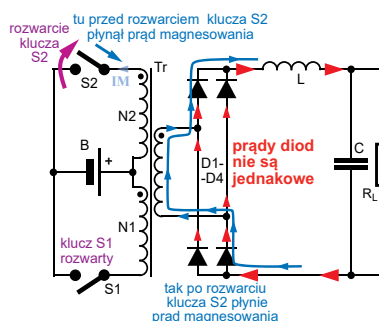
Interesujący przykład jak można samodzielnie wykonać wysokonapięciową sondę oscyloskopową, i to izolowaną galwanicznie od masy oscyloskopu i przewodu uziemiającego.



str. 40

Kuchnia Konstruktora Taki zwyczajny zasilacz

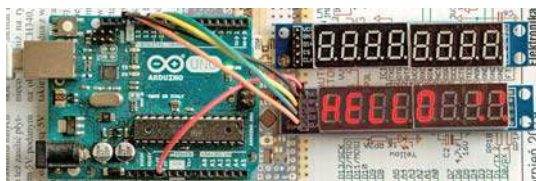
W drugim odcinku cyklu decydujemy się na konkretne rozwiązania układowe i materiałowe, tworzymy schemat oraz budujemy próbną wersję podstawową.



str. 44

Przetwornice indukcyjne

Po omówieniu różnych wersji przetwornicy Royera wracamy do klasycznych przetwornic z dwukierunkowym magnesowaniem rdzenia. Zaczynamy rozwiązywać wcześniejszą zagadkę, jaką drogą płynie prąd magnesujący w przerwach między impulsami roboczymi.



str. 48

Kurs Arduino – matrycowe wyświetlacze LED

W dziewiętnastym odcinku kursu omawiamy różne sposoby sterowania wyświetlaczami LED. Zapoznajemy się z kostką MAX7219 i jak to zwykle jest z Arduino... napotykamy poważne problemy.

Copyright AVT-Korporacja Sp. z o.o., Warszawa, ul. Leszczyńska 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



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

Wydawca:
Wiesław Marciniak

Adres Wydawcy:
AVT-Korporacja sp. z o.o.
ul. Leszczyńska 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

Okladka, 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.gugała@elportal.pl
tel.: (22) 257 84 64

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

AVT – EdW
ul. Leszczyńska 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
e-mail: prenumerata@avt.pl

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
Arkadiusz Bartold
Szymon Janek
Krzysztof Kawa
Rafał Orodziński
Michał Pędzimaż
Michał Stach
Szymon Trygar
Adam Sobczyk
Piotr Świerczek
Piotr Wójtowicz

Projekty

Projekty AVT

Elektroniczna gra – lamigłówka. Nauka podstaw elektroniki.....	15
Miernik lamp elektronowych, część 2.....	20
Izolowana galwanicznie sonda oscyloskopowa 2,5kV.....	24
Infinity – system automatyki domowej.....	
Współpraca z czujnikiem tlenu węgla.....	28

Elektronika 2000

Wtórnik audio z zasilaczem.....	64
Wielofunkcyjne obciążenie aktywne, czyli układ do marnowania energii.....	66

Szkoła Konstruktorów

Zadanie główne 284

Przedstaw jeden ze swoich wcześniejszych układów elektronicznych albo zaproponuj układ, który chciałbyś zrealizować.....	55
---	----

Rozwiązanie zadania głównego 279

Zaproponuj elektroniczny układ dowolnej przystawki.....	56
---	----

Druga klasa Szkoły Konstruktorów Co tu nie gra? 284, 279.....	59
--	----

Trzecia klasa Szkoły Konstruktorów Policz 284, 279.....	62
--	----

Artykuły różne

Enigma.....	14
Automatyka – elektronika w wentylacji i rekuperacji, część 1.....	31
Transmisja danych w inteligentnym domu	
4. Kłopoty z odmianami i modyfikacjami RS-232.....	34
Wzmacniacze klasy D, część 5.....	37
Kuchnia konstruktora. Taki zwyczajny zasilacz...	
Część 2 – koncepcja realizacji.....	40
Przetwornice indukcyjne, część 31.....	44
Kurs Arduino, odcinek 19.....	48
Ratowanie starych odbiorników lampowych.	
Baterijne odbiorniki radiowe, część 1.....	70

Rubryki stałe

Nowości, ciekawostki.....	6
Poczta.....	10
Skrzynka porad.....	12
Prenumerata.....	8
Księgarnia AVT.....	80
Miniankieta.....	76
Reklamy.....	77
Oferta handlowa AVT.....	82

Konkursy

Jak to działa?.....	72
Co to jest?.....	74
Krzyżówka.....	75



Październik

W październiku na okładce mamy szczególny projekt, będący rozwiązaniem niedawnego zadania głównego 276 *Szkoły Konstruktorów*. Zadanie to dotyczyło osób, które zaczynają albo mogłyby zacząć swoją przygodę z elektroniką. Wielu Czytelników EdW chciałoby zainteresować elektroniką młodsze pokolenie, co z różnych względów nie zawsze bywa łatwe. Autor projektu stworzył rodzaj bardzo interesującej gry, która wciąga odbiorcę i bawiąc – uczy. Przy okazji pokazuje piękno elektroniki i jej podzespołów. Niech ten szczególny autorski projekt będzie wzorem i zachętą dla tych, którzy chcą zainteresować elektroniką młodsze pokolenie. Z przyjemnością przedstawilibyśmy w EdW kolejne inicjatywy wprowadzające do elektroniki nowych.

Pod wpływem Waszych listów dokładniej zajęliśmy się trudnym tematem wyświetlaczy matrycowych oraz graficznych, co widać w *Kursie Arduino*. Niestety, w październikowym numerze znów nie zmieściły się wszystkie wstępnie planowane materiały, w tym odcinek cyklu *Wokół Arduino* też dotyczący wyświetlaczy graficznych. Pójdzie za miesiąc.

Pozytywne reakcje wywołał pierwszy odcinek wznowionego cyklu *Kuchnia Konstruktora*, dotyczący „takiego zwykłego zasilacza”, co jest bardzo silną zachętą do jego kontynuacji. Treść EdW dostosowujemy i będziemy dostosowywać do Waszych życzeń, piszcie więc, co sądzicie o zawartości naszego wspólnego czasopisma. Reagujcie też na listy w rubryce *Poczta*. Jak zwykle zachęcam też do udziału w zadaniach *Szkoły Konstruktorów* oraz w innych konkursach EdW!

Serdecznie pozdrawiam

Piotr Górecki



**Prenumerata
– naprawdę warto!**

CZY OGNIWA PALIWOWE WRÓCĄ?

Jeszcze 10–15 lat temu bardzo duże oczekiwania pokładano w wodorowych ogniwach paliwowych, ale dziś mówi się o nich coraz mniej. Podczas targów IAA Cars 2019 BMW zaprezentowało jednak innowacyjne BMW o nazwie „i Hydrogen NEXT”. Ma on być zapowiedzią kolejnej generacji elektrycznych układów napędowych wykorzystujących właśnie technologię ogniw wodorowych.

Zastosowanie w pojazdach tego typu ogniw paliwowych nie tylko przyczynia się do zmniejszenia całkowitej emisji CO₂, ale także pozwala uzyskać większą mobilność. Samochody wyposażone w napęd wodorowy zapewniają duży zasięg, a dodatkowo mogą być tankowane w czasie poniżej czterech minut, co stanowi ogromną zaletę w porównaniu do akumulatorowych napędów elektrycznych.

Przykładem takiego pojazdu może być zaprezentowany podczas targów IAA Cars 2019 – BMW i Hydrogen NEXT. Wyposażony w wodorowe ogniwa paliwowe samochód bazuje na rodzinnym SUVie X5. Wśród wyróżniających go elementów znalazły się między innymi delikatne modyfikacje stylistyczne, nawiązujące do pozostałych innowacyjnych modeli marki.

Dążąc do jak najszybszego ograniczenia emisji CO₂, BMW chce zaproponować swoim klientom pojazdy napędzane ogniwami paliwowymi już w 2025 roku.



Jak twierdzą sami przedstawiciele niemieckiego koncernu wszystko jednak zależy od czynników rynkowych i ogólnych uwarunkowań.

WYTRZYMAŁOŚĆ

ZGINANYCH EKRANÓW

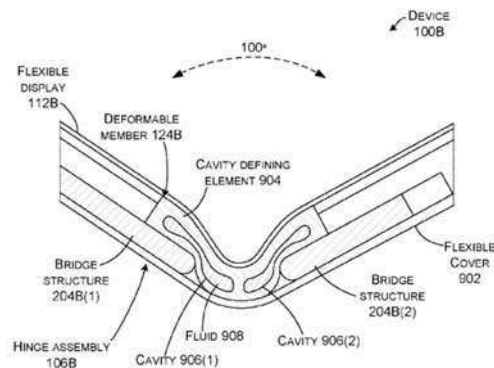
Największe na świecie firmy technologiczne, produkujące urządzenia mobilne mają ten sam poważny problem. Kiedy pierwsi testerzy zwracali do Samsunga uszkodzone sztuki Galaxy Folda, w konkurencyjnych obozach producentów smartfonów zbierały się ekipy inżynierów planujących, co zrobić, żeby podobna sytuacja nie przytrafiła się im. Przydatny pomysł może mieć Microsoft.

W nowym zestawie patentów można zauważyć interesujący szczegół: zawiasy przeznaczone dla urządzenia ze składanym ekranem wzmocnione są w środku... cieczą. Wypełnia ona luki powstałe w wyniku ruchu zawiasu, co zmniejsza siły parcia jego elementów na wyświetlacz, przypominając nieco staw kolanowy.

Na razie z problemem elastycznych ekranów nie poradzili sobie tacy giganci jak Samsung i Huawei, którzy musieli znacznie opóźnić premiery swoich składanych urządzeń i nadal nie mamy pewności czy ostatecznie trafią one do rąk konsumentów. Jedni czekają na elastyczne ekrany z niecierpliwością, inni twierdzą, że składane urządzenia to rozwiązanie problemu... którego nikt nigdy nie miał. Na razie ten segment rynku pozostaje wielką niewiadomą, ale bardzo interesujące jest przyglądanie się wyścigowi zbrojeń producentów.

Czy już wkrótce zobaczymy to rozwiązanie w urządzeniu Surface o kodowej nazwie „Centaurus”?

Przekonamy się o tym już w pierwszej połowie października, podczas największej od lat konferencji sprzętowej Microsoftu.



NOWY IPHONE 11

iPhone 11, czyli model podstawowy „dla mas”, stanowi naturalną kontynuację poprzedniej generacji. Smartfon wyposażono w identyczny wyświetlacz jak iPhone’a XR, tj. 6,1-calowy panel LCD Liquid Retina HD o rozdzielczości 1792×828 pikseli (dpi = 326ppi) z funkcją True Tone. Model ten będzie dostępny w sześciu kolorach. Jeśli chodzi o aparat główny na panelu tylnym, to jest on podwójny: główny obiektyw ma sensor o rozdzielczości 12Mpix i optyczną stabilizację obrazu (OIS), podczas gdy drugi to 12Mpix obiektyw szerokokątny z przysłoną f/1.8 o polu widzenia 120° FOV. Apple dodało też tryb nocny, który aktywuje się automatycznie kiedy wykryje, że światła jest bardzo mało. Nie zabrakło także możliwości nagrywania wideo w 4K w 60 klatkach na sekundę.

Podobnie jak w zeszłym roku, Apple zaprezentowało też dwa smartfony z wyższej półki. Ich nazwy były tematem niejednego przecieku, jednak ostatecznie okazuje się, że zadebiutują one na rynku jako iPhone 11 Pro i iPhone 11 Pro Max.



Smartfony wyposażono w podobne, ale też nieco ulepszone, wyświetlacze, jak iPhone’a XS i iPhone’a XS Max. Na pokładzie iPhone’a 11 Pro znalazł się 5,8-calowy OLED Super Retina XHD o rozdzielczości 2436×1125 pikseli (dpi = 458ppi), a iPhone’a 11 Pro Max 6,5-calowy OLED Super Retina XHD o rozdzielczości 2688×1242 pikseli (dpi = 458ppi). Ekrany wspierają HDR i mogą świecić z jasnością nawet 1200 nitów. Technologia 3D Touch została jednak zastąpiona Haptic Touch.

Sercem iPhone’a 11 Pro i iPhone’a 11 Pro Max jest szóstordzeniowy procesor Apple A13 Bionic, czyli ten sam SoC, który siedzi w iPhone 11. Dwa rdzenie obsługują najbardziej wymagające zadania, natomiast cztery pozostałe mniej skomplikowane. Za grafikę odpowiada czterordzeniowe GPU, a za zadania bazujące na uczeniu maszynowym ośmiordezeniowy Neural Engine. Ceny? Jak zawsze w przypadku Apple – wysokie.

GOGLE AR DO PŁYWANIA

Czy wreszcie pojawiło się sensowne zastosowanie technologii, która pojawiła się w Google Glass? Gogle pływackie od firmy Form są sprzętem dla fanów tak zwanej elektroniki noszonej, którzy są jednocześnie stałymi bywalcami... pływalni.

Kosztują 200 dolarów, są lekkie i pokazują czasy osiągnięte przez pływaka oraz odległość jaką pokonuje. Jest to możliwe dzięki zbieraniu danych z czujników umieszczonych w obudowie. Mogą one działać nieprzerwanie przez 16 godzin.

Dane łatwo później eksportować do aplikacji na smartfony z Androidem i iPhone'y. Dzięki temu można śledzić swoje postępy w pływaniu. Współpracując z wieloma profesjonalistami Form sprawiło, że Swim Goggles już teraz są uznawane przez wielu za idealny gadżet sportowy. A teraz zapowiedziano kolejną mile widzianą funkcję: śledzenie tętna. Co prawda nie chodzi o jakąś aktualizację własnego sprzętu, ale o podjęcie rozmów z firmą Polar. W ich wyniku ogłoszono, że czujniki tętna OH1 i OH1+ produkowane przez Polara, będą mogły współpracować z goglami pływackimi Form. Dzięki temu trenujący będą w stanie śledzić na bieżąco swój puls.

To już kolejne urządzenie pokazujące, że w przypadku okularów rozszerzonej rzeczywistości zastosowania specjalistyczne sprawdzają się znacznie lepiej niż zastosowania ogólne.



LAPTOP Z LINUXEM...

Laptopy i desktopy z Linuxem na pokładzie nie są żadną nowością, szczególnie w świecie programistów. Jednak rzadko kiedy producenci chwalą się użyciem tego systemu. Jeszcze rzadziej prowadzą rozległe kampanie reklamowe dla tych urządzeń.

Tym razem jest inaczej. Oprogramowanie o nazwie Deepin pojawiło się w urządzeniach firmy Huawei i rozwijane jest w Chinach. Linux Deepin to dojrzała, dedykowana komputerom stacjonarnym i laptopom dystrybucja, która dzięki producentowi z Państwa Środka może wejść na światowe salony. To najprawdopodobniej kolejny ruch Huawei mający na celu uniezależnienie się od amerykańskich systemów operacyjnych (Android i Windows).

Na ten moment wiemy, że Linux Deepin pojawił się tylko w chińskim modelu dystrybucji. Producent postawił na to oprogramowanie w takich urządzeniach, jak Huawei MateBook X Pro, MateBook 13 i MateBook 14. Z uwagi na licencję system jest oczywiście dostępny na zasadzie *open source*. Można pobrać wersję z językiem angielskim, więc nawigacja po platformie nie jest zarezerwowana tylko dla odbiorców z Chin.

Na razie Huawei nie tłumaczy, czy możemy oczekiwać bliskiej integracji Deepina z mobilnym systemem tej firmy, czyli Harmony OS. Matebooki z linuxem na pokładzie będą nieznacznie tańsze z uwagi na brak dodatkowych kosztów licencji za system operacyjny.



WI-FI 6 OFICJALNIE

Wi-Fi Alliance uruchomiło właśnie program certyfikacji Wi-Fi 6. Oznacza to, że prace nad nowym standardem się zakończyły, technologia jest gotowa aby oficjalnie wejść na rynek, a producenci mogą reklamować swoje produkty jako w pełni obsługujące Wi-Fi 6 (oznaczaną jako 802.11ax).

Nowy standard oczywiście niesie ze sobą zwiększenie prędkości – z maksimum 3,5 Gb/s do 9.6Gb/s. Prędkości tych raczej nikt nie osiągnie w domu, ale prawie trzykrotne zwiększenie maksymalnego transferu pozwala na lepsze rozdzielanie go pomiędzy każde podłączone urządzenie. I obsługa wielu urządzeń to jest właśnie motyw przewodni Wi-Fi 6. Gdy premierę miało Wi-Fi 5 (2013) w przeciętnym domu w Stanach Zjednoczonych znajdowało się 5 urządzeń

podłączonych do Internetu. Dziś jest ich ponad 9, a w ciągu paru lat ta liczba ma się zwiększyć do 50.

Wi-Fi 6 ma być gotowe na większe obciążenia głównie dzięki dwóm technologiom. MU-MIMO (multi-user, multiple input, multiple output) obecne w dzisiejszych routerach pozwala maksymalnie na konfigurację anten 4x4, dzięki czemu

mogą one komunikować się z co najwyżej czterema urządzeniami naraz. Drugą technologią jest OFDMA (orthogonal frequency division multiple access).

Usprawnienia bezpieczeństwa z kolei powinny szczególnie pomóc podczas różnego rodzaju wydarzeń publicznych, na koncertach i w trakcie innych imprez masowych, gdy do jednej sieci połączone są dziesiątki, a nawet setki osób.



PRENUMERUJ

W PRENUMERACIE:

- ▶ wygodna dostawa (wprost do skrzynki pocztowej)
- ▶ przesyłka gratis!

do 50% zniżki
za lojalność

Prenumerujesz nieprzerwanie od minimum roku? Przedłużaj prenumeratę ze zniżką lojalnościową (po zalogowaniu na www.avt.pl)

prenumerata		roczna	dwuletnia
jeśli jeszcze nie jesteś Prenumeratorem		132 zł zniżka 8%	
jeśli prenumerujesz nieprzerwanie od:	roku	120 zł zniżka 16%	192 zł zniżka 33%
	2 lat	108 zł zniżka 25%	
	3 lat	96 zł zniżka 33%	168 zł zniżka 41%
	5 lat		144 zł zniżka 50%

Ceny prenumerat standardowych:

prenumerata roczna
1 wydanie gratis
132 zł

prenumerata dwuletnia
8 wydań gratis
192 zł

e-prenumerata roczna
zniżka 15%
87,70 zł

e-prenumerata dwuletnia
zniżka 30%
144,40 zł

prenumerata łączona:
prenumerata papierowa (standardowa lub ze zniżką lojalnościową) + równoległa e-prenumerata EdW **ze zniżką 80%**
roczna e-prenumerata równoległa 20,60 zł
dwuletnia e-prenumerata równoległa 41,20 zł

prenumeratę zamówisz:

- na www.avt.pl • mailowo - prenumerata@avt.pl • telefonicznie - 22 257 84 22
- wpłacając na konto: AVT Korporacja sp. z o.o., ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, ING Bank Śląski 18 1050 1012 1000 0024 3173 1013

Szanowny Kliencie, od 25 maja 2018 roku w krajach Unii Europejskiej obowiązuje Ogólne rozporządzenie o ochronie danych osobowych (RODO). Zachęcamy do zapoznania się z poniższą klauzulą informacyjną.

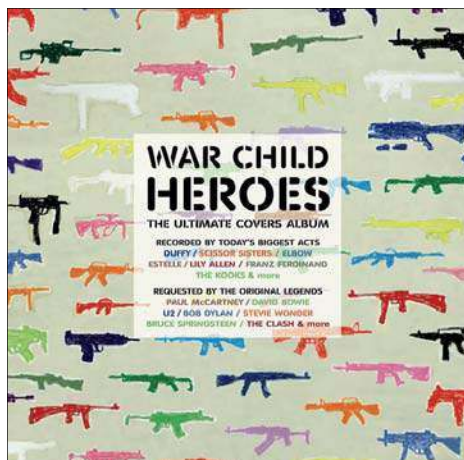
Administratorem Twoich danych jest AVT-Korporacja sp. z o.o. z siedzibą ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, e-mail: prenumerata@avt.pl. Chodzi o dane osobowe, które zbieramy, aby móc wysłać Ci nasze czasopisma w formie drukowanej lub elektronicznej oraz inne towary (np. prezenty), a także w innych prawnie usprawiedliwionych celach, w tym marketingu bezpośredniego naszych produktów i usług (tzw. uzasadniony interes administratora). Podanie danych jest dobrowolne, ale niezbędne do zrealizowania zamówienia na prenumeratę.

Twoje dane osobowe mogą być przekazane Poczcie Polskiej, która będzie dostarczać do Ciebie przesyłki. Bez Twojej zgody nie prześlemy i nie będziemy dokonywać obrotu (nie użyczymy, nie sprzedamy) Twoich danych osobowych innym osobom lub instytucjom. Twoje dane osobowe możemy przekazać jedynie podmiotom uprawnionym do ich uzyskania na podstawie obowiązującego prawa (np. sądy lub organy ścigania) - ale tylko na ich żądanie w oparciu o stosowną podstawę prawną. Będziemy przetwarzać Twoje dane osobowe przez 5 lat od zakończenia roku obrotowego, w którym wystąpiła ostatnia płatność. Dane osobowe do celów marketingowych będziemy przetwarzać do czasu wycofania przez Ciebie zgody na przetwarzanie lub do czasu usunięcia danych.

Informujemy, że masz prawo do żądania od administratora dostępu do Twoich danych, ich sprostowania, usunięcia, ograniczenia ich przetwarzania, wniesienia sprzeciwu wobec przetwarzania Twoich danych lub ich przenoszenia. W każdej chwili możesz odwołać zgodę na przetwarzanie Twoich danych osobowych oraz możesz zażądać, by Twoje wszystkie dane zostały przez nas usunięte.

...i korzystaj Z PRZYWILEJÓW

prezent za zaprenumerowanie magazynu



Każdorazowo opłacenie prenumeraty
jest premiowane prezentem.

W tym numerze są to:

- koszulka z logo „Elektroniki dla Wszystkich” (rozmiar L, XL)
 - płyta „War Child Presents Heroes” (various artists)
- Zamów swój prezent mailowo
(prenumerata@avt.pl).

jeśli zamawiasz prenumeratę po raz pierwszy lub jeśli zamówisz ją
po zalogowaniu na www.avt.pl, otrzymasz

kody na bezpłatne e-wydania
dowolnych naszych czasopism:

	jeśli przedłużasz prenumeratę	jeśli jesteś nowym Prenumeratorem
krok 1:	zaloguj się na www.avt.pl	zamów prenumeratę EdW na www.avt.pl
krok 2:	przedłuż swoją prenumeratę	utworzymy Twoje konto Prenumeratora
krok 3:	po odnotowaniu wpłaty przyznamy Ci pulę kodów na darmowe e-wydania do wykorzystania na www.UlubionyKiosk.pl (kody będą dostępne po zalogowaniu na www.avt.pl)	

rabaty i gratisy
w Klubie AVT Elektronika

- do 50% zniżki na www.sklep.avt.pl
- do 50% zniżki na www.UlubionyKiosk.pl
- bezpłatne czasopisma
dla prenumerujących minimum dwa tytuły Wydawnictwa AVT
(szczegóły na avt.pl/klub)

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, oczekiwaniemi 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.

UWAGA! UWAGA!

Potwierdzamy otrzymanie każdego e-maila. Zachęcamy do wykorzystywania opcji: *Żądaj potwierdzenia doręczenia*. Jeśli ktoś nie otrzyma potwierdzenia w ciągu tygodnia, proszony jest o wysłanie swojej wiadomości jeszcze raz – do skutku. A gdyby przypuszczalnym powodem skasowania e-maila przez serwery poczty były potencjalnie groźne załączniki (np. typu .exe, .bas, itp.), bardzo prosimy wysłać informację o tym bez żadnych załączników.

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

*Witam redakcję,
w instalacji fotowoltaicznej falownik dostosowuje się do sieci 230V/50Hz. W przypadku awarii sieci falownik przestaje działać. Mam zapytanie, czy można by po odłączeniu od sieci zastosować przetwornicę 12V na 230V zasilaną np. z akumulatora, aby zasymulować napięcie 230V/50Hz i w ten sposób zrealizować rozwiązanie wyspowe?*

*Dziękuję za sugestie,
pozdrawiam.
Szymon Blachuta*

W redakcji nie mamy ekspertów, którzy znaliby wszystkie aspekty tej tematyki. Prawdopodobnie kluczowe znaczenie mają w tym przypadku przepisy i warunki umowy z zakładem energetycznym a nie aspekty techniczne. A może ktoś z Czytelników ma potrzebną tu wiedzę i doświadczenie?

*Witam.
Z mojego punktu widzenia Arduino to oszustwo*

Może to za duże słowa, ale kupiłem wyświetlacz 480×320 na IL9486. „Oczywista oczywistość” (...), że na Arduino sprawdzam, jak to działa i „ZONK”. Sprawdziłem kilka „poradników”. Może jestem kiepski w pisaniu softu, ekspertem w Arduino NA PEWNO NIE JESTEM.

Jak amator ma sobie poradzić, gdy w celu uruchomienia wyświetlacza trzeba mieć co najmniej akademicką wiedzę? To się kłóci z ideą Arduino!

Sprzedawcy umywają ręce (ręce, które myją?). Jak zapytałem o dokumentację, to: „Niestety nie mamy”, „Nie możemy pomóc”. Mogę naturalnie przysłać do Redakcji kopie takich odpowiedzi, ale co to zmienia?

Proponuję, aby „uległ” Pan moim przekonaniom (w sensie Czytelników).

Może uda się ich „urobić” lepiej niż Atmel-Kardaś?

Jeżeli udałoby się pokazać, że CubeMX (ma wady, jak wszystko) jest lepsze niż „kardasie”?

Jest za free!

Można oddawać się trendom, jak w latach 60...80. i być jak „Bolek” „TW”. Ten kraj do tego dąży, a ja, cóż, zaprę się i ten kraj opuszczę, a to nie było w moim światopoglądzie.

Czytelnik

Czy taki e-mail wywoła szerszą dyskusję?

Witam (...)

I) Od lat przeglądam EdW i pozostawiam sobie niektóre opisy i projekty praktyczne.

Ostatnio (z potrzeby chwili) postanowiłem odszukać w numerach archiwalnych jakiś praktyczny układ zabezpieczający baterię kilku akumulatorów NiCd przed ich nadmiernym rozładowaniem.

Jakież było moje zdziwienie, gdy w moim archiwum niczego takiego nie znalazłem (!)

Dlatego chciałbym prosić o opublikowanie na łamach pisma zaprojektowanego przez EdW miniaturowego układu, zabezpieczającego przed nadmiernym rozładowaniem kilku połączonych w szereg ogniw akumulatorów Ni-Cd.

Układ ten powinien umożliwić ustawienie napięcia odcięcia dobieranego w zależności od liczby połączonych ogniw (4–10), poniżej którego następowałoby całkowicie odcięcie od zasilania nie tylko zasilanego urządzenia, ale i samego układu monitorującego stan ogniw (...) z wykorzystaniem miniaturowych przełączników elektronicznych(?), transoptorów(?).

No i oczywiście układ ten powinien być miniaturowy.

Może układ ten mógłby być dostępny w postaci kitu? W bazie dostępnych kitów AVT na nic takiego nie napotkałem.

II) Uwagi odnośnie do składu pisma:

Myślę, że dobrym rozwiązaniem byłoby, gdyby treści projektów (artykułów) były drukowane na następujących po sobie stronach. Ze względów praktycznych łatwo jest wtedy kupiony numer pisma odchudzić – czytaj: wyrwać mniej ważne dla czytelnika strony, przez co radykalnie

zmniejsza się konieczna ilość miejsca na magazynowanie kolejnych roczników pisma.

Pozdrawiam,
Marek

I) Układy zabezpieczające akumulatory są dość popularne, istnieją układy scalone pełniące potrzebne funkcje. Jednak nie są to układy do akumulatorów NiCd, tylko akumulatorów litowych. Akumulatory litowe są wrażliwe i nawet jednorazowe wyładowanie „do zera” może oznaczać katastrofalną utratę pojemności. Mniej, ale też wrażliwe na całkowite rozładowanie są akumulatory kwasowo-ołowiowe. Ze starymi akumulatorami NiCd jest inaczej. Od lat znane są ze swojej odporności, zarówno na rozładowanie „do zera”, jak i na przeładowanie. Ponadto dziś są to akumulatory przestarzałe i wykorzystuje się je bardzo rzadko (praktycznie tylko w najtańszych elektronarzędziach). Można próbować zaadaptować jakiś układ przeznaczony do akumulatorów litowych, ale pożytek będzie nieduży, ponieważ całkowite rozładowanie nie degeneruje tych akumulatorów w znaczącym stopniu.

II) Skład czasopisma nie jest łatwym zadaniem. Staramy się, ale artykuły mają różną objętość. Wręcz niemożliwe jest uniknięcie ich dzielenia (i zamieszczania końcówek na dalszych stronach). Wielu Czytelników przekonało się też, że *mniej ważne strony* z czasem okazywały się bardzo ważnymi...

Panie Redaktorze! Moim zdaniem zagadnienie zasad działania sond lambda wydaje się ciekawe, tak więc zgłaszam zainteresowanie publikacją o takowej tematyce.

Pozdrawiam
Marian Gabrowski

Dzień dobry

Od grudnia jestem prenumeratorem Waszej gazety (EdW oraz EP), napisaliście ciekawą serię o układach PLD i ich projektowaniu. Czy jest może w planach wydanie serii o zasadach projektowania podstawowych układów elektronicznych, jak i płytek PCB, a także artykuł o obsłudze KiCada?

Pozdrawiam
Paweł

Artykuł o płytkach drukowanych jest planowany. Artykuły o obsłudze KiCada mieliśmy nie tak dawno w EdW. Natomiast *zasady projektowania układów elektronicznych*, nawet tych podstawowych, to bardzo szeroki temat, którym zajmujemy się w EdW od początku istnienia czasopisma, między innymi w Szkole Konstruktorów.

Dzień dobry

Jestem prenumeratorem EdW.

W którymś numerze czasopisma przeczytałem, że felietonów trochę zaczyna brakować.

Dlatego mam pomysł, aby zrobić „Kącik lampowy” zamiast felietonów, nawet przy istnieniu działu „Retro”.

W takim „kąciku” mogłoby się znaleźć to, czego już brakuje w literaturze:

- filtry lampowe,
- generatory zrobione na lampach,
- może nawet wzmacniacze lampowe,

- a nawet układy logiczne zrobione z lamp elektronowych. Osobiście nie znam potrzeb innych elektroników. Jednak taki „kącik” byłby wzbogacający EdW, jak również wiedzę tych, którzy dopiero zaczynają przygodę z elektroniką.

Jan Bojda

Co o tym sądzicie?

Czy sprawność grzałki elektrycznej wynosi 100%?

Witam

W ostatnim numerze było coś na ten temat, ale grzałka zmienia rozmiary pod wpływem ciepła. Do zmiany wymiarów potrzebna jest energia.

Gdy grzałka mocno się rozgrzewa zaczyna świecić. Do wytworzenia światła potrzebna jest energia, tak jak w żarówce. Co prawda żarówka (zwykła, nie halogenowa) zamienia, jak pamiętam, ok 2% energii na światło. Niewiele ale jednak.

Czy więc na pewno grzałka ma sprawność 100%?

Jeżeli mój tok rozumowania jest błędny, to może pytanie zamieścić w Poczcie EdW?

Pozdrawiam
Sławomir

Słowo się rzekło: zamieszczamy w Poczcie. A Czytelników oczywiście zapraszamy do dyskusji.

Dzień Dobry

W ostatnim numerze „Elektroniki dla Wszystkich” (9/2019) jest błąd w druku, nie mam stron od 19 do 26 i stron 59 do 66. Nie mam niestety paragonu, ponieważ poszedłbym do kiosku, aby zwrócić magazyn. W załączniku przesyłam Państwu zdjęcie.

Z poważaniem
Łukasz (...)

Zdarzenie to ten jest kolejnym przykładem, że warto zamówić prenumeratę bez pośredników, wprost w AVT. Wtedy nie ma wątpliwości co robić w przypadku usterek w druku.

Przy zakupie w kiosku jest ten kłopot, że Czytelnik rzeczywiście powinien wymienić wadliwy egzemplarz w punkcie zakupu. Niemniej przekazaliśmy treść e-maila do Działu Prenumeraty AVT. Choć AVT nie ma w tym przypadku formalnych zobowiązań, otrzymaliśmy odpowiedź, że do Czytelnika zostanie wysłany egzemplarz pisma. Po kilkunastu godzinach przyszedł do redakcji drugi e-mail z Działu Prenumeraty AVT:

Niestety mail wrócił do nas. Jeśli macie jakąś możliwość skontaktowania się z klientem, to niech poda adres do wysyłki. Bez tego nic nie zdziałamy. Albo poprosić klienta o telefon do nas 22 257 84 22. Ukłony (...)

Problem w tym, że Czytelnik nie podał adresu, a e-mail został wysłany z jakiegoś bardzo dziwnego adresu (zawierającego ciąg znaków (...)*ok_F6DF9ABB24A84D49@(...).com*) i e-maile wysyłane na ten adres wracały z adnotacją: *Requested action not taken: mailbox unavailable.*

Zamieszczamy tę informację w rubryce Poczta jako próbę kontaktu z tym Czytelnikiem i jako prośbę, żeby nie wykorzystywać niepewnych sposobów wysyłania e-maili.

Upominki za listy do Poczty otrzymują w tym miesiącu: „Czytelnik”, Marek i Jan Bojda.

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 z równoległym łączeniem mosfetów? (...) na schemacie wzmacniacza (...) mają oporniki wyrównawcze w źródle (...) przecież mają dodatni współczynnik cieplny (...) Czy naprawdę trzeba dawać oporniki wyrównawcze, czy nie? (...)

Tranzystory łączymy równolegle w większy zestaw po to, by taki zestaw mógł pracować przy prądzie większym niż pojedynczy element. Zawsze łączymy jednakowe elementy: diody i tranzystory jednakowego typu i z jednej serii produkcyjnej. Czasem elementy są dodatkowo selekcjonowane, żeby ich parametry były jak najbardziej zbliżone. To pomaga, ale nigdy nie uda się osiągnąć sytuacji, gdy przez każdy element będzie płynął dokładnie taki sam prąd. Zawsze występuje pewien rozrzut parametrów i różnice wartości prądów.

Sprawa równoległego łączenia w przypadku **diody i tranzystorów bipolarnych** jest prosta: elementy te mają, powiedzmy ujemny współczynnik cieplny i łącząc je równolegle, **zawsze trzeba stosować rezystory wyrównawcze**. Ze wzrostem temperatury maleje napięcie przewodzenia diody i napięcie U_{BE} tranzystorów. Mówimy o ujemnym współczynniku, bowiem ze wzrostem temperatury napięcie przewodzenia zmniejsza się.

Nas bardziej interesuje to, że przy tym samym napięciu przez element bardziej gorący popłynie większy prąd. A właśnie taka sytuacja występuje przy połączeniu równoległym: przez najcieplejszy element będzie płynął największy prąd, a to będzie oznaczać silniejsze nagrzewanie tego elementu i dalszy wzrost prądu, przy jednoczesnym obniżaniu temperatury pozostałych, przewodzących coraz mniejsze prądy. Coraz bardziej grzejący się element przejmie w końcu prawie cały prąd zestawu, a to doprowadzi do jego przegrzania i uszkodzenia. Jeśli uszkodzenie będzie polegać nie na zwarcu, tylko na rozwarciu przegrzanego elementu, później tak samo będzie z kolejnymi elementami, które jeden po drugim będą się tak samo przegrzewać i uszkadzać. Aby tego uniknąć, niezbędne są rezystory szeregowe o niedużej wartości. Wzrost prądu powoduje wzrost spadku napięcia na rezystancji, co kompensuje zmniejszanie się napięcia przewodzenia i zapobiega uszkodzeniu.

Jednak obecność rezystorów nie likwiduje problemu, tylko go zmniejsza: tym bardziej, im większy jest spadek napięcia na tych rezystorach. Zwykle dobiera się spadek rzędu 0,2...0,3 wolta, a spadki poniżej 0,1 wolta mogą być za mało skuteczne.

Z tranzystorami MOSFET sprawa jest znacznie bardziej skomplikowana i słabo rozumiana. Szczegóły wykraczają poza ramy Skrzynki Porad. Oto kwestie najważniejsze: w przypadku tranzystorów MOSFET ogólnie znany jest fakt, że przy wzroście temperatury zwiększa się rezystancja R_{DSon} , co jest zjawiskiem korzystnym. Ten MOSFET, który (z jakichkolwiek powodów) grzeje się najbardziej, zwiększy swoją rezystancję R_{DSon} , co spowoduje, że prąd przezeń płynący się zmniejszy. Wytworzy się nowy stan równowagi: temperatury poszczególnych MOSFET-ów będą różne, prądy przezeń płynące także, ale do uszkodzenia nie dojdzie.

Te informacje są ogólnie znane, jednak w praktyce sprawa wcale nie jest taka prosta. W pewnych przypadkach może jednak dość do uszkodzenia. Samoczynna regulacja rozpyły prądów przez wzrost R_{DSon} jest akceptowalna, o ile spełniony jest jeden jedyny kluczowy warunek: **temperatura struktury żadnego z tranzystorów nie powinna przekroczyć temperatury dopuszczalnej** (która dla MOSFET-ów zwykle wynosi $+175^{\circ}\text{C}$). A nie zawsze tak będzie.

Na przykład problem powstanie, gdy użyte jednakowe MOSFET-y będą mieć *znacząco różne warunki chłodzenia*. Ten o najgorszym chłodzeniu będzie się grzał najbardziej i jego złącze może przekroczyć dopuszczalną temperaturę $+175^{\circ}\text{C}$. Zależy to nie tylko od warunków chłodzenia, ale i od tego, na ile blisko wartości granicznych zaplanowana jest praca zestawu tranzystorów. Przekroczenie dopuszczalnej temperatury może też nastąpić w jednym z MOSFET-ów składowych pracujących w szybkich układach impulsowych, *jeżeli napięcia progowe U_{Gsth} nie będą jednakowe lub gdy warunki sterowania poszczególnych MOSFET-ów będą inne*, np. wskutek pasożytniczych indukcyjności i rezystancji. Nie dotyczy to częstotliwości przełączania rzędu kilkunastu czy kilkudziesięciu kiloherców, a jedynie szybkich przetwornic pracujących z częstotliwościami rzędu kilkuset kHz i więcej. Generalnie jednak w przypadku równoległego łączenia MOSFET-ów **nie trzeba stosować rezystorów wyrównawczych, ale koniecznie trzeba zastosować tranzystory o jednakowych parametrach oraz zapewnić jednakowe warunki ich sterowania i chłodzenia**.

Trzeba podkreślić, że omówione właśnie kwestie dotyczą tylko MOSFET-ów pracujących dwustanowo, gdy są one w pełni otwierane, bo tylko wtedy w grę wchodzi rezystancja R_{DSon} . Wprawdzie tak pracuje ogromna większość MOSFET-ów, jednak są zastosowania, gdy MOSFET-y są łączone równolegle i pracują w stanie częściowego otwarcia, czyli w zakresie liniowym. Między innymi tak jest w niektórych wzmacniaczach mocy audio klasy AB „z MOSFET-ami na wyjściu”. Wtedy pojawia się poważny problem.

Równoległe łączenie MOSFET-ów do pracy liniowej okazuje się bardzo trudnym zadaniem!

Po pierwsze, nawet MOSFET-y z jednej serii produkcyjnej mogą mieć znaczny rozrzut charakterystyk przejściowych. Dlatego dobierając MOSFET-y i tranzystory IGBT do pracy równoległej, trzeba nie tylko zmierzyć napięcie progowe U_{Gsth} , ale też zbadać zgodność charakterystyk przy dużych prądach roboczych. W praktyce oznacza to konieczność pomiaru napięcia U_{GS} i prądu drenu co najmniej w dwóch punktach: dla małego prądu (spoczynkowego prądu stopnia końcowego) oraz dla dużego prądu (bliskiego maksymalnemu prądowi roboczemu w danym wzmacniaczu).

Osoby niezorientowane sadzą, że takie dwupunktowe dobranie tranzystorów rozwiązuje problem i że resztę załatwi „dodatni współczynnik cieplny R_{DSon} ”.

Niestety nie!

W przypadku pracy liniowej tranzystor nigdy nie zostaje całkowicie otwarty, więc nie można mówić o rezystancji R_{DSon} i jej wzroście. A poważny i mało znany problem leży gdzie indziej: **MOSFET-y mają ujemny współczynnik napięcia U_{GS}** . Mianowicie ze wzrostem temperatury maleje napięcie, potrzebne do uzyskania danego prądu drenu. Według książkowych rozważań przy pewnym prądzie współczynnik ten ma wartość zero. To prawda, ale dopiero przy bardzo dużym prądzie drenu. Jak widać na **rysunku A** dotyczącym MOSFET-a IRF540 (Harris), zerowy współczynnik występuje przy prądzie drenu kilkunastu amperów, a w zastosowaniach liniowych na pewno tranzystor będzie pracował przy mniejszych prądach, gdy współczynnik cieplny napięcia U_{GS} jest ujemny. Przy połączeniu równoległym i pracy liniowej któryś z MOSFET-ów będzie się grzał bardziej niż inne, jego prąd będzie rósł, co jeszcze zwiększy jego nagrzewanie. Przejmie on prawie cały prąd i przegrzeje się, podobnie jak to jest z tranzystorami bipolarnymi.

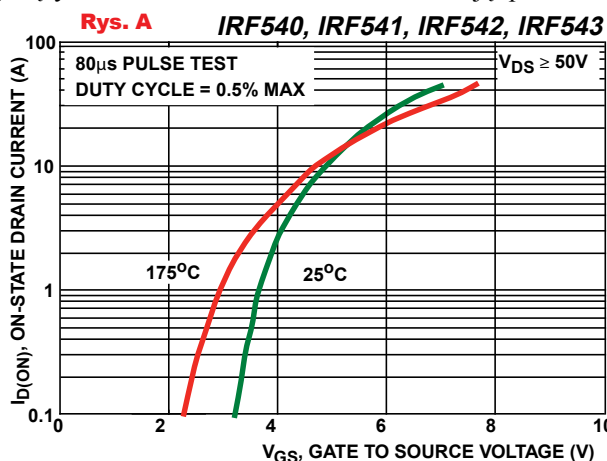
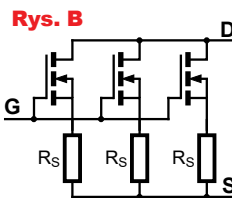


FIGURE 7. TRANSFER CHARACTERISTICS

Oznacza to, że **przy równoległymłączeniu MOSFET-ów do pracy liniowej trzeba nie tylko jak najdokładniej dobrać ich charakterystyki, zapewnić jednakowe chłodzenie, ale też konieczne zastosować rezystory wyrównawcze w obwodach źródeł** według **rysunku B**. Rezystory takie nie likwidują problemu, tylko go redukują. Wartości tych



rezystorów i spadek napięcia przy spodziewanym maksymalnym prądzie pracy trzeba dobrać, by nawet w najgorszym przypadku nie przekroczyć dopuszczalnej temperatury złącza żadnego z MOSFET-ów składowych. Obliczenie tego jest trudne. Takich rozwiązań w miarę możliwości należy unikać. Dlatego z uwagi na problemy, związane z łączeniem równoległym, nie tylko przy pracy liniowej najlepszym rozwiązaniem jest stosowanie pojedynczych „większych” MOSFET-ów, co obecnie okazuje się najprostszym i niedrogim rozwiązaniem.

100% elektroniki

Prenumerujesz
Elektronikę Praktyczną +
Elektronikę dla Wszystkich?
Skorzystaj z promocji
 $1+1=3$
i zamów bezpłatną
prenumeratę Elektronika



na www.avt.pl/prenumerata

Enigma

Historia niemieckiej maszyny szyfrującej Enigma zaczęła się w 1918 roku, kiedy to Niemiec Artur Scherbius z Dusseldorfu skonstruował maszynę szyfrującą, a później opracował prototyp Enigmy. Rok później podobnej rzeczy dokonał Holender Hugo Koch. Natomiast historia Enigmy jako niemieckiego systemu szyfrowania łączności zaczęła się w latach 1926–1928. Z czasem wszystkie szczeble niemieckiej armii i dowództwo zostały wyposażone w maszyny szyfrujące Enigma.

Maszyna szyfrująca Enigma przypominała maszynę do pisania. Miała klawiaturę, nad którą znajdował się panel z lampkami podświetlającymi litery – rodzaj prostego wyświetlacza. Na klawiaturze wpisywano tekst do zaszyfrowania, a na pulpicie zaświecały się lampki odpowiadające zaszyfrowanej wiadomości.

W operacji szyfrowania najważniejszy był zmienny klucz, pozwalający szyfrować przesyłane wiadomości. Szyfrowanie wiadomości odbywało się przy użyciu systemu wirników z literami. Wewnątrz wirników znajdowało się dwadzieścia sześć przewodów łączących styki jednej strony wirnika z drugą jego stroną zgodnie z zaprojektowaną kombinacją. Okablowanie każdego wirnika było inne. Po naciśnięciu klawisza z literą była ona zamieniana na inną, w zależności od ustawienia pozycji wirników. Ustawienia wirników zmieniały się wraz z każdym naciśnięciem klawisza z literą. Znacząco utrudniało to złamanie szyfru. Początkowo były trzy wirniki, lecz z końcem 1938 roku zwiększono ich liczbę do pięciu, a w lotnictwie do ośmiu. Uwzględniając liczbę wirników, ich obrót o jedną lub dwie pozycje, różne systemy okablowania łącznicy, szyfr wydawał się niemożliwy do złamania.

Większość ówczesnych służb zajmujących się łamaniem szyfrów zatrudniała lingwistów i specjalistów od łamigłówek. Szyfr Enigmy przerastał ich możliwości. Korzystanie z Enigmy wymagało przestrzegania odpowiednich procedur. Szyfrant przed wysłaniem wiadomości wysyłał do nadawcy klucz, czyli informację

o ustawieniu wirników i łącznicy. Odbiorca mając odpowiednio ustawioną Enigmę, wpisywał odebrane z pozoru przypadkowe znaki, a te na panelu z podświetlanymi literami zmieniały się w rozkodowaną wiadomość. Bez klucza – informacji o ustawieniach wirników i łącznicy złamanie szyfru było w zasadzie niemożliwe. Wybitni polscy matematycy, Marian Rejewski, Jerzy Różycki i Henryk Zygalski, dowiedli, że było to możliwe.

Szyfru prawdopodobnie nie udało by się złamać, gdyby nie czynniki ludzkie, takie jak chciwość i niedbalstwo. Niemieckie wojska zaczęły używać Enigmy od 15 lipca 1928 roku. Polski wywiad zorientował się, że jest to nowy system kodowania wiadomości i metodami statystycznymi ustalono, że jest to szyfr maszynowy. Biuro Szyfrów na uniwersytecie w Poznaniu zorganizowało kurs kryptologii. Wzięli z nim udział, między innymi, Marian Rejewski, Jerzy Różycki i Henryk Zygalski. Jako pierwsi rozpracowali oni Enigmę.

Cywilna wersja Enigmy była dostępna na rynku. Niemcy nie wycofali jej, nie chcąc wzbudzać podejrzeń wywiadów innych państw. Szefom Biura Szyfrów udało się zakupić cywilną wersję Enigmy. W 1929 roku na lotnisku Okęcie polskie służby celne zarekwirowały paczkę adresowaną do warszawskiego oddziału jednego z niemieckich przedsiębiorstw. Ambasador Niemiec wystosował w tej sprawie protest i zażądał zwrotu paczki. Żądanie to zostało spełnione. Przedtem jednak paczka została skontrolowana i okazało się, że zawiera cywilną wersję Enigmy, która została sfotografowana. Matematycy założyli, że wersja wojskowa Enigmy nie różni się zbyt wiele od wersji cywilnej i mieli rację, gdyż różniła się tylko jednym elementem. Klucze szyfrujące matematycy rozpracowali, dzięki niefrasobliwości Niemców, którzy przy ich ustalaniu popełniali błąd, który i dzisiaj popełniamy, tworząc hasła. Mianowicie używali prostych łatwych do odkrycia kombinacji liter i słów na przykład „ein” (niem. – jeden).

Zachodnie mocarstwa tak mocno wątpiły w możliwość złamania szyfru Enigmy, że niemal zaprzestały takich prób. Dlatego też wywiad francuski przekazał Polakom plany budowy maszyn szyfrujących Enigma, uznając te informacje za bezwartościowe

bez danych o konstrukcji Enigmy. Francuzi nie wiedzieli jednak, że naszym specjalistom udało się tę konstrukcję rozpracować. Plany te zostały zdobyte około 1931 roku przez francuskiego agenta Hansa Thilo Schmidta. Polscy specjaliści zrobili z otrzymanych informacji użytek. Odczytanie pierwszego komunikatu zajęło Rejewskiemu trzy miesiące, a Enigma poddała się pierwszy raz około sylwestra 1932 roku. Oczywiście trzy miesiące na odczytanie wiadomości było zbyt długim czasem. Tym bardziej że Niemcy usprawniali swoje procedury, między innymi dyscyplinując niefrasobliwych szyfrantów. Dlatego rozpoczęto prace nad automatycznym systemem deszyfrującym, który by zastępował ludzi w skomplikowanych obliczeniach bazujących na tak zwanych permutacjach alfabetu, które można było opisać równaniami matematycznymi z wieloma niewiadomymi.

W lutym 1933 roku Wytwórnia Radio-techniczna AVA wykonała pierwszą kopię Enigmy. Natomiast Rejewski opracował tak zwany cyklometr, będący rodzajem „anty-enigmy”. Za pomocą tych urządzeń utworzono katalog wszystkich możliwych wstępnych ustawień Enigmy. Ustawień tych było 105 456. Z czasem łamanie kodu dziennego (ustawienia wirników Enigmy na dany dzień) zabierało polskim służbom 15 minut. Znając te ustawienia, odebraną wiadomość deszyfrowała odpowiednio ustawiona kopia Enigmy.

Trzy lata później Niemcy udoskonaili Enigmę i katalog ustawień stał się bezużyteczny. Jednak Polacy odpowiedzili tak zwaną bombą Rejewskiego oraz płachtami Zygalskiego.

Bomba Rejewskiego to maszyna składająca się z sześciu sprzężonych ze sobą kopii Enigmy napędzanych silnikiem elektrycznym. Do połowy listopada 1938 roku powstało sześć egzemplarzy bomby Rejewskiego. Odczytywała ona klucz dzienny w około dwie godziny, na podstawie którego rozszyfrowywano wiadomości z użyciem płacht Zygalskiego. Kolejne zmiany wprowadzone przez Niemców wymagały budowy 54 bomb Rejewskiego. Niestety z uwagi na ograniczone fundusze Polacy postanowili podzielić się swoimi osiągnięciami z aliantami.

Ciąg dalszy na stronie 23

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.

Elektroniczna gra – łamigłówka

Nauka podstaw elektroniki

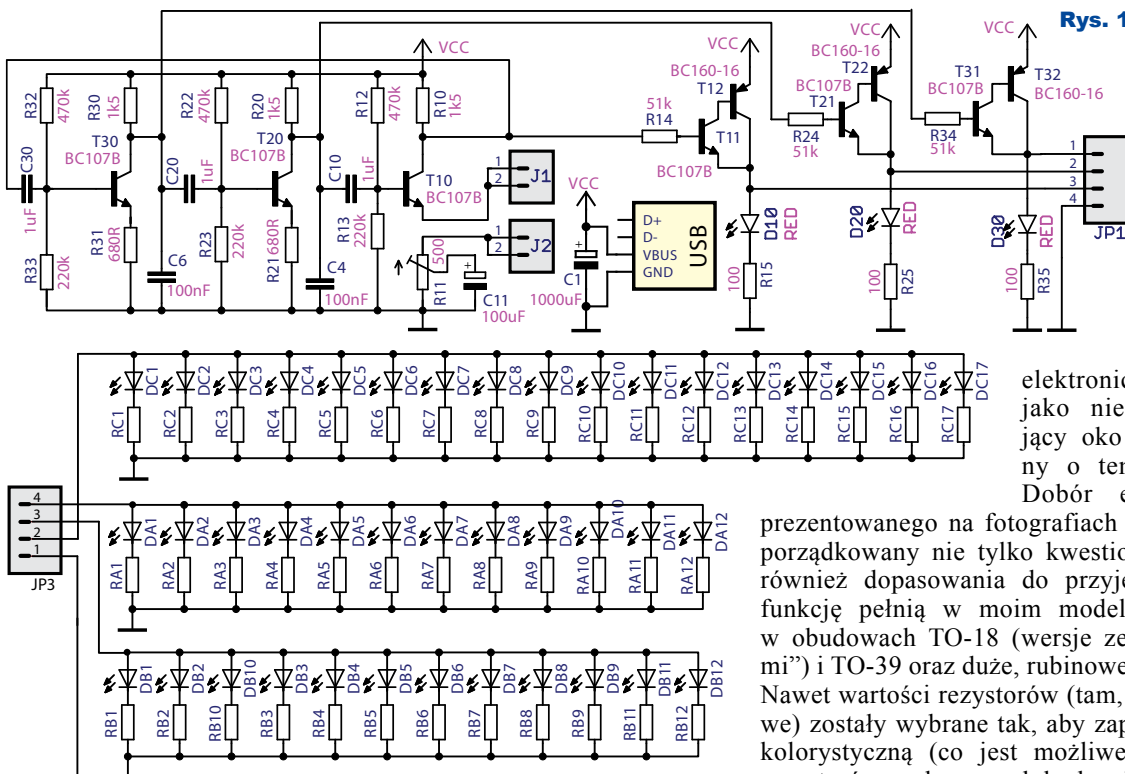
Gra jednoosobowa w formie łamigłówki (z elementami fabularnymi) prezentuje podstawowe elementy elektroniczne, a także dekoruje mieszkanie na święta Bożego Narodzenia.

Łamigłówka służy oczywiście do jej rozwiązywania. Ta opisywana w artykule na pozór nie jest zbyt trudna, gdyż polega jedynie na złożeniu układu elektronicznego na podstawie schematu – coś, co dla ogromnej większości czytelników EdW nie stanowi większego wyzwania. Gra jest jednak przeznaczona dla osób, które mają nikłe pojęcie o elektronice oraz nie posiadają umiejętności lutowania.

Najważniejszymi elementami łamigłówki są płytki PCB z gniazdami, zestaw elementów elektronicznych, schemat ideowy oraz... talia kart. Każda z kart prezentuje jeden typ komponentu wykorzystanego w układzie – jego wygląd, znaczenie, sposób oznaczenia na schemacie oraz na obudowie. Za pomocą tych kart gracz musi rozpoznać wszystkie elementy i odnaleźć właściwe dla nich miejsce na płytce drukowanej. Po złożeniu układu i podłączeniu go do ładowarki microUSB trzy diody zaczynają rytmicznie pulsować, a gracz może wreszcie otworzyć tajemnicze pudełko, które skrywa choinkę LED, również podłączaną do płytki głównej.

Elementem gry **nie jest** próba zrozumienia sposobu działania układu. Prawdopodobnie byłoby to zbyt trudne dla osoby, która dopiero uczy się rozpoznawać elementy elektroniczne.

Jest to przede wszystkim gra, dlatego część elektroniczno-edukacyjna jest obudowana interesującą fabułą. Do gry dołą-



Rys. 1

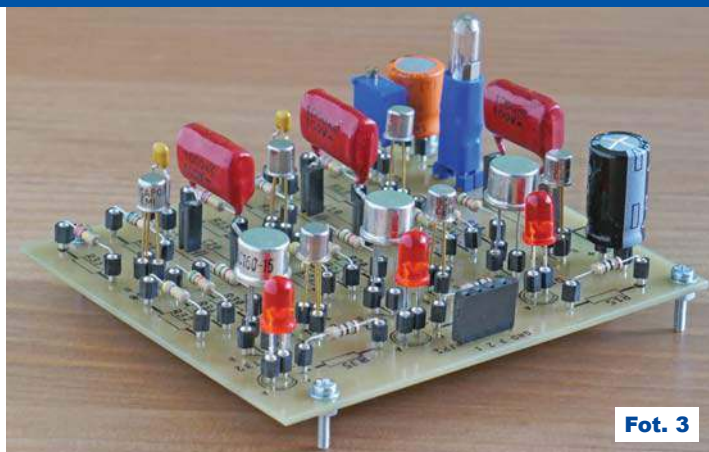
czona jest instrukcja. Krótki wstęp fabularny rozpoczynający instrukcję wprowadza w świat gry. Świat ten to alternatywna przyszłość o steampunkowym zabarwieniu. Zamieszkuje go zaawansowana technologicznie cywilizacja, która z jakiegoś powodu skupiła się na doskonaleniu silnika parowego i mody z czasów wiktoriańskich, nie okiełznała natomiast do końca

prądu elektrycznego. Gracz wciela się w badacza, który w takim dziwnym świecie próbuje przywrócić do życia tajemniczy artefakt z odległej przeszłości.

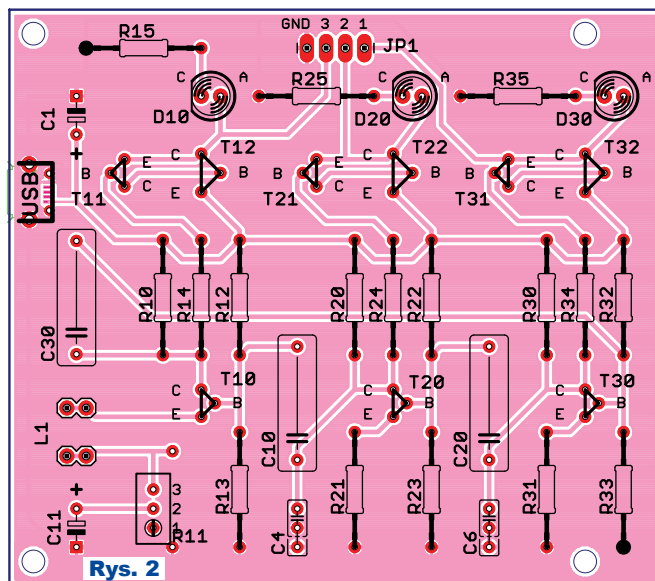
W grze bardzo istotny jest aspekt estetyczny. Zmontowany układ

elektroniczny prezentuje się jako nietypowy, przyciągający oko element dekoracyjny o tematyce świątecznej.

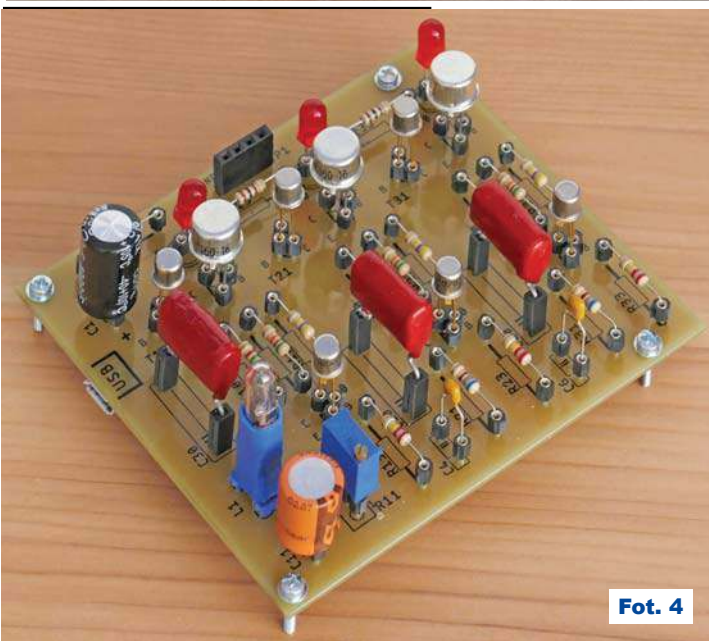
Dobór elementów modelu prezentowanego na fotografiach w artykule był podporządkowany nie tylko kwestiom technicznym, ale również dopasowania do przyjętej stylistyki. Taką funkcję pełnią w moim modelu m.in. tranzystory w obudowach TO-18 (wersje ze złoconymi „nóżkami”) i TO-39 oraz duże, rubinowe kondensatory MKT. Nawet wartości rezystorów (tam, gdzie to było możliwe) zostały wybrane tak, aby zapewnić różnorodność kolorystyczną (co jest możliwe przy zastosowaniu rezystorów cechowanych kodem barwnym).



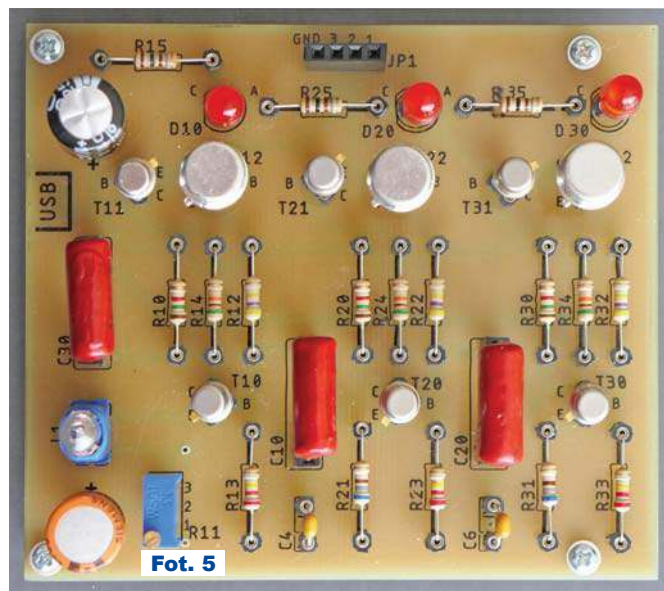
Fot. 3



Rys. 2



Fot. 4



Fot. 5

Opis układu

Rysunek 1 pokazuje w górnej części schemat sterownika, a w dolnej części schemat choinki. Jak widać, pod względem budowy układ nie jest skomplikowany. Jest to generator przebiegu sinusoidalnego oparty na przesuwniku fazowym. Składa się on z trzech identycznych stopni, bazujących na tranzystorze BC107. Punkt pracy tranzystora jest dobrany tak, aby napięcie na kolektorze było nieco niższe niż 4V. Częstotliwość pracy wyznaczają filtry górnoprzepustowe tworzone przez kondensator C10 (opis zostanie ograniczony do stopnia opartego na T10) o wartości 1uF oraz rezystancję wejściową danego stopnia, która wynosi ok. 90kΩ. W sumie daje to częstotliwość nieco mniejszą niż 1Hz. Złącza J1 i J2 służą do podłączenia żarówki mającej ograniczać amplitudę drgań, natomiast za pomocą potencjometru montażowego R11 można wpływać na wzmacnienie jednego ze stopni dla sygnałów zmien-

nych, gdyby z jakiegoś powodu generator od razu nie „zaskoczył”.

Ze względu na swoją budowę (zastosowanie filtrów górnoprzepustowych) układ ma tendencję do wzmacniania szumów pochodzących z zasilania, dlatego aby ograniczyć wzmacnienie dla wysokich częstotliwości, dodano kondensatory ceramiczne C4 oraz C6 o wartości 100nF.

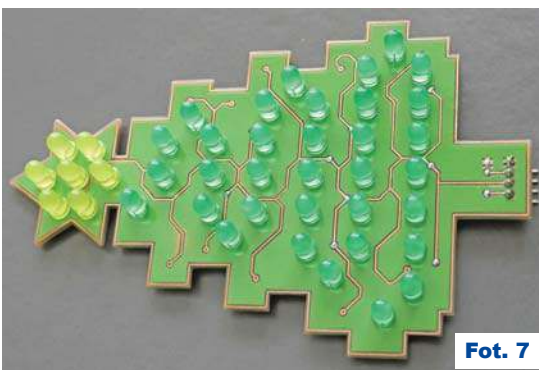
Przebiegi na kolektorach trzech tranzystorów tworzących generator są przesunięte względem siebie o 120 stopni i napięcia oscylują w granicach od 3 do 5V. Przebiegi te są sygnałem wejściowym dla par tranzystorów T11/T12 tworzących układ Sziklaiego. Układ ten można rozpatrywać jako pojedynczy tranzystor NPN o wysokim wzmacnieniu prądowym. Tranzystor ten funkcjonuje w układzie ze wspólnym kolektorem, a zatem ze wzmacnieniem napięciowym bliskim jedności, dlatego napięcie na obciążeniu (diodach LED) również będzie się zmie-

niać w zakresie 3–5V. Prąd każdej z diod jest regulowany przez podłączony do niej szeregowo rezystor. Ostatecznie daje to możliwość podłączenia do wyjścia (JP1) dużej liczby diod (na płytce choinki), których jasność świecenia będzie się płynnie zmieniać.

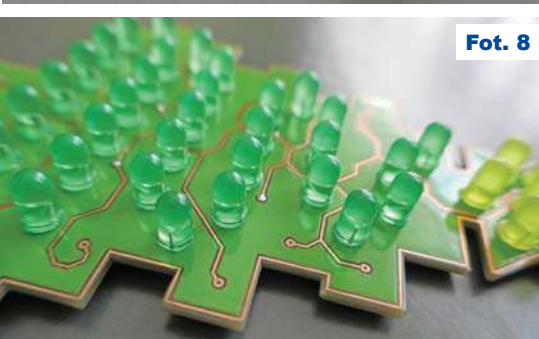
Aranżując diody podłączone do różnych faz na przemian, można uzyskać bardzo przyjemny efekt kroczącego światła i tym właśnie wyróżnia się wspomniana wcześniej choinka.

Montaż i uruchomienie

Opisywany układ jest zabawką – łamigłówką i służy między innymi do poznawania elementarnych podstaw elektroniki. W tym przypadku sposób zmontowania układu ma znaczenie kluczowe. Płytkę PCB musi pozwalać na montaż elementów bez lutowania. Do tego celu można wykorzystać pojedyncze elementy



Fot. 7



Fot. 8

Elementy takie jak listwy goldpin i gniazdo microUSB należy oczywiście również wluutować.

Moją propozycję wykonania płytki PCB przedstawia **rysunek 2**, model pokazują **fotografie 3, 4 i 5**. Ponieważ nie mogłem znaleźć właściwej oprawki dla żarówki, zrobiłem ją sam: z goldpinów, miedzianej blaszki i rurki termokurczliwej. Gniazdo microUSB jest przylutowane od strony druku. Listwa do podłączenia choinki znajduje się przy krawędzi płytki.

Sama choinka została wykonana zgodnie z projektem z **rysunku 6**. Ścieżki z przodu płytki zostały poprowadzone tak, aby utworzyć ozdobny wzór. Powierzchnia została polakierowana na zielono, z wyjątkiem tej właśnie ozdobnej ścieżki oraz obwódki przy krawędzi (zostały one podczas malowania zamaskowane taśmą malarską).

Połączenie zielonej i metalicznego koloru miedzi daje bardzo przyjemny efekt, co widać na **fotografiach 7 i 8**. Całość trzeba oczywiście zabezpieczyć lakierem bezbarwnym, w przeciwnym razie miedź szybko pokryje się patyną.

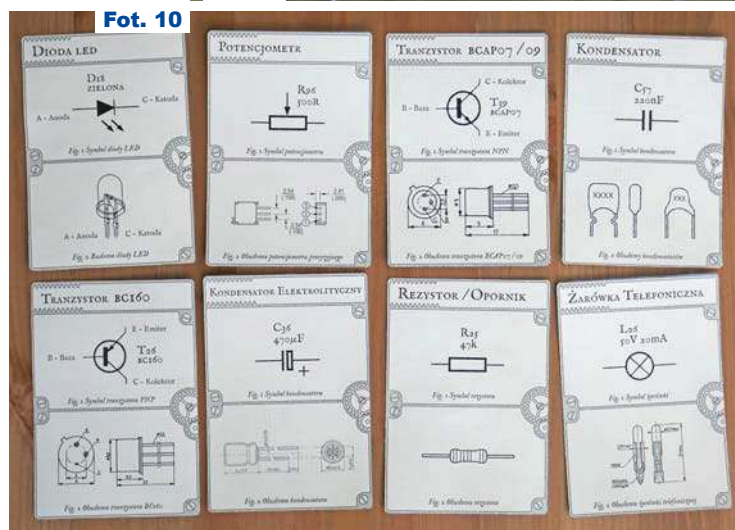
Do budowy choinki wykorzystano głównie zielone diody (waż światlny/łańcuch)

żeńskich listew goldpin. Najlepiej sprawdzają się listwy precyzyjne, natomiast nie wszystkie elementy się w nich mieszczą. Warto również zwrócić uwagę na średnicę wyprowadzeń klasycznych rezystorów przewlekanych – niektóre z nich są tak cienkie, że nawet użycie listwy precyzyjnej nie zapewnia odpowiedniego kontaktu. Pomocne może być wtedy ich pocynowanie. Piny wszystkich elementów trzeba dociąć na wymiar i w razie potrzeby również odpowiednio wygiąć.

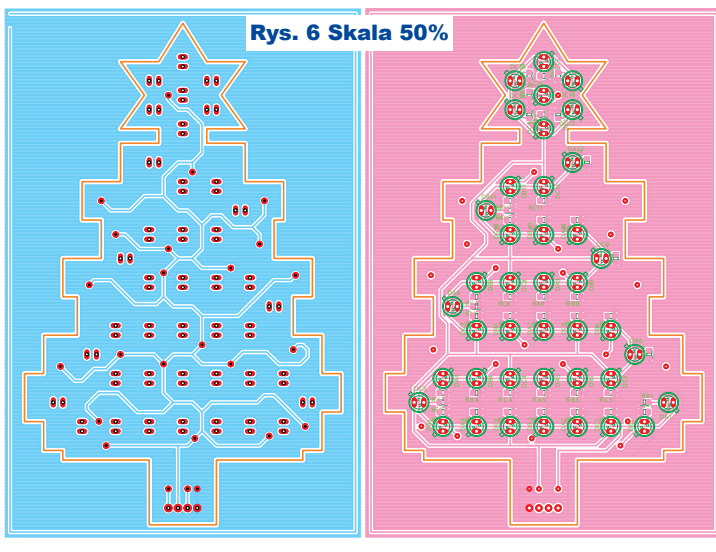
Płytką musi zawierać również opis elementów – w warunkach domowych można go wykonać np. metodą termotransferu (z użyciem folii PCV, podejrzewam, że papier kredowy nie da tutaj dobrych efektów), a następnie zabezpieczyć warstwą bezbarwnego lakieru.



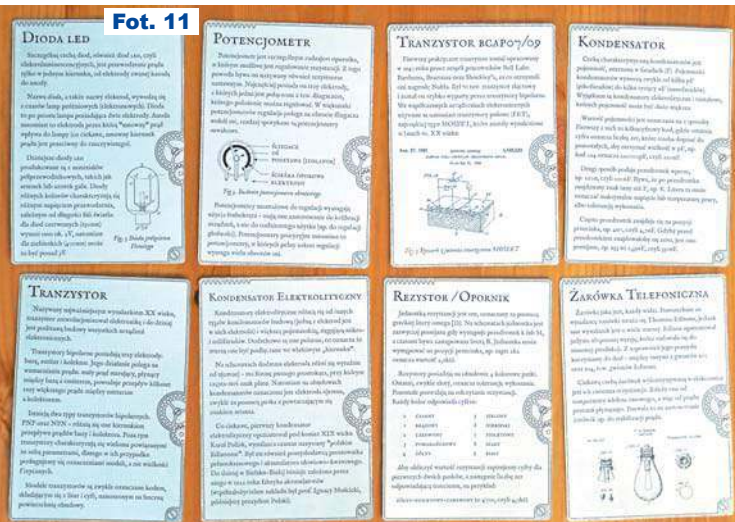
Fot. 9



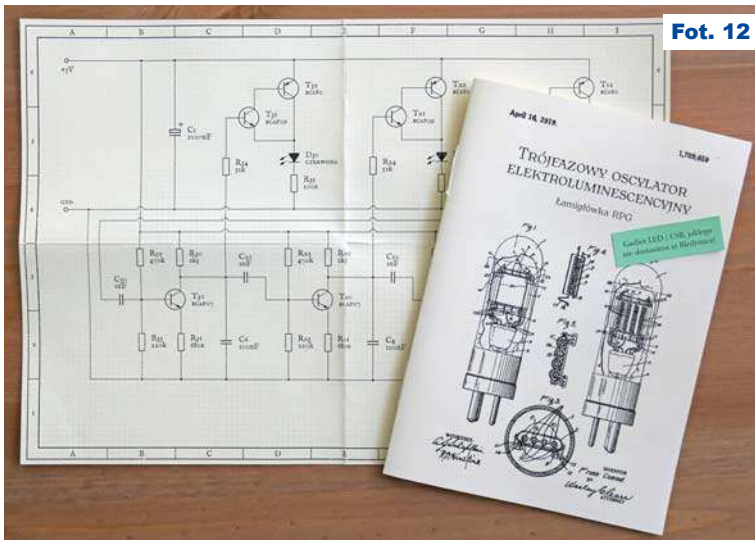
Fot. 10



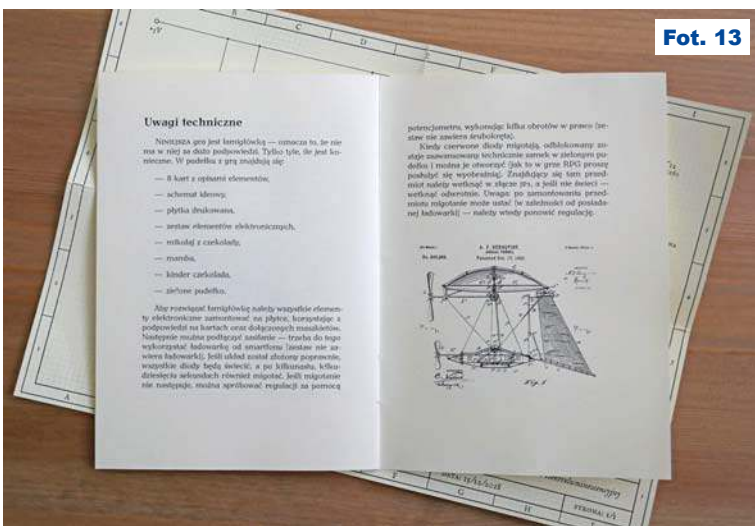
Rys. 6 Skala 50%



Fot. 11



Fot. 12



Fot. 13

oraz kilka żółtych (gwiazda). Rezystory w technologii SMD zostały przyłutowane z tyłu. Z tej samej strony znajduje się kątowa listwa goldpin, za pomocą której można umieścić choinkę w płycie głównej, co pokazano na **fotografii 9**.

Częścią zestawu są również karty (**fotografie 10 i 11**) oraz schemat oraz instrukcja (**fotografie 12 i 13**). **Rysunek 14** to schemat z instrukcji. Do wykonania oprawy graficznej wykorzystano rysunki z not katalogowych, patentów, kilka ilustracji znalezionych w internecie oraz kilka wykonanych samodzielnie. Dołączam pliki źródłowe.

Na koniec treść instrukcji do gry ze steampunkowym wprowadzeniem – prologiem do gry – lamigłówki:

Prolog

Pracownia doktora Bertranda Dijkstry jest jednym z tych miejsc, gdzie bałagan wcale nie przeszkadza. Wydaje się wręcz, że jako naturalny skutek nieustannego konfliktu geniuszu z prozą życia codziennego jest to stan rzeczy jedynie właściwy. Gdy wchodzisz, zegar parowy na ścianie wybija dwudziestą, a doktor, szalenie ruchliwy człowiek dobiegający już sześćdziesiątki, właśnie niedbale przerzuca sterłą rozmaitych wihajstrów, w zupełnie zaskakujący sposób ujawniając krzesło, które ci proponuje. Sam zasiada w fotelu i rozpoczyna swój monolog:

- Nie tak dawno temu myśleliśmy, że świat już się skończył. Nie dosłownie – i świat, i ludzie mieli się dobrze, wręcz rozkwitali, panował nieznany nigdy wcześniej dobrobyt. Przynajmniej z pozoru.

Koniec, o którym mówię, nie przychodzi nagle i niespodziewanie, lecz zaklinam się, jest gorszy od ognistego Armagedonu, bo niszczy w człowieku to co najcenniejsze, skazuje go na wieczne trwanie. Właśnie to nam groziło: jadalowa wegetacja, apatia i zgnęśnienie, gdy w swej wielkiej arogancji uznaliśmy, że wiemy już wszystko.

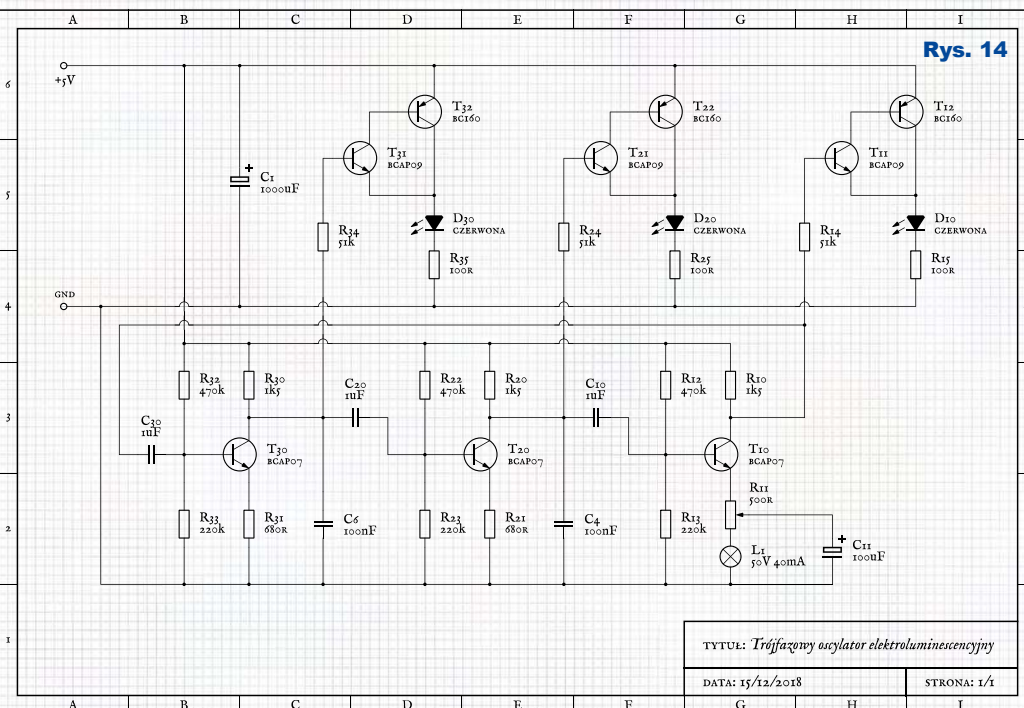
Doktor od zawsze cechował się osobliwym poczuciem humoru.

- Nie wydawało się to wcale nieprawdopodobne. Okiełznaliśmy moc pary, nasze niebo przemierzają niezliczone maszyny latające, zają-

rzeliśmy już, zdawałoby się, wszędzie – w głębiny oceanów, w przestrzeń wszechświata, do wnętrza atomu. Wszystko zostało zbadane, wyjaśnione. I właśnie wtedy, gdy strach zaglądał nam w oczy, odkryliśmy coś nieprawdopodobnego, mianowicie że przed nami był tu ktoś jeszcze...

Pamiętki po przodkach

Wciąż niewiele o nich wiemy. Z pewnością była to cywilizacja pełna sprzeczności, co zapewne można byłoby powiedzieć również o nas. Trudno zgadnąć, dlaczego lud tak niesamowicie zaawansowany technicznie niemal zupełnie zniknął z powierzchni ziemi. Mimo wieków postępu, do końca swojego istnienia czcili bałwany, często zwieńczone złotymi łukami (prawdopodobnie symbolem słońca).



Rys. 14

Kiedy odnaleźliśmy pierwsze ślady tej zaginionej kultury, nie doceniliśmy ich wiedzy. Znowu dała znać o sobie nasza buta – nie potrafiliśmy przyznać przed sobą, że nie byliśmy pierwsi, najpotężniejsi, najmądrzejsi. Płytki pokryte miedzią braliśmy za przejaw sztuki rytualnej, metalowe i ceramiczne paciorki z wystającymi drucikami – za biżuterię.

Teraz wiemy, że w tych konstrukcjach zawarli całą swoją wiedzę. Nie muszę chyba mówić, jak bezcenne jest to odkrycie. Na twoich barkach spoczywa odpowiedzialność za naszą przyszłość! Tak, właśnie ciebie proszę o pomoc. Wspólnie możemy zrekonstruować chociaż fragment tego, co po sobie zostawili (oby to było warte naszego trudu!).

Urządzenie, nad którym będziemy pracować, to tak zwany trójfazowy oscylator elektroluminescencyjny. Na Boga, nie pytaj mnie, co to znaczy! Zebrałem wszystkie elementy, zebrałem plany, ale dopiero gdy złożysz je w całość, dowiemy się, jaką to ustrójstwo spełnia funkcję. Podejrzewam też, że pozwoli nam ono otworzyć to oto tajemnicze zielone pudełko, które skrywa kolejne przedwieczne cuda. Wierzę, że tylko ty jesteś w stanie tego dokonać!

Uwagi techniczne

Prezentowana gra jest łamigłówką – oznacza to, że nie ma w niej zbyt dużo podpowiedzi. Tylko tyle, ile jest konieczne. W moim pudełku z grą znajdują się:

- 8 kart z opisami elementów,
- schemat ideowy,
- płytka drukowana,
- zestaw elementów elektronicznych,
- zielone pudełko z płytką - choinką,
- mikołaj z czekolady, mamba, kinder-czekolada.

Czytelnicy mogą dowolnie zmodyfikować koncepcję i zawartość całego zestawu. Aby rozwiązać łamigłówkę, należy wszystkie elementy elektroniczne zamontować na płytce, korzystając z podpowiedzi na kartach oraz dołączonych maszekietów (smakołyków). Następnie można podłączyć zasilanie – trzeba do tego wykorzystać ładowarkę od smartfonu. Jeśli układ został złożony poprawnie, wszystkie diody będą świecić, a po kilkunastu, kilkudziesięciu sekundach również migotać. Jeśli migotanie nie następuje, można spróbować regulacji za pomocą potencjometru, wykonując kilka obrotów w prawo.

Kiedy czerwone diody migoczą to uznajemy, że odblokowany zostaje zaawansowany technicznie zamek w zielonym pudełku i można je otworzyć (jak to w grze RPG, proszę posłużyć się wyobraźnią). Znajdujący się tam przedmiot (płytkę - choinkę) należy wetknąć w złącze jp1,

Wykaz elementów

R10,R20,R30.....	1,5kΩ
R11.....	500Ω (potencjometr montażowy)
R21, R31.....	680Ω
R12,R22,R32.....	470kΩ
R13,R23,R33.....	220kΩ
R14,R24,R34.....	51kΩ
R15,R25,R35.....	100Ω
C1.....	1000uF
C4,C6.....	100nF
C10,C20,C30.....	1uF
C11.....	100uF
D10,D20,D30.....	Diody LED czerwone
T10,T11,T20,T21,T30,T31.....	.BC107
T12,T22,T32.....	.BC160
JP1.....	listwa goldpin żeńska 1×4
JP2.....	gniazdo microUSB
JP3.....	listwa goldpin 1×4, kątowna
J1/J2.....	żarówka
DA1-12,DB1-11,DC1-11.....	diody LED zielone
DB12,DC12-17.....	diody LED żółte
RA1-12,RB1-11,RC1-11.....	120Ω
RB12,RC12-17.....	330Ω

a jeśli nie świeci – wetknąć odwrotnie. Uwaga: po zamontowaniu przedmiotu migotanie może ustać (w zależności od posiadanej ładowarki). Należy wtedy ponownie regulację potencjometru.

Adam Ples

ples.adam@gmail.com



R E K L A M A

AVT5680 BBair - precyzyjny, mobilny sensor jakości powietrza.

- pomiary zawartości pyłów PM10, PM2.5 oraz PM1, wilgotności i temperatury powietrza,
- informacja o jakości powietrza według medycznych kryteriów Międzynarodowej Organizacji Zdrowia (WHO),
- bezprzewodowy – może być zasilany z 2 baterii AAA lub przez złącze micro USB
- Bluetooth – wygodny, zdalny odczyt zmierzonych wielkości na telefonie komórkowym lub tablecie
- wieczny – możliwość łatwej wymiany sensora zapylenia na nowy
- wymiary: 88x54x30 mm, masa 70g



Zestaw zmontowany, gotowy do współpracy z dowolnym smartfonem z systemem Android od wersji 4.4.2 i wgraną bezpłatną aplikacją BBair. Smartfon nie wchodzi w skład zestawu.

Czujnik powietrza przyda się w codziennym funkcjonowaniu, zwłaszcza w zatłoczonym, zakurczonym środowisku miejskim.

AVT5680
250zł

sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 50

Miernik lamp elektronowych

W pierwszej części artykułu przedstawione były obszerne informacje o miernikach lamp i proponowanym rozwiązaniu układowym. Oto dalsze szczegóły.

Montaż i uruchomienie

Urządzenie można zrealizować w różny, niemal dowolny sposób. O ile wykonanie obwodów drukowanych, wlutowanie elementów i pierwsze uruchomienie nie powinny Czytelnikowi sprawić problemów, o tyle montaż samego urządzenia i związane z tym konieczne prace mechaniczne mogą ich przysporzyć. Autor po długich przemyśleniach i przymiarkach zdecydował się na pokazaną na nienumeryowanych fotografiach samonośną obudowę wykonaną z wygiętego w kształt litery C arkusza blachy aluminiowej grubości 2,0mm, wzmocnioną kątownikami duralowymi, z przykręcanymi ściankami bocznymi i wyposażoną w otwory wentylacyjne maskownicą dolną. Jeżeli Czytelnik zdecyduje się pójść tymi śladami, w Elportalu zamieszczony jest szczegółowy projekt obudowy z wyszczególnieniem wszystkich otworów, wymiarowaniem, etc. Powinien on znakomicie ułatwić przeprowadzenie prac mechanicznych, eliminując konieczność zaprojektowania i przeliczenia wszystkiego od podstaw. Prace mechaniczne można sobie jeszcze dalej ułatwić i np. skorzystać z usług zakładu cięcia wodą czy CNC, co uwolni od uciążliwego trasowania otworów i ich wykonywania, co zwłaszcza przy otworach większych (np. pod ustrój pomiarowy) może sprawiać kłopoty. Nie trzeba chyba kładować, że projekt może wymagać modyfikacji ze względu na inne wymiary użytych elementów (np. podstawki lampowe, ustrój pomiarowy, etc.) – trzeba to koniecznie zweryfikować z posiadanymi podzespołami i wprowadzić do rysunku odpowiednie poprawki.

Po wycięciu wszystkich otworów i upewnieniu się, że nie ma błędów i wszystko pasuje (na dalszym etapie wprowadzanie

poprawek będzie niezwykle trudne) należy zgiąć blachę pod kątem prostym po zaznaczonych liniach kreskowych. Po poprawieniu powierzchni (na koniec drobnym papierem ściernym – jeżeli zależy nam na wykończeniu *szcotkowanym*) i odtłuszczeniu można nanieść napisy, co zapewni profesjonalny wygląd i łatwość obsługi. Autor z braku lepszych możliwości zastosował cienkopis i za pomocą wyciętych z tektury szablonów wykonał napisy na blasze. Porowata powierzchnia matowego aluminium dobrze chłonie tusz, aczkolwiek wymaga dodatkowego zabezpieczenia – bez tego napisy łatwo się ścierają, a powierzchnia szybko przybiera ciemną barwę w miejscach dotknięcia palcami. Dwie lub trzy warstwy lakieru bezbarwnego (ze sklepu motoryzacyjnego) dopełniają prac nad obudową. Rezultaty przechodzą oczekiwania, aczkolwiek korzystając z bardziej profesjonalnych technik, możliwe jest uzyskanie jeszcze lepszego efektu, choć wiąże się to z niepomniem większym nakładem środków.

Montaż należy rozpocząć od zacisków, podstawek lampowych i przełączników komutatora połączeń, ponieważ znajdują się najgłębiej wewnątrz obudowy i potem będzie tam coraz gorszy dostęp. Wykonując okablowanie podstawek, bezwzględnie należy przy końcu każdego przewodu (jak najbliżej nóżki) umieścić koralik ferrytowy. **Fotografia 4** przedstawia szczegóły okablowania podstawek w mierniku P-508 produkcji polskiej. Widoczne na końcach przewodów koraliki ferrytowe mają kluczowe znaczenie przy pomiarze lamp, zwłaszcza tych o większym nachyleniu, które bez tego rodzaju zabezpieczeń mogą się wzbudzać, uniemożliwiając poprawny pomiar.



część 2

Połączone razem nóżki pierwsze wszystkich podstawek łączy się z wybierakiem pierwszego przełącznika itd. Na końcu do styków przełączników doprowadza się przewody z zasilaczy, podobnie do zacisków. Spoiny należy zawsze wykonywać starannie, ale w tym konkretnym miejscu jest to szczególnie istotne. Po skończeniu tego etapu montażu koniecznie trzeba sprawdzić (np. omomierzem) poprawność połączeń. Błędy są trudne do zauważenia, a ich późniejsza korekta byłaby niezwykle trudnym zadaniem, wiążącym się najpewniej z demontażem dużej części urządzenia. W dalszej kolejności instaluje się (uzupełnione wcześniej diodami Zenera i opornikami) przełączniki napięć zasilających, rodzaju pomiaru, itd. – słowem wszystkie regulatory panelu przedniego, poza ustrojem i przełącznikiem napięć żarzenia. Po połączeniu ich z zasilaczami i zespołem komutatora można przystąpić do montażu ustroju pomiarowego.

Przełącznik wybierający opór włączany w obwód siatki ekranującej spełnia istotne zadanie m.in. przy sprawdzaniu oczek magicznych i stabilizatorów jarzeniowych. Do jego konstrukcji należy użyć oporników dwuwatowych, w miarę możliwości sprawdzając ich rezystancję dobrym omo-

Fot. 4





mierzem i wybierając najlepsze. Bardzo ważne jest, aby w pierwszej pozycji przełącznika nie było żadnego oporu, tylko zwarcie – w przeciwnym wypadku (gdyby np. ktoś o tym zapomniał i zapełnił wszystkie pozycje oporami) pomiar wszystkich lamp wielosiatkowych (tetrod, pentod, itd.) będzie zafałszowany, ich parametry zależą bowiem bardzo silnie od napięcia siatki drugiej, o wiele bardziej niż od napięcia anodowego. Podobnie więc przy montażu przełączników z diodami Zenera najlepsze z wyselekcjonowanych diod należy zainstalować w przełączniku napięcia siatki drugiej, a te nieco mniej dokładne w przełączniku zasilacza anodowego. W związku z tym autor zaleca zakup odpowiednio dużej puli diod (nie są drogie), aby było z czego wybierać.

Płytkę zasilacza wysokonapięciowych po złożeniu i przetestowaniu (jeżeli nie popełniono błędów przy montażu, powinna działać od razu) należy umieścić na radiatorze dla lepszego rozpraszania ciepła. Mimo patentu z przełączaniem odciepów transformatora, w tranzystorach wykonawczych będzie się wydzielać dużo ciepła, zwłaszcza przy zastosowaniu urządzenia w roli zasilacza (długotrwały pobór prądu) albo przy pomiarze mocniejszych lamp. Autor z powodzeniem użył komputerowego radiatora z wentylatorem zasilanym z 12 V (pobieranych z zasilania źródła prą-

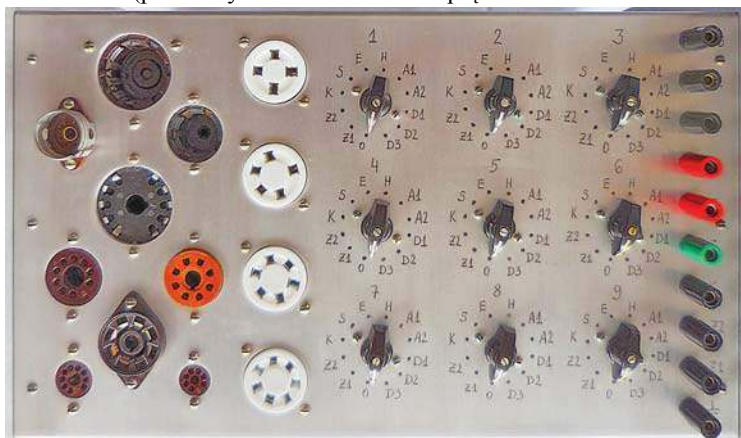
dowego). Tranzystory należy przykręcić do radiatora **koniecznie z użyciem izolujących podkładek mikowych**, gdyż dren (połączony z metalową płytką z tyłu tranzystora) jest na wysokim potencjale. Nie można zapomnieć o paście termoprzewodzącej. Przewody łączące elektrody tranzystorów ze ścieżkami na płytce powinny mieć minimalną długość dla zapobieżenia wzbudzeniom. Autor zdecydował się zastosować dodatkowe zabezpieczenie termiczne, odcinające sieć w razie przeciążenia (wyłącznik termiczny 100°C). Należy go przymocować do tego samego radiatora, możliwie najbliżej tranzystorów. Płytkę źródła prądowego wystarczy zamocować do tylnej ścianki obudowy za pomocą słupków dystansowych. Warto wyposażać tranzystor 2N3055 w niewielki radiator, ale nie jest to krytyczne. **Uwaga! Kolektor (metalowa obudowa TO-3) tego tranzystora znajduje się na wysokim potencjale, jak cały obwód źródła prądowego!**

Przełącznik żarzenia, ze względu na ekstremalnie dużą liczbę przewodów, najlepiej jest okablować zawczasu, wymierzwszy, jakie długości będą odpowiednie. Należy być przy tym oszczędnym – są to przewody prądowe i każdy dodatkowy centymetr oznacza niepomijalne spadki napięcia. Największe gabarytowo elementy, to jest transformator sieciowy i kondensatory filtrujące, autor zamontował na kawałku ceownika duralowego, który dodatkowo wzmacnia i usztywnia obudowę, co jest pożądane przy znacznym przecieź ciężarze transformatora. Montażu tych elementów dokonuje się na koniec,

gdyż potem dostęp do wnętrza obudowy jest już bardzo ograniczony. Potencjometry kalibracyjne miliamperomierza dobrze jest umieścić na kątowniku po lewej stronie urządzenia (bliżej przełącznika zakresów), kątownik z potencjometrami do regulacji napięć ujemnych – z prawej, przy zasilaczu. Wówczas dostęp do nich jest bardzo prosty po odkręceniu kilku śrub mocujących boki obudowy. Można oczywiście zastąpić potencjometry montażowe przykręcane nakrętkami zwykłymi, do druku, stojącymi bądź leżącymi. Wówczas zamiast kątownika umieszcza się je na płytce, ale nie ma to już tak atrakcyjnego wyglądu.

Po złożeniu całości można przystąpić do testów, które ograniczają się w zasadzie do sprawdzenia obecności napięć zasilających (anodowego, siatki drugiej, ujemnego napięcia siatki pierwszej i napięcia pomiaru izolacji –340 V) i możliwości ich regulacji narzędziami panelowymi. Jeżeli napięcia są w porządku, można przystąpić do kalibracji miliamperomierza. Należy szeregowo włączyć znanej dokładności miernik i doprowadzić odpowiednim potencjometrem montażowym wskazanie do pełnego wychylenia, przechodząc stopniowo na coraz większe zakresy. Po skalibrowaniu miliamperomierza urządzenie jest gotowe do dokonywania pomiarów. Rezystory R23-31, będące elementami obwodu miliamperomierza, powinny być dobrej jakości, wysokostabilne i metalizowane. Nie muszą być precyzyjne. Warto okresowo powtarzać kalibrację, zwłaszcza jeżeli zastosowano nie najwyższej klasy potencjometry. Starzenie się rezystorów stałych ma raczej marginalny wpływ na dokładność.

Do pomiaru lamp z wyprowadzeniem jednej z elektrod (najczęściej anody bądź siatki sterującej) na szczycie bańki trzeba sobie sporządzić specjalną pomoc: odcinek przewodu (nie dłuższy niż to konieczne!), zakończony z jednej strony uchwytem (np. krokodylkowym), a z drugiej wtykiem bananowym do wtykania w gniazdko z napięciami wyprowadzone u góry obudowy. Przewód musi mieć pierwszorzędą izolację (warto zastosować silikonowy przewód WN łączący w telewizorze trafopowielacz z anodą kineskopu). Tuż przy samym krokodylku trzeba przewód



przełożyć przez nieduży pierścień ferrytowy i wykonać kilka (3–4) zwojów. Autor, zanim tak zrobił, miał poważne trudności z pomiarem lamp o nawet umiarkowanym nachyleniu (6,5mS – tetrody 807).

Pomiary lamp

Technika przeprowadzania pomiarów lamp nie powinna stanowić zagadki dla osoby zainteresowanej tematem, autor ograniczył się więc tylko do wskazania najważniejszych zasad, których trzeba **bezwzględnie przestrzegać**. Sama metodyka jest intuicyjna i w zasadzie opisy pokręteł wszystko tłumaczy.

- **Zawsze trzeba najpierw sprawdzić jakość izolacji.** Jeżeli się to zlekceważy i przystąpi do pomiarów prądu emisyjnego, a w lampie będzie zwarcie, można uszkodzić układ pomiarowy (miliamperomierz i źródło prądowe – zasilacze są zabezpieczone przed taką ewentualnością).
- **Nie wolno badać lamp bez ustawionego właściwie napięcia siatkowego.** W ten sposób można nieodwracalnie zniszczyć lampę przez przegrzanie anody i desorpcję gazów z jej powierzchni, co popsuje próżnię.
- **Nie wolno badać tetrod i pentod bez ustawionego właściwie napięcia anodowego.** W ten sposób (bardzo szybko) zniszczy się siatkę ekranującą, która w takich warunkach po prostu ulega stopieniu.



• **Szczególną ostrożność należy zachowywać przy badaniu lamp z wyprowadzeniem anody na szczycie bańki.** Podczas pomiaru występuje tam wysokie napięcie. Również nie wolno zapomnieć o podłączeniu tego wyprowadzenia opisanym wcześniej przewodem. W przypadku tetrod czy pentod miałyby to tak samo opłakany skutek jak w poprzednim punkcie.

Dla ułatwienia pracy warto sobie zgromadzić dane najpopularniejszych lamp w postaci katalogu zawierającego układ połączeń cokołu, nastawy napięć i deklarowane dla nowych lamp wartości prądu i nachylenia. Aby zachować porządek i kolejność alfabetyczną, a jednocześnie nie zamykać sobie możliwości dodawania z czasem nowych pozycji, można katalog prowadzić w postaci wpinanych do klasera kartek. W Elportalu załącza się szablon takiej karty pomiarowej pomyślanej w formacie A5. Należy ją sobie wydrukować i odfić w odpowiednio dużej liczbie egzemplarzy,

po jednym na każdy typ lampy. Po uzupełnieniu wszystkich rubryk dysponuje się pełnym zestawem danych potrzebnych do przeprowadzenia pomiaru (także lamp podwójnych!).

O ile sam pomiar jest intuicyjny i prosty, o tyle interpretacja wyników może nie być już oczywista. W takim jak opisany tutaj **mierniku parametrycznym** nie uzyskuje się bowiem z przyrządu bezpośredniej informacji ZŁA/DOBRA, jak w przytoczonych w pierwszej części artykułu prymitywnych technicznie, choć prostych w obsłudze testerach amerykańskich, tylko garść parametrów (w postaci liczbowej) opisujących różne aspekty stanu lampy elektronowej. Jest to jednocześnie zaleta i wada tego urządzenia: doświadczonemu



Wykaz elementów

Rezystory (5% 0,6 W, chyba że zaznaczono inaczej):

R1, R2, R6, R7	2,2kΩ
R3, R8	22kΩ
R4, R9, R20	10kΩ
R5	2,2Ω
R10, R14	10Ω
R11	100Ω
R12, R13	27Ω
R15	10Ω, 2W
R16	1kΩ
R17, R18	4,7kΩ, 1W
R19	33kΩ
R20	47kΩ
R21-23	470Ω
R24	430Ω
R25	360Ω
R26	330Ω
R27	110Ω
R28	33Ω
R29	11Ω
R30	3,3Ω
R31	1,1Ω
P1	potencjometr liniowy 10kΩ
P2	potencjometr liniowy 1kΩ
P3	potencjometr liniowy 10-obrotowy 47kΩ (wysokiej jakości)
P4-6	potencjometry montażowe 10kΩ (3 szt.)
P7-12	potencjometry montażowe 470Ω (6 szt.)
C1, C3	kondensatory elektrolityczne 100μF, 450V
C2, C4	kondensatory elektrolityczne 47μF, 450V
C5, C6	kondensatory elektrolityczne 4,7μF, 350V
C7	kondensator elektrolityczny 4700μF, 25V
C8	kondensator elektrolityczny 47μF, 25V
C9	kondensator tantalowy 220μF, 6,3V
C10, C12	kondensatory foliowe 47nF, 630V
C11, C13	kondensatory foliowe 1μF, 630V
C14	kondensatory foliowe 0,47μF, 630V
C15, C16	kondensatory foliowe 1μF, 250V
C17	kondensator foliowy 1nF, 63V
D1-20	diody prostownicze 1N4007 (20 szt.)
DZ5	diody Zenera 5,1V, 1,3W, 8 szt.
DZ10	diody Zenera 10V, 1,3W, 14 szt.
DZ15	diody Zenera 15V 0,6W, 2 szt.
DZ51	diody Zenera 51V 1,3W, 18 szt.
Q1, Q3	tranzystory polowe IRFP460N
Q2, Q4, Q5	tranzystory BSX159
Q6	tranzystor 2N3055, selekcjonowany
IC1	układ scalony MAA723 w obudowie TO-99
SW1-13	przełączniki obrotowe 11P/1S (komutator, 9 szt., dekady dziesiątek woltów, CECHOWANIE, OBW. EKRANU)
SW14-15	przełączniki obrotowe 5P/3S (dekady setek woltów)
SW16-17	przełączniki obrotowe 5P/8S sprawdzić (IZOLACJA, POMIAR)
SW18	przełącznik obrotowy 11P/4S (PRĄD I NACHYLENIE)
SW19	przełącznik obrotowy 24P/1S (ZARZENIE)
SW20-21	przełączniki hebelkowe, dwusekcyjne
SW22-23	przełączniki (przyciski) monostabilne, dwusekcyjne
UP	ustrój pomiarowy – najlepiej ze zwierciadłem, klasy co najmniej 1,0
TR1	transformator sieciowy, według opisu
Gniazdo sieciowe komputerowe	1 szt.
Gniazdo panelowe bezpiecznika	1 szt.
Bezpiecznik zwłoczny 2 A	1 szt.
Podstawki lampowe, rodzaje wymienione w opisie	13 szt.
Zaciski bananowe	10 szt.
Gałki do potencjometrów i przełączników	22 szt.
Radiator komputerowy z wentylatorem	1 kpl.
Obudowa, według opisu i załączonych rysunków	1 kpl.



elektronikowi powie o stanie lampy znacznie więcej niż lakoniczne BAD/GOOD, niedoświadczonemu zaś nie powie nic albo prawie nic.

Należy tu podkreślić, że wartości zebrane w karcie katalogowej są wynikiem obliczeń statystycznych wykonanych na dużych zbiorach lamp z różnych lat i serii produkcyjnych. Parametry rzeczywistych lamp *bardzo rzadko* zgadzają się idealnie z katalogowymi: podlegają przecież rozkładowi normalnemu i tylko od badacza zależy, ile odchyleń standardowych uzna za granicę

sprawności. Powszechnie przyjęło się, że jest to 60–140% wartości podanej przez producenta, choć czasem w katalogu podaje się granice explicite, dotyczy to zwłaszcza lamp w wykonaniu specjalnym (S.Q. – *special quality*), do zastosowań wojskowych, telekomunikacyjnych, etc. Przykładem jest karta lampy E82CC firmy Philips, dostępna np. na <https://frank.pocnet.net/sheets/009/e/E82CC.pdf>.

Autor jest przekonany, że tak sporządzony opis umożliwi zbudowanie miernika nawet przez mniej wprawionego w technikę lampową adepta elektroniki – a to przez zwrócenie uwagi na większość czających się przy tej pracy pułapek i dość rozbudowany opis konstrukcji. Jego eksploatacja (pod warunkiem starannego montażu) powinna przebiegać bezproblemowo, a przy dobrej kalibracji dokładność zapewne przewyższy stawiane tego rodzaju urządzeniom oczekiwania.

Najserdeczniejsza rada jest taka: przed przystąpieniem do budowy zapoznać się z (szerszym, niż tu przedstawiono) opisem i fotografiami XX-wiecznych mierników lamp. Dziś się już tak nie projektuje i nie wykonuje urządzeń, a szkoda. Dzieła inżynierów tamtych czasów powinny nam świecić za wzór. Jest to najlepsza wprawa i nauka i przygotowanie przed chwyceniem za cyrkiel i lutownicę.



Jakub Korpacz
jakorpacz@wp.pl

Ciąg dalszy ze strony 14

Kilka miesięcy przed wybuchem II wojny światowej Polskie Biuro Szyfrów otrzymało zgodę na podzielenie się osiągnięciami polskich matematyków z Anglikami i Francuzami. Przedstawiciele tych krajów spotkali się w ośrodku wywiadu w Pyrach pod Warszawą. W ośrodku tym przedstawione zostały rezultaty prac z prezentacją na żywo łamania świeżo odebranej niemieckiej depezy. Delegacje obydwu krajów otrzymały kopie całej dokumentacji i Enigmy.

Po wybuchu II wojny światowej pracownicy Biura Szyfrów ewakuowali się przez Rumunię do Francji. Tam we francuskim ośrodku dekrzyptażu nadal prowadzili prace kryptologiczne. Natomiast w Wielkiej Brytanii w ośrodku dekrzyptażu w Bletchley Park pod kierunkiem Alana Turinga korzystając z otrzymanych z Polski materiałów rozpoczęto prace nad dekrzyptażem Enigmy z wykorzystaniem rozbudowanych i zmodyfikowanych bomb kryptologicznych.

Uważa się, że złamanie przez polskich matematyków szyfru Enigmy w ostatecznym rozrachunku przyspieszyło o kilka lat zakończenie II wojny światowej, uratowało miliony istnień ludzkich i prawdopodobnie uratowało Europę od użycia przez Niemcy broni nuklearnej. Jednak w filmie „Enigma” oraz polskim filmie „Sekrety Enigmy” z 1979 roku pokazano jak w Anglii zapada decyzja że wobec poczy-

nań Niemców podejmowane będą działania tylko wtedy, gdy będzie to uzasadnione okolicznościami wojny. Miało to na celu uniknięcie zdemaskowania faktu złamania szyfru Enigmy. Niestety w ten sposób tysiące ludzi niejako skazano na śmierć w imię „wyższego dobra” nie podejmując odpowiednich działań.

Po zakończeniu II wojny światowej sukces polskich matematyków i kryptologów pozostawał nieznany do lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku. Sukces ten przypisali sobie nasi ówczesni sojusznicy. W 1973 roku Gustav Bertrand, były szef francuskiego radiowywiadu, który blisko współpracował z polskim wywiadem, w swojej książce ujawnił, że niemiecki szyfr złamali alianci, ale kluczową rolę w tym przedsięwzięciu odegrali Polacy. Również Władysław Kozaczuk pisał o tym, iż to Polacy złamali szyfr Enigmy. Natomiast w publikacji F.W. Winterbothama „The Ultra Secret” (Enigma w Anglii nazywana była Ultra) znaczenie Polaków zostało zupełnie zminimalizowane. Po raz pierwszy poza Polską nazwiska polskich matematyków, którzy złamali szyfr Enigmy, zostały podane w USA w 1974 roku. Mimo to powstały filmy „U-571” i „Enigma”, które nie mówią prawdy o polskim wkładzie w złamanie szyfru Enigmy. Mało tego, w filmie „Enigma” Polak przedstawiany jest jako

zdrajca! Natomiast w filmie „U-571” napisy końcowe wskazują, że to amerykańanie przyczynili się do złamania szyfru Enigmy. O ile sam film „U-571” może być traktowany jako filmowa fikcja, to napisy końcowe utwierdzają widza, że film opisuje prawdziwe wydarzenia. Dlatego w dobie społeczeństwa czerpiącego swoją wiedzę z mediów takich jak Internet czy filmy warto znać prawdę na temat polskiego wkładu w złamanie szyfru Enigmy. Bez polskich matematyków, Mariana Rejewskiego, Jerzego Różyckiego, Henryka Zygalskiego i wielu innych osób, które im pomagały, złamanie szyfru Enigmy prawdopodobnie byłoby niemożliwe.

Powoli odtajnia się dokumenty z czasów II wojny światowej, dzięki czemu tajemnica Enigmy powoli wychodzi na jaw. W 2014 roku na początku lipca, w 75. rocznicę spotkania w Pyrach, w tym samym miejscu spotkali się szefowie wywiadów Polski, Francji i Wielkiej Brytanii. Brytyjczycy w końcu przyznali, że złamanie Enigmy to zasługa Polaków. Powtórzyła to też telewizja BBC. Czy teraz powstanie jakiś hollywoodzki film o tym, jak było naprawdę? W 2000 roku Marian Rejewski, Jerzy Różycki i Henryk Zygalski zostali pośmiertnie odznaczani Krzyżami Wielkimi Orderu Odrodzenia Polski.



Krzysztof Kawa
kaawa@wp.pl

Izolowana galwanicznie sonda oscyloskopowa 2,5kV



Do czego to służy?

Obserwowanie wysokich napięć na ekranie oscyloskopu może być potrzebne podczas uruchamiania czy naprawy zasilaczy impulsowych lub urządzeń zasilanych z sieci prądu przemiennego 230V (400V w sieciach trójfazowych), gdzie wartość szczytowa osiąga wartość 325V (560V w trójfazowych). Wysokie napięcia używane są też np. w dozymetrach. Czasem wystarczy jakakolwiek sonda różnicowa. Te jednak rzadko akceptują napięcie większe niż 1kV. Ponadto, jeśli jest wymagana izolacja galwaniczna, trzeba sięgnąć po bardziej zaawansowane rozwiązania niż sonda różnicowa.

Galwaniczne oddzielenie wejścia oscyloskopu od badanego obwodu ma wiele zalet. Chroni oscyloskop przed uszkodzeniem (choć to może być iluzją, bo dobra sonda może kosztować 10 razy więcej niż niedrogi oscyloskop) oraz rozwiązuje problem pętli masy. We współczesnych oscyloskopach bardzo często przewód uziemiający (PE) jest połączony z masą oscyloskopu. To utrudnia lub wręcz uniemożliwia niektóre pomiary, na przykład napięcia międzyfazowego (rysunek 1). Ponadto na obudowie oscyloskopu może pojawić się napięcie niebezpieczne dla życia (rysunek 2). Istnieją różne rozwiązania tego problemu.

Transformator separacyjny czy akumulatorowe zasilanie oscyloskopu pozwala rozwiązać prob-

lem połączenia przewodu PE z GND, ale nie rozwiąże problemu napięcia niebezpiecznego dla życia na masie oscyloskopu. Przy pomiarach napięcia jednej fazy można podłączyć GND do przewodu N, ale co zrobić w czasie pomiaru napięcia międzyfazowego? Podobny problem powstaje przy podłączeniu oscyloskopu przez USB do komputera, gdzie w 99% przypadków interfejs USB oscyloskopu nie jest izolowany galwanicznie (rysunek 3). Nawet gdy pominiemy te problemy (a z USB nie musimy korzystać), to jakość przebiegu odwzorowana na oscyloskopie może być słaba, co wyniknie z filtrów w obwodzie 230V zasilacza oscyloskopu, gdzie pojemności przewodów N i L połączone są z PE, a więc także z GND. Bodaj najprostszym sposobem ratunku może być pomiar napięcia dwoma sondami, a w oscyloskopie wykonanie operacji odejmowania sygnału. Niestety, w ten sposób nie da się dobrze zobrazować małych sygnałów przemienionych na tle dużego napięcia wspólnego.

Skutecznym rozwiązaniem problemu jest sonda z izolacją galwaniczną. Biorąc po uwagę cenę fabrycznych sond różnicowych, które kosztują po kilkanaście tysięcy złotych, można sobie wyobrazić podobnie wysoką cenę dobrej sondy izolowanej własnej roboty.

Na szczęście izolowaną galwanicznie sondę o niezbyt imponujących parametrach można zrealizować za około 100zł. Zaletą sondy jest

pojedyncze napięcie zasilające 8...15V lub 5V, które może pochodzić z gniazda

USB oscyloskopu, oczywiście o ile oscyloskop jest w takie gniazdo wyposażony.

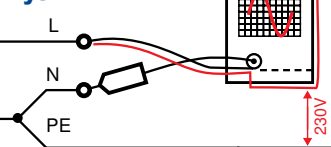
Jak to działa?

Budowa sondy jest pokazana na rysunku 4. Rezystory R1...R9 i R21 wraz z R20 tworzą dzielnik napięcia. R22, R23 C1 są elementami składowymi aplikacji wzmacniacza U1. Strona wysokonapięciowa wzmacniacza U1 jest zasilana z przetwornicy DC/DC (U4) NME0505S. Wydawać by się mogło, że sonda może mierzyć tylko napięcia dodatnie, ponieważ wejście negujące (wyprowadzenie 3) jest połączone z zerem zasilania (wyprowadzenie 4), jednakże U1 zbudowano tak, że wzmacnia także napięcia ujemne. Układ jest zoptymalizowany do pracy z napięciami $\pm 250\text{mV}$ (max. $\pm 320\text{mV}$). Wejściowy dzielnik napięcia tłumi napięcie dziesięć tysięcy razy (teoretycznie przy zerowej tolerancji rezystorów 10001 razy): $20002\text{k}/0,2\text{k} = 10001$, gdzie $2,0002\text{M}\Omega$ – szeregowo połączenie R1...R21. Dzięki temu maksymalne napięcie na wejściu U1 nie przekracza 250mV dla dopuszczalnego zakresu napięć wejściowych sondy ($2500\text{V}/10000 = 0,25\text{V}$).

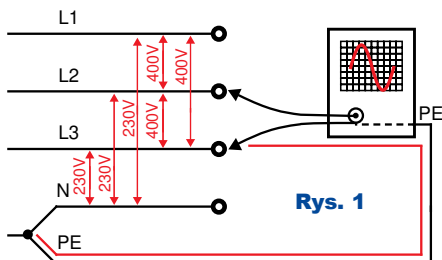
Na wyjściu U1 pojawia się napięcie wzmacnione ośmiokrotnie, przy czym zerowemu napięciu wejściowemu odpowiada napięcie wyjściowe ok. 2,5V. Różnicowe napięcie wyjściowe U1 trafia na wzmacniacz różnicowy U2A. W U2B napięcie jest wzmacniane, zależnie od położenia S1: 0,8/1,6/4/8/16 lub 40 razy. Uwzględniając ośmiokrotne wzmocnienie w U1, daje to całkowite wzmocnienie 10/20/50/100/200/500 razy. Całkowite tłumienie sondy jest więc takie, jak pokazuje tabela 1.

Początkującym elektronikom może wydawać się dziwne, że tłumienie nie jest w sekwencji 1/10/100 itd., jak w multimetrach, tylko 2/5/10 itd. Sekwencja 1:2:5

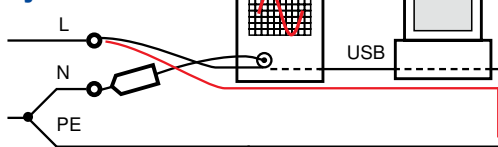
Rys. 2

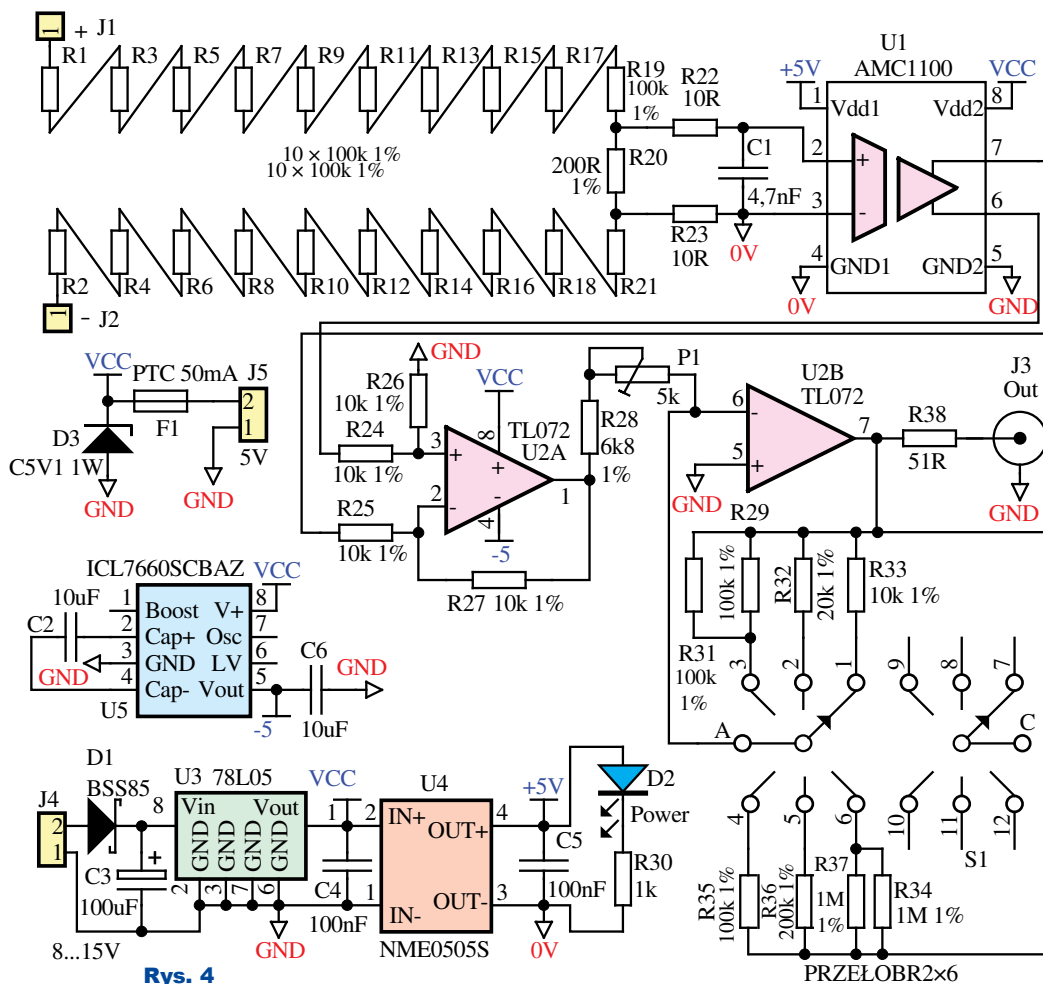


Rys. 1



Rys. 3





Rys. 4

Sumaryczne tłumienie sondy	Tłumienie dzielnika wejściowego	Wzmocnienie U2B	Napięcie wejściowe	Napięcie wyjściowe
1'000:1	10'000	× 10	2,5kV	2,5V
500:1	10'000	× 20	1'250kV	2,5V
200:1	10'000	× 50	500V	2,5V
100:1	10'000	× 10	250V	2,5V
50:1	10'000	× 200	125V	2,5V
20:1	10'000	× 500	50V	2,5V

jest powszechnie używana w oscyloskopach, bo umożliwia dokładniejsze dopasowanie amplitudy przebiegu do wysokości ekranu. Współczesne oscyloskopy umożliwiają określenie tłumienia sondy w takiej właśnie sekwencji (rysunek 5), aby wyniki pomiarów odzwierciedlały rzeczywiste napięcie.

Do precyzyjnego ustawienia wzmocnienia służy potencjometr P1. Warto zaznaczyć, że U2 (TL072) nie jest

Tabela 1 ale wymagają one zmian na PCB. W razie potrzeby można też użyć bardziej precyzyjnego wzmacniacza operacyjnego.

Na koniec pozostawiłem omówienie sposobu zasilania układów. O zasilaniu części wysokonapięciowej już było, pozostała część niskonapięciowa, której masa łączy się galwanicznie z oscylosko-

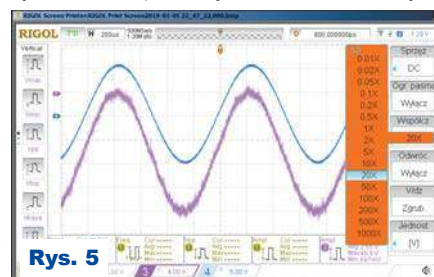
pem. Napięcie 8...15V, po przejściu przez diodę zabezpieczającą przed skutkami odwrotnego podłączenia zasilania, trafia na stabilizator U3. W U5 z wyjściowego napięcia 5V wytwarzane jest napięcie ujemne około 4,7V.

Sonda może być zasilana napięciem 5V doprowadzonym do J5. Zabezpieczenie przed zbyt wysokim lub odwrotnym napięciem zrealizowano na diodzie Zenera i bezpieczniku powtarzalnym. Można się spodziewać, że bezpiecznik zadziała przy prądzie ok. 75mA, max. 100mA, co spowoduje przez krótką chwilę wydzielanie się na diodzie ok. 1W mocy.

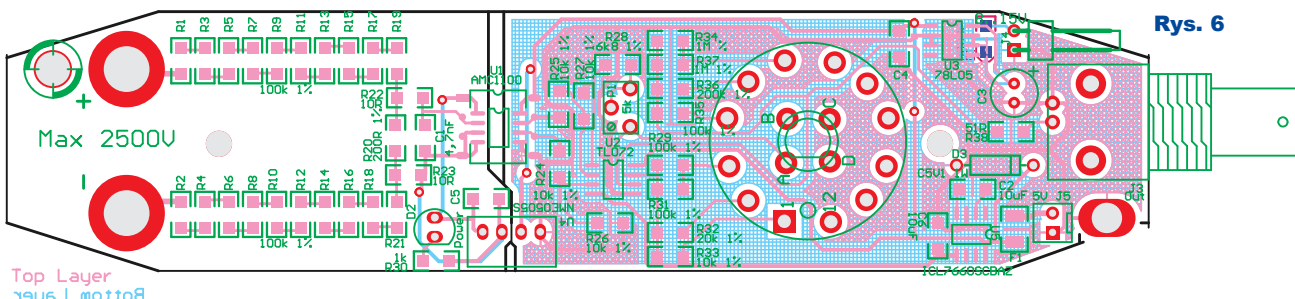
Montaż i uruchomienie

Projekt płytki drukowanej pokazany jest na rysunku 6. Montaż jest standardowy. Na początku można nie montować układów scalonych (poza przetwornicą DC/DC). Po doprowadzeniu zasilania należy sprawdzić poprawność napięć zasilających. Jeśli są poprawne, można włutować układy scalone. Do wejścia sondy należy doprowadzić przebieg sinusoidalny około 1kHz o amplitudzie 10V. Tłumienie sondy należy ustawić na minimum (20:1) a potencjometrem P1 ustawić amplitudę napięcia na wyjściu sondy na 1V.

Gdy sonda została uruchomiona, należy ją pokryć lakierem izolacyjnym. W czasie schnięcia lakieru można przygotować obudowę, wierząc w niej otwory. Obudowę należy ekranować. W tym



Rys. 5

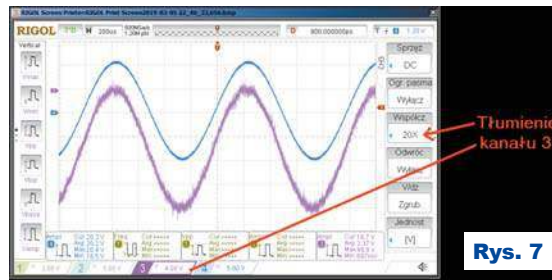


Rys. 6

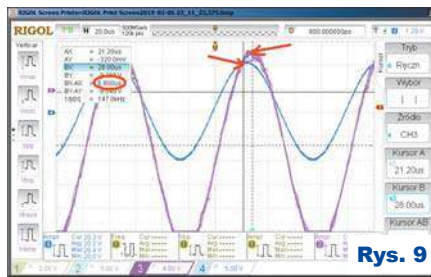
celu należy ją pokryć od środka grafitem w sprayu lub ostаточно samoprzylepną folią aluminiową (np. na taśmie). Samo pokrycie obudowy materiałem przewodzącym nic nie da, jeśli nie będzie połączenia z masą układu. Otwór montażowy w pobliżu złącza BNC jest połączony z masą, dlatego należy zadbać, aby grafit czy taśma aluminiowa znalazła się na kołkach montażowych w obudowie.

Kompensacja częstotliwościowa. Prosta sonda nie jest skompensowana częstotliwościowo i nie nadaje się do badania przebiegów o wyższej częstotliwości oraz impulsowych. Na rysunkach pokazano oscylogramy przebiegu sinusoidalnego o amplitudzie 20V i różnych częstotliwościach. **Rysunek 7** przedstawia przebieg 1kHz 20V na wejściu sondy (kanał 4 – niebieski) i wyjściu (kanał 3 – fioletowy), tłumienie sondy ustawione na 20. Na **rysunku 8** widać wzmacnione napięcie offsetu wzmacniacza U2. Offset 450mV na wyjściu U2B daje 900μV (450mV/wzmocnienie 500), co zgadza się z deklarowanym przez producenta offsetem 1mV. Jest to sumaryczny offset U2A i U2B. Można zastanawiać się, dlaczego nie dałem możliwości likwidacji napięcia offsetu. Rozwiązanie z dodaniem napięcia do jednego z wejść wzmacniacza może się nie udać, ponieważ może być wymagane dodanie napięcia dodatniego lub ujemnego. Napięcie ujemne wytwarzane przez ICL7660 nie jest zbyt stabilne i takie likwidowanie napięcia offsetu mogłoby przynieść więcej szkody niż pożytku. Najprostszym rozwiązaniem jest zastosowanie lepszego wzmacniacza o małym offsecie. Niestety, założone w tym projekcie maksymalne uproszczenie konstrukcji niesie za sobą różne konsekwencje.

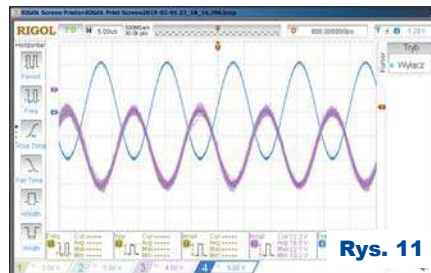
Rysunek 9 przedstawia przebieg 10kHz o tej samej amplitudzie. Widać, że na wyjściu amplituda sygnału wzrosła. Ponadto widać przesunięcie fazowe oznaczone strzałkami. Dla częstotliwości 50kHz (**rysunek 10**) przesunięcie jest bardzo widoczne, tak jak i spadek



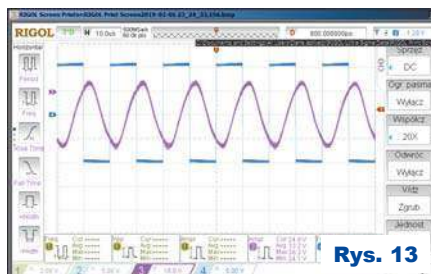
Rys. 7



Rys. 9



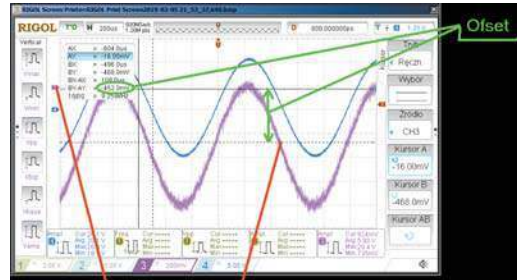
Rys. 11



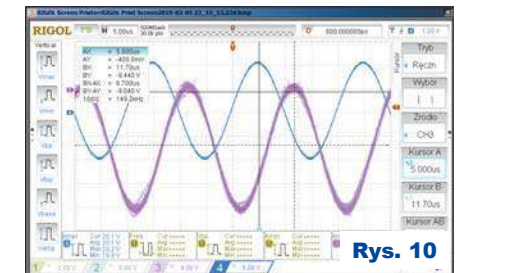
Rys. 13

amplitudy. 80kHz (**rysunek 11**) daje przesunięcie o 90°.

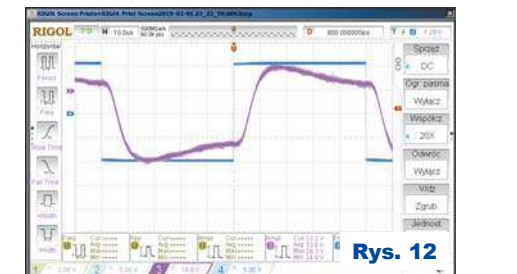
Dlaczego piszę o przesunięciu fazowym? Może to mieć duże znaczenie przy równoczesnym badaniu sygnałów z sondą izolowaną jak i bez. Na **rysunku 12** widać prostokątny przebieg 10kHz. Na wyjściu sondy jest on przesunięty i mocno zniekształcony. Przy 50kHz (**rysunek 13**) zniekształcenia liniowe (obciążenie harmonicznych) są tak duże, że przebieg na wyjściu sondy przypomina sinusoidę. Na **rysunku 14** można zoba-



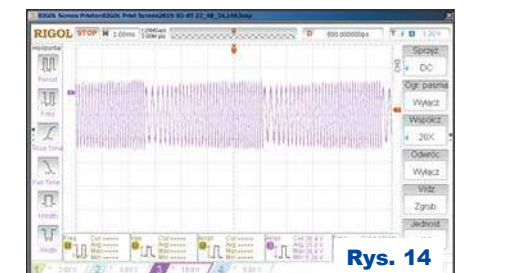
Rys. 8



Rys. 10

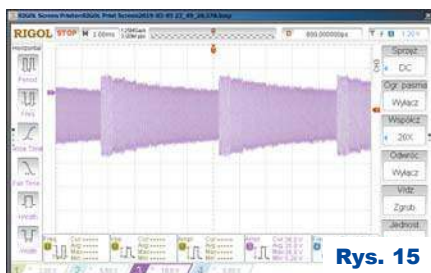


Rys. 12

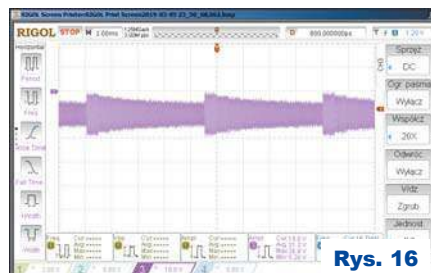


Rys. 14

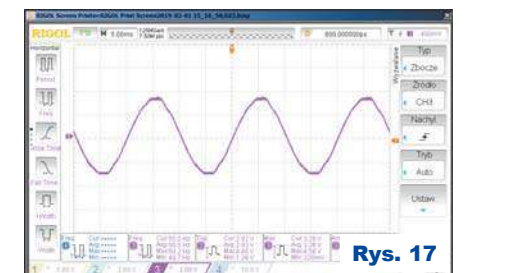
czyć tłumienie sondy w zakresie 1–5kHz, **rysunek 15**: 5–20kHz, **rysunek 16**: 50–100kHz. Widać wyraźnie nierównomierność wzmocnienia, gdzie dla zakresu 1–10kHz amplituda sygnału rośnie, a powyżej 10kHz następuje ponowny jej spadek. W zakresie do 1kHz wzmocnienie jest w miarę stałe. **Rysunek 17** przedstawia oscylogram napięcia sieci 230V. Przełącznik tłumienia sondy jest ustawiony na 50:1, oscyloskop ustawiony na 1:1.



Rys. 15



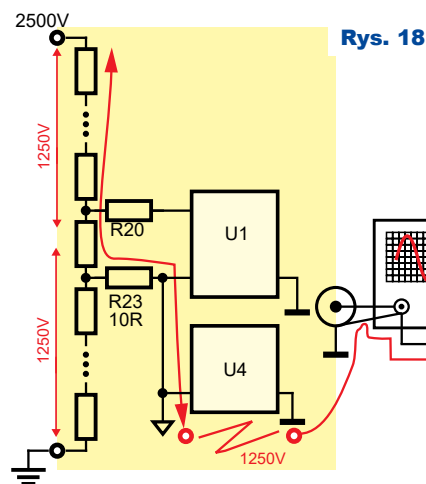
Rys. 16



Rys. 17

Widać wyraźnie, że sonda najlepiej nadaje się do podglądania przebiegów do 1kHz i że bardzo daleko jej do profesjonalnych rozwiązań (stąd też niska cena). Czy 1kHz to dużo czy mało? To zależy od tego, jakie przebiegi badamy. Jeśli jest to fazowe sterowanie silnikiem czy żarówkami zasilanymi napięciem sieciowym 230V, pasmo 1kHz wystarczy. Dla falowników pracujących z częstotliwością kilku kHz sonda może pomóc, ale dla kilkunastu czy kilkudziesięciu kHz nie przyda się.

Napięcie izolacji. Pomiedzy stroną wysokonapięciową a niskonapięciową napięcie izolacji określa przetwornica DC/DC, która katalogowo ma napięcie przebicia 1kV. Potencjał punktu 0V strony wysokonapięciowej w stosunku do ziemi wyniesie 1kV, gdy do sondy zostanie przyłożone napięcie 2kV. W przypadku podania 2,5kV punkt ten będzie na potencjale 1,25kV w stosunku do ziemi (rysunek 18). Gdy po stronie



Rys. 18

niskonapięciowej masa GND nie jest połączona z przewodem uziemiającym PE, napięcie przebicia determinuje zasilacz urządzenia, do którego podłączona jest sonda. Najczęściej transformatory sieciowe mają napięcie izolacji 4kV. Trzeba jednak mieć świadomość, że do GND może nastąpić przebicie od strony wysokonapięciowej. Ewentualny prąd nie będzie duży, bo ograniczają go rezystory tłumika do maksymalnie 1,25mA (do niebezpiecznego dla życia prądu 50mA daleka droga). Gdy kluczową sprawą jest dobra izolacja, najlepiej zrezygnować z przetwornicy DC/DC i stronę wysokonapięciową zasilić z osobnego zasilacza o jak najwyższym napięciu przebicia. Gdy przewód PE jest połączony z GND, osobny zasilacz staje się niezbędny albo należy ograniczyć napięcie do 2kV.

Wnoszone obciążenie, modyfikacje.

Trzeba mieć świadomość, że sonda ma stosunkowo małą rezystancję wewnętrzną, tylko 2MΩ, więc przy napięciu 2500V obciąży badany obwód prądem 1,25mA. Prąd ten może okazać się na tyle duży w badanym obwodzie (np. w powielaczu napięcia), że zmienia się warunki pracy. Zmniejszenie tego prądu jest możliwe przez dodanie dwóch szeregowych rezystorów wysokonapięciowych 9MΩ. Zwiększy to rezystancję do $2 \times 10\text{M}\Omega$, tłumienie zwiększy się 10 razy, prąd spadnie do 250uA. Trzeba pamiętać, że 90% napięcia odłoży się na takim rezystorze, musi więc mieć odpowiednią wytrzymałość napięciową (można użyć 9 sztuk połączonych szeregowo rezystorów 1MΩ).

Można też od razu, zamiast rezystorów 100kΩ, w dzielniku napięcia zastosować rezystory 1MΩ.

Takie zabiegi powodują zwiększenie tłumienia, przez co tracimy najniższy zakres pomiarowy. Rozwiązaniem jest zastosowanie w dzielniku rezy-

Wykaz elementów

Rezystory 1206:

R1-19,R21,R29,R31,R35	100kΩ 1%
R20	200Ω 1%
R22,R23	10Ω
R24,R25,R26,R27,R33	10kΩ 1%
R28	6,8kΩ 1%
R30	1kΩ
R32	20kΩ 1%
R34	1MΩ %
R36	200kΩ 1%
R37	1MΩ 1%
R38	51Ω
P1	5kΩ potencjometr montażowy 3266W

Kondensatory ceramiczne 1206:

C1	4,7nF
C2,C6	10uF
C4,C5	100nF
C3	100uF/16V THT ce6.3/2.5
U1	AMC1100
U2	TL072 SO-8
U3	78L05 SO-08
U4	NME0505S
U5	ICL7660SCBAZ SO-08
D1	BSS85
D2	Dioda led 3/5mm
D3	C5V1 1W
J1,J2	Gniazdo bananowe 4mm
J4,J5	NS25-W2K
J3	Gniazdo kątowe BNC do druku
S1	Przełącznik obrotowy 2x6
F1	Bezpiecznik powtarzalny 50mA

Komplet podzespołów z płytą jest dostępny w Sklepie AVT jako zestaw AVT3257

storów 1MΩ i zwiększenie R20 do 2kΩ. Trzeba jednak uwzględnić, że rezystancja wejściowa U1 to 28kΩ. Spowoduje to zmianę tłumienia o ponad 7% ($2k \times 100\% / 28k \sim 7\%$) w stosunku do $R20=200R$ ($200R \times 100\% / 28000 \sim 0,7\%$), które można skorygować potencjometrem P1. Jeśli byłoby to niemożliwe, należy zmniejszyć wartość R28. Trzeba mieć też świadomość, że U1 jest zoptymalizowany do pracy ze źródłami o małej rezystancji wewnętrznej jak boczniaki do pomiaru prądu. W następnych numerach EdW pojawiają się opisy jeszcze dwóch sond: izolowanej galwanicznie o maksymalnym napięciu wejściowym 500V oraz bardzo taniej sondy różnicowej o paśmie 1MHz i napięciu maksymalnym 1000V.

SaS
sas@elportal.pl



Zawsze znajdziesz, przejrzysz i kupisz aktualny numer „Elektroniki dla Wszystkich” (zarówno w wersji papierowej, jak i elektronicznej) na www.UlubionyKiosk.pl

Infinity – system automatyki domowej Współpraca z czujnikiem tlenku węgla

W poprzednim numerze czasopisma opisany był moduł przewidziany do sterowania wentylatorem. Jego podstawowa funkcjonalność dotyczy włączania napięcia sieciowego dla wentylatora i jest zrealizowana w oparciu o typowy przekaźnik elektromagnetyczny. Sterowanie modulem, w rozumieniu wymuszania określonych zachowań, możliwe jest poprzez odpowiedni przycisk. Każdorazowe jego naciśnięcie powoduje określone zachowanie modułu. Naturalne staje się, by każde naciśnięcie przycisku zmieniało stan włączenia na przeciwny (przykładowo jak wentylator był włączony, to należy go wyłączyć). Ta koncepcja doskonale się sprawdza w przypadku ręcznego sterowania, jednak nie zdaje egzaminu we współpracy z typowym, dostępnym w handlu, czujnikiem tlenku węgla (**fotografia 1**). Moduł oczekuje „naciśnięcia i puszczenia” przycisku (z czasem trwania stanu zwarcia około pół sekundy), natomiast czujnik, pracując w roli przycisku, „naciśnie” i trzyma tak długo, aż poziom tlenku węgla nie spadnie poniżej dopuszczalnego progu. By uzyskać potrzebną funkcjonalność, niezbędne jest dodatkowe wsparcie w postaci modułu i temu jest poświęcony bieżący artykuł. Jest to adaptacja używanego już elementu

Fot. 1



do nowej roli (sterownika do zarządzania oświetleniem). Z punktu widzenia sprzętowego moduł był opisany dwa miesiące temu, toteż chcąc sobie odświeżyć informacje, należy sięgnąć do tego numeru czasopisma.

Element sterujący wentylatorem był szczegółowo opisany w poprzednim miesiącu (moduł o identyfikatorze PWC001). Jego instalację w systemie pokazuje **rysunek 1**. Przekaźnik elektromagnetyczny zawarty w module pozwala włączać napięcie sieciowe 230V dla silnika wentylatora. Do ręcznego sterowania zastosowany jest przycisk przystosowany do montażu na szynie DIN

pokazany na **fotografii**

2. Każdorazowe naciśnięcie przycisku, jako elementu lokalnego wpływającego na pracę modułu sterującego wentylatorem (PWC001), zmienia stan na przeciwny. Jest to „ręczny” tryb pracy. Każda zmiana stanu generuje na magistralę RS485 informację o aktualnym statusie. Z punktu widzenia komunikacji moduł PWC001 jest elementem typu SLAVE, który wymaga aktywnego dostępu do magistrali RS485 (przykładowo wysyła na magistralę informację o zmianach stanu). Ze względu na półduplexowy tryb jej pracy, do tej magistrali musi zostać przyłączony element typu MASTER (zarządzający komunikacją). Tę funkcję spełnia procesor komunikacyjny. Idea działania typu MASTER – SLAVE była już szczegółowo przedstawiona w poprzednich odcinkach cyklu. By całość, w sensie komunikacyjnym, sprawnie działała, moduł MASTER (procesor komunikacyjny) musi „znać” listę przyłączonych modułów. Wysyłając cyklicznie zezwolenia na aktywny dostęp do magistrali RS485 do „znanych” modułów (polecenie REPLY), powstaje możliwość przesyłania komunikatów pomiędzy dowolnymi

modułami. Każdy komunikat wysłany na magistralą komunikacyjną jest odbierany przez każdy moduł do niej przyłączony. Dodatkowy element, jako adaptacja sprzętowego rozwiązania do zarządzania oświetleniem, jest czytnikiem stanów i monitoruje stan zwarcia styków przekaźnika znajdującego się w czujniku tlenku węgla. Ponieważ w nowej, dodatkowej roli nie realizuje on funkcji włączania, nie ma wlutowanego

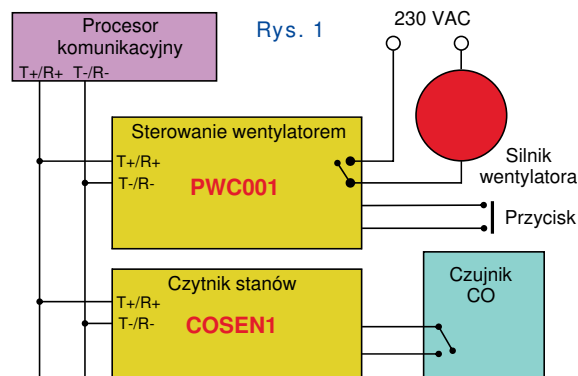


Fot. 2



Fot. 3

optotriaka (**fotografia 3**). Taka lekko okrojona sprzętowo funkcjonalność w połączeniu z odpowiednim oprogramowaniem tworzy nowy element systemu. Styki przekaźnika znajdującego się w czujniku tlenku węgla są przyłączone do modułu jako zewnętrzny przycisk. W zależności od wykrytej zmiany stanu, na magistralę RS485 są wysyłane odpowiednie informacje, które ze względu na charakter pracy typu SLAVE muszą być zsynchronizowane przez procesor komunikacyjny. To z kolei implikuje konieczność, by jego identyfikator (COSEN1) był „znany” procesorowi (w części poświęconej procesorowi komunikacyjnemu wszystkie te identyfikatory zostały



zdefiniowane i zapisane w pamięci konfiguracyjnej modułu zarządzającego komunikacją).

Do podstawowych funkcji nowego modułu (czytnika stanów) należy wygenerowanie odpowiedniego polecenia dla sterownika zarządzającego pracą wentylatora. Dodatkowym jego „zmartwieniem” jest informowanie serwera www o aktualnym stanie czujnika wykrywającego tlenek węgla. Te informacje adresowane do serwera www mają wpływ na treść generowanej strony dla przeglądarki internetowej. Podczas monitorowania stanu styków przekaźnika w czujniku czadu, wykrywany jest moment zwarcia styków, co odpowiada sytuacji, gdzie czujnik wykrył przekroczenie dopuszczalnego stężenia tego gazu oraz moment rozwarcia styków odpowiadający sytuacji, gdy stężenie niebezpiecznego gazu spadło poniżej krytycznego poziomu. Ta funkcjonalność ma swoje odbicie w strukturze danych konfiguracyjnych zapisanych w pamięci nieulotnej.

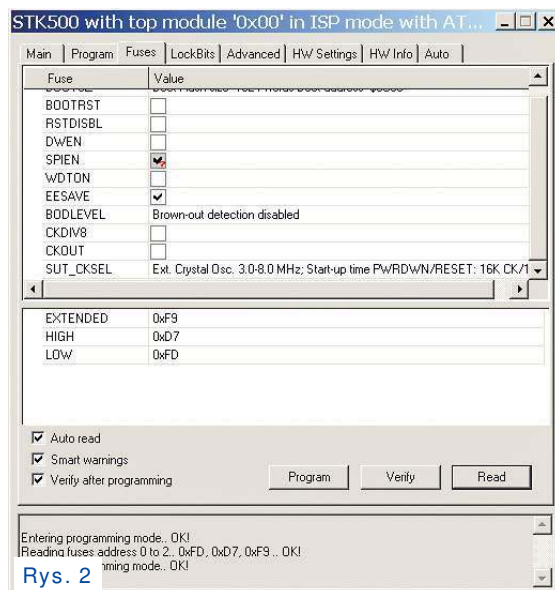
Podobnie jak we wszystkich innych modułach, po zmontowaniu układu przed pierwszym uruchomieniem należy zdjąć zworkę P301 odłączającą stabilizator napięcia od reszty układu. Po jego zasileniu (nominalne napięcie zasilające wynosi 12V) trzeba zmierzyć napięcie generowane przez stabilizator impulsowy. Wartość napięcia powinna wynosić około 5V, co oznacza, że stabilizator pracuje poprawnie i można założyć zworkę P301. Kolejnym krokiem przy uruchamianiu modułu jest właściwe ustawienie FUSE. Ich modyfikację wykonuje się, przyłączając programator do układu. W sytuacji, gdy programator „zobaczy” procesor modułu, możliwe stanie się zaprogramowanie jego ustawień oraz zaprogramowanie jego pamięci FLASH. W przypadku mikrokontrolera ATMEGA 88 istotne są:

- CKDIV8 – bit konfiguracyjny nakazujący dzielić częstotliwość sygnału zegarowego przez 8, należy tę opcję wyłączyć (fabrycznie nowy mikrokontroler ma tę opcję włączoną),
- wybrać wariant sygnału zegarowego (SUT_CKSEL) jako zewnętrzny rezonator kwarcowy z częstotliwością w przedziale 3...8 MHz,
- przydatne jest zaznaczenie opcji EESAVE (kasowanie pamięci FLASH niezbędne przy każdym zaprogramowaniu mikrokontrolera nie będzie jednocześnie powiązane z kasowaniem pamięci EEPROM, w której są przechowywane dane konfiguracyjne).

Oczekiwany zestaw konfiguracji FUSE pokazuje **rysunek 2** (AVR STUDIO 4).

Pierwsze uruchomienie po załadowaniu programu do wewnętrznej pamięci FLASH mikrokontrolera spowoduje zapis do pamięci konfiguracyjnej EEPROM domyślnych ustawień. Blok danych konfiguracyjnych przechowywany w pamięci nieulotnej jest opatrzony 16-bitową sumą kontrolną CRC, która pozwala na wykrycie pierwszego uruchomienia modułu i zapisania w pamięci konfiguracyjnej domyślnych wartości parametrów. Znajdują się tam różne informacje, jak pokazano poniżej, a struktura bloku konfiguracyjnego jest pokazana na **listingu 1**, który jest dostępny w Elportalu wśród materiałów dodatkowych do tego numeru.

- *MyDeviceID* – własny identyfikator sterownika jako ciąg składający się maksymalnie z 8 znaków, domyślnie jest KEY1,
- *Password* – hasło wymagane przy aktywnej konfiguracji parametrów sterownika składające się maksymalnie z 6 znaków, domyślnie jest MAGIC,
- *EventDestinDeviceID* [*EventDestinDeviceArraySize*] – zbiór identyfikatorów innych modułów/urządzeń, do których należy wysłać polecenie włączenia/wyłączenia, jest to tablica mieszcząca 4 identyfikatory, z których każdy składa się z maksymalnie 8 znaków, domyślnie tablica jest pusta,
- *StatusDestinDeviceID* [*StatusDestinDeviceArraySize*] – zbiór identyfikatorów innych modułów/urządzeń, do których należy wysłać informacje statusowe (informacje o przekroczeniu dopuszczalnego stężenia gazu), jest to tablica mieszcząca 2 identyfikatory, z których każdy składa się z maksymalnie 8 znaków, domyślnie tablica jest pusta,
- *KeyStartService* – polecenie, jakie należy wysłać do modułów, których identyfikatory są wymienione w tablicy *EventDestinDeviceID* (polecenie włącz/wyłącz) w reakcji na wykrycie zwarcia styków przekaźnika w czujniku tlenku węgla (wykrycie przekroczenia dopuszczalnego stężenia gazu), domyślnie jest polecenie CHON (włącz),
- *KeyStopService* – polecenie, jakie należy wysłać do modułów, których identyfikatory są wymienione w tablicy *EventDestinDeviceID* (polecenie włącz/wyłącz) w reakcji na wykrycie



Rys. 2

rozwarcia styków przekaźnika w czujniku tlenku węgla, domyślnie jest polecenie CHOFF (wyłącz),

Każdorazowe uruchomienie modułu, po zaprogramowaniu niezbędnych obwodów (kanał komunikacji szeregowej, zegar, porty), zawsze związane jest z odczytem danych konfiguracyjnych zawartych w pamięci EEPROM. Te dane mają istotne znaczenie dla działania modułu. Własny identyfikator (*MyDeviceID*) wpływa na rozpoznawanie poleceń odbieranych poprzez kanał transmisji szeregowej z magistrali RS485. Jak we wszystkich już opisanych modułach, odebrane polecenia są przetwarzane pod warunkiem zgodności identyfikatora odebranego z magistrali komunikacyjnej z własnym zapisanym w pamięci konfiguracyjnej. Moduł również reaguje na „uniwersalne imię” GENERAL. Algorytm obsługi transmisji szeregowej oraz analizy treści odebranych poleceń jest identyczny jak w opisanych ostatnio sterownikach. W stosunku do modułu zarządzającego oświetleniem, w tym przypadku oprogramowanie w sposób istotny różni się przede wszystkim w obsłudze przycisku (stanu przekaźnika w czujniku wykrywającym tlenek węgla). Monitorowanie stanu zwarcia odbywa się w przerwach od upływającego czasu i jest zrealizowane w konwencji automatu synchronicznego. Rozwiązanie pokazuje **listing 2** (dostępny w Elportalu), gdzie w zależności od stanu automatu w poprzednim cyklu oraz aktualnego zwarcia styków przekaźnika widzianego jako wartość logiczna odczytywana na odpowiednim wyprowadzeniu portu generowana jest informacja do bufora

klawiaturowego (mieszczącego jeden znak). W tej obsłudze uwzględnione jest zjawisko dzwonienia styków występującego w chwili ich zwarcia i rozwarcia. W momencie załączenia przekaźnika przez czujnik gazu, do bufora klawiatury jest wpisywany kod znaku określający początek stanu aktywnego (wykrycia niebezpiecznego stężenia gazu). Analogicznie, wyłączenie przekaźnika odpowiada wpisaniu do bufora znaku określającego koniec stanu aktywnego. Stan bufora klawiatury jest badany w pętli głównej programu, gdzie ewentualnie następuje programowa reakcja na zaistniałe zdarzenia. Pokazuje to **listing 3** (dostępny w Elportalu), gdzie w zależności od początku lub końca stanu aktywnego sensora gazu rozsyłane jest polecenie sterujące (wywołanie funkcji *SendKeyEvents*) oraz wysyłany jest do serwera www aktualny status (wywołanie funkcji *SendStatusEvents*).

Wysłanie polecenia włącz/wyłącz (pokazuje to **listing 4** dostępny w Elportalu) sprowadza się do wygenerowania odpowiedniego polecenia w formacie, jaki obowiązuje w komunikacji w obrębie całego INFINITY. Możliwe jest wygenerowanie ich do kilku adresatów (do tyłu, ile jest wpisanych w pamięci konfiguracyjnej). Pozwala to włączyć wentylator, którego zadaniem jest usunięcie niebezpiecznego gazu oraz włączyć jakąś sygnalizację (przykładowo czerwone światelko czy jakiś sygnalizator akustyczny). W moim przypadku wystarczy sam wentylator, gdyż czujnik gazu sam z siebie daje znać o sobie i nie jest konieczna dodatkowa sygnalizacja. W rzeczywistości algorytm pokazany na listingu 4 jedynie generuje dane do odpowiedniego bufora, które będą czekały na zezwolenie na transmisję (odebranie odpowiedniego polecenia od procesora komunikacyjnego).

Równoległe z akcją wysłania poleceń włączających/wyłączających zrealizowaną jest operacja poinformowania serwera www o zaistniałej sytuacji (w ogólnym przypadku dowolnego urządzenia, gdyż rozwiązanie jest na tyle elastyczne, że umożliwia utworzenie dowolnego wariantu). Rozwiązanie pokazuje **listing 5** (dostępny w Elportalu).

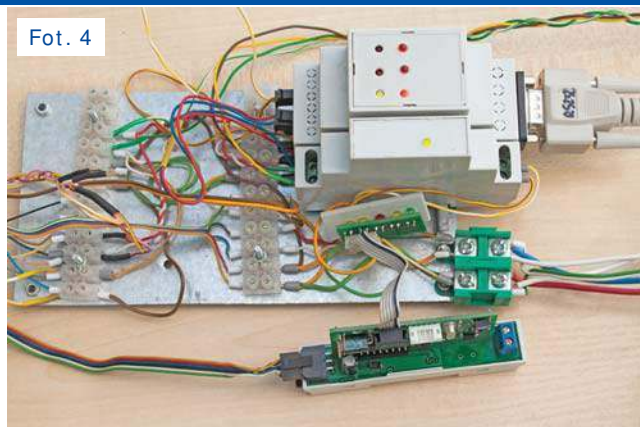
Moduł czytnika stanów rozpoznaje polecenia przedstawione w **tabeli 1** (tabela też znajduje się w Elportalu, w materiałach dodatkowych do tego artykułu).

Konfigurację i sprawdzenie działania w warunkach laboratoryjnych najprościej jest wykonać, bazując na znanym już zestawie diagnostycznym

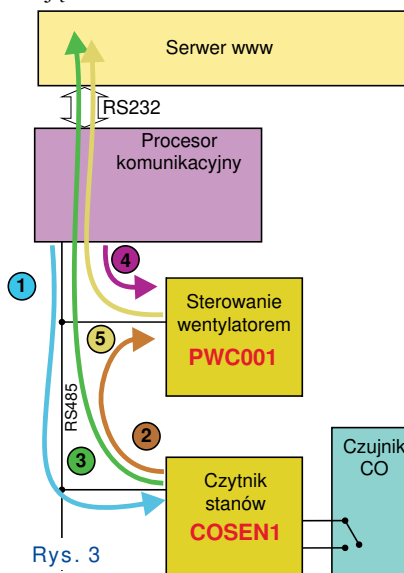
(**fotografia 4**). Jest to bardzo pomocny element we wszelkich działaniach konfiguracyjnych i naprawczych. Tu warto zauważyć, że po każdym poleceniu wysłanym do modułu występuje w parze polecenie **REPLY**, które jest wyrażeniem zgody na aktywny dostęp do magistrali komunikacyjnej. Ilustruje to **tabela 2**.

Zgodnie z informacjami z tabeli 2 współdziałające elementy zrealizują następujące działania, co jest symbolicznie pokazane na **rysunku 3**. Załóżmy wstępnie, że czujnik czadu wykrył niebezpieczne stężenie gazu, co skutkuje włączeniem jego przekaźnika elektromagnetycznego. Jego stan jest ciągle monitorowany przez czystnik stanów i w reakcji na powyższe zdarzenie moduł ma przygotowane do wysłania odpowiednie dane, musi jedynie zache-

kać na odpowiedni moment. Procesor komunikacyjny, działający we własnym rytmie, wysłał do modułu COSEN1 zezwolenie na dostęp do magistrali komunikacyjnej (krok 1, rysunek 3). W odpowiedzi moduł ten wysłał polecenie włączenia zasilania dla wentylatora (krok 2, rysunek 3) oraz wysłał do serwera www aktualny status związany z wykryciem niebezpiecznej sytuacji (krok 3, rysunek 3). W wyniku tych działań serwer www będzie „znał” aktualny stan oraz moduł sterujący wentylatorem zrealizuje polecenie przychodzące z magistrali komunikacyjnej (włączy zasilanie dla wentylatora) oraz przygotuje do wysłania informacje o własnej zmianie stanu. Dane te nie zostaną wysłane natychmiast i będą oczekiwały na właściwy moment, który nadejdzie po jakimś czasie. Procesor komunikacyjny zezwoli modułowi PWC001 na dostęp do magistrali komunikacyjnej (krok 4, rysunek 3) i w reakcji moduł ten poinformuje serwer www o zmianie stanu włączenia zasilania (krok



Fot. 4



Rys. 3



Fot. 5

5, rysunek 3). Wyłączenie wentylatora odbędzie się na identycznej zasadzie. Uzyskanie „bezpiecznej atmosfery” spowoduje rozłączenie styków a to w konsekwencji będzie elementem wyzwalającym kolejny ciąg zdarzeń, który doprowadzi do oczekiwanego stanu.

Na zakończenie można zaproponować interesujące rozwiązanie. Nie jest ono zrealizowane w moim systemie, ale umożliwia uzyskanie atrakcyjnej funkcjonalności.

Wyobraźmy sobie, że zamiast czujnika tlenku węgla zostanie zastosowany czujnik pasywnej podczuwienności (typowy czujnik wykrywający ruch pokazany na **fotografii 5**), co stwarza możliwość włączenia oświetlenia na określony

czas w wyniku wykrycia ruchu. W tym celu trzeba dodać kolejny moduł (jednocześnie nadając mu unikalny identyfikator, który również należy dodać do listy identyfikatorów zapisanych w procesorze komunikacyjnym) i wskazać jako adresata poleceń moduł zarządzania oświetleniem (polecenie ADDSUP) z określeniem, że na wystąpienie początku stanu aktywnego zostanie wysłane polecenie włączenia z czasem trwania przykładowo 3 minuty bez reakcji na wystąpienie końca stanu aktywnego (polecenie dla odpowiedniego wariantu ma być puste).

W kolejnej części zostanie opisany moduł pomiaru temperatury.

Andrzej Pawluczuk
apawluczuk@vp.pl

Automatyka – elektronika w wentylacji i rekuperacji

Jakość powietrza w budynkach

Przebywanie w niewentylowanym pomieszczeniu po pewnym czasie staje się uciążliwe, maleje w powietrzu stężenie tlenu, rośnie stężenie dwutlenku węgla, gromadzą się zapachy będące np. efektem przygotowywania posiłków, zwiększa się wilgotność powietrza, która może przyczynić się do pojawienia pleśni, szczególnie w miejscach zacienionych.

Wentylacja

Rozwiązaniem tego problemu jest zastosowanie odpowiedniej *instalacji wentylacyjnej*. Najczęściej stosuje się *wentylację grawitacyjną*, wykorzystującą naturalny ciąg powietrza. Świeże powietrze dostaje się do pomieszczenia przez nawiewniki, a częściej przez drobne nieszczelności

w drzwiach i oknach. Funkcję kanału wywiewnego pełni dodatkowy przewód kominowy. Różnica gęstości powietrza ciepłego w domu i chłodniejszego ponad nim powoduje powstanie ciągu kominowego, a różnica ciśnień pozwala na wolną wymianę powietrza w domu. Gdy nie ma różnicy temperatur powietrza wewnątrz i na zewnątrz, nie ma ruchu powietrza, więc wentylacja nie działa, co jest szczególnie uciążliwe latem.

Poważnym problemem jest również ekonomiczność tego typu rozwiązania. Powietrze to także nośnik ciepła. W związku z tym w okresie zimowym wentylacja grawitacyjna powoduje wychłodzenie pomieszczeń, a w okresie letnim (jeśli działa) – dodatkowe ich nagrzanie. Z ekonomicznego punktu widzenia obie sytuacje

część 1

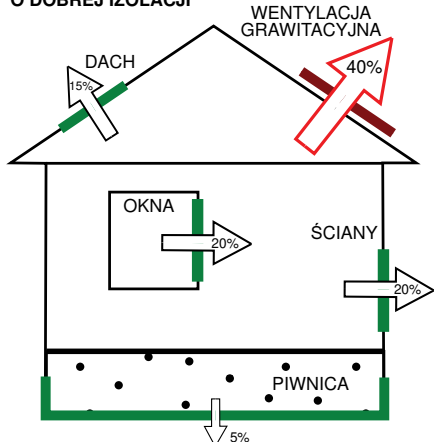
nie są pożądane. Szacuje się, że wentylacja grawitacyjna odpowiada za 30–40% strat ciepłych w budynkach. Szacowane straty w budynkach energooszczędnych przedstawiono na **rysunku 1**.

Kolejne problemy związane z wentylacją grawitacyjną pojawiły się stosunkowo niedawno: wskutek zmiany trendów architektonicznych budowane domy są coraz niższe, a zdecydowanie bardziej rozłożyste. Zmniejsza to różnicę ciśnień między wlotem a wylotem kanału wywiewnego, wydatnie osłabiając skuteczność wentylacji. Trend energooszczędności wymusił również stosowanie skutecznej izolacji termicznej budynku, zmniejszając przy tym liczbę naturalnych kanałów, przez które może być dostarczone do pomieszczeń świeże powietrze.

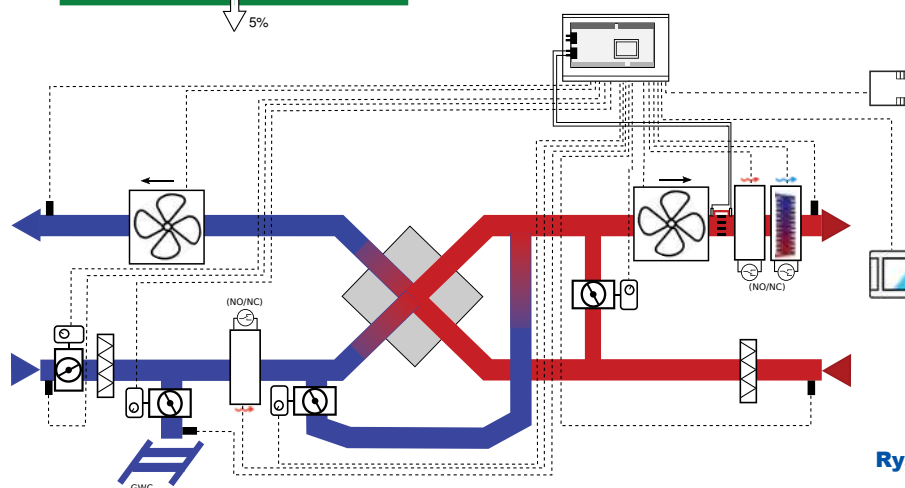
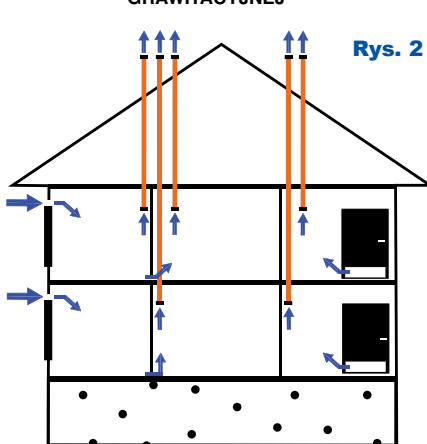
Następnym problemem wentylacji grawitacyjnej jest brak regulacji przepływu powietrza. Co prawda możliwe jest zastosowanie okapów z wentylatorami, otwarcie bądź uchylenie okien, jednak tego typu rozwiązania są nieekonomiczne oraz nie gwarantują komfortu w pomieszczeniu (otwarcie okien w zimie spowoduje wychłodzenie pomieszczenia, a w lecie doprowadzone powietrze wcale nie musi być chłodniejsze od powietrza wywiewanego). Wraz z uwidacznianiem się niedoskonałości wentylacji grawitacyjnej pojawiły się metody redukcji bądź eliminacji

wyżej opisanych problemów. Pierwszą było zastosowanie *obiegów wymuszonych*. Zasada działania wentylacji z obiegami wymuszonymi jest identyczna jak wentylacji grawitacyjnej, wprowadzone zostały jedynie urządzenia powodujące zwiększenie ciągu: wentylatory, okapy, wiatraki nakominowe oraz centrale nawiewne bądź nawiewno-wywiewne – **rysunek 2**. Wspomniane rozwiązania pozwalają sterować ciągiem powietrza, jednak nie eliminują problemów związanych z ekonomią, stratami ciepła. Ciepło nagromadzone w pomieszczeniu jest usuwane wraz z powietrzem wywiewanym, czyli jest bezpowrotnie tracone.

STRATY CIEPŁA W BUDYNKU ENERGOOSZCZĘDNYM O DOBREJ IZOLACJI **Rys. 1**



SCHEMAT WSPOMAGANIA WENTYLACJI GRAWITACYJNEJ **Rys. 2**



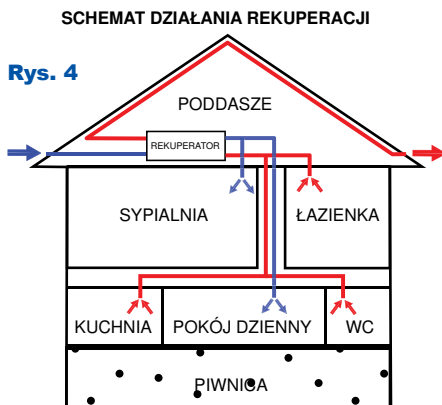
Rys. 3

Rekuperacja

Układ, który pozwala odzyskiwać ciepło w instalacji wentylacyjnej, nazywa się **rekuperatorem** (łac. *recuperatio* – odzysk). Instalację rekuperacyjną można podzielić na dwie części. Pierwszą z nich jest centrala rekuperacyjna, druga – zazwyczaj niesterowalny „standardowy” system wentylacyjny. Przykład instalacji wentylacyjnej z centralą rekuperacyjną przedstawiono na **rysunku 3**. Schemat działania rekuperacji wraz z zaleceniami montażowymi pokazano na **rysunku 4**.

Najprostsza centrala rekuperacyjna składa się z: wymiennika ciepła pozwalającego na odzysk znacznej części energii zgromadzonej w powietrzu wywiewanym, dwóch odseparowanych kanałów pozwalających na przepływ powietrza wraz z wentylatorami wymuszającymi przepływ, filtrów eliminujących przenikanie cząstek stałych oraz układu sterującego. Zadaniem wymiennika ciepła jest przekazanie części energii cieplnej powietrza wywiewanego powietrzu nawiewanemu. Sterownik centrali odpowiada za realizowanie właściwych trybów pracy, wyposażony jest on w najprostszej konfiguracji wyłącznie w czujniki temperatury. Inne elementy, jak czujniki wilgotności, stężenia CO₂, nagrzewnice, chłodnice, są układami opcjonalnymi, podnoszącymi komfort użytkowania rekuperatora. W zależności od tego, czy w układzie dochodzi do bezpośredniego mieszania się mas powietrza, możliwe jest wyróżnienie dwóch typów wymienników: płytowych i obrotowych. W przypadku wymiennika płytowego kanały nawiewny i wywiewny przez cały czas eksploatacji pozostają od siebie odseparowane. Do wymiany ciepła dochodzi tylko na obszarze styku dwóch wyżej wymienionych kanałów. W zależności od sposobu zwiększania odzysku ciepła, wyróżnia się następujące typy wymienników płytowych: przeciwprądowe, krzyżowe i spiralne.

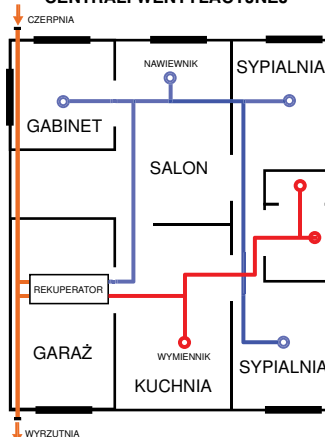
Istnieją także wymienniki, w których dochodzi do bezpośredniego mieszania się mas powietrza nawiewanego i wywiewanego, nazywanych od swojej konstrukcji wymiennikami obrotowymi. Układy tego typu zbudowane są z naprzemiennie nawiniętej wokół osi obrotu karbowanej i gładkiej folii aluminiowej tworzącej w ten sposób zwój kanalików.



Powietrze wywiewane przepływa przez wymiennik. Jeśli temperatura wymiennika jest niższa niż powietrza wywiewanego, to część energii cieplnej zostanie przekazana wymiennikowi, jeśli nie – przepływ ciepła nastąpi w przeciwną stronę. Następnie rotor jest obracany i do kanałów trafia powietrze zewnętrzne. Jeśli temperatura wspomnianego powietrza jest niższa niż temperatura wymiennika, zostanie ono ogrzane, jeśli nie – schłodzone. Powietrze o zmienionej w ten sposób temperaturze trafia następnie do kanału nawiewnego i stąd rozprowadzane jest po pomieszczeniach. Na **rysunku 5** zilustrowana została zasada działania wymienników różnych typów.

Do najważniejszych zalet wymienników płytowych zaliczyć można brak elementów ruchomych wymagających mechanicznego sterowania, odporność na ciągi zwrotne powietrza oraz brak mieszania się powietrza między kanałami. Do wad można zaliczyć bardzo duże gabaryty. Wymienniki płytowe mają jesz-

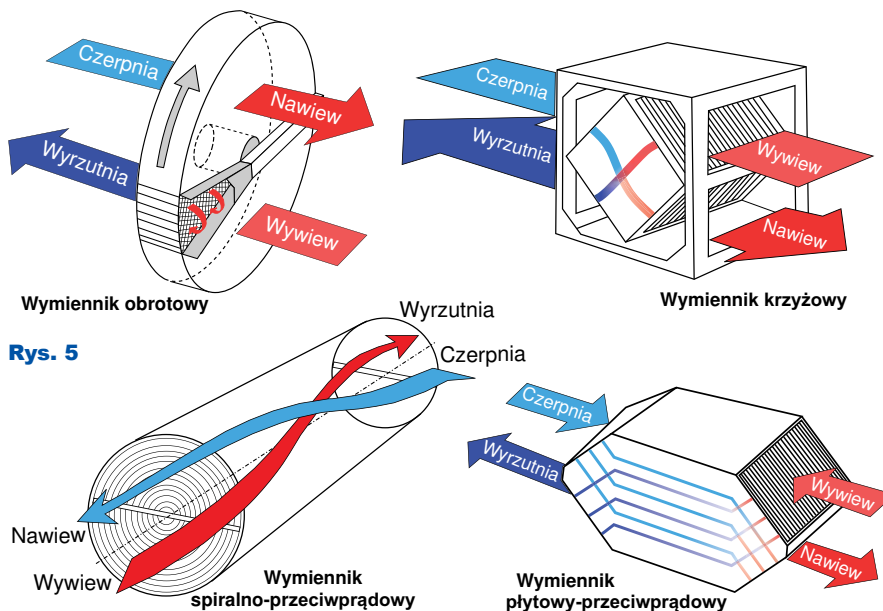
ZALECENIA DLA MONTAŻU CENTRALI WENTYLACYJNEJ



cze inną bardzo ważną cechą, która w zależności od sytuacji może być ich zaletą bądź wadą; nie zapewniają wymiany wilgoci. Fakt ten będzie zdecydowanym problemem, gdy temperatura zewnętrzna spada poniżej zera stopni Celsjusza, gdyż może pośrednio doprowadzić do oszronienia wymiennika. Brak odzysku wilgoci może być jednak zjawiskiem pozytywnym, np. w przypadku stosowania ich w pomieszczeniach o dużej wilgotności.

Wymienniki obrotowe nie mają typowych dla wymienników płytowych, są zdecydowanie mniejsze, a bezpośrednie mieszanie się strumieni powietrza umożliwia odzysk wilgoci i wydatnie zmniejsza ryzyko zamarznięcia wymiennika. Z drugiej strony wymiennik obrotowy, by móc działać właściwie, potrzebuje silnika, który wymaga zasilania (co podnosi koszty użytkowania instalacji) oraz sygnałów sterujących prędkością obrotową (co wymaga bardziej zaawansowanych, droższych sterowników).

Centrala rekuperacyjna, nawet wyposażona w wymiennik o najwyższym poziomie odzysku ciepła, nie będzie spełniała właściwie swej funkcji, jeśli w kanałach przepływowych nie będzie istniał stały ciąg powietrza. Ciąg ten wymuszany jest przez wentylatory. W instalacjach rekuperacyjnych wentylatory mają regulację prędkości obrotowej. W starszych



konstrukcjach stosowało się rozwiązania ze skokową regulacją prędkości obrotowej. W nowszych konstrukcjach stosuje się układy z płynną regulacją prędkości obrotowej, zapewniające cichszą pracę rekuperacji. Wentylatory instalacji rekuperacyjnej są dobrane tak, by zadany ciąg uzyskiwać przy połowie maksymalnej wartości prędkości wentylatora. Umożliwia to między innymi kompensowanie zabrudzenia filtrów. Filtry umożliwiają częściowe zabezpieczenie wymiennika przed zabrudzeniem oraz zabezpieczają przed dostaniem się szkodliwych pyłów do pomieszczenia, co jest szczególnie ważne w dużych miastach. W zależności od stopnia zatrzymywania cząstek filtry mają różne klasy.

Regulacja pracy rekuperacji odbywa się dzięki czujnikom temperatury. W większości central można spotkać cztery czujniki temperatury, są to kolejno: czujnik temperatury nawiewu (montowany w kanale nawiewnym za wymiennikiem), czujnik wywiewu (montowany w kanale wywiewnym przed wymiennikiem), czujnik czerpni (czasem utożsamiany z czujnikiem temperatury zewnętrznej, montowany w kanale nawiewnym przed wymiennikiem), czujnik wyrzutni (montowany w kanale wywiewnym za wymiennikiem).

W rozbudowanych układach wentylacyjnych można też spotkać dodatkowe czujniki: czujnik temperatury powietrza GWC, czyli gruntowego wymiennika ciepła, czujnik za wymiennikiem w kanale nawiewnym służący jako źródło sygnału dla algorytmów antyzamrożeniowych wymiennika bądź nagrzewnicy, czy czujnik pokojowy, wedle którego dobierane są

algorytmy regulacyjne. Mimo że wymiennik gruntowy nie jest elementem niezbędnym do działania centrali rekuperacyjnej, jego zastosowanie pozwala w znaczący sposób obniżyć koszty działania całej instalacji. Jak sama nazwa wskazuje, wykorzystuje on ciepło zawarte w gruncie. Pozwala na uzyskanie wstępnie schłodzonego bądź podgrzanego (w zależności od pory roku) powietrza. Należy pamiętać o tym, że pojemność cieplna GWC jest ograniczona i po pewnym czasie korzystania z niego konieczne może być zamknięcie przepustnicy celem regeneracji wymiennika – ominięcie go. W wymiennikach płytowych stosuje się dodatkowe kanały umożliwiające poprowadzenie strumienia powietrza nawiewanego z pominięciem wymiennika, tzw. by-pass (czyt. bajpas). Przepustnica sterująca kanałem bajpasu otwierana jest zazwyczaj w dwóch przypadkach: gdy powietrze zewnętrzne ze względu na jego temperaturę można bezpośrednio wykorzystać do ogrzania/ochłodzenia pomieszczeń bądź gdy istnieje możliwość zamrożenia wymiennika. Następnym elementem centrali jest komora mieszająca. Umożliwia ona mieszanie powietrza wywiewanego z wchodzącym do pomieszczenia. Rozwiązanie to obniża skuteczność wentylacji, redukuje jednak koszty ogrzewania, stosuje się je np. do wstępnego podgrzania powietrza w pomieszczeniu.

Kolejnymi elementami rozszerzającym funkcjonalność centrali rekuperacyjnej są **nagrzewnice**. Przed wymiennikiem montowana jest nagrzewnica pierwotna, zabezpieczająca wymiennik przed zamarznięciem. Za wymiennikiem montowana jest nagrzewnica wtórna, służąca do zwiększenia komfortu cieplnego. Ze względu na sposób realizacji możliwe jest wyróżnienie kilku typów nagrzewnic: wodna, elektryczna i freonowa (będąca pompą ciepła, mogąca dodatkowo chłodzić). W przypadku pierw-

szej z nich „dostarczycielem” ciepła jest woda pochodząca z domowej instalacji grzewczej, w przypadku drugiej – grzałka elektryczna.

Niezależnie od typu nagrzewnicy muszą być wyposażone w zabezpieczenia. W przypadku nagrzewnicy wodnej jest to zabezpieczenie uniemożliwiające jej zamrożenie przy niskich temperaturach powietrza wentylowanego. Zamarznięciu nagrzewnicy wodnej można zapobiec, stosując wodne roztwory glikolu i dodatkowy wymiennik płytowy. W przypadku nagrzewnic elektrycznych powinny być stosowane zabezpieczenia, uniemożliwiające jej przegrzanie. Nagrzewnice obniżają względną wilgotność powietrza, co może powodować obniżenie komfortu używania centrali rekuperacyjnej. Zdecydowanie najdroższą nagrzewnicą w eksploatacji jest nagrzewnica elektryczna.

Analizując układy rozszerzające funkcjonalności centrali rekuperacyjnej, nie sposób także nie wspomnieć o dodatkowych czujnikach parametrów powietrza. Dzięki układom tego typu możliwe jest szybkie reagowanie na zmieniający się w czasie rzeczywistym skład powietrza. W centralach rekuperacyjnych stosuje się następujące czujniki: czujniki wilgotności (montowane zazwyczaj w łazienkach), czujniki CO₂ (montowane zwykle w salonie i/lub sypialniach), czujniki lotnych związków organicznych (montowane w kuchni) oraz czujniki podciśnienia pozwalające wykryć i skompensować zabrudzenie filtrów.

Zazwyczaj tylko część elementów składowych centrali umieszczanych jest bezpośrednio w obudowie co pozwala znormalizować ich wykonanie. Typowo w obudowie znajdują się podstawowe elementy systemu rekuperacyjnego: wymiennik ciepła, wentylatory, filtry oraz nagrzewnica pierwotna. Pozostałe elementy montuje się poza obudową odpowiednio wkomponowując je w system: przed centralą w kanale nawiewnym – przepustnicę GWC, za centralą w tym samym kanale – nagrzewnicę wtórna i chłodnicę. Wnętrze przykładowej centrali rekuperacyjnej przedstawiono na **fotografii 6**.

Ostatnim elementem składowym typowej centrali rekuperacyjnej jest sterownik, zapewniający właściwe operowanie wszystkimi elementami sterowanymi centralą na podstawie odczytów z czujników. Zajmiemy się nim w kolejnym artykule.

Przemysław Sulewski
przemo.sulewski@gmail.com



Transmisja danych w inteligentnym domu

4. Kłopoty z odmianami i modyfikacjami RS-232

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

W poprzednim odcinku omówiliśmy podstawy ogromnie popularnego sposobu transmisji szeregowej, związanego ze standardem RS-232. Wiemy, że coraz rzadziej stosowane są klasyczne wersje z poziomami, wykorzystujące charakterystyczne wtyki i gniazda. Coraz częściej wykorzystujemy „uproszczone łącza szeregowo” pracujące ze „zwykłymi” poziomami logicznymi 1, 0, gdzie logicznie jedynie odpowiada obecność dodatniego napięcia (+3...+5V), a logicznemu zeru brak napięcia (napięcie 0V...+0,5V). Takie niskonapięciowe łącza szeregowo występuje np. w płytce Arduino, gdzie wyjście Tx (TXD, TXO) i wejście Rx (RXD, RXI) są wprost dołączone do pinów mikrokontrolera zasilanego napięciem 5V albo 3,3V.

Często takie uproszczone łącza szeregowo trzeba połączyć z komputerem PC. Jednak komputery od lat nie mają już szeregowego portu COM. Nawet gdybyś miał jakiś archaiczny komputer z portem szeregowym COM (fotografia 6 w poprzedniej części artykułu), to nie możesz doń wprost podłączyć uproszczonego łącza szeregowego TTL z uwagi na zdecydowanie inne poziomy napięcie i „odwrotną logikę”.

Ale można to zrobić przy użyciu popularnej przejściówki, konwer-

ra zwanego **USB-Serial**, który wetknięty do jednego z portów USB komputera zamienia sygnały USB na sygnały „uproszczonego łącza szeregowego” i na odwrót. Łącze i porty USB omówimy w dalszej części cyklu. A na razie wystarczy informacja, że urządzenia szeregowo dołączone do komputera przez takie przejściówki **USB-Serial** są widoczne w systemie operacyjnym jako... porty szeregowo COM (podobnie zresztą jak porty USB tego komputera).

Zasady transmisji szeregowo RS-232 pokazane na rysunku 10 w poprzedniej części artykułu są proste. Jednak konwertery **USB-Serial** muszą realizować bardzo skomplikowane funkcje z uwagi na złożoność łącza USB. Do niedawna konwersję realizowały specjalizowane układy scalone, z których najwcześniejszy to FT-232 firmy FTDI. Dziś są też dostępne inne kostki, nie tylko produkcji FTDI, ale i innych firm, np. CP210x z SiliconLab czy chiński CH340, a coraz częściej realizuje się takie konwertery programowo z wykorzystaniem mikrokontrolerów i układów programowalnych PLD. **Fotografia 12** pokazuje konwertery **USB-Serial** z wyjściem TTL. Niektóre mają a) wyprowadzone tylko dwie linie Tx, Rx, nierzadko nieco inaczej oznaczone TXD, TXO i RXD, RXI. Inne konwertery mają wyprowadzone także wszystkie dodatkowe linie łącza RS-232 (dolna płytka na fotografii 12).

Oprócz *niskonapięciowych USB-Serial*, dostępne są też „prawdziwe, wysokonapięciowe” konwertery USB-RS232 ze standardowymi wtykami/gniazdami, przeznaczone do współpracy z urządzeniami,



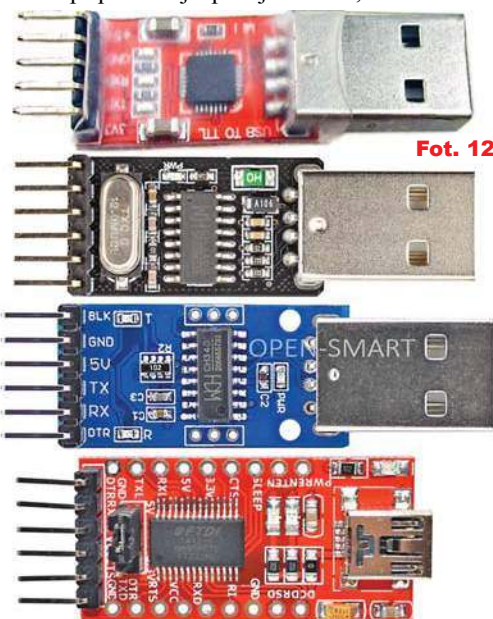
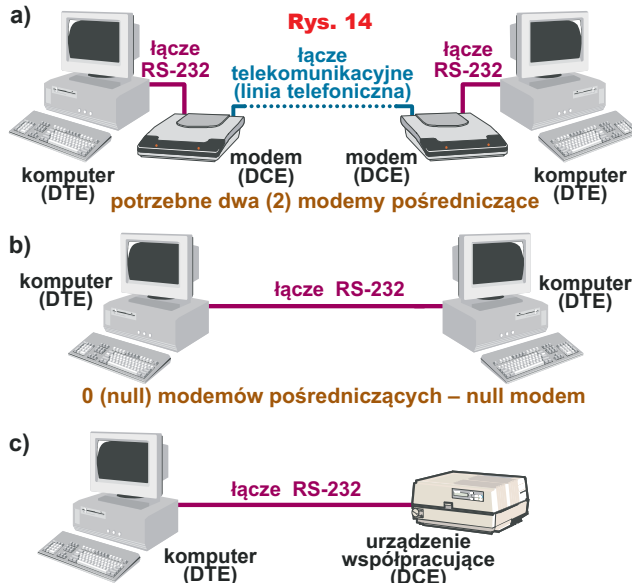
Fot. 13

mającymi „prawdziwy” port RS232 – przykład na **fotografii 13**.

Zasadniczo nietrudno rozróżnić i określić, czy jest to „prawdziwe, wysokonapięciowe” łącze RS-232 (choćby po charakterystycznych złączach), czy uproszczone „niskonapięciowe” TTL. Na pewno trzeba pamiętać, żeby nie łączyć ze sobą obu tych wersji, bo nie tylko inne są poziomy napięcie, ale też sygnały są „odwrotne” (napięcie ujemne to logiczna jedynka). Ale jest jeszcze jeden problem i źródło wątpliwości.

Kłopoty interpretacyjne

Opracowane jeszcze w latach 60. XX wieku łącza RS-232 pierwotnie miało służyć, mówić najprościej, do przesyłania danych między komputerami (nazywanymi **DTE** – *Data Terminal Equipment*) na co najmniej dwa główne sposoby, jak pokazuje to **rysunek 14a, b**:



Fot. 12

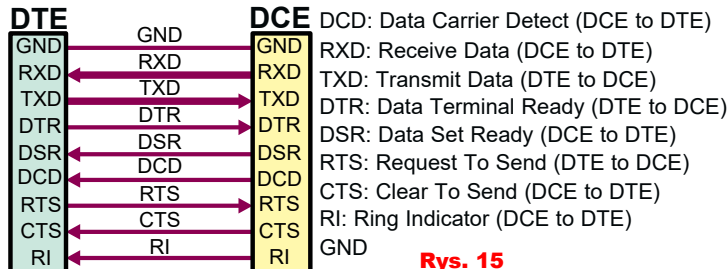
1. Za pośrednictwem modemów, nazywanych **DCE** (*Data Communication Equipment*)

2. Bezpośrednio bez modemów.

Przewidziano też możliwość współpracy jednego urządzenia **DTE** z jednym **DCE**, gdzie **DCE** nie jest modemem pośredniczącym, tylko samodzielnym „pomocniczym” urządzeniem komunikującym się z komputerem (**rysunek 14c**). Dla takich instalacji z modemami wymyślono system, gdzie przesyłanie właściwych danych poprzez linie TXD, RXD było poprzedzone wymianą wstępnych informacji o chęci nadawania i gotowości do odbierania, przesyłanych za pomocą licznych linii pomocniczych według **rysunku 15**.

I tak, aby zacząć transmisję, jeden z komputerów (**DTE**) do współpracującego modemu wysyłał żądanie nadawania danych linią oznaczoną RTS. Współpracujący modem odpowiadał na żądanie RTS, wysyłając sygnał logiczny linią CTS, potwierdzający swoją gotowość. Wykorzystywane były też inne sygnały zgłoszenia i gotowości: DSR, DTR i DCD. Było to potrzebne i miało sens w przypadku użycia modemów pośredniczących według **rysunku 14a**. Natomiast przy bezpośrednim połączeniu według **rysunku 14b**, **14c**, te dodatkowe linie nie były potrzebne, a tylko czasami był/jest sens użycia dwóch z nich (RTS i CTS). Jednak w najprostszym przypadku najczęściej do pełnowartościowej dwukierunkowej transmisji wystarczą trzy linie: *masa*, TXD, RXD.

Powodem zamieszania jest to, że specyficznie oznaczono poszczególne linie łączy, występują różne wtyczki i gniazda, a w literaturze występuje mnóstwo pomyłek i błędów. W komputerze (**DTE**) „wyjście właściwych danych” to TXD. Ale w modemie (**DCE**) linia TXD to... wejście. Analogicznie z pozostałymi liniami danych. Dzięki temu komputer (**DTE**) z modemem (**DCE**) łączony był liniami „na wprost”, jak pokazuje **rysunek 16a**. Natomiast bezpośrednio współpracujące dwa komputery, ściślej dwa urządzenia **DTE**, muszą być łączone „na krzyż”, według **rysunku 16b**.



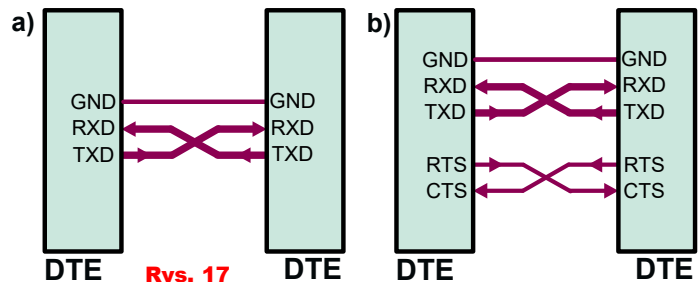
Rys. 15

Mając fragmentaryczne informacje na ten temat, niejedyn dzisiejszy elektronik zastanawia się: czy moje urządzenie/moduł to **DTE** czy **DCE**? Czy TXD to wyjście, czy może wejście? Czy łączyć „na wprost”, czy „na krzyż”?

Otóż jeżeli chodzi o urządzenia/moduły z łączem „niskonapięciowym” TTL, to możemy uznać, że skończyła się już epoka m o d e m ó w i zasadniczo dziś **wszystkie urządzenia/moduły to DTE, więc linie TXD, RXD łączy szeregowo TTL łączy „na krzyż”** według **rysunku 17a**. W nielicznych przypadkach z dodatkowymi liniami pomocniczymi, jeżeli takowe istnieją, według **rysunku 17b**, a jeszcze rzadziej według **rysunku 16b**. Jednak te linie pomocnicze mogą mieć inne oznaczenia/opisy/działanie, dlatego w wątpliwych przypadkach trzeba samodzielnie zbadać szczegóły.

To „zbadanie szczegółów” może jednak nie być łatwe z kilku powodów. Otóż interfejs RS232 pierwotnie, w latach 70. i 80., wykorzystywany był do współpracy z modemami telefonicznymi. W tamtych czasach praktycznie nie było innych dostępnych środków komunikacji na duże odległości. A jeżeli były to modemy „telefoniczne”, jak najbardziej zrozumiała jest obecność takich linii jak RI i DCD. RI to Ring Indicator, czyli informacja, że na linii telefonicznej występuje przychodzący z centrali sygnał dzwonięcia. Natomiast DCD to Data Carrier

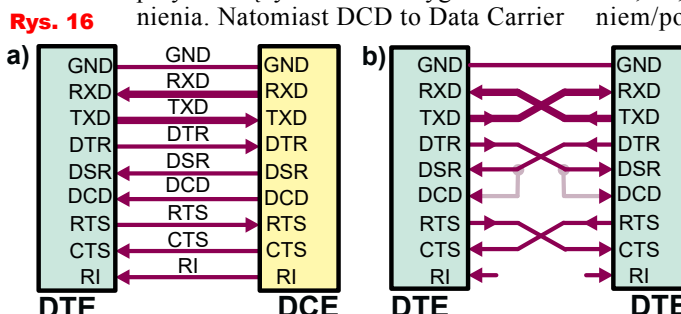
Detect, czyli wykrycie sygnału nośnego transmisji danych po zestawieniu połączenia. Dane były transmitowane w zwykłej linii telefonicznej, gdzie sygnały akustyczne zajmują pasmo 300Hz ... 3400Hz, a częstotliwości wyższe mogą być wykorzystane do transmisji danych. Dawniej wykorzystywano stosunkowo proste metody modulacji z wykorzystaniem częstotliwości nośnej (carrier) i wykrywanie tej nośnej miało w niektórych systemach zasadnicze znaczenie. Jednak produkowano też wiele urządzeń z łączem RS-232, gdzie sygnałów RI i DCD w ogóle nie wykorzystywano.



Rys. 17

Na rynku były więc urządzenia wykorzystujące także linie RI, DCD. Z czasem skończyła się epoka modemów telefonicznych, więc linie RI, DCD praktycznie popadły w zapomnienie. Jednak nadal niektóre firmy wykorzystywały linie DTR, DSR, RTS, CTS. Rozszyfrowanie ich znaczenia i działania w oryginalnych systemach modemowych przy dwóch kierunkach nawiązywania komunikacji wielu zainteresowanych przyprawia o ból głowy. Spróbujmy to wytłumaczyć w dużym uproszczeniu.

Otóż najprościej biorąc, występują one parami: RTS/CTS oraz DTR/DSR. Sygnały DTR/DSR są „bardziej ogólne” i sygnalizują tylko gotowość do pracy urządzeń. W oryginalnych systemach z modemem, czyli przy połączeniu DTE-DCE według **rysunków 14a**, **15**, **16a**, sygnał DTR był zgłoszeniem/potwierdzeniem, że urządzenie **DTE** (komputer) jest po prostu gotowe do pracy, a sygnał DSR był zgłoszeniem/potwierdzeniem, że do pracy gotowe jest też urządzenie **DCE**, czyli modem. Sygnały aktywne na tych dwóch liniach występowały więc przez cały czas gotowości i pracy systemu.



Rys. 16

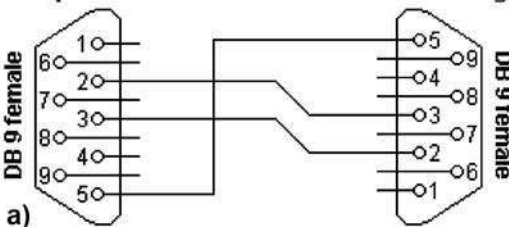
Natomiast linie RTS/CTS są „bardziej szczegółowe”. Ujmując rzecz najprościej, może nawet zbyt prosto: aktywny stan linii RTS to informacja, że urządzenie DTE (komputer) chce wysłać dane, natomiast stan aktywny linii CTS to potwierdzenie, że DCE (modem) może te dane odebrać. W systemie z modemem były one potrzebne zwłaszcza wtedy, gdy na odcinku między komputerem DTE a modemem DCE transmisja mogła być szybsza, niż komunikacja między modemami. Mianowicie jeśli komputer wcześniej szybko przesłał porcję danych do modemu, ściślej do bufora danych w modemie, a modem jeszcze nie zdążył wysłać tych informacji przez linię telefoniczną do drugiego modemu, to aby nie przepieścić bufora i nie stracić danych, modem za pomocą stanu nieaktywnego linii CTS informował, że trzeba poczekać z transmisją następnej porcji danych.

W klasycznych systemach transmisyjnych z modemami omawiane linie pomocnicze były wręcz niezbędne, bo w ściśle określony sposób pozwalały sterować przepływem danych i wykrywać błędy. Z czasem łącze RS232 wykorzystywano nie do współpracy między komputerem i modemem telefonicznym, tylko do mnóstwa innych celów, także według schematu DTE-DCE, ale przede wszystkim do transmisji między dwoma urządzeniami DTE (np. dwoma komputerami).

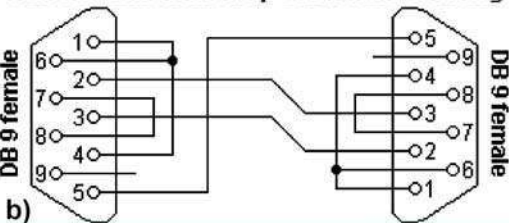
Poważne wątpliwości dotyczące kabli mogą nadal występować przede wszystkim w przypadku urządzeń z „prawdziwymi, wysokonapięciowymi” kablami, złączami i konwerterami według fotografii 13. Jak wiadomo, mogą one mieć złącza 9-pinowe albo 25-pinowe, męskie albo żeńskie. Mogą łączyć DTE-DCE albo DTE-DTE. Liczba kombinacji jest ogromna. Spotyka się też kable „szeregowy” z jednej strony zakończone wtykiem minijack albo „internetowym” RJ-45. Nie sposób omówić wszystkich szczegółów i możliwości. W razie potrzeby trzeba to zbadać samodzielnie.

Ponadto w publikacjach w opisach i na rysunkach występują błędy. Jednak generalnie modemy czy inne pośredniczące urządzenia modemowe DCE są rzadkością i przeważająca większość kabli „szeregowych” ma według rysunku 14b łączyć dwa urządzenia DTE bez żadnego modemu, czyli z zerową (0 – null) liczbą modemów – stąd nazwa przewodów: **null-modem**.

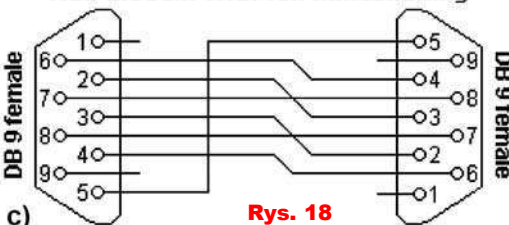
Simple null modem without handshaking



Null modem with loop back handshaking



Null modem with full handshaking



Rys. 18

Przewody w kablach **null-modem** są więc skrzyżowane, ale można spotkać rozmaite wykonania z różną liczbą przewodów. Na **rysunku 18** pokazane są trzy popularne wersje kabli null-modem. Tu dociekliwi Czytelnicy zapytają: jeżeli tak naprawdę do transmisji wystarczą dwie linie TXD, RXD, to po co te dodatkowe połączenia?

Otóż standard RS-232, opierający się na dwóch liniach RXD, TXD dopuszcza, ale nie wymaga wykorzystywania dodatkowych linii sterujących. Problem w tym, że niektóre przyrządy z łączem RS232 wykorzystują te dodatkowe linie DTR, DSR, RTS, CTS. W urządzeniach DTE linie DSR i CTS to wejścia, więc urządzenia takie oczekują na tych wejściach sygnałów potwierdzenia od współpracującego urządzenia. Jeżeli takiego potwierdzenia nie otrzymają, po prostu nie będą pracować. I tylko dla takich urządzeń wymagane jest „pełne” okablowanie według rysunku 18c.

Spełni ono jednak swoje zadanie tylko wtedy, gdy to współpracujące urządzenie też obsługuje dodatkowe sygnały sterujące. Ale nie musi tak być. Wtedy potrzebny jest kabel „oszukiwaczy” według rysunku 18b. Oszukiwanie polega na tym, że na wejście potwierdzenia podawany jest sygnał „własny” i urządzenie otrzymawszy wymagane „potwierdzenie” pracuje poprawnie.

Czytelników EdW zapewne najbardziej interesuje praktyczna przydatność łącza szeregowego w systemach inteligentnego domu. Otóż „prawdziwego, wysokonapięciowego” łącza RS-232 dziś prawie nie wykorzystujemy. „Niskonapięciowy Serial TTL” jest nadal popularny, ale może być wykorzystywany do łączenia układów oddalonych najwyżej o kilka metrów, a lepiej tylko 1m ... 2m z uwagi na ryzyko zakłóceń. Z reguły taki „niskonapięciowy Serial TTL” to tylko dwie (różnie oznaczane) linie danych: wyjście TXD i wejście RXD oraz masa. Spotyka się jednak interfejsy i moduły, gdzie występują dodatkowe, nie zawsze konsekwentnie oznaczone wejścia lub wyjścia. Przykładem mogą być moduły *Arduino Pro Mini*, gdzie jest linia niekonsekwentnie oznaczana DTR. Zasadniczo w urządzeniach DTE linia DTR to **wyjście** sygnalizujące gotowość do pracy. Jednak w płytce Arduino jest to **wejście**,

podłączone do obwodu resetującego procesora ATmega328P, wykorzystywane tylko podczas programowania (bez tej linii podczas programowania trzeba ręcznie nacisnąć przycisk RESET Arduino). Wejście DTR Arduino jest niekonsekwentnie dołączone do linii DTR konwertera USB-TTL (o ile konwerter takie wyjście posiada).

Niektóre proste konwertery USB-TTL wyjścia DTR nie mają, inne mają i wyjście DTR i wejście CTS, a niektóre mają wyprowadzone wszystkie dodatkowe linie łącza RS-232 - patrz dolny konwerter na rysunku 12.

We współczesnych konwerterach USB-TTL te dodatkowe linie nie pełnią oczywiście pierwotnie przewidzianej roli, bo nie współpracują z modemem telefonicznym. Jeśli są wyprowadzone w konwerterze, to należy je traktować jako zwykłe, uniwersalne wyjścia i wejścia urządzenia DTE do dowolnego wykorzystania, tylko trzeba mieć odpowiedni program, pozwalający je wykorzystać z poziomu komputera PC.

W praktyce te dodatkowe linie są wykorzystywane rzadko. Natomiast podstawowa zasada transmisji łącza RS232 jest wykorzystywana w odpornym na zakłócenia, „dalekosiężnym” krewnym łączu szeregowym, znanym jako RS-485. Omówimy to w następnym odcinku.

Piotr Górecki

Wzmacniacze klasy D

Zgodnie z zapowiedzią z poprzedniego odcinka zajmujemy się częstotliwością.

Częstotliwość taktowania

Do tej pory mówiliśmy tylko, że częstotliwość impulsów we wzmacniaczu klasy D musi być duża i że często ma wartość rzędu kilkuset kiloherców. A dlaczego nie miałyby być znacznie niższe, byle tylko niesłyszalna, nieco tylko wyższa od górnej granicy pasma akustycznego?

Większość elektroników zna regułę mówiącą, że *częstotliwość zegarowa musi być co najmniej dwa razy większa, niż górna granica pasma akustycznego*. Przyjęcie szerokości pasma akustycznego 20Hz...20kHz daje minimalną częstotliwość próbkowania 40kHz. Zwykle jest większa, ponieważ przy minimalnej częstotliwości próbkowania należałoby zastosować doskonały filtr o idealnie stromych zboczach, co w praktyce jest niemożliwe. W systemie płyt CD częstotliwość zegarowa (próbkowania) wynosi 44,1kHz.

Teraz poznajemy wzmacniacze audio klasy D i na zasadzie analogii aż prosi się przyjąć, że *częstotliwość impulsów musi wynosić co najmniej 40kHz*.

NIE! NIE! NIE!

Aby poznać wszystkie szczegóły, trzeba zrozumieć skomplikowane zagadnienia matematyczne. Dobra wiadomość jest taka: wszystkie „matematyczne szczegóły” są niezbędne jedynie konstruktorom wzmacniaczy klasy D, którzy chcą uzyskać najlepsze możliwe do uzyskania rezultaty. Czytelnicy EdW nie muszą rozumieć

wszystkiego; wystarczy, że z grubsza poznają podstawowe zasady i problemy.

Przypomnijmy więc niezbędne podstawy w sposób uproszczony, pod kątem wzmacniaczy klasy D.

Fourier...

Prawie każdy elektronik wie, że „elementarnym przebiegiem” jest przebieg sinusoidalny. Sinusoidea to przebieg „podstawowy”, „czysty”, „pojedynczy”. Natomiast przebiegi o innych kształtach są przebiegami złożonymi. Dosłownie złożonymi z przebiegów podstawowych, sinusoidalnych. Odkrył to urodzony w XVIII wieku Jean Baptiste Joseph Fourier. Mówiąc prosto, stwierdził on, że każdy przebieg (okresowy) jest złożeniem (sumą) szeregu przebiegów sinusoidalnych o częstotliwościach będących wielokrotnościami częstotliwości tego przebiegu. Podał stosowne wzory. Dla nas teraz ważne jest, że w grę wchodzi **harmoniczne**, czyli przebiegi sinusoidalne o częstotliwościach, będących całkowitymi wielokrotnościami częstotliwości powtarzania rozpatrywanego przebiegu. Bardzo ważny jest następujący szczegół: ten sam sygnał zmienny można opisać, przedstawić, scharakteryzować na dwa sposoby: albo przedstawić przebieg w czasie (w dziedzinie czasu), albo w dziedzinie częstotliwości, podając zawartość poszczególnych sinusoidalnych składników (czyli widmo, inaczej spektrum częstotliwościowe). Ilustruje to **rysunek 1**.

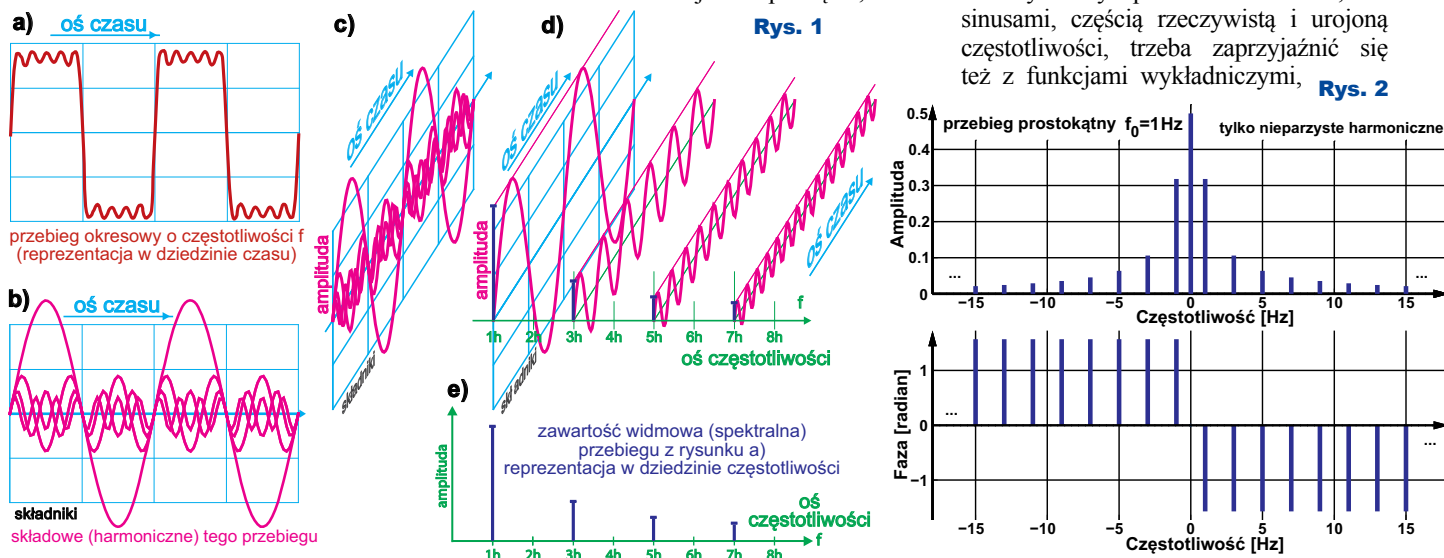
W literaturze mówi się o *transformacji Fouriera*, a słowo *transformacja* to *przekształcanie*. Trzeba jednak pamiętać, że nie

chodzi o przekształcanie, czyli jakąś modyfikację sygnału. Sygnał jest ten sam, tylko zmienia się jego reprezentacja, przedstawienie, sposób opisu.

W elektronice, aby zbadać przebieg sygnału w dziedzinie czasu, trzeba wykorzystać **oscyloskop**. Natomiast żeby sprawdzić jego skład widmowy (spektralny), wykorzystuje się **analizator widma**. Współczesne cyfrowe oscyloskopy mają procesory i programy, które matematycznie dokonują transformacji Fouriera na podstawie próbek zmierzonych przez przetwornik ADC oscyloskopu, więc obok wyglądu przebiegu mogą pokazać jego skład widmowy (niestety zwykle z niedużą precyzją z uwagi na zastosowany przetwornik ADC o niewielkiej rozdzielczości).

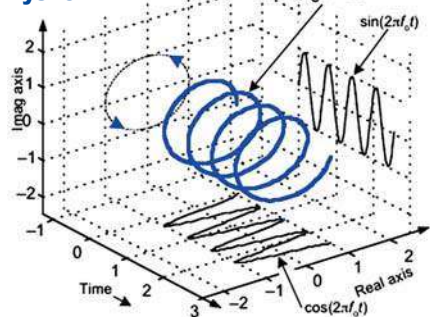
Czysty sygnał sinusoidalny nie zawiera harmonicznych, więc w dziedzinie częstotliwości jest reprezentowany przez jeden składnik. Widmo (charakterystyka spektralna) zawiera jeden prążek. Popularne przebiegi okresowe, na przykład prostokątny czy trójkątny, składają się z częstotliwości podstawowej i wielu harmonicznych. W szczególności przebieg prostokątny to złożenie teoretycznie nieskończonego ciągu tylko nieparzystych harmonicznych o odpowiednich fazach i odpowiednio malejących amplitudach – nie dziw się, że na **rysunku 2** zaznaczone są „ujemne częstotliwości” – nie mają związku z fazą. Jeśli chcemy głębiej wejść w tego rodzaju zagadnienia, wtedy musimy wykorzystać pojęcie *częstotliwości zespolonej*.

Nie wystarczy operowanie sinusami, kosinusami, częścią rzeczywistą i urojoną częstotliwości, trzeba zaprzyjaźnić się też z funkcjami wykładniczymi, **Rys. 2**



w szczególności eksponencjalną, związaną z liczbą Eulera e . Wtedy sinusoida i kosinusoida okazały się specyficzną postacią funkcji eksponencjalnej. Wszystko to wygląda na kompletną abstrakcję do momentu, gdy uświadomimy sobie, że przebiegi sinusoidalne i związane z nimi „matematyczne abstrakcje” mają ścisły związek z jak najbardziej realnym ruchem obrotowym, co po części przybliża rysunek 3.

Rys. 3



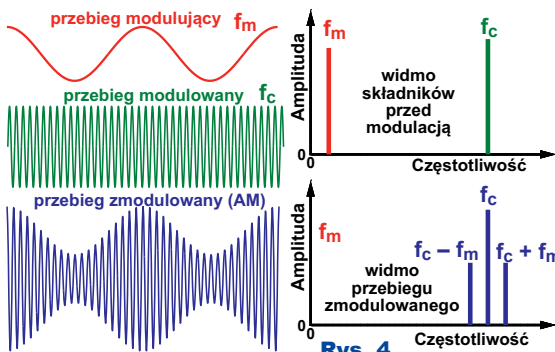
Wtedy pozorna abstrakcja nabiera sensu. Okazuje się, że „częstotliwości dodatnie” dotyczą jednego kierunku obrotów (wirowania), a „częstotliwości ujemne” – przeciwnego. W elektronice „kierunek obrotów” nie ma znaczenia i dlatego możemy pominąć kwestię „częstotliwości ujemnych”, ale nie można ich pominąć w rozważaniach matematycznych, bo one „same wychodzą podczas obliczeń”.

Wracamy do spraw najważniejszych. Otóż jeżeli po prostu **zsumujemy, dodamy** dwa czyste przebiegi sinusoidalne o dowolnych częstotliwościach, to wypadkowy sygnał będzie miał w charakterystyce widmowej dwa prążki. Dodanie trzech sinusoid da w widmie trzy prążki składowe. Proste i oczywiste!

A teraz pomalutko musimy wejść w zagadnienia nieco trudniejsze. Otóż bardzo często nie sumujemy dwóch przebiegów, tylko przeprowadzamy na nich bardziej skomplikowane operacje. Ogólnie biorąc, mówimy o modulacji jakimś sygnałem innego sygnału.

Modulacja

I sygnał modulujący, i sygnał modulowany mogą mieć różne kształty, ale dla ułatwienia na razie pozostawimy przy czystych sinusoidach. W szkole omawia się „ładny” i prosty przykład, a mianowicie modulację amplitudy (AM). Mamy wtedy sygnał sinusoidalny o jakiejś dużej częstotliwości (często zwany sygnałem nośnym lub nośną) oraz sinusoidalny sygnał modulujący o małej częstotliwości. Modulacja amplitudy polega właśnie na zmianie amplitudy nośnej przez sygnał modulujący. Przykładowe kształty przebiegów i charakterysty-

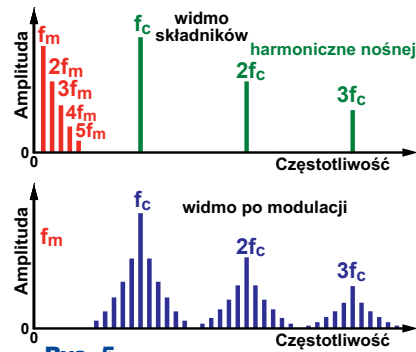


Rys. 4

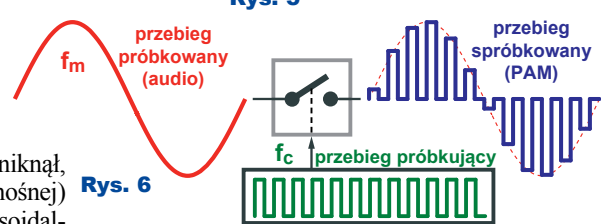
ki widmowe pokazane są na **rysunku 4**. Po przeprowadzeniu modulacji w zmodulowanym sygnale wyjściowym mamy nie dwa, tylko trzy sinusoidalne składniki! Sygnał modulujący f_m w tajemniczy sposób zniknął, a oprócz sygnału modulowanego (nośnej) f_c mamy dwa „nowe” składniki sinusoidalne o częstotliwościach będących ich sumą ($f_c + f_m$) i różnicą ($f_c - f_m$). Można nadmienić, że przy „kanonicznej” modulacji amplitudowej sygnały są po prostu mnożone i taki właśnie jest efekt mnożenia dwóch sygnałów sinusoidalnych. Jeżeli przebieg modulujący i modulowany nie są sinusoidami (czyli zawierają harmoniczne), to po modulacji amplitudowej uzyskany przebieg zawiera sinusoidalne składniki o częstotliwościach będących „sumą i różnicą wszystkich składników wejściowych”, co ilustruje **rysunek 5**.

W związku ze wzmacniaczami klasy D bardziej interesuje nas inny „szkolny” przykład. Na zajęciach wprowadzających do cyfrowej techniki audio omawia się zawartość widmową sygnałów w kolejnych stopniach przetwarzania. Najpierw mamy analogowy sygnał audio. Zostaje on przetworzony na ciąg próbek (w procesie *próbkowania* – ang. *sampling*), co można zilustrować jak na **rysunku 6**. Jeżeli próbki mają niezerowy czas trwania, to jest to rodzaj modulacji zwany PAM – Pulse Amplitude Modulation – modulacja amplitudy impulsów i widmową zawartość sygnału po takiej modulacji można w uproszczeniu przedstawić jak na **rysunku 7**.

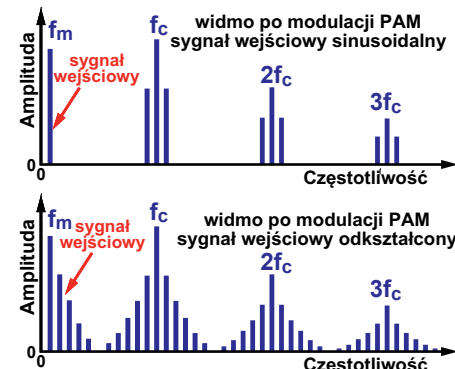
Tu wyraźnie widać, że **w widmie sygnału wyjściowego zawarty jest też oryginalny sygnał wejściowy**. Dolny przebieg z rysunku 7 doprowadza nas do bardzo ważnego, wręcz kluczowego problemu, znanego jako aliasing. Na uproszczonych rysunkach 5, 7 dobrałem i zaznaczyłem częstotliwości i ich harmoniczne tak, żeby wszystko ładnie wyglądało. Ale gdyby harmonicznych przebiegu wejściowego było więcej i gdyby częstotliwość próbkowania była niższa, to okazałoby się, iż poszczególne składniki wypadkowego sygnału zachodzą na siebie, co można przedstawić jak na **rysunku 8**.



Rys. 5

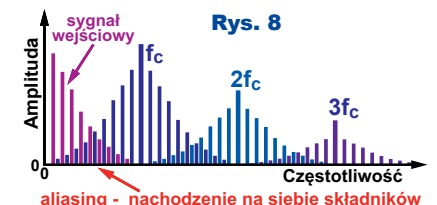


Rys. 6



Rys. 7

Gdy sygnał wejściowy jest dowolnym sygnałem audio zawierającym składowe o częstotliwościach 20Hz...20kHz, widmo sygnału PAM można przedstawić na przykład jak na **rysunku 9a**. Jest to przypadek graniczny, a lepiej byłoby zastosować wyższą częstotliwość impulsów próbkujących, jak na **rysunku 9b**. Rysunek 9c pokazuje sytuację niedopuszczalną, gdzie częstotliwość impulsów jest za mała i następuje aliasing. Groźne jest tu to, że w paśmie akustycznym pojawiają się „odwrócone” składniki. Nie da się ich odfiltrować, chyba że razem z sygnałem użytecznym. Będą one słyszalne jako dziwne zakłócenia – zniekształcenia. Rysunek 9 pokazuje, iż problemu nie ma, gdy częstotliwość impulsów próbkujących jest odpowiednio duża. Gdyby we wzmacniaczach klasy D stosowano modulację amplitudy PAM, przypadkiem granicznym byłby ten z **rysunku 9a**, gdy częstotliwość impulsów jest



Rys. 8

dwa razy większa od najwyższych składników częstotliwości audio (2 x 20kHz = 40kHz). Składników o częstotliwościach wyższych od 20kHz człowiek po prostu nie usłyszy, więc nawet gdyby dostały się one do głośnika i zostały przetworzone na ultradźwięki, zasadniczo problemu by nie było. Omawiamy dość szczegółowo dwa „szkolne” przykłady dlatego, że oba sugerują to samo: *we wzmacniaczu klasy D wystarczyć częstotliwość impulsów nieco ponad 40kHz*. Niestety, nie! Częstotliwość musi być znacznie wyższa.

Skomplikowana modulacja

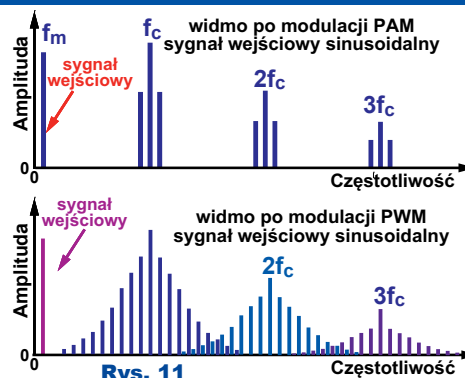
Omówione przykłady o tyle wprowadzają w błąd, że dotyczą bardzo prostych sposobów modulacji AM i PAM. Tymczasem we wzmacniaczach klasy D musimy zastosować sposób modulacji, najprościej biorąc, znacznie bardziej złożony, a mianowicie modulację szerokości impulsów PWM. Jedna literka różnicy PAM – PWM zmienia wiele. Modulacja PWM jest znacznie bardziej skomplikowana w sensie matematycznym, co owocuje znacznie bardziej skomplikowanym widmem po modulacji. Widmem, zawierającym liczne dodatkowe niepożądane składniki.

Jak już wiemy, „kanonicznym” rodzajem modulacji we wzmacniaczach klasy D jest „półanalogowa” modulacja PWM, czyli modulacja szerokości impulsu z wykorzystaniem komparatora oraz przebiegu trójkątnego albo piłokształtnego. Jest ona „półanalogowa” w tym sensie, że amplituda jest wprawdzie znormalizowana, ale długość impulsów zmienia się w sposób analogowy, a nie dyskretny, skokowy.

Ściślej biorąc, nazywana jest ona NPWM, czyli Natural PWM, w odróżnieniu od UPWM (UniformPWM), gdzie też następuje dodatkowa obróbka sygnału. Szczegółowa analiza zawartości spektralnej sygnału PWM po takiej modulacji nie jest łatwa. W podręcznikach możesz spotkać wzór, przedstawiający zawartość składowych po modulacji NPWM – **rysunek 10** (na dole strony). Już taki wzór ze znakami sigma - sumy wskazuje, że widmo zmodulowanego sygnału zawiera dużo więcej prążków, czyli sinusoidalnych składników o częstotliwościach będących kombinacjami nie tylko wejściowego sygnału, ale i harmonicznych.

Co najgorsze, ale niestety prawdziwe, nawet gdy sygnał wejściowy jest czystą sinusoidą bez żadnych harmonicznych, to na wyjściu modulatora PWM pojawiają się też składniki o częstotliwościach będących kombinacjami harmonicznych sygnału wejściowego – harmonicznych, których na wejściu nie ma! Widmo sygnału PWM zawiera więc dużo „wyższych składników”, i to oddalonych od częstotliwości taktowania (i jej harmonicznych) o więcej niż wartość częstotliwości wejściowej.

Ilustruje to w uproszczeniu **rysunek 11**. Co prawda czym wyższa harmoniczna, tym mniejsza amplituda takich nieoczekiwanych i niepożądanych składników modulacji, ale już widać poważny problem: *modulacja PWM oznacza obecność w widmie dużo większej ilości „śmieci” niż przy*

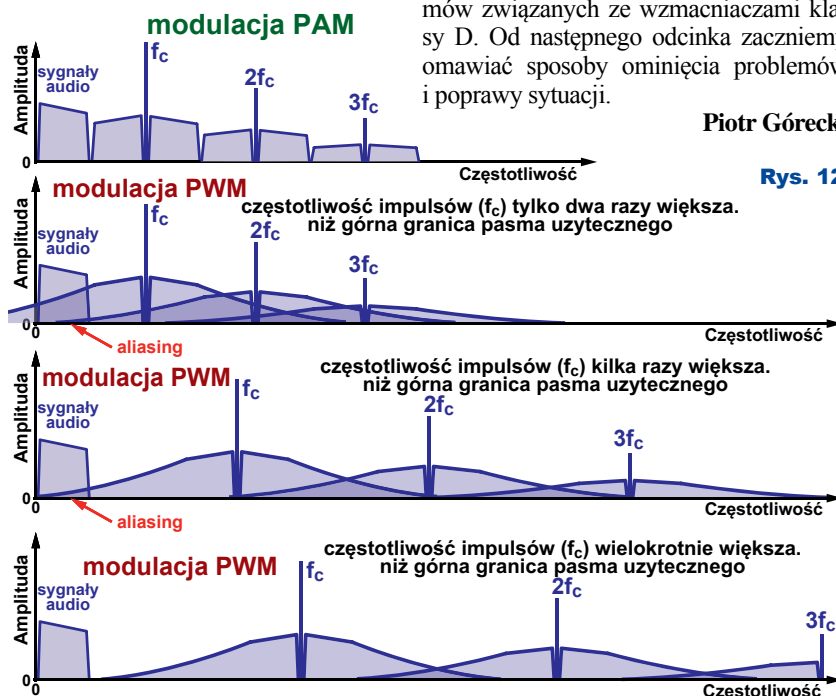
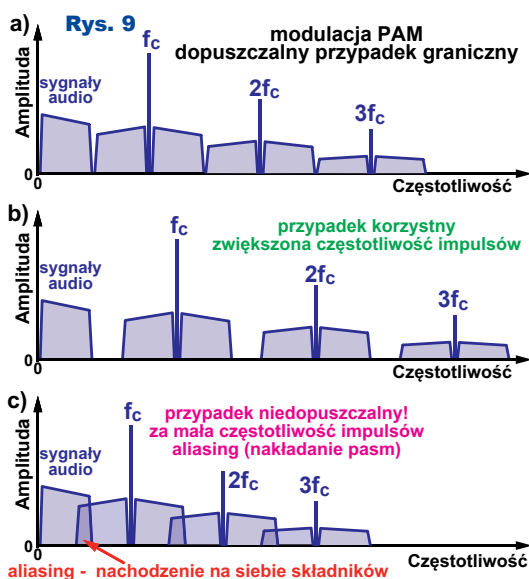


innych rodzajach modulacji. Sytuację dla sygnałów audio ilustruje **rysunek 12**. Jak widać, we wzmacniaczu klasy D z modulacją PWM częstotliwość taktowania musi być na tyle wysoka, żeby zawartość tych zakłóceń była odpowiednio mała do wymagań stawianych temu wzmacniaczowi. Czym lepszą jakość dźwięku chcemy osiągnąć, tym wyższa musi być częstotliwość taktowania. **Jeśli ma to być wysokiej klasy wzmacniacz audio z modulacją PWM, to częstotliwość taktowania musi być nie dwa, tylko kilkanaście razy wyższa niż górna granica pasma akustycznego!** Stąd częstotliwości impulsów rzędu 250kHz... 600kHz stosowane w większości współczesnych wzmacniaczy klasy D z modulacją PWM. Natomiast jeśli dopuścimy gorszą jakość dźwięku (większą zawartość zakłóceń), częstotliwość taktowania można zmniejszyć, ale na pewno nie do 40kHz, tylko do co najmniej 100kHz.

Dotychczas omówiliśmy szereg problemów związanych ze wzmacniaczami klasy D. Od następnego odcinka zaczniemy omawiać sposoby ominięcia problemów i poprawy sytuacji.

Piotr Górecki

Rys. 12



Rys. 10

$$F(t) = k + \frac{M}{2} \cos \omega t + \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\sin m \omega t}{m \pi} - \sum_{m=1}^{\infty} \frac{J_0(m \pi M)}{m \pi} \sin(m \omega t - 2 m \pi k) - \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=\pm 1}^{\pm \infty} \frac{J_n(m \pi M)}{m \pi} \sin(m \omega t + n \omega t - 2 m \pi k - \frac{n \pi}{2})$$

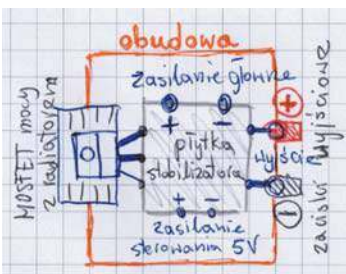
Taki zwyczajny zasilacz...

Część 2 – koncepcja realizacji

Na prośbę Czytelników wznowiliśmy dział **Kuchnia Konstruktor** oraz opis procedury projektowania uniwersalnego modułu zasilacza. W poprzednim miesiącu omówiliśmy podstawowe założenia koncepcyjne i stworzyliśmy wstępny schemat. Droga do realizacji finalnej wersji będzie zapewne długa i usiana problemami. Ale od czegoś trzeba zacząć. Trzeba zbudować jakąś wersję podstawową, żeby sprawdzić, czy przyjęta koncepcja jest prawidłowa. Potem można ją rozbudowywać i ulepszać.

Kolejne wersje eksperymentalne można budować na płytce stykowej albo w pajaku. Jednak każda wersja musi zawierać komplet podstawowych obwodów. Docelowo moduł ma znaleźć zastosowanie praktyczne. Dlatego sensowne byłoby już na początku zbudować taką wersję próbną, która pozwoli też przetestować i zweryfikować kluczowe aspekty, związane z praktycznym wykorzystaniem.

Problem w tym, że sposób narysowania schematu zupełnie nie odzwierciedla szczegółów fizycznej realizacji. Na schemacie ideowym nie widać żadnych elementów pasożytniczych, a przecież różne szkodliwe rezystancje, a także pojemności i indukcyjności mogą poważnie pogorszyć parametry. Jeżeli chcemy uzyskać zasilacz precyzyjny, to obowiązkowo musimy zastanowić się nad wpływem tych czynników pasożytniczych. W przypadku urządzeń w.c.z. i szybkich układów przełączających kluczowe znaczenie ma minimalizacja szkodliwych indukcyjności i pojemności. Nasz zasilacz zapewne bardzo szybki nie będzie, ale niewątpliwie musimy zwrócić baczna uwagę na wszelkie szkodliwe rezystancje i spadki napięć na nich występujące. A jeżeli tak, to trzeba zacząć niejako od końca i zastanowić się, jak finalny zasilacz miałby wyglądać w praktyce.

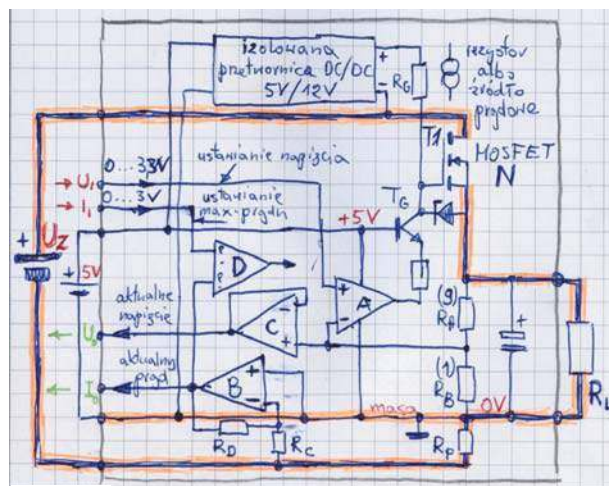


Rys. 1

Zapewne będzie umieszczony w obudowie, prawdopodobnie metalowej. Płytkę modułu stabilizatora ma być jak najbardziej uniwersalna, więc na pewno nie powinna zawierać głównego MOSFET-a regulacyjnego, który zapewne będzie zamontowany na jakimś solidnym radiatorze. Radiator z reguły umieszczany jest gdzieś na tylnej ścianie obudowy. A zaciski wyjściowe najczęściej umieszczone są na płycie czołowej, wraz z elementami sterującymi i wskaźnikami. Gdzieś pomiędzy ma być płytka stabilizatora. To prowadzi do budowy mniej więcej jak na **rysunku 1**. Ale jak tu minimalizować szkodliwe rezystancje?

Na pewno trzeba minimalizować długość obwodów, gdzie płyną duże prądy, co jest zaznaczone pomarańczowym kolorem na **rysunku 2**. Nie wiadomo jednak, jakie będą źródła zasilania (zasilacz niestabilizowany z klasycznym transformatorem toroidalnym, akumulatory, zasilacz impulsowy, ...).

Przyszły zasilacz może być jedynie małą przystawką, zawierającą tylko elementy pokazane na rysunku 1, ale obudowa może też zawierać transformator czy gotowy zasilacz i wtedy rozmiary i długości przewodów będą większe. W każdym przypadku ważne jest nie tylko skracanie przewodów przewodzących duży prąd, ale też prawidłowe dołączenie obwodów sygnałowych do obwodów mocy.



zaczisku ujemnego. Pomiar prądu polega na monitorowaniu spadku napięcia na małym rezystorze R_p , więc rezystor ten powinien być umieszczony jak najbliżej zaczisku ujemnego (masy), żeby zminimalizować spadek napięcia na przewodach, który może być niewiele mniejszy niż napięcie pomiarowe z rezystancji R_p . Wersja z rysunku 3b jest dużo lepsza. Wprawdzie płytka dołączona jest tu siedmioma przewodami, ale dwa zaciski masy tylko polepszają sytuację, a punktem centralnym masy jest ujemny zacisk napięcia wyjściowego.

Wersja z oddzielną łączówką z zaciskami śrubowymi jest jak najbardziej akceptowalna. Ale ja postanowiłem zaciski (nazywane ARK) umieścić na płycie drukowanej, co uczyni konstrukcję bardziej kompaktową. Zaciski śrubowe do wlotowania w płytkę nie są przelotowe i mają różne wielkości. Na pewno w głównym obwodzie dużego prądu należałoby zastosować większe, w obwodach sterujących można dać mniejsze. Wszystkie będą umieszczone na płycie, która stanie się punktem centralnym. Można

je rozmieścić na wiele sensownych sposobów. Jeden z nich widoczny jest na **rysunku 4**. I właśnie ten rysunek stał się podstawą mojego mini-

malistycznego modelu, pokazanego na fotografii tytułowej oraz na **fotografii 5**.

Schemat tego podstawowego modułu znacznie różni się od koncepcyjnego z rysunku 2. Na razie nie ma w nim rezystora pomiarowego R_p i obwodów pomiaru prądu. W tym pierwszym prototypie obwody zasilania napięciem 5V oraz przetwornicy „bramkowej” są bardziej rozbudowane. Umieszczone są na oddzielnej płytce wtykanej w płytkę główną. Wykorzystałem dwie płytki uniwersalne, w tym połowę taniej chińskiej „jednostronnej” na papierowym laminacie FR-2 (**fotografia 6**).

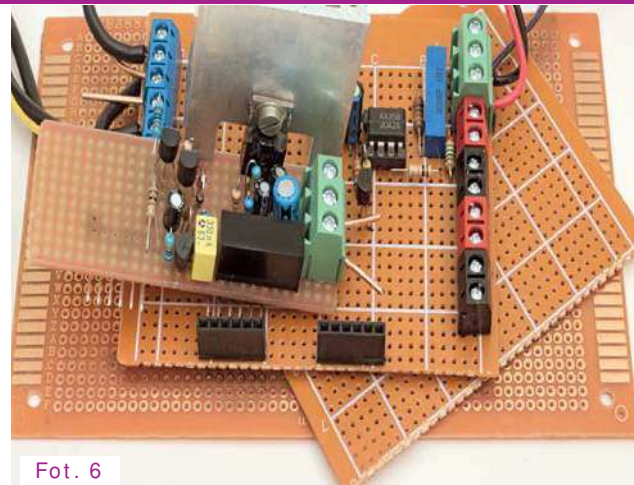
Schemat tego, jak na razie skromnego modelu, zamieszczony jest na **rysunku 7**. Jest to niewątpliwie schemat ideowy, ale jest narysowany tak, by odzwierciedlał też fizyczną realizację układu prototypowego.

Jak widać, na razie jest to tylko stabilizator napięcia, bez pomiaru i ogranicznika prądu. W pierwszym modelu wykorzystałem tylko połowę najpopularniejszej kostki LM358 (U3a). Wyjście wzmacniacza operacyjnego, poprzez rezystor R10, steruje pracującym w układzie wspólnej bazy tranzystorem T3. Według rysunków z poprzedniego odcinka, w obwodzie kolektora tranzystora T3 powinien być włączony rezystor „bramkowy” R_G . Jednak jeżeli moduł ma być uniwersalny i pracować przy bardzo różnych napięciach zasilania, wykorzystanie obciążenia w postaci rezystora nie jest dobrym rozwiązaniem, bo zależnie od maksymalnego napięcia zasilania głównego należałoby

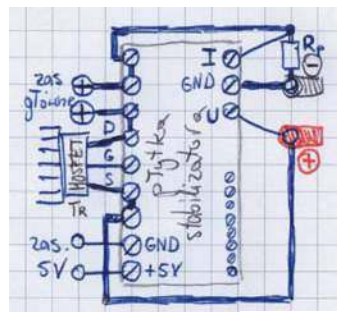
dobierać wartość tego rezystora. Problem rozwiązuje (ale inny tworzy, o czym jeszcze będziemy mówić) zamiana rezystora R_G na źródło prądowe. I w tym przypadku funkcję źródła prądowego pełni tranzystor T1, o czym za chwilę. Sygnał z kolektorów T1, T3 podawany jest na bramkę głównego MOSFET-a regulacyjnego T_R .

Jeżeli chodzi o obwody zasilania, to dodałem wejściowy stabilizator LM317 (U1) ze sporym radiatorem, dający napięcie wyjściowe około 5,5V, co umożliwia zasilanie płytki napięciem niestabilizowanym z szerokiego zakresu 7,5...15V. Ale moduł ma też bezpośrednie wejście 5-woltowe, gdzie możemy podać napięcie zasilania o wartości 5...5,5V. Sprawdziłem, że podanie na wyjście nieczynnego stabilizatora U1 napięcia 5,5V (a nawet znacznie większego) nie ma żadnych złych skutków.

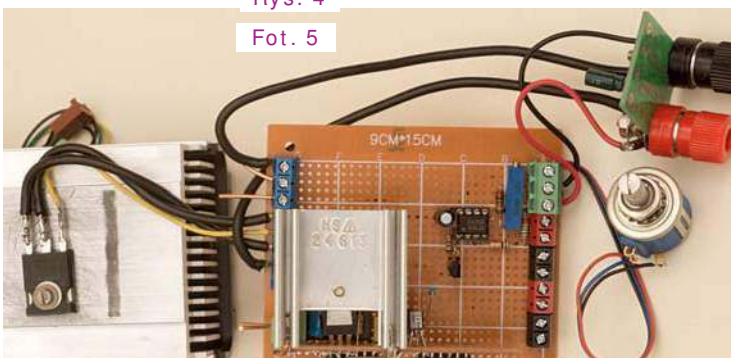
Ponieważ nie miałem w zapasach małej przetwornicy izolowanej 5V/12V, wykorzystałem posiadaną 5V/±15V i jej wyjściowe napięcie dodatnie 15V. Przy zasilaniu 5,4V ta przetwornica daje na wyjściu ponad 17V. Potrzebne źródło prądowe w kolektorze T3



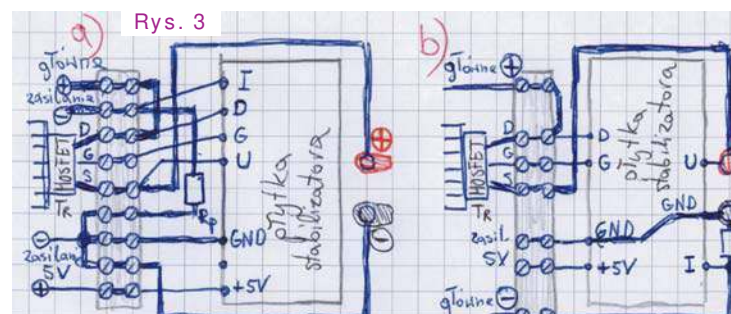
Fot. 6



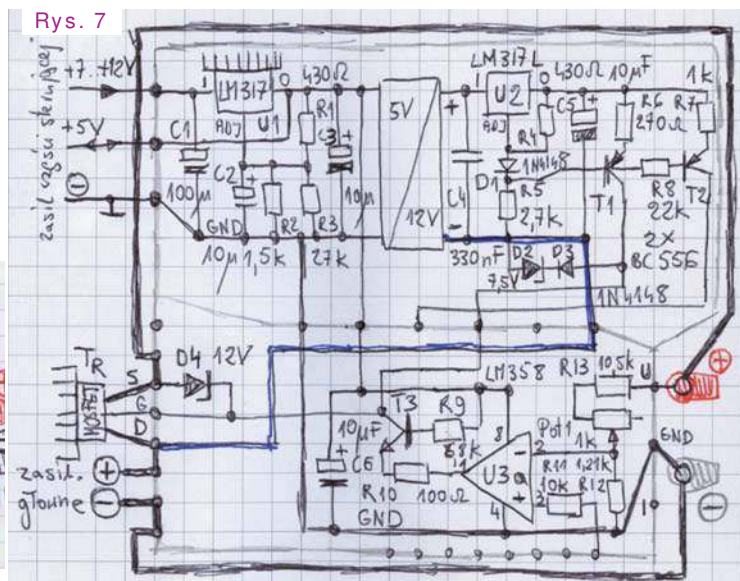
Rys. 4



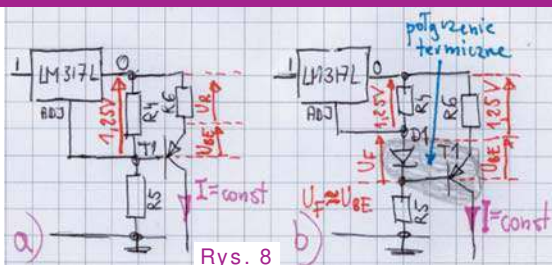
Fot. 5



Rys. 3



Rys. 7



Rys. 8

można zrealizować na różne sposoby. Ja postanowiłem wykorzystać stabilizator LM317 w małej wersji L (LM317L).

Pomysł według **rysunku 8a** opiera się na fakcie, że tego typu stabilizatory podczas pracy utrzymują między swoim wyjściem a końcówką ADJ(ust) niezmiennie napięcie 1,25V. W wersji z **rysunku 8a** na rezystorze występuje napięcie około pół wolta, będące różnicą między 1,25V i napięciem U_{BE} tranzystora T1. Z uwagi na znaczny wpływ temperatury na napięcie U_{BE} ($-2\text{mV}/^\circ\text{C}$) stabilność cieplna takiego źródła prądu nie jest idealna, ale w tym zastosowaniu byłaby całkowicie wystarczająca. Warto wiedzieć, że stabilność cieplną takiego źródła prądowego można zdecydowanie polepszyć, dodając według **rysunku 8b** złącze diodowe (termicznie połączone z T1), które skompensuje cieplne zmiany napięcia U_{BE} tranzystora. Stąd na **rysunku 7** dioda D1 (w tym zastosowaniu wcale niekonieczna).

W moim prototypowym układzie od razu zamontowałem też drugie źródło prądowe z tranzystorem T2 i rezystorem R8 w obwodzie bazy. Elementy te będą potrzebne później.

Dociekliwi Czytelnicy zapewne zdziwią się, widząc na schemacie diody D2, D3. Nie są one niezbędne, a w warunkach normalnej pracy nie pełnią żadnej sensownej funkcji. Po swoich doświadczeniach dodałem je do układu testowego na wszelki wypadek, żeby w nietypowych sytuacjach źródło prądowe z T1 nie zakłócało pracy stabilizatora U2. Straciłem bowiem sporo czasu na szukanie związanego z tym błędu. Z powodu trywialnego braku połączenia emitera T3 z rezystorem T10 nie mógł płynąć prąd przez tranzystor T3. Górny tranzystor T1 źródła prądowego nie mógł wtedy normalnie pracować, bo nie płynął prąd jego kolektora. Prąd płynął jednak przez rezystor R6 i złącze E-B T1, co zwiększało spadek napięcia na R5, a przez to napięcie wyjściowe stabilizatora U2 rosło do maksimum. Pomiary napięć sugerowały, że uszkodzony jest stabilizator U2. Dopiero dokładniejsza analiza pokazała, że błąd leży gdzieś indziej. Obecność D2, D3 powoduje, że przy braku prądu kolek-

tora T3 prąd kolektora tranzystora T1 popłynie przez te diody, nie zakłócając pracy stabilizatora U2

Jeżeli chodzi o rozważania konstrukcyjno-projektowe, to po namyśle i po przejrzeniu katalogów zastosowałem w roli T1, T2, T3 popularne tranzystory BC546, BC556, które mają dopuszczalne napięcie U_{CE} równe aż 65 woltów. Pozwola one na bezpieczną pracę nawet przy głównym napięciu zasilającym ponad 50V, choć na razie aż tak dużego napięcia nie przewidujemy.

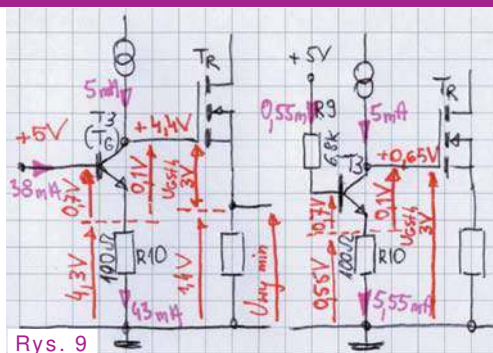
Tranzystory BC5x6 mają maksymalny prąd kolektora 100mA, co nie jest istotne, oraz maksymalną moc strat 625mW, co z kolei jest ważne. Mianowicie gdyby napięcie na tranzystorze wynosiło ponad 60V, to mógłby on pracować z prądem do 10mA ($625\text{mW} - 10\text{mA} * 62,5\text{V}$). Po pierwsze w naszym zasilaczu napięcia będą niższe, po drugie prąd może być mniejszy od 10mA. Na początek przewidziałem prąd około 5mA (przy wartości $R6 = 270\Omega$ prąd kolektorów T1, T3 w modelu wyniósł 4,55mA). 270-omowy rezystor R6 wluutowałem „na długich nóżkach”, żeby później sprawdzić, czy można ten prąd zmniejszyć bez szkody dla parametrów zasilacza.

W układzie pracy tranzystora ze wspólną bazą wzmocnienie napięciowe jest wyznaczone przez stosunek rezystancji kolektorowej do emiterowej. W tym przypadku rezystor emiterowy R10 ma wartość tylko 100Ω , a impedancja źródła prądowego w kolektorze jest ogromna. Oznacza to, że tranzystor T3 będzie miał bardzo duże wzmocnienie napięciowe, na pewno zdecydowanie powyżej $100\times$. Do tego dojdzie wzmocnienie napięciowe wzmacniacza operacyjnego, który tu (na razie) pracuje z otwartą pętlą. Wzmacniacze operacyjne LM358 według katalogu mają wzmocnienie z otwartą pętlą typowo $100000\times$, więc wypadkowe wzmocnienie napięciowe w pętli przekroczy 10 milionów razy.

Tak wielkie wzmocnienie to prawie pewnik, że układ będzie się chciał wzbudzać. Walka z samowzbudzeniem zapewne będzie jednym z najtrudniejszych zadań, o ile będzie nam zależeć na parametrach dynamicznych zasilacza. Ale to problem na przyszłość.

Na razie omówmy inny bardzo ważny w praktyce szczegół: dlaczego w układzie zastosowany został rezystor R9 w obwodzie bazy T3?

Być może wykorzystamy go w obwodzie kompensacji częstotliwościowej, ale jest on niezbędny z bardzo ważnego powodu. Mianowicie gdyby baza T1 była na sztywno dołączona do szyny zasil-



Rys. 9

nia +5V, napięcie na kolektorze T3 nie mogłoby się dowolnie zmniejszyć. Nawet gdyby wyjście wzmacniacza operacyjnego miało potencjał masy, co dałoby prąd emitera ponad 40mA, najniższe napięcie na kolektorze nasyconego T3 nie mogłoby „zejść” niżej niż o 0,7V poniżej napięcia zasilania 5V. A do kolektora T3 dołączona jest bramka MOSFET-a regulacyjnego T_R . MOSFET ma typowe napięcie progowe U_{GstH} około 3V, napięcie nasycenia tranzystora T3 optymistycznie możemy przyjąć 0,1V, więc jak pokazuje **rysunek 9a**, na wyjściu moglibyśmy wtedy uzyskać najniższe napięcie około 1,4V. Napięcie progowe U_{GstH} może być mniejsze od 3V i wtedy minimalne możliwe do uzyskania napięcie wyjściowe byłoby jeszcze wyższe.

Ograniczenie najniższego możliwego napięcia wyjściowego to tylko część problemu. Jest też znacznie gorszy aspekt zagadnienia: otóż brak możliwości całkowitego zatkania MOSFET-a T_R uniemożliwia realizację skutecznego ogranicznika prądowego, bowiem np. przy zwarciu wyjścia w trybie stabilizacji prądu potrzebne napięcie bramki T_R może być niskie. Sytuacja z **rysunku 9a** jest absolutnie nie do przyjęcia.

Problemy te można łatwo rozwiązać, jeśli dodamy w obwodzie bazy rezystor R9. **Rysunek 9b** pokazuje hipotetyczną sytuację przy zwarciu wyjścia wzmacniacza operacyjnego i rezystora R10 do masy. Przy założeniu prądu kolektorowego źródła prądowego 5mA, wzmocnienia prądowego $T3 = 200\times$, napięcia nasycenia 0,1V i przy rezystorze $R10 = 100\Omega$ minimalne napięcie na kolektorze T3 wynosiłoby około 0,65V. W praktyce stary wzmacniacz LM358 przy prądzie 5mA nie może ściągnąć swego wyjścia do masy (jest to możliwe tylko przy małych prądach wyjściowych). Ale nawet gdyby na wyjściu wzmacniacza operacyjnego najniższe napięcie wynosiło 0,8V, to na kolektorze T3 powinniśmy uzyskać napięcie poniżej 1,5V. Tak niskie napięcie powinno w każdych warunkach zatkać MOSFETa, czyli uzyskać zakres napięć wyjściowych już od 0V.

A dlaczego mówimy o 1,5V?

Przecież w katalogach jest podane, że napięcie U_{GSth} klasycznych MOSFET-ów może wynosić 2V...4V!

Tak, najniższe napięcie U_{GSth} to 2V, ale w temperaturze +25°C. Ze wzrostem temperatury napięcie to zmniejsza się i w niekorzystnym przypadku tranzystor rozgrzany do temperatury +175°C może mieć napięcie progowe niższe niż 1,5V! W przytłaczającej większości kart katalogowych nie ma bezpośredniej informacji o tych szczegółach. Wiadomości na ten temat są skąpe i poszczególne firmy podają niejednoznaczne dane. W każdym razie przyjęcie minimalnej wartości U_{GSth} równej 1,5V jest rozsądne, a proponowane rozwiązanie zapewni prawidłowe zatkanie klasycznego MOSFET-a także po jego nagrzanu.

Właśnie dlatego rezystor R10 ma oporność tylko 100 omów, co przy prądzie 5mA podczas normalnej pracy da spadek napięcia tylko 0,5V. Moglibyśmy zwiększyć rezystancję R10, gdybyśmy od razu przewidywali zastosowanie lepszego wzmacniacza z wyjściem rail-to-rail, który przy obciążeniu około 5mA ściągnie swoje wyjście bliżej masy.

Trzeba podkreślić, że model pokazany na fotografiach oraz schemat z rysunku 7 powstawały stopniowo we wzajemnej zależności. Najpierw była wstępna koncepcja teoretyczna, omawiana w pierwszym odcinku. Przy jej realizacji zastosowałem

elementy, które miałem pod ręką w zapasach. Dlatego niektóre rozwiązania, połączenia i inne szczegóły wynikły ze sposobu realizacji i dostępnych elementów.

Na przykład nie miałem przewidywanej izolowanej przetwornicy DC/DC 5V/12V, a w zapasach znalazłem jedynie 12V/5V, 5V/5V oraz użyteczną dla mnie 5V/±15V, z której wykorzystałem połowę napięcia wyjściowego, która przy niedużym obciążeniu i zasilaniu 5,4V dała napięcie ponad 17V. Dlatego w obwodzie stabilizatora U2 i źródeł prądowych mogłem śmiało zastosować rezystor $R5 = 2,7k\Omega$, co dało napięcie wyjściowe U2 nieco ponad 10V. Dlatego potem mogłem dodać diodę Zenera D2 o napięciu 7,5V, co z diodą D3 daje napięcie przebicia ponad 8V.

Przy zastosowaniu planowanej przetwornicy 5V/12V wartość rezystora R5 zapewne trzeba będzie trochę zmniejszyć, podobnie napięcie „zenerki” D2.

Pomysł wtykanej płytki z obwodami zasilania (**fotografia 10**) powstał przypadkiem. Równie dobrze można było całość zmontować na jednej troszkę większej płytce, bowiem użyta uniwersalna płytka główna, jak widać miała pierwotnie rozmiary 9×15cm.

Dobór MOSFET-a

W modelu zastosowałem tranzystor IRFP2907. W zapasach mam wiele tranzystorów MOSFET. Większość w obudowie TO-220. Niektóre mają bardzo małą wartość rezystancji R_{DSon} , rzędu jednego do dwóch miliomów i maksymalne prądy sporo ponad 100 amperów!

Tak, ale w przypadku MOSFET-a regulacyjnego przewidywanego do liniowego zasilacza te parametry nie mają istotnego znaczenia. Po pierwsze nie ma sensu szukać MOSFET-a o jak najmniejszej rezystancji R_{DSon} . Owszem, wartość R_{DSon} ma duże znaczenie, gdy MOSFET pracuje jako przełącznik i chcemy minimalizować statyczne straty mocy w stanie pełnego otwarcia. Trzeba jednak pamiętać, że R_{DSon} to rezystancja właśnie w stanie pełnego otwarcia, a w stabilizatorze liniowym MOSFET prawie nigdy nie pracuje w stanie pełnego otwarcia, więc rezystancja R_{DSon} ma nieduże znaczenie. Owszem, nie należy stosować MOSFET-ów o dużej wartości

R_{DSon} , czyli o napięciu dopuszczalnym 500V czy 800V, wielokrotnie wyższym od głównego napięcia zasilania. Warto dobrać tranzystor o maksymalnym napięciu U_{DS} 30...100% wyższym od spodziewanej największej wartości głównego napięcia zasilającego.

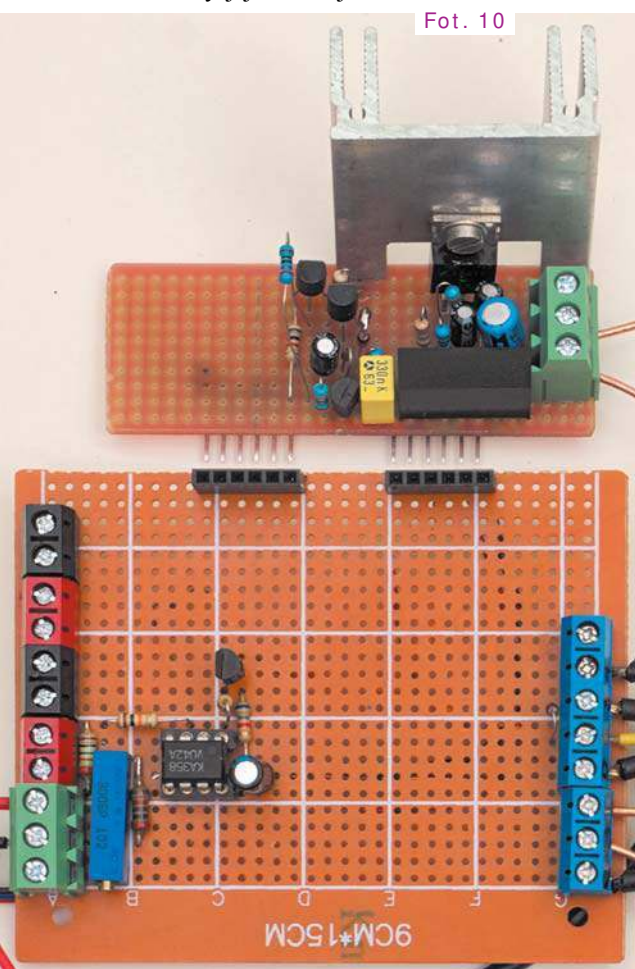
W stabilizatorze liniowym w tranzystorze regulacyjnym T_R wydziela się duża moc strat ($P_D = I \cdot U_{DS}$). Przy wyborze MOSFET-a należy zwracać uwagę przede wszystkim na wartość rezystancji termicznej R_{thjc} i związaną z tym maksymalną moc strat. Katalogowa moc strat P_D jest mierzona w absolutnie sztucznych warunkach (przy temperaturze obudowy +25°C), co jest nierealne w praktyce. Dlatego rzeczywista maksymalna moc strat w zasilaczu zawsze jest znacznie mniejsza niż katalogowa moc strat P_D .

W praktyce, przy większych radiatorach o rezystancji termicznej poniżej 1°C/W, wąskim gardłem przy chłodzeniu okazuje się fabryczna rezystancja R_{thjc} i rezystancja styku tranzystora z radiatorem R_{thcr} . Ten sam radiator pozwoli rozproszyć dużo więcej mocy, gdy małe będą rezystancje R_{thjc} i R_{thcr} . A o ich wartościach decyduje nie tyle półprzewodnikowa struktura, co fizyczne rozmiary obudowy. Najpopularniejsze obudowy TO-220 zwykle mają fabryczną rezystancję R_{thjc} rzędu 1°C/W, a rezystancja styku R_{thcr} bez podkładek izolacyjnych, przy wykorzystaniu smaru, to około 0,5°C/W. Natomiast tranzystory w nieco większych obudowach TOP-3, TO-247 i podobnych mogą mieć R_{thjc} poniżej 0,5°C/W i R_{thcr} około 0,25°C/W, czyli o połowę mniej! Tak, ale tylko niektóre i trzeba sprawdzić szczegóły. Ja wykorzystałem **IRFP2907** w obudowie TO-247 o katalogowej rezystancji termicznej $R_{thjc} = 0,32°C/W$, którego szacowana rezystancja styku R_{thcr} to 0,24°C/W. We współpracy z dobrym radiatorem może on rozproszyć nawet 100 watów mocy strat. Warto nadmienić, że odmiana oznaczona IRFP2907Z, też w obudowie TO-247, ma $R_{thjc} = 0,49°C/W$ i R_{thcr} to 0,24°C/W. Dostępne są też odmiany IRF2907Z, IRF2907ZS, IRF2907ZL w mniejszych obudowach TO-220, D2PAK, TO-262, które mają $R_{thjc} = 0,45°C/W$ i R_{thcr} to 0,5°C/W.

W każdym razie **w zasilaczu warto zastosować MOSFET w większej obudowie o jak najmniejszej rezystancji termicznej R_{thjc} i R_{thcr} .**

Po zmontowaniu modelu i włączeniu źródeł zasilania mój układ... oczywiście **nie zadziałał**. Szczegóły w następnej części artykułu.

Piotr Górecki



Fot. 10

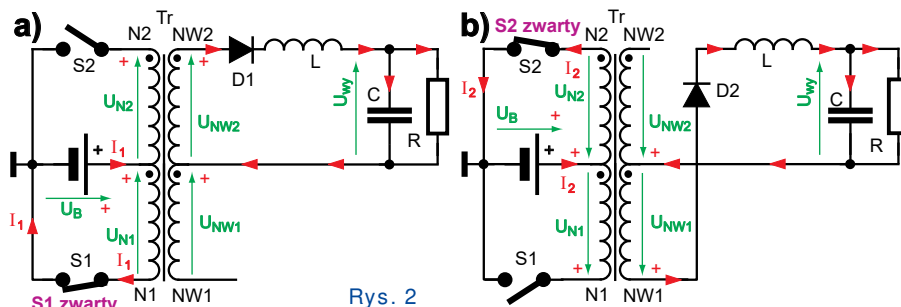
Przetwornice indukcyjne

część 31

We wcześniejszych odcinkach cyklu dość dokładnie omówiliśmy przetwornice z dwukierunkowym magnesowaniem rdzenia. Najpierw w naturalny sposób doszliśmy do klasycznych przetwornic przepustowych *full-bridge*, *half-bridge*, a co ważne, także *push-pull*. Potem okazało się, że prosta, i bardzo stara, dwutranzystorowa koncepcja *push-pull* może być wykorzystana w bardzo różny sposób. Drobne na pozór modyfikacje układu zupełnie zmieniają zasadę działania przetwornicy.

Dowiedzieliśmy się, że od dawna znane i dość popularne były i są prawdziwe przetwornice Royera, gdzie rdzeń ulega chwilowemu nasyceniu przy obu kierunkach magnesowania. W następnym kroku okazało się, że bardzo podobny schemat, wzbogacony o jeden tylko kondensator, mają przetwornice rezonansowe, gdzie rdzeń w nasycenie nie wchodzi, a które powszechnie, a niesłusznie też nazywane są przetwornicami Royera. Wszystkie „rojery”, i te z nasycanym rdzeniem, i te rezonansowe, mają prostą budowę, pracują przy niezmiennym wypełnieniu 50% i w związku z tym nie dają możliwości regulacji za pomocą zmiany wypełnienia. Niemniej prostota i inne istotne zalety zdecydowały o ich dużej popularności.

My, zgodnie z zapowiedziami, musimy wrócić do klasycznych przetwornic z dwukierunkowym magnesowaniem, gdzie regulacja napięcia wyjściowego możliwa jest za pomocą zmiany współczynnika wypełnienia par impulsów. Chodzi o przetwornice *full-bridge*, *half-bridge* i *push-pull*, które różnią się szczegółami budowy (**rysunek 1**), ale podstawową zasadę działania mają wspólną. Wszystkie są przetwornicami **forward** (przepustowymi), gdzie przekazywanie energii następuje na bieżąco, bez pośredniego magazynowania ener-



Rys. 2

gii w rdzeniu, czyli inaczej niż to jest w przetwornicach *flyback* (zaporowych). W 25. odcinku cyklu, w EdW 2/2019 (str 36.39) omówiliśmy wstępnie ogólną zasadę działania przetwornic z dwukierunkowym magnesowaniem rdzenia i z regulacją wypełnienia.

Główna zasada działania jest prosta – przypomnijmy ją na przykładzie przepustowej przetwornicy *push-pull* z dzielonym, podwójnym uzwojeniem i **rysunku 2a**. Gdy zwarty jest któryś z kluczy, na jedną z połówek uzwojenia pierwotnego transformatora podawane jest napięcie zasilania i płynie tam prąd. Powoduje to powstanie napięcia na uzwojeniu wtórnym i przepływ prądu w uzwojeniu wyjściowym. Gdy zwarty jest drugi klucz, sytuacja jest analogiczna (**rysunek 2b**), tylko czynna jest druga połówka uzwojenia pierwotnego, a odwrotna jest biegunowość napięć (kierunek prądów i kierunek magnesowania rdzenia). Właśnie na przykładzie wersji *push-pull* dobrze widać, że klasyczne przetwornice z dwukierunkowym magnesowaniem rdzenia można traktować jako złożenie dwóch przetwornic „jednokierunkowych”. Podczas przewodzenia jednego albo drugiego klucza działanie jest łatwe do zrozumienia, bo jest takie, jak w fazie roboczej „pojedynczej” przetwornicy przepustowej. Wątpliwości pojawiają się, gdy chcemy dobrze zrozumieć

wszystkie szczegóły, w tym zachowanie w przerwach impulsów.

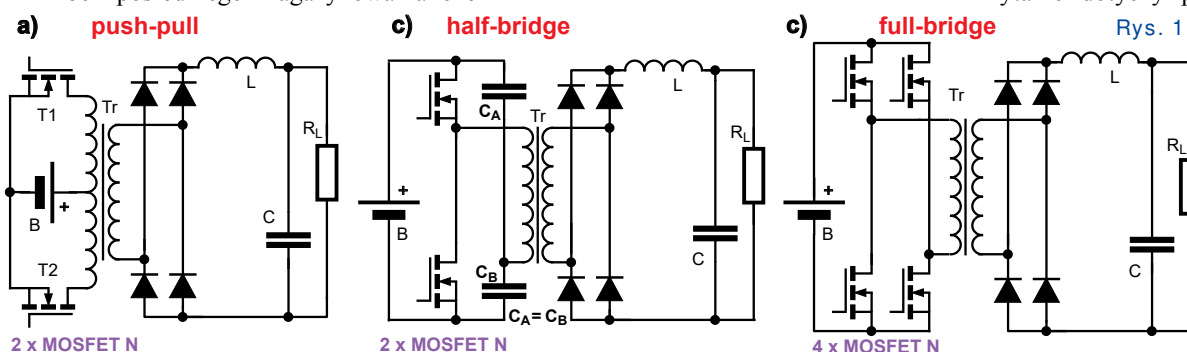
Wiemy, że w „pojedynczej” przetwornicy przepustowej konieczne jest wprowadzenie drugiej części cyklu pracy, podczas której rdzeń, magnesowany w jednym tylko kierunku, musi zostać rozmagnesowany. Oczywiście jest też, że w przetwornicy „dwukierunkowej” rozmagnesowanie rdzenia (i przemagnesowanie w przeciwnym kierunku) następuje automatycznie w następnym „przeciwnym” cyklu roboczym, gdy napięcia i prądy są odwrotne. Tak, naprzemienne magnesowanie rdzenia w jednym i drugim kierunku następuje w kolejnych (pół)cyklach roboczych niejako automatycznie, co też jest oczywiste.

Wątpliwości dotyczą jednak czasu, gdy w związku z regulacją za pomocą zmiany współczynnika wypełnienia wszystkie klucze są rozwarte i gdy na uzwojenie pierwotne nie jest podawane napięcie zasilania. Właśnie w odcinku lutowym niniejszego cyklu postawiliśmy pytanie: **co dzieje się z prądem magnesowania właśnie w tych chwilach, gdy oba klucze są rozwarte?**

W literaturze można znaleźć przebiegi w tego typu przetwornicach na przykładzie łatwej do analizy przetwornicy *push-pull*, pokazane na **rysunku 3**. Czerwonym kolorem wyróżniony jest przebieg strumienia i prądu magnesowania. Pytanie dotyczy poziomych fragmen-

tów tego przebiegu, zaznaczonych znakami zapytania.

Wtedy, kilka miesięcy temu, rozważaliśmy różne możliwości, ale dochodziliśmy do sprzeczności i wówczas nie wyjaśniliśmy

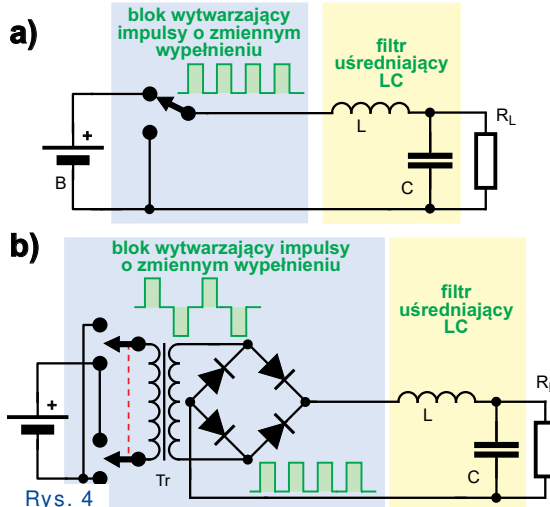


Rys. 1

zagadki. Czytelnicy zostali zachęceni, by podjąć próbę samodzielnego wyjaśnienia. A problem polega na tym, że namagnesowanie rdzenia w danej chwili jest nierozłącznie związane z aktualnym prądem magnesowania. Najprościej biorąc, namagnesowanie rdzenia jest odzwierciedleniem aktualnej wartości i kierunku prądu magnesującego. Jeżeli namagnesowanie rośnie, to prąd magnesowania rośnie. Jeśli strumień i namagnesowanie przez jakiś czas (w przerwach impulsów) pozostają niezmiennie, jak na rysunku 3, to znaczy, że prąd magnesowania płynie i że jest niezmienny. Tymczasem przy wcześniejszej analizie nie potrafiliśmy wskazać obwodu, gdzie mógłby płynąć niezmienny prąd magnesujący w czasie, gdy rozwarte są oba klucze.

I to rzeczywiście jest dość trudna zagadka. W podręcznikach i skryptach ten szczegół najczęściej jest całkowicie pomijany. Aby zagadkę rozwiązać, musimy jeszcze raz wrócić do podstaw, zwrócić uwagę na pewne szczegóły, a wtedy sytuacja się rozjaśni. Dlatego przypomnijmy, że klasyczną, jednokierunkową przetwornicę przepustową (forward) możemy podzielić na dwie części. Pierwsza to blok, wytwarzający impulsy prostokątne o zmiennym wypełnieniu, a druga część to filtr LC. Zilustrowane to jest na **rysunku 4a**. Regulacja polegająca na zmianie współczynnika wypełnienia w istocie jest regulacją średniej wartości napięcia (dodatnich impulsów), a filtr LC uśrednia impulsy, w idealnym przypadku dając na wyjściu napięcie stałe z zerowymi tętnieniami

W przetwornicy z dwukierunkowym magnesowaniem rdzenia, na przykład według **rysunku 4b**, na wyjściu transformatora mamy wprowadzić parę impulsów



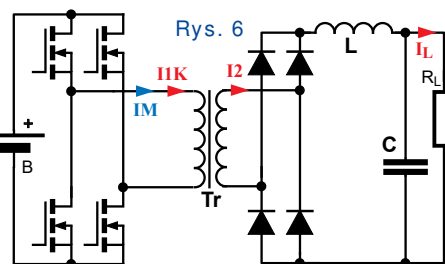
Rys. 4

sów dodatnich i ujemnych, ale po ich wyprostowaniu też otrzymujemy ciąg impulsów, powiedzmy dodatnich, które zostają uśrednione przez filtr LC.

Podkreślimy jeszcze raz, że zmiana współczynnika wypełnienia impulsów powoduje zmianę średniego ich napięcia, więc **zmieniając wypełnienie, zmieniamy napięcie wyjściowe**. Natomiast **wypełnienie impulsów nie ma praktycznie żadnego związku z prądem obciążenia**, ponieważ jak już wiemy, prąd samoczynnie dostosowuje się do obciążenia.

Poważnym problemem utrudniającym analizę przetwornic forward z dwukierunkowym magnesowaniem jest też to, że mamy w nich dwa współpracujące elementy indukcyjne. Trzeba rozpatrywać nie tylko zachowanie każdego z nich z osobna, ale też ich wzajemny wpływ i zależności między nimi. Dlatego musimy przypomnieć, że omawiane przetwornice „dwukierunkowe” są odmianą starej dobrej znajomej: przetwornicy obniżającej według **rysunku 5a**, tylko z rozbudowanym blokiem kluczowania napięcia i transformatorem. Na **rysunku 5b** celowo pozostawiłem diodę D1, choć jej funkcję mógłby pełnić

przepływu prądu przez cewkę filtrującą L także podczas przerwy między impulsami roboczymi. To jest pierwszy potrzebny nam teraz ważny szczegół. Po drugie, znów trzeba przypomnieć elementarne zależności występujące w transformatorze Tr. Mianowicie mamy w nim do czynienia z dwoma odrębnymi zjawiskami: magnesowaniem rdzenia oraz przekazywaniem energii z wejścia na wyjście. Dlatego we wcześniejszych rozważaniach dotyczących prądu pierwotnego transformatora stwierdziliśmy, że składa się on z liniowo rosnącej składowej magnesującej IM oraz ze składowej I1K, która kompensuje dowolnie duży prąd



Rys. 6

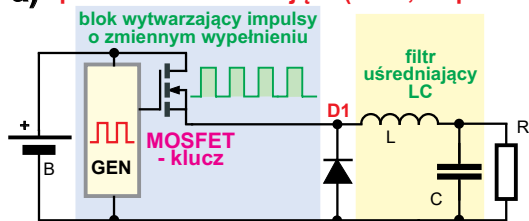
obciążenia I2. Można to bardzo nieprecyzyjnie zilustrować jak na **rysunku 6**.

W szczególności gdy wyjście nie jest obciążone, gdy równy zero jest i prąd obciążenia I_L, i prąd I₂, i składowa I1K, to prądem uzwojenia pierwotnego transformatora jest wtedy wyłącznie składowa magnesująca IM.

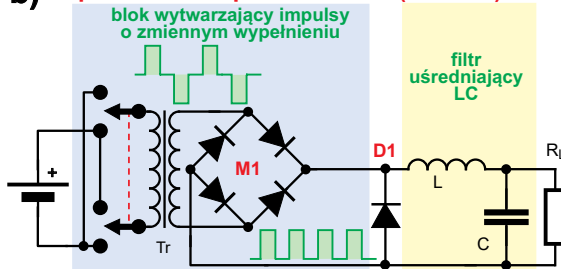
A jakie są kształty tych składowych podczas normalnej pracy przepustowej przetwornicy dwukierunkowej?

Pomyślmy: na uzwojenie pierwotne podajemy napięcie stałe z baterii B (impulsy prostokątne), więc prąd magnesowania rośnie lub maleje liniowo, zależnie od napięcia i indukcyjności

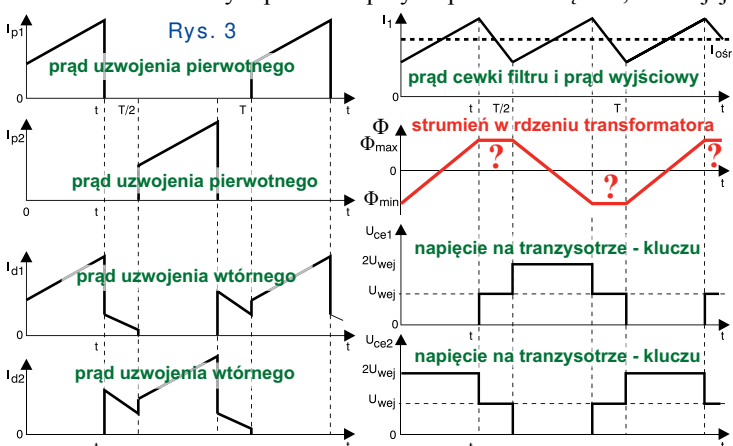
a) przetwornica obniżająca (buck, step-down)



b) przetwornica przeciwsobna (forward)

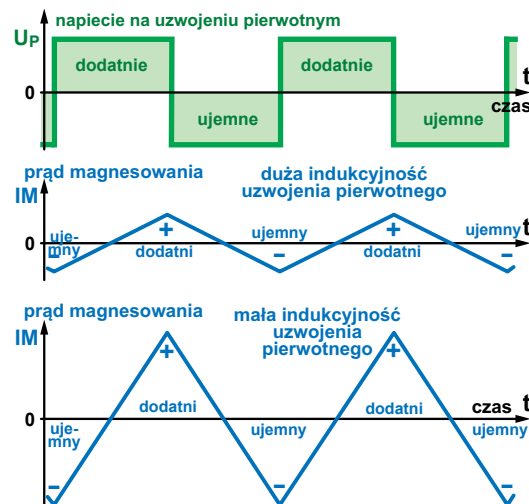


Rysunek 5, a konkretnie dioda D1 przypomina, że w tego rodzaju układzie obowiązkowo trzeba zapewnić możliwość



Rys. 3

transformatora. Idealny transformator miałby nieskończenie wielką indukcyjność uzwojeń, a więc prąd magnesujący narastałby nieskończenie powoli. Składowa magnesująca IM byłaby bliska zeru. Rzeczywiste transformatory mają niezbyt wielką indukcyjność i to ona (wspólnie z napięciem zasilania) wyznacza prędkość zmian prądu magnesującego, oczywiście według zależności $\Delta I/\Delta t = U/L$. **Rysunek 7** pokazuje przykładowe przebiegi prądu magnesującego IM przy dużej i małej indukcyjności uzwojenia pierwotnego transformatora i przy wypełnieniu impulsów 50%.



Rys. 7

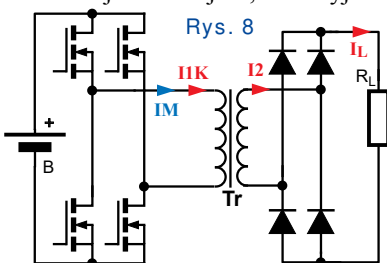
A składowa I1K?

Ona kompensuje prąd wtórny, który finalnie staje się prądem wyjściowym - prądem obciążenia I_L . Wartości prądów I1K i I_2 są związane przekładnią, czyli stosunkiem liczby zwojów. Dla ułatwienia analizy warto zasadę działania omawiać dla przekładni równej jeden, gdy $I1K = I_2$. Z wcześniejszych rozważań pamiętamy, że wzajemnie się kompensujące prądy I1K, I_2 mogą mieć dowolną wartość

i dowolny kształt, bo są w sumie wyznaczone przez obciążenie uzwojenia wtórnego. Składowa pierwotna kompensująca I1K jest więc zawsze taka sama, jak prąd wtórny I_2 . A jaki kształt ma prąd uzwojenia wtórnego I_2 ?

Najprościej jest rozważać prostokątne przebiegi napięcia i prądu. W uproszczonej wersji bez filtra uśredniającego i przy wypełnieniu 50% według **rysunku 8**, prąd obciążenia I_2 , a także prąd I1K, miałyby właśnie kształt impulsów prostokątnych. Przy maksymalnym wypełnieniu (50%) w idealnym przypadku suma wyprostowanych impulsów dodatnich i ujemnych dałaby ciągłą, stałą napięcie i ciągły, stały prąd wyjściowy (obciążenia). Przebieg prądu pierwotnego byłby taki jak na **rysunku 9a**.

Gdy wypełnienie impulsów jest mniejsze, na wyjściu



Rys. 8

i obciążeniu rezystancyjnym z **rysunku 8** otrzymalibyśmy ciąg impulsów prostokątnych, a przebieg prądu wtórnego I_2 mógłby wyglądać jak na **rysunku 9b**.

Problem w tym, że stabilizacja napięcia wyjściowego wymaga zmniejszenia i regulacji wypełnienia impulsów, a na wyjściu i obciążeniu chcemy mieć gładkie napięcie stałe. Dlatego konieczny jest filtr wyjściowy LC, jak na **rysunku 6**, który uśredni (wyprostowane, jedno-

Rys. 9

a) obciążenie rezystancyjne, wypełnienie = 50%



b) obciążenie rezystancyjne, wypełnienie <50%



c) obciążenie filtrem LC, wypełnienie <50%

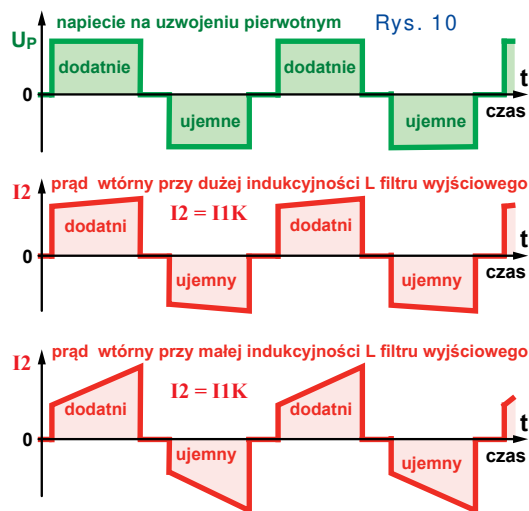


kierunkowe) impulsy napięcia z transformatora.

Łatwo zaakceptować uproszczone przebiegi z **rysunku 9c**. Na uzwojeniu wtórnym występują impulsy prostokątne. Gdy jednak na wejście filtra LC podany zostanie taki prostokątny dodatni impuls napięcia z uzwojenia wtórnego, to na cewkę podane zostanie napięcie, równe różnicy między amplitudą tego dodatniego impulsu wejściowego a napięciem stałym występującym na bardzo dużym kondensatorze wyjściowym C. Cewka zareaguje na to wytworzeniem napięcia samoindukcji i prąd w cewce filtrującej będzie rósł z szybkością ($\Delta I/\Delta t$) wyznaczoną przez wartość tej różnicy napięć i indukcyjności filtra L według fundamentalnej zależności $\Delta I/\Delta t = U/L$. Obecność filtra LC powoduje, że impulsy prądu I_2 na pewno nie są prostokątne. Wygląda, że mają kształt trapezu, jak na **rysunku 9c**.

Natomiast w przerwach, gdy z transformatora nie przychodzi (wyprostowany, dodatni) impuls napięcia, cewka L, która „nie lubi zmian prądu”, podtrzyma przepływ płynącego przez nią prądu w tym samym kierunku (przez diodę D1 w układzie z **rysunku 5** i przez mostek diod z **rysunku 6**). Cewka L wytworzy w przerwach potrzebne do tego napięcie samoindukcji, nierozłącznie związane też z szybkością zmniejszania się prądu w cewce L.

Wygląda na to, że w przerwach prąd uzwojenia wtórnego I_2 nie powinien płynąć. Dokładniejsza analiza za chwilę. Dla nas teraz bardzo ważne jest to, że przy obecności filtra LC prąd uzwojenia wtórnego I_2 na pewno nie jest ciągiem regularnych impulsów prostokątnych. **Rysunek 10** pokazuje dwa przykładowe spodziewane przebiegi prądu I_2 (a tym samym także I1K) przy jakiejś dużej

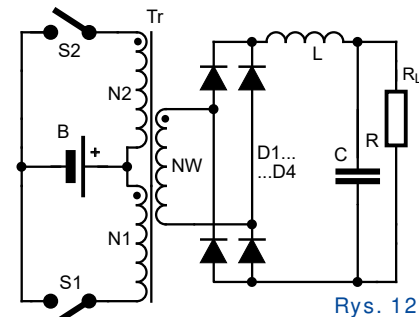
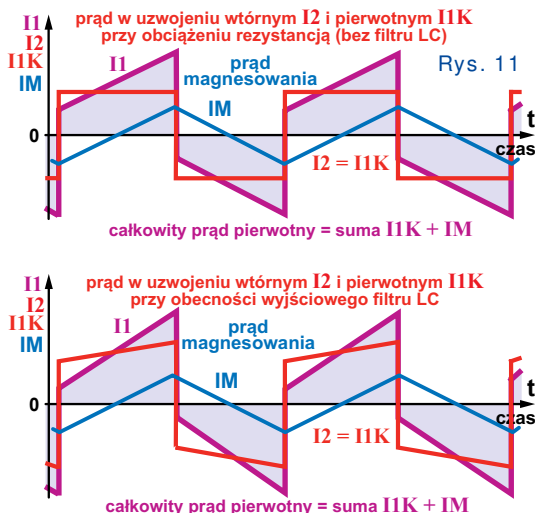


Rys. 10

i małej indukcyjności filtru L . Podkreślimy, że na kondensatorze wyjściowym C o bardzo dużej pojemności mamy gładkie stałe napięcie, co zapewnia stały (ciągły, gładki, niezmienny) prąd obciążenia I_L , natomiast zgodnie z rysunkiem 10 składowa obciążeniowa I_{IK} prądu transformatora ma kształt impulsów prądu o kształcie trapezu o nachyleniu zależnym od indukcyjności filtru L .

Porównaj teraz rysunki 7 oraz 10. Przypominam: omawiamy to, żeby rozwiązać zagadkę kształtu prądu magnesowania przy wypełnieniu mniejszym niż 50%. Na razie widzimy, że w przetwornicy *forward* mamy **dwie oddzielne indukcyjności**: indukcyjność uzwojenia pierwotnego transformatora (ściślej biorąc, indukcyjność magnesowania L_M) oraz indukcyjność cewki L – dławika filtru. **Obie wyznaczają wypadkową szybkość zmian prądu pierwotnego**, co znacząco utrudnia analizę działania i projektowania przetwornicy.

Indukcyjność (magnesowania) uzwojenia pierwotnego L_M decyduje o szybkości narastania prądu magnesującego – składowej I_M , która jak pamiętamy jest „złem koniecznym”. Natomiast indukcyjność L dławika filtru wyjściowego decyduje o prądzie wtórnym transformatora I_2 i kompensującej go składowej I_{IK} prądu pierwotnego. Zilustrowane to jest w bardzo uproszczony sposób na **rysunku 11**. Warto pamiętać o tym „podwójnym wzroście”, bo liczne rysunki spotykane w literaturze są mało dokładne, a takie uproszczenie może wprowadzać w błąd. Warto mieć świadomość, że przy bardzo dużej wartości obu indukcyjności szybkości narastania i opadania obu prądów I_M , I_{IK} byłyby znikome i miałyby postać praktycznie prostokąta, a nie trapezu. Duże indukcyjności L_M i L byłyby pożądane z kilku względów, nie tylko



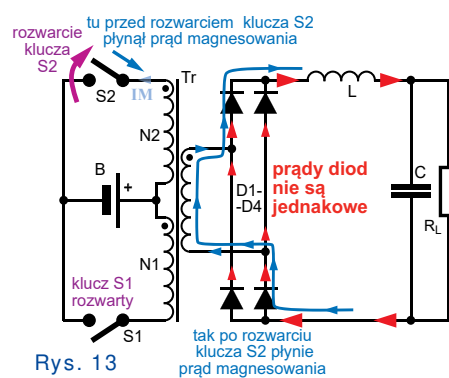
Rys. 12

dla ułatwienia analizy przetwornicy. Jednak w praktyce tak duże indukcyjności wymagałyby ogromnej liczby zwojów, co oznaczałoby też dużą rezystancję drutu i duże straty. W praktyce zadaniem konstruktora jest raczej dobranie możliwie małych indukcyjności. Już tu widać, że jest to dodatkowy kłopot dla konstruktora, który powinien sensownie dobrać obie te indukcyjności. A w grę wchodzi kilka wzajemnie zależnych czynników, w tym częstotliwość. Do tych spraw jeszcze wrócimy.

Aby zbliżyć się do rozwiązania wcześniejszej zagadki dotyczącej prądu magnesującego w przerwach między impulsami, powróćmy do schematu przetwornicy przeciwobnojei (*push-pull*) i **rysunku 12**. Gdy któryś z kluczy $S1$, $S2$ jest zwarty, prąd magnesowania I_M płynie właśnie przez ten klucz. Obecność dwóch połówek uzwojenia pierwotnego nie przeszkadza. Prąd magnesujący może płynąć w jednej z nich albo w drugiej. Ważne jest, że przepływ prądu w którymkolwiek uzwojeniu powoduje wytworzenie pola magnetycznego i magnesowanie rdzenia. A w przerwach między impulsami, gdy oba klucze $S1$, $S2$ są rozwarte?

Na rysunku 12 nie widać możliwości, by płynął jakikolwiek prąd pierwotny. A zgodnie z wcześniejszymi rysunkami i ustaleniami, w przerwach prąd magnesujący powinien utrzymywać swą wartość tuż sprzed rozłączenia klucza.

Jest jednak inna możliwość: prąd magnesowania może popłynąć przez dowolne inne uzwojenie, czego przykład mamy we wszystkich przetwornicach *flyback*, gdzie prąd magnesowania jest jednocześnie „prądem roboczym”. Tak samo może być i w dwukierunkowej przetwornicy *forward*: w przerwach między impulsami, gdy oba klucze są rozwarte, prąd magnesujący może płynąć przez uzwojenie wtórne! Tak! Jak najbardziej możliwe jest, że w chwilach przerw prąd magnesowania rdzenia popłynie przez uzwojenie wtórne!



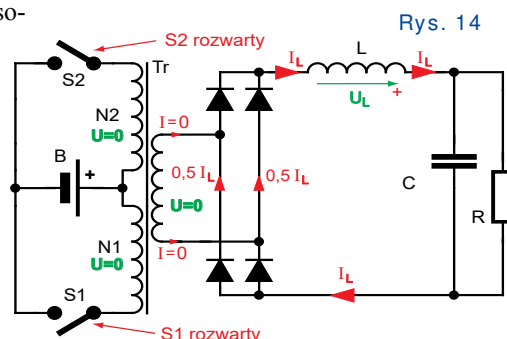
Rys. 13

Wiemy już też, że w przerwach między impulsami nadal musi płynąć prąd cewki filtrującej L i że prąd ten jest, a przynajmniej może być większy od prądu magnesującego. W wersji przetwornicy *push-pull* z pojedynczym uzwojeniem i prostownikiem mostkowym według rysunku 12, przez uzwojenie wtórne popłynie prąd, który spowoduje, że prądy obu gałęzi mostka nie będą jednakowe, jak pokazuje **rysunek 13**. Suma prądów obu gałęzi mostka będzie równa prądowi cewki L , natomiast różnica prądów gałęzi mostka będzie równa prądowi magnesującemu I_M .

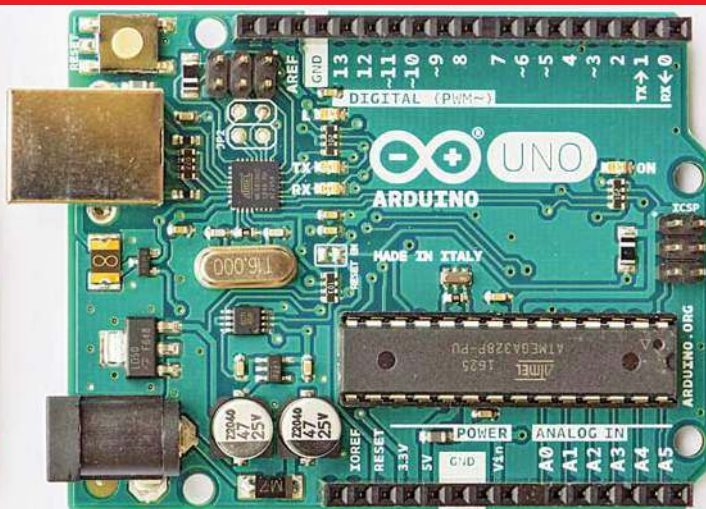
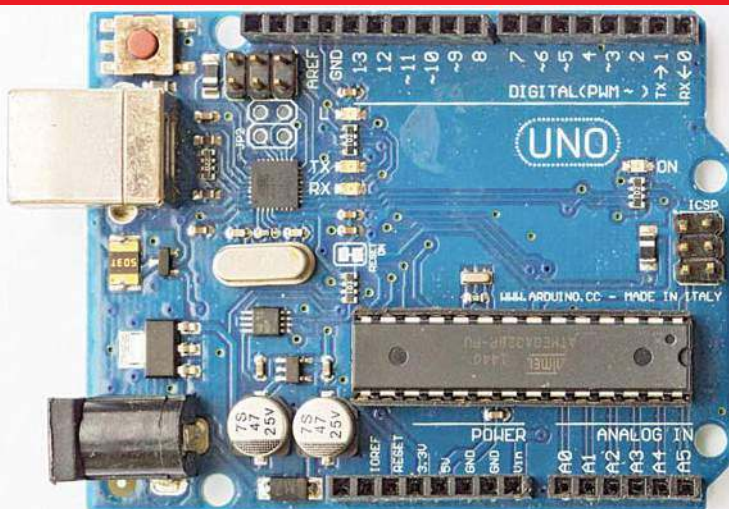
Wróć jeszcze do rysunku 5b, gdzie celowo pozostawiłem też diodę $D1$ – w takiej wersji prąd cewki L płynąłby właśnie przez diodę $D1$, a nie przez mostek i sytuacja byłaby znacząco inna. W praktyce stosowane są oczywiście przetwornice bez diody $D1$, według rysunku 13 i wtedy różnica prądu gałęzi mostka rozwiązuje problem niewielkiego prądu magnesowania w przerwach między impulsami.

Ale często spotykane są też przetwornice z dzielonym uzwojeniem wtórnym i dwiema diodami. Wcześniej, w odcinku lutowym nie wnikając w szczegóły stwierdziliśmy, że w przerwach impulsów w uzwojeniach nie indukują się żadne napięcia. W uzwojeniu wtórnym też nie i że sytuacja wygląda jak na **rysunku 14**. Jest to nadmierne uproszczenie i nie do końca prawda.

Ciąg dalszy na stronie 53



Rys. 14

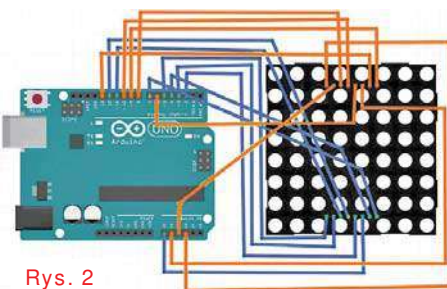
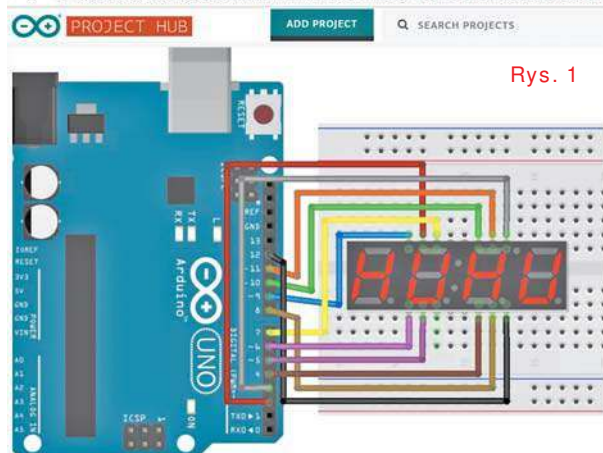


Kurs Arduino odcinek 19

W poprzednich dwóch odcinkach omawialiśmy wykorzystanie łącza RS-485 i standardu MODBUS na przykładzie czujnika wilgotności gleby. Według planów mieliśmy zająć się obsługą graficznego wyświetlacza OLED. Wasze listy na temat wyświetlaczy graficznych i matrycowych spowodowały, że tematem tym zajęliśmy się dokładniej, od podstaw. Dlatego też w odcinku 19 wykorzystamy wyświetlacze, na razie matrycowe, potem także graficzne. I znów boleśnie zderzymy się ze specyfiką Arduino...

Przede wszystkim raz na zawsze trzeba pożegnać się z klasycznymi matrycami LED. Przypomnijmy tylko, że jak najbardziej możliwe jest dołączenie wprost do pinów Arduino zestawu wyświetlaczy 7-segmentowych jak pokazuje **rysunek 1** ze strony: <https://create.arduino.cc/projecthub/Sanwandter1/programming-4-digit-7-segment-led-display-2d33f8> w skrócie: <https://bit.ly/2kzaxXj>.

► <https://create.arduino.cc/projecthub/Sanwandter1/programming-4-digit-7-segment-led-display-2d33f8>



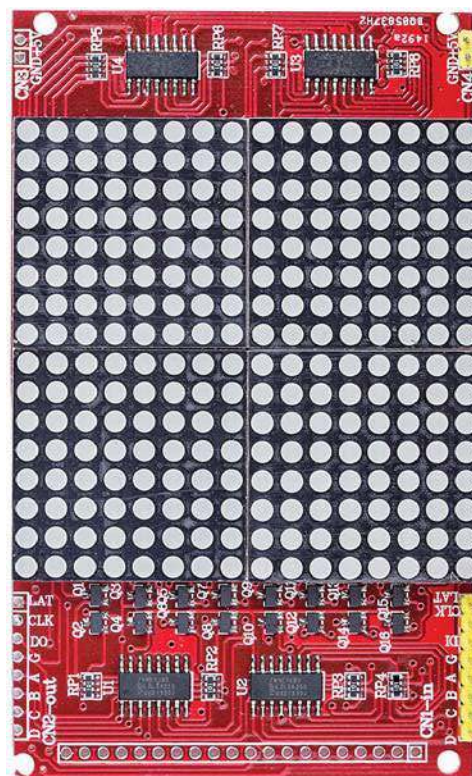
Rys. 2

Można też dołączyć wprost matrycę jednakowych punktów LED, jak na mocno nieestetycznym **rysunku 2** ze strony:

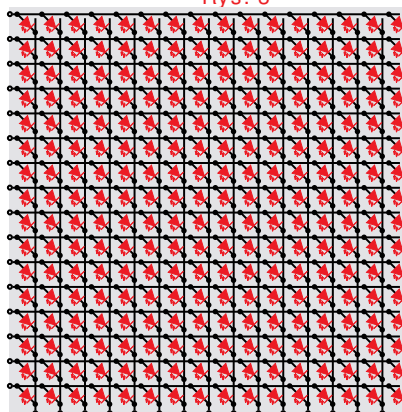
<https://www.instructables.com/id/8x8-LED-Matrix-Using-Arduino/> w skrócie: <https://bit.ly/2k4PUC0>.

Kto chce, może na podanych stronach sprawdzić, jak realizowana jest obsługa wyświetlaczy. Jednak takie sposoby są absolutnie przestarzałe i niegodne uwagi. Choćby tylko dlatego, że aby dołączyć matrycę 16×16 z **rysunku 3**, potrzebne byłyby 32 piny, a Arduino UNO ma ich tylko kilkanaście.

Zapominamy więc o bezpośrednim dołączaniu matrycy do pinów procesora.

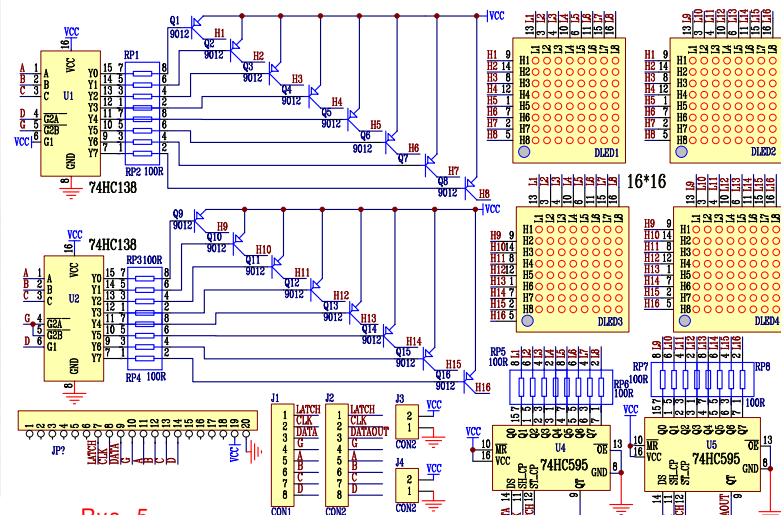


Rys. 3



Innych, lepszych **rys. 4** sposobów, jest wiele.

Jeden z nich, bodaj najprostszy, to wykorzystanie rejestrów przesuwających szeregowo-równoległych oraz dekodery. Przykładem wykorzystania rejestrów i dekodery jest pokazany na **fotografii 4** moduł matrycy 16×16, czyli zawierający 256 punktów świetlnych. Jak pokazuje schemat widocz-



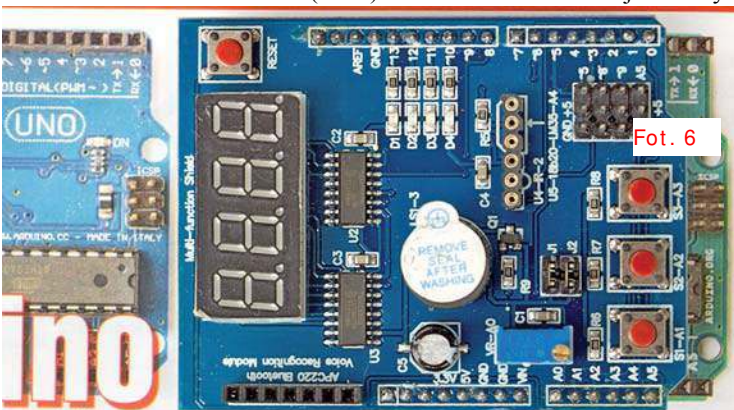
Rys. 5

ny na **rysunku 5**, zawiera on dwa dekodery 74HC138 i dwa rejestry przesuwne 74HC595. Te moduły z kilku powodów są jednak mało popularne.

Do współpracy z Arduino UNO i płytami pokrewnymi może być wykorzystany sztyl z **fotografii 6**, nazywany Multi-function Shield (MSF).

Pożyteczny może się też okazać moduł, zawierający układ scalony TM1638, produkcyj Titan Micro Electronics. Procesor obsługuje ten układ za pomocą trzyżyłowego interfejsu (odmiana SPI). W wersji maksymalnej ta 28-nóżkowa kostka może

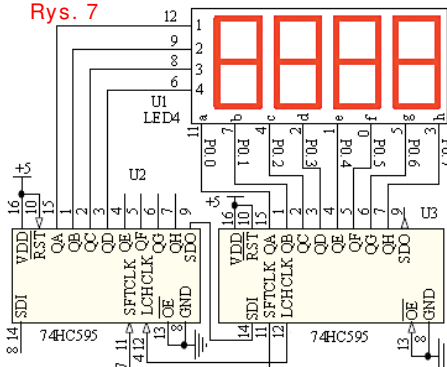
wysterować 80 diod LED (np 10 wyświetlaczy 7-segmentowych) i kontrolować stan nawet 24 przycisków (**rysunek 8**). Na rynku dostępnych jest kilka rodzajów płytek z tą



Fot. 6

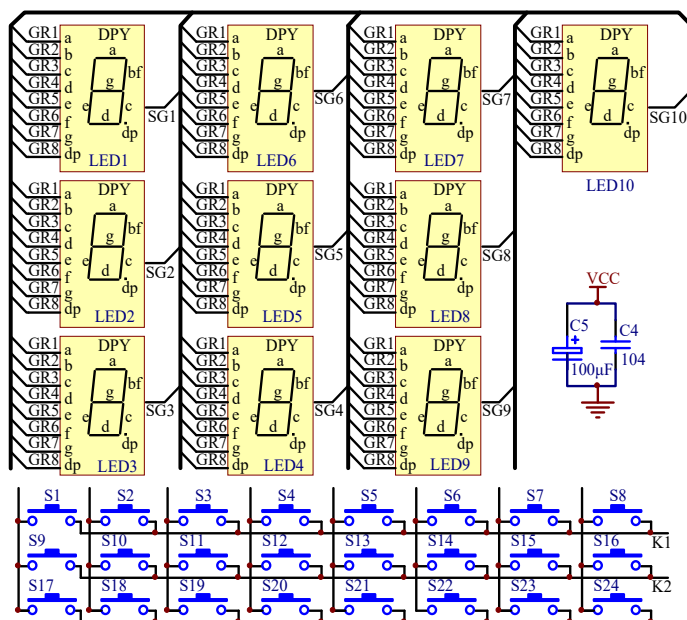
Zawiera on szereg pożytecznych obwodów, a czterocyfrowy wyświetlacz jest sterowany za pośrednictwem dwóch rejestrów 74HC595 według **rysunku 7**. Zainteresowani bibliotekę dla MSF znajdą pod adresem: <https://github.com/DireCat/MFShield>, a inne szczególności odszukają wpisując w wyszukiwarce właśnie: *multi-function shield*.

Rys. 7

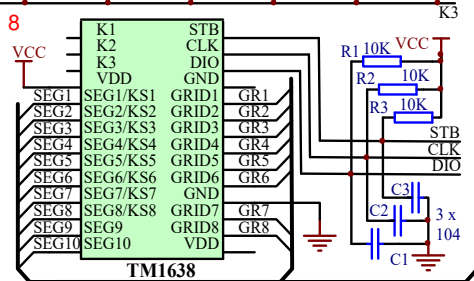


kostką, między innymi popularny i pożyteczny moduł, pokazany na **fotografii 9**. Najpopularniejsza biblioteka dla TM1638 dostępna jest pod adresem: <https://github.com/rjbatista/tm1638-library>.

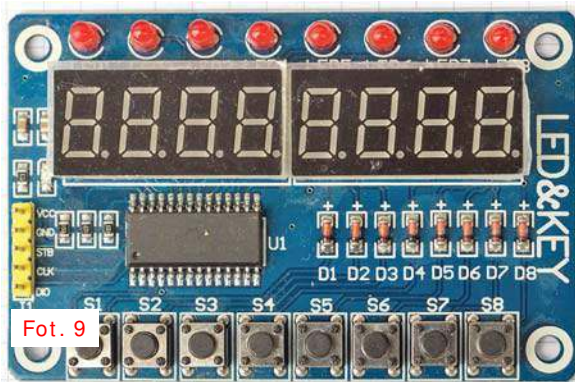
Nas jednak najbardziej interesują moduły wyświetlaczy LED z kostką **MAX7219**. Ten układ scalony przewidziany jest zarówno do sterowania wyświetlaczami matrycowymi jak i 7-segmentowymi (**rysunek 10**) – wtedy można wykorzystać wbudowany obwód dekodowania liczb dwójkowych 0...9 na kod wyświetlacza 7-segmentowego. W tej samej konfiguracji przeznaczony jest też do sterowania wyświetlaczami matrycowymi 8×8 i wtedy bity poszczególnych bajtów zaświecają i gaszą poszczególne diody w matrycy.



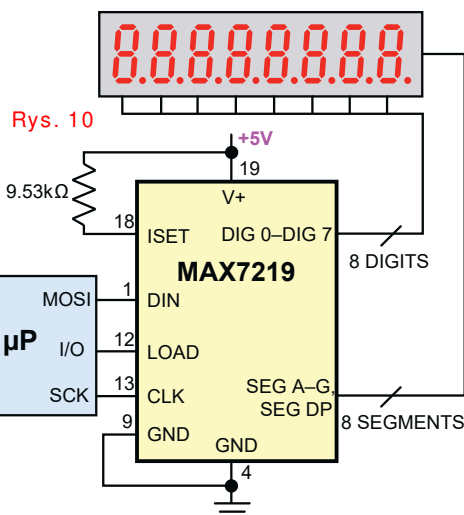
Rys. 8



Fot. 9



Rys. 10



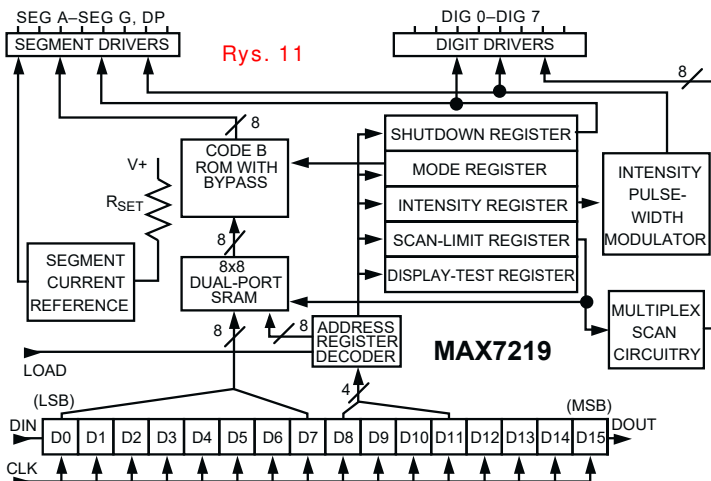
Jak pokazuje **rysunek 11** kostka ma też szereg rejestrów konfiguracyjnych i pamięć 8x8 bitów. Procesor przysyła szeregowo do rejestru wejściowego 16 bitów. Co ciekawe, bity D12...D15 nie są wykorzystywane.

Cztery bity D8...D11, czyli jedna liczba szesnastkowa określają (**tabela 1**) jak mają być interpretowane bity D0...D7. Czy jest to treść do wyświetlenia, czy też rozkaz konfiguracyjny.

Tabela 1

REGISTER	ADDRESS					HEX CODE
	D15-D12	D11	D10	D9	D8	
No-Op	X	0	0	0	0	0xX0
Digit 0	X	0	0	0	1	0xX1
Digit 1	X	0	0	1	0	0xX2
Digit 2	X	0	0	1	1	0xX3
Digit 3	X	0	1	0	0	0xX4
Digit 4	X	0	1	0	1	0xX5
Digit 5	X	0	1	1	0	0xX6
Digit 6	X	0	1	1	1	0xX7
Digit 7	X	1	0	0	0	0xX8
Decode Mode	X	1	0	0	1	0xX9
Intensity	X	1	0	1	0	0xXA
Scan Limit	X	1	0	1	1	0xXB
Shutdown	X	1	1	0	0	0xXC
Display Test	X	1	1	1	1	0xFF

Jasność diod po pierwsze wyznacza dołączony z zewnątrz rezystor, ale co bardzo ważne, możliwa jest też programowa zmiana jasności (Intensity – rozkaz 0xXA), a także wyłączenie kostki wszystkich diod i przejście do stanu LowPower (Shutdown, rozkaz 0xXC) oraz ich zaświecenie (Display Test, rozkaz 0xFF). Jeden z rozkazów i rejestrów (Scan Limit, rozkaz 0xXB) określa, ile wyświetlaczy 7-segmentowych (cyfr) ma być czynnych. Co ważne kostki te można łączyć kaskadowo, szeregowo, co umożliwia wyjście DOUT. Wtedy procesor szeregowo przysyła jeden długi ciąg danych dla kilku wyświetlaczy, a potem stan aktywny linii LOAD powoduje ich wykorzystanie.



Rys. 11

pokazują, jak na takich wyświetlaczach wyświetlić napis „Arduino”, jak pokazuje **fotografia 13** ze strony:

<https://wayoda.github.io/LedControl/pages/software>

w skrócie: <https://bit.ly/2kzKiA1>



Fot. 13

Dla elektronika wyświetlanie napisu na wyświetlaczu 7-segmentowym, najdelikatniej mówiąc, nie jest zachęcającym przykładem. A wyświetlanie liczb za pomocą tej skądinąd popularnej biblioteki wcale nie jest takie proste. Oto przykłady:

<https://cyaninfinite.com/8-digit-7-segment-serial-display/>

w skrócie: <https://bit.ly/2m7GQwZ>

<https://blog.circuits4you.com/2016/04/arduino-display-module-7-segment-8.html>

w skrócie: <https://bit.ly/2kqgUMI>

Warto wejść na te strony i przeanalizować zamieszczone tam szkice. Można też poszukać jeszcze innych rozwiązań, wpisując w wyszukiwarce: **MAX7219 Arduino 7 segment**

Proponowane w Sieci rozwiązania nie zachęcają do korzystania z biblioteki **LedControl**. Ale poszukiwania mogą doprowadzić do innych bibliotek.

Na razie pominiemy bibliotekę **Max72xxPanel**, która nie oferuje obsługi wyświetlaczy 7-segmentowych. Zagłębiamy natomiast na stronę **Hobby Components Ltd**, brytyjskiego sprzedawcy modułów:

<https://hobbycomponents.com/displays/597-max7219-8-digit-seven-segment-display-module>

w skrócie: <https://bit.ly/2kqhkJt>

Oprócz modułów firma opracowała i udostępniła bibliotekę **HCMAX7219**: <https://github.com/HobbyComponents/HCMAX7219> w skrócie: <https://bit.ly/2IGHBgA>

Biblioteka ta obsługuje zarówno moduły z wyświetlaczami 7-segmentowymi, jak i matrycowymi. Dalsze informacje o modułach i objaśnienia można znaleźć na stronie:

<https://blog.hobbycomponents.com/?p=325>

a o bibliotece **HCMAX7219** na stronach: <https://blog.hobbycomponents.com/?p=334>

<https://forum.hobbycomponents.com/viewtopic.php?f=58&t=1794>

Zasady obsługi kostki MAX7219 nie są skomplikowane i w Internecie można znaleźć wiele przykładów wykorzystania bez użycia bibliotek. Oto trzy tego rodzaju przykłady:

http://www.electrooobs.com/eng_arduino_tut54.php

w skrócie: <https://bit.ly/2k6K3Mv>

www.whatimade.today/programming-an-8-digit-7-segment-display-the-easy-way-using-a-max7219/

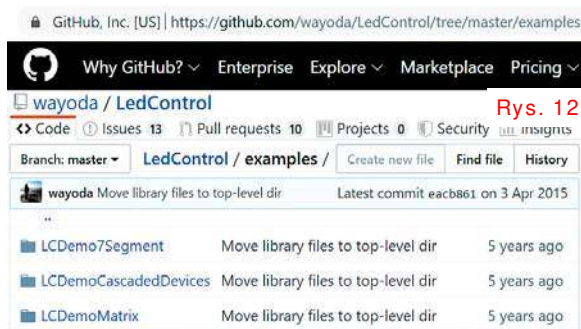
w skrócie: <https://bit.ly/2kq9dGk>

<https://docs.labs.mediatek.com/resource/linkit7697-arduino/en/tutorial/driving-7-segment-displays-with-max7219>

w skrócie: <https://bit.ly/2m7xOjz>

Ale oczywiście dostępne są też biblioteki. Nie wszystkie są jednakowo użyteczne. Zasłużony też dla społeczności Arduino Nick Gammon szereg lat temu zrealizował prostą bibliotekę: <https://github.com/nickgammon/MAX7219>

Jednak najbardziej znana jest biblioteka **LedControl**, obsługująca MAX7219 zarówno do sterowania wyświetlaczy 7-segmentowych, jak i matryc. Wszystko byłoby dobrze, tylko przykładowe szkice i dla wyświetlacza 7-segmentowego i matrycowego (**rysunek 12**) ze strony: <https://github.com/wayoda/LedControl/tree/master/examples> w skrócie: <https://bit.ly/2kvaZi>

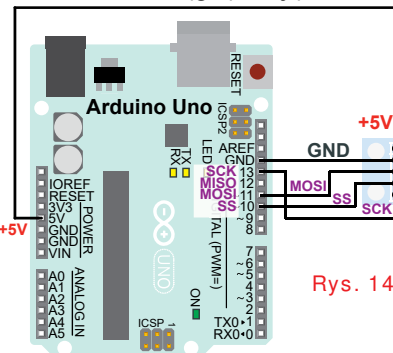


Rys. 12

Bardzo zachęcający jest fakt, że oprócz elementarnych funkcji „sprzętowych”, są też dostępne bardziej zaawansowane funkcje biblioteczne, między innymi wyświetlanie napisów oraz liczb. Wyświetlane mogą być liczby całkowite (także ujemne), opcjonalnie całkowite z dodanym punktem dziesiętnym (przecinkiem), a jak wskazują opisy na podanych stronach, na wyświetlaczu 7-segmentowym można też wyświetlić liczby zmiennoprzecinkowe (*float*).

Zachęceni takimi możliwościami za pomocą pięciu przewodów dołączyłem stosowny moduł do sprzętowego łącza SPI płytki Arduino według rysunku 14. Planowałem dodanie kondensatora elektrolitycznego w obwodzie zasilania, ale testy pokazały, że nie jest konieczny.

Trochę się zdziwiłem, iż biblioteki MCMAX7219 nie można zainstalować przez Menedżera bibliotek. Jednak błyskawicznie ściągnąłem ją z Github-a:



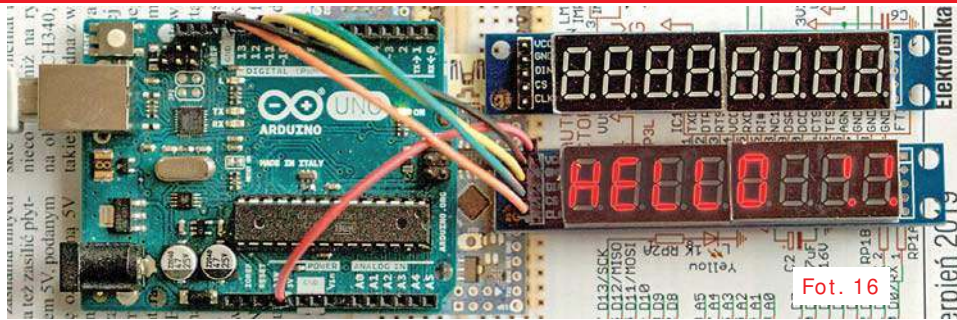
Rys. 14

<https://github.com/HobbyComponents/HCMAX7219>

i zainstalowałem „ręcznie”, rozpakowując pliki do bibliotecznego katalogu: `.../Dokumenty/Arduino/libraries/` i dbając, żeby po rozpakowaniu nie zostały umieszczone „zbyt głęboko”.

Po podłączeniu zasilania zaświeciły wszystkie segmenty. Po otwarciu przykładowego szkicu *HCMODU0082_Serial_7_Segment_Module_Example1.ino* (rysunek 15) program dał się bez problemu skompilować i załadować do płytki Arduino.

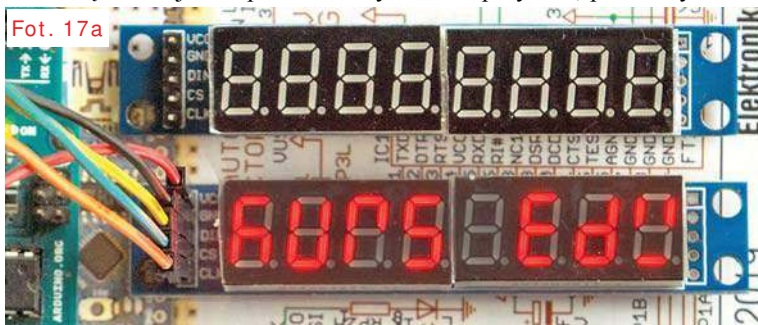
Byłem przyjemnie zaskoczony, bowiem jak na razie „wszystko poszło jak po maśle”. Ale tylko na początku...



Fot. 16

Po skompilowaniu i załadowaniu szkicu zestaw wyglądał jak na fotografii 16.

Wyświetlanie napisów na takim wyświetlaczu nie ma większego sensu, o czym przekonuje fotografia 17a, pokazująca pseudonapis: *Kurs EdW*. Jak widać niektóre litery są czytelne, ale większość jest zupełnie nieczytelna.



Fot. 17a

Moduł MAX7219

Opinię o beznadziejnym wyglądzie tekstu potwierdza drugi przykładowy szkic z pliku *HCMODU0082_Serial_7_Segment_Module_Example2.ino*, gdzie naprawdę trudno rozszyfrować, że pięciokrotnie przewijany ma być napis: *HCMAX7219 SCROLLING TEXT DEMO*. Fotografia 17b pokazuje fragment tego „napisu”, a zaświecone segmenty mają teoretycznie tworzyć litery *tEXt dE*.

Niemniej w tym drugim szkicu są godne uwagi przykłady wyświetlania liczb. I to nie tylko liczb

całkowitych (ze znakiem) typu *long*, ale też liczb całkowitych z arbitralnie zaświeconym punktem dziesiętnym (przecinkiem). Ten przykładowy szkic, nieco spolonizowany, dostępny jest w Elporale jako plik *A1901.ino*.

W Elporale dostępny jest też drugi przykład, pokazany w szkicu 1.

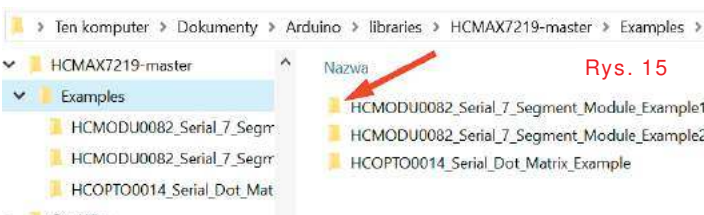
Problem w tym, że szkic, z a r ó w n o oryginalny jak i A1901.ino, działa, ale niestety nie ma tam przykładu wyświetlania liczb

Szkic 1

```
#include <HCMA7219.h>
#include "SPI.h"
#define LOAD 10
HCMA7219 HCMA7219(LOAD); //obiekt

//void setup() { } // wersja 0.2 nie ma inicjalizacji obiektu
// w wersji 0.5 - konieczna jest inicjalizacja obiektu:
void setup() {HCMA7219.Init();}

void loop() {
  float Liczba = 3.1415926; //deklaracja i inicjalizacja
  byte Pozycja; //pozycja początku napisu lub punktu dziesiętnego
  // wyświetlimy liczby, najpierw zmiennoprzecinkową typu float
  HCMA7219.Clear(); //wyczyść bufor danych w kostce MAX7219
  HCMA7219.print7Seg(Liczba, 7, 8, 8); //załaduj liczbę
  HCMA7219.Refresh(); delay(4000); //wyswietl i czekaj 2s
  // liczba całkowita ujemna
  HCMA7219.Clear(); //wyczyść bufor danych w kostce MAX7219
  HCMA7219.print7Seg("INTEGER ", 8); //najpierw załaduj napis
  HCMA7219.Refresh(); delay(2000); //wyswietl i czekaj 2s
  // liczba całkowita ujemna
  HCMA7219.Clear(); //wyczyść bufor danych w kostce MAX7219
  HCMA7219.print7Seg("-2345678", 8); //załaduj liczbę do bufora
  HCMA7219.Refresh(); delay(2000); //wyswietl i czekaj 2s
  //teraz liczba z arbitralnie wyświetlanym punktem dziesiętnym
  HCMA7219.Clear(); //wyczyść bufor danych w kostce MAX7219
  HCMA7219.print7Seg("PUNKT D.", 8); //najpierw załaduj napis
  HCMA7219.Refresh(); delay(2000); //wyswietl i czekaj 2s
  // a teraz punkt dziesiętny na różnych pozycjach:
  HCMA7219.Clear(); //wyczyść bufor danych w kostce MAX7219
  for (Pozycja = 1; Pozycja <= 7; Pozycja++)
  { HCMA7219.print7Seg("-3456789", Pozycja, 8);
    HCMA7219.Refresh(); delay(1000); //wyswietl i czekaj
  }
}
```



Rys. 15



Fot. 17b

zmiennoprzecinkowej typu *float*. A nas bardzo interesuje właśnie wyświetlanie takich liczb, które są wynikiem pomiarów albo obliczeń. Dodałem stosowny fragment kodu, usuwając przewijanie napisu. Wykorzystujemy tu metodę *.print7seg()*, do której zgodnie ze wskazówkami producenta mamy przekazać cztery argumenty: liczbę typu *float* do wyświetlenia, liczbę cyfr po przecinku, liczbę wykorzystywanych cyfr-znaków wyświetlacza i pozycję początku wyświetlania, czyli na przykład:

```
HCMAX7219.print7Seg(Liczba, 7, 8, 8);
```

Niestety, próba kompilacji daje komunikat, że potrzebnej funkcji-metody... nie ma – **rysunek 18**.

W zainstalowanej bibliotece w pliku nagłówkowym *HCMAX7219.h* rzeczywiście nie było stosownej metody – **rysunek 19**. Straciłem trochę czasu, żeby ustalić przyczynę. I wyjaśniło się dlaczego tej biblioteki nie można znaleźć przez Menedżera bibliotek ArduinoIDE. Otóż w Github-e zamieszczona jest wersja 0.2 z roku 2015, a w chwili pisania artykułu jest już wersja 0.5 z roku 2018. Jest, ale można ją ściągnąć tylko ze strony <https://forum.hobbycomponents.com/viewtopic.php?f=58&t=1794> dopiero po zarejestrowaniu i zalogowaniu!

I rzeczywiście w tej wersji dodane jest wygodne wyświetlanie liczb zmiennoprzecinkowych, jak pokazuje **rysunek 20**. Ściągnąłem i zainstutowałem nową wersję biblioteki i skasowałem starą, która ma inną nazwę. Program zadziałał!

Podsumujmy tę część ćwiczeń. Otóż aktualnie wyświetlacze 7-segmentowe stopniowo tracą znaczenie. Jednak nadal je stosujemy. Gdy potrzebne są takie wyświetlacze, nie warto dołączać ich wprost do pinów procesora/Arduino. Zabiera to wiele pinów, potrzebnych jest wiele linii/szkieł/przewodów. Dużo lepsze jest wykorzystanie modułów ze sterownikiem MAX7219. Aby obsługa była lekka, łatwa i przyjemna, trzeba wykorzystać sensowną bibliotekę. Dlatego proponuję, żebyś samodzielnie przeprowadził eksperymenty i zmodyfikował podane przykłady z plików *A1901.ino*, *A1902.ino*. Przekonaj się, że wykorzystanie modułu z kostką MAX7219 i biblioteki *HCMAX7219* do wyświetlania liczb jest naprawdę dobrym pomysłem!

Tak, ale TYLKO do przy użyciu wyświetlaczy 7-segmentowych. A my oczywiście dążymy do wyświetlaczy

A1902 Rys. 18

```
void loop() {
    float Liczba = 3.1415926; //deklaracja i inicjalizacja
    byte Pozycja; //pozycja początku napisu lub punktu dziesiętnego
    // wyświetlimy liczby, najpierw zmiennoprzecinkową typu float
    HCMAX7219.Clear(); //wyczyść bufor danych w kostce MAX7219
    HCMAX7219.print7Seg(Liczba, 7, 8, 8); //załaduj liczbę
    HCMAX7219.Refresh(); delay(2000); //wyświetl i czekaj 2s
    // liczba całkowita ujemna
    HCMAX7219.Clear(); //wyczyść bufor danych w kostce MAX7219
    HCMAX7219.print7Seg("INTEGER ", 8); //najpierw załaduj napis
```

no matching function for call to 'HCMAX7219::print7Seg(float&, int, int, int)'
Kopijuj opis błędów
no matching function for call to 'HCMAX7219::print7Seg(float&, int, i

Rys. 19

```
void Refresh(void);
#ifdef SEVENSEGMENT
void print7Seg(char TextString[], unsigned int Offset);
void print7Seg(long number, unsigned int Offset);
void print7Seg(long number, byte decimalPlace, unsigned int Offset);
#endif
#ifdef DOTMATRIX
void printMatrix(char TextString[], unsigned int Offset);
void printMatrix(long number, byte decimalPlace, unsigned int Offset);
#endif
```

Rys. 20

```
void Refresh(void);
#ifdef SEVENSEGMENT
void print7Seg(const char* TextString, unsigned int Offset);
void print7Seg(float Value, uint8_t DP, uint8_t Digits, unsigned int Offset);
void print7Seg(long number, unsigned int Offset);
void print7Seg(long number, byte decimalPlace, unsigned int Offset);
#endif
#ifdef DOTMATRIX
void printMatrix(const char* TextString, unsigned int Offset);
void printMatrix(long number, byte decimalPlace, unsigned int Offset);
```

graficznych i bardzo nas interesuje sterowanie wyświetlaczy matrycowych LED. Niestety, choć biblioteka *HCMAX7219* obsługuje takie matryce, nie zawsze efekt będzie zadowalający.

Tak jak w moim przypadku. Otóż zakupiłem swego czasu chiński moduł zawierający zestaw czterech kostek MAX7219 i czterech wyświetlaczy matrycowych 8x8. **Fotografia 21** pokazuje szczegóły jego budowy. Zmiana wyświetlacza była dziecinnie prosta, bo podłączenie jest identyczne jak na rysunku 14. Skompilowałem i załadowałem trzeci z dostarczonych przykładów (rysunek 15).

I znów pojawił się typowy niesympatyczny smaczek Arduino.

Po pierwsze biblioteka w starej wer-

sji 0,2 nie wymaga inicjalizacji obiektu wyświetlacza, a wersja 0.5 wymaga inicjalizacji za pomocą metody *.Init()*, a nie *.begin()*:

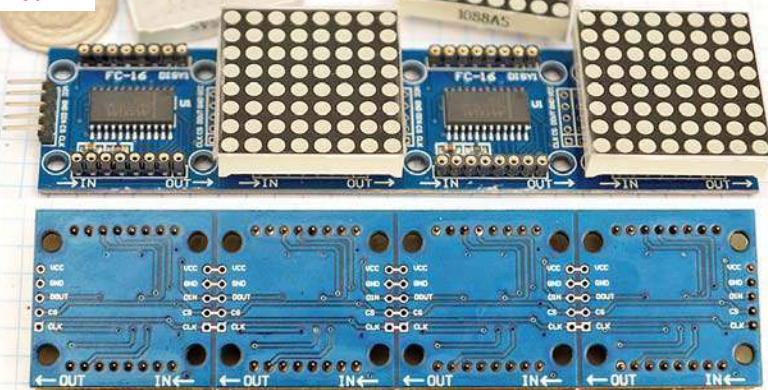
```
void setup() {HCMAX7219.Init();}
```

Po drugie wykorzystując zestaw czterech kostek MAX7219 połączonych poniekąd szeregowo, trzeba zaingerować w plik biblioteczny *HCMAX7219.h*, a konkretnie w linii:

```
#define NUMOFDRIVERS 1
```

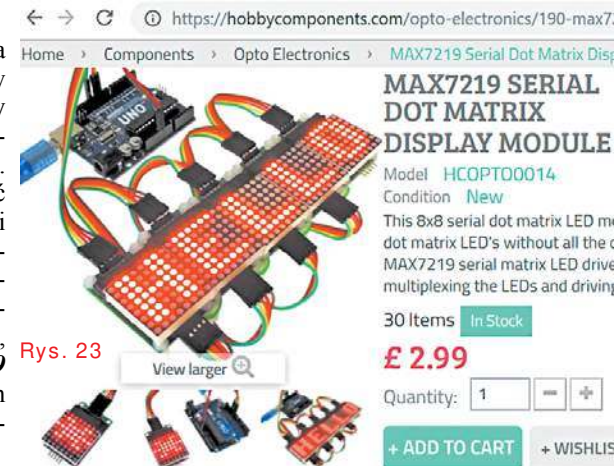
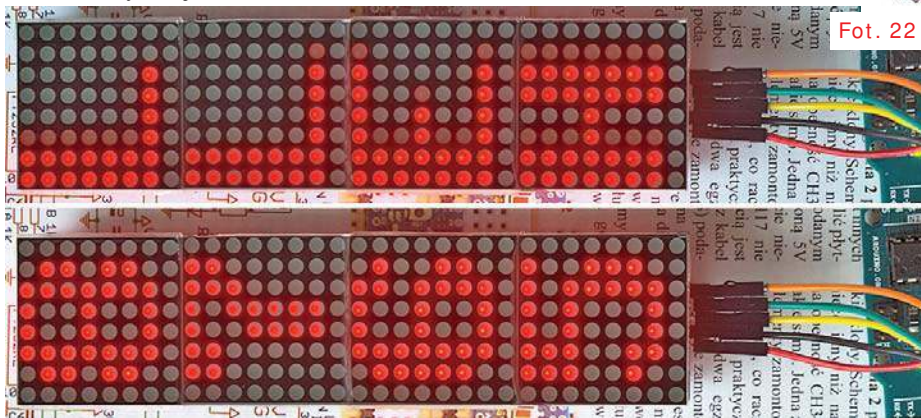
zmienić liczbę drajwerów MAX7219 i zamiast jedynki wstawić czwórkę. A swoją drogą, pouczające jest skom-

Fot. 21



piłowanie i uruchomienie programu przed taką zmianą – wtedy na każdym z czterech wyświetlaczy pokazywana jest ta sama treść.

Po trzecie, po ingerencji w plik biblioteczny i skompilowaniu zawartego w bibliotece trzeciego przykładu, program zadziałał, ale obraz na wyświetlaczu był inny niż spodziewany. Zasadniczo przewijanie działało, ale nie we właściwą stronę i cztery kawałki obrazu były niejako obrócone o 90 stopni – przykład na **fotografii 22**. Znow straciłem sporo czasu na wyjaśnienie sytuacji.



Rys. 23

Fot. 22

Okazało się, że biblioteka przewidziana jest dla modułów sprzedawanych przez Hobby Components i na nich daje prawidłowy obraz – **rysunek 23**. Ja musiałbym albo przeciąć mój moduł na cztery kawałki i przekrócić każdy o 90 stopni, albo zmienić coś w programie. Demolować zgrabnego wyświetlacza nie chciałem, a biblioteka **HCMAX7219** przewidziana do konkretnych modułów w sumie jest stosun-

kowo prosta i nie przewidziano w niej możliwości obracania obrazu.

Możliwości takie mają inne, bardziej zaawansowane biblioteki.

Podsumowując, biblioteka **HCMAX7219**, najlepiej w nowej wersji 0,5 jak najbardziej może przydać się do obsługi wyświetlaczy 7-segmentowych, natomiast raczej nie przyda się dla wyświetlaczy matrycowych. A tego rodzaju wyświetlaczami będziemy zajmować się w następnych odcinkach naszego kursu.

Piotr Górecki

Ciąg dalszy ze strony 47

Otóż problem małego prądu magnesyjnego IM w przerwach impulsów rozwiązuje fakt, iż **prądy obu połówek uzwojenia wtórnego nie będą jednakowe**. Jest to zilustrowane na **rysunku 15**. Wcześniej mówiliśmy, że przy rozwarciu obu kluczy w uzwojeniach nie indukują się żadne napięcia, ale cewka filtrująca L_F „wyciąga prąd” i powoduje, że przez obie połowki symetrycznego uzwojenia wtórnego płyną dwa **jednakowe** prądy, których wpływ się kompensuje i znosi, a których suma jest prądem cewki L_F . To zasadniczo prawda, jednak teraz okazuje się, że **prądy połówek uzwojenia wtórnego nie będą równe, a ich różnica będzie**

właśnie prądem magnesującym transformatora w chwilach przerw.

Wyjaśnienie jest, ale czy jest przekonujące? Jakże zjawisko powoduje zróżnicowanie wartości prądów mostka (rysunek 13) albo połówek uzwojenia wtórnego (rysunek 15)? Skąd prąd wie, że ma płynąć „nierówno”?

Prąd nie musi niczego wiedzieć. Nie ma tu żadnej magii, a wszystko znow wynika z prostych fundamentalnych zależności. Jeszcze do tego wrócimy, a na razie powiedzmy tylko, że aby odpowiednio zróżnicować prądy w chwilach, gdy oba klucze wejściowe są rozwarte, w uzwojeniu wtórnym (i na połówkach uzwojenia pierwotnego, co jednak nie ma żadnego praktycznego znaczenia) muszą się zaindukować jakieś znikome napięcia. I te małe napięcia spowodują zróżnicowanie prądów według rysunków 13, 15. Oczywiście powstanie tych małych napięć musi wiązać się z jakąś niewielką zmianą namagnesowania rdzenia i zmianą prądu magnesowania ($U = L \cdot \Delta I / \Delta t$) co z pewną przesadą jest zilustrowane na **rysunku 16a**.



Rys. 16

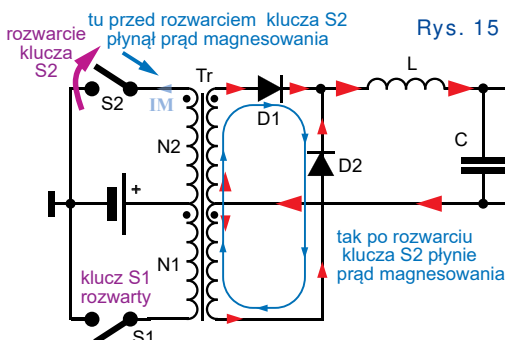
Jednak te napięcia i zmiany prądu są znikome, więc w uproszczonych analizach przyjmujemy, że napięcia są równe zeru, a prąd magnesujący jest niezmienny – dlatego powszechnie spotykamy przebiegi jak na **rysunku 16b**.

Cieszymy się, że wyjaśniła się wcześniejsza zagadka prądu magnesowania w przerwach impulsów i związane z nią pozorne sprzeczności!

Jak najbardziej, ale czy wyjaśniła się do końca?

Niestety nie do końca! Dlatego musimy się jeszcze dokładniej przyjrzeć magnesowaniu rdzenia i innym szczegółom. Zrobimy to w następnym odcinku.

Piotr Górecki



Rys. 15

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 (*szkola*, a nie *szkoła*), 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 *Pocztą* 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: *Szko284Kowalski*, *Policz284Zielinski*, *NieGra284Malinowski*, *Jak10Krzyzanowski*. 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 pocztą.

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 nadesłesz 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.*



Zadanie główne 284

Podstawą zadania jest list, jaki kilka miesięcy temu przysłał **Andrzej Fryźlewicz** z Odrowąża. Przedstawił on kilka propozycji, a początek listu brzmi tak: *Dzień dobry!*

Przesyłam propozycje zadań:

1. *W czasach gdy technologia nie zawsze idzie w parze z jakością, może Czytelnicy przedstawiliby swoje układy elektroniczne które zrobili w latach 80. lub 90. a które działają po dziś dzień. Byłaby to lekcja dla młodych, jak się robiło elektronikę dawniej.*

2. *Prawie każdy ma dziś (...)*

Intencją Autora propozycji jest zwrócenie uwagi na jakość konstrukcji realizowanych przez hobbystów.

I bardzo słusznie!

Dziś elektroniką próbują się zajmować osoby bez żadnego przygotowania technicznego z dziedziny elektroniki czy mechaniki. Duży wpływ na taki stan rzeczy ma upowszechnianie się skądinąd bardzo pożytecznego systemu Arduino. Platforma ta z założenia przeznaczona jest dla: *hobbystów, studentów, dizajnerów i artystów*, a więc osób, które z elektroniką nie mają nic wspólnego i swoje systemy montują bez lutowania, za pomocą połączeń stykowych i z użyciem płytek stykowych. Młodzi adepci koncentrują się na programie i cieszą się, że układ zadziałał. W Internecie każdy może opublikować i wielu bezkrytycznie (żeby nie powiedzieć bezwstydnie)

przedstawia swoje pajęczyny Arduino, nie tyle zbudowane, co raczej niedbale i rozwlekłe sklecone na płytkach stykowych. Takie amatorskie realizacje jak najbardziej słusznie budzą głęboką odrazę prawdziwych elektroników, i to z kilku uzasadnionych powodów. Jednak w Internecie widać coraz więcej złych przykładów, a to sprawia wrażenie, że takie sposoby realizacji są normalne, akceptowalne, a nawet dobre...

Uwaga!

Każdy Autor, nadsyłając rozwiązanie zadania głównego, może dołączyć też swoją fotografię (portret). Fotografia zostanie opublikowana w artykule, omawiającym nadesłane rozwiązania.

Niewątpliwie jest problem z Arduino. Ale nie tylko. Nie wszystkie dawne konstrukcje są godne naśladowania. Jedną sprawą to przestarzałe podzespoły. Dziś mamy zupełnie inne podejście i nieporównanie szersze możliwości, niemniej zawsze i wciąż jak najbardziej aktualny jest problem wspomnianej jakości, na co składa się estetyka, solidność, niezawodność

Niech więc to zadanie Szkoły będzie kolejną zachętą do porządnego, starannego i estetycznego budowania układów elektronicznych.

Pomysłodawca chciał skupić się na szeroko pojętej jakości. I **zwrócenie uwagi na jakość niech będzie głównym wątkiem i celem zadania 284.**

Jednak ja ze swej strony muszę rozszerzyć tematykę. W oryginalnej postaci zadanie byłoby skierowane tylko do starszych wiekiem elektroników, którzy wiele lat temu budowali układy elektroniczne z użyciem dostępnych wówczas podzespołów. Ale trzeba dać możliwość udziału także młodszemu, którzy dopiero zaczynają swoją przygodę z elektroniką.

Dlatego temat zadania 284 brzmi:

Przedstaw jeden ze swoich wcześniejszych układów elektronicznych albo zaproponuj układ, który chciałbyś zrealizować.

Rozszerzony zakres zadania 284 obejmuje też wszelkie układy elektroniczne, realizowane w początkowym okresie interesowania się elektroniką, także niedawno, a nawet całkiem niedawno. Kolejna możliwość dla wszystkich to rozwiązanie teoretyczne: przedstawienie planów, oczekiwań i marzeń. Każdy może napisać, co chciałby lub co planuje zrealizować.

Gorąco zachęcam do udziału w tym może trochę nietypowym, ale jakże ważnym 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



Rozwiązanie zadania głównego 279

Temat majowego zadania 279 brzmiał: **Zaproponuj elektroniczny układ dowolnej przystawki.** Oto przegląd nadesłanych prac.

Krzysztof Łos zaczął następująco: *Dzień dobry. Dość dawno nie pisałem do „Elektroniki dla Wszystkich”. Prawdę mówiąc, przez ostatnie 4 lata bardzo mnie pochłonęło programowanie. Poświęcałem znacznie mniej uwagi elektronice jako takiej samej. W maju znów kupiłem Wasze pismo i natrafiłem na dość ciekawy temat, a mianowicie budowy przystawki do komputera. Po przeczytaniu go od razu miałem pomysł na projekt. Moje morale podbudowała zachęta, by używać w swoich projektach Arduino i rozmaitych modułów. Tak więc zakupiłem Arduino Mega 2560 oraz dedykowany do tej płytki shield z wyświetlaczem LCD 3,2”.*

Zmontowanie tego nie było problemem, wszystko ładnie pasuje. Mój projekt jest nie tyle elektroniczny, co software'owy. Mianowicie napisałem program w C# i frameworku WinForms który odczytuje dane o obciążeniu CPU, RAM, HDD i aktualnym czasie na komputerze. Następnie te dane są wysyłane przez interfejs RS232 do Arduino. Mikroprocesor parsuje te dane i prezentuje na wyświetlaczu. Długość ramki to 17 znaków bez enteru. Ramka wygląda następująco

hh:mm:CPU:RAM:HDD

Gdzie hh to liczba od 00 do 23

gdzie mm to liczba od 00 do 59

CPU to 3 liczby od 000 do 100

RAM to 3 liczby od 000 do 100

HDD to 3 liczby od 00 do 100

Każda z liczb jest oddzielona dwukropkiem. Program w C# niestety działa wyłącznie na systemie Windows. (...) jest już po terminie. Projekt nie jest skończony, przynajmniej dla mnie. Przesyłam (...) to, co udało mi się zrobić. Temat odczytu zasobów bardzo mnie zaniepokoił i myślę dokończyć projekt tak, by była możliwość odpalenia programu nie tylko na Windowsie.

Ważną dla mnie kwestią jest obudowa. Bardzo mi się nie podoba to, co jest teraz. Niby jest to schludne, jednak to dalej goła płytka. W planach jest projekt obudowy, a następnie jej wydruk na mojej drukarce Ender 3. Tak bym nie był gołosłowny, to mam na koncie kilka projektów i udanych wydruków.

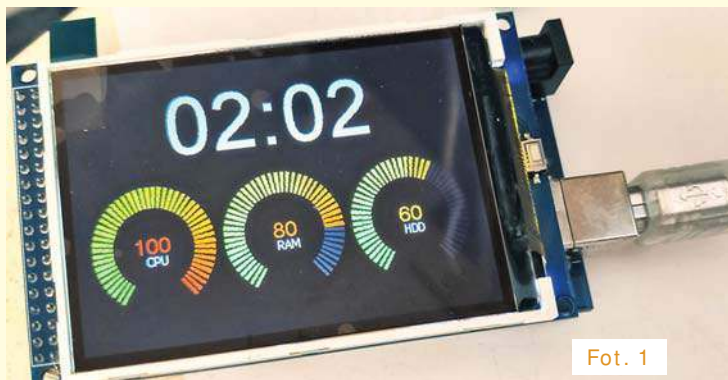
<https://profesorek96.blogspot.com/2019/05/puzzle-3d-druk-3d.html>

<https://profesorek96.blogspot.com/2019/01/choinka-druk-3d.html>

Projekt zarówno programu dla Arduino, jak i dla PC był tworzony przy użyciu systemu kontroli wersji GIT. (...) W załączniku (...) film z działania całej konstrukcji (...)

Na fotografii 1 pokazany jest model. Mam nadzieję, że zamiary zostaną sfinalizowane. Wtedy chętnie zamieścimy w EdW opis tego projektu!

Piotr Świerczek z Bielska-Białej w ramach rozwiązania zadania napisał: (...) *Przedstawiam kilka moich sond-przystawek, jakich używam przy niektórych pomiarach. Zaczniemy od „szczypiec” do sprawdzania elementów SMD, a dokładnie rezystorów, które pochodzą z demontażu [fotografia 2] (...) Szczypce pochodzą z kompletu naprawczego taśmy barwiącej do drukarki. Wtopiłem dwa kontakty sprężynujące pochodzące z gniazda krawędziowego. Szczypce podłączone są do multimetru z automatyczną zmianą zakresu (...) Inna sonda, specjalnie do miernika V640, bardzo wygodna do pomiarów punktowych została wykonana z... wyschniętego pisaka [fotografia 3]. Kabel RG-174 przechodzi przez cały pisak i jedynie na długości kilku milimetrów jest pozbawiony opłotu ekranującego. Żyłka środkowa przylutowana jest do złoconej końcówki pochodzącej z wtyku f-my Eltra. (...) Ostatnio wykonywałem pewne pomiary na częstotliwościach 2,4GHz. Fabryczna sonda od miernika V640 (...) niestety nie „popisała się”. Pomiar dodatkowo należało wykonać na obciążeniu 50Ω. [Dobra] firmowa sonda (...) jest niestety droga (>70\$) i szkoda byłoby ją uszkodzić. Wykonałem coś zastępczego (...) szczegóły wykonania na fotografii 4. Dioda pomiarowa to BAT64, marker 63s. Dla ciekawych podam, że przy poziomie 10dBm daje ona 85mV, 16dBm – 440mV a przy 26dBm już 3,5V. Skalowanie wykonane zostało na fabrycznym generatorze i jest tego cała tabela. Więcej fotografii i oryginalny opis można znaleźć w Elportalu w materiałach dodat-*



Fot. 1



Fot. 2



Fot. 3



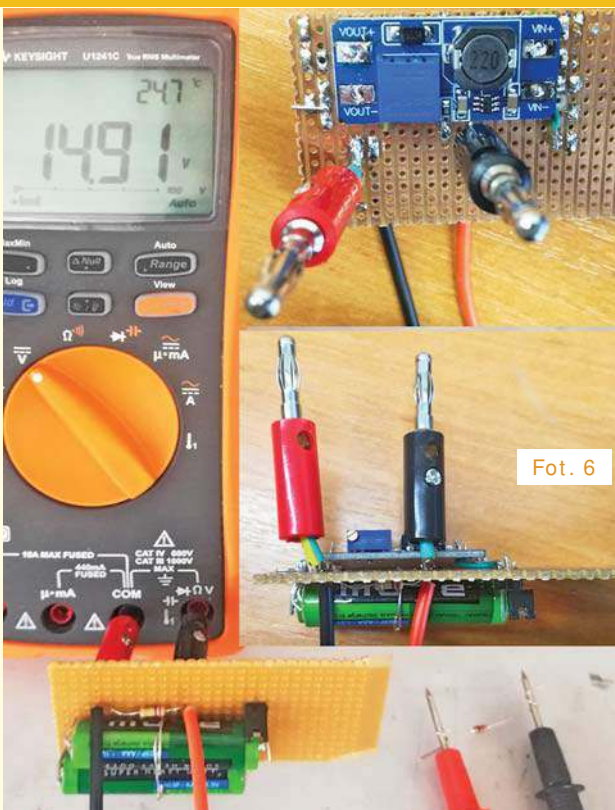
Fot. 4

kowych do tego numeru (279swierczek.zip 3,8MB). Zainteresowani szczegółami budowy sondy w.c.z. znajdą tam też adres mejlowy Autora.

Andrzej Adamczyk z Ostrowca Świętokrzyskiego napisał: (...) *Przesyłam propozycję do Szkoły Konstruktorów, zadanie nr 279. Jest to przystawka do pomiaru indukcyjności, „Przystawka L” (...)*

Na fotografii 5 pokazany jest model. Szczegółów nie podaję, ponieważ projekt zostanie krótko przedstawiony w Forum Czytelników.

Krzysztof Smoliński z Poznania poinformował: (...) *Swego czasu w moim warsztacie ubierał się całkiem pokaźny zapas diod Zenera o nieznanym wartościach. Potrzebowałem szybkiego sposobu na pomiar napięcia Zenera. Zasada działania jest banalnie prosta. Trzon stanowi przetwornica podwyższająca zakupiona za kilka zł na portalu aukcyjnym. Zasilana jest z dwóch baterijek AAA, a jej napięcie wyjściowe to ok. 25V (wystarczające*



Fot. 6

dla większości diod, jakie potrzebowałem zmierzyć). Z racji tego, iż wykorzystałem gotowy moduł, nie podsyłałem jego schematu. Na wyjściu przetwornicy przez rezystor 100k łączona jest badana dioda. Miernik odczytuje bezpośrednio napięcie, jakie odkłada się na diodzie. Całość zmontowana w taki sposób, by „trzymała” się bezpośrednio na multimetrze :) (...) Pozdrawiam

Fotografia 6 pokazuje szczegóły budowy modelu. Do określenia napięcia nominalnego taki prościutki układ całkowicie wystarczy. Gdy trzeba dobrać diodę Zenera do konkretnego, bardziej wymagającego zastosowania, przydałby się układ nieco bardziej rozbudowany, z możliwością regulacji prądu diody, co pozwoliłoby też zmierzyć oporność dynamiczną, a nawet oszacować zmiany cieplne.

Fot. 5



Dawid Placha z Rdzawy zaczął tak: *Witam serdecznie (...) Moje rozwiązanie miało być banalne, ...miało :-)*

Chciałem zastosować gotowy moduł pulsometru (<https://www.adafruit.com/product/1093>) jako przystawkę do oscyloskopu, gdzie oscyloskop pełniłby funkcję monitora pulsu. Jednak oczekiwania, jakie wiązałem po zapoznaniu się z opisem (<https://pulsesensor.com/pages/multimeter-fun>), zupełnie nie współgrały z rzeczywistością, ponieważ mój moduł (nieoryginalny) reagował tylko na zmianę odległości palca od czujnika, a tętna nie wykrywał pomimo prób z dłonią osoby o cienkiej skórze – nie było rezultatu. Planuję w ramach kolejnego zadania zmierzyć się z tym tematem od innej strony.

PS Proszę o nieprzydzielanie ewentualnych nagród – rozwiązanie bardziej teoretyczne niż praktyczne :-D

Fotografia 7 (na następnej stronie) pokazuje eksperymentalny układ. Nagrody nie przydzielam, punkty tak, a gdyby jednak monitor pulsu powstał, chętnie zaprezentowalibyśmy go na łamach EdW.

W ostatniej chwili przed oddaniem materiałów do składu nadeszło jeszcze jedno rozwiązanie. Sławomir Węgrzyn z Dziekanowic napisał: *Dzień dobry! Jeśli nie jest jeszcze za późno, chciałbym zgłosić swój udział w rozwiązaniu zadania nr 279. Przystawka – pamiętam dobrze, kiedy pierwszy raz usłyszałem to słowo. Było to w zamierzchłych latach 80. XX wieku, kiedy w domu mieliśmy czarno-biały, lampowy telewizor Ametyst 1011. Tuner tego odbiornika pozwalał na odbiór tylko niskich częstotliwości z pasma VHF (kanały 1–12). Można było*



KWANTY TAJEMNIC

Rzeczywiście, robi się trochę gorąco. Dopóki bowiem spierano się głównie np. o to, jakim cudem kwantowe cząstki są jednocześnie w wielu różnych miejscach i dlaczego sam fakt ich obserwacji zmienia ich zachowanie – można było jeszcze wzruszyć ramionami, rzucając pod nos coś o nieokrępej dziedzinie fizyki, niesprawdzonych doświadczeniach i zbyt śmiałych hipotezach. Gdy jednak poważni naukowcy zaczynają mieć wątpliwości co do tak, wydawać by się mogło, stałych (no dobrze – w miarę stałych) wartości, jak tempo rozszerzania się Wszechświata, wówczas rodzi się pytanie, co tak naprawdę wiemy o fizycznej naturze rzeczywistości.

Oczywiście kwestie tego rodzaju podnoszono od dawna – a przynajmniej od wprowadzenia enigmatycznych pojęć ciemnej materii i energii, ale teraz zaczynają się one składać w obraz nauki, która jest coraz mniej pewna sama siebie, a może nawet... znajduje się wciąż w powijakach... Zbyt śmiała teza? Przyszłość pokaże. Czekając na nią, w najnowszym Temacie numeru próbujemy rozejrzeć się po już opanowanym terenie fizyki i poszukać miejsc, które mogą kryć tajemne przejścia do odpowiedzi na coraz natęczywiej pojawiające się pytania o to jak, gdzie, kiedy, po co i dlaczego.

Nowy numer już w sprzedaży
www.ulubionykiosk.pl

Konieczniew odwiedź mobilny serwis na smartfony i tablety MT NEWS 24/7:
m.mlodytechnik.pl



oglądać na nim program TVP1 ale nie TVP2, która nadawała w paśmie wysokim UHF (kanały 21–60). Ale było na to rozwiązanie: **przystawka**. To dodatkowe urządzenie, połączone na stałe kablem, rozwiązywało problem pasma. Było ono w istocie osobnym tunerem-konwerterem podającym sygnał do wnętrza telewizora. Zabytkowego telewizora Ametyst niestety nie posiadam. Z początkiem lat 90. trafił na śmietnik, zamieniony na kolorowy kineskopowy odbiornik japoński (który z czasem też wylądował na śmietniku zamieniony na płaski telewizor LCD). Mam za to pochodzące z lat 60. lampowe radio Menuet 6204, z którym jest jednak podobny problem: z rozlicznych stacji wypisanych na jego skali większość już dawno zamilkła. Można złapać jedynie program I Polskiego Radia, które wciąż jeszcze nadaje na częstotliwości 225kHz. Inne stacje radiowe nadają analogowo jedynie na UKF, ale tego zakresu w ogóle w tym zabytkowym radiu nie ma. Stąd pomysł na budowę przystawki-tunera UKF-FM.

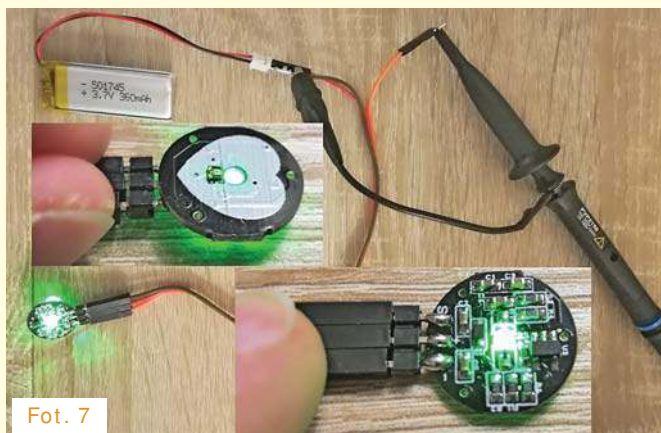
Zamysł budowy takiej przystawki opartej na popularnym module FM RDA5807 nosilem już od dawna. Nie miałem tylko pomysłu, jak sterować strojeniem odbiornika za pomocą jego oryginalnej gałki. Dopiero w numerze 5/2019 „Elektroniki Praktycznej” podpatrzyłem wykorzystanie w tym celu wieloobrotowego potencjometru. Takie też rozwiązanie zastosowałem w mojej przystawce. Niestety na razie projektu nie zrealizowałem do końca – powstał jedynie na płycie stykowej [fotografia 8]. Oprócz (...) scalonego odbiornika RD5807 i potencjometru wieloobrotowego widoczny jest też sterujący całością minimalistyczny model mikrokontrolera ATtiny45. Suwak potencjometru podłączony jest do wejścia przetwornika ADC – PB3, natomiast napięcie na nim pochodzi z wewnętrznego źródła napięcia odniesienia AREF – PB0. Z uwagi na to, że pin ten jest jednocześnie wyjściem SDA sprzętowego kontrolera magistrali TWI (I2C), zmuszony byłem zaimplementować obsługę sterowania tunerem software’owo na pinach PB1–PB2. Ostatni wolny pin PB4 za pomocą PWM steruje jasnością diody LED, odwzorowując siłę sygnału stacji. Ostatecznie zamierzam podłączyć tutaj oryginalny wskaźnik radioodbiornika Menuet – „magiczne oczko” – czyli lampę wskaźnikową EM4. O ile część sprzętowa urządzenia nie stanowi większego problemu, to spore trudności napotkalem przy tworzeniu oprogramowania. Nie tylko musiałem zaadaptować kod do software’owej obsługi interfejsu TWI, ale

i niemal od podstaw napisać kod do obsługi samego modułu RDA5807. W sieci dostępna jest bowiem jedynie biblioteka dla środowiska Arduino. Z uwagi na te problemy nie przystąpiłem jeszcze do kolejnych etapów prac tj. zaprojektowania docelowej płytki drukowanej oraz (w miarę nieinwazyjnego) montażu gotowej przystawki do wnętrza radioodbiornika...

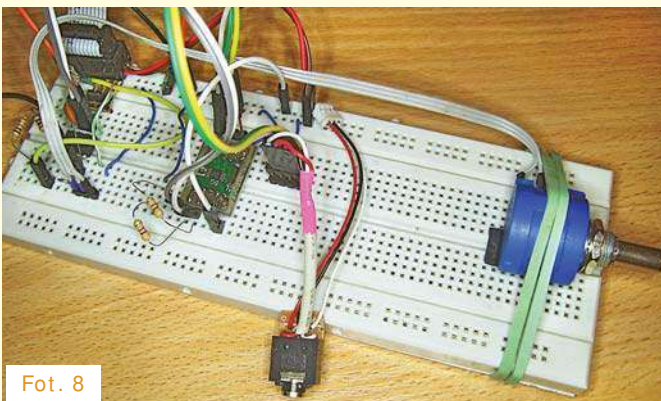
Oczywiście gdyby przystawka powstała i spełniła oczekiwania, jak najbardziej znajdzie odpowiednie miejsce w EdW.

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. Kupon 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.**

Publikacja	Nagroda	Talon AVT PLN	Imię	Nazwisko	Miejscowość	Punkty
-	-	100	Andrzej	Fryźlewicz	Odrawąż	-
?	U	-	Krzysztof	Łos	Hubenice	3
-	U	-	Piotr	Świerczek	Bielsko-Biała	5
P	U	-	Andrzej	Adamczyk	Ostrowiec Św.	4
-	-	100	Krzysztof	Smoliński	Poznań	4
?	-	-	Dawid	Placha	Rdzawa	4
?	-	150	Sławomir	Węgrzyn	Dziekanowice	5



Fot. 7



Fot. 8

Serdecznie zapraszam do udziału w zadaniu głównym 284, a także w drugiej i trzeciej klasie naszej Szkoły Konstruktorów! Zachęcam uczestników, żeby praktyczne rozwiązania zadań Szkoły przygotowywali według Szablonu ze strony <http://elportal.pl/zostan-wspolautorem-elektroniki-dla-wszystkich/>

Piotr Górecki

Punktacja Szkoły Konstruktorów



Sławomir Węgrzyn Dziekanowice.....	92	Paweł Hoffmann Wrocław.....	44	Lukasz Kojro Gdańsk.....	15
Daniel Turbasa Kraków.....	88	Szymon Czepiel Piszczowice.....	43	Marcin Malich Wodzisław Śl.....	13
Lukasz Dachowski Cymbark.....	72	Michał Pędzimaż Stara Słupia.....	41	Paweł Sablik Piszczowice.....	13
Aleksander Bernaczek Magnuszowice.....	69	Piotr Gajdosz Grybów.....	40	Rafał Orodziński Białystok.....	12
Szymon Trygar Szczecin.....	66	Maciej Zieliński Kraków.....	33	Michał Stach Kamionka.....	11
Artur Bereit Barcin.....	60	Adam Ples Jaworzno.....	33	Andrzej Adamczyk Ostrowiec Św.....	11
Robert Szolc Bytom.....	58	Rafał Rówiak Słobosów.....	26	Dawid Placha Rdzawa.....	10
Krzysztof Smoliński Poznań.....	57	Lukasz Nowak Warszawa.....	21	Paweł Myslowice.....	10
Radosław Smalec Zabrze.....	55	Tomasz Zaorski Kalinówka.....	21	Leszek Galos Oleśnica.....	8
Andrzej Herbut Siekierczyn.....	52	Jakub Gajda Kraków.....	20	Mateusz Raczynski Warszawa.....	8
Adam Sobczyk Warszawa.....	50	Marian Gabrowski Polkowice.....	19	Oskar Stepien Wrocław.....	8
Sebastian Jarmosiewicz Motwica.....	50	Teodor Wozniak Łódź.....	19	Piotr Taton Kety.....	8
Lukasz Olszok Tarnowskie Góry.....	45	Marian Caruk Luban.....	17	Jacek Rączka Polomia.....	7
Krzysztof Kawa Lubca.....	44	Roman Braumberger Bytom.....	16	Damian Zabczyk Nowa Osuchowa.....	7

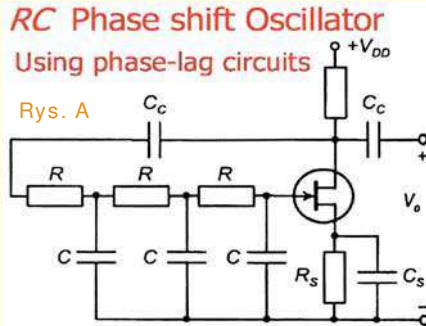
Druga klasa Szkoły Konstruktorów

Co tu nie gra? Zadanie 284

Na **rysunku A** przedstawiony jest schemat prostego generatora.

Jak zwykle pytanie brzmi:
Co tu nie gra?

Nawet gdy w układzie jest kilka usterek, możesz zgłosić tylko jedną. Bardzo proszę o możliwie krótkie odpowiedzi.



Odpowiedź oznacz **NieGra284** i nadeślij w terminie 60 dni od ukazania się tego numeru EdW. Podaj też od razu 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 279

Na **rysunku B** pokazany jest, zamieszczony w EdW 5/2019, schemat prostego, popularnego układu.

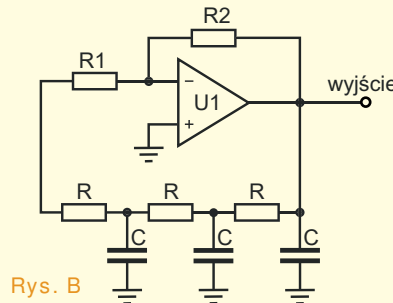
Tym razem schemat nie został przygotowany specjalnie na potrzeby tego zadania Szkoły Konstruktorów. Nie! Schemat ten pochodzi z... polskiej Wikipedii (**rysunek C**), a konkretnie ze strony:

https://pl.wikipedia.org/wiki/Generator_RC. Do czasu przygotowania poniższego materiału taki rysunek zamieszczony był (jest?) na tej stronie. Nieścisły, nie do końca zgodny z dalszym opisem, a nawet wprowadzający w błąd jest też wstępny opis, gdzie najbardziej kontrowersyjne fragmenty zaznaczyłem kolorem czerwonym:

Generator RC – generator drgań sinusoidalnych. Zbudowany jest ze wzmacniacza^[1] i oporników oraz kondensatorów tworzących sprzężenie zwrotne.

Generatory RC można stosować w zakresach małych częstotliwości, dla których kłopotliwe jest tworzenie generatorów LC (ze względu na konieczność stosowania cewek o wysokiej indukcyjności oraz dużej dobroci – przy niskich częstotliwościach rzędu kiloherców elementy indukcyjne posiadają duże wymiary).

Generatory RC tworzą przebieg o bardzo małych zniekształceniach. Mają przy tym jednakże gorszą stałość częstotliwości od generatorów LC. **Charakteryzują się również małą mocą wyjściową i sprawnością (ze względu na obecność rezystorów).**



Układy RC mają szerokie możliwości przestrajania częstotliwości. Mogą generować sygnał w zakresie od ułamkowych części herca do kilku megaherców. Z tego powodu chętnie są stosowane jako generatory serwisowe i laboratoryjne (...)

Należy cenić bardzo pożyteczną, cenną inicjatywę, jaką jest Wikipedia. Trzeba też cenić wkład wolontariuszy, którzy poświęcają czas na tworzenie i dopracowywanie poszczególnych haseł. Jednak choćby ten przykład pokazuje, że do tej, bądź co bądź obecnie najsłynniejszej i najczęściej wykorzystywanej, encyklopedii należy podchodzić z pewną rezerwą. Przy ogromie materiału i przyjętych zasadach tworzenia artykułów nie sposób zagwarantować

najwyższego poziomu całej zawartości Wikipedii.

Jeżeli chodzi o generatory RC, to były i są wykorzystywane przede wszystkim do generowania przebiegów prostokątnych. Podane trzy koncepcje (przykłady) realizacji generatorów przebiegu sinusoidalnego, z wykorzystaniem przesuwnika fazowego, mostka Wiena i obwodu podwójne T (TT, Twin T) zasadniczo są prawidłowe. Doskonale działają... na papierze. Natomiast w praktyce niełatwo zrealizować generator RC przebiegu sinusoidalnego o **bardzo małych zniekształceniach**. Bardzo trudne jest też ich płynne przestrajanie, nawet w stosunkowo wąskim zakresie częstotliwości. Od wielu lat nie są już budowane serwisowe i laboratoryjne „sinusoidalne” generatory RC. Ponadto zupełnie nie dotyczy ich problem „małej mocy wyjściowej i sprawności”.

Pozytywnym wyjątkiem jest jedynie generator z mostkiem Wiena, który można zrealizować stosunkowo prosto, z wykorzystaniem jak najmniejszej zawieszki w obwodzie stabilizacji amplitudy. Jednak i tam problemem jest płynne przestrajanie: potrzebne są sprzężone

Rys. C

Generator z blokami RC lub CR i wzmacniaczem operacyjnym [edytuj | edytuj kod]

Najprostszym rodzajem generatora jest układ, w którym dodatnie sprzężenie zwrotne tworzy drabinka filtrów górnoprzepustowych (blok CR) lub dolnoprzepustowych (blok RC). Pojedyncza sekcja wnosi przesunięcie fazy zawsze mniejsze od 90° (wynika to z niedoskonałości elementów R i C), dlatego potrzebne są przynajmniej trzy połączone kaskadowo sekcje dla uzyskania przesunięcia równego 180° (sekcji może być więcej, ale i tak muszą wnosić przesunięcie równe 180°). Wzmacniacz powinien w takim przypadku pracować w układzie odwracającym fazę (czyli też wnosi przesunięcie 180°).

Powyżej przedstawiono układ oparty o blok RC. Rezystory R_1 i R_2 tworzą ujemne sprzężenie zwrotne stabilizujące amplitudę przebiegu. Rezystor R_1 jest często zastępowany termistorem lub żarówką co jeszcze bardziej zwiększa amplitudę drgań i jednocześnie zmniejsza zniekształcenia nieliniowe (przesterowanie). Wynika to z faktu, że rezystancja tych elementów rośnie wraz ze wzrostem temperatury. Zwiększający amplitudę sygnał wyjściowy powoduje większy przepływ prądu przez element nieliniowy, jednocześnie zwiększając jego rezystancję. Powoduje to zmniejszenie napięcia w pętli sprzężenia zwrotnego i obniżenie amplitudy napięcia wyjściowego.



potencjometri o dobrej współbieżności. Łatwiejsze jest przestrajanie skokowe, z wykorzystaniem par jednakowych, dobieranych rezystorów.

Natomiast układy z trzyogniowym przesuwnikiem fazowym według koncepcji z rysunku B od zawsze były tylko rozwiązaniami podręcznikowymi, a jeśli już ktoś coś podobnego zrealizował, to zwykle uzyskiwał bardzo słabe parametry, przede wszystkim duże zniekształcenia. Owszem, znane są i znacznie lepsze rozwiązania, ale w zmodyfikowanej wersji, która będzie omówiona dalej.

Sumaryczne przesunięcie fazy to 360 stopni, czyli 0 stopni, co oznacza zamianę ujemnego sprzężenia zwrotnego na dodatnie. Aby uzyskać na wyjściu wzmacniacza czysty przebieg sinusoidalny, dla częstotliwości, dla której całkowite przesunięcie fazy wynosi 360 stopni, wzmocnienie wypadkowe w pętli musi być dokładnie równe jedności. Oznacza to, że odwracający wzmacniacz musi być wzmocnić sygnał tyle razy, ile zostanie on słumiony w obwodach RC.

Teoretycznie każde z ogniwa na przesunąć fazę o 60 stopni. Dla jednego ogniwa RC nastąpiłoby to przy pulsacji $\omega = 2\pi f = 1,732/RC$, czyli częstotliwości $f = 0,2756/RC$, a sygnał byłby słumiony dwukrotnie. Dla trzech oddzielnych ogniw dawałoby to potrzebne wzmocnienie wzmacniacza równe 8.

W przypadku trzech identycznych ogniw RC następuje ich wzajemne oddziaływanie na siebie, dlatego przesunięcie fazy o 180 stopni wystąpi przy innej częstotliwości, a potrzebne wzmocnienie wzmacniacza to $29\times$.

Tu trzeba dodać, że generator można zrealizować, przesuwając fazę w jednym z dwóch kierunków, czyli zarówno z ogniwami całkującymi (opóźniającymi) RC, jak też z ogniwami różniczkującymi („wyprzedzającymi”) CR. Można wykorzystać trzy albo cztery ogniwa. Zależnie od koncepcji inne będą częstotliwości pracy takiego generatora, co pokazane jest na pochodzącym z tej samej strony Wikipedii **rysunku D**.

Jeżeli chodzi o rysunek B, to podstawowa koncepcja jest prawidłowa: do wytworzenia drgań wystarczy przesuwnik fazowy, przesuwający fazę o 180 stopni oraz wzmacniacz odwracający, czyli przesuwający fazę o 180 stopni (π radianów). Można to zrobić według **rysunku E** albo według **rysunku F**. Trzeba tylko wzmacniacz i przesuwnik fazy odpowiednio połączyć.

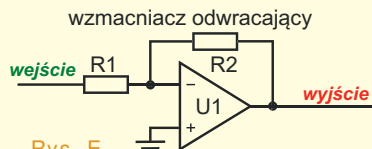
I tu dochodzimy do błędu z rysunku B: można byłoby powiedzieć, jak ujął to jeden z uczestników, że błędem jest dołączenie przesuwnika fazowego *tyłem do przodu*. Prawidłowe dołączenie pokazane jest na **rysunku G**.

Analiza zadania mogłaby się tu skończyć, jednak warto poświęcić trochę czasu na omówienie pewnych interesujących szczegółów.

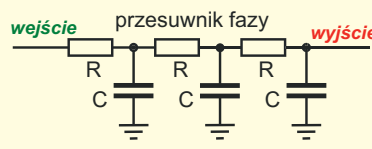
I tak jeden ze stałych uczestników przysłał schemat, pokazany na **rysunku H**. Na pytanie: *Co tu nie gra?* odpowiedział

Rys. D

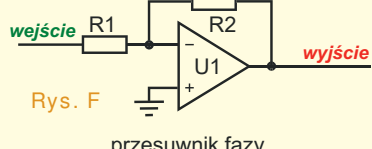
Typ sprzężenia	3 człony CR	4 człony CR	3 człony RC	4 człony RC
Częstotliwość drgań f_0	$\frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$	$\frac{1}{2\pi RC\sqrt{\frac{10}{7}}}$	$\frac{\sqrt{6}}{2\pi RC}$	$\frac{\sqrt{\frac{10}{7}}}{2\pi RC}$
Minimalne wzmocnienie napięciowe wzmacniacza K_u	$K_u > 29$	$K_u > 18,4$	$K_u > 29$	$K_u > 18,4$



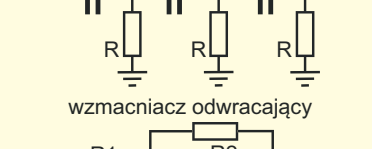
Rys. E



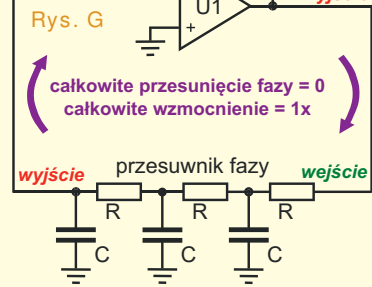
Rys. F



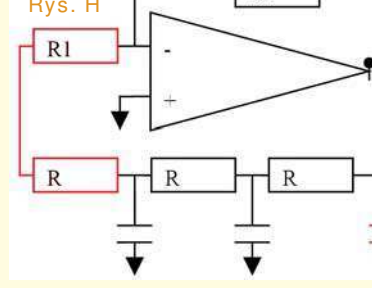
Rys. G



Rys. H



Rys. I



Rys. J

tak: Na schemacie przedstawiono generator sinusoidalny z przesuwnikiem fazowym RC, opublikowany w Wikipedii. Zastosowano przesuwnik fazowy 3-stopniowy, przesuwający fazę sygnału o 180° , przy częstotliwości $f = 2,4/RC$. Pozostałe przesunięcie 180° wprowadza WO w układzie pracy odwracającym fazę.

Zasadniczym błędem jest sposób włączenia przesuwnika fazowego. Pomyłono wejście przesuwnika z wyjściem. (...) Kondensator C, podłączony do wyjścia WO, będzie stanowił tylko obciążenie pojemnościowe. (...) Dwa człony RC nie wystarczą do przesunięcia fazy sygnału o 180° . Opornik R, połączony z R1, też nie będzie brał udziału w przesuwaniu fazy sygnału. (...) Jeszcze jedna uwaga, na wyjściu wzmacniacza powstanie sygnał sinusoidalny z obciążeniami wierzchołkami i dużą zawartością harmonicznych. Czysty sygnał sinusoidalny można pobrać z trzeciego członu przesuwnika fazowego i ewentualnie wzmocnić oddzielnym WO. (...)

Inny Kolega też słusznie odnotował, że w wersji z rysunku B rezystancja R1 sumuje się z rezystancją pierwszego z ogniw przesuwnika, a z kolei ostatni kondensator C jest jedynie niepotrzebnym i co jeszcze o wiele gorsze, grożącym niepożądanymi oscylacjami obciążeniem wyjścia wzmacniacza. Napisał też, że takie pomyłkowe dołączenie przesuwnika mogło-



by się sprawdzić, ale tylko przy obecności czterech ogniów RC według rysunku J.

Inny stały uczestnik konkursów zamieszczanych w EdW napisał: (...) Wyjścia z generatora sinusoidalnego wyprowadza się z wyjścia przesuwnika fazowego. Wtedy kształt sygnału jest najbardziej sinusoidalny.

Dwóch uczestników zgłosiło fakt, że na schemacie nie było zaznaczonych obwodów zasilania wzmacniacza operacyjnego. Na podręcznikowym schemacie pokazana jest tylko idea, a praktyk chciałby mieć schemat całościowy z obwodami zasilania i zapewne z kondensatorami odsprężającymi.

Kilku uczestników, także wykazując podejście praktyczne do schematu z rysunku B, zauważyło, że w układzie nie ma żadnych elementów regulacji amplitudy, więc w praktyce na wyjściu nie będzie spodziewanego przebiegu prostokątnego, tylko sinus z obciętymi wierzchołkami albo trapez, zależnie od nadmiaru wzmocnienia.

Jeden z uczestników podkreślił, że odwrócenie ogniów przesuwnika fazowego niestety nie powoduje, że układ będzie pracował jako generator sinusoidy. Nie uda się dobrać wartości rezystorów ujemnego sprzężenia zwrotnego R1, R2, żeby uzyskać stabilną sinusoidę. Zmiany temperatury, wahania zasilania i starzenie elementów spowodują, że z czasem amplituda albo będzie maleć do zera, albo rosnąć do nasycenia (...) W tego rodzaju generatorach niezbędny jest jakiś obwód stabilizacji amplitudy drgań. Na tym schemacie go nie ma (...) zresztą w tego rodzaju generatorze niełatwo go zrealizować. Podsumowując: oprócz ewidentnego błędu w obwodzie przesuwania fazy, na rysunku nie gra to, że układ jest bezwartościowy pod względem użytkowym i nie będzie z niego żadnego pożytku (...)

Rzeczywiście, poprawiona wersja z rysunku G pokazuje tylko ideę, a nie praktyczną realizację.

Tego rodzaju generatory z przesuwnikiem z trzech lub czterech ogniów RC nigdy nie cieszyły się większą popularnością. Owszem, publikowane były schematy tego rodzaju generatorów, ale zrealizowane nie ze wzmacniaczem operacyjnym, tylko z jednym tranzystorem (lub dwoma). Do dziś można w Internecie znaleźć mnóstwo takich starych schematów. Jednak osoby, które zdecydowały się na realizację, z reguły napotykały kłopoty. Realizacje według przykładów z rysunku K mogą sprawić mnóstwo kłopotów. Często generator po prostu nie

chce wytwarzać sinusoidy, a nawet gdyby udało się go uruchomić, zniekształcenia harmoniczne są duże, a stabilność amplitudy – słaba.

Lepsze dwa przykłady pokazane są na rysunku L.

We wszystkich problemem jest stabilizacja amplitudy i zawartość harmonicznych w przebiegu wyjściowym.

Problem ten można łatwo rozwiązać, wykorzystując fakt, że przesuwnik z obwodami całkującymi jest też skutecznym filtrem dolnoprzepustowym. Wystarczy stabilizować napięcie zasilania, dopuścić występowanie na wyjściu wzmacniacza przebiegu prostokątnego lub trapezowego, a sinusoidalny sygnał użyteczny pobierać z wyjścia przesuwnika – filtru. Przykład z rysunku M pochodzi z materiałów Texas Instruments. Dlatego też niedawno w ramach zadania Jak to działa? analizowaliśmy tak działający układ według rysunku N.

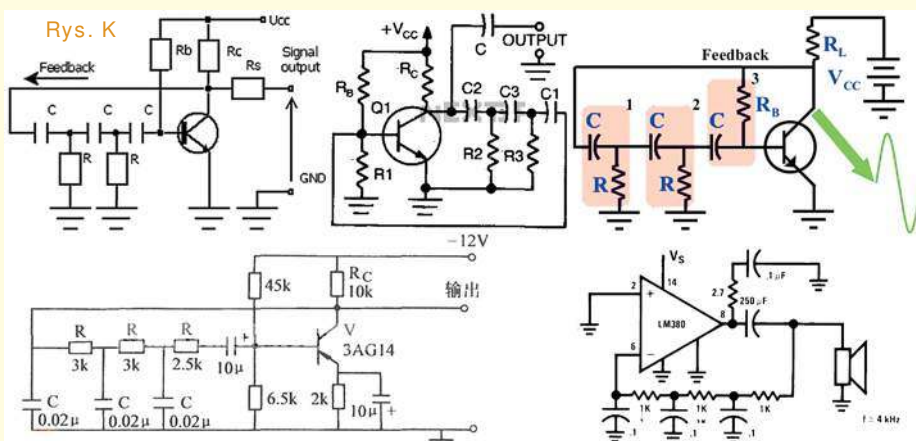
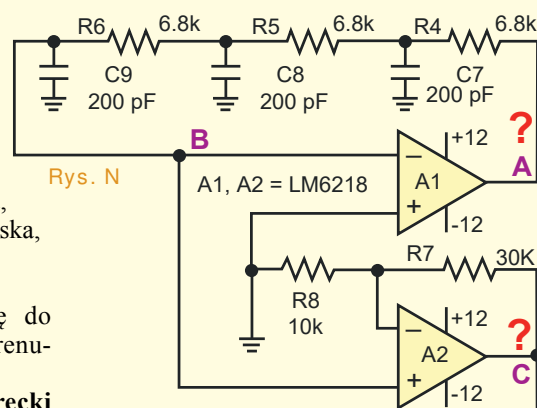
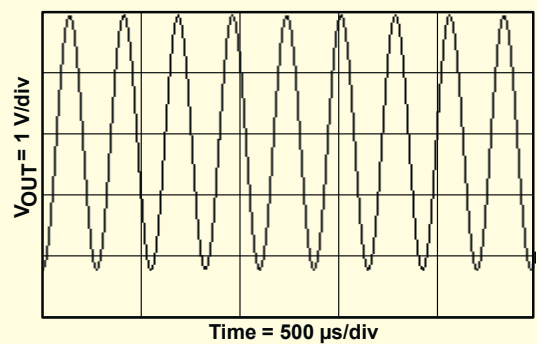
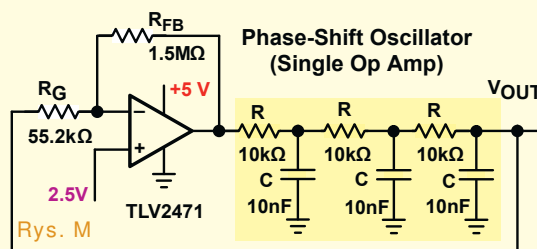
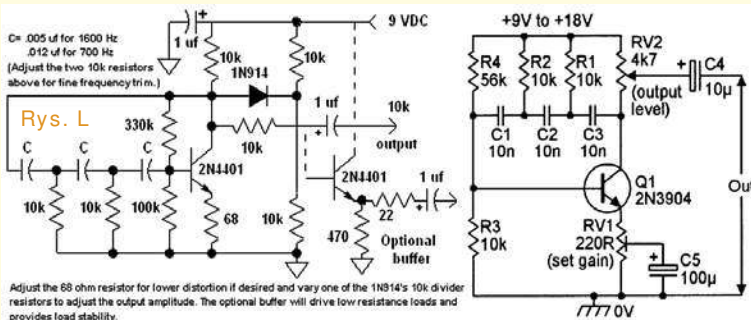
A jeżeli chodzi o zadanie NieGra279, to wszyscy uczestnicy podali co najmniej jedną usterkę, więc wszystkie rozwiązania mogą uznać za prawidłowe.

Nagrody-upominki za zadanie NieGra279 otrzymują:

Jarosław Siuzdak – Wola Żarzycka,
Edward Ciechanowicz – Biała Podlaska,
Kamil Gaworski – Kraków.

Wszystkich uczestników dopisuję do listy kandydatów na bezpłatne prenumeraty.

Piotr Górecki

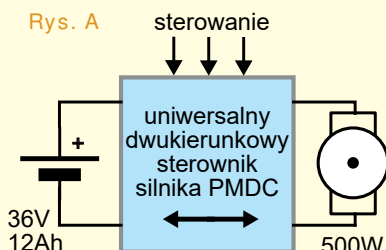




Policz – zadanie 284

Planujemy zbudować rower elektryczny z silnikiem 36V 500W. Chcielibyśmy zrobić uniwersalny sterownik silnika według **rysunku A**, który pozwalałby na hamowanie odzyskowe i ładowanie akumulatora podczas zjazdów ze wzniesień. W ramach zadania **Policz284** należy:

- oszacować, jaki może być prąd ładowania przy zjeździe ze wzniesienia o nachyleniu 20% z prędkością 20km/h.



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

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 (**Policz284_Nazwisko**). *Jeżeli chcesz uczestniczyć w podziale upominków, w e-mailu podaj od razu swój adres pocztowy.* Możesz też jeszcze przysłać rozwiązania zadania **NieGra283** z poprzedniego miesiąca.

Policz – rozwiązanie zadania 279

W EdW 5/2019 przedstawione było zadanie **Policz279**, które brzmiało:

*W związku z artykułem o silnikach (i prądnicach) PMDC (str. 50) chcemy mieć pojęcie o mocy przy hamowaniu według **rysunku B**. Dla ułatwienia zakładamy teoretyczną sytuację idealną, bez żadnych strat, gdy wózek z instalacją 12V, o masie 200kg, zjeżdża z pagórka o nachyleniu 30° i wysokości 30m. Aby wózek się zbyt nie rozpędził, tak dobierzemy rezystancję hamującą R, żeby czas zjazdu wynosił 20 sekund (co da prędkość nieco ponad 10km/h).*

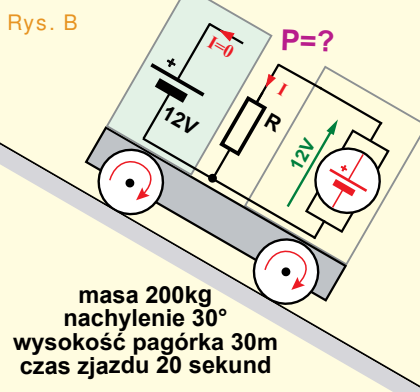
*W ramach zadania **Policz279** należy:*
 - obliczyć, jaka powinna być obciążalność (moc) rezystora „hamującego” R.
 - jaki byłby prąd ładowania przy hamowaniu odzyskowym?

Zadanie było łatwe. Podany przykład był wprawdzie niezbyt realistyczny i niezbyt precyzyjny, ale przyjęcie sytuacji idealnej, bez strat, znakomicie uprościło obliczenia i pozwoliło w sposób przybliżony uchwycić istotę problemu oraz oszacować wielkości, z jakimi mielibyśmy do czynienia w przypadku realnym.

Aby rozwiązać zadanie, trzeba było przypomnieć sobie szkolne wiadomości albo znaleźć w Internecie wzór na energię w polu grawitacyjnym. Jest to bardzo prosta zależność:

$$E = mgh$$

gdzie: **m** to masa, **g** – przyspieszenie ziemskie, **h** – wysokość.



Jeżeli zamiast wartości wysokości **h** podamy przyrost wysokości Δh (ujemny, co nie ma znaczenia), to obliczymy różnicę energii potencjalnej wózka na górze i dole pagórka:

$$\Delta E = m \cdot g \cdot \Delta h$$

Ten prosty wzór pozwolił obliczyć, ile energii straci wózek, zjeżdżając z wysokości 30 metrów. Ta energia będzie wyrażona w dżulach, czyli w watosekundach.

$$\Delta E = 200\text{kg} \cdot 9,81\text{m/s}^2 \cdot 30\text{m}$$

$$\Delta E = 58860\text{kgm}^2/\text{s}^2 = 58860\text{J}$$

$$\Delta E = 58860\text{Ws}$$

Ta energia nie zniknie, tylko zamieni się albo na energię kinetyczną wózka, albo, jak w naszym przypadku, na ciepło.

Gdybyśmy całą tę energię wykorzystali (bez żadnych strat) do podgrzania wody, która ma duże ciepło właściwe, około 4200J/kgK, to moglibyśmy podgrzać szklankę wody aż o 56 stopni.

Ale my idźmy dalej. Choć w zadaniu nie było to wyraźnie powiedziane, cała ta energia wydzieli się w rezystorze. Jeżeli czas zjazdu wynosi 20 sekund, to (średnia) moc wydzielana w rezystorze hamującym wyniesie

$$P = \Delta E / t$$

$$P = 58860\text{Ws} / 20\text{s}$$

$$P = 2943\text{W}$$

Tak, to nie pomyłka: **moc wyniesie aż trzy kilowaty!**

I taka mniej więcej powinna być obciążalność rezystora hamującego R. Gdyby tak duża moc była wydzielana w króciutkim czasie rzędu ułamka sekundy, obciążalność rezystora mogłaby być mniejsza. Jednak stała czasowa nawet stosunkowo dużego rezystora jest niewielka i czas 20 sekund jest dość długi, żeby nagrzać rezystor do wysokiej temperatury. W sumie kluczową sprawą jest ilość energii cieplnej, która się wydzieli w rezystorze oraz szybkość oddawania ciepła z rezystora do otoczenia.

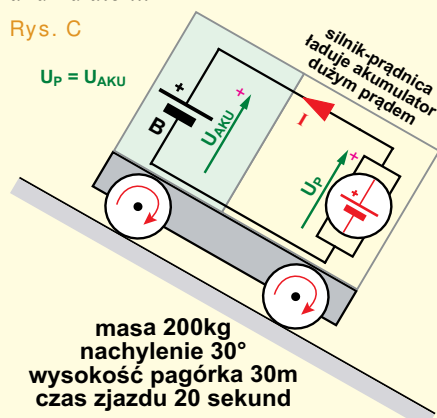
Gdyby ciepło w ogóle nie było oddawane do otoczenia, to energia 58860 dżuli mogłaby poważnie podnieść temperaturę rezystora. Załóżmy przykładowo, że taki (izolowany cieplnie od otoczenia) rezystor to pół kilograma żelaznego drutu. Ciepło właściwe żelaza wynosi około 450J/kgK. Energia 58860J podniosłaby temperaturę takiego półkilogramowego, izolowanego cieplnie żelaznego rezystora o około 261 stopni!

I oto potwierdziliśmy, dlaczego w pojazdach mocno grzeją się elementy układu hamulcowego...

My elektronicy używamy rezystorów o obciążalności od ułamka wata do kilku watów. Rzadkością są rezystory kilkusetwatowe, a tu potrzebowalibyśmy rezystora kilkukilowatowego! Jakie musiałby mieć rozmiary?

Jak widać, zamiana energii potencjalnej na ciepło w rezystorze stworzyłaby problemy. Ale zgodnie z treścią zadania, zamiast tracić tę moc i energię w rezystorze, można byłoby zastosować hamowanie odzyskowe (regeneracyjne) według **rysunku C**. Jak najbardziej! Już cieszymy się, że energią tą podładujemy akumulator...

Rys. C



Jeżeli zakładamy sytuację idealną, to przy niezbyt realistycznym, ale za to prostym założeniu, iż podczas zjazdu i napięcie prądnicy, i napięcie akumulatora będą równe 12V, prąd ładowania wynosiłby, bagatel... 245 amperów (2943W / 12V). Tak, prawie **250 amperów**! Owszem, akumulatory mogą być rozładowywane dużymi prądami, większymi niż 1C, ale tylko nieliczne mogą być ładowane tak dużymi prądami. Nie wchodząc w szczegóły: czy widziałeś akumulator, który można ładować prądem 250 amperów?

Oczywiście zadanie było uproszczone i niezbyt realistyczne. W praktyce wystąpią straty i sytuacja będzie dużo trudniejsza do analizy. Ale takie uproszczone zadanie miało uświadomić, że przy hamowaniu odzyskowym (regeneracyjnym) mamy do czynienia z dużymi mocami.

Rozważaliśmy przypadek, gdy następuje zamiana energii potencjalnej wózka w czasie, gdy zjeżdża on ze wzniesienia. Wyobraźnię mało zorientowanych rozpala inna możliwość. Mianowicie podobnie można odzyskiwać energię przy hamowaniu. Wtedy możemy zamienić energię kinetyczną

na inny rodzaj energii, niekoniecznie na ciepło.

Zamiast dostarczać energię do silnika, należy go obciążyć dużym prądem. Wtedy silnik będzie pracował w roli prądnicy, a czym większy będzie prąd obciążający silnik, tym silniejszy będzie hamowanie.

Proste, jasne i ekologiczne!

Teoretycznie tak. Jednak w praktyce nie jest to wcale takie proste. W grę wchodzi duże ilości energii, a przy gwałtownym hamowaniu ogromna moc i ogromne prądy.

Wzór na energię kinetyczną to:

$$E = mv^2 / 2$$

Samochód o masie półtorej tony o prędkości 72km/h (20m/s) ma energię kinetyczną:

$$E = 1500\text{kg} * (20\text{m/s})^2 / 2$$

$$E = 1500\text{kg} * 400\text{m}^2/\text{s}^2 / 2$$

$$E = 600000\text{kgm}^2/\text{s}^2 / 2$$

$$E = 300000\text{J} = 300000\text{Ws}$$

$$E = 300000\text{Ws} \sim 83\text{Wh}$$

Energia tego rozpędzonego samochodu to około 80 watogodzin. Gdy zahamujemy go od tej prędkości do zera, to musimy taką właśnie ilość energii odebrać i zamienić na inny rodzaj energii, zwykle na ciepło. Gdybyśmy hamując silnikiem elektrycznym pracującym w roli prądnicy zamienili ją bez strat na energię elektryczną, to moglibyśmy uzyskać 83 watogodzin.

Spory akumulator 12V o pojemności 7Ah (**fotografia D**) o rozmiarach 15×6,5×10cm, ważący 2,6kg, gromadzi około 84 watogodzin energii. W idealnym przypadku jedno zahamowanie samochodu oznaczałoby naładowanie takiego akumulatora...

W smartfonach mamy akumulatory o pojemności kilkunastu watogodzin. Jedno hamowanie mogłoby naładować do pełna smartfony całej rodziny.

Fantastycznie, tylko gdy takie hamowanie od 72km/h (20m/s) do zera nastąpi w czasie powiedzmy 10 sekund ze stałym przyspieszeniem (2m/s²), to w ciągu tych 10 sekund trzeba zagospodarować obliczone wcześniej 300 tysięcy watosekund, a to daje moc... 30

tysięcy watów, czyli 30kW. Gdybyśmy chcieli ładować akumulator 12-woltowy mocą 30kW, prąd musiałby wynieść 2500 amperów...

...bez komentarza.

Przykład z ciężkim samochodem robi wrażenie, ale poważny problem występuje też przy próbie hamowania małych silników. Problem w tym, że potrzebne są do tego układy pomocnicze, w tym przetwornice i superkondensatory. To jest jednak odrębny, szeroki temat, do którego będziemy wracać.

A jeśli chodzi o zadanie *Policz 279*, do obliczeń nie był potrzebny kąt (30°). Zmiana energii potencjalnej nie zależy od kąta nachylenia drogi. Niemniej znając kąt, można wyliczyć, że długość zjazdu wynosiła 60 metrów, co przy czasie 20 sekund dało prędkość zjazdu 3m/s, czyli 10,8km/h: nieco ponad 10km/h, jak było podane w zadaniu.

Dwaj najbardziej dociekliwi uczestnicy zadali pytanie: czy zjazd odbywa się ruchem jednostajnym, czy jednostajnie przyspieszonym?

Zadanie to było uzupełnieniem cyklu o silnikach DC, gdzie analizowaliśmy ruch jednostajny, gdy prędkość wjazdu pod górę i zjazdu z niej jest taka sama, wyznaczona przez napięcie akumulatora. Gdyby podczas zjazdu wózek poruszał się ruchem (jednostajnie) przyspieszonym, oznaczałoby to, że część energii potencjalnej wydzielala się w rezystorze hamującym R, a część powoduje wzrost prędkości (energii kinetycznej) wózka. W skrajnym przypadku, bez rezystora R, nie następowaloby hamowanie i cała energia potencjalna zamieniłaby się w kinetyczną, zwiększając prędkość wózka (najbardziej dociekliwi mogą sami policzyć, do jak dużej prędkości rozpędziłby się wózek bez rezystora hamującego, gdyby na górze miał prędkość zerową). Nawet gdyby wózek rozpędził się trochę podczas hamowania rezystorem, w tym rezystorze i tak wydzielalaby się duża ilość energii. I na to miało zwrócić uwagę analizowane zadanie z serii *Policz*.

Prawie wszystkie rozwiązania były prawidłowe. Nagrody-upominki za zadanie *Policz279* otrzymują:

Andrzej Nowicki – Warszawa,

Radosław Nowak – Majdan,

Szymon Wójtowicz – Warszawa.

Wszystkich uczestników dopisuję do listy kandydatów na bezpłatne prenumeraty.

Piotr Górecki





Wtórnik audio z zasilaczem

Do czego to służy?

Gdy podłączymy do jednego wyjścia sygnału audio kilka urządzeń (np. wzmacniaczy), może się okazać, że amplituda sygnału zostanie silnie stłumiona. Powodem jest obciążenie źródła, które ma znaczną rezystancję wewnętrzną. Użycie opisywanego układu zapobiega takiemu zjawisku. Przedstawiony układ ma dwa niezależne kanały, przez co można go użyć np. dla kanału lewego i prawego w kinie domowym, kiedy zajdzie konieczność „rozszerzenia” sygnału z telewizora (lub innego źródła) na kilka wzmacniaczy. Zmniejsza on impedancję wyjściową źródła sygnału audio do około 100Ω. Rezystancja wejściowa wynosi 1MΩ, przez co niemal w ogóle nie obciąża źródła. Ma wbudowane stabilizatory napięcia oraz prostownik, więc można go podłączyć np. do transformatora zasilającego jednego ze wzmacniaczy. Wzmocnienie obu kanałów wynosi +1V/V (0dB) – układ jest więc przezroczysty dla sygnału.

Jak to działa?

Schemat ideowy z rysunku 1 można podzielić na dwie części: wtórnik oraz zasilacz. Najważniejszym podzespołem we wtórniku jest podwójny wzmacniacz operacyjny typu TL082. Rezystory R1 i R5 zapewniają polaryzację jego wejść nieodwracających potencjałem masy, gdyby źródło sygnału miało na wyjściu włączony jedynie szeregowy kondensator, co niekiedy ma miejsce.

Spadek napięcia na tych rezystorach nie będzie znaczący, ponieważ TL082 ma w stopniu wejściowym tranzystory typu JFET. Producent deklaruje, że w temperaturze pokojowej (25°C) prąd płynący przez wejście nie przekracza 200pA – z prawa Ohma można łatwo wyliczyć, że taki prąd odłoży napięcie o wartości zaledwie 200μV (na rezystancji 1MΩ), czyli znacznie mniej, niż wynosi wejściowe napięcie niezrównoważenia

tego wzmacniacza (maksimum 15mV).

Wzmacniacze operacyjne zostały użyte w roli wtórników, czyli napięcie na ich wyjściu „wtóruje” napięciu wejściowemu, które jest podawane na wejścia nieodwracające. Sygnał wejściowy wchodzi zaś na wejścia odwracające – to tworzy ujemne sprzężenie zwrotne w tym układzie, które poszerza pasmo jego przenoszenia i redukuje zniekształcenia do minimum.

Sygnał wejściowy (którego źródło chcemy słabo obciążać) wchodzi na skrajne zaciski złącza J1. Wejścia układu nie zostały zabezpieczone dodatkowymi elementami, które chronią przed wyładowaniami elektrostatycznymi (ESD). Jedynie rezystory R2 i R6 ograniczają szybkość narastania napięcia na wejściu (w połączeniu z naturalnie istniejącą pojemnością wejściową), co daje czas na otwarcie złączy tranzystorów wejściowych i odprowadze-

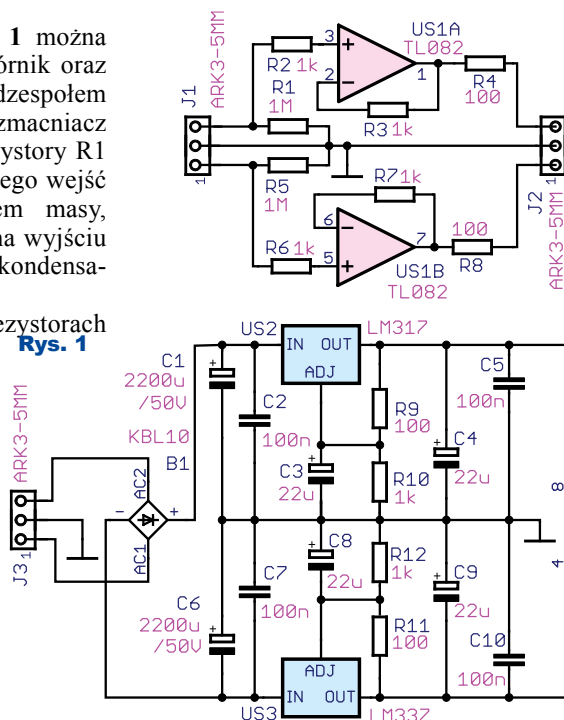
nie ładunku z ich bramek. Te rezystory wytracają również część mocy, jaką niesie wyładowanie elektrostatyczne, ponieważ wskutek przepływu prądu na ich zaciskach odkłada się napięcie. Przy wartości 1 kilooma nie zwiększają zauważalnie poziomu szumów TL082.

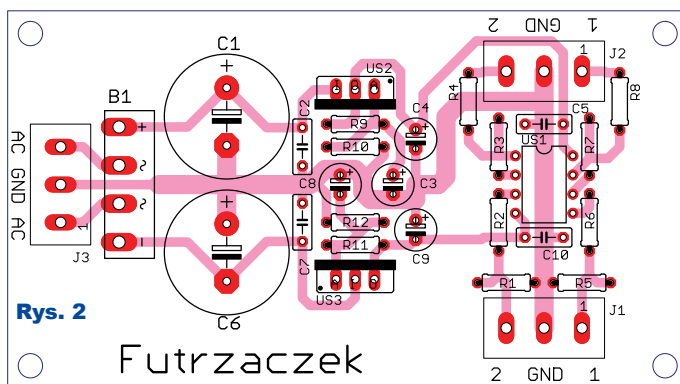
Rezystory R3 i R7 kompensują wpływ prądów polaryzujących wejścia. Teoretycznie rzecz biorąc, należy zadbać o to, aby rezystancja „widziana” przez oba wejścia była identyczna, przez co – również teoretycznie – prądy polaryzujące wejścia odłożą jednakowy spadek napięcia na nich i na wyjściu nie powstaną niepożądana składowa stała napięcia. Jednak wybór wzmacniacza operacyjnego był nieprzypadkowy – właśnie przez to, że jego wejścia pobierają znikomo mały prąd, można wpływ tego efektu pominąć. Dlatego wartość tych rezystorów nie ma tutaj większego znaczenia, a zostały uwzględnione w projekcie, aby można było użyć innego typu wzmacniacza operacyjnego, np. NE5532.

Rezystory R4 i R8 teoretycznie są niepotrzebne, ponieważ „psują” wtórnik, zwiększając jego rezystancję wyjściową. Jednak z moich doświadczeń wynika, że ich zastosowanie „ratuje” układ w pewnych sytuacjach. Otóż, jeżeli dołączony za wtórnikiem odbiornik sygnału (np. pasywny regulator głośności) ma funkcję wyciszania (mute) zrealizowaną poprzez zwieranie sygnału wejściowego do masy, to wzmacniacz operacyjny wtórnika potrafi się w takiej sytuacji (zwarcia wyjścia do masy) wzbudzić, generując bardzo silne zakłócenia, które słychać również w głośniku – zazwyczaj w postaci pisku. Takie zwarcie może również zdarzyć się przypadkowo. Do-



Rys. 1





danie tych dwóch niezbyt kosztownych elementów powoduje, że wzmacniacz operacyjny w jakiegokolwiek sytuacji nie jest obciążony czystym zwarcie, więc ten efekt nie ma szans wystąpić. Jeżeli jednak komuś zależy na bardzo niskiej rezystancji źródła sterującego dalszymi stopniami wzmacniającymi, można te rezystory zastąpić zworami. Innym lepszym rozwiązaniem jest włączenie ich na samym wyjściu wzmacniacza, nie za, tylko przed rezystorami sprzężenia zwrotnego R3, R7.

Na płytce został zintegrowany mostek prostowniczy (B1) wraz z odpowiednimi kondensatorami filtrującymi (C1 i C6) oraz stabilizatorami napięcia stałego. Kondensatory C3 i C8 poprawiają zdolność stabilizatorów do tłumienia tętnień napięcia.

Napięcie wyjściowe tych stabilizatorów wynosi niecałe 14V, przez co maksymalna amplituda napięcia wychodzącego z wtórnika to ok. 10V. Taka wartość jest aż nadto wystarczająca do poprawnego przeniesienia sygnału wytwarzanego przez popularne urządzenia, takie jak odtwarzacze CD czy karty dźwiękowe komputerów. Pasmo przenoszenia jest bardzo szerokie – od zera (składowa stała) do ok. 3MHz.

Montaż i uruchomienie

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

Wszystkie użyte elementy są w obudowach przeznaczonych do montażu przewlekane (THT), więc z polutowaniem tego układu nie będą mieli problemu nawet początkujący elektronicy. Widok płytki obsadzonej podzespołami przedstawia **fotografia 1**. Układy US2 i US3 są tylko lekko ciepłe w czasie pracy układu, więc nie wyma-

gają dodatkowego chłodzenia w postaci np. radiatora.

Jeżeli wszystkie elementy znalazły się na swoich miejscach, a układ US1 został wsadzony w podstawkę, jakiegokolwiek czynności uruchomieniowej nie są wymagane. Zasilanie układu może się odbywać napięciem przemiennym (z transformatora sieciowego o symetrycznych uzwojeniach) lub stałym. W tym pierwszym przypadku wartość napięcia skutecznego uzwojeń wtórnych transformatora powinna wynosić od 15V do 27V – pierwsza wartość jest podyktowana minimalnym spadkiem napięcia na stabilizatorach, a druga wytrzymałością napięciową stabilizatorów. Jeżeli zaś istnieje możliwość doprowadzenia do zacisków złącza J3 symetrycznego napięcia stałego, to powinno wynosić ono od 19V do 38V.

Pobór prądu nie zależy od napięcia zasilającego i wynosi ok. 20mA warto-



Wykaz elementów

R1,R5	.....	1MΩ 0,25W
R2,R3,R6,R7,R10,R12	.....	1kΩ 0,25W
R4,R8,R9,R11	.....	100Ω 0,25W
C1,C6	.....	2200µF/50V THT raster 7,5mm
C2,C5,C7,C10	.....	100nF THT raster 5mm
C3,C4,C8,C9	.....	22µF/25V THT raster 2,5mm
B1	.....	.KBL10
US1	.....	.TL082 DIP8
US2	.....	.LM317 TO220
US3	.....	.LM337 TO220
J1-J3	.....	.ARK3 5mm
Podstawka DIP8		

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w Sklepie AVT jako zestaw AVT3258

ści skutecznej. Taki prąd płynie przez oba zaciski AC złącza J3. Do złącza J1 podłącza się sygnał wejściowy, a z J2 odbiera sygnał wyjściowy.

Michał Kurzela

michal.kurzela@ep.com.pl

AVT 1830 Sygnalizator temperatury do pieca CO

- pomiar temperatury w zakresie -55...+125 °C,
- sygnalizacja przekroczenia ustawionej temperatury granicznej
- sygnalizacja optyczna i dźwiękowa oraz wyjście przekaźnikowe
- doskonale sprawdzi się jako wskaźnik temperatury pieca C.O.
- w zestawie komplet elementów wraz z obudową z panelem frontowym oraz wodoodpornym czujnikiem
- zasilanie: 9...14VDC, 200mA;

Temperatura zmierzona: 28.6°C ± 80°C
Zarejestrowana wartość skrajna: 87.0°C ± 10°C
Górna wartość graniczna: 80°C
Dolna wartość graniczna: 10°C

YouTube

Wielofunkcyjne obciążenie aktywne, czyli układ do marnowania energii

Przyrząd warsztatowy służący do testowania zasilaczy, baterii i akumulatorów.

Do czego to służy?

W pracowni elektronika zdarza się, że istnieje potrzeba sprawdzenia zbudowanego właśnie zasilacza, sprawdzenia akumulatorów itp. W najprostszym wypadku wystarczy proste obciążenie, na przykład rezystor dużej mocy, żarówka itp. Jednakże w taki prosty sposób nie wszystko możemy prawidłowo sprawdzić. A jak przetestować zasilacze stałoprądowe? Tu już potrzebne jest obciążenie utrzymujące stałe napięcie, niezależnie od płynącego prądu.

Prezentowany w artykule układ to obciążenie aktywne mogące pracować w trzech trybach:

- stałego prądu, a więc pobierające z testowanego układu zasilającego stały prąd,
- stałego napięcia, czyli będące czymś w rodzaju diody Zenera dużej mocy o regulowanym napięciu,
- stałej rezystancji, symulujące po prostu rezystor dużej mocy.

Jak to działa?

Schemat ideowy pokazany jest na **rysunku 1**. Układ zasilany jest z zasilacza podłączonego do złącza J2. Potrzebne dla układu napięcia wytwarzane są w klasycznych układach ze stabilizatorami U1 i U3 oraz przez źródło napięcia odniesienia U6.

Zastosowanie dwóch stabilizatorów pozwala na zasilanie wzmacniaczy operacyjnych napięciem 15V, wyższym niż wymagane do zasilania wentylatora chłodzącego (12V). Z ta-

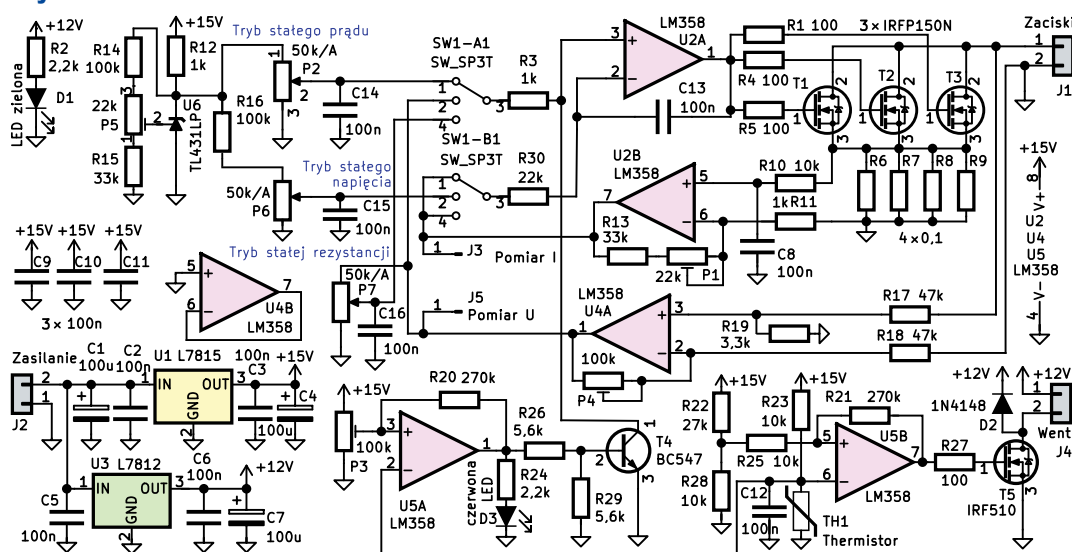


kiego rozwiązania wynikała też pewna korzyść – generujący potencjalne zakłócenia wentylator jest odizolowany od zasilania pozostałej części układu.

Najważniejszym blokiem jest układ zbudowany na trzech wzmacniaczach operacyjnych – U2A, U2B i U4A. Wzmacniacz U2A pracuje w roli komparatora (a w zasadzie integratora, ale o tym dalej), porównując napięcia na swoich wejściach i odpowiednio do tego sterując tranzystorami MOSFET. Do porównania wykorzystywane są sygnały wybierane za pomocą przełącznika SW1 w zależności od trybu pracy.

Przy *pozycji górnej na schemacie układ pracuje w trybie stałego prądu*. Na wejście nieodwracające układu U2A podawane jest napięcie regulowane z potencjometru P2, zaś na wejście odwracające napięcie z wyjścia wzmacniacza U2B. Wzmacniacz ten zastosowano w celu wzmocnienia sygnału z bocznika prądowego zbudowanego na rezystorach R6–R9. Wybrano takie rozwiązanie, aby na rezystorach uzyskać mały spadek napięcia, przez co urządzenie może pracować już przy niewielkich napięciach testowych. Do sterowania można też dzięki temu wykorzystać napięcie o większej wartości, co byłoby niemożliwe bez zastosowa-

Rys. 1



nia tego wzmacniacza i jednocześnie przy boczniku prądowym o małej rezystancji. Co prawda prawie cała moc wydzielą się wtedy na tranzystorach MOSFET, ale przy obecnych parametrach tych elementów i odpowiednim ich chłodzeniu nie jest to problemem. Układ zatem pracuje jako regulowane źródło prądowe.

W *położeniu środkowym na schemacie układ pracuje w trybie stałego napięcia*. Na wejście 3 wzmacniacza U2A podawany jest sygnał z wyjścia wzmacniacza U4A, zaś na wejście 2 – regulowane napięcie z potencjometru P6.

Wzmacniacz U4A wzmacnia napięcie podawane z wejścia przez dzielnik R17 i R19. Jest to wzmacniacz różnicowy, mierzący napięcie bezpośrednio na zaciskach testowych (J1), co umożliwia pominięcie w pomiarze spadku napięcia na boczniku prądowym. Zatem mamy teraz układ stabilizatora o regulowanym napięciu (a więc regulowaną diodę Zenera dużej mocy).

W *dolnym na schemacie położeniu przełącznika układ jest „regulowanym rezystorem” dużej mocy*. Na wejście nieodwracające U2A podawane jest regulowane napięcie z potencjometru P7. Jednakże napięcie nie jest pobierane ze źródła napięcia odniesienia, a z wyjścia wzmacniacza U4A, mierzącego napięcie testowe.

Na wejście odwracające układu U2A podawane jest napięcie z wyjścia U2B proporcjonalne do płynącego przez obciążenie prądu. Mamy zatem znów źródło prądowe, podobnie jak w pierwszym przypadku, ale o wartości prądu regulowanej przez testowe napięcie. Czym wyższe napięcie na wejściu J1, tym większy prąd płynący przez obciążenie aktywne. A zgodnie z prawem Ohma tak zachowuje się rezystor.

Osoby znające się na układach z tranzystorami MOSFET może zdziwić dość wysoka wartość rezystorów bramkowych. Nie przeszkadza ona w tym układzie ze względu na występowanie tranzystorów sygnałem statycznym, więc też nie trzeba szybko przeładowywać pojemności bramkowych. Wartość taka została przyjęta podczas testów, ponieważ niska wartość rezystancji powodowała oscylacje w układzie.

Z powodu oscylacji również U2A, który powinien być komparatorem, został zamieniony w integrator, który w zasadzie też jest komparatorem, ale o powolnym narastaniu lub opadaniu napięcia na jego wyjściu.

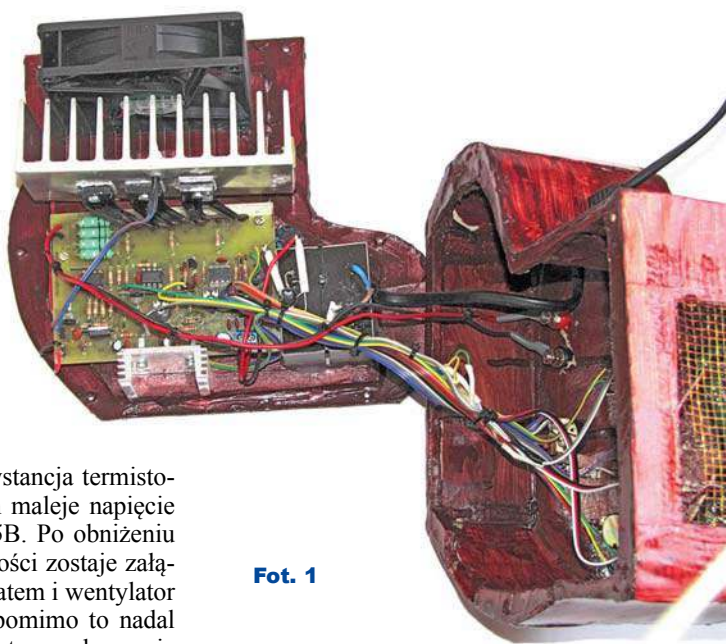
Prezentowany układ ma dwustopniowe zabezpieczenie przed przegrzaniem. W miarę wzrostu temperatury maleje rezystancja termistora TH1 (NTC), a zatem maleje napięcie na wejściu 6 układu U5B. Po obniżeniu poniżej ustawionej wartości zostaje załączony tranzystor T5, a zatem i wentylator chłodzący układ. Jeśli pomimo to nadal będzie wzrastać temperatura, włączy się tranzystor T4, zwierając wejście nieodwracające układu U2A do masy, a więc wyłączając obciążenie.

Aby tak się stało, próg zadziałania wraz z histerezą układu U5A powinien być ustawiony wyżej niż układu U5B.

Montaż i uruchomienie

Układ można zmontować na płytce drukowanej z **rysunku 2**. Dokumentacja płytki jest umieszczona w Elportalu (pliki projektu zostały utworzone w programie KiCad 5.0.0).

Montaż układu jest tradycyjny i nie wymaga omawiania. Na początku jedynie dla własnej wygody należy pamiętać o kilku wskazówkach. Co do montażu tranzystorów T1, T2 i T3 – można pójść dwiema drogami: w przypadku budowy urządzenia o stosunkowo niewielkiej



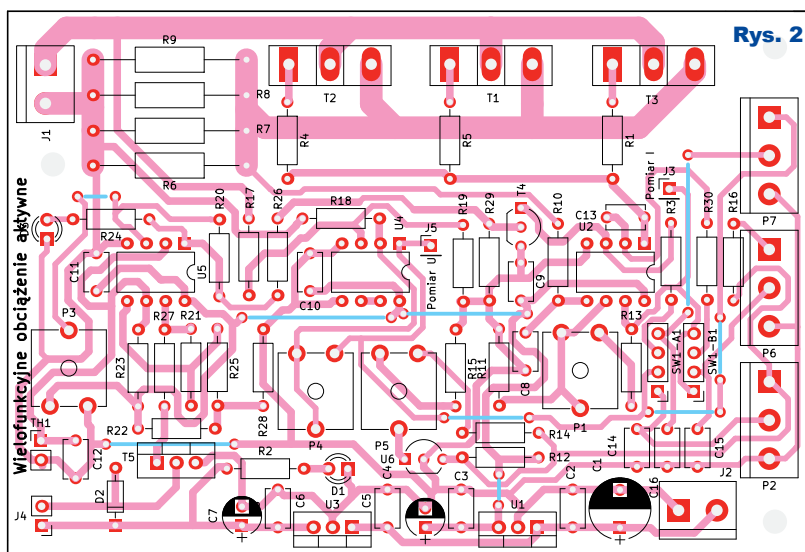
Fot. 1

mocy tranzystory te można wlutować w płytkę i do nich przykręcić odpowiednio dobrany radiator. W przypadku urządzenia o dużej traconej mocy sensowne może być podłączenie tranzystorów do PCB, po ich przykręceniu do radiatora, za pomocą krótkich odcinków izolowanego przewodu. Pozwoli to zastosować radiator o dużych gabarytach i wyeliminuje ewentualne obciążenia mechaniczne nóżek tranzystorów.

Na **fotografii 1** przedstawiono zmontowany układ.

Maksymalna moc, z którą może pracować prezentowany układ, zależy od kilku elementów: tranzystorów T1–T3, rezystorów bocznika prądowego R6–R9, połączeń pomiędzy nimi oraz od skuteczności zastosowanego systemu chłodzenia. Można oczywiście użyć innych tranzystorów oraz innej ich liczby, pamiętając jednak o maksymalnych parametrach, które chcemy uzyskać. Rezystory R6–R9 muszą być o odpowiedniej mocy – i tu również można zastosować większą ich liczbę.

Dla elementów współpracujących ze wzmacniaczem U2B jak na schemacie należy zastosować takie rezystory bocznika prądowego, aby ich łączna wartość wynosiła 0,025Ω. Przy takich wartościach zakres przetwarzania wzmacniacza wynosi



Rys. 2

1V/A. Oczywiście dla większych prądów trzeba odpowiednio zmodyfikować wartości elementów, gdyż brakłoby zakresu. To samo tyczy się wzmacniacza napięcia U4A – tu na schemacie zakres przetwarzania wynosi 0,1V/V.

Dla większych prądów ścieżki na płycie muszą być pogrubione.

Należy zwrócić uwagę na chłodzenie tranzystorów mocy. Radiator i wentylator muszą odprowadzić całą moc, którą układ pobierze z testowanego systemu zasilania. Wiąże się to też z koniecznością montażu układu w dobrze wentylowanej obudowie.

Jako zasilanie najlepiej wykorzystać fabryczny zasilacz o napięciu 18–25VDC i prądzie ok. 500mA.

W modelu zastosowano transformator sieciowy łącznie z mostkiem i kondensatorami, jednakże przy takim zasilaniu należy postępować z ostrożnością ze względu na obecność napięcia 230VAC.

Układ w celu prawidłowego działania wymaga kilku regulacji. Do tego celu potrzebować będziemy dwóch multimetrów.

W pierwszym kroku ustawiamy za pomocą potencjometru P5 napięcie na katodzie U6 równe 10,0V. Potencjometry regulacyjne P2 i P7 oraz potencjometr montażowy P3 ustawiamy w dolnym na schemacie położeniu, potencjometr P6 w górnym. Przełącznik SW1 ustawiamy w położeniu trybu stałego prądu.

Następnie do zacisków J1 podłączamy jakieś źródło zasilania, najlepiej wyposażone w ograniczenie prądowe. W szereg włączamy amperomierz. Za pomocą potencjometru P2 ustawiamy prąd płynący przez układ np. 1A. Kręcąc potencjometrem montażowym P1, doprowadzamy do zgodności wartości napięcia na wyjściu wzmacniacza U2B z wartością prądu wskazywanego przez amperomierz (1V powinien odpowiadać wartości 1A). Oczywiście przy kręceniu tym potencjometrem zmieniać się będzie wskazywany przez amperomierz prąd ze względu na zmieniające się wzmocnienie wzmacniacza. Nie jest to ważne. Ważne jest uzyskanie zgodności wskazań.

Teoretycznie nie byłoby to aż tak istotne, jednakże dzięki takiemu wyskalowaniu możemy do wyjścia wzmacniacza U2B podłączyć woltomierz (jak w modelu) i dzięki temu mieć odczyt prądu bez przeskalowywania tegoż woltomierza.

W kolejnym kroku podłączamy woltomierz równolegle z zasilaniem testowym, wartość prądu możemy ustawić potencjometrem P2 na 0. Ustawiamy teraz na wyjściu wzmacniacza U4A napięcie równe 0,1 napięcia testowego. Cho-

dzi tu o zakres – gdybyśmy wyskalowali jako 1V/V, to maksymalny zakres pomiarowy wyniosłby może około 12V, a tak mamy 10-krotnie większy.

Pozostało jeszcze do ustawienia zabezpieczenie przed przeciążeniem. Aby termistor TH1 miał dobre sprzężenie termiczne z radiatorem, można umieścić go w nawierconym w radiatorze otworze wypełnionym pastą termoprzewodzącą. O ile próg włączenia wentylatora jest ustawiony na stałe (nic nie stoi na przeszkodzie, aby zamiast R22 i R28, które zostały dobrane eksperymentalnie, wstawić potencjometr), o tyle próg zadziałania, nazwijmy to wyłącznika bezpieczeństwa, jest regulowany.

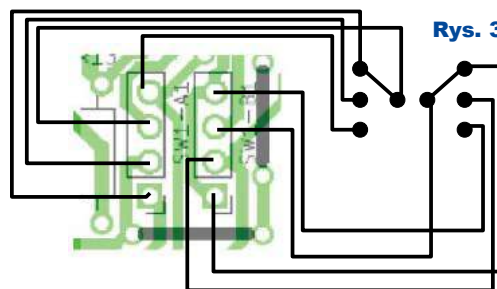
Wykonujemy to następująco: podłączamy do naszego układu zasilanie testowe i w trybie np. stałego prądu obciążamy je. Czym wyższe napięcie i prąd obciążenia testowego źródła zasilania, tym większa wydzielana moc i szybsze nagrzewanie się radiatora. Wentylator na razie umieszczamy tak, aby nie chłodził radiatora. Po pewnym czasie ten wentylator się włączy. Jako że radiator nie jest chłodzony, jego temperatura będzie rosła (pamiętajmy, że musimy wydzielić w układzie taką moc, aby temperatura radiatora mogła osiągnąć wysoką wartość). Gdy temperatura wzrośnie do wartości przy której układ powinien się wyłączyć wtedy, kręcąc powoli potencjometrem P3, ustawiamy próg, kiedy zaświeci dioda LED D4 (jednocześnie zostanie wyłączone obciążenie).

Po tych czynnościach układ możemy uznać za gotowy do pracy.

Jak wspomniałem, układ należy umieścić w dobrze wentylowanej obudowie – jej wybór zależy od gustu konstruktora. W moim przypadku jest ona sklejona z wielu warstw... papieru oraz grubej tektury i polakierowana. Może nie jest to dobry wybór, jeśli chodzi np. o odporność na temperaturę, ale jestem pasjonatem gatunku S-F, zatem chciałem wykonać coś niestandardowego. Stąd też specyficzne oznaczenia na płycie czołowej.

Osoby bardziej zaawansowane mogą bez problemu zmieniać elementy w układzie, zależnie od wymaganych parametrów, zwłaszcza że układ nie jest zbyt skomplikowany.

Jako wskaźniki zostały w układzie modelowym zastosowane woltomierze typu DSN-DVM-568, ale ze zmodyfikowanym obwodem wejściowym – wstawione zostały zamiast dzielnika wejścio-



Rys. 3

wego potencjometru w celu ustawienia prawidłowych wskazań, gdyż kupione woltomierze nie pokazywały dokładnej wartości. Można je dołączyć do masy i punktów oznaczonych na schemacie jako „Pomiar U” (J5) i „Pomiar I” (J3).

Płyta drukowana widoczna na rysunku 2 różni się nieco od układu modelowego ze względu na niewielkie modyfikacje.

Na rysunku 3 przedstawiono sposób podłączenia przełącznika sposobu pracy do płytki drukowanej.

Jaroslav Tarnawa
jaroslav.trn@gmail.com

Wykaz elementów

R1, R4, R5, R27.....	100Ω
R2, R24.....	2,2kΩ
R3, R11, R12.....	1kΩ
R6–R9.....	0,1Ω (moc wg opisu w tekście)
R10, R23, R25, R28.....	10kΩ
R13, R15.....	33kΩ
R14, R16.....	100kΩ
R17, R18.....	47kΩ
R19.....	3,3kΩ
R20, R21.....	270kΩ
R22.....	27kΩ
R26, R29.....	5,6kΩ
R30.....	22kΩ
P1, P5.....	potencjometr montażowy 22kΩ
P3, P4.....	potencjometr montażowy 100kΩ
P2, P6, P7.....	potencjometr 50k Ω/A
C1.....	100u/35 V
C2, C3, C5, C6, C8–C16.....	100 n / 50 V ceramiczny
C4, C7.....	100u/25 V
D1.....	LED zielona 3 mm
D2.....	1N4148
D3.....	LED czerwona 3 mm
T1 – T3.....	IRFP150N (patrz tekst)
T4.....	BC547C
T5.....	IRF510 lub podobny
U1.....	7815
U2, U4, U5.....	LM358
U3.....	7812
U6.....	TL431
SW1 ..	przełącznik obrotowy 2-sekcyjny, 3-położeniowy
TH1.....	termistor NTC 10kΩ
Radiator (patrz tekst)	
Wentylator 12 VDC	
Ewentualne woltomierze (pomiar napięcia i prądu)	

AVT 1945 Moduł komfortowych kierunkowskazów

Działanie modułu komfortowych kierunkowskazów polega na tym, że po włączeniu kierunkowskazu choćby na ułamek sekundy odpowiednia strona mrugnie trzy razy.

Jeśli włączymy kierunkowskaz na jedno, lub dwa „mignięcia”, sterownik uzupełni działanie wybranego kierunkowskazu do pełnych trzech mrugnięć.

W nowszych autach jest to funkcja standardowa, w starszych autach można taką funkcjonalność dodać dotychczasając prezentowany moduł.



Wybrane parametry:

- napięcie zasilania 9...18V
- mały pobór prądu – poniżej 1mA w stanie czuwania
- łatwy montaż w instalacji auta
- dedykowana obudowa Z68U
- wymiary płytki: 58×42mm

Znajdź nas na



E-prenumerata to:

- najszybszy dostęp do nowego wydania magazynu
- wygodne archiwum na www.avt.pl
- hipertekstowy spis treści i wyszukiwarka
- wbudowane linki – klikasz i jesteś na odpowiedniej stronie WWW

Zamów e-prenumeratę (.pdf) na www.avt.pl/prenumerata/elektroniczne

Prenumeratorzy
wersji drukowanej
za równoległe e-wydania
płacą tylko 20% ceny:
20,60 zł/rok
i 41,20 zł/2 lata



e-prenumerata
roczna z rabatem

15% – 87,70 zł

e-prenumerata
dwuletnia z rabatem

30% – 144,40 zł

Wolisz wersję papierową? Zamów prenumeratę na www.avt.pl/prenumerata/drukowane

Ratowanie starych odbiorników lampowych

Bateryjne odbiorniki radiowe

część 1



W dotychczasowych artykułach starałem się choć trochę przybliżyć działanie i budowę części wchodzących w skład odbiorników lampowych. Opisywałem sposoby naprawy i regeneracji części oraz ciekawsze przypadki naprawy odbiorników. Wykazywałem, jaki wpływ na działanie odbiornika ma dobór części zamiennych.

Ostatnio uświadomiłem sobie, że zbyt mało czasu poświęca się... *lampowym odbiornikom bateryjnym*. Postaram się więc nadrobić zaniedbanie i w dwóch odcinkach przybliżyć je młodemu Czytelnikowi.

Historia radioodbiorników bateryjnych jest bardzo interesująca. Stanowiły one znaczną część produkowanego sprzętu radiowego, a dziś pokrewne urządzenia mobilne spełniają w naszym życiu ogromnie ważną rolę. Jednak wiele lat temu odbiorniki bateryjne wcale nie były mobilne. Były to *radioodbiorniki bateryjne stacjonarne* przeznaczone do użytku w domu. I na pewno nie zasługiwały na miano przenośnych. **Fotografia 1** pokazuje przedwojenny radioodbiornik Elek-

trit Allegro, który w sezonie 1928/1939 był produkowany w wersjach bateryjnej, sieciowej i uniwersalnej.

Przed II wojną światową i kilkanaście lat po niej duża część naszego kraju nie była objęta elektryfikacją. Ludziom, którzy nie mieli prądu elektrycznego, tylko odbiorniki bateryjne lub detektorowe umożliwiały odbiór nadawanych audycji. Przed wojną dominowały proste odbiorniki o bezpośrednim wzmocnieniu jedno- lub kilku obwodowe. Wśród nich do lepszych należały odbiorniki nazywane „reakcyjnikami”, o których pisałem wcześniej. Odbiorników superheterodynowych produkowano znacznie mniej, gdyż były dużo droższe i tylko bogatych było stać na ich zakup. Cena dobrego aparatu radiowego często przekraczała równowartość 2–3 miesięcznych pensji. Dlatego wielu ludzi kupowało tanie radia detektorowe albo proste odbiorniki dwu- lub trzylampowe. Albo odbiorniki sieciowe, albo właśnie bateryjne, zależnie od dostępu do sieci energetycznej.

Zewnętrznie radia sieciowe i bateryjne w zasadzie się nie różniły. Jedyną ważną różnicą polegała na sposobie zasilania oraz związanej z tym obsadzie lamp. Odbiornik sieciowy miał kabel zasilający zakończony typową wtyczką, natomiast odbiornik bateryjny miał kabel zasilający, składający się z czterech giętkich przewodów. Dwa z nich były zakończone wtyczkami bananowymi – czarną lub brązową do podłączania minusa baterii anodowej i czerwoną do podłączenia plusa baterii. Pozostałe dwa przewody były zakończone wtykami widelkowymi: czarnym, przykręconym do minusa akumulatora i czerwonym lub żółtym przykręconym do plusa.

Akumulatory do odbiorników bateryjnych były produkowane jako 2- lub 4-woltowe, umieszczone w szklanych grubościennych prostokątnych naczyniach. Wyprowadzenia elektrod zakończone były śrubami z ząbkowanymi lub motylkowymi nakrętkami. Bateria anodowa 120V składała się z osiemdziesięciu 1,5-woltowych okrągłych

Fot. 1

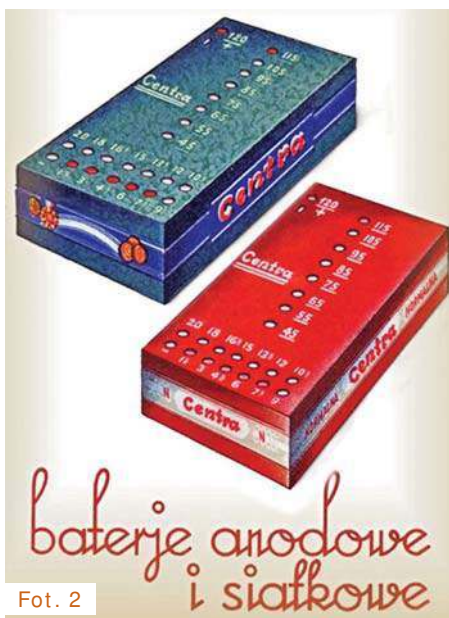


ogniów umieszczonych w prostokątnym pudełku z grubej tekstury z napisami Centra (**fotografia 2**), o wymiarach około 16×22×7cm. Z wierzchu bateria była zalana twardą smolą i przykryta tekturną płytką. W płycie były otwory odsłaniające gniazda z napięciami: +75V, +84V, +94V, +105V i +120V (wymary i napięcia podaję w przybliżeniu, gdyż odtwarzam je z pamięci). Czarną wtyczkę wkładano do gniazda 0 lub „-” a czerwoną do gniazda +75 albo +84V i w miarę zużywania baterii przekładano na coraz wyższe napięcie, aż do całkowitego jej zużycia. Zużyte baterie wyrzucano na śmietnik, a często nawet w dowolne miejsce. Jeszcze niedawno widziałem przy leśnej drodze resztki takiej baterii. W zależności od modelu radia i sposobu jego używania bateria starczała na jeden do kilku miesięcy, natomiast akumulator należało okresowo ładować.

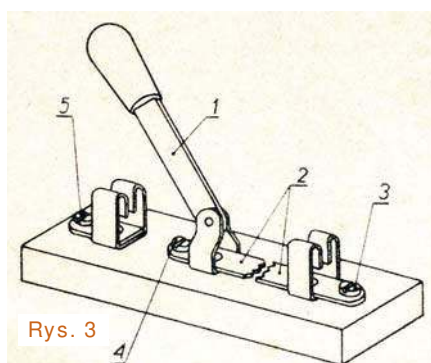
Kilka lat po wojnie zaczęły się pojawiać trochę mniejsze baterie BAS80, które miały tylko jedno napięcie 80V. Do odbiornika bateryjnego musiało być osobne miejsce na akumulator i baterię.

Aby uzyskać dobry odbiór, musiało być wykonane dobre uziemienie oraz antena zewnętrzna z linki miedzianej, o długości 20–30m, zawieszona możliwie jak najwyżej, oczywiście na izolatorach. Stare radia nie miały anteny ferrytowej (ferryty pojawiły się dopiero po wojnie), dlatego konieczna była antena zewnętrzna. Do wyposażenia należał również przełącznik antenowy (**rysunek 3**), umieszczany najczęściej na futrynie okiennej. Podczas burzy pozwalał on uziemić antenę.

Jak widać z tego opisu, użytkowanie radia bateryjnego było nie tylko dużo droższe niż sieciowego, ale wymagało również poświęcenia więcej czasu na obsługę.



Fot. 2



Rys. 3

Rys. 342. Przełącznik antenowy:
1 — dźwignia, 2 — odgromnik, 3 —
styk uziemienia, 4 — styk anteny,
5 — styk odbiornika.

Po wojnie, jeszcze przez kilka lat produkowano odbiorniki detektorowe (kryształkowe). Przetrwało też wiele egzemplarzy przedwojennych. Po wojnie nie wznowiono produkcji aparatów o bez-

pośrednim wzmacnieniu, ale skupiono się na produkcji odbiorników superheterodynowych.

Pierwszy bateryjny odbiornik superheterodynowy Pionier B2 wyprodukowano w 1950r. w zakładach „Diora” w Dzierżoniowie. Była to trzyzakresowa (krótkie, średnie i długie), sześciobwodowa superheterodyna, zbudowana na lampach: 1R5T — mieszacz i oscylator, 1T4T — wzmacniacz częstotliwości pośredniej, 1S5T — detektor i wzmacniacz napięciowy oraz 3S4T — wzmacniacz mocy. Produkcja Pioniera (przykład na **fotografii 4**) trwała do roku 1958.

Następnym radiem bateryjnym wytwarzanym przez diorę był Juhas — produkowany w latach 1957–1964.

W latach 60. także w kraju dostępne były przenośne odbiorniki mającego długą tradycję w Polsce Philipsa. Fotografia tytułowa przedstawia (walizkowe — koffer) radio Anette.

Tego rodzaju odbiorniki bateryjne można wciąż kupić na aukcjach (**fotografia 5**) w różnych cenach, zależnych głównie od ich stanu. Czasem można znaleźć naprawdę atrakcyjne oferty.

Dalszy ciąg opowieści w następnym odcinku.



Jerzy Szymański
j.szymanski@wp.eu



Fot. 4



Fot. 5

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?

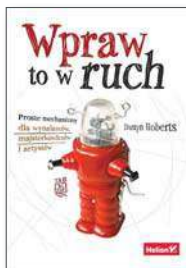
Odpowiedzi, koniecznie oznaczone dopiskiem

Jak10,

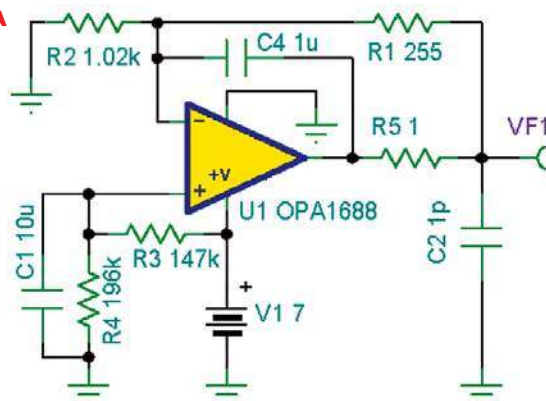
należy nadsyłać w terminie 45 dni od ukazania się tego numeru EdW.

Nagrodami w konkursie będą książki wydawnictwa Helion

Wpraw to w ruch.



Rysunek A



Rozwiązanie zadania *Jak to działa* z EdW 6/2019

W numerze 6/2019 przedstawiony był nieskomplikowany układ pokazany na rysunku B.

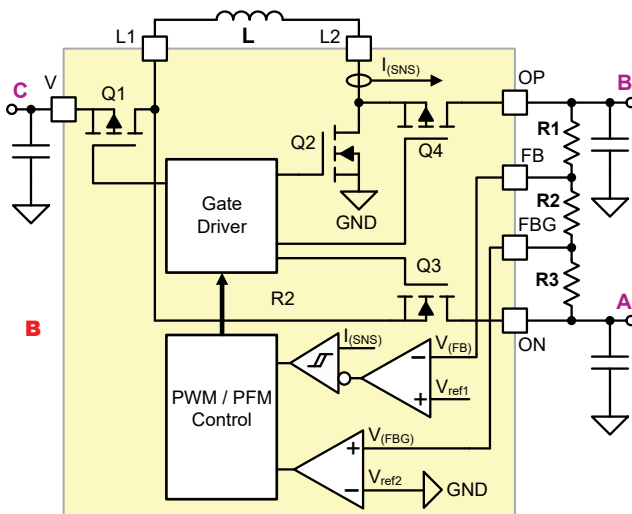
Jest to wersja przetwornicy SIMO, służąca do wytworzenia napięć symetrycznych względem masy.

SIMO to skrót *Single Input Multiple Output*. Z pojedynczego napięcia podawanego na punkt C otrzymujemy w punkcie B napięcie dodatnie względem masy, a w punkcie A uzyskujemy napięcie ujemne.

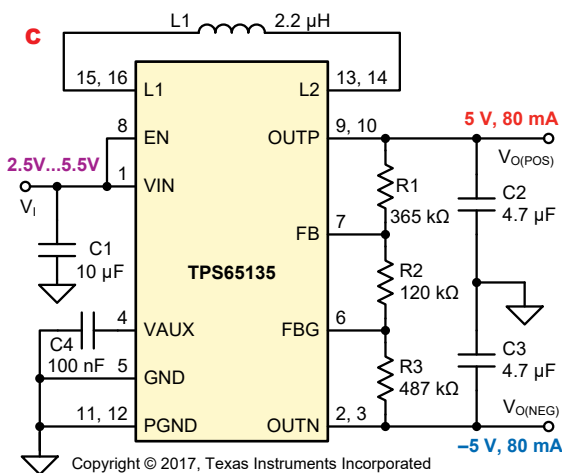
Rysunek B to fragment schematu wewnętrznego z karty katalogowej układu scalonego TPS65135 produkcji Texas Instruments. W tej karcie katalogowej znajdziemy też typowy układ aplikacyjny, pokazany na **rysunku C**. Mamy tu przetwornicę, która z pojedynczego napięcia 2,5...5,5V, w praktyce z jednego ogniwa Li-Ion 3,7V, wytwarza symetryczne napięcie $\pm 5V$, przy czym wydajność prądowa wyjść to 80 miliamperów.

Zadanie *Jak6* było niejako przedłużeniem rozwiązanego w numerze czerwcowym zadania *Jak2*, dotyczącego właśnie przetwornicy SIMO.

Jeżeli chodzi o rysunek B, to obecność cewki L wskazała, że chodzi o przetwornicę indukcyjną. Fakt, że do tej jednej cewki z jej dwóch stron dołączone są aż cztery MOSFET-y, świadczy, że nie jest to podstawowa wersja którejś prostej przetwornicy. Dwa wyjścia



A, B wskazują, że jest to jakaś odmiana przetwornicy SIMO (*Single Input Multiple Output*), jednak nie wcale niełatwo określić wszystkie szczegóły, nie znając sposobu sterowania MOSFET-ów.



Jednak znacznie łatwiej można było ustalić dalsze ważne szczegóły, analizując sposób dołączenia dzielnika R1, R2, R3.

Po pierwsze należało zauważyć, że napięcie z punktu oznaczonego FBG podawane jest na „dolny” komparator (wzmacniacz porównujący, wzmacniacz błęd), którego drugie wejście dołączone jest do masy. To wskazuje, że w punkcie FBG podczas pracy powinien występować potencjał masy, czyli napięcie równe zero. Pasuje to do skrótu FBG, gdzie FB to powszechnie stosowany skrót od słowa *Feedback* (sprzężenie zwrotne), a literka G pochodzi od *Ground* – masa.

Natomiast napięcie z punktu oznaczonego FB („zwykły” *Feedback*) podawane jest na „górny” komparator (wzmacniacz błęd), na którego drugie wejście podawane jest napięcie odniesienia, oznaczone V_{ref1} .

Te informacje wystarczyły do wyciągnięcia wniosku, że stosunek rezystorów R1/R2 decyduje o wartości napięcia dodatniego w punkcie B, natomiast stosunek rezystancji R3 do sumy $R1+R2$ wyznacza wartość napięcia ujemnego w punkcie A.

Pomocą w rozwiązaniu zagadki były też oznaczenia OP, ON, które można było łatwo skojarzyć z określeniami: *Output, Positive, Negative*.

Zagadki nie pomagał natomiast rozwiązać sposób włączenia czterech MOSFET-ów. Otóż cztery MOSFET-y stosuje się w klasycznej

nych przetwornicach *buck-boost* według **rysunku D**, które zależnie od sposobuysterowania tych tranzystorów mogą pełnić albo funkcję przetwornic obniżających, albo podwyższających. Tak, ale w ten sposób budowane są przetwornice z pojedynczym wyjściem, a nie przetwornice SIMO.

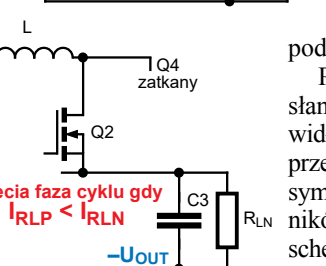
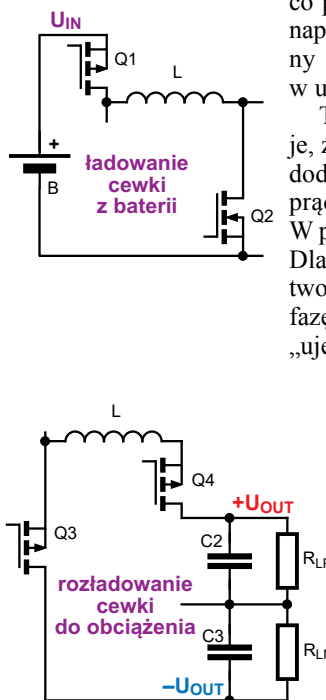
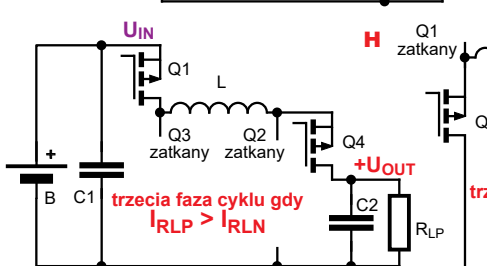
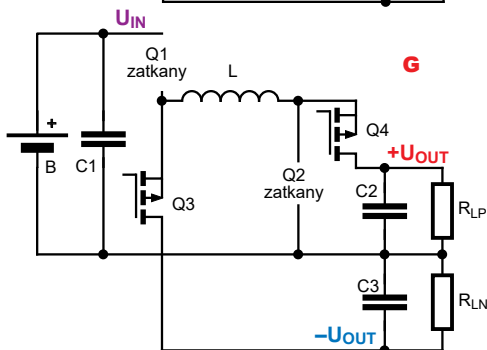
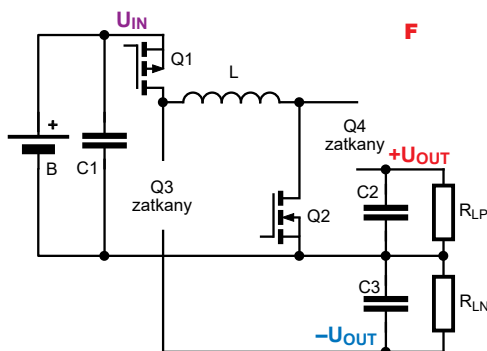
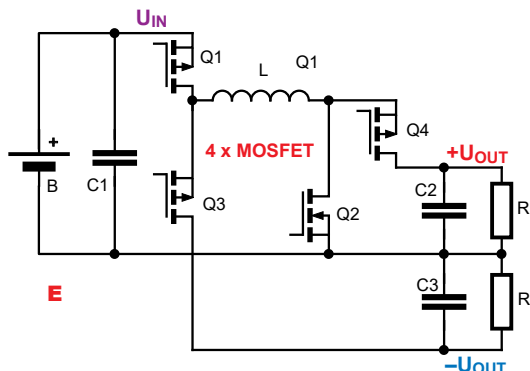
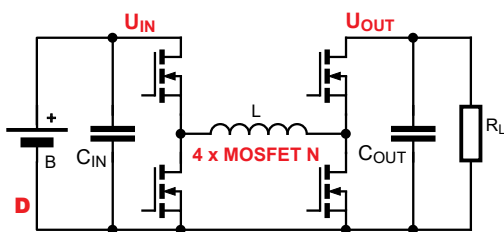
Jak wskazuje rysunek B, w analizowanym rozwiązaniu konfiguracja tranzystorów jest inna. Można ją przerysować do nieco lepiej czytelnej wersji, pokazanej na **rysunku E**.

Niestety sam schemat z rysunku B, niezależnie od sposobu narysowania, nie zdradza do końca sposobu działania. Nie wiadomo bowiem, jak sterowane są MOSFET-y. A zależnie od tego, działanie tego samego układu będzie odmienne. Dlatego wnioski mogą być nietrafne.

Jeden z najwiedzielszych uczestników stwierdził: *Do wytworzenia dodatniego napięcia służą wewnętrzne mosfety Q2 i Q4, zaś do ujemnego mosfety Q1 i Q3. Układ rezystorów R1, R2 i R3 wytwarza dwa napięcia referencyjne FB (feedback) do regulacji napięcia dodatniego, zaś FBG (feedback ground) do ujemnego. (...) Napięcia FB i FBG sterują PWM (pulse width modulation) lub PFM (pulse frequency modulation), które za pośrednictwem sterowników bramek sterują odpowiednio wspomnianymi mosfetami Q1...Q4.*

Inny uczestnik napisał: *W czasie pracy na wyjście B w pierwszej części cyklu cewka ładowana jest przez otwarte Q1 i Q2 (Q3 i Q4 są zatkane). W drugiej części cyklu zamyka się Q2, a otwiera Q4 i cewka dostarcza energię na wyjście B.*

Przy pracy na wyjściu A w pierwszej części cyklu cewka ładowana jest przez Q1 i Q2 (Q3 i Q4 są zatkane). W drugiej części cyklu zamyka się Q1, a otwiera Q3 i cewka przekazuje energię do wyjścia A.



Dokładne wyjaśnienie zawiera karta katalogowa kostki TPS65135. Okazuje się, że mamy do czynienia ze specyficzną odmianą... przetwornicy odwracającej!

Tak, przetwornicy odwracającej! Jak wiadomo, choćby z cyklu o przetwornicach, jej zasada działania polega na tym, że w pierwszej fazie cyklu cewka jest ładowana rosnącym prądem pobieranym z baterii, a obwód wyjściowy jest odłączony. Tę fazę pracy w analizowanej przetwornicy pokazuje **rysunek F**. W drugiej fazie cyklu bateria jest odłączona, a energia zgromadzona w indukcyjności cewki jest przekazywana na wyjście do obciążenia. Jest to zilustrowane na **rysunku G**. Ważną zaletą przetwornicy odwracającej jest to, że napięcie wyjściowe może być mniejsze albo większe od wejściowego,

co pozwala uzyskać potrzebne napięcia wyjściowe bez zmiany konfiguracji (wymaganej w układzie z rysunku D).

Tak, ale rysunek G wskazuje, że prąd pobierany z wyjścia dodatniego musi być równy prądowi wyjścia ujemnego. W praktyce nie zawsze tak jest. Dlatego w omawianej przetwornicy przewidziano trzecią fazę cyklu pracy, gdy prądy „ujemny” i „dodatni” nie są równe. W tej trzeciej, pomocniczej części cyklu włączane są albo tranzystory Q1, Q4, albo Q2, Q3, zależnie od wartości prądów wyjściowych. Ta trzecia faza cyklu zapewnia prawidłową pracę, gdy jeden z prądów jest dwa razy większy od drugiego. Takich szczegółów na pewno nie można się domyślić na podstawie schematu ideowego.

Praktycznie wszystkie nadesłane odpowiedzi były prawidłowe: stwierdziliście, że to przetwornica SIMO z wyjściem symetrycznym. Dwóch uczestników podało dodatkowo, że schemat pochodzi z karty katalogowej TPS65135. Nagrody-upominki: cenne książki wydawnictwa WKiŁ: **Mark Owen**, **Przetwarzanie sygnałów w praktyce**, otrzymują: **Rafał Stanisławski** – Kraków, **Jerzy Piątek** – Kamień, oraz **Jakub Płasek** – Tomaszówka.

Wszyscy uczestnicy zostają dopisani do listy kandydatów na bezpłatne prenumeraty.

Zadanie CoTo1910

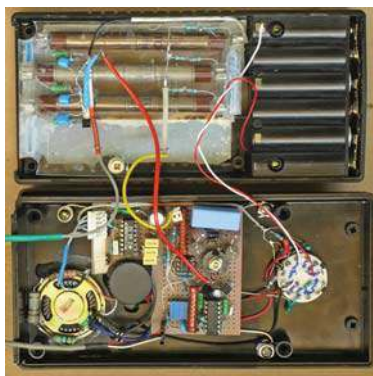
Zadanie konkursowe brzmi:
Co przedstawia zamieszczona obok fotografia?

Prosimy o krótkie odpowiedzi. Można jednak dołączyć zwięzłe uzasadnienie lub potwierdzenie (dowód) albo też króciutki opis analizy zadania i poszukiwań. E-maile z odpowiedziami należy nadsyłać w ciągu miesiąca od ukazania się numeru na adres: konkursy@elportal.pl,

nie zapominając o podaniu adresu niezbędnego do wysyłki upominku.

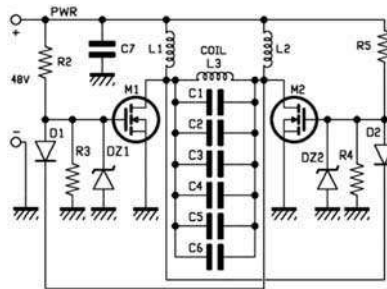
W tytule e-maila należy podać nazwę konkursu, numer zadania i własne nazwisko, np. CoTo1910Kowalski.

Wśród autorów prawidłowych odpowiedzi rozlosowane zostaną 3 kity AVT.



Rozwiązanie zadania CoTo1907

Rysunek z zadania CoTo1907 przedstawia schemat nagrzewnicy indukcyjnej (pieca indukcyjnego), zamieszczony w EdW 5/2019, na stronie 36.



Za prawidłowe odpowiedzi upominki w postaci kitów AVT otrzymują:

Ryszard Schmidt – Biecz,
Zygmunt Flisak – Opole,
Szymon Wójtowicz – Warszawa.

W najbliższych numerach EdW planujemy

EdW 11/2019

ESP8266 RC – zdalne sterowanie modelem przez sieć Wi-Fi

Wyjątkowy system radiowego sterowania modelem RC, w którym kontrolerem jest twój telefon komórkowy z systemem Android. A wszystko to zrealizowane zaskakująco prosto dzięki modułowi ESP8266.



EdW 12/2019

Termometr kąpielowy

Konstrukcja, która powstała po przeanalizowaniu aktualnej oferty rynkowej. Plon zadania głównego *Szkoły Konstruktorów* o numerze 269. Interesujący pomysł i jeszcze bardziej interesujące rozwiązanie, w tym zdalne, bezprzewodowe ładowanie wbudowanego akumulatora.



EdW 1/2020

Moja własna karta audio USB

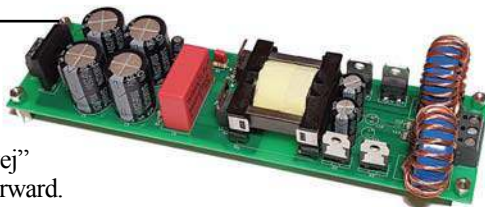
Przekonaj się, że dzięki kostce CM119 budowa komputerowej karty dźwiękowej wcale nie jest tak trudna, jak mogłoby się wydawać. Przy okazji poznaj pokrewne układy scalone C-Media, przydatne także w mniej tradycyjnych zastosowaniach.



W kolejce na publikację czekają m.in.:

Simple half-bridge SMPS

Przykład prostej „dwukierunkowej” przetwornicy forward.



Generator impulsów

Prezentowany generator wyróżnia się nie tylko elegancką obudową, ale też możliwością generowania bardzo krótkich impulsów.

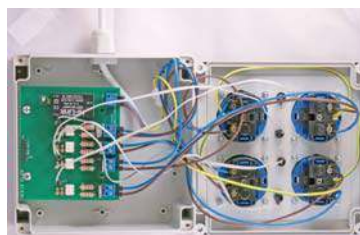
Solarna ładowarka akumulatorów żelowych

Spśród mnóstwa układów przeznaczonych do współpracy z panelami fotowoltaicznymi, ten znacząco się wyróżnia.



Przedłużacz Wi-Fi

Nie jest to przedłużacz łączy Wi-Fi, tylko przedłużacz „energetyczny” z czterema gniaздkami, sterowany bezprzewodowo przez Wi-Fi.



UWAGA! Zostań autorem krzyżówki!

Zachęcamy do nadsyłania krzyżówek – prostych a także bardziej skomplikowanych (edw@elportal.pl).

Mogą to być krzyżówki panoramiczne, jolki, kwadraty magiczne, łamigłówki, szarady i inne.

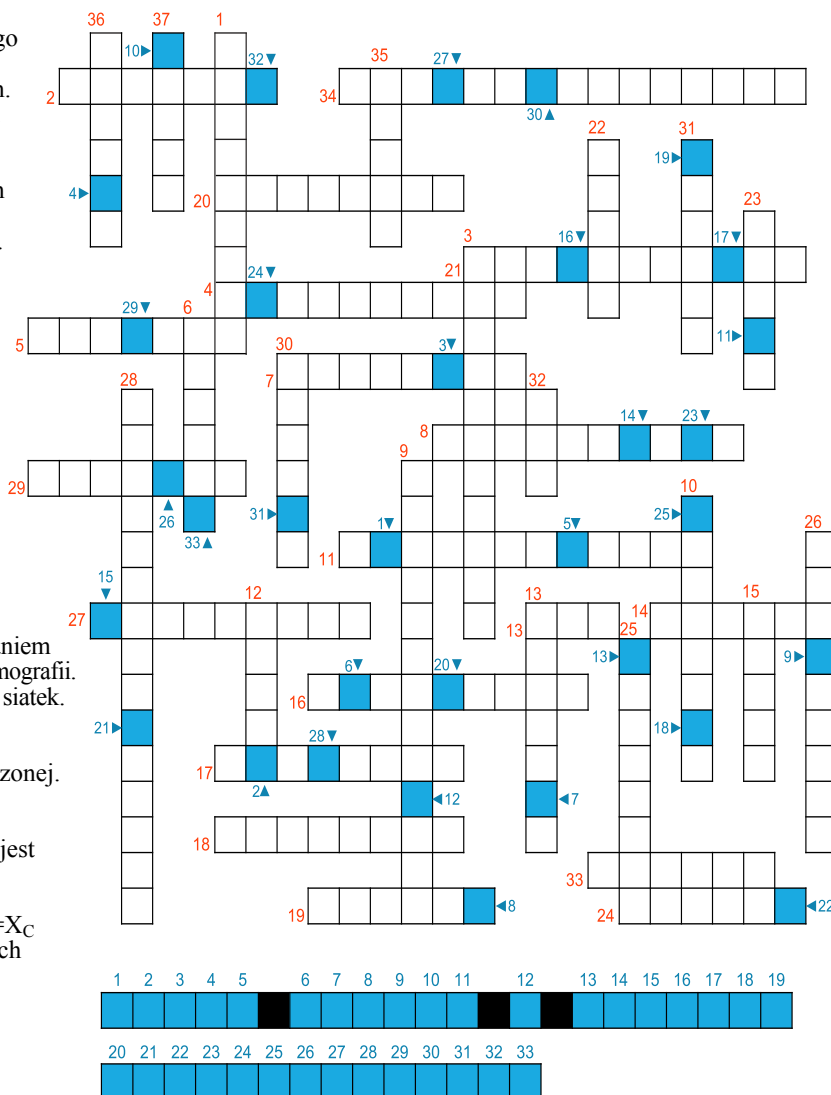
Nagrodą dla Autora będzie 6...18 miesięcy bezpłatnej prenumeraty EdW, (dla dotychczasowych prenumeratorów możliwość zamiany na inne pisma AVT).

Poziomo:

2. Lampa oporowa, służąca do stabilizacji prądu stałego lub przemiennego.
4. Przyrząd do obrazowania przebiegów elektrycznych.
5. Układ umożliwiający „odwracanie” impedancji to...
7. Obwód R, L, C to potocznie obwód...
8. Generator stosowany do modulacji
11. Antena nie wykazująca właściwości rezonansowych to antena...
13. Jednostka logarytmiczna wartości np. wzmocnienia.
14. Transzystor polowy z izolowaną bramką.
16. Zespół filtrów elektroakustycznych lub kolejowa...
17. Odtwarzacz płyt winylowych.
18. Lampa cyfrowa np. NIXIE to inaczej.
19. Filtr Loudness po polsku.
20. Bramka logiczna NOT.
21. Może być RS, D lub Schmitta
24. Może być hamująca, sterująca lub przyspieszająca.
27. Liczby typu a+1b to inaczej liczby...
29. Popularna lampa EL34
33. Do odbioru.
34. Amplitudowa lub częstotliwościowa.

Pionowo:

1. Element pasywny, którego jedną z własności jest temperaturowy współczynnik rezystancji.
3. Promieniowanie o długości fali między promieniowaniem widzialnym a falami radiowymi, wykorzystywane w termografii.
6. Lampa elektronowa posiadająca anodę, katodę i sześć siatek.
9. Jednostka [eV] energii w fizyce.
10. Przetwornik zmieniający prąd DC na AC.
12. Urządzenie wykorzystujące zjawisko emisji wymuszonej.
13. Dołączany równolegle do amperomierza.
15. Kwant promieniowania elektromagnetycznego.
22. Potocznie element, którego zasada działania oparta jest na zjawisku piezoelektrycznym.
23. Na przykład NE555
25. Zjawisko dla którego prawdziwa jest zależność $X_L = X_C$
26. Przyrząd służący do trwałego łączenia ze sobą innych elementów za pomocą Tinolu.
28. Zjawisko polegające na absorpcji fotonu i emisji elektronu to zjawisko...
30. Parametr Q określający właściwość solenoidu.
31. Dawny producent sprzętu audio.
32. Dioda świecąca.
35. Jako pierwszy wytworzył falę elektromagnetyczną.
36. Dopływa do niej ładunek ujemny.
37. Strumień pola magnetycznego.



Autorem krzyżówki jest **Michał Chmielewski** z Gielzowa.
Autor w nagrodę otrzymuje 12-miesięczną 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 120 zł pozwala zaoszczędzić kwotę równą cenie jednego numeru EdW.**
Uwaga!

Zniżki dotyczą wyłącznie zamówień osób prywatnych.

**Kupon
rabatowy
EdW
10/2019**

**Kupon
rabatowy
EdW
10/2019**

**Kupon
rabatowy
EdW
10/2019**

Rozwiązaniem krzyżówki z EdW 7/2019 jest hasło:

PRZETWORNICA STATYCZNA

Upominki w postaci kitów AVT otrzymują:

Artur Węgorowski – Ożarów, **Michał Szczepaniak** – Warszawa, **Karol Witusik** – Kraków.

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. **Krzyżówka1909Kowalski**. Listy powinny być opatrzone podobnym dopiskiem.

Uwaga! Przesyłając rozwiązanie krzyżówki, nie zapominajcie o podaniu w e-mailu pełnych danych adresowych. Ich 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.

EdW 10/2019 – lista osób nagrodzonych:

Andrzej Adamczyk..... Ostrowiec Św.
Jan Bojda.....
Edward Ciechanowicz... Biała Podlaska
Michał Chmielewski Gielzów
Czytelnik
Kamil Gaworski Kraków
Ryszard Schmidt..... Biecz
Zygmunt Flisak.....Opole
Andrzej Fryźlewicz..... Odrowąż

Szymon Kowalik..... Nowa Ruda
Krzysztof Łos.....Hubenice
Tomasz Nowak Jasło
Radosław Nowak Majdan
Andrzej Nowicki..... Warszawa
Jerzy Piątek.....Kamień
Jakub Płasek Tomaszówka
Rafał Stanisławski.....Kraków
Piotr Świerczek..... Bielsko Biała

Krzysztof Smoliński Poznań
Jarosław Siuzdak Wola Zarczycka
Michał Szczepaniak Warszawa
Karol Witusik Kraków
Artur Węgorowski Nałęczów
Marek
Piotr Wojas Szczecin
Szymon Wójtowicz.....Warszawa

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

**Przysyłając rozwiązanie dowolnego konkursu,
NIE ZAPOMINAJCIE o podaniu w e-mailu pełnych danych adresowych.**

Ich brak uniemożliwia wysłanie, a więc także przyznanie Czytelnikowi nagrody/upominku.

Errare Humanum Est

EdW 8/2019

Strona 44 (Kurs Arduino), kol. 1, wiersz 22 – jest:
(tu 1920 bitów na sekundę), powinno być: (tu
19200 bitów na sekundę).

Informację nadesłał

Marian Gabrowski z Polkowic.

EdW 9/2019

Strona 10 (Poczta), kol. 2, wiersz 11 od dołu – jest:
tylko napięciem żarzenia (0,3A), powinno być:
tylko **prądem** żarzenia (0,3A).

**Materiały z EdW 7/2019,
które uznaliście za najbardziej interesujące:**

1. Koń by się uśmieł
2. Kurs Arduino
3. Lampowy ocieplacz dźwięku

Upominki w postaci kitów AVT otrzymują:
Tomasz Nowak – Jasło,
Piotr Wojas – Szczecin,
Szymon Kowalik – Nowa Ruda.

Zajrzyj do interesujących materiałów

„Świat Radio” 10/19

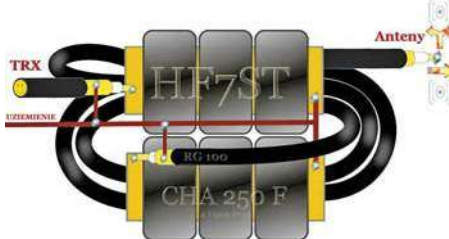
Transceivery QRP, część 2

W drugiej części opisów budowy prostych transceiverów HF CW/SSB znalazły się dwie konstrukcje wielopasmowe, dostępnych także w postaci kitów, ale bardziej rozbudowane. Pierwszy to prosty transceiver uBITX, który zdobywa coraz większą popularność i uznanie wśród krótkofalowców. Drugi, to transceiver programowalny SDR, o nazwie Małamut.



Eksperymenty z anteną CHA 250 F

Nie wszyscy krótkofalowcy dysponują odpowiednią przestrzenią, do budowy pełnowymiarowych anten. Trudne „uwarunkowania blokowe”, często zmuszają operatorów do eksperymentów z antenami kompromisowymi. W artykule znajdują się wypowiedzi dwóch użytkowników nowatorskiej anteny opartej na CHA 250 (specyficznym transformatorze).



R E K L A M A

AVT 3222 Sterowany dowolnym pilotem potencjometr audio z przekaźnikiem

Urządzenie doskonale nadaje się do każdego wzmacniacza audio wyposażonego w standardowy, „ręczny” potencjometr. Układ może być sterowany praktycznie dowolnym pilotem na podczerwień od sprzętu powszechnego użytku. Wymaga tylko przeprowadzenia prostej procedury zapamiętywania kodów pilota. Dowolny przycisk pilota można przypisać do jednej określonej funkcji: włącz/wyłącz, obroty w lewo (ciszej) lub obroty w prawo (głośniejsze).

Znajdź nas na



Jesteś zainteresowany
zamieszczeniem ogłoszenia
w rubryce Market?
Skontaktuj się:

reklama@elportal.pl
tel. 22 257 84 64



OBUDOWY DO URZĄDZEŃ AUDIO

tel. +48 501 400 411, mail: info@modushop.pl

- aluminiowy panel - szeroki wybór wielkości - personalizacja -



Galaxy GX 388 159,-



Galaxy GX 148 99,-



Economica 39,-

www.modushop.pl



Seria przedłużaczy HUGO!



antracyt: 1150614114



zielony: 1150614194



niebieski: 1150614184



fioletowy: 1150614134



rubinowy: 1150614174



żółty: 1150614164



biały: 1150614124



biało/czarny: 1150614104

Kolorowe, solidnie wykonane listwy zasilające hugo! Brennenstuhl

- przewód 2m
- 4 gniazda
- długość listwy ok 35cm
- podświetlany wyłącznik
- zabezpieczenie przed dziećmi
- odporna obudowa z polikarbonatu
- uchwyty do montażu na ścianie

cena za 1szt:
40zł

sklep.avt.pl/search/search?query=11506141

sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 50



PRODUCENT AUTOMATYKI GRZEWOCZEJ

11-200 Bartoszyce ul. Bohaterów Warszawy 67
tel. (89)7635050 fax (89)7635051

pwkey@onet.pl

TANIE REGULATORY

DO KOTŁÓW WĘGLOWYCH I NA DREWNO

z wbudowanym termostatem pokojowym
zapewniającym komfort i oszczędność

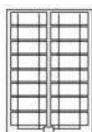


REGULATORY DO KOTŁÓW Z PODAJNIKIEM

REGULATORY POGODOWE

- Prosta obsługa, bogate możliwości programowania
- Możliwość dopasowania do każdego kotła i rodzaju paliwa
- Wysoka jakość
- Gwarancja 24 miesiące

www.pwkey.pl



**Turbiny wiatrowe, baterie słoneczne,
regulatory ładowania, wentylatory
solarne, lampy solarne LED**
www.gtb-solaris.pl

tel: 22 864 25 36, 606 292 727, e-mail: info@gtb-solaris.pl
ul. Przytyk 6/31, 01-962 Warszawa

Metalowy chwytak pazurkowy VTPN

- długość 115mm
- metalowa oprawka
- wieloszczękowy uchwyt

Przydatny podczas montażu i demontażu drobnych elementów



12,50zł

sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 50



Zestaw serwisowy VTSA
do czyszczenia płytek PCB
19zł

sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 50

Zestaw bitów specjalistycznych Cr-V, 100szt

- PH: PH0, PH1, PH2 (5x), PH3
- PZ: PZ0, PZ1, PZ2 (5x), PZ3
- płaskie: 3, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 8mm
- kwadrat: S0, S1, S2, S3
- bity do demontażu anten (płaskie z wycięciem): 4, 6, 8, 10
- Torx security: T8, T10, T15, T20, T25, T27, T30, T40, T45
- Torq-Set: 6, 8, 10
- Torx: T8, T10, T15, T20, T25, T27, T30, T35, T40
- TriWing: 1, 2, 3, 4
- imbus hex: 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5, 5.5, 6, 8mm
- bity X: 1, 2, 3
- bity "gwiazdka": M5, M6, M8
- bity Torx TR metryczne z otworem: 2, 2.5, 3, 4, 5, 6mm
- bity Torx TR fractional hex z otworem: 5/32, 9/64, 1/8, 7/64, 3/32, 5/64
- bity fractional hex: 1/16, 5/64, 3/32, 7/64, 1/8, 9/64, 5/32, 3/16, 7/32, 1/4
- 1 wing nut driver
- przejściówka 1/4" sq. x 1/4" x 2" extension
- przejściówka 1/4" sq. x 1/4" x 1" extension
- uchwyty-przedłużka do bitów z magnesem
- całość zapakowana w praktyczne trwałe pudełko z tworzywa



cena: **39zł**
kod: 3040-100

sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 50

Baseus Timk Series.

Bezprzewodowa słuchawka Bluetooth

kod: AUBASETK-01 (czarny)
kod: AUBASETK-02 (biały)
cena: 40,30zł za 1szt.



zasięg 10m
waga 7.8g
pasmo 20-20kHz
czas rozmowy ok 3.5h
czas czuwania ok 100h



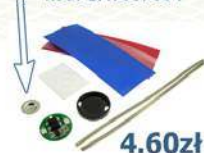
Baseus

sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 50

Układ zabezpieczający PCM do akumulatorów 18650

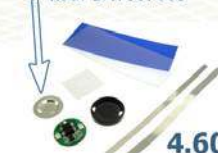
W ofercie dwie wersje do wyboru:

z blaszką stykową fi 5mm
kod: BAT007884



4.60zł

z blaszką stykową fi 10mm
kod: BAT007885



4.60zł

Zestaw umożliwia zabezpieczenie ognia 18650 przed przeładowaniem, nadmiernym rozładowaniem oraz przed zwarcieniem.



sposób montażu na akumulatorze 18650

sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 50

KSR12

Hydrauliczne ramię robota.

Zestaw do samodzielnego montażu bez lutowania

Model składa się aż z 229 części, dla początkujących entuzjastów techniki będzie nie lada wyzwaniem!



170zł

Zasięg ramienia: poziomy: 31.5 cm, pionowy: 41.5 cm

Poznaj zagadnienia i rozszerz wiedzę związaną z inżynierią, matematyką, fizyką i techniką. Hydrauliczne ramię robota niepotrzebuje baterii ani silnika: układ jest w pełni zasilany wodą.

HYDRAULIC ROBOTARM

sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 50

Generator/wykrywacz sygnału audio Zestaw do samodzielnego montażu K7000



Tester toru AUDIO - "szukacz" sygnału
(generator + wzmacniacz)

55zł

sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 50

Zestaw konstrukcyjny 12w1

Robot zasilany jest przez słońce i wodę, nie wymaga baterii!

Świetny pomysł na prezent dla starszego i młodszego!
Uczy, bawi, rozwija inteligencję i poszerza wiedzę z zakresu robotyki i mechatroniki!



Zestaw składa się z 230 części.
Instrukcja zawiera wskazówki jak zbudować 12 modeli.



KSR17
109zł



sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 50



Baseus Round Box adapter HUB z wtykiem USB 3.0 i 4 złączami: 1x USB 3.0, 3x USB 2.0



kod: CAHUB-U01 (czarny)

kod: CAHUB-U02 (biały)

cena: 39zł za 1szt.

Baseus

sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 50

PowerBank 10000mAh mobilna bateria everActive Energy Bank

- szybkie ładowanie 2 urządzeń naraz - do 2.4A na każde gniazdo USB
- pojemność 10000mAh - gwarantowane realne parametry!
- wysokiej jakości akumulator litowo-polimerowy
- technologia iQ Smart Charging
- wymiary: 160 x 82mm
- grubość zalew 13mm
- waga tylko 235g



kod: EB-10K

cena: 54zł

everActive

sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 50



Nowość!

Robot 5 w 1 **KSR19**

do kodowania mechanicznego

Zestaw do samodzielnego montażu bez lutowania

- rozwija umiejętności STEM przez zabawę
- nowa koncepcja kodowania bez komputera lub aplikacji
- rekomendowany wiek: 14+
- 238 elementów
- zasilanie: 4 x bateria AAA LR03 (brak w zestawie)

Wymiary:

- robot z podnośnikiem widłowym: 263 x 116 x 210 mm
- robot piłkarz: 231 x 116 x 210 mm
- robot rysownik: 243 x 116 x 210 mm
- robot chwytak: 253 x 116 x 210 mm
- robot strzelający: 172 x 116 x 260 mm



122,50zł

sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 50

Listwa zasilająca PowerBar - dyskretna i elegancka

- kompaktowa obudowa - tylko 25mm grubości
- 4 gniazda 230Vac
- porty USB 2.1A
- kabel o długości 1.5m
- unikalny design i wysokiej jakości wykonanie
- uchwyt w zestawie



ALLO-9101 (4x230V)
44,90zł

sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 50

Lekka torba na narzędzia ST-8BA

- 1 komora z mocowaniami (gumki i rzepy)
- duża kieszeń zapinana na rzep
- usztywnione boki
- wymiary: 390x260x110mm



ST-8BA
89.70zł



Pro'sKit

sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 50

Uchwyty samochodowe grawitacyjne Baseus Emoticon



34zł
(1szt)

- przeznaczony smartfonów 4 - 6 cali
- montaż na kratce wentylacyjnej
- obsługa jedną ręką

sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 50





KS-151002

Arduino. 36 projektów dla pasjonatów elektroniki

Arduino to płytka, która zmieniła świat elektroniki. Dzięki niej ten magiczny świat stał się otworem przed wszystkimi ciekawymi. Jeżeli marzysz o zbudowaniu własnego układu elektronicznego, realizującego ciekawe zadania, trafiasz na doskonałą książkę. Znajdziesz w niej szczegółowe omówienie 36 niezwykłych projektów! Dzięki tej książce: przygotujesz swoje środowisko pracy; zbudujesz własny laserowy alarm; opracujesz licznik Geigera.

Spełnij swoje marzenia o własnym układzie elektronicznym!

Simon Monk, str. 376, cena 67 zł



KS-160500

Elektronika. Od praktyki do teorii. Wydanie II

Książka „Elektronika. Od praktyki do teorii” to nietuzinkowy podręcznik podstaw elektroniki. Nauka następuje głównie dzięki eksperymentom, a podstawy teoretyczne są przedstawiane nieco później. Świat elektroniki staje się fantastycznym polem do własnych badań, prób i odkryć. Książka ma tę samodzielną drogę Czytelnikowi wskazać i ułatwić. Zawiera przy tym mnóstwo cennych wskazówek, począwszy od listy niezbędnych przyrządów, na instrukcjach rozwiązywania problemów skończywszy. Autor zachęca do prawdziwego eksperymentowania, w którym ewentualne pomyłki będą istotnym elementem procesu nauki!

Charles Platt, str. 392, cena 69 zł

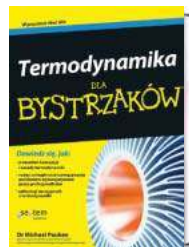


KS-170500

Elektronika dla małych i dużych

Większość dzieciaków interesuje się fascynującym światem urządzeń elektrycznych. Obserwują, jak działa żarówka, zdalnie sterowany samochód czy odtwarzacz muzyki. Kiedy mały odkrywca postanawia sprawdzić, co one kryją w środku, często ofiarą tej niepojętej ciekawości pada jakiś gadżet. Warto pokazać najmłodszemu, że elektronika najwięcej radości (i wiedzy!) daje wtedy, gdy zbuduje się coś własnymi rękoma! W książce przedstawiono spory zbiór praktycznych projektów do samodzielnego wykonania, które uzupełniono wyjaśnieniami zagadnień teoretycznych.

Oyvind Nydal Dahl, str. 292, cena 39 zł



KS-170903

Termodynamika dla bystrzaków

Dzięki temu praktycznemu przewodnikowi zabłyśniesz na zajęciach z termodynamiki za sprawą łatwych do zrozumienia i opisanych przystępnym językiem wyjaśnień sposobów wykorzystywania energii w takich urządzeniach, jak samochody, samoloty, klimatyzatory i elektrorownie.

W książce znajdziesz: zasady termodynamiki, istotne parametry i ich relacje, informacje o substancjach stałych, cieczach i gazach, zasady współdziałania pracy i ciepła, cykle zasilające procesy termodynamiczne, związki i reakcje chemiczne, pionierów termodynamiki, rzeczywiste zastosowania zasad i koncepcji termodynamicznych

Michael Pauken, str. 352, cena 49 zł



KS-171212

Zrób to sam. Generowanie ruchu, światła i dźwięku za pomocą Arduino i Raspberry Pi

Książka jest przewodnikiem po elektronice dla początkujących. Szczegółowe i praktyczne instrukcje przeprowadzą Cię krok po kroku przez wiele projektów, dzięki czemu mimochodem przyswoisz sobie podstawy elektroniki i równocześnie odkryjesz potencjał płytek Arduino i Raspberry Pi. Szybko nauczysz się sterować pracą diod LED, różnych silników, cewek, urządzeń zasilanych prądem przemiennym, grzejników, urządzeń chłodniczych, wyświetlaczy i generatorów dźwięku. Dowiesz się, jak możesz monitorować pracę tych urządzeń i kierować nimi poprzez internet.

Simon Monk, str. 312, cena 49 zł



KS-160100

Zabawa w programowanie. Język C dla nastolatków

W książce znajdziesz wszystko, czego potrzebuje początkujący programista — od wskazówek w kwestii instalacji odpowiednich programów, przez omówienie niezbędnych komend, stałych i zmiennych, aż do tablic i funkcji. Dowiesz się, jak działają pętle i operatory, do czego służą struktury i unie, jak działają kompilator, preprocesor i linker. Wreszcie zrozumiesz, o co chodzi z operacjami wejścia i wyjścia, a także nauczysz się zapewniać bezawaryjne działanie Twojego programu. I nagle okaże się, że odkrywasz całkiem nowy, fascynujący świat, a porozumienie z Twoim komputerem jest w gruncie rzeczy dziecinnie proste! Sprawdź to!

Michał Wiszniewski, str. 104, cena 25 zł



KS-161102

Drony dla bystrzaków

Dowiedz się, jak: dobierać drony do swoich potrzeb; właściwie konfigurować, obsługiwać i serwisować swojego drona; wykonywać zdjęcia i rejestrować materiały wideo za pomocą najnowszych technologii a także jak korzystać z dronów zgodnie z prawem lotniczym. Ten zabawny i przystępny poradnik zawiera całą wiedzę niezbędną do rozpoczęcia przygody z dronami. Znajdziesz w nim profesjonalne porady dotyczące zakupu drona dostosowanego do swoich potrzeb, sposobów korzystania z bezałogowych statków powietrznych i zachowywania się zgodnie z etykietą przyjętą przez społeczność użytkowników dronów, a także wielu innych spraw

Mark Lafay, str. 256, cena 40 zł



KS-150802

Arduino. Automatyzacja domowa dla każdego

Z tej książki nauczysz się między innymi: łączyć czujniki z płytką Arduino; budować energooszczędne czujniki ruchu z użyciem technologii XBee; spręgać przełączniki z płytką Arduino w celu sterowania urządzeniami elektrycznymi; korzystać z łączności Wi-Fi do sterowania oświetleniem domowym; wysyłać dane o zużyciu energii elektrycznej do chmury obliczeniowej. Jeśli chcesz konstruować własne systemy automatyzacji domowej przy użyciu platformy Arduino, ta książka jest dla Ciebie. Aby zrozumieć opisane w niej projekty, musisz już mieć pewną wiedzę na temat Arduino i znać zasady programowania w takich językach, jak C i C++.

Marco Schwartz, str. 112, cena 33 zł



KS-170405

Mikrokontrolery AVR i ARM. Sterowanie wyświetlaczami LCD

Jeśli dostrzegasz konieczność opracowywania lepszych interfejsów graficznych dla swoich projektów, chcesz pełnym garściami korzystać z możliwości oferowanych przez nowoczesne mikrokontrolery oraz wyświetlacze lub po prostu interesuje Cię ten temat i pragniesz poszerzyć swoje umiejętności projektowania atrakcyjnych i użytecznych rozwiązań, sięgnij po tę książkę. Wprowadzi Cię ona w świat kontrolerów LCD i nauczy technik programistycznych, dzięki którym będziesz w stanie zaprojektować, opracować i zoptymalizować GUI w taki sposób, aby chętnie się go używać i aby było to czystą przyjemnością!

Tomasz Francuz, str. 496, cena 89 zł

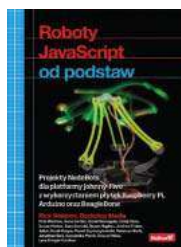


KS-161103

Elektronika dla bystrzaków. Wydanie III

Ta bogato ilustrowana kolorowymi schematami i zdjęciami książka zawiera szczegółowe instrukcje, jak przeprowadzać eksperymenty objaśniające zasadę działania różnych elementów elektronicznych, porady na temat sposobu posługiwania się podstawowymi narzędziami oraz ciekawe projekty, które można wykonać w pół godziny. Rozdział po rozdziale będziesz czuć przypływ energii, dzięki której przetworzysz teorię w praktykę!

Cathleen Shamieh, str. 368, cena 49 zł

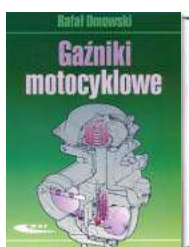


KS-160400

Roboty JavaScript od podstaw. Projekty NodeBots dla platformy Johnny-Five z wykorzystaniem płytek Raspberry Pi, Arduino oraz BeagleBone

Powszechnie JavaScript uważa się za doskonałe narzędzie do programowania aplikacji internetowych. To jednak nie wszystko: ten język świetnie nadaje się również do programowania robotów. Umożliwia zaprojektowanie zachowania robota, określenie, w jaki sposób będzie on zmierzał do celu, reagował na sygnały z otoczenia, oczekiwał na instrukcje czy omijał przeszkody. Bardzo wygodnym narzędziem do programowania robotów jest platforma Johnny-Five. Umożliwia ona programowanie robotów zbudowanych z płytek Arduino, Raspberry Pi i BeagleBone.

Rick Waldron, str. 256, cena 59 zł



KS-170904

Gazniki motocyklowe

W książce opisano budowę, obsługę i użytkowanie gaznikowych układów zasilania we współczesnych i klasycznych motocyklach. Podano informacje o gaznikach motocyklowych z uwzględnieniem ich budowy, opisu działania poszczególnych elementów i układów oraz czynności obsługowo-naprawczych możliwych do wykonania przez indywidualnego użytkownika motocykla. Zamieszczono liczne fotografie i rysunki, ułatwiające zrozumienie zasad działania zespołów i układów, a także regulację, demontaż, naprawę i montaż.

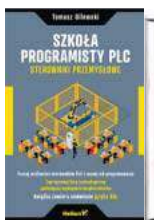
Rafał Dmowski, str. 104, cena 45 zł



kod KS-150302
Drony
Wprowadzenie,
Ty Audronisi
stron 122, cena 33 zł



kod KS-150500
Projekty elektroniczne
dla bystrzaków
Earl Boysen, Nancy C. Muir
stron 376, cena 50 zł



kod KS-170201
Szkoła programisty
PLC. Sterowniki
Przemysłowe,
Tomasz Gilewski
stron 264, cena 59 zł

Polecamy



KS-180300

Paul Horowitz,
Winfield Hill
stron 1644
cena 225zł

Sztuka elektroniki, część 1 i 2 wydanie: 12 zmienione

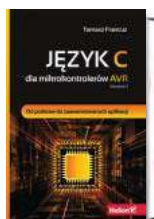
Po dwudziestu pięciu latach nowe, gruntownie zmienione polskie wydanie cieszącej się ogromnym powodzeniem „Sztuki elektroniki”, powszechnie uznanej za najlepszy podręcznik, a zarazem vademecum projektowania analogowych i cyfrowych układów elektronicznych. Poprzednie wydania tej książki, przetłumaczone na osiem języków i trafiły do ponad miliona nabywców na całym świecie. Sztuki elektroniki autorzy uczą, pokazując metody stosowane w praktyce przez inżynierów projektantów układów elektronicznych. Połączenie podstawowych praw, zasad opartych na doświadczeniu oraz niematematycznego ujęcia tematu ułatwia Czytelnikom zrozumienie, dlaczego i jak dany układ działa.



kod KS-160000
Budowa prostych
robotów,
Kathy Ceceri
stron 208, cena 40 zł



kod KS-170402
Podstawy konstrukcji
maszyn,
Praca zbiorowa
stron 612, cena 73 zł



kod KS-150100
Język C dla
mikrokontrolerów AVR,
Tomasz Francuz
stron 712, cena 99 zł

Ostatnio dodane pozycje w ofercie AVT

KS-160500	Elektronika. Od praktyki do teorii. Wydanie II	69,00
KS-160501	Nauka robotyki z językiem Python	49,00
KS-160700	Domowe laboratorium naukowe. Zrób to sam	44,00
KS-160701	Budowa robotów dla początkujących. Wydanie III	69,00
KS-161100	Apokalipsa zombie nadchodzi! Obróć swoją bazę za pomocą prostych obwodów, Arduino i Raspberry Pi	49,00
KS-161101	Proste projekty dla młodych majsterkowiczów	30,00
KS-161102	Drony dla bystrzaków	40,00
KS-161103	Elektronika dla bystrzaków. Wydanie III	49,00
KS-170004	Łączenie tworzyw sztucznych metodami spawania, zgrzewania, klejenia i laminowania	41,00
KS-170005	Obsługa i programowanie obrabiarek CNC Podręcznik operatora	64,00
KS-170006	Praktyczne podstawy eksploatacji obrabiarek CNC z wykorzystaniem komputerowego systemu szkoleniowego MTS	54,00
KS-170007	Nawigacja satelitarna w praktyce	57,00
KS-170008	Automatyka przemysłowa w praktyce	58,00
KS-170012	Drony-teoria i praktyka	39,00
KS-170200	English 4 IT. Praktyczny kurs języka angielskiego dla specjalistów IT i nie tylko	39,00
KS-170201	Szkoła programisty PLC. Sterowniki Przemysłowe	59,00
KS-170400	Montaż i konserwacja instalacji elektrycznych	75,00
KS-170401	Naprawa podzespołów i zespołów pojazdów samochodowych	75,00
KS-170402	Podstawy konstrukcji maszyn	73,00
KS-170403	Podwozia i nadwozia pojazdów samochodowych. Podstawy budowy, diagnozowania i naprawy	79,00
KS-170404	Silniki pojazdów samochodowych. Podstawy budowy, diagnozowania i naprawy	75,00
KS-170405	Mikrokontrolery AVR i ARM. Sterowanie wyświetlaczami LCD	89,00
KS-170500	Elektronika dla małych i dużych. Od przewodu do obwodu	39,00
KS-170600	Internet rzeczy. Budowa sieci z wykorzystaniem technologii webowych i Raspberry Pi	67,00
KS-170601	Instalacje elektryczne do zasilania urządzeń elektrycznych, których funkcjonowanie jest niezbędne w czasie pożaru. Zagadnienia wybrane Vademecum elektro.info	45,00
KS-170900	LEGO. Księga przygód. Wydanie II. Kosmiczne podróże, piraci, smoki i jeszcze więcej!	39,00
KS-170901	Drony. Tajniki zdjęć i filmów lotniczych	59,00
KS-170902	Lego Mindstorms EV3. Programowanie robotów	69,00
KS-170903	Termodynamika dla bystrzaków	49,00
KS-171212	Zrób to sam. Generowanie ruchu, światła i dźwięku za pomocą Arduino i Raspberry Pi	49,00
KS-180100	Elektronika z wykorzystaniem Arduino i Raspberry Pi. Receptury	77,00
KS-180300	Sztuka elektroniki, cz. 1 i 2. Nowe wydanie	225,00
KS-180400	Mikrokontrolery STM32 w systemach sterowania i regulacji	89,00



kod KS-170200
English 4 IT. Praktyczny
kurs języka angielskiego
dla specjalistów
IT i nie tylko,
stron 288, cena 39 zł



kod KS-161101
Proste projekty dla
młodych majsterko-
wiczów,
Autorzy: Redaktorzy
magazynu Make
stron 150, cena 30 zł



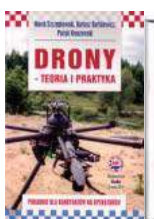
kod KS-140600
Gadżety szpiegowskie.
Szalony Geniusz,
Brad Graham,
Kathy McGowan
stron 384, cena 59 zł



kod KS-150800
Fascynujący świat
robotów
John Baichtal
stron 384, cena 67 zł



kod KS-141001
Programowanie układów
AVR dla praktyków
Elliot Williams
stron 432, cena 89 zł



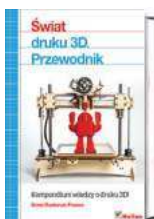
kod KS-170012
Drony - teoria
i praktyka,
praca zbiorowa
stron 165, cena 39 zł



kod KS-160700
Domowe laboratorium
naukowe. Zrób to sam,
Windell Oskay, Raymond
Barrett
stron 344, cena 44 zł



kod KS-110207
Egzamin kwalifikacyjny
elektryka w pytaniach i
odповідziach,
Władysław Orlik
stron 456, cena 78 zł



kod KS-140888
Świat druku 3D.
Przewodnik,
Anna Kazunas France
stron 224, cena 49 zł

Książki można zamówić w sklepie internetowym AVT
lub wypełnić zamówienie (formularz na stronie 81) i wysłać na adres:
AVT – Księgarnia Wysyłkowa, ul. Leszczyńska 11, 03-197 Warszawa
tel. (+48) 22 257 84 50 do 53, faks (+48) 22 257 84 55
e-mail: handlowy@avt.pl



sklep.avt.pl

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

W sklepie internetowym sklep.avt.pl

Zamówienia o wartości powyżej 100zł

złożone w sklepie internetowym premiuje bonusem!

Aktualna lista bonusów dostępna jest na stronie głównej sklepu.

W sklepie firmowym AVT:

Warszawa - Żerań

ul. Leszczynowa 11



Leszczynowa 11

U dystrybutorów:

Lista dystrybutorów dostępna jest na stronie sklepu:

sklep.avt.pl/webpage/dystrybutorzy.html

Wypełniając poniższy formularz zamówienia

Formularz można wyłać faksem nr: 22 257 84 55,

lub pocztą tradycyjną na adres:

AVT-Korporacja Sp. z o. o.

Dział Handlowy

03-197 Warszawa

ul. Leszczynowa 11



prześlij faksem: 22 257 84 55

lub pocztą na adres:

AVT-Korporacja Sp. z o.o.

Dział Handlowy

03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11

Miejsce na
kupon
rabatowy
EdW 8/2019

Miejsce na
kupon
rabatowy
EdW 9/2019

Miejsce na
kupon
rabatowy
EdW 10/2019

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

ZAMÓWIENIE na artykuły z oferty AVT

Kity

Oznaczenia wersji kitów:

- [A] płyta drukowana PCB
- [UK] zaprogramowany układ
- [A+] płyta PCB i zaprogramowany układ
- [B] płyta 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

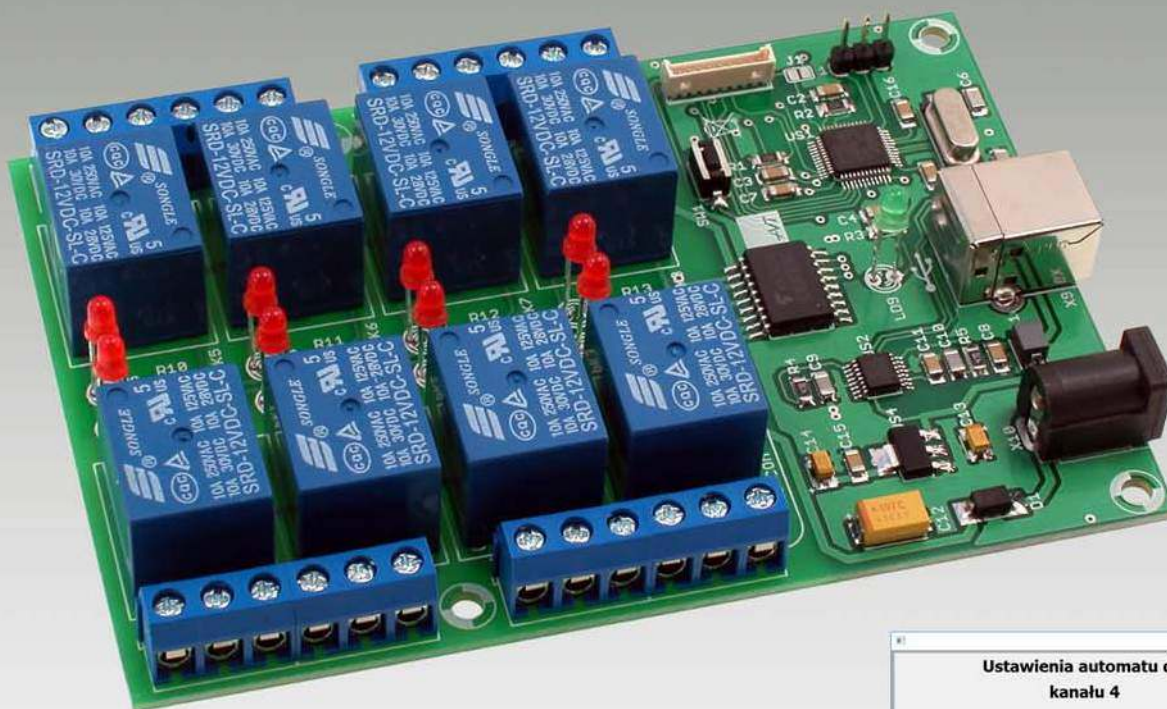
e-mail

data

podpis

AVT 5588 Moduł 8 przekaźników z interfejsem USB

Sterownik-timer pozwala na jednoczesne i niezależne załączanie do 8 przekaźników zamontowanych na swojej płytce drukowanej. Może pracować w trybie sterowania ręcznego lub po zaprogramowaniu czasów załączenia i wyłączenia w trybie automatu. Do działania potrzebuje tylko zasilania i połączenia z komputerem poprzez port USB. Uruchomiony na komputerze program nadzoruje pracę sterownika.



Kod handlowy:
AVT5588



sklep.avt.pl

AVT-Korporacja Sp. z o.o. 03-197 Warszawa, ul. Leszczyńska 11
Dział Handlowy tel.: (22) 257 84 50 e-mail: handlowy@avt.pl



velleman®

TOOLS

DESK WORKING LAMP

Profesjonalna lampa biurowo-warsztatowa przykręcana do blatu. Doskonale oświetla miejsce pracy. Wykonana z wysokiej jakości materiałów. Dzięki starannie opracowanej konstrukcji i wymiennym świetłówkom, jest to produkt który może służyć nam długi czas.

VTLAMP6

230zł



ZASILANIE
230 VAC / 50 Hz



DŁUGOŚĆ RAMIENIA
105 cm



TEMPERATURA BARWOWA
> 6400 K

Idealna dla rysowników, kreślarzy, majsterkowiczów. Lampa przyda się również w gabinecie kosmetycznym, protetycznym, weterynaryjnym...

- strumień świetlny 1150lm
- moc 42W
- źródło światła: 3 świetłówki T5 14W
- wymiary oprawy: 60 x 11 cm
- masa 3.2kg