

ELEKTRONIKA

dla wszystkich

2-3/2021 LUTY-MARZEC • CENA 13,90 zł (w tym 8% VAT)

www.elportal.pl

Moduł precyzyjnego generatora TCXO i synchronizacji z GPS

Modułowe mierniki napięcia i prądu stałego

- ▶ ...z pracy serwisanta sprzętu audio w czasie pandemii
- ▶ Nieco ekstremalny słuchawkowy wzmacniacz lampowy OTL
- ▶ Generator kalibracyjny dla każdego
- ▶ Nadajnik kodu Morse'a z klawiaturą PC, czyli o... licencjach oprogramowania
- ▶ Felieton: Tesla czy Marconi?
- ▶ O niedoskonałości elementów – Cewki i transformatory
- ▶ Analizatory NWT – Pomiary
- ▶ Filozofia sieci: protokół DHCP
- ▶ Odkrywamy schematy – Zasilacze komputerowe
- ▶ Protel99SE – Pliki produkcyjne



INDKS 333 62X ISSN 1425-1698



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

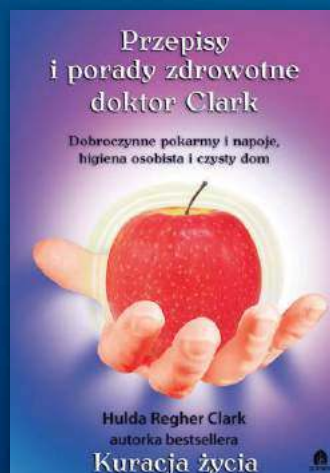
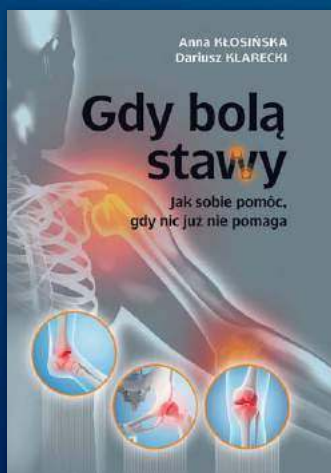
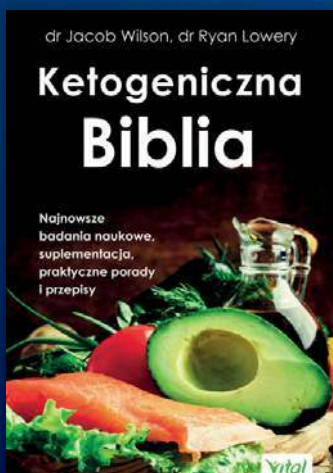
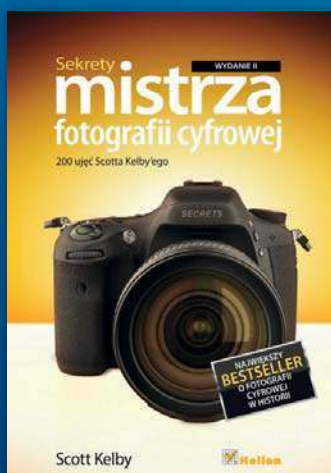
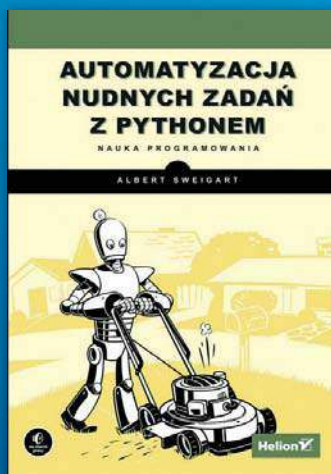
przełączniki
półprzewodniki
złącza
przełączniki
radiatory
obudowy
i wiele więcej...

www.piekarz.pl



KSIĄŻKI W ULUBIONYM KIOSKU

Wybieraj spośród naszych nowości i bestsellerów!



Zobacz pełną ofertę książek na UlubionyKiosk.pl

Uniwersalny multimetr UT139S to nowoczesne urządzenie pomiarowe z praktycznymi funkcjami, np.: pomiar wartości skutecznej True RMS czy bezkontaktowy detektor napięcia zmiennego (NCV).

Czytelny wyświetlacz LED typu EBTN z 31 segmentowym bargrafem ułatwia odczyt pomiarów.

Pomiary:

- napięcie DC: $600V \pm(0.5\% + 2)$
- napięcie AC: $600V \pm(0.8\% + 3)$
- prąd DC: $10A \pm(0.7\% + 2)$
- prąd AC: $10A \pm(1\% + 3)$
- rezystancja: $60M\Omega \pm(0.8\% + 2)$
- pojemność: $99.99mF \pm(4\% + 5)$
- częstotliwość: $10Hz \sim 10MHz \pm(0.1\% + 4)$
- temperatura: $-40^{\circ}C \sim 1000^{\circ}C \pm(1\% + 4)$

Wyświetlacz:

- LCD (Black EBTN)
- maksymalne wskazanie: 5999
- wymiary 58 x 36mm
- podświetlenie
- bargraf 31 segmentów

Funkcje, cechy:

- True RMS
- NCV - bezkontaktowy detektor napięcia AC
- wybór zakresu: automatyczny; ręczny
- funkcja REL (pomiar wartości względnej)
- Data Hold
- test ciągłości obwodu
- test diody
- filtr LPF/LoZ (ACV)
- współczynnik wypełnienia [Duty Cycle]: 0.1% - 99.9%
- zasilanie: 2x bateria AA 1.5V
- masa: 345g
- wymiary: 170 x 80 x 48mm

W zestawie:

- miernik,
- przewody pomiarowe,
- baterie,
- sonda temperatury typu K



UT-139S
220zł



sklep.avt.pl

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

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



ARTRONIC 1



ELMAX 70



EX-OR 70



FERYSTER 55



GTB-SOLARIS 70



PIEKARZ 1, 19



PRODUCENT AUTOMATYKI GRZEWCZEJ

PW KEY 70



SEMICON 41



str. 17

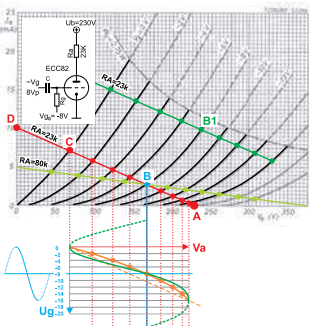
Moduł precyzyjnego generatora TCXO i synchronizacji z GPS

Projekt dla tych wszystkich Czytelników,
dla których najważniejsza jest dokładność.
Kontynuacja projektu F-metra z niedawnego,
wrześniowego numeru EdW.

str. 21

Nieco ekstremalny słuchawkowy wzmacniacz lampowy OTL – projektowanie i modyfikacje

Dopiero teraz, w drugiej części artykułu,
podane są najcenniejsze informacje o tym,
skąd naprawdę bierze się „lampowy dźwięk”
oraz o tym, jak można dostosować
wzmacniacz do własnych potrzeb.



str. 38

Odkrywamy schematy Zasilacze komputerowe

W kolejnym odcinku cyklu analizujemy
budowę i działanie sterowników zasilaczy
komputerowych, zawierających popularny
układ scalony SG6105.

str. 42

Modułowe mierniki napięcia i prądu stałego

Aktualnie dostępnych jest mnóstwo różnych
modułowych mierników panelowych,
w tym liczne woltomierze i amperomierze
prądu stałego. Niektóre zaskakują
bardzo pozytywnie, inne – niestety nie.



str. 63

... z pracy serwisanta sprzętu audio w czasie pandemii

Dwa bardzo interesujące opisy napraw
sprzętu audio, pokazujące aktualne
problemy stojące przed każdym, kto
chciałby reperować współczesny sprzęt.

Copyright AVT-Korporacja Sp. z o.o., Warszawa, ul. Leszczynowa 11.

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

Miesięcznik



www.elportal.pl

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

Wydawca:

Wiesław Marciniak

Adres Wydawcy:

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

Redaktor Naczelny:

Piotr Górecki, pg@elportal.pl

Redaktorzy Działów:

Andrzej Janeczek
sp5aht@swiatradio.com.pl

Opracowanie graficzne, skład:

Ewa Górecka-Dudzik

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 Gugala
katarzyna.gugala@elportal.pl
tel.: (22) 257 84 64

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

AVT – EdW

ul. Leszczynowa 11
03-197 Warszawa
(+dopisek określający zawartość)

Korespondencja elektroniczna:

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

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

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

uwagi do rubryki Errare:
errare@elportal.pl

Prenumerata:

W Wydawnictwie AVT

tel: (22) 257 84 22
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

Moduł precyzyjnego generatora TCXO i synchronizacji z GPS, część 1	17
Nieco ekstremalny słuchawkowy wzmacniacz lampowy OTL, część 2	21
Generator kalibracyjny dla każdego, część 2	26

Forum Czytelników

Nadajnik kodu Morse’a z klawiaturą PC czyli o... licencjach oprogramowania	60
...z pracy serwisanta sprzętu audio w czasie pandemii	63

Szkoła Konstruktorów

Zadanie główne 300

Zaproponuj wykorzystanie dowolnego, częściowo wyeksploatowanego akumulatora	49
---	----

Rozwiązanie zadania głównego 295

Zaproponuj podświetlenie LED do dowolnej wanny kąpielowej	50
---	----

Druga klasa Szkoły Konstruktorów Co tu nie gra? 300, 295	53
---	----

Trzecia klasa Szkoły Konstruktorów Policz 300, 295	57
---	----

Artykuły różne

Felieton: Tesla czy Marconi?	16
Czym się różni wróblek? Czyli o niedoskonałości elementów. Część 5 – Cewki i transformatory	28
Analizatory NWT – pomiary	31
Filozofia sieci: protokół DHCP	34
Odkrywamy schematy. Zasilacze komputerowe, część 6	38
Modułowe mierniki napięcia i prądu stałego, część 1	42
Protel99SE – pliki produkcyjne	46

Rubryki stałe

Nowości, ciekawostki	6
Prenumerata	8
Poczta	10
Skrzynka porad	14
Reklamy	70
Księgarnia AVT	73
Oferta handlowa AVT	74

Konkursy

Co to jest?	65
Jak to działa?	66
Krzyżówka	68

Luty i marzec



Być może i Ty jesteś zaskoczony zawartością okładki tego numeru. Po pierwsze niespodziewanie mamy na niej projekt precyzyjnego generatora TCXO, czyli dalszą część projektu F-metra z numeru wrześniowego. A przed miesiącem pisałem, że planujemy projekt okładowy związany z pomiarami za pomocą karty audio. Kto zajrzał na stronę <https://bit.ly/3aj0ixL>, mógł zobaczyć model tej przystawki do karty audio. Cóż, życie często nas zaskakuje – planowana wcześniej przystawka „obsunęła się” na następny miesiąc. Następny? Czyli który?

Druga zmiana na okładce to coś, co nie zdarzyło się ani razu w 25-letniej historii czasopisma: po raz pierwszy mamy numer „dwumiesięczny”: 2–3/2021. Już wyjaśniam dlaczego. Jedynym winowajcą jest koronawirus, który bezczelnie ukradł nam w ubiegłym roku jeden miesiąc (żeby tylko...). Z powodu zamkniętych punktów sprzedaży harmonogram wydawniczy musiał zostać opóźniony. Numer styczniowy ukazał się pod koniec, a nie na początku stycznia. Teraz pod koniec lutego wychodzi numer „podwójny”, a ściślej „normalny”, tylko o podwójnej numeracji. Żadnej dziury nie będzie, bo za miesiąc, pod koniec marca, ukaze się numer kwietniowy, czyli wrócimy do prawidłowego harmonogramu. Uwaga! **Prenumeratory też niczego nie stracą, bo ich prenumerata zostanie przedłużona o jeden numer!**

A w tym szczególnym wydaniu EdW chciałbym zwrócić Waszą uwagę przede wszystkim na pierwszą część artykułu *Modułowe mierniki napięcia i prądu stałego*.

Jak pokazuje fotografia tytułowa w tym artykule niektóre tanie moduły mają znakomitą dokładność, ale niestety inne, na pozór takie same lub bardzo podobne mierniki, wprost przeciwnie. Zapewniam, że warto poznać szczegóły!

Przypominam też, że każdy, niezależnie od wieku i doświadczenia, może jeszcze wziąć udział w jubileuszowym konkursie. Także i Ty możesz opisać, *jak zaczęła się Twoja przygoda z elektroniką i jaką rolę ma w tym EdW*. Nagrodami w konkursie będą talony – kupony do sklepu AVT oraz bezpłatne prenumeraty naszego wspólnego czasopisma.

Zawsze aktualna jest też moja prośba: **poinformujcie mnie osobiście, jaką tematykę powinniśmy się zajmować w kolejnych numerach EdW**.

Jak zawsze zachęcam do lektury, a także do udziału w naszych licznych konkursach, w szczególności w *Szkoła Konstruktorów*.

Serdecznie pozdrawiam

Piotr Górecki

ŁADOWANIE NA ODLEGŁOŚĆ

Metody szybkiego ładowania są już w smartfonach popularne – nie tylko te standardowe, ale coraz częściej także bezprzewodowe. Choć słowo „bezprzewodowe” jest trochę mylące. Podstawka do ładowania jest oczywiście podłączona do źródła energii przewodowo a smartfon musi spoczywać bezpośrednio na niej. Xiaomi ma jednak rozwiązanie tego problemu w postaci Xiaomi Mi Air Charge – już niedługo będziemy mogli uwolnić się od kabli i stacji ładujących.

Pojawienie się ładowania bezprzewodowego w zastosowaniach komercyjnych na początku ubiegłej dekady należy uznać za istotny przełom. Zmieniło nawyki wielu użytkowników, którzy zamiast ładować urządzenie w nocy, robią to praktycznie przez cały dzień. Zamiast odkładać smartfon na biurko, ładuje on na ładowarce. Przy odrobinie wprawy możemy zatem cieszyć się urządzeniem z odpowiednim zapasem energii i przy okazji dbać o kondycję baterii.

Xiaomi idzie krok dalej. Wprowadzona technologia to Mi Air Charge, która pozwala na ładowanie wielu urządzeń jednocześnie bez podłączania kabli czy umieszczania ich na bezprzewodowych, indukcyjnych ładowarkach. Aby to wszystko mogło działać należy urządzenia wyposażać w odpowiednie rozwiązania. Jeśli chodzi o smartfony, Xiaomi opracowało zminiaturyzowany zestaw anten – nawigacyjnych i odbiorczych. Te pierwsze to swego rodzaju radiolantarnia, która nadaje informacje o położeniu, druga odpowiada za przekształcanie sygnału fal EHF na energię elektryczną do ładowania.

Na obecnym etapie rozwoju technologia zdalnego ładowania Xiaomi umożliwia ładowanie z maksymalną mocą 5W. Możliwe jest również ładowanie kilku urządzeń jednocześnie, a przeszkody fizyczne nie powinny mieć wpływu na moc ładowania.



STARLINK ELONA MUSKA JUŻ W POLSCE

Starlink, czyli satelitarny internet od SpaceX, jest już dostępny na zamówienie do Polski. Nie jest zaskoczeniem, że na początku tego typu usługa nie może być tania. Elon Musk wyznaczył sobie cel: uruchomienie usługi oferującej satelitarny dostęp do internetu. Konsekwentnie do niego dążył, wynosząc na orbitę dziesiątki niewielkich satelitów Starlink, widocznych czasem na nocnym niebie w postaci sznura jasnych punktów. To one odpowiadają za umożliwianie dostępu do sieci w miejscach, w których wszystkie inne sposoby zawodzą.

Jak na razie liczba użytkowników internetu przez Starlink niewiele przekracza 10 tysięcy. To głównie klienci z Wielkiej Brytanii, Stanów Zjednoczonych i Kanady, gdyż



NOWY SPORTOWY ELEKTRYK OD AUDI

Producent z Ingolstadt podczas cyfrowej premiery pokazał nowego elektryka – Audi e-tron GT. Przedstawiono na razie podstawowy wariant i topową wersję z literkami RS, które zawsze wzbudzają duże emocje wśród fanów tej niemieckiej marki.

W przeciwieństwie do modeli e-tron i e-tron Sportback mamy do czynienia z jak najbardziej sportowym autem. Otrzymujemy samochód o sylwetce, która kojarzy się z popularnym A7 i Taycanem. Co ciekawe, model produkcyjny tylko nieznacznie różni się od konceptu zaprezentowanego w 2018 roku.

Podobieństwo do elektryka Porsche nie jest przypadkowe, bowiem o Audi e-tron GT można powiedzieć, że mamy do czynienia z kuzynem Taycana – Audi i Porsche należą do grupy VAG. Na pokładzie mamy m.in. system czterech skrętnych kół i pneumatyczne zawieszenie.

Aktualnie podstawowy wariant Audi e-tron GT wyposażony jest w dwa silniki – pierwszy na przedniej osi, drugi na tylnej. Łącznie generują one 476KM, a w trybie overboost (przez 2,5 sekundy) moc wzrasta do 530KM. W połączeniu z napędem quattro pozwala to na osiągnięcie pierwszej „setki” w zaledwie 4,1 sekundy. Zasięg to niespełna 500km, wraz z opcją szybkiego ładowania.

Ostatnio w świecie elektryków większe emocje budzi jednak... Apple. Firma z Cupertino już niemal na pewno pracuje nad swoim autonomicznym samochodem elektrycznym i dąży do nieuniknionego – całkowitej elektryfikacji aut. Nawet firmy kojarzone dotąd głównie z silnikami spalinowymi ogłaszają plany całkowitego przejścia na auta elektryczne. Ostatnio taką deklarację złożył koncern General Motors.



dla nich usługa była dostępna już wcześniej. My w Europie, mamy do czynienia jedynie z planem uruchomienia usługi pod koniec 2021 roku.

Elon Musk, tłumacząc poziom cen dostępu do satelitarnego internetu, podkreślał, że wynika on z kilku prostych zasad przyjętych już na samym początku. Twórca Starlinka chciał, by ceny były na całym świecie identyczne, nieznacznie modyfikowane przez lokalne prawo i podatki. Jak więc będą się one przedstawiać w Polsce?

Abonament internetowy Starlink każdego miesiąca będzie kosztował klienta 449 złotych (do tego trzeba doliczyć jednorazową opłatę za sprzęt i aktywację: ponad 2000zł). Szybkość transferu danych waha się obecnie między 20-150Mb/s. Przy takiej cenie, z pewnością nie jest to żadna okazja dla osób, które mają dostęp do światłowodu czy internetu mobilnego, ale trzeba pamiętać, że SpaceX nie kieruje swojej oferty do tych, którzy mają wygodny dostęp do sieci ze swojego miejsca zamieszkania.

INTEL Z DEDYKOWANYM GPU?

W procesorach Intel Core 11. generacji pojawiły się nowe, zintegrowane układy graficzne Iris Xe. Według deklaracji producenta, mają one przynieść zauważalny wzrost wydajności i zapewnić płynną rozgrywkę w niemal wszystkich, dostępnych obecnie produkcjach (w rozdzielczości 1080p w 30 klatkach na sekundę i nie na maksymalnych detalach). Niewiele później Amerykanie zaprezentowali bardziej wydajną grafikę Intel Iris Xe MAX, a teraz zaanonsowali, że nowe, osobne karty graficzne trafią również do desktopów.

Intel poinformował, że nawiązał współpracę z dwoma partnerami ekosystemowymi, wśród których znajduje się Asus, aby wprowadzić na rynek oddzielne karty graficzne z serii Iris Xe do desktopów (grafiki noszą oznaczenie kodowe „DG1”). Urządzenia w nie wyposażone mają trafić do użytkowników domowych, a także małych i średnich przedsiębiorstw. Z udostępnionych przez firmę Intel informacji wynika jednak, że oddzielne karty graficzne z linii Iris Xe nie będą sprzedawane w sklepach, tylko zostaną dostarczone do partnerów, którzy skompletują cały komputer i następnie sprzedadzą go klientom końcowym.

Intel nie poinformował jednak kiedy na rynku pojawią się pierwsze komputery stacjonarne z oddzielnymi kartami graficznymi Iris Xe, ale prawdopodobnie będzie to zależało od tego, jak szybko z ich dostarczeniem uwiną się partnerzy, z którymi Amerykanie podjęli współpracę.



CZY NVIDIA PRZEJMIE ARM?

Oznajmienie zamiaru przejęcia konsorcjum ARM przez firmę NVIDIA wywołało prawdziwe trzęsienie ziemi w całej branży producentów układów scalonych. To byłby bezprecedensowy ruch o trudnych do przewidzenia konsekwencjach. Qualcomm postanowił, że zrobi wszystko by transakcja nie doszła do skutku.

Największe obawy pozostałych producentów dotyczą potencjalnych utrudnień w dostępie do technologii ARM po przejęciu przez NVIDIĘ. Obecnie ARM zarabia właśnie na sprzedaży praw do swoich rozwiązań wszystkim zainteresowanym, na czele z Qualcommem. Gdy to NVIDIA przejmie stery, istnieje obawa, że ograniczy konkurencji dostęp do niezbędnej do ich funkcjonowania technologii.

Uwagi dotyczące przejęcia otrzymała już Federalna Komisja Handlu ze Stanów Zjednoczonych, Komisja Europejska, a także odpowiadające im kompetencjami urzędy z Wielkiej Brytanii i Chin. Czy obawy te podzielą światowi ustawodawcy? Na tę chwilę jest jeszcze zdecydowanie za wcześnie by to ocenić. Obecnie najbardziej intensywne postępowanie antymonopolowe toczy się w USA, gdzie weszło w drugą fazę, podczas której zainteresowani połączeniem mają przedstawić bardzo dokładne dokumenty zawierające szczegóły przeprowadzanej transakcji. Ich zebranie przypuszczalnie potrwa kilka miesięcy.

Z formalnego punktu widzenia NVIDIA tak jak dotychczas ARM, będzie musiała udostępniać architekturę ARM w ramach konsorcjum, ale realne skutki takiego przejęcia są trudne do przewidzenia.



5G 10 GIGABIT OD QUALCOMMA

Modem 5G Qualcomm Snapdragon X65 jest najnowszym modemem amerykańskiego producenta, stworzonym z myślą o obsłudze sieci piątej generacji. Tym razem zbliżono się do kolejnej granicy – 10Gbit/s. Dla porównania, poprzednia generacja, tj. Qualcomm Snapdragon X60, który został zintegrowany z platformą mobilną Qualcomm Snapdragon 888, potrafi pobierać dane maksymalnie z trochę mniejszą prędkością 7,5Gbit/s. Niewiele lepiej radzi sobie dotychczasowy lider, zaprezentowany przed kilkoma dniami modem MediaTek M80 5G – w jego przypadku downlink wynosi do 7,67Gbit/s.

Co ciekawe, modem 5G Qualcomm Snapdragon X65 oparto na architekturze, która pozwala go ulepszać, rozszerzać funkcjonalność i dostosowywać do różnych segmentów 5G. Dzięki temu zapewni on wspar-

cie dla nadchodzących rozwiązań i technologii, co pozwoli wydłużyć żywotność tego modemu oraz zmniejszyć koszty jego użytkowania.

Ponadto modem 5G Qualcomm Snapdragon X65 zawiera moduł anteny Qualcomm QTM545 czwartej generacji, która w połączeniu z systemem RF zapewnia wsparcie dla wszyst-

kich globalnych częstotliwości mmWave, w tym nowego pasma n256 (41GHz). Co ciekawe, mimo większych możliwości, gabarytowo jest tak samo mała jak poprzednia generacja.

Wciąż czekamy na solidną sieć 5G w Polsce i smartfony z różnych segmentów cenowych obsługujące tę technologię. Pewne jest jednak to, że nie ma odwrotu – 5G będzie równie powszechne jak obecnie LTE.



PRENUMERUJ

prenumerata roczna
1 wydanie gratis
152,90 zł

prenumerata dwuletnia
6 wydań gratis
250,20 zł

e-prenumerata roczna
2 e-wydania gratis
111,00 zł

e-prenumerata dwuletnia
6 e-wydań gratis
199,80 zł

Prenumeratorzy wersji drukowanej
za równoległe do niej e-wydania
płacą jedynie **20% ceny**:
opłata za e-prenumeratę równoległą
wynosi 26,60 zł/rok,
53,20 zł/2 lata.

do 50% zniżki
za lojalność

Wieloletni Prenumerator po kilku latach
nieprzerwanej prenumeraty zyskuje
DO 50% ZNIŻKI. Jeśli prenumerujesz EdW,
wszystkie dane nt. swojej prenumeraty
znajdziesz teraz po zalogowaniu na www.avt.pl.
Co szczególne ważne – znajdziesz tam również
proponycje przedłużenia Twojej prenumeraty,
które uwzględniają przysługujące Ci
zniżki lojalnościowe.

prenumerata		roczna	dwuletnia
jeśli jeszcze nie jesteś Prenumeratorem		152,90 zł 1 wydanie gratis	
	roku	139,00 zł 2 wydania gratis	250,20 zł 6 wydań gratis
jeśli prenumerujesz nieprzerwanie od:	2 lat	125,10 zł 3 wydania gratis	
	3 lat	111,20 zł 4 wydania gratis	208,50 zł 9 wydań gratis
	5 lat		166,80 zł 12 wydań gratis

prenumeratę zamówisz:

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

Administratorem Twoich danych osobowych jest AVT-Korporacja
sp. z o.o., ul. Leszczyńska 11, 03-197 Warszawa, prenumerata@avt.pl.

Przetwarzamy Twoje dane, 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.

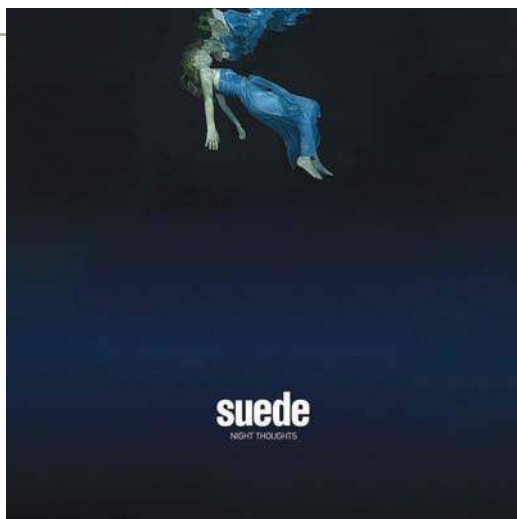
Twoje dane osobowe przekazujemy Poczcie Polskiej, która
dostarcza do Ciebie przesyłki. Bez Twojej zgody nie prześlemy
i nie będziemy dokonywać obrotu (nie użyczymy, nie sprzedamy)
Twoich danych osobowych innym osobom lub instytucjom.
Twoje dane osobowe możemy przekazać jedynie podmiotom

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
obrachunkowego, 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
zgoda 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 do wyboru dwie płyty:

- Suede „Night Thoughts”
- Corinne Bailey Rae „The Heart Speaks in Whispers”

Zamów swój prezent mailowo (prenumerata@avt.pl).

Jeśli zamawiasz prenumeratę drukowaną 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 drukowaną 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 w Sklepie AVT (szczegóły na www.avt.pl/klub-elektronika)
- do 50% zniżki na www.UlubionyKiosk.pl

Prenumeratorze!

Wydanie „Elektroniki dla Wszystkich” 02-03/2021 jest numerem łączonym.

Jeśli masz opłaconą bieżącą prenumeratę, przedłużymy ją o jedno wydanie.

W rubryce „Poczta” zamieszczamy fragmenty Waszych listów oraz nasze odpowiedzi i komentarze. Prosimy o listy dotyczące bieżących wydań EdW, a także o listy z Waszymi komentarzami, propozycjami, problemami, pytaniami, oczekiwaniami względem nas,

z propozycjami tematów do opracowania, itp. Autorzy najciekawszych, wartościowych listów otrzymują upominki, najczęściej w postaci drobnych kitów AVT. Piszcie do nas, bardzo cenimy Wasze listy, choć nie wszystkie prośby możemy zrealizować.

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**

Przypominamy o jubileuszowym konkursie: Moja przygoda z elektroniką i EdW

Każdy może wziąć udział. Nie tylko Czytelnicy, którzy są z nami od 25 lat, ale i najmłodsi, którzy dopiero zaczynają. Także i Ty możesz opisać, ***jak zaczęła się Twoja przygoda z elektroniką i jaką rolę ma w tym EdW***. Nagrodami w konkursie będą talony – kupony do sklepu AVT oraz bezpłatne prenumeraty naszego czasopisma.

W ostatnich miesiącach nadeszło wiele listów dotyczących zawartości bieżących i archiwalnych numerów EdW, gromadzenia i kompletowania wydań papierowych i elektronicznych, spisu treści wszystkich wydań EdW oraz zebrania w jedną całość różnych cykli, jakie przez 25 lat istnienia przeżywały się przez łamy czasopisma.

Jeden z Czytelników napisał do naszego Naczelnego:

Dzień dobry Panie Redaktorze.

Nabyłem trzy publikacje Pańskiego autorstwa (...). Jestem po ich gruntownej lekturze – w najbliższym czasie zacznę wykonywać opisane w nich ćwiczenia. Na razie jeszcze za ich pomocą ugruntowuję wiedzę teoretyczną. Właśnie w tym okresie, później zapewne też, bardzo brakuje mi w nich SKOROWIDZA. Apelowalem już do Pana o pozyskanie wszelkich starań, aby takowy znalazł się w trzech Pańskich publikacjach. Ktoś, a taką osobą jestem ja, kto

chce poznać do głębi zagadnienie – od strony teoretycznej i praktycznej, musi jednego razu zajrzeć do przodu, a innym razem do tyłu publikacji. Tylko w ten sposób powiąże tematy i zagadnienia. Bez skorowidza porusza się jak „niewidomy we mgle”. Albo mu się uda za pierwszym razem znaleźć to, czego szuka, albo musi czynić to kilkakrotnie – tracąc przy tej okazji czas i nerwy. Absolutnie nie wątpię, że rozumie Pan potrzebę takowego skorowidza, gdyż bez potrzeby nie zamieszczano by takowych w książkach od stuleci. Mam świadomość, że wymaga to bardzo żmudnej pracy tandemu autor – redaktor wydawnictwa, ale bez wątpienia obecność skorowidza w książce wpływa na jej ocenę przez osoby zainteresowane, czyli czytelników. Właśnie dlatego warto podjąć ten trud.

*Best regards
Henryk Cisek*

W tym przypadku chodzi o książki, wydane szereg lat temu przez WKiŁ. Propozycja jest jak najbardziej słuszna, jednak w obecnych czasach kluczowym problemem jest to, że dodanie po latach skorowidza wiązałoby się z dużymi dodatkowymi kosztami.

A jeżeli chodzi o uwagi dotyczące EdW, to szereg Waszych postulatów udaje się realizować na bieżąco, niektóre tylko po części, jak prośby o obszerny spis treści wszystkich numerów EdW dostępny na stałe pod adresem:

<https://elportal.pl/materialy-dodatkowe/>

Inne Wasze propozycje czekają w kolejce, ale niestety, niektórych, skądinąd absolutnie słusznych, nie da się zrealizować z różnych względów, przede wszystkim finansowych. Bardzo dziękujemy za te wszystkie cenne uwagi i opinie! Wszystkie takie listy zostały starannie przeanalizowane. Nie sposób ich zacytować tu w rubryce Poczta, ale warto nagrodzić upominkami niektórych Autorów. Prosimy o dalsze uwagi w tych kwestiach!

W grudniowym numerze EdW zamieściliśmy krótkie przypomnienie dotyczące lampy ECC88 oraz pytanie o to, na ile jesteście zainteresowani tematyką lamp elektronowych. Szybko napłynęły liczne e-maile. Oto kilka z nich:

Dzień dobry

Jestem zainteresowany rozszerzeniem artykułu o lampach ECC88. Mam potrzebę zgłębienia wiedzy o tych lampach, autor artykułu dosadnie i rzeczowo opisuje przedmiotowe zagadnienia. Chętnie posilam się wiedzą pana Szymańskiego i wypatruję artykułów w EdW, ponieważ techniczne zagadnienia oraz historia „starej” elektroniki to już rarytas.

Tomasz

Dzień dobry
Jestem za publikowaniem w EdW artykułów ze schematami układów lampowych. Tu napiszę, że wzmacniacze zrobione na lampach elektronowych wydają się „wieczne”, jak chyba wieczna będzie elektronika.

Jan Bojda

Zgodnie z prośbą Redakcji EdW zgłaszam zainteresowanie cyklem artykułów o zastosowaniu lamp w sprzęcie audio.

Arkadiusz Kowalski

Dzień dobry.
W nawiązaniu do propozycji pod artykułem w EdW 2020/12 „Trochę o lampie ECC88”.
Bardzo fajny pomysł! Analiza układów lampowych byłaby odskocznią od scalonej i programowanej elektroniki a poza tym może być inspirująca.

Artur Gęborys

Dzień dobry,
bez rozpisywania się – $2 \times TAK$ dla tematyki lamp elektrownych zwłaszcza w zastosowaniach audio oraz dla amatorskiej budowy zestawów głośnikowych w EdW.

Z poważaniem,
Gwidon Kamieniarz

Tak się przypadkiem złożyło, że znakomity materiał na temat tajemnic „miękkiego dźwięku lampowego” znajdziecie już w tym numerze na stronie 21, w drugiej części artykułu o nieco ekstremalnym wzmacniaczu lampowym.
Kto jeszcze podzieli się na łamach EdW swoją wiedzą na tematy „lampowe”?
Zachęcamy do publikacji Waszych konstrukcji!
Natomiast bardziej obszerny kurs „lampowy” mógłby pojawić się na łamach EdW, jeżeli wyrażicie takie życzenie.

A oto kolejne e-maile z redakcyjnej skrzynki:

Witam serdecznie!
W nawiązaniu do listu Pana Bartłomieja Nowojowskiego z grudniowej Poczty odnośnie do pomiarów impedancji zacytuję klasyka w naszym ojczystym języku: TAK, TAK, TAK!
;-)

Pozdrawiam
Maciej Zimniak

Pozdrawiam Szanowną Redakcję!
Minęło już 25 lat, jak miałem pierwszy egzemplarz EdW w ręce. Faktycznie, czas szybko leci!
Piszę w nawiązaniu do tematyki, jaka może pojawić się na łamach EdW – proponuję utworzyć kącik: **przrządy elektronika w praktyce**.
W dzisiejszych czasach mierniki bywają tak rozbudowane, że trudno się już w tym rozeznać.
Ale od czego nasze ulubione pismo? Warto omówić funkcje skopometru, oscyloskopu, miernika stołowego, generatora itp. Przejrzyty opis pomoże wielu osobom posługiwać się tym sprzętem.
Czy jest szansa na utworzenie działu motoryzacji i uzupełnić lukę o tematyce działania podstawowych elementów współczesnego auta? Temat rzeka, który obejmuje czujniki, EGR, przepływomierze, testery diagnostyczne.

Piotr Szoldra

Jeżeli chodzi o **utworzenie działu motoryzacji (...) o tematyce działania podstawowych elementów współczesnego auta**, to sprawa jest trudna, bo potrzebny jest ktoś, kto zna temat od strony praktycznej i w sposób przystępny potrafi przekazać wiedzę innym. Takiego zadania musiałby podjąć się ktoś z Czytelników. Zapraszamy!

A jeżeli chodzi o przyrządy pomiarowe oraz pomiary, to materiały o tej tematyce właśnie pojawiły się na łamach EdW w postaci „Generatora kalibracyjnego”, który doprowadzi nas do współczesnych niedrogich oscyloskopów. Ścisły związek ma z tym także cykl „Wróbelek”, w którego ramach będziemy mierzyć niedoskonałości realnych elementów. Gotowe są artykuły o wykorzystaniu do pomiarów karty dźwiękowej, trwają prace nad materiałem o pomiarach za pomocą VNA. Naczelny już przygotowuje materiał na temat oscyloskopów i sond oscyloskopowych, O wszystkim tym szerzej można przeczytać na jego Facebooku:

<https://bit.ly/35jjuYN>

gdzie znajdziecie też więcej zapowiedzi tego, co jest planowane i gdzie możecie napisać, co Was najbardziej interesuje i co powinno być publikowane w pierwszej kolejności.

Do skrzynki pocztowej Naczelnego trafiają rozmaite listy. Ostatnio wpłynął króciutki e-mail o takiej treści:

Panie Redaktorze: przepraszam za moje błędne projekty do EdW

Pozdrawiam
Paweł

Nie ma za co przepraszać, tym bardziej że najprawdopodobniej Autorowi chodzi o nadsyłane rozwiązania konkursów, w tym Szkoły Konstruktorów.

Do skrzynki Naczelnego wpłynął też następujący list:

Dzień dobry
W nawiązaniu do numeru z 12/2020r. chciałbym zaproponować, co moim zdaniem mogłoby jeszcze bardziej rozwijać osoby czytające EdW.
Na pewno zasady tworzenia płytek PCB wraz z najlepszymi technikami, a jest to nie lada sztuka.
Może coś, co nakreśli, na co zwracać musi uwagę osoba, która chce zacząć przygodę z produkowaniem elektroniki (dostawcy, normy, prawo, itp.).
Może seria, która by pokazała, jak bardzo ważna dla praktyki jest teoria wykładana w szkołach i na studiach.
No i chyba uświadamianie Czytelników, że na dzisiejszym rynku pracy bardzo ważne jest to, co ma się udokumentowane, że się zrobiło. Sam papier technikum i uczelni to za mało. Pracodawcy znają realia, jakie są w naszym kraju.
Może przydałby się kącik na temat dobrych praktyk rysowania schematów? Jest wielu ludzi, którzy mają dobre praktyki i gdyby to zebrać w całość i stworzyć pewien standard EdW, to byłoby pomocne.
Tak na zakończenie, to dziękuję Panu bardzo za każdy napisany numer EdW, który mogłem przeczytać. Jest to bez dwóch zdań ogromne źródło wiedzy. (...)

Best regards / Pozdrawiam
Patryk Rzońca

(...) Chciałbym wypowiedzieć się na trzy tematy.

Inkscape. Jeden z Czytelników skrytykował użycie przez Uczestnika Szkoły Konstruktorów programu Inkscape do narysowania w nim schematu rozwiązania zadania. Niesłusznie! Udostępnione przez Redakcję biblioteki gotowych elementów elektronicznych dla Inkscape wspaniale ułatwiają tworzenie schematów. Przydałoby się jednak ich uaktualnienie do najnowszej wersji programu i uzupełnienie o dodatkowe rysunki. Elektronicy coraz częściej używają platform Arduino, Raspberry Pi oraz gotowych modułów, więc ich obecność w bibliotece byłaby mile widziana. Może Redakcja zechce przygotować też szablony do tworzenia płyt czołowych urządzeń, skale do wskaźników wychyłowych krajowych i chińskich?

Praca grupowa. W Poczcie 10/2020 pan Krzysztof podał przykłady wspólnych projektów oscyloskopu i generatora, które nie zostały zrealizowane. Ja też wielokrotnie obserwowałem porażki przy próbach zbudowania wspólnymi siłami różnych urządzeń. Według mnie jedną z przyczyn był zamiar zbudowania zbyt skomplikowanych przyrządów, których majsterkowicze nie zrobią ani taniej, ani lepiej niż fabryka. Proponuję na początek w ramach pracy grupowej zająć się prostszymi tematami. Może to być np. elektroniczna wersja jakiejś gry planszowej, automat układający kostkę Rubika itp. Tego typu urządzenia łatwo podzielić na współpracujące ze sobą moduły i ich opracowanie przydzielić poszczególnym osobom z zespołu konstruktorów. Wtedy w razie wystąpienia jakichś problemów łatwiejsze będzie ich zlokalizowanie i ustalenie przyczyn pojawienia się. Może uda się wypracować zasady tworzenia projektów grupowych, pozwalające na ukończenie bardziej ambitnych przedsięwzięć.

Wymiary płytek drukowanych. Gdy jakaś firma opracuje urządzenie, to wszystkie jego elementy składowe pasują do siebie w określony sposób i jako całość tworzą gotowy produkt. W przypadku projektów publikowanych w EdW i innych pismach są to jedynie płytki drukowane z przylutowanymi elementami. Wymiary tych płytek oraz rozmieszczenie otworów do zamocowania są najczęściej przypadkowe. Tylko czasami kształt płytki i otwory mocujące są dopasowane do jakiejś fabrycznej obudowy uniwersalnej. Wymiarami wewnętrznymi i rozmieszczeniem słupków do przykręcenia płytki w obudowach uniwersalnych też rządzi przypadek. Dlatego proponuję przyjęcie jakiegoś standardu wymiarów płytek oraz średnicy i rozmieszczenia otworów dla projektów publikowanych w EdW. Za optymalne uważam, żeby otwory w płytkach miały średnicę 3mm, a ich rozmieszczenie pasowało do siatki z rastrem 10mm. Wtedy łatwe będzie przymocowanie do elementów z zestawów konstrukcyjnych takich jak MakerBeam i Totem Maker zaprojektowanych specjalnie do budowy prototypowych urządzeń elektronicznych lub „z potrzeby chwili...”. Gdyby nie otwory pod śruby M4, możliwe byłoby też użycie bardzo popularnych kiedyś blaszanych zestawów konstrukcyjnych. Niestety żaden producent elementów dystansowych nie wpadł na pomysł, żeby wytwarzać tuleje zakończone z jednej strony gwintem M3, a z drugiej M4.

Pozdrawiam
Czytelnik

1. Czy Twoim zdaniem należy kontynuować na łamach EdW temat Inkscape i „bibliotek schematowych”?
2. Temat pracy grupowej jest wciąż aktualny. Jeżeli zgłoszą się chętni – skoordynujemy prace.
3. Co sądzisz o „standaryzacji płytek”?

Witam

Ostatnio zakupiłem deweloperski zestaw ewaluacyjny serbskiej firmy Mikroelektronika – „EasyMx PRO v7 for STM32”. Stwierdziłem, że pora wyjść z 8-bitowych ATMEli w BA-SCOM-ie i zacząć próbować swoich sił z programowaniem mikrokontrolerów 32-bitowych w języku C. Zestaw tej firmy jest świetny, wspaniała dokumentacja, wsparcie społeczności i producenta, wszystko podane na tacy, sprzętowy(!) debugger... długo by wymieniać.

I tutaj nasuwa mi się pomysł na tematy do EdW. Oczywiście jest, że nie proszę Redakcji, aby promowała komercyjne rozwiązania konkretnych firm, ale... no właśnie, może kurs programowania STM32 w języku C, a do tego jakiś autorski, w miarę prosty eval board w formie KIT-u AVT? Albo jeszcze coś innego, ale nowego i przyszłościowego, związanego z programowaniem, z czymś innowacyjnym. Aby urzeczywistnić ideę „następnego kroku”, przy zachowaniu metody „od podstaw”?

Drugi temat, jaki od zawsze chciałem zrealizować, to budowa własnego, prostego falownika.

Urządzenia, które z akumulatora DC da mi na wyjściu sinus 230VAC (albo chociaż piłkę lub nawet prostokąt!). To nie musi być megawydajne ani skomplikowane, ale byłbym szczęśliwy, umiając zasilić prądem stałym urządzenie mające transformator na wejściu ;)

I ostatnia kwestia – ostatnio Redakcja pytała czytelników czy jest potrzebny kurs prostszy niż Praktyczny Kurs Elektroniki. Uważam, że jak najbardziej TAK!

I naprawdę już na sam koniec chciałbym pochwalić serię artykułów „Czym się różni wróbelek” – w mojej opinii to majstersztyk. Naprawdę artykuły te czytam z zapartym tchem. Są niebywale ciekawe, pouczające – w dodatku to merytoryczna bomba skondensowanej wiedzy od rzeczy prostych po eksperckie, podana w przystępnej formie.

Chciałbym też pochwalić artykuł „Zasilanie awaryjne napięciem stałym” Karola Świerca... oraz wyrazić moją dezaprobatę dla artykułu „Pozytywny licznik koronawirusowy” – wiem, że tematy covidowe są ostatnio nośne, ale naprawdę – EdW broni się sama i nie musi sięgać po tak tanie chwytły – proszę mi wybaczyć moją butną szczerość.

(...) bardzo czekam na przesuwane już od miesięcy (od lat?!) artykuły: Simple half-bridge SMPS oraz Moja własna karta audio USB. Kiedy (w przybliżeniu) można się ich spodziewać na łamach EdW?

Uff.... wygadałem się, bardzo dziękuję za przeczytanie mojego listu i za ewentualną odpowiedź.

Z pozdrowieniami
Radosław Kukula

Jeżeli chodzi o kurs języka C i własny zestaw ewaluacyjny do takiego kursu, to mamy złe doświadczenia. Wygląda na to, że EdW nie jest dobrym miejscem na typowe kursy informatyczne. Jednak kwestia „następnego kroku” jest bardzo ważna. Tylko czy język C na STM32, czy może ESP32, a może raczej Python i krok w innym kierunku niż język C?

Falownik DC/AC: temat trudny, ale obecnie już dostępny za sprawą gotowych modułów (EGS002 EG8010).

Zapowiedzi publikacji: Autor zdecydował, że gotowy od dawna Simple half-bridge SMPS NIE będzie opublikowany, ale właśnie szykuje zupełnie nowy projekt. Autor karty audio obiecuje dokończenie projektu, ale niezależnie od tego komputerowymi kartami audio zajęliśmy się z jeszcze innej strony.

Witam. Chciałbym skomentować dwie sprawy poruszane w listach od czytelników.

(...) Druga propozycja dot. listu czytelnika (...) à propos projektowania kolumn. W temat wszedłem jakiś czas temu, gdy potrzebowałem nowych kolumn do swojego kompa. Okazało się wtedy, że moje wymagania są bardzo wysokie, więc przesłuchałem to, co jest na rynku od 200zł do nawet 16 000zł. Refleksje są różne, a odczucia raczej negatywne – w szczególności dla sprzętu marketowego. Ostatecznie kupiłem używane, aktywne monitory odsłuchowe firmy Genelec 8030A. Z ciekawości rozebrałem je. W środku z najważniejszych elementów: kostka wzmacniająca to podwójny LM3886, w torach zwrotnicy aktywnej TL072, najtańsze kondensatory zasilające, tanie elektrolity SMD w torze audio, kabelki po 2zł za metr. Innymi słowy: wszystko, co dla audiofila dyskredytowałoby ten sprzęt. A przecież te kolumny są uznane na świecie i kosztowały około 4,5 tys! Czyli nie zawsze potrzebne są tysiące złotych na elementy, aby coś świetnie grało...

Stąd moja propozycja – może rzeczywiście przedstawić na łamach czasopisma projekt kompletnych kolumn 2+1 włącznie z teorią ich budowy, które byłyby alternatywą dla marketowych głośników komputerowych, a do których zaproponowano by również dedykowany (dedykowany w sensie dopasowanej zwrotnicy aktywnej) tani wzmacniacz oparty np. o projekt uproszczonej polskiej Ugody. Do takiego zestawu nie potrzeba setek watów – z moich doświadczeń wynika, że wystarczy 5–10W, a to obniża koszty. Co prawda koszty i tak zapewne będą dużo wyższe niż dla produktów masowych, ale taki kompletny kit stanowiłby świetną bazę rozwojową – zarówno w kierunku budowy wzmacniaczy, jak i budowy kolumn. W efekcie przez lata będzie ewoluował zapewne w kierunku postaci bardziej lub mniej audiofilskich :)

Pozdrawiam
Andrzej Jabłoński

Droga Redakcja

Odpowiadając na Wasze pytanie o sens artykułów nt. budowy własnych zestawów głośnikowych, uważam, że **nie warto się tym zajmować**, jednakże tematu głośników jako takich pominąć nie należy. Dziś zestawy głośnikowe nie są już towarami ani deficytowymi, ani bardzo drogimi. Zaś skonstruowanie takiego zestawu jest trudne, bowiem nie ogranicza się tylko do zaprojektowania i wykonania zwrotnicy głośnikowej czy zasymulowania w programie funkcjonowania obudowy z głośnikami. Jeśli chcemy uzyskać coś ponadprzeciętnego, lepszego niż można kupić za umiarkowaną cenę, to będziemy musieli się wykazać sporą wiedzą z zakresu elektroakustyki w zakresie doboru głośników i typu obudowy z uwzględnieniem pomieszczenia, w którym zestaw ma funkcjonować. A to połowa pracy. Później trzeba zestaw zbudować, do czego wymagana jest z kolei wiedza i doświadczenie z zakresu stolarki oraz odpowiedni warsztat i narzędzia. Przeciętny elektronik amator lutujący swoje układy w małym domowym warsztaciku raczej nie ma warunków na wykonanie takich poważnych prac w sposób gwarantujący ponadprzeciętny efekt, zarówno akustyczny, jak i wizualny.

Nie znaczy to, że o temacie głośników powinniście zapomnieć. Jest wiele mitów, niejasności i niedomówień krążących wśród młodych, a czasami także starszych osób na ten temat. Nawet na łamach Waszego czasopisma pojawiały się w poczcie pytania typu: „Czy mogę bezpiecznie podłączyć stuwatowe głoś-

niki do słabszego wzmacniacza? Czy nie uszkodzę go mocniejszymi głośnikami?”. Wątpię, by czytelnik Waszego pisma nie znalazł prawa Ohma czy wzoru na moc. To pytanie raczej wynika z niewiedzy o tym, jak działają głośniki, wzmacniacze i jak ze sobą współpracują, czym jest moc głośnika, a czym moc wzmacniacza itd.

Z mojego doświadczenia wynika, że wiele osób, niezależnie od wiedzy, nie zdaje sobie sprawy np. z tego, że pod pewnymi warunkami można podłączyć dowolne głośniki do dowolnego wzmacniacza i nic się nie zepsuje (pomijając kwestie dźwiękowe).

To są tematy, o których na pewno warto pisać. Na pewno też warto przypomnieć, jak działa cały zestaw głośnikowy, czym się różnią rozmaite rodzaje obudów głośnikowych, by młody elektronik-meloman nie błądził po omacku po sklepach, otumaniany marketingowym bełkotem handlowców, lecz wybierając produkt świadomie.

Z poważaniem stały czytelnik
Tomasz Sukiennik

O zainteresowanie tematyką samodzielnej budowy zespołów głośnikowych pytaliśmy w rubryce Pocztą w jednym z wcześniejszych numerów (11/2020) w związku z zamieszczonym tam listem **Romana**. Jak widać, opinie są mocno rozbieżne, niemniej warto byłoby materiał o głośnikach i zespołach głośnikowych przedstawić w EdW.

Kwestia głośników to tylko drobny, choć bardzo ważny wycinek szeroko pojętej tematyki audio. Jak już pisaliśmy, wszyscy mamy świadomość, że dziedzina ta ogromnie zmieniła się w ostatnich latach.

Wiadomo, że hobbysci coraz mniej budują „od zera”, a coraz częściej wykorzystują gotowe bloki i moduły. Na ile powinniśmy zajmować się w EdW układami audio? Jakimi układami i urządzeniami?

Wspomniana właśnie kwestia mocy wzmacniacza i kolumny to tylko jeden przykład, że wiele osób zgubiło się w szczegółach. Nic dziwnego, ponieważ tematyka audio jest ogromnie szeroka. Bardzo trudno ogarnąć umysłem i uporządkować poszczególne zagadnienia i aspekty. Tym bardziej że w grę wchodzi zaawansowane informacje z dziedziny techniki cyfrowej. Przykładem zagubienia się w tych „szczełach cyfrowych” oraz przykładem praktycznych konsekwencji braku rozeznania jest informacja z jednego z forów, że ktoś zupełnie niepotrzebnie zmarnował mnóstwo czasu, ponieważ wszystkie posiadane empetrójki pracowicie przekonwertował na format FLAC, o którym słyszał, że jest dużo lepszy od MP3. Różnych innych przykładów zagubienia można byłoby podać wiele, na przykład w kwestii „daków”, czyli przetworników DAC.

Dawniej w EdW mieliśmy dział MEU (Magazyn Elektroniki Użytkowej). Może należałoby na łamach naszego czasopisma przywrócić ten dział ze szczególnym uwzględnieniem tematyki audio? Może warto byłoby uporządkować i wyjaśnić szereg zagadnień? Naczelny ma w tej kwestii pomysł stworzenia „Panoramy audio”, o czym zapewne najwcześniej będzie można przeczytać na jego Facebooku: <https://bit.ly/35jjuYN>. A jak Ty widzisz obecność tematyki audio w EdW?

Upominki za listy do Poczty, także te niezacytowane, otrzymują:

Jacek Kosecki, Grabson, Andrzej Sprus, Patryk Rzońca, Andrzej Jabłoński oraz Tomasz Sukiennik.

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.

3 (...) zainteresował mnie temat diod LED mocy i taśm do oświetlenia pomieszczeń (...) [i do] kolorowych efektów (...) Co to są skróty RGBW, RGBWA, RGBWW, RGBWY, RGB CCT, RGBWC+WW (...)? (...) co to jest „GROW LED”? czym się różni „FULL SPECTRUM LED” od białych LED? (...) zgubiłem się (...) czym się należy kierować przy wyborze do zakupu? (...) jak nimi można najłatwiej sterować?

W poprzednich trzech numerach było omawiane powyższe pytanie dotyczące diod LED.

Temat jest ogromny, bowiem diody LED są coraz częściej używane, i to wciąż w nowych zastosowaniach. Jeden problem, który został po części omówiony, to: **co i gdzie kupić?**

Jeżeli chodzi o zakupy, to oferta handlowa diod i taśm LED jest dziś ogromnie szeroka. Jedną sprawą to obfitość różnokolorowych diod LED przeznaczonych do wytwarzania efektów świetlnych. Odrębna sprawa to diody LED przeznaczone do uprawy i wzrostu roślin. A jeszcze inna kluczowa dziedzina to białe diody LED przeznaczone do oświetlenia mieszkań. **Rysunek A**, który można znaleźć na stronach wielu dystrybutorów i sklepów internetowych, daje pojęcie o obfitości oferty handlowej.

Nie ma dobrej prostej recepty, **co i gdzie kupować?**

Nie ma też dobrej odpowiedzi na postawione pytanie: **jak najłatwiej nimi sterować?**

To odrębne, bardzo szerokie zagadnienie. Najprościej biorąc: **najłatwiejsze do sterowania są najpopularniejsze, 12-woltowe taśmy LED.** Są sterowane napięciowo, co uzyskuje się przez zastosowanie rezystorów ograniczających. Sterowanie jest łatwe, ale te **rezystory w taśmach LED obniżają sprawność i skuteczność świetlną o około 25%.**

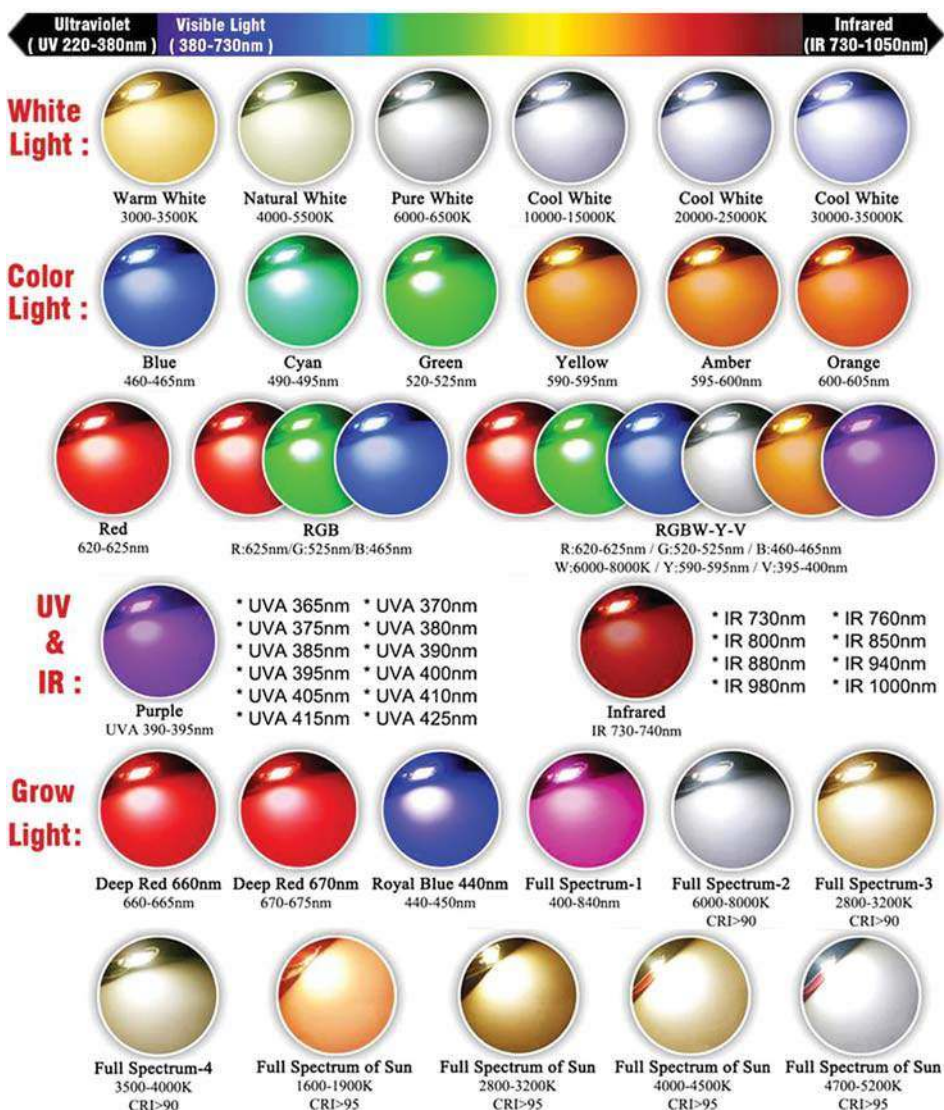
Aby uniknąć różnej jasności poszczególnych diod w taśmie, należy je zasilать w kilku punktach. A płynną regulację jasności najprościej realizuje się nie przez płynną zmianę wartości napięcia zasilania, tylko impulsowo, przez zmianę współczynnika wypełnienia impulsów (PWM). Na rynku dostępnych jest mnóstwo goto-

wych sterowników taśm LED. Także sterowanych podczerwienią, radiowo, przez Bluetooth i Wi-Fi.

Warto zainteresować się takimi sterownikami, które mogą być kontrolowane lokalnie za pomocą pilota oraz zdalnie, za pomocą aplikacji w smartfonie. I to jest kolejne szerokie zagadnienie, bo systemy są różne, wzajemnie niekompatybilne.

Mniej popularne są „profesjonalne” taśmy 24-woltowe, zwykle lepiej wykonane, droższe, mające lepsze parametry. Mało popularne są taśmy 5-woltowe z klasycznymi diodami LED, często zasilane z gniazdka USB. 5-woltowe są też taśmy z modnymi dziś indywidualnie sterowanymi diodami RGB WS2812 i pokrewnymi. Ich sterowanie wymaga dedykowanych układów, zależnie od oczekiwanych efektów świetlnych.

Rys. A



Jeżeli chodzi o inne taśmy, to należy stanowczo przestrzec przed wykorzystywaniem na pozór atrakcyjnych taśm, zasilanych napięciem zmiennym wprost z sieci 230V. **Taśmy oznaczane często jako „220-woltowe” są śmiertelnie groźne dla osób i zwierząt!**

Zupełnie inna kwestia to sterowanie pojedynczymi diodami LED i szeregowo połączonymi łańcuchami diod LED, czy w modułach COB, czy pojedynczych. Nie ma tam wbudowanych rezystorów szeregowych, więc nie mogą być zasilane napięciowo, bo groziłoby to niekontrolowanymi zmianami prądu pracy. Powinny one być zasilane prądowo, to znaczy układ zasilający musi kontrolować prąd, a nie napięcie, które zmienia się m.in. pod wpływem temperatury. **Sterownik łańcucha diod LED musi być rodzajem źródła prądowego LED.** I tu w grę wchodzi dwa bardzo ważne aspekty: sposób sterowania wielkością prądu pracy oraz sprawność energetyczna.

Większości elektroników pojęcie źródła prądowego kojarzy się z „gładkim” prądem stałym. W przypadku diod LED trzeba regulować ich jasność, ale zwykle jest to realizowane nie przez liniową zmianę wartości prądu, tylko impulsowo. Czyli potrzebne jest impulsowe źródło prądowe, i to o jak najwyższej sprawności energetycznej. W praktyce – przetwornica impulsowa, której wyjście ma charakter źródła prądowego.

Podstawowa idea jest bardzo prosta: można wykorzystać popularną przetwornicę podwyższającą (step-up) lub obniżającą (step-down) ze scalonym sterownikiem, który kontroluje nie napięcie wyjściowe, tylko prąd wyjściowy, a konkretnie spadek napięcia na szeregowym rezystorze pomiarowym, włączonym w szereg z łańcuchem diod LED.

Ta podstawowa idea jest wręcz dziecinnie prosta, jednak w poszczególnych aplikacjach w grę wchodzi różne czynniki, przede wszystkim ekonomiczne, ale także techniczne, wynikające z potrzeb i wymagań w danym zastosowaniu.

Na rynku dostępnych jest mnóstwo tanich prądowych sterowników dla łańcuchów diod LED. Sprawa się komplikuje, gdy konieczna jest regulacja. Z istotnych powodów atrakcyjna jest impulsowa regulacja jasności, ale to rodzi kolejne problemy. Od dawna znany jest problem częstotliwości impulsów: mała częstotliwość impulsów daje przykre dla oka ludzkiego i męczące wrażenie migotania, a duża zwiększa poziom zakłóceń elektromagnetycznych. Dziś dochodzi do tego jeszcze inny problem: nawet gdy oko nie dostrzega migotania, może ono fatalnie wpływać na jakość obrazu nagrywanego kamerami, także tymi w smartfonach i tabletach.

Sterowanie prądowe diodami LED to bardzo obszerny temat, który może zostać rozwinięty na życzenie Czytelników wyrażone w e-mailach (edw@elportal.pl).

100% elektroniki

Prenumerujesz
Elektronikę Praktyczną +
Elektronikę dla Wszystkich?

Skorzystaj z promocji

1+1=3

i zamów bezpłatną
prenumeratę Elektronika



na www.avt.pl/prenumerata

Tesla czy Marconi?

Wiadomo, że radiotechniką interesuje się liczna grupa ludzi. Część tej grupy zajmuje się kolekcjonowaniem zabytkowych odbiorników, znając tylko pobieżnie ich budowę i działanie. Dość liczna grupa miłośników radiotechniki interesuje się zarówno budową, jak i działaniem urządzeń radiowych od podstaw i ta grupa ciągle poszerza swą wiedzę.

O ile na temat urządzeń radiowych jest całe mnóstwo książek, czasopism i różnych publikacji, o tyle na temat radiofonii, która te urządzenia wykorzystuje do nadawania audycji, jest znacznie mniej materiałów i są one trudniej dostępne.

Felieton napisałem w związku z bardzo wartościową książką Marcina Hermanowskiego pt. **Radiofonia w Polsce – zarys dziejów**. Książka ta bardzo mnie wciągnęła i mam wielkie uznanie dla Autora za ciekawe i przystępne opracowanie tematu. Jest jednak w tej książce jeden poważny błąd, zawarty w pierwszym rozdziale o narodzinach radia. Jako wynalazca radia jest tam przedstawiony G. Marconi.

Trudno mi zrozumieć, dlaczego Autor, studiując wiele różnych publikacji, nie dotarł do tych, które opisują prawdziwego wynalazcę radia, jakim jest Nikola Tesla. Jeśli mnie, przeciętnemu miłośnikowi radiotechniki, udało się zdobyć wiadomości o prawdziwych początkach radia, to dlaczego encyklopedie, a za nimi autorzy różnych publikacji, powtarzają mylne informacje? Okazuje się, że nawet encyklopediom nie należy bezgranicznie ufać.

Przypomnę jeszcze raz: nad wykorzystaniem fal elektromagnetycznych do łączności bezprzewodowej pracowało wielu uczonych, m.in. Hertz, Popow i elektryk Marconi, który opierał swoje doświadczenia na pracach Hertza i Popowa.

Jednak do powstania radia w największym stopniu przyczyniło się dwóch ludzi: Anglik O'Lodge i przede wszystkim Serb, Nikola Tesla. Obaj zbudowali podobne urządzenia nadawczo-odbiorcze, z tym że O'Lodge jako odbiornik wykorzystał telegraf w 1894r., a Tesla w 1895 r. w urządzeniu, które miało opracowane przez niego strojne obwody rezonansowe, jako odbiornika użył lampy jarzeniowej. Obwody rezonansowe pozwalały maksymalnie wykorzystać przesyłaną energię. Zasady rezonansu elektrycznego i strojenia Tesla opracował i opisał już 1893 r. W roku 1897 Tesla zgłosił patent na łączność radiową, który obejmował między innymi sterowanie różnymi urządzeniami za pomocą fal radiowych. Marconi swoje urządzenie nadawczo-odbiorcze skopiował z urządzeń Tesli i O'Lodge'a, a po dostosowaniu do potrzeb wojskowych sprzedał armii amerykańskiej. Wykorzystał w nim patent Tesli nr 645.576, zgłoszony w 1897 r., a wydany dopiero w marcu 1900 r. Patent na „swoje” urządzenie Marconi zgłosił w roku 1900 i niemal natychmiast został mu przyznany. Patent Tesli, choć zgłoszony 3 lata wcześniej, został przyznany dopiero kilka dni po patencie Marconiego. Jak widać, dobre układy, jakie miał Marconi w kręgach biznesowo-politycznych, znaczyły więcej niż prawda i wiedza Tesli. Prawda jednak została ujawniona, gdy skończyły się dawne układy. W roku 1943 Sąd Najwyższy Stanów Zjednoczonych przyznał oficjalnie, że prawdziwym wynalazcą radia jest Nikola Tesla.

Trudno zrozumieć, czemu przez ponad 70 lat nikt nie zwyryfikował mylnych informacji na temat wynalezienia radia.

mikrofon produkcji Société Française Radioélectrique był urządzeniem w kształcie cylindrycznej puszkii o wadze kilku kilogramów. Ułożony był na hamaku z grubego wołoku²⁶ i na amortyzatorach z gumy porowatej, a całość umieszczono na półtorametrowym drewnianym stojaku. I jeszcze jeden opis studia PTR, tym razem autorstwa inż. Romana Rudniewskiego, zamieszczony w tygodniku „Antena” w 1939 roku: „Nasz pierwszy mikrofon był brzydki, pokraczny, owinięty we flanelę i zawieszony na gumowych poduszkach. Zbliżaliśmy się do niego zawsze z dużym niepokojem, gdyż był ogromnie »nerwowy« [...] Studio przypominało łożę masońską. Ściany i sufit studia wybite grubą i mocno sfałdowaną materią, podłoga wyłożona grubym dywanem, okna szczelnie przysłonięte. Wewnątrz panował półmrok, powiększając nastrój tajemniczości²⁷. Mikrofon fascynował wiele osób, które za jego pomocą pracowały. Tak wspomina to jeden z wykonawców L.M. Rogowski: »W rogu pokoju to właśnie on, jasnie wielmożny mikrofon. Brzydka bestia, nie ma mowy, stanowczo źle mu patrzy z oczu. To jest właściwie nie z oczu, gdyż ma tylko jedno oko, i to przysłonięte, i jakby chytrze przymrużone, kpiące, a leniwie mrugające na obecnych. Nad okiem — ucho, ba, co za ucho: nastawione obojętnie na salę, wygodnie siedzące na czterech gąbkach kauczukowych, macki białe i czerwone zapuściło gdzieś poza siebie — wiadomo, aby donieść wszystko, co usłyszysz, gdzieś w świat. I nic po nim nie widać tych szelmowskich zamiarów. Ba, ale z takim potworem kłopot. Ani wiedzą, czelku, co usłyszysz to ucho, ani jak: grasz, jak należy, a potwór mówi, że mu się pedał nie podobą; śpiewasz jak anioł, a potworowi nie podobą się zbyt wielkie ani zbyt małe napięcie głosu; mówisz, a potwór nie chce wymówić zbiegów sylab syczących i świszczących. Śpiewaczka robi do mikrofonu oczko, to najbardziej czarujące, jakie ma w swej zbrojowni... Ha, co robić, zaczynamy. Głos śpiewaczki i fortepianu brzmi głucho, tępo, wykonawcy są zrozpaczeni; na pewno wypadło obrzydliwie. Wchodzi dyr. R. Rudniewski, zamyka potworowi jakiś zatrzask — mówi, że dobrze. I wierz tu, czelcze, temu potworowi: miał przez cały czas minę wyraźnie kpiącą²⁸».

Najwyższy jednak czas aby przywrócić Tesli należne mu miejsce w czołówce największych wynalazców na świecie, także jako prawdziwemu wynalazcy radia.

A wracając do wspomnianej książki, przybliżającej czytelnikom istotę radiofonii i ciekawą jej historię, która w przystępny i interesujący sposób prowadzi czytelnika od początków radiofonii w Polsce do chwili obecnej: Autor włożył wiele wysiłku, studiując opracowania zarówno polskich, jak i zagranicznych autorów, aby przekazać czytelnikom jak najwięcej ciekawych wiadomości. Pisząc tę książkę, opierał się na innych publikacjach na ten temat, co podaje w bibliografii. Pozwoliło to na ukazanie wielu interesujących i często nieznanych szczegółów z historii polskiej radiofonii. Dla przykładu pozwalam sobie dołączyć kopię opisu studia, jakim dysponowało Polskie Towarzystwo Radiotechniczne (PTR), a w nim humorystyczny opis mikrofonu. PTR było jedną z pierwszych firm, zajmujących się rozwojem i propagowaniem radiofonii. Dużo można się dowiedzieć o osobach, które brały bezpośredni udział w tworzeniu polskiej radiofonii.

Jerzy Szymański
j.szymanski@wp.eu



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.

Moduł precyzyjnego generatora TCXO i synchronizacji z GPS

część 1

W EdW 9/2020 pojawił się artykuł opisujący licznik częstotliwości i czasu AVT3275. Czymże on byłby, gdyby nie miał precyzyjnego generatora? Byłby miernikiem z dużą liczbą cyfr, z których połowa nie miałaby żadnego znaczenia!



Opisywane urządzenie służy do generowania precyzyjnych sygnałów wzorcowych o częstotliwościach 16MHz, 8MHz, 1MHz i 1Hz. Przez modyfikację oprogramowania możliwe jest uzyskanie innych częstotliwości, na przykład 32768Hz do taktowania zegara RTC, czy 10MHz dla generatorów lub oscyloskopów. Może więc znaleźć różne zastosowania.

Opisywany generator był budowany z myślą o liczniku częstotliwości i czasu AVT3275 taktowanym częstotliwością 8MHz oraz młodszych braci AVT3278 i AVT5575, które będą taktowane zegarem 16MHz. Z tego powodu generator wytwarza właśnie te dwie częstotliwości. Wzorzec 1MHz był swego rodzaju standardem w starszych urządzeniach, dlatego generator wytwarza go, aby mogły odzyskać „życie” posiadane wzorce, które pewnie dawno temu straciły swoją precyzję. Wyjście kontrolne 1Hz może służyć do pomiaru precyzji generatora.

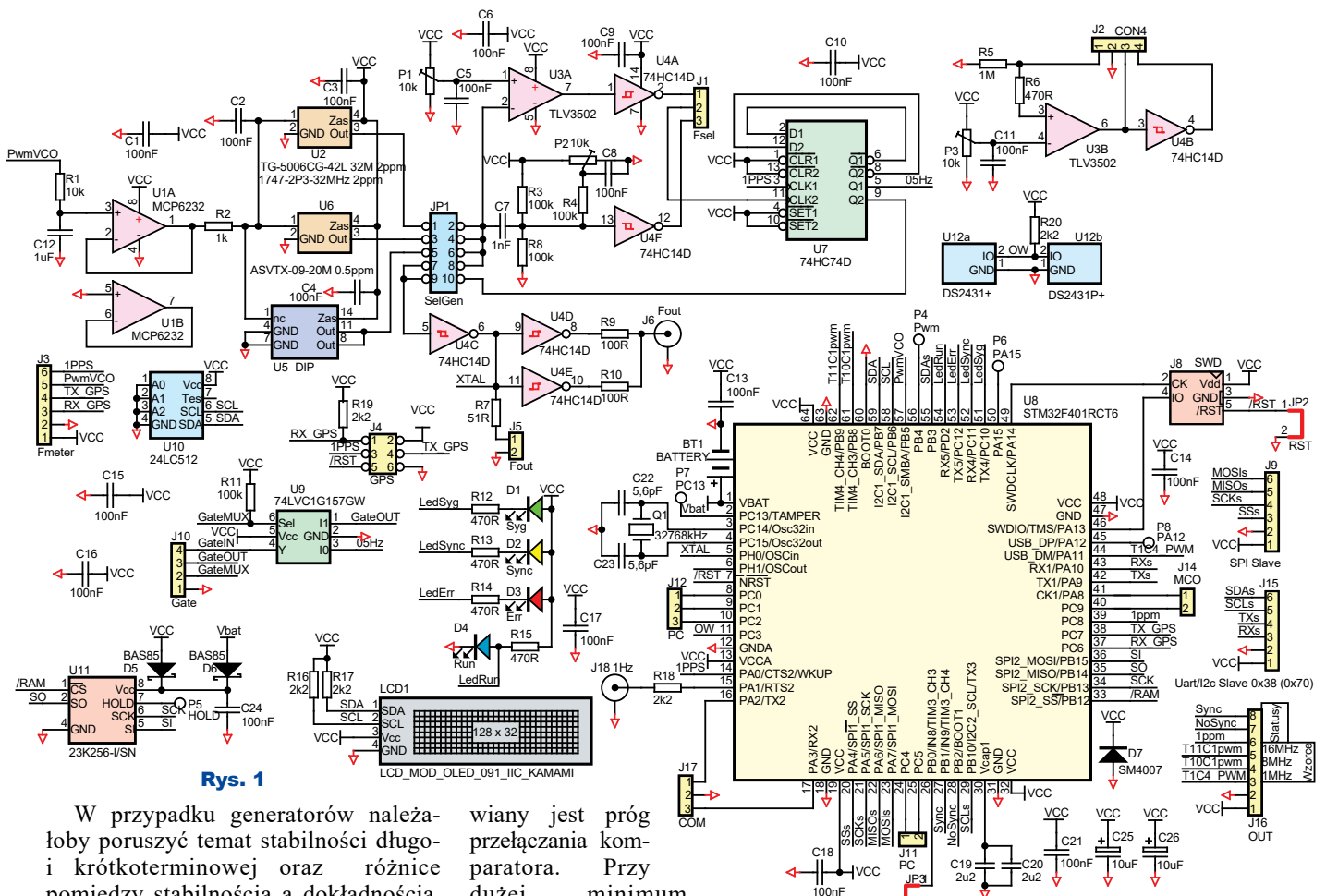
Dlaczego precyzyjny wzorzec ma tak duże znaczenie? Za przykład wezmę wersję ze standardowym, tanim kwarem układu AVT3275, którego pole odczytowe składa się z ośmiu cyfr. Typowa dokładność kwaru to $\pm 30\text{ppm}$, w gorszej jakości generatorach $\pm 50\text{ppm}$. Co to oznacza w praktyce w liczniku częstotliwości? Oznacza, że mierząc częstotliwość 1MHz, licznik może zliczyć ± 30 impulsów w przypadku generatora 30ppm. Miernik może więc wskazać częstotliwość z zakresu 999970...1000030Hz. Przy pomiarze 40MHz miernik może pokazać

9999700...10000300Hz. Widać wyraźnie, że tylko pierwsze cztery cyfry zachowują precyzję, pozostałe cztery w przypadku 10MHz nie mają znaczenia. Miernik taktowany standardowym kwarem można ograniczyć do czterech cyfr, co uczyniono w przypadku AVT5575, ewentualnie można pokazać pięć cyfr, gdzie ostatnia będzie pokazywać fluktuacje sygnału mierzonego.

A jak zmieni się sytuacja, gdy użyjemy generatora TCXO o dokładności $\pm 2\text{ppm}$? W tym przypadku pomiar 1MHz może dać wynik z zakresu 9999998...1000002 (w praktyce trzeba doliczyć niedokładność zliczania ± 1). W przypadku takiego generatora sześć cyfr wyniku (dokładniej 6,8 cyfry), pokazuje precyzyjny wynik. Taki miernik może mieć wyświetlacz z siedmioma, a nawet ośmioma cyframi. Na tym można by skończyć rozważania, bo TCXO 2ppm można kupić za około 50zł. Wystarczy zamiast kwaru użyć generatora. Czy aby na pewno? Szukając TCXO, którego częstotliwość wynosi 8MHz lub jej wielokrotność, najczęściej trafimy na generatory 32MHz. To jest pierwsza przeszkoda, bo często mikrokontrolery mają taktowanie ograniczone do wartości niższej niż te 32MHz. Generatory TCXO najczęściej na swoim wyjściu generują sinusoidę albo trapez. Z tym poradzi sobie bramka z wejściem Schmitta, ale raczej nie poradzi sobie z amplitudą sygnału 0,8V, jak to najczęściej występuje na wyjściu TCXO. Oczywiście stosując kompara-

tory i dzielniki, można uzyskać wymagany sygnał, dlatego więc powstała konstrukcja przedstawiona w artykule?

Głównym jej celem było zbudowanie taniego i precyzyjnego generatora dla większego brata AVT3278, który będzie miał wyświetlacz składający się z dwunastu cyfr. Zakup generatora o precyzji poniżej 1ppm to wydatek kilkuset złotych do nawet dwóch tysięcy dla 0,1ppm! Biorąc pod uwagę fakt, że częstotliwość TCXO można w wąskim zakresie zmieniać napięciem oraz dobrą stabilnością krótkoterminową takiego generatora, można go okresowo dostroić do wzorcowego sygnału na przykład pochodzącego z GPS. Takie dostrajanie może odbywać się ręcznie co jakiś czas, ale dla wygody powstał AVT3276. Mierzy on wzorcowy sygnał 1Hz i porównuje z częstotliwością TCXO. W razie potrzeby częstotliwość TCXO jest korygowana. Domyślnym wzorcem jest sygnał 1pps pochodzący z modułu GPS, ale może to być dowolny inny wzorzec, nawet sygnał DCF77. Występuje w nim co prawda przerwa synchronizująca (2 sekundy), ale AVT3276 uznaje sygnał za poprawny, gdy zawiera się w granicach $\pm 100\text{ppm}$ i 0,5Hz nie zostanie uznane za wzorzec. Dzięki dopuszczalnej odchyłce $\pm 100\text{ppm}$ można użyć tanich generatorów VCO o małej precyzji, które można kupić za około 10zł. Wyniki pomiaru są wyświetlane na małym wyświetlaczu OLED, sygnalizowanie diodami LED oraz wysyłane przez UART, a także dostępne przez interfejs I2C.



Rys. 1

W przypadku generatorów należałoby poruszyć temat stabilności długoterminowej oraz różnice pomiędzy stabilnością a dokładnością. Temat jest bardziej złożony, niżby się wydawało, zwłaszcza gdy dodać do tego stabilność napięcia zasilania, która ma wpływ na generowaną częstotliwość, gdy jest korygowana napięciem. Ze względu na to, że zagadnienie to zajęłoby pewnie kilka stron w czasopiśmie, temat może zostać poruszony w przyszłości, o ile Czytelnicy e-mailami do redakcji wykażą zainteresowanie tym tematem.

Opis układu

Schemat ideowy pokazany jest na **rysunku 1**. Układ jest zasilany napięciem 3,3V za pośrednictwem jednego ze złączy komunikacyjnych J9 (SPI), J15 (I2C, UART) lub złącza sygnałów wzorcowych i statusu J16. Pobór prądu generatora razem z modułem GPS waha się w granicach 110mA, bez GPS 60mA. Źródłem sygnału wzorcowego może być jeden z generatorów U2, U6 lub U5 w obudowie DIP8 lub 14. Zworką na 1–2, 3–4 lub 5–6 JP1 wybieramy jeden z generatorów. Zależnie od amplitudy sygnału z generatora jest on formowany w szybkim komparatorze U3A lub bramce U4F. Gdy amplituda sygnału jest mała, używany jest komparator. Potencjometrem P1 usta-

wiany jest próg przełączania komparatora. Przy dużej, minimum 1,32V, w praktyce 1,65V amplitudzie sygnału z generatora bramka z wejściem Schmitta sprawdzi się w roli układu dopasowującego sygnał z generatora na potrzeby dalszej dystrybucji sygnału. Gdy amplituda sygnału jest niższa niż 1,32V, można spróbować zastąpić U4 wersją bez wejścia Schmitta, a potencjometrem P2 ustawić wstępną polaryzację wejścia bramki. Nie jest to zalecane rozwiązanie, lepiej w tej sytuacji skorzystać z komparatora U3, który niestety jest trzydzieści razy droższy od bramek. Uformowany sygnał wybierany jest na JP1, po czym dzielony przez dwa w U7. Podzielony sygnał dostępny jest na JP1, na którym można wybrać, czy używany będzie sygnał podzielony przez dwa (zwarte 9–10 JP1), czy przed podziałem (zwarte 7–8 JP1).

Drugi komparator zawarty w U3 może być wykorzystany w roli prostego układu formującego sygnał dla licznika częstotliwości. W tym celu jego wejście i wyjście wyprowadzono na J2. Dodatkowo dostępny jest sygnał uformowany w bramce Schmitta U4B.

Bramka U4C steruje bramkami U4D i U4E, których wyjścia wyprowadzono za pośrednictwem rezystorów dopas-

wujących na złącze BNC J6, a ponadto przez R7 sygnał zegarowy jest wyprowadzony na J5 oraz doprowadzony do mikrokontrolera. W mikrokontrolerze sygnał wzorcowy jest powielany do 80MHz. Mikrokontroler mierzy okres sygnału wzorcowego 1Hz doprowadzonego z na przykład GPS do wyprowadzenia 3 złącza J4. Jeśli wzorcem jest GPS, to mikrokontroler odbiera informację szeregową doprowadzoną do wyprowadzenia 4 J4. Odchyłka generatora TCXO w stosunku do wzorcowego sygnału 1Hz jest wyświetlana na wyświetlaczu OLED. Komunikacja z nim odbywa się za pośrednictwem magistrali I2C, która służy także do obsługi pamięci EEPROM U10. W pamięci przechowywane są między innymi informacje o ustawieniu VCO.

Dzięki temu, po resecie mikrokontrolera generator szybko zsynchronizuje się z GPS, a w przypadku jego braku będzie pracował z ostatnio skorygowaną częstotliwością. Pozwala to synchronizować generator raz na jakiś czas, bo nie zawsze w miejscu, w którym używamy urządzenia, odbiór sygnału GPS jest możliwy. Ze względu na stosunkowo małą liczbę

zapisów do pamięci EEPROM, na PCB przewidziano miejsce na pamięć SRAM U11 podtrzymywaną baterią. Ta sama bateria miała służyć do podtrzymania pracy RTC wbudowanego w mikrokontroler oraz jego pamięci BackupDomain, ale zrezygnowano z tej funkcjonalności, ponieważ pierwotnie małą (256 bajtów) EEPROM zastąpiono dużą (64kB), co pozwoliło na zwiększenie liczby zapisów przez zapisywane danych, za każdym razem na innej stronie pamięci, których ma ona 512. Zaletą dużej EEPROM jest także duży, 128-bajtowy bufor zapisu, w stosunku do niewielkiego, ośmiobajtowego w pamięci 256 bajtów. Dzięki temu wszystkie dane do EEPROM zapisywane są na jednej stronie, co zajmuje do 10 ms. W przypadku pamięci 256 bajtów zapisanie 128 bajtów trwałoby do 320ms! Wynika to z tego, że 128 bajtów trzeba byłoby zapisywać 32 razy po 8 bajtów, a każdy zapis trwa do 10ms.

Na chwilę zatrzymam się przy sposobie zapisu pamięci. Dane zapisywane są w dwóch kopiach, każda z sumą kontrolną CRC32. Przy 32-bitowej sumie kontrolnej szanse na niewykrzywie błędów są takie, jak siedem razem z rzędu wygrać w lotto. Zapisanie dwóch kopii pozwala, w razie wykrycia błędu na jednej z nich, odtworzyć dane z drugiej. Jeśli to się nie uda, pamięć jest inicjalizowana, co następuje najczęściej wtedy, gdy jest ona użyta po raz pierwszy.

Ze względu na to, że w skrajnym przypadku, dane do pamięci zapisywane są co sześć sekund, gwarantowany milion cykli zapisu mógłby zostać wykorzystany przez ponad dwa miesiące. Doba ma 86400 sekund, zapisując co 6s, w ciągu doby wykonanych byłoby 14400 zapisów, a w miesiąc (30 dni) 432000. Rozkładając równomiernie zapisy po wszystkich 512 sektorach, liczba zapisów zwiększy się 512 razy, co daje około 97 lat. Jak zrealizowano taki zapis? Do zapisanych danych dołączany jest identyfikator zapisu. Jest to 32-bitowa liczba zwiększana o jeden po każdym zapisie. Za każdym razem zapisywana jest kolejna strona pamięci (kolejne 128 bajtów). Początkowo, pierwszy zapis na stronę 0 ma ID równe 0. Drugi zapis na stronę 1 ID 1 i tak aż do strony 511. Kolejny zapis wykonany zostanie na stronie 0 z ID równym 512 i tak dalej. Aby po starcie programu stwierdzić, który zapis jest ostatni, wystarczy odczytać całą pamięć w celu odnalezienia ID o największej wartości.

Wróćmy do opisu generatora. Podobny los jak U11, spotkał pamięć U12

(a lub b) i nie jest ona używana. Diody LED sygnalizują stan urządzenia. U9 pozwala doprowadzić sygnał o czasie 1 sekundy do częstotściomierza AVT3275 lub AVT5575. Sygnał ten może służyć do bramkowania liczników. Stan wyprowadzenia 3 złącza J10 decyduje o tym, czy na wyjściu U9 pojawi się sygnał z TCXO, czy z AVT3275.

Generator VCO jest synchronizowany sygnałem wzorcowym. Pierwsza synchronizacja generatora z GPS może trwać nawet kilkadziesiąt minut. Warunkiem synchronizacji jest obecność sygnału 1pps, a ten pojawia się, gdy moduł GPS odbiera sygnał z 3...4 satelitów. Jeśli moduł nie ma baterii na module, która nie tylko podtrzymuje pracę RTC, ale także przechowuje dodatkowe informacje, do odbioru sygnału wystarczającej jakości może minąć nawet 20 minut. Gdy obecny jest sygnał 1pps, VCO musi się z nim zsynchronizować. Pomiar okresu trwa sekundę, a VCO jest sterowane przez PWM 16-bit. Wydawać się może, że w skrajnym przypadku potrzeba aż 32768 sekund, aby zsynchronizować VCO. Gdy częstotliwości są różne, napięcie na VCO jest zmieniane o 1/65536 w górę lub w dół, a synchronizacja zaczyna się od wartości 0 (1/2Vcc). 32768 sekund to około 9 godzin. Algorytm jest trochę bardziej inteligentny. Gdy odchyłka jest duża, napięcie zmieniane jest w większym stopniu, gdy mała – w mniejszym. Dzięki temu synchronizacja mogłaby trwać kilkanaście minut, ale wyniki kilku pomiarów sygnału 1pps są uśredniane. Wszystkie te czynniki powodują, że za pierwszą synchronizacją trzeba trochę poczekać.

Rys. 2

Build Analyzer Static Stack Analyzer Search Disassembly

Fmetre_Gen_F401RC.elf - /Fmetre_Gen_F401RC/Debug - Mar 8, 2020 11:06:21 PM

Region	Start address	End address	Size	Free	Used	Usage (%)
RAM	0x20000000	0x20010000	64 KB	56,71 KB	7,29 KB	11,39%
FLASH	0x08000000	0x08040000	256 KB	189,11 KB	66,89 KB	26,13%

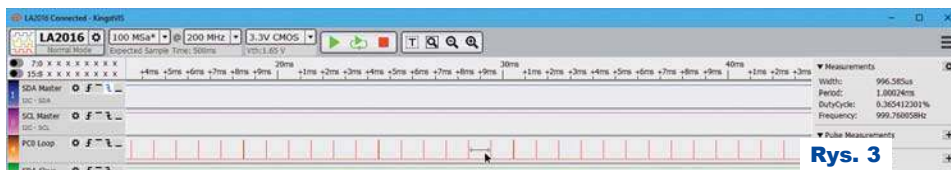
Należy zasygnalizować wpływ napięcia zasilającego na częstotliwość TXVCO. Nie ma problemu, jeśli generator cały czas otrzymuje sygnał 1pps; gdy jednak kalibrowany jest od czasu do

czasu, należy pamiętać o wpływie napięcia zasilania na częstotliwość generatora. Nie jest istotna bezwzględna wartość tego napięcia, ważne, aby nie zmieniła się w czasie. Z tego powodu niekorzystne jest zasilanie generatora z tego samego zasilacza, co licznik częstotliwości z wyświetlaczem LED zasilanym z tego samego napięcia.

Program generatora intensywnie wykorzystuje przerwania i DMA. Rzutuje to na stosunkowo duże zużycie pamięci RAM (rysunek 2) spowodowane rezerwacją jej na bufor wyświetlacza, UART, I2C, SPI, ale jednocześnie powoduje, że pętla główna wykonuje się szybko. W pętli głównej, na PCO, ustawiany jest stan wysoki na czas jej wykonania

```
/* USER CODE BEGIN WHILE */
while (1)
{
    HAL_GPIO_WritePin( TEST_PC0_GPIO_Port, TEST_PC0_Pin, GPIO_PIN_RESET );
    HAL_IWDG_Refresh(&hiwdg);
    WFI();
    HAL_GPIO_WritePin( TEST_PC0_GPIO_Port, TEST_PC0_Pin, GPIO_PIN_SET );
}
```

Na rysunku 3 widać okres powtarzania 1ms (kanał 4 „PC0 Loop” analizatora), o ile nie jest skracany przez przerwanie (podwójne impulsy), natomiast na rysunku 4 pokazany jest czas wykonania pętli głównej. **Uwaga! Fotografie i zrzuty ekranowe o dużej rozdzielczości są dostępne w Elporale wśród materiałów dodatkowych do tego numeru.** Taka ciekawostka: w ciągu 3,65µs AVR taktowany zegarem 20MHz wykona 73 cykle maszynowe, czyli średnio 50 rozkazów. Czasem pętla główna wykonuje się dłużej. Sytuacja taka ma miejsce podczas przygotowania danych dla wyświetlacza OLED, co widać na rysunku 5. Stan linii PCO jest utrzymywany w stanie wysokim przez ponad 2,5ms, po czym następuje transmisja, co obrazują zamiany stanu linii SDA i SCL. W czasie transmisji widać



przerwania 1ms, co świadczy o tym, że do transmisji wykorzystano DMA, a nie system przerw. Bywa, że pętla główna wykonuje się 20µs, na przykład podczas przygotowania danych do wysłania przez UART. W materiałach dodatkowych w Elportalu znajdują się liczne fotografie, zrzuty ekranowe i logi z LA2016 wykonane podczas prac nad urządzeniem.

Montaż i uruchomienie

Układ można zmontować na płycie drukowanej, której projekt pokazany jest na **rysunku 6**. Układ montujemy standardowo, zaczynając od elementów najmniejszych, a kończąc na największych. Przed montażem należy wybrać typ generatora i zamontować go w miejscu U2, U5 lub U6. W prototypie użyto TCO-5006CG-42L ale może to być dowolny VCO 16 lub 32MHz. W przypadku 32MHz zwarte muszą być wyprowadzenia 9–10 JP1, dla 16MHz 7–8. Zależnie, który z generatorów będzie używany, należy założyć zworkę na 1–2, 3–4 lub 5–6 JP1. Kilka miejsc na generatory pozwala łatwo wypróbować różne ich rodzaje. Dlatego w pierwszej kolejności należy ustawić potencjometrem P1 napięcie na komparatorze. Fotografia wstępna pokazuje

powtarzający się sygnał o wypełnieniu 50%.

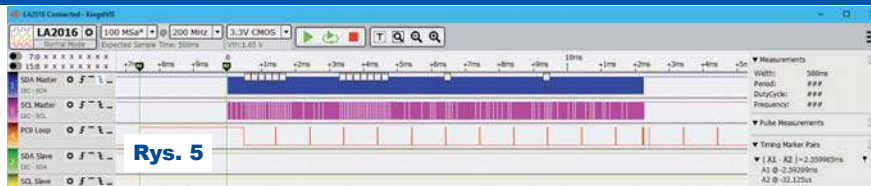
Na **rysunku 8** pokazano ekran z LA2016. Program wyliczył jakąś niebywałą częstotliwość 138MHz, ale wypełnienie obliczył poprawnie. Najtańsza wersja SaleAE, zdecydowanie droższa od LA2016, też wystarcza. Ekran pokazano na **rysunku 9**. Maksymalna próbkowanie, jakie oferuje ta wersja SaleAE, to 24MHz, jak więc udało się zarejestrować 32MHz? Jest to jak najbardziej możliwe, nawet niektóre oscyloskopy korzystają z takiej możliwości. Warunkiem poprawnej rejestracji jest powtarzalny przebieg niesynchronizowany z próbkowaniem. Zmierzona częstotliwość będzie podwielokrotnością częstotliwości mierzonego przebiegu i tak jest w tym przypadku, oprogramowanie wyliczyło 8MHz.

Przy braku wspomnianych przyrządów można posłużyć się sondą logiczną AVT-3242 (EdW 6/2019) lub AVT-5741 (EP 2/2020) i ustawić równe świecenie obu diod. Ostatecznie można skorzystać z miernika uniwersalnego, na którym należy ustawić 1,65V na zakresie DC, nie AC! Mierniki na zakresie AC mierzą do kilkuset Hz, lepszej jakości do kilkudziesięciu kHz, a tu mamy sygnał 32MHz. Pomiar na zakresie DC daje średnią napięcia, która dla przebiegu prostokątnego o wypełnieniu 50% wyniesie połowę napięcia zasilającego. Nie jest to

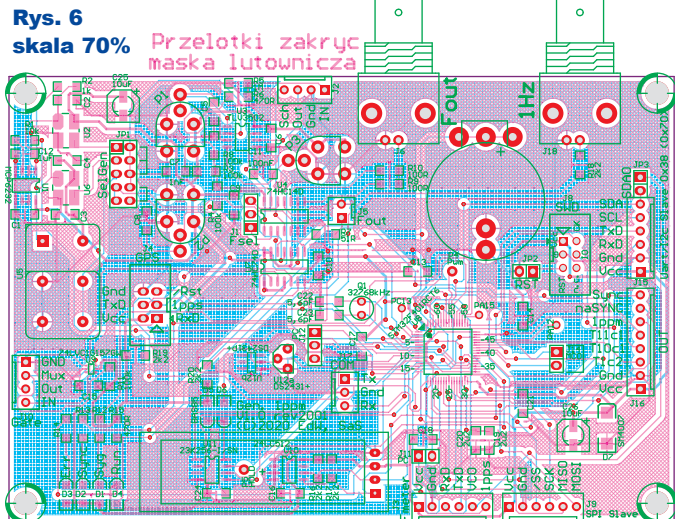
metoda doskonała, ale pozwala stwierdzić, że jakiś przebieg występuje, że nie jest to stały poziom niski (blisko 0V) lub wysoki (blisko 3,3V) i podaje w przybliżeniu jego wypełnienie.

Dalszy opis zamieszczony będzie w następnym numerze EdW.

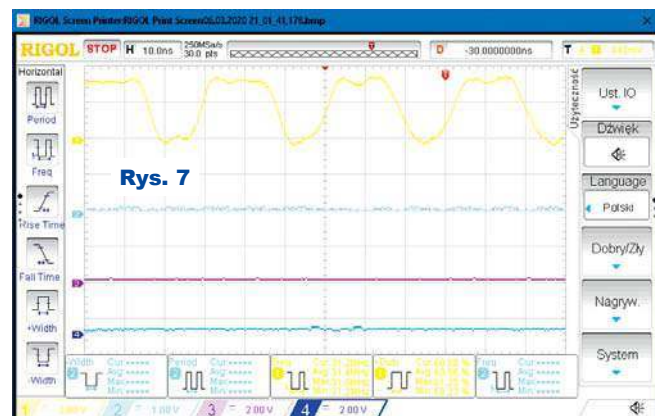
SaS
sas@elportal.pl



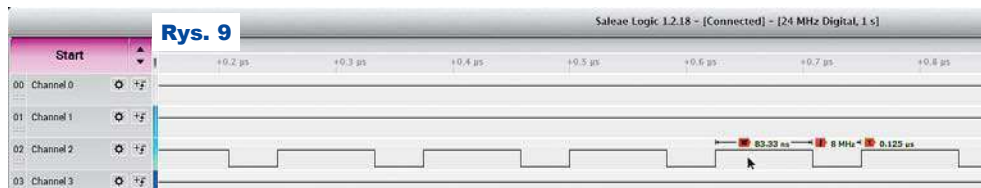
Rys. 5



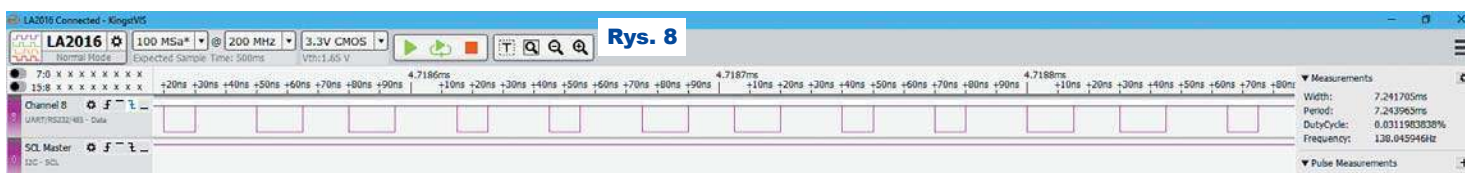
Rys. 6
skala 70%
Przelotki zakryte maską lutowniczą



Rys. 7



Rys. 9



Rys. 8

Nieco ekstremalny Słuchawkowy wzmacniacz lampowy OTL



Zgodnie z zapowiedzią, w drugiej części artykułu zostaną przedstawione dodatkowe cenne informacje.

Modyfikacje wzmacniacza

Jak już wspomniano wcześniej, prostota konstrukcji wzmacniacza, bazująca na podstawowych układach pracy triody, umożliwia zastosowanie w układzie rozmaitych lamp. Autor z powodzeniem wypróbował we wcześniejszych wersjach popularne triody ECC81, ECC83, ECC85 oraz 6SN7 (rosyjski odpowiednik 6H8C), a w stopniu prądowym pentody EL84 pracujące w układzie triodowym i ich odpowiedniki 6П14П-EB. Powstał również wzmacniacz na lampach subminiaturowych: triodach 6H28B (6N28B) i pentodach 5902 (w układzie triodowym) niewymagający tak wysokich napięć zasilających (co umożliwiło, przy zastosowaniu czterokrotnego powiela-

cza napięcia, użycie w zasilaczu łatwo dostępnego transformatora $2 \times 13V + 6,3V$ o mocy zaledwie 40W).

Aby zastosować inne lampy, należy zmodyfikować wartości niektórych elementów, by ustalić właściwy punkt pracy lamp. W tym celu musimy zapoznać się bliżej ze sposobem używania charakterystyk pracy triody. Przyglądnijmy się **rysunkowi 11** przedstawiającemu najprostszy wzmacniacz oporowy ze stałą polaryzacją siatki oraz charakterystyki anodowe triody ECC82 pochodzące z karty katalogowej firmy Philips.

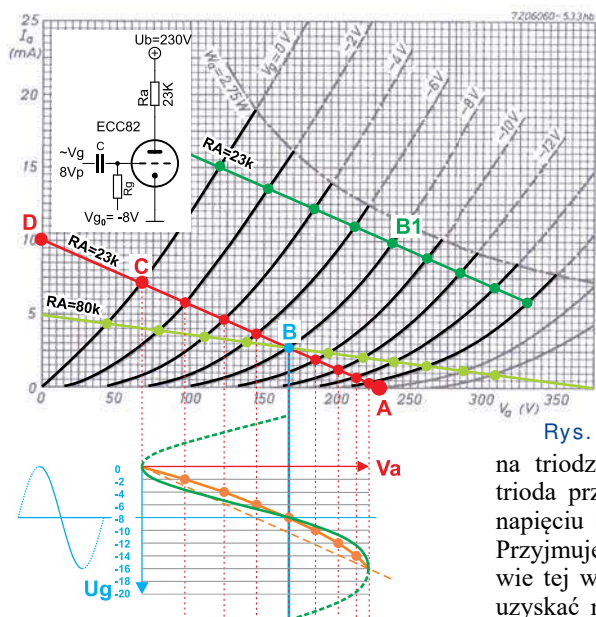
Wyznamy linię pracy triody. Gdy napięcie U_g na siatce jest bardzo niskie, trioda nie przewodzi prądu ($I_a = 0$), nie ma spadku napięcia na R_a i napięcie na anodzie U_a jest równe napięciu zasilającemu U_b 230V. Zaznamy ten punkt na charakterystyce (punkt A). Gdy trioda jest w pełni otwarta (teoretycznie, bo w praktyce to niemożliwe), to nie ma na niej spadku napięcia, więc $U_a = 0V$, a prąd I_a jest ograniczony tylko wartością rezystora R_a i wynosi 10mA (punkt D). Połączmy oba punkty – linia czerwona. Zaznamy punkt przecięcia linii pracy z pierwszą charakterystyką anodową odpowiadającą napięciu $U_g = 0V$ (punkt C). Punkt ten wyznaczy maksymalny prąd anodowy i minimalny spadek napięcia na triodzie. Jednocześnie widzimy, że trioda przestanie przewodzić prąd przy napięciu siatki U_g nieco poniżej $-16V$. Przyjmujemy napięcie U_g równe połowie tej wartości, czyli $-8V$, co pozwoli uzyskać największą możliwą amplitudę

zmian napięcia na siatce i tym samym na anodzie. Punkt przecięcia linii pracy z charakterystyką anodową odpowiadającą temu napięciu U_g jest punktem spoczynkowym pracy naszego układu – punkt B. Teraz możemy graficznie wyjaśnić...

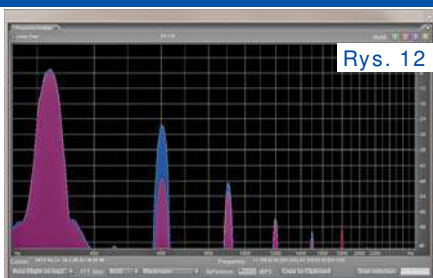
...skąd się bierze charakterystyczne lampowe brzmienie?

Powszechnie uważa się, że za specyficzne brzmienie wzmacniacza lampowego odpowiadają zniekształcenia dźwięku, jakie wprowadza, skutkujące powstaniem parzystych harmonicznych. Tak faktycznie jest, ale to tylko część prawdy.

Na wyznaczonej wcześniej linii pracy (rysunek 11) zaznaczono czerwonymi kropkami punkty przecięcia ze wszystkimi krzywymi oznaczającymi kolejne napięcia U_g . Zwróćmy uwagę, że licząc od lewej, odstęp między nimi na linii pracy są coraz mniejsze. Poniżej charakterystyki anodowej naniesiona jest ta zależność napięcia anodowego U_a od napięcia siatki sterującej U_g (krzywa pomarańczowa) – nie tworzy ona linii prostej, zależność nie jest liniowa. Wskutek tego, gdy na siatkę podamy przebieg sinusoidalny, na anodzie uzyskamy dużą asymetrię połówek górnej i dolnej (krzywa zielona). Mimo że napięcie sterujące $\sim U_g$ zmienia się symetrycznie względem punktu spoczynkowego w zakresie $\pm 8V$, to napięcie na anodzie dla dodatniej połówki zmienia się w przybliżeniu o 100V, a dla ujemnej połówki tylko o 54V. Takie zniekształcenie sinusoidy generuje przede wszystkim dużą liczbę parzystych harmonicznych, głównie drugą. Druga harmoniczna jest to dźwięk podniesiony o oktawę w stosunku do częstotliwości źródłowej (zgodnie brzmiący – konsonans), z tego powodu wzmacniacz oporowy na triodzie wywołuje efekt dźwięku bogatszego i cieplejszego.



Rys. 11



Rys. 12

Zawartość drugiej harmonicznej można w przybliżeniu określić z długości odcinków linii pracy:

$$H2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{BC - AB}{AB + BC} \cdot 100\% = 0,5 \cdot \frac{100 - 54}{154} \cdot 100 = 14,9\%$$

Przypatrzmy się widmu częstotliwości sygnału na wyjściu naszego wzmacniacza przy maksymalnej amplitudzie napięcia na wyjściu – **rysunek 12**. Czerwone pola to sygnał 300Hz podany na wejście, a niebieskie to sygnał na wyjściu. Widać bardzo duży wzrost poziomu drugiej harmonicznej przy znikomym wzroście kolejnych. Dla większości triod poziom tych zniekształceń jest proporcjonalny do amplitudy sygnału, toteż najwięcej zniekształceń generuje zazwyczaj ostatni stopień wzmacniacza.

Jest też drugi, równie ważny skutek takiego charakteru pracy wzmacniacza oporowego. Zmniejszenie amplitudy jednych połówek wzmacnianego sygnału powoduje, że różnica wartości średniej górnych i dolnych połówek nie wynosi już zero, jak dla symetrycznego przebiegu. Odpowiada to pojawieniu się składowej stałej w sygnale, która powoduje dynamiczne przesuwanie punktu pracy triody, tym bardziej, im większa jest amplituda sygnału i poziom asymetrii, a to zmienia parametry lampy zależne od punktu pracy. Zależności te dla triody ECC82 możemy prześledzić na **rysunku 13** pochodzącym z karty firmy Tesla.

We wzmacniaczu powstaje efekt kompresora – wzmocnienie jest różne dla dźwięków o różnej amplitudzie. I tu dochodzimy do sedna, bowiem uważa się, że to zjawisko wpływa bardziej na efekt nazywany lampowym brzmieniem wzmacniacza niż samo produkowanie harmonicznych parzystych.

Popatrzmy raz jeszcze na rysunek 11. Zawiera on dwie dodatkowe linie pracy. Pierwsza, jasnozielona, odpowiada zastosowaniu rezystora anodowego o znacznie większej wartości $R_a = 80k\Omega$, bez zmiany napięcia U_g i punktu pracy. Wymagało to jednocześnie podniesienia napięcia U_b do 375V. Teraz punkty przecięcia z krzywymi napięć U_g są rozmieszczone znacznie bardziej równomiernie – zniekształcenia będą mniejsze. Jeszcze większą równomierność, a więc i mniejsze zniekształcenia uzyskamy, podnosząc U_b , lecz bez zmiany

R_a i U_g , a tym samym zwiększając prąd anodowy i przesuwając punkt spoczynkowy do miejsca B1 (linia ciemnozielona). Zwróćmy uwagę na to, że linia pracy przebiega teraz blisko krzywej dopuszczalnej mocy anodowej W_a , a napięcie zasilające U_b przekracza 450V. Potwierdza to znaną regułę, że najmniejsze zniekształcenia wzmacniacz triodowy uzyska przy pracy z maksymalną mocą anodową lampy i przy dużych napięciach.

Wniosków z powyższych wywodów wypłyne kilka. Wybór typu użytej lampy na pewno ma wpływ na brzmienie triodowego wzmacniacza oporowego (i na poziom zniekształceń), ale w równym, a może nawet większym stopniu wpływ na brzmienie ma właściwy dobór rezystora anodowego i punktu pracy triody. Chcąc zapewnić najwyższą jakość dźwięku, musimy maksymalnie wyżyć lampę, co wiąże się z pracą przy dużych mocach anodowych i napięciach zasilających. Jeśli chcemy uzyskać wyraźne lampowe brzmienie, czyli specyficzne zniekształcenia, to poza doбором odpowiednich warunków pracy, przynajmniej jeden stopień wzmacniacza powinien pracować z dużą amplitudą sygnału. Wówczas możemy uzyskać zarówno duży poziom parzystych harmonicznych, jak i efekt kompresji.

Mając tę wiedzę, możemy zaprojektować własny wzmacniacz.

Projekt wzmacniacza

Projekt należy zacząć od końca, czyli określić, jaką moc wyjściową powinien zapewnić wzmacniacz. Do jej określe-

nia należy znać skuteczność słuchawek (efektywność) podawaną w dB/mW lub dB/V. Największą skuteczność osiągają słuchawki douszne – rzędu 110dB/mW i więcej, a najniższą charakteryzują się starsze konstrukcje słuchawek otwartych – nawet poniżej 90dB. Aby wiedzieć, jak to się przekłada na potrzebną moc wzmacniacza, musimy określić jeszcze natężenie dźwięku (SPL), jakie chcemy uzyskać. Zapewniając sobie wrażenia słuchowe, jak na typowym koncercie rockowym, będziemy wymagali wartości szczytowych na poziomie 110dB.

Pamiętaj! Długotrwale słuchanie dźwięków o wysokim natężeniu prowadzi do stopniowej nieodwracalnej utraty słuchu!

Dla słuchawek o impedancji 32Ω i spotykanym zakresie skuteczności wartości mocy, prądów i napięć przedstawia **tabela 2**.

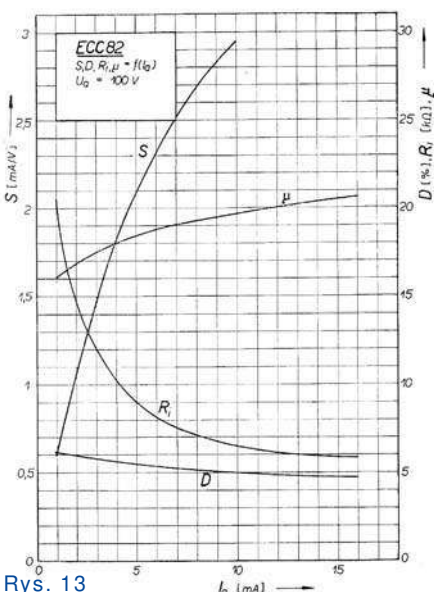
Policzmy wymagania dla stopnia końcowego. Jak wynika z tabeli, w skrajnym przypadku dla uzyskania mocy 100mW na

Skuteczność dB/mW	Moc mW	Napięcie mV	Prąd mA
90	100,1	1790	56
100	10	566	18
110	1	179	5,6

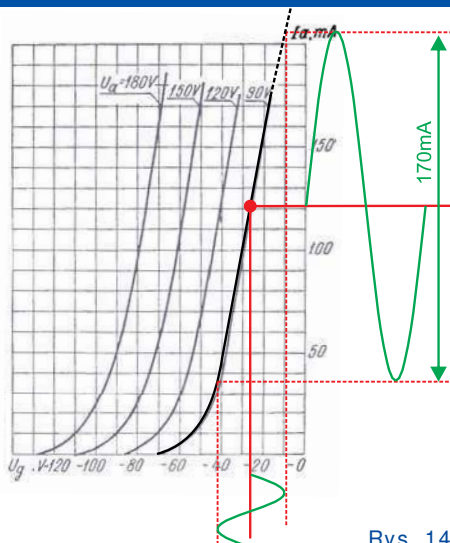
słuchawkach o impedancji 32Ω potrzebujemy napięcia 1,79V i prądu 56mA. Są to wartości skuteczne. Nas interesują wartości szczytowe,

które dla sygnałów sinusoidalnych są większe o pierwiastek z 2 i wynoszą odpowiednio 2,52Vp i 79mA_p (przyjmijmy 2,5V i 80mA). Amplituda międzyszczytowa zmian prądu wyniesie więc 160mA_p, zaś napięcia 5V_p.

Niską oporność wyjściową i dużą wydajność prądową zapewni wtórnik katodowy i w takim układzie pracują lampy V3 i V4. Jest to jednocześnie układ najprostszy, czyli z automatyczną polaryzacją siatki – spadek napięcia na rezystorze katodowym R20 ustala ujemne napięcie polaryzujące siatkę sterującą (względem katody, gdyż siatka poprzez rezystor R16 ma potencjał masy). Rezystor katodowy powinien mieć odpowiednią do tej funkcji wartość rezystancji tak dobraną, by spadek napięcia na nim był nie mniejszy (może być większy – nie jest to przeszkodą) niż wymagane napięcie polaryzacji siatki dla wybranego spoczynkowego punktu pracy. Jednocześnie wartość rezystora dobieramy ze względu na przebieg linii pracy, podobnie jak rezystora anodowego dla analizowanej wcześniej lampy ECC82. Ponadto z jednej strony rezystancja ma być możliwie mała, by ograniczyć do minimum wydzielaną w nim moc, a z drugiej strony ma być na tyle duża, by zminimalizować jej wpływ na zmniejszenie wzmocnienia napięciowego wtórnika i straty mocy sygnału użytecznego, ponieważ dla prądów



Rys. 13



Rys. 14

zmennych rezystor ten połączony jest równolegle ze słuchawkami. Jak widać, część tych warunków jest ze sobą sprzeczna i nie ma jedynie słusznej recepty. Przyjęto wstępnie, że wartość tego rezystora powinna być co najmniej 10-krotnie większa od obciążenia 32Ω , by zmarginalizować wpływ tego rezystora na sygnał użyteczny. Najbliższa handlowa wartość to 330Ω .

Po tej decyzji wyznaczmy przybliżony punkt pracy lampy. Z dobrym skutkiem można to zrobić metodą graficzną na charakterystykach siatkowych triody. Zakres zmian napięcia na obciążeniu jest niewielki ($5V_{pp}$) w stosunku do typowych napięć anodowych lampy 6N13S, więc napięcie $U_a=90V$ powinno być wystarczające. Z charakterystyki siatkowej lampy 6N13S (rysunek 14) odczytujemy, że dla $90V$ najbardziej liniowy zakres pracy rozpoczyna się od ok. $30mA$ prądu anodowego.

Po uwzględnieniu faktu, że dla prądów zmiennych rezystor katodowy jest połączony równolegle z obciążeniem, wymagana amplituda prądu anodowego wyniesie $171mA_{pp}$. Po zsumowaniu z minimalnym prądem spoczynkowym wartość szczytowa prądu przekracza $200mA$ i wychodzi poza wykres. Uzyskanie takiej amplitudy prądu może być niemożliwe. Prąd spoczynkowy I_a powinien wynosić nie mniej niż $120mA$, czyli blisko dopuszczalnej wartości prądu $130mA$. A jeśli zajdzie potrzeba podniesienia napięcia anodowego, to już przy $109V$ woltach tracona na anodzie moc przekroczy dopuszczalną wartość maksymalną $13W$. Ponadto szczytowa wartość amplitudy napięcia sterującego $\sim U_g$ niebezpiecznie zbliża się do zera, co grozi pojawieniem się prądu siatki i znacznym obciążeniem poprzedniego stopnia skutkujące silnymi zniekształceniami. Pamiętajmy, że to szacunki przybliżone, bo charakterystyka siatkowa wyznaczana jest dla stałego napięcia

U_a (napięcia między anodą i katodą), a we wtórniku napięcie na katodzie zmienia się przecież w takt zmian wzmacnianego prądu zmiennego, co powoduje zmianę warunków pracy.

Rozwiązaniem jest równoległe połączenie dwóch triod dla zwiększenia wydajności prądowej układu. Przy takim połączeniu para triod zachowuje się jak trioda o dwukrotnie mniejszej rezystancji R_i i dwukrotnie większej transkonduktancji S , co należy uwzględnić w obliczeniach. Bez zmian pozostaje współczynnik wzmocnienia napięciowego μ . Wyznamy ponownie przybliżony punkt pracy jednej triody (rysunek 15).

Tym razem przez jedną triodę będzie płynąć tylko połowa prądu, więc statyczny punkt pracy może być wyznaczony dla $I_a=72mA$. Obliczamy wartość napięcia U_g polaryzującego siatkę przy prądzie anodowym $72mA$, pamiętając, że w rezystorze katodowym zsumuje się prąd dwóch triod:

$$U_g = 2 \cdot 0,07 A \cdot 330 \Omega = 47,5 V$$

Dla takiego napięcia U_g , by przez triodę popłynął wymagany prąd, trzeba zwiększyć napięcie anodowe U_a do wartości $105V$ (dorysowana krzywa niebieska). Można też zmniejszyć wartość rezystora R_k , ale wtedy nie spełnimy przyjętego wcześniej założenia $R_k \geq 320\Omega$. Obliczamy wymaganą wartość napięcia zasilającego U_b :

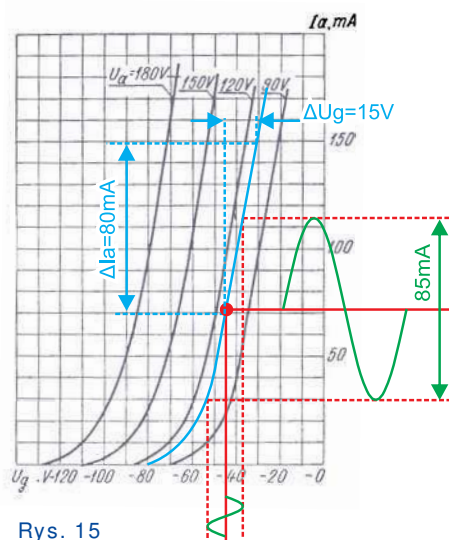
$$U_b = U_g + U_a = 47,5 + 105 V = 151,5 V$$

Wyznamy dokładnie rzeczywisty punkt pracy jednej triody dla powyższych założeń, używając charakterystyk anodowych (Rysunek 16). Ze względu na zastosowane diody Zenera w zasilaczu napięcie U_b wyniesie $145V$. Ponadto w obwodzie znajdują się rezystory anodowe R_{19} i R_{21} o wartości 100Ω , a rzeczywista zmierzona wartość rezystorów katodowych R_{20} to 310Ω .

Gdy lampa jest całkiem zatkana, napięcie na niej będzie równe U_b . Zaznaczamy punkt A na osi napięcia U_a w miejscu $145V$. Gdy trioda będzie teoretycznie całkowicie otwarta, to spadek napięcia wyniesie na niej $0V$, a prąd I_a jest ograniczony wartością R_k (R_{20}) oraz rezystorem R_{19} lub R_{21} :

$$I_a = \frac{U_b}{(2 \cdot R_{20} + R_{19})} = \frac{145 V}{(310 \Omega \cdot 2 + 100 \Omega)} = 201 mA$$

Zaznaczamy tę wartość na osi pionowej – punkt B i łączymy oba punkty wyznaczając linię pracy triody (pamiętajmy, że prąd rezystora R_{20} rozdziela się na dwie triody – stąd dwójka w mianowniku).



Rys. 15

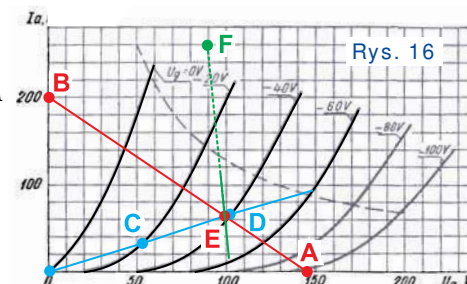
Znajdujemy punkt pracy stałoprądowej. Przy automatycznej polaryzacji napięcie polaryzujące siatkę nie jest stałe, lecz jest wynikiem spadku napięcia na rezystorze katodowym. Obliczamy więc, jaki prąd popłynie przez R_{20} przy kolejnych napięciach siatki U_g , dla których mamy charakterystyki na rysunku 16. Wystarczą trzy napięcia $0V$, $-20V$ i $-40V$. Będzie to odpowiednio punkt zerowy wykresu oraz punkt C: $I_a=32mA$ i punkt D: $I_a=64mA$. Łączymy punkty (linia niebieska, przy czym odcinki niekoniecznie muszą utworzyć linię prostą). Punkt E przecięcia obu linii wyznacza punkt pracy stałoprądowej. Odczytujemy wartości prądu i napięcia w tym punkcie wynoszące: $I_a=62mA$ i $U_a=98V$. Wartości wyszły nieco mniejsze od planowanych. Czym to skutkuje w pracy wzmacniacza, to już wiemy. Czy należy to korygować? Pomiary i odsłuch wykazały, że korekta nie jest konieczna.

Popatrzmy teraz na schemat, gdzie kolorem czerwonym naniesiono wartości napięć zmierzonych w rzeczywistym układzie. Prawie dokładnie pokrywają się z odczytanymi z naszego wykresu: różnica napięć między anodą a katodą U_{ak} to:

$$U_{AK} = U_A - U_K = 139,8 V - 39,1 V = 100,7 V$$

A prąd anodowy jednej triody wynosi:

$$I_A = \frac{1}{2} \cdot \frac{39,1 V}{310 \Omega} = 63,1 mA$$



Rys. 16

Dla porządku wyznaczmy jeszcze linię pracy dla napięć zmiennych. Pierwszy punkt już mamy – to spoczynkowy punkt pracy E. Teraz należy sprawdzić, o ile zmieni się prąd anodowy przy zmianie napięcia na katodzie o pewną niewielką wartość np. 10V, jednocześnie uwzględniając, że dla prądów zmiennych rezystor katodowy jest połączony równolegle ze słuchawkami oraz rezystancją wewnętrzną dwóch triod:

$$R_k' = R_k \parallel R_l \parallel R_{i'} = 310 \Omega \parallel 32 \Omega \parallel \frac{384 \Omega}{2} = 25,15 \Omega.$$

Symbol $\parallel$ oznacza równoległe połączenie elementów. Rezystancję wewnętrzną jednej triody R_i obliczamy z charakterystyki anodowej (rysunek 17), sprawdzając, jaką zmianę prądu anodowego I_a wywoła określona niewielka zmiana napięcia anodowego U_a przy stałym napięciu U_g . Wielkość tę należy wyznaczyć w pobliżu punktu pracy, gdyż R_i zmienia się wraz ze zmianą nachylenia charakterystyki anodowej.

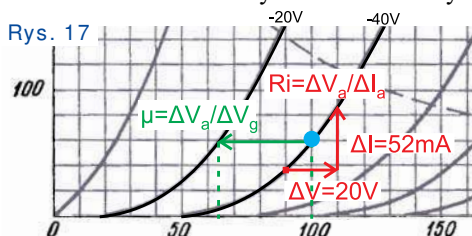
$$R_i = \frac{20V}{0,052A} = 384 \Omega$$

Przy zmianie napięcia o 10V prąd anodowy jednej triody zmieni się o wartość:

$$I_A = \frac{10V}{2 \cdot 25,2 \Omega} = 198mA$$

czyli w sumie wzrośnie do 62mA+198mA=260mA. Nanieśmy na wykres punkt F odpowiadający tej zmianie (rysunek 16). Rzeczywista amplituda napięcia zmiennego ma wynosić 2,5Vp, więc zmiana prądu będzie czterokrotnie mniejsza i wyniesie w zaokrągleniu 50mA. Ciągła linia zielona na rysunku 16 pokazuje linię pracy dla przebiegów zmiennych prądu. Jak widać, silne obciążenie wtórnika słuchawkami o niskiej impedancji wywiera ogromny wpływ na odchylenie linii pracy od linii stałoprądowej i to stopień prądowy ma decydujący wpływ na zniekształcenia wzmacniacza, co potwierdzają pomiary.

Wzmacniacz napięciowy. Znow zaczynamy od końca, czyli obliczamy napięcie wyjściowe, potrzebne doysterowania triod V3. Teoretycznie wtórnik katodowy ma wzmacnienie bliskie jednoci. Jest to prawdziwe jedynie w przypadku, gdy spełniona jest zależność $R_L \gg R_k \gg R_i$. Tymczasem w naszym



Rys. 17

układzie będzie wręcz przeciwnie, rezystor katodowy R_k będzie miał wartość porównywalną bądź mniejszą od rezystancji wewnętrznej lampy R_i , a obciążenie R_L jest o rząd wielkości mniejsze. Zatem wzmacnienie wyniesie:

$$K_u = \frac{2 \cdot S \cdot (R_k \parallel R_l \parallel R_L)}{1 + 2 \cdot S \cdot (R_k \parallel R_l \parallel R_L)} = \frac{2 \cdot 0,0053 \cdot 25,89}{1 + 2 \cdot 0,0053 \cdot 25,89} = 0,23$$

Transkonduktancję S jednej triody wyznaczamy z nachylenia charakterystyki siatkowej dla przyjętego punktu pracy (rysunek 15):

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_g} = \frac{80mA}{15V} = 5,3mA/V$$

Wartość wzmacnienia jest znacząco niższa od jednoci i w praktyce pomiary rzeczywistego układu dają podobny wynik – zmierzone K_u wynosi 0,2.

Dla uzyskania na wyjściu amplitudy 2,5Vp na siatki triod należy podać napięcie:

$$U_s = \frac{2,5Vp}{K_u} = \frac{2,5}{0,229} = 10,9Vp$$

Przyjmijmy 11Vp. Takie napięcie musi dostarczyć wzmacniacz napięciowy, obliczmy jego minimalne wzmacnienie napięciowe. Aby je określić, należy znać jeszcze napięcie, jakie dostarczy na wejście źródło sygnału. Nie ma jednolitego standardu, rozrzut tego napięcia jest bardzo duży: gramofon, magnetofon czy radio to zazwyczaj 300...600mV, odtwarzacz CD to 1...2V, a komputerowe karty dźwiękowe, smartfony itp. to 1...3V. Ponadto producenci wedle uznania podają wartości RMS, szczytowe lub nawet międzyszczytowe.

Ponieważ wzmacniacz ma współpracować głównie z odtwarzaczem CD i mp3, do dalszych obliczeń przyjęto $U_{we}=1V$. Wartość szczytowa tego napięcia to 1,41Vp. Minimalne wymagane wzmacnienie to:

$$K_u = \frac{U_s}{U_{we}} = \frac{11}{1,41} = 7,8$$

Wynik należy zwiększyć dwukrotnie z uwagi na tłumienie stałe regulacji barwy dźwięku wynoszące ok. 6dB. Przyjmujemy więc $K_u=16$. Ponieważ wypadkowe wzmacnienie wzmacniacza napięciowego jest iloczynem wzmacnienia obu stopni, wzmacnienie jednego stopnia musi wynieść jedynie 4. Oczywiście nic nie stoi na przeszkodzie, by wykonać wzmacniacz z większym wzmacnieniem, lecz jego ograniczenie korzystać wpływa na zmniejszenie zniekształceń i szumów, a także zmniejsza prawdopodobieństwo wzbudzenia się wzmacniacza.

Obliczmy teraz elementy drugiego stopnia wzmacniacza napięcio-

wego (triada V2A). Dla podstawowego wzmacniacza oporowego z automatyczną polaryzacją siatki typowa procedura to: wybór lampy i dobór rezystora anodowego R_a w zależności od wymaganego wzmacnienia, wybór punktu pracy zależnie od

amplitudy zmian napięcia na anodzie i dopuszczalnych zniekształceń,

ustalenie napięcia zasilającego U_b i wartości rezystora katodowego R_k dla uzyskania tego punktu. Dla każdej lampy w jej karcie katalogowej znajdziemy typowe warunki pracy, są one dobrym punktem wyjściowym do dalszych obliczeń. Dla lampy ECC82 znajdują się w tabeli, której fragment dla rezystora $R_a=47k\Omega$ przedstawia rysunek 18.

Ze względu na niewielkie wymagane wzmacnienie, rezystor anodowy może mieć najniższą z proponowanych wartości, czyli $R_a=47k\Omega$. Amplituda napięcia na wyjściu drugiego stopnia napięciowego ma osiągnąć 11Vp, czyli 22Vpp, co wymaga zmian prądu I_a :

$$\Delta I_a = 2 \cdot 11Vp / 47k\Omega = 0,468mA$$

Podobnie jak dla triody 6N13S, na charakterystyce siatkowej ECC82 (rysunek 19) możemy wstępnie sprawdzić, że osiągnięcie zmian o niecałe 0,5mA nie będzie problemem nawet przy najniższym napięciu anodowym $U_a=100V$.

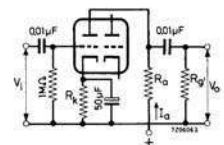
Wykorzystując dane katalogowe, obliczmy teoretyczne wzmacnienie pojedynczego stopnia K_u , zakładając, że rezystor katodowy R_k jest dla prądów zmiennych zwierany do masy kondensatorem 50μF jak na rysunku 18. Uwzględniamy obciążenie triody elementami kolejnego stopnia, w tym przypadku potencjometrem POT_VOL i rezystorem siatkowym R16, które dla prądów zmiennych łączą się równolegle z rezystorem anodowym R_a .

$$R_a' = R_a \parallel R_{POTVOL} \parallel R_{16} = 39,36k\Omega$$

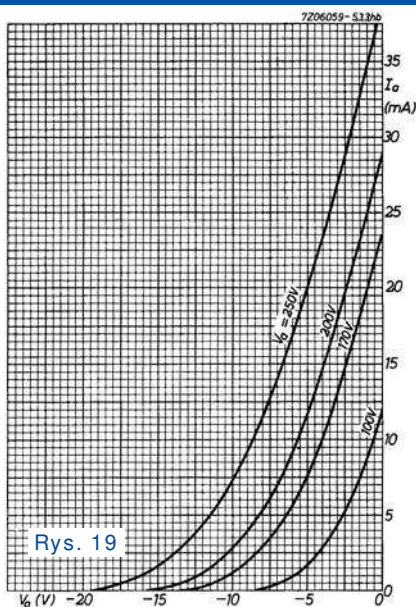
$$K_u = \frac{\mu}{1 + \frac{R_i}{R_a'}} = \frac{17}{1 + \frac{7,7k\Omega}{39,36k\Omega}} = 14,2V/V$$

OPERATING CHARACTERISTICS
As A.F. amplifier, one unit

Rys. 18



Supply voltage	V_b	100	150	200	250	300	350	400	V
Anode resistor	R_a	47	47	47	47	47	47	47	kΩ
Grid resistor next stage	R_g'	150	150	150	150	150	150	150	kΩ
Cathode resistor	R_k	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	kΩ
Anode current	I_a	1,20	1,82	2,41	3,02	3,65	4,30	5,00	mA
Voltage gain	V_o/V_i	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	-
Output voltage ($I_g = 0,3 \mu A$)	V_o	11	18	26	34	43	51	59	V _{RMS}
Total distortion	dist	5,6	6,1	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	%



Rys. 19

Z powyższego wzoru widać, jak wartość rezystora anodowego wpływa na wzmacnienie wzmacniacza oporowego – wzmacnienie zawsze będzie mniejsze od współczynnika wzmacnienia μ . Nadmierne zwiększanie wartości R_a ponad R_i nie przynosi znaczącego wzrostu wzmacnienia, a jeśli nie zwiększa się równocześnie napięcia zasilającego U_b , to powoduje zmniejszanie prądu anodowego i przejście punktu pracy w obszar mniej nachylonej charakterystyki siatkowej, gdzie maleją S i μ , a w konsekwencji wzmacnienie. Ponadto bardzo duże wartości R_a tworzą z pojemnościami elektrod triody tego i następnego stopnia filtr RC dolnoprzepustowy, ograniczając od góry pasmo przenoszonych częstotliwości. Z podanych dotychczas informacji można słusznie wywnioskować, że dobór rezystora R_a i statycznego punktu pracy jest zawsze kompromisem pomiędzy: wzmacnieniem, poziomem zniekształceń, trwałością lampy i pasmem przenoszonych częstotliwości. Zazwyczaj nie stosuje się wartości rezystora R_a większych od $(4 \div 5) \cdot R_i$. Jak później wyliczymy dla przyjętego punktu pracy, rezystancja R_i wyniesie około $10k\Omega$, więc R_a o wartości $47k\Omega$ to optymalne maksimum. My chcemy zmniejszyć wzmacnienie, więc moglibyśmy zmniejszyć wartość R_a , ale

korzystniej jest dodać lokalne ujemne sprzężenie zwrotne, czyli usunąć kondensator $50\mu F$ zwierający rezystor katodowy R_k . Wzmocnienie K_u' w układzie z ujemnym sprzężeniem będzie mniejsze zgodnie ze wzorem:

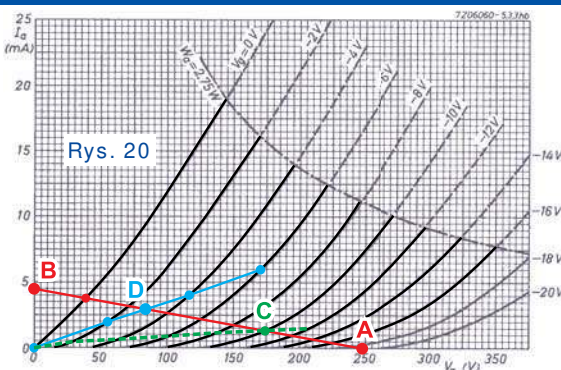
$$K_u' = \frac{\mu \cdot R_a}{R_a + R_i + R_k \cdot (1 + \mu)}$$

Po przekształceniu wyliczymy wartość rezystora R_k dla wzmacnienia $K_u' = 4$:

$$R_k = \frac{R_a \cdot \mu / K_u' - R_a - R_i}{1 + \mu} = 6,75k\Omega$$

Wartość ta jest przybliżona, ponieważ nieznany jest jeszcze punkt pracy i od niego zależne wartości R_i oraz μ . Na charakterystyce anodowej wyznaczamy rzeczywisty punkt pracy stałoprądowej tak samo jak dla lampy 6N13S – rysunek 20. Przyjmujemy wstępnie typową wartość $U_b = 250V$.

Najpierw wyznaczmy punkty A, B i linię pracy (linia czerwona), uwzględniając fakt, że dla prądu stałego rezystor anodowy to połączone szeregowo R_{11} i R_{15} , a następnie wyznaczamy linię dla wyliczonej wartości rezystora katodowego R_k (linia zielona przerywana). Przecięcie obu linii, czyli punkt pracy (C) wypadł bardzo nisko – prąd anodowy poniżej $1,5mA$. Już wiemy, że przy tak niskim prądzie trioda będzie pracować w silnie nieliniowym obszarze. Najprościej będzie zwiększyć prąd anodowy przez zmniejszenie napięcia siatkowego U_g . W tym celu należy podzielić rezystor katodowy na dwa, jak na schemacie na rysunku 2a – rezystory R_{12} i R_{13} . W takim układzie o napięciu polaryzującym siatkę decyduje tylko wartość rezystora R_{12} . Zmieniając proporcje tych rezystorów, ale bez zmiany sumarycznej rezystancji, możemy w dużym zakresie przesuwać punkt pracy triody. Z charakterystyk odczytujemy, że dla uzyskania prądu $I_a = 3mA$ napięcie U_g powinno wynosić około $-3V$, a więc R_{12} musi mieć wartość $1k\Omega$ i taka wartość jest na schemacie na rysunku 2a. Dla rezystora R_{13} pozostało $5,75k\Omega$, przyjęto nieco mniejszą handlową wielkość $5,1k\Omega$. Dla $R_{12} = 1k\Omega$ wyznaczmy ponownie linię R_k (niebieska). Punkt pracy będzie w punkcie D: $I_a = 3mA$, $U_a = 85V$. Znow możemy sprawdzić, jak się ma teoria i praktyka – ze zmierzonych napięć w rzeczywistym układzie (rysunek 2) wyliczamy prąd anodowy $I_a = U_{R13} / R_{13} = 14,9V / 5,1k\Omega = 2,8mA$ oraz napięcie $U_{ak} = 101V - 17,7V = 83,3V$ – to blisko wyznaczonych wartości. Teraz możemy na charakterystykach anodowych określić rezystancję wewnętrzną triody R_i dla punktu spoczynkowego D, tak samo jak dla



Rys. 20

triody 6N13s na rysunku 17. Ponieważ nie mamy charakterystyki dla napięcia $U_g = 3V$, możemy to zrobić dla charakterystyk sąsiednich i obliczyć wartość średnią R_i , tu wynoszącą około $10,5k\Omega$, a następnie powtórzyć obliczenia i ewentualnie skorygować wartości rezystorów.

Dla pierwszego stopnia (triada V1) przyjęto identyczne wartości elementów jak dla triody V2.

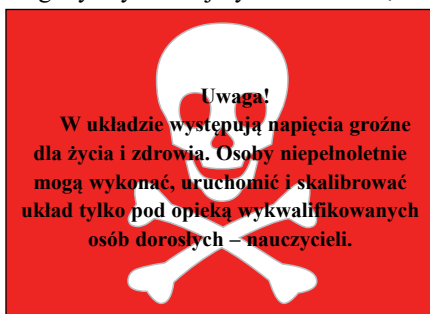
Wartości rezystorów siatkowych R_g (R_1 , R_{10} , R_{16} na rysunku 2) przyjmuje się zazwyczaj na tyle duże, by nie obciążały w sposób istotny poprzednich stopni wzmacniacza, czyli co najmniej o rząd wielkości większe od wartości rezystora anodowego R_a . Nie należy jednak przesadzać z ich wielkością, gdyż po pierwsze szumy własne rezystora rosną z wartością rezystancji, po drugie zbyt duże wartości zmniejszają stabilność układu, gdyż w rzeczywistości przez siatkę triody zawsze płynie jakiś niewielki prąd, który na rezystorze siatkowym wywołuje spadek napięcia sumujący się z napięciem U_g i tym samym przesuwa punkt pracy lampy. Przy dużych wartościach R_g , rzędu megaomów, te spadki napięcia sięgają pojedynczych woltów, dlatego w kartach katalogowych każda lampa ma określoną maksymalną wartość rezystora siatkowego. Nie należy jej przekraczać.

Na koniec dodam, że zmieniając parametry pracy lamp nie należy się spodziewać nadzwyczaj spektakularnych zmian w brzmieniu wzmacniacza. Zmiany są zauważalne ale jednocześnie bardzo subtelne.

Zachęcam do eksperymentów!

Obszerna baza kart katalogowych lamp elektronowych znajduje się pod adresem: <https://frank.pocnet.net>, polski mirror: <http://www.frank.mif.pg.gda.pl>.

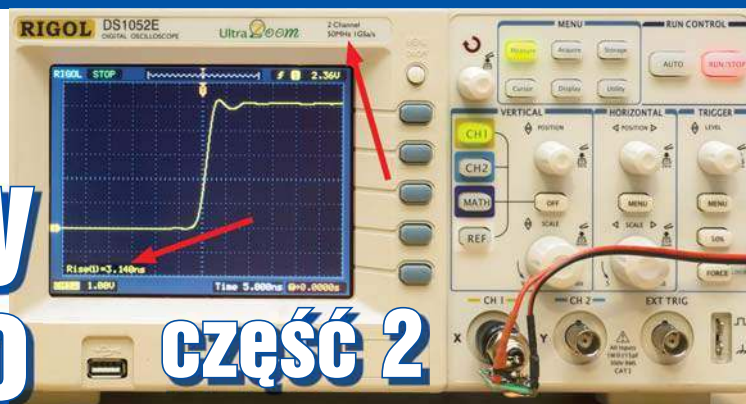
Tomasz Sukiennik
edw@tom.vpro.pl



Pracownia AVT informuje,
że do tego projektu dostępna będzie
tylko płytka drukowana (AVT3290)

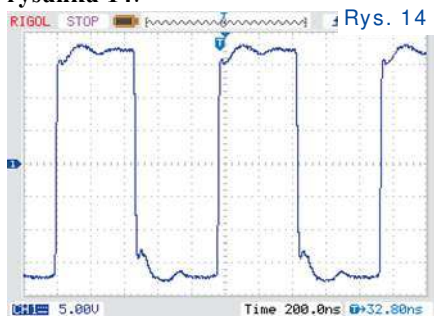
Generator kalibracyjny dla każdego

część 2

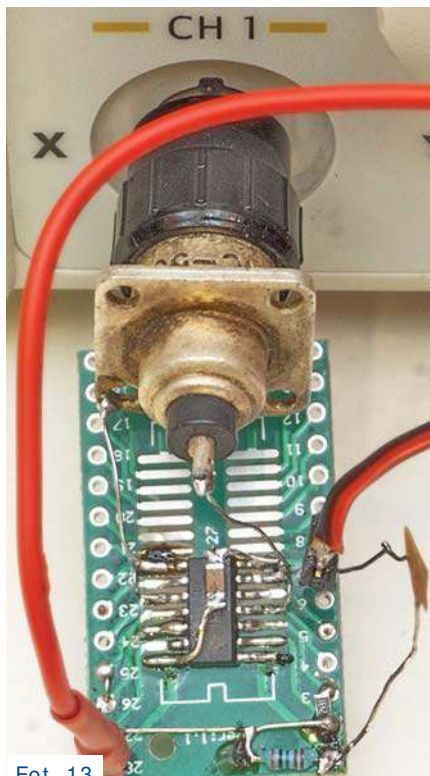


W poprzedniej części artykułu opisany był generator dający 40-woltowe impulsy prostokątne, przeznaczony do testowania i kompensacji częstotliwościowej dzielników napięcia. Układ jest dziecinie prosty, ale podczas jego realizacji wystąpiły różne kłopoty, których opis będzie pożyteczny dla większości Czytelników EdW.

Wcześniej pisałem, że jeżeli generator z wyjściem symetrycznym jest zasilany z oddzielnego, niezależnego źródła napięcia, to jeden z punktów A, B można śmiało dołączyć do masy innego układu. I to jest święta prawda. Ale gdy zrobiłem to według **fotografii** (nomen omen) 13, zobaczyłem na ekranie paskudnie pokrzywiony przebieg pokazany na **rysunku 14!**



Nic dziwnego: mój generator był wtedy zasilany za pomocą transformatorowego zasilacza sieciowego. Masa oscyloskopu jest dołączona do bolca uziemiającego we wtyczce, a przez to do przewodu ochronnego (PE) sieci energetycznej. Wprawdzie użyty zasilacz nie ma uziemionej masy, ale występuje w nim dość duża pojemność między uzwojeniami transformatora sieciowego. Dlatego taki **transformatorowy zasilacz NIE JEST NIEZALEŻNYM ŹRÓDŁEM NAPIĘCIA.**



Fot. 13

Nasz testowy generator z przeciwsobnym wyjściem należałoby zasilic z naprawdę niezależnego źródła, oddzielnego od sieci energetycznej. Najlepiej z baterii lub akumulatora. Ja, aby uzyskać potrzebne napięcie sięgające 20V, wykorzystałem niedawno zakupio-

ny mały moduł przetwornicy podwyższającej z kostką MT3608. Moduł ten podwyższył napięcie z akumulatora Li-Ion. Mój zestaw generatora z naprawdę niezależnym źródłem zasilania pokazany jest na **fotografii 15.**

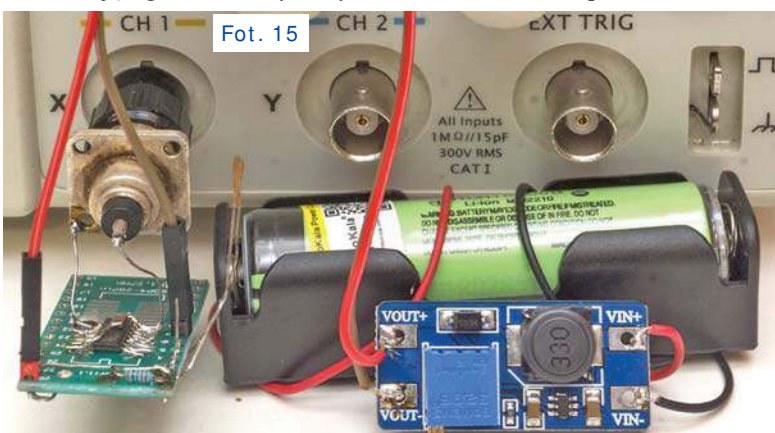
Dopiero wtedy na ekranie pojawił się ładny sygnał prostokątny, gdzie czasy przełączania wynosiły 12ns...13ns (różniły się o około 1ns dla obu zboczy).

Niestety, nie mogę pokazać zrzutów ekranu, ponieważ przed ich zrobieniem sprawdzałem m.in. wpływ zmian napięcia zasilania na stromość zboczy. Okazało się, że w przetwornicy pokazanej na fotografii 15 dotknięcie metalowym wkrętakiem do śrubki regulacyjnej potencjometru podwyższało napięcie zasilania znacznie powyżej 20V. Nic dziwnego, że układ 40106 o katalogowym maksymalnym napięciu zasilania 18V tego nie wytrzymał. Niemniej do czasu uszkodzenia, generator potwierdził swoją przydatność.

Jedynym drobnym niedosytem były czasy przełączania nieco powyżej 10ns, a ja na podstawie danych z rysunku 7 z kostkami Philipsa (NXP, Nexperia) spodziewałem się uzyskać czasy krótsze niż 10ns. Uzyskane przeze mnie czasy przełączania są stosunkowo długie, bo podczas przeładowywania pojemności oscyloskopu sumuje się rezystancja wyjściowa obu gałęzi A, B. Należałoby ją zmniejszyć.

Zastanawiałem się, czy nie zastosować jako buforów prądowych dwóch dodatkowych kostek 40106 według **rysunku 16**, co dawałoby na każdym z wyjść A, B po sześć inwerterów połączonych równolegle. Wtedy rezystancja wyjściowa zmniejszyłaby się trzykrotnie względem opisywanej wersji.

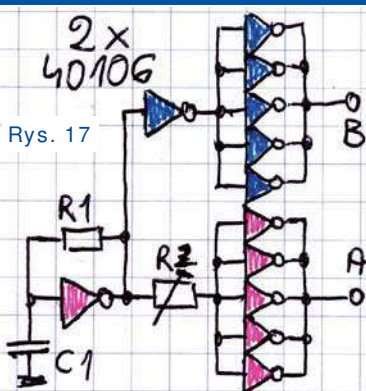
Ostatecznie zdecydowałem się jednak na znacznie



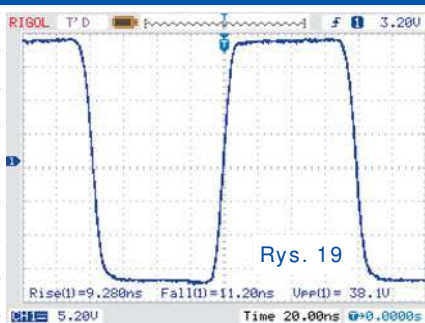
Fot. 15

prostsza, a niewiele gorszą wersję z pięcioma inwerterami na każdym z wyjść według rysunku 17.

Model zbudowałem od początku na nowej płytce, jak pokazuje fotografia 18. Już po wstępnym doboru rezystancji R2 uzyskałem zupełnie przyzwoity przebieg napięcia U_{AB} , jak pokazuje rysunek 19.



Rys. 17

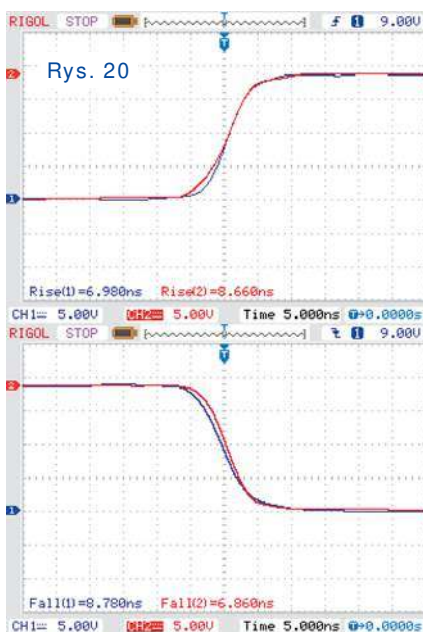


Rys. 19

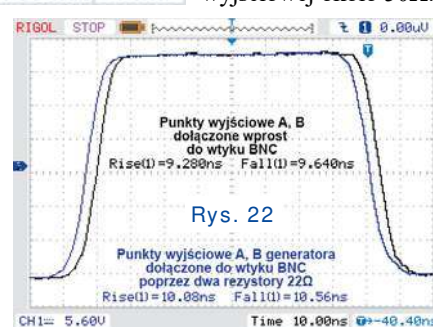
rezystorów 22Ω, czasy przełączania wzrosły zaskakująco mało, jak pokazuje rysunek 22. Uzyskaliśmy generator przebiegu prostokątnego o amplitudzie 40Vpp o stromości zboczy około 10ns i rezystancji wyjściowej około 50Ω.

nek 19. Amplituda wynosi prawie 40Vpp i czasy przełączania zbliżone do 10ns.

Zmierzyłem dwukanałowo przebiegi na wyjściach A i B i dobrałem optymalną wartość R2 (tym razem 1,00kΩ) z bardzo przyzwoitym rezultatem pokazanym na rysunku 20. Czas narastania na obu wyjściach jest mniejszy od 7ns, ale opadania większy niż 8,5ns (obraz kanału CH2 jest odwrócony).



Rys. 20



Rys. 22

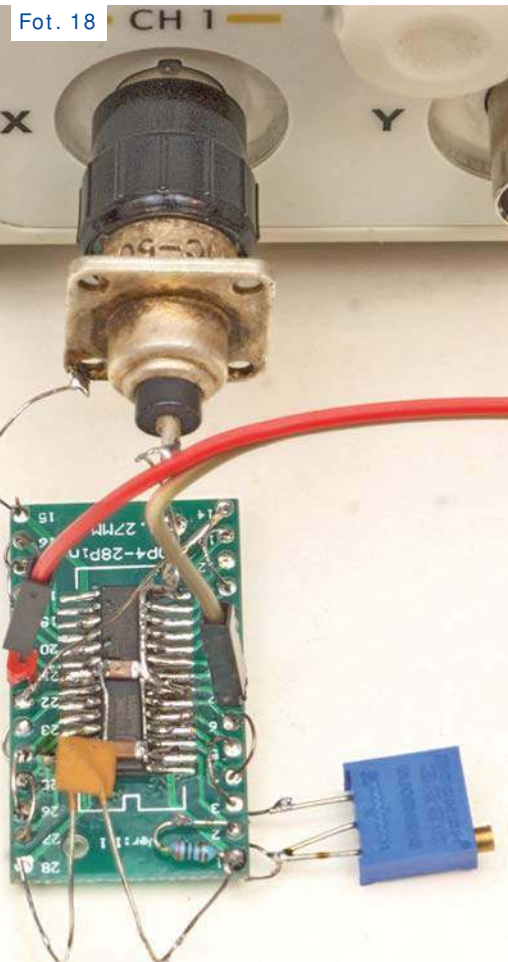
Jak na starej konstrukcji rodzinę CMOS4000 jest to bardzo dobry wynik! Impulsy o czasie narastania 10 nanosekund pozwolą przeprowadzić badania pasma przenoszenia do mniej więcej 30MHz.

Tu warto powrócić do opisanego w pierwszej części wersji według rysunku 2 z jednym układem HEF40106BT. Uzyskane tam czasy przełączania wynosiły 12...13ns. Teraz w układzie z dwiema kostkami według rysunku 17 uzyskaliśmy czas przełączania około 10ns. Układ 40106 można kupić za mniej niż złotówkę, jednak można się zastanawiać, czy warto walczyć o te dwie czy trzy nanosekundy?

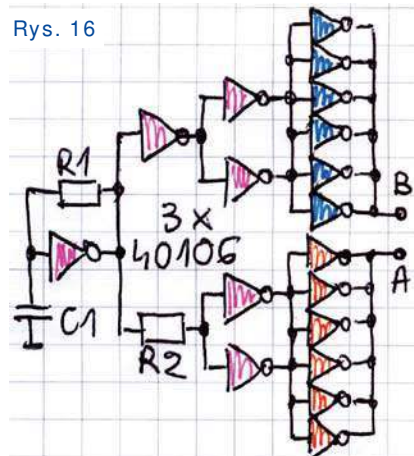
Nie ma jednoznacznej odpowiedzi. Sam zdecyduj: warto, czy nie warto?

To zależy nie tylko od realnych potrzeb, ale też od satysfakcji konstruktora. Tu nie ma mowy o czasach rzędu 1 nanosekundy, dlatego można zastanowić się na wykorzystaniu kostek w obudowie przewlekanej. Po opisanych doświadczeniach powstała też wersja z jedną kostką w obudowie DIP według rysunku 2 z jednym kondensatorem ceramicznym 470nF filtrującym zasilanie.

Ciąg dalszy na stronie 30

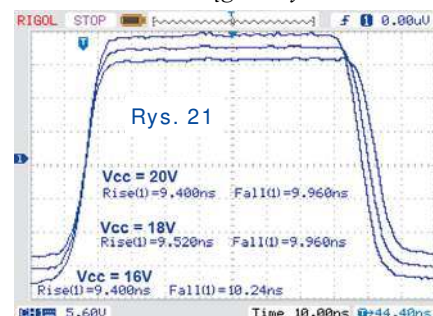


Fot. 18



Rys. 16

W tym miejscu docieklivi Czytelnicy słusznie zauważą, że takie dopasowanie za pomocą rezystora R2 będzie się zmieniać, zarówno pod wpływem zmian temperatury, jak też przy zmianie napięcia zasilania. Wpływ temperatury nie jest duży i możemy go zignorować, ponieważ układ będzie użytkowany w zakresie temperatur pokojowych. Eksperymenty pokazały też, że wpływ napięcia zasilania też jest nieduży. Rysunek 21 pokazuje złożenie trzech przebiegów wyjściowych (U_{AB}) przy napięciu zasilania 20V, 18V i 16V. Jak widać, czasy przełączania wynoszą około 10 nanosekund i prawie się nie zmieniają. Po dołączeniu szeregowo na wyjściach A, B dwóch



Rys. 21

Czym się różni wróbelek?

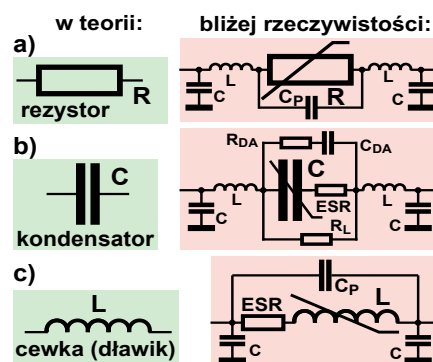
Czyli o niedoskonałości elementów

Część 5 – Cewki i transformatory



Tytuł artykułu nawiązuje do starego surrealistycznego dowcipu, jaki pamiętam ze swoich czasów szkolnych. Mianowicie na pytanie: *czym się różni wróbelek?*, należało odpowiedzieć: *tym, że ma jedną nóżkę bardziej i skrzydełko mu trochę*. Nieco mniej surrealistyczne, podobne pytanie zawierało słowo „właszcza”, aż w nadmiarze występujące w opisach i zastrzeżeniach patentowych. W każdym razie dziwny tytuł artykułu wprowadza do bardzo ważnego tematu: **czym tak naprawdę różnią się elementy elektroniczne o jednakowej wartości?**

Dla początkujących elektroników rezystor to rezystor, a kondensator to kondensator. Tymczasem elementy o tych samych nominalach mogą mieć i mają znacząco inne właściwości. Mogą się nadawać, albo zupełnie nie nadawać do określonych zastosowań. Problem wynika głównie z tego, że na schematach umieszczamy symbole elementów, które przedstawiają idealizowane, teoretyczne modele, a nie odzwierciedlają właściwości rzeczywistych elementów, jakie stosujemy w realnych układach. Ilustruje to w pewnym uproszczeniu rysunek obok.



W poprzednim odcinku podkreśliśmy, że każda cewka zachowuje się jak obwód rezonansowy – równoległy obwód rezonansowy.

Co ważne w praktyce, najczęściej nie interesuje nas impedancja, jaką ma cewka przy częstotliwości rezonansu własnego, ponieważ **przytłaczająca większość cewek powinna pracować w zakresie częstotliwości znacznie niższej od częstotliwości rezonansu własnego**.

Wcześniej przy omawianiu kondensatorów odnotowaliśmy, że w katalogach można znaleźć krzywe pokazujące przebieg (modułu) impedancji kondensatora w funkcji częstotliwości. W przypadku dławików / cewek najprawdopodobniej w katalogach nie znajdziemy ani analogicznych krzywych, podobnych do tej z rysunku 2c, ani wartości szkodliwej pojemności własnej. Jednak dość często w katalogach podana jest częstotliwość rezonansu własnego cewki/dławika, co osobom najbardziej dociekliwym pozwala też określić pojemność własną. Jeszcze raz przypominam: **większość cewek powinna pracować w zakresie częstotliwości znacznie niższej od częstotliwości rezonansu własnego**.

A teraz przechodzimy do strat. Duża liczba zwojów cienkiego drutu oznacza też dużą rezystancję uzwojenia cewki. Idealna cewka powinna mieć zerową rezystancję uzwojenia (w bardzo nielicznych zastosowaniach pracują cewki z uzwojeniem z nadprzewodnika). Chcielibyśmy też, by cewka była jak najmniejsza. Typowa cewka ma

uzwojenie z drutu miedzianego, więc na pewno nieusuwalną wadą jest rezystancja drutu. Dodatkowo rośnie ona ze wzrostem częstotliwości wskutek tak zwanego **zjawiska naskórkowości**: prądy o wyższych częstotliwościach są wypychane z wnętrza przewodu i płyną tylko w powierzchniowej warstwie drutu. W efekcie ze wzrostem częstotliwości zmniejsza się użyteczny przekrój przewodu, a tym samym rośnie szkodliwa rezystancja drutu cewki.

Obecność rezystancji drutu uzwojenia (R_U) prowadzi nas do schematu zastępczej cewki, pokazanego na **rysunku 4**, który nadal nie mówi wszystkiego o jej niedoskonałościach.

Liczba zwojów potrzebna do uzyskania potrzebnej indukcyjności L może być dużo mniejsza, jeżeli zastosowany zostanie rdzeń ferromagnetyczny. Czym większa jest jego przenikalność magnetyczna ($\mu - \mu_i$), tym bardziej zwiększy on indukcyjność danej cewki przy niezmienniej liczbie zwojów. Czym większa przenikalność (μ) rdzenia, tym bardziej zwiększa on indukcyjność. Patrząc z drugiej strony: czym większa przenikalność rdzenia, tym mniej zwojów potrzeba, żeby uzyskać daną indukcyjność L . A mniejsza

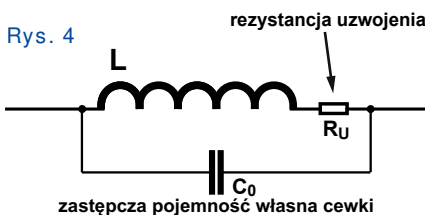
liczba zwojów redukuje szkodliwą pojemność.

Zastosowanie ferromagnetycznego rdzenia o jak największej przenikalności jest korzystne, bo mniejsza liczba zwojów to także mniejsza szkodliwa pojemność i mniejsza rezystancja drutu uzwojenia.

Niestety, generalnie czym większa przenikalność magnetyczna rdzenia, tym gorzej są inne jego parametry. Między innymi przenikalność μ nie jest stała, a to oznacza zależność indukcyjności cewki od częstotliwości, temperatury i innych czynników. Ale w praktyce jeszcze gorzej jest coś innego.

Mówiąc obrazowo, dobroczynna rola rdzenia wynika z faktu, że podczas pracy cewki ten ferromagnetyczny rdzeń zostaje namagnesowany, czyli staje się magnesem (nie wszyscy pamiętają, że cewka pracująca, czyli taka, przez którą płynie prąd, staje się elektromagnesem).

Prąd stały, płynąc przez cewkę, wytwarza pole magnetyczne tym silniejsze, czym większe jest natężenie prądu. W próżni, powietrzu i w szeregu innych materiałów siła pola magnetycznego może dowolnie rosnąć i być dowolnie duża. Ale w materiałach ferromagnetycznych wzrost prądu powoduje wzrost namagnesowania tylko do określonej, ograniczonej wartości. Dalsze zwiększanie prądu nie powoduje już znaczącego wzrostu pola magnetycznego. Mówimy, że rdzeń zaczyna się nasycać, a to przy dalszym wzroście prądu powoduje gwałtowne zmniejszenie



Rys. 4

indukcyjności cewki do małej wartości, jaką ma ta cewka powietrzna bez rdzenia.

Wynika to z budowy materiału ferromagnetycznego, gdzie magnesowanie wiąże się dosłownie z przesuwaniami pewnych struktur w cząsteczkach materiału rdzenia. Można to porównać do odchyłania i porządkowania małych magnesików na sprężynkach.

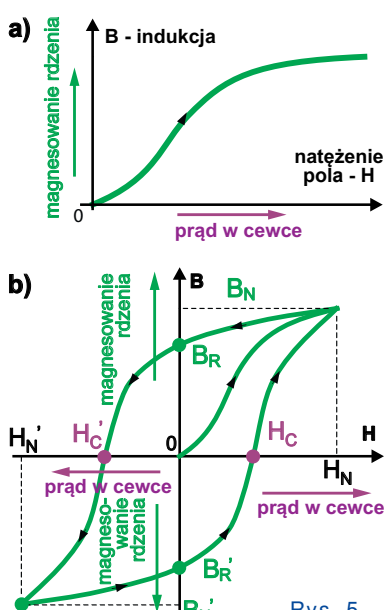
W każdym razie materiał ferromagnetycznego rdzenia można namagnesować tylko do określonej granicy. Powstaje problem związany z wartością prądu płynącego przez cewkę: liniowy wzrost prądu nie powoduje liniowej zmiany namagnesowania, jak pokazuje to przykładowy rysunek 5a.

Do tego dochodzi inny problem: w analogii z małeńkimi magnesikami na sprężynkach możemy powiedzieć, że przy odchyłaniu magnesików występuje tarcie, czyli zamiana energii na ciepło. W ten sposób można obrazowo wytłumaczyć występowanie w charakterystyce magnesowania materiału ferromagnetycznego pętli histerezy, co pokazane jest na rysunku 5b.

Cewki z reguły pracują przy prądzie zmiennym, płynącym okresowo w obu kierunkach. A to powoduje naprzemienne magnesowanie materiału rdzenia raz w jednym, raz w drugim kierunku. Ponieważ histereza związana jest ze stratami (tarcie), każde przemagnesowanie powoduje, że część energii zamienia się na ciepło i podgrzewa rdzeń. Czym szersza histereza, tym te straty są większe.

Rdzeń grzeje się też z innego powodu. Otóż jeżeli rdzeń nie jest izolatorem, tylko (lepiej lub gorzej) przewodzi prąd, to także w nim pod wpływem zmiennego pola magnetycznego indukują się napięcia i płyną tam prądy, tak zwane prądy wirowe.

Straty w rdzeniu, najogólniej biorąc, polegają na wydzielaniu się tam ciepła związanego po pierwsze z histerezą i przemagnesowywaniem powodowanym przez zmienny prąd płynący przez cewkę, a po drugie także wskutek przepływu prądów wirowych przez rezystancję rdzenia ($P = I^2 R$).



Rys. 5

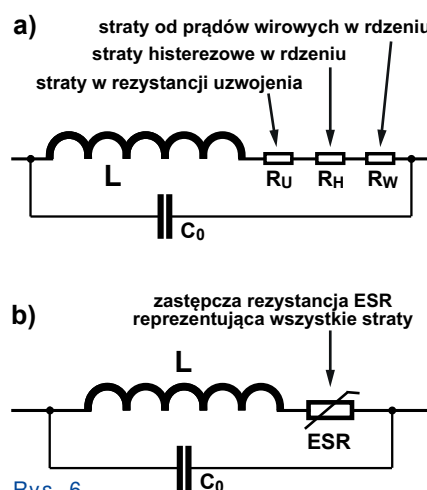
tylko od częstotliwości, ale na przykład też od wartości prądu pracy.

Także wartość przenikalności magnetycznej rdzenia μ zależy od kilku czynników, wskutek czego indukcyjność cewki nie jest stała, co w sumie można zobrazować jak na rysunku 7a. Jeżeli częstotliwość pracy jest wysoka, to być może trzeba też uwzględnić pojemności montażowe, zaznaczone w uproszczeniu na rysunku 7b.

Schemat zastępczy z rysunku 7 nie przedstawia jasno kluczowej niedoskonałości cewek z rdzeniem ferromagnetycznym, jaką jest problem nasycenia rdzenia przy dużych prądach. Otóż rdzenie z materiałów ferromagnetycznych są błogosławieństwem, bo pozwalają wielokrotnie zwiększyć indukcyjność, ale tylko dla niedużych prądów, które nie spowodują nasycenia rdzenia.

Można tu porównać cewki z kondensatorami, które to elementy są w pewnym sensie „odwrotne”, przeciwstawne. Otóż w realnych kondensatorach ograniczeniem są nie tylko straty w dielektryku, ale też możliwość przebiecia dielektryka i uszkodzenia kondensatora zbyt dużym napięciem. Dlatego każdy rzeczywisty kondensator ma określone maksymalne napięcie pracy, które nie spowoduje przebiecia dielektryka. Cewki są w pewnym sensie odwrotnością kondensatorów i mają określony maksymalny prąd pracy. Przekroczenie maksymalnego podanego w katalogu prądu powoduje nasycenie rdzenia, zmniejszenie indukcyjności cewki, a to w praktyce oznacza gwałtowny wzrost prądu i ryzyko przegrzania nie tylko cewki, ale przede wszystkim współpra-

Wszystko to daje schemat zastępczy cewki z dwiema dodatkowymi rezystancjami reprezentującymi straty, mniej więcej jak na rysunku 6a. Wszystkie te trzy szkodliwe rezystancje nie mają jednej ustalonej wartości, tylko najogólniej biorąc, rosną ze wzrostem częstotliwości. Na schemacie zastępczym można je przedstawić jako jedną rezystancję ESR, reprezentującą wszystkie straty w cewce. Jej wartość zależy od warunków pracy, nie



Rys. 6

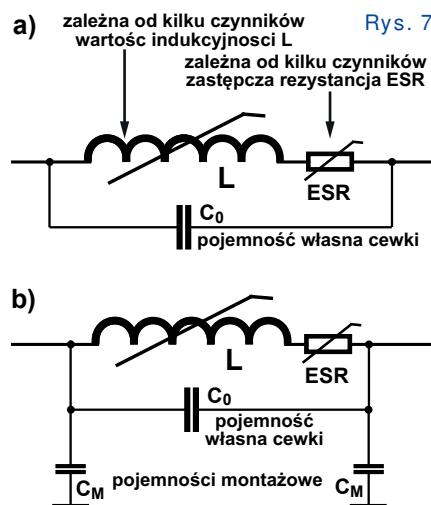
Wszystkie te trzy szkodliwe rezystancje nie mają jednej ustalonej wartości, tylko najogólniej biorąc, rosną ze wzrostem częstotliwości. Na schemacie zastępczym można je przedstawić jako jedną rezystancję ESR, reprezentującą wszystkie straty w cewce. Jej wartość zależy od warunków pracy, nie

tylko od częstotliwości, ale na przykład też od wartości prądu pracy. Także wartość przenikalności magnetycznej rdzenia μ zależy od kilku czynników, wskutek czego indukcyjność cewki nie jest stała, co w sumie można zobrazować jak na rysunku 7a. Jeżeli częstotliwość pracy jest wysoka, to być może trzeba też uwzględnić pojemności montażowe, zaznaczone w uproszczeniu na rysunku 7b.

Dylematy elektronika

Opisane właśnie niedoskonałości cewek mają duże znaczenie praktyczne. Ogólnie biorąc, w cewkach straty są dużo większe niż w kondensatorach.

Wszystkie cewki są dalekie od ideału, a ich właściwości zawsze są kompromisem między różnymi ograniczeniami i wymaganiami. W obwodach i układach, którym stawia się określone, często wysokie wymagania, trzeba zastosować cewki o konkretnych, odpowiednio dobrych parametrach, w szczególności o małych stratach. Inne są jednak potrzeby i wymagania w dziedzinie urządzeń radiowych, inne względem cewek



Rys. 7

i transformatorów do rozmaitych przetwornic impulsowych, a jeszcze inne względem cewek – dławików stosowanych do filtracji zakłóceń. Dlatego do sprawdzania parametrów elementów indukcyjnych wykorzystywane są różne metody i układy, które po części omówimy i wykorzystamy w następnych odcinkach tego cyklu.

Do wielu zastosowań nie nada się pierwsza lepsza cewka o potrzebnej indukcyjności i danym prądzie maksymalnym, którego wartość została znaleziona w katalogu lub zmierzona (choćby przyrządem opisanym w EdW 10/2020).

Czasem trzeba wziąć pod uwagę łatwą do zmierzenia rezystancję drutu cewki, ale częściej kluczowe znaczenie mają całkowite straty w cewce wydzielające się tam podczas pracy w postaci ciepła. A szczegółowych danych o takich stratach nie sposób znaleźć w katalogach. Owszem, można je określić, ale do tego potrzebna jest wiedza o wielu aspektach zagadnienia. W szczególności

konieczna jest wiedza na temat różnych materiałów magnetycznych i ich parametrów.

Idealna cewka powinna mieć zerową rezystancję strat i niezmienną indukcyjność L , niezależnie od wartości płynącego przez nią prądu. Niezmienną wartość indukcyjności mają cewki bez rdzenia, powietrzne, ale niestety mają one znikomą indukcyjność. Nie można dowolnie zwiększać ich indukcyjności, bo duża liczba zwojów oznaczałaby dużą szkodliwą pojemność i żałosnie niską częstotliwość rezonansową, a także dużą rezystancję drutu. Aby rezystancja uzwojenia była mała, trzeba wykorzystać gruby drut, a znaczna liczba zwojów grubego drutu oznacza dużą objętość i masę cewki, co uniemożliwia miniaturyzację i zwiększa koszty.

Obecność rdzenia o dużej przenikalności μ wydatnie zwiększa indukcyjność, korzystnie zmniejsza liczbę zwojów, straty w ich rezystancji i szkodliwą pojemność własną. Tak, ale

pojawiają się straty w rdzeniu oraz poważny problem z nasyceniem i prądem maksymalnym.

Zgrubna reguła jest taka: czym większa indukcyjność i czym mniejsza cewka, tym mniejszy prąd maksymalny (nasycenia) i większa rezystancja ESR, czyli większe straty. Najogólniej: cewki miniaturowe mają gorsze parametry niż cewki o większych rozmiarach.

Nie ma prostej recepty! Wybór elementu indukcyjnego do danego układu zawsze jest kompromisem. Zależnie od wymagań i potrzeb wykorzystuje się rdzenie o różnym składzie i wielkości. Są to skomplikowane zależności – hobbysta nie musi się w nie wgłębiać.

Zdecydowana większość współczesnych hobbystów nie projektuje nie nawija cewek. Dziś wykorzystuje się głównie gotowe cewki (dławiki) i transformatory. I właśnie w następnym odcinku omówimy niedoskonałości transformatorów.

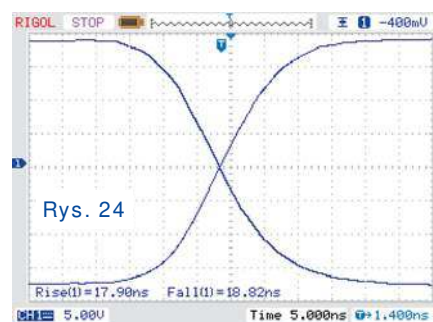
Piotr Górecki

Ciąg dalszy ze strony 27

Model pokazany jest na **fotografii 23**, gdzie widać z prawej strony trzy dodatkowe testowane kostki 40106, a w tle przetwornicę i akumulator. Wprawdzie w szybkich układach podstawki nie są zalecane, ale układ do bardzo szybkich nie należy, a podstawka pozwoli łatwo wymienić kostkę do testów oraz przy ewentualnym uszkodzeniu (na przykład przy eksperymentach z napięciem zasilania $>20V$). U mnie najlepsza z posiadanych przewlekanych kostek 40106 przy indywidualnym dobraniu wartości R_2 ($3,4k\Omega$) dała przebieg o amplitudzie prawie 40Vpp, pokazany na **rysunku**

24. Przypuszczalnie zastosowanie układu HEF40106BP (Philips – NXP – Nexperia) pozwoliłoby uzyskać znacząco lepszy wynik, ale takich kostek przewlekanych nie miałem pod ręką. Ale i tak osiągnięte wyniki – czasy narastania nieco poniżej 20ns, choć nie są rewelacyjne, jednak pozwolą z powodzeniem testować i kalibrować dzielniki napięcia o pasmie sięgającym co najmniej 10MHz.

Uznałem, że mi wystarczy dwa tak zrealizowane generatory: ze zboczami 10-nanosekundowymi według fotografii 18 i prawie 20-nanosekundowymi według fotografii 23. A gdyby w przyszłości potrzebne były impulsy 40-woltowe o krótszych czasach narastania,



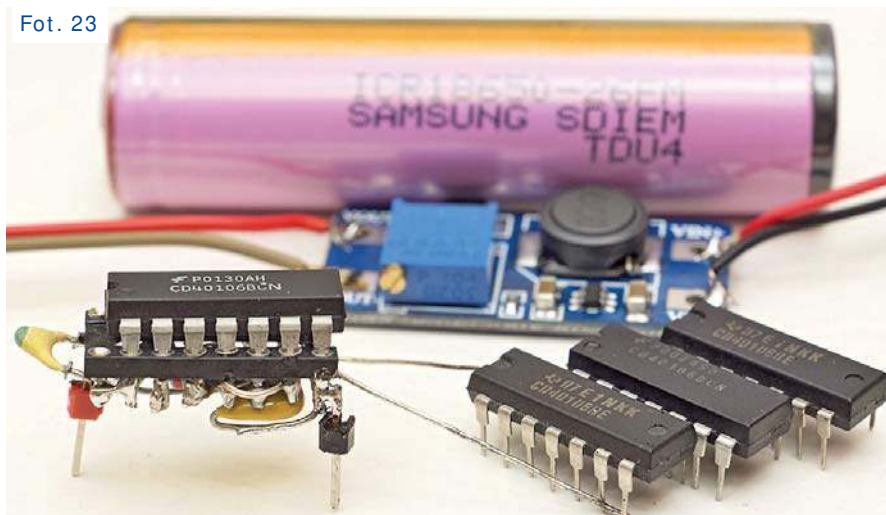
wtedy sprawdzę jeszcze inne rozwiązania. Może to być na przykład dodanie na wyjściach A, B komplementarnych wtórników z tranzystorami bipolarnymi albo scalonych dławików, choćby TC4420 lub TC4452, które mają maksymalne napięcie zasilania 18V.

Przysłowie mówi, że apetyt rośnie w miarę jedzenia. Z jednej strony pewnie przydałby się tego rodzaju szybki generator o jeszcze większym napięciu wyjściowym. Ale z drugiej – warto byłoby zrealizować generator o jeszcze bardziej stromych zboczach.

Znacznie szybszy układ o schemacie z rysunku 2 lub 17, ale o mniejszym napięciu wyjściowym (14Vpp), można zrealizować np. z kostką 74AHC14 lub 74ABT04, ewentualnie z innymi szybkimi 74xx14. Efekty eksperymentów będą opisane w oddzielnym artykule.

Piotr Górecki

Fot. 23



Analizatory NWT – pomiar

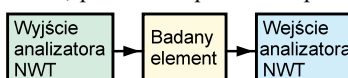
W drugiej części artykułu o analizatorach NWT omówiony zostanie sposób wykonywania pomiarów. Na początek ważne przypomnienie: *Aby pomiary miały jakiegokolwiek sens, analizator musi być skalibrowany. Zakres częstotliwości, w jakim skalibrowano analizator, musi być co najmniej równy zakresowi częstotliwości, w którym dokonujemy pomiarów. Podczas pomiarów wobuloskopowej impedancja wejścia i wyjścia badanego urządzenia musi być równa 50Ω.*

Dopasowanie. Układy radiowe bardzo często projektuje się w taki sposób, by impedancja wejściowa i wyjściowa układu (bloku wielkiej częstotliwości) była równa 50Ω, co bardzo ułatwia pomiary i łączenie ze sobą różnych modułów. Każdy badany obwód podczas pomiarów powinien być obciążony impedancją znamionową. Brak prawidłowego obciążenia zaburza charakterystykę amplitudowo-częstotliwościową badanego układu. Czasami można zauważyć sytuację, w której filtr niezawierający elementów wzmacniających powoduje „wzmocnienie” sygnału. Sygnał wyjściowy „wychodzi” ponad poziom odniesienia (0 dB) wyznaczony podczas kalibracji urządzenia. Dobrym rozwiązaniem jest włączanie stałego tłumika (np. około 10dB) zarówno przed detektorem, jak i na wyjściu wzmacniacza pomiarowego. Poprawia to dopasowanie wejścia i wyjścia wobuloskopu do 50Ω. Utrzymanie impedancji wejściowej i wyjściowej analizatora równej 50Ω w całym zakresie częstotliwości jest naprawdę trudnym zadaniem bez dodatkowych tłumików. W przypadku znacznego niedopasowania załączenie tłumików powoduje zmianę kształtu mierzonego przebiegu, a sam sygnał przesunie się w dół o inną wartość niż wartość tłumienia tłumików. Zastosowanie tłumików powoduje obniżenie dynamiki układu pomiarowego, zmniejszenie różnicy między największym i najmniejszym sygnałem mierzonym przez detektor. Od góry dynamikę analizatora ogranicza liniowość wzmacniacza analizatora oraz maksymalny poziom sygnału, jaki można podać na detektor bez jego nasycenia. Od dołu dynamikę układu ogranicza czułość zastosowanego detektora oraz skuteczność ekranowania. Tłumiki zmniejszają

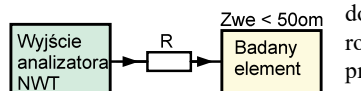
dynamikę analizatora o wartość tłumienia załączonych tłumików. Dobrze wykonany analizator NWT bez załączonych tłumików może osiągnąć dynamikę ponad 80dB. W przypadku gdy impedancja badanego układu różni się od 50Ω, problem dopasowania rozwiązuje się, stosując układy dopasowujące. Podstawowy układ pomiarowy wykorzystujący wobuloskop pokazany jest na **rysunku 1**.

Dopasowanie rezystancyjne. Funkcję elementów dopasowujących pełnią rezystory. Dopasowanie rezystancyjne jest najbardziej szerokopasmowe. W przypadku gdy musimy przejść na niższą impedancję, wystarczy włączyć z badanym elementem rezystor szeregowy, który wraz z impedancją badanego układu da 50Ω – **rysunek 2**. Opisana sytuacja jest jednak rzadko spotykana w praktyce. Znacznie częściej musimy przejść z impedancji 50Ω na wyższą – **rysunek 3**. Odpowiednie wartości rezystancji można wyliczyć np. za pomocą programu **RFSim99**, za pomocą opcji **Tools, Design, Match** wybierając odpowiedni obwód dopasowujący. Kalkulator obwodów dopasowujących wbudowany jest również w program **WinNWT**. Wykorzystując kalkulator w zakładce **Impedance matching**, opcja **R**, można wyliczyć elementy dopasowania rezystancyjnego.

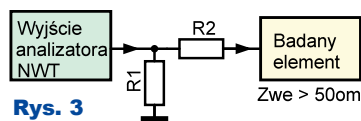
Na przykład badany filtr ma impedancję wejściową 50Ω a wyjściową 500Ω, co uniemożliwia bezpośredni wiarygodny pomiar. Wpisujemy do kalkulatora 50Ω, jako wymaganą wartość Z1, natomiast w polu Z2 wartość bardzo bliską 50Ω np. 50,0000001Ω (wynika to z warunku pokazanego na rysunku, że $Z1 < Z2$). W polu Z3 wpisujemy 500Ω, w polu Z4 50Ω (impedancja wyjścia analizatora). Program wyliczy wartość R1 18033,98Ω i R2 0Ω, ponieważ R1 jest dużo wyższa niż 50Ω, możemy ją pominąć, a R2 traktować jako połącze-



Rys. 1 $R_{we} = R_{wy} = 50\Omega$



Rys. 2 $R = 50\Omega - Z_{we}$



Rys. 3

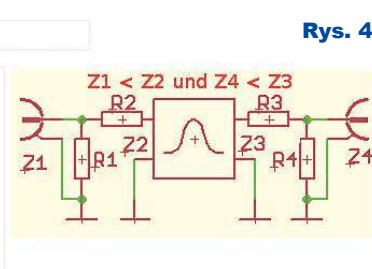
Matching type:		☒ R	☐ LC
Matching with R			
50	(Ohm)	Z1	
50.0000	(Ohm)	Z2	
500	(Ohm)	Z3	
50	(Ohm)	Z4	
18033.98	(Ohm)	R1	
0.00	(Ohm)	R2	
474.34	(Ohm)	R3	
52.70	(Ohm)	R4	
-15.80	(dB)	Insertion Loss	

nie elektryczne (zwarcie 0Ω). Wyliczone wartości R1 i R2 wynikają z wpisania wartości R1 różnej od R2. Wpisanie wartości R1 i R2 równych sobie uniemożliwia prawidłowe wyliczenie tłumienia układu dopasowującego – program zgłasza błąd obliczeń. Rezystory R3 i R4 mają odpowiednio wartości 474,34Ω i 52,7Ω, w praktyce z niewiel-

kim błędem pomiarowym autor zastosowałby odpowiednio rezystory 470Ω i 51Ω. Rezystory te muszą być zamontowane jak najbliżej wyjścia mierzonego filtru i mieć jak najkrótsze doprowadzenia. Tłumienie dopasowania takiego układu wynosi 15,8dB (parametr (dB) **Insertion Loss**) – **rysunek 4**. W celu odczytu rzeczywistej wartości tłumienia filtru należy odjąć 15,8dB od zmierzonej wartości tłumienia lub (prościej) wykorzystać opcję **Skalowanie i przesunięcie w osi -Y**, wpisując wartość tłumienia wyliczonego przez kalkulator. Wadą takiego rozwiązania jest zmniejszenie dynamiki przyrządu o 15,8dB.

Dopasowanie (auto)transformatorowe. Większą dynamikę układu pomiarowego i mniejsze tłumienie sygnału można uzyskać, stosując dopasowanie impedancyjne, wykorzystując transformator w.cz. czy obwód rezonansowy LC. W wypadku zastosowania (auto)transformatora powinien on zapewniać odpowiednie pasmo przenoszenia oraz odpowiednią przekładnię. Takie

dopasowanie jest szerokopasmowe, a pasmo pracy obwodu dopasowującego zależy od pasma przenoszenia (auto)transformatora. (Auto)transformator powinien mieć reaktancję



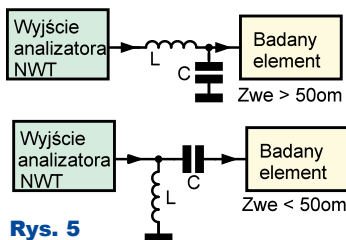
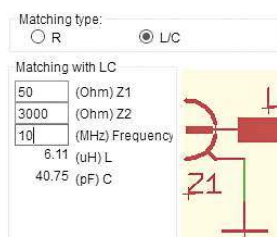
Rys. 4

uzwojeń o wartości co najmniej 10-krotnie wyższej niż wartość dopasowanej rezystancji na częstotliwości pracy. Trzeba też zadbać, aby indukcyjności i pojemności pasożytnicze nie wpływały w istotny sposób na parametry układu w badanym zakresie częstotliwości pracy.

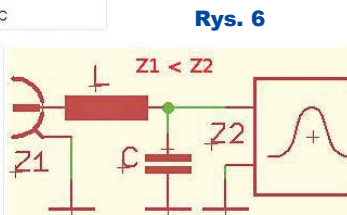
Dopasowanie z wykorzystaniem obwodów LC. Dopasowanie z wykorzystaniem obwodów LC jest dopasowaniem

wąskopasmowym, pracującym w ograniczonym zakresie częstotliwości, co może być zarówno wadą, jak i zaletą układu. Przykładowy układ dopasowania z wykorzystaniem obwodu LC pokazany jest na **rysunku 5**. Układ

dopasujący LC może tłumić sygnały niepożądane. Wartości elementów obwodu dopasowującego możemy wyliczyć za pomocą programu WinNWT w zakładce **Impedance matching** opcja **L/C** – **rysunek 6**.



Rys. 5



Rys. 6

Sondy aktywne. Sondy aktywne nie są układami dopasowującymi, ale gdy mają dużą impedancję, po prostu ich wpływ można pominąć – tak jakby ich nie było. Sondy aktywne przeznaczone do współpracy z analizatorami NWT muszą charakteryzować się wysoką rezystancją wejściową, niską pojemnością wyjściową i impedancją wyjściową 50Ω. Sondy takie jako stopień wejściowy wykorzystują tranzystor FET lub MOSFET. Bardzo dobrze sprawdzają się podczas strojenia rzeczywistych układów, gdyż tylko w bardzo nieznacznym stopniu wpływają na mierzony układ. Można podłączać ją bezpośrednio do badanego układu, bez znaczącego wpływu na wynik pomiaru. Sondę wysokoomową kalibruje się, podłączając ją do obciążenia 50Ω. W przypadku gdy badany układ podnosi napięcie, należy odpowiednio obniżyć poziomysterowania układu, gdyż można

przesterować wejście sondy – **rysunek 7**. Bardzo ważne jest, by połączenia sondy aktywnej do badanego układu były jak najkrótsze.

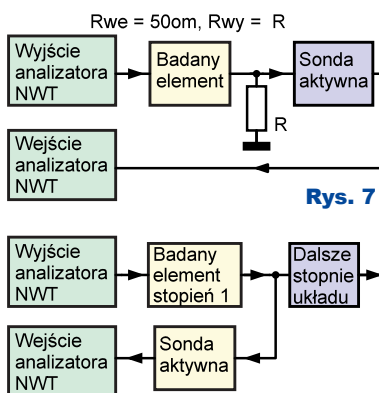
Pomiary z użyciem analizatorów serii NWT

Filtry. W przypadku filtrów, wyjście analizatora łączymy z wejściem filtru, a wejście analizatora z wyjściem filtru – **rysunek 1**, stosując w miarę potrzeby układy dopasowujące. W ten sposób mierzymy wszystkie typy filtrów (pasmowo-przepustowe, pasmowo-zaporowe, dolno- i górnoprzepustowe). Podstawowym

parametrem filtru jest jego charakterystyka amplitudowo-częstotliwościowa. W przypadku filtrów projektowanych komputerowo, kształt charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowej mierzonego filtru powinien odpowiadać wynikom symulacji

komputerowej z uwzględnieniem tolerancji zastosowanych elementów. W przypadku gdy otrzymujemy zbyt małe tłumienie filtru w paśmie zaporowym, winę za to ponoszą sprzężenia pasożytnicze między elementami filtru np. stosowanie cewek z otwartym strumieniem magnetycznym

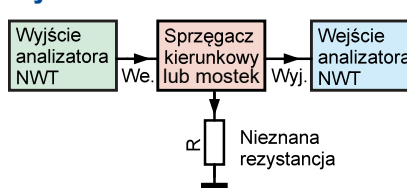
– popularnych dławików w.cz. czy źle zaprojektowana płytko drukowana. Za zbyt duże tłumienie w paśmie przepustowym oraz nieodpowiednią charakterystykę amplitudowo-częstotliwościową, mimo zastosowania elementów o wymaganych wartościach, odpowiada z kolei użycie elementów o małej dobroci (dławiki, kondensatory z ceramiki X7R, X5R). Dopuszczalne są w zasadzie jedynie niewielkie różnice tłumienia filtrów, pomiędzy wynikami symulacji i pomiarów. W przypadku filtrów odtwarzanych z różnych publikacji filtr stroimy tak, aby uzyskać jak najbardziej zadowalającą charakterystykę amplitudowo-częstotliwościową oraz odpowiednią jej równomierność. W przypadku jakichkolwiek wątpliwości, czy filtr jest



Rys. 7

zestrojony jest

Rys. 8



prawidłowo, warto wykonać symulację komputerową układu.

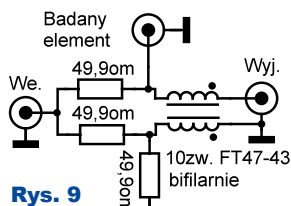
Badanie bloków urządzeń radiowych. Analogicznie do filtrów można mierzyć całe bloki układowe, jak np. wzmacniacze w.cz., układy przemiany częstotliwości itp. Poziom sygnału podany na wejście badanego bloku nie może go przesterować. W przypadku, gdy układ objęty jest jakąkolwiek formą elektronicznej regulacji wzmacnienia (ARW), ALC (Automatic Level Control), pomiary należy wykonać, blokując pracę tego układu, tzn. odłączając blok regulacji wzmacnienia i wymuszając stałe wzmacnienie. W przypadku pomiarów wzmacniaczy większej mocy, maksymalny poziom sygnału na wyjściu wzmacniacza jest często wyższy niż maksymalny dopuszczalny poziom sygnału na wejściu detektora NWT. W takim przypadku należy zastosować tłumiki obniżające poziom sygnału wyjściowego wzmacniacza. W przypadku pomiarów torów przemiany częstotliwości dynamikę pomiarów ogranicza często niedostateczna izolacja między wrotami mieszacza powodująca „przeciekanie” sygnału oscylatora przemiany częstotliwości. Problem ten można rozwiązać, stosując przed wejściem analizatora filtr pasmowoprzepustowy na częstotliwości wyjściowej urządzenia. Wykorzystując analizator NWT, można również określić np. punkt kompresji jednodecybelowej, tzn. poziom sygnału wejściowego, przy którym poziom sygnału wyjściowego rzeczywistego wzmacniacza jest mniejszy o 1 dB od poziomu wyjściowego wzmacniacza idealnie liniowego. W tym wypadku najlepiej wykorzystać sondę liniową detektora.

Pomiary dopasowania i impedancji. Pomiary dopasowania i impedancji wykonuje się za pomocą sprzęgaczy kierunkowych lub mostków do pomiaru dopasowania. – **rysunek 8**. Najważniejszym parametrem sprzęgacza jest jego kierunkowość i pasmo pracy. Kierunkowość sprzęgacza mówi nam jak dobrze izolowany jest port sprzężony od fali odbitej od wyjścia. Kierunkowość sprzęgacza zmienia się w funkcji częstotliwości i wpływa na błąd pomiaru, im wyższa kierunkowość, tym mniejszy błąd pomiaru. Autor uważa kierunkowość sprzęgacza na poziomie większym od 30dB za całkowicie wystarczającą w warunkach amatorskich. Zarówno sprzęgacze jak i mostki do pomiaru dopasowania można kupić na portalach aukcyjnych lub zbudować samodzielnie wykorzystując opisy dostępne w internecie. Przykładowy mostek do pomiaru dopasowania pokazano na **rysunku 9**. Wykonując ten układ, ważne

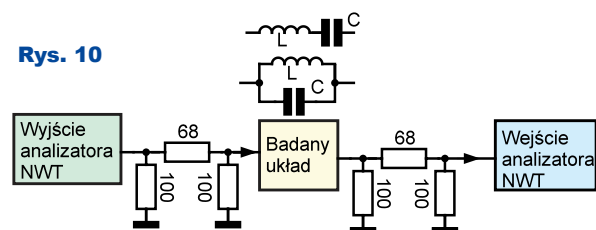
jest, aby zastosować elementy SMD oraz możliwie najkrótsze doprowadzenia uzwojeń. Pomiar dopasowania (SWR) za pomocą analizatora NWT wykonujemy następująco: podłączamy sprzęgacz kierunkowy lub mostek, wybieramy **Tryb SWR**, liczbę próbek **9999**, **NWT**, **Kanał 1** – **kalibracja**, pojawi się informacja o konieczności ustawienia SWR na wartość nieskończoną, co możemy osiągnąć na dwa sposoby: zwierając wejście pomiarowe, do którego podłączamy impedancję mierzoną albo nie podłączając do niej żadnego elementu. Rozpoczęcie kalibracji zatwierdzamy przyciskiem **OK**. Jeśli kalibracja przebiegła pomyślnie, to zapisujemy jej wynik przyciskiem **OK**. Poprawność kalibracji można sprawdzić za pomocą oporników SMD o znanej rezystancji np. 50, 100 i 150Ω, co odpowiada wartościom SWR odpowiednio 1, 2 i 3. SWR wyliczamy ze wzoru $SWR = 50/Z$, gdy impedancja Z jest niższa niż 50Ω, lub $SWR = Z/50$ gdy jest wyższa od 50Ω. Wynika stąd, np. że SWR równy 2 można uzyskać zarówno dla impedancji 25, jak i 100Ω. W przypadku prawidłowo zestrojonych układów w.cz. SWR nie powinien przekraczać wartości 1,5. Pomiar dopasowania należy wykonać po zestrojeniu układu na żadaną charakterystykę amplitudowo-częstotliwościową. Podczas pomiaru dopasowania dokonuje się na ogół tylko niewielkiej korekty strojonych torów, po czym potwierdza się jeszcze prawidłowość zestrojenia, dokonując pomiaru charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowej. W przypadku pomiarów impedancji, w szereg z badanym torem należy włączyć opornik 50Ω. Same pomiary wykonuje się analogicznie, jak pomiary dopasowania, wykorzystując sprzęgacz kierunkowy czy mostek do pomiaru dopasowania. Więcej informacji o pomiarach SWR można znaleźć na stronie <https://sites.google.com/site/sq5ebo/nwt500>.

Pomiar indukcyjności i pojemności.

Aby zmierzyć indukcyjność (pojemność), jeden z badanych elementów musi mieć znaną wartość. Wartości obwodu LC wyznaczamy, mierząc częstotliwość rezonansową obwodu – **rysunek 10** i wyznaczając war-



Rys. 9



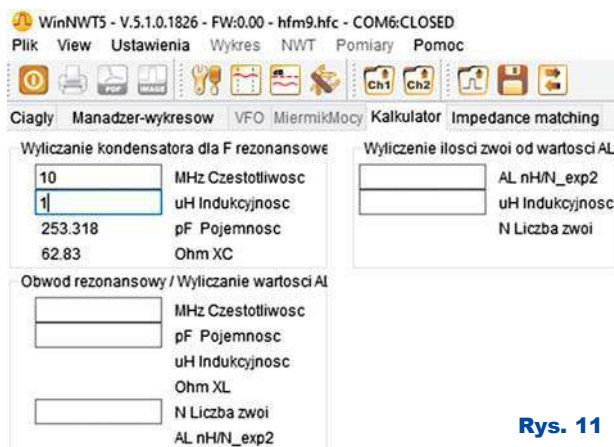
Rys. 10

tość nieznanego elementu za pomocą zakładki **Kalkulator** – **rysunek 11**. Bezpośrednio przed badanym torem należy włączyć tłumiki po 10dB, schemat takich tłumików pokazano na rysunku 10. W przypadku podłączenia szeregowego cewki mierzymy częstotliwość, na której obwód ma najniższe tłumienie. W przypadku równoległego podłączenia cewki i kondensatora mierzymy częstotliwość, przy której tłumienie jest najwyższe. Zastosowane w tym miejscu tłumiki nie mają znaczenia, mierząc pojedynczy obwód rezonansowy i tak nie wykorzystamy dynamiki przyrządu.

Pomiar mocy. Do pomiarów mocy wykorzystujemy wejście detektora analizatora. Pomiary mocy wykonujemy w zakładce **PomiarMocy**. Sondę kalibrujemy, wybierając zakładkę **MiernikMocy**, **Pomiary**, **Kanał 1(2)** – **kalibracja**. Podczas kalibracji program prosi o podanie poziomu sygnału podanego na wejście detektora, a następnie zmierzenie tego samego sygnału po załączeniu tłumika o znanym tłumieniu. Kalibrację potwierdzamy za pomocą przycisku **OK**. Za pomocą opcji **Edycja ustawień Kanału 1 (2)** możemy skorygować charakterystykę amplitudowo-częstotliwościową detektora. Program automatycznie skoryguje moc mierzoną, jeśli wybierzemy zakres częstotliwości z rozwijanej listy umieszczonej tuż pod wizualizacją poziomu sygnału za pomocą wskaźnika liniowego poziomu sygnału. W polu **Tłumienie (dB)** wpisujemy wartość tłumika zewnętrznego, jeśli go zostawiliśmy do rozszerzenia zakresu pomiarowego analizatora. Bez zewnętrznych tłumików dopuszczalny maksymalny poziom sygnału mierzonego wynosi około 17dBm (50mW).

Źródła błędów pomiarowych

Częstym problemem występującym podczas pomiarów filtrów pasmowo-przepustowych są fałszywe rezonanse (sygnały pomiarowe), wywołane częstotliwościami harmonicznymi w widmie generatora. Widoczne są one na wykresach jako piki na częstotliwościach



Rys. 11

n-krotnie mniejszych niż częstotliwość pracy filtru, np. mierząc filtr pasmowo-przepustowy 10MHz, zobaczymy sygnały o częstotliwościach 5MHz i 3,333MHz, czyli odpowiadające coraz niższemu stopniom podziału częstotliwości 10MHz przez liczbę całkowitą. Im mniejszą częstotliwość ustawiono w analizatorze (wyższa harmoniczna sygnału generatora), tym poziom tych sygnałów mniejszy. Problem ten można w dużym stopniu zminimalizować, zapewniając odpowiednią liniowość wzmacniacza wyjściowego analizatora lub wykonując układ z przemianą częstotliwości. Kolejnym problemem, jaki występuje podczas pomiarów, jest niedostateczne tłumienie kabli ekranowanych lub źle zaprojektowana płytka analizatora, niezapewniająca np. dostatecznego ekranowania. Wpływ prądów płynących w ekranie przewodów pomiarowych można zmniejszyć, nakładając na nie rurki ferrytowe z materiału o dużej przenikalności magnetycznej, ściśle przylegające do przewodu ekranowanego. W przypadku przewodu wyjściowego z generatora, rurka ferrytowa powinna być umieszczona jak najbliżej złącza SMA analizatora, a w przypadku wyjścia mierzonego układu, tuż przy nim.

Wiele użytecznych informacji o wykonywaniu pomiarów za pomocą analizatora NWT można znaleźć w dokumencie dostępnym w internecie pod adresem:

http://www.hamcom.dk/NWT4000/sweepsoftwarehardwareNTW4000-2USERMANUAL_UK.pdf

w skrócie: <https://bit.ly/36hfskc>.

W materiałach dodatkowych na Elportalu umieszczono program RFSim99 w wersji niewymagającej instalacji, pracujący w systemach Windows 7 do 10.

Na zakończenie artykułu autor chciałby podziękować **Waldkowi 3Z6AEF** i **Tomkowi SQ5EBO** za cenne uwagi do tego tekstu.

Rafał Orodziński
sq4avs@gmail.com

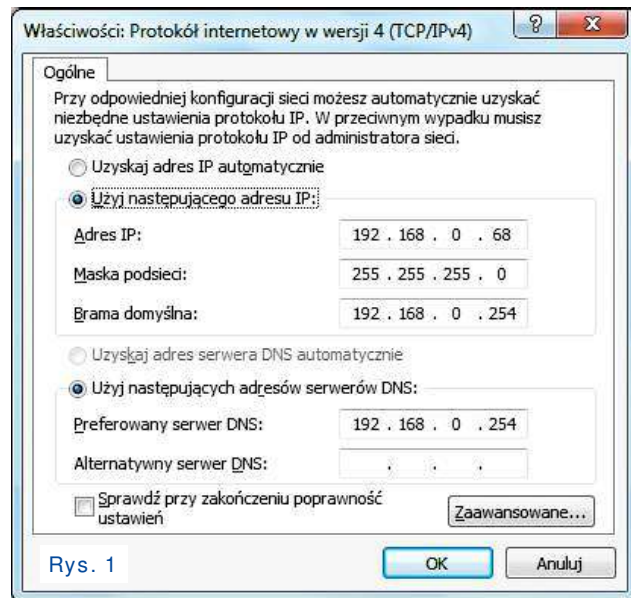
Filozofia sieci. Protokół DHCP

Zgodnie z obietnicą z poprzedniego miesiąca, w tej części zostanie przedstawiony protokół DHCP. Jak sama nazwa mówi (DHCP od ang. *Dynamic Host Configuration Protocol* – protokół dynamicznego konfigurowania hostów), jest to protokół przeznaczony do dynamicznego konfigurowania stacji sieciowych w określonej sieci lokalnej. Jest on opisany w dokumencie RFC2131 (dokumenty RFC<numer> są jedyną oficjalną dokumentacją dotyczącą sieci komputerowych, jeżeli jesteś, Czytelniku, zainteresowany głębszym studiowaniem tematyki, można sięgnąć do dokumentów RFC, są bez problemu dostępne w internecie). By wyjaśnić istotę i znaczenie tego protokołu, posłużę się pewną historią. Wyobraźmy sobie, że zostaliśmy przeniesieni z jednej sieci lokalnej do innej, przykładowo bierzemy swój komputer (skonfigurowany do wymagań występujących we własnej, domowej sieci lokalnej) i udajemy się w odwiedziny do koleżanki. Tam zachodzi potrzeba skorzystania z sieci internetowej, więc nasz komputer (mający ściśle określoną konfigurację sieciową) zostaje przyłączony do sieci lokalnej występującej w obcym środowisku (bo to nie jest nasza sieć domowa) i... nic się nie dzieje. Nie działa. Ze zdobytej już wiedzy wynika: aby komputer sprawnie komunikował się z innymi stacjami w sieci, muszą być spełnione określone warunki. Z ogromnym prawdopodobieństwem można uznać, że spełniony jest najbardziej podstawowy wymóg, **w sieci lokalnej nasz adres MAC ma być unikalny**. Adres MAC, jak pamiętamy, zawiera 48 bitów i są minimalne szanse, by jakieś urządzenie miało identyczny numer – adres (jest to liczba składająca się z 15 cyfr – wręcz ogrom). Dodatkowo, przydzielony naszemu komputerowi w naszej sieci domowej **adres IP musi należeć do tej sieci**, a poza tym musi być unikalny w tej nowej sieci. Z tym wiąże się również **maska podsieci, która musi być zgodna z tą, jaka obowiązuje w cudzej sieci domowej**.

Można na to spojrzeć z czysto matematycznego punktu widzenia. Znakiemita większość sieci domowych, lokalnych, ma maskę podsieci o wartości 255.255.255.0, czyli adres IP jako liczba zapisana w 32 bitach (zwyczajowo przedstawiany jako cztery liczby

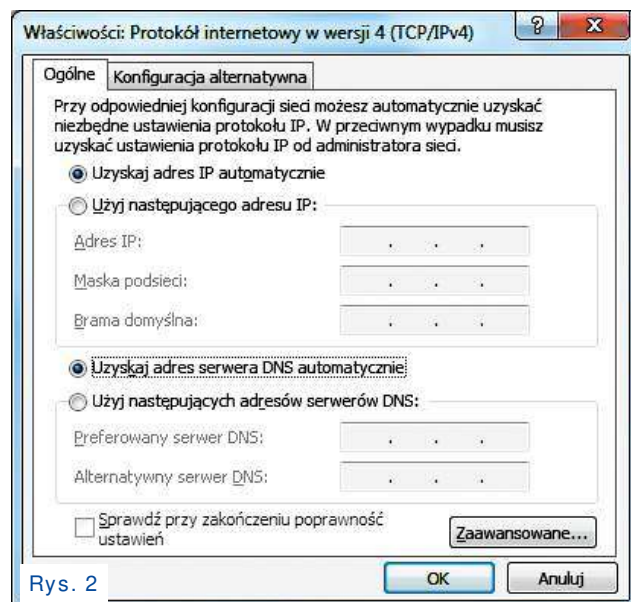
dziesiętne rozdzielone znakiem kropki) jest podzielony na dwie części: numer sieci (w tym przypadku 24 bity) i numer stacji w obrębie sieci (w tym przypadku 8 bitów). Proste szacunki matematyczne mówią, że na 24 bitach można zapisać ponad 16 milionów różnych kombinacji i należy trafić w tę jedyną. W rzeczywistości nie jest aż tak źle, jak może się wydawać. Infrastruktura sieciowa w każdym domu (i niewielkiej firmie) bazuje na określonym wyposażeniu. W to wchodzi przede wszystkim router do sieci rozległej. Ma on już fabrycznie nadany adres IP i maskę podsieci (te dane można znaleźć w instrukcji opisującej przyłączenie zakupionego sprzętu). Jeżeli tych ustawień celowo nie „zepsujemy”, to z dużą szansą na powodzenie można określić, że sieć domowa naszej koleżanki zaczyna się od IP=192.168.x.y. Ostatnia liczba (y dla maski podsieci 255.255.255.0) już nie wchodzi do numeracji sieci. Z czysto matematycznych szacunków pozostaje 256 kombinacji (nadal dużo). Oczywiście możemy poprosić gospodarza o podanie wymaganych danych. Jeżeli jest to specjalista z zakresu elektroniki i informatyki, to nie będzie żadnego problemu z uzyskaniem informacji. Tu do kompletu niezbędna jest jeszcze znajomość adresu IP bramy domyślnej, gdyż inaczej nie wyjdzie poza sieć lokalną. Praktyka jednak pokazuje, że w realnym świecie, takie problemy nie występują. Logicznie myśląc, oznacza to, że jest to jakoś rozwiązane.

Rzeczywiście, istnieje odpowiedni mechanizm i nazywa się **serwer DHCP**. Jeżeli przyłączany do sieci komputer jest odpowiednio skonfigurowany (ma właściwą dynamiczną konfigurację), to nic nie trzeba robić (jedynie chwilę poczekać, gdyż operacja dynamiczne-



Rys. 1

go konfigurowania wymaga nieco czasu, zwykle trwa kilka sekund). To, czy komputer ma nadany stały adres IP (jak i wszystkie pozostałe parametry), czy niezbędne parametry są konfigurowane dynamicznie, można poznać, docierając do konfiguracji sieci w komputerze. W Windows może to wyglądać następująco: adresacja stała (**rysunek 1**) to jest adres IP=192.168.0.68, maska podsieci 255.255.255.0 oraz adres bramy domyślnej to 192.168.0.254. Inną możliwością jest adresacja dynamiczna (**rysunek 2**), gdzie nie są określone wyżej wymienione parametry obsługi sieci – należy je pozyskać.



Rys. 2

To tak, jakby komputer nie znał własnej tożsamości. Po uruchomieniu zdobywa on w jakiś „magiczny” sposób niezbędne informacje i chwilę po starcie już wie... kim jest (**rysunek 3**, podkreślenie). Jest to rozwiązane właśnie oparte na protokole DHCP.

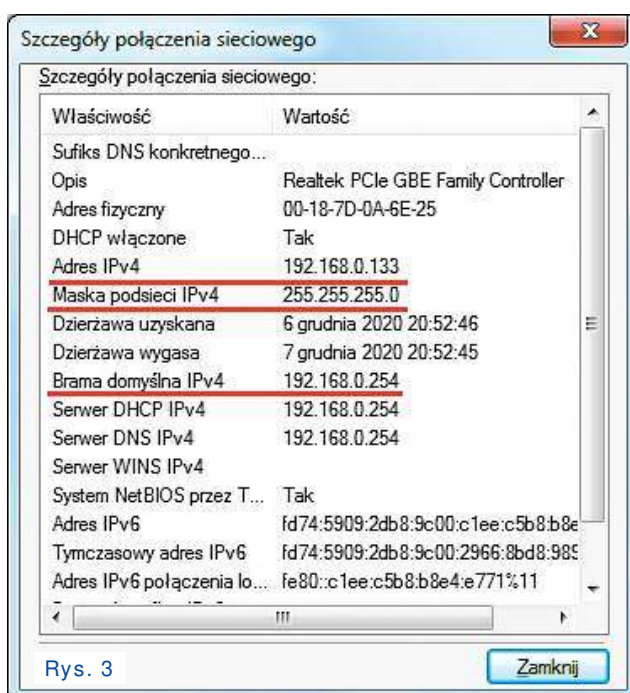
Działa to w następujący sposób. W lokalnej sieci musi istnieć serwer DHCP – usługa sieciowa przewidziana do udzielania niezbędnych informacji. Każda stacja, jeżeli jest skonfigurowana do adresacji dynamicznej, kontaktuje się z serwerem DHCP i uzyskuje niezbędne informacje dotyczące konfiguracji sieci. Można zadać pytanie: jak nie mając nic, uzyskać wszystko. Otóż stacja, element sieci lokalnej, kontaktuje się z serwerem DHCP poprzez protokół UDP, gdyż na nim opiera się ta koncepcja. Z poprzedniej części, poświęconej własnościom protokołu UDP, wiadomo, że istnieje możliwość wysłania pakietu UDP w trybie rozgłoszeniowym. Rozpatrzmy instalację pokazaną na **rysunku 4**. W lokalnej sieci znajduje się kilka komputerów (moduł z procesorem LPC2378 należy rozpatrywać jako komputer), switch wraz z routerem odpowiedzialnym za komunikację do sieci rozległej oraz serwer DHCP (urządzenie świadczące usługi przydzielania adresów dla wszystkich „chętnych” znajdujących się w obrębie sieci lokalnej).

Często serwer DHCP jest zintegrowany z innym urządzeniem. Rysunek pokazuje go jako element niezależny, gdyż pozwala na lepsze zrozumienie idei. W mojej sieci domowej serwer DHCP jest integralną częścią routera, więc ma identyczny adres IP jak router. Komputer, który jest skonfigurowany do adresacji dynamicznej, wysyła „zaczepny pakiet UDP” w trybie rozgłoszeniowym. Skoro jest to pakiet UDP, to znaczy, że zawiera on dwa numery portów: port źródłowy i port docelowy. W myśl idei protokołu UDP, serwer DHCP (jako niezależny komputer lub inne urządzenie przetwarzające pakiety sieciowe) tworzy gniazdo do nasłuchu na porcie o numerze 67. Jest to numer portu przewidziany do używania w usłudze dynamicznej konfiguracji. Stacja, która chce uzyskać dane konfiguracyjne, tworzy gniazdo UDP, nadając mu numer portu 68 (drugi numer portu występujący w usłudze DHCP). Są to dwa „dobrze znane” numery i są dedykowane ściśle określonym celom.

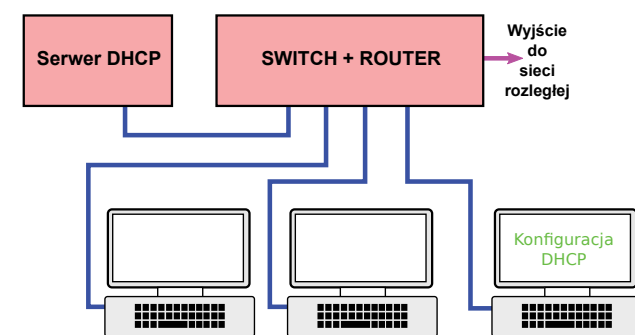
Wysłany pakiet w trybie rozgłoszeniowym, o znaczeniu, które można interpretować jako „potrzebuję pomocy”, dociera do wszystkich, jak na **rysunku 5** (switch

powieli pakiet do wszystkich stacji). Wspomniany wcześniej numer portu UDP (67) normalnie nie jest używany, więc wszystkie komputery widziane w sieci lokalnej zignorują ten pakiet z wyjątkiem stacji, gdzie jest to port nasłuchowy (serwer DHCP). Po odebraniu tej specyficznej próby serwer DHCP odpowiada, że „oferuje swoją pomoc”. Jest to również pakiet UDP wysłany do portu o numerze 68 do stacji o nieznanym adresie IP, czyli wysłany w trybie rozgłoszeniowym. Ten pakiet również dociera do wszystkich, jednak jedynie zainteresowana stacja będzie go przetwarzać. W ogólnym przypadku nie jest zabronione, by w jednej sieci lokalnej było kilka serwerów DHCP. Zainteresowana uzyskaniem danych konfiguracyjnych stacja z wszystkich ofert (najczęściej jednej oferty – jeden serwer DHCP) wybiera serwer i wysyła do niego pakiet, który należy interpretować jako „poproszę”. Na tę prośbę, serwer DHCP wysyła już konkretne parametry konfiguracji sieci i ten ruch można interpretować jako „daję”. Uzyskane dane są niezbędnymi parametrami pozwalającymi na skonfigurowanie obsługi sieciowej w ściśle określonej sieci lokalnej. To tak, jakby stacja sama dopasowała się do wymagań danego środowiska.

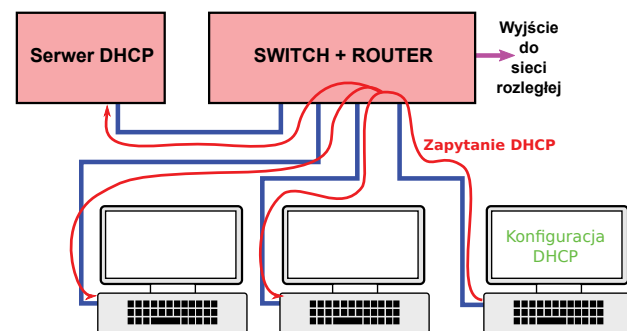
Można tu zadać pytanie: skąd serwer DHCP zna te wszystkie parametry? W przypadku, gdzie jest on bytem niezależnym, takie informacje muszą być mu podane w chwili jego instalacji. Często jednak się zdarza, że sam serwer DHCP jest zintegrowany z routerem (tak jest w mojej domowej sieci). W takim przypadku wystarczy w nim jedynie włączyć funkcję serwera DHCP. W znakomitej większości przypadków to już wystarczy, gdyż takie urządzenie fabrycznie jest już skonfigurowane, a parametry te są podane w dołączonej dokumentacji:



Rys. 3



Rys. 4



Rys. 5

typowo maska podsieci jest ustalona na 255.255.255.0, jego własny adres IP (router zna własny adres IP) jest tożsamy z adresem IP bramy domyślnej, pula adresów IP obejmuje kilkadziesiąt wolnych numerów (serwer DHCP w mojej sieci domowej serwuje adresy IP od 192.168.0.100 do 192.168.0.200). W rzeczywistości, serwer DHCP wydierżawia adresy IP na określony czas, dba, by każdy chętny otrzymał indywidualne, niepowtarzalne dane. Przed upływem czasu dzierżawy zainteresowana stacja

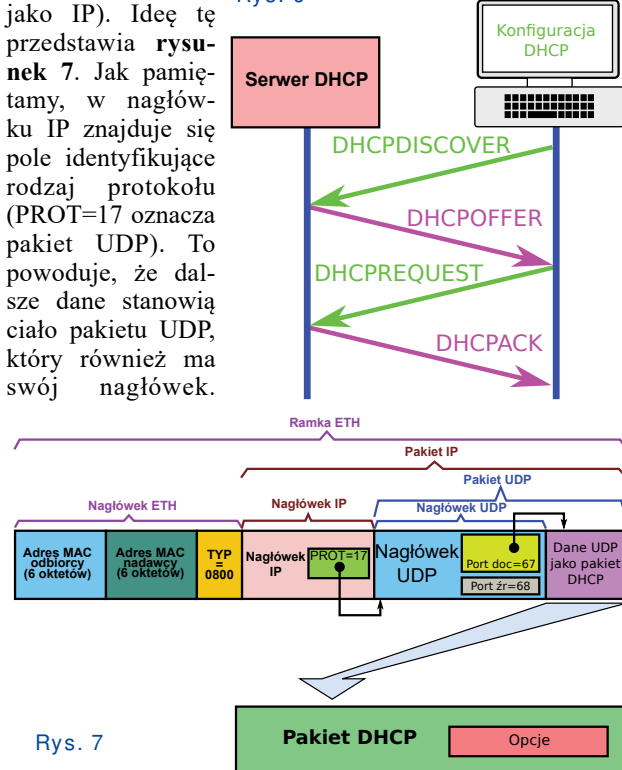
może poprosić o przedłużenie dzierżawy danych na kolejny okres.

Z powyższego opisu wynika, że operacja uzyskania danych konfiguracyjnych z serwera DHCP sprowadza się do czterech kroków. W dokumentacji DHCP te kroki noszą swoją nazwę. Są to:

- **DHCPDISCOVER** (ujawnienie DHCP), klient sieci, który jest zainteresowany uzyskaniem danych konfiguracyjnych, wysyła do sieci lokalnej pakiet UDP, który wcześniej określiłem jako „potrzebuję pomocy”, w ten sposób dostarcza swój adres MAC do serwera DHCP,
- **DHCPOFFER** (oferta DHCP), serwer po otrzymaniu żądania DHCPDISCOVER wysyła do zainteresowanej stacji informację, że jest obecny i może udzielić niezbędnych informacji konfiguracyjnych,
- **DHCPREQUEST** (żądanie danych), klient protokołu DHCP wysyła do serwera pakiet, który wyżej określiłem jako „poproszę”,
- **DHCPACK** (dane konfiguracyjne), serwer DHCP wysyła dane do klienta, który wystosował żądanie (faza DHCPREQUEST), otrzymuje wszystkie niezbędne informacje, które pozwolą na właściwe skonfigurowanie obsługi sieci.

Symbolicznie przedstawia to **rysunek 6**. Wspomniałem wcześniej, że DHCP jest nadbudową na UDP (który z kolei jest

Rys. 6



Rys. 7

W nim znajduje się informacja, że docelowym portem pakietu UDP jest port o numerze 67 (dedykowanym usłudze DHCP). Jeżeli powyższy warunek jest spełniony, to obszar danych UDP jest pakietem DHCP, który z kolei ma własną strukturę.

Ograniczając się już jedynie do struktury pakietu DHCP, ma on budowę pokazaną na **rysunku 8**. Tu należy zauważyć, że w każdym z czterech etapów prowadzących do uzyskania adresu IP od serwera DHCP występuje ta sama struktura pakietu. Z tego powodu pewne pola nie mają znaczenia (są wyzerowane) w danym kroku negocjacji. W jego skład wchodzi następujące pola:

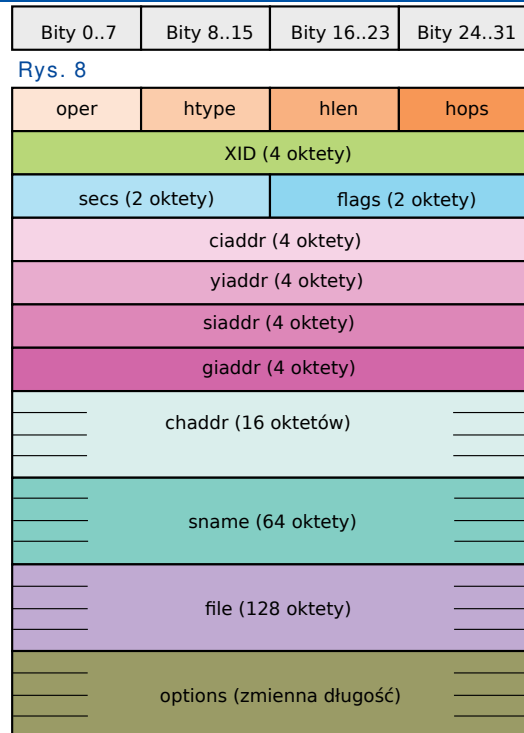
- **oper** – realizowana operacja, pozwala rozróżnić, czy dany pakiet DHCP jest zapytaniem (**oper=1**), czy odpowiedzią (**oper=2**),
- **htype** – typ sprzętu, dla sieci Ethernet to pole ma wartość 1,
- **hlen** – długość adresu sprzętowego, dla sieci Ethernet to pole ma wartość 6 (wielkość adresu MAC wyrażona w oktetach),
- **hops** – opcjonalne pole służące do zliczania pośrednich routerów biorących udział w transmisji pakietu, w naszym wydaniu to pole jest nieużywane, więc zawiera wartość zero, co oznacza, że szukamy serwera DHCP w obrębie własnej sieci lokalnej,

Klient DHCP

• **XID** – identyfikator transakcji, 32-bitowa liczba wybierana przez stronę klienta w sposób losowy i służąca do identyfikacji realizowanej transakcji, gdyby jednocześnie kilka komputerów wystąpiło o dane konfiguracyjne do serwera DHCP, to XID pozwoli „wyłocić” z potoku własne pakiety DHCP,

• **secs** – czas, jaki upłynął od pierwszego wysłania „zaczepnego” (DHCPDISCOVER) pakietu DHCP, jako liczba wyrażona w sekundach,

• **flags** – flagi bitowe, obecnie ma znaczenie jedna flaga, pozostałe muszą być wyzerowane i są przewidziane do zastosowań na przyszłość, pole właściwie



Rys. 8

zawiera liczbę 8000 hex (liczba, która ma ustawiony jeden właściwy bit),

- **ciaddr** – pole o charakterze adresu IP, jest nieobowiązkowe i jest używane w sytuacji przedłużenia dzierżawy adresu IP,
- **yiaddr** – nasz własny adres IP (w sytuacji, gdy jest on jeszcze nieokreślony, pole jest wyzerowane),
- **siaddr** – adres IP serwera DHCP (pole wypełniane w pakietach odpowiedzi generowanych przez serwer DHCP),
- **giaddr** – adres IP bramki (pole wypełniane w pakietach odpowiedzi generowanych przez serwer DHCP),
- **chaddr** – pole na adres sprzętowy interfejsu sieciowego (w sieci Ethernet jest to adres MAC), pole ma wielkość 16 oktetów, więc w sieciach Ethernet, gdzie adres MAC zajmuje 6 oktetów, musi być wypełnione do końca zerami (binarnie),
- **sname** – nazwa serwera DHCP, w sytuacji, gdy nazwa jest krótsza niż wielkość pola, musi być wyzerowane do wymaganej wielkości pola,
- **file** – nazwa pliku rozruchowego jako ciąg znaków zakończony znakiem o kodzie 0, jeżeli pole nie jest używane, cały blok jest wyzerowany,
- **options** – blok o zmiennej długości różnych dodatkowych informacji zorganizowany w formie „ciasteczek”, to w tym miejscu znajdują się istotne informacje uzyskane od serwera DHCP, muszą one być wyekstrahowane spośród różnych innych parametrów.

Obszar „options” (rysunek 8) jest

podzielony na wiele parametrów. Sam blok zaczyna się od 32-bitowego kodu określanego jako „magiczny kod ciasteczka” (ang. *magic cookie*). Kod ten to liczba, która ma w zapisie szesnastkowym następującą wartość: *DHCP_MagicCookie* = 63825363 hex. Można się długo zastanawiać, dlaczego ma akurat taką wartość, ale to już pozostanie tajemnicą twórców, nam zostało jedynie to zaakceptować i używać. Za „kodem ciasteczek” znajduje się ciąg trójek informacji. Każda taka trójka zawiera (rysunek 9):

- kod – identyfikuje rodzaj dalszej informacji i zajmuje 1 oktet (znaczenie poszczególnych kodów jest opisane w RFC1533),
- wielkość – określa wielkość bloku danych i zajmuje 1 oktet,
- dane – szczegółowe dane związane z kodem, jest polem zmiennej wielkości uzależnionej od „kod”.

Napotkanie kodu o wartości 255 oznacza koniec listy parametrów, które zaczynają się od kodu ciasteczek. Rysunek 9 pokazuje przykładowy parametr, jakim jest maska podsieci (kod=1), który zajmuje 4 oktety (wielkość=4), a sama maska podsieci ma wartość 255.255.255.0.

Zastosowanie idei DHCP w systemie z mikrokontrolerem wymaga trochę odmiennego rozruchu obsługi sieci (listing 1). **Uwaga, wszystkie listingi wymienione w artykule są dostępne w Elpor-talu wśród materiałów dodatkowych do tego numeru EdW.** Przede wszystkim inicjowana jest obsługa sieci bez podania własnego adresu IP oraz bez określonej maski podsieci (wywołanie funkcji *InitIPLayerInstance*), jest utworzona dodatkowo instancja związana z obsługą DHCP (wywołanie funkcji *AllocateDHCPClientInstance*) oraz jest uruchomiona procedura pozyskania danych (wywołanie funkcji *StartDHCPService*).

Wywołanie funkcji *StartDHCPService* uruchamia cały proces negocjacji z serwerem DHCP, który prowadzi do uzyskania indywidualnych parametrów do konfiguracji sieci. Funkcja ta jedynie inicjuje procedurę negocjacji DHCP, natomiast cała

obsługa zawiera się w niewielkiej pętli typu *while*. Wywołanie funkcji *StartDHCPService* ma w parametrach przekazaną funkcję *DHCPNewDataNotify*. Zostanie ona wywołana po uzyskaniu danych konfiguracyjnych (osiągnięciu fazy DHCPACK) będąc niejako potwierdzeniem zakończenia negocjacji DHCP. Po zainicjowaniu procedury prowadzącej do uzyskania indywidualnego adresu IP program zatrzymuje się w niewielkiej pętli. Ma ona za zadanie jedynie obsługę sieci Ethernet i oczekuje na zakończenie całej akcji (wywołanie *DHCPNewDataNotify* jako potwierdzenie zakończenia procesu konfiguracji ustawia flagę *DHCPReady*, co pozwoli na wyjście z pętli oczekiwania na uzyskanie właściwych danych konfiguracyjnych). Sama funkcja *DHCPNewDataNotify* jest pokazana na listingu 2. Zawiera wysłanie uzyskanych wartości parametrów przez kanał szeregowy. Po tej operacji konfiguracja sieci w systemie z mikrokontrolerem jest zakończona i moduł może przystąpić do normalnej pracy.

Przykładowy program nie odbiega w znaczący sposób od rozwiązań stosowanych w poprzednich częściach. Jego rozruch jest pokazany na rysunku 10. Z wyświetlonych informacji wynika, że został mu nadany adres IP=192.168.0.132. Mając tę informację, można do niego przesłać pakiet

UDP, wykorzystując znany już program (rysunek 11).

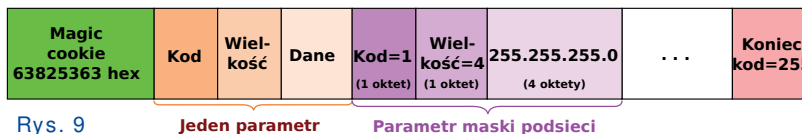
Warto zauważyć, że z góry nie jest wiadomo, jaki adres zostanie nadany modu-
łowi. Rozwiązanie z dynamiczną adresacją doskonale sprawdza się w sytuacjach, gdzie dana stacja jest klientem w usługach sieciowych. Trochę gorzej jest w przypadku, gdy adresacja dynamiczna jest zastosowana dla serwera. Oczywiście uzyska on dane do konfiguracji sieci i będzie można go zapytać przykładowo o dane pomiarowe, ale...
jaki on ma adres? Prezentowany program, pomimo że odpowiada funkcjonalności serwera, wysłał dane poprzez UART i można je zobaczyć.

Przeglądając się modułowi funkcji rozruchowej dla DHCP (listing 3), można dostrzec, że jest tam utworzone gniazdko UDP (zmienna *DHCPInstance* -> *DHCPSocket*), któremu został nadany numer 68 (port klienta usługi DHCP). Każdy odebrany pakiet kierowany do portu o tym numerze trafi do zgłoszonej w odpowiednim miejscu funkcji *DHCPDataRecvNotify*. Jest to typowa funkcja związana z przetwarzaniem danych odebranych jako pakiet UDP (listing 4) i jej zadaniem jest rozpakowanie wszystkich danych przysyłanych przez serwer DHCP (rozpakowanie bloku *options*, rysunek 8).

By dokładnie poznać, co się dzieje w trakcie negocjacji DHCP, został utworzony specjalny program demonstracyjny. Jest to dokładnie ten sam program, który został opisany wyżej, z tym że obsługa sieci wysyła poprzez UART wszelkie szczegóły związane z negocjacją. Wygenerowane dane są pokazane na listingu 5 (właściwie jest to jedynie początek listingu, który jest zbyt obszerny i w pełni jest pokazany w oddzielnym dokumencie, w materiałach dodatkowych, dostępny jest komentarz do zachodzących zdarzeń).

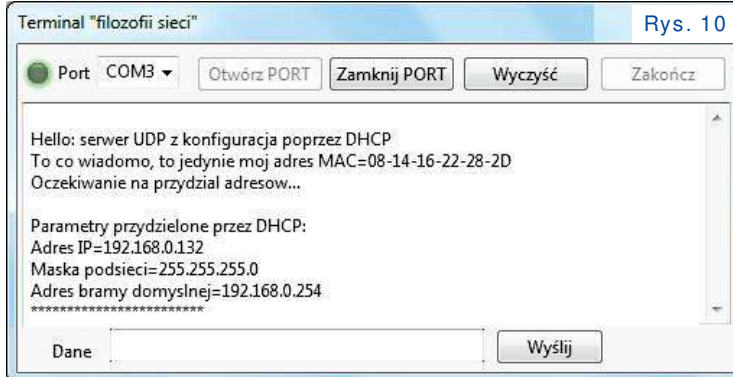
W kolejnej części opiszę protokół ICMP, gdzie jedną z istotnych jego funkcji jest obsługa PING, elementu pozwalającego na badanie drożności sieci.

Andrzej Pawluczuk
apawluczuk@vp.pl

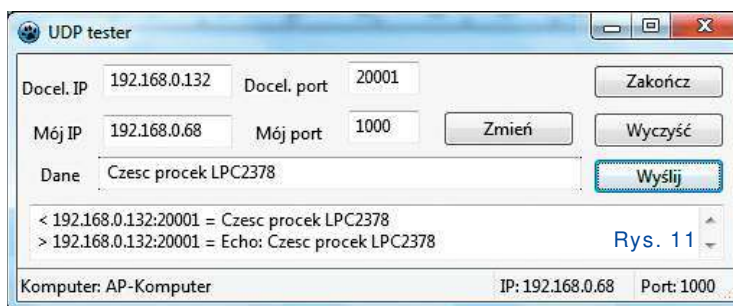


Rys. 9

Jeden parametr Parametr maski podsieci



Rys. 10



Rys. 11

Odkrywamy schematy Zasilacze komputerowe

Przeróbka zasilacza z SG6105.

Będziemy chcieli przerobić tego rodzaju zasilacz, aby uzyskać możliwie jak największą regulację napięcia wyjściowego. W drugiej kolejności dobudujemy stabilizację prądu. W ten sposób będzie można go wykorzystywać jako zasilacz warsztatowy z ograniczeniem prądowym bądź jako ładowarkę akumulatora. Jeśli uzyskamy prostokątną charakterystykę U-I, ten sam układ może pracować w obu zastosowaniach. Zasilacz napięcia pracuje na części charakterystyki $U=\text{const}$ z ograniczeniem prądu, ładowarka na części $I=\text{const}$ z ograniczeniem napięcia.

Wybór zasilacza z popularnym układem SG6105 nie jest do tego celu najszybszy, ale wszystko da się zrobić. Przeróbkę należy podzielić na trzy części.

Po pierwsze, należy zlikwidować zabezpieczenia, które protestują, gdy wartość któregoś z napięć wyjdzie poza marginesy dozwolony dla komputera. Zakładamy, że wykorzystamy tylko jedno wyjście napięcia +12V. Oczywiście, w razie potrzeby wytworzenia niskiego napięcia i jeszcze większych prądów nic nie stoi na przeszkodzie, aby pozyskać napięcie z uzwojeń wytwarzających +5V i/lub +3,3V. Ponieważ dwa napięcia zmieniające się *współbieżnie* mogą być mało interesujące, można zasilacz przerobić na dwa napięcia regulowane *niezależnie*. Jedno, powiedzmy główne, tworzone z +12V, regulowane w zakresie od około 4V do 22–25V (w zależności od posiadanego egzemplarza zasilacza). Drugie należy pozyskać z obwodu wytwarzania napięcia 3,3V. A uzyskany zakres to od ok. +1V do ok. 40% napięcia pierwszego.



część 6

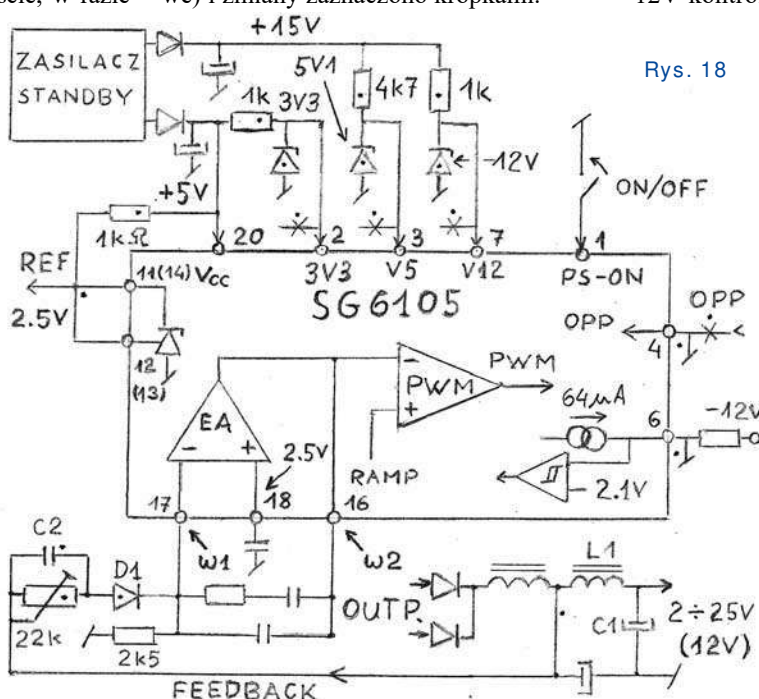
Sterownik SG6105 jest przeznaczony do napięć wyjściowych +12V, +5V, +3,3V i -12V. Stale kontroluje ich wartości bez żadnych zewnętrznych dzielników rezystancyjnych. Nie ma innego sposobu: trzeba go oszukać, doprowadzając do odpowiednich nóżek napięcia mieszczące się w zakresie jego tolerancji. Bez tego zabiegu, co autor sprawdził, zasilacz pozwala regulować napięcie w zakresie od ok. 9,5V do 13,5V. Wartości te mogą się w różnych egzemplarzach sporo różnić, gdyż tolerancja kontroli (zarówno na OVP, jak i na UVP) jest dość szeroka.

Pierwszą część przeróbki zawierającą dezaktywację zabezpieczeń oraz modyfikację pętli stabilizacji napięcia pokazuje **rysunek 18**. Elementy nowe (dodatkowe) i zmiany zaznaczono kropkami.

Należy przeciąć ścieżki bezpośrednio przy wyprowadzeniach 2, 3 i 7 układu scalonego, ponieważ są one dołączone bezpośrednio do wyjściowych 3,3V, +5V i +12V. Korzystając z tego, że zasilacz *standby* wytwarza oprócz +5V *standby* także napięcie wyższe (ok. +15V), za cenę trzech rezystorów i trzech diod Zenera tworzymy napięcia dla oszukania SG6105. Diody 12V i 5V1 należy spolaryzować z obwodu +15V, a 3V3 można z +5V *standby*. Tak uzyskane napięcia należy doprowadzić bezpośrednio do nóżek 7, 3 i 2.

Łatwiej oszukać obwód kontroli napięcia ujemnego. W układzie scalonym znajduje się źródło prądowe i komparator poziomu 2,1V. Obwód -12V kontroluje tylko nadmierne obniżenie wartości napięcia

(*undervoltage*), a próg ustala zewnętrzny rezystor wraz z wewnętrznym źródłem prądowym. Dla tego celu przeznaczona jest nóżka 6 i jeśli zewrzymy ją do masy, obwody kontroli przyjmą to jako wartość poprawną. SG6105 kontroluje też OPP (*Over Power Protection*) – to nóżka 4. Zwarcie jej do masy także uznane zostaje jako stan prawidłowy. Można jeszcze mieć wątpliwości co do obwodu kontroli napięcia wejściowego UVAC (n.5). Pośredni sposób tej kontroli pozwala, by nic tu nie robić. W przetwornicy przepustowej



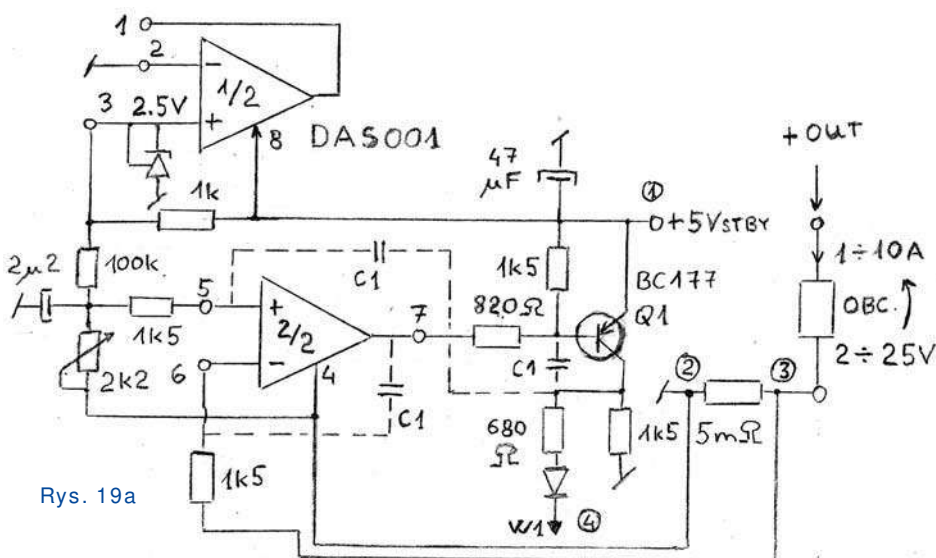
Rys. 18

napięcie szczytowe pozyskane z uzwojenia wtórnego w fazie włączenia któregoś z kluczy półmostka ma zawsze taką samą wartość, niezależnie od finalnej wartości U_{WY} , która zależy od współczynnika wypełnienia.

Po tych czynnościach można przystąpić do wykonania obwodu regulacji napięcia. Ingerować należy oczywiście w obwód pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego. Przeróbka nie nastręcza trudności, z jedną obawą o stabilność. Wzmacniacz błędów (EA) z napięciem odniesienia znajduje się w układzie scalonym. Wyprowadzone są wszystkie trzy nóżki wzmacniacza błędów: n.18 wejście+, n.17 wejście- i n.16 wyjście. Sprzężenie zamyka się na wejściu odwracającym. Oryginalnie kontrolowane są jednocześnie napięcia +12V i +5V. Zmiana dzielnika w tym obrębie załatwia sprawę. Wartości elementów należy dobrać starannie. Rezystory podłączone do +5V i +12V najlepiej wylutować (wyciąć lub przeciąć ścieżki). Rezystor między n.17 a masą ma wartość 2,5k Ω i niech tak zostanie. Ponieważ spodziewamy się regulacji w zakresie do dwudziestu kilku woltów, wybieramy potencjometr 22k Ω i podłączamy do wyjścia (oryginalne +12V). Szeregowa dioda D1, którą widzimy na rysunku 18, na tym etapie nie jest potrzebna, ale przyda się, gdy będziemy dorabiać stabilizację/regulację prądu.

Niestety, zwykle po takiej przeróbce dzielnika pojawia się problem ze stabilnością. Oryginalne elementy kształtujące charakterystykę częstotliwościową to rezystor i dwa kondensatorki koło wyprowadzeń 16 i 17. Jednak manipulacja tymi elementami to nie wszystko. Dla porządku dodajmy, że istnieją (piękne!) matematyczne metody obliczania przebiegu charakterystyki, jej kształtowania, oceny dynamiki i stabilności zamkniętego układu. Ale tworzenie takiego modelu jest jeszcze trudniejsze niż skorzystanie z niego.

W przypadku praktyków, a nie naukowców, tę na pozór jedynie słuszną drogę analizy dynamicznej trzeba sobie raz na zawsze wybić z głowy! Z drugiej strony kompensacja na chybił trafił z całą pewnością nie będzie optymalna.



Rys. 19a

Ale godząc się na przekompensowanie (nadmierne spowolnienie reakcji zasilacza) i mając świadomość podstawowych zależności, można przetwornicę z powodzeniem ujarzmić. Należy tylko zasilacz przebadać w pełnym zakresie napięć i prądów obciążenia, gdyż w wielu przypadkach okazuje się, że układ się wzbudza tylko w niektórych warunkach.

Autor na początku dodawał tu i ówdzie kondensatorki, a pozytywnych rezultatów nie było. Na szczęście ten typ przetwornicy nie uszkadza się podczas takich eksperymentów. Na oscyloskopie widać, że źle się dzieje, także na ogół to słychać, ale zagrożenie uszkodzenia tranzystorów kluczujących jest niewielkie. Można się więc bawić. Jedną naczelną zasadą na wspomniane „tu i ówdzie”: nie jednocześnie! Zwykle należy się decydować na tzw. dominujący biegun. Na razie stopni swobody nie jest dużo, ale sytuacja stanie się wyrazistsza, gdy będziemy dorabiać stabilizację prądu.

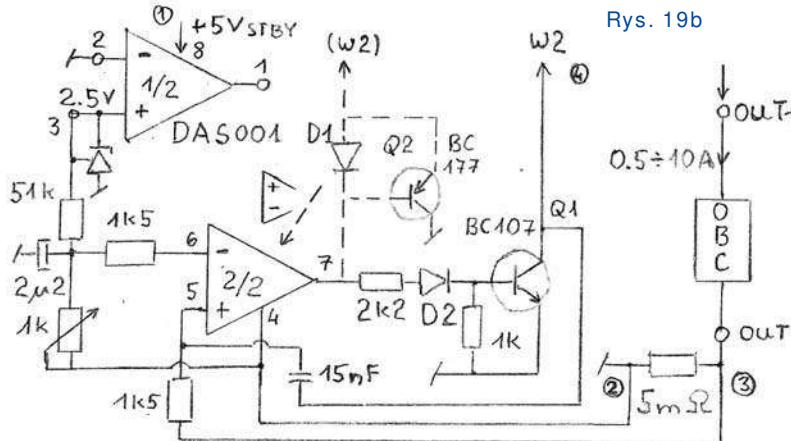
Manipulacja dodatkowymi elementami R i C w obrębie wzmacniacza

błędów dawała mierne efekty. Sytuację wyraźnie poprawiło pobranie sygnału sprzężenia zwrotnego sprzed filtru LC (L1 i C1), czyszczącego U_{WY} z pozostałości kluczowania, oraz dołożenie kondensatorka przyspieszającego C2 równolegle do potencjometru. W oryginale też taki był, i to na rezystorze próbkowania 12V, jak i 5V. Kierowano się tamtą oryginalną wartością. Ale teraz ułożenie potencjometru w tym miejscu nie jest najszybsze, a jeśli dołączymy go do masy, to trudniej jest uzyskać pełny zakres regulacji. Kondensator 2,2nF okazał się właściwy. Elementy zapętlające wzmacniacz błędów pozostawiono jak w oryginale. Po przetestowaniu poprawności pracy zasilacza w różnych warunkach możemy przystąpić do zmagania się z ograniczeniem/stabilizacją prądu.

Budowa SG6105 także nie ułatwia tego zadania. Zasilacz ze sterownikiem KA7500 jest do takich prac zdecydowanie wdzięczniejszy. A tu dodatkowych elementów jest na tyle dużo, że trzeba dobudować małą płytkę. Ze zmieszczeniem i umocowaniem jej nie ma problemu w dowolnym zasilaczu.

Zaproponowano dwie wersje, w każdej spodziewając się innych problemów. Obie koncepcje pokazuje rysunek 19a i 19b.

Pierwsza decyzja: gdzie się wpiąć z sygnałem wytworzonym przez obwód kontroli prądu? Skoro charakterystyka U-I ma być prostokątna, kontrolę nad obwodem regulacji musi przejąć ten obwód, który pierwszy będzie stanowił ograniczenie (prądu lub



Rys. 19b

napięcia). Bezpieczne wejście dla sygnału ograniczenia prądowego – to węzeł wejścia odwracającego wzmacniacza błędu. Bezpieczne dla tego wzmacniacza, ale źle rokujące, jeśli chodzi o stabilność. Pętla powinna być prosta, z jednym dominującym stopniem wzmocnienia napięciowego.

Druga opcja to wejście za wzmacniaczem błędu w SG6105. Mamy je na nóżce 16 (wyprowadzone dla celu kompensacji EA). Wyjście wzmacniacza błędu jest jednocześnie wejściem komparatora pracującego jako modulator PWM. Karta katalogowa układu SG6105 jest dobrze opracowana, ale brak jest jakichkolwiek informacji, jakiego typu jest wyjście EA. Czy tu można jakoś dodać zewnętrzny sygnał?

Ograniczając potencjał nóżki 16, ograniczamy szerokość PWM i wartość U_{wy} . Potencjał nóżki 18 (wejście nieodwracające wzmacniacza błędu) jest ustalony i tu nie ma co kombinować. Wprowadzenie sygnału ograniczenia lub regulacji na wyprowadzenie „COMP” nie jest odkrywczym wynalazkiem, bo tak się robi w przypadku wielu sterowników. Ale informacje katalogowe wyraźnie podają, iż wyjście EA jest typu otwarty kolektor z rezystorem lub częściej źródłem prądowym podciągającym. Wtedy należy uczynić nieaktywnym wzmacniacz błędu, a ściągnięcie w dół jego wyjścia jest poprawne i bezpieczne. A jeśli jest to wzmacniacz o wyjściu *totem-pole*? On chce wymusić stan wysoki, a my mimo wszystko ściągamy go w dół? Mimo obaw, autor wykonał obie próby. Zaczynamy od rysunku 19a.

Przy tak dużych prądach, na jakie pozwala zasilacz PC, nie ma wyjścia, trzeba zaangażować wzmacniacz operacyjny i jako elementem próbującym prąd posłużyć się bardzo niskoomowym rezystorem. Dla ciekawości proszę przeliczyć, jakiej mocy musiałby być rezystor, jeśli chcielibyśmy spadek napięcia na nim kontrolować złączem tranzystora krzemowego: przy dziesięciu amperach mamy $10A \times 0,7V$, co jest nierealne. Nawet opór 10 miliomów to już spore straty 1W, ale do przyjęcia. Autor robił pomiary z rezystorami $5m\Omega$ i $10m\Omega$, które trudno było zmierzyć, a łatwiej obliczyć na podstawie pomiarów przerabianego zasilacza. Rezystory o tak małych wartościach można odzyskać także z zasilaczy komputerowych PC. W wielu konstrukcjach znajdują się takowe na wyjściu 12V, rozdzielając je na 12V1

i 12V2. Układy nadzorujące kontrolują i napięcie, i prąd na takich właśnie rezystorach lub na rezystancji cewek (na rysunku 18 – L1). Ale do tego jeszcze wrócimy.

Na rysunku 19a rezystor pomiarowy umieszczono od strony masy, łącząc go między masę izolowaną zasilacza a nowo utworzone wyjście GND. W takim rozwiązaniu rezystancja ta dodaje się do impedancji wyjściowej zasilacza. To tylko $5m\Omega$, więc jest do przyjęcia. Dysponując odpowiednim wzmacniaczem operacyjnym, można rezystor ten usunąć poza pętlę. Wtedy nawet przy większej jego wartości, jego wkład do impedancji wyjściowej zostaje zupełnie zniwelowany. Tak zrobimy w następnym punkcie, z innym zasilaczem, a teraz przyglądamy się wersji pierwszej ograniczenia prądowego – rysunek 19a.

Autor zastosował wzmacniacz operacyjny DAS001 często stosowany po wtórnej stronie w zasilaczach laptopów i stamtąd pozyskany (może też być oznaczony TMS103 lub AP4310). DAS001 zawiera dwa wzmacniacze plus referencyjne źródło 2,5V na wejściu nieodwracającym jednego z nich. Dodawany układ wykorzystuje to źródło i drugi WO.

Spójrzmy jeszcze raz na rysunek 18. W SG6105 są wbudowane dwa stabilizatory '431. Zwykle jeden z nich (lub oba) są niewykorzystane. Łącząc wyprowadzenia 11 i 12 (13 i 14) i polaryzując je prądem kilku miliamperów, mamy bardzo stabilne źródło $U_{REF} = 2,5V$. Przewidziano je właśnie do tego celu. Skoro jednak wybrano US DAS001, okazało się niepotrzebne. Jest do wykorzystania, jeśli Czytelnik zastosuje inny WO, choćby popularny LM358.

W tym momencie ważny jest jeden parametr: aby WO potrafił pracować z napięciem wspólnym obu wejść sięgającym poziomu masy (dolnego napięcia zasilania). Taką zdolność deklaruje i DAS001, i LM358.

Jak działa układ na rysunku 19a? Wejście nieodwracające WO polaryzowane jest z regulowanego dzielnika z napięcia $U_{REF} = 2,5V$. $100k\Omega$ i PR-ek $2,2k\Omega$ dają zakres 0...50mV. Taki potencjał porównywany jest ze spadkiem napięcia na rezystorze pomiarowym. $50mV/5m\Omega$ daje zakres do 10A. Jeśli potencjał wejścia odwracającego podniesie się powyżej panującego na „WE+”, to obniży się potencjał wyjścia WO i wprowadzi w stan przewodzenia tranzystor pnp. Potencjał kolektora

podniesie się, a przez diodę i niewielki rezystor zostaje podany na wejście oznaczone W1 wzmacniacza błędu w SG6105. Takie wejście sygnałem jest w pełni bezpieczne dla SG6105, ale... niestabilność raczej pewna z uwagi na duże wzmocnienie EA w SG6105 i duże wzmocnienie WO DAS001.

A tranzystor w układzie wspólnego emitera? Także ma spore wzmocnienie napięciowe, choć można nim manipulować przez dobór rezystora między wyjściem WO a wejściem – bazą tranzystora.

Obawy o stabilność oczywiście potwierdziły się. Gdzie więc ulokować kondensator wyznaczający dominujący biegun? Na rysunku 19a są trzy propozycje. Między wyjście i wejście odwracające – to postępowanie najbardziej klasyczne. Załamuje charakterystykę na częstotliwości wyznaczonej stałą czasową R1-C1. Jednak nie zdało egzaminu!

Może lepiej objąć sprzężeniem cały wzmacniacz, to znaczy WO w DAS001 plus Q1? Powstał... generator! Nie należy się temu specjalnie dziwić, bo WO w DAS001, jak większość wzmacniaczy operacyjnych, skompensowany jest wewnętrznie dla wzmocnienia jednostkowego 0dB.

Najlepsze rezultaty dała opcja, którą wypróbowano na końcu: kondensator włączony między bazę i kolektor Q1 BC177. Ale dopiero przy kilku mikrofaradach układ zaczął pracować prawidłowo w pełnym zakresie regulacji.

I jeszcze dwie uwagi praktyczne. Nie należy od razu zapętląć obwodu ograniczenia prądowego z SG6105. Dodatkowa płytką łączy się z zasilaczem PC w czterech punktach. Należy podłączyć zasilanie i wejście informacji o prądzie, a pozostawić rozpięte wyjście z płytki do W1 (n.17 SG6105). Miernik i/lub oscyloskop podłączyć do kolektora Q1 BC177. Trzeba ujarzmić i uruchomić najpierw samą płytkę, a dopiero później eksperymentować z w pełni zapętlonym obwodem.

Druga uwaga praktyczna to podłączenie sygnału z rezystora $5m\Omega$. Pracujemy z bardzo małymi sygnałami. Połączenie masy i sygnału (punkty 2 i 3 łączy dodatkowej płytki) należy wykonać możliwie krótkimi przewodami, by nie tworzyć pętli. Dwa przewody z tasemkami nierozdzielone (sklejone) to dobre rozwiązanie. I tylko jedna masa i krótkie połączenie między masą WO (n.4) i dzielnikiem ustalającym napięcie odniesienia na wejściu nieodwracającym WO DAS001.

Tak wykonany układ próbny działał poprawnie w całym zakresie regulacji napięcia i prądu. Jako obciążenie autor stosował żarówki H4 oraz 21W z samochodów ciężarowych (na 24V). Żarówka jest z jednej strony wygodnym, ale niewdzięcznym obciążeniem, gdyż jej zimne włókno potrafi mieć rezystancję nawet 10-krotnie mniejszą aniżeli nagrzane nominalnym napięciem. Mimo to układ startował miękko i pewnie. Jednak podczas walki z samowzbudzeniem prawdopodobnie przekompensowany został nadmiernie. Dlatego postanowiono sprawdzić drugą wersję – rysunek 19b. Jest ona prostsza, ale wejście bezpośrednio na wejście komparatora PWM (w SG6105) może być problematyczne. Podobnie jak poprzednio, należy najpierw uruchomić samą płytkę dodatkową, dopiero później zapętląć całość. Uwagi praktyczne – te same co wcześniej.

Okazało się, że taka wersja pracuje poprawnie. Ale z pomiarów wyszło, że wyjście EA w SG6105 jest jednak przeciwsobne (o znacznej wydajności wyjściowej dla prądu wypływającego). Nie wiadomo więc, jak długo tak popracuje.

Kompensacja w obrębie WO DAS001 także była potrzebna. Zauważmy, że w obu wersjach należało zamienić wejścia plus i minus WO, aby zachować ujemne sprzężenie zwrotne całości. Ale tranzystor BC107 także odwraca fazę. Zatem lokalne sprzężenie zwrotne należy zamknąć między kolektor i wejście nieodwracające WO. Kondensator 15nF dobrze zdał egzamin i uspokoił pracę całości układu regulacji/stabilizacji prądu.

Zapewne dociekliwy Czytelnik zada w tym miejscu pytanie, dlaczego tu zapętlenie wzmacniacza operacyjnego i tranzystora pracuje poprawnie, podczas gdy wcześniej układ oscylował? Istotną rolę odgrywa tu dioda D2. To działanie podobne do amortyzatora. Samochodowiarze wiedzą, że w jedną stronę łatwo go ścisnąć. W drugim kierunku amortyzator stawia większy opór. Jak to jest skuteczne? Samochód wyposażony tylko w resor bez amortyzatora oscylowałby po przejechaniu każdej nierówności na drodze i nietrudno przewidzieć, czym by się to kończyło. Analogia, choć odległa, jest trafna i przemawia do wyobraźni.

Postanowiono sprawdzić wersję jeszcze prostszą: jeszcze raz zamienić wejścia WO i zrezygnować z tranzystora. Wyjście WO DAS001 ma obciążalność dla prądu wpływającego (*sink*) ok.

20mA. Jeśliby węzeł wyjście EA, czyli wejście komparatora PWM w SG6105 było wysokoimpedancyjne, to powinno wystarczyć.

Jest to mało prawdopodobne, patrząc na obwód lokalnego sprzężenia EA. Ale spróbujmy.

Niestety, to nie zdało egzaminu! Zrobiono także próbę polegającą na zamianie diody D1 na wtórnik emiterowy z tranzystorem pnp (na rysunku 19b linia przerywana). Taki wzmacniacz prądowy dałby sobie radę ze ściąganiem w dół wyjścia EA, nawet jeśli dysponuje on sporym prądem wypływającym (*source*). Nawet zakładając, że bezpieczne dla układu scalonego jest ściąganie n.16 do poziomu masy. Jednak układ nie działał!

Właściwie to działał częściowo – ograniczał prąd, ale do dużej wartości kilku amperów. Dalsza regulacja nie działała.

Powód okazał się inny. Komparator PWM pracuje, porównując potencjał wypracowany wzmacniaczem błędów z piłożonym przebiegiem odniesienia, który okazuje się za mały. I napięcie wyjściowe WO plus złączowe tranzystora nie pozwoliło wystarczająco obniżyć napięcia. Nie ma z tym problemu tranzystor npn z emiterem dołączonym do masy.

Czasem może być pożądaną posiadanie zasilacza o wyjściowym napięciu symetrycznym, np. plus i minus 12V. W zasilaczu obwód napięcia -12V jest, ale o znikomej wydajności prądowej. Zatem przeróbka musiałaby polegać na zwiększeniu obciążalności napięcia ujemnego. Nie ma z tym problemu, jeśli sposób pozyskania -12V jest taki, jak pokazuje rysunek 2. I tak jest w większości zasilaczy starszego typu. Ograniczeniem mocy pozyskanej z -12V są małe diody. -12V pozyskiwane jest tak samo jak +12V z odwrotnie włączonymi diodami po stronie wtórnej. Widać je na **fotografii tytułowej**.

Zdecydowanie zwiększy obciążalność napięcia ujemnego wymiana tych diod na porządne i ew. przykręcone do radiatora – można np. wykorzystać miejsce po diodzie 3,3V. Ale uwaga, jeśli zastosujesz diodę podwójną, to musi to być mało popularna, ze wspólną anodą, a nie jak te popularne (ze wspólną katodą).

Teoretycznie, można użyć takiej samej obciążalności źródła -12V, jak +12V, ale jest jeszcze jedna przeszkoda. Otóż

uzwojenie cewki filtrującej, magazynującej energię w linii ujemnego napięcia, nawinięte jest cienkim drutem. I to już jest kwestia trudniejsza do zmiany. W uzasadnionej sytuacji można zastosować oddzielną cewkę na linii -12V, np. pozyskaną z drugiego zasilacza PC z linii +12V. W części 2 wyjaśnialiśmy, dlaczego nawija się je na jednym rdzeniu. Ale i bez tego zabiegu osiągnięcie kilku amperów (w zależności od egzemplarza zasilacza PC) nie powinno stanowić problemu. Oprócz dwóch diod prostowniczych, w torze -12V znajduje się zwykle jeszcze jedna dioda. Włączona w szereg, przed lub za indukcyjnością gromadzącą energię. Tę diodę należy po prostu zastąpić zworą. Jeśli przerebimy zasilacz na regulowany, wtedy oba napięcia symetryczne będą regulowane współbieżnie. Przy dużym obciążeniu liczy się sumaryczna moc, której nie należy przekraczać. To samo jest aktualne przy takim właśnie wykorzystaniu obwodów napięć 5V.

Jednak niektóre zasilacze tworzą napięcie -5V z -12V postregulatorem liniowym. Należy to koniecznie sprawdzić. Wtedy łatwo uzyskać symetryczne plus i minus 5V. Na fotografii tytułowej widać zasilacz przerobiony przez autora o symetrycznym napięciu $\pm 5V$ i $\pm 12V$.

A co, jeśli byśmy chcieli mieć zasilacz regulowany o napięciu symetrycznym i z ograniczeniem prądowym? Tu powstaje problem, bo prądy na rezystorze pomiarowym w obwodzie masy odejmują się, a nie dodają. Należałoby wykonać oddzielną regulację prądu w torze napięcia dodatniego i ujemnego. Ale będą one działały na zasadzie: *kto pierwszy, ten lepszy*.

Opisany tu tok postępowania nie powinien przerazić. Może być wykorzystany, gdyby nie było innej możliwości. Podkreślam, że przeróbkę zaczęliśmy nie najszcześliwiej, od konstrukcji ze sterownikiem scalonym SG6105. Tymczasem liczne zasilacze o innej konstrukcji są dużo łatwiejsze do przeróbek. W szczególności w starszych konstrukcjach ze sterownikiem KA7500 (TL494) nie będzie potrzeby dobudowywania żadnej dodatkowej płytki. Przeróbka jest wtedy prosta i taki właśnie zasilacz omówimy w następnych dwóch częściach cyklu.



Karol Świerc
rtv@silnet.pl

Modułowe mierniki napięcia i prądu stałego



część 1

Moje bliższe zainteresowanie takimi znanymi od lat modułami miało związek z planami budowy przystawki, zawierającej precyzyjne monitory napięcia i prądu oraz zabezpieczenia przed nadmiernym wzrostem napięcia i prądu. Z początku wybór wydawał się prosty. Jednak bliższa analiza oferty rynkowej wykazała, że zagadnienie jest ogromne i skomplikowane.

Obecnie na rynku dostępnych jest mnóstwo tanich modułowych mierników napięcia i prądu. Ceny modułów 3-cyfrowych w najtańszych źródłach zaczynają się dosłownie od kilku złotych, a już od kilkunastu złotych można kupić moduły 5-cyfrowe. Można i warto je wykorzystywać, ale koniecznie trzeba poznać ich specyfikę oraz wady i ograniczenia. Dopiero wtedy można z szerokiej oferty rynkowej wybrać odpowiednie wersje – zaskakująco dokładne i stabilne. Brak takiej wiedzy zapewne zaowocuje zakupem wersji o kiepskich parametrach, co skończy się gorzkim rozczarowaniem.

Dawniej w modułowych miernikach napięcia i prądu wykorzystywano układy scalone ICL7106 i ICL7107 oraz ich odpowiedniki i układy pokrewne. Ich istotna wada polegała na tym, że trzeba je było zasilać z oddzielnego galwanicznie źródła napięcia, co wynikało z budowy przetwornika analogowo-cyfrowego. Otóż końcówki wejściowe mają tam potencjał o około 2,8V niższy niż dodatnie napięcie zasilające, co pokazuje w pewnym uproszczeniu **rysunek 1**. Dlatego każdy taki moduł powinien być zasilany z oddzielnego źródła.

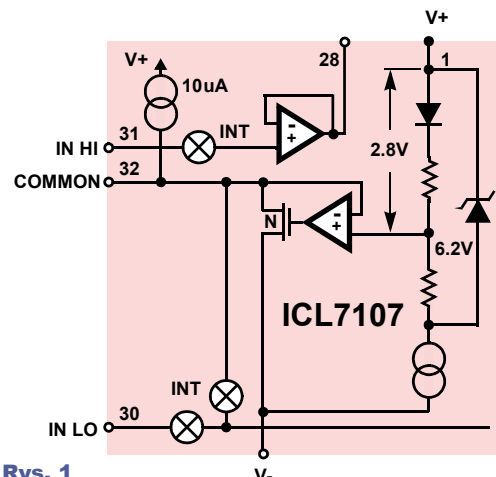
Dziś można też kupić moduły wymagające oddzielnego źródła zasilania, jednak przytłaczająca większość współczesnych mierników modułowych ma inną budowę i mierzy napięcie względem swojej masy. Dominują mierniki wykorzystujące przetworniki analogowo-cyfrowe (ADC), wbudowane w mikrokontrolery jednokładowe, przeważnie rodziny STM8.

Woltomierze

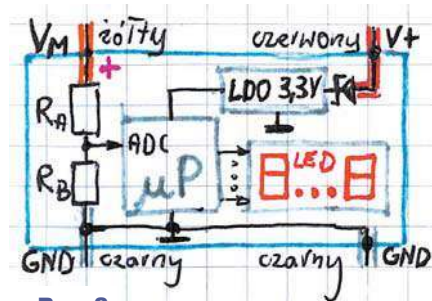
Woltomierze modułowe z reguły budowane są według **rysunku 2**. Zakres pomiaru napięcia ustalony jest przez rezystory dzielnika (R_A , R_B) oraz przez napięcie odniesienia przetwornika ADC w procesorze. „Dolny” rezystor dzielnika napięcia (R_B) zawsze dołączony jest do masy modułu woltomierza. **Taki moduł mierzy wyłącznie napięcie dodatnie względem swojej masy** (tylko bardzo nieliczne moduły tego typu mogą mierzyć napięcia stałe o obu biegunowościach względem masy). Mikroprocesor w mierniku zasilany jest napięciem ze stabilizatora (LDO) 3,3V. Optymalny zakres napięć zasilania (V_+) to 5...12V. W rzeczywistości takie moduły mogą być zasilane napięciami już od około 3,5V wzwyż. Dolna granica zależy od tego, przy jakim minimalnym napięciu zasilania będzie jeszcze prawidłowo pracował przetwornik ADC. Górną dopuszczalną wartość napięcia zasilania, zwykle 30...30V, wyznacza zastosowany stabilizator LDO: jego katalogowe maksymalne napięcie zasilania oraz grzanie się pod wpływem płynącego prądu 10...25mA zasilającego wskaźnik.

Tego rodzaju modułowe mierniki z reguły mają trzy wyprowadzenia – przewody: czerwony to plus zasilania (V_+), czarny to masa (GND), a żółty lub biały to wejście pomiarowe (V_M). Niektóre mogą mieć dwa czarne kabelki masy – oba są połączone wewnątrz modułu. Zgodnie z **rysunkiem 3a** moduł może być zasilany z układu, w którym mierzy napięcia (zawsze względem wspólnej masy). Ale może też być zasilany z od-

dzielnego źródła i wtedy może mierzyć dowolne spadki napięć w układzie, co pokazane jest na **rysunku 3b**. Wewnętrzne połączenie wejścia pomiarowego U_M

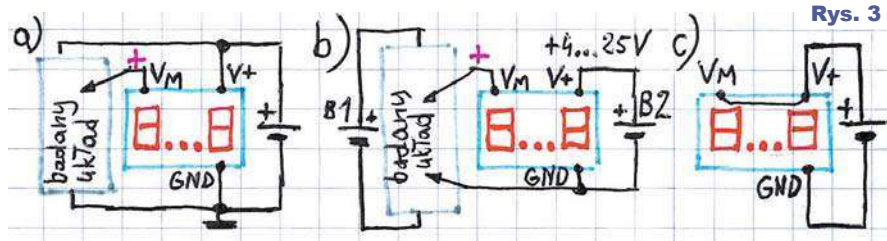


Rys. 1



Rys. 2

do obwodu zasilania według **rysunku 3c** daje dwukońcówkowy woltomierz mierzący własne napięcie zasilania (od około 3,5V do 20...30V, zależnie od typu LDO). Przykłady na **fotografii 4**.

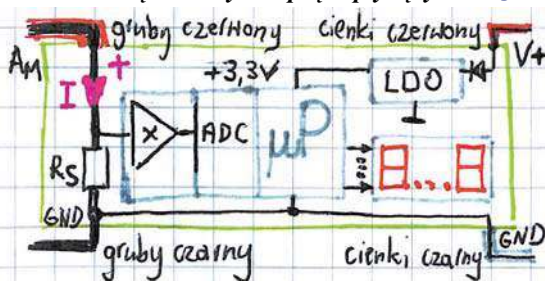


Rys. 3

Amperomierze

Amperomierze modułowe mogą być realizowane na różne sposoby, o czym dalej w artykule. Wszystkie proste amperomierze prądu stałego mierzą spadek napięcia na rezystorze pomiarowym (boczniku) o małej rezystancji, który jednym końcem zawsze dołączony jest do masy miernika. Aby nie zwiększać błędów pomiaru i strat, spadek napięcia na rezystancji R_S powinien być jak najmniejszy, więc niezbędny jest jakiś wzmacniacz. Typowy moduł amperomierza ma schemat blokowy według rysunku 5.

Też mierzą one tylko prąd płynący



w jednym kierunku. Niektóre moduły amperomierzy mają trzy wyprowadzenia: masę, zasilanie i końcówkę pomiarową amperomierza, a inne mają cztery wyprowadzenia, w tym dwa czarne przewody masy, jak na rysunku 2. Cienki czerwony przewód to plus zasilania modułu (5...12V). Gruby przewód (czerwony, biały lub żółty) to końcówka pomiarowa amperomierza, a dwa czarne przewody (cienki i gruby) zawsze są ze sobą wewnętrznie połączone i jest to masa modułu. Zwykle cienki czarny przewód (masa) pozostaje niepodłączony.

Moduły amperomierzy mogą być zasilane napięciem roboczym według rysunku 6a i wtedy nie ma potrzeby dołączania cienkiego czarnego przewodu. Mogą być zasilane z oddzielnego źródła – wtedy mogą mierzyć prąd w dowolnym punkcie układu, w tym w dodatniej szynie zasilania według rysunku 6b.

Rys. 5

Amperomierze o prądach do 10A mają rezystor bocznikowy wbudowany w moduł (przykład na fotografii 7). Wersje o prądach

większych od 10A z uwagi na moc strat i grzanie się przy dużych prądach wymagają dodania zewnętrznego bocznika (przykłady na fotografii 8). Zazwyczaj rezystancja bocznika musi być taka, żeby przy nominalnym prądzie spadek napięcia na nim wyniósł 75mV – jest mnóstwo takich boczników. Przy zakupie trzeba jednak pamiętać, że moduły amperomierzy nie są uniwersalne – trzeba kupić moduł amperomierza dostosowany do bocznika o konkretnym prądzie i spadku napięcia.

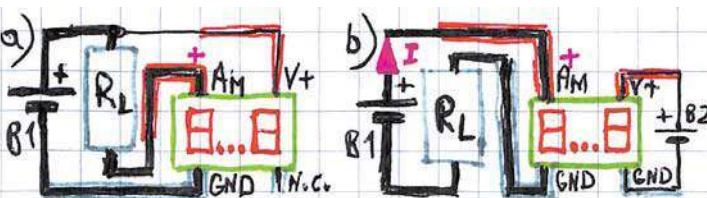
Moduły dwufunkcyjne

Dostępne są też podwójne mierniki, zawierające w jednej obudowie woltomierz i amperomierz, zrealizowane według rysunku 9. Przykłady na fotografii 10.

Fot. 10

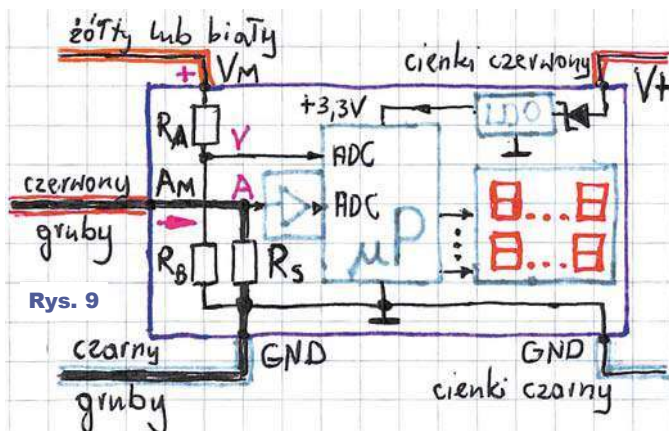


Fot. 8

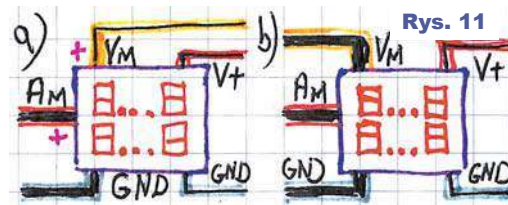


Rys. 6

Masa jest tu zawsze wspólna. Z reguły takie moduły mają pięć wyprowadzeń: częściej dwa grube i trzy cienkie według rysunku 11a i fotografii 12, rzadziej trzy grube i dwa cienkie według rysunku 11b i fotografii 13.

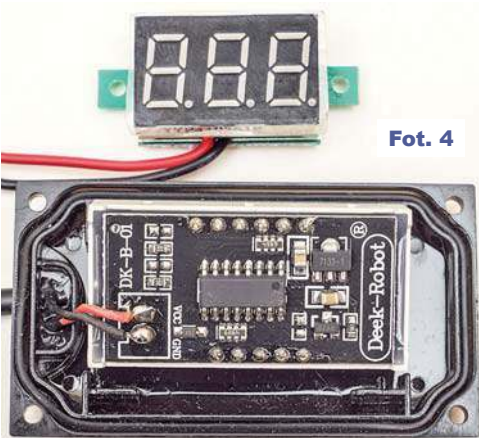


Rys. 9

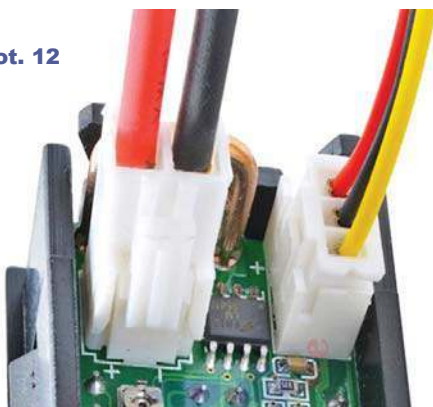


Rys. 11

Fot. 4



Fot. 12



Fot. 13



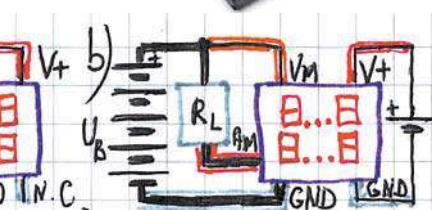
Dwa przykłady wykorzystania na rysunku 14.

Pomiar prądu dokonywany jest tu zawsze w obwodzie ujemnej szyny zasilania, która często jest masą (niestety, tu nie jest możliwy pomiar w dodatniej szynie zasilania według rysunku 6b). Napięcie na obciążeniu (R_L) jest mniejsze od napięcia zasilania (U_B) o spadek napięcia na wewnętrznej rezystancji R_S amperomierza. Patrząc inaczej, rezystancja wewnętrzna amperomierza (R_S) dodaje się do rezystancji wewnętrznej źródła zasilania. W wielu zastosowaniach nie jest to problemem, ale niekiedy może być niedopuszczalne i trzeba wtedy wykorzystać inne rozwiązanie.

Jak widać, wykorzystanie modułów mierników napięcia i prądu stałego jest bardzo proste. Jeżeli komuś nie zależy na dużej dokładności wskazań i wystarczy mu prosty wskaźnik, to nie powinien czytać dalszej części artykułu, a jedynie zastosować podane właśnie wskazówki. Ale każdy, komu zależy na dokładności, powinien poznać problemy, dotyczące większości (ale nie wszystkich) tanich modeli. Przyjrzyjmy się zagadnieniu z różnych stron.

Oblicza precyzji: rozdzielczość i dokładność

Powszechnie wiadomo, że popularne elementy elektroniczne nie są precyzyjne. Hobbysta nie ma do czynienia z precyzyjnymi cewkami. Popularne kondensatory mają tolerancję $\pm 10\%$, rezystory $\pm 5\%$, a za precyzyjne uznawane są elementy o tolerancji $\pm 1\%$. Czyli na przykład precyzyjny rezystor 100-omowy może mieć wartość od 99 do 101 omów. W tym kontekście wydaje się, że wyświetlacz dwucyfrowy, który potrafi wyświetlić wyniki 0...99,



jest wyświetlaczem „1-procentowym”, wyświetlacz 3-cyfrowy byłby wyświetlaczem „0,1-procentowym”, a wyświetlacz 4-cyfrowy – wyświetlaczem „0,01-procentowym” i tak dalej. Istotnie, jak najbardziej można powiedzieć, że **wyświetlacz 5-cyfrowy ma rozdzielczość 0,001%, ale rozdzielczość zupełnie nie mówi o rzeczywistej dokładności – o precyzji oraz stabilności jego wskazań.**

Mikroprocesor potrafi nieprecyzyjny wynik z kiepskiego przetwornika ADC (liczbę dwójkową) przeliczyć na liczbę dziesiętną o dowolnej liczbie cyfr. I tak jest w licznych tanich modułach wolto- i amperomierzy.

Weźmy jako przykład hipotetyczny idealny 10-bitowy przetwornik ADC, który współpracuje z idealnym

źródłem napięcia odniesienia o wartości powiedzmy 10,000000V, a wynik przetwarzania jest potem zobrazowany na aż 7-cyfrowym wyświetlaczu (czyli o rozdzielczości 0,00001%). Przetwornik 10-bitowy różni 1024 (2 do potęgi 10) poziomów napięcia, a więc daje w wyniku liczbę dwójkową 10-bitową, czyli z zakresu 0...1023. Jeżeli na przykład napięcie odniesienia wynosi dokładnie 10V, to rozdzielczość

idealnego przetwornika 10-bitowego wynosi 9,765625mV (10000mV/1024). Liczbę dwójkową uzyskaną z przetwornika ADC trzeba pomnożyć przez taki właśnie współczynnik i po zamianie na postać dziesiętną zobrazować na wyświetlaczu.

Przykładowo jeżeli napięcie na wejściu takiego idealnego 10-bitowego przetwornika będzie wynosić 976,5625mV, to na wyjściu przetwornika ADC uzyskamy liczbę 100, która po pomnożeniu przez podany współczynnik da na 7-cyfrowym wyświetlaczu idealnie precyzyjny wynik 976,5625mV. Gdy napięcie wejściowe będzie wynosić 986,328125mV, przetwornik ADC da wynik 101 i po przemnożeniu przez podany współczynnik na wyświetlaczu uzyskamy praktycznie idealny wynik pomiaru równy 986,3281mV. Także dla napięcia 996,09375mV uzyskamy na wyświetlaczu idealny wynik, bo przetwornik ADC na wyjściu będzie miał liczbę 102, która pomnożona przez współczynnik da na wyświetlaczu 996,0937mV. Praktycznie idealną dokładność uzyskamy też dla napięcia wejściowego 1,005859375V, która odpowiada na wyjściu przetwornika liczbie 103, która pomnożona przez nasz współczynnik da na 7-cyfrowym wyświetlaczu idealnie precyzyjny wynik 1,005859V. Następny idealnie precyzyjny wynik uzyskamy przy napięciu wejściowym 1,015625V.

Oznacza to, że w zakresie napięć wejściowych od około 0,97V do około 1,02V nasz fantastyczny 7-cyfrowy wyświetlacz pokazuje tylko pięć wartości: 976,5625mV, 986,3281mV, 996,0937mV, 1,005859V, 1,015625V.

Tak, dla dowolnego napięcia z tego zakresu (0,97...1,02V) wyświetli jedną z tych pięciu wartości. Innych, pośrednich wartości nie pokaże. Ilustruje to rysunek 15.

Rys. 15

liczba z 10-bitowego przetwornika ADC	napięcie wynik pokazywany na wyświetlaczu
104	1,015625V
103	1,005859V
102	996,0937mV
101	986,3281mV
100	976,5625mV

Wyświetlony 7-cyfrowy wynik o **rozdzielczości 0,00001%** robiłby wrażenie pomiaru ultraprecyzyjnego, a tymczasem jego **dokładność** byłaby radykalnie mniejsza dla takich napięć **rzędu 1%** (ale dla napięć bliskich 10V – rzędu 0,1%). W takich wynikach tylko pierwsze dwie, najwyżej trzy cyfry są znaczące, bo niosą konkretną informację, a reszta z siedmiu cyfr wyniku jest bezwartościowymi śmieciami, które nie niosą realnej informacji.

To był przesadzony przykład z wyświetlaczem 7-cyfrowym, ale tak właśnie bywa w wielu tanich miernikach cyfrowych, zwłaszcza amperomierzach: wyświetlony wielocyfrowy wynik robi wrażenie, a przy bliższym zbadaniu realna dokładność okazuje się kiepska, a czasem wręcz fatalna.

Omówiliśmy jeden aspekt zagadnienia. A oto inny: jak już wiemy, w module cyfrowego woltomierza jest jakiś rezystorowy dzielnik napięcia (R_A , R_B), w amperomierzu jest rezystor pomiarowy, bocznik (R_S). Ponadto każdy przetwornik ADC korzysta z jakiegoś źródła napięcia wzorcowego, czyli napięcia odniesienia (U_{REF}). Są to niedoskonałe elementy i obwody. I tylko początkującym wydaje się, że wszystkie wynikające stąd błędy można skorygować przez indywidualną kalibrację za pomocą potencjometru. Część cyfrowych mierników modułowych rzeczywiście ma na płycie potencjometr kalibracyjny. Wydaje się, że wystarczy wziąć jakiś precyzyjny miernik i za pomocą takiego potencjometru doprowadzić do zgodności wskazań taniego modułu z miernikiem wzorcowym.

Otóż NIE! NIE wystarczy!

Owszem, za pomocą takiego potencjometru rzeczywiście możemy doprowadzić do zgodności wskazań dla jakiegoś jednego konkretnego napięcia. Ale z uwagi na nieliniowość dla innych napięć najprawdopodobniej pełnej zgodności nie będzie. Ponadto generalnie ta zgodność będzie gorsza, gdy zmieni się temperatura.

Kto chciałby zagłębić się w zagadnienie precyzji przetworników ADC, na przykład w przetwornikach ADC procesorów STM, to w karcie katalogowej procesora natknie się na takie parametry jak DNL (*Differential non linearity*), INL (*Integral non linearity*), TUE (*Total unadjusted error*), *Offset error* oraz *Gain error*, wyrażane w LSB, czyli w wielkości „jednobitowego schodka” danego przetwornika ADC.

Aby w pełni zrozumieć problem precyzji (dokładności) pomiarów, trzeba też zgłębić problem tolerancji, stabilności cieplnej i długoczasowej, a także szumów źródła napięcia wzorcowego współpracującego z przetwornikiem ADC. W przypadku niektórych amperomierzy trzeba jeszcze uwzględnić problem napięcia niezrównoważenia stosowanych tam wzmacniaczy operacyjnych.

Przede wszystkim trzeba pamiętać, że precyzja i stabilność wskazań zależna jest nie tylko od doskonałości samego przetwornika ADC, ale też współpracującego z nim źródła napięcia odniesienia U_{REF} . A wygląda na to, że w niektórych tanich modułach takim źródłem napięcia „wzorcowego” jest... 3,3-woltowy stabilizator LDO w obwodzie zasilania. Stabilizatory takie generalnie nie są precyzyjne, a ich napięcie wyjściowe może znacząco zmieniać się wraz ze zmianami prądu obciążenia (liczby zaświeconych segmentów) oraz zmianami temperatury (wynikającymi głównie z grzania się stabilizatora).

Kolejna sprawa to stabilność cieplna i długoczasowa rezystorów w obwodzie dzielnika wejściowego. Precyzję i stabilność zmniejszają też tanie, odkryte potencjometry montażowe wykorzystywane często do kalibracji w tanich modułach.

A wbrew wyobrażeniom niektórych, tak zwany oversampling (w praktyce uśrednianie wielu pomiarów) nie zwiększy precyzji, bo owszem, może usunąć przypadkowe szumy, ale nie usunie nieliniowości. Nie będziemy się wgłębiać w szczegóły, ale koniecznie trzeba wspomnieć, że niektóre tanie mierniki mogą mieć zaskakująco duże błędy pomiaru przy pomiarze małych napięć i prądów, gdy wskazanie jest niewiele większe od zera.

Pomiar małych wartości

Powszechnie wiadomo, że mając multimetr cyfrowy, staramy się tak ustawić przełącznik zakresów, żeby wynik miał jak najwięcej cyfr. Weźmy przykład woltomierza: mierząc napięcie 1,23456V miernikiem z wyświetlaczem 3,5 cyfr (0...1999) na zakresie 2V, powinniśmy na wyświetlaczu zobaczyć 1,234V, na zakresie 20V wskazanie będzie mieć postać 1,23V, na zakresie 200V: 1,2V, a na najwyższym zakresie woltomierza po prostu 1V. Ogólnie biorąc, w cyfrowych miernikach wielozakresowych powinniśmy mierzyć napięcia od 10% do 100% zakresu tego miernika. Gdy napięcie

jest niższe od 10% zakresu, powinniśmy przełączyć miernik na „czulszy” zakres.

Jednak nie zawsze można przełączać zakresy. Problem jest zwykle mniejszy przy pomiarze napięcia, a większy przy pomiarze, przy monitorowaniu prądu. W monitorach prądu stosowanie amperomierzy jednozakresowych jest wręcz koniecznością.

A gdy mamy tylko jeden zakres, to czym mniejszy prąd, tym z zasady mniej dokładny jest wynik pomiaru. Sytuację można łatwo poprawić, stosując miernik jednozakresowy, ale precyzyjny, zawierający jak najwięcej cyfr na wyświetlaczu. Jak najwięcej, to znaczy w amatorskiej praktyce miernik albo cztero-, albo pięciocyfrowy. Przykładowo czterocyfrowy miernik – amperomierz o zakresie pomiarowym 0...9,999A miałby wystarczającą rozdzielczość 1mA, a prądy większe niż 10A mierzymy bardzo rzadko. A pięciocyfrowy amperomierz o zakresie pomiarowym 0...9,9999A miałby znakomitą rozdzielczość 0,1mA!

Rozdzielczość 1mA, a tym bardziej 0,1mA, byłaby absolutnie wystarczająca!

Tak, tylko nasuwa się pytanie, jaka będzie dokładność pomiarów przy małych prądach, powiedzmy do 10mA?

Niestety, w wielu tanich cyfrowych miernikach, a szczególnie w amperomierzach dokładność przy pomiarze małych wartości, bliskich zera, jest fatalna, często wręcz nie do przyjęcia.

Trzeba to bardzo mocno podkreślić, ponieważ tego **problemu nie widać bez przeprowadzenia odpowiednich testów**. Przyczyny, skąd biorą się takie błędy przy małych wartościach, zostaną opisane w dalszej części artykułu. Oczywiście nie zawsze dokładność przy pomiarze „małych wartości” ma kluczowe znaczenie, jednak koniecznie o tym problemie trzeba wiedzieć. Na przykład woltomierz monitorujący napięcie zasilania zapewne nie będzie mierzył napięć mniejszych niż 1V, a zwykle napięcia rzędu 3,3V, 5V lub 12V, więc w takim zastosowaniu problemu nie ma. Problem błędów przy małych wartościach występuje przede wszystkim w jednozakresowych amperomierzach.

Precyzja mierników cyfrowych zależy głównie od tego, jaki przetwornik analogowo-cyfrowy dokonuje przetwarzania. Stosowane są różne rozwiązania układowe, co daje różną precyzję.

W drugiej części artykułu będziemy omawiać szczegóły dotyczące różnych modułowych woltomierzy.

Piotr Górecki

Protel99SE – pliki produkcyjne

Stary Protel99SE, choć sprawia kłopoty na nowych komputerach, nadal jest wykorzystywany przez wielu. Mnóstwo plików z Protela jest zawartych w Elportalu. W EdW 10/2020 przypomnieliśmy sposób wydruku schematów do artykułów w EdW. Teraz o plikach produkcyjnych do wykonania płytek.

Nadal wiele osób projektuje w Protelu, jednak zarówno pakiet .ddb, jak i sam plik płytki .pcb są bezużyteczne dla większości elektroników. Dlatego od lat staramy się dodatkowo umieszczać w Elportalu pliki w standardowym, „ponadczasowym” formacie Gerber, ponieważ można je bez problemu wykorzystać jako dokumentację produkcyjną płytek.

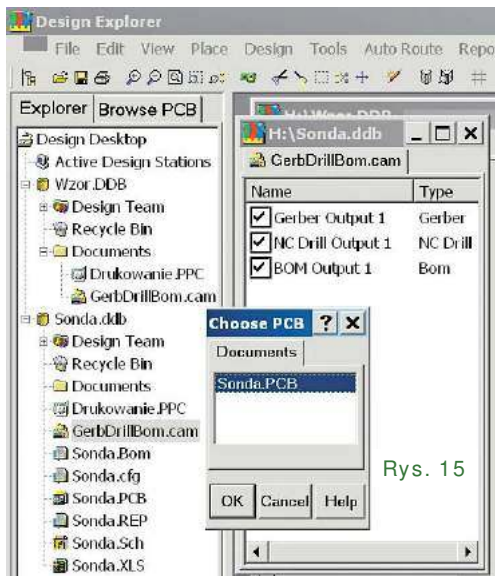
„Gerbery”

Zasadniczo „gerbery” opisują tylko warstwy płytki, a nie zawierają informacji o otworach. Dlatego trzeba dodać też pliki „drill” – wiertarskie (pliki owierty).

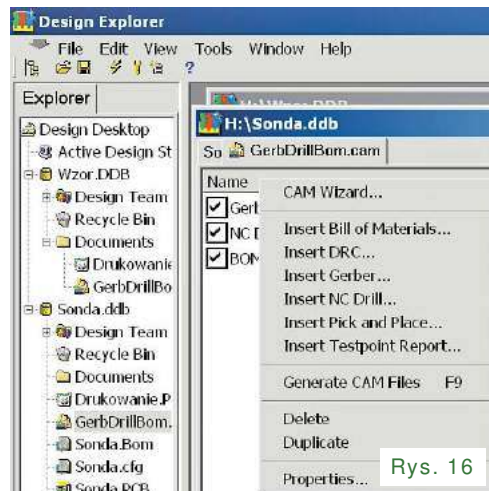
Pakiet Protel umożliwia łatwe ich wygenerowanie za pomocą odpowiedniego szablonu. Przygotowując szablon, ma się do wyboru mnóstwo opcji. W szczególności można wybrać miarę – jednostki: metryczne lub anglosaskie (calowe). Trzeba też wybrać dokładność – precyzję, a konkretnie liczbę cyfr po przecinku. Wbrew obawom wielu osób te szczegóły nie mają dużego znaczenia, także dlatego, że pliki Gerbera i wiertarskie (najczęściej w formacie Excellon) są otwartymi plikami tekstowymi, więc łatwo je zmodyfikować i przekonwertować zawarte w nich dane.

Pliki do Elportalu można wygenerować za pomocą szablonu **GerberDrillBom.cam**, który zawarty jest w pliku Wzor.DDB, dostępnym w Elportalu na stronie: <https://elportal.pl/zostan-wspolautorem-elektroniki-dla-wszystkich/>

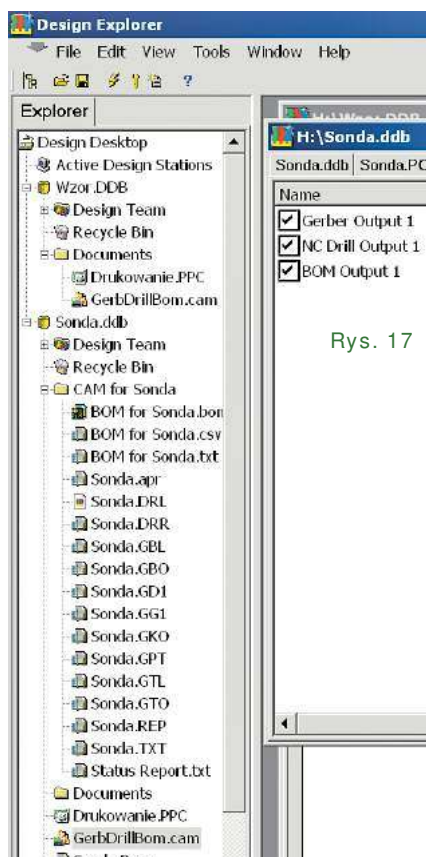
W lewym oknie „dwuklik” na **GerberDrillBom.cam** otworzy szablon, ale wcześniej zapyta o połączenie go z płytką (Choose)



Rys. 15



Rys. 16

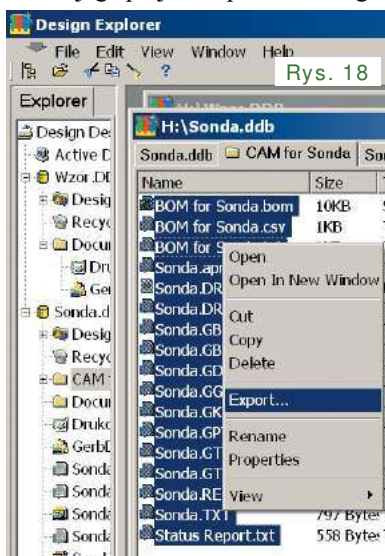


Rys. 17

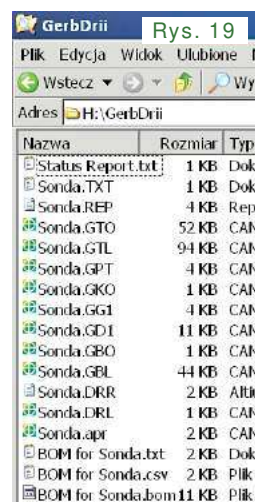
– rysunek 15. Potem gdziekolwiek w prawym w oknie szablonu wystarczy kliknąć prawym klawiszem myszki, by otworzyć okno jak na **rysunku 16**. Można wybrać Generate CAM Files, ale zamiast tego, po otwarciu szablonu z rysunku 15, w prawym oknie można od razu nacisnąć na klawiaturze F9. Pliki zostaną wygenerowane i w oknie z lewej strony pojawi się „katalog” **CAM for...** z potrzebnymi plikami produkcyjnymi – **rysunek 17**.

Te pliki są na razie „zaszyte” wewnątrz projektu .ddb i trzeba je wyeksportować jako pojedyncze pliki, które trafią do Elportalu. W tym celu można w lewym oknie „dwukliknąć” na nazwie katalogu **CAM for Sonda**, co otworzy zawartość tego katalogu w prawym oknie. Wtedy trzeba przeciągnąć myszką i zaznaczyć wszystkie te pliki w prawym oknie, a gdy wszystkie zostaną zaznaczone, kliknąć prawym klawiszem i w małym oknie wybrać **Export** jak na **rysunku 18**. Potem trzeba wybrać miejsce docelowe – najlepiej katalog o nazwie **/GerberDrill** i tam zostaną zapisane poszczególne pliki Gerbera, wiertarskie i wykaz elementów BOM, jak widać na **rysunku 19**. Te pliki produkcyjne oraz PDF-y z rysunkiem poszczególnych warstw zostaną umieszczone w Elportalu, by służyć osobom, które chciałyby skorzystać z Twojego projektu opublikowanego na łamach EdW.

(red)



Rys. 18



Rys. 19

Szczepionka na nieprzychylność



**Zadeklaruj
nam decyzję
o zaszczepieniu się
przeciwko COVID-19**

**i otrzymaj ZA DARMO
wydanie drukowane
lub elektroniczne**

**HOLISTIC
HEALTH**

Szczegóły akcji i formularz z deklaracją znajdziesz na stronie internetowej:

ktociewyleczy.pl/deklaracja_szczepienia

Po otrzymaniu Twojej deklaracji wyślemy Ci gratis bieżący numer Holistic Health.

W razie wyczerpania nakładu, wyślemy Ci następne wydanie drukowane, a numer bieżący otrzymasz w wersji elektronicznej (PDF).

Akcja trwa do 31.03.2021.

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: *Szko300Kowalski*, *Policz300Zielinski*, *NieGra300Malinowski*, *Jak02Krzyzanowski*. Chodzi o to, żeby w tytule e-maila i w nazwach wszystkich załączników była zarówno informacja o zadaniu, jak i o Autorze. Bardzo też proszę, żeby jeden Twój e-mail zawierał rozwiązanie tylko jednego konkursu, a nie kilku, co znacznie mi ułatwi segregowanie poczty.

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

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

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

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

Nie przysyłaj modelu do redakcji! Nie ma też potrzeby nadsyłania papierowych wydruków, płyty CD/DVD, ani modelu – całkowicie wystarczy 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 300

W tym numerze mamy zadanie numer 300., a jest to 302. numer EdW. Niektórzy Czytelnicy mogą się zastanawiać, skąd ta rozbieżność numeracji. Otóż Szkoła Konstruktorów, jako stały konkurs, wystartowała w trzecim numerze EdW (3/1996), gdzie przedstawione było pierwsze zadanie, polegające na zaproponowaniu urządzenia, które automatycznie sterowałoby wentylatorem – wyciągiem dymu w pomieszczeniu.

Po 25 latach mamy zadanie numer 300. Jako podstawę tego jubileuszowego zadania wybrałem praktyczną propozycję, którą niedawno przysłał **Andrzej Fryźlewicz** z Odrowąża:

Witam.

Przesyłam moją propozycję zadania:

W dzisiejszej motoryzacji jest mnóstwo akumulatorów nie do końca zużytych np. z samochodów z silnikiem Diesla, które w benzyniaku potrafią służyć jeszcze kilka lat. Jest to praktycznie darmowy magazyn energii. Teraz pytanie: do czego by można taki stary akumulator wykorzystać, jeżeli nie przeszkadzają gabaryty?

Moim zdaniem interesujący temat.

Pozdrawiam

Andrzej Fryźlewicz

Weześniej, dwa lata temu Andrzej przysłał pokrewną propozycję (wśród kilku innych, z których jedna stała się też podstawą zadania głównego 284):

(...) 2. Prawie każdy dzisiaj ma jakieś pojazdy, które mają akumulator, są używane częściej lub rzadziej, a które parkują przeważnie w tym samym miejscu. Im nowsze, tym więcej pobierają prądu w stanie spoczynku. Chodziłoby o zaprojektowanie systemu, który doładowałby akumulator automatycznie po zostawieniu pojazdu w garażu, np. samochodu, motocykla, skuterka, tym samym przedłużając jego żywotność.

Rzeczywiście, bardzo często mamy do czynienia z akumulatorami, które już nie są nowe, ale jeszcze mają na tyle dobre parametry, że mogą być z powodzeniem wykorzystane. Oto temat jubileuszowego zadania 300:

Zaproponuj wykorzystanie dowolnego, częściowo wyeksploatowanego akumulatora.

Pomysłodawca miał na uwadze kwasowe akumulatory 12V, głównie ruchowe z samochodów. Jednak zadanie 300 obejmuje też inne używane akumulatory, na przykład z laptopów, gdzie powszechnie wykorzystywane są ogniwa Li-Ion 18650. W grę wchodzi też akumulatorki NiMH, a nawet NiCd, które ostatnio są mniej popularne – jak można sensownie zagospodarować posiadane przez wielu „paluszki” AA typu NiMH?

W temacie zadania mamy sformułowanie: *Zaproponuj wykorzystanie...*, co na pewno obejmuje najróżniejsze sposoby nietypowego wykorzystania używanych akumulatorów o niepełnej pojemności. Ale obejmuje to także propozycję systemu automatycznego doładowania i przedłużenia żywotności. W przypadku akumulatorów ołowiowych i litowych trzeba po prostu utrzymywać akumulator pod odpowiednim napięciem.

Uwaga!

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

Warto pamiętać, że w wielu zastosowaniach za wyeksploatowany uznaje się już taki akumulator, którego pojemność zmniejszyła się do 80% pojemności nominalnej.

Jak zawsze, czekam na rozwiązania praktyczne: przedstawcie swoje pomysły! Mile widziane są też wszelkie rozwiązania teoretyczne, czyli pomysły, jak można nietypowo wykorzystać używane akumulatory.

Zachęcam do udziału w tym jakże praktycznym jubileuszowym 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 295

Temat wrześnieowego zadania 295 brzmiał: **Zaproponuj podświetlenie LED do dowolnej wanny kąpielowej.**

Zadanie było bardzo specyficzne, dlatego od początku nie spodziewałem się rozwiązań praktycznych (oprócz mojego własnego, o czym dalej). Nadesłane uwagi i propozycje zapewne zaskoczą także i Was.

I tak **Dariusz** z Wrocławia, jeden ze stałych Czytelników EdW, który prosił o podanie tylko imienia, napisał: *Uprzejmie witam i pozdrawiam (...) zadanie z wanną zaciękało mnie, ale nie od strony elektroniki i podświetlenia (...) przyznaję, że pomysł podgrzewanej wanny na tarasie jest wspaniały, sam bym skorzystał (...) byle go z powodzeniem zrealizować. (...) zaintrygowany (...) poszukałem w Internecie (...) o chromoterapii i fototerapii (...) szczerze mówiąc, nie bardzo mnie to przekonuje, a raczej wygląda mi na szalbierstwo i próbę wyludzenia grubej kasy od zamożnych (...) Nie dziwię się, bo dzisiaj jest renesans różnych x-terapii. Z punktu widzenia naukowego bezwartościowych, ale z punktu widzenia finansowego – skutecznych, ale tylko dla sprzedawców odpowiedniego wyposażenia po horrendalnych cenach (...) Nie sądzę, że wielobarwne fajerwerki uzdrowią chorego (...) oczywiście dopuszczam pozytywny wpływ kolorowego światła na samopoczucie, ale na zasadzie takiej, jak u szamanów w Afryce czy Ameryce Południowej – jako część psychoterapii (...) światło może być pomocne podczas relaksu w wannie, ale nie powinny to być dominujące dziś szalone sekwencje (...) Trzeba byłoby wybrać tylko „kolory uspokajające” i ewentualnie zmieniać je płynnie, ale w bardzo powolny sposób. Do tego obowiązkowo nastrojowa muzyka, o czym w zadaniu nie było mowy, a moim zdaniem powinno być jako dopełnienie (...) muzykę można transmitować z domu na taras (...) [z wykorzystaniem] przenośnych głośników Bluetooth (...) z racji wieku (...) żadnych punktów czy upominków (...) Pomysł uzupełnienia efektów świetlnych odpowiednio dobraną relaksującą muzyką jest znakomity.*

Marcin Wierzbicki z Nowej Wsi napisał: *Witam (...) wanny są różne (...) mam plastikową (...) nie mogę sprawdzić, bo mam wannę zabudowaną*

(...) [ale] wydaje mi się, że nie trzeba [jej] dziurawić do podświetlenia. Uważam, że można kolorowe reflektorki umieścić pod wanną plastikową (...) o różnych kolorach jeden obok drugiego, żeby dawały na wannie kolorowe plamy (...) można wykorzystać gotowe zestawy, gdzie jest taśma z diodami WS2812 RGB i sterownik z wieloma kolorowymi programami, zasilanie 5V (...) nie jestem pewien, czy to będzie widoczne (...) zależy, ile ścianka białej plastikowej wanny przepuści światła, może być za mało (...) to jest proste (...) Na pewno nieprzejrzysta jest wanna blaszana lub żeliwna (...) [ja] kiedyś dawno myślałem o podgrzewanej wannie na zewnątrz dla dzieci, ale ciężkiej żeliwnej, umieszczonej na ceglach szamotowych (...) podgrzewanej w najprostszy sposób przez ognisko, a dokładniej przez paleństwo z cegły pod spodem (...) nie będę rozwodził się nad pomysłem, ale największa obawa to dym z ogniska, dlatego był pomysł paleniska z niewysokim kominem, też z cegły, żeby dym poszedł do góry, a nie w oczy podgrzewanych w wannie dzieci (...) teraz dzieci wyrosły (...) przypominało mi się (...) wtedy myślałem, że dla dzieci atrakcją byłaby kąpiel po zmroku i (...) na kominie myślałem umieścić małą lampkę na baterie. (...) dziś pomysł z ogniskiem pod wanną trzeba by było przemyśleć (...) są wewnętrzne piece na drewno, zanurzone w wannie, ale w dużej, okrągłej oraz piece zewnętrzne do takich balii na zasadzie obiegu centralnego ogrzewania. Ale kontrolowane ognisko pod żeliwną wanną wydaje się rozwiązaniem najprostszym i najtańszym (...) zadanie było o podświetleniu (...) [czego] wanna żeliwna nie wykluca (...) mógłbym zaproponować kolorowe reflektorki, a jeszcze lepiej jakieś kolorowe i ruchome efekty dyskotekowe (...) najważniejsze w moim pomysle jest i kolorowe światło, i ruch płam czy wzorów świetlnych, co zapewniają układy dyskotekowe (...) nie podam szczegółów, ale takich różnych wyświetlaczy dyskotekowych jest sporo, a oprócz koloru dużą atrakcją dla dzieci byłby ruch (...) trzeba dać od góry, aby świeciły na białe wnętrza wanny. (...) jakby był komin, to takie reflektorki czy lampy by świeciły z tego komina w dół, a jak komina nie ma,

to może wystarczy pręt, tak jak kiedyś były prysznice na pionowej rurze (...) może trzeba ograniczyć przysłonami kąt świecenia, a może nie, żeby światło szło na wszystkie strony (...)

To też bardzo interesujący, przede wszystkim właśnie dla młodzieży, pomysł dyskotekowych ruchomych efektów świetlnych.

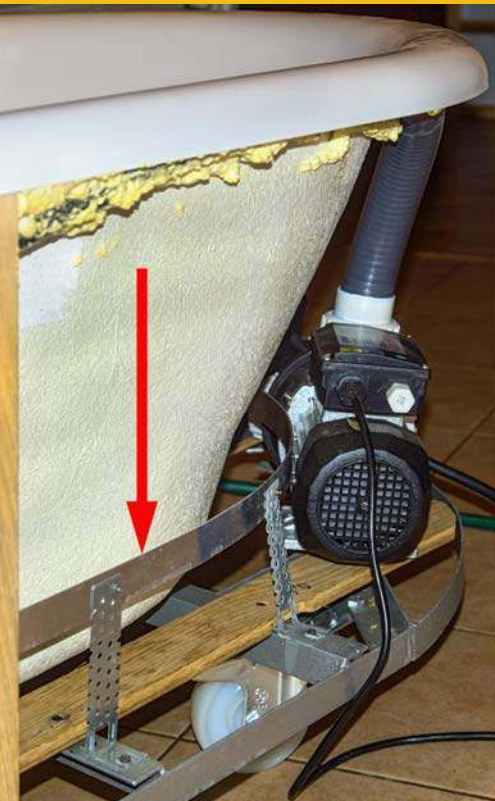
A oto kolejny e-mail: Stały uczestnik konkursów EdW **Andrzej Nowicki** z Warszawy napisał: *Dzień dobry. Chciałbym dodać kilka uwag na temat propozycji podświetlenia wanny tarasowej.*

Przed wszystkim pytanie: co to jest wanna akrylowa?

*Otóż na początku jest arkusz poli(metakrylanu metylu) = PMMA o grubości 3–5 mm. Arkusz mocowany jest w ramie i podgrzewany promieniami IR lub gorącym powietrzem do temperatury mięknięcia PMMA. Formowanie kształtu wanny możliwe jest na dwa sposoby: negatywno lub pozytywno, z zastosowaniem techniki próżniowej. Tak otrzymana kształtka jest zbyt wiotka, aby była samoistną wanną. Nakłada się ją na wewnętrzne „kopyto” zabezpieczające przed deformacją i pokrywa laminatem z włókna szklanego i nienasyconej żywicy poliestrowej, ew. zmodyfikowanej pod kątem dobrego związania z PMMA. Nakładanie może być ręczne (mata, tkanina szklana) lub pistoletem natryskowym (włókno cięte). Taka powłoka może mieć grubość ok. 10 mm. I najważniejsze – **cała konstrukcja jest przepuszczalna dla światła widzialnego, choć dość mocno je tłumi. Można więc podświetlać wannę od spodu modułami COB LED.** Na wszelki wypadek kupując wannę w sklepie, można próbować podświetlić ją jakimś źródłem światła od spodu i sprawdzić jej przepuszczalność optyczną.*

Ponieważ laminowana strona wanny jest wręcz paskudna, niezbędne jest jej zabudowanie. Warto przestrzeń pomiędzy wanną i obudową, dla zabezpieczenia przed stratami termicznymi, wypełnić pianką poliuretanową (niskoporowatą). Można użyć typowych pojemników do instalacji budowlanych lub zlecić wypełnienie firmie komercyjnej.

UWAGA! Aby pianka nie „wypchnęła” wanny z obudowy, należy ją przed piankowaniem napęczyć wodą. Z pozdrowieniami (...)



Fot. 1

Rzeczywiście, ścianki wanny przepuszczają światło, choć też działają jako filtr o żółtawym zabarwieniu. Sam się o tym wszystkim przekonałem, a potwierdzają to zamieszczone fotografie. Już wcześniej informowałem, że chcę zbudować taką wannę tarasową.

Fotografia 1 pokazuje aluminiowy płaskownik (30×2mm), który niby pętla jest umieszczony wokół dolnej części wanny i zamocowany do podwozia za pomocą kilku wsporników. Na tym aluminiowym płaskowniku naklejona została taśma RGBWW, by świeciła na ścianki wanny. Być może w przyszłości taśma będzie współpracować z innym sterownikiem, a na razie wykorzystałem gotowy sterownik z rodziny Mi-Light.

stosunkowo nowy MiBoxer WL5, który może współpracować i z firmowymi pilotami radiowymi 2,4GHz (wykorzystującymi modulację GMSK), i z aplikacją MiBoxer na smartfonie za pośrednictwem sieci Wi-Fi (też 2,4GHz) zarówno w sieci lokalnej, jak i zdalnie przez Internet. Szczegóły można znaleźć na stronie <http://futlight.com/>

Fotografia 2 pokazuje sterownik, podłączoną rolkę taśmy RGBWW i smartfon z aplikacją MiBoxer podczas wstępnych testów. Miałem w zapasie dwie 5-metrowe rolki chińskiej taśmy RGBWW o stopniu ochrony IP65. Zmierzyłem pobór prądu przez struktury obu taśm. Ta starsza wyraźnie dawała mniej światła, głównie z uwagi



Fot. 2

Chiński system Mi-Light jest w Polsce znany i dość popularny od kilku lat. Właściwie chodzi o powstałą w roku 2009 w Hongkongu firmę Futlight Optoelectronics Co., Ltd, która produkuje w leżącym po sąsiedzku chińskim Shenzhen wyroby sprzedawane pod różnymi markami: Mi-Light (MiLight), EasyBulb, Limitless LED, iLight, AppLight, AppLamp, ledME, a ostatnio MiBoxer. Mój sterownik to



ŚWIAT DRONÓW

Walczą, ratują i ciężko pracują

Zaledwie kilka lat temu pisaliśmy w „Młodym Techniku” o „świecie” ery dronów. Dziś możemy pisać o „świecie dronów”. Instytucje i agencje bezpieczeństwa publicznego na całym świecie przyjęły drony jako standardowe wyposażenie do ratowania ludzi. Coraz bardziej interesują się nimi przemysł rolnictwo, branża nieruchomości i nawet... fiskus. Są już wszędzie, pracują bawia i zachwycają nowymi możliwościami.

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



na mniejszą sumaryczną liczbę świecących struktur. Przy zasilaniu napięciem 12,0V poszczególne struktury starszej taśmy pobierały:

biała – 0,96A

niebieska – 0,56A

zielona – 0,69A

czerwona – 0,66A.

W sumie maksymalnie 2,87A

Struktury nowszej taśmy pobierały:

biała – 1,04A

niebieska – 1,0A

zielona – 0,96A

czerwona – 1,22A,

czyli maksymalnie 4,22A.

Ponieważ ścianki wanny są bardzo mało przejrzyste, do podświetlenia wanny wybrałem taśmę nowszą, dającą znacznie więcej światła – tę górną z **fotografii 3**. Pod kilkoma względami okazała się ona lepsza: ma zdecydowanie grubsze podłoże, czyli grubsze miedziane ścieżki znacząco polepszające chłodzenie, a także ma zdecydowanie lepszą warstwę klejącą. Praca z taką taśmą to czysta przyjemność.

Fotografia 4 pokazuje uzyskiwane efekty (czerwona plama światła z prawej strony obudowy wanny to poświata czerwonych wyświetlaczy LED wykorzystanego do testów zasilacza Korad-3005). Efekty nie są doskonałe, ponieważ wzmacniająca warstwa laminatu z włóknem szklanym nie jest równa, co powoduje, że podświetlenie ścianek widoczne we wnętrzu wanny też nie jest jednolite. Bardzo atrakcyjne jest natomiast dość silne podświetlenie podłoża wokół wanny. Końcowy efekt jest co najmniej zadowalający.

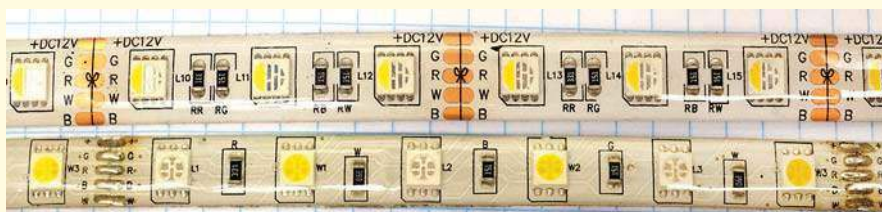
Podświetlenie działa, jest sterowane za pomocą polskojęzycznej aplikacji MiBox na smartfonie. Aplikacja ta pozwala ręcznie, palcem zmieniać barwę, jasność i nasycenie światła – **rysunek 1**. Dostępne są też tak zwane sceny – **rysunek 2**, których prędkość odtwarzania można regulować przyciskami S–, S+.

Ciąg dalszy na stronie 56

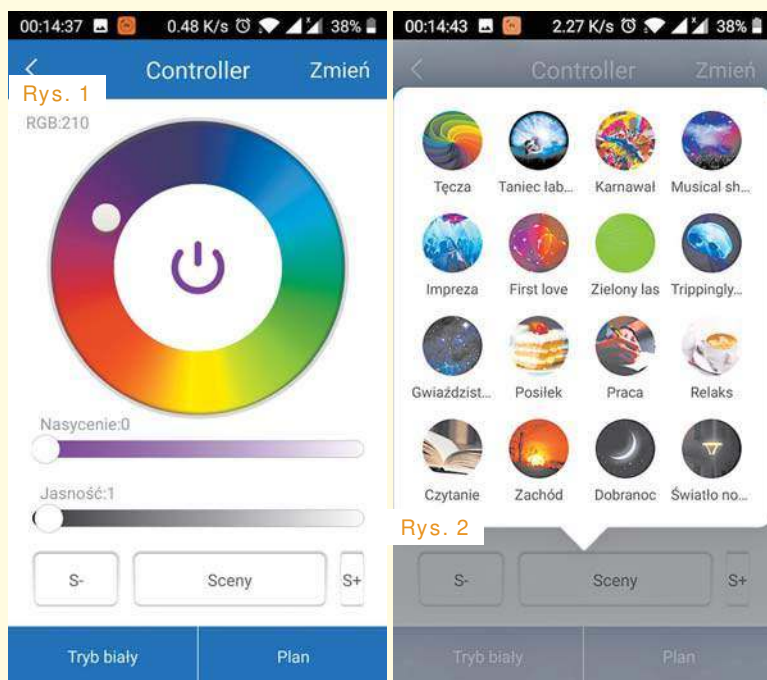
Punktacja Szkoły Konstruktorów



Sławomir Węgrzyn Dziekanówce.....	92	Michał Pędzimaż Stara Słupia.....	48	Marian Gabrowski Polkowice.....	23
Daniel Turbasa Kraków.....	88	Lukasz Olszok Tarnowskie Góry.....	45	Roman Braumberger Bytom.....	21
Lukasz Dachowski Cymbark.....	72	Krzysztof Kawa Lubcza.....	44	Jakub Gajda Kraków.....	20
Artur Bereit Barcin.....	69	Dawid Placha Rdzawa.....	44	Jacek Rączka Polomia.....	20
Aleksander Bernaczek Magnuszowice.....	69	Szymon Czepiel Pisarzowice.....	43	Jacek Konieczny Poznań.....	19
Szymon Trygar Szczecin.....	66	Adam Ples Jaworzno.....	43	Rafał Orodziński Białystok.....	19
Krzysztof Smoliński Poznań.....	66	Piotr Gajdosz Grybów.....	41	Marian Caruk Luban.....	17
Radosław Smalec Zabrze.....	64	Maciej Zieliński Kraków.....	41	Lukasz Kojro Gdańsk.....	15
Robert Szolc Bytom.....	58	Rafał Rówiak Słaboszów.....	40	Marcin Malich Wodzisław Śl.....	13
Michał Stach Kamionka.....	55	Tomasz Zaorski Kalinówka.....	34	Paweł Sablik Pisarzowice.....	13
Andrzej Herbut Siekierzyn.....	52	Lukasz Nowak Warszawa.....	33	Piotr Wyderski Wrocław.....	13
Paweł Hoffmann Wrocław.....	51	Teodor Woźniak Łódź.....	29	Michał Zięba Poznań.....	13
Adam Sobczyk Warszawa.....	50	Jarosław Węgliński Warszawa.....	28	Andrzej Adamczyk Ostrowiec Św.....	11
Sebastian Jarmosiewicz Motwica.....	50	Circuit Chaos Warszawa.....	27	Piotr Świerczek Bielsko-Biała.....	11



Fot. 3



Rys. 2



Fot. 4

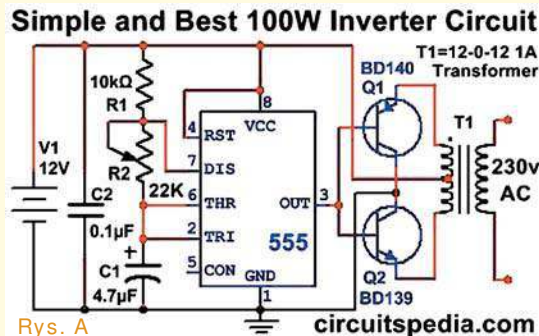
Druga klasa Szkoły Konstruktorów

Co tu nie gra? Zadanie 300

Na **rysunku A** przedstawiony jest schemat bardzo prostego inwertera DC/AC.

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.



Rys. A

Odpowiedź oznacz **NieGra300** 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 295

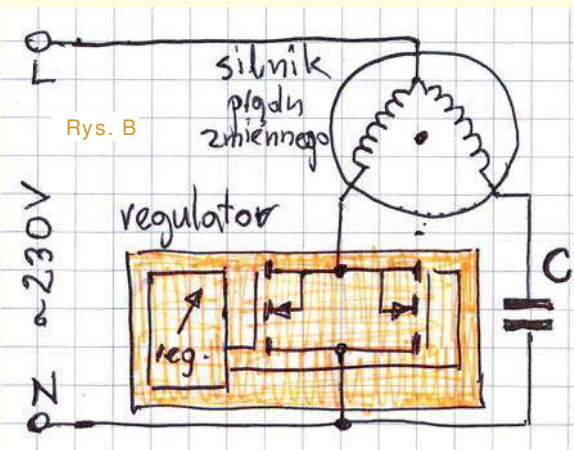
Na **rysunku B** pokazany jest zamieszczony w EdW 9/2020 schemat sprytnego sposobu regulacji obrotów silnika z regulatorem zwiernym dwa włączone przeciwobnie MOSFET-y zamiast triaka.

Zadanie to miało dwa cele. Jeden to zwrócenie uwagi na możliwość zastąpienia triaka dwoma MOSFET-ami. Drugim celem było zwrócenie uwagi na ograniczenia możliwości sterowania niektórymi silnikami elektrycznymi. Schemat oczywiście został przeze mnie przygotowany specjalnie na potrzeby tego zadania.

Jak zwykle, także i w tym schemacie doszukiwaliście się szeregu błędów. I jak zwykle, niektóre drobne błędy miały odwrócić uwagę od błędów poważniejszych. Bo właśnie w życiu bardzo często tak bywa, że zasugerujemy się jakimś drobiazgiem, który przesłoni nam znacznie ważniejsze problemy. I właśnie zadania *Co tu nie gra?* mają uczulić na takie sytuacje.

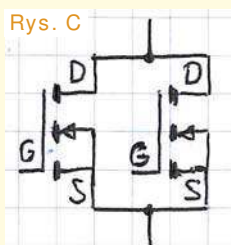
Oto przykład drobnego błędu „maskującego”: w tekście zadania jest wzmianka o regulatorze zawierającym dwa włączone przeciwobnie MOSFET-y. Natomiast na **rysunku B** widzimy dwa MOSFET-y z kanałem N, ale włączone równolegle, a nie antyrównolegle, czyli przeciwobnie. Różnicę ilustrują **rysunki C, D**.

I kolejny szczegół odwracający uwagę od sedna problemu: sposób sterowania bramkami MOSFET-ów. Jak wiadomo, MOSFET N zostaje otwarty, gdy na bramkę zostaje podane napięcie dodatnie (kilka do kilkunastu woltów), dodatnie względem źródła napię-

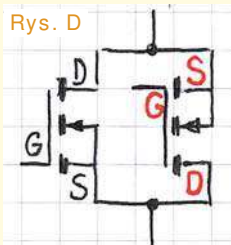


cie U_{GS} . A tu trudno mówić o napięciu U_{GS} , ponieważ wygląda na to, że źródła obu tranzystorów nie są podłączone do obwodu regulatora. I mamy problem, bo jeżeli spróbowałibyśmy połączyć bramki, to co z wyprowadzeniami obu źródeł. Problem jest zilustrowany na **rysunku E**.

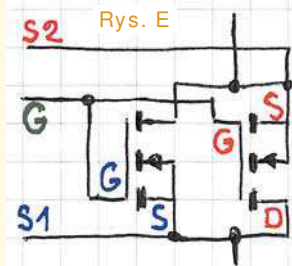
Ale jest to sztuczny, zupełnie nierealny problem, ponieważ dwa MOSFET-y mogą pracować według **rysunku C**, ale nigdy nie pracują w połączeniu antyrównole-



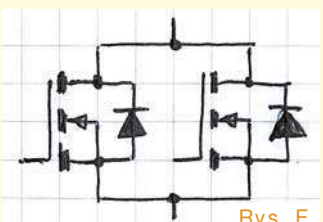
Rys. C



Rys. D



Rys. E



Rys. F

głym według **rysunku D**. Nie mogą tak pracować!

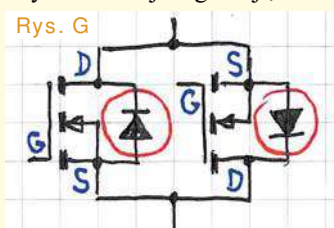
Wielu uczestników słusznie zauważyło, że każdy MOSFET mocy ma zintegrowaną w strukturze diodę.

Niektórzy wskazali, że przy połączeniu równoległym

według **rysunku C** diody w obydwu MOSFET-ach przepuszczałyby jedną połowę przebiegu sieci zgodnie z **rysunkiem F**, a ewentualna regulacja mogłaby dotyczyć tylko drugiej połówki przebiegu. Wtedy nie byłby potrzebny drugi MOSFET, bo wystarczy zastosować jeden o odpowiednim prądzie. Jednak obecność dwóch MOSFET-ów sugeruje, że oba powinny być wykorzystane. Tak jest i o tym za chwilę.

Ale najpierw inny oczywisty szczegół. Otóż przy połączeniu antyrównoległym według **rysunku**

D nie ma mowy o żadnej regulacji, ponieważ te nieodłączne struktury diodowe zapewniają przepływ prądu w obu połówkach



Rys. G



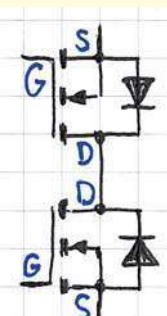
napięcia sieci energetycznej, jak pokazuje **rysunek G**.

Jeżeli w regulatorze miałyby pracować dwa jednokowe MOSFET-y, to nie w połączeniu równoległym, tylko szeregowym.

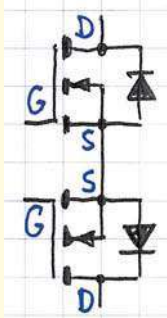
Dwie na pozór równorzędne możliwości pokazują **rysunki H, J**. Gdy oba MOSFET-y są zatkane, prąd nie może płynąć, bo pasożytnicze diody połączone są szeregowo – przeciwnie. Gdybyśmy otworzyli jeden z MOSFET-ów, to w jednej połowie przebiegu sieci prąd płynąłby przez tego otwartego MOSFET-a i przez pasożytniczą diodę drugiego zatkane MOSFET-a.

Gdy jednocześnie otworzymy (nasycimy) oba MOSFET-y, to w obu połówkach przebiegu sieci prąd będzie płynął nie przez diody, tylko przez otwarte kanały obu tranzystorów. Oczywiście pod warunkiem, że spadek napięcia na rezystancji R_{DSon} będzie mniejszy od napięcia przewodzenia pasożytniczych diod. W praktyce wykorzystuje się koncepcję z rysunku J. Wersję z rysunku H od razu odrzucamy z uwagi na kłopot ze sterowaniem oboma tak połączonymi MOSFET-ami. Obwody sterowania obu tranzystorów musiałyby być wtedy oddzielone galwanicznie. Natomiast konfiguracja z rysunku J genialnie upraszcza sprawę sterowania. Po pierwsze mamy wspólny punkt połączenia źródeł obu tranzystorów, a po drugie, oba tranzystory będą włączane jednocześnie, więc śmiało możemy też połączyć ich bramki według **rysunku K**!

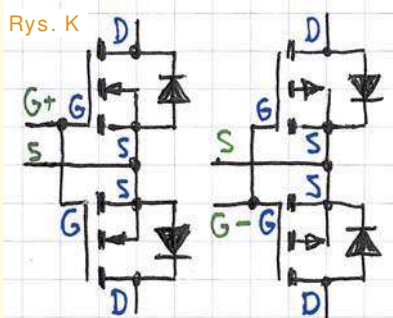
Co prawda, przy prądzie przemienym jeden z tranzystorów będzie pracował nietypowo i przewodził prąd w „niewłaściwym” kierunku, ale taka praca jest jak najbardziej dopuszczalna, normalna. Gdy na bramkę MOSFET-a N podamy napięcie dodatnie, to otworzymy go, czyli w strukturze wytworzy się przewodzący kanał z nośnikami prądu jednego typu. A obecność w tranzystorach unipolarnych nośników jednego typu pozwala na przepływ prądu



Rys. H



Rys. J



Rys. K

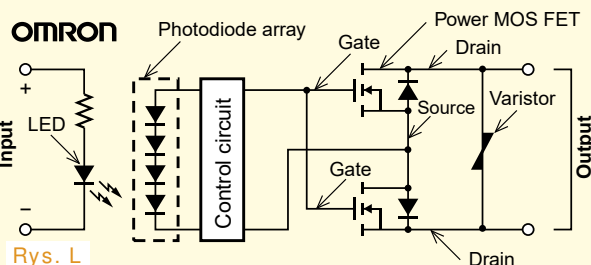
w obu kierunkach. Inaczej jest w tranzystorach bipolarnych, gdzie wykorzystywane są nośniki dwóch rodzajów (elektrony i dziury).

I oto dochodzimy do praktycznego rozwiązania. **Rysunek L** pochodzący z katalogu Omron pokazuje budowę przekaźnika SSR z dwoma MOSFET-ami połączonymi szeregowo – przeciwnie. Obie bramki są sterowane napięciem wytwarzanym przez zespół fotodiod (fotoogniwa) oświetlony przez diodę LED.

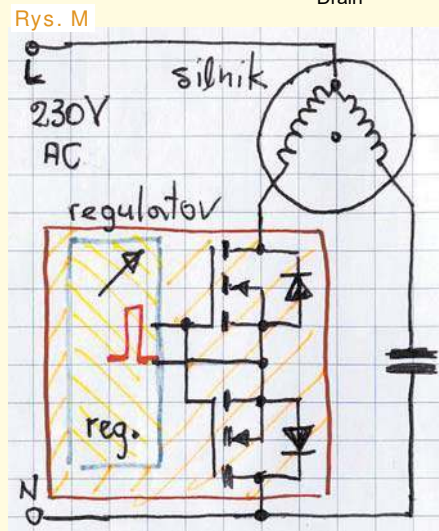
To prowadziło do modyfikacji rysunku B do postaci jak na **rysunku M**. Wygląda na to, że niektórym uczestnikom takie rozwiązanie wydało się zupełnie prawdziwe. Przykład na **rysunku N**.

Pojawił się też pokrewny schemat, pokazany na **rysunku O**, gdzie zamiast dwóch MOSFET-ów jest tylko jeden, a dwukierunkowy przepływ prądu zapewnia mostek diodowy.

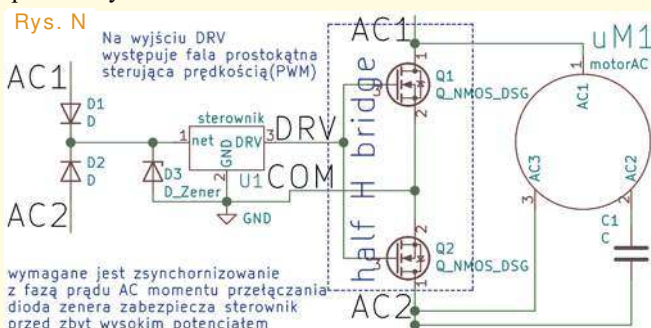
Warto podkreślić różnicę między takimi rozwiązaniami. Użycie mostka diodowego oznacza, że na pewno na takim elemencie regulacyjnym wystąpi spadek napięcia równy dwóm napięciom przewodzenia diod plus spadek napięcia na rezystancji R_{DSon} pojedynczego MOSFET-a. Co prawda w obwodzie sieci 230V spadek napięcia rzędu 2V często można zaniedbać, ale oznacza to straty mocy w diodach mostka. Dziś



Rys. L



Rys. M



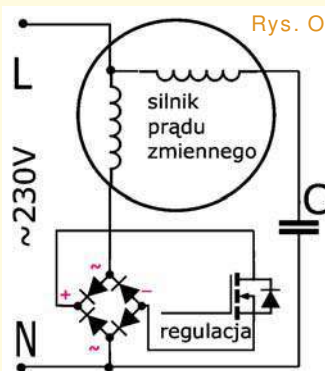
Rys. N

mamy do dyspozycji także wysokonapięciowe MOSFET-y o małej rezystancji R_{DSon} i w konfiguracji z rysunków K, L, M, N możemy uzyskać mniejszą moc strat niż z mostkiem według rysunku O.

W każdym razie niektórzy uznali wersję z rysunków M...O za prawdziwą. Ale inni dostrzegli poważny problem. A nawet kilka problemów.

Po pierwsze w treści zadania było powiedziane, że chcemy zastosować dwa włączone przeciwnie MOSFET-y zamiast triaka.

Należałoby się zastanowić, czy tak połączone i tak sterowane MOSFET-y mogą być zastosowane zamiast triaka? A jeżeli tak, to czy zawsze, czy może pod pewnymi warunkami?



Rys. O



To jest temat na oddzielny artykuł. Jeżeli chcecie, napiszcie (edw@elportal.pl), to przygotuję artykuł na temat przekaźników półprzewodnikowych (SSR) z uwzględnieniem właśnie wersji z dwoma MOSFET-ami, które stają się coraz bardziej popularne, ale też mają znaczące ograniczenia.

Na razie w ramach rozwiązania zadania wspomniemy tylko, że tak połączonymi MOSFET-ami można sterować w sposób podobny jak triakiem: grupowo albo fazowo, a dodatkowo także w sposób niedostępny w triaku: impulsami PWM, jak zaproponował jeden z uczestników – **rysunek P**.

Trzeba też koniecznie omówić jeszcze jedną kluczową kwestię, która również została „przykryta” przez omówione dotychczas usterki.

Rozważania należy zacząć od pytania: o jakim silniku mówimy? I czy można regulować jego prędkość w sposób zasygnalizowany na rysunku B?

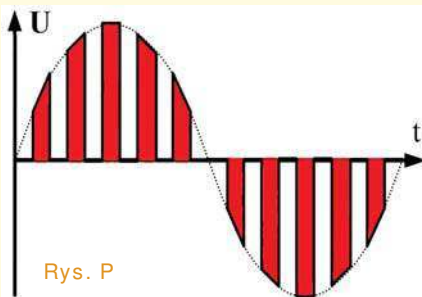
Na rysunku było tylko napisane, że jest to *silnik prądu zmiennego*. A są dziesiątki rodzajów i odmian silników prądu zmiennego.

Wykrycie problemu jest o tyle trudne, że większość elektroników ma tylko szczątkowe wiadomości na temat takich silników. Silniki „z kondensatorem” mogą mieć dodatkowy wyłącznik odśrodkowy, który odłącza kondensator (rozruchowy). W innych kondensator włączony jest na stałe. W jeszcze innych są dwa kondensatory, w tym jeden rozruchowy.

Bodaj najbardziej znane są silniki komutatorowe, które powszechnie stosowane są choćby w zasilanych z sieci 230V wiertarkach i innych elektronarzędziach. Co ważne, z reguły zawierają one regulator z triakiem lub tyrystorowy, który pozwala płynnie regulować obroty. Wykorzystuje się sterowanie fazowe, co w praktyce oznacza regulację średniej wartości napięcia zasilania. I właśnie regulacja napięcia zasilania pozwala skutecznie regulować obroty.

W tym kontekście wzmianka o zastąpieniu triaka przez MOSFET-y utrudniała odkrycie błędu. A problem w tym, że tylko w nielicznych typach silników prądu zmiennego można w sensowny sposób regulować obroty przez zmianę wartości napięcia zasilającego.

Można, mówiąc najprościej, w silnikach komutatorowych, ale zdecydowanie gorzej jest w silnikach „z kondensatorem”, a taki silnik pokazany był na rysunku B. Oto opinie dwóch uczestników:



(...) *prędkości obrotowej silnika asynchronicznego nie da się regulować zmianą napięcia zasilającego (...)*

(...) *prędkości silnika indukcyjnego (asynchronicznego) w ten sposób się nie reguluje (w odróżnieniu od np. silnika komutatorowego). Jeżeli chcemy regulować prędkość silnika asynchronicznego w sposób płynny, ciągły, to musimy zasiląć go prądem zmiennym o zmienianej częstotliwości (np. z odpowiednio przestrajanego falownika). Istnieją też silniki o specjalnej konstrukcji, przeznaczone do skokowej zmiany prędkości obrotowej. Są to tzw. silniki wielobiegunowe, których zasada działania polega na zmianianiu liczby biegunów wirującego pola magnetycznego. Link na temat sposobów regulacji prędkości wirowania silników asynchronicznych: https://pl.wikipedia.org/wiki/Silnik_elektryczny_asynchroniczny.*

Link na temat silników wielobiegunowych: http://www.komel.katowice.pl/ZRODLA/FULL/71/ref_25.pdf.

Rzeczywiście, ogólnie biorąc, obrotów takiego silnika indukcyjnego asynchronicznego z kondensatorem nie można skutecznie regulować przez zmianę napięcia, bo przy zmniejszaniu obrotów ogromnie rośnie poślizg, a to fatalnie wpływa na właściwości silnika. Jednak taką prymitywną formę regulacji można stosować i stosuje się, ale tylko w przypadku niektórych obciążań, a konkretnie wentylatorów, a i to dopuszczając bucenie tak sterowanego silnika.

Jeden z uczestników napisał: (...) 2. *Jeżeli chcemy wykorzystać MOSFET do regulacji obrotów, to proponuję układ jak na (...) [rysunku O] z mostkiem prostowniczym (...) Wykorzystujemy tu metodę regulacji poprzez zmianę poślizgu. (...) Obniżenie wartości napięcia przez odpowiednie wystrojenie MOSFET-a spowoduje wzrost poślizgu i zmniejszenie obrotów silnika. Silnik powinien być obciążony, aby efekt regulacji był zauważalny. (...) Lepszym rozwiązaniem będzie takie*

sterowanie MOSFET-em, aby napięcie na uzwojeniu silnika miało przebieg jak na rysunku P (...) Taki charakter sterowania niesie ze sobą inne problemy. Gwałtowne wymuszenie przerywania prądu skutkuje pojawieniem się przepięcia na uzwojeniu. Czyli jest jednocześnie potrzebny układ, który pozwoli na przeciwdziałanie temu zjawisku (...)

Analiza układu regulacji z rysunku B, a raczej M, N, O z powodów, które za chwilę omówimy, jest dość trudna. Należy bowiem przypomnieć, że i tyrystor, i triak pozostają włączone, jeśli płynie przez nie prąd. Wyłączają się automatycznie, gdy płynący prąd zmalał do wartości granicznej, w katalogu oznaczanej I_H . To fakt powszechnie znany. W przypadku MOSFET-ów jest inaczej: są one otwarte, gdy na bramce występuje odpowiednio duże napięcie, wyższe niż napięcie progowe U_{Gsth} , ale nie większe niż kilkanaście woltów.

Do otwarcia triaka czy tyrystora wystarczy krótki impuls, a wyłączenie nastąpi automatycznie, gdy prąd zmalał do wartości bliskiej zera. Na bramce MOSFET-a należy utrzymywać impuls napięcia przez cały czas, gdy ma on być otwarty.

Nie byłoby z tym problemu, gdyby w grę nie wchodziły indukcyjności. Ale przecież uzwojenie silnika ma jakąś indukcyjność, więc w chwili przerywania prądu wytwarza ono napięcie samoindukcji, by utrzymać przepływ prądu przez indukcyjność w tym samym kierunku. W przypadku (otwartego) triaka nie stanowi to problemu, natomiast przy zastosowaniu dwóch MOSFET-ów według rysunków K, L, M trzeba postawić sobie pytanie, co się stanie, gdy podczas pracy silnika oba zostaną zatkane? Jakie będzie napięcie samoindukcji i w jakim obwodzie może popłynąć prąd rozmagnesowania cewki? A czy silnik może zadziałać jako prądnica? Czy to coś zmieni?

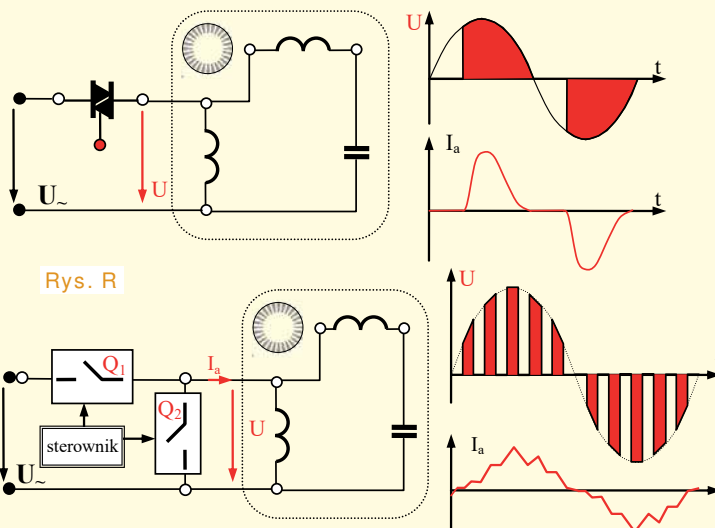
Na stronie: http://www.witczak.imsi.pl/images/wyklady/maszyny_elektryczne_II/14_Jednofazowe_silniki_asynchroniczne.pdf

w skrócie: <https://bit.ly/3tfpFra> można znaleźć informacje o omawianym tu silniku, między innymi stwierdzenie: (...) *Zasadniczym niedostatkiem tego typu regulacji prędkości obrotowej jest możliwość zastosowania wyłącznie w napędach o nieznacznym momencie rozruchowym w stosunku do znamionowego (np. wentylatory),*



a także istotnie rosnąca zawartość harmonicznych w prądzie pobieranym z sieci w miarę zmniejszania wartości średniej napięcia (...) oraz ilustracje pokazane na **rysunku R**. Wyraźnie zasygnalizowany jest tu problem zapewnienia ciągłości prądu w indukcyjności. To interesujący i niełatwy wątek, wykraczający jednak poza ramy zadania *NieGra295*.

W każdym razie gratulacje należą się wszystkim osobom, które dostrzegły



Rys. R

problem z tego rodzaju regulatorem silnika!

Praktycznie wszystkie nadesłane rozwiązania mogłem uznać za prawidłowe. Nagrody-upominki za zadanie *NieGra295* otrzymują:

Maciej Stawski – Orłowo,
Roman Baca – Kraków,
Krzysztof Tyimiński – Lublin.

Wszystkich uczestników dopisuję do listy kandydatów na bezpłatne prenumeraty.

Piotr Górecki

Ciąg dalszy ze strony 52

Jak na razie, gotowe jest tylko podświetlenie wanny. Pompa i grzałka są zamontowane, ale okazało się, że tania pompa ma wydajność dużo większą niż potrzeba do zapewnienia obiegu podczas grzania i wypompowywania wody po kąpieli. Zdecydowanie zbyt duża, co wiąże się z pewnymi kłopotami i zastanawiam się nad możliwościami zmniejszenia jej wydajności, co nie jest takie łatwe z uwagi na wykorzystanie jednofazowego silnika indukcyjnego z kondensatorem. Wbrew informacjom z Internetu, taka pompa pozwoliłaby zrealizować skuteczny hydromasaż, co z kolei napotyka inne problemy, ale byłoby bardzo atrakcyjnym uzupełnieniem wanny. Jeżeli te kwestie zostaną skutecznie rozwiązane, mógłbym opisać szczegóły w oddzielnym artykule.

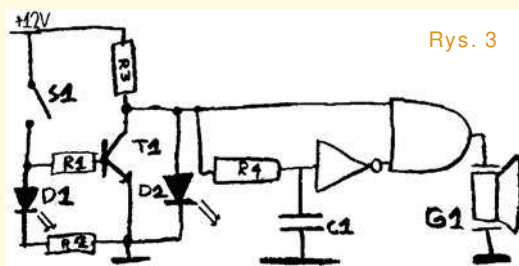
Tyle o zadaniu 295 dotyczącym podświetlenia wanny kąpielowej.

Już po wysłaniu do drukarni numeru z rozwiązaniem poprzedniego zadania, dotyczącego sygnalizatora otwarcia furki, otrzymałem uzupełnienie wcześniej nadesłanego rozwiązania.

14-letni **Michał Lis** z Gdyni napisał: *Dzień dobry, (...) wysłałem sprostowanie do Szkoły Konstruktorów 294. Niedawno postanowiłem przejrzeć je jeszcze raz i okazało się, że proponowany schemat jest niewiele lepszy niż oryginał. Postanowiłem więc zaprojektować układ*

jeszcze raz od samego początku (...) przesyłam dwa schematy.

(...) W drugiej wersji (rysunek 3) dzwonek włącza się tylko na jakiś czas, żeby nie wydawał denerwujących dźwięków przez cały czas, gdy brama zostanie pozostawiona otwarta na dłuższy okres. Różni się ona od pierwszej wersji tym, że mam dodatkową część składającą się z bramek NOT i AND oraz układu RC. (...) gdy brama zostanie otworzona, magnes zostanie oddalony od kontaktronu, co spowoduje jego rozwarcie i aktywację brzęczyka, użyłem kontaktronu NO (normalnie/domyślnie otwartego), ponieważ gdy w stanie czuwania przewodem będzie płynął prąd, dzwonek uruchomi się także gdy przewód zostanie przerwany (np. przez włamywacza lub zwierzyne).



Rys. 3

Układ można łatwo zmodyfikować, tak żeby zamiast dwóch diod można było użyć jednej dwukolorowej.

Aktualne informacje o punktacji oraz rozdziale nagród, upominków i kuponów podane są w tabelkach. Tym razem dwa kupony przydzielam za rozwiązania teoretyczne. Znak zapytania oznacza, że ewentualna publikacja nastąpi dopiero po zakończeniu prac i przygotowaniu finalnych materiałów. Osoby nagrodzone kuponami otrzymują z naszej redakcji stosowny e-mail z informacją i wskazówkami, a dopiero potem zamawiają w sklepie AVT (wrzucając do koszyka pod adresem www.sklep.avt.pl) towary za przydzieloną sumę, a w uwagach piszą, że jest to kupon ze Szkoły Konstruktorów. Kupony za zadania z kolejnych miesięcy można sumować, by kupić sprzęt o większej wartości. Istnieje też możliwość dopłaty różnicy cen w przypadku zamówienia na sumę większą niż przydzielony kupon. Ale **uwaga: kupon ważny jest tylko 12 miesięcy – po tym terminie traci ważność i przepada.**

Serdecznie zapraszam do udziału w zadaniu głównym 300, 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

Publikacja	Nagroda	Talon AVT PLN	Imię	Nazwisko	Miejscowość	Punkty
-	-	100	Andrzej	Fryźlewicz	Odrowąż	-
-	-	-	Dariusz		Wrocław	-
-	-	150	Marcin	Wierzbicki	Nowa Wieś	3
-	-	150	Andrzej	Nowicki	Warszawa	3
?	-	-	Piotr	Górecki	(AVT)	-
-	-	-	Michał	Lis	Gdynia	-

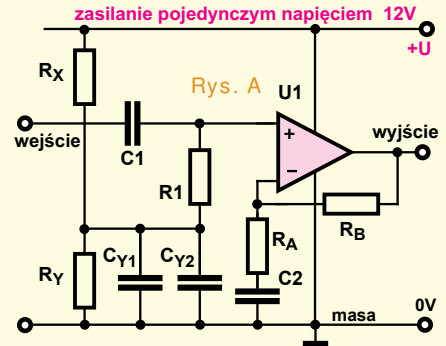
Policz – zadanie 300

Do eksperymentów polegających na pomiarach za pomocą karty audio chcemy szybko według **rysunku A** zrobić wzmacniacz zmiennoprądowy o wzmacnieniu równym 100 razy.

W ramach zadania *Policz300* należy:

- zaproponować wartości elementów wzmacniacza z rysunku A.

Zapraszam do udziału zarówno elektroników doświadczonych, jak i początkujących, którzy jeszcze nie potrafili przeanalizować wszystkich subtelności 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 (**Policz300_Nazwisko**). *Jeżeli chcesz uczestniczyć w podziale upominków, w e-mailu podaj od razu swój adres pocztowy.* Możesz też jeszcze przysłać rozwiązania zadania *Policz299* z poprzedniego miesiąca.

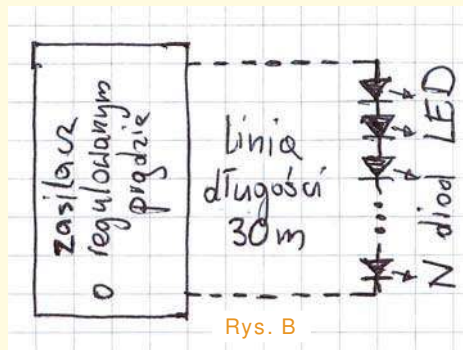
Policz – rozwiązanie zadania 295

W EdW 9/2020 przedstawione było zadanie *Policz295*, które brzmiało:

Wcześniej zadanie 290 pokazało, że przy długości kabla 30m, zamiast zasilanych napięciowo 12-woltowych taśm LED, lepiej byłoby zastosować sterowanie prądowe szeregowo połączonych diod LED bez rezystora ograniczającego według rysunku B.

W ramach zadania *Policz295* należy:

- zaproponować przewód oraz liczbę i sposób połączenia diod LED.



Oświetlenie LED pomalu zdobywa popularność. Okazuje się jednak, że nie zawsze wykorzystanie diod LED jest tak łatwe, jak mogłoby się wydawać. W grę wchodzi bowiem różne kwestie, nie tylko dotyczące samych diod LED.

Względnie prostą sprawą jest tylko wymiana klasycznych żarówek lub świetlówek kompaktowych na odpowiedniki LED, bowiem polega to na wykręceniu starych lamp i wkręceniu (włożeniu w oprawkę) nowych, z diodami LED. To w zasadzie bardzo proste zadanie, ale i przy tym bywają problemy, bo niektóre z „żarówek LED” nieprzyjemnie migoczą, a wiele daje mało przyjemne światło.

A dużo więcej wątpliwości, dylematów i kłopotów sprawiają nowe źródła światła, wcześniej nieznane. Są to sterowane napięciowo taśmy LED oraz sterowane prądowo diody LED pojedyncze oraz ich łańcuchy. I właśnie zadania *Policz 285, 290 i 295* pokazują różne aspekty zagadnienia.

Już dość dokładnie omawialiśmy to, że jednym z problemów okazują się duże prądy występujące w przypadku taśm 5- i 12-woltowych. Problemem są wtedy też straty we wbudowanych rezystorach szeregowych, przez co sprawność i skuteczność świetlna są znacząco obniżane. Strat takich nie ma przy sterowaniu prądowym diod LED, ale trzeba wtedy brać pod uwagę inne okoliczności i problemy.

Wcześniej w zadaniu 290 mieliśmy następujące bardzo ważne informacje: *Zakładamy, że w odległości 30 metrów od domu mamy altanę, którą chcemy dobrze oświetlić białą taśmą LED (...) Na podstawie wskazówek osoby znającej się na oświetleniu chcemy uzyskać strumień 3000 lumenów.*

Pierwotnie planowaliśmy wykorzystanie taśmy LED, ale po wstępnej analizie zastanawiamy się nad sterowaniem prądowym, które pozwoli zdecydowanie zmniejszyć straty, a prawdopodobnie też i koszty.

Teoretycznie wszystko jest proste: zrobimy łańcuch wielu diod LED jak na rysunku B, który będzie miał duże napięcie przewodzenia, a tym samym mały prąd. Mały prąd pracy da małe straty w długim przewodzie zasilającym, więc będziemy mogli zastosować cienki i tani przewód.

Nadal chcemy uzyskać strumień świetlny 3000 lumenów. Jeżeli wykorzystalibyśmy bardzo dobre diody LED o skuteczności świetlnej 100lm/W, to moc diod LED wyniesie 30 watów. Gdyby długi łańcuch diod miał napięcie przewodzenia 60V, prąd pracy wyniósłby 0,5A. Przy łańcuchu o napięciu 100V prąd wyniósłby 0,3A, a przy napięciu 150V tylko 0,2A.

W praktyce prawdopodobnie diody LED będą mieć skuteczność znacznie mniejszą niż 100lm/W, ale do dalszych rozważań przyjmijmy optymistycznie taką „okrągłą” wartość. A ponadto koniecznie trzeba wziąć pod uwagę kilka ważnych, realnych ograniczeń.

I tak teoretycznie najkorzystniejsze byłoby zastosowanie łańcucha o jak największej liczbie diod LED, co da mały prąd i małe straty w rezystancji przewodu. W zasadzie tak, ale w przypadku instalacji na wolnym powietrzu istnieje możliwość jej uszkodzenia i porażenia prądem ludzi i zwierząt (w tym psów i kotów), które są bardziej wrażliwe na wpływ prądu elektrycznego. Jakie maksymalne napięcie w linii można dopuścić?



Według różnych źródeł, bezpieczne dla człowieka napięcie stałe to 100...120V. Jednak za naprawdę bezpieczną wartość napięcia stałego zwykle uznaje się 60V. I tu musimy dokonać ważnego wyboru: czy przyjmujemy te bezpieczne 60V, czy w prywatnej instalacji, która nie jest objęta szczegółowymi przepisami, dopuszczimy napięcie wyższe, na przykład rzędu 70...80V? A może jeszcze wyższe?

Do tej kwestii będziemy wracać, ale na razie omówimy kolejny aspekt praktyczny. Otóż istnieją zasilacze prądowe o regulowanym prądzie, ale większość takich zasilaczy ma ustalony, niezmienny prąd. Na rynku dostępne są przede wszystkim zasilacze prądowe o prądach nominalnych będących wielokrotnością 350mA. Bez problemu kupimy więc zasilacze o prądzie 350mA, 700mA, 1050mA, 1400mA, 1750mA, 2100mA, 2450mA. Jeżeli w naszej instalacji prąd pracy miałby być inny, będziemy musieli poszukać mniej popularnego, droższego zasilacza. Na pewno warto rozważyć użycie typowego zasilacza o mocy ponad 30 watów i prądzie 350mA albo 700mA. Przy prądzie 350mA moc 30 watów uzyskalibyśmy przy napięciu około 86V, a przy prądzie 0,7A byłoby to napięcie 43V.

Kolejny praktyczny problem związany jest też z działaniem i parametrami zasilaczy (stało)prądowych. Wiadomo, że klasyczny zasilacz napięciowy utrzymuje na wyjściu stałą wartość napięcia, gdy prąd wyjściowy zmienia się od zera do wartości maksymalnej dla tego zasilacza. Inaczej jest w zasilaczu prądowym: stara się on utrzymać zadaną wartość prądu. Co bardzo ważne, gdy nie jest do niego podłączone obciążenie, to napięcie zasilacza prądowego rośnie do jakiejś maksymalnej wartości, zależnej od konstrukcji zasilacza.

W praktyce oznacza to, że przy awarii polegającej na przerwaniu obwodu, napięcie zasilające wzrośnie do określonej dla danego zasilacza maksymalnej wartości. Weźmy przykład pewnego 35-watowego zasilacza prądowego Mean Well, którego kluczowe parametry pokazane są na rysunku C. Dowiadujemy się, że napięcie pracy, czyli

WYJŚCIE [OUTPUT]

Rys. C

Zakres napięcia: 15 ~ 50V
Prąd: 700mA
Moc znamionowa [W]: 35

WYJŚCIE [OUTPUT]

Zakres napięcia:

Prąd: Rys. D

Moc znamionowa [W]: 35

napięcie przewodzenia zasilanych diod LED może wynosić 15V...50V. Jakie będzie po odłączeniu diod? Na pewno nie niższe, a zapewne trochę wyższe niż 50V.

Gdy na stronie z takimi informacjami klikniemy na znak zapytania przy napisie *Moc znamionowa [W]*, to wyświetli się nam informacja, pokazana na rysunku D. Teraz dowiadujemy się, że tak zwana *Moc znamionowa* to nie jest moc nominalna dla ciągłej pracy, tylko tak naprawdę jest to moc maksymalna, szczytowa, przy której zasilacz nie powinien dłużej pracować. Zgodnie z podanymi wskazówkami, przy mocy diod około 30W powinniśmy wykorzystać zasilacz o mocy co najmniej 50W.

Na rysunku E pokazane są analogiczne parametry dla pięciu zasilaczy z tej rodziny o większej mocy. Tu maksymalne napięcie przy awarii i odłączeniu diod będzie jeszcze wyższe, co pokazują różowe podkładki.

Już tu widać, że trzeba utrzymywać w rozsądnych granicach maksymalne napięcie zasilania przez zastosowanie łańcucha diod o niezbyt dużym napięciu przewodzenia.

WYJŚCIE [OUTPUT]

Rys. E

Zakres napięcia: 40 ~ 80V
Prąd: 700mA
Moc znamionowa [W]: 56

WYJŚCIE [OUTPUT]

Zakres napięcia: 50 ~ 86V
Prąd: 700mA
Moc znamionowa [W]: 60

WYJŚCIE [OUTPUT]

Zakres napięcia: 53 ~ 107V
Prąd: 700mA
Moc znamionowa [W]: 75

WYJŚCIE [OUTPUT]

Zakres napięcia: 53 ~ 107V
Prąd: 700mA
Zakres regulacji prądu: 350~700mA
Moc znamionowa [W]: 75

WYJŚCIE [OUTPUT]

Zakres napięcia: 72 ~ 143V
Prąd: 700mA
Moc znamionowa [W]: 100

Moc znamionowa to maksymalna moc jaką jest w stanie dostarczyć zasilacz. Natomiast nigdy nie należy obciążać zasilacza pod pełnym obciążeniem przez dłuższy czas. Zalecane jest aby zasilacz pracował w 60-70% swojej mocy, pozwoli to na bezawaryjną pracę przez długi czas.

Częstotliwość: 50

Rys. F



Wattage: 20W/30W/50W/70W/100W
Emitting Color: 6500K/4000K/3000K
20W: Voltage(29-32V), Current(500-600ma)
30W: Voltage(29-32V), Current(750-900ma)
50W: Voltage(29-32V), Current(1250-1500ma)
70W: Voltage(29-32V), Current(1750-2100ma)
100W: Voltage(29-32V), Current(2500-3000ma)

Trzeba też rozważyć inny ważny aspekt praktyczny. Otóż rysunek B sugeruje, że możemy dowolnie wybrać liczbę diod LED (N). W zasadzie tak, bo możemy zastosować pojedyncze diody LED dużej mocy, na przykład montowane na podkładkach – gwiazdkach (*star*). Gdyby pracowały one z prądem 350mA, to aluminiowa podkładka star o średnicy około 2 centymetrów spełni funkcję radiatora i nie jest konieczne dodatkowe chłodzenie. W takich pojedynczych diodach LED wadą jest brak elementu rozpraszającego światło, a punktowe źródła światła będą nieprzyjemnie razić w oczy.

Zamiast pojedynczych diod LED można zastosować moduł COB LED. Bardzo popularne moduły o rozmiarach około 5×4cm dostępne są w wersjach o mocy od 20W do 100W. W zasadzie do oświetlenia altanki strumieniem 3000lm wystarczyłby jeden taki moduł o mocy 30W (lepiej 50W). Czy jeden silny punkt świetlny to akceptowalne rozwiązanie?

Jeżeli tak, to na rysunku F mamy parametry przykładowych modułów, spełniających postawione wymagania.

W tego rodzaju modułach z reguły 10 diod LED połączonych jest w szereg i kilka takich łańcuchów jest połączonych równolegle. Dlatego napięcie przewodzenia takiego modułu COB LED jest takie jak dziesięciu pojedynczych diod LED – około 30V.

W takiej wersji w grę wchodzi moduł COB LED, jak widać z rysunku F o mocy nominalnej co najmniej 50W, lepiej większej oraz zasilacz 1-amperowy, zapewne typowy zasilacz prądowy o wydajności 1050mA i mocy nominalnej 50W lub więcej.

A jeżeli uznamy, że jedna silna lampa w altance to rozwiązanie zdecydowanie niedopuszczalne?

Na rynku jest mnóstwo modułów COB LED o niższym napięciu pracy. Między innymi małe moduły 10-watowe, zawierające wewnątrz łańcuchy trzech diod LED, a więc mające napięcie pracy około 10 woltów. Jest też wiele modułów o napięciu pracy rzędu kilkunastu woltów. Dwa, trzy lub cztery takie moduły – lampy można byłoby połączyć w szereg.

Warto podkreślić, że popularne prostokątne moduły COB LED o mocach 10W do 100W można kupić zaskakująco tanio, nawet po kilka złotych.

Tak, są bardzo tanie, ale też wytwarzają światło o fatalnej jakości!

Takie tanie moduły powszechnie stosowane są w oświetlaczach wykorzystywanych na budowach. Najtańsze moduły, niezależnie od temperatury barwowej wytwarzanego światła, absolutnie nie nadają się do oświetlenia pomieszczeń. Ale dostępnych jest też wiele modułów dających światło o wysokim współczynniku CRI. I takich modułów trzeba byłoby szukać do oświetlenia altanki.

Jeżeli bowiem będzie to altana, gdzie chcemy przyjemnie spędzać czas w gronie rodziny lub przyjaciół, to absolutnie konieczne jest zastosowanie światła o dobrej jakości. Dobrej jakości, czyli zapewne nie światła zimnego, tylko ciepłego, ostatecznie neutralnego, ale przede wszystkim o wysokim współczynniku CRI (Ra).

W przypadku łańcucha pojedynczych diod LED lub kilku modułów trzeba liczyć się z jeszcze jedną ewentualnością. Otóż jeżeli jedna dioda (moduł) ulegnie uszkodzeniu – rozwarciu lub gdziekolwiek w obwodzie powstanie przerwa, to światło zgaśnie i trudno będzie zlokalizować przyczynę i miejsce usterki.

Z punktu widzenia niezawodności i serwisu lepiej byłoby, gdyby co najmniej dwie diody lub dwa łańcuchy diod były połączone równolegle. Po części problem rozwiązuje zastosowanie modułów COB LED według rysunku F. Można byłoby też zastosować co najmniej dwa łańcuchy pojedynczych diod na podkładkach star, połączonych szeregowo-równolegle.

A oto kolejny aspekt praktyczny: strumień 3000 lumenów zapewni jasne oświetlenie, bo jest to z grubsza biorąc, odpowiednik klasycznej żarówki o mocy 250W. W altance, służącej do

celów rekreacyjnych niewątpliwie należałoby też przewidzieć m o ż l i w o ś ć redukcji oświe-

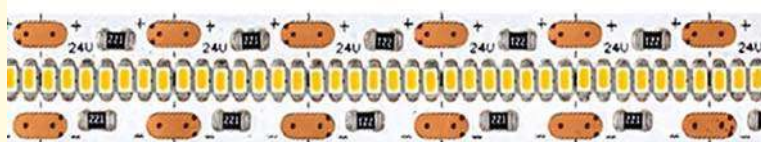
lenia. Zapewne pożądane będzie także słabiutkie oświetlenie nastrojowe. W związku z logarytmiczną charakterystyką oka ludzkiego, zostanie uzyskane przy wielokrotnie mniejszej mocy.

I tu kolejne kwestie do rozwiązania: czy zastosowany zasilacz prądowy będzie miał możliwość regulacji prądu w tak szerokim zakresie?

Prawdopodobnie nie, więc w grę wchodzi ograniczenie prądu przez włączenie w szereg z diodami albo rezystancji, albo jakiegoś układu elektronicznego. Przy włączeniu w szereg takiej redukcji „po drodze” oczywiście napięcie zasilacza prądowego wzrośnie do maksymalnej wartości i na takim reduktorze odłoży się stosunkowo duże napięcie. Generalnie jest to mało sensowny sposób regulacji. Jednak gdyby zredukowany prąd był dużo mniejszy od normalnego prądu pracy, być może taki lokalny „ściemniacz nastrojowy” byłby rozwiązaniem dopuszczalnym.

I jeszcze jeden bardzo ważny aspekt: w każdym przypadku **diody LED wymagają skutecznego chłodzenia**. Ogólnie biorąc, moduły COB LED, nawet te dające światło w wysokim CRI, są względnie tanie, ale mocno kłopotliwe może się okazać po pierwsze ich chłodzenie, a po drugie rozproszenie światła, żeby nie raziło w oczy.

Konieczność chłodzenia i rozproszenia światła kilku modułów z COB LED może okazać się na tyle kłopotliwe i pracochłonne, że warto powrócić do taśm LED. Oczywiście i tu jest problem, czy trzeba rozpraszać światło, czy nie. Powrót do taśm nie oznacza powrotu do niskiego napięcia zasilania 12V. Aby prąd zasilania był nieduży, należy pracować przy napięciu zasilania 48V ($4 \times 12V$ a także $2 \times 24V$) albo 60V ($5 \times 12V$). Trzeba wtedy wykorzystać typowy zasilacz o stałym napięciu, a nie zasilacz prądowy. Należałoby wtedy wykorzystać szeregowo połączone odcinki taśm LED, co bardzo ważne, jednakowej długości. Taśmy LED powinny być zasilane napięciowo, czyli generalnie taśmy bez ograniczeń łączymy równolegle, ale to zwiększa prąd. **Jeżeli chcemy odcinki taśm LED łączyć szeregowo, to obowiązkowo odcinki jednakowej długości, żeby ich napięcia zasilania były jednakowe.**



Fot. G

Można zastosować tak zwane profesjonalne taśmy 24-woltowe. Jak wiadomo, w taśmach 12-woltowych mamy trzy diody w szereg i rezystor, a w taśmach 24-woltowych zwykle sześć diod w szeregu i rezystor. Wtedy $1/4$ napięcia zasilania i $1/4$ mocy jest tracona w rezystorze. Skuteczność taśmy wynosi około 75% skuteczności użytych w niej diod LED. Przykładowo jeżeli w taśmie pracują wysokiej jakości diody o skuteczności 100lm/W, to taka taśma będzie mieć skuteczność około 75lm/W. Jednak większość popularnych taśm ma skuteczność mniejszą.

Warto wiedzieć, że dostępne są też taśmy 24-woltowe, gdzie w szereg połączonych jest nie 6, tylko siedem diod i rezystor. Przykład na **fotografii G**. Takie taśmy 7-diodowe, z uwagi na mniejszy procentowy spadek napięcia na rezystorze, z założenia mają lepszą skuteczność niż 6-diodowe oraz 12-woltowe.

Zakładając skuteczność taśmy 60lm/W, dla uzyskania 3000lm będziemy potrzebować mocy zasilania 50W. Jeżeli napięcie zasilania wynosiłoby 48V (w szereg albo 2 odcinki taśmy 24-woltowej, albo 4 odcinki 12-woltowej), to prąd zasilania wyniesie 1,05A, w przybliżeniu 1A.

Warto zapamiętać, że 1 metr biegnący przewodu miedzianego o przekroju 1mm² ma rezystancję 18 miliomów. U nas obie żyły będą mieć w sumie długość 60 metrów. Gdyby to był przewód o przekroju 1mm², na przykład kabel ziemny YKY 2×1mm², to miałby rezystancję około 1,08Ω. Przepływ prądu około 1A da spadek napięcia na przewodzie około 1V, czyli w granicach tolerancji napięcia zasilania. Nie musielibyśmy się przejmować spadkiem napięcia na rezystancji przewodu. Tym bardziej z popularniejszym kablem ziemnym YKY 2 1,5mm² w cenie około 2zł/mb lub nieco mniej. Gdyby jednak miał to być cieniutki kabelek alarmowy YTDY (niezbyt odporny na trudne warunki atmosferyczne) o średnicy 0,5mm, czyli przekroju 0,2mm², to będzie miał rezystancję ponad 5Ω, co przy prądzie nieco ponad 1A da spadek napięcia na przewodzie około 6V – wartość nieźbyt dużą, dopuszczalną, o którą jednak trzeba zwiększyć napięcie zasilacza.

Ciąg dalszy na stronie 62

Nadajnik kodu Morse'a z klawiaturą PC czyli o... licencjach oprogramowania



Pomysł na prezentowany układ pojawił się w związku z dużym zainteresowaniem syna, który otrzymawszy na prezent książkę o survivalu, zafascynował się możliwościami komunikacji na odległość, szczególnie z użyciem różnego rodzaju kodów. Zgodnie z tytułem, opisywany układ służy tylko do **nadawania** znaków kodu Morse'a w postaci impulsów świetlnych, natomiast **odbieranie i interpretację** tych sygnałów świetlnych ma przeprowadzić człowiek.

A że sprawa dotyczy wieku odpowiadającemu początkowi nauki w szkole podstawowej, układ może mieć praktyczne zastosowanie jako sposób komunikacji pomiędzy kolegami z sąsiednich bloków, którym zalecenia związane ze stanem pandemii uniemożliwiły wspólną zabawę na podwórku (tekst ten powstał w czasie obowiązywania zakazu wstępu na place zabaw).

Dla ułatwienia obsługi jako urządzenie wejściowe zastosowano klawiaturę komputerową, co ma dodatkową zaletę w postaci możliwości nauki podstaw obsługi komputera.

Opis układu

Jak widać na **rysunku 1**, sercem układu jest moduł Arduino Nano, do którego dołączone są: klawiatura i elementy wykonawcze. W projekcie użyta została klawiatura starego typu – ze złączem DIN, która jest elektrycznie zgodna z nowszymi urządzeniami zaopatrzonymi w złącza PS/2. Taki wybór podyktowany został łatwością użycia – zastosowany procesor nie ma sprzętowego modułu obsługi USB (w szczególności obsługującego tryb pracy jako host, umożliwiający podłączanie innych urządzeń),

tak więc wymagana byłaby programowa implementacja komunikacji.

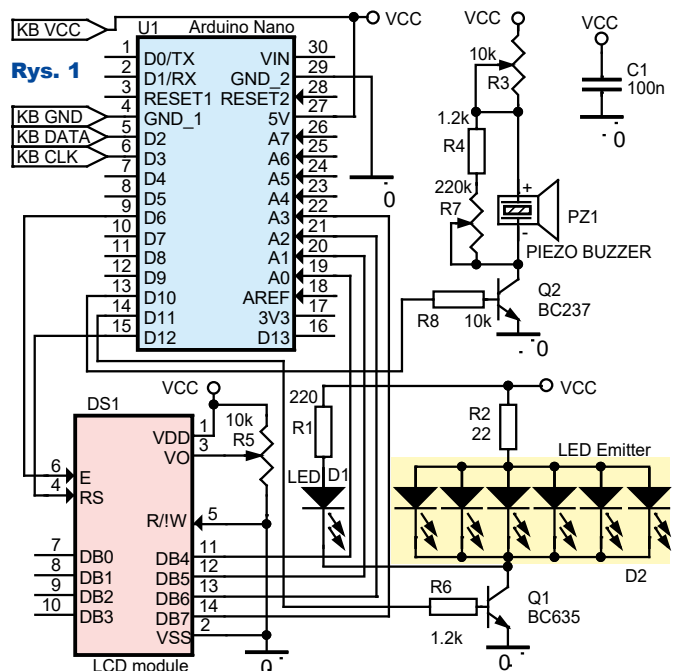
Ponieważ przez pewien czas dostępne na rynku były klawiatury dwusystemowe – z możliwością dołączenia tak do portu PS2, jak i USB (przy użyciu pasywnego konwertera – przykładowy dostępny obecnie układ tego typu to HT82K629A), układ zaopatrzone także w złącze USB typu A. Jednak jak się okazało, żadna z posiadanych przez Autora klawiatur USB nie ma już takiej funkcji, tak więc możliwość dołączenia klawiatury USB nie jest gwarantowana i wymaga każdorazowych testów.

Opisywany układ pracuje jako enkoder kodu Morse'a połączony z reflektorem LED, gdzie prędkość wysyłania znaków (WPM – words per minute) jest konfigurowana i możliwa do zmiany w trakcie nadawania. Znaki wpisywane na klawiaturze wyświetlane są na wyświetlaczu LCD oraz – po zakodowaniu – są asynchronicznie transmitowane przy użyciu elementów wykonawczych z wykorzystaniem światła. Głównym elementem nadajnika jest matryca LED z reflektorem (zdemontowana ze starej latarki czo-

łowej), zbudowana z 28 białych diod elektroluminescencyjnych.

Oprócz tego na potrzeby lokalnego odsłuchu sygnał podawany jest na dodatkową diodę LED i głośnik piezoelektryczny. Jako że jednym z założeń projektu była możliwość ustalenia tonu generowanego dźwięku (w chwili obecnej nie jest on jednak modyfikowany w trakcie działania układu, a jedynie zapisany w kodzie programu), zastosowano głośnik bez generatora, sterowany oddzielnie od diod LED.

W obu torach wykonawczych zastosowano tranzystory pracujące w układzie otwartego kolektora, których zadaniem jest zwiększenie obciążalności prądo-



wej wyjść procesora. Ze względu na oczekiwany różny stopień obciążenia użyte zostały tranzystory różnych typów: w torze głośnika zastosowano typowy tranzystor BC237, a w torze reflektora BC635 o dopuszczalnym prądzie kolektora 1A. Dioda świecąca lokalnego monitorowania połączona jest równolegle do elementu nadawczego.

Montaż i uruchomienie

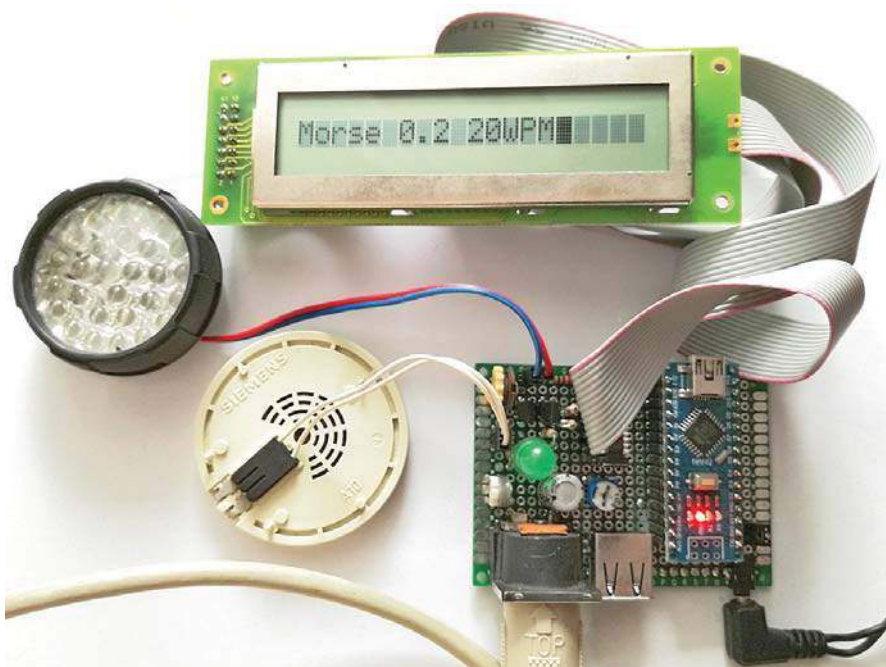
Jak pokazują fotografie, układ można zmontować z wykorzystaniem płytki uniwersalnej. W Elporcie wśród materiałów dodatkowych do tego numeru umieszczone jest oprogramowanie (szkic i opisane dalej biblioteki) oraz dwie dodatkowe fotografie.

Prawidłowo zmontowany układ po zaprogramowaniu powinien od razu pracować. Głośność sygnału dźwiękowego regulowana jest potencjometrem R3, a zadaniem elementów R4 i R7 jest rozładowanie pojemności rezonatora piezoelektrycznego w czasie, gdy tranzystor nie przewodzi. Efektem ubocznym zastosowania potencjometru R7 jest możliwość – w pewnym zakresie – regulacji tak tonu, jak i głośności sygnału (uzyskany obwód RC może ograniczać amplitudę drgań rezonatora oraz filtrować wyższe harmoniczne sterującego przebiegu prostokątnego).

Jako że potencjalnie układ może pobierać więcej prądu niż jest dopuszczalne z portu miniUSB modułu Arduino Nano (gdzie nawet w przypadku użycia zasilacza sieciowego ograniczenie stanowi dioda przełączająca źródła zasilania, specyfikowana do pracy z prądem 500mA oraz – w niektórych wykonaniach – bezpiecznik polimerowy 500mA), układ zaopatrzone w dodatkowe gniazdo zasilające, jednak jak wykazały pomiary, jego użycie nie jest tutaj konieczne:

- zastosowana klawiatura zużywa około 100mA prądu,
- po zastosowaniu rezystora R2 o wartości 22Ω prąd reflektora jest także rzędu 100mA (co przy średnim prądzie około 4mA/diodę daje możliwość dalszego zwiększenia jasności, jednak nawet w takiej konfiguracji reflektor daje bardzo jasne światło),

Obsługa modułu jest bardzo prosta: akceptowane są znaki odpowiadające podstawowemu zakresowi kodów Morse'a (A-Z, 0-9), których naciśnięcie powoduje wyświetlenie odpowiedniego znaku na wyświetlaczu i skolejkowanie go do wysyłki. Strzałki „w górę” i „w dół” powodują odpowiednio zwiększenie i zmniejszenie tempa nadawania,



szczenie i zmniejszenie tempa nadawania, a klawisz ESC czyści wyświetlacz jednocześnie wstrzymując wysyłkę zakodowanych znaków.

Oprogramowanie

Oprogramowanie modułu przygotowano przy użyciu środowiska Arduino.

Jako bibliotekę obsługującą kodowanie Morse'a użyto biblioteki Lewis autorstwa Patricka Fennera (<https://git.defproc.co.uk/DefProc/Lewis/>), rozpowszechnianej na licencji MIT, którą następnie rozszerzono o:

- możliwość zmiany tempa nadawania podczas pracy,
- obsługę drugiego toru wyjściowego z możliwością generowania sygnału o zadanej częstotliwości.

Asynchroniczny tryb pracy biblioteki Lewis wspierany jest przez bibliotekę TimerOne (autorzy: Toyko Dimitrov, Jesse Tane, Jérôme Despatis, Michael Polli, Dan Clemens, Paul Stoffregen, <https://github.com/PaulStoffregen/TimerOne>), implementującą konfigurację pierwszego układu czasowego procesora ATmega do generowania przerwań o zdefiniowanej częstotliwości wywołań, podczas obsługi których wywoływana jest funkcja wysyłająca kolejne znaki z kolejki. Biblioteka ta licencjonowana jest licencją Creative Commons Attribution 3.0 US (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/us/>).

Do obsługi klawiatury użyto biblioteki PS2KeyAdvanced, licencjonowanej na warunkach LGPL.

Jako że użyty moduł wyświetlacza zaopatrzone był w (dość ubogą w symbole graficzne) wersję pamięci znaków (A00), symbole strzałek zostały zaimplementowane jako znaki kodowane przez użytkownika. Kody symboli zostały załadowane bezpośrednio z pamięci programu celem ograniczenia niepotrzebnego zużycia pamięci RAM modułu Arduino.

Pojawia się pytanie, na jakiej licencji należałoby udostępnić tak przygotowany program. Potencjalne ograniczenia w tym zakresie dotyczą różnego licencjonowania użytych bibliotek. Udało się określić trzy typy licencjonowania komponentów zewnętrznych:

- licencja MIT użyta w bibliotece enkodera – tutaj problem jest najmniejszy, gdyż jedynym wymaganiem jest publikowanie informacji o twórcy oraz tekstu licencji,
- licencja Creative Commons Attribution 3.0 użyta w bibliotece TimerOne – tutaj także głównym, praktycznie jedynym wymaganiem twórców jest jasne podanie listy autorów,
- licencja LGPL w wersji 2.1, użyta w bibliotece obsługi klawiatury oraz (zgodnie z dokumentacją) w bibliotekach dostarczonych w ramach oprogramowania Arduino (informacja ta, jak się okazuje, jest zresztą pewnym uproszczeniem, gdyż każda z bibliotek może być licencjonowana oddzielnie i zdarzają się wyjątki od deklarowanego sposobu licencjonowania).

W przypadku licencji LGPL pojawia się dodatkowa komplikacja, gdyż licencja zakłada prawo do modyfikacji przez

użytkownika komponentów jej podlegających, więc nie tylko należy je dostarczyć (lub udostępnić) w wersji umożliwiającej wprowadzenie zmian, ale także pozostałe części programu należy

Wykaz elementów

R1	220Ω
R2	22Ω
R3	potencjometr 10kΩ
R4,R6	1.2kΩ
R5	potencjometr montażowy 10kΩ
R7	potencjometr montażowy 220kΩ
R8	10kΩ
C1	100nF
D1	diody LED (zielona)
D2	matryca LED
Q1	BC635
Q2	BC237
DS1	wyświetlacz LCD (zgodny z HD44780)
PZ1	głośnik piezoelektryczny (bez generatora)
U1	moduł Arduino Nano

przygotować w sposób umożliwiający powtórne zbudowanie z użyciem zmodyfikowanej lokalnie biblioteki.

Oznacza to, że w celu dystrybucji oprogramowania należałoby:

- podać informacje o użytych bibliotekach wraz z danymi autorów, wskazaniami na oryginalne projekty, tekstami licencji oraz informacjami o ewentualnych modyfikacjach (licencje CC BY 3.0 US i MIT),
- dostarczyć oryginalne kody źródłowe wraz z informacją o licencjonowaniu dla komponentów licencjonowanych LGPL,
- dostarczyć kody źródłowe lub pliki obiektowe pozostałych komponentów w celu możliwości realizacji prawa użytkownika do użycia zmienionych wersji bibliotek licencjonowanych LGPL.

W związku z tym:

- zmiany w bibliotece Lewis zostały wydzielone do osobnego modułu i opatrzone licencją MIT (tak jak oryginał),
- zmiany w bibliotece LiquidCrystal (dostarczanej wraz z oprogramowaniem Arduino) zostały wydzielone do oddzielnego modułu pełniącego funkcję biblioteki oraz opatrzone licencją LGPL (zgodnie z wymaganiami oryginalnej licencji),
- reszta kodu została opatrzona licencją MIT.

Czyli, jak widać, ważnym zagadnieniem przy użyciu dostępnego w sieci oprogramowania jest analiza sposobów i kompatybilności licencjonowania, co może zaważyć tak na możliwości użycia określonych komponentów, jak i sposobie licencjonowania tak powstałej całości.

Jarosław Węgliński
jweglinski@poczta.onet.pl

Ciąg dalszy ze strony 59

Jeżeli chodzi o nadesłane rozwiązania, przedstawiliście różne sensowne możliwości. W większości oparte na informacjach handlowych ze sklepów internetowych z kalkulacją kosztów poszczególnych składników. Słusznie podkreślaliście, że użyty kabel musi być odporny na warunki atmosferyczne. Jeden z uczestników słusznie przypomniał, że (...) do parametrów podawanych w notach katalogowych należy podchodzić ostrożnie (...). Tym bardziej do parametrów handlowych, które często nijak mają się do rzeczywistości.

Niektórzy proponowali pojedyncze diody większej mocy, inni moduły COB LED o różnym napięciu zasilania 10V...42V. Znaczna część uczestników zaproponowała konkretne zasilacze prądowe: o prądach 350mA, 700mA i 1050mA.

Przy prądzie 350mA i np. przewodzie 0,5mm (o rezystancji około 5,5Ω), spadek napięcia wynosiłby niecałe 2V, czyli około 2%, jednak wystąpi problem zbyt wysokiego, niebezpiecznego napięcia. Oto jedna z takich uwag: (...) Normy specyfikują, że napięcie dotykowe dopuszczalne dla prądu stałego musi być mniejsze od 120V dla warunków normalnych, a w przypadku podwyższonej

wilgotności odpowiednio 60V (a nawet niżej). Tak więc instalacja przeprowadzona na zewnątrz budynku niekoniecznie kwalifikuje się do warunków normalnych, dodatkowo biorąc pod uwagę, że podane zakresy napięć dotyczą wpływu na organizm człowieka, a niekoniecznie pieska/kotka czy innej kuny, która gustuje w przewodach elektrycznych...

Jeden z uczestników zaproponował wykorzystanie 5-watowych modułów według rysunku H i napisał: (...) COB LED HPB1414WX-5W (...) Strumień światła: min. 490lm, max. 610lm dla prądu $I_f=120mA$. Napięcie zasilania: ok. 35,5V dla prądu $I_f=120mA$ (...) nale-

ży zastosować 6[modułów], które należy połączyć równolegle, wtedy całkowity prąd zasilania wynosi 0,72A (...) kabel YKY 2×1,5mm² (...) Spadek napięcia na przewodach wyniesie (...) ok. 0,5V (...)

Jeden z młodych Kolegów nietypowo chciał wykorzystać zasilacz „ledowy” z wyjściem prądowym do sterowania taśmami LED. Takie dość karkołomne przedsięwzięcie polega na tym, że mając prąd wyjściowy zasilacza, trzeba pociąć taśmę LED na odcinki, które przy napięciu nominalnym danej taśmy (12V lub 24V) będą pobierać prąd równy prądowi danego zasilacza.

Można tak zrobić, ale nie jest to sposób godny polecenia, bo potem trudno będzie zmodyfikować system. Kolega ten napisał też: (...) uważam, że lepiej byłoby już dociągnąć do altanki jakiś przedłużacz albo gniazdo [230V] do zasilania innych urządzeń, i z tego gniazda pobrać napięcie na zasilacz z oświetleniem LED, czy innego typu.

Nagrody-upominki za zadanie **Policz295** otrzymują:

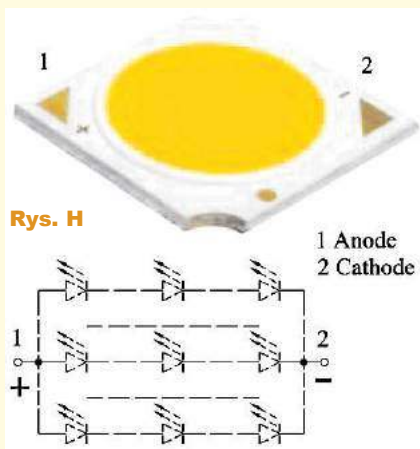
Bartosz Kossowski – Poznań,

Janusz Kalina – Banie,

Radosław Kukula – Wrocław.

Wszystkich uczestników dopisuję do listy kandydatów na bezpłatne prenumeratę.

Piotr Górecki



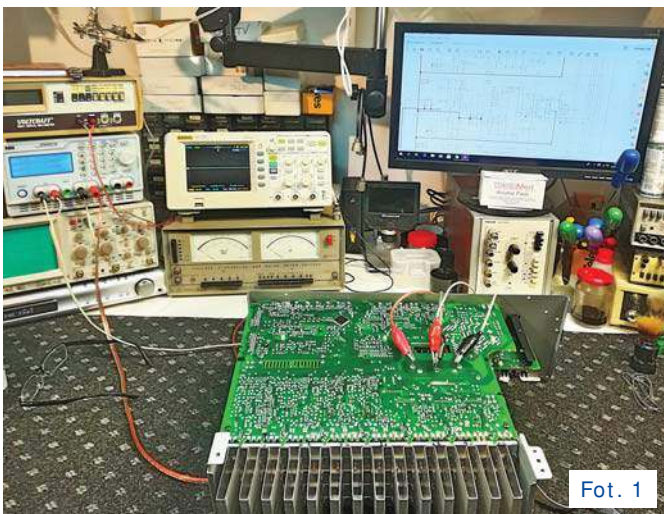
Rys. H

1 Anode
2 Cathode

... z pracy serwisanta sprzętu audio w czasie pandemii

Pierwszy przykład – opis typowego współczesnego problemu: jak często w nowoczesnym sprzęcie grającym wykonujemy naprawy i jak bardzo jesteśmy uzależnieni od dobrej woli producenta.

Otóż do serwisu trafił amplituner Pioneer VSX-831, który po włączeniu wyświetlał komunikat: NG:LCRSLSR. W instrukcji serwisowej, w kodach błędów można odczytać, że to usterka wzmacniacza mocy. No to do dzieła: płyta główna na stanowisko serwisowe (**fotografia 1**), odpalamy na sprzęcie serwisowym. Wzmacniacz szybko naprawiony (**fotografia 2**), można oddać klientowi, ale po zmontowaniu i włączeniu znów to samo: NG:LCRSLSR. Wygląda na to, że producent zrobił urządzenie tak, by nie za szybko i nie za tanio wykonać naprawę. Więc instrukcja serwisowa do ręki i czytamy, jak wygląda procedura startowa tego amplitunera. W sumie to ciekawa lektura. I oto co pisze producent: Po włączeniu procesor sprawdza prądy zerowe tranzystorów



mocy we wszystkich kanałach oraz napięcie stałe na wyjściach stopni mocy. Jeśli napięcia i prądy są w dozwolonym zakresie, to przystępuje do kolejnego testu. Procesor DSP generuje 20kHz i sprawdza, czy na wyjściach analogowych pojawia się poprawny sygnał. Osobno procesor główny testuje układy cyfrowe. Jeśli wszystko jest w porządku, to amplituner jest gotowy do pracy, zostaną włączone przełączniki głośnikowe i możemy słuchać muzyki. To co u licha jeszcze siedzi w moim amplitunerze, że komunikat NG:LCRSLSR nadal się wyświetla? Zgodnie z instrukcją włączamy autodiagnostykę i... dalej nic. Hm... Wzmacniacze sprawdzam raz jeszcze, napięcia i prądy są w porządku, końcówki pobudzone sygnałem zewnętrznym grają dobrze. Przeglądam ponownie instrukcję: jest jeszcze jedna informacja, jakoś tak dziwnie napisana: *Kasowanie komunikatu błędu*. No co mi szkodzi, wykonuję procedurę kasowania i jeszcze raz przeprowadzam autotest. Amplituner działa... jest radość!

I teraz pytanie: co by było, gdyby producent nie udostępnił instrukcji serwisowej? Albo też do instrukcji nie dołączył opisu procedur diagnostycznych? Pewnie trzeba by było kombinować i we własnym zakresie zmodyfikować układ diagnostyki.

Brak dokumentacji i oprogramowania bardzo utrudnia serwis lub wręcz go uniemożliwia. Tak to niestety bywa ze współczesnym sprzętem. Jeżeli więc faktycznie chcemy kupić współczesne pudełko z niebieską diodą LED, to musimy się liczyć, że w przyszłości nikt tego nie naprawi, i będziemy musieli zanieść się środowisko kolejnym współczesnym złomem.

A oto kolejny interesujący przypadek:

Amplituner DENON AVR4200W. Zapraszam na krótki felieton ze śledztwa: *kto mówi prawdę?*

Sprzęt trafił do serwisu od klienta, który kupił amplituner przez Internet, i niestety jak to często bywa, po podłączeniu amplituner nie działa, gdyż przechodzi w tryb awaryjny. Sprzedający twierdzi, że amplituner był sprawny i zwała winę na kuriera. Mamy zagadkę, czy usterka powstała podczas transportu, czy też z innego powodu?

No to do dzieła: dochodzenie i śledztwo rozpoczęte. Włączamy amplituner, wyświetlacz się zaświeca i po chwili gaśnie, a zaczyna migać czerwona dioda LED. Trzeba przestudiować instrukcję serwisową, która liczy 233 strony. Znajdujemy tam taką oto informację: *Warning. Displays by POWER LED. If the power is turned off while a protection is being detected, the POWER LED flashes in red to warn you depending on the protection status as follows. (a) ASO/DC protection: Flashes at 0.5-second intervals (0.25 seconds lit, 0.25 seconds unlit) (b) THERMAL (A/E/F) protection: Flashes at 2-second intervals (1 seconds lit, 1 seconds unlit) (c) CURRENT protection: Flashes at 4-second intervals (2 seconds lit, 2 seconds unlit).*

No to do dzieła (**fotografia 3**): trzeba wykonać podstawowe pomiary. Po chwili widzę, że stopnie mocy mam wszystkie sprawne. Napięcia i prądy prawidłowe, to co do licha sygnalizuje takie zabezpieczenie?

Czas na kolejne działania, czyli wejście w menu serwisowe i zerknięcie do pamięci zdarzeń awaryjnych. Tutaj nie będę przedstawiał szczegółów, wszystko dostępne w instrukcji serwisowej. Co u licha? Amplituner nie wchodzi do menu serwisowego, a każda próba kończy się po chwili zadziałaniem układu zabezpieczenia i wyłączeniem amplitunera. Co począć? Trzeba dezaktywować układy zabezpieczeń urządzenia. Po chwili amplituner się włączył i pracuje normalnie, można przystąpić do pomiarów.

No tak, ale pomiary na złączach oraz informacje z algorytmów postępowania serwisanta opisane w instrukcji serwisowej pokazują prawidłowe napięcia! Czyli mamy kolejny dziwny przypadek i algorytm postępowania kieruje nas w stronę procesora i jego okolic. Mamy w głowie informacje sprzedawcy o ewentualnej usterce w transporcie, czyli kłębią się myśli: procesor, transport..., może to jest mikropęknięcie na płycie głównej? Myślę sobie: damy radę, mam dobre mikroskopy znajdziemy winnego. Ale myślę dalej: zrobimy procesorowi psikusa – zasymulujemy mu sygnały diagnostyczne, które powinna dawać sprawną końcówka mocy.

Oczywiście w instrukcji serwisowej nie ma podanych napięć, ale po to jestem elektronikiem, żeby umieć wyliczyć napięcia na podstawie schematu. To w sumie wiedza z dobrej szkoły zawodowej czy technikum, oczywiście w dawnych czasach. No to do dzieła: napięcia podane i przystępujemy do włączenia amplitunera.

Cyk, amplituner się włączył i nie zgłasza awarii!

A to teraz mam cię! Wyciągam blok końcówki mocy i podłączam do swojej „hamowni” serwisowej (**fotografia 4**). Podpinam stosowne napięcia, robię testy prądów i napięć. Wszystko gra, podobnie jak w pierwszym teście.

Jeżeli wzmacniacz jest sprawny, procesor też, to mamy pole usterek zawężone do układu zabezpieczeń. Kolejna analiza napięć i mamy jeszcze bardziej zawężony obszar, oczywiście poprawne napięcia musimy sobie sami wyliczyć z układu, poznając wcześniej jego logikę pracy. Ale to pestka dla elektronika.

Niestety to, co nas interesuje, znajduje się pod płytką wzmacniacza od strony radiatora. A już myślałem, że nie trzeba będzie odkręcać tych tranzystorów! Ale jest jak zawsze: trzeba odkręcić i zrobić wszystko estetycznie.

Po odkręceniu tranzystorów (**fotografia 5**) podłączam swoje stanowisko diagnostyczne i do dzieła.

I wszystko byłoby proste, ale bez radiatora niewdzięczne nowoczesne tranzystory już przy prądzie spoczynkowym 6...8mA i zasilaniu 25V mają taką niestabilność prądu w funkcji temperatury, że po 20 sekundach występuje zadziałanie układu



Fot. 4



Fot. 5

zabezpieczenia na mojej „hamowni”. Więc robię pomiary w ciągu 20 sekund i potem dłuższa chwila na ochłodzenie...

Mam dosyć po sprawdzeniu dwóch kanałów z siedmiu obecnych w tym amplitunerze. Myślę, że to bez sensu tak pracować. Łapię omomierz i jak to mówimy, *jadę po gałęziach układu zabezpieczenia*. Po chwili w jednym kanale wykrywam mniejszą rezystancję w jednej gałęzi układu zabezpieczeń. Znow włączam zasilanie końcówek mocy i mam podejrzanego: oj ty niedobry, myślę sobie, przypominając, co mówił sprzedawca (że to usterka w transporcie). Wylutowuję podejrzaną część i...

Pomiar miernikiem OK, testerem mikroprocesorowym – też OK! No to co się dzieje? Wkładam podejrzaną część do sprawnego kanału i... usterka się tam przenosi.

No to wreszcie mamy winnego! Wlutowuję nową część, podłączam zasilanie stanowiska testowego.

Uff! Tym razem wszystko jest tak, jak przeliczyłem. Składam całość, przy okazji nowa pasta termoprzewodząca. Instaluję moduł końcówki mocy w amplitunerze. I teraz czas na chwilę prawdy. Uff, amplituner się włącza i nie sygnalizuje awarii, kolejne pomiary i wszystko jest OK. Wszystko zgodne z moimi obliczeniami. Dobrze, ale teraz warto podejrzeć pamięć amplitunera, która rejestruje zdarzenia awaryjne. I jak wielkie okazuje się moje zdziwienie, gdyż amplituner nie zarejestrował zdarzenia, które sygnalizował! Kolejny raz okazuje się, że rozbudowana strona cyfrowa nie działa poprawnie. Ale cóż, samoloty też spadają z powodów awarii systemów cyfrowych. Najważniejsze, że amplituner działa poprawnie, a oprócz tego śledztwo wykazało, że sprzedawca mówił nieprawdę: taka awaria nie mogła powstać podczas transportu!



Andrzej Ciemniak
media.tech.ustron@gmail.com

Od redakcji. W Elportalu wśród materiałów dodatkowych do tego numeru można znaleźć szereg dodatkowych fotografii, pokazujących przebieg opisanych napraw.



Fot. 3

Stały konkurs: Co to jest?

Zadanie CoTo2102

Zadanie konkursowe brzmi:

Co przedstawia zamieszczona niżej fotografia?

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

konkursy@elportal.pl,
nie zapominając o podaniu adresu niezbędnego do wysyłki upominku.

W tytule e-maila należy podać nazwę konkursu, numer zadania i własne nazwisko, np. *CoTo2102Kowalski*.

Wśród autorów prawidłowych odpowiedzi rozlosowane zostaną 3 kity AVT.



Rozwiązanie zadania CoTo2011

Fotografia pochodzi z artykułu Michała Kurzeli „Generator zadanej liczby impulsów”, zamieszczonego w EdW 3/2020 na stronie 56.



Za prawidłowe odpowiedzi upominki w postaci kitów AVT otrzymują:

Andrzej Szulda – Olsztyn,

Marcin Przywara – Czarna Sędziszowska,

Damian Ząbczyk – Nowa Osuchowa.

W najbliższych numerach EdW planujemy

EdW 4/2021

Uniwersalna przystawka pomiarowa do komputerowej karty dźwiękowej

Karta dźwiękowa do komputera, a zwłaszcza zewnętrzna karta USB, w zestawieniu z odpowiednim programem oraz przystawką buforową okazuje się przyrządem pomiarowym o ogromnych możliwościach i znakomitych parametrach.



EdW 5/2021

CNC

Określenie „obrobarka sterowana numerycznie” prawie każdemu skojarzy się z jakąś profesjonalną potężną i skomplikowaną maszyną. Artykuł przekonuje, że tego rodzaju maszynę prawie każdy współczesny hobbysta może z powodzeniem zbudować i wykorzystać w swoim domu.



EdW 6/2021

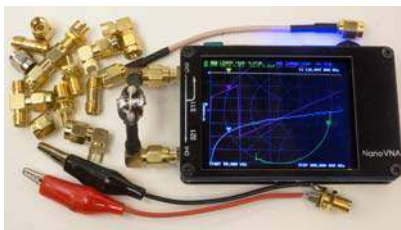
Moja własna karta audio USB

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.



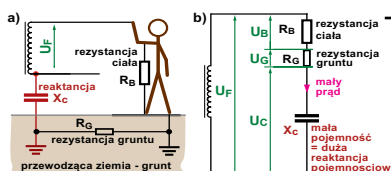
W kolejce na publikację czekają m.in.:

Różne projekty i artykuły edukacyjne przygotowywane przez Piotra Góreckiego przedstawiane są na stronie: <https://bit.ly/3aj0ixL> osiągalnej także za pomocą QR-kodu: gdzie możesz zdecydować o kolejności ich publikacji.



Karta wyjść cyfrowych audio

Prosty układ, dla posiadaczy płyt głównych bez standardowego cyfrowego wyjścia audio. Zapewnia fizyczne gniazda SPDIF, RCA, BNC, TOSLINK i AES3.



Sieci energetyczne dla elektroników

Tylko niedoświadczonym elektronikom domowa instalacja energetyczna wydaje się prosta,

a wręcz prymitywna w porównaniu z układami elektronicznymi.

Jak to działa

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

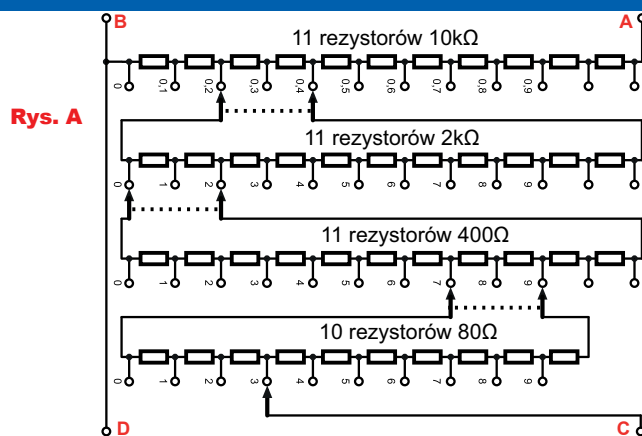
Jak działa i do czego służy taki układ?

Odpowiedzi, koniecznie oznaczone dopiskiem

Jak02,

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

Nagrodami w konkursie będą 3 kity AVT



Rozwiązanie zadania *Jak to działa* z EdW 10/2020

W numerze 10/2020 przedstawiony był, pokazany na **rysunku B**, prosty schemat.

Jest to...

koncepcja budowy elektronicznego bezpiecznika, układu zabezpieczającego przed zwarcie i przeciążeniem.

Nie jest to kompletny schemat, tylko ilustracja pomysłu wykorzystania tranzystora MOSFET w podwójnej roli: czujnika prądu i wyłącznika.

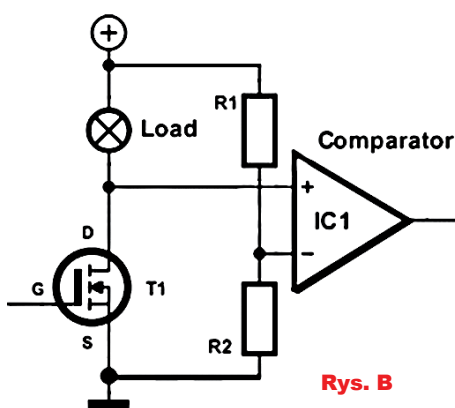
Jeden z uczestników słusznie napisał: (...) w zadaniu tym chodzi chyba nie tyle o odtworzenie sposobu działania analizowanego układu, ile raczej – o znalezienie możliwych zastosowań analizowanego układu. (...)

Zadanie było trudne, ponieważ tych możliwych zastosowań jest sporo. Niemniej zawarte na rysunku wskazówki pozwalały odrzucić część pomysłów, co prowadziło do wniosku, że chodzi o zabezpieczenie nadprądowe.

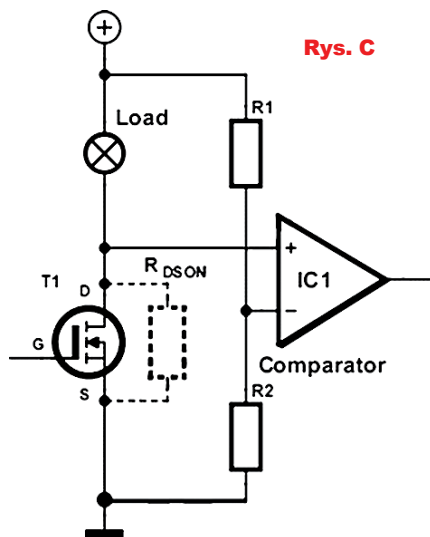
Należy tu wymienić trzy wskazówki. Po pierwsze na rysunku mamy symbol, jakim najczęściej oznaczamy klasyczne żarówki, ale obok nie ma napisu **Lamp**, tylko napis **Load**. A to wskazuje, że niekoniecznie chodzi o żarówkę, tylko raczej ogólnie o obciążenie.

Po drugie, bardzo ważną wskazówką jest napis: **Comparator**. Niewątpliwie oznacza to, że IC1 ma wykrywać jeden z dwóch stanów i na jego wyjściu ma być albo stan wysoki, albo niski.

Trzecia drobna wskazówka to znak plus na górze, przy zacisku zasilania. Ten symbol jednoznacznie wskazuje, iż omawiany układ ma być zasilany napięciem stałym.



Schemat taki występuje na wielu stronach internetowych w tekście zatytułowanym *Short-Circuit Protection With A MOSFET*, ale w postaci jak na **rysunku C**, gdzie dodatkowo dorysowana jest kluczowa w tym przypadku rezystancja $R_{DS(on)}$.



Nawet bez zaznaczenia tej rezystancji zawarte na rysunku B wskazówki wystarczyły wielu uczestnikom konkursu na wyciągnięcie właściwych wniosków. Oto dwa przykłady.

Przedstawiony układ jest prostym sposobem zabezpieczenia obwodu przełączanego MOSFET-em przed zwarcie czy przeciążeniem. Rezystory R1 i R2 tworzą dzielnik napięcia. Drugim dzielnikiem napięcia jest rezystancja obciążenia i wewnętrzna rezystancja tranzystora. Z połączenia obu tych dzielników powstaje mostek (...) W przypadku zwarcia tranzystora lub zwarcia obciążenia (...) sygnał wyjściowy z komparatora można dalej wykorzystywać użytkowo jako np.: sygnał sterujący alarmem, wyłączeniem zasilania itp. Schemat ten pojawia się między innymi na stronie <http://schematicreference.blogspot.com/2010/10/short-circuit-protection-with-mosfet.html>.

W innym rozwiązaniu czytamy:

(...) Komparator mierzy napięcie na mosfecie między drenem i źródłem i porównuje je do napięcia odniesienia na dzielniku napięcia na rezystorach R1, R2. Jeśli napięcie to przekroczy próg napięcia na tym dzielniku, wtedy załącza się komparator (pojawi się wysoki poziom napięcia).

Układ służy do pomiaru, czy przez MOSFET nie płynie za duży prąd, wyższy niż ten wynikający z obciążenia, zatem jest to układ zabezpieczający przed przeciążeniem/zwarcie. Na dzielniku napięcia R1, R2 ustawia się tak napięcie, żeby było ono wyższe niż spadek napięcia na mosfecie w jego normalnej pracy. (...) Układ ma swoje ograniczenia. Nie można go zastosować w przypadku regulacji prądu MOSFET-a (...)

Wśród odpowiedzi pojawiły się wnioski mniej trafne, choć też interesujące. Oto trzy przykłady.

(...) Pierwsze skojarzenie, patrząc na schemat, to wykrywanie spalonej/niewłaściwej żarówki np. w samochodzie. Po załączeniu żarówki przez tranzystor następuje porównanie spadku napięcia na żarówce z napięciem dzielnika w drugiej gałęzi komparatora. Napięcie wyjściowe pokazuje nierównowagę pomiedzy gałęziami. Samo wykrywanie spalenia można by w sumie zrealizować prościej, ale ten układ pozwala na większą precyzję określenia, co się z żarówką dzieje. Podejrzewam, że układu można by użyć w wielu innych podobnych aplikacjach.

W tym przypadku problemem jest fakt, że przy zatkanym tranzystorze T1 i po spaleniu żarówki, wejście nieodwracające komparatora „wisi w powietrzu”, więc na wejściu IC1 występowałyby przypadkowe przebiegi, bowiem w samochodzie występują silne zakłócenia, które indukowałyby w kablu rozmaite „śmieci”.

Oto kolejny przykład: Moim zdaniem jest to układ stabilizacji napięcia na obciążeniu Load, o wartości zadanej dzielnikiem rezystancyjnym $R2/(R1+R2)$. (...)

Tu problemem jest fakt, że układ IC1 jest opisany jako komparator, a nie wzmacniacz (operacyjny). Wprawdzie wzmacniacze operacyjne często pełnią funkcję komparatorów, jednak w tym przypadku wskazanie, że IC1 ma być komparatorem, zdecydowanie zaprzecza idei pracy liniowej i stabilizacji napięcia na obciążeniu.

Podczas analizy schematu z rysunku B warto było postawić sobie pytanie, czy wyjście komparatora można bezpośrednio połączyć z bramką MOSFET-a?

Gdyby tak się stało, układ rzeczywiście pełniłby funkcję stabilizatora i co ważne: w obwodzie występowałoby ujemne sprzężenie zwrotne. Jeżeli jednak IC1 ma pełnić funkcję komparatora, w układzie powinno występować **dotądnie sprzężenie zwrotne**. Między wyjście IC1 i bramkę MOSFET-a T1 należy włączyć jakiś element odwracający, choćby inwerter lub tranzystor. Ewentualnie bardziej złożony obwód czy układ.

Tak czy inaczej, nie jest to gotowy układ, tylko koncepcja, dość często zresztą wykorzystywana w rozmaitych realizacjach bezpieczników elektronicznych. W takich układach występuje dodatnie sprzężenie zwrotne, a często do „zresetowania bezpiecznika” stosowany jest przycisk.

Na koniec jeszcze jedno rozwiązanie: (...) Sposób działania układu jest wręcz oczywisty – mamy praktycznie do czynienia z mostkiem oporowym Wheatstone’a.

Jedną gałąź tego mostka stanowi żaróweczka połączona szeregowo z tranzystorem polowym; drugą gałąź mostka stanowi para rezystorów R1, R2. W przekątną tego mostka wpięty jest komparator napięcia. Ów komparator zareaguje wówczas, jeżeli napięcie sterujące podane na bramkę tranzystora polowego będzie zbyt duże lub zbyt małe (tzn. jeżeli żaróweczka będzie świecić zbyt jasno lub zbyt ciemno). (...) dlaczego zastosowano komparator napięcia, a nie jakiś element lub jakiś układ „spustowy”, np. diodę Zenera (dzielnik napięcia z diodą Zenera) lub przerzutnik (bramkę Schmitta)? Gdyby ów układ miał zasilany napięciem o jakiejś stałej (niezmiennej) wartości, to nie powinno być chyba większej różnicy? Sytuacja staje się ciekawsza, jeżeli przyjmiemy, że ów mostek może być zasilany napięciem o zmieniającym się napięciu. Wówczas ów układ z zastosowaniem komparatora napięcia wykrywa względną równowagę i zachowuje się inaczej niż układ z elementem „spustowym” (...). Założmy zatem, że ów mostek zasilany jest napięciem zmieniającym się, tj. napięciem generowanym bądź przez prądnicę, bądź przez ogniwo fotowoltaiczne.

1. Wersja z zasilaniem przez prądnicę. (...) żaróweczka umieszczona jest w ognisku reflektora i oświetla jakiś obszar znajdujący się pod wiszącym dronem. Ów dron z podwieszonym reflektorem jest narzędziem pracy jakiegoś biologa, który obserwuje nocne zachowanie się jakiegoś gatunku zwierząt (np. żabek). Światło musi być dostatecznie silne, aby łatwo dało się zauważyć to nieduże zwierzątko; z drugiej strony nie może być zbyt silne, aby to obserwowane zwierzątko nie wystraszyło się i nie uciekło z oświetlonego obszaru. Oczywiście jeżeli ów dron wznosi się do góry, to reflektor może świecić jaśniej. Założmy, że bramka tranzystora polowego przyłączona jest do suwaka jakiegoś potencjometru montażowego (PRK), a położenie tego suwaka ustawiamy podczas kalibracji tak, aby żaróweczka świeciła optymalnie. Analizowany układ nie jest zasilany z głównego akumulatora drona, ale z niedużej prądnicy pomocniczej, sprzężonej mechanicznie z którymś z wirników drona. Jeżeli dron zacznie się wznosić, wirnik wiruje szybciej, prądnica generuje wyższe napięcie, żaróweczka świeci jaśniej, a układ nadal pozostaje w równowadze.

2. Wersja zasilana przez ogniwo fotowoltaiczne. Założmy, że owa żaróweczka oświetla wnętrze jakiegoś magazynu, w którym nie ma okien (...) Natężenie oświetlenia w przypadku wewnętrznego sztucznego oświetlenia powinno być proporcjonalne do natężenia oświetlenia

w przypadku naturalnego światła słonecznego (...) w jasny, słoneczny dzień żaróweczka wewnątrz owego magazynu powinna świecić jaśniej niż w przypadku dnia pochmurnego. Chodzi o ułatwienie przystosowania się oka w przypadku wchodzenia do tego magazynu z zewnątrz.

Potem w drugim e-mailu Autor napisał: (...) W moim rozwiązaniu popełniłem błąd (...) nie uwzględniłem faktu, że rezystancja żarówki nie jest wielkością stałą (rezystancja ta rośnie wraz z napięciem zasilającym żarówkę). Zatem przy zasilaniu napięciem zmieniającym się (z prądnicy lub ogniwa fotowoltaicznego) (...) mostek łatwo wychodziłby z położenia równowagi. Można to byłoby skorygować, gdyby do sterowania bramką tranzystora polowego wykorzystać odpowiednio skompensowany napięciowo dzielnik napięcia; taki dzielnik napięcia mógłby składać się z miniaturowej żaróweczki „kompensacyjnej” połączonej szeregowo z potencjometrem, którego suwak byłby połączony z bramką tranzystora polowego. Owa żaróweczka „kompensacyjna” powinna być oczywiście przyłączona do plusa zasilania. Wówczas w miarę wzrostu „głównego” napięcia zasilającego będzie malało napięcie na bramce tranzystora polowego, ponieważ rosłaby również rezystancja dodatkowej żaróweczki „kompensacyjnej”. (...) może dałoby się jakąś dopasować. Inne rozwiązanie to zbocznikowanie wspomnianego potencjometru tranzystorem (polowym lub bipolarnym); bramka lub baza tego tranzystora sterowana z dodatkowego (pomocniczego) dzielnika napięcia (...) układ z zadania „Jak 10” mógłby również pełnić funkcję przerzutnika monostabilnego. Zaraz po włączeniu rezystancja żarówki byłaby niewielka i mostek nie znajdowałby się w stanie równowagi. Na wyjściu komparatora napięcia pojawiłby się stan wysoki. Po chwili włókno żarówki rozgrzałoby się; rezystancja żarówki wzrosłaby i mostek wszedłby w stan równowagi. Wówczas zanikłby stan wysoki na wyjściu komparatora napięcia. Generowany w ten sposób impuls mógłby być w miarę długi, gdyby zastosować popularną niegdyś żarówkę rowerową 6V i 2,7W; rozżarzanie się włókna tej żarówki (po jej włączeniu) i jego stygnięcie (po wyłączeniu żarówki) było widoczne gołym okiem.

Nagrody-upominki za zadanie **JakDziałal10** otrzymują:

Krzysztof Smoliński – Poznań,
Jacek Konieczny – Poznań,
Grzegorz Matusiak – Dębinki.

Wszyscy uczestnicy konkursu zostają dopisani do listy kandydatów na bezpłatne prenumeraty.

UWAGA! UWAGA!

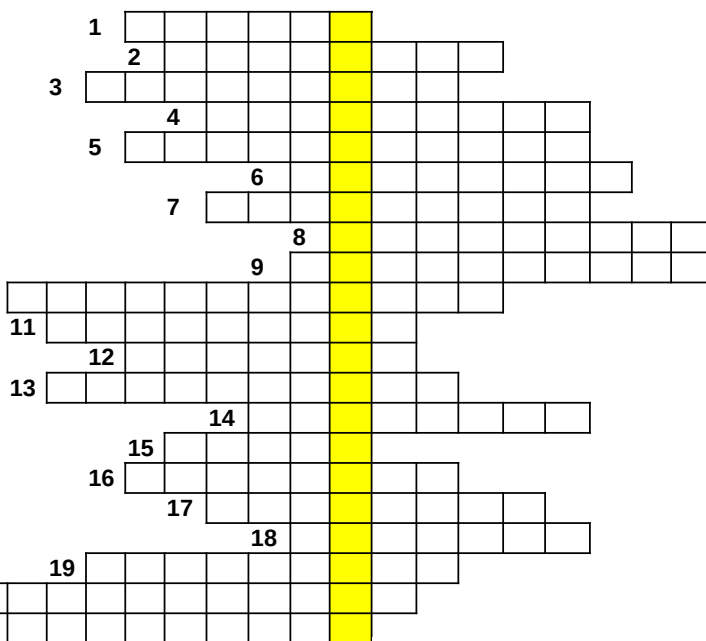
Kończy nam się zapas krzyżówek

Zostań autorem krzyżówki!

Zachęcamy do nadsyłania krzyżówek, także bardziej rozbudowanych i skomplikowanych (edw@elportal.pl). Mogą to być wykreślanki, krzyżówki panoramiczne, jolki, kwadraty magiczne, łamigłówki, szarady i inne.

Nagrodą dla Autora będzie 6...18 miesięcy prenumeraty EdW (w wersji elektronicznej), przy czym dotychczasowi prenumeratorzy dodatkowo otrzymają możliwość zamiany na prenumeratę innego czasopisma AVT.

1. Wymyślił sposób na sprawdzenie czy rozmówca jest człowiekiem czy maszyną.
2. Operacja, którą wykonuje układ mierzący moc elektryczną.
3. Doświadcza go tranzystor pełniący funkcję klucza.
4. Zjawisko występujące przy zbyt wysokim natężeniu pola elektrycznego w dielektryku.
5. Mierzalna wielkość, zabójcza dla diod LED.
6. Prosty ale bardzo istotny element urządzeń elektronicznych, którego parametry według wielu teorii spiskowych są wykorzystywane do ich planowanego postarzania.
7. Proces stosowany do powielania struktury sieci monokryształów, np. krzemu.
8. Energia fali elektromagnetycznej jest w nim zamieniana na informację.
9. Może pojawić się na cewce, która nagle została odłączona od źródła prądu stałego.
10. Układ cyfrowy znajdujący zastosowanie również w obwodach analogowych.
11. Stopień ... – pierwszy we wzmacniaczu operacyjnym.
12. Popularne określenie rodzaju źródeł napięcia referencyjnego, biorące swą nazwę od pewnej właściwości półprzewodników.
13. Układ, dzięki któremu możliwe jest sterowanie wyświetlaczem siedmio-segmentowym za pomocą czterech linii.
14. Element, który potrafi zapamiętać fakt pojawienia się impulsu prądowego.
15. Wycinek obwodu niezbędny we wszelkich regulatorach.
16. Popularna nazwa zjawiska w systemach audio, zwykle niepożądanego ale jednocześnie mającego ogromną rzeszę wielbicieli.
17. Zjawisko niezbędne do wytworzenia siły elektromotorycznej w pierścieniu miedzianym.
18. Rodzaj szumu szczególnie lubianego przez wielbicieli lampowego brzmienia.



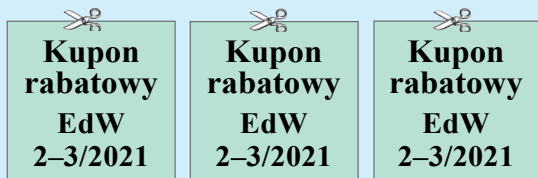
19. Komparator ... – rodzaj układu analogowego porównującego, z dwiema wartościami charakterystycznymi.
20. Charakterystyka tranzystora bipolarnego przydatna podczas doboru elementu do sterowania większym prądem.
21. Rodzaj rezystora, którego właściwości są pożądane w obwodach z wysokoprądowymi impulsami.

Autorem krzyżówki jest **Piotr Wójtowicz** z Wólki Bodzechowskiej. **Autor w nagrodę otrzymuje 9-miesięczną e-prenumeratę EdW.**

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

Uwaga!

Zniżki dotyczą wyłącznie zamówień osób prywatnych.



Rozwiązanie krzyżówki z EdW 11/2020 to ciąg następujących znaków: **x, 3, 4, x, x, 2, 1.**

Upominki w postaci kitów AVT otrzymują:

Agata Peruga – Poznań, **Marek Kowal** – Chorzów, **Ryszard Magdycz** – Wrocław.

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. **Krzyżówka2102-3Kowalski**. Listy powinny być opatrzone podobnym dopiskiem.

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

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

EdW 2–3/2021 – lista osób nagrodzonych:

Roman Baca.....Kraków
Andrzej Fryżlewicz.....Odrówąż
Jarosław Grabek.....Warszawa
Andrzej Jabłoński.....Warszawa
Janusz Kalina.....Banie
Jacek Konieczny.....Poznań
Jacek Kosecki.....Elk
Bartosz Kossowski.....Poznań
Marek Kowal.....Chorzów

Radosław Kukula.....Wrocław
Ryszard Magdycz.....Wrocław
Grzegorz Matusiak.....Dębinki
Andrzej Nowicki.....Warszawa
Agata Peruga.....Poznań
Marcin Przywara.. Czarna Sędziszowska
Patrik Rzońca.....Kraków
Andrzej Sprus.....Bytom
Krzysztof Smoliński.....Poznań

Maciej Stawski.....Orłowo
Tomasz Sukiennik.....Kraków
Andrzej Szulda.....Olsztyn
Krzysztof Tyminiński.....Lublin
Marcin Wierzbicki.....Nowa Wieś
Piotr Wójtowicz... Wólka Bodzechowska
Damian Ząbczyk.....Nowa Osuchowa

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

Zajrzyj do interesujących materiałów „Świat Radio” 2/2021

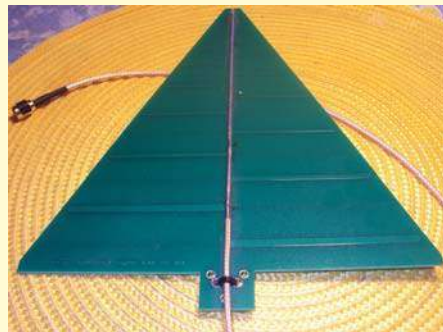


Transceivery QRP uSDX

uSDX jest nowym, fascynującym, wielopasmowym transceiverem typu open source, który wykorzystuje mikroprocesor ATmega328P firmy Atmel do cyfrowego przetwarzania sygnału w trybie odbioru i nadawania. Urządzenie jest wciąż rozbudowywane oraz udoskonalane i zdobywa coraz większą popularność wśród krótkofalowców na całym świecie.

Mikrofalowe anteny planarne

Anteny planarne składają się z jednego lub kilku promieników umieszczonych przed ścianką reflektora. Są to konstrukcje o niewielkich rozmiarach, niezwracające na siebie uwagi w takim stopniu jak anteny Yagi. Anteny takie są odporne na wpływy otoczenia, charakteryzują się znacznym zyskiem i dużą szerokością pasma.



Errare Humanum Est

EdW 12/2020

Str. 53 (Posłuszne iskiereki), kol. 1, wiersz 2 jest: diody D2 i D3 zabezpieczają..., powinno być: diody D1 i D2 zabezpieczają...

Uwagi nadesłał **Marian Gabrowski** z Polkowic.

Nadesłane zostały też uwagi dotyczące nazwy niemieckich lampowych magnetofonów szpulowych (EdW 1/2021, str. 63). Ich oryginalna nazwa to Smaragd, ale w Polsce powszechnie nazywane były Szmaragdami.

AVT 1510 Optyczna bariera laserowa

Barierę optyczną łatwo jest zastąpić pasywnym czujnikiem ruchu, lecz są takie obszary zastosowań, w których stosunkowo niewielki zasięg czujników jest często dużym problemem. Proponowane rozwiązanie bariery zapewnia zasięg rzędu kilkudziesięciu metrów. Układ jest łatwy, prosty w montażu i uruchomieniu.

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

Miernik LCR-T4 - tester tranzystorów, rezystorów, cewek, kondensatorów, diod i innych elementów



Tester elementów elektronicznych z dużym, czytelnym wyświetlaczem z powodzeniem przetestuje diody, rezystory, tranzystory, cewki itd. Dzięki niemu sprawdzisz większość elementów stosowanych w elektronice.

**Absolutny
niezbędnik
w warsztacie
majsterkowicza!**

Do miernika polecamy dedykowaną przezroczystą obudowę do samodzielnego złożenia. Przed montażem należy zdjąć papier ochronny!



ARD-6837 (miernik) 38zł
ARD-7919 (obudowa) 9zł

sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 51

KEY PRODUCENT AUTOMATYKI GRZEWOCZEJ

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

TANIE REGULATORY

DO KOTŁÓW WĘGLOWYCH I NA DREWNO

z wbudowanym termostatem pokojowym
zapewniającym komfort i oszczędność

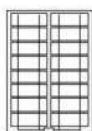


REGULATORY DO KOTŁÓW Z PODAJNIKIEM

REGULATORY POGODOWE

- Prosta obsługa, bogate możliwości programowania
- Możliwość dopasowania do każdego kotła i rodzaju paliwa
- Wysoka jakość
- Gwarancja 24 miesiące

www.pwkey.pl



**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

Preparat do konserwacji kabli Kabel Gleitspray NIGRIN art. 72228

Produkt specjalistyczny, zapobiega powstawaniu uszkodzeń na powierzchni kabli. Zmniejsza współczynnik tarcia na jego powierzchni, przez co ułatwione jest przekładanie kabla przez wszystkie rodzaje rur, osłon, peszli itp.



Spray 400ml

Wyprodukowano w Niemczech

IP-72228
20zł

sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 51

Latarka LED ze wskaźnikiem laserowym

- strumień świetlny 45lm
- obudowa z aluminium
- wymiary: Ø 28 x 110mm
- zasilanie: 3 baterie AAA



breitenstuhl®

25zł

1179890100

sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 51

Domowa stacja pogodowa UNI-T A12T
z sondą na przewodzie.

kod: A12T
cena: 45zł

Funkcje:

- zegar
- budzik z funkcją drzemki
- pomiar temperatury od -10°C do +50°C
- pomiar wilgotności od 10% do 99%
- pamięć min i max temperatury i wilgotności
- prognoza pogody na podstawie zmiany temperatury i wilgotności



sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 51

**Dodatkowe samochodowe lusterko boczne,
rozszerzające pole widzenia kierowcy
o tzw. martwe pole.**

- Lewe - montowane od strony kierowcy
- Kąt widzenia zwiększa się aż o 50%
- Aerodynamiczny kształt

ACFZJ-01
32zł (za 1 szt)



sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 51

Zestaw 30 szt. baterii guzikowych:

10x AG3 (LR41),
5x AG4 (LR626),
5x AG10 (LR1130),
10x AG13 (LR1154)

Zestaw zapakowany w blister.

Baterie z aktualnej produkcji - prosto od producenta, z długą datą ważności. Baterie everActive są przyjazne środowisku, są zgodne z europejską dyrektywą 2013/56/EU, nie zawierają szkodliwych substancji takich jak rtęć, kadm czy ołów.

AGMIX30BL 14,40zł



sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 51

Bezprzewodowa lutownica Weller BP865CEU

- zasilanie 4x bateria AA
- 2 temperatury pracy: 380°C i 480°C
- moc 6/8W
- masa 180g
- długość lutownicy 20cm

Doskonała do napraw i lutowania małych komponentów oraz do prac w terenie.

BP865CEU
170zł



Etui w zestawie

sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 51

Wysokiej jakości, ręczna opalarka na gorące powietrze z dwustopniową regulacją mocy i nadmuchu

Moc wyjściowa:

- poziom 1: 750W
- poziom 2: 1500W

Temperatura:

- poziom 1: 300°C
- poziom 2: 500°C

Przepływ powietrza:

- poziom 1: 280 L/min
- poziom 2: 480 L/min

Pro'sKit

W zestawie 4 dysze i skrobak.
Całość zapakowana w poręczną walizkę

SS-611B
122.20zł



sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 51

Pendrive IMRO AXIS

- USB 2.0
- pojemność 128GB

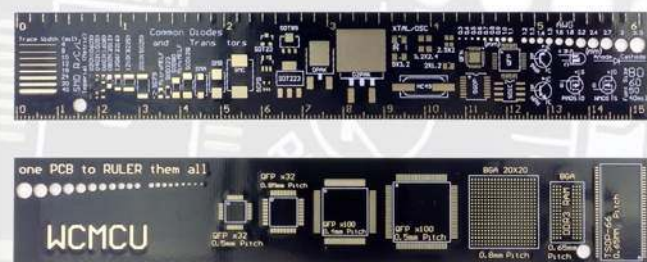


DPEN IMRO AXIS 128GB

64zł

sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 51

Dwustronna linijka PCB o długości 15 cm, wypełniona wieloma wzorami elementów PCB i innych.



NAR10167 9,50zł

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

Kable rozruchowe 1000A



długość 6m
waga 3.5kg

73zł kod handlowy: **01435**

sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 51

Cyfrowa, automatyczna ładowarka,
inteligentny prostownik do akumulatorów 6V i 12V
(żelowych / AGM / kwasowo-ołowiowych)



kod: N1014

95zł



- w pełni automatyczny 7 stopniowy cykl ładowania
- napięcie ładowania 7.3 V / 14.4 V / 14.7 V
- prąd ładowania 0.8 A $\pm$ 10 % / 3.0 A $\pm$ 10% / 4.0A $\pm$ 10%
- 4 programy ładowania (6V / 12V do 14Ah / 12V do 120Ah / 12V do 120Ah (zimowy)
- ochrona przed zwarcieniem, przeciążeniem, przegrzaniem i zmianą biegunowości
- wymiary 194 × 64.3 × 47 mm (dł. × sz. × wys.)
- waga 526 g



sklep.avt.pl

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

Encyklopedia elementów elektronicznych. Tom 1. Rezystory, kondensatory, cewki indukcyjne, przełączniki, enkodery, przekładniki i tranzystory

Autor: Charles Platt; Stron: 296; Oprawa: miękka; Kod: KS-210201

To książka przeznaczona dla początkujących i zaawansowanych elektroników, zarówno inżynierów, jak i hobbystów. Zawiera starannie zebrane, skompletowane, uporządkowane, a co najważniejsze, sprawdzone i potwierdzone informacje o elementach elektronicznych. Pierwszy z trzech tomów obejmuje informacje o podstawowych elementach, wykorzystywanych chyba we wszystkich projektach.

Rezystory, kondensatory, cewki indukcyjne, przełączniki, enkodery, przekładniki i tranzystory. Dokładne informacje o każdym komponencie: funkcja, działanie, rodzaje, wartości, stosowanie, możliwe błędy.

Absolutny niezbędny każdego elektronika: wiarygodny, kompletny, wyczerpujący!

**Encyklopedia elementów elektronicznych. Tom 2. Tyrystory, układy scalone, układy logiczne, wyświetlacze, LED-y i przetworniki akustyczne**

Autor: Charles Platt i Fredrik Jansson; Stron: 304; Oprawa miękka; Kod: KS-210202

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

Absolutny niezbędny każdego elektronika: wiarygodny, kompletny, wyczerpujący!

**Lutowanie od podstaw**

Autor: Witold Wrotek; Stron: 160; Oprawa miękka; Kod: KS-201000

Jeśli chcesz poznać technikę lutowania i nauczyć się prawidłowo stosować ją w praktyce, sięgnij po odpowiednie źródło wiedzy! Książka Lutowanie od podstaw krok po kroku wprowadzi Cię w tajniki sztuki łączenia elementów, przedstawi niezbędne narzędzia i dobre praktyki, nauczy unikać typowych błędów popełnianych przez początkujących oraz pokaże najlepsze sposoby lutowania różnych elementów elektrycznych i elektronicznych.

Nauczysz się też dzięki niej, jak wykonać proste prace elektryczne w swoim domu, a nawet jak naprawić typowe usterki występujące w urządzeniach AGD.

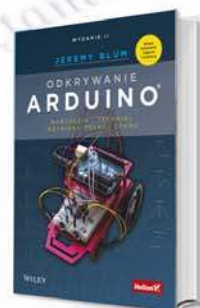
Zostań prawdziwym mistrzem lutownicy!

**Odkrywanie Arduino. Narzędzia i techniki inżynierii pełnej czaru. Wydanie II**

Autor: Jeremy Blum; Stron: 416; Oprawa miękka; Kod: KS-201100

Zaktualizowane i rozszerzone wydanie książki, dzięki której poznasz wybrane zagadnienia z dziedziny fizyki, elektroniki i cyfrowego projektowania. Omówiono też podstawy algorytmów i charakterystyczne dla Arduino koncepcje programistyczne. Znalazły się tu zaktualizowane projekty i nowe tematy, takie jak łączność bezprzewodowa czy silniki krokowe, oraz dużo więcej wiadomości związanych z elektrotechniką i projektowaniem produktu. Dowiesz się, jak łączyć ze sobą różne elementy, a także jak czytać schematy i w jaki sposób dobierać odpowiednią część dla konkretnego projektu.

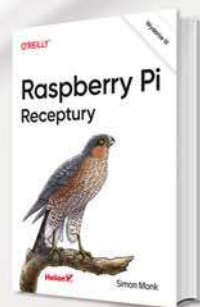
Arduino: oto świat łączący inżynierię i magię!

**Raspberry Pi. Receptury. Wydanie III**

Autor: Simon Monk; Stron: 528; Oprawa miękka; Kod: KS-200901

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

Raspberry Pi: morze możliwości dla inżyniera z pasją!





sklep.avt.pl

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

W sklepie internetowym:

sklep.avt.pl

W sklepie firmowym AVT:

Warszawa - Żerań
ul. Leszczynowa 11



Wypełniając poniższy formularz zamówienia

Formularz należy wysłać na adres:

AVT SPV Sp. z o.o.
03-197 Warszawa
ul. Leszczynowa 11



prześlij na adres:

AVT SPV Sp. z o.o.
03-197 Warszawa
ul. Leszczynowa 11

Miejsce na
kupon
rabatowy
EdW 12/2020

Miejsce na
kupon
rabatowy
EdW 1/2021

Miejsce na
kupon
rabatowy
EdW 2-3/2021

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] płytki drukowane PCB
- [UK] zaprogramowany układ
- [A+] płytki PCB i zaprogramowany układ
- [B] płytki 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

nr numer prenumeraty

Adres:

☐ wysyłka pobraniowa kurierem: 19zł



nr telefonu

e-mail

data

podpis

Magazyn **Holistic Health**



Misją magazynu jest popularyzacja medycyny holistycznej zajmującej się leczeniem człowieka, nie tylko jego chorób!

Szukaj w salonach prasowych oraz na www.UlubionyKiosk.pl - przesyłka GRATIS

Stacje lutownicze 80W

zakres regulacji temperatury: od 100°C do 420°C



RTC-24/80W 467zł

(cyfrowy odczyt temperatury)



RT-24/80W 320zł

(analogowy odczyt temperatury)



Lutownice



SL-230 235zł

70W; 230Vac;
regulacja temperatury



LERT-24 197zł

60W; 24Vac; bez złącza;
regulacja temperatury



LES-1 60W 166zł

LES-1 80W 166zł
24Vac; złącze DIN 6pin

Groty i akcesoria

groty	kod handlowy	L [mm]	D [mm]	T [mm]	W [mm]
stożkowe	GROT GD1 044	18	0,4		
	GROT GD1 045	18	0,8		
	GROT GD1 046	18	1,2		
	GROT GD1 047	25	0,4		
	GROT GD1 048	25	0,8		
ścięte dwustronnie	GROT GD2 049	18		0,8	2,4
	GROT GD2 050	18		1,2	3,2
	GROT GD2 051	25		0,4	1,6
	GROT GD2 052	25		0,8	2,4
ścięte jednostronnie	GROT GD3 053	18	1,6		
	GROT GD3 054	18	2,4		
	GROT GD3 055	18	4,0		
	GROT GD3 056	25	1,6		
	GROT GD3 057	25	2,4		



Groty GD - cena za 1 sztukę: 19zł

Grot ART: 30zł

PODST PL-2 (podstawa pod LES-1) 62,50zł

PODST PL-3 (podstawa pod LERT-24, SL-230) 62,50zł

Gąbka Elwik: 6,50zł

Grot ART 8mm, skośnie ścięty, przeznaczony do lutowania witraży.

