

ELEKTRONIKA

dla wszystkich

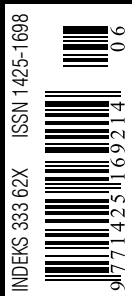
6/2021 CZERWIEC • CENA 13,90 zł (w tym 8% VAT)

www.elportal.pl

Ploter – robot artysta

Panorama audio

- ▶ Sieci energetyczne dla elektroników
- ▶ REWelacja, czyli precyzja komputerowej karty dźwiękowej
- ▶ Silniki prądu stałego – Hamowanie impulsowe?
- ▶ Filozofia sieci – Protokół IP/ICMP
- ▶ Czym się różni wróbelek?
– Transformatory sieciowe
- ▶ Droga do RRIO – Niedoskonałość wzmacniaczy
- ▶ Modułowe mierniki napięcia i prądu stałego
- ▶ Odkrywamy schematy – KA3511
- ▶ Słuchawkowy wzmacniacz lampowy
Opis najczęściej stosowanych lamp
- ▶ Felieton: Jubileusz 25-lecia EdW
Moja przygoda z elektroniką i EdW
- ▶ Izolowany galwanicznie mostek USB-I2C
- ▶ Generator losowych dźwięków



Drukarki 3D
filamenty, części zapasowe



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

Portale branżowe
[AutomatykaB2B.pl](#)
[ElektronikaB2B.pl](#)

**Miejsca dla
specjalistów**



artronic
OPTOELEKTRONIKA
www.artronic.pl

FIRMA PIEKARZ
CZĘŚCI ELEKTRONICZNE

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

www.piekarz.pl

Interesujesz się elektroniką lub automatyką?

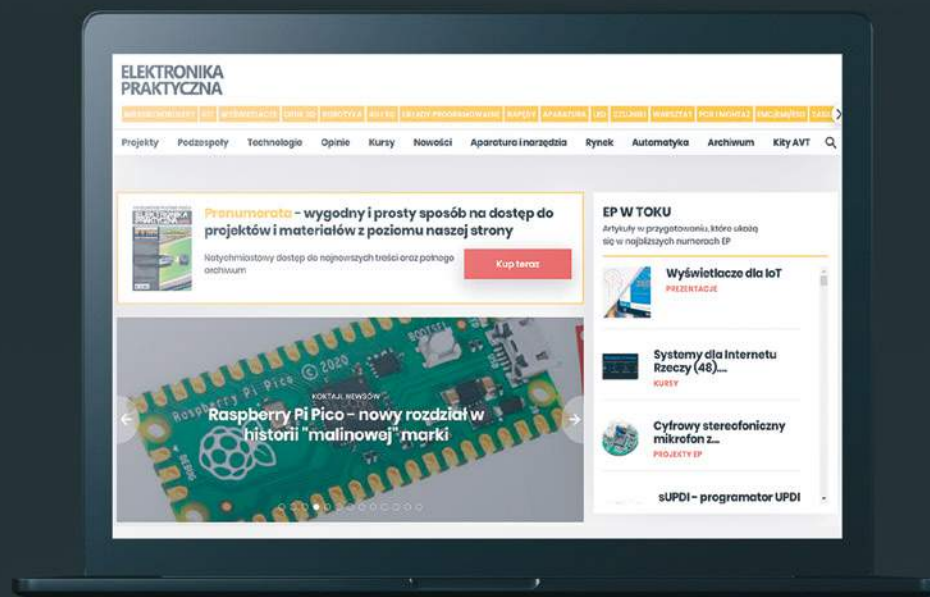
Tych stron nie możesz przeoczyć!



PORTAL BRANŻOWY
AutomatykaB2B

**ELEKTRONIKA
PRAKTYCZNA**

PORTAL BRANŻOWY
ElektronikaB2B

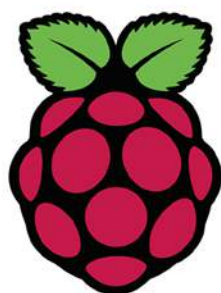


ep.com.pl • elektronikab2b.pl • automatykab2b.pl

Raspberry Pi 400

Raspberry Pi 400 to potężny, łatwy w użyciu komputer wbudowany w zgrabną i przenośną klawiaturę.

Wyposażony jest w czterordzeniowy 64-bitowy procesor, 4 GB pamięci RAM, sieć bezprzewodową, 2 wyjścia micro HDMI (możliwa praca z dwoma wyświetlaczami i odtwarzanie wideo 4K), 2 porty USB 3.0, port USB 2.0 a także 40-pinowe złącze GPIO.



Kod handlowy: RASP0015

W zestawie:

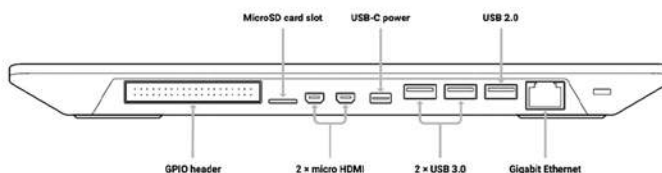
- Komputer z amerykańskim układem klawiatury (US)
- Kabel micro HDMI - HDMI
- Mysz
- Zasilacz
- Karta SD z fabrycznie załadowanym systemem operacyjnym Raspberry Pi.
- Oficjalny przewodnik dla początkujących w formie drukowanej publikacji (w j. angielskim)



sklep.avt.pl



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



Firmy
prezentujące
swoje oferty
w niniejszym
wydaniu EdW



ARTRONIC..... 1



ELMAX..... 19



FERYSTER..... 51



PIEKARZ..... 1, 29

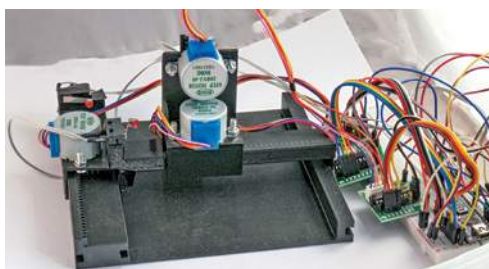


PRODUCENT AUTOMATYKI GRZEWCZEJ

PW KEY..... 47



SEMICON..... 35



str. 18

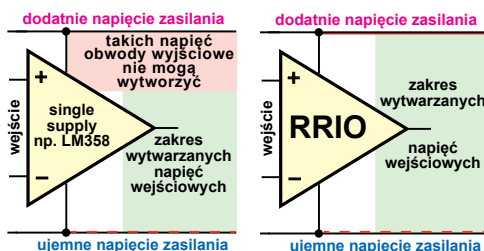
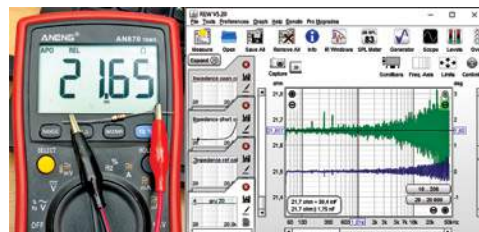
Ploter – robot artysta

Co mogłoby się stać, gdyby dać komputerowi długopis do ręki? Możesz to sprawdzić! Wystarczy jedynie kilka silników i Arduino. A część mechaniczną można z powodzeniem wykonać na zamówienie na drukarce 3D.

str. 32

REWelacja, czyli precyzja komputerowej karty dźwiękowej

Opisywana niedawno przystawka pomiarowa oraz nowsze wersje programu REW pozwalają uwzględnić dodatkowe szkodliwe czynniki i mierzyć między innymi impedancję z zaskakująco dużą dokładnością



str. 34

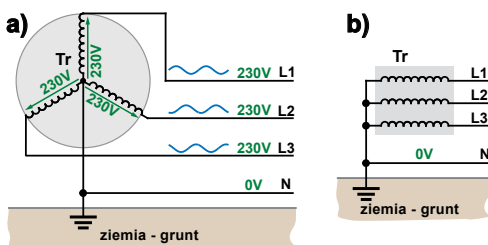
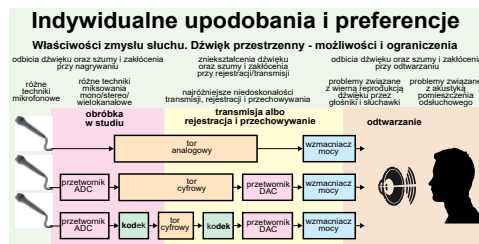
Droga do RRIO, czyli wzmacniacze operacyjne (nie tylko) dla początkujących

Zaczynamy omawiać ogromnie ważne kwestie niedoskonałości wejścia, wnętrza oraz wyjścia wzmacniaczy operacyjnych, czyli wiadomości niezbędne dla każdego prawdziwego elektronika.

str. 54

Panorama audio

Technika audio gwałtownie się rozwija. Nie zawsze rozwój dotyczy polepszenia parametrów elektroakustycznych, a często polega jedynie na zwiększeniu mobilności. Jak się nie zgubić w lawinie opisów i skrótów? Odpowiedzią może być Panorama audio.



str. 56

Sieci energetyczne dla elektroników

Sieci energetyczne prądu zmiennego 230V 50Hz wydają się beznadziejnie proste w porównaniu z układami elektronicznymi. Wniknięcie w szczegóły pokazuje, że wcale nie jest to tak oczywiste, jak się wydaje.

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



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

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

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

Korespondencja elektroniczna:

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

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

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

uwagi do rubryki Errare:
errare@elportal.pl

Prenumerata:

W Wydawnictwie AVT
tel: (22) 257 84 22
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 Pędziom
Michał Stach
Szymon Trygar
Adam Sobczyk
Piotr Świerczek
Piotr Wójtowicz

Czerwiec

6 (305)

Projekty

Projekty AVT

Ploter – robot artysta	18
Izolowany galwanicznie mostek USB-I2C, część 2.....	22

Elektronika 2000

Generator losowych dźwięków.....	52
----------------------------------	----

Szkoła Konstruktorów

Zadanie główne 303

Zaproponuj zastosowanie elektroniki do kontroli procesu kompostowania.....	39
---	----

Rozwiązanie zadania głównego 298

Zaproponuj układ związany z awaryjnym zasilaniem zamrażarki, lodówki lub pompy obiegowej centralnego ogrzewania.....	40
---	----

Druga klasa Szkoły Konstruktorów Co tu nie gra? 303, 298.....	44
--	----

Trzecia klasa Szkoły Konstruktorów Policz 303, 298.....	48
--	----

Artykuły różne

Felieton: Jubileusz 25-lecia EdW.

Moja przygoda z elektroniką i EdW, część 2	16
--	----

Silniki prądu stałego, część 11.....	26
--------------------------------------	----

Filozofia sieci. Protokół IP/ICMP, część 1	27
--	----

Czym się różni wróbelek? Czyli o niedoskonałości elementów	
--	--

Część 6 – Transformatory sieciowe.....	30
--	----

REWelacja,

czyli precyzja komputerowej karty dźwiękowej, część 2.....	32
--	----

Droga do RRIO, czyli wzmacniacze operacyjne	
---	--

(nie tylko) dla początkujących – część 6.....	34
---	----

Modułowe mierniki napięcia i prądu stałego, część 4	37
---	----

Panorama audio.....	54
---------------------	----

Sieci energetyczne dla elektroników, część 1.....	56
---	----

Odkrywamy schematy. Zasilacze komputerowe, część 9	60
--	----

Słuchawkowy wzmacniacz lampowy.

Opis najczęściej stosowanych lamp	64
---	----

Rubryki stałe

Nowości, ciekawostki	6
----------------------------	---

Prenumerata	8
-------------------	---

Poczta	10
--------------	----

Skrzynka porad	13
----------------------	----

Księgarnia AVT.....	43
---------------------	----

Oferta handlowa AVT	70
---------------------------	----

Konkursy

Co to jest?	59
-------------------	----

Krzyżówka	66
-----------------	----

Jak to działa?.....	68
---------------------	----



Czerwiec

Na okładce czerwcowego numeru wyładował **Ploter**, zrealizowany w bardzo prosty sposób z użyciem Arduino. Oczywiście jest to zabaweczka, ale artykuł polecam uwadze wszystkich. Autor pokazuje, jakie możliwości ma współczesny hobbysta elektronik – ograniczeniem jest tylko pomysłowość. A kwestie mechaniczne można dziś rozwiązać, wykorzystując wydruki z drukarki 3D. Nie trzeba mieć własnej drukarki 3D, bowiem jak świadczą dane z artykułu, potrzebne detale w przystępnych cenach można zamówić w profesjonalnych zakładach usługowych.

Także i w tym numerze znajdziecie szereg cennych, wartościowych i robiących wrażenie materiałów, w tym drugą część intrygującego autobiograficznego felietonu Rafała Wiśniewskiego, Autora niesamowitego projektu sprzed roku – Kalkulatora TTL.

Bardzo się cieszę, że wreszcie udało się rozpocząć od dawna zapowiadany i długo leżący w poczekalni cykl **Sieci energetyczne dla elektroników**. Zaczynamy od podstaw i od historii, a potem będziemy wgłębiać się w trudniejsze szczegóły.

Także w tym numerze na stronie 54 znajdziecie niecodzienny artykuł dotyczący inicjatywy **Panorama audio**. Wprawdzie mamy w EdW cykl o wzmacniaczach audio klasy D, poruszamy różne wątki związane z tematyką audio, ale być może trzeba zająć się systematycznie uzupełnianiem i porządkowaniem wiedzy na temat współczesnej techniki audio. Los tej inicjatywy leży w Waszych rekach: **czy chcecie w EdW artykułów porządkujących wiedzę na temat szeroko pojętej techniki audio? Jakie zagadnienia związane z technicznymi i nietechnicznymi aspektami techniki audio interesują Ciebie?** Napisz!

Nieustannie zachęcam do kontaktów z redakcją! Bardzo się cieszę, że w rubryce **Poczta** w każdym miesiącu możemy zamieścić wiele interesujących listów. Jak zawsze zapraszam do lektury, a także do udziału we wszystkich konkursach EdW, w szczególności w **Szkole Konstruktorów**.

Serdecznie pozdrawiam

Piotr Górecki



**Prenumerata
– naprawdę warto!**

SŁUCHAWKI OD XIAOMI

Xiaomi nie zwalnia tempa i zapowiada premiery kolejnych urządzeń. Tym razem chodzi o nowe słuchawki, prawdziwie bezprzewodowe. Mi FlipBuds Pro to propozycja dla bardziej wymagających użytkowników. Ma nie zabraknąć aktywnej redukcji szumów ANC, jak i długiego czasu pracy.

Popularność słuchawek bezprzewodowych rośnie z roku na rok. Pokazują to statystyki i raporty, a użytkownicy po prostu doceniają wygodę braku kabla. Nie da się też ukryć, że trend ten wspomagany jest przez politykę wiodących firm produkujących smartfony, które w swoich najlepszych urządzeniach nie decydują się na obecność złącza słuchawkowego audio jack 3,5mm.

Dokładna specyfikacja urządzenia nie jest jeszcze znana. Wiemy jednak na pewno, że główną zaletą słuchawek ma być obecność aktywnej redukcji szumów (ANC), która ma być zdolna do redukcji hałasów na poziomie nawet 40dB. Producent zdecydował się na udostępnienie kilku renderów, pokazujących zarówno same słuchawki jak i etui ładujące.

Biorąc pod uwagę obecną politykę firmy premiera tego modelu będzie najprawdopodobniej światowa i będziemy mogli kupić go również w Polsce w cenie z pewnością poniżej 1000zł.



KOLEJNY „PRZEŁOM” W TECHNOLOGII BATERII

O kolejnych przełomach w technologii baterii wielokrotnie usłyszymy regularnie. Za każdym razem naukowcy i badacze obiecują, że to „już teraz”. Potem okazuje się, że nowa technologia albo jest zbyt droga, albo ogień mimo dużej pojemności bardzo szybko się degraduje.

Japońscy naukowcy postanowili popracować właśnie nad tym aspektem – żywotność połączona z wysoką pojemnością. Jednym z głównych wyzwań dla anod grafitowych jest złuszczenie się szkieletu grafitowego podczas długich cykli przy wysokim natężeniu prądu. Prowadzi to do stopniowego zaniku pojemności. PVDF jako obecnie szeroko stosowane spoiwo nie sprawdza się najlepiej – niestety, jego nieprzewodzący charakter, powolne rozpuszczanie się w elektrolicie i słaba przyczepność do kolektora prądu ograniczają jego użyteczność jako solidnego spoiwa dla akumulatorów litowo-jonowych o długim cyklu życia.



NOWE IMAKI

Kolory wróciły! Starsze pokolenia pewnie pamiętają kolorowe Maki, które były w swoim czasie tak różne od całkowicie nudnych i generycznie projektowanych „pecetów”. Nowy iMac, podobnie jak najnowszy MacBook Air, MacBook Pro i iMac mini, został wyposażony w procesor Apple M1, który oparty jest na architekturze ARM. Pod względem designu mocno czerpie z iPada Air oraz iPhone’ów 12, ponieważ jego obudowa nie jest zaokrąglona, tylko ma płaskie krawędzie, połączone pod kątem prostym.

Apple w kwestii wzornictwa wróciło do lat dziewięćdziesiątych – nowy iMac 2021 dostępny będzie w siedmiu intensywnych i zwracających uwagę kolorach. Warto także zauważyć, że obudowa komputera jest bardzo wąska, co udało się uzyskać dzięki zastosowaniu procesora Apple M1 (architektura ARM), który integruje wiele komponentów, dzięki czemu można zmniejszyć gabaryty urządzenia w niego wyposażonego i zminimalizować emisję ciepła.

iMac 2021 zaoferuje również do czterech portów USB-C (w tym dwa Thunderbolt). Apple stworzyło też nową klawiaturę Magic Keyboard z dedykowanym klawiszem do emoji oraz czytnikiem linii papilarnych Touch ID. Zarówno ona, jak też nowa mysz i touchpad będą dostępne w podobnych kolorach jak sam komputer (w sumie producent przygotował aż siedem).

Cena? Dzięki zastosowaniu własnego procesora jest zaskakująco niska jak na iMaki – podstawowy model kupimy już za 6800zł.



Japończycy przeprowadzili szereg badań, z których wynika, że po 500 cyklach ładowania obecne baterie Li-Ion mają tylko około 65-70% swojej pierwotnej pojemności. Każdy z nas z pewnością tego doświadczył – roczny czy dwuletni sprzęt nie działa tak długo na jednym ładowaniu jak wtedy kiedy był nowy.

Kilkuosobowy zespół badawczy postanowił zmienić materiał wiążący i sprawdzić efekty. W miejsce PVDF podano sprzężony kopolimer bis-imino-acenaftenochinonu-parafenyleny (BP) jako alternatywny materiał wiążący dla anody grafitowej. Badania wykazały, że anodowe półogniwa oparte na spoiwie BP przewyższały ich odpowiedniki na bazie PVDF.

Nowy materiał wykazał doskonałą wydajność – po 1735 długich cyklach nowa bateria zachowała 95% swojej oryginalnej pojemności. Czy ta technologia ma szansę trafić do produkcji?

LEICA W KOLEJNYCH SMARTFONACH

Współpraca firm produkujących aparaty fotograficzne i obiektywy z producentami smartfonów już nikogo nie dziwi. Wdzieliśmy urządzenia z logo Carl Zeiss, Hasselblad czy Leica. I to właśnie ta ostatnia firma rozszerzyła ostatnio swoją współpracę, przestając być wyłącznym partnerem Huawei.

Tym razem partnerem niemieckiego producenta został japoński Sharp, ale poza wyglądem nowego modelu Aquos o samym aparacie wiemy niewiele. W przypadku współpracy z Huawei Leica odpowiadała nie tylko za algorytmy przetwarzania obrazu, ale – według deklaracji obu stron – również za pomoc w skonstruowaniu optyki, która dobrze współpracuje ze stosunkowo dużym sensorem.

Największym zarzutem wobec takiej współpracy jest jej pozorność. Wielu ekspertów twierdzi, że bardziej chodzi tu o dodatkowe logo i markę, niż o rzeczywistą współpracę w zakresie rozwoju technologii matryc czy soczewek.

Prezes Leiki powiedział jednak jasno, że czerwone logo zobowiązuje i nigdy nie będzie jedynie chwytem marketingowym. Patrząc na jakość zdjęć i postęp, jaki w ostatnich latach zrobił Huawei, wypada w te słowa wierzyć.

Smartfon Aquos R6 ma zadebiutować w czerwcu, na razie tylko w Japonii, gdzie marka Leica jest ceniona od dawna, mimo że to z tego kraju pochodzą wielcy producenci aparatów, tacy jak Sony, Canon, Nikon czy Fujifilm.



ELEKTRYCZNY HARLEY?

Elektromobilność kojarzona jest głównie z małymi samochodami osobowymi, ale coraz częściej to również jednoślady. Firma Harley-Davidson, jeden z bardziej rozpoznawalnych producentów motocykli, często naprawdę głośnych, zamierza mocniej wejść w świat silników „bezemisyjnych” i cichego przemieszania się. Niektórzy nazwą to profanacją, ale marka zdaje sobie sprawę, że to prawdopodobnie jedyny właściwy kierunek, szczególnie biorąc pod uwagę zmiany w ustawodawstwie wielu krajów, które w nieodległej przyszłości planują całkowitą rezygnację z pojazdów na paliwa kopalne.

Harley-Davidson pokazał już elektryczny model o nazwie LiveWire. Nie był to jednak tylko eksperyment. Co więcej, wspomniana nazwa posłużyła do stworzenia nowej marki motocykli elektrycznych, która w niedalekiej przyszłości najpewniej będzie składać się z przynajmniej kilku różnych pojazdów.

Prezes firmy zapowiedział, że „mając misję bycia najbardziej pożądaną marką motocykli elektrycznych na świecie, LiveWire będzie pionierem motocykli przyszłości, w pogoni za miejską przygodą i nie tylko. LiveWire planuje również wprowadzać innowacje i rozwijać technologię, która będzie miała zastosowanie w motocyklach elektrycznych w dalszej perspektywie.”

Czekamy na pierwsze informacje o maksymalnym zasięgu takiego pojazdu.



INTEL DO GIER

Do niedawna największy producent procesorów, Intel, zaprezentował nową linię mobilnych układów Intel Core H jedenastej generacji o oznaczeniu kodowym „Tiger Lake-H”. Wśród nich znajduje się – według deklaracji producenta – najlepszy na świecie procesor do laptopów do gier.

Mobilne procesory tej generacji z linii Intel Core H bazują na 10-nm procesie technologicznym SuperFin, mają nawet osiem rdzeni i 16 wątków oraz mogą osiągnąć jedno- lub dwurdzeniową wydajność w trybie Turbo do 5,0GHz. Co więcej, CPU może uzyskać bezpośredni dostęp do szybkiej pamięci GDDR6 na karcie graficznej, dzięki czemu gracze mają doświadczyć większej liczby klatek na sekundę i jednocześnie mniejszych opóźnień. Producent zapewnia też, że duże tekstury będą ładowane szybciej. Mobilne procesory 11.



generacji z tej serii oferują 2,5× większą przepustowość PCIe do CPU w porównaniu z układami 10. generacji z tej samej linii oraz aż trzykrotnie wyższą przepustowość w porównaniu do podobnych procesorów innych producentów.

Najsilniejszym układem z rodziny Tiger Lake-H jest Intel Core i9-11980HK, który sam producent określa „najlepszym

na świecie procesorem do laptopów do gier” – to właśnie on potrafi pracować przy częstotliwości taktowania na poziomie nawet 5,0GHz.

Najnowsze procesory Intela znajdują się w ponad 80 modelach laptopów, skierowanych do różnych grup klientów, a ich ceny dla producentów OEM sprawią, że na pewno nie będzie to sprzęt dla wszystkich.

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.

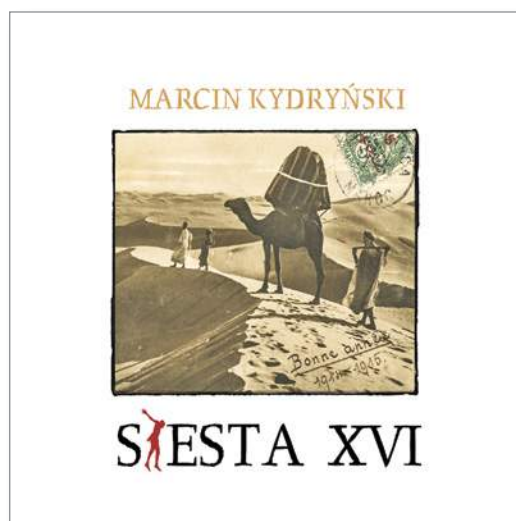
Twoje dane osobowe przekazujemy Poczcie Polskiej, która dostarcza do Ciebie przesyłki. Bez Twojej zgody nie prześlemy i nie będziemy dokonywać obrotu (nie użyczymy, nie sprzedamy) Twoich danych osobowych innym osobom lub instytucjom. Twoje dane osobowe możemy przekazać jedynie podmiotom

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 zgodę na przetwarzanie Twoich danych osobowych oraz możesz zażądać, by Twoje wszystkie dane zostały przez nas usunięte.

...i korzystaj Z PRZYWILEJÓW

prezent za zaprenumerowanie magazynu



Każdorazowo opłacenie prenumeraty jest premiowane prezentem.

W tym numerze są do wyboru dwie płyty:

- Ennio Morricone „Morricone Segreto”
- „Siesta XVI” (various artists)

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

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

Dzień dobry! Ostatnio (...) jest dużo zachęt, żeby pisać listy do EdW, co ma być w następnych numerach (...) Mnie chodzi o Szkołę Konstruktorów. Nie przysyłam rozwiązań, ale bardzo cenię i dokładnie czytam wszystkie trzy zadania. Uważam, że są bardzo pożyteczne. Sam się z nich dużo nauczyłem. Ostatnio zauważyłem, że zadania szkoły głównej są bardziej konkretne i dotyczą różnych dziedzin życia, a wcześniej były bardziej ogólne. Podoba mi się to i dlatego postanowiłem napisać, żeby nadal były takie zadania, jak rozwiązać jeden dany problem. To mogą być nawet drobne problemy i są dla mnie ciekawe, nawet jak mnie nie dotyczą. Liczy się, jakie są różne sposoby, aby dany problem rozwiązać. (...) czytam, że ktoś to tak rozwiązał, a ja bym (...) nie wpadł na taki pomysł.

Oprócz tego mam pytanie, czy można by jako zadania główne dawać pytania, jak pomysłowo zastosować różne moduły, jakie teraz można tanio kupić? Bo moduł jest gotowy, tylko do czego i jak go zastosować? Ktoś może mieć pomysł, a ktoś inny będzie miał dużo lepszy. I szkoda by było, żebym ja coś wymyślił prostego, a ktoś inny to samo zastosuje dużo lepiej. Już takie coś miałem i szkoda się napracować, jak można to zrobić dużo lepiej. Dlatego pytam, czy w szkole głównej można by dawać zadania o zastosowaniu różnych modułów. Podam jeden przykład (...) Są moduły na 230V, co pokazują napięcie, prąd, moc i zużywanie energii, a trochę droższe też PF, czyli kosinus fi. Widziałem też taki, co ma odczyt na telefonie (...) Pozdrawiam wszystkich

Marek

Marek przedstawił ważną sugestię dotyczącą konkretnych zadań oraz znakomitą propozycję nie jednego zadania, tylko serii zadań głównych dotyczących interesującego zastosowania różnych gotowych modułów! Już w następnym, lipcowym numerze nadesłana propozycja zostanie wykorzystana jako zadanie główne.

Przy okazji prośba: czy i Ty napiszesz (edw@elportal.pl lub na stronie <https://bit.ly/35jjuYN>), co sądzisz o zacytowanym liście? Co sądzisz o wszystkich trzech klasach Szkoły Konstruktorów? Czy Twoim zdaniem należałoby w niej coś zmienić? A co pozostawić dokładnie tak jak jest? Czekamy także na Twój głos w tej sprawie!

(...) Jestem czytelnikiem i prenumeratorem EdW, mam prenumeratę jeszcze do końca roku.

Przykro mi stwierdzić, ponieważ przez kilka lat byłem zwoleńnikiem EdW, ale ostatnimi czasy jakoś merytoryczna pisma obniżyła się. Nie jest to tylko moje zdanie, ale to samo słyszę od znajomych, ale to zapewne w redakcji widać po liczbie sprzedawanego nakładu.

Jest wiele ciekawych tematów, które jak sądzę zainteresowałyby czytelników. Czy nie warto zamieścić serii artykułów o tym, jak zbudować inteligentny dom?

Chociaż była seria artykułów na ten temat, i teoria była OK, ale teraz to opiera się na trochę innych rozwiązaniach. Tym bardziej, że opisane kity nie były dostępne.

Może warto przedstawić rozwiązania oparte na Domoticzu, przedstawić gotowe rozwiązania takich producentów jak Sonoff czy też omówić rozwiązania na ZigBee.

Pozdrawiam

KP

Bardzo cenimy tego rodzaju listy! Dla redakcji ogromnie ważne są też informacje, co się nie podoba i czego w EdW brakuje. Odnosnie do tematyki Smart Home i Domoticza – komentarz po następnym liście.

Witam

Na wstępie chciałbym pozdrowić całą Redakcję! W styczniowym numerze EdW w rubryce Poczta ukazał się mój list dotyczący kursów prowadzonych na łamach EdW. Publikacja listu skłoniła mnie do napisania odpowiedzi, co ja bym chciał, by było publikowane.

Jestem gorąco za Radiową Oślą Łączką. Dla mnie jest to dział elektroniki zakrawający na magię, a bardzo chciałbym się choć trochę tej magii nauczyć. Cieszę się, że wciąż jest obecna tematyka sieci komputerowych. Jeszcze kilka lat temu było to dla mnie coś zupełnie niezrozumiałego, a teraz, zdaje się, zaczynam to wszystko składać w jedną

całość. Chciałbym, by cykl o przetwornicach i silnikach był dalej kontynuowany. Za bardzo trafiony uważam też cykl dotyczący paneli fotowoltaicznych i MPPT. Co do tematyki Arduino mam mieszane odczucia. Dla mnie bardziej wartościowe byłoby pokazanie, jak zrobić dobrą aplikację bez „delayów”, zamiast opisywania poszczególnych peryferiów. Mogłoby się pojawić troszkę więcej o programowaniu obiektowym itp. W lutowo-marcowym wydaniu był w Począ list o podobnej treści dotyczący kolejnego kroku po procesorach ośmiobitowych. Uważam, że warto byłoby się nad tym pochylić. Może niekoniecznie w postaci szczegółowego cyklu programowania, bo na ten temat jest mnóstwo książek, ale może pod kątem tego, jaki powinien być ten następny krok.

Z wykształcenia jestem elektrykiem, więc tematyka dotycząca sieci zasilających 230V jest dla mnie mniej interesująca, ale chętnie zobaczę ją w EdW. Bardzo pożyteczna jest też Szkoła Konstruktorów. Szczególnie druga i trzecia klasa mnie osobiście nauczyły bardzo, bardzo dużo. Jest tam wiedza, jakiej nie znajdziemy w żadnej książce. To trochę jak nauka u boku mistrza. W jednym z ostatnich numerów przy okazji rozwiązania zadania ze Szkoły Konstruktorów pojawiło się pytanie dotyczące problemu mas na płytkach PCB. Ja chętnie dowiedziałbym się czegoś więcej na ten temat.

Mnie osobiście marzy się też tematyka dotycząca automatyki przemysłowej, a w szczególności regulatorów PID.

Jak widać, tematyka jest bardzo szeroka i zapewne inne osoby mają zupełnie inne zapotrzebowania. Dla mnie najtrudniejsze jest określenie proporcji, w jakich miałyby się to pojawiać. Na pewno nie da się tego wszystkiego zrobić naraz. Pewnie trzeba określić jakieś priorytety i je realizować. I tak wydaje mi się, że ostatnio EdW migruje w stronę większej edukacji swoich czytelników w stosunku do publikacji gotowych projektów. Mnie taki trend cieszy.

Serdecznie wszystkich pozdrawiam i życzę dużo zdrowia, siły i wytrwałości w codziennej pracy.

Maciej Zieliński

Autora listu cieszy niezaprzeczalny fakt, że EdW migruje w stronę większej edukacji. Jednak dla innych Czytelników większa ilość materiałów edukacyjnych, a mniejsza liczba projektów jest wadą. Cóż, coraz mniej osób realizuje projekty tak, jak to było przed laty.

Przy okazji zachęcamy do nadsyłania projektów do publikacji! To od Was zależy, ile ich będzie w EdW. Wskażcie też, jakie projekty należałoby zaprezentować na łamach EdW, by Was zadowoliły.

A jeżeli chodzi o edukację, to Radiowa Ośła Łączka powstała, ale to ogromny i trudny temat, więc trzeba jeszcze trochę poczekać. Najpierw ukaże się jako projekt główny opis miernika NanoVNA. To właśnie próba przystępnego wyjaśnienia działania i licznych zastosowań tego tajemniczego przyrządu była impulsem do kolejnej próby podejścia do Radiowej Oślej Łączki.

Cykl o przetwornicach jest kontynuowany w postaci artykułów Karola Świerca. Andrzej Pawluczuk pracowicie wtajemnicza nas w zawłości protokołów internetowych i co bardzo ważne – pokazuje dokładnie, jak można to zrobić na poziomie mikroprocesora.

Trudny temat mas, nie tylko na płytkach PCB, w naturalny sposób zostanie przynajmniej po części omówiony

w cyklu Czym się różni wróbelek?, gdy będziemy badać kolejne niedoskonałości realnych elementów. A obwód masy nigdy dokonały nie jest, zwłaszcza jeśli chodzi o układy precyzyjne oraz szybkie, impulsowe oraz te pracujące przy wysokich częstotliwościach.

Aktualnie na publikację czeka 6, przeważnie dwustronnych, odcinków cyklu MPPT, 4 odcinki cyklu o wzmacniaczach klasy D, 9 odcinków cyklu o silnikach DC i 5 odcinków cyklu o jednofazowych silnikach indukcyjnych 230V 50Hz. Od szeregu miesięcy na publikację czekają gotowe pierwsze odcinki cyklu o sieciach energetycznych. Jeszcze dłużej czeka na publikację trzyodcinkowy artykuł o elektronicznych pomiarach współczynnika pH, który może uda się niedługo puścić w związku z coraz większym zainteresowaniem „elektroniką rolniczą”.

Mieszane odczucia co do tematyki Arduino ma nie tylko Autor listu. Jednak kwestie dotyczące pisania wysokiej jakości programów są ogromnie szerokie i wykraczają poza ramy EdW. W grę wchodziłoby ewentualnie podjęcie współpracy z jakimś czasopismem dotyczącym programowania i równoległego publikowania powiązanych ze sobą wątków sprzętowych i programistycznych. W Warszawie wydawane są dwa takie czasopisma. Może to byłoby sensowne rozwiązanie?

A jeżeli chodzi o hardware, to pozostaje kwestia przejścia na mocniejszy sprzęt. Czy po prostych modułach Arduino ze skromniutkim ATmega328P należałoby przejść na ESP32? Czy może na moduły z procesorami STM?

A może na jedno i drugie, ale z wykorzystaniem programowej części Arduino i jego kulawych bibliotek?

To akurat najprawdopodobniej rozstrzygnie się samoczynnie. Jak pisaliśmy w jubileuszowym numerze styczniowym, trwają prace nad cyklem dotyczącym inteligentnego domu (Smart Home). Jeden poważny problem to ogromny zakres informacji do przedstawienia. Tylko pozornie sprawę rozwiązują gotowe moduły typu Sonoff (skądinąd bardzo sensownie zrobione i oprogramowane, bo nowsze modele mają też pożyteczny tryb DIY, który nie wymaga przeprogramowania modułu ESP). Jeżeli chodzi o Domoticza, na pewno trzeba go omówić, ale wiele wskazuje, że lepszą drogą jest wykorzystanie Home Assistant, który tylko na początku jest nieco trudniejszy do opanowania od bałaganiarskiego Domoticza. I właśnie Home Assistant i Domoticz pozwolą wrócić do Arduino, a zapewne też wykorzystać ESP32, ewentualnie moduły z STM. A do tego wypadałoby dodać wykorzystanie Pythona. Wszystko w ramach tematyki inteligentnego domu.

Największy problem jest z automatyką przemysłową, a nie domową. Tu trzeba byłoby kogoś spoza grona redakcyjnego, kto podjąłby się trudnego zadania polegającego na przystępnym wprowadzeniu w aktualne rozwiązania automatyki przemysłowej, w tym wykorzystania i oprogramowania sterowników. Kiedyś próbowaliśmy znaleźć autora takiego cyklu, ale jakoś nie udało się sfinalizować planów. Wtedy planowaliśmy kurs w dużym stopniu praktyczny, zakładający wykorzystanie jakiegoś niedrogiego sterownika przemysłowego. W ostatnich latach sytuacja się zmieniła i chodziłoby raczej o przedstawienie nie kursu programowania sterowników przemysłowych, tylko ogólnego obrazu, jak automatyka przemysłowa realizowana jest dziś. Może ktoś z Czytelników podjąłby się takiego zadania?

Dzień dobry

W zeszłym roku na łamach „Elektroniki dla Wszystkich” publikowany był bardzo ciekawy cykl artykułów poświęcony sterowaniu tranzystorami MOSFET. Niestety cykl ten został dość niespodziewanie przerwany (ostatni artykuł pojawił się w czerwcu 2020 r.).

Czy redakcja EdW planuje wznowienie tego cyklu?

Pozdrawiam
Tomasz Gamrat

Cykl opisywał sprawy dość znane, a w redakcyjnej pocztce nie było odzewu, więc został wyparty przez inne tematy i zawieszony. Jeżeli interesuje znaczne grono Czytelników, oczywiście może zostać wznowiony (edw@elportal.pl).

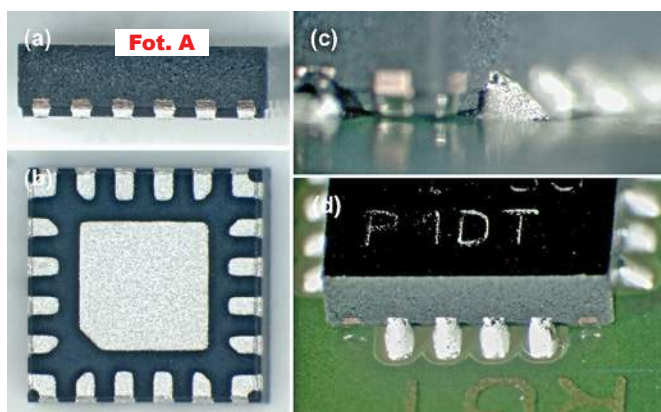
Planowane jest też wznowienie cyklu *Taki zwyczajny zasilacz*, gdy w EdW zostanie opublikowany tester wzmacniaczy operacyjnych oraz gdy mocniej rozwinie się temat pomiarów za pomocą karty audio oraz NanoVNA.

Wettable flanks, czyli ukłon w stronę amatorów

Dzień dobry, pragnę zwrócić uwagę Redakcji i Czytelników na obudowy **wettable flanks** (side-wettable flanks). Rozwiązanie to polega na niejako podwinięciu wyprowadzeń obudowy QFN na boczną ściankę obudowy [fotografia A]. Wprowadzone zostało w celu poprawy jakości oraz usprawnienia inspekcji optycznej montażu. Ja dowiedziałem się o nim w kontekście komponentów automotive, ale spodziewam się, że jest też obecne w innych sektorach, wymagających niezawodności. Zachęcam do wpisania nazwy w przeglądarkę, gdzie na zdjęciach ładnie widać, o co chodzi.

Wydaje mi się, że side flanks mogą być zbawienną technologią dla elektroniki montowanej amatorsko. Dzięki dostępności wyprowadzeń na bokach obudowy QFN miniaturowe komponenty stają się dostępne dla osób nieposiadających specjalistycznego sprzętu lutowniczego. Przy czym można się spodziewać, że montaż będzie pewny i niewymagający inspekcji z wykorzystaniem drogich urządzeń (np. prześwietlania promieniami X). A jakie są Wasze doświadczenia? Czy ktoś z Was miał do czynienia z komponentami tego typu? Jak wygląda sprawa ich dostępności dla śmiertelnika? Ceny? Jakie komponenty są dostępne? No i oczywiście, czy montaż ręczny rzeczywiście jest łatwy, a połączenia pewne?

Best regards,
Andrzej Telszewski



Szanowni Autorzy artykułu o zapperze (...)

Upieram się prosić o informację, u kogo lub gdzie mógłbym kupić zapper wykonany wg Huldy Clark z zakresem automatycznego ustawienia ok. 1200 programów.

Z poważaniem
Tadeusz

Niestety, aktualnie AVT nie ma w ofercie tego rodzaju przyrządu. Nie możemy sugerować innego miejsca zakupu tego rodzaju sprzętu także dlatego, że większość takich przyrządów sprzedawana jest po wielokrotnie zawyżonych cenach!

Dzień Dobry

(...) Chciałbym zapytać, czy istnieje możliwość rozszerzenia zakresu prądowego do 0,001A w kicie AVT2857 lub opracowanie nowego projektu z zachowaniem właściwości ww. Wiem, że istnieją chińskie „wynałazki”, ale do mojego projektu nie widzę ich zastosowania.

Pozdrawiam serdecznie
R.N.

Autor pytania otrzymał odpowiedź, że nie ma możliwości znaczącej poprawy parametrów kitu AVT2857. Zastosowany jest tam przestarzały procesor ATmega8 i wiekowy wzmacniacz LM358. Podstawowym ograniczeniem są parametry przetwornika ADC w procesorze. Wbrew pozorom, niektóre „chińskie wynałazki” okazują się zaskakująco precyzyjne, jeżeli zawierają 18-bitowy przetwornik MCP3421. Główny problem w tym, by kupić właściwą wersję. Dziś należy raczej rozejrzeć się za panelowymi miernikami 5-cyfrowymi z takim przetwornikiem – to jest sensowna droga. Mierniki takie są aktualnie opisywane w EdW – w tym numerze zamieszczona jest ostatnia, czwarta część artykułu. Jeśli chcecie – temat zostanie rozszerzony. Piszcie: edw@elportal.pl.

Zadanie Szkoły Konstruktorów w następnym numerze zostanie poświęcone podobnym modułom mierników **zmiennego** napięcia 230V i prądu. A jak sądzicie: czy może podobne zadanie Szkoły Konstruktorów powinno dotyczyć modułów mierników napięcia i prądu **stałego**?

Dobry wieczór (...) W grudniowym numerze „Elektroniki dla Wszystkich” moje nazwisko jest wydrukowane na liście nagrodzonych. Poniżej jest adnotacja, aby zgłosić sytuację, gdybym nie otrzymał nagrody do końca stycznia. Nie otrzymałem nagrody do dzisiaj. Pozdrawiam.

Andrzej

Dzień dobry
Dzisiaj paczka dotarła, dziękuję. Pozdrawiam.

Andrzej

My jako od lat pracująca zdalnie redakcja EdW wysyłamy do siedziby i magazynu AVT listę nagrodzonych i potem nie mamy już wglądu w dalszy bieg sprawy. Czasem poczta zwraca wysłaną nagrodę jako niepodjętą przez odbiorcę, a w ostatnich miesiącach wystąpiły znaczne opóźnienia „koronawirusowe”, czego doświadczyli niestety także klienci sklepu AVT.

Upominki za listy do Poczty otrzymują: **Marek L.**, **K.P.**, **Maciej Zieliński** oraz **Andrzej Telszewski**.

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.



(...) proszę o wyjaśnienie, co to jest „decybeloom”, zapisywany $dBohm$ [lub $dB\Omega$] (...) rozumiem pomysł (...) jak je przeliczać? Czy 20 logarytmów, jak przy napięciu, czy 10 logarytmów jak przy mocy? (...)

Rzeczywiście w literaturze czasem można spotkać skrót $dB\Omega$ lub częściej $dBohm$ z uwagi na kłopot z literką omega. Budzi to zdziwienie nie tyle początkujących, ale przede wszystkim tych bardziej zaawansowanych, którzy rozumieją sens miary decybelowej i historię decybeli.

Krótką i bezpośrednią odpowiedź na pytanie Czytelnika brzmi: **trzeba wziąć 20 logarytmów**.

Warto jednak omówić zagadnienie trochę szerzej. Tym bardziej że w najbliższych numerach EdW planowane są materiały na temat analizatorów VNA, które zasadniczo mierzą parametry rozproszenia S_{11} , S_{21} . Jednak jak się okaże, często są to po prostu pomiary impedancji, a wyniki przedstawiane w skali decybelowej, a to nie dla każdego jest łatwe do zrozumienia i zaakceptowania.

Objaśnienia należałoby zacząć nie od decybeli, tylko od neperów oraz wcześniej używanych podobnych jednostek. Zaczęło się od metod pomiaru tłumienia w liniach telegraficznych i telefonicznych. Czyli tego, na ile sygnał, a ściślej moc sygnału na końcu linii jest mniejsza od mocy sygnału na jej początku. W USA wykorzystywano jednostkę zwaną MSC, co jest skrótem od *Miles of Standard Cable*, czyli mil standardowego kabla (chodziło o milę, czyli około 1,6 km standardowego kabla telefonicznego o żyłach 19 AWG i ledwo zauważalne przez słuchacza tłumienie mocy przy częstotliwości 795,8 Hz).

Mniej więcej 100 lat temu zastąpiono MSC pokrewną jednostką, zwaną TU (Transmission Unit), która mogła wprost zastąpić MSC, ponieważ $1 \text{ MSC} = 1,056 \text{ TU}$. Jednostka TU była zdefiniowana z wykorzystaniem logarytmów o podstawie 10. Nieco później jednostkę TU nazwano decybelem, bo była 1/10 nowo zdefiniowanej logarytmicznej jednostki nazwanej *bel*, na cześć Aleksandra Grahama Bella, uznanego za konstruktora telefonu. Jednocześnie w elek-

trotechnice i innych dziedzinach fizyki upowszechniła się „logarytmiczna” jednostka neper, nazwana na cześć Johna Napiera, wynalazcy logarytmów. Najprościej biorąc, bel to logarytm dziesiętny ze stosunku dwóch wielkości, a neper to logarytm naturalny ze stosunku dwóch wielkości (podstawą logarytmów naturalnych jest liczba Eulera $e \approx 2,71828183...$).

Przez długi czas w elektrotechnice i elektronice wykorzystywano zarówno nepery, jak i decybele. Przede wszystkim do wygodnego przedstawienia **stosunku mocy** (P_2/P_1). Wtedy sprawa jest prosta: wyrażony w belach stosunek mocy to po prostu logarytm dziesiętny stosunku tych mocy: $X [\text{B}] = \log_{10} (P_2/P_1)$.

Można powiedzieć, że **bel** to jednostka dość duża i w praktyce wykorzystuje się powielokrotność, jednostkę dziesięciokrotnie mniejszą, 0,1 bel, czyli **decybel**. Obliczamy tak: $X [\text{dB}] = 10 \log_{10} (P_2/P_1)$.

W praktyce nie stosuje się **centybel**a, **mikrobel**a, a ogromnie rzadkie jest wykorzystanie **milibel**a. Dominuje **decybel**, który przez wielu nie jest traktowany jako jednostka podwielokrotna (1/10 bel), tylko jako jednostka niezależna, podstawowa.

W każdym razie pierwotnie **decybel** wykorzystywany był tylko do wyrażania **stosunku mocy** (tłumienia i wzmacniania). Okazał się jednak bardzo wygodną miarą także w innych dziedzinach. W decybelach zaczęto wyrażać różne inne wielkości, w szczególności stosunek napięć.

I od razu powstał problem. Gdyby zastosować identyczny sposób przeliczania stosunku napięć na decybele, jako 10 logarytmów ze stosunku napięć, to najprościej biorąc, „decybele mocy” nie zgadzałyby się z „decybelami napięć”. Aby zachować zgodność dotyczącą mocy, uwzględniono fakt, że napięcie, prąd i podobne wielkości (tzw. polowe) pozwalają obliczyć moc, ale trzeba je podnieść do drugiej potęgi ($P = U^2/R$, $P = I^2 \cdot R$). Zgodnie z regułami działań na logarytmach, podnoszenie do potęgi 2 odpowiada mnożeniu logarytmu przez liczbę 2. W przypadku napięć i prądów liczymy następująco:

$$X [\text{dB}] = 20 \log_{10} (U_2/U_1)$$

$$X [\text{dB}] = 20 \log_{10} (I_2/I_1)$$

Dlatego dziś mamy oddzielną skalę decybeli dla mocy, i oddzielną dla

dB	stosunek amplitud (stosunek napięć)	stosunek mocy
100	100000	10000000000
90	31623	1000000000
80	10000	100000000
70	3162	10000000
60	1000	1000000
50	316,2	100000
40	100	10000
30	31,62	1000
20	10	100
10	3,162	10
6	1,995 ≈ 2	3,981 ≈ 4
3	1,413 $\approx \sqrt{2}$	1,995 ≈ 2
1	1,122	1,259
0	1	1
-1	0,891	0,794
-3	0,708 $\approx \sqrt{1/2}$	0,501 $\approx 1/2$
-6	0,501 $\approx 1/2$	0,251 $\approx 1/4$
-10	0,3162	0,1
-20	0,1	0,01
-30	0,03162	0,001
-40	0,01	0,0001
-50	0,003162	0,00001
-60	0,001	0,000001
-70	0,0003162	0,0000001
-80	0,0001	0,00000001
-90	0,00003162	0,000000001
-100	0,00001	0,0000000001

napięć, prądów i licznych innych wielkości. Najpopularniejsze wartości podane są w tabelach na tej i na poprzedniej stronie.

Decybele wprowadzono w telekomunikacji jako jednostkę wygodną przy pomiarach tłumienia mocy, bo w mierze logarytmicznej łatwo wyrazić i bardzo duże, i bardzo małe wartości. Decybel z założenia wyrażał najpierw stosunek mocy, potem stosunek napięć, a konkretnie napięć zmiennych. Z czasem okazało się, że w mierze logarytmicznej, a konkretnie w decybelach, wygodnie byłoby wyrażać nie *stosunek napięć*, tylko *wartość napięcia* (zmiennego). Wystarczy w zależności:

$$X \text{ [dB]} = 20 \log_{10} (U2/U1)$$

w roli **U1** przyjąć jakąś wartość napięcia odniesienia, która będzie wyznaczała wartość, poziom 0dB.

Przyjęto i to nie jedną taką wartość. Oznaczenie **dBV** wskazuje, że wartością odniesienia jest 1V, więc na przykład 10V to +20dBV, a 0,01V to -40dBV. Jeżeli wartością odniesienia będzie 1 mikrowolt (1uV), to będziemy mieć **dBuV**: 1uV = 0dBuV, 1mV = 60dBuV, 0,01V = 80dBuV.

W praktyce napięcie wyraża się też w **dBu** (wcześniej oznaczano to **dBv**), gdzie poziomem odniesienia jest napięcie, jakie moc 1mW daje na „telefonicznej” rezystancji 600 omów, czyli około 0,77459667...V. W praktyce przyjmuje się, że **0dBu** to w zaokrągleniu **0,775V**. Skala **dBu** jest powszechnie wykorzystywana w technice audio: 0dBu = 775mV, 1V = +2,22dBu, +20dBu = 7,75V, -60dBu = 775uV, przy czym często zamiast **dBu** pisze się tylko dB, co nie jest zapisem prawidłowym.

Decybelowej skali napięcia nie stosuje się do napięć stałych, a tylko do zmiennych (wartości skutecznych napięć zmiennych). Napięć ujemnych nie można wyrazić w mierze logarytmicznej, a ujemne wartości decybeli wskazują, że napięcie jest mniejsze od przyszytego napięcia odniesienia.

Z czasem „napięciowa” zależność $X [dB] = 20 \log_{10} (N2/N1)$ niejako zaczęła żyć własnym życiem i straciła związek zarówno z mocą, jak też i napięciem. Decybele zaczęto wykorzystywać w innych dziedzinach. Skala decybelowa jest bardzo ekspansywna i wciska się w najróżniejsze dziedziny. Przykładem może być właśnie $dB\Omega$ – decybeloom. Są i inne zaskakujące przykłady.

Przykładem jeszcze bardziej zaskakującym od „decybelooma” ($\text{dB}\Omega$), jest „decybeloherc” (dB_Hz , ewentualnie dB Hz), gdzie w decybelach wyraża się częstotliwość, ściślejsze pasmo częstotliwości ($100\text{Hz} = 20\text{dB_Hz}$). Podobnie w przypadku dBK jest temperatura wyrażaną w kelwinach. Kolejny dość zaskakujący zapis to mBm : B to oczywiście bel, pierwsze m to mili-, drugie m wskazuje na moc odniesioną do 1mW , a więc mBm to jednostka bardzo podobna do dBm , tylko sto razy mniejsza. Natomiast w przypadku dBm^{-1} „em do minus pierwszej” (m^{-1}) to odwrotność metra.

Oto przykłady „różnych decybeli”: dBA, dBB, dBc, dBc, dBd, dBc, dBf, dBFS, dBG, dBi, dBiC, dBj, dBk, dBK, dBm, dBm0, dBm0s, dBmV, dB0, dB0, dBov, dB0, dBpp, dBpp, dBq, dBz, dBz, dBzC, dBsm, dBTP, dBu, dBu0s, dBuV, dBuV/m, dBv, dBV, dBVU, dBW, dBZ, dBμ, dBμV, dBμV/m, dBμ, dBΩ, dB HL, dB Q, dB SIL, dB SPL, dB SWL, dB(A), dB(B), dB(C), dB-Hz, dB/K, dBm⁻¹. Najprawdopodobniej nie jest to pełny wykaz. Nie należy się dziwić, ani temu, co już jest, ani gdyby pojawiły się jeszcze inne propozycje wykorzystania decybeli.

Właśnie przykład „decybelooma” (dBΩ) świadczy, że decybele oderwały się od stosunku mocy ($P2/P1$) i od stosunku napięć ($U2/U1$), a zaczęły żyć własnym życiem. Sens decybeloomów jest dość jasny i sprawa jest taka sama, jak w przypadku napięć. Można się słusznie domyślać, że podobnie jak w przypadku dBV, *napięciem odniesienia* jest 1V, tak w przypadku dBΩ *opornością odniesienia* jest 1Ω. Słusznie, tylko jak najbardziej sensowne pozostaje zacytowane na początku pytanie, z którego wzoru korzystać przy obliczeniach związanych z dBΩ.

czy $X \text{ [dB}\Omega\text{]} = 10 \log_{10} (R2/R1)$, czy może $X \text{ [dB}\Omega\text{]} = 20 \log_{10} (R2/R1)$? Podobieństwo do skali napięć dBV nie przesądza jeszcze, że trzeba skorzystać z tego drugiego.

Jasne jest tylko to, że $1\Omega = 0\text{dB}\Omega$,
ale jak wyrazić rezystancję 10 omów

dB	stosunek napięć	stosunek mocy	dB	stosunek napięć	stosunek mocy
0,1	1,012	1,023	6,0	1,995	3,981
0,2	1,023	1,047	7,0	2,239	5,012
0,3	1,035	1,072	8,0	2,512	6,310
0,4	1,047	1,096	9,0	2,818	7,943
0,5	1,059	1,122	10	3,162	10,0
0,6	1,072	1,148	20	10,0	10 ²
0,7	1,084	1,175	30	31,62	10 ³
0,8	1,096	1,202	40	100,0	10 ⁴
0,9	1,109	1,230	50	316,2	10 ⁵
1,0	1,122	1,259	60	1000,0	10 ⁶
2,0	1,259	1,585	70	3162,3	10 ⁷
3,0	1,413	1,995	80	10000	10 ⁸
4,0	1,585	2,512	90	31623	10 ⁹
5,0	1,778	3,162	100	100000	10 ¹⁰

w „decybeloomach”? Czy jest to 10dBΩ, czy 20dBΩ?

Zaplączęmy się, jeżeli zaczniemy szukać analogii w decybelach „innego rodzaju”. Otóż w przypadku dBu w grę wchodzi „telefoniczna” rezystancja 600Ω. W przypadku pomiaru antenowych instalacji odbiorczych w grę wchodzi rezystancja charakterystyczna 75Ω, a w innych systemach w.cz. typowa rezystancja radiowa 50Ω. Ale są to stałe rezystancje, przy których dokonuje się pomiarów, w sumie pomiarów mocy albo napięć, związanych z rezystancją charakterystyczną. Nie można tu uchwycić związku z mocą czy napięciem w kontekście „decybelooma”.

Przykładem różnych wątpliwości dotyczących dBΩ może być nierozstrzygnięta dyskusja, a raczej dzielenie się wątpliwościami na forum: <https://designers-guide.org/forum/YaBB.pl?action=print,num=1269327632> w skrócie: <https://bit.ly/399fjRy>.

Dobra wiadomość jest taka, że można to wszystko dość przekonująco uzasadnić historycznie. Zaczniemy od czegoś bardzo oczywistego: w klasycznych wzmacniaczach sygnałem wejściowym jest napięcie, a wyjściowym – też napięcie. Wzmocnienie jest wzmocnieniem napięciowym i jest to stosunek napięcia wyjściowego Uwy (w voltach) i wejściowego Uwe (w voltach). Wzmocnienie napięciowe wyrażane jest więc w „voltach na volt” (V/V) i taki zapis spotykamy w niektórych źródłach. Jednak zdecydowanie częściej pomija się zapis V/V i wzmocnienie wyraża się „w razach” (ile razy napięcie wyjściowe jest większe od wejściowego). Nie ma problemu, żeby wzmocnienie wyrazić w decybelach:

$$G [\text{dB}] = 20 \log_{10} (U_{wy}/U_{we})$$

Tak samo jest we wzmacniaczach prądowych, gdzie sygnałem wejściowym i wyjściowym jest prąd:

$$G [\text{dB}] = 20 \log_{10} (I_{wy}/I_{we})$$

Wzmocnienie wzmacniaczy bardzo często wyrażane jest w decybelach i nie ma z tym najmniejszego problemu. Istnieją jednak tak zwane **wzmocniacze transimpedancyjne** (*transimpedance amplifiers*, w skrócie TIA). Bardzo często współpracują z fotodiodami w systemach optycznej transmisji danych. Fotodiody dają sygnał prądowy. Sygnałem wejściowym wzmacniacza transimpedancyjnego jest prąd, a wyjściowym – napięcie. Także i tu trzeba określić wzmocnienie, czyli stosunek tego, co na wyjściu i tego, co na wejściu.

Tak, trzeba, ale na pewno nie w „razach” ani w V/V. Stosunek wielkości wyjściowej (napięcie) do wejściowej (prąd) to volt przez amper (V/A). Wzmocnienie wzmacniacza transimpedancyjnego wyrazimy więc w voltach na amper, czy jak mówimy,

w voltach przez amper, a V/A to przecież... om (Ω).

Wzmocnienie we wzmacniaczach transimpedancyjnych ma wymiar oma. A generalnie we wzmacniaczach wzmocnienie podajemy w decybelach. I prosty wniosek: jeżeli wzmocnienie mające wymiar oma chcemy wyrazić w decybelach, otrzymamy właśnie dB Ω . I takie zapisy spotykamy w bardzo wielu źródłach. Spotykamy, ale w tym przypadku nie powinniśmy traktować oma jako jednostki rezystancji, tylko jako stosunek V/A.

W klasycznych wzmacniaczach wzmocnienie wyrażamy w V/V i z decybelami nie ma kłopotu. We wzmacniaczach transimpedancyjnych wzmocnienie wyrażamy w voltach na amper (V/A), więc **w decybelach wyrazimy właśnie stosunek V/A, który nie jest rezystancją, tylko jest specyficznym wzmocnieniem, mającym jedynie wymiar rezystancji.**

W klasycznych wzmacniaczach wzmocnienie 1V/V to 0dB, wzmocnienie 100V/V to 40dB, wzmocnienie

0,1V/V to -20dB. Logarytmując wartość wzmocnienia TIA, mamy kłopot z zapisem wyniku, bo dziwny, a wręcz niedopuszczalny byłby zapis dB(V/A) czy tym bardziej dBV/A. Ale 1V/A to także 1om, więc 1V/A to 0dB Ω . Dlatego analogicznie dla wzmacniaczy transimpedancyjnych wzmocnienie 1V/A to 0dB Ω , wzmocnienie 100V/A to 40dB Ω , wzmocnienie 0,1V/A to -20dB Ω .

W przypadku TIA, czyli wzmacniaczy transimpedancyjnych, jest to przekonujące i jasne: zapis 0dB Ω powinniśmy rozumieć jako 1V/A, a nie jako oporność rezystora 1-omowego. I gdyby używanie decybeloomów ograniczało się tylko do TIA, problemu zapewne by nie było, bowiem z pojęciem tym spotykaliby się tylko ci, którzy mają do czynienia z takimi wzmacniaczami i rozumieją sytuację. Jednak ostatnio „decybeloomy”, zapisywane jako dB Ω lub dBohm, znajdują też inne zastosowania, które zostaną omówione w następnym numerze EdW.

100% elektroniki

Prenumerujesz
Elektronikę Praktyczną +
Elektronikę dla Wszystkich?

Skorzystaj z promocji

$$1 + 1 = 3$$

i zamów bezpłatną
prenumeratę Elektronika



na www.avt.pl/prenumerata

Jubileusz 25-lecia EdW

Moja przygoda z elektroniką i EdW

Ciąg dalszy z EdW 5/2021

Minął rok, zbliżały się ostatnie wakacje w podstawówce, a robot wciąż nieukończony, nawet brak jakiegokolwiek światła w tunelu... W każdej wakacje wyjeżdżałem z rodzicami i bratem do mojej babci, która prowadziła mikroośrodek wypoczynkowy. Jak na złość nie było tam prądu – tak jest zresztą do dnia dzisiejszego. Bez elektroniki ciężko było żyć, więc zazwyczaj zabierałem swój prowiant składający się z ogromnej liczby płytek PCB, do tego szczypce i cofnięcie się w czasie do lat dziecięcych, gdzie odyskiwałem części z krojonych płyt. Jednak na moje wielkie szczęście przyjeżdżał tam też z rodziną pan Piekarski, który był elektronikiem. Uwielbiałem rozmawiać z nim na te tematy, słuchałem jego opowieści, historii jego elektronicznego życia. Zawsze miał dla mnie czas i długimi godzinami rozprawialiśmy na tematy techniczne. Zresztą zostało tak do dnia dzisiejszego :) Ten przemity człowiek pożyczał mi najróżniejsze katalogi elektroniczne, karty elementów. Wszystko to przepisywałem do zeszytów, jednocześnie ucząc się parametrów elementów elektronicznych. Zyskałem też pokazną kolekcję starych numerów *Radioelektronika*, które z wielkim zacięciem studiowałem. Opowiadałem mu też o konstruowanym robocie i założeniach, które sobie narzuciłem. Zapewne wiedział, że projekt okaże się fiaskiem, ale nie chciał zgasić we mnie tego płomienia konstruktora, zawsze we mnie wierzył i dzięki swojemu doświadczeniu życiowemu nie chciał mnie zniechęcić. Wszystkie moje pomysły starał się rozwijać i wysuwał konstruktywne wnioski, reszta należała do mnie... Sztuką jest nie tylko elektronika, ale też umiejętność przekazywania o niej wiedzy.

„Wiśniewski, ty chyba tworzysz nową matematykę!” Pamiętam jak dziś te słowa wypowiedziane w ósmiej klasie przez panią Profesor po ważnym sprawdzanie. Nauka w szkole szła mi coraz gorzej, byłem zawsze myślami w swym elektronicznym świecie, nic dla mnie nie istniało, liczyła się tylko chęć ukończenia mojego projektu. Niezapomnianym przeżyciem była paczka z potężną płytą główną od komputera 80186. Do teraz, gdy zamknę oczy mam przed sobą obraz tej płyty, który na wieki wrył mi się w pamięć. Byłem tak zdumiony tą płytą, że nie mogłem uwierzyć, iż elektronika może być taka piękna. Podarunek dostałem oczywiście od pana Piekarskiego. W tamtych czasach był to dla mnie wyjątkowy prezent.

Niezapomniane też były święta Bożego Narodzenia w 1995 roku. To właśnie wtedy dostałem pierwszą lutownicę transformatorową i cyfrowy miernik uniwersalny! Jaki ja byłem wtedy szczęśliwy, nie mogłem doczekać się odejścia od stołu i zanurzenia się w swoje hobby z nowymi narzędziami. Zacząłem robić po-

miary elementów, później napięcia w gniazdku – ale cóż tam napięcie, to przecież wiadoma wartość, sprawdzę, ile w gniazdku jest amperów prądu... Przełączyłem na ostatni zakres i elektrody w gniazdko! Po chwili nie mogłem odczytać wskazania, bo nastała ciemność... Całe szczęście nie uszkodziłem nowiuteńkiego przyrządu, kamień spadł z serca. Późniejsze próby pomiarów były już bez fajerwerków.

Pewnego styczniowego popołudnia wracam ze szkoły inną drogą niż zwykle, zbliżam się do kiosku, a tam za szybą jakieś czasopismo elektroniczne. *Elektronika dla Wszystkich* 1/96 – to chyba coś nowego – pomyślałem, zresztą wyglądało zachęcająco. Dobrze, że miałem przy sobie jakieś pieniądze – 3,90zł. to korzystna cena. Nie spodziewałem się jeszcze wtedy, że to pismo będzie jakąś drobną częścią mnie samego i że stanie się dla mnie wielką skarbnicą wiedzy. Przeczytałem cały numer, pewne artykuły kilka razy. Nie mogłem się nadszwić, jakim zrozumiałym językiem jest napisane... To było coś nowego. Otworzyły się przede mną nowe możliwości...

Czas leciał nieubłagalnie. W coraz szybszym tempie zaczął mi się sypać wyidealizowany świat, trzeba było zmierzyć się z rzeczywistością. Już przedziej niektórzy wzmówili mi, że nie mam pchać się do wymarzonego technikum elektronicznego, bo i tak tam sobie nie poradzę. W końcu w to uwierzyłem i musiałem się na zawsze pożegnać z tą opcją.

W końcu przyszedł upragniony czas uruchomienia robota... Po prawie dwóch poświęconych na to latach nic nie zadziało – kompletna kłapa. Pamiętam to dziwne nieprzyjemne uczucie, które przeszywało mnie od stóp do głów. Zgubiła mnie niesamowita pewność siebie. Z wielkim wstydem musiałem jeszcze odrzucić umówioną prezentację mojego dzieła w Brodnickim Domu Kultury oraz odwołać artykuł o mnie w lokalnej gazecie. W młodzieńczych czasach szalone zamiary budowy jakiegoś skomplikowanego urządzenia zawsze szły przed realnymi umiejętnościami. To trochę tak jak z przesunięciem fazowego prądu i napięcia w kondensatorze, gdy przyjmujemy, że prąd to chęć budowy skomplikowanych urządzeń, a napięcie to realne umiejętności... Całe szczęście dzisiaj bliżej mi do indukcyjności.

Gdy zapadła klamka i już było pewne, że pójde do zawodówki, wtedy wzmówiłem sobie, że będę miał praktyki zawodowe u wspomnianego pana Zdzisława. Był tylko jeden mały problem – elektronik nie miał kursu pedagogicznego do praktycznej nauki zawodu. Wiara była jednak o wiele, wiele silniejsza... Nastąpił dzień 18.05.1996. Była to sobota, poszedłem z ojcem, którego kilka dni wcześniej przekonałem o tym, że załatwię sobie praktykę do mojego wymarzonego Zakładu RTV. Miny

obydwoh panów były bezcenne, kiedy okazało się, że to wszystko zmyśliłem... Świat legł mi w gruzach. Po raz pierwszy w życiu poniosłem konsekwencję swoich decyzji – prawdziwa lekcja życia. W poniedziałek mama obeszła wszystkie zakłady RTV w Brodnicy, bezskutecznie poszukując wolnego miejsca. Było już za późno, wszystkie praktyki były już obsadzone. Nie wylał mi się wtedy zimny kubek wody na głowę – oberwała się na mnie cała chmura zimnego deszczu, gdzie każda jego kropla przypominała mi, że życie to nie bajka...

Po całej tej akcji miałem być tokarzem, a praktykę odbywać w warsztatach szkolnych. Po miesiącu, tak na otarcie łez, ktoś ze znajomych mojej mamy załatwił mi praktyki w sklepie RTV/AGD. Pomyślałem: lepszy wróbel w garści niż... Zresztą nie miałem już lepszego wyboru, a atmosfera w domu była gęsta jeszcze przez wiele tygodni. Doskonale pamiętam swój pierwszy dzień w pracy. Pocieszające dla mnie było to, iż znałem się na sprzęcie lepiej niż sprzedający tam ludzie, kiedy brakowało im argumentów, często przejmowałem inicjatywę i sprzedawałem sprzęty dzięki wykorzystaniu swojej wiedzy technicznej.

Nastąpił czas pogodzenia się ze swoimi porażkami i zaakceptowania nowej sytuacji w życiu. Coraz wnikliwiej zacząłem czytać kolejne numery EdW oraz *Elektroniki Praktycznej*. Zacząłem też składać coraz więcej urządzeń z tych czasopism na własnych wytrawianych płytkach. Chciałem także zrehabilitować się po porażce z robotem, w którym użyłem pokażnej ilości układów TTL, uważając, że je bardzo dobrze rozumiem – tak je bardzo dobrze rozumiałem, że byłem przekonany, że ich aktywnym stanem wejściowym jest logiczna jedynka, czyli +5V. Zbudowałem sobie tester tych układów i dzięki ich badaniu i przeprowadzaniu doświadczeń okiełznałem w jakimś tam stopniu ich naturę. Zacząłem też tworzyć projekt trzeciego robota, nawet wykonałem część modułów, lecz z niewiadomych już mi dziś względów porzuciłem to zadanie.

Pierwsze ferie zimowe w nowej szkole były dla mnie owocne w konstruowaniu przyrządów pomiarowych na podstawie schematów z czasopism. Zbudowałem wtedy zasilacz laboratoryjny i miernik stacjonarny, który miał wiele modułów testujących. Służyły mi te sprzęty później jeszcze przez wiele lat.

Zapewne wielu elektroników w pewnym momencie zaczyna interesować się tematyką audio. Podobnie było też ze mną. Pragnieniem było stworzenie jakiegoś superwzmacniacza, który będzie grał lepiej niż konstrukcje fabryczne. Zaczęła się wielka fascynacja dźwiękiem i tematyką muzyczną. Swój pierwszy działający wzmacniacz wykonałem hybrydowo: część łatwiejszych modułów zaprojektowa-

towałem i wykonałem, a trudniejsze moduły polutowałem z zestawów do samodzielnego montażu. Aż wstyd się przyznać, ale dopiero w tamtym okresie zbudowałem swoje pierwsze działające radio i to jeszcze na podstawie kitu! W całej dziecięcej i młodzieńczej karierze podchodziłem do zbudowania radia wiele razy, ale bezskutecznie – nigdy nie udało mi się okiełznać tego tematu. Miałem też dwóch kolegów, którzy byli bardzo pogrążeni w audiovoodoo, nabywali drogi sprzęt i ciągle nie byli zadowoleni z efektów. Moja rola polegała na przerabianiu ich fabrycznych korektorów dźwięku na inne pasma częstotliwości. Często była rywalizacja między nami w jakości otrzymywanego dźwięku – oni ze swoimi drogimi zestawami, a ja ze sprzętem zrobionym własnoręcznie. Do dziś pamiętam ich zdziwienie, gdy dźwięk nie różnił się aż tak znacznie...

Uczyłem się nieustannie elektroniki. Zacząłem znów zaniedbywać szkołę, trudno mi teraz w to uwierzyć, ale o mały włos nie zdałbym do drugiej klasy. Zacząłem coraz bardziej myśleć o uczestnictwie w *Szkole Konstruktorów*. W końcu nabrałem odwagi i zacząłem wysyłać pierwsze rozwiązania teoretyczne. Jaka była moja nieopisana radość, gdy za trzy miesiące zobaczyłem część swojego listu z uwagami pana Instruktor na mój temat. EdW zrewolucjonizowało nauczanie elektroniki, otworzyło się na czytelników, gdzie każdy mógł się poczuć wyjątkowo, gdy tylko wysłał efekt swojej nabytej wiedzy dzięki temu czasopismu. Stałem się regularnie uczestniczyć w Szkole Konstruktorów, zacząłem zdobywać pierwsze punkty i upominki. Pamiętam wiele razy, jak to na mnie pozytywnie wpływało i kształtowało charakter konstruktora.

Szkoła zawodowa dobiegała końca, zdobyłem zawód, zostałem prawdziwym sprzedawcą z krwi i kości z duszą elektronika. W tamtym czasie otrzymałem swój pierwszy komputer, który podarował mi niezawodny pan Piekarski. Uczyłem się wszystkiego od podstaw, nawet nie umiałem pisać na klawiaturze. Zaczęła się era informatyczna i powolne wykorzystywanie komputera do elektroniki. Uwielbiałem tworzyć katalogi elementów w Excelu. O internecie coś tam słyszałem, ale na razie nie mogłem go brać pod uwagę. Prawdą jest, że równoległa nauka informatyki bardzo wpłynęła na nabycie realnych umiejętności, dzięki którym dzisiaj oprócz tego, że pracuje w handlu w hurtowni budowlanej, jestem też administratorem systemu komputerowego.

Ostrożnie nabrałem trochę pewności siebie i zdecydowałem się wysłać do Redakcji EdW do *Szkoły Konstruktorów* swój pierwszy projekt. Oplaciło się, znalazł się wśród kilku, na które pan Piotr zwrócił uwagę. Później szło już tylko lepiej. Nie miałem już obaw – pierwsze koty za płoty. Pamiętam te dyplomy i nagrody, a to jakiś zestaw do samodzielnego montażu, a to komputerowe szachy, a to elementy elektroniczne, nieraz ciekawa książka. Napawałem się dumą, kiedy czytałem załączony do nagrody dyplom lub podziękowanie od pana Piotra Góreckiego, dla młodego człowieka było to zawsze motywujące.

Fascynacja audio trwała w dalszym ciągu, postanowiłem, że zbuduję sprzęt, który będzie moją wizytówką. Dostałem od koleżanki z pracy stare radio lampowe w wielkiej obudowie. Wyrzuciłem zniszczoną starą elektronikę i odnowiłem obudowę, płytę czołową wykonałem ze sklejk, gdzie wmontowałem wszystkie przełączniki, pokręta, diody świecące, itd. Część elektroniki zaprojektowałem samodzielnie, a częścią posiłkowałem się z moich ulubionych branżowych czasopism. Chciałem zabłysnąć wśród znajomych – postanowiłem wykonać główny regulator głośności sterowany pilotem z kręcącą się galką. Nawet udało się ten pomysł, przekładnię zębatą wraz z elektroniką sterującą osadziłem w obudowie po starym dysku HDD, zdalne sterowanie zrobiłem z pozyskanych modułów jakiegoś starego telewizora, gdzie były użyte układy: MC1024 i MC1025. Amplituner z korektorem graficznym i różnymi bajerami skończyłem konstruować na przełomie tysiącleci. Choć jakość uzyskanego dźwięku nie pokrywała się z moimi wyobrażeniami, to projekt i tak uważałem za udany.

W międzyczasie rozpocząłem naukę w ogólnokształcącym liceum dla dorosłych. Był luty 2000 roku, jak zawsze z drżeniem serca szedłem po nowy numer EdW. Wydanie to okazało się dla mnie wielką niespodzianką i jednocześnie pozytywnym szokiem. Mój projekt wysłany do Szkoły Konstruktorów najprawdopodobniej pojawił się w dziale E-2000! Jakież do było dla mnie miłe i budujące przeżycie. Projekt rzeczywiście pojawił się w tym dziale zgodnie z zapowiedzią w maju 2001 roku. Do dziś nie zapomnę, gdy listonosz przyniósł honorarium autorskie w wysokości 450zł. W tamtym czasie zarabiałem najniższą krajową 560zł!

Nabierałem coraz większego wiatru w żagle, o elektronice wiedziałem coraz więcej, myślałem sobie: teraz już musi być tylko lepiej. Nic bardziej mylnego: nieszczęśliwie się zakochałem... Pogryzłem się w nicości do takiego stopnia, że pierwszy raz w życiu moje wrodzone elektroniczne zainteresowania nie dawały mi choćby najmniejszej krztu satysfakcji. Zacząłem wyrzucać bądź sprzedawać za bezcen swoje zasoby. Pozbyłem się praktycznie 95% swojej elektronicznej kolekcji. Spontaniczne przebłyski resztek zdrowego rozsądku, które nakazały mi wrócić do swoich zainteresowań, przypływały mi jedynie o młodości. Stan ten trwał prawie pięć długich lat. W czasie tej długiej traumy udało mi się ukończyć liceum, zdać maturę i rozpocząć zaoczne studia na kierunku marketing i zarządzanie, które jednak porzuciłem na trzecim roku.

Nie pamiętam dokładnie kiedy, ale chyba gdzieś w drugiej połowie 2005 roku poczułem nagłą chęć przypomnienia sobie wyglądu niektórych części elektronicznych. Buszowałem w internecie całą noc, rano poszedłem niewyspany do pracy. Coś we mnie pękło, a może coś nowego wykiełkowało

– nie wiem, jak nazwać to odczucie. Tak czy siak, stan, w którym się znalazłem, był swoistym dla mnie renesansem. Po pewnym czasie odrodziłem się jak feniks z popiołów.

Zacząłem interesować się realną naprawą sprzętów elektronicznych. Był to tak silny impuls, iż na początku 2006 roku założyłem swoją firmę usługową. Początki były bardzo trudne, ale miałem bardzo dużo wewnętrznej determinacji, aby coraz bardziej się rozwijać. Po roku miałem już sporo klientów i lokalny rozgłos, zastanawiałem się też, czy nie zrezygnować z pracy w hurtowni budowlanej, bo było mi coraz ciężiej ogarnąć ten cały meksyk. W październiku tegoż samego roku podjąłem zaoczne studia inżynierskie na kierunku informatyka. Liczyłem po cichu, że kiedyś ten kieunek będę mógł studiować w moim mieście.

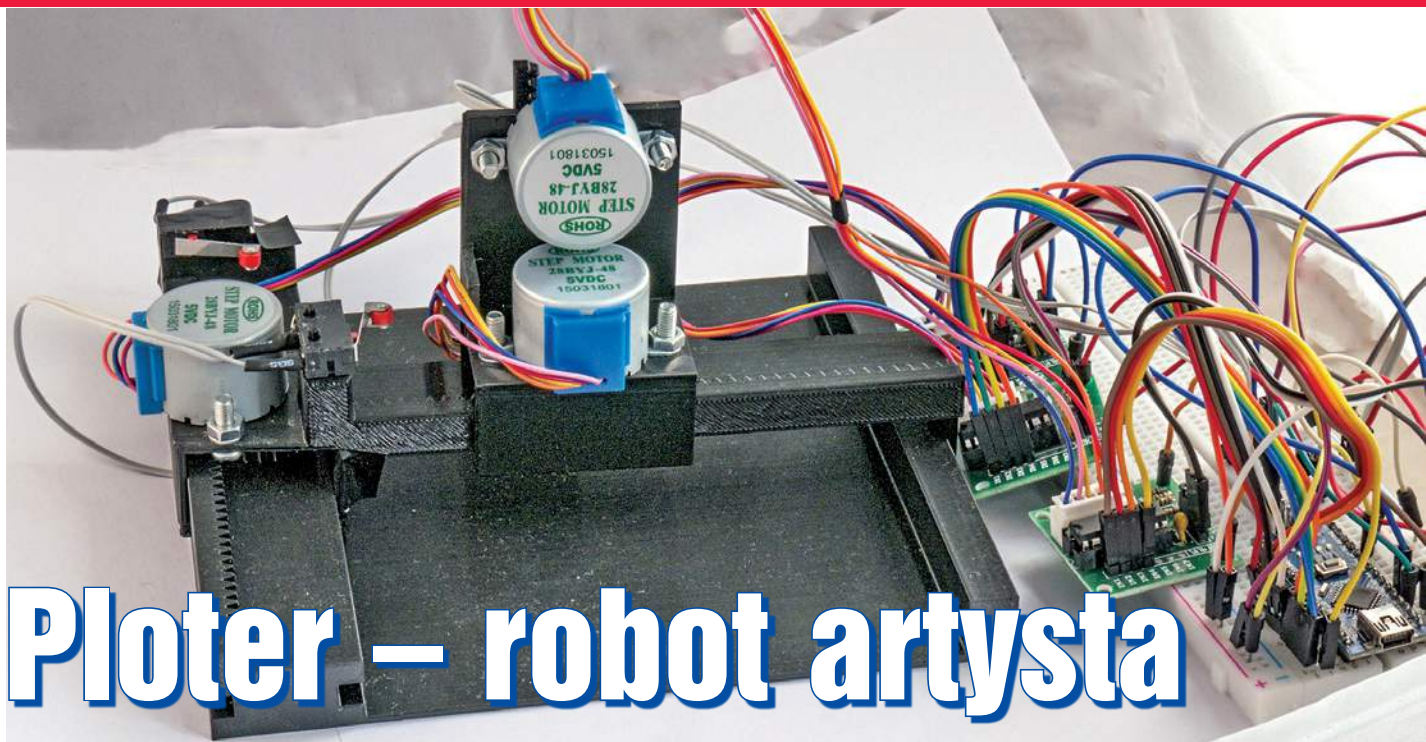
Firma rozwijała się coraz bardziej. Zaczęło mi brakować miejsca w pokoju, który dzieliłem w dalszym ciągu z bratem. Pamiętam, jak wiele razy miałem tyle telewizorów do naprawy, że musiałem je gromadzić nawet na łóżku. Zacząłem myśleć o jak najszybszej przeprowadzce. W kwietniu 2007 roku udało mi się plan wprowadzić w życie i przeprowadziłem się do trzypokojowego mieszkania. W końcu mogłem sobie urządzić duży warsztat z prawdziwego zdarzenia w średnim pokoju. Naprawy szły coraz lepiej, byłem zadowolony z takiego obrotu sprawy, jednak nie do końca byłem szczęśliwy. Zdawałem sobie coraz bardziej sprawę, że to chyba jednak nie to. Zadawałem sobie pytanie: Czy naprawdę tego chcę w swoim elektronicznym życiu? Pytanie to z biegiem czasu nabierało coraz głębszego sensu. Dobiegał końca drugi rok studiów, które ostatecznie porzuciłem, przede wszystkim z braku czasu na to wszystko. Tak mój długi szkolny edukacja dobiegła końca. Zacząłem czerpać coraz mniejszą radość z naprawianych sprzętów. Nie dawało mi to już takiej radości jak kiedyś.

Przyszedł pamiętny rok 2014 i piękny majowy dzień, który przewrócił wszystko do góry nogami. Tego dnia wskoczyłem na dawne tory. Tory, które prowadzą mnie tylko i wyłącznie do celów, jakimi są wymyślone przeze mnie szalone, skomplikowane urządzenia elektroniczne. Urządzenia, które może nie wpisują się w dzisiejszą modę, ale to kompletnie dla mnie nieistotne. Pierwszym tym projektem był kalkulator na układach TTL, który pochłonął 5,5 roku podróży przez mój elektroniczny wszechświat. Dla mnie niesamowitym wyróżnieniem było to, iż mogłem go opublikować jako projekt okładowy EdW. Czy jestem teraz szczęśliwy? Jestem i to podwójnie. Mam wspierającą mnie żonę Monikę, która może nie rozumie mojego świata, ale czy to ważne?

Wreszcie też czuję, że po prawie czterdziestu latach tułaczki i nieustannego błądzenia dotarłem do miejsca, gdzie znajduje się tylko przede mną fantastyczny horyzont kreowania elektronicznej wyobraźni...

Rafał Wiśniewski
raf8112@interia.pl





Ploter – robot artysta

Czy myślałeś kiedyś, Czytelniku, co mogłoby się stać, gdyby dać komputerowi długopis do ręki? Aby to sprawdzić, wystarczy nam jedynie kilka silników i Arduino...

Ploter jest urządzeniem pozwalającym na nanoszenie obrazów lub wycinanie albo grawerowanie różnych wzorów. Nasz projekt jest prostym modelem, pozwalającym za pomocą długopisu albo kredki rysować obrazy o rozmiarach prostokąta o wymiarach 80 na 100 milimetrów (fachowo powiedzielibyśmy, że jest to **powierzchnia robocza**).

Możesz wykonać taki ploter, dołączyć go do komputera i od tego zacząć swą nową przygodę. Cała dokumentacja w postaci plików projektowych i programów jest dostępna i gotowa do użycia. Nawet gdybyś nie wykonał modelu, treść artykułu zawiera informacje, które pokażą, że tego rodzaju zadanie wcale nie jest tak trudne, jak mogłoby się wydawać.

Jak to działa?

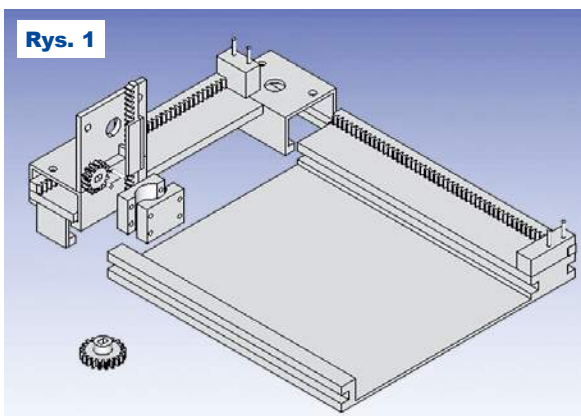
Naszym **urządzeniem wykonawczym jest długopis**. Pozycją długopisu możemy niezależnie sterować w trzech osiach za pomocą silników krokowych. W przeciwieństwie do „zwykłych” silników prądu stałego, silniki krokowe nie obracają się cały czas, ale wykonują pojedyncze kroki o znanej długości (kątzie obrotu). Dzięki temu znamy zmianę położenia silnika bez stosowania dodatkowych czujników. Oczywiście nie jest to prawdziwe zawsze, w pewnych patologicznych sytuacjach może dojść do „zgubienia kroku”, ale w naszym prostym projek-

cie możemy takie skrajne sytuacje pominąć. Do zmiany ruchu z obrotowego na liniowy („przód/tył”) posłużą nam koła i listwy zębate. Części mechaniczne (poza silnikami) **zostały wydrukowane na drukarce 3D**. Ich projekt został przygotowany w bezpłatnym programie FreeCAD w wersji 19. Przedstawia go **rysunek 1**. Sam projekt znajdziemy w pliku *mechanics/v2.FCStd* w Elpor-talu w materiałach dodatkowych do tego numeru oraz w repozytorium [1].

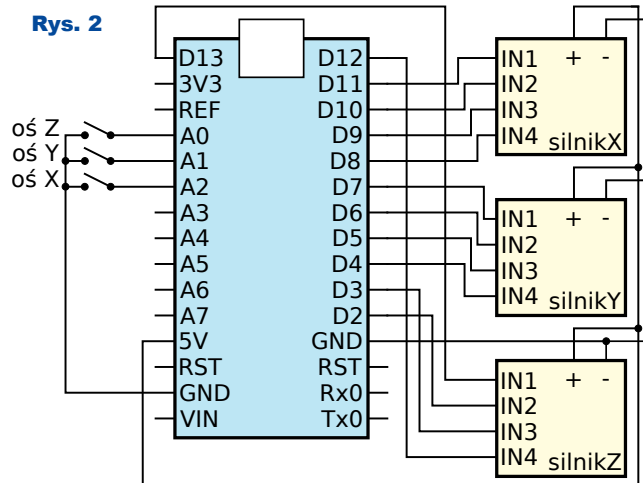
Sposób połączenia elektroniki prezentuje **rysunek 2**. Jest ona beznadziejnie prosta: składa się jedynie z gotowych modułów: Arduino Nano oraz trzech silników krokowych 28BYJ-48 5V wraz ze sterownikami opartymi na układzie ULN2003. Dokładny opis jego działania można znaleźć w Kopalni Skarbów Elportalu[2].

Jak już wiemy, silnik krokowy pozwala nam na precyzyjne przesunięcia. Nie daje nam jednak informacji o pozycji początkowej. Osobom zainteresowanym in-

Rys. 1



Rys. 2



formatką może się ta sytuacja kojarzyć z dodawaniem do nie wyzerowanych zmiennych. Aby znaleźć początkową pozycję, potrzebujemy jeszcze czujników krańcowych. Może to być (tak jak u nas) zwyczajny przycisk, który zostanie na-

ciśnięty, gdy ploter osiągnie ustaloną przez nas pozycję. Dzięki nim sterownik może znaleźć pozycję 0 (w zasadzie (0,0,0), bo jest to wektor o trzech składowych x , y i z). Po prostu poruszamy długopis w danej osi tak długo, aż przycisk zostanie naciśnięty przez poruszający się wózek. Najpierw wykonujemy ruch z jak największą szybkością. Gdy krawcówką, poinformujemy nas, że została zwarta, zatrzymujemy się, ale tylko po to, aby powoli wycofać się aż do jej otwarcia. Następnie znów powoli jedziemy do przodu, aż do jej ponownej aktywacji. Mogłoby się wydawać, że taka jazda tam i z powrotem nic nie wnosi. Jednak dzięki temu znacznie zwiększamy dokładność. Przy wolniejszym przesuwaniu się system znacznie dokładniej zareaguje na dojechanie do pozycji końcowej. Taką procedurę wykonujemy dla każdej osi osobno. Nazywa się ona **bazowaniem**.

Aby móc coś narysować, musimy mieć możliwość przesyłania rozkazów do plotera. U nas sterowanie odbywa się poprzez przesyłanie kolejnych rozkazów przez port szeregowy. Standardem używanym w tego typu urządzeniach jest tak zwany **G-code**, który okazuje się zaskakująco prosty. My wykorzystamy jedynie trzy kody – rozkazy z bogatej listy dostępnych poleceń:

- G28 – wykonaj bazowanie i ustaw maszynę w pozycji (0,0,0),
- G00 Xnn Ynn Znn – przenieś końcówkę do zadanej pozycji (trasa dowolna),
- G01 Xnn Ynn Znn – przenieś końcówkę, ale tym razem po odcinku (czasami spotyka się tu trudną nazwę „interpolacja liniowa”).

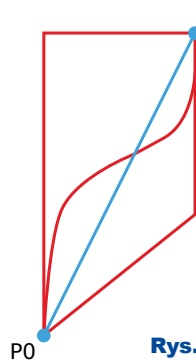
Nn w tych rozkazach symbolizuje liczbę naturalną opisującą położenie w milimetrach. Nie musimy za każdym razem podawać wszystkich osi, tylko te, w których chcemy wykonać ruch. Po zrozumieniu i wykonaniu polecenia sterownik zwróci nam informację: OK.

Program dekodujący rozkazy znajdziemy w podanych wcześniej miejscach (Elportal i repozytorium) w pliku *firmware/src/gcode.c*. Nie będziemy go tutaj go dokładnie analizować. Przyjrzymy się tylko podstawowej koncepcji, jaka za nim stoi. Wykorzystuje on technikę zwaną skończoną **maszyną stanów** (często spotyka się też skrót **FSM** od angielskiej nazwy *Finite State Machine*). Oznacza to, że mamy pewną funkcję (u nas *gcode_parse*), która przyjmuje aktualny stan naszego dekodera oraz następny znak odebrany przez port szeregowy. Takie podejście pozwala nam rozbić dość złożony problem (trzy dostępne rozkazy to

problem nie aż tak złożony, ale może kiedyś będziemy chcieli coś tu dodać) na prostsze etapy. Proces wykrywania różnych rozkazów z różną liczbą parametrów rozbijamy na stosunkowo łatwe etapy sprawdzania, co zmieni pojedynczy (następny) znak.

Drugą rzeczą, na którą warto zwrócić uwagę, jest rozdzielenie analizowania G-code od obsługi samego portu szeregowego. Dzięki temu możemy „wyciąć” ten kawałek z naszego projektu i przygotować dla niego **testy jednostkowe**. Polegają one na wywoływaniu naszej funkcji dla różnych rozkazów i sprawdzaniu, czy końcowy stan jest zgodny z naszymi oczekiwaniami. Ten fragment języka C może zostać skompilowany zarówno dla mikrokontrolera, jak i komputera PC. Możemy więc uruchamiać testy na naszym komputerze, bez podłączania Arduino. Gratis dostajemy też możliwość przeniesienia tego kawałka na inny sprzęt, na przykład gdybyśmy chcieli użyć większego mikrokontrolera z rdzeniem ARM.

Wróćmy jednak do testów. Znajdziemy je w pliku *firmware/test/parse_gcode.cpp*. Widzimy tam serię różnych rozkazów, na przykład „G1 Z100 X10 Y345n”, wraz z sprawdzeniem, czy zostaną one poprawnie zinterpretowane. Takie podejście nie zastąpi nam sprawdzenia działania w docelowym sprzęcie (czyhają w końcu różne pułapki, na przykład *int* na komputerze ma 32, a w Arduino 16 bitów), ale pozwoli nam na wykrycie wielu błędów w logice naszego programu. A gdy komputer od razu sprawdzi poprawność, możemy automatycznie uruchamiać je dla wszystkich kolejnych zmian. Dzięki temu dostaniemy informację zwrotną, czy coś przypad-



Rys. 3

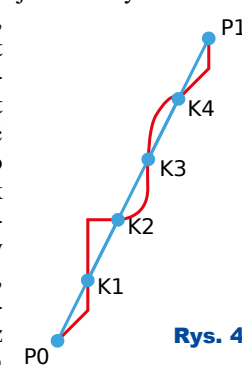
kiem się nie popsuło: <https://gitlab.com/kozik/ploter/-/jobs/896004027>. Otrzymamy w ten sposób **testy regresyjne**.

Główny szkic Arduino znajduje się w pliku *firmware/firmware.ino*. Tutaj chciałbym, abyś, Czytelniku, przyglądał się funkcji *move1*. To ona realizuje właśnie **interpolację liniową**. Jak już wiemy, za tym skomplikowanym określeniem kryje się po prostu ruch po odcinku.

Aby to trochę lepiej zrozumieć, popatrzmy na **rysunek 3**. Dla uproszczenia w naszym przypadku będziemy przemieszczać się tylko w dwóch wymiarach (po kartce). Sam wzór końcowy będzie jednak prawdziwy także dla trzech, a nawet dla dowolnej innej skończonej liczby

wymiarów – po co się ograniczać. Wyobraźmy sobie, że końcówka naszego długopisu jest w punkcie p_0 i ma współrzędne x_0 i y_0 . Wydajemy rozkaz G1 z zadaniem punktem p_1 o współrzędnych x_1 i y_1 . Chcemy, aby na papierze narysowany został niebieski odcinek. Musimy więc zmusić dwa silniki, aby wspólnie przesuwały nasz długopis. Gdyby szły one niezależnie, mogłaby powstać któraś z czerwonych krzywych.

Jedną z bardzo prostych metod, która pozwoli nam osiągnąć nasz cel, jest dodanie punktów pośrednich. Widzimy je na **rysunku 4**. W naszym przykładzie jest ich cztery. Zostały nazwane K_1 , K_2 , K_3 i K_4 . Pozornie, że stosunkowo prostego problemu narysowania jednego odcinka, powstał nam problem znacznie gorszy: narysuj pięć odcinków. Jednak jeżeli nowe odcinki będą znacznie krótsze, to sposób, w jaki przejdziemy pomiędzy nimi, nie ma aż tak dużego znaczenia.



Rys. 4

R E K L A M A

OBWODY DRUKOWANE

Produkcja, Projektowanie, Montaż

Zakład produkcyjny: 05-260 Marki ul. Duża 1 tel. 22 781 63 95 22 761 95 00 fax. 22 781 63 95 w.23 www.elmax.waw.pl elmax@elmax.waw.pl	Płytki jednostronne	Serie dowolne	Dokumentacja technologiczna	Montaż elektroniczny
	Płytki dwustronne	Prototypy	Dokumentacja konstrukcyjna	Ilości modelowe produkcyjne
Płytki na podłożu aluminium	Maksymalny wymiar płytek 1w 630 mm	Płyty czołowe FR4	Trawione szablon SMD	Krótkie terminy
Aktywny kalkulator prototypów na stronie internetowej	Pokrycie Sn lub SnPb inne na życzenie	Maski, opisy montażowe w różnych kolorach	Wykonania super ekspresowe	

Porównajmy niebieski (wymarzony) odcinek z czerwonymi krzywymi łączącymi kolejne kroki. Teraz nawet „niedbałe” przejścia nie powodują dużych błędów dla całego odcinka. Nasze dodatkowe punkty kontrolne K pilnują, żeby odchylenia nie były zbyt wielkie. A chcąc zwiększyć dokładność, możemy po prostu zwiększyć ich liczbę. Oczywiście jak przesadzimy, to w grę wejdą inne czynniki, takie jak rozdzielczość reprezentacji zmiennych.

Mamy już główną ideę interpolacji liniowej: wyznaczyć serię „punktów kontrolnych”, a następnie „jak bądź” przesuwamy pisak pomiędzy nimi. Musimy jeszcze w jakiś sposób wyznaczyć ich współrzędne. Na szczęście jest to stosunkowo proste. Musimy wyobrazić sobie dodatkową zmienną t . Możemy myśleć, że jest to czas. Na początku, dla $t=0$ jesteśmy w P_0 , natomiast do celu (P_1) chcemy dojechać w chwili $t=1$, oznacza to, że w chwilach pośrednich jesteśmy w punkcie danym (moim zdaniem bardzo ładnym) wzorem:

$$P(t) = P_0(1-t) + P_1t$$

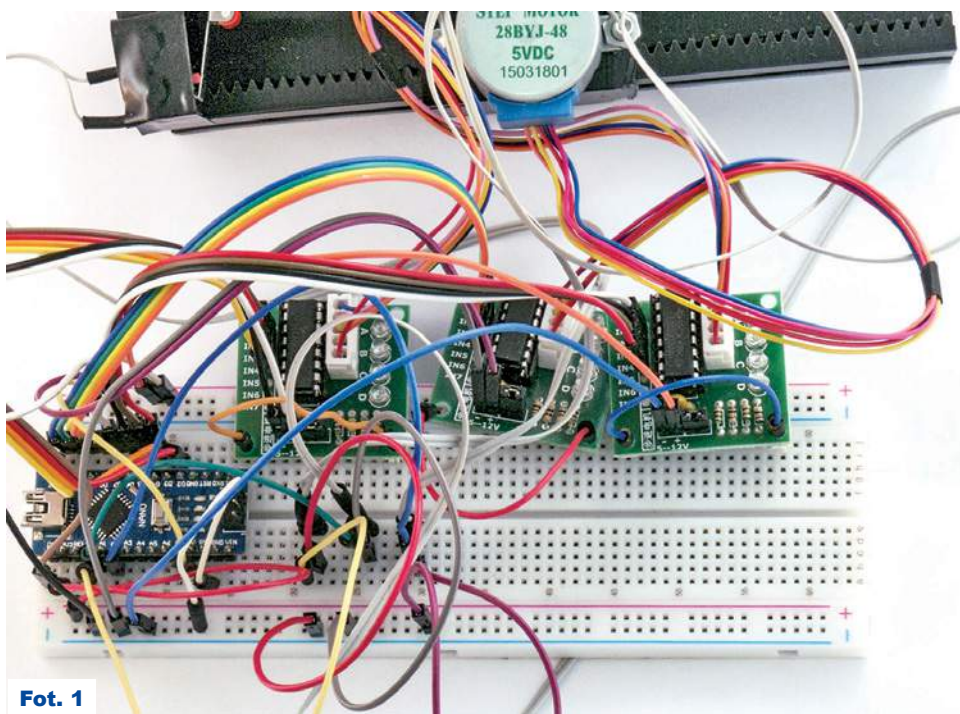
Jest to zapis wektorowy. Możemy go zastosować na przykład do punktów w przestrzeni ośmiowymiarowej, ale na razie ograniczymy się do naszej dwuwymiarowej kartki:

$$x(t) = x_0(1-t) + x_1t$$

$$y(t) = y_0(1-t) + y_1t$$

Gdybyś, Czytelniku, chciał dowiedzieć się więcej o takim sposobie opisu równania odcinka oraz innych krzywych, to więcej informacji można znaleźć w sieci pod hasłem **równanie parametryczne**. Wróćmy jednak na ziemię, a w zasadzie na płaszczyznę. Teraz łatwo już zauważyć, że krok K_1 to „chwila” $t=0,2$, K_2 to $0,4$ i tak dalej. Gdy pomyślimy nad tym troszkę dłużej, to dojdziemy do wniosku, że po wprowadzeniu N kroków pośrednich, odstęp „czasowy” pomiędzy nimi będzie równy $1/(N+1)$.

Mamy więc odcinek. Co jednak zrobić, jeżeli zamarzył nam się okrąg? Rozwiązań jest jak zwykle kilka. Bardziej zaawansowane narzędzia dostarczają nam jeszcze innych metod, takich jak interpolacja kołowa. Jest nawet zarezerwowane osobne polecenie G02 i G03, w zależności od tego, czy chcemy iść zgodnie, czy przeciwnie do ruchu wskazówek zegara. Jest też prostsze rozwiązanie: przybliżamy koło za



Fot. 1

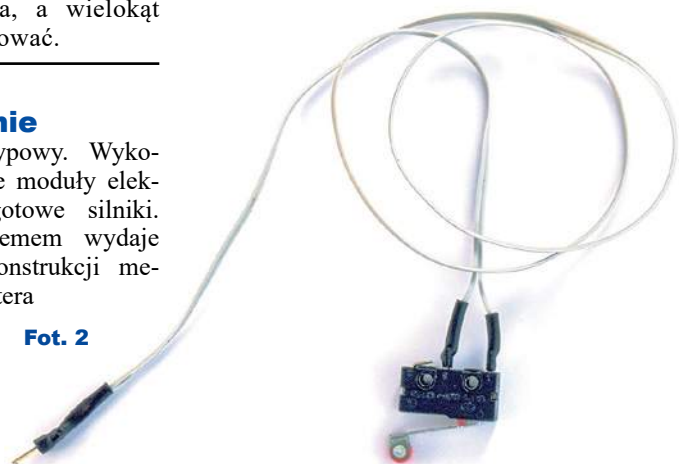
pomocą wielokąta, a wielokąt już umiemy narysować.

Montaż i uruchomienie

Projekt jest nietypowy. Wykorzystujemy gotowe moduły elektroniczne oraz gotowe silniki. Ogromnym problemem wydaje się wykonanie konstrukcji mechanicznej plotera

opartej na plastikowych elementach pokazanych na rysunku 1. Nie są to jakieś fabryczne elementy. Pierwszym krokiem jest więc wydruk elementów mechanicznych. Łącznie jest ich osiem: podstawa, karetki osi X i Y, dwa elementy mocowania długopisu oraz trzy zębatki. Plik z wszystkimi elementami znajdziemy w *mechanics/renders/all.stl*. W moim przypadku (mam drukarkę 3D) koszt materiału wychodzi mniej niż 15 zł. Pozostałe części (silniki, Arduino Nano) mieszczą się w 50zł.

Jeżeli nie dysponujemy własną drukarką 3D, nie mamy do takowej dostępu, sprawa się trochę komplikuje. Warto poszukać dostępu do kogoś mającego drukarkę 3D. Można też skorzystać z usług jednej z wielu powstałych ostatnio firm oferujących tego typu usługi. Nie korzystałem nigdy z tego typu usług, więc nie wiem, czego można się spodziewać. Niektóre takie firmy mają własne kalkulatory, pozwalające wstępnie

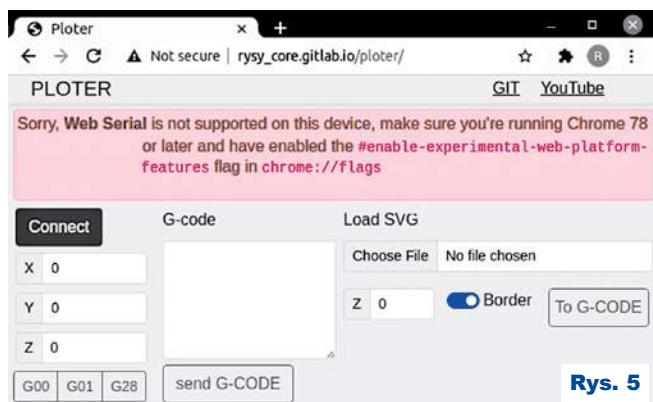


Fot. 2

wycenić usługę. Dla ciekawości przygotowałem plik *.stl* z wszystkimi częściami: <https://gitlab.com/kozik/ploter/-/blob/master/mechanics/renders/all.stl>. Parametry druku wybierałem takie, jakich sam używałem: rodzaj FDM, tworzywo PLA, jakość – szybko. Znalazłem stronę <https://printelize.com/pl/Order3DPrint> porównującą ceny wydruku. Rozpiętość cen jest dość duża. Najtańsze oferty (ale źle oceniane) były już od 50 zł. Takie z większą liczbą pozytywnych ocen zaczynały się od około 100zł.

Jedna z firm wyceniła całość na około 125zł, ale na początku, gdy każdy komponent miałem jako osobny plik *.stl*, to wtedy sumaryczna cena wyszła około 220zł.

Opis przebiegu budowy byłby dość suchy, dlatego zdecydowałem się przygotować film pokazujący kolejne kroki



[4]. Tu dodam jedynie, że jeżeli któryś z wózków za bardzo by się „przekręcał”, można dokleić kilka pasków taśmy izolacyjnej na jego wewnętrznych ściankach. Dzięki temu powinien lepiej przylegać do „szyny”. Gotowy model prezentuje **fotografia tytułowa**.

Następnie przechodzimy do składania elektroniki. Do połączenia modułów można wykorzystać płytkę stykową. Mój prototyp można zobaczyć na **fotografii 1**. Należy zwrócić uwagę, aby silniki były zasilane napięciem 5V (a nie 3,3V z wbudowanego w Arduino stabilizatora). Jedyłą częścią, która musimy sami zlutować, są przewody do krańcówek. Połączenia warto zabezpieczyć koszulkami termokurczliwymi, co widzimy na **fotografii 2**.

Gdy wszystko jest złożone, możemy wgrać wsad do Arduino. Aby przetestować jego działanie, uruchamiamy terminal portu szeregowego. Możemy tu wpisywać rozkazy dla plotera. Najpierw warto wykonać bazowanie: G28

Do rysowania najlepiej wykorzystać specjalną stronę internetową – opis za chwilę. Ale jeżeli ktoś chciałby spróbować bez tego ułatwienia, to powinien znaleźć pozycję osi Z, dla której pisak rysuje po papierze. Używamy tu polecenia: G0 Z5

Zaczynamy dla małych przesunięć i sprawdzamy coraz większe. Pamiętajmy, że Z5 oznacza współrzędną końcową, a nie długość, o którą mamy przesunąć długopis. Wartość ta będzie nam potrzebna przy generowaniu poleceń. Moglibyśmy rysować ręcznie, wpisując kolejne rozkazy, lecz nie jest to zbyt wygodne. Dlatego najpierw przygotujemy grafikę w programie Inkscape i zapi-

szemy ją w formacie svg. A później wykorzystamy skrypt napisany w języku Python, który zmieni go na G-code. Maksymalny rozmiar rysunku dla naszego urządzenia to 100 na 80 milimetrów. Rysunek nie może zawierać żadnych grup, a jedynie pojedyncze elementy.

Musimy także dopilnować, aby składał się tylko z liniowych elementów *path* (ścieżka). Jak to osiągnąć, można sprawdzić w filmie [4]. Gdy już mamy obrazek, przechodzimy do wiersza poleceń i uruchamiamy skrypt:

```
python3 /gcode_gen.py -fplik.svg -z 5
```

Parametr *-f* to ścieżka do pliku, a *-z* to wyznaczona przez nas pozycja długopisu. Wynik zostanie zapisany w: *plik.gcode*. Teraz możemy umieścić w ploterze kartkę papieru. Pasujący rozmiar to A6 (ćwiartka popularnego formatu A4). Rogi arkusza warto unieruchomić za pomocą taśmy izolacyjnej. Rysunek wysyłamy za pomocą programu *sender/sender.py*:

```
python3 ./sender.py -fplik.gcode -s /dev/ttyUSB0
```

.

W systemie operacyjnym Windows zamiast */dev/ttyUSB0* musimy podać odpowiedni port szeregowy (na przykład *com3*). Na ekranie zobaczymy aktualne rozkazy, a na papierze powinien pojawić się nasz obrazek.

To była procedura realizowana „na piechotę”. Jednak do rysowania lepiej wykorzystać specjalną stronę internetową. Znajdziemy ją w materiałach dodatkowych (plik *web/index.html*) albo pod adresem [5]. Jej wygląd prezentuje **rysunek 5**. Działa ona tylko w przeglądarce Chrome z włączoną funkcją eksperymentalną *#enable-experimental-web-platform-features*. Włącza się ją, wchodząc pod adres *chrome://flags*. Jeżeli wchodzimy pod adres [5], musimy pilnować, aby łączyć się przez *https*, a nie *http*.

Najpierw naciskamy przycisk *Connect* i z listy wybieramy odpowiedni port szeregowy. Pierwsza kolumna pozwala nam ręcznie wysłać polecenia G0, G1 i G28.

Wykaz elementów

Silnik krokowy 28BYJ-48 5V	3 sztuki
Sterownik z ULN2003.	3 sztuki
Wyłącznik krańcowy.....	3 sztuki
Arduino Nano.....	1 sztuka
Śruba 4×15mm	6 sztuk
Nakrętka 4mm	6 sztuk
Śruba 2×20 mm.....	4 sztuki
Nakrętka 2mm	4 sztuki

Środkowa pozwala na wpisanie i przesłanie listy poleceń G-code. W ostatniej możemy wczytać plik SVG.

Pierwszym krokiem jest wykonanie bazowania: naciskamy przycisk G28. Następnie znajdziemy pozycję osi Z, dla której pisak rysuje po papierze. W pole tekstowe Z wpisujemy kolejne wartości i naciskamy przycisk G00. Zaczynamy dla małych przesunięć i sprawdzamy coraz większe. Pamiętajmy, że podana wartość oznacza współrzędną końcową, a nie długość, o którą ma się przesunąć długopis.

Także i tu moglibyśmy rysować ręcznie, wpisując kolejne rozkazy, lecz nie jest to wygodne. Dlatego przygotujemy grafikę w programie Inkscape i zapiszemy ją w formacie *svg*. Maksymalny rozmiar rysunku to 100 na 80 milimetrów. Przypominam, że nie może on zawierać żadnych grup, tylko składać się z elementów *path* (ścieżka).

Na stronie internetowej naciskamy przycisk *Choose File* i wybieramy nasz plik. Następnie wyznaczoną wartość Z wpisujemy w pole tekstowe i klikamy *To G-CODE*. W polu tekstowym pojawiają się rozkazy. Wysyłamy je przyciskiem *send G-CODE*. W pasku stanu będą pojawiały się kolejne przesyłane rozkazy, a na papierze powinien pojawiać się nasz obrazek. Spółobsługa prezentuje także film [6].

Rafał Kozik

rafkozik@gmail.com

- [1] <https://www.freecadweb.org/>
- [2] <https://gitlab.com/kozik/ploter>
- [3] https://elportal.pl/pdf/k01/79_22.pdf
- [4] <https://www.youtube.com/watch?v=XkRYjGMpl0s>
- [5] https://rasy_core.gitlab.io/ploter/
- [6] https://www.youtube.com/watch?v=_1RMS1ugY8I

Izolowany galwanicznie mostek USB-I2C

Kontynuujemy opis układu FT201. Zanim opiszę sposób konfigurowania pamięci MTP, zacznę od prostszego zagadnienia, pamięci EEPROM. Cała pamięć FT201 jest podzielona na kilka obszarów **rysunek 7**. Zielone obszary są do dowolnego wykorzystania przez użytkownika, przy czym obszar 0x24...0x7F (słowa 0x12...0x3F) jest widoczny w oknie programu FT_PROG – **rysunek 8**. Pozostałe obszary kontrolowane są 16-bitową sumą kontrolną. Jeśli będzie błędna, układ przyjmie standardową konfigurację. Aby odczytać zawartość pamięci EEPROM, należy ją najpierw zaadresować. Jak łatwo się domyślić, jest używany do tego mechanizm dostępu przez adres broadcastowy. Po zaadresowaniu można odczytać bajt. Nie będę szczegółowo opisywał tych funkcji, zainteresowanych odsyłam do kodów źródłowych. Dla większości użytkowników wystarczy wiedza, że funkcja „uint16_t ReadMtpFT201(uint16_t adres, uint16_t len, uint8_t *buf)” odczytuje bajt/bajty spod adresu „adres” do bufora „buf”. Liczba bajtów zawiera argument „len”. Odczytanie całej pamięci MTP może wyglądać tak, jak na **listingu 7**.

Zapis bajtu jest równie prosty z punktu widzenia funkcji „`uint16_t WriteMtpFT201(uint16_t adres, uint8_t data)`”. Na listingu prosty program zwiększający

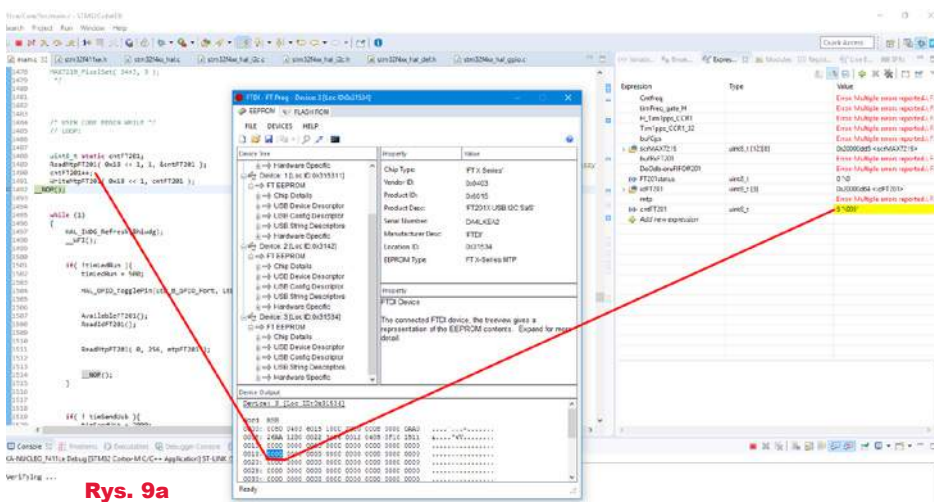
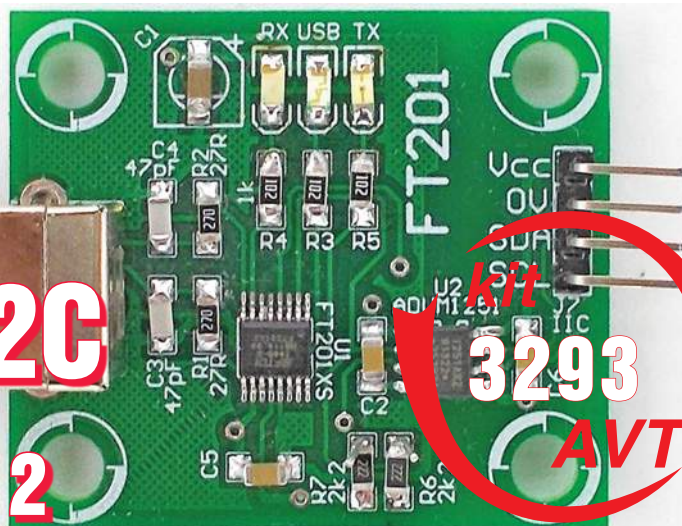
Memory Area Description	Word Address	Byte Address
User Area 2 Accessible via USB and I ² C	0x3FF - 0x80	0x7FF - 0x100 Rys. 8
Checksum	0x7F	0xFF - 0xFE
String Descriptor Area Accessible via USB and I ² C	0x7D - 0x50	0xFB - 0xA0
FTDI Configuration Area Cannot be written	0x4F - 0x40	0x9F - 0x80
User Area 1 Accessible via USB and I ² C	0x3F - 0x12	0x7F - 0x24
Chip Configuration Area Accessible via USB and I ² C	0x11 - 0x00	0x23 - 0x00

Figure 3.1: Simplified memory map for the FT-X

[illegible]

Rys. 7

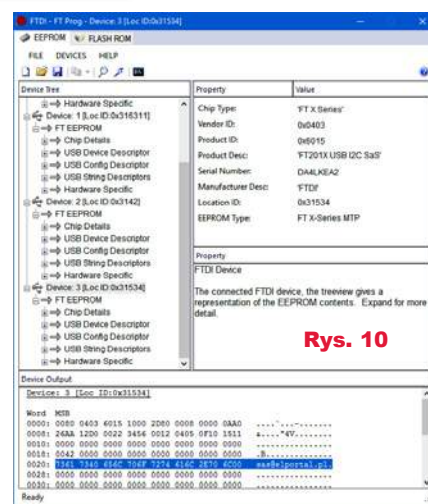
CZĘŚĆ 2



Rys. 9a

komórkę 0x30 (młodszy półbajt słowa 0x18), jak pokazuje **listing 8**.

W przykładowym programie funkcja była wywołana przed pętlą główną, więc zliczała liczbę resetów mikrokontrolera. Efekt działania funkcji widać w debuggerze i programie FT_PROG **rysunek 9a**. Wersja Arduino na **rysunku 9b** (tylko w Elportalu). Licznik na jednym bajcie nie ma praktycznego zastosowania, ale nie ma problemu, aby rozszerzyć go do 4 bajtów. Korzystając z adresu 0xFF (do słowa 0xFF dla użytkownika) (słowa 0x24...0x7F), można w okienku FT_... w nim przechowywać o wersji programu.



Rys. 10

i na przykład adres e-mail autora programu, **rysunek 10**. Ze względu na to, że FT_PROG wyświetla słowa, a nie bajty, nie można wprost wpisać tekstu, należy zamienić bajty parzyste z nieparzystymi. Zrealizowałem to prostym programem, jak pokazuje **listing 9**.

Tekst ten jawnie nie musi występować
w kodzie programu, można go zaszyfrować

Checksum				UNUSED				0x7E	0xF8
String Descriptor Space								0x7C	0xF8
Used to hold the following:								0x50	0xA0
Serial Number String Descriptor								0x4E	0x9C
Product String Descriptor								0x4C	0x98
Manufacturer String Descriptor								0x4A	0x94
Factory Configuration Data								0x48	0x90
Configuration data is used regardless of checksum								0x46	0x8C
Not writable by the user								0x44	0x88
								0x42	0x84
								0x40	0x80
User Memory Space								0x3E	0x7C
- Address 0x12-0x3F is used specifically for customers data								0x12	0x24
- can be written to using USB & I2C interfaces								0x10	0x20
- this user area is excluded from the checksum calculation								0x0E	0x1C
								0x0C	0x18
								0x0A	0x14
								0x08	0x10
								0x06	0x0C
								0x04	0x08
								0x02	0x04
								0x00	0x00
								words	bytes

Rys. 11

kluczem o długości samego tekstu. Tekst jest widoczny w oknie FT_PROG (w tym przypadku specjalnie dałem go w obszarze 0x24...0x7F), ale można go umieścić tam, gdzie FT_PROG go nie pokaże, czyli w obszarze x0100...0x7FF (0x80...0x3FF). Sygnaturę można odczytać na komputerze przez D2XX lub przez uC. Całkiem dobry sposób na zabezpieczenie swoich praw. MCP2221 czy mostki z UART nie dają takiej możliwości.

Obszar EEPROM i samej pamięci MTP może być odczytywany zarówno z poziomu mikrokontrolera, jak i programu w komputerze. Daje to możliwość odczytania przez HOST dużej liczby informacji o urządzeniu, przy czym nie ma tu ograniczenia liczby danych do 32 jak w przypadku deskryptora USB. Co ważne, sam mikrokontroler nie uczestniczy w tej operacji. Przykładowo licznik czasu pracy w mikrokontrolerze jest nie do odczytania, a w FT201 nie ma z tym problemu. Można oczywiście taki licznik przechowywać w zewnętrznej pamięci EEPROM, ale jej odczyt wymaga dodatkowych zabiegów, w przypadku FT201 wystarczy do tego komputer. Nawet nie trzeba pisać specjalnej aplikacji, wystarczy darmowy FT_PROG i wiedza, gdzie

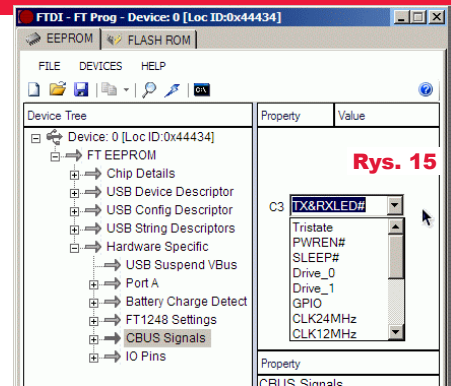
funkcjach CBUS, poborze prądu, itp. Oczywiście konfiguracja nieistniejącego CBUS nie odniesie skutku. O CBUS później napiszę coś więcej, teraz skupmy się na najbardziej potrzebnych opcjach. Obszar od 0xA0 do 0xF8 (w słowach 0x50..0x7C) przechowuje informacje o nazwie interfejsu, producencie, numerze seryjnym. Wskaźniki do tego obszaru zawierają bajty 0x0E..0x13. Jak później pokażę, wskaźników tych w wielu przypadkach nie trzeba liczyć. Dość istotne znaczenie ma pierwszy bajt. W nim jest zawarta informacja między innymi o tym, czy ładować biblioteki VCP, czy nie. W przeciwieństwie do układów z rodziny FT232, FT23x, w mostkach IIC/SPI domyślnym ustawieniem jest nieładowanie VPC (ładowanie D2XX). Jest to o tyle istotne, że taki układ nie będzie widziany jako wirtualny COM i komunikacja z nim będzie możliwa tylko przez biblioteki D2XX. Można to zmienić z poziomu menedżera urządzeń, rysunek 12, zaznaczając opcję „załaduj VCP” lub lepiej z poziomu FT_PROG – rysunek 13. Dlaczego sugeruję robić to z poziomu FT_PROG? Otóż jak zrobimy to w menedżerze urządzeń, to po zmianie deskryptora i enumeracji, konieczne będzie powtórzenie operacji w „menedżerze urządzeń”, a gdy zrobimy to w FT_PROG, to ominie nas ta wątpliwa przyjemność. Oczywiście lepszym rozwiązaniem będzie zmiana bitu odpowiedzialnego za te funkcje z poziomu mikrokontrolera. Za ładowanie VCP odpowiedzialny jest siódmy bit (licząc od zera) pierwszego bajtu obszaru MTP – rysunek 14. Aby go ustawić, można skorzystać z kodu z listingu 10.

Konfiguracja CBUS. Bajty od 0x1A (0x34) do 0x20 (0x40) odpowiadają za konfigurację linii CBUS od 0 do 6. Wpisanie wartości 1 spowoduje,

i jak są zapisane informacje.

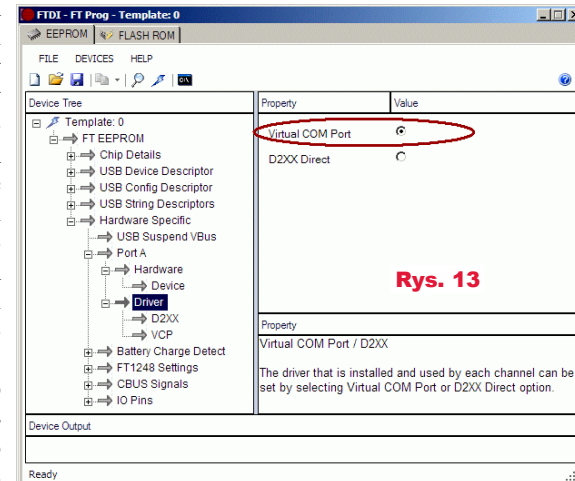
Teraz najtrudniejsze zagadnienie, obszar MTP. Na początek warto zapoznać się z mapą pamięci MTP – rysunek 11. Mapę można znaleźć na 8 stronie pliku AN_201_FT-X MTP Memory Configuration.

W obszarze tym można zapisywać i odczytywać informacje o VID, PID,

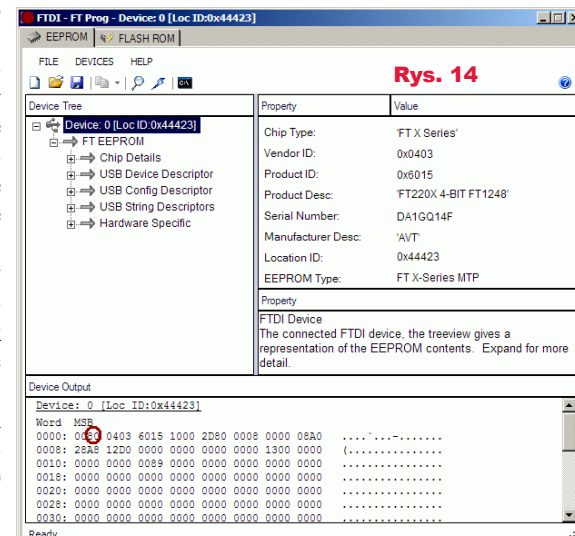


Rys. 15

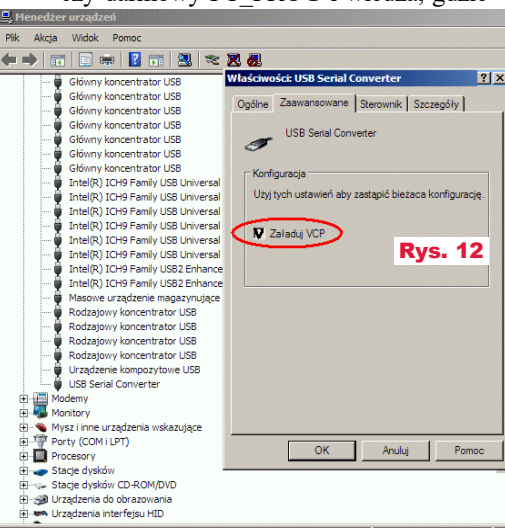
że pin będzie sterował diodą RX, wartość 2 TX, 3 RX+TX. W tabelicy 7.18 na stronach 16 i 17 dokumentu „AN_201_FT-X MTP Memory Configuration” opisano wszystkie możliwe ustawienia. Podczas prób zmiany ustawień CBUS napotkałem ciekawe zachowanie układu, a właściwie sterownika dla Windows. Z poziomu FT_PROG nie można uzyskać pewnych opcji, na przykład „LedTX&RX” dla FT22x/200x – rysunek 15. Można to jednak zrobić, modyfikując MTP z poziomu mikrokontrolera – rysunek 16. Mimo że opcji „LedTX&RX” nie ma na liście rozwijanej, pojawiła się w okienku!



Rys. 13



Rys. 14



Rys. 12

Trzeba jednak być ostrożnym z takimi operacjami, bo układ FT201 po tej zmianie został rozpoznany jako FT232H. Komunikacja działała, ale nie można zagwarantować, że inne opcje będą funkcjonowały bez problemu, choć teoretycznie nie powinien być z tym kłopotów, ponieważ układy FT20x/22x są skrojona wersją FT232H.

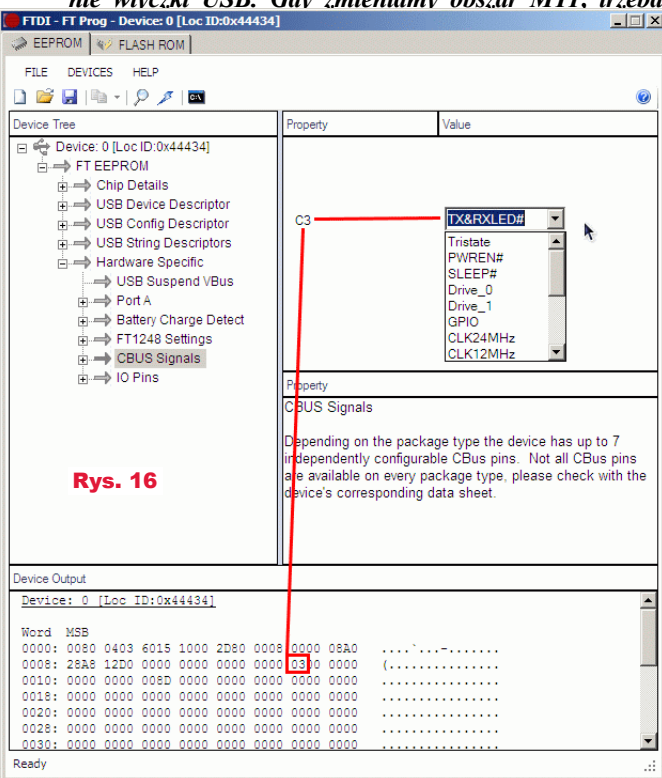
Uwaga! MTP jest wczytywana raz po resece FT201. Jeśli więc zostanie zmieniona jej zawartość (nie mylić obszaru MTP z obszarem EEPROM użytkownika), trzeba wymusić enumerację np. przez chwilowe odłączenie wtyczki USB. Gdy zmieniamy obszar MTP, trzeba

zapisać poprawną sumę kontrolną, którą można wyliczyć funkcją `CalculateMtpCrc`. Modyfikując pozostały obszar EEPROM nie zapisujemy CRC ponieważ jest on wyłączony z kontroli.

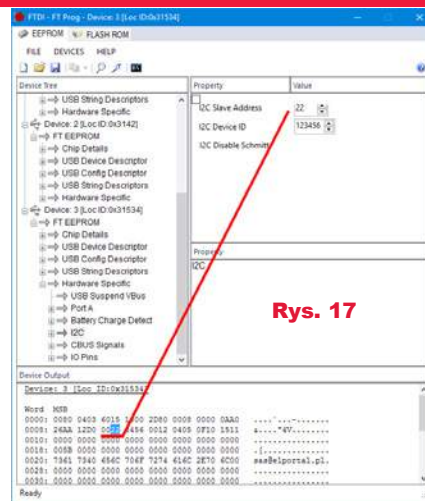
Na zakończenie opiszę kilka innych obszarów pamięci MTP. W bajcie 0x14 i 0x15 (słowo 0x0C) zapisany jest adres slave I2C. Domyślny adres to 0x22. Sprawdźmy, czy się zgadza w ustawieniach FT PROG – rysunek 17. Pora sprawdzić identyfikator. Powinien być w bajtach 0x16...0x18 (słowo 0x0B i młodszy bajt słowa 0x0C) – rysunek 18. Próba odczytu analizatorem (rysunek 19) i w programie przy użyciu debugera (rysunek 20) potwierdzają poprawność konfiguracji.

Debugger to potężne narzędzie w rękach programisty. Niestety Arduino jest pozbawione debugera. Jest jednak alternatywa, w przypadku AVR AtmelStudio, które importuje projekty z Arduino i pozwala na debugowanie. Jeśli Czytelnicy są zainteresowani artykułem na ten temat, proszę pisać do redakcji.

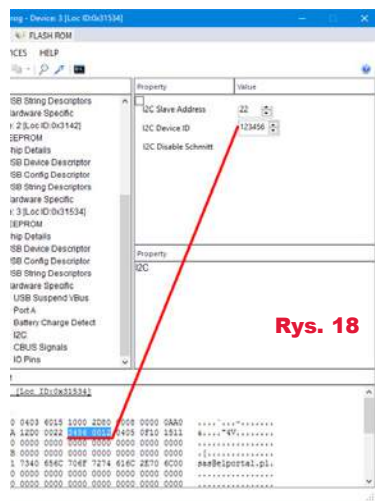
Bajty 0x0E i 0x0F (słowo 0x07) określają nazwę producenta – rysunek 21. Zawierają wskaźnik 0xA0, długość 0x0A. Bajt 0xA0 / 2 = słowo 0x50. Długość 0x0A = 10. 10 / 2 = 5 słów. Podglądamy zawartość pamięci – rysunek 22. Coś nie do końca się zgadza. Tekst ma długość czterech, a nie pięciu znaków i zaczyna się od jakichś tajemniczych 0x030A. Sprawdzamy więc nazwę produktu. Bajty 0x10 i 0x11 (słowo 0x08) zawierają adres nazwy



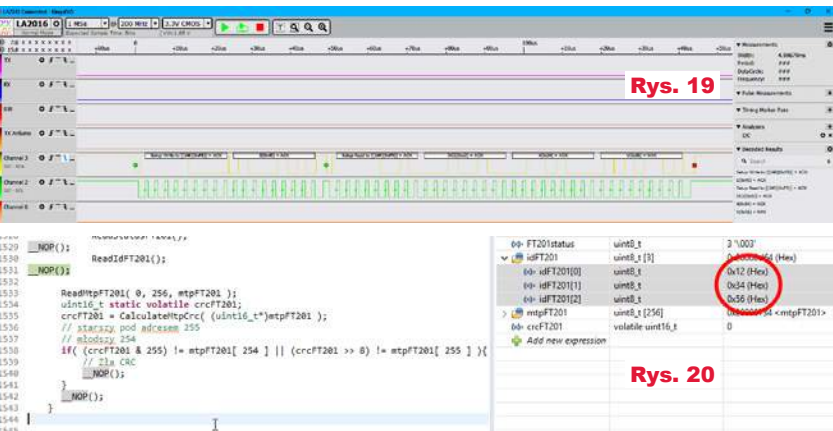
Rys. 16



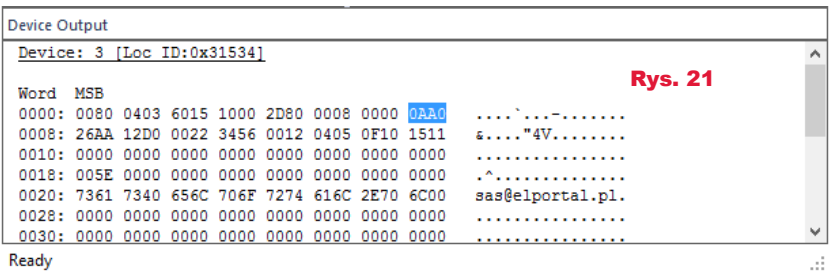
Rys. 17



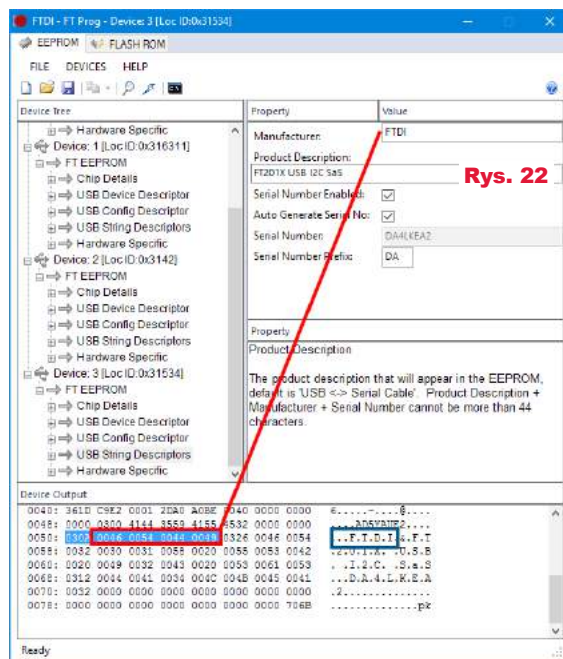
Rys. 18



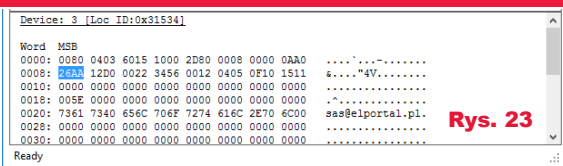
Rys. 19



Rys. 21



Rys. 22



Rys. 23

Rysunek 23 pokazuje wskaźnik 0xAA, długość 0x26, 0xAA / 2 = 0x55. 0x26 = 38, 38 / 2 = 19 słów. Sprawdzamy rysunek 24. Znowu niezgodność długości o jeden znak i pierwsze słowo o wartości 0x0326, która zdaje się coś sugerować. Sprawdzimy więc jeszcze numer seryjny. Bajty 0x12 i 0x13 zawierają wskaźnik 0xD0 i długość 0x12 – rysunek 25. 0xD0 / 2 = 0x68, 0x12 = 18 / 2 = 9 słów. Numer seryjny zawiera 8 znaków i tajemniczy ciąg 0x0312. Łatwo wywnioskować, że pierwsze słowo zawiera w starszym bajcie 0x03, a w młodszy długość ciągu znaków w bajtach. Wszystko wskazuje na to, że można pisać „między wierszami”, bo w słowie zawierającym znaki wykorzystany jest tylko jeden, młodszy bajt. Starszy jest do wykorzystania, ale nie sprawdzałem takiej możliwości.

Dwa bajty na znak do zakodowania kodów ASCII to rozrzutność. Gdyby było to kodowanie UTF-16, wszystko byłoby zrozumiałe, ale w deskrypcjach są tylko kody ASCII. Dlaczego więc na znak zużyto aż dwa bajty? Prawdopodobnie wynika to z faktu, że w układach FTDI użyto mikrokontrolerów 16-bitowych. Na niektóre układy FTDI można pisać własne programy, a producent udostępnia nieodpłatnie IDE i dokumentację. Takimi układami są na przykład VNC-2, które mają dwa USB, które mogą pracować w trybie HOST/DEVICE. Nie znam tańszego układu niż VNC, który miałby dwa HOST-y USB. Jeśli Czytelnicy wykazą zainteresowanie programowaniem układów VNC, na łamach EdW pojawi się stosowny materiał.

Opisywanie wszystkich bajtów konfiguracji nie ma większego sensu, zainteresowanych odsyłam do dokumentu *AN_201_FT-X_MTP_Memory_Configuration*. Teraz tylko krótka porada: Jeśli układ FTDI ma być w całości skonfigurowany

przez mikrokontroler, to nie ma potrzeby robić tego bit po bicie, bajt po bajcie. Wystarczy zrobić to programem FT_PROG, a następnie taką konfigurację przenieść do kodu źródłowego. Taką operację można przeprowadzić bibliotekami D2XX lub odczytać MTP mikrokontrolerem i wysłać w postaci kodu C/C++ na terminal. Taki kod wklejamy do kodu źródłowego. Teraz wystarczy, że po resecie mikrokontroler sprawdzi, czy CRC obszaru MTP jest zgodne z tym w kodzie źródłowym i w razie niezgodności zapisze MTP w FTDI. Trzeba pamiętać, aby odczyt MTP przeprowadzać, gdy układ jest skonfigurowany (funkcja „ReadStFT201()” zwróci 3). Według noty katalogowej, dostęp do MTP nie zawsze jest możliwy, dlatego operacje na tej pamięci trzeba weryfikować zarówno przy odczycie (na przykład dwa odczyty), jak i przy zapisie. *Zmiany w obszarze MTP są widoczne zaraz po odczytaniu danych przez FT_PROG. Jednak VID, PID i inne parametry związane z deskryptorem system widzi po enumeracji urządzeń USB. Enumerację można wywołać z poziomu systemu, przez wyjęcie i włożenie wtyku USB lub reset układu FTDI.*

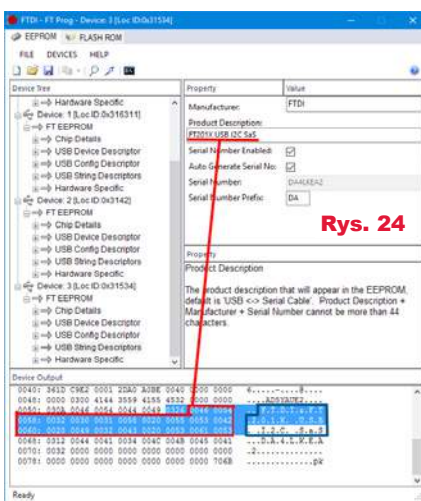
Zamieszczone w Elportalu programy są demonstracjami przedstawiającymi, jak używać układu FT201. Nie mają zabezpieczeń, nie zrealizowano timeoutu, więc w razie problemów z I2C program zresetuje się (zadziała watchdog).

W przygotowaniu jest też artykuł opisujący obsługę układów FT22x. Jest on bliźniaczo podobny do FT201, tyle że komunikuje się z wykorzystaniem interfejsu SPI. W przypadku tego układu można bez problemu wykorzystać standardowe biblioteki Arduino, co paradoksalnie wynika z gorszych bibliotek dla SPI niż I2C. Nie używają one buforów, tylko on-line wysyłają/odbierają dane z SPI, co nie powoduje rezerwacji RAM na potrzeby buforów. Nie ma problemu z ponownym startem jak w I2C. Niestety, SPI to aż 5 przewodów, o jeden mniej niż dla alfanumerycznego LCD w jednokierunkowym trybie 4-bit. Mam nadzieję, że nikt nie wpadnie na to, aby użyć PCF8474 jak w LCD, aby zmniejszyć liczbę pinów potrzebną do sterowania układem FT22x. Mimo wady w postaci dużej liczby portów mikrokontrolera, FT22x mają dwie główne zalety: dużą prędkość komunikacji i możliwość zapisu/odczytu stanu linii modemowych. Dzięki drugiej zalecie można uniknąć latającego jak wariat wskaźnika myszy i klikania, gdzie popadnie, gdy uC wysyła dane po USB, którego VCOM nie jest otwarty. Pewnie z tego powodu sterowniki mają opcje VCOM albo DD2X. Nie ma VCOM, nie ma problemu z myszą. Czytelników zainteresowanych kostkami FT22x zachęcam do przysyłania e-maili do redakcji EdW, co przyspieszy publikację.

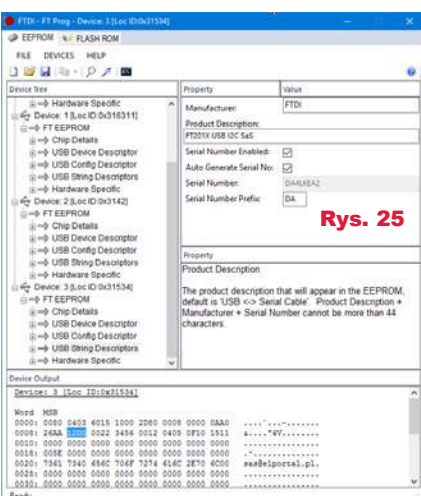
Wykaz elementów

R1,R2	27Ω 1206
R3,R4,R5	1kΩ 1206
R6,R7	2,2kΩ 1206
C1	10uF
C3,C4	47pF 1206
C2,C5,C6	100nF 1206
U1	FT201XS
U2	ADUM1250ARZ
D1	LED Niebieska 1206
D2	LED Zielona 1206
D3	LED Żółta 1206
J1	Gniazdo kątowe USB
J7	NS25-W4P

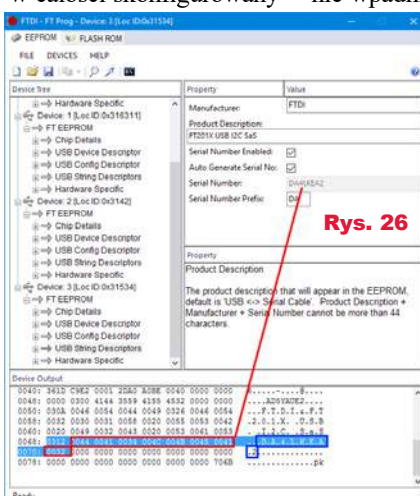
Płytką drukowaną jest dostępna w Sklepie AVT jako AVT3293



Rys. 24



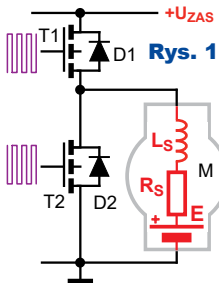
Rys. 25



Rys. 26

Silniki prądu stałego część 11

W poprzednim odcinku prosiłem, żebyś samodzielnie zastanowił się nad kwestią hamowania impulsowego z wykorzystaniem jednego lub dwóch

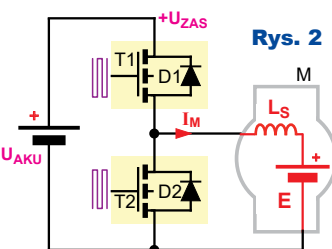


Rys. 1

MOSFET-ów według rysunku 1. Podpowiedź brzmiała: wiele zależy od częstotliwości impulsów.

Rozważmy więc dwa główne przypadki, ale najpierw przypomnijmy, że podczas normalnej pracy silnika, impulsowo, z dużą częstotliwością rzędu kilo-

herców otwieramy MOSFET T1, który jest głównym elementem regulacyjnym. Współczynnik wypełnienia impulsów wyznacza średnie napięcie na silniku i tym samym jego prędkość obrotową. Już wcześniej zauważyliśmy, że w związku z obecnością indukcyjności L_S tworzy się przetwornica obniżająca, co pokazuje ry-



Rys. 2

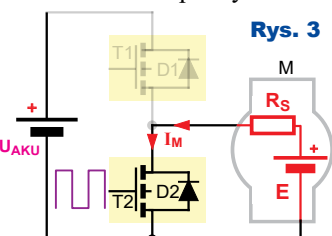
sunek 2, gdzie dla jasności pominąłem rezystancję R_S . Gdyby pomocniczy MOSFET T2 nie był w ogóle otwierany,

to przy zatkniętym T1 prąd indukcyjności L_S płynąłby przez strukturę D2. Jeżeli MOSFET T2 jest otwierany na przemian z T1, to uzyskujemy przetwornicę synchroniczną. Podkreślimy, że przy takiej pracy częstotliwość impulsów jest wysoka, rzędu powiedzmy 5kHz...20kHz.

Hamowanie impulsowe

A teraz omówmy pierwszy przypadek hamowania impulsowego według rysunku 3 za pomocą jednego tylko tranzystora T2, ale z wielokrotnie mniejszą częstotliwością impulsów.

Otóż gdy pomocniczy MOSFET T2 zostanie w pełni otwarty na dłużej, to możemy pominąć wpływ indukcyjności L_S . MOSFET T2 praktycznie zrobi zwarcie i po-



Rys. 3

plynie prąd, ograniczony głównie przez rezystancję R_S silnika. W tym czasie

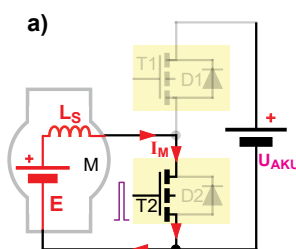
hamowanie będzie bardzo silne. Regulując współczynnik wypełnienia impulsów sterujących tym pomocniczym MOSFET-em T2, możemy zmieniać średnią, wypadkową siłę hamowania.

Zgadza się? W zasadzie tak, ale trzeba wyjaśnić wątpliwości. Nadal pozostaje problem prądu i mocy: gdy MOSFET T2 zostanie włączony, to w obwodzie popłynie duży prąd, ograniczony sumą niewielkich rezystancji: uzwojenia silnika R_S , przewodów i rezystancji R_{DSon} T2. Problemem nie jest tylko wielkość prądu, ale też duża moc strat wydzielająca się w tych rezystancjach. Hamowanie

to przecież zamiana energii mechanicznej na elektryczną, a potem na ciepłą we wspomnianych rezystancjach. Dlatego MOSFET T2 musi być odpowiednio potężny, żeby wytrzymał i duży prąd i dużą moc strat: $P = I^2 * R_{DSon}$. Tak, ale z odpowiednio potężnym MOSFET-em takie hamowanie jest możliwe. Jeśli impulsy miałyby bardzo małą częstotliwość, to rzeczywiście dominowałby opisany właśnie sposób działania i w okresach włączenia T2 hamowanie byłoby bardzo silne, a w okresach, gdy T2 byłby wyłączony – hamowania (praktycznie) by nie było. Przy bardzo małej częstotliwości impulsów zapewne wystąpiłoby wtedy silne szarpanie i vibracje, co jest niekorzystne, a często wręcz niedopuszczalne.

Nie tylko w związku z takimi wibracjami powraca pytanie: jak małą częstotliwość powinny mieć podczas takiego hamowania impulsy sterujące bramką T2, żeby można było pominąć wpływ indukcyjności silnika?

Hamowanie impulsowe przez okresowe zwieranie tylko jednego tranzystora T2 tylko na pozór wydaje się bardzo proste – wrócimy do tego, ale najpierw musimy dokonać pewnego odkrycia.



Rys. 4

Przetwornica synchroniczna

Już wcześniej zauważyliśmy, że układ z rysunku 1 przy odpowiednim sterowaniu MOSFET-ami jest najprawdziwszą synchroniczną przetwornicą obniżającą, co przedstawiliśmy na rysunku 2. Teraz analizujemy hamowanie i pracę w roli prądnicy, gdy źródłem zasilania jest właśnie silnik-prądnica i energia powinna być

zeń wyprowadzana na zewnątrz. W tym celu warto „odwrócić” schemat. Najpierw możemy narysować go jak na rysunku 4.

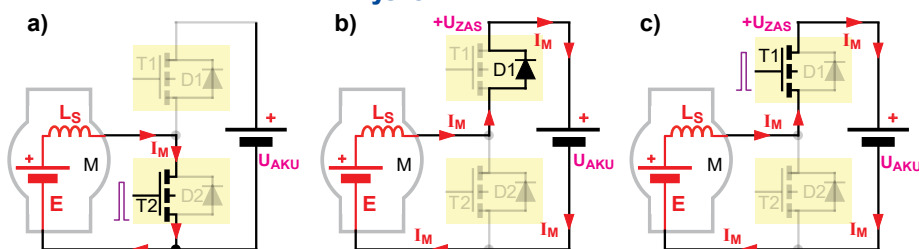
Co to? To oczywiście jest klasyczna przetwornica podwyższająca (step-up, boost). Podczas hamowania prądnica jest źródłem energii i działanie możemy

przedstawić w pewnym uproszczeniu jak na rysunku 5. Gdy „dolny” tranzystor T2 zostanie włączony, prąd pobierany z prądnicy będzie ładował cewkę energią. Gdy według rysunku 5b T2 zostanie zatkany, wyładował cewkę wytworzy napięcie samindukcji, by prąd nadal płynął przez nią w tym samym kierunku. Popłynie on przez diodę D2 będącą częścią MOSFET-a i będzie ładował akumulator. Straty w diodzie D2 możemy zmniejszyć, włączając według rysunku 5c „górną” MOSFET-y (na przemian włączając oba MOSFET-y). Gdy sytuacja będzie taka, jak na rysunkach 5a i 5c, to powiemy, że to jest synchroniczna przetwornica podwyższająca!

Przy pracy w roli silnika wykorzystujemy przetwornicę obniżającą, według rysunku 2, a przy hamowaniu ten sam układ może pracować jako najprawdziwsza przetwornica podwyższająca według rysunków 4, 5! Dokonałiśmy właśnie wielkopomnego odkrycia: sterując odpowiednio dwoma MOSFET-ami, możemy nie tylko płynnie napędzać silnik, ale też hamować i jeszcze przy tym odzyskiwać energię podczas hamowania!

Szczegóły będziemy omawiać w następnych odcinkach.

Rys. 5



Piotr Górecki

Filozofia sieci. Protokół IP/ICMP

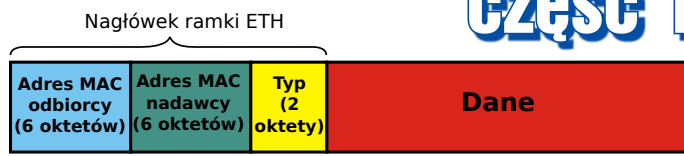
część 1

W poprzednich częściach opisane były: protokół sieci ethernetowej służący po powiązania adresów IP z adresami MAC (protokół ARP) oraz prosty protokół transportu danych (protokół UDP) wraz z jego przykładowym wykorzystaniem (protokół DHCP). W tym miesiącu przedstawię małą część składową protokołu IP, która jest określana jako protokół ICMP (ang. Internet Control Message Protocol). Współistnieje on na równych „prawach” jak protokół UDP (już opisany) lub protokół TCP (do opisanie w przyszłości). Wracając do budowy ramki ethernetowej (pokazanej na **rysunku 1**), w przypadku gdy pole *Typ* zawiera 0806 hex, to obszar *Dane* jest „ciałem” protokołu ARP.

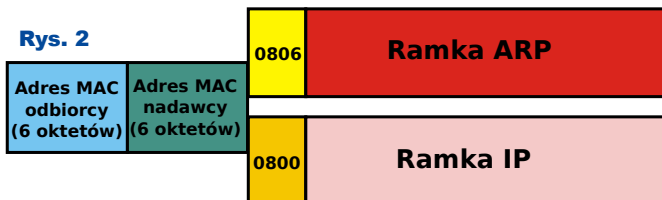
We wspomnianym polu (*Typ*) mogą znajdować się inne wartości. Przykładowo, gdy pole *Typ* zawiera liczbę 0800 hex, to obszar *Dane* staje się „ciałem” protokołu IP. Tę ideę pokazuje **rysunek 2**. W zależności od wartości w polu *Typ*, dalszy obszar jest interpretowany odmiennie (jednak adekwatnie do sytuacji). Pytanie o różnorodność pola *Typ* nadal jest otwarte, jednak w zakresie opisywanych sieci komputerowych inne wartości nie występują. W poprzednich częściach „Filozofii sieci” o protokole ARP zostało napisane wszystko, co jest istotne. Ograniczając się już do protokołu IP, odebrana z sieci ramkę ethernetową (nadawana do sieci podlega identycznym rozważaniom) można zobrazować jak na **rysunku 3**. Sam nagłówek położony jest na początku obszaru *Ramka IP* (**rysunek 2**), czyli +14 oktetów w stosunku do początku całej ramki ethernetowej (łączna wielkość obszaru adresu MAC odbiorcy i nadawcy plus wielkość pola *Typ* wynosi 14 oktetów).

Podobnie jak w przypadku formatu nagłówka ARP, nagłówek IP należy rozpatrywać jako ciąg pofragmentowanych słów 32-bitowych (wiele pól specyfikowanych jest na określonych bitach, jak również występują pola 32-bitowe). Strukturę nagłówka IP pokazuje **rysunek 4** (jest opisany w oficjalnym dokumencie RFC791). Był on już wstępnie opisany w części dotyczącej protokołu UDP. Warto sobie przypomnieć, że w tej strukturze występuje pole *PROT*. To w zależności od wartości występującej w tym polu odmiennie interpretowany jest obszar ramki ethernetowej położony tuż za nagłówkiem IP. Tę ideę enkapsulacji (zagłębienia jednego protokołu w innym) pokazuje **rysunek 5** (powiązanie wartości pola *PROT* z protokołami wymienia dokument RFC820).

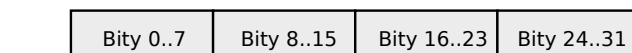
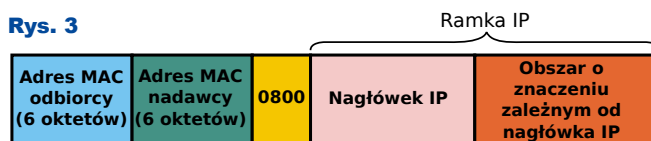
Ograniczając się w tej części jedynie do protokołu ICMP i przypadku, gdzie pole *PROT* w nagłówku pakietu IP zawiera 1, obszar tuż za nagłówkiem IP jest pakietem ICMP. Jest to protokół sterująco-kontrolny, umożliwia on routerom wysyłanie do innych węzłów komunikatów o błędach, problemach i komunikatów kontrolnych. Jak widać, głównie tym protokołem są zainteresowane routery, urządzenia działające w sieciach rozległych, a nie lokalnych. Ponieważ opracowane i omawiane tu oprogramowanie służy przede wszystkim do budowy urządzeń końcowych (klientów, serwerów) w sieciach lokalnych, w obszarze moich zainteresowań są jedynie dwa warianty



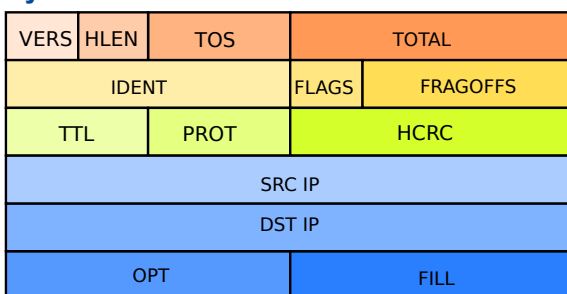
Rys. 1 Ramka ETH (maksymalnie 600 hex oktetów)



Rys. 2



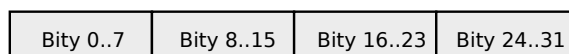
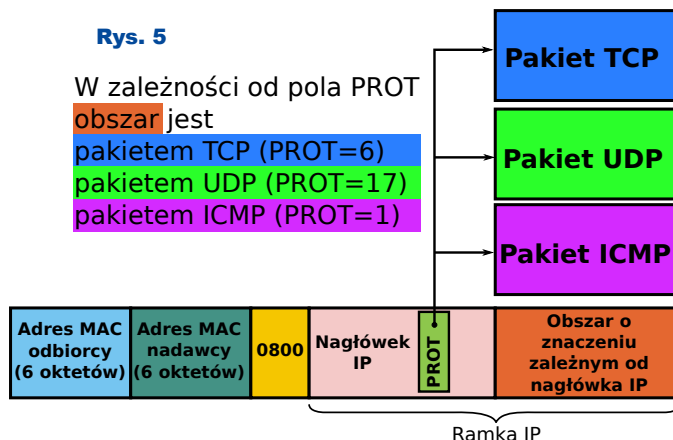
Rys. 3



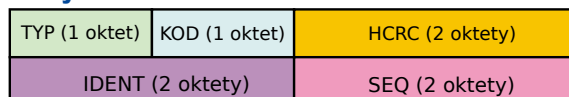
Rys. 4

W zależności od pola *PROT* obszar jest

- pakietem TCP (*PROT*=6)
- pakietem UDP (*PROT*=17)
- pakietem ICMP (*PROT*=1)



Rys. 5



tego protokołu. Są to: prośba o echo, czyli wysłanie sygnału PING oraz odpowiedź na tę prośbę. Było o tym już wspomniane w poprzednich częściach, a obecnie nadszedł czas na szczegóły. Funkcję pełnią przez pakiet ICMP rozpoznaje się po zawartości pola TYP (rysunek 6). Możliwości jest wiele, wymienię jedynie kilka:

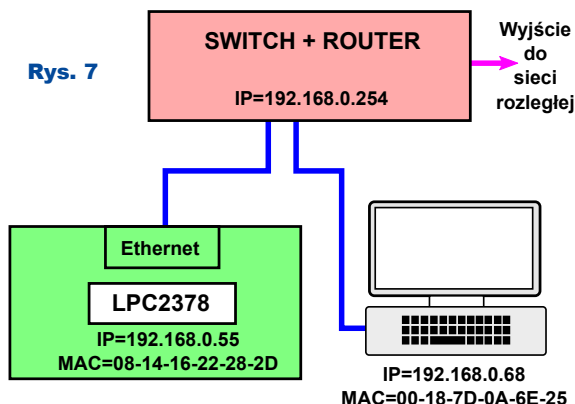
- 0 – odpowiedź z echem, odpowiedź na sygnał prośby o echo (sygnał PING),
- 3 – poinformowanie, że odbiorca jest nieosiągalny, generowany przez jakiś router w sieci rozległej informujący, że nie da się dotrzeć do adresata (z jakiegokolwiek powodu),
- 4 – zmniejszenie szybkości nadawania, tłumienie źródła, prośba o swoje „zwolnienie tempa nadawania”, bo coś się nie wyrabia,
- 8 – prośba o echo, wysłanie sygnału PING, docelowa stacja, jak w normalnym życiu, ma odpowiedzieć tym samym (elektroniczne echo),
- 11 – przekroczenie TTL, informacja o tym, że coś „umarło”, krążąc po świecie.

Wariantów jest znacznie więcej, jednak w moim oprogramowaniu istotne są jedyne dwa przypadki: TYP=8 – wysłanie sygnału PING oraz TYP=0 (odpowiedź na sygnał PING).

Budowę nagłówka protokołu ICMP pokazuje rysunek 6. Znajdują się tam:

- TYP – identyfikuje funkcję realizowaną przez pakiet ICMP,
- KOD – pole związane z polem TYP, jego znaczenie jest zależne od funkcji spełnianej przez pakiet ICMP, w przypadkach, gdy dla danego wariantu nie ma ono znaczenia (jak w PING), jest wyzerowane,
- HCRC – suma kontrolna nagłówka,
- IDENT i SEQ są polami używanymi przez nadawcę do przyporządkowania odpowiedzi określonym prośbom, przykładowo w przypadku prośby o echo (PING) można wysłać „hurtem” wiele sygnałów PING, co powinno skutkować odebraniem identycznej liczby odpowiedzi, te pola pozwolą zidentyfikować, na którą prośbę o echo nie przyszła odpowiedź (gdyby odpowiedzi było mniej), w domowej sieci lokalnej tego typu efekt jest trudno osiągnąć, ale jeżeli PING zostanie wysłany gdzieś daleko, to szanse zagnięcia rosną.

Rys. 7



Rozpatrując funkcję PING, do pakietu (za nagłówkiem) dołącza się jakieś dane (jakiegokolwiek), a uzyskana odpowiedź ma zawierać dokładnie to samo.

Po tych wstępnych rozważaniach czas na eksperymenty. Przedstawiony właśnie protokół IP/ICMP zostanie zilustrowany przykładem. Tradycyjnie proponuję środowisko badawcze zbudowane z komputera PC (adres IP=192.168.0.68, adres MAC=00-18-7D-0A-6E-25) oraz modułu z mikrokontrolerem (adres IP=192.168.0.55, adres MAC=08-14-16-22-28-2D), pokazane na rysunku 7.

Pierwszy program realizuje kompletną obsługę ARP (normalnie wykonywane jest to „po cichu”), jednak na początek wstawię wyświetlenie elementarnych informacji pozwalających na pokazanie współdziałania różnych protokołów, z czasem „opanowane” (opisane) funkcje będą dążyć do typowej realizacji działania „po cichu”. W ramach przetwarzania pakietów IP obsługiwane jest jedynie odpowiadanie na prośby o echo (odpowiedzi na PING).

Jak to jest zrobione? Pierwszy program prezentacyjny pokazuje listing 1. **Uwaga, wszystkie listingi oraz oryginalne rysunki z artykułu są dostępne w Elportalu wśród materiałów dodatkowych do tego numeru EdW.** Tym razem, w porównaniu do programów poświęconych ARP, inicjacja obsługi sieci jest bardziej złożona. Obok zainicjowania obsługi sprzętowej (funkcja *InitPHYLayerInstance*), która nadaje interfejsowi określony adres MAC, realizowane jest zainicjowanie protokołu wyższego rzędu (w tym odcinku protokołu IP) w wyniku wywołania funkcji *InitIPLayerInstance*, która nadaje obsłudze sieci

adres IP i maskę podsieci. Obie wartości są zdefiniowane jako stałe, więc w przypadku konieczności ich zmiany należy dokonać takowej i przekompilować program. W sferze zainteresowania obsługi warstwy IP jest też adres bramy domyślnej, toteż taki zostaje dodany do obsługi. Oczywiście można zastosować rozwiązanie z dynamiczną konfiguracją opartą na DHCP,

jednak podany tu przykład oparty jest na wariantcie „usztynionym”. W wyniku wywołania wymienionej wyżej funkcji (*InitIPLayerInstance*) utworzona zostaje instancja związana z obsługą warstwy IP, łącznie z dowiązaniem w jej obrębie do ściśle określonych funkcjonalności wynikających z dodania obsługi warstwy IP. Po zainicjowaniu w pętli głównej jest ciągle wywoływana funkcja *ICMPExampleInstance.IPLayer->IPLayerPoolService*, gdzie zmienna ta wskazuje na funkcję *IPLayerPool* zawartą w *ipService.c*. Pokazana jest ona na listingu 2. Po ewentualnym odebraniu i zakolejkowaniu ramki ethernetowej (wywołanie *InterfInstance->CheckEthInterface*), następuje ewentualne pobranie odebranej ramki z kolejki (*Frame=ExcludeFromQueue()*). Jeżeli dostępna jest ramka do „obrobki”, to w wyniku wywołania funkcji *GetEthHeader* zostaje wyjęty z niej nagłówek ETH i jest on przechowywany w zmiennej lokalnej (*EtherPackedHeader*). Zawiera ona adres MAC odbiorcy, adres MAC nadawcy oraz zawartość pola TYP (wszystkie elementy pokazane są na rysunku 1).

Są dwie możliwości: pole typ zawiera liczbę 806 hex (stała *FRAME_ARP*, czyli przetwarzana ramka niesie w sobie pakiet ARP) lub 800 hex (stała *FRAME_IP*, czyli przetwarzana ramka zawiera w sobie pakiet IP). W zależności od tego pola realizowana jest obsługa danych albo jako pakietu ARP, albo pakietu IP. Rozważania dotyczące ARP były przeprowadzone we wcześniejszych częściach, obecna poświęcona jest przetwarzaniu protokołu IP (w rzeczywistości jednym z możliwych wariantów: protokół ICMP, jak pokazuje rysunek 5). Obsługa pakietu IP w wyniku wywo-

łania *IPLayerInstance->IPProcessService* trafia do funkcji *ProcessIPPacked* (zawartej w *ipservice.c*) pokazanej na **listingu 3**. W tej funkcji następuje wydzielenie – rozpakowanie nagłówka IP. Znajduje się on na początku „danych użytkowych” w ramce ethernetowej (14 bajtów dalej w stosunku do początku ramki – rysunek 1). Wyselekcjonowanie nagłówka pokazuje **listing 4**. Jest to ciąg „pobrań” z obszaru ramki ethernetowej kolejnych bajtów, słów 16-bitowych oraz słów 32-bitowych, przy czym pobieranie struktur większych niż 1 bajt wymaga zmiany kolejności bajtów – jest to problem „little endian” i „big endian”, sprowadzający się do kolejności bajtów zapisanych w pamięci dla danych wielobajtowych. Po sprawdzeniu wersji protokołu następuje rozpoznanie, jakie to „skarby” przyniósł nam pakiet IP. Jeżeli pole PROT w nagłówku IP zawiera 1 (stała *Prot_ICMP*), to odebrana ramka ethernetowa jest w obszarze mego aktualnego zainteresowania (protokół ICMP). Jego obsługa jest realizowana w wyniku wywołania funkcji *IPLayerInstance->ICMPProcessService*, które prowadzi do *ProcessICMPPacked* (zawartą w *icmpservice.c*) pokazaną na **listingu 5**.

Pierwszy program do prezentacji rozpoznaje przychodzący pakiet oraz wyświetla zawartość nagłówka IP (jeżeli został odebrany pakiet IP, gdyż również dobrze możemy odebrać pakiet ARP). Po zaprogramowaniu mikrokontrolera robimy eksperyment badawczy, z konsoli Windows (CMD.EXE) wydajemy dwa polecenia (**rysunek 8**):

- *arp -d* – polecenie nakazujące Windows usunięcie aktualnej tablicy powiązań adresów MAC z adresami IP (zmuszamy w ten sposób Windows do wysłania zapytania ARP),
- *ping 192.168.0.55* – polecenie diagnozujące łączność komputera (192.168.0.68) z modułem ethernetowym (192.168.0.55), wysłanie sygnału PING (jako pakietu ICMP) musi zostać poprzedzone wysłaniem zapytania ARP.

W sieci komputerowej zaistniały następujące zdarzenia (**rysunek 9**). Windows, chcąc wysłać sygnał PING, musiał „poznać” powiązanie adresu docelowego (parametr polecenia ping, rysunek 8) z adresem MAC. Istniejące w Windows wszystkie powiązania zostały wcześniej usunięte (polecenie *arp -d*). Potrzeba poznania adresu MAC związanego z adresem IP wymieniającym w parametrze polecenia PING spowodowała wygenerowanie zapytania ARP. Mamy komunikat pochodzący od modułu ethernetowego z mikrokontrolerem LPC2378 (**rysunek 9**), że zostało odebrane zapytanie ARP, które Windows rozesłał w sieci lokalnej do wszystkich. Ponieważ zapytanie ARP dotyczyło modułu ethernetowego, o czym moduł informuje, Windows otrzymał odpowiedź (program demonstracyjny wygenerował odpowiedź „po cichu”, bez raportowania tego na ekranie terminalu). W takiej sytuacji Windows może

```
C:\Windows\System32\cmd.exe
C:\>arp -d
Usunięcie wpisu ARP nie powiodło się: Żądana operacja
wymaga podniesienia uprawnień.
C:\>ping 192.168.0.55
Badanie 192.168.0.55 z 32 bajtami danych:
Odpowiedź z 192.168.0.55: bajtów=32 czas=260ms TTL=64
Odpowiedź z 192.168.0.55: bajtów=32 czas=137ms TTL=64
Odpowiedź z 192.168.0.55: bajtów=32 czas=137ms TTL=64
Odpowiedź z 192.168.0.55: bajtów=32 czas=137ms TTL=64
Statystyka badania ping dla 192.168.0.55:
Pakiety: Wysłane = 4, Odebrane = 4, Utracone = 0
(0% straty).
Szacunkowy czas błędzenia pakietów w milisekundach:
Minimum = 137ms, Maksimum = 260ms, Czas średni = 167ms
C:\>
```

Rys. 8

wysłać sygnał PING, bowiem zna już adres MAC stacji docelowej. Kolejna ramka ethernetowa, odebrana przez moduł, jest już legalnie adresowana do modułu, o czym świadczy adres MAC wyświetlony na ekranie i jest pakietem IP. Po rozpakowaniu nagłówka widzimy, że: jest to wersja protokołu IP numer 4 (tak jak było to oczekiwane), długość nagłówka HLEN wynosi 5, co oznacza, że w nagłówku nie występuje pole OPT, pole TOS nie zawiera żadnych bitów, całkowita wielkość pakietu IP wynosi 3C hex=60 dec bajtów. Sam nagłówek zajmuje 20 bajtów (HLEN=5 wyrażone w słowach 32-bitowych, czyli razy 4). Istniejąca różnica (TOTAL=3C hex=60 dec – 20 = 40 bajtów) oznacza, że pakiet IP zawiera jakieś dane – jest to pakiet ICMP, o czym za chwilę. Pole IDENT zawiera jakąś liczbę, w sumie nieistotną, gdyż nie zachodzi defragmentacja (o czym świadczy pole FLAGS oraz FRAGOFFS). Czas życia został przez Windows ustalony na 80 hex=128 dec – sporo, bo moje pakiety wychodzące mają ten czas ustalony na 64. Zawartość pola PROT wynosi 1, co oznacza, że tuż za nagłówkiem IP znajduje się pakiet ICMP – jak już wiemy, sygnał PING jest jednym z wariantów ICMP. Pakiet pochodzi od maszyny o adresie IP=192.168.0.68 (pole SRC) i jest adresowany do maszyny o adresie IP=192.168.0.55 (pole DST). Suma kontrolna (HCRC=AD27 hex) zapewne się zgadza, a nie chce mi się liczyć na piechotę. Na odebraną

prośbę o echo (sygnał PING), moduł generuje odpowiedź, o czym świadczy informacja pokazana na rysunku 8 – Windows otrzymał odpowiedź na sygnał PING. Windowsowe polecenie PING w rzeczywistości wysyła prośbę o echo – sygnał PING jako pakiet ICMP czterokrotnie, takie 4 niezależne pakiety ICMP. Na każdy jest generowana odpowiedź. Przeglądając się polu IDENT w kolejnych prośbach o echo generowanych przez Windows, można zauważyć, że jest ono inkrementowane: w eksperymencie wystąpiły: IDENT=0BCE hex, 0BCF hex, 0BD0 hex i 0BD1 hex. Reasumując, po rozpakowaniu pakietu IP, który zawiera w sobie pakiet ICMP, uzyskane dane są zgodne z oczekiwanymi

i odpowiadają strukturze pokazanej na rysunku 4.

Dalsze informacje o protokole ICMP podane będą w następnym odcinku cyklu.

Andrzej Pawluczuk
apawluczuk@vp.pl

```
Terminal "filozofii sieci" Rys. 9
Port COM3 Otwórz PORT Zamknij PORT Wyczyść Zakor
Hello: obsługa ICMP
Moj adres IP=192.168.0.55
Maska podsieci=255.255.255.0
Adres bramy domyslniej=192.168.0.254
Adres MAC=08-14-16-22-28-2D
*****
Odebrano ramke do MAC=FF-FF-FF-FF-FF-FF od MAC=00-18-7D-0A-6E-25
Jest to pakiet ARP skierowany do IP=192.168.0.55
Odebrano ramke do MAC=08-14-16-22-28-2D od MAC=00-18-7D-0A-6E-25
Jest to pakiet IP
Naglowek IP:
VERS=04 HLEN=05 TOS=00 TOTAL=003C
IDENT=0BCE FLAGS=00 FRAGOFFS=0000
TTL=80 PROT=0001 HCRC=AD27
SRC=192.168.0.68
DST=192.168.0.55
Jest to pakiet ICMP
Dane Wysłij
```

Czym się różni wróbelek?

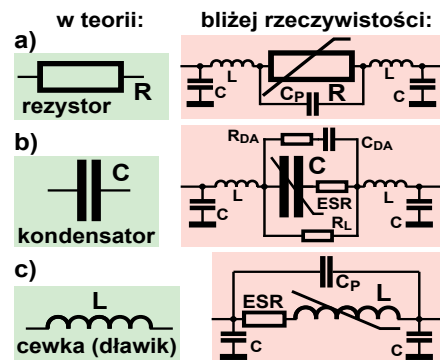
Czyli o niedoskonałości elementów

Część 6 – Transformatory sieciowe



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 „zwłaszcza”, 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 nominałach 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.



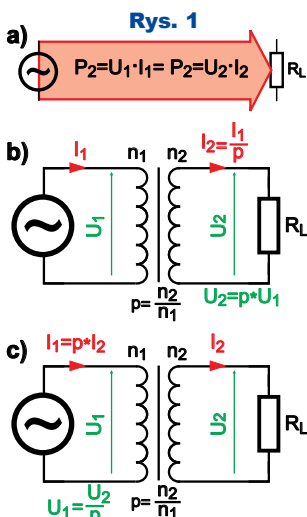
Zgodnie z zapowiedzią, mamy omówić niedoskonałości transformatorów.

Transformatory 50Hz

W przypadku transformatorów sieciowych 50Hz interesuje nas przede wszystkim moc maksymalna, jaką może przenieść dany transformator.

W przypadku rzeczywistych transformatorów sieciowych sprawa mocy jest względnie prosta: moc maksymalna jest związana z wielkością i ciężarem. Jednak bliższe zapoznanie się z transformatorem zaskakuje wielu, ponieważ okazuje się, że w zasadzie wielkość rdzenia nie powinna określać mocy maksymalnej. Zanim do tego dojdziemy, musimy przypomnieć, czym jest transformator i jak działa.

Transformator to w najprostszym



przypadku dwie cewki nawinięte na wspólnym rdzeniu, przez co są one sprzężone magnetycznie i właśnie przez zmienne pole magnetyczne można przekazywać energię (moc) z jednego uzwojenia do drugiego.

Powszechnie wiadomo, że stosunek napięć

i prądów na uzwojeniach wyznaczony jest przez stosunek liczby ich zwojów, czyli przekładnię (p), co ilustruje **rysunek 1**.

Hipotetyczny idealny, doskonały transformator miałby liczby zwojów dążące do nieskończoności, co dawałoby nieskończenie wielką indukcyjność obu uzwojeń, a przy tym uzwojenia miałyby zerową rezystancję. Oczywiście idealny transformator mógłby przenieść dowolnie dużą moc.

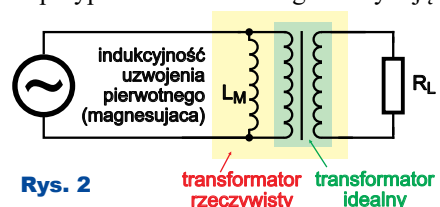
Rzeczywiste transformatory sieciowe 50Hz mają stosunkowo dużo zwojów. Co zastanawiające, czym mniejsza moc transformatora, tym większa jest liczba zwojów. Dlaczego?

Aby znaleźć odpowiedź, trzeba omówić kwestię tzw. prądu magnesowania. W idealnym transformatorze nieskończenie wielka liczba zwojów oznaczałaby nieskończenie wielką indukcyjność, w szczególności uzwojenia pierwotnego, dołączonego do źródła napięcia sinusoidalnego 50Hz. W rzeczywistym transformatorze indukcyjność L jest ograniczona, więc gdy uzwojenie wtórne nie jest podłączone, przez uzwojenie pierwotne płynie właśnie prąd magnesowania i jego wartość wyznaczona jest przez napięcie U oraz reaktancję indukcyjną X_L uzwojenia pierwotnego ($X_L = 2\pi fL$). Na schematach zastępczych zaznacza się to w postaci indukcyjności równoległej do uzwojenia pierwotnego, jak pokazuje **rysunek 2**. Prąd magnesowania jest przesunięty względem napięcia o ćwierć okresu – powoduje on okre-

sowe przekazywanie porcji energii ze źródła do indukcyjności transformatora i z powrotem. W idealnym przypadku prąd magnesowania nie powoduje strat mocy w postaci ciepła, jednak w rzeczywistych transformatorach występują szkodliwe rezystancje. W każdym razie prąd magnesowania, choć nieunikniony, jest bezużyteczny, szkodliwy i powinien być jak najmniejszy. Aby był odpowiednio mały, duża musi być indukcyjność uzwojenia pierwotnego, co oznacza dużą liczbę zwojów.

Najprostsza odpowiedź na postawione wcześniej pytanie mogłaby brzmieć: transformatory o małej mocy mają dużą liczbę zwojów, aby bezużyteczny prąd magnesujący był w nich mały (co wymaga dużej indukcyjności L i dużej reaktancji X_L).

W rzeczywistości sprawa jest dużo bardziej skomplikowana, bo w grę wchodzi problem nasycenia rdzenia. Reaktancja indukcyjna uzwojenia pierwotnego wraz z wartością napięcia pierwotnego wyznacza wartość prądu magnesującego ($I_M = U / X_{LM}$). Aby przy danym napięciu zmiennym na wejściu nie doprowadzić do nasycenia małego rdzenia, potrzeba więcej zwojów niż w przypadku rdzenia dużego. Decydują-

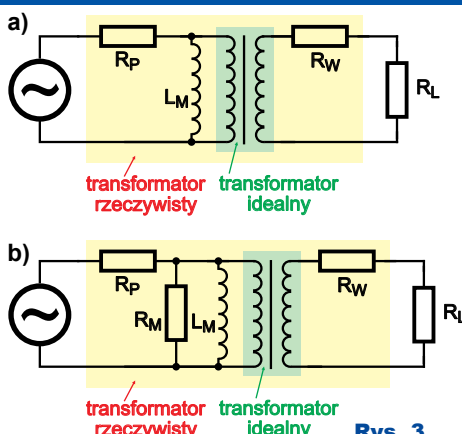


ce znaczenie ma nie tyle objętość i masa rdzenia, co jego efektywny przekrój poprzeczny.

Do tego dochodzi drugi problem praktyczny: uzwojenia wykonane są z drutu (najczęściej miedzianego) i mają jakąś rezystancję. Na schemacie zastępczym możemy dodać rezystancję drutu obu uzwojeń jak na **rysunku 3a**. Reprezentują one głównie rezystancję drutu, czyli tak zwane „straty w miedzi”. Straty w rdzeniu, tak zwane „straty w żelazie”, można byłoby przedstawić jako kolejną rezystancję jak na **rysunku 3b**. W praktyce „straty w żelazie” i zastępcza rezystancja R_M to niewielki problem w porównaniu ze „stratami w miedzi”.

Choć to trudne do zaakceptowania dla mniej zaawansowanych, w zasadzie to **nie rozmiar rdzenia wyznacza moc i prąd maksymalny transformatora**. Jak wiadomo, problemem w elementach indukcyjnych jest nasycenie rdzenia, następujące pod wpływem zbyt dużego prądu. Tak, ale w transformatorze – tylko zbyt dużego prądu magnesującego, a nie prądu roboczego. Otóż klasyczny transformator nie gromadzi przenoszonej mocy, tylko na bieżąco przekazuje ją dalej. Można powiedzieć, że prąd roboczy na bieżąco przekazuje na wyjście energię i ten prąd roboczy nie powoduje nasycania rdzenia. Dlatego zasadniczo nawet małe transformatory mogłyby pracować z dowolnie dużymi prądami roboczymi i przenieść dowolnie dużą moc. Mogłyby, gdyby nie zastępcze rezystancje, pokazane na **rysunku 3**. Rdzenie transformatorów nie są idealne, grzeją się pod wpływem zmiennego pola magnetycznego. Ale główny problem w tym, że czym większe prądy, tym więcej ciepła wydziela się w rezystancjach uzwojeń. A to oznacza wzrost temperatury uzwojeń i rdzenia. Transformator można chwilowo przeciążyć, to znaczy pobrać prąd i moc dużo większe od nominalnych. Najwięcej mocy strat wydziela się przy zwarciu uzwojenia wtórnego.

Moc maksymalna transformatora wyznaczona jest więc ostatecznie przez maksymalną temperaturę, w jakiej może



Rys. 3

pracować rdzeń, ale przede wszystkim izolacja drutu uzwojeń. Nie można dopuścić do uszkodzenia cieplnego izolacji drutu, a rdzeń nie może mieć zbyt wysokiej temperatury. W grę mogą też wchodzić przepisy lub przyjęte ustalenia, by pracujący transformator nie parzył. Konstruktor, projektujący transformator, musi wziąć pod uwagę szereg czynników i drogą kompromisu wybrać rozwiązanie akceptowalne do danego zastosowania. Szczegóły wykraczają poza ramy niniejszego cyklu.

W każdym razie dla gotowego transformatora sieciowego jego moc maksymalna określona jest przez maksymalną temperaturę, jaką osiąga uzwojenie i rdzeń. Użytkownik nie ma na to wpływu. Dla użytkownika, oprócz mocy maksymalnej, znaczącym parametrem jest też tak zwana „sztywność” transformatora, czyli zależność napięcia na uzwojeniu wtórnym od prądu obciążenia, wynikająca z istnienia szkodliwych rezystancji uzwojeń. Transformator o zerowych szkodliwych rezystancjach byłby „idealnie sztywny”. Transformator o dużych rezystancjach uzwojeń jest bardzo miękki.

Ogólnie biorąc, transformatory toroidalne (**fotografia 4**) są uważane za znacznie doskonalsze od transformatorów klasycznych (**fotografia 5**), a także od transformatorów z rdzeniem związanym (**fotografia 6**). Wiadomo, że napięcie wtórne każdego rzeczywistego transformatora sieciowego jest większe od jego katalogowego napięcia nominalnego. Przy obciążeniu prądem nominalnym (sinusoidalnym) napięcie powinno być równe nominalnemu podanemu w katalogu. Czym bardziej „miękki” jest transformator, tym jego napięcie bez obciążenia jest większe od nomi-



Fot. 5

nalnego. Transformatory o jednakowej mocy mogą mieć zdecydowanie różną „sztywność”. Najbardziej „sztywne” są transformatory toroidalne, co zwykle jest uważane za zaletę.

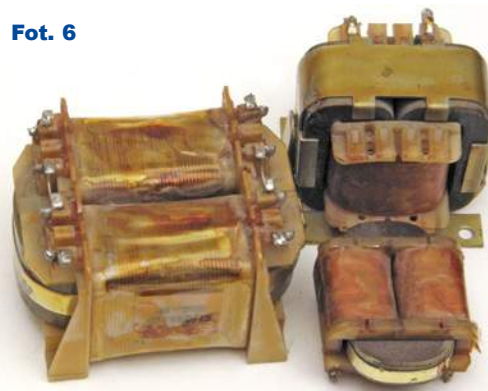
Ogólnie biorąc, czym mniejsza jest moc nominalna transformatora, tym bardziej jest on miękki z uwagi na niezbędną większą liczbę zwojów. Niektóre klasyczne transformatory o najmniejszych mocach, poniżej 10 watów, celowo są nawijane bardzo cienkim drutem i są tak skrajnie „miękkie”, że nawet przy zwarciu uzwojenia wtórnego prąd zwarciaowy jest na tyle mały, że nie przegrzeje takiego zwarciobezpiecznego transformatora.

Dwie podstawowe niedoskonałości transformatorów sieciowych 50Hz, wynikające głównie z obecności szkodliwych rezystancji uzwojeń z **rysunku 3a**, to ograniczona moc oraz „miękość”. Moc (ciągła) podana jest w katalogu. Natomiast na podstawie danych katalogowych nie można określić „sztywności” transformatora – trzeba po prostu zmierzyć napięcia w docelowych realnych warunkach pracy.

W następnym odcinku omówimy inne rodzaje transformatorów, gdzie kluczowe znaczenie mają zupełnie inne niedoskonałości.

Piotr Górecki

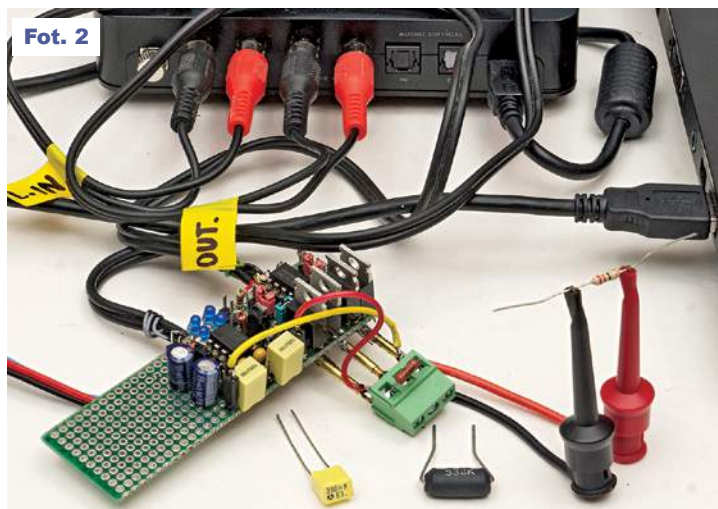
Fot. 6



REWelacja, czyli precyzja komputerowej karty dźwiękowej

Zamieszczony w EdW 1/2021 artykuł *REWelacja*, czyli wykorzystanie komputerowej karty dźwiękowej pokazał duże możliwości, ale niestety zasygnalizował także poważne problemy związane z pomiarami. Problem głównie w tym, że w programie REW służącym do kontroli akustyki pomieszczeń, procedury do pomiaru impedancji przeznaczone są praktycznie tylko do pomiaru impedancji głośników, czyli małych oporności rzędu kilku, najwyżej kilkadziesiąt omów, a wtedy problemu nie ma. Podczas przygotowywania pierwszej części artykułu (EdW 1/2021 str. 42) celowo została wykorzystana starsza, „standardowa” wersja programu REW (v 5.19), w której pomiar impedancji, najdelikatniej mówiąc, nie jest zrealizowany optymalnie. Wprawdzie przeprowadzana jest pseudokalibracja, ale taka kalibracja i wykorzystane algorytmy obliczeniowe nie uwzględniają oporności wejściowej *Line In* karty dźwiękowej. Wynik pomiaru jest więc obciążony błędem, tym większym, im większa jest mierzona impedancja.

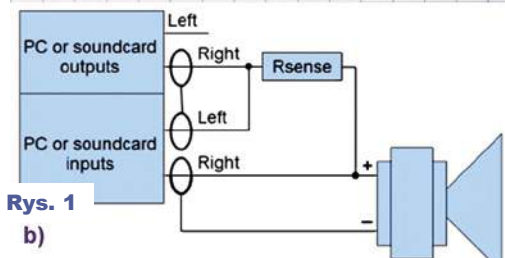
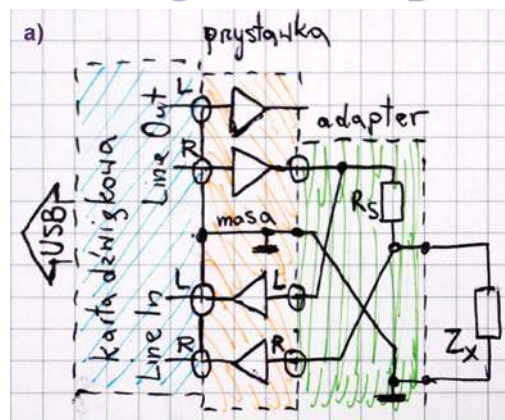
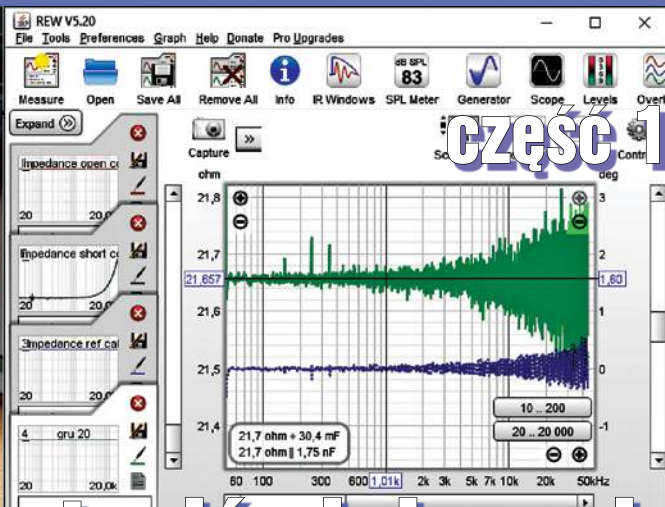
Aby zmniejszyć błędy, należy wykonać przystawkę buforową opisaną w projekcie głównym w EdW 4 i 5/2021. Przystawka ta oraz adapter według **rysunku 1a** polepszają warunki pomiaru, choćby dzięki dużej rezystancji wejściowej przystawki (1MΩ).



Dociekliwi Czytelnicy może zauważą pewną zmianę układową względem wcześniej opisanego prostego biernego adaptera, co wynika ze schematu proponowanego w pomocy do nowej wersji programu REW – **rysunek 1b**. **Fotografia 2** pokazuje przystawkę z dołączonym adapterem.

Niektóre programy, w tym opisana dalej wersja beta 5.20 RC4 programu REW, umożliwiają pomiar w szerszym zakresie impedancji, a ponadto pozwalają programowo uwzględnić oporność karty i inne szkodliwe oporności, co radykalnie poprawia dokładność pomiarów, o czym świadczy fotografia tytułowa. W oddzielnym artykule omówimy jeden z innych darmowych programów pomiarowych o ogromnych możliwościach, a na razie wracamy do programu REW, ale już w nowszej wersji beta 5.20.

Przy każdym uruchomieniu wersji standardowej 5.19 pojawia się okienko umożliwiające zainstalowanie nowszej



Rys. 1
b) The sense resistor, which must be non-inductive, is used to measure the current through the load and have a low temperature coefficient.

wersji. Zgoda na upgrade otwiera w przeglądarce stronę, skąd można pobrać najnowszą wersję – w chwili pisania artykułu była to V5.20 RC4. Aktualnie zapewne dostępna jest wersja jeszcze nowsza.

Nie jest to strona: www.roomeqwizard.com tylko:

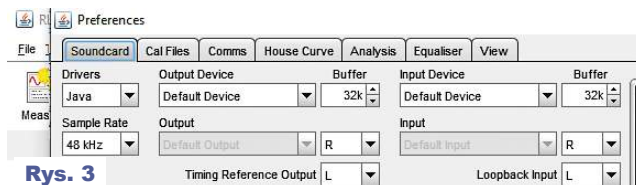
www.avnirvana.com/resources/ gdzie można wybrać wersję 32-bitową lub 64-bitową (do tej ostatniej trzeba oddzielnie zainstalować 64-bitowe środowisko JRE). Plik instalacyjny można pobrać dopiero po bezpłatnej rejestracji.

Ja ściągnąłem obie wersje, najpierw zainstalowałem 64-bitową (plik REW_windows-x64_5_20_RC4.exe), potem po pewnych kłopotach sprawdziłem, czy występują one też w wersji 32-bitowej. Podczas instalacji pojawia się zalecenie, żeby wcześniej odinstalować przestarzałą wersję (najlepiej bez usuwania plików konfiguracyjnych).

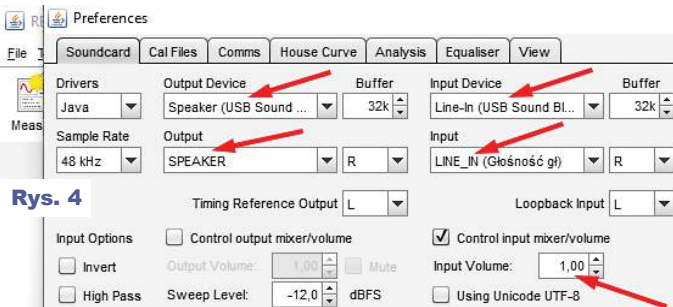
Po zainstalowaniu należy kliknąć z prawej strony u góry przycisk *Preferences*, a w oknie *Soundcard* prawdopodobnie pojawi się konfiguracja z *Default Device* jak na rysunku 3, czyli z domyślnym urządzeniem audio, ustawionym w systemie operacyjnym. Nawet gdyby tam, w systemie, była ustawiona nasza zewnętrzna karta USB, trzeba zmienić nazwy w oknach po to, by program REW miał do niej bezpośredni dostęp, a nie okrężną drogą przez system operacyjny. Trzeba też zmienić czułość wejściową *Input Volume* z 0,25 na 1,0. Ja zmieniłem jak na rysunku 4.

Potem zamykamy okno *Preferences* i klikamy z lewej *Measure* (albo Ctrl+M). Nie będziemy używać mikrofonu, więc ignorujemy okno z informacją, że miernik SPL nieskalibrowany – wybieramy *Continue Anyway*. Wtedy otworzy się okno pomiarowe – u góry trzeba wybrać *Impedance*, a nie *SPL*.

Okno pomiarowe jest zdecydowanie inne niż w wersji 5.19. Na początek większość ustawień pozostawiamy bez zmian. Ale przy pierwszym uruchomieniu w wersji REW 5.20 zawsze **trzeba jednorazowo przeprowadzić trzystopniową prawdziwą kalibrację**, a nie jednostopniową pseudokalibrację jak w wersji 5.19. Z prawej strony okna widoczne są trzy czerwone napisy. Oczywiście do karty dźwiękowej powinna być podłączona przystawka oraz adapter według rysunku 1. Na początek warto w adapterze zastosować rezystor R_s o nominalnie 100Ω.



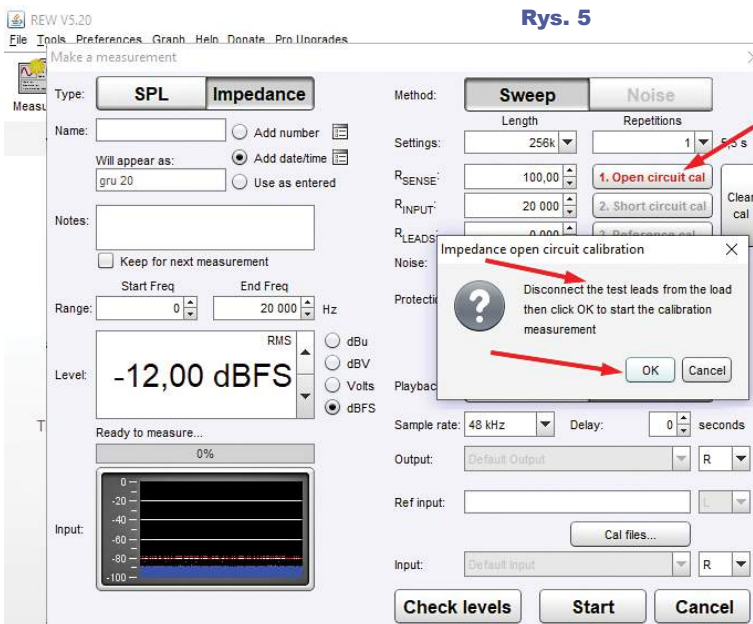
Rys. 3



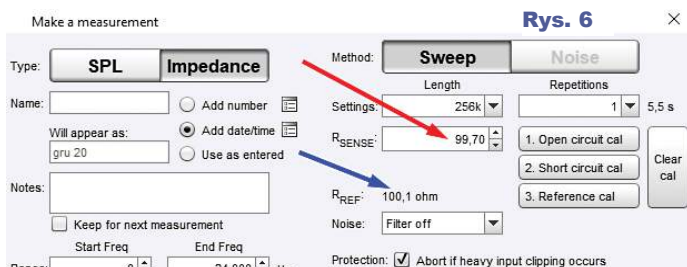
Rys. 4

Najpierw trzeba kliknąć *1 Open circuit cal* – pojawi się komunikat, że trzeba **rozewrzeć** zaciski adaptera (rysunek 5) i kliknąć OK. Program przeprowadzi pomiar, zapisze wyniki i pokaże na ekranie.

W drugim kroku kalibracji jeszcze raz trzeba kliknąć *Measure*, potem kliknąć *2. Short circuit cal* – znów otworzy się podobne okienko. Teraz trzeba **zewrzeć** zaciski pomiarowe – krokodylki, a potem kliknąć OK. Program dokona pomiaru.



Rys. 5



Rys. 6

W trzecim kroku kalibracji znów trzeba kliknąć *Measure*, potem *3 Reference cal*. Pojawi się pokrewne okno – teraz do zacisków pomiarowych trzeba **dołączyć rezystor** o wartości jak najdokładniej zmierzonej omomierzem, a w okienku, które się pojawi, trzeba wpisać tę dokładnie zmierzona rezystancję dołączonego rezystora testowego (wartość w omach, z ewentualną kropką, nie przecinkiem, jeżeli wartość jest ułamkowa). W adapterze mamy rezystor R_s o nominalnie 100Ω i dobrze jest, gdy dołączany testowy rezystor też ma mniej więcej taką wartość – u mnie był to rezystor testowy o oporności 100,1Ω.

Po kliknięciu OK program dokona pomiaru, przetworzy wyniki trzech pomiarów kalibracyjnych i zapamięta je na stałe. Z lewej strony okna programu pozostaną miniaturki – wyniki trzech pomiarów – można je spokojnie skasować, bo program po jednorazowej kalibracji zapamięta w sobie znany sposób wszystkie potrzebne informacje.

A gdyby podczas kalibracji zaszła jakaś pomyłka (zdarza się – wiem z doświadczenia), to zawsze można skasować wcześniejsze kalibracje, klikając *Clear cal* i opisane trzy kroki przeprowadzić od nowa.

Jeżeli pomiary mają być naprawdę dokładne, to w oknie pomiarowym trzeba też jeszcze wpisać prawdziwą, zmierzona innym przyrządem wartość rezystora R_s zastosowanego w adapterze. Ma on nominal 100Ω, ale dokładnie zmierzona wartość (u mnie 99,7Ω) należy wpisać w okienku R_{SENSE} , jak pokazuje czerwona strzałka na rysunku 6. Niebieska strzałka pokazuje wcześniej wpisaną wartość rezystora testowego, u mnie było to 100,1Ω.

Po takich przygotowaniach można już bardzo dokładnie mierzyć impedancje.

Ciąg dalszy na stronie 36

Droga do RRIO, czyli wzmacniacze operacyjne (nie tylko) dla początkujących – część 6

W jednym z najbliższych numerów projektem okładowym będzie **Miernik wzmacniaczy operacyjnych**, który pozwala zmierzyć prawie wszystkie ich kluczowe parametry. Ponieważ jednak nie wszyscy Czytelnicy EdW są dobrze zapoznani z właściwościami i niedoskonałościami wzmacniaczy operacyjnych, konieczne jest przypomnienie najważniejszych informacji podstawowych.

Zgodnie z zapowiedzią, w tym odcinku zajmimy się niedoskonałościami wzmacniaczy operacyjnych.

Wady i niedoskonałości

Wzmacniacz operacyjny, który na początku wydaje się dziwolągiem wymyślonym przez teoretyków, po nieco bliższym poznaniu okazuje się genialnym wynalazkiem, który wręcz budzi zachwyt z uwagi na niezliczone możliwości wykorzystania. Tak, ale zachwyt dotyczy idealnego wzmacniacza operacyjnego. Tymczasem **idealnych wzmacniaczy operacyjnych nie ma** i dalsze poznawanie tematu jest jak wylanie wiadra zimnej wody na głowę.

Jak już wiemy, scalone wzmacniacze operacyjne zbudowane są z tranzystorów: bipolarnych, JFET lub MOSFET, a tranzystory te nie są doskonałe. Tranzystory bipolarnie mają szereg zalet, ale mają też wady, dlatego realizuje się mnóstwo wzmacniaczy z wykorzystaniem tranzystorów polowych, które mają inne zalety i inne wady.

Występuje tu zjawisko zbyt krótkiej koldry: nie można uzyskać idealnych, a nawet optymalnych wszystkich parametrów wzmacniacza operacyjnego.

Można jednak optymalizować budowę i wybrane parametry do określonych zastosowań. Już dawno na rynku dostępne były wzmacniacze operacyjne *uniwersalne*, które miały przeciętne wszystkie parametry. Niewątpliwie najpopularniejszym do dziś pozostał podwójny wzmacniacz LM358, który aktualnie należy uznać już nie za przeciętny, tylko za bardzo słaby w porównaniu z nowszymi. Do dziś ogromną popularnością cieszy się też wzmac-

niacz NE5532 przeznaczony do dobrej klasy układów audio, a także uniwersalne kostki rodziny TL08x/07x/06x.

Ale dostępnych jest też mnóstwo starszych i nowszych wzmacniaczy operacyjnych dedykowanych do określanych zastosowań, które mają optymalizowane niektóre parametry.

I tak jest mnóstwo wzmacniaczy określanych jako *precyzyjne*. Niektóre wzmacniacze uznawane są za *niskoszumne* i zwykle mają one też małe zniekształcenia. Oddzielną grupą są wzmacniacze *szybkie* oraz *bardzo szybkie*. Do zastosowań bateryjnych potrzebne są oszczędne wzmacniacze *mikromocowe*, mające spoczynkowy pobór prądu rzędu mikroamperów, a nawet poniżej 1 mikroampera.

Absolutnie niemożliwe jest omówienie wszystkich dostępnych dziś wzmacniaczy operacyjnych. Sensowne wydaje się najpierw zasygnalizowanie kluczowych niedoskonałości, a potem omówienie szczegółów i tego, jak znajdują one swoje odbicie w parametrach podawanych w kartach katalogowych.

Niedoskonałość wyjścia

Omówimy tu ograniczenia związane z napięciem i prądem wyjściowym.

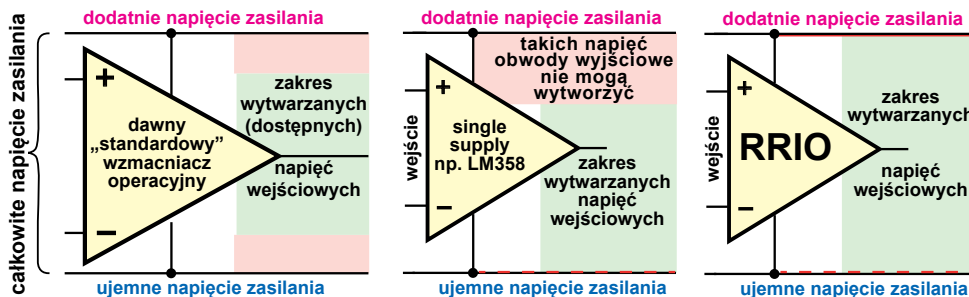
W idealnym wzmacniaczu operacyjnym napięcie wyjściowe mogłoby

przyjąć dowolną wartość pomiędzy ujemnym i dodatnim napięciem zasilania. W starszych wzmacniaczach napięcie wyjściowe nie może być bliższe jednej i drugiej szynie zasilania mniej niż około 1,5V. Nawet we wzmacniaczach z wyjściem rail-to-rail napięcie wyjściowe nie może być dokładnie równe potencjałowi każdej z szyn zasilania, zwłaszcza gdy wyjście jest obciążone, czyli gdy płynie tam prąd. Zilustrowane jest to na **rysunku 1**. W katalogu należy szukać informacji, jaki jest gwarantowany zakres napięć wyjściowych przy danym obciążeniu wyjścia.

W idealnym wzmacniaczu operacyjnym prąd wyjściowy mógłby mieć dowolnie dużą wartość. W realnych wzmacniaczach wydajność prądowa jest ograniczona, zwykle do kilkunastu...kilkudziesięciu miliamperów. Zwykle w obwodach wyjściowych wbudowane są skuteczne ograniczniki, dzięki którym przeciążenie, a nawet zwarcie wyjścia nie uszkodzi wzmacniacza, choć może on być wtedy bardzo gorący. Należy jednak stanowczo unikać sytuacji, w których wzmacniacz operacyjny jest gorący.

Bardzo nieliczne wzmacniacze operacyjne mają wydajność prądową ponad 100mA (i odpowiednie

Rys. 1



obudowy pozwalające odprowadzać ciepło do otoczenia). Wzmacniacze mikromocowe, które pobierają znikomy prąd zasilania, mają też małą wydajność wyjścia, czasem poniżej 1mA. W wielu wzmacniaczach z tranzystorami polowymi czym niższe napięcie zasilania, tym mniejsza wydajność prądowa wyjścia. W katalogu podane są konkretne informacje na ten temat.

W niektórych zastosowaniach problemem jest nie tyle mała wydajność prądowa, co fakt, że dla przebiegów zmiennych wzmacniacz operacyjny ma jakąś znaczącą rezystancję wyjściową. Wprawdzie ujemne sprzężenie zwrotne może tę rezystancję zmniejszyć niemal do zera, ale tylko w zakresie niższych częstotliwości. Natomiast w zakresie wyższych częstotliwości właśnie rezystancja wyjściowa może być źródłem poważnych problemów, między innymi samowzbudzenia wzmacniacza. To jednak odrębny, trudny temat dla bardziej zaawansowanych.

Niedoskonałość „środka”

Idealny wzmacniacz operacyjny w spoczynku w ogóle nie powinien z zasilacza pobierać prądu. Powinien pobierać prąd tylko wtedy, gdy płynie prąd wyjściowy. Można przyjąć, że przeciętne wzmacniacze operacyjne mają spoczynkowy pobór prądu rzędu 1mA. Oczywiście pobór prądu jest większy, gdy wyjście wzmacniacza jest obciążone.

Spoczynkowy pobór prądu jest mocno związany z szybkością wzmacniacza. Najprościej biorąc, większe prądy szybciej przeładują pasywność pojemności. Dlatego wzmacniacze szybkie i bardzo szybkie mają spoczynkowy pobór prądu większy, zwykle rzędu kilkunastu do nawet kilkudziesięciu mA. Jeśli natomiast spoczynkowy prąd zasilania jest mniejszy od 0,1mA, zapewne wiąże się to ze zmniejszeniem szybkości wzmacniacza. Ogólnie biorąc, wszystkie tak zwane wzmacniacze mikromocowe są powolne.

W większości wzmacniaczy operacyjnych prąd zasilania bardzo niewiele zmienia się w szerokim zakresie zmian napięcia zasilania, a to wynika z obecności we wzmacniaczu licznych źródeł i luster prądowych.

Źródła prądowe poprawiają szereg parametrów, ale tylko częściowo. Na przykład w rzeczywistym wzmacniaczu operacyjnym nieuniknione tętnienia napięcia zasilania przenoszą się w jakimś niewielkim stopniu do toru

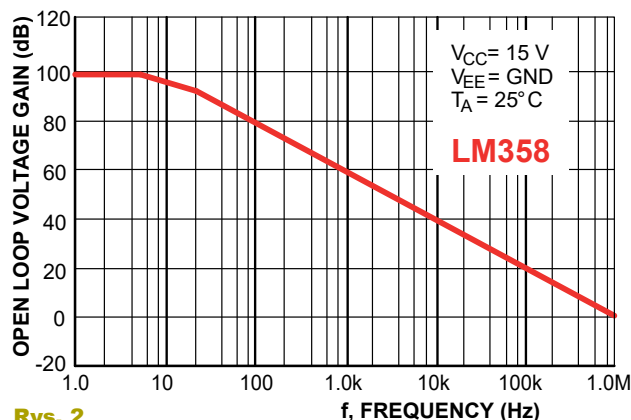
sygnałowego – określa to parametr zwany PSRR, do którego jeszcze wrócimy.

Jeżeli chodzi o zniekształcenia sygnału i szumy, to wprawdzie są one nieuniknione, ale można je redukować, aktualnie nawet do nieprzekraczalnych teoretycznych granic. Na sumaryczną wielkość zniekształceń mają wpływ wszystkie bloki wzmacniacza. W finalnej aplikacji poziom zniekształceń nieliniowych zależy też od wzmocnienia. Natomiast o szumach decydują przede wszystkim właściwości stopnia wyjściowego (i wzmocnienie).

Idealny wzmacniacz operacyjny miałby nieskończenie wielkie wzmocnienie. Realne wzmacniacze operacyjne naprawdę duże wzmocnienie mają tylko przy prądzie stałym i bardzo małych częstotliwościach rzędu herców. Ze wzrostem częstotliwości każdy wzmacniacz operacyjny ma coraz mniejsze wzmocnienie, a w katalogach jako pasmo przeniesienia podaje się częstotliwość, przy której wzmocnienie zmniejsza się do wartości 1×, czyli 0dB.

Stare uniwersalne wzmacniacze, np. LM358, mają maksymalne wzmocnienie rzędu 100000× (100dB) i wzmocnienie to maleje do jedności przy częstotliwości rzędu 1MHz, jak pokazuje **rysunek 2**. Dla mniej zorientowanych jest to bardzo przykre zaskoczenie. Przykładowo LM358 to wzmacniacz 1-megahercowy. Tak, ale jak widać na **rysunku 2**, sygnały o częstotliwości 100kHz wzmacnia on tylko o 10 decybeli, czyli jedynie dziesięciokrotnie!

Nowsze wzmacniacze mają maksymalne wzmocnienie dużo większe, nawet ponad 1 milion (120dB). We wzmacniaczach najszybszych wzmocnienie zmniejsza się do jedności dopiero przy częstotliwościach setek megaherców, a nawet ponad 1GHz. Natomiast w niektórych wzmacniaczach mikromocowych zmniejsza się do jedności już przy częstotliwościach rzędu kilku kiloherców.

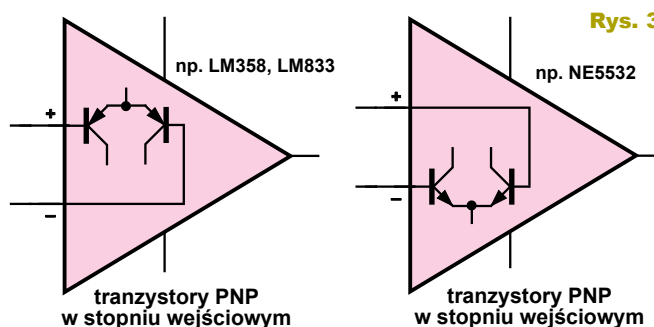


Rys. 2

Szerokość pasma przenoszenia jest też dość mocno związana z maksymalną szybkością zmian napięcia wyjściowego, oznaczaną SR i wyrażaną zwykle w voltach na mikrosekundę. W kartach katalogowych podawane są informacje o wartości SR oraz o częstotliwości, przy której wzmocnienie zmniejsza się do jedności, co jest ważne, choćby przy wyborze wzmacniacza do układów audio. Te bardzo ważne i niezbyt trudne zagadnienia będą szerzej omówione w jednym z następnych odcinków cyklu.

Niedoskonałość wejścia

W bardzo wielu zastosowaniach najważniejszym problemem okazuje się niedoskonałość obwodów wejściowych. W klasycznych wzmacniaczach operacyjnych (VFA) na wejściu pracuje para różnicowa złożona z dwóch jednakowych tranzystorów. Może to być para tranzystorów bipolarnych, co w dużym uproszczeniu pokazane jest na **rysunku 3**. W innych wzmacniaczach w takich parach pracują tranzystory polowe złączowe JFET N lub JFET P, a w jeszcze innych pary tworzą tranzystory MOSFET N lub MOSFET P. We wzmacniaczach z wejściem typu rail-to-rail w stopniu wejściowym współpracują dwie takie pary różnicowe z tranzystorami komplementarnymi, co dodatkowo komplikuje sytuację.



Jak wiemy, podczas normalnej pracy na obu wejściach (+, -) z uwagi na ogromne wzmocnienie, napięcia powinny być praktycznie jednakowe. W rzeczywistości tak dobrze nie jest. Przy bliższej analizie nasuwają się też następujące pytania:

1 – W jakim zakresie wspólnych napięć wejściowościach taka para różnicowa będzie prawidłowo pracować?

2 – Na ile problemem są prądy wejściowe (prądy baz lub bramek)? Jak to wpływa na rezystancję wejściową?

3 – Na ile problemem jest brak idealnej symetrii tranzystorów pary różnicowej?

Jeżeli chodzi o pierwszą, najłatwiejszą kwestię, to w katalogu zawsze podany jest zakres wspólnych napięć wejściowych, w którym wzmacniacz będzie pracował poprawnie.

Jeżeli chodzi o kwestię drugą, to idealny wzmacniacz operacyjny z de-

finicji powinien mieć prądy wejściowe równe zeru, a rezystancje wejściowe nieskończenie wielkie. Liczne wzmacniacze, zwłaszcza te z tranzystorami MOSFET, mają znikomo małe prądy polaryzacji wejść, a większość wzmacniaczy ma zaskakująco duże rezystancje wejściowe. Tak, ale **w każdym wzmacniaczu musi być zapewniona droga przepływu stałego prądu polaryzującego wejście.**

Prądy polaryzacji obu wejść wzmacniacza zawsze płyną przez jakieś rezystancje, a to oznacza niepożądane spadki napięć na tych rezystancjach. Nie zawsze są one problemem. Gdy prądy wejściowe są rzędu pikoamperów, problem jest nieznaczący. Przykładowo prąd wejściowy 10 pikoamperów, płynący przez rezystancję 1 megaoma, wywoła na niej spadek napięcia o wielkości tylko 10 mikrowoltów – zaniedbywalnie mały w większości zastosowań. Ale przy

użyciu innego wzmacniacza jego prąd wejściowy 100nA, czyli 0,1uA, na rezystancji 1MΩ da spadek napięcia aż 100mV, absolutnie niedopuszczalny w wielu zastosowaniach.

A teraz o kwestii trzeciej: brak idealnej symetrii tranzystorów wejściowej pary różnicowej często okazuje się bardzo poważnym problemem. Nawet niewielkie różnice między tranzystorami pary wejściowej powodują błędy, które mocno przeszkadzają w bardziej precyzyjnych zastosowaniach.

Problemom tym oraz wynikającym stąd bardzo ważnym parametrom takim jak: *wejściowe napięcie nie zrównoważenia, dryft wejściowego napięcia nie zrównoważenia, wejściowy prąd nie zrównoważenia oraz współczynnik CMRR*, poświęcony będzie następny odcinek cyklu.

Piotr Górecki

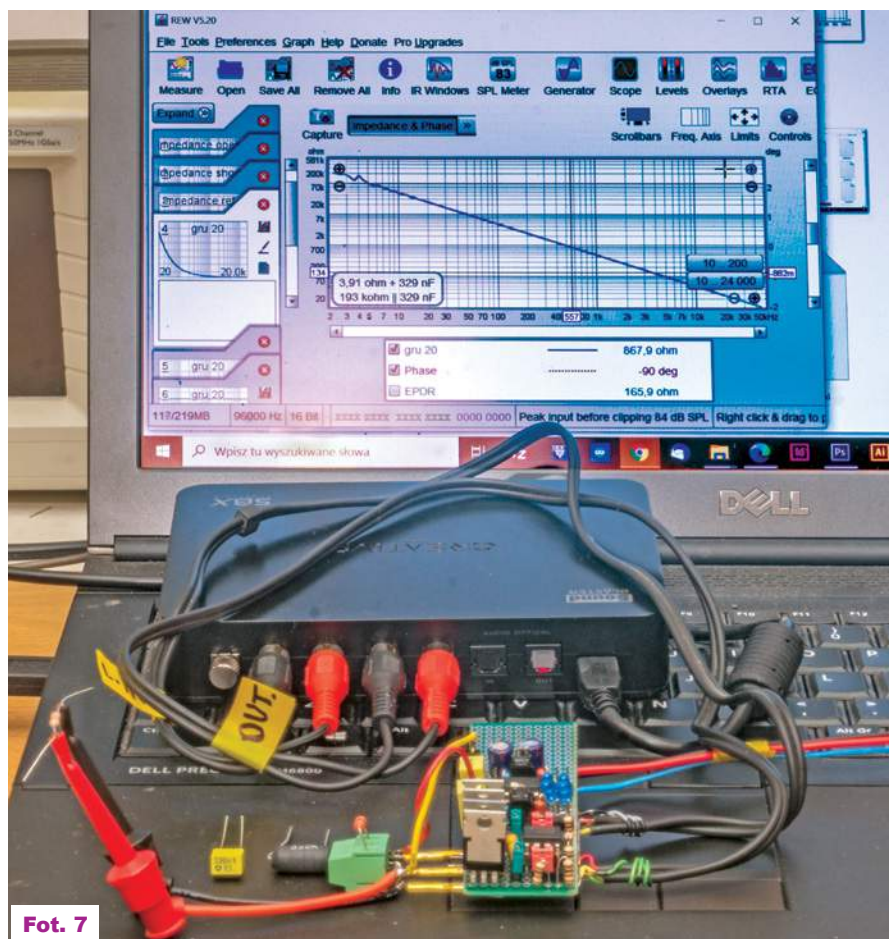
Ciąg dalszy ze strony 33

Moje stanowisko pomiarowe wyglądało mniej więcej tak jak na **fotografii 7**, gdzie widać też mierzony kondensator foliowy 330nF i cewkę 3,3mH. Do zacisków pomiarowych adaptera dołączamy badaną impedancję, klikamy *Measure*, potem *Start*. Po kilku sekundach w dużym oknie mamy przebieg modułu i fazy zmierzonej impedancji w funkcji częstotliwości.

Można mierzyć, ale potem te wyniki trzeba zobrazować. Problem ze zobrazowaniem wyników pomiaru polega na tym, że domyślnie charakterystyka jest wyświetlana przy liniowej skali impedancji (skala z lewej strony wykresu), a maksymalna oporność na tej skali to 1000 omów. Górna granica 1000Ω całkowicie wystarcza do pomiaru impedancji głośników, a właśnie do tego przeznaczona jest opcja pomiaru impedancji w programie REW.

Problemy z właściwym zobrazowaniem można pokonać, na co wskazuje też wygląd charakterystyki kondensatora na fotografii 7. Szczegółami zajmiemy się w drugiej części artykułu.

Piotr Górecki



Fot. 7

Modułowe mierniki napięcia i prądu stałego

Oprócz najpopularniejszych woltomierzy, amperomierzy i modułów dwufunkcyjnych prądu stałego z wyświetlaczami LED, dostępne są też inne.

Inne interesujące moduły

Omawiamy najpopularniejsze i bardzo tanie modułowe mierniki napięcia i prądu stałego. Na rynku dostępne są też rozmaite wersje z dodatkowymi możliwościami. Niektóre mają funkcje alarmu aktywnego przy zbyt dużych lub zbyt małych wartościach oraz innych błędach (np. brak zewnętrznego bocznika). Przykład na **fotografii 37**. Niewiele modułów do pomiaru prądu stałego ma interfejs do wymiany danych z urządzeniami nadrzędnymi. Ale są i takie – przykład ze złączem RS232 na **fotografii 38**. Warto zauważyć, że pokazany model ma także przetwornicę izolującą w obwodach zasilania, co rozszerza możliwości pomiarowe.

Można kupić moduły do pomiaru prądu stałego z wyświetlaczem LCD – **fotografia 39**.

Większość amperomierzy prądu stałego pracuje na zasadzie pomiaru spadku napięcia na małej rezystancji bocznika. Ale dostępne są też wersje z kompensowanym przekładnikiem zawierających czujnik Halla, zwykle o zakresie pomiarowym od kilkudziesięciu do kilkuset amperów, przeznaczone do współpracy z dużymi akumulatorami – dwa przykłady na **fotografii 40**.

Oddzielny szeroki i też bardzo interesujący temat to woltomierze i amperomierze prądu zmiennego, pracujące w obwodach sieci energetycznej 230V – mogą zostać omówione w oddzielnym artykule.

Przeróbki

Wielu elektroników chciałoby takie cyfrowe mierniki przerabiać, to znaczy zmieniać zakresy pomiarowe. Najogólniej biorąc: **przeróbki są bardzo trudne i o ile to tylko możliwe, należy od**

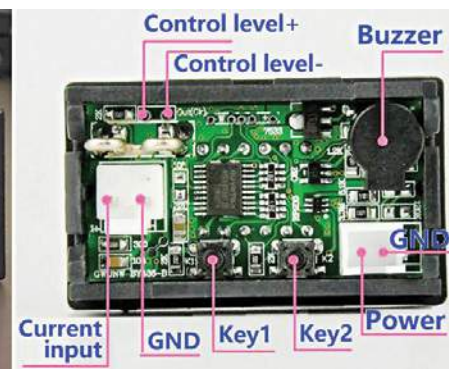
razu kupować modele o potrzebnych zakresach.

W zasadzie można łatwo zmienić stosunek podziału dzielnika w woltomierzu albo rezystancję bocznika w amperomierzu. Oczywiście tylko 10, 100, albo 1000 razy. Można też zbudować miernik wielozakresowy z przełącznikiem.

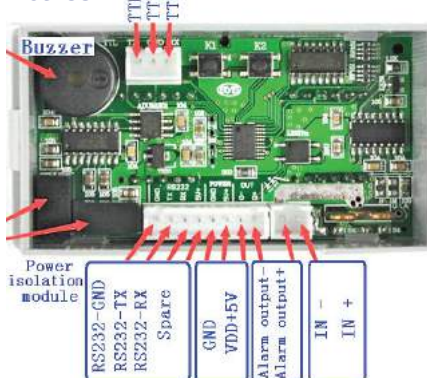
część 4



Fot. 37



Fot. 38



Fot. 39



Tak, ale żeby nie było przykrych pomyłek, konieczne należałoby zaświecić odpowiedni punkt dziesiętny (przecinek, właściwie kropkę), odpowiednio do zakresu.

Tylko bardzo nieliczne, droższe moduły mają możliwość takiej zmiany (przykład na **fotografii 41**). Generalnie z tym jest kłopot, ponieważ wyświetlacze są sterowane multipleksowo.

W Internecie spotyka się informacje, że przy tego rodzaju przeróbkach można zamalować (zakleić) dotychczas świecący punkt dziesiętny oraz dodać małe diody SMD poniżej wyświetlacza lub jakiś układ logiczny zaświecający potrzebny punkt (być może wystarczył-



by jeden tranzystor pracujący w roli bramki AND).

Skutecznym rozwiązaniem byłaby wymiana programu w mikrokontrolerze, co w praktyce jest nierealne, bo należałoby napisać go od nowa.

Ciąg dalszy na stronie 53

Zadanie główne 303

Podstawą zadania 303 jest e-mail, jaki niedawno przysłał **Daniel Róžański** z Nowej Wsi. Treść listu dotyczyła ogólnie biorąc, elektroniki w rolnictwie i kwestii pomiaru pH. Między innymi było tam zdanie (...) *pomiar pH jest także potrzebny przy kompostowaniu, ponieważ w większości przypadków otrzymuje się kompost kwaśny, który nie jest dobry dla wszystkich roślin, a tylko dla nielicznych (...)*

Może najpierw podam temat zadania 280:

Zaproponuj zastosowanie elektroniki do kontroli procesu kompostowania.

Temat **kompostowania** w ostatnim czasie budzi zainteresowanie także dlatego, że pozwala obniżyć opłaty za wywóz śmieci. Niestety, w większości gmin kompostowanie domowych odpadów organicznych daje śmiesznie małą zniżkę opłat za śmieci i nie to jest powodem do głębszego zainteresowania się tą sprawą. Coraz więcej osób interesuje się jednak powrotem do natury, także w zakresie nawożenia

przydomowego ogródka. Pomijając modę na *permakulturę* oraz jej sens i korzyści, pozyskanie naturalnego nawozu, jakim jest kompost, jest jak najbardziej sensowne. Kto ma ogród, ma też ogromną ilość odpadów roślinnych, które często pakowane są w worki i wywożone, a można byłoby z nich zrobić cenny kompost.

Temat kompostowania jest mi bliski i sam zamierzam przeprowadzić w tym zakresie dodatkowe eksperymenty (patrz fotografia poniżej). Pomiar pH to tylko jeden aspekt. Dużo ważniejsze są inne kwestie. Kompost można otrzymać stosunkowo szybko. Łatwo znaleźć w sieci wskazówki, jak uzyskać kompost w... 18 dni. Bardziej realne jest uzyskanie pełnowartościowego kompostu w kilkanaście tygodni. Podstawowa sprawa to dostęp tlenu, żeby materiał niegnił (beztlenowo), tylko butniał. Ale równie ważne są proporcje masy kluczowych składników, węgla i azotu (C:N), optymalne 25:1–30:1. Konieczna jest też znaczna, ale nie za duża wilgotność składników.

Zwykle azotu jest za mało, często wilgotność jest za niska i dlatego trzyetapowy proces kompostowania przebiega bardzo powoli. W Internecie łatwo można znaleźć fachowe wskazówki dotyczące kompostowania (np.: <https://bit.ly/3uEEROG>), ale problemem jest kontrola składu i warunków procesu. I tu w grę wchodzi elektronika. Najprostszym wskaźnikiem, że wszystko jest dobrze, jest wzrost temperatury już po kilku dniach do 60...70 stopni! Tak nie będzie, gdy proporcje C:N będą niewłaściwe i gdy kompost będzie albo za suchy, albo za mokry. Podstawowym zadaniem jest więc pomiar temperatury. Wartościowe są też informacje o wilgotności i współczynniku pH, ale dużo trudniej je mierzyć.

Co Ty proponujesz? Na pewno potrzebny będzie termometr ze szpikulcem pozwalającym mierzyć temperaturę wewnątrz przemy/pojemnika. Najlepiej elektroniczny. Czy wystarczy jakiś gotowy, fabryczny, czy warto takowy zrobić samemu, być może z możliwością zdalnego odczytu, przewodowo lub w tym wypadku raczej bezprzewodowo.

Czy Twoim zdaniem można też mierzyć wilgotność kompostowanego materiału? Jak? A współczynnik pH?

Napisz, jak to widzisz! A może zadanie to zachęci i Ciebie do eksperymentów? Zadanie 303 będzie rozwiązane w numerze listopadowym – czasu jest więc sporo. Jak zwykle czekam na rozwiązania praktyczne i teoretyczne.

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!

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 298

Temat grudniowego zadania 298 brzmiał: **Zaproponuj układ związany z awaryjnym zasilaniem zamrażarki, lodówki lub pompy obiegowej centralnego ogrzewania.**

Zadanie było bardzo trudne. Awaryjne zasilanie, zwłaszcza lodówki czy zamrażarki, wcale nie jest takie łatwe, jak mogłoby się wydawać.

Cieszę się, że w ogóle nadeszły jakieś rozwiązania!

I tak **Robert** (prosił o niepodawanie nazwiska i miejsca zamieszkania) napisał między innymi: (...) *to nie zadanie dla uczniów Szkoły (...) ja jestem elektronikiem z wykształcenia (...) wydawało mi się, że to nie problem. Pompa obiegowa c.o. pobiera kilkadziesiąt W, silnik lodówki czy zamrażarki niewiele więcej (...) już parę lat temu napałem się na takie awaryjne zasilanie (...) kupiłem używany UPS, mały, stary akumulator 5Ah 12V wyrzuciłem, (...) [dołączyłem] solidne kable i klemy do dużego akumulatora samochodowego. (...) zapowiadało się dobrze (...) później było coraz gorzej (...) [Po] pierwsze (...) jak zabrakło światła i chciałem podłączyć pompkę obiegową pieca (...) [to] UPS nie startował (...) nawet jak UPS był pod napięciem i zabrakło światła, to niby pracował, ale pompka buczała (...) bałem się, że się uszkodzi (...) nie do wytrzymania w nocy dla domowników, których by obudziła (...) lodówka nigdy nie startowała, tylko wyłączała UPS-a. Nie pomogły żadne czary (...) Nawet jak chwilę pochodziła, to potem się wyłączała razem z UPS-em (...)*

Niestety, podobne problemy napotkało wielu innych, którzy chcieli wykorzystać popularne UPS-y. Nie wszystkie prawidłowo wystartują bez napięcia sieci, a tym bardziej z obciążeniem (funkcja *hot start*). Buczenie to efekt kształtu przebiegu wytwarzanego przez inwerter, a konkretnie efekt występowania licznych wyższych harmonicznych częstotliwości 50Hz. Wprawdzie nie jest to zwykły przebieg prostokątny, a producenci nazywają go „modyfikowaną sinusoidą”. Jednak z sinusoidą nie ma on zbyt wiele wspólnego, jak pokazuje **rysunek 1**. A UPS-y i inwertery wytwarzające przebieg naprawdę zbliżony do sinusoidy są dużo droższe.

Kolejna sprawa i największy problem to fakt, że silnik podczas startu przez krótką chwilę pobiera prąd kilkakrotnie większy od nominalnego. Dotyczy to także lodówek i zamrażarek, które działają na zasadzie sprężarki napędzanej silnikiem elektrycznym. Silnik nie pracuje ciągle, tylko włącza się co jakiś czas. I problem występuje właśnie w tych chwilach włączania silnika.

Przykładowo gdy silnik jest 100-watowy, to zapewne podczas normalnej pracy pobiera taką właśnie moc, ale tuż po każdym włączeniu silnik lodówki chce pobierać moc zbliżoną do kilowata. W grę wchodzi nie tylko moc czynna, ale też bierna i pozorną, wynikająca z przesunięcia fazy prądu względem napięcia. Wszystko to powoduje, że do wystartowania silnika o mocy rzędu 100W potrzebny jest inwerter, który nie wyłączy się przy chwilowym poborze mocy podczas startu nawet 10 razy większym. Paradoksalne, lepsze inwertery z licznymi zabezpieczeniami mogą gorzej sprawować się w takich zastosowaniach od wersji z mniej skutecznymi zabezpieczeniami.

Mikołaj Rusek z Wierzbna napisał krótko: (...) *trochę się z tym bawiłem. Mieszkam na wsi. Znam problem (...) Najpierw był UPS, potem inwerter. Do pompki centralnego wystarczy, ale więcej nie. Bo nawet jak pociągnie, to na krótko. Trzeba byłoby mieć wielkie akumulatory albo odpalić samochód i tak podładowywać akumulator zasilający inwerter. Sporo zabawy i smrodu spalin (...) wiem, próbowałem (...) [I] z zestawem dużych używanych akumulatorów do traktora, i z długimi kablami przez okno do samochodu. Z akumulatorami z demobilu był kłopot, bo nierówno, a jednak za szybko słabły, jak na początkową pojemność.*

Jak kogoś stać albo musi podtrzymać bardzo ważne urządzenia, to polecam agregat. Wystarczy mały, jednofazowy. Mógłby być najtańszy, ale ja się naciąłem i żeby nie mieć kłopotów z urucho-

mieniem, kupiłem drugi [lepiej] firmy, (...) rozwiązało moje problemy.

Andrzej Kubiak z Rumi napisał: (...) *Zasilane z sieci 230V 50Hz urządzenia typu pralka, lodówka, pompa ciepła i podobne z silnikami elektrycznymi wymagają prawidłowych parametrów prądu, jak kształt sinusoidy, częstotliwość i wartość napięcia. Mają one silniki elektryczne zaprojektowane do tych znamionowych wartości, a przy innych parametrach sieciowych mogą ulec uszkodzeniu. W związku z tym nie zapewniam tego budowane amatorskie falowniki czy kupowane w „tanich sklepach”. Uważam, że należy zastosować sprawdzone, choć nie tanie urządzenia. Zapotrzebowanie na moc nw. urządzeń: pralka elektryczna – ok. 2000 W, pompa ciepła – 2000–3000W, lodówka, zamrażarka – od 40 do 300W (producenci obecnie nie podają mocy urządzeń, tylko planowane zużycie w kWh/rok). 40W wyliczyłem na podstawie poboru prądu własnej lodówki.*

Proponuję następujące rozwiązania zasilania awaryjnego. Takie rozwiązania stosowane są w szpitalach i na statkach.

1. UPS, ja wybrałem model 6000 CG PF1 + 2 × BP 10134027 (BP – dodatkowy zestaw baterii). Cena ok. 5000PLN. Wyliczone czasy podtrzymywania podane są w **tabeli**.

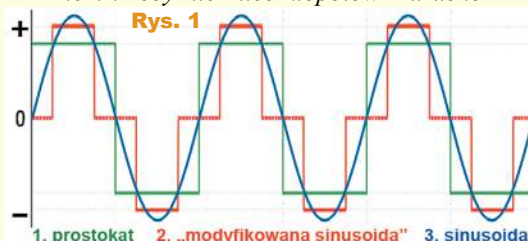
Czas podtrzymywania w minutach przy obciążeniu w kW						
P (kW)	1	2	3	4	5	6
Min.	280	160	107	78	57	47

Do lodówki czy zamrażarki można zastosować oddzielny UPS o mniejszej mocy

2. Agregat prądotwórczy. Proponuję spalinowy agregat prądotwórczy benzynowy np. typu AVR EG 2850 (firmy Makita), Pzn=2,8kW, Izn=11,3A, cena 2650PLN.

Do agregatu należy dorobić prosty układ automatycznego uruchamiania po zaniku napięcia sieci i przed jego załączeniem na sieć awaryjną (musi być spełniony warunek osiągnięcia obrotów nominalnych, a przed zatrzymaniem agregatu należy odłączyć go najpierw od sieci). [Schemat takiego systemu pokazany jest na **rysunku 2**].

Wnioski: Zasilanie awaryjne oparte na magazynowaniu energii w akumulatorach może zapewnić pracę do kilku godzin, w zależności od liczby



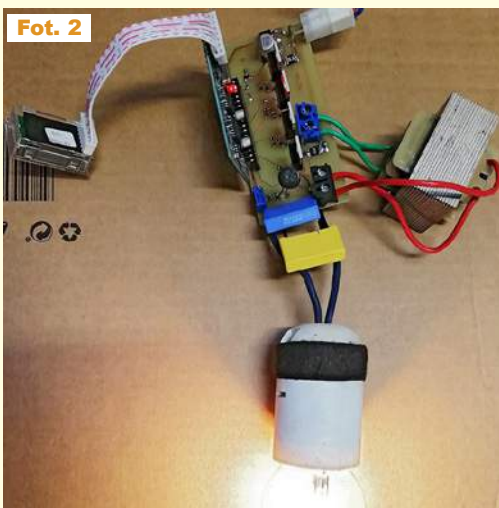
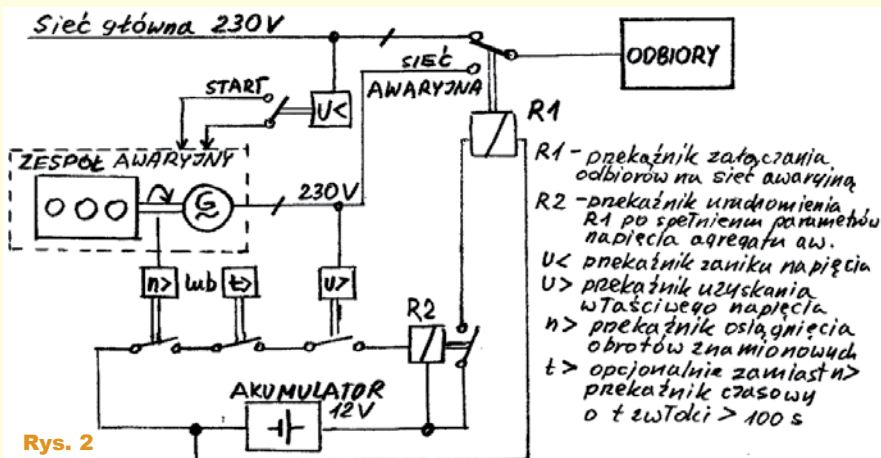
i pojemności akumulatorów. W przypadku pralki jest to czas pracy ok. 1h, a lodówki i zamrażarki kilka godzin na dobę. Produkowane obecnie urządzenia chłodnicze mają takie klasy izolacji termicznej, że producenci zapewniają podtrzymanie temperatury do kilkunastu godzin bez zasilania (chodzi chyba o wzrost o kilka stopni we wnętrzu). Najwygodniejszy jest agregat spalinowy, gdyż nie wymaga dodatkowej energii na dodatkowe doładowania, jest zawsze w gotowości do uruchomienia, a czas pracy zależy od pojemności zbiornika paliwa lub jego uzupełniania. Jest to dobre rozwiązanie dla domków jednorodzinnych. Oba rozwiązania nie należą do tanich. Biorąc jednak pod uwagę rzadkie przypadki wylęczeń energetycznych, należy rozważyć, czy brak zasilania jest aż tak dużą niedogodnością w gospodarstwie domowym w stosunku do kosztu inwestycji.

Rozwiązanie tego trudnego zadania 298 nadesłał też niezawodny **Michał Stach** z Kamionki Małej. Zaskoczył mnie pomysłem: (Modyfikacja kosiarki do wersji bezprzewodowej – akumulatorowej) oraz sposobem realizacji. Napisał: Piękny i zadbane trawnik jest ozdobą każdego domu. Utrzymanie go w takim stanie wymaga regularnego koszenia. Z różnych typów kosiarek każda ma jakieś wady. Przewodowa kosiarnia i ekologicznie, ale tylko do miejsca, gdzie sięga przedłużacz... Kosiarka widoczna na **fotografii 1** to prezent dla żony. Dzięki zasilaniu z 230VAC jest zdecydowanie prostsza w obsłudze i uruchomieniu od wersji z silnikiem spalinowym. Była też o wiele tańsza niż wersja zasilana akumulatorowo. Niestety ma poważną wadę, trzeba

naprawdę uważać, aby podczas koszenia nie zniszczyć (nie przeciąć) przedłużacza. Zapadła zatem decyzja o modyfikacji kosiarki do wersji bezprzewodowej. Pierwsza koncepcja, jaka przychodzi na myśl, to wyposażenie kosiarki w przetwornicę DC->AC w wersji z napięciem sinusoidalnym. Na szybko, w celach eksperymentalnych powstała przetwornica zawierająca moduł EGS002. Efekty pracy przetwornicy widać na **fotografiach 2, 3**. Przetwornica działa i ma sporo zalet: soft start, szeroki zakres napięć zasilających i liczne zabezpieczenia. Ale jak to w życiu bywa, pojawiły się rozmaite problemy. Przetwornica EGS002 w celu wytworzenia napięcia 230VAC wysterozuje mostek MOSFET-ów, który następnie napędza transformator. Silnik kosiarki ma moc (chwilową) 1800W. Gdyby nawet przyjąć rzeczywiste zapotrzebowanie na

moc 3 razy mniejsze, to i tak musimy postarać się o trafo 500W. Znacznie rosną koszty, ale z zastosowaniem dużego trafo wiąże się jeszcze jeden problem.

W tabeli zebrane są dane z pracy przetwornicy dla


Fot. 1

Fot. 2

Rys. 2


CO, JEŚLI...

Znajdziemy wszystkie rozwiązania

Co dałoby nam rozwikłanie nam wielkich zagadek fizyki? Co jeśli osiągniemy wysokotemperaturowe nadprzewodniki, albo opanujemy źródła nieograniczonej energii? Co nam może dać zbudowanie praktycznych komputerów kwantowych? Co stałoby się ze światem, gdybyśmy zwalczyli choroby i pokonali śmierć? I w końcu – co jeśli spotkamy obcych w kosmosie? Jak się okazuje na każde z tych pytań jest tylko częściowo krzepiąca odpowiedź. Nie w każdym przypadku spełnienie ludzkich marzeń musi skończyć się dobrze.

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



kilku różnych transformatorów. Największy przetestowany (zaznaczony brązowym kolorem) toroid 100VA pobiera w stanie jałowym blisko 1A na podtrzymanie strumienia magnetycznego. Przy trafo 500VA prąd jałowy będzie jeszcze większy. Co ciekawe przetwornica z toroidem 100VA, zasilając żarówkę 25W, pobierała taki sam prąd jak z małym TST20. Podczas eksperymentów lepsze wyniki uzyskiwały transformatory kształtkowe, poza jednym (zagranicznym), z którym przetwornica zgłaszała błąd przekroczenia prądu, a który ma bardzo małą indukcyjność („mało żelaza”).

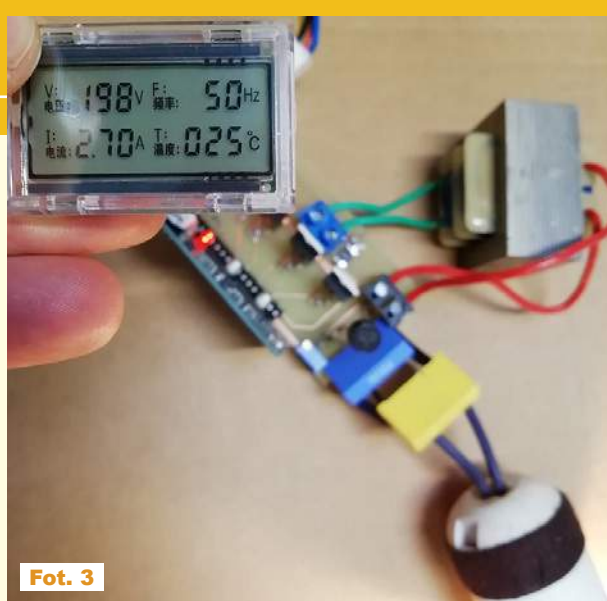
Eksperymenty doprowadziły do wniosku, że kosiarkę należy zmodyfikować wg innej koncepcji. Kosiarka zbudowana jest z wykorzystaniem silnika komutatorowego, zwanego również uniwersalnym, a to dlatego, że zachowuje podobne parametry zarówno przy zasilaniu prądem stałym, jak i przemiennym. Kolejne pomiary, w tym **fotografia 4** oraz filmik: <https://www.youtube.com/watch?v=HMhBrnc3OUA> pokazują słuszność koncepcji. Znalezione

nik, może być znacznie niższe niż 230V. Dotyczy on co prawda sieci amerykańskiej (120V 60Hz), ale przy 50Hz wyniki powinny być podobne.

Okazuje się, że zaplanowana modyfikacja jest jak najbardziej realna, a do tego nie musi przebiegać wg utartego standardu. Powstała w ramach SzK przetwornica EGS002 z trafem 100VA posłuży do zasilania mniejszych odbiorników. Natomiast do kosiarki należy dobrać przetwornicę podwyższającą 12VDC (lub 24VDC) na co najmniej 120VDC. Modyfikacja powinna powieść się bez wymiany silnika, co ma niebagatelne znaczenie, jeżeli chodzi o niezawodność. Niestety wiele amatorskich modyfikacji mechaniki kończy się problemami z trwałością.

Michał otrzymuje 7 punktów i kupon 400zł. Autorzy propozycji teoretycznych otrzymują upominki. Tyle o nadesłanych rozwiązaniach. Jeżeli chodzi o mnie, interesuję się tematem od dawna. Na razie teoretycznie. Prawie dwa lata temu kupiłem solidnie wyglądający inwerter o deklarowanej mocy 2000W (**fotografia 5**). Ze względu na nawał zajęć bieżących jeszcze się do niego nie dotknąłem. Jeżeli uważacie, że opis testów tego inwertera powinien ukazać się w EdW, proszę o e-mail, które zmobilizują mnie do zajęcia się tym tematem, a przy okazji planowanym od dawna opisem przekładników prądowych AC.

Aktualne informacje o punktacji oraz rozdziale nagród, upominków i kuponów podane są w tabelkach. Osoby nagrodzone kuponami otrzymują z naszej redak-



Fot. 3

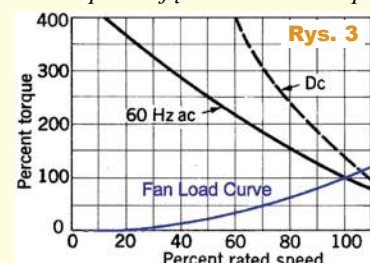
Typ	pomiar uzw. pierwotne	pomiar uzw. wtórne	przekładnia	prąd jałowy
TS50/2	49R ???	0,7R 0,6mH	230/26	210mA (220V)
TS lampka biurkowa	372R 26H	1,4R 1,4mH	230/12	120mA (225V)
TST20/002	220R 34H	0,8R 10uH	230/2*8	420mA (225V)
TST100/004	23R 24H	0,41R ???	230/2*12	850mA (220V)
UI39/13,5	205R 0,5H	1,5R 1,5mH	2*110/2*13	ponad 3A
TSZ218/005	275R 32H	1,6R 2,6mH	230/12	100mA (223V)

cji 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. Kupon za zadania z kolejnych miesięcy można sumować, by kupić sprzęt o większej wartości. Istnieje też możliwość dopłaty różnicy cen w przypadku zamówienia na sumę większą niż przydzielony kupon. Ale **uwaga: kupon ważny jest tylko 12 miesięcy – po tym terminie traci ważność i przepada.**

Serdecznie zapraszam do udziału w zadaniu głównym 303, 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



Rys. 3



Fot. 4

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 Lubca.....	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
Michał Stach Kamionka.....	69	Adam Ples Jaworzno.....	43	Rafał Orodziński Białystok.....	19
Krzysztof Smoliński Poznań.....	68	Piotr Gajdosz Grybów.....	41	Marian Caruk Luban.....	17
Szymon Trygar Szczecin.....	66	Maciej Zieliński Kraków.....	41	Lukasz Kojro Gdańsk.....	15
Radosław Smalec Zabrze.....	64	Rafał Rówiak Słaboszów.....	40	Marcin Malich Wodzisław Śl.....	13
Robert Szolc Bytom.....	58	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	Szymon Wójtowicz Warszawa.....	12
Sebastian Jarmosiewicz Motwica.....	50	Circuit Chaos Warszawa.....	27	Andrzej Adameczyk Ostrowiec Św.....	11



Fot. 5

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 niezbędnik każdego elektronika: wiarygodny, kompletny, wyczerpujący!



Encyklopedia elementów elektronicznych. Tom 2. Tyrystory, układy scalone, układy logiczne, wyświetlacze, LED-y i przetworniki akustyczne

Autor: Charles Platt i Fredrik Jansson; Stron: 304; Oprawa miękka; Kod: KS-210202

Drugi tom 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 niezbędnik każdego elektronika: wiarygodny, kompletny, wyczerpujący!



Lutowanie od podstaw

Autor: Witold Wrotek; Stron: 160; Oprawa miękka; Kod: KS-201000

Jeśli chcesz poznać technikę lutowania i nauczyć się prawidłowo stosować ją w praktyce, sięgnij po odpowiednie źródło wiedzy! Książka Lutowanie od podstaw krok po kroku wprowadzi Cię w tajniki sztuki łączenia elementów, przedstawi niezbędne narzędzia i dobre praktyki, nauczy unikać typowych błędów popełnianych przez początkujących oraz pokaże najlepsze sposoby lutowania różnych elementów elektrycznych i elektronicznych.

Nauczysz się też dzięki niej, jak wykonać proste prace elektryczne w swoim domu, a nawet jak naprawić typowe usterki występujące w urządzeniach AGD.

Zostań prawdziwym mistrzem lutownicy!



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!

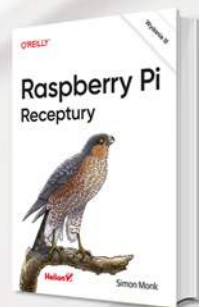


Raspberry Pi. Receptury. Wydanie III

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!





Druga klasa Szkoły Konstruktorów

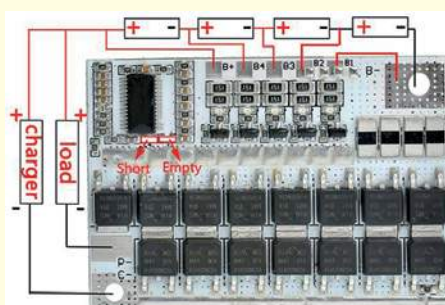
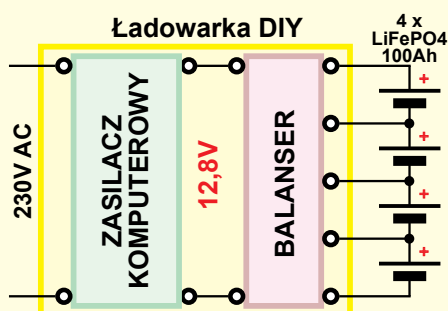
Co tu nie gra? Zadanie 303

Od dawna interesujemy się akumulatorami. Wykorzystujemy je między innymi do napędu pojazdów kołowych oraz łódek, gdzie pracują cyklicznie i pełnią funkcję akumulatorów trakcyjnych. Zamiast ciężkich akumulatorów ołowiowych bardzo chętnie zastosowalibyśmy kilkakrotnie lżejsze i teoretycznie dużo trwalsze akumulatory litowe. Do tej pory nieprzekraczalną barierą były koszty. Obawiamy się też, że jakieś błędy eksploatacyjne drastycznie skrócą żywotność akumulatorów litowych lub doprowadzą do ich uszkodzenia, a nawet samozapłonu kosztownego zestawu. Jednak ceny akumulatorów litowych pomalą, ale systematycznie maleją. Wcześniej przymierzaliśmy się do wykorzystania zestawu wielu niedużych akumulatorów Li-Ion 18650, dostępnych u lepszych chińskich producentów za niewiele więcej niż 10zł/szt. i to wydawało się jedynym sensownym kierunkiem. Jednak ostatnio zwróciliśmy uwagę na pojedyncze ogniwa LiFePO₄, o pojemnościach od kilkunastu Ah do nawet 310Ah. A konkretnie znaleźliśmy ofertę ogniwa LiFePO₄ (3,2V) o pojemności 100Ah dość znanej chińskiej marki LiitoKala za niecałe 166 złotych przy zakupie 8 sztuk (z darmową dostawą z Chin, podobno bez cła jako produkt ekologiczny). Unikając dodatkowych opłat, kupując 8 sztuk z kimś na spółkę, za zestaw

12,8V 100Ah zapłacilibyśmy poniżej 670zł, czyli znacznie taniej niż za tej samej pojemności dobry akumulator kwasowy (niekoniecznie markowy Trojan). Sprzedający podaje (<https://bit.ly/3e4Q3xw>), że akumulator (1 celda) o wymiarach 35×135×200mm i masie 1,85kg standardowo ma być ładowany prądem do 20A (0,2C), a w trybie szybkim 40A (0,4C). Ciągły prąd rozładowania to 100A (1C), a maksymalny to 300A (3C). Deklarowana trwałość to aż 2000 cykli. Gotowi byłibyśmy wypróbować taki zestaw LiFePO₄ do napędu pojazdów, ale wiemy, że do ładowania trzeba zastosować balanser, których będzie dbał o równomierne naładowanie wszystkich ogniw. Trzeba też zadbać o ładowarkę. Aby nie zwiększać kosztów, do ładowania chcemy zastosować zwyczajny, nieprzerabiany zasilacz komputerowy, którego napięcie ustawimy na 12,8V (4 * 3,2V). Do ochrony planujemy zastosować 100-ampereowy moduł BMS, który kupimy za kilkanaście złotych (np. <https://bit.ly/3wMJCHX>). Połączenia mają wyglądać jak na **rysunku A**.

Jak zwykle pytanie brzmi: **Co tu nie gra?**

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

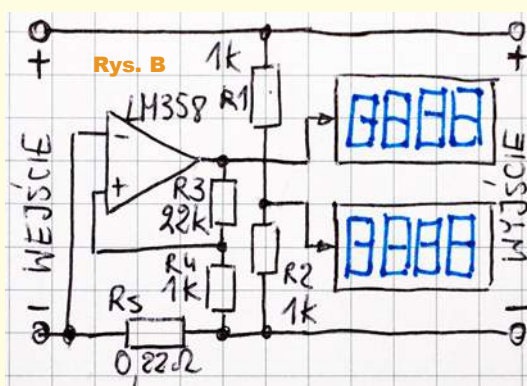


Odpowiedź oznacz **NieGra303** i nadeślij w terminie 60 dni od ukazania się tego numeru EdW. Podaj też od razu swój adres pocztowy, żebym nie musiał pytać, gdy przydzielę upominek. Możesz jeszcze przysłać rozwiązania zadania *NieGra* z poprzedniego miesiąca.

Co tu nie gra? Rozwiązanie zadania 298

Na **rysunku B** pokazany jest zamieszczony w EdW 12/2020 schemat prostej przystawki do pomiaru napięcia i poboru prądu z dwoma pojedynczymi woltomierzami modułowymi.

Jak zwykle, także i w tym schemacie (przygotowanym specjalnie na potrzeby tego zadania) doszukał się szeregu błędów. A zadanie było kontynuacją poprzedniego *NieGra293* i miało zwrócić uwagę na jeszcze inne aspekty wchodzących tu w grę zagadnień. W zamieszczonym



dalej rozwiązaniu też nie wyczerpiemy wszystkich problemów, dlatego tematyce wykorzystania fabrycznych modułowych mierników poświęcone będzie jedno z następnych zadań *Co tu nie gra?*

Zastosowanie gotowych, fabrycznie skalibrowanych modułowych mierników 4-cyfrowych wygląda na znakomite rozwiązanie. Woltomierz o zakresie 00,00...99,99V będzie mierzył napięcie z rozdzielczością 10mV, co jest całkowicie wystarczające, a czterocyfrowy amperomierz pozwoli mierzyć prąd ze

znakomitą rozdzielczością 1mA, i to w jednym w zakresie – od 0,001A do 9,999A. Na pierwszy rzut oka zapowiada się wspaniale!

Niestety, tylko na pierwszy rzut oka. Najprostszym, rzucającym się w oczy **błędem jest zastosowanie dzielnika R1, R2, który zmniejsza sygnał dwukrotnie.**

Jeżeli napięcie będzie mierzył gotowy, fabrycznie skalibrowany moduł, to przecież prawidłowo pokazuje on napięcie bez żadnych dodatków. Proponowany dzielnik R1, R2 obniżyłby wskazania, co wymagałoby od użytkownika mnożenia odczytanej wartości napięcia przez dwa. Zastosowanie takiego dzielnika 1:2 to zabieg zupełnie bezsensowny. Być może udałoby się obronić obecność dzielnika 1:10, ale wtedy byłby kłopot z przecinkiem – punktem dziesiętnym na wyświetlaczu, bowiem gotowe moduły z reguły nie pozwalają na zaświecenie innego punktu dziesiętnego niż przewidziany przez producenta. Okazało się jednak, że niektórzy uczestnicy intensywnie szukali uzasadnienia dla obecności dzielnika R1, R2. A to był ewidentny błąd, który dodałem wyłącznie po to, żeby odwrócić uwagę od innych błędów, w szczególności tych znacznie poważniejszych.

A główny problem w tym, że na rysunku B celowo nie zaznaczyłem, jak zasilane są moduły woltomierzy oraz wzmacniacz operacyjny. Na pewno **błędem na rysunku B jest brak szczegółów dotyczących obwodów zasilania.**

Uwadze uczestników konkursu nie umknęła związana z tym kolejna usterka. Z treści zadania wynika, że prąd ma mierzyć moduł woltomierza. Dostępne są liczne woltomierze modułowe o różnych parametrach. W zadaniu nie było powiedziane, jakie może być maksymalne, a jakie minimalne napięcie wejściowe, czyli napięcie zasilające.

Nie ulega tylko wątpliwości, że jest to przystawka prądu stałego, a nie zmiennego, o czym świadczą znaczki plus i minus. **Występujące w niej napięcie można wykorzystać do zasilania modułów i wzmacniacza.** Współczesne moduły woltomierzy z reguły zawierają stabilizator LDO 3,3V i prawidłowo pracują już przy napięciu zasilania 3,5...4,0V. Wzmacniacz operacyjny to pocziwy LM358, który może pracować w zakresie napięć zasilania przynajmniej 3V...32V. Minimalne napięcie wejściowe przystawki pomiarowej raczej nie będzie niższe od 4V, a wtedy problemu nie ma. Gorzej z napięciem maksymalnym. Moduł pobiera co najmniej kilkanaście miliam-

perów prądu, a zawiera stabilizator LDO w małej obudowie. Co prawda dla części tego rodzaju modułów podaje się maksymalne napięcie zasilania 30V, jednak po pierwsze nie wszystkie małe stabilizatory takie napięcie wytrzymają, a po drugie przy napięciach zasilania ponad 10V stabilizator będzie się znacząco grzał, co może obniżyć dokładność, a nawet spowodować wyłączenie albo przegrzanie i uszkodzenie, gdy nie ma zabezpieczenia przed przegrzaniem.

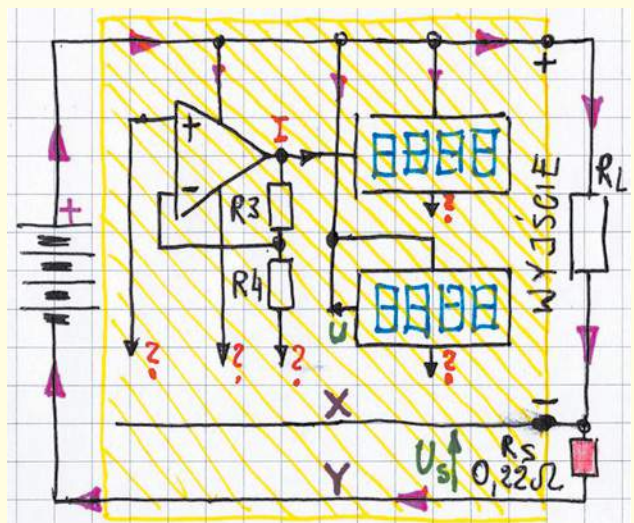
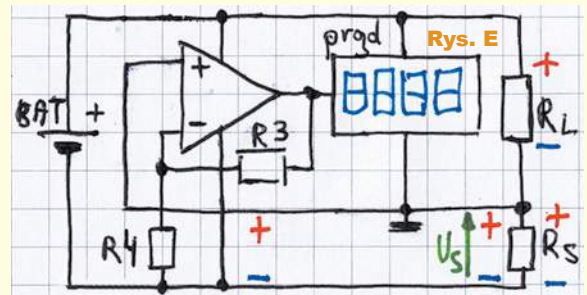
W praktyce planowane napięcie wejściowe na pewno może być większe od 10V, więc jeżeli chcemy zasilac mierzony prąd, zapewne trzeba będzie dodać jakiś ogranicznik, najlepiej stabilizator LDO o odpowiednim napięciu maksymalnym i odpowiedniej mocy strat.

Gdyby spodziewane maksymalne napięcie wejściowe było znacząco większe niż 10V, to trzeba albo rozważyć zasilanie mierników i wzmacniacza z oddzielnego, odizolowanego galwanicznie źródła napięcia, co jak się jeszcze okaże, ma pewne istotne zalety, albo zastosować wspomniany ogranicznik. Nie potrzeba takiego ogranicznika/stabilizatora, gdy napięcie wejściowe nie przekroczy 24V(DC). Ale wtedy napotykamy kolejny problem. Ponieważ prąd mierzymy w obwodzie ujemnej szyny zasilania jako spadek napięcia na rezystancji R_s , nie ulega wątpliwości, jak mają być wtedy dołączone dodatnie końcówki zasilania. Dlatego do dalszych rozważań warto z rysunku usunąć niepotrzebny dzielnik R1, R2, dorysować dodatnie końcówki zasilania oraz nieco inaczej narysować obwód z rezystorem pomiarowym R_s . Problem pokazuje **rysunek C**: które punkty, oznaczone znakami zapytania, należy dołączyć do szyny X, a które do szyny Y?

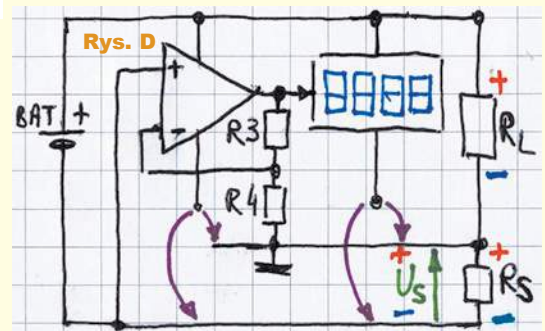
W układzie z rysunku B do szyny X dołączony jest rezystor R4, a wejście wzmacniacza LM358 dołączone jest do szyny Y. Sytuację lepiej przedstawia **rysunek D**. Niezależnie od tego, gdzie dołą-

czone zostaną ujemne końcówki zasilania wzmacniacza LM358 i modułu mierzącego prąd, niewątpliwie masą i punktem odniesienia dla wzmacniacza nieodwracającego jest szyna X, bo tam dołączony jest rezystor R4. Wzmacniacz LM358 ma wzmacniać spadek napięcia na rezystorze pomiarowym R_s , oczywiście względem masy, czyli punktu X. A jeżeli tak, to w wersji z rysunku B **na wejście wzmacniacza nieodwracającego podawane jest napięcie ujemne względem masy i to jest kolejny poważny błąd.**

Dwóch uczestników dopatrzyło się tu raczej obecności dodatniego sprzężenia zwrotnego. Znaczna część Kolegów zaproponowała, żeby ten błąd poprawić przez zastosowanie wzmacniacza odwracającego według **rysunku E**.



Rys. C



Rys. D



Owszem, można byłoby tak zrobić, ale przy tak przyjętym sposobie zasilania nie jest to optymalne rozwiązanie. Wzmacniacz nieodwracający rozwiązuje tylko problem prawidłowej pracy wzmacniacza operacyjnego, ale nie likwiduje innego problemu, też istotnego. Otóż najprościej biorąc, w wersji z rysunku E amperomierz będzie mierzył także pobierany przez siebie prąd.

Problem ten, i kilka innych, pokrewnych, można rozwiązać, zasilając moduły (i ewentualnie także wzmacniacz operacyjny) z oddzielnego, izolowanego galwanicznie zasilacza.

Na rysunku B pokazane są wyświetlacze z czterema cyframi. Gdyby rozdzielczość pomiaru prądu (wskazanie ostatniej, najmłodszej cyfry) wynosiła 10mA, to na czterocyfrowym wyświetlaczu można byłoby przedstawić prądy do 99,99A. To oczywiście jest nierealne, choćby z uwagi na dużą wartość rezystora pomiarowego R_s . W praktyce jest absolutnie satysfakcjonujące, gdy rozdzielczość pomiaru prądu wynosi 1mA. Wtedy na jednym zakresie można mierzyć prądy do 9,999A. Lepszej rozdzielczości nie potrzeba.

Ewentualnie w grę wchodziłaby rozdzielczość pomiaru 0,1mA i zakres 0,1...999,9mA, jednak w praktyce byłoby to trudne do uzyskania z uwagi na różne błędy i mały prąd maksymalny. Czyli niemal pewne jest, że czterocyfrowy amperomierz będzie miał rozdzielczość 1mA.

Gdyby moduły były zasilane napięciem występującym w przystawce, problem w tym, że moduły woltomierzy z czterema wyświetlaczami LED pobierają od kilkunastu do kilkudziesięciu miliamperów. Co też istotne, pobór prądu zależy od liczby zaświeconych segmentów, więc będzie się zmieniał, zależnie od prądu obciążenia. Przy małych prądach obciążenia wprowadzi to bardzo duży błąd procentowy. Błędu tego można uniknąć, gdy w takiej przystawce pozostawimy wzmacniacz nieodwracający, ale podłączony według rysunku F.

Zarówno w wersji z rysunku E, jak i F gotowy woltomierz napięcia stałego ma pokazywać wartość prądu. A jaki zakres napięć wejściowych ma mieć taki woltomierz?

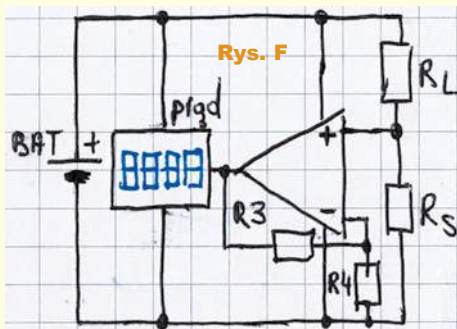
Zdecydowanie najbardziej popularne są woltomierze o zakresie 100V (0,00...99,99V), a bardzo trudno kupić moduł czterocyfrowy o innym zakresie pomiarowym. Zastosowanie 4-cyfrowego modułu 100-woltowego pozwoli

mierzyć z rozdzielczością 10mV, co jest całkowicie wystarczające, gdy mierzymy napięcie zasilające. Czyli w projektowanej przystawce miernik **napięcia** może, a wręcz musi być 100-woltowy.

Ale czy nie ma tu żadnego problemu? Jest, ponieważ i w wersji z rysunku E, i z rysunku F, jeżeli woltomierz ma pokazać dokładną wartość napięcia na obciążeniu, to jego prąd zasilający będzie mierzony przez amperomierz.

Znowu wracamy do problemów z pomiarem prądu. Jeżeli ujemny biegun zasilania modułu woltomierza dołączymy do punktu Y według **rysunku G**, to będzie on mierzył sumę napięcia na obciążeniu i napięcia na rezystorze pomiarowym R_s . Jeżeli napięcie chcemy mierzyć dokładnie, z rozdzielczością 10mV, to spadek napięcia na R_s musiałby być bardzo mały, najlepiej mniejszy niż te 10mV. A na rysunku B podana jest wartość rezystora R_s : 0,22Ω. Przy prądzie 1A wystąpi na nim spadek napięcia 220mV. W praktyce zapewne źródłem zasilania BAT będzie jakiś stabilizator albo akumulator o stabilnym napięciu. Wzrost prądu obciążenia będzie powodował zmniejszanie napięcia na obciążeniu R_L , ale woltomierz tego nie odnotuje, bo przecież mierzył będzie napięcie z zasilacza występujące na wejściu, a nie na wyjściu przystawki.

To nie koniec problemów z prądem. Jeżeli chcielibyśmy mierzyć prąd z rozdzielczością 1mA w zakresie od 0,001A do 9,999A, to potrzebny do tego woltomierz powinien mieć zakres właśnie 10V. Wtedy przecinek – punkt dziesiętny będzie wyświetlony we właściwym miejscu. Oczywiście wzmacniacz operacyjny powinien być wtedy zasilany napięciem co najmniej 12V, żeby dał na swym wyjściu napięcie do 9,9999V.



Jednak trudno dziś znaleźć czterocyfrowy woltomierz o zakresie 0...9,999V. A zastosowanie w obwodzie pomiaru prądu woltomierza o innym zakresie, na przykład 1V (0,9999V) albo 200mV (199,9mV), będzie się wiązać z zaświeceniem niewłaściwego punktu dziesiętnego. Jeszcze gorzej, gdyby oba moduły woltomierzy w przystawce miały mieć zakres 0...99,99V. Jeden problem to błędnie zaświecony punkt dziesiętny. Problem jeszcze gorszy to fakt, że dla uzyskania rozdzielczości pomiaru prądu 1mA, przy prądzie powiedzmy 4A, na wyjściu wzmacniacza operacyjnego napięcie musiałoby wynosić aż 40V, co jest niemożliwe.

Jak widać zastosowanie modułu o zakresie 99,99V do pomiaru prądu nie jest dobrym rozwiązaniem. Nie rozważamy tu możliwości większej ingerencji w fabryczne moduły, jedynie korektę istniejącego tam potencjometru. Głębsza ingerencja, polegająca na zmianie dzielnika wejściowego w modu-

le woltomierza, byłaby akceptowalna, daje dodatkowe możliwości i pozwala rozwiązać pewne problemy, ale wymaga większej wiedzy i doświadczenia, choćby z zakresu demontażu i montażu małych elementów SMD. Pozostanie też problem zaświecenia właściwego przecinka – punktu dziesiętnego.

Wracając do rysunku B, następnym problemem jest współczynnik przetwarzania prądu płynącego przez R_s na napięcie. 1 amper prądu płynącego przez obciążenie i rezystor R_s powinien dać na wyjściu wzmacniacza operacyjnego „okrągłą” wartość napięcia: albo 1V, albo 0,1V, albo 10V, którą zmierzy fabrycznie skalibrowany standardowy moduł.

Tymczasem jeżeli przez rezystor $R_s = 0,22\Omega$ popłynie prąd o wartości 1A, to wywoła na nim spadek napięcia 0,22V. Wzmacniacz nieodwracający z rezystorami 1kΩ i 22kΩ ma wzmacnienie równe 23×, czyli przy prądzie 1A da na swym wyjściu napięcie 5,06V. I to jest **kolejny błąd: współczynnik przetwarzania wynosi 5,05V/A**. W wersji z rysunku F jest podobnie.

Wcześniej przypuszczaliśmy, że prąd będzie mierzony z rozdzielczością 1mA, co przy 4-cyfrowym wyświetlaczu dałoby zakres pomiarowy do 10A. Prąd 10A,

płynąc przez rezystor 0,22-omowy, wywoła na nim spadek napięcia 2,2V i wydzielenie ogromnej, absolutnie nieakceptowalnej mocy strat... 22W!

Rezystor R_s musiałby być potężny i niepotrzebnie występowałyby w nim tak wielkie straty. Gdyby rezystor rzeczywiście miał mieć wartość 0,22Ω, to rozsądna wartość maksymalnego prądu (i spadku napięcia) jest rzędu 0,5...1 ampera. Ale czy wtedy potrzebny jest wyświetlacz 4-cyfrowy?

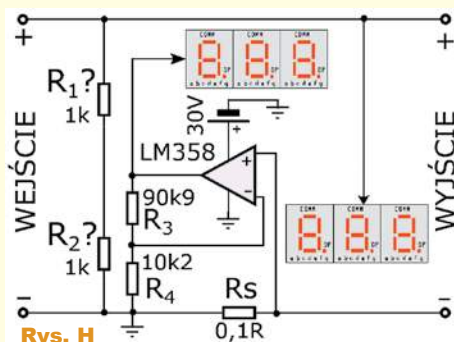
Na pewno z dwóch omówionych już powodów wartość R_s należałoby zdecydowanie zmniejszyć. A wzmocnienie wzmacniacza operacyjnego dobrać tak, żeby uzyskać „okrągłą” wartość współczynnika przetwarzania prądu na napięcie. Zapewne z uwagi na tolerancje rezystorów trzeba też będzie przewidzieć możliwość korekcji. Czyli potrzebny będzie jakiś potencjometr montażowy, chyba że moduł woltomierza zawiera takowy potencjometr, który pozwoli uzyskać na wyświetlaczu prawidłowe wskazanie.

Jeżeli chodzi o nadesłane rozwiązania, to wszystkie były prawidłowe, bo we wszystkich trafnie wskazaliście co najmniej jeden błąd na schemacie. W sumie uczestnicy zadania wykryli i zasygnalizowali wszystkie omówione właśnie problemy. **Rysunek H** pokazuje jedno z nadesłanych rozwiązań.

Jak wspominałem, dla wielu elektroników budowa tego rodzaju przystawki pomiarowej, zarówno prądu stałego, jak i prądu zmiennego, wydaje się bardzo łatwa. W dwóch zadaniach *NieGra293* i *NieGra298* omówiliśmy niektóre kwestie i problemy, jakie trzeba uwzględnić i rozwiązać. Nie wyczerpaliśmy wszystkich szczegółów. A ponieważ dla wielu takie przystawki pomiarowe są bardzo atrakcyjne, do tematu będziemy wracać.

Jeden z uczestników nawiązał do zadania 293 i napisał: (...) *Nie będę ukrywać, wszystkie obliczenia wykonałem z wykorzystaniem programu maxima, a symulację przy wykorzystaniu programu ngspice. Nie do końca zgadzam się ze stwierdzeniem, że maxima nie jest rozwijana: używa się jej na wielu polskich i zagranicznych uczelniach jako dobry zamiennik drogich i komercyjnych programów, posiada nawet stosowne atesty wydane na potrzeby badań naukowych i obliczeń inżynierskich. Ja dzięki właśnie tego typu programom obroniłem pracę magisterską prawie 20 lat wstecz, a jeszcze wcześniej zdobyłem uprawnienia inżyniera i uzyskałem pełne uprawnienia zawodowe, bo nie korzystałem z pirackiego oprogramowania. A co do wiarygodności i rzetelności obliczeń, żaden z moich promotorów nie był w stanie się doczepić, bo źródła Wolnego Oprogramowania są dostępne dla każdego bez żadnych ograniczeń (choć kręcili nosami, że to dla hackerów i nie za bardzo kompatybilne z ich oprogramowaniem) w przeciwieństwie np. do Mathematica. Jedynej rzeczy, której nie posiada maxima, to logarytmy dziesiętne, ale i tu jest obejście.*

Jeszcze jedna uwaga, kilka lat temu, ze względu na zbyt wysokie ceny licencji komercyjnych giganta z Redmond, CERN przeszedł na Wolne Oprogramowanie jako nie gorsze od zamkniętego, CERN jest mi szczególnie



Rys. H

bliski, ponieważ jako student przygotowywałem fragment projektu dla Wielkiego Zderzacza Hadronów...

Trzech uczestników zamiast oddzielnych modułów dwóch woltomierzy zaproponowało wykorzystanie gotowych podwójnych mierników napięcia i prądu. To słuszną sugestią, ale tylko wtedy, jeżeli są to moduły rzeczywiście wysokiej jakości.

Zadanie *NieGra298* ukazało się w numerze grudniowym, a dopiero dwa

miesiące później, w numerze 2–3/2021 ukazała się pierwsza część artykułu o modułowych miernikach prądu stałego. W numerze majowym był odcinek trzeci, gdzie omówione zostały niedostatki wielu modułów dwufunkcyjnych i amperomierzy. Większość modułów dwufunkcyjnych i najprostszych amperomierzy wykazuje duże błędy przy najmniejszych prądach.

Nagrody-upominki za zadanie *NieGra298* otrzymują:

Jacek Jankowski – Pogorzal,

Paweł Sobótka – Szydłowiec,

Michał Ryś – Gdańsk.

Wszystkich uczestników dopisuję do listy kandydatów na bezpłatne prenumeraty.

Piotr Górecki

R E K L A M A

KEY

PRODUCENT AUTOMATYKI GRZEWOCZEJ

11-200 Bartoszyce ul. Bohaterów Warszawy 67
tel. (89)7635050 fax (89)7635051

pwkey@onet.pl

TANIE REGULATORY

DO KOTŁÓW WĘGLOWYCH I NA DREWNO

z wbudowanym termostatem pokojowym
zapewniającym komfort i oszczędność



REGULATORY DO KOTŁÓW Z PODAJNIKIEM

REGULATORY POGODOWE

- Prosta obsługa, bogate możliwości programowania
- Możliwość dopasowania do każdego kotła i rodzaju paliwa
- Wysoka jakość
- Gwarancja 24 miesiące

www.pwkey.pl

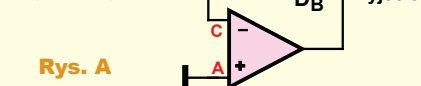
Policz – zadanie 303

Zainteresował nas prosty sposób logarytmowania sygnału analogowego, pokazany na **rysunku A**, który przedstawiony był w 5. odcinku cyklu o wzmacniaczach operacyjnych. Interesuje nas, o ile zmieni się napięcie na wyjściu przy 100-krotnym wzroście prądu wejściowego. W ramach zadania **Policz303** należy:

- określić, jaka jest czułość przetwarzania takiego przetwornika.

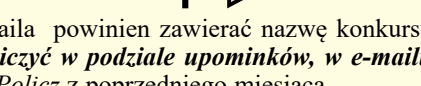
Zapraszam do udziału zarówno elektroników doświadczonych, jak i początkujących, którzy jeszcze nie potrafią przeanalizować wszystkich subtelności układu. Z uwagi na specyfikę zadania proszę o podawanie swojego wieku oraz miejsca nauki czy pracy.

logarytmiczny konwerter prąd-napięcie



Rys. A

układ logarytmujący



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 (**Policz303_Nazwisko**). *Jeżeli chcesz uczestniczyć w podziale upominków, w e-mailu podaj od razu swój adres pocztowy.* Możesz też jeszcze przysłać rozwiązanie zadania **Policz** z poprzedniego miesiąca.

Policz – rozwiązanie zadania 298

W EdW 12/2020 przedstawione było zadanie **Policz298**, które brzmiało: *Coraz częściej widzimy różne konstrukcje z wykorzystaniem Arduino, płytek stykowych i przewodów połączeniowych ze szpilek i gniazdami, pokazanych na **fotografii B**. Od dawna intryguje nas, jaką takie połączenia mają obciążalność.*

W ramach zadania **Policz298** należy: – poszukać w Internecie stosownych informacji o takich przewodach, nazywanych „dupont” i oszacować ich obciążalność prądową.

Obecnie na rynku dominują tanie i popularne złączki stykowe męskie i żeńskie nazywane „dupont”, montowane na przewodach o długości 10cm, 20cm i 30cm. Przykład trzech wersji 10-centymetrowych na **fotografii C**. Natomiast **fotografia D** pokazuje same styki żeńskie i męskie, które

Fot. C



Rys. B

można samodzielnie zacisnąć na przewodach. Złącza żeńskie współpracują z popularnymi „goldpinami” – stykami kołkowymi, a „duponty męskie” – z „gniazdami goldpinowymi”.

Zadanie jest z życia wzięte, interesujące i... bardzo, bardzo trudne.

Po pierwsze niełatwo znaleźć w Internecie jakiegokolwiek informacji o takich złączkach, a tym bardziej informacje wiarygodne na temat obciążalności tego rodzaju elementów.

W zadaniu była mowa o „przewodach”, ale w sumie najważniejsze są parametry nie samych przewodów, tylko styków zamontowanych na obu końcach.

Po drugie, nasuwa się kluczowe pytanie, czy najtańsze chińskie wersje też mają takie same parametry, jak podobne z wyglądu, opisane w katalogach wyrobów uznanych producentów?

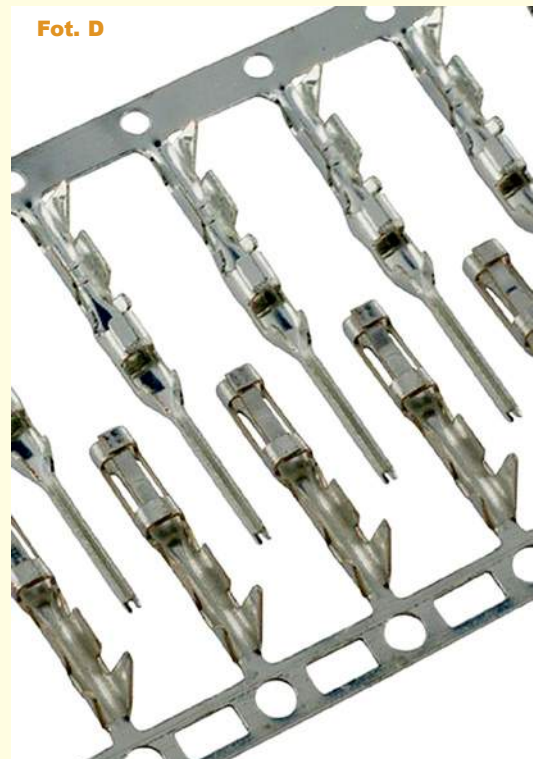
Po trzecie, na ile z upływem czasu oraz z liczbą rozłączeń/

łączeń pogarsza się jakość styku i obciążalność prądowa?

Poszukiwania w Internecie zwykle prowadzą do katalogów, gdzie podana jest maksymalna obciążalność prądowa styku 3A oraz maksymalna rezystancja styku 15 miliomów.

Niestety, katalogowe informacje nie dotyczą najtańszych chińskich wyrobów. Dotyczą styków od markowych producentów amerykańskich

Fot. D



i europejskich, których parametry techniczne są dużo lepsze.

Zła wiadomość jest taka: **nie ma żadnych wiarogodnych informacji o parametrach technicznych chińskich przewodów i złączy zwanych „dupontami”**.

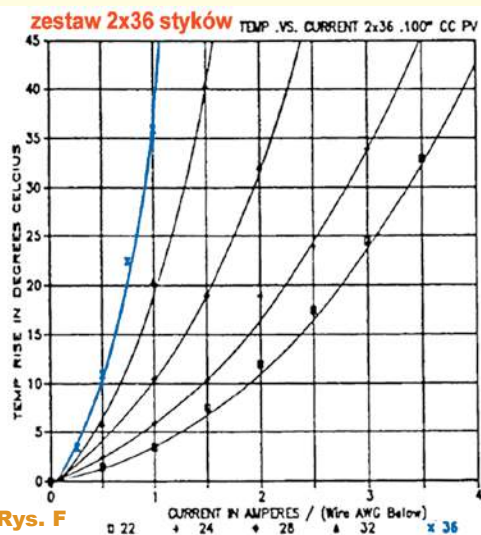
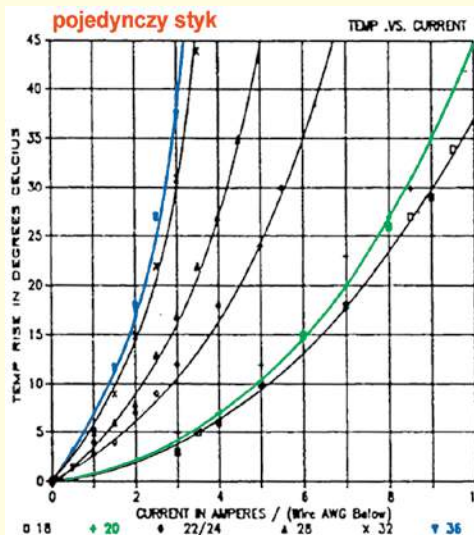
A praktyka dowodzi, że **właściwości taniej „chińszczyzny” są dużo gorsze niż podobnych z wyglądu wyrobów markowych producentów**. Dotyczy to kilku aspektów.

Aby uzyskać szerszy obraz, należy zbadać historię. Przede wszystkim określenie **złączka dupont** jest nieprecyzyjne i dotyczy różnych styków.

Otóż według bardzo interesującej strony: <http://www.mattmillman.com>, zaczęło się od Quentina Berga, założyciela firmy Berg Electronics, która w latach 60., a może nawet 50. ubiegłego wieku zaczęła produkować złącza stykowe nazwane Mini PV. Z czasem firma Berg została wykupiona przez koncern DuPont i dlatego złącza takie nazywa się dziś „dupontami”. Z czasem koncern DuPont, działający głównie w zakresie chemii, a nie elektroniki, przywrócił markę Berg, a potem najwidoczniej pozbył się tego asortymentu. Dziś ofertę oryginalnych złączy Mini PV można znaleźć na stronach znanego producenta Amphenol. Dobre zamienniki można też znaleźć u brytyjskiego producenta Harwin, oznaczone M20.

Nawigacja i wyszukiwanie na stronie internetowej Amphenolu <https://www.amphenol-icc.com/> do najłatwiejszych nie należy. Między innymi dlatego, że oferta złączy Mini PV jest zaskakująco szeroka.

Przede wszystkim trzeba odnotować, że chodzi o wysokiej jakości złącza do celów profesjonalnych, które wykonywane są starannie z najlepszych materiałów. **Rysunek E** pochodzi z materiałów Amphenol (<https://bit.ly/3smCONJ>) i pokazuje budowę wersji profesjonalnej złącz Mini PV,



Rys. F

które przeznaczone są do współpracy z przewodami, począwszy od grubych 18 AWG, skończywszy na cieniutkich 36 AWG. Złącze żeńskie wykonane jest z dwóch różnych materiałów, mianowicie główna część z brązu, najprawdopodobniej brązu fosforowego lub innego twardego, natomiast sprężynka dociskająca zrobiona jest z brązu berylowego (*beryllium copper*). Dzięki takiej budowie docisk jest duży (450g...1100g) i co bardzo ważne niezmienny, co zapewnia małą rezystancję styku oraz wyjątkowo dużą trwałość. Dlatego producent podaje trwałość aż 1000 cykli złącz/rozłącz dla wersji ze stykiem złożonym oraz 100 cykli dla wersji ze stykiem pokrytym czystą cyną (na podłożu niklu). A rezystancja styku takich najlepszych wersji ma być mniejsza od 2 miliomów.

Jeżeli chodzi o maksymalny prąd, nominalna katalogowa wartość to 3 ampery. Jednak nie jest to jednoznacznie ustalona wartość. Maksymalny prąd wyznaczony jest głównie przez wzrost temperatury złącza. Wśród materiałów dostępnych za pośrednictwem strony: www.amphenol-icc.com/mini-pv-47750000lf.html.

można znaleźć specyfikację w pliku PDF, zawierającą między innymi **rysunek F**. Przedstawia on wyniki pomiarów. Na osi poziomej mamy prąd płynący przez styk, a na osi pionowej wynikający stąd wzrost temperatury styku. Wykres z lewej strony dotyczy pojedynczego styku. Poszczególne krzywe dotyczą współpracy z przewodami o róż-

nych przekrojach. Niebieskim kolorem wyróżnione są pomiary z najcieńszym przewodem 36 AWG, który ma średnicę około 0,15mm i przekrój tylko 0,013mm². Jak widać, przy pojedynczym styku nawet tak bardzo cieniutki przewód może przewodzić prąd 2,5 ampera, a temperatura styku wzrośnie wtedy o 40 stopni, czyli w stopniu dopuszczalnym.

Zielonym kolorem wyróżniona jest krzywa dotycząca przewodu 20 AWG, który ma średnicę około 0,8mm i przekrój około 0,52...0,6mm². Jak widać, wzrost temperatury styku o 40 stopni następuje dopiero przy prądzie około 9,5A!

W przypadku złączy wielostykowych, przy obciążeniu wszystkich styków, dopuszczalne prądy są znacząco mniejsze, ale i tak są duże.

Niewiele gorsze parametry mają podobne z wyglądu i przeznaczenia złącza Amphenol DUBOX, pokazane na **fotografii G**. Tu nie ma dodatkowej sprężynki z innego materiału, całość wykonana jest brązu fosforowego, a styk jest niklowany (1,27um) i złożony (0,76um). Trwałość to 200 cykli pracy. Maksymalna rezystancja styku to 15 miliomów, a maksymalny katalogowy prąd to 3A.

Rys. E



Fot. G





Warto zwrócić uwagę, że styki z fotografii G, E, D nie są identyczne, a wszystkie nazywane są „dupontami”.

Dla wszystkich w katalogach podany jest prąd maksymalny 3A, ale rysunek F pokazał, że jest to jedynie jakaś umowna wartość, a w sumie maksymalny prąd wyznaczy temperatura grzejącego się styku.

Rzeczywisty problem wcale nie leży w maksymalnych dopuszczalnych wartościach prądu. Na trop problemu powinna nas naprowadzić informacja o małej liczbie gwarantowanych cykli złącz/rozłącz. Tylko dla najlepszych wersji Mini PV z dodatkową sprężynką z brązu berylowego i złoconymi stykami wynosi 1000, a dla wersji z taką sprężynką, ale bez złączenia – tylko 100 cykli.

Fotografia H pokazuje jeszcze inne „duponty”, a mianowicie żeńskie styki Harwin M20, które dostępne są w wersji ze stykami złoconymi oraz cynowanymi. Jak widać, konstrukcja mechaniczna jest odmienna od wcześniej omawianych. Na **rysunku J** pokazane są fragmenty kasy katalogowej tego w sumie znanego, porządnego brytyjskiego producenta. Także i tu podany jest prąd maksymalny 3A, ale maksymalna gwarantowana rezystancja styków jest większa: nie wynosi 2mΩ, nie 15mΩ, tylko może sięgnąć 30mΩ. W oczy rzuca się zaskakująco mała liczba cykli pracy wersji cynowanej, gdzie styk nie jest złoty. Ale i dla styków



Fot. H

złoczonych liczba operacji wynosi tylko 300.

Otóż po pierwsze pokrycie z cyny ma gorsze właściwości niż złote i powierzchnia łatwiej ulega uszkodzeniom.

Ale główna przyczyna jest inna. W tym przypadku podane jest tylko, że materiał styku to *Copper alloy*, czyli stop miedzi – jakiś rodzaj brązu.

Tylko jaki rodzaj brązu?

Na pewno nie jest to kosztowny, niemal egzotyczny brąz berylowy, który ma znakomitą sprężystość i jest wykorzystywany w zastosowaniach wojskowych, lotniczych i kosmicznych. Zapewne także nie z brązu fosforowego (ściślej cynowo-fosforowego). Gdyby to był któryś z takich brązów, producent nie omieszałby się tym pochwalić.

Dziś na rynku dostępnych jest mnóstwo rodzajów i odmian brązów o różnych właściwościach i różnej cenie. Niewątpliwie producent chciał zachować umiarkowaną cenę. Nie zastosował materiału najwyższej jakości, tylko jakiś, powiedzmy, ekonomiczny. W niektórych materiałach na temat tego rodzaju styków znajdziemy informację, że liczba cykli pracy to 10 – słownie: dziesięć!

A najtańsze chińskie „duponty”?

tme.eu/pl/details/fci-47712-002/zlaczka-sygnałowe-raster-2-54mm/fci/47712-002lf/

T M E
Electronic Components

Nazwa produktu

KATALOG AK

Katalog > Złącza > Złącza sygnałowe > Złącza sygnałowe rastrowe > Złącza s

47712-002LF FCI
Styk: żeńskie; złocony; 26AWG+22AWG
Mini-PV; luzem; 2,54mm
Symbol TME: FCI-47712-002

PROGI CENOWE

Ilość [szt]	Cena brutto *	PLN
2+		1.9600 PLN
50+		1.2438 PLN
200+		1.1092 PLN
1000+		0.9692 PLN

Rys. K

Jeżeli sprawdzimy ceny omawianych tu markowych styków znanych firm, to okaże się, że są dziesiątki, a nawet setki razy większe od najpopularniejszych chińskich „dupontów”. **Rysunek K** to zrzut ze strony znanej polskiej firmy TME. Jeden prawdziwy żeński styk Mini PV nawet przy zakupie 1000 sztuk kosztuje prawie złotówkę za sztukę. Za jakość trzeba płacić!

A jak pokazuje **rysunek L**, na Aliexpressie zestaw 120 „dupontów”, zawierających po 120 styków męskich i żeńskich, można wraz z kosztami dostawy kupić za nieco ponad 12 złotych, co nie licząc kabla, daje pięć groszy za jeden styk „dupont”. A co do kabla – już wcześniej wspominałem w EdW, że trafiłem na 10-centymetrowe chińskie „duponty”, z drucikami, które nie dały się polutować, bo nie były wykonane z miedzi, tylko jakiegoś stopu, który ma rezystancję znacznie większą niż miedź. Nie ma wątpliwości, że chiński producent zastosował materiał bardzo tani, a prawdopodobnie najtańszy, a to niewątpliwie odbija się na parametrach. Których najbardziej?

MATERIAL & FINISH.

Moulding Material:

For PC Tail or SMT connectors..High Temperature Thermoplastic,UL94V-0

For Cable connectors.....See individual drawing

Contact Material.....Copper alloy

Contact Finish.....See individual drawing

ELECTRICAL CHARACTERISTICS.

Current Rating (per contact).....3A max

Contact Resistance (initial).....20mΩ max

Contact Resistance (after conditioning).....30mΩ max

Dielectric Withstanding Voltage (Voltage Proof):

M20-PH, M20-785/786/787/789/875.....500V AC for 1 minute

Insulation Resistance:

M20-PH.....500MΩ min

MECHANICAL CHARACTERISTICS.

Durability.....300operations for Gold

50 operations for Tin

SOLDERING DATA.

Solderability (for PC Tail & SMT products).....245°C for 5 seconds

Soldering heat resistance (for PC Tail & SMT products).....260°C for 10 seconds

Rys. J

pl.aliexpress.com/item/4000166671620.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.1

Rys. L

Linia Dupont zestaw 120Pcs 3 * 40pin 10cm/20cm i na żeński żeński do żeńskiego kabel mostkują

★★★★★ 4.8 ~ 85 Recenzje 279 zamówi

11,72 zł +3,01zł -10%

Natychmiastowe rabaty: 3,91 zł zniżki na 136,72 zł v

1% zniżki, użyj M3VWFZIND63N 3,91 zł zniżki na

Color: 10CM 120Pcs Kit

10CM 120Pcs Kit 20CM 120Pcs Kit

Ilość: 1 + Dostępna ilość: 9883 Opakowania

Wysyłka: 1,02 zł v

Kup teraz Dodaj do kos



Jedną kluczową sprawą to siła docisku. Materiał styku powinien być dość twardy i sprężysty, żeby mówiąc najprościej, po kilku cyklach pracy złącze nie stało się luźne i by nie zwiększyła się jego rezystancja. Tylko odpowiedni docisk pozwala uzyskać małą i co ważne stabilną wartość rezystancji styku. Kiepsko wykonane styki z przypadkowego materiału tego nie gwarantują. Przy pierwszym użyciu rezystancja styku może być mała, ale po kilku cyklach jej wartość wzrośnie i co gorsza, podczas pracy będzie zmieniać się znacznie w przypadkowy sposób.

Ma to duże znaczenie właśnie w eksperymentalnych układach Arduino, Raspberry Pi i pokrewnych, gdzie omawiane właśnie „duponty” są powszechnie wykorzystywane do realizacji połączeń, także tych niewralgicznych. I „duponty” są wykorzystywane wielokrotnie, co oczywiście oznacza ich nieuchronne obluźnianie. Nic dziwnego, że rezystancja tanich „dupontów”, zamiast gwarantowanej dla najlepszych styków 2 miliomów, osiąga wartości nie miliomów, tylko kilku omów! Tak, kilku omów!

Druga sprawa to materiał styku. Tanie styki cynowane (pokryte warstwą czystej cyny) zawsze są tańsze od złoczonych. A złoczone są zdecydowanie lepsze, bo najogólniej biorąc, zapewniają lepszy styk. Złoczone muszą być droższe, więc dla obniżenia kosztów wielu wytwórców stosuje symbolicznie cienką warstewkę złota, byle tylko styk zmienił kolor na żółtawy. Stosowane są też stopy kolorem nieco podobne do złota, które mają imitować złoto. Przykład na **fotografii M**, gdzie pokazane są trzy wersje precyzyjnych podstawek DIP8: bez złoczenia i ze złoceniem o dwóch grubościach (raczej cienkościach).

Trzeba przyznać, że i na Aliexpresie można znaleźć znacznie droższe od najpopularniejszych „duponty” ze stylkami pozłacanymi (**gold plated**), czego przykład mamy na **fotografii N**. Po pierwsze jednak na podstawie fotografii można przypuszczać, że jest to złoczenie symboliczne, gdzie jego warstewka jest znikomo cienka. Nieznane są też właściwości materiału podstawowego – stopu, który może być jakimś brązem. Jeżeli ktoś chce zdobyć więcej sensownych informacji o takich konektorach, polecam stronę:

<http://www.mattmillman.com/info/crimpconnectors/dupont-and-dupont-connectors/>

oraz pokrewne:

<http://www.mattmillman.com/why-do-we-call-these-dupont-connectors/>

<http://www.mattmillman.com/info/crimpconnectors/>

Prawie wszyscy uczestnicy zadania **Policz298** zadali sobie duży trud, żeby w Internecie poszukać potrzebnych danych. Oto fragmenty trzech spośród nadesłanych rozwiązań:

1. (...) Po licznych poszukiwaniach znalazłem stronę <https://bit.ly/3e5MeYI> zawierającą **Jumper Wire**. Mamy tam różne przewody połączeniowe (jest tego kilka podstron), również i takie jak w temacie zadania. Jak widać, ma to formę tabeli.

Nas najbardziej może interesować kolumna 2 (zawiera pliki pdf) oraz ostatnia (**Wire Gauge** – średnica przewodu). W kolumnie tej średnica przewodu podana jest w systemie AWG.

(...) Analizując najpierw tabelę z przewodami z pierwszego linku,

zauważamy, że przewody nas interesujące mają najczęściej 24AWG, 26AWG, 28AWG. Są również takie z 30AWG i 20AWG. Na zdjęciu naszego zadania mamy przewody typu Male to Female. Z analizy tabeli wynika, że tego typu przewody mają 24AWG lub 28AWG. Czyli są o różnych średnicach, a tym samym o różnej obciążalności prądowej. (...) mamy: 24AWG to 0,58A, 28AWG to 0,23A. Ale przewody o 20AWG mają obciążalność 1,5A. Z tego widać, że ta obciążalność jest różna, najczęściej 0,23A – 0,58A. Praktycznie nie jest ona podawana w ofertach sprzedaży i nie można założyć, że jest jednakowa dla wszystkich tego typu przewodów (...)

2. (...) Wg kilku źródeł internetowych maksymalny prąd, jakim można obciążyć konektory Dupont (z niewyczuwalnym wzrostem temperatury konektorów) wynosi 3A (...)

3. (...) Dla kabelków 26AWG rezystancja 1m przewodu wynosi 0,133 oma, co przy typowej długości kabelka 15cm wywoła spadek napięcia 0,06V dla prądu 3A. Do tego należy dodać rezystancję styku złącza. Producent deklaruje 20 miliomów (scondar.com) co przy dwóch końcówkach wywoła spadek napięcia 0,12V dla 3A. **Niestety z mojej praktyki wynika, że złącza typu Dupont zapewniają bardzo słaby styk (zwłaszcza końcówki żeńskie) i wysoką rezystancję styku, powodując znaczne spadki napięcia nawet 0,5V/A na jednym kabelku. I te spadki napięcia są praktycznym ograniczeniem obciążalności prądowej takich kabelków (...)**

A oto kilka linków o różnej przydatności, zawartych w nadesłanych rozwiązaniach:

<https://www.youtube.com/watch?v=Tin42HBdE-Y>

<https://www.scondar.com/wire-to-wire/dupont-2-54mm-pitch-connectors/>

<https://electronics.stackexchange.com/questions/157026/dupont-connector-for-5a>

https://www.molex.com/webdocs/datasheets/pdf/en-us/0901200121_PCB_HEADERS.pdf

Nagrody-upominki za zadanie **Policz298** otrzymują:

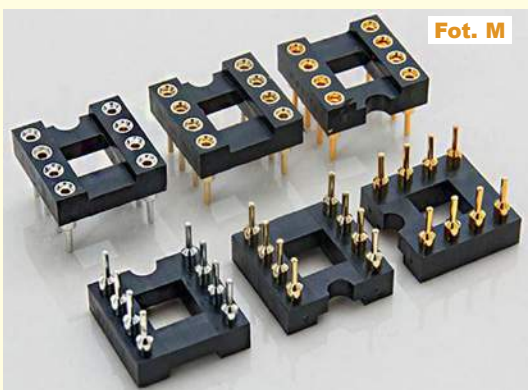
Grzegorz Dobrowolski – Szczecin,

Szymon Wójtowicz – Warszawa oraz

Bogusław Łacki – Nysa.

Wszystkich uczestników dopisuję do listy kandydatów na bezpłatne prenumeraty.

Piotr Górecki



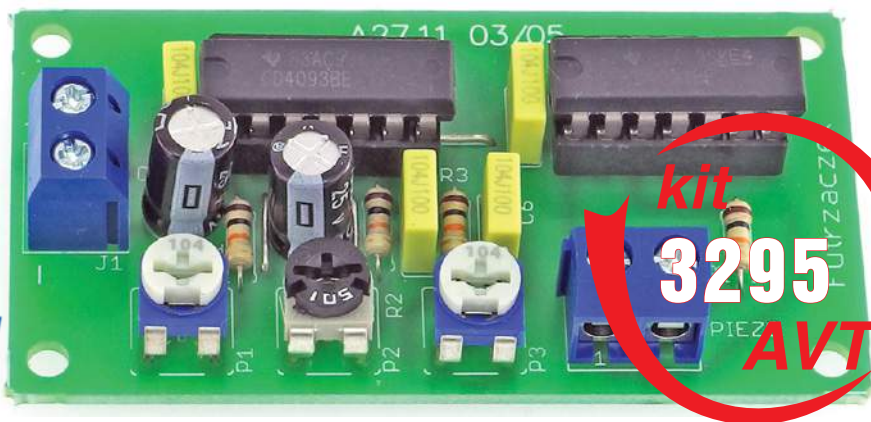
Fot. M

[aliexpress.com/item/33007044375.html?spm=a2g0o.productlist.0.0](https://www.aliexpress.com/item/33007044375.html?spm=a2g0o.productlist.0.0)



Fot. N

Generator losowych dźwięków



Do czego to służy?

Piski, zgrzyty, buczenie, a nawet dźwięki podobne do ćwierkania ptaków – to wszystko może wygenerować ten prosty układ. Dodatkowo te dźwięki same się zmieniają – prawdziwy chaos! Zadaniem tego układu jest sterowanie przetwornikiem piezo wygenerowanym przez siebie sygnałem. Ten sygnał tworzą trzy składowe, których częstotliwości można ustawiać potencjometrami w bardzo szerokim zakresie. Może z tego powstać interesująca zabawka lub intrygujący gadżet reklamowy, imitujący zepsuty sygnalizator akustyczny.

Zasilanie układu napięciem stałym. Jego wartość może wynosić od 3V do 15V. Im wyższe napięcie, tym wyższe są uzyskiwane częstotliwości oraz różnie głośność.

Jak to działa?

Schemat układu można zobaczyć na rysunku 1. Zasilanie dla niego jest doprowadzone do zacisków złącza J1. Kondensator C1 zmniejsza jego tę-

nienia wywołane przełączaniem się bramek logicznych w układach scalonych. C2 i C3 pełnią tę samą funkcję, lecz znajdują się tuż przy obudowach tychże układów, redukując zakłócenia o wyższej częstotliwości.

Do wytwarzania sygnałów składających się na finalny chaos służą trzy jednakowe generatory, oparte na bramce NAND z przerzutnikiem Schmitta. Jej wejścia zostały ze sobą zwarte, więc zachowuje się jak bramka NOT. Wypadkowa rezystancja rezystora i potencjometru, który sprzęga jej wyjście z wejściem, może być ustawiana w szerokim zakresie. Rolą rezystora jest wprowadzenie pewnej rezystancji minimalnej, aby wejście i wyjście bramki nie zostały ze sobą zwarte. Kondensator włączony między wejścia bramki a masę decyduje o szybkości przełączania.

Mamy zatem trzy niesynchronizowane generatory sygnału prostokątnego: bardzo powolny (z bramką US1A), średnio szybki (z bramką US1B) i najszybszy (wykonany na US1C).

Częstotliwość każdego z sygnałów, ustawiona potencjometrem, ulega lekkim fluktuacjom wskutek zmian parametrów elementów, głównie pod wpływem temperatury. To jest źródłem tytułowej losowości.

Sygnały wyjściowe tych generatorów są mnożone w sensie logicznym: bramka US1D wystawia na swoim wyjściu zangewany iloczyn pierwszych dwóch sygnałów. Z kolei US2C mnoży przebieg wychodzący z wyjścia US1D z trzecim, najszybszym sygnałem, również go negując. To, że te iloczyny są zangewywane, nie zmienia nic w kwestii losowości.

Bramka US2A stanowi sterownik przetwornika piezoelektrycznego, ponieważ dwukrotnie zwiększa zmianę napięcia na jego wyprowadzeniach. Przykładowo, kiedy na wyjściu US1D jest stan niski (czyli 0), na wyjściu US2C mamy stan wysoki (oznaczany jako 1). Zmiana stanu na wyjściu US1D na wysoki będzie skutkowałą jego zangewowaniem przez US2C – czyli kiedy potencjał jednej okładki wzrośnie, to drugiej zmaleje i na odwrót.

Rezystor R4 ogranicza prąd płynący przez wyjścia bramek, aby nie uległy uszkodzeniu w momencie przełączania. Można nieco zmniejszyć jego wartość, na przykład do 3,3kΩ, jeżeli układ byłby zbyt cichy.

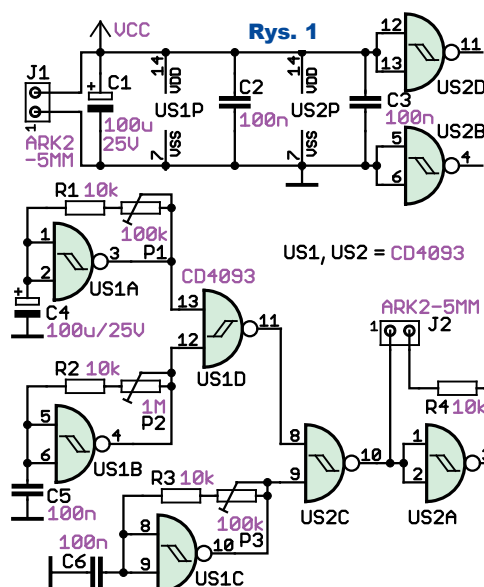
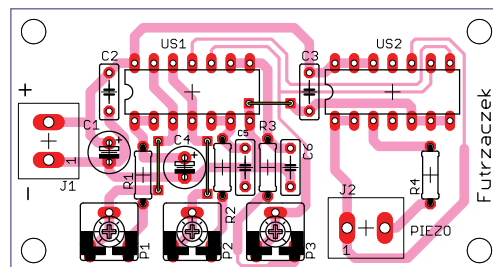
Wejścia nieużywanych bramek US2D i US2B są dołączone do szyn zasilania, co w przypadku układów CMOS jest konieczne.

Układ prototypowy pobierał prąd o natężeniu poniżej 1mA (około 400-700μA) przy zasilaniu napięciem 5V i niecałe 7mA po zwiększeniu napięcia do 15V.

Montaż i uruchomienie

Układ prototypowy został zmontowany na jednostronnej płytce drukowanej o wymiarach 65×35mm. Wzór jej ścieżek i schemat montażowy przedstawia rysunek 2. W odległości 3mm od krawędzi płytki znajdują się otwory montażowe o średnicy 3,2mm każdy.

Rys. 2





Fot. 1

Montaż elementów polecam rozpocząć od wlotowania dwóch zwojek z cienkiego drutu, które znajdują się po obu stronach kondensatora C4. Następne podzespoły proponuję lutować klasycznie, czyli według

zmontowany układ zaczyna działać od razu po włączeniu zasilania oraz podłączeniu przetwornika piezo (bez wbudowanego generatora) do zacisków J2. Różne ustawienia potencjometrów potrafią dać zupełnie inny

rosnącej wysokości obudów. Pod układy scalone US1 i US2 warto zastosować podstawki. Zmontowany układ można zobaczyć na fotografii tytułowej oraz na fotografii 1.

Prawidłowo

Wykaz elementów

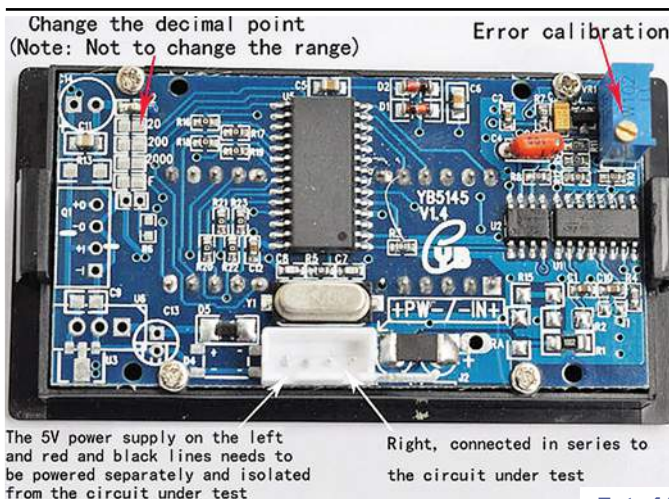
R1...R4	10kΩ
P1, P3	100kΩ montażowe leżące
P2	1MΩ montażowy leżący
C1, C4	100μF/25V THT raster 2,54mm
C2, C3, C5, C6	100nF raster 5mm
US1, US2	CD4093 DIP14
J1, J2	ARK2 5mm
Dwie podstawki DIP14	
Przetwornik piezoelektryczny bez generatora (tzw. blaszka piezo)	

Komplet podzespołów z płytą jest dostępny w Sklepie AVT jako zestaw AVT3295

efekt dźwiękowy, tak samo jak zmiana napięcia zasilania – zachęcam do eksperymentów!

Michał Kurzela

michal.kurzela@ep.com.pl



Panorama audio

Czy przetwarzanie cyfrowe jest lepsze, czy gorsze od analogowego? Czy MP3 to skrót od MPEG-3? Jaki związek ma „empetrójka 192k” z przetwarzaniem 192kHz 32bit? Czy warto przekonwertować posiadany zbiór ulubionych empetrójek na FLAC? Czym tak naprawdę różni się PCM od PDM? O co chodzi, jakie są zalety i wady przetwarzania „sigma-delta”? Co to jest kodek? Czy to układ scalony, czy jakiś program, aplikacja? Czym się różni I2C od I2S? Czy I2S i SPDIF można wykorzystać zamiennie? Czy istnieją cyfrowe wzmacniacze mocy? Jak połączyć urządzenia z interfejsem I2S przez HDMI albo USB? Na ile DAC 32-bitowy jest lepszy od 24-bitowego? Jak przesyła się sygnał audio przez Internet? Co to jest kontener? Co to jest Ogg, a co Vorbis? Czy to to samo? Co to jest SBC, aptX, AAC, LDAC, LHDC, LLAC? Jakie są rodzaje kompresji sygnałów analogowych i cyfrowych? Czy cyfrowe kodowanie i kompresja to to samo?

Czy potrafisz rozszyfrować i wyjaśnić sens skrótów: AAC, AAD, ADD, AES/EBU, AIFF, aliasing, ANC, ANRS, ARC, ASIO, ATRAC, AES, BTL, DAB, DAD, DAT, dbx, DCC, DDD, DDFA, DLNA, DNL, Dolby A, Dolby B, Dolby C, Dolby HX, Dolby Pro-Logic Surround, DoP (DSD over PCM), DSD, DSP, DTS, DVD-5, DVD-9, DVD-10, DVD-18, DXD, FLAC, HDCD, High Com, I2C, I2S IGZO, Jitter, klasy wzmacniaczy A...T, komponder, kontener, krzywe korekcyjne A, B, C, kwantyzacja, LDAC, LEDE, LFE, LHDC-LLAC, LP, LTPS, MHL, MLP, MLS, MMCX, Monkey's Audio, MQA, MP3HD, MQA, MPX, Musepack, nadpróbkowanie, OCC, Ogg Vorbis, mikrofon AB, ORTE, XY, PASC, PCM, PMPO, próbkowanie, QSound, RIAA, SACD, SBC, SBM, SCMS, SDIF, SPDIF, SQ, szum biały, różowy, czerwony, brązowy, czarny, THD, parametry Thiele-Small'a, THX, Toslink, USB OTG, VTA, WAVE, wkładka MC, MM, WMA, WMA Lossless, XLR, XRC?

W EdW dawniej mieliśmy dział MEU – **Magazyn Elektroniki Użytkowej**, gdzie omawiane były między innymi różne zagadnienia związane z techniką audio. W ostatnich latach cyfryzacja elektroniki ogromnie, a wręcz niewyobrażalnie, zmieniła też technikę audio. Powstało i upowszechniło się nieprzeliczone mnóstwo nowych rozwiązań technicznych.

Przed wszystkim bardzo zaawansowanych rozwiązań technicznych, często oznaczanych jedynie skrótami. Większość z nas zgubiła się w nawale tych nowych skrótów oraz określeń. Rozwinięcie skrótów niewiele lub zupełnie nic nie wyjaśnia. Nawet szersze opisy nowych rozwiązań przynoszą umiarkowany pożytek, bo albo są pełne ogólników i treści reklamowych, albo, znacznie rzadziej, zawierają opisy skomplikowanych szczegółów technicznych. W rezultacie wiele osób interesujących się techniką audio ma wątpliwości choćby dotyczące kwestii, zasygnalizowanych na wstępie. I zapewne niewielu Czytelników potrafiłoby rozszyfrować wszystkie bez wyjątku skróty, przedstawione w ramce na początku artykułu.

Niedobór sensownych, łatwo przyswajalnych informacji technicznych to jedno, ale większym problemem jest nawał informacji. Ta lawina nowych informacji przytłoczyła wielu z nas. A kiedyś było inaczej.

Stare, dobre czasy?

Dawniej technika audio była analogowa i zdecydowanie łatwiej było ogarnąć i zrozumieć całość zagadnienia. Nieporównanie trudniej ogarnąć całość cyfrowej techniki audio. Z jednej strony postęp techniczny oferuje jeszcze lepszą wierność rejestracji i transmisji sygnałów audio. Tak, ale paradoksalnie główny nurt rozwoju techniki audio wcale nie polega na polepszaniu jakości! Jego symbolem jest niestety MP3, czyli format, w którym dla zmniejszenia objętości jakaś część oryginalnej treści nagrania jest nieodwracalnie usuwana. Ten główny nurt rozwoju związany jest dziś z wszechogarniającą mobilnością.

Największy kłopot, to dziś trudność ogarnięcia całości. Nie było łatwo już w epoce analogowej, ponieważ w grę wchodziły nie tylko zagadnienia techniczne, o czym za chwilę. Choćby tylko z uwagi na nawał informacji dotyczących rozmaitych zbyt słabo powiązanych szczegółów bez naszej winy grozi nam to, o czym pisał Julian Tuwim w wierszu **Mieszkańcy**, powszechnie znanym jako „straszne mieszczanie”. Najbardziej znany i przejmujący fragment tego wiersza brzmi:

Patrzą na prawo, patrzą na lewo.

*A patrząc – widzą wszystko oddzielnie
Że dom... że Stasiek... że koń... że drzewo...*

My chcemy widzieć logiczną całość techniki audio. A to łatwe nie jest...

Liczne aspekty zagadnienia

Dla wielu z nas oczywiste wydaje się, że w technice audio najważniejsze są aspekty techniczne. Większość z nas chce wiedzieć *jak to działa?*

I bardzo słusznie!

Jednak nie powinniśmy zapominać o innych aspektach tego nieprawdopodobnie szerokiego zagadnienia. Przypomnijmy, że według definicji **aspekt** to *punkt widzenia, z którego się coś rozpatruje*, a synonimami słowa aspekt są między innymi: *ujęcie, przejaw, widok, wymiar, postać, perspektywa, wzgląd, podłoże, okoliczności, warunki, strona (sprawy)*.

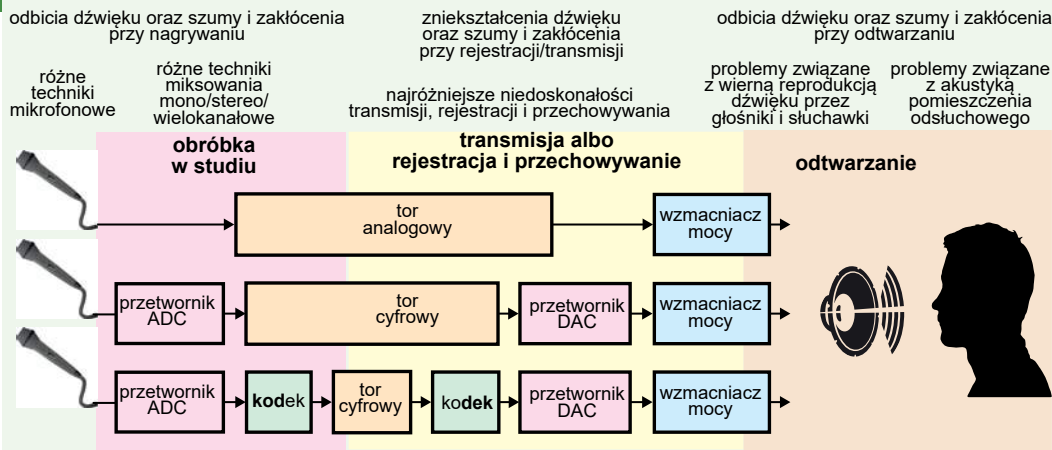
Jeżeli ktoś skoncentruje się wyłącznie na kwestiach technicznych to z dużym prawdopodobieństwem umkną mu inne aspekty, które okazują się niezmiernie ważne, a wręcz znacznie ważniejsze do technikaliów.

Zasygnalizujemy tylko w uproszczeniu, że jeden z takich kluczowych aspektów to pytanie: *o co mi tak naprawdę chodzi i czego oczekuję?*

Czy najważniejszym celem jest osiągnięcie jak najlepszej wierności? Czy może najbardziej zależy mi na jak najsilniejszych efektach przestrzennych? Czy może, zupełnie nie zagłębiając we wszystkie szczegóły, chciałbym po prostu cieszyć się i relaksować, słuchając ulubionych utworów muzycznych?

Co bardzo ważne i nieoczywiste, nigdy nie uda się osiągnąć wszystkiego.

Właściwości zmysłu słuchu. Dźwięk przestrzenny - możliwości i ograniczenia



Zbyt często zapominamy lub za mało wiemy o właściwościach i ograniczeniach ludzkiego zmysłu słuchu.

Jeden przykład to niezapomniany koncert renomowanej dużej orkiestry w filharmonii. Przykład drugi to również niezapomniany ciepły letni wieczór nad mazurskim (a może warmińskim lub pomorskim) jeziorem, gdzie zaprzyjaźniony muzyk zagrał kilka utworów na saksofonie.

Jak to nagrać? I jak odtworzyć?

Czy niezapomniane wrażenia z sali koncertowej i znad przepięknego jeziora da się przenieść do mieszkania w bloku czy domu jednorodzinnym?

Częściowo tak. Ale w żadnym wypadku NIE UDA się tego zrobić wiernie. Czy koncert w filharmonii nagrywać z wykorzystaniem mnóstwa mikrofonów dla poszczególnych instrumentów i ich grup? Czy może z użyciem umieszczonej na widowni tak zwanej sztucznej głowy, zawierającej tylko dwa mikrofony? A może bez sztucznej głowy, tylko z wykorzystaniem dwóch mikrofonów na widowni?

Opracowano różne techniki mikrofonowe, a żadna nie jest doskonała. Także dlatego, że dla człowieka ogromne znaczenie mają nie tylko dźwięki bezpośrednie, ale także dźwięki odbite oraz różne naturalne szumy albo ich brak. Już w filharmonii występują odbicia, a potem zupełnie inne odbicia dają o sobie znać przy odtwarzaniu w pokoju odsłuchowym. Na wieczornym mazurskim koncercie na brzegu jeziora naturalne odbicia będą zupełnie inne, niż w gmachu filharmonii. Prawdopodobnie wystąpią też „szumy i zakłócenia”, być może w formie rechotu lub kumkania żab. Kwestie odbić, szumów i zakłóceń oraz ich tłumienia to kolejne ogromnie ważne, a słabo znane i rozumiane aspekty.

Następny ważny, często pomijany aspekt, to ograniczenia naszego zmysłu

słuchu. Prawie każdy zetknął się z rysunkami charakterystyk psfometrycznych słuchu ludzkiego, najczęściej w postaci krzywych jednakowej głośności Fletchera–Munsona. Jak często uwzględniamy je w praktyce? A czy dobrze rozumiemy, jak należałoby je uwzględnić.

I prostsza sprawa: czy zafascynowani pasmem przenoszenia sprzętu ponad 20kHz i częstotliwościami próbkowania 192kHz, 384kHz i więcej pamiętamy, że z wiekiem tracimy słuch, i to każdy z nas w inny sposób? Czy pamiętamy, że osoby w sile wieku słyszą dźwięki o częstotliwościach do co najwyżej 12kHz...13kHz, i że z wiekiem ta górna granica się obniża?

Kolejna kluczowa sprawa to preferencje i upodobania. To ogromnie ważna, godna szerokiej analizy i dyskusji dziedzina, w której trudno zdefiniować szczegóły. Niech przyczynkiem będzie cytaty z klasycznej mickiewiczowskiej ballady Romantyczność:

A gawieź wierzy głęboko:

Czucie i wiara silniej mówi do mnie,

Niż mędrca szkiełko i oko.

Dla niektórych niezrównaną przyjemnością jest zjedzenie obiadu w renomowanej, luksusowej restauracji. Dla innych – domowe pierożki podczas rodzinnego obiadu wielopokoleniowej rodziny. Jedni preferują kuchnię polską, inni orientálną, a jeszcze inni – dalekowschodnią. Upodobania kulinarne są rozmaite. A Szwedzi to nawet jedzą zgniłe śledzie... I w tym kontekście pytanie: czy jesteśmy w stanie uszanować tych, którzy doświadczają doznań akustyczno-wibracyjnych, nierozdzielnie wiążących się z określeniem *mózgotrzep*?

I wreszcie jakże istotne aspekty komercyjne. Z jednej strony postawa sprzedawców, którzy chcą zarabiać. Z drugiej wiedza lub brak wiedzy oraz przekonania odbiorców, bardziej lub mniej świadomych, wśród których roz-

powszechnione są niezliczone mity i fałszywe wyobrażenia, żeby nie wspomnieć o kwestiach ambicjonalnych, a wręcz snobistycznych...

I jeszcze cytaty z filmu Rejs, gdzie o ile dobrze pamiętam, inżynier Mamoń trafnie ujął znaną prawdę:

Proszę pana, ja jestem umysł ścisły. Mnie się podobają melodie, które już raz słyszałem. Po prostu. No... To... Poprzez... No, reminiscencję.

No jakże może podobać mi się piosenka, którą pierwszy raz słyszę.

Czy oprócz piosenek nie można tego odnieść także do sprzętu audio? Czy dla wielu z nas dobre, swojskie, bliskie, a wręcz ulubione jest to, co od dawna dobrze znamy?

Panorama audio

Zasygnalizowane są tu króciutko tylko niektóre aspekty związane z szeroko pojętą dziedziną audio, co jest w zarysie i mało precyzyjnie zobrazowane na **rysunku powyżej**. Najważniejszego – kwestii techniki analogowej i cyfrowej nawet nie dotknęliśmy. Ale dotknijmy. Spróbujemy naszkicować **Panoramę audio** głównie w aspekcie technicznym. A gdy będziemy mieć dobry szkic, zarys, szkielec, ogólny obraz, wtedy dokładnie według Waszych życzeń, będziemy omawiać poszczególne fragmenty i zagłębiać w szczegóły. Ale nie *wszystko oddzielić*, tylko jako spójne części fascynującej **Panoramy audio**.

Impulsem do stworzenia **Panoramy audio** była propozycja do udziału w cyklu spotkań – konferencji on-line, które organizuje Artur Reich:

<https://audiovideosummit.pl/>

Właśnie na najbliższej konferencji (15 czerwca 2021), w której każdy chętny może bezpłatnie wziąć udział, pojawi się też koncepcja **Panoramy audio**, ale niejako z drugiej strony: nie od ogółu do szczegółu, tylko odwrotnie. Temat przetworników DAC interesuje wielu, ale nie można wyrwać go z kontekstu, tylko trzeba przedstawić właśnie jako bardzo dziś istotny fragment panoramy audio. Natomiast w EdW będziemy omawiać elementy **Panoramy audio** stosownie do Waszych życzeń. Także i Ty możesz napisać (edw@elportal.pl), które szczegóły należałoby opisać w pierwszej kolejności.

Piotr Górecki

Sieci energetyczne dla elektroników

część 1

Niejeden młody elektronik i informatyk skłonny jest lekceważyć elektrotechnikę i elektryków. Domowa instalacja energetyczna, czy to jednofazowa, czy nawet trójfazowa, wydaje się prosta, a wręcz prymitywna w porównaniu z układami elektronicznymi, zarówno analogowymi, jak i cyfrowymi, nie mówiąc już o informatyce. Gniazdko sieci energetycznej to dla elektronika źródło zasilania większości układów. Dołącza on tam swoje urządzenia elektroniczne. Wie, że występuje tam napięcie przemienne 50Hz 230V i nie zastanawia się nad szczegółami. Zaczyna się zastanawiać dopiero wtedy, gdy zdarzy się porażenie lub pożar instalacji albo gdy napotyka jakieś dziwne kłopoty z uziemieniem, działaniem tzw. różnicówki albo gdy przepięcia z sieci uszkodzą dołączony sprzęt.

Co tajemniczego może być w instalacji energetycznej, gdzie mamy tylko przewody, wyłączniki i trzy rodzaje zabezpieczeń: tak zwane wyłączniki nadprądowe, nazywane często bezpiecznikami, wyłączniki różnicowo-prądowe, tzw. różnicówki i niekiedy też zabezpieczenia chroniące przed przepięciami (iskierniki, warystory). W sumie są to elementy o zasadach działania nieporównanie prostszych niż elementy i układy elektroniczne.

Teoretycznie tak. Ale po pierwsze wniknięcie w szczegóły doprowadza do szeregu zaskakująco skomplikowanych zagadnień, których na pierwszy rzut oka zupełnie nie widać. Po drugie, nie stopień skomplikowania jest najważniejszy. **Kluczowe znaczenie mają kwestie bezpieczeństwa.** Przede wszystkim to, **żeby urządzenia dołączane do sieci były bezpieczne dla człowieka, żeby nie powodowały powstania pożarów i żeby użytkownika nie poraził prąd.** Także to, żeby napięcie z gniazdka nie groziło uszkodzeniem dołączonych urządzeń.

Na forach dyskusyjnych można znaleźć mnóstwo gorących i bardzo emocjonalnych dyskusji na temat różnych aspektów bezpieczeństwa sieci 230V i doboru zabezpieczeń. Najostrejsze polemiki mają nierozwalny związek ze szczegółami realizacji domowej sieci energetycznej 230V, najprościej mówiąc ze sposobem połączenia bolców uziemiających w gniazdkach. Ogólnie biorąc, wiadomo, że bolce w gniazdkach tak czy inaczej mają być i są dołączone do ziemi...

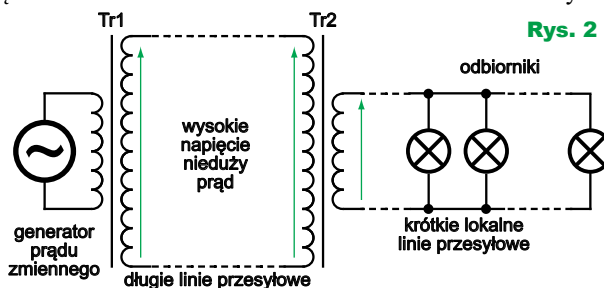
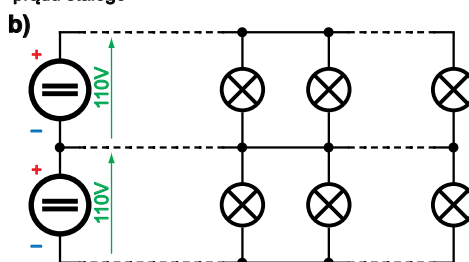
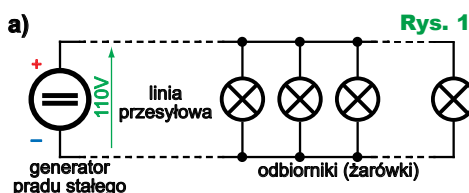
Więc po co ten cały hałas?

Okazuje się, że zagadnienie ma kilka aspektów, nieznanych dla większości elektroników. Przybliżymy je w cyklu artykułów. Trzeba jednak podkreślić, że przedstawiany materiał zupełnie nie obejmuje przepisów oraz szczegółowych wymagań dotyczących poszczególnych grup

i rodzajów sprzętu zasilanego z sieci. Ten cykl na pewno nie jest kompendium dotyczącym projektowania urządzeń, przeznaczonym dla konstruktorów sprzętu sprzętu zasilanego z sieci. W ogólnym zarysie przedstawia szereg aspektów ważnych, a słabo rozumianych przez ogół elektroników. Dlatego zanim przejdziemy do szczegółów technicznych, musimy wspomnieć o historii oraz o normach i kwestiach prawnych.

Odrobina historii

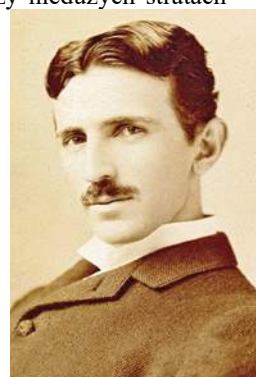
Sieci energetyczne zaczęły trafiać pod strzechy, często dosłownie, od lat 80. XIX wieku, czyli od około 140 lat. Rozwój sieci elektrycznych od początku był intratnym biznesem. Zaczęło się w Stanach Zjednoczonych i na samym początku były to sieci prądu stałego 100...120V.



Lokalna elektrownia wytwarzała napięcie stałe 110V i było ono przesyłane bezpośrednio do odbiorców według podstawowej idei z rysunku 1a. Problemem były duże straty w przewodach i przyjmowano, że u odbiorcy na obciążeniu (najpierw jedynie na żarówkach, potem także silnikach) wystąpi napięcie 100V. Podkreślimy, że elektrownie musiały być wtedy usytuowane w pobliżu odbiorców, bowiem przesyłane prądy miały dużą wartość i powodowały znaczące spadki napięcia na przewodach. Aby nie zwiększać przekroju kosztownych kabli, stosowano też sieć trzyprzewodową niejako dwubiegunową według rysunku 1b, gdzie podwojone „napięcie międzybiegunowe” wynosiło 220V.

Później Nikola Tesla, genialny wynalazca (ale kiepski biznesmen), miał ogromny wpływ na upowszechnienie nieporównanie lepszych sieci prądu zmiennego. Zastosowanie prądu zmiennego i transformatorów pozwalało przesyłać energię na duże odległości przy wysokim napięciu i stosunkowo małym prądzie, a więc przy niedużych stratach w przewodach ($P = I^2R$), a potrzebne finalnie niskie napięcie (i duży prąd) uzyskiwano za pomocą transformatorów blisko odbiorców według idei pokazanej w dużym uproszczeniu na rysunku 2.

Motorem rozwoju była chęć (ogromnych) zysków, dlatego wywiązała się tak gorąca walka zwana wojną prądów (Current War) między przedsiębiorcą Edisonem, posiadaczem patentów na sieci prądu stałego, a innymi, w tym Teslą, ale głównie George'em Westinghouse'em, który najprościej biorąc, miał patenty na sieci prądu zmiennego. Sieci prądu stałego Edisona szybko znikły z miast. W każdym razie rozwój energetyki opierał się na prywatnych przedsiębiorstwach. Biznesmeni przede wszystkim chcieli zdobywać zyski, a kwestiami bezpieczeń-

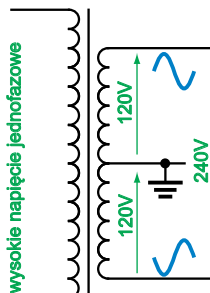


stwa interesowali się tylko tyle, ile to było absolutnie niezbędne.

Dlatego na początku była to pod wieloma względami dzika elektryfikacja. Nawet na terenie jednego miasta występowały sieci różnych przedsiębiorców – dostawców, sieci o różnych napięciach i różnych częstotliwościach. Stopniowo podjęto kroki, żeby w poszczególnych krajach, a nawet na kontynentach ujednolicić parametry sieci i dołączanych do niej urządzeń. Napięcie 100V...120V uznano za względnie bezpieczne dla ludzi i zwierząt, ale w instalacjach domowych wykorzystywano też napięcie do 220V...250V.

Dziś w USA w domowych gniazdkach występuje napięcie 120V 60Hz. Przy obciążeniu o większej mocy stosunkowo niskie napięcie oznacza przepływ większych prądów i związane z tym znaczne straty mocy w przewodach. Z uwagi na straty w przewodach i maksymalną moc urządzeń u użytkownika, korzystniejsze było napięcie wyższe (i mniejszy prąd), a w przemyśle dużo wyższe. Właśnie z tego względu w Europie prawie wszystkie domowe sieci energetyczne od początku miały napięcie 220V...240V, częstotliwość 50Hz i były to sieci według **rysunku 3a**, czyli trójfazowe. Dla zupełnie niezorientowanych w ogromnym skrócie: generator oraz współpracujące z nim transformatory są trójfazowe, czyli mają trzy uzwojenia. Napięcie poszczególnych faz ma jednakową wartość względem (uziemionego) punktu środkowego, neutralnego, a różne jest przesunięcie czasowe i kątowne (120 stopni, co ilustruje rysunek 3a), czyli faza, sinusoid w przewodach fazowych, oznaczanych L1, L2, L3. Napięcie między przewodem neutralnym N i każdym z przewodów fazowych wynosi 230V, natomiast z uwagi na przesunięcia fazowe, napięcie między przewodami fazowymi wynosi nominalnie 398V. Na schematach trójfazowy transformator (tzw. niskiego napięcia) rysujemy nie według rysunku 3a, tylko w uproszczeniu jak na **rysunku 3b**. Tak jest w zjednoczonej Europie. Natomiast w USA nadal jest spory bałagan. Oczywiście od dawna nie ma tam już „edisonowskich” sieci prądu stałego, a tylko sieci prądu sinusoidalnie zmiennego 60Hz, ale pozostała idea podwajania napięcia według rysunku 1b. Wprawdzie dostępne są też sieci trójfazowe, jednak większości domowych amerykańskich sieci 120V 60Hz jest, można powiedzieć, „dwufazowa” (*split-phase* albo *single-phase three-wire*). Lokalne transformatory nie są tam trójfazowe, tylko mają dzielone uzwojenie i środek uzwojenia jest przewodem neutralnym, zerowym według **rysunku 4**. Napięcia fazowe 120V mają po prostu przeciwne fazy (względem środkowego punktu neutralnego). **Fotografia 5** (z Wikipedii CC BY-SA 3.0 Glogger) pokazuje amerykański transformator niskiego napięcia z jednofazowym zasilaniem i „dwufazowym” wyjściem niskiego

więcie od dawna nie ma tam już „edisonowskich” sieci prądu stałego, a tylko sieci prądu sinusoidalnie zmiennego 60Hz, ale pozostała idea podwajania napięcia według rysunku 1b. Wprawdzie dostępne są też sieci trójfazowe, jednak większości domowych amerykańskich sieci 120V 60Hz jest, można powiedzieć, „dwufazowa” (*split-phase* albo *single-phase three-wire*). Lokalne transformatory nie są tam trójfazowe, tylko mają dzielone uzwojenie i środek uzwojenia jest przewodem neutralnym, zerowym według **rysunku 4**. Napięcia fazowe 120V mają po prostu przeciwne fazy (względem środkowego punktu neutralnego). **Fotografia 5** (z Wikipedii CC BY-SA 3.0 Glogger) pokazuje amerykański transformator niskiego napięcia z jednofazowym zasilaniem i „dwufazowym” wyjściem niskiego



Rys. 4

Życie pokazało, iż sieci energetyczne powodują pożary, między innymi wskutek przegrzewania się elementów (połączeń, styków), a także są przyczyną śmiertelnych porażen zwierząt i ludzi, przede wszystkim w sieciach o napięciu powyżej 200V. Problem porażen jest znacząco mniejszy, gdy napięcie sieci wynosi około 100...120V. Warto wspomnieć, że znajduje to odbicie w przeznaczonych dla dzieci filmach – kreskówkach z USA i Japonii, gdzie bohater wkłada rękę do gniazdka i ulega niezbyt groźnemu, a efekownemu wizualnie porażeniu. Takie sceny są bardzo mylące w przypadku sieci 230V, gdzie porażenie napięciem fazowym jest śmiertelnie groźne! Nie mówiąc już o napięciu międzyfazowym 398V!

Problem bezpieczeństwa już dawno został dostrzeżony przez rządy państw. Stopniowo podejmowano kroki w celu poprawy bezpieczeństwa. Pierwsze zalecenia pojawiły się na początku XX wieku, przede wszystkim w Niemczech i Szwajcarii. Z biegiem czasu zalecenia i przepisy dotyczące bezpieczeństwa są zaostrzane, czyli nowsze urządzenia powinny być i, ogólnie biorąc, są bezpieczniejsze dla użytkownika niż te produkowane przed wielu laty. W tym miejscu trzeba też koniecznie wspomnieć o normach.

Prawo, przepisy i normy

Starsi Czytelnicy, którzy pamiętają poprzedni ustrój, być może mają przekonanie, że *normy* są obowiązującym *prawem*. Owszem w krajach, gdzie gospodarka była sterowana centralnie, także do początku lat 90. w Polsce, państwo nakazywało wytwórcom (w większości zakładom państwowym), by ich wyroby odpowiadały wymaganiom norm technicznych.

Po roku 1989, a zwłaszcza gdy wstąpiłszy do UE, sytuacja zdecydowanie się zmieniła. Od lat na całym świecie, także w ramach Unii Europejskiej, funkcjonują rozmaite organizacje techniczne, które przy pomocy najlepszych specjalistów z danych dziedzin opracowują rozmaite rekomendacje (zalecenia) oraz normy. Zgodnie z nazwą, te *rekomendacje* – *zalecenia* mają dotyczyć kierunki rozwoju, natomiast *normy* przez wielu są utożsamiane z *prawem*. Także wielu elektroników sądzi, że aktualne polskie normy (które generalnie muszą być zgodne z normami UE) są obowiązującym prawem.

NIE!

Fot. 5



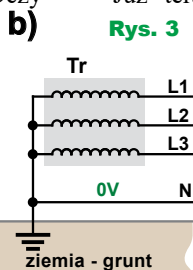
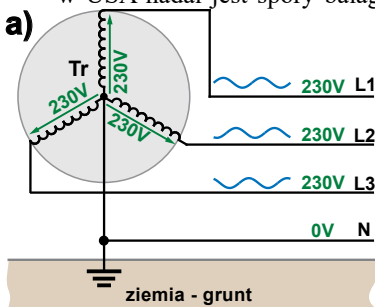
napięcia 2×120V. Interesująco napisany i zilustrowany artykuł na ten temat zainteresowani znajdą pod adresem:

https://elhu.pl/USA_power.html.

Już teraz wspomnijmy, że z kilku

względów w sieciach energetycznych przewodów środkowy, neutralny (zerowy) jest uziemiany, co jest zasygnalizowane na rysunkach 3 i 4. Oznacza to, że w przewodach fazowych występuje napięcie względem ziemi, gruntu: 230V według rysunku 3 oraz 120V według rysunku 4.

Rys. 3



Aktualnie żadne **normy same w sobie nie są obowiązującym prawem!** Najogólniej biorąc, zgodność z normami jest dobrowolna.

Teoretycznie przymusu dostosowania się do norm nie ma, ale najprościej biorąc, producent lub importer produktów sprzedawanych na terenie Unii Europejskiej może być pozwany do sądu i obciążony ogromnymi odszkodowaniami. Może to dotyczyć przypadku, gdy ktoś korzystający z jakiegoś urządzenia zostanie porażony prądem. Sąd wnikliwie rozważy konkretną sytuację i sprawdzi, czy producent lub importer tego urządzenia *dolożył należytych starań*. Jeżeli *dolożył należytych starań*, to sąd najpewniej oddali roszczenie.

Ale co to znaczy: *dolożył należytych starań*? W skomplikowanych kwestiach technicznych, w tym w kwestiach bezpieczeństwa, nie ma jakiegoś jednego wzorca, ściśle określonego punktu odniesienia. Można mówić o czymś takim jak aktualny poziom rozwoju techniki i świadomości technicznej. Wraz z rozwojem techniki i innymi czynnikami zmienia się ocena tego, co optymalne, czyli najlepsze w danej dziedzinie.

Jeżeli chodzi o bezpieczeństwo użytkownika sprzętu elektrycznego, to nie ma określonej granicy, która zapewnia pełne bezpieczeństwo. Bezmyślny użytkownik może zostać porażony prądem, gdy będzie wykorzystywał pogrzyziony przez psa sieciowy przewód zasilający, z którego sterczą odsłonięte metalowe druciki. Dziecko może zostać śmiertelnie porażone prądem, gdy będzie pracownicę wkładać do wnętrza zasilacza sieciowego cienkie druciki przez małe otwory wentylacyjne w plastikowej obudowie.

Gdyby tego rodzaju sprawa trafiła do sądu, ten rozpatrując powództwo, zapewne nie będzie próbował ustalić dopuszczalnych i niedopuszczalnych granic bezmyślności, niedbalstwa czy pomy-

słowości dzieci. Sąd raczej (przy pomocy biegłych) sprawdzi, czy producent/importer wprowadził na rynek urządzenie zgodnie z *aktualnym stanem wiedzy*. A stan aktualnej wiedzy opisany jest właśnie w normach. W kontekście tego artykułu można przyjąć w uproszczeniu, że normy opisują aktualny stan wiedzy, jeżeli chodzi o bezpieczeństwo korzystania z sieci energetycznych.

Właśnie dlatego zamiast państwowych zaświadczeń i certyfikatów, dziś producenci i importerzy sprzętu na rynek Unii Europejskiej przedstawiają tylko *deklarację zgodności*. Na zasadzie zaufania oświadczają, że wprowadzane na rynek urządzenie jest bezpieczne, czyli spełnia aktualne wymagania. A jeżeli to nie jest prawdą, mogą ponieść dotkliwe skutki zaniedbań.

Podkreślmy, że **normy** nie są obowiązującym prawem, są tylko odzwierciedleniem aktualnego stopnia rozwoju techniki. Wycofywanie starszych wersji norm i zastępowanie ich nowymi jest naturalnym procesem i samo w sobie nie niesie żadnego przymusu.

Nie znaczy to jednak, że nie ma *praw* dotyczących urządzeń technicznych.

Są. Występują w postaci *ustaw i rozporządzeń*. Albo krajowych, albo ogólnoeuropejskich. Często wprowadzanych na podstawie *dyrektyw* (unijnych).

Całość zagadnienia jest mocno skomplikowana. W każdym razie oprócz *norm* technicznych istnieją też *ustawy i rozporządzenia*, które definiują obowiązki i określają kary. Takie *ustawy i rozporządzenia* dotyczące kwestii technicznych odwołują się do *norm*, które odzwierciedlają aktualny stan wiedzy. W ten określony sposób informacje zawarte w normach mogą być częścią prawa.

Przykładem może być prawo budowlane, obejmujące też kwestie bezpieczeństwa domowej sieci energetycznej 230V. Z jednej strony przepisy i normy

są poważną uciążliwością dla elektryka lub producenta urządzeń elektrycznych/elektronicznych, ale z drugiej są dla nich zabezpieczeniem w ewentualnych procesach sądowych, gdy użytkownik zostanie porażony prądem. Najprościej biorąc, jeżeli nowo budowany budynek nie spełnia aktualnych *ustaw i rozporządzeń* (odwołujących się do *norm*), nie zostanie oddany do użytku. Ale producent czy importer urządzeń zasadniczo może bez konieczności uzyskiwania certyfikatów czy zezwoleń wprowadzić na rynek dowolne urządzenia. Jeżeli jednak ktoś zgłosi, że nie spełniają one jakichś wymagań zawartych w *ustawach i rozporządzeniach* (na przykład dotyczących odstępów izolacyjnych), to zapewne zostanie prawnie zobowiązany do wycofania tych urządzeń z rynku, ewentualnie usunięcia przyczyny problemu. Nawet jeśli aktualnie obowiązujące *przepisy* nie precyzują wszystkich szczegółów, w przypadku gdyby zdarzyło się porażenie i sprawa trafiłaby do sądu, sąd niewątpliwie zbada, czy konstrukcja danego urządzenia lub instalacji jest zgodna z aktualnym stanem wiedzy, czyli z aktualnymi *normami* technicznymi. Sytuację komplikuje fakt, że normy się zmieniają. Jednak przyjęto zasadę, że obiekty czy urządzenia zrealizowane wcześniej zgodnie z ówczesnymi normami, nie muszą być na bieżąco dostosowywane do nowo wprowadzanych norm, ustaw i rozporządzeń.

To wyjaśnia także, dlaczego w budynkach spotykamy różne rozwiązania instalacji elektrycznych i dlaczego stare urządzenia elektroniczne zasilane z sieci mogą mieć znacząco inną konstrukcję niż współczesne.

W drugiej części artykułu omówione będą bardzo ważne zagadnienia związane z ochroną przeciwporażeniową i klasami ochronności.

Piotr Górecki

AVT 2753 Strach na szpaki

- układ czasowy włączający sygnał dźwiękowy
- płynna regulacja czasu przerwy
- wbudowany włącznik zmierzchowy
- kontrola poziomu napięcia zasilania - dioda LED
- kontrola działania czujnika oświetlenia - dioda LED
- zasilanie - 12 V (akumulator)

Znajdź nas na



Stały konkurs: Co to jest?

Zadanie CoTo2106

Zadanie konkursowe brzmi:

Co przedstawia zamieszczona niżej fotografia?

Prosimy o krótkie odpowiedzi.

E-maile z odpowiedziami należy przysyłać w ciągu miesiąca

od ukazania się numeru, na adres:

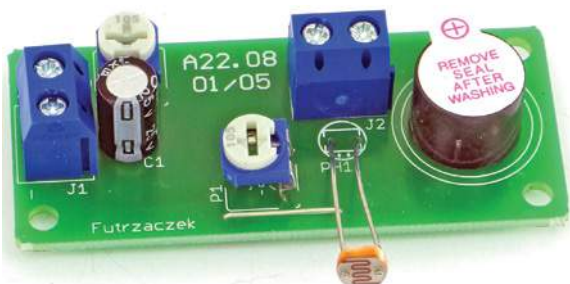
konkursy@elportal.pl,

nie zapominając o podaniu adresu

niezbędnego do wysyłki upominku.

W tytule e-maila należy podać nazwę konkursu, numer zadania i własne nazwisko, np. *CoTo2106Kowalski*.

Wśród autorów prawidłowych odpowiedzi rozlosowane zostaną 3 kity AVT.



Rozwiązanie zadania CoTo2102

Fotografia pochodzi z artykułu „Precyzyjne źródło prądowe 0...25mA”, którego autorem jest Michał Kurzela. Artykuł ukazał się w EdW 7/2020 na stronie 51.



Za prawidłowe odpowiedzi upominki w postaci kitów AVT otrzymują:

Karol Kopański – Iława,

Paweł Maćkowski – Zbójno,

Jerzy Kornaszewski – Radom.

W najbliższych numerach EdW planujemy

EdW 7/2021

Anodowy zasilacz stabilizowany do układów lampowych

Finalne właściwości wszelkich urządzeń lampowych w bardzo dużym stopniu zależą od jakości napięcia anodowego.

Prezentowany zasilacz stabilizowany zapewnia znakomite parametry i pozwala pozbyć się mnóstwa problemów.



EdW 8/2021

CNC

Określenie „obrabiarka 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 9/2021

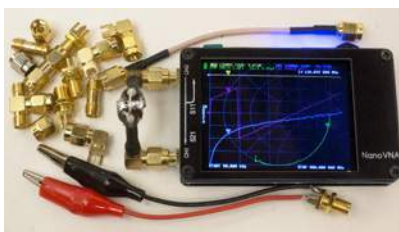
Moja własna karta audio USB

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 zadecydować 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.

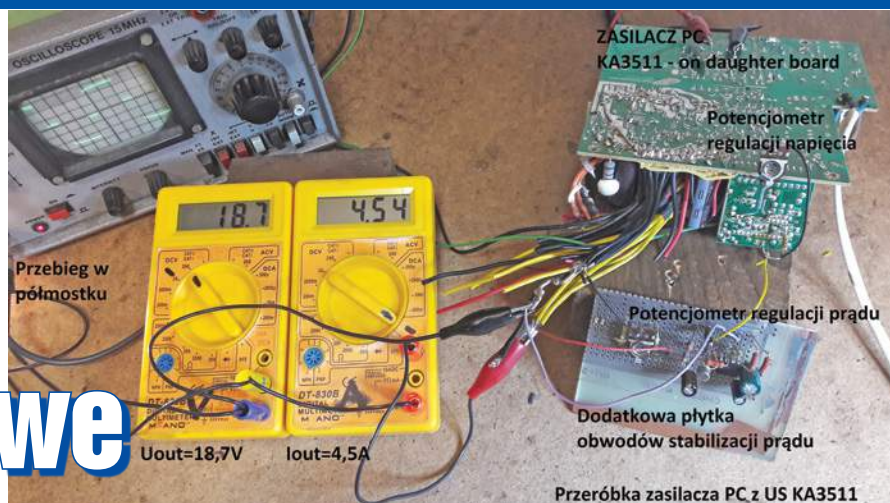


Współczesne neony, czyli znów lampy EL

Dziś można niedrogo kupić świecące rurki, zwane potocznie „neonami LED”. Nie zawierają one ani jednej diody LED, tylko są świecącymi kondensatorami.

Odkrywamy schematy

Zasilacze komputerowe



Zasilacz z układem scalonym KA3511.

KA3511 to, podobnie jak SG6105, układ scalony opracowany specjalnie do zasilacza komputerowego. Ma on główne cechy pierwowzoru TL494 (KA7500) i jest to przetwornica przepustowa z symetrycznym stopniem kluczowania w półmostku. Półmostek tworzą zwykle tranzystory bipolarne, a napędzane są one stopniem pośredniczącym pracującym w trybie *push-pull*. Pełny stopień swobody pozostaje dla przetwornicy *standby*, a zasilanie 3,3V może, lecz nie musi, wykorzystywać symetrię przebiegów po wtórnej stronie trafo przetwornicy. Zasilacze z KA3511 z reguły nie mają obwodu poprawiającego współczynnik mocy (PFC) lub mają prosty, pasywny. Obwody nadzorujące (*housekeeping*) i ochronne (*protection*) wbudowane są w układ scalony i na nie zwrócimy szczególną uwagę, ponieważ tu trzeba ingerować w razie przeróbek. Sam układ scalony omówimy pobieżnie. Jest on zamknięty w obudowie o 22 wyprowadzeniach. To oszczędza wiele elementów dyskretnych,

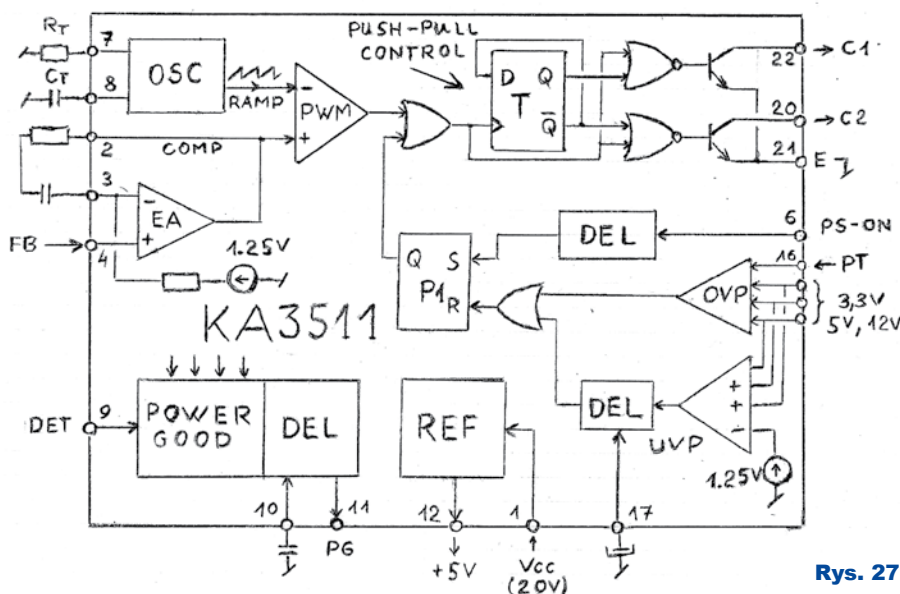
część 9

które znajdujemy w podobnych zasilaczach. Równocześnie KA3511 pozwala na większą elastyczność aplikacji aniżeli np. SG6105. Stopień wyjściowy zachowuje konfigurację układu '494 ze sprawnym podziałem impulsów na dwa wyjścia. Wyjścia są typu otwarty kolektor. Układ zachowuje możliwość pracy stopnia wyjściowego jako *single ended* i może wtedy także być skonfigurowany jako wtórnik emiterowy. Uproszczony schemat blokowy US KA3511 pokazuje rysunek 27, a pełny schemat Czytelnik znajdzie w Elportalu wśród materiałów dodatkowych do tego artykułu.

Drugim obwodem wymagającym ingerencji w przypadku przeróbek, jest obwód pętli ujemnego sprzężenia zwrotnego. Wzmacniacz błędów z referencyjnym napięciem odniesienia, a także modulator PWM zawarte są w układzie scalonym. PWM wykorzystuje schemat modulacji *leading edge scheme*. To rzadkość. W tej

konfiguracji ujemne sprzężenie zwrotne należy zamknąć na wejściu nieodwracającym wzmacniacza błędów. Wzmacniacz ten jest typu napięciowego, z niską impedancją wyjścia, a więc jego lokalne sprzężenie zwrotne musi objąć wyjście i wejście odwracające. Oba wejścia i wyjście wzmacniacza błędów wyprowadzone są na nóżki US. Napięcie referencyjne 1,25V podane jest na wejście odwracające. Nie może to być jednak źródło o niskiej impedancji widzianej na wejściu odwracającym WO. Impedancja elementów lokalnego sprzężenia w obrębie wzmacniacza błędów widziana jest względem dynamicznej impedancji wejścia odwracającego. Taką komplikację (sprężenie zwrotne na wejściu nieodwracającym, a REF na „-“) wymusza konfiguracja PWM w schemacie *leading edge*. Wyjście wzmacniacza błędów jest równocześnie wejściem modulatora PWM. Przebiegiem odniesienia dla modulatora jest jak zwykle przebieg piłozębny pochodzący z oscylatora. Tutaj można go podejrzec, bo kondensator jest zewnętrzny. Dla wartości R_T (na n.7) = 17,5k Ω i C_T (na n.8) = 1nF zaobserwowano bardzo liniową piłę ze zboczem narastającym między poziomami 0,2V i 3V, o częstotliwości 66kHz.

W schemacie *leading edge* przetwornik odpowiedzialny za aktywność wyjścia jest ustawiany, gdy przebieg piłozębny zrówna się z poziomem z wyjścia wzmacniacza błędów. Kasowany jest impuls z oscylatora skorelowany czasowo z momentem rozładowania C_T . W takiej konfiguracji wyższy poziom na wyjściu wzmacniacza błędów to krótszy aktywny czas włączenia kluczy półmostka przetwornicy. I właśnie dlatego ujemne sprzężenie zwrotne trzeba zamknąć na wejściu dodatnim EA. W typowej konfiguracji *trailing edge* jest odwrotnie, by nie powiedzieć – normalnie. Porównując układy scalone



Rys. 27

TL494, SG6105 i KA3511, widzimy, że ten ostatni jest bliższy pierwowzorowi pod kilkoma względami, a konfiguracja modulatora jest jedną z nich. Druga sprawa to budowa oscylatora z możliwością programowania jego częstotliwości. Kolejna bardzo istotna to budowa stopnia końcowego. Pod względem obwodów zabezpieczeń i pozostałych funkcji kontrolnych KA3511 jest bliższy układowi SG6105. Istotną cechą wszystkich ww. sterowników jest to, że pracują one po zimnej (izolowanej) stronie przetwornicy. Nie trzeba optoizolatora nie tylko w obwodzie pętli stabilizacji, ale także na ścieżce sygnału włącz/wyłącz. KA3511, podobnie jak KA7500, zasilany jest napięciem ok. 20V. SG6105 zadowala się pięcioma voltami. Jednak w każdym przypadku potrzebne są dwa napięcia pozyskane z przetwornicy *standby*. Stopień *push-pull* potrzebuje napięcia wyższego od standardowych $+5V_{stby}$.

Możliwości przeróbek – regulacja napięcia i stabilizacja prądu w zasilaczu z US KA3511. Pod względem przeróbek zasilacz z US KA3511 wykazuje podobieństwo do obu już poznanych wcześniej sterowników.

Przechodzimy od razu do likwidacji zabezpieczeń. Wcześniej sprawdzono, iż bez tego zasilacz pozwolił regulować napięcie w zakresie od 10,5V do ok. 13,5V. KA3511 jest bogatszy w zabezpieczenia nawet od SG6105, ale łatwiej pozwala się oszukać. Wyprowadzenia 13, 14 i 15 kontrolują bezpośrednio napięcia 3,3V, +5V i +12V, bez potrzeby jakichkolwiek zewnętrznych dzielników. Te nóżki należy odłączyć, ale nie ma potrzeby doprowadzania do nich prawidłowych napięć (jak było w SG6105). Na wyprowadzeniu 19 zrealizowany jest prosty układ opóźnienia reakcji zabezpieczeń. Podłącza się tu zewnętrzny kondensator, a źródło prądowe (15uA), które go ładuje, znajduje się w środku. Czas opóźnienia ustawia się standardowo na 0,25 sekundy. Próg rozpoznawany jest z szeroką histerezą od 0,6V do 1,8V. Zwarcie n.19 do masy jest rozpoznawane jako stan poprawny i w ten sposób dezaktywowane są zabezpieczenia UVP (*Under Voltage*) dla wszystkich napięć. Połączenie z masą (może wystarczy samo odłączenie) nóżek 13, 14 i 15 dezaktywuje zabezpieczenia OVP wszystkich trzech napięć. Ale KA3511 ma także wyprowadzenie dodatkowego zabezpieczenia, które może być skonfigurowane w zależności od chęci konstruktora. Nie chcąc z niego korzystać, należy połączyć z masą wyprowadzenie 16. Zatem należy

podłączyć do masy wyprowadzenia 13, 14, 15, 16 i 17. A nóżka 18 to masa. Sytuacja jest wygodna, bo wystarczy złąć ze sobą (cyną) kolejne nóżki od 13 do 18. A teraz przerywnik i uwaga praktyczna.

Katalog podaje, że KA3511 zawarty jest w obudowie (dwurzędowej) o 22 wyprowadzeniach. A kostka w moim zasilaczu ma 24 nóżki! Aby mieć zgodność z numerami wyprowadzeń podanymi w katalogu, należy liczyć od 1 do 11 po jednej stronie, opuścić 12 i 13, i od czternastki liczyć ją jako 12 do 22 na końcu. Dwa dodatkowe wyprowadzenia są na płycie zwarte z sąsiednimi, czyli z 11 i 14. Tak czy inaczej, likwidację zabezpieczeń mamy załatwioną dużo prościej niż w SG6105.

Teraz etap 2. Ingerencja w pętlę stabilizacji napięcia jest też łatwa. KA3511 wykazuje duże podobieństwa do TL494. Sprzężenie zwrotne zamyka się na wejściu nieodwracającym EA. Tylko tu źródło napięciowe polaryzujące wejście odwracające jest wewnętrzne i ma wartość 1,25V. W TL494 był to zewnętrzny dzielnik ustawiony na 2,5V. Dobierając zewnętrzny dzielnik z potencjometrem, należy dostosować się do napięcia odniesienia 1,25V.

I to w zasadzie wszystko! W zasilaczu przerabianym przez autora oryginalnie zamontowany był i potencjometr montażowy, i rezystory po obu jego stronach. Należało tylko dobrać inne wartości. Pierwotnie w zasilaczu były kontrolowane wszystkie trzy napięcia. To znaczy 3,3V też. Trochę mnie to zdziwiło, bo 3,3V jest osobno regulowane – ma oddzielną pętlę regulacji. Dla głównej pętli będzie tylko taki efekt, że jak 3,3V obniżymy, to +5V i +12V się zwiększą. I odwrotnie, podwyższenie 3,3V skutkuje obniżeniem wartości +5 i +12 voltów. Oczywiście wylutowano wszystkie trzy rezystory stanowiące ważoną superpozycję tych napięć. Rezystor między wejściem nieodwracającym EA a masą ma wartość 1,8kΩ i niech tak zostanie. Do tej wartości należy się dostosować, aby uzyskać pożądany zakres regulacji. Potencjometr 33kΩ jest w sam raz – pozwoli na regulację od ok. 2V do 25V. Ten zasilacz musiał mieć nieco inaczej nawinięte trafo – być może uzwojenie wtórne ma o 1, 2 zwoje więcej, gdyż pozwala na uzyskanie górnej granicy na poziomie 25V. W warunkach nominalnych, przy +12V na wyjściu, ma mniejsze wypełnienie, co niekoniecznie świadczy dobrze o pierwotnym projekcie. Jeżeli chodzi o kwestię najtrudniejszą, o stabilność, to mały problem był.

Starano się pozostawić odpowiedzial-

ne za to kondensatorki bez zmian. Nie korygowano obwodu RC między n.2 i 3 wzmacniacza błędu. Także na wejściu nieodwracającym był kondensator 22nF do masy. Pozostawiono go bez zmian. Ale na rezystorach dzielnika próbującego były też małe pojemności. A te wylutowano. Równocześnie potencjometr umieszczono od góry dzielnika, aby łatwiej pokryć pełny zakres regulacji. Ta zmiana, jak i zmiana punktu pracy całego obwodu regulacji, nie wpłynęły korzystnie na stabilność. Zaobserwowano to dopiero podczas testów w pełnym zakresie regulacji napięcia przy coraz większych obciążeniach. Pomógł niewielki (kilka nF) kondensatorek, dający wyprzedzenie fazy, podłączony równolegle do górnej rezystancji dzielnika.

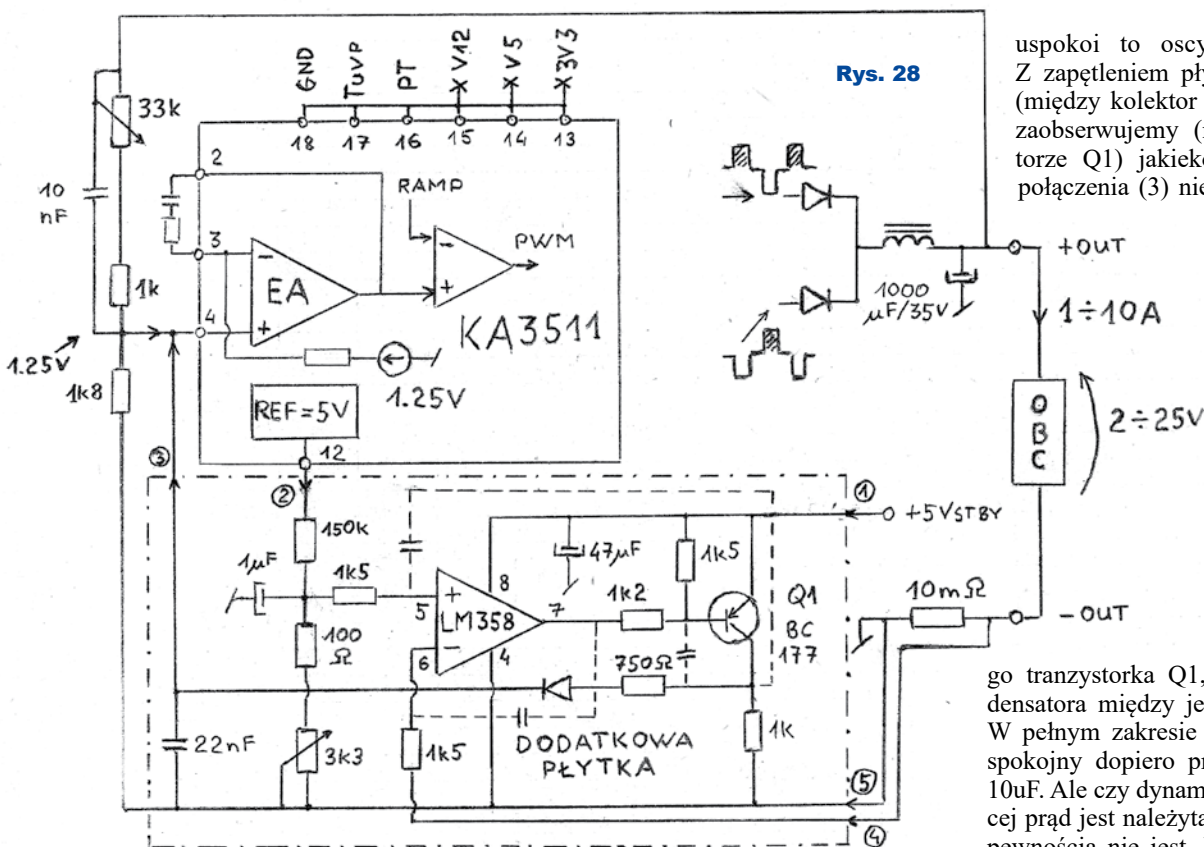
Co z regulacją prądu?

Brak drugiego, wolnego EA (jak w układzie TL494) zbytnio nie martwi. Ale w układzie KA3511 brak diod sumujących przed modulatorem PWM to już poważniejsza sprawa. Także i tu brak informacji na temat typu wyjścia wzmacniacza błędu. Ponadto modulator pracuje tu w układzie *leading edge scheme*, więc ściąganie nóżki 2 w kierunku masy nie realizuje ujemnego sprzężenia zwrotnego. Oczywiście można by fazę obrócić gdzieś indziej w pętli. Ale to też nie zda egzaminu.

Szanowny Czytelniku, zrób sobie przerwę i odpowiedz: dlaczego?

W razie trudności z odpowiedzią, wróć do poprzedniej części artykułu. W każdym razie odpada dobudowanie stabilizacji prądu zgodnie z koncepcją jak w zasilaczu z SG6105 wersja 2. Dodatkową płytkę wykonano zgodnie z koncepcją wersji 1 tamtego zasilacza. Zastosowano WO z kostki LM358, który też może pracować z napięciami wejściowymi na poziomie masy. Najprawdopodobniej pozwoli także na wykonanie pętli z rezystorem pomiarowym poza pętlą napięciową, jak w układzie z rysunku 24. Postanowiono sprawdzić to w dalszej kolejności. Obwód wykonany jako wersja 1 pokazano na **rysunku 28**.

To praktycznie to samo, co mieliśmy na rysunku 19a. Działanie jest takie samo, więc szczegółowy opis tu pomijamy. Przybył jeden przewód łączący dodatkową płytkę z oryginalnym zasilaczem. Pobrano napięcie referencyjne z KA3511. Dostępne jest (5V) na nóżce 12. Jako rezystor pomiarowy zastosowano 10mΩ, łącząc w szereg dwa 5-miliomowe pozyskane z rozbiórki innego zasilacza PC. Nie należy zapomnieć o prawidłowym połączeniu sygnału pomiarowego



Rys. 28

uspokoi to oscylujący obwód. Z zapętleniem płytki kondensatorem (między kolektor pnp i n.5 US), gdy zaobserwujemy (najlepiej na kolektorze Q1) jakiegokolwiek oscylacje – połączenia (3) nie należy „zamykać” (wykonać). Po wstępnym uruchomieniu płytki i połączeniu jej z zasilaczem, należy oscyloskopem przebieg się na półmostek. Mój układ oczywiście zrywał, szarpał i było to nie tylko widać, ale i słychać.

Najlepszy rezultat dało zapętlenie samego tranzystorka Q1, tzn. wpicie kondensatora między jego kolektor i bazę. W pełnym zakresie regulacji układ był spokojny dopiero przy pojemności ok. 10μF. Ale czy dynamika pętli stabilizującej prąd jest należytą? Optymalna z całą pewnością nie jest. Dla celów warsztatowych, dla ładowania akumulatora lub np. zasilania LED, nie ma to istotnego znaczenia. Możemy być umiarkowanie usatysfakcjonowani.

Na koniec wypróbujemy jeszcze wersję ograniczenia prądowego, z wyrzuceniem poza pętlę pomiaru tego prądu. Schemat dodatkowej płytki pokazano na rysunku 29.

Tu także wykorzystano wzmacniacz operacyjny LM358. Układ działa. Przy wartościach elementów jak na schemacie zakres regulacji jest od ok. 0,6A do 15A. Sprawdzono, że pod dużym obciążeniem zasilacz regulował stabilnie napięcie już od 1,25V, a prąd do 20A. Pod niewielkim obciążeniem, w dolnym zakresie obwódek kluczący zaczyna gubić impulsy i zrywać drgania. Praktycznie, można zejść w dół z napięciem do ok. 3V.

Jeśli chcemy pracować tylko w zakresie niskich prądów, nie zaleca się zmniejszania napięcia polaryzującego wstępnie wejście nieodwracające WO. Należy zwiększyć wartość rezystora pomiarowego. Gdy oczekujemy od zasilacza dużych prądów i niskich napięć, należy wykorzystać wyjście 5-woltowe, nie 12V. Aby w pełni wykorzystać możliwości zasilacza PC w szerokim zakresie prądów, regulację należałoby wykonać w dwóch podzakresach. Najlepiej przełączać wartość rezystora polaryzującego wstępnie wejście nieodwracające WO.

z wejściem WO. Dobrym zwyczajem jest zastosowanie sklejonej pary możliwie krótkich przewodów lub skrętki. Ten szczegół wyeksponowano na schemacie ideowym (rysunek 28). Tu zalecamy Czytelnikowi kolejny przerywnik.

Czy różnica między SG6105 i KA3511 w odwrotnym typie modulatora PWM (*leading i trailing edge*) nie powinna skutkować obroceniem fazy sprzężenia na płycie stabilizatora prądu? Na płycie zmian w tym zakresie nie ma. Sprężenie zwrotne, ujemne, jest zachowane. Wejście na „plus” EA w KA3511 nie jest najszybsze, ale tu nie ma innej możliwości. Gdy układ pracuje na odcinku charakterystyki CV, stabilizując napięcie, pracuje jeden EA. A na odcinku CC pracują dwa WO plus tranzystor pnp. To nie wróży dobrze w kwestii stabilności!

Na warsztacie okazało się, że problem nie jest aż tak poważny, jak w przypadku zasilacza z SG6105. Ale jest!

Na rysunku 28 zaznaczono trzy propozycje kompensacji. Decydujemy się na dominujący biegun. Objęcie pętlą samego WO nie zdało egzaminu. Istotna jest nie tylko pojemność kondensatora, którym pętlę chcemy uspokoić.

Charakterystyka łałamuje się (i opada z nachyleniem 20dB/dekadę) na częstotliwości $1/2\pi RC$, gdzie C to nasz kondensatorek, a R to rezystancja widziana z wejścia odwracającego WO.

$R1=1,5k\Omega$ nie byłby konieczny jeśli nie stosujemy w tym miejscu zapętlenia. Okazuje się, że nie stosujemy, ale dobry zwyczaj nakazuje R1 pozostawić. Objęcie lokalną kompensacją całości wzmacniacza (WO plus tranzystor) nie tylko nie poprawiło sytuacji, ale obwód zaczął oscylować. Należało się tego spodziewać po eksperymentach z zasilaczem SG6105, ale warto sprawdzić.

Płytkę należy wstępnie uruchomić, nie zapętlając jej z zasilaczem. To znaczy, nie łączyć połączenia oznaczonego na rysunku 28 jako (3). Wtedy taka zabawa jest w pełni bezpieczna. Najpierw należy sprawdzić, czy gdy reguluje się potencjometrem ograniczenia prądowego, w pewnym momencie napięcie na kolektorze Q1 zmienia się skokowo oraz że przy nastawionym niskim ograniczeniu prądu najpierw jest poziom bliski +5V, a po podniesieniu progu opada gwałtownie do zera. Potem należy wykonać połączenie nr 3, zapętlając w ten sposób całość. Uwaga co do rezystancji widzianej z wejścia odwracającego WO pozostaje aktualna. Ale teraz chcąc objąć sprzężeniem całość, to znaczy WO LM358 plus Q1, widzimy że wejścia WO zamieniły swe role. Noga 5 (+) stała się wejściem odwracającym, a n.6 (–) nieodwracającym. Konsekwentnie należy umieścić rezystor R2 w szereg z wyprowadzeniem 5 LM358. Oczywiście nie

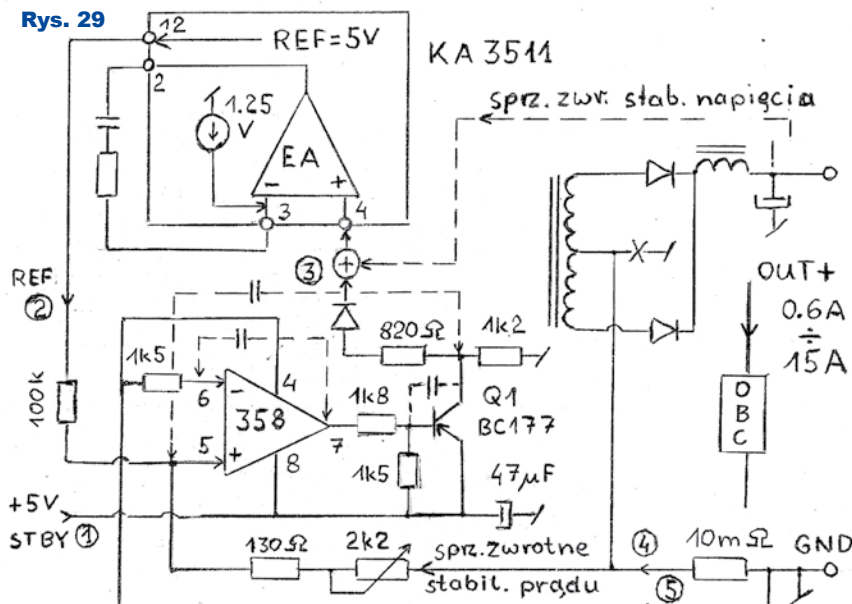
A co ze stabilnością? Pod tym względem układ zachowuje się identycznie jak ten z rysunku 28. To znaczy, zapętlenie WO plus tranzystor powoduje, iż oscylować zaczyna sama dodatkowa płytka. Z obawy przed uszkodzeniem nie sprawdzano, jak zachowuje się całość. Bo ta droga prowadzi donikąd. Można układ uspokoić, robiąc integrator ze wzmacniacza operacyjnego lub tranzystora. Ale w sytuacji, gdy zależy nam na szybkiej dynamice, należałoby nad tym jeszcze popracować.

Pozostaje jeszcze kwestia, czy taka przeróbka jest bezpieczna dla oryginalnych elementów zasilacza PC?

Obawy mogą dotyczyć tranzystorów kluczujących i/lub diod po stronie wtórnej. W przetwornicy przepustowej stres napięciowy kluczy jest na poziomie wejściowego napięcia zasilania, a regulacja U_{WY} go nie powiększa. Podobnie jest z diodami po stronie wtórnej. Podwyższanie U_{WY} poszerza impulsy, nie zwiększa ich amplitudy. Prąd oczywiście rośnie, ale ograniczony jest mocą czerpaną z wyjścia zasilacza. Na stres napięciowy tranzystorów i diod większy wpływ ma wartość U_{WE} niż regulowane wyjściowe U_{WY} . Obwody gasikowe RC są obowiązkowe, i na uzwojeniu pierwotnym transformatora, i na diodach po izolowanej stronie zasilacza. A także diody włączone inwersyjnie między kolektor-emiter tranzystorów. Napięcia na diodach wyjściowych w zasilaczu PC są zwykle na poziomie czterokrotnej wartości U_{WY} . Czyli dla 12V jest to ok. 50V, dla 5V – około 20V (plus niewielkie przepięcia). Wartości te wynikają z symetrii układu oraz z tego, że transformator nawijany jest tak, by w warunkach nominalnych PWM był na poziomie 50%. Pod tym względem korzystniejsza jest konfiguracja uzwojeń, gdzie uzwojenie 12V dołączone jest do katody diody 5V, nie do anod – wtedy efektywnie jest przedłużeniem uzwojenia pięciowoltowego (*stacked winding on output*) – patrz rysunek 25 w części 8.

Wówczas napięcie wsteczne diod 12V jest niższe, typowo ok. 30V i można stosować diody Schottky'ego. Kosztem takiego rozwiązania jest bardzo duży prąd w diodach 5V, gdyż jest sumą obciążenia źródła 12V i 5V.

Rys. 29



Podsumowując cały dotychczasowy materiał: *okazuje się, że możliwości przeróbki zasilacza PC są duże*. Napotkane trudności są zależne od konstrukcji przerabianego zasilacza. Jednak *zawsze należy spodziewać się trudności z uzyskaniem stabilności w całym zakresie napięć i prądów*. I niespodzianek, nawet jeśli ograniczymy się do jednej rodziny tych zasilaczy z konkretnym sterownikiem.

Dobra wiadomość jest taka, że przy szczególnie wyborze zasilacza PC i dołożeniu odrobiny swojej pracy, możemy stać się posiadaczem bardzo porządnego zasilacza warsztatowego. O napięciach regulowanych w szerokim zakresie i o sporych zdolnościach prądowych. W razie potrzeby – z ograniczeniem i/lub regulacją prądu. Dodatkowy stopień swobody stwarza jeszcze obecność napięcia 3,3V, które też można regulować.



Karol Świerc
rtv@silnet.pl

Miernik MT-1710 True-RMS

- wyświetlacz 3999 (3 3/4) z podświetleniem
- wybór zakresu: automatyczny i ręczny
- True RMS (AC)
- funkcja REL (pomiar wartości względnej)
- test diody; test ciągłości obwodu
- współczynnik wypełnienia Duty Cycle
- wybór jednostek pomiaru temperatury: [°C/°F]
- Data Hold
- pomiar hFE

- wybór zakresu: automatyczny; ręczny
- Auto Power Off
- wskaźnik polaryzacji
- wskaźnik przekroczenia zakresu
- wskaźnik niskiego napięcia baterii
- zasilanie 1x bateria 9V (np 6F22)
- wymiary 190x95x45mm;
- masa 370g

napięcie DC [V]	400m/4/40/400V ±(0.5%+4); 1000V ±(1.0%+6)
napięcie AC [V]	400mV ±(1.6%+8) True-RMS 40~1kHz (sin/trój.) i 40~200Hz (inne)
prąd DC [A]	400u/4000uA ±(1.0%+10); 40m/400mA ±(1.2%+8); 10A ±(1.2%+10)
prąd AC [A]	400u/4000u/40m/400mA ±(1.5%+10) True-RMS 40~1kHz (sin/trój.) i 40~200Hz (inne)
rezystancja [Ω]	400Ω ±(0.8%+5); 4k/40k/400k/4MΩ ±(0.8%+4); 40MΩ ±(1.2%+10)
częstotliwość [Hz]	100/1000/10k/100kHz ±(0.5%+10); 1M/30MHz ±(0.5%+10)
pojemność [F]	10n ±(5.0%+20); 100n/1u/10u/100uF ±(3.5%+8); 1/10/100mF ±(5.0%+10)
temperatura [°C]	-20 ~ 400°C ±(1.0%+5); 400 ~ 1000°C ±(1.5%+15)

sklep.avt.pl handlowy@avt.pl tel.: 22 257 84 51



CE CAT IV 600V



Pro'sKit®
145zł

Słuchawkowy wzmacniacz lampowy

Opis najczęściej stosowanych lamp



Bardzo mnie ucieszył opis słuchawkowego wzmacniacza lampowego zamieszczony w styczniowej EdW. W pierwszej chwili zdziwiło mnie zastosowanie tak silnych lamp dużej mocy do zasilania słuchawek. W mojej praktyce spotykałem wzmacniacze słuchawkowe budowane z reguły na lampach małej mocy (napięciowych), a lampy dużej mocy służyły do zasilania głośników lub dużych kolumn głośnikowych. Po dokładnym zapoznaniu się z całym artykułem muszę przyznać, że nieczęsto spotykam opis tak przemyślanego i w najdrobniejszych szczegółach dopracowanego urządzenia. Ostatnim takim projektem był miernik lamp Jakuba Korpacza, nie tak dawno opublikowany w EdW.

Autor wyjaśnia w opisie, dlaczego do zasilania słuchawek potrzebne są lampy o tak dużej mocy. Ja mogę tylko dodać, że dobra jakość kosztuje, ale jest warta zachodu. Bardzo mnie cieszy, że są pasjonaci, którzy nie tylko dobrze znają się na układach lampowych, ale także „je czują”.

To „czucie” to coś takiego jak dobry słuch w muzyce i jak dodatkowy zmysł. Ten zmysł pozwala na analizowanie zagadnienia w wyobraźni. Dzięki niemu nawet gdy chwilowo zajmujemy się czymś innym, to zaczęty projekt dopracowuje się w naszej podświadomości i to znacznie przyspiesza rozwiązanie.

Na przykładzie tego wzmacniacza widać, że można opracować dobry układ, nie szukając jakichś cudownych audiofilskich lamp, lecz stosując lampy popularne, stare, ale dobre i wypróbowane. Mam nadzieję, że w EdW pojawi się więcej podobnie dobrych układów lampowych.

Przy okazji spróbuję młodszym Czytelnikom zainteresowanym techniką lampową trochę przybliżyć najczęściej stosowane lampy.

W zasilaczach popularnych odborników lampowych najczęściej używa się lamp: AZ1, AZ11 i EZ80 o wydajności prądowej 70...100mA. W zasilaczach radioodbiorników wysokiej klasy o większej liczbie lamp oraz we wzmacniaczach dużej mocy stosuje się lampy AZ4, AZ12, 5Z4 i EZ81 o wydajności 150...200mA. We wzmacniaczach dużej mocy montuje się również lampy EY88 o wydajności prądowej 220mA. Są one odporne na przeciążenia i przebiecie. Lampy EY88 i PY88 były używane jako lampy usprawniające w odbiornikach telewizyjnych. Lampy typu AZ wymagają osobnego uzwojenia żarzenia o napięciu 4V, natomiast lampy typu EZ i EY mogą być żarzone ze wspólnego uzwojenia. Jako prostownik napięcia anodowego w odbiornikach uniwersalnych (Pionier, Sonatina) stosowana jest lampka UY1N o wydajności 140mA. Jest ona pośrednio żarzona.

W stopniach końcowych odbiorników przedwojennych stosowano AL1, AL4, EL1, EL2, EL3, EBL1, ABL1, KL1 KL2 i KL4. W odbiornikach produkowanych po wojnie najczęściej używano EL11, ECL11 (odbiorniki niemieckie), EBL21, UBL21, EL84, ECL82, UCL82 i ECL86.

Lampy EL11 i EBL21 (część pentodowa) mają identyczne parametry, lecz różnią się cokołami. Zamiany EL11 na EBL21 najlepiej i najprościej można dokonać przez wykonanie cokołu przejściowego. W podobny sposób można lampę EL11 zastąpić EL84, która choć trochę różni się parametrami, to pracu-

je bez zarzutu. Bardzo dobrym odpowiednikiem EL84 jest radziecka lampka 6Π14Π, która ma taki sam prąd anodowy, lecz o 1V niższe napięcie siatki sterującej (−6V). Aby pracowała z taką samą mocą jak EL84, trzeba wymienić opornik katodowy na 120Ω. Przy zachowanym oporniku 150Ω lampka będzie pracowała z trochę mniejszą mocą.

Bardzo dobrą lampą jest EL95 i choć moc użyteczną ma prawie o połowę mniejszą niż EL84, to jest lampą oszczędną, o dobrych parametrach i dobrze się sprawdza w urządzeniach powszechnego użytku. Jest zastosowana w magnetofonie Szmaragd BG20-6 i w KB100-II.

Pragnę zwrócić uwagę, że takie same typy lamp w serii E, U i P różnią się nie tylko napięciem żarzenia, lecz mogą się dość znacznie różnić napięciem siatki pierwszej i prądem anodowym. Na przykład EL84 ma $U_{s1} - 7V$ i prąd anodowy 48mA. UL84 ma $U_{s1} - 12,5V$ i prąd anodowy 70mA, a PL84 ma $U_{s1} - 17,5V$ i prąd anodowy 60mA. Parametry identyczne jak EL84 ma PL841, opracowana jako lampka głośnikowa specjalnie do odbiorników telewizyjnych. Różni się tylko napięciem żarzenia, które wynosi 15V przy prądzie 0,3A. Chcąc zamiast EL84 zastosować PL84, należy jej żarzenie zasilić napięciem 15...16V, a w katodzie zastosować opornik 240 lub 270Ω/1W, w zależności od obciążenia.

Do najczęściej stosowanych lamp produkcji radzieckiej należą: 6Π9, 6Π6, 6Φ6, 6Π1Π, 6Π3C, 6Π14Π i 6Φ3Π. Lampy 6Π3C (6L6) były dawniej często stosowane w amatorskich krótkofalówkach. Do wzmacniaczy

akustycznych o większej mocy została opracowana lampa EL34 o dobrych parametrach, bardzo trwała i o dość dużej mocy wyjściowej 11W. W układzie przeciwobnym (PP = Push-Pull) z dwoma lampami EL34 można uzyskać moc ok. 40W, a w układzie z czterema lampami przy napięciu zasilającym 400V moc 100W. Kilkakrotnie spotkałem się z opinią, że lampy EL34 często ulegają uszkodzeniu. Ja jestem przekonany, że są to lampy bardzo dobre i wytrzymałe, a zdarzające się ich uszkodzenia miały przyczynę w zbyt niskim napięciu sterującym. Otóż ujemne napięcie dla tych lamp wynoszące -33...-39V było uzyskiwane z prostownika na elementach selenowych lub diodach germanowych typu DZG4...7. Szczególnie diody DZG były to prostowniki dość nietrwałe, o mocno pogarszających się z czasem zdolnościach prostowania prądu. Z tego powodu ujemne napięcie zostało zmniejszone o kilkadziesiąt procent, a to powodowało gwałtowny wzrost prądu anodowego i szybkie zniszczenie lamp. Z reguły po wymianie prostowników germanowych na krzemowe i ustaleniu właściwego ujemnego napięcia siatki, wzmacniacz pracował dobrze i długo. We wzmacniaczach akustycznych stosowano również lampy EL84, 6C3II, (6L6), EL36 i EL500. Należy pamiętać, że warunkiem bezawaryjnej pracy lamp jest zapewnienie im właściwych napięć, a szczególnie żarzenia i siatki pierwszej, dobre chłodzenie (wentylacja) i utrzymanie ich w czystości.

Następną grupę stanowią lampy stosowane w stopniach napięciowych i odwracania fazy oraz w stopniach pośredniej częstotliwości i detekcji. W przedwojennych odbiornikach stosowano często ABC1, AB1 i 2, AF2, AF3, AD7, EBC1, EBC3, EBF1 i EF1...EF9.

W odbiornikach produkowanych po wojnie stosowano lampy: ECC81, ECC82, ECC83, EABC80, ECC85, EF80, EF85, EF89, EBF80, EBF89, EF21 i 22, ECH81 oraz ECH21, UCH21.

Do lamp stosowanych w stopniach wzmacniaczy akustycznych należą: ECC82, ECC83, ECC85 i EF86.

Na wyróżnienie zasługuje lampa EF86, przeznaczona do stopni wejściowych wzmacniaczy o bardzo dużej czułości. Jest ona też odporna na mikrofonowanie (gongowanie), ma wewnętrzny ekran i jest lampą niskoszumową. Była najczęściej stosowana w stopniach wejściowych wzmacniaczy magnetofonowych.

W obwodach wejściowych mieszacza i oscylatora w odbiornikach przedwojennych stosowano: AK1, AK2, ACH1 i EK1...3.

Cechą charakterystyczną większości lamp przedwojennych jest to, że mają siatkę pierwszą lub czwartą wyprowadzoną na wierzchu bańki i przylutowaną do metalowej czapeczki – cylinderka. W dawniejszych lampach siatka lub anoda była wyprowadzona z boku cokołu lub na czubku lampy w postaci śrubki z nakrętką.

Zarówno lampy w obwodach wejściowych, jak i w pośredniej częstotliwości powinny mieć tak zwaną długą charakterystykę, która zapewnia dobre działanie automatycznej regulacji wzmocnienia (ARW).

Do detekcji zmodulowanego sygnału w.cz. oraz uzyskania napięcia do ARW wykorzystuje się diody znajdujące się w lampach EBC, EBF, AB lub EBL i UBL. Godna uwagi jest jeszcze jedna lampa – EABC80, która została zaprojektowana jako wzmacniacz napięciowy, detektor AM i detektor stosunkowy FM. W bańce mie-



ści się trioda napięciowa, dioda detekcyjna AM, dwie diody detekcyjne FM i ekran. Jest lampą tak powszechnie stosowaną w odbiornikach niemieckich, że tylko bardzo nieliczne, m.in. Stradivari I i TeKaDe, mają detektor na lampie EAA91. Lampa ta była często stosowana w telewizorach w układzie porównania fazy. W stopniu wejściowym mieszacza i pośredniej częstotliwości w odbiornikach produkowanych po wojnie stosowano: ECH i UCH21, ECH81, EF85, EF89, EF22, EBF80, i EBF89. W lampach ECH i UCH część triodowa pełni funkcję oscylatora, natomiast część heptodowa pracuje jako wzmacniacz w.cz. i mieszacz. Jako wzmacniacz wstępny w odbiornikach wysokiej klasy stosuje się lampę EF85 lub EF89. We wzmacniaczu p.cz. oprócz lamp EF i EBF stosuje się część heptydową ECH lub UCH, a część triodową jako wzmacniacz napięciowy.

W głowicy UKF z reguły stosowano ECC85 i sporadycznie ECC81 (Undine, Stradivari I, Syntektor 54W). Jedna trioda pracuje jako wzmacniacz antenowy a druga jako oscylator i mieszacz.

Dość dużo lamp europejskich i amerykańskich ma bardziej lub mniej ścisłe odpowiedniki lamp produkowanych w ZSRR. Oto lampy najczęściej stosowane w odbiornikach radzieckich i ich odpowiedniki:

6A7 – 6SA7 i 6A7; 6I2 – 6SQ7, 6B8C – EBF32, 6K8 – 6SJ7, 6A8 – 6A8, 6C5C – 6C5 i 6C5GT, 6H7 i 6H7C – 6N7 i 6N7GT, 6K4 – 67, 6K7 – 6K7GT, 6H7 – 6N7GT, 6X6C – 6H6G, 5I3C – 5C3S i 5Z10, 5I4C – 524.

Radzieckie odpowiedniki popularnych lamp europejskich: EABC80 – 6I3II, EAA91 – 6X2II, ECC92 – 6H15II, ECF80 – 6F1II, ECL82 – 6F3II, ECH81 – 6I1II, EF86 – 6K32II, EF85 – 6K13II, ECC88 – 6H23II, 6L6 – 6J13C, 6V6GT – 6II6C, EL36 – 6II31C, EL500 – 6II36C.

Jako oczko magiczne w radzieckich aparatach najczęściej były używane 6E1II odp. EM80 i 6E5S odp. EM34 a w polskich EM4, EM80 i EM84 i EM11 w niemieckich.

Jeśli będą osoby zainteresowane pogłębianiem wiedzy o lampach, chętnie będę służył swoim skromnym doświadczeniem.

Jerzy Szymański
j.szymanski@wp.eu



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.

ZAGADKA LOGICZNA

W konkursie elektronicznym pierwsze cztery miejsca zajęli uczestnicy, którzy skonstruowali następujące urządzenia: wzmacniacz gitarowy, termometr elektroniczny, światełka choinkowe i zegar na Arduino. Imiona uczestników w kolejności alfabetycznej to: Adam, Anna, Piotr, Tomasz.

Na podstawie podanych niżej informacji należy ustalić, *kto wykonał jakie urządzenie i które miejsce zajął*.

- Osoba która zmontowała wzmacniacz gitarowy zajęła trzecie miejsce.
- Ania zajęła lepsze miejsce niż Tomek.
- Termometr elektroniczny został gorzej oceniony niż zegar na Arduino.
- Piotr zajął miejsce bezpośrednio za Anią.
- Adam na wykonanie swojego termometru poświęcił tylko jeden dzień.
- Osoba która wykonała światełka zdobyła lepsze miejsce niż osoba która zbudowała zegar.

Rozwiązanie ułatwi zamieszczona obok tabelka.

		Imię uczestnika				Miejsce			
		Adam	Anna	Piotr	Tomasz	1	2	3	4
Wykonane urządzenie	wzmacniacz								
	termometr								
	światełka								
	zegar								
Miejsce	1								
	2								
	3								
	4								

Autorem zagadki jest **Damian Ząbczyk** z Nowej Osuchowej.

Autor w nagrodę otrzymuje 9-miesięczną e-prenumeratę EdW.

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

Uwaga!

Zniżki dotyczą wyłącznie zamówień osób prywatnych.

		
Kupon rabatowy	Kupon rabatowy	Kupon rabatowy
EdW	EdW	EdW
6/2021	6/2021	6/2021

Rozwiązaniem krzyżówki z EdW 2-3/2020 jest hasło:

GENERATOR KWADRATUROWY.

Upominki w postaci kitów AVT otrzymują:

Marcin Pędziwiatr – Bezzecze, **Sławomir Ostrowicz** – Radomsko, **Damian Ząbczyk** – Nowa Osuchowa.

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

E-maile z rozwiązaniami powinny w tytule zawierać nazwę konkursu, numer zadania i nazwisko Czytelnika, np. **Krzyżówka2106Kowalski**. 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 (precyzję sformułowań) haseł krzyżówki.

EdW 6/2021 – lista osób nagrodzonych:

Grzegorz Dobrowolski..... Szczecin
Jacek Jankowski..... Pogorzal
Karol Kopański..... Ilawa
Jerzy Kornaszewski..... Radom
Andrzej Kubiak..... Rumia
K. P.....
Marek L.....
Bogusław Łącki..... Nysa

Paweł Maćkowski..... Nowy Działyn
Sławomir Ostrowicz..... Radomsko
Marcin Pędziwiatr..... Bezrzecze
Robert.....
Daniel Różański..... Nowa Wieś
Mikołaj Rusek..... Wierzbno
Michał Ryś..... Gdańsk
Damian Sas..... Topór

Paweł Sobótka..... Szydłowiec
Michał Stach..... Kamionka Mała
Andrzej Szulda..... Olsztyn
Andrzej Telszewski..... Szczecin
Szymon Wójtowicz..... Warszawa
Damian Ząbczyk..... Nowa Osuchowa
Maciej Zieliński..... Kraków
Jan Ziembicki..... Toruń

Uwaga! Jeśli do końca czerwca 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” 6/2021

Odbiornik uSDX-RX

Skonstruowany i opisany przez SP5GNI odbiornik uSDX-RX, to prosty i tani odbiornik radiowy SDR, który umożliwia odbiór sygnałów z modulacją AM, FM, SSB i CW w szerokim zakresie częstotliwości. Urządzenie powstało na bazie transceivera QRP uSDX” prezentowanego w ŚR 2/2021.



Antena Moxona na 50 MHz

Anteny Moxona dzięki załamaniu końców promiennika i reflektora są mniejsze niż Yagi. Opisana antena ma dodatkowo dwa direktory i zapewnia doskonałe parametry. Umożliwia uzyskanie możliwie największego zysku i tłumienia wstecznego przy minimalnym WFS dla 50,2MHz.



Klucz alfabetu Morse'a

Opisany przez SP7Q klucz alfabetu Morse'a to manipulator CW z użyciem czujników nacisku AD1115. dzięki wbudowanemu komparatorowi można było zastosować mikrokontroler ATTINY85 do ustawiania progów i funkcji autoregulacji.



Errare Humanum Est

W ubiegłym miesiącu nie zgłosiliście żadnych błędów w EdW.

R E K L A M A

AVTMOD01/60W Uniwersalny regulator impulsowy 5A

Prosty i niezawodny regulator impulsowy włączany między źródło zasilania, a odbiornik. Zasilanie może pochodzić z akumulatora lub zasilacza sieciowego o odpowiedniej wydajności prądowej. Obciążeniem może być dowolny silnik prądu stałego lub żarówka.



Znajdź nas na 



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?

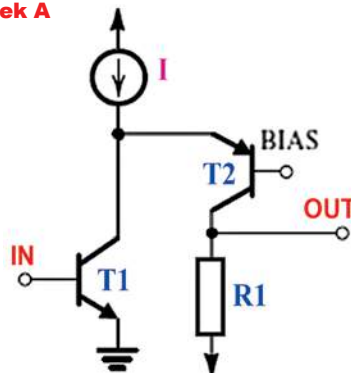
Odpowiedzi, koniecznie oznaczone dopiskiem

Jak6,

należy nadsyłać w terminie 60 dni od ukazania się tego numeru EdW.

Nagrodami w konkursie będą 3 kity AVT

Rysunek A



Rozwiązanie zadania *Jak to działa* z EdW 1/2021

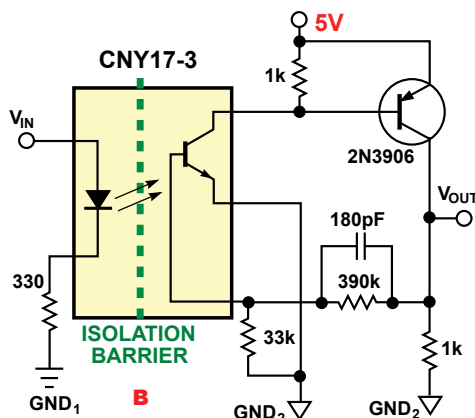
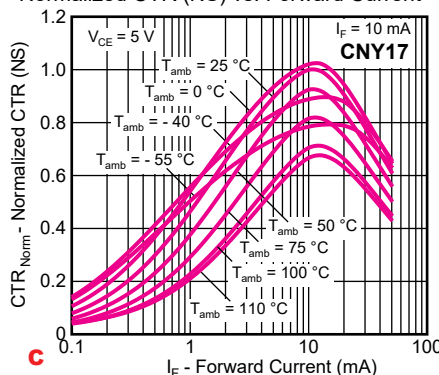
W numerze 1/2021 przedstawiony był, pokazany na **rysunku B**, nieskomplikowany układ elektroniczny. Jest to...

układ przyspieszający działanie transoptora.

Nadesłane rozwiązania wskazują, że część uczestników nie do końca przeanalizowała wchodzące tu w grę aspekty zagadnienia. Dlatego trzeba wrócić do podstaw.

Strona wyjściowa zasilana jest napięciem 5V, więc można założyć, że takie będzie również napięcie V_{IN} . W transoptorach, także w CNY17, pracują diody nadawcze IRED, których napięcie przewodzenia nie przekracza 1,5V. To oznaczałoby, że przez diodę nadawczą transoptora popłynie prąd nieco większy niż 10mA, bowiem na rezystorze 330 omów występowałoby wtedy napięcie co najmniej 3,5V. Przy takich prądach transoptory CNY17 mają najlepszy współczynnik CTR, czyli przekładnię prądową, jaką pokazuje **rysunek C** (z katalogu Vishay).

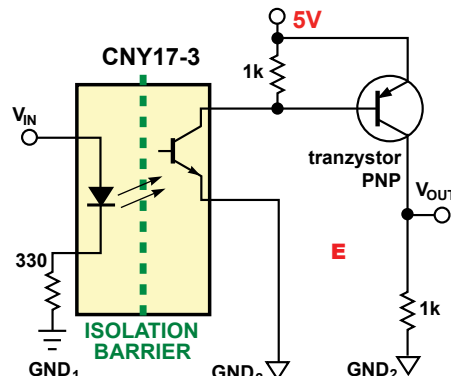
Normalized CTR (NS) vs. Forward Current



Z kolei **rysunek D** pokazuje wartości przekładni CTR. Zielone podkładki wskazują, że przy prądzie 10mA przekładnia wyniesie 100...200%. Nawet przy małym prądzie 1mA przekładnia będzie większa niż 30%.

Te informacje są potrzebne, żeby upewnić się, czy na pewno zostanie otwarty tranzystor 2N3906. Do jego otwarcia wystarczy przepływ przez fototranzystor prądu 0,6...0,7mA, co na rezystancji 1kΩ da wystarczający spadek napięcia. Nie ma więc obaw, że tranzystor 2N3906 nie zostanie otwarty.

www.vishay.com

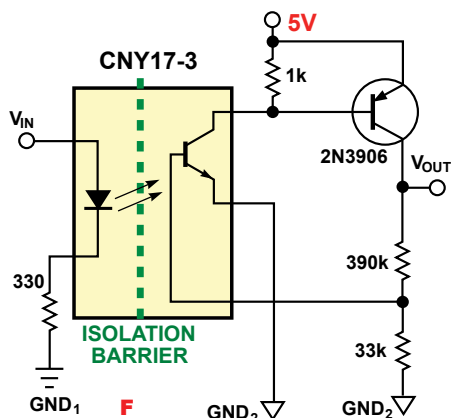


Gdyby nie było dodatkowych obwodów, układ wyglądałby jak na **rysunku E**. Podanie napięcia wejściowego V_{IN} spowodowałoby więc pojawienie się na wyjściu V_{OUT} napięcia praktycznie równego 5V.

W układzie z **rysunku B** występuje obwód sprzężenia zwrotnego z kolektora tranzystora PNP na bazę fototranzystora NPN zawartego w transoptorze.

Wzrost napięcia na wyjściu V_{OUT} przez dzielnik przenosi się na bazę fototranzystora. Jest to więc niewątpliwie obwód **dodatniego** sprzężenia zwrotnego. Na tej podstawie część uczestników wyciągnęła przedwczesne wnioski.

CURRENT TRANSFER RATIO							(T _{amb} = 25 °C, unless otherwise specified)	
PARAMETER		PART	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
I _C /I _F	V _{CE} = 5V, I _F = 10mA	CNY17-1	CTR	40		80	%	CNY17
		CNY17-2	CTR	63		125	%	
		CNY17-3	CTR	100		200	%	
		CNY17-4	CTR	160		320	%	
	V _{CE} = 5V, I _F = 1mA	CNY17-1	CTR	13	30		%	
		CNY17-2	CTR	22	45		%	
		CNY17-3	CTR	34	70		%	
		CNY17-4	CTR	56	90		%	



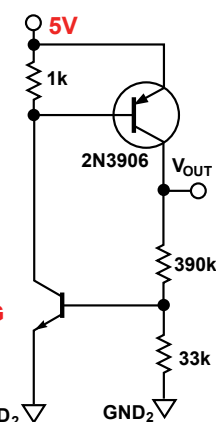
Rysunek F pokazuje, że tworzy się układ z dodatnim sprzężeniem zwrotnym, co jeszcze lepiej widać na rysunku G.

Wygląda to na typowy przerzutnik z tranzystorami komplementarnymi. Nasuwa się wniosek, że rysunek B przedstawia zatrząsk, w którym po podaniu na wejście V_{IN} nawet króciutkiego impulsu na wyjściu trwale pojawi się stan wysoki – napięcie 5V.

Taki prosty obraz mać jednak brak możliwości wyzerowania takiego przerzutnika. Natomiast dokładniejsza analiza wskazuje, że układ wcale nie jest zatrząskiem.

Owszem, w układzie występuje dodatnie sprzężenie zwrotne, ale na tyle słabe, że nie spowoduje ono zatrzaśnięcia. Pokazuje to **rysunek H**. Otóż gdy tranzystor PNP zostanie nasycony, na bazie fototranzystora NPN napięcie wzrośnie, ale tylko do wartości około 0,39V, a więc zdecydowanie poniżej progu jego przełączania.

Dodatnie sprzężenie zwrotne niewątpliwie występuje, ale jest za słabe, żeby trwale włączyć oba tranzystory. Po zaniku napięcia wejściowego V_{IN} na wyjściu V_{OUT} znów pojawi się stan niski. Ten fakt powinien skierować uwagę na proces przełączania.

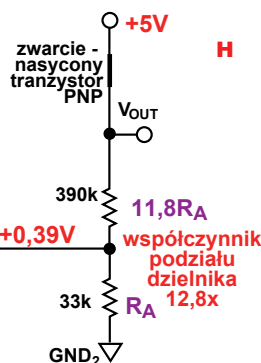


Wniosek taki potwierdza obecność kondensatora przyspieszającego (180pF), którego rolę lepiej widać po przerysowaniu schematu według **rysunku J**. W pierwszej chwili po przełączeniu kondensator ten stanowi zwarcie, więc sprzężenie dodatnie jest bardzo silne.

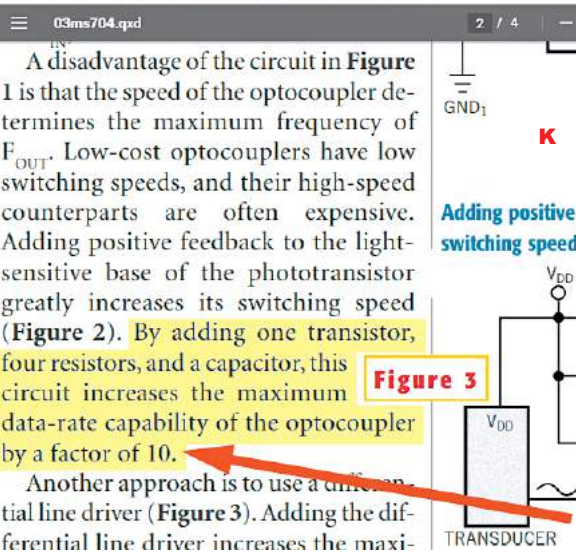
czania. Dodatkowo sprzężenie zwrotne da bowiem o sobie znać tylko podczas przełączania.

Najprościej biorąc, nie jest tajemnicą, że klasyczne transoptory, w tym CNY17, są powolne. Zbocza impulsów są stosunkowo łagodne. Czasy narastania i opadania są rzędu kilku do nawet kilkudziesięciu mikrosekund. To bardzo dużo jak na układy cyfrowe, gdzie wymagana jest większa stromość zboczy. Odpowiednio dobrane dodatnie sprzężenie zwrotne na pewno może wystrzycić zbocza impulsów wyjściowych.

Więcej z rysunku B wywnioskować się nie da. Niewiele pomoże oszacowanie, przy jakich dużych częstotliwościach impulsów sprzężenie jest cały czas bardzo silne, a przy jakich jego siła się zmniejsza. Według katalogu czas trwania zbocza podczas włączania (rise time) wynosi około 3 mikrosekund, a czas trwania zbocza przy wyłączaniu (fall time) około 14 mikrosekund. Już suma tych czasów daje 17 mikrosekund. Do tego dochodzą czasy opóźnienia i według katalogu Vishay suma czasów włączania (turn-on time) i czasu wyłączania (turn-off time) dla CNY17-3 typowo wynosi ponad 27 mikrosekund (4,2μs + 23μs). Zwłaszcza czas wyłączania ogranicza maksymalną częstotliwość impulsów przenoszonych przez transoptor poniżej 40kHz. W tym kontekście zgrubną wskazówką jest wartość stałej czasowej, jaką na rysunku B daje kondensator przyspieszający 180pF z „dolną” rezystancją 33kΩ. Ta stała czasowa wynosi około 6 mikrosekund. Ma ona znaczenie, gdy na wyjściu V_{OUT} pojawia się zbocze opadające. Natomiast przy występowaniu tam zbocza rosnącego czas jest znacznie krótszy z uwagi na przepływ zwiększonego prądu bazy.



m.eet.com/media/1146715/22423-61876.pdf



Takie rozważania to jednak za mało, żeby wywnioskować, że układ z rysunku B nie tylko polepsza stromość zboczy, ale też znacznie przyspiesza proces przełączania, przez co transoptor może pracować z impulsami o znacznie większej częstotliwości, jak właśnie oszacowane kilkadziesiąt kiloherców.

Schemat pokazany na rysunku B pojawił się jako *Figure 2* w opracowaniu *Isolation techniques for high-resolution data-acquisition systems*, dostępnym w chwili pisanego tego materiału pod adresem: <https://m.eet.com/media/1146715/22423-61876.pdf>

Opracowanie to zasadniczo dotyczy innego, szerszego zagadnienia, a analizowany schemat występuje jako przykład, pozwalający zwiększyć szybkość przełączania „zwykłego” transoptora. Jak pokazuje **rysunek K**, według autorów publikacji szybkość transferu danych można w ten prosty sposób zwiększyć nawet 10-krotnie!

Podobnych propozycji jest w literaturze niewiele. Najczęściej proponuje się wykorzystanie szybszych transoptorów, choćby klasycznych 6N137.

Zadanie było trudne. Gratulacje należą się wszystkim uczestnikom. Za prawidłowe można więc uznać te rozwiązania, w których pojawiła się wzmianka o przyspieszeniu procesu przełączania. Jeden ze stałych uczestników znalazł nawet źródło – wspomniany plik PDF. Nagrody-upominki za zadanie *JakDziała!* otrzymują:

Damian Sas – Topór,
Jan Ziembicki – Toruń,
Andrzej Szulda – Olsztyn.

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



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 4/2021

Miejsce na
kupon
rabatowy
EdW5/2021

Miejsce na
kupon
rabatowy
EdW 6/2021

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

ZAMÓWIENIE na artykuły z oferty AVT

Kity

Opis oznaczeń wersji kitów:

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

Numer kitu AVT	A	A+	B	C	UK

Inne artykuły z oferty AVT

Kod – Nazwa	Ilość

Nadawca:

imię i nazwisko

adres nadawcy

Adres:

☐ wysyłka pobraniowa kurierem: 19zł

Przenośna stacja lutownicza KD862 na gorące powietrze



Cyfrowa stacja Hot Air KD 862 umieszczona w kolbie. Kompaktowa forma, łatwa do przenoszenia i transportu - wygodne rozwiązanie dla mobilnych serwisantów. Oprócz typowych zastosowań, nadaje się również do spawania tworzyw sztucznych, obkurczania, usuwania starych powłok z farb, itp.



Sterowanie umieszczone w kolbie: pokrętko do regulacji przepływu powietrza (**max 120l/min**) i przyciski do regulacji temperatury (**od 100°C do 480°C**)

- wyświetlacz LED
- zasilanie 230V
- pobór prądu 650W
- długość całkowita 30.5cm
- system schładzania grzałki
- mocna grzałka wykonana z grubego drutu (większa wytrzymałość i trwałość)
- źródło przepływu powietrza: wentylator z silnikiem bezszczotkowym

160zł

W zestawie:

- kolba
- uchwyt
- instrukcja
- 3 dysze okrągłe
- 1 dysza kwadratowa

kod handlowy: KD862



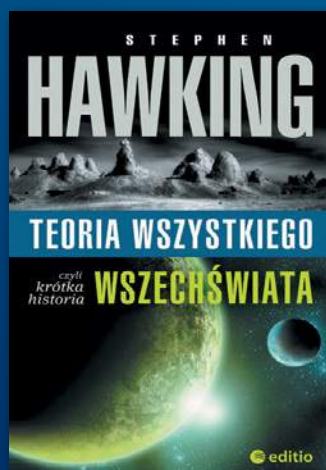
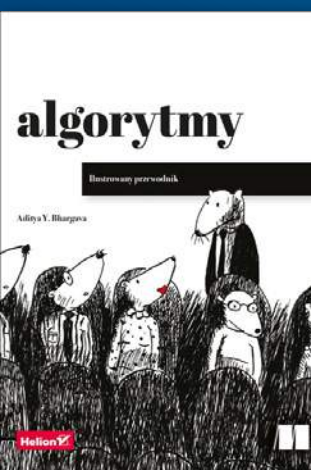
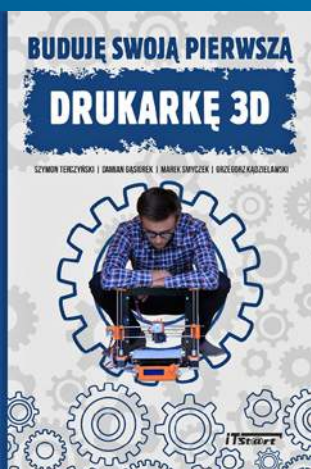
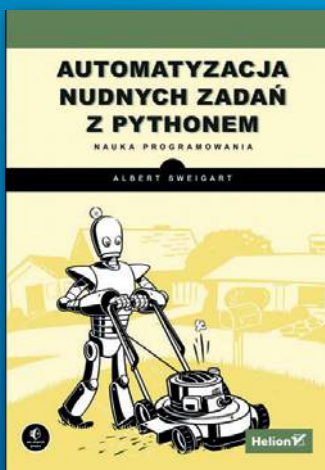
sklep.avt.pl



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

KSIĄŻKI W ULUBIONYM KIOSKU

Wybieraj spośród naszych nowości i bestsellerów!



Zobacz pełną ofertę książek na UlubionyKiosk.pl