

ELEKTRONIKA

dla wszystkich

5/2021 MAJ • CENA 13,90 zł (w tym 8% VAT)

www.elportal.pl

Mikrostacja pogodowa

Izolowany galwanicznie mostek USB-I2C

- ▶ Uniwersalna przystawka pomiarowa do komputerowej karty dźwiękowej
- ▶ Chaotyczny, bipolarny sterownik LED
- ▶ Uniwersalny generator melodii
- ▶ Felieton: Jubileusz 25-lecia EdW
- ▶ Moja przygoda z elektroniką i EdW
- ▶ Schematy EdW we Fritzingu
- ▶ MPPT
 - Analogowy, bezindukcyjny sterownik MPPT?
- ▶ Modułowe mierniki napięcia i prądu stałego
- ▶ Wzmacniacze klasy D – Modulacja AD i BD
- ▶ Silniki prądu stałego – Hamowanie MOSFET-em?
- ▶ Analizatory NWT
 - Modyfikacja analizatora D6
- ▶ Charakterystyka popularnych magnetofonów
- ▶ Odkrywamy schematy
 - Zasilacze komputerowe



INDKS 333 62X ISSN 1425-1698



Portale branżowe
AutomatykaB2B.pl
ElektronikaB2B.pl

Miejsca dla
specjalistów

Drukarki 3D
filamenty, części zapasowe



FIRMA PIEKARZ
CZĘŚCI ELEKTRONICZNE

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

www.piekarz.pl



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

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

Pomiary:

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

Wyświetlacz:

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

Funkcje, cechy:

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

W zestawie:

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



UT-139S
220zł



sklep.avt.pl

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

Stacje lutownicze 80W

zakres regulacji temperatury: od 100°C do 420°C



RTC-24/80W 467zł
(cyfrowy odczyt temperatury)



RT-24/80W 320zł
(analogowy odczyt temperatury)



Lutownice



SL-230 235zł
70W; 230Vac;
regulacja temperatury

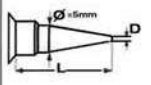
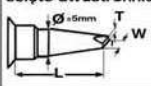
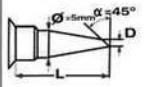


LERT-24 197zł
60W; 24Vac; bez złącza;
regulacja temperatury



LES-1 60W 166zł
LES-1 80W 166zł
24Vac; złącze DIN 6pin

Groty i akcesoria

groty	kod handlowy	L [mm]	D [mm]	T [mm]	W [mm]
stożkowe 	GROT GD1 044	18	0,4		
	GROT GD1 045	18	0,8		
	GROT GD1 046	18	1,2		
	GROT GD1 047	25	0,4		
	GROT GD1 048	25	0,8		
ścięte dwustronnie 	GROT GD2 049	18		0,8	2,4
	GROT GD2 050	18		1,2	3,2
	GROT GD2 051	25		0,4	1,6
	GROT GD2 052	25		0,8	2,4
ścięte jednostronnie 	GROT GD3 053	18	1,6		
	GROT GD3 054	18	2,4		
	GROT GD3 055	18	4,0		
	GROT GD3 056	25	1,6		
	GROT GD3 057	25	2,4		



Groty GD - cena za 1 sztukę: 19zł

Grot ART: 30zł

PODST PL-2 (podstawa pod LES-1) 62,50zł

PODST PL-3 (podstawa pod LERT-24, SL-230) 62,50zł

Gąbka Elwik: 6,50zł

Grot ART 8mm, skośnie ścięty, przeznaczony do lutowania witraży.



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



ARTRONIC.....1



ELMAX.....34



FERYSTER.....49



PIEKARZ.....1, 31

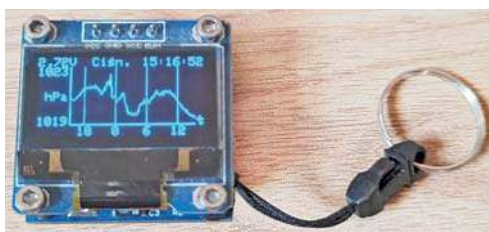


PRODUCENT AUTOMATYKI GRZEWCZEJ

PW KEY.....27



SEMICON.....37



str. 18

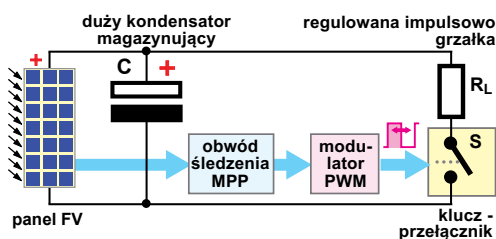
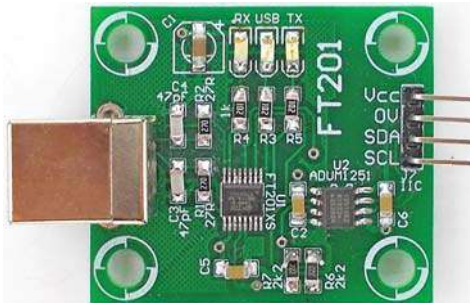
Mikrostacja pogodowa

Małeńki układ, który pełni funkcję zegarka, kalendarza, ale przede wszystkim pokazuje temperaturę, wilgotność, ciśnienie i ewentualnie także wysokość barometryczną. Całość zasilana baterijką CR2032, która wystarcza aż na 6 do 12 miesięcy pracy.

str. 22

Izolowany galwanicznie mostek USB-I2C

Pierwsza część artykułu, dotycząca bardzo ważnego i nietatwego tematu: jak podłączyć urządzenia do komputera, zapewniając izolację galwaniczną.



str. 30

Najprostsze sterowniki MPPT

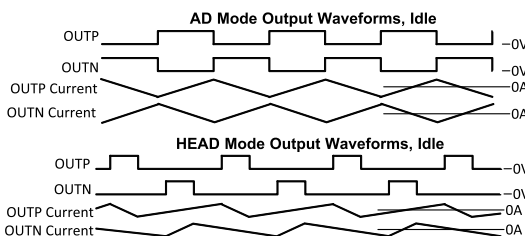
Wbrew popularnym wyobrażeniom, kontroler ze śledzeniem MPP wcale nie musi być skomplikowanym urządzeniem, a w szczególności nie musi zawierać przetwornicy indukcyjnej!

str. 36

Wzmacniacze klasy D Klasy AD, BD oraz HEAD

Wiadomo, że we wzmacniaczach klasy D, wypełnienie impulsów musi odpowiadać chwilowej amplitudzie sygnału audio.

Można to zrealizować na mnóstwo różnych sposobów, na przykład według schematów zwanych AD, BD oraz HEAD.



str. 53

Chaotyczny, bipolarny sterownik LED

Łańcuszek diod LED może przykuwać uwagę nie tylko zwykłym, monotonnym migotaniem. Układ zapewnia, że diody migają w różny sposób, tworząc wrażenie kompletnego chaosu. A do tego wystarczą tylko dwa przewody!

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

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

Miesięcznik



www.elportal.pl

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

Wydawca:

Wiesław Marciniak

Adres Wydawcy:

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

Redaktor Naczelny:

Piotr Górecki, pg@elportal.pl

Redaktorzy Działów:

Andrzej Janeczek
sp5aht@swiatradio.com.pl

Opracowanie graficzne, skład:

Ewa Górecka-Dudzik

Okladka, zdjęcia, skanowanie:

Piotr Górecki jr

Sekretarz Redakcji

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

Dział Reklamy:

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

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

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

Korespondencja elektroniczna:

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

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

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

uwagi do rubryki Errare:
errare@elportal.pl

Prenumerata:

W Wydawnictwie AVT

tel: (22) 257 84 22

e-mail: prenumerata@avt.pl

W RUCH S.A.

tel: 801 800 803, (22) 717 59 59

e-mail: prenumerata@ruch.com.pl

www.prenumerata.ruch.com.pl

Stali współpracownicy:

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

Maj 5 (304)

Projekty

Projekty AVT

Mikrostacja pogodowa	18
Izolowany galwanicznie mostek USB-I2C, część 1	22
Uniwersalna przystawka pomiarowa do komputerowej karty dźwiękowej – część 2	25

Elektronika 2000

Chaotyczny, bipolarny sterownik LED	53
---	----

Forum Czytelników

Z potrzeby chwili...	
Uniwersalny generator melodii	56

Szkoła Konstruktorów

Zadanie główne 302

Zaproponuj sposób zmniejszenia wydajności pompy obiegowej w wannie tarasowej	43
--	----

Rozwiązanie zadania głównego 297

Zaproponuj układ elektroniczny, przydatny w domowym akwarium lub terrarium	44
--	----

Druga klasa Szkoły Konstruktorów Co tu nie gra? 302, 297	47
---	----

Trzecia klasa Szkoły Konstruktorów Policz 302, 297	50
---	----

Artykuły różne

Felieton: Jubileusz 25-lecia EdW	16
Moja przygoda z elektroniką i EdW	16
Schematy EdW we Fritzingu, część 2	28
MPPT, część 12	30
Modułowe mierniki napięcia i prądu stałego, część 3	32
Wzmacniacze klasy D, część 11	36
Silniki prądu stałego, część 10	38
Analizatory NWT – modyfikacja analizatora D6, część 2	40
Lampowy magnetofon szpulowy	
Charakterystyka popularnych magnetofonów, część 3	58
Odkrywamy schematy. Zasilacze komputerowe, część 8	62

Rubryki stałe

Nowości, ciekawostki	6
Prenumerata	8
Pocztą	10
Skrzynka porad	13
Księgarnia AVT	35
Oferta handlowa AVT	70

Konkursy

Jak to działa?	60
Co to jest?	67
Krzyżówka	68



Maj

Cieszę się, że w majowym numerze możemy zamieścić projekt stacji pogodowej w wersji mikro. Autor, znany już Czytelnikom EdW ze swoich poprzednich publikacji, znów przedstawił interesujące i inspirujące rozwiązanie. Już fotografia okładowa stanowi dowód, że nie jest to jedynie niesprawdzony prototyp, ale praktycznie użyteczna, przetestowana konstrukcja. Nawet jeżeli nie planujesz wykonać takiego gadżetu zapoznaj się z projektem, który może stać się zachętą do realizacji podobnych układów.

Materiałem, który na mnie zrobił największe wrażenie, jest w tym numerze felieton. Felietonów zawsze mamy mało – zachęcam do przysyłania, a w kilku najbliższych numerach przedstawimy w tej rubryce plony konkursu *Moja przygoda z elektroniką i EdW*. Na stronie 16 znajdziecie pierwszą część materiału nadesłanego przez Rafała Wiśniewskiego, Autora niesamowitego projektu sprzed roku – kalkulatora TTL. Także i w tym numerze przygotowaliśmy dla Was szereg bardzo wartościowych artykułów i projektów. Szczególnie zachęcam do przeanalizowania odcinków dotyczących MPPT i wzmacniaczy klasy D. Dla wielu najprawdopodobniej sporym zaskoczeniem będzie informacja, że sterownik MPPT można zrealizować bez użycia przetwornicy indukcyjnej. To bardzo ważny odcinek, ponieważ z nietypowej strony pokazuje, czym tak naprawdę jest MPPT. A uzupełnieniem tego materiału, prawdopodobnie już w następnym numerze, będzie projekt prostego, bezindukcyjnego sterownika MPPT, jaki przygotował ekspert od przetwornic, Karol Świerc.

Nie pominiecie też odcinka o wzmacniaczach klasy D, ponieważ omawiamy tam bardzo popularne, a słabo rozumiane odmiany modulacji zwane AD i BD.

Nieustannie zachęcam do kontaktu z redakcją. Cieszę się, że w rubryce *Pocztą* w każdym miesiącu możemy zamieścić szereg interesujących listów.

I jak zawsze zapraszam do lektury, a także do udziału w naszych licznych konkursach, w szczególności w *Szkole Konstruktorów*.

Serdecznie pozdrawiam

Piotr Górecki



**Prenumerata
– naprawdę warto!**

NOWE ONEPLUS Z LOGO HASSELBLAD

Logo znanych producentów aparatów i optyki na plecach smartfonów to nic nowego. Widzieliśmy już Leicę, Zeiss czy Polaroida, ale mało kto spodziewał się, że na chińskim telefonie pojawi się znak jednego z najbardziej ekskluzywnych producentów sprzętu foto – szwedzkiego Hasselblada.

Nowy OnePlus 9 Pro ma być przełomem dla tej marki w kwestii jakości wykonywanych zdjęć, a wszystko za sprawą trzech głównych aparatów. Ten podstawowy to optycznie stabilizowany 48-megapikselowy obiektyw o kącie widzenia odpowiadającym 23mm dla pełnej klatki i ekwiwalencie przysłony na poziomie $f/1.8$. Dopelnieniem jest 50-megapikselowy aparat z obiektywem szerokokątnym (14mm $f/2.2$) i tele – również stabilizowany optycznie moduł z 8-megapikselowym sensorem, ogniskową 77mm (ekwiwalent) i światłem $f/2.4$.

Wiele wskazuje na to, że to współpraca przynajmniej na kilka lat, ale jak się dowiedziano w pierwszej generacji Hasselblad zadbał głównie o kalibrację kolorów i analogowe przetwarzanie obrazu, a dopiero w drugiej i trzeciej firma zajmie się również bliższą

współpracą w kwestii optyki. Nie jest tajemnicą, że zdecydowana większość producentów aparatów cyfrowych i tak korzysta z zewnętrznych dostawców matryc, więc nie można traktować tego jak zarzut.

Pierwsze recenzje wskazują, że rzeczywiście współpraca z Hasselbladem wyszła OnePlusowi na dobre. Model OnePlus 9 Pro można kupić w Polsce w oficjalnej dystrybucji już od 4200zł.



ELEKTRYCZNY MERCEDES Z OGROMNYM ZASIĘGIEM

Zasięg pojazdów elektrycznych to wciąż kluczowy temat w kontekście ich popularyzacji na całym świecie. Mercedes EQS zapowiada się na jednego z najbardziej interesujących elektryków, które niebawem wyjadą na publiczne drogi. Producent, jeszcze przed oficjalną premierą, podzielił się z potencjalnymi nabywcami ważnymi informacjami o kluczowych właściwościach i osiągnięciach.

Samochody elektryczne już od kilku lat przestały być kojarzone jedynie z autami miejskimi. Co więcej, realne staje się podróżowanie na przykład przez całą Polskę z gór nad morze na jednym ładowaniu. Tesla Model S Plaid ma zapewnić zasięg przekraczający 840km, a kolei Mercedes EQS, będący elektrycznym odpowiednikiem klasy S, zaofiaruje zasięg do 770km według normy WLTP.

Jak podaje niemiecki producent samochodów, wartość 770km udało się osiągnąć m.in. dzięki imponująco niskiemu współczynnikowi oporu powietrza – 0,20. Warto dodać, że to pierwszy samochód produkcyjny, który osiągnął taki współczynnik Cd. W najwyższej wersji pojemność akumulatora wyniesie 108kWh, czyli naprawdę dużo, a to za sprawą specjalnie zaprojektowanej platformy, która przeznaczona jest wyłącznie dla elektryków.

Na stacjach szybkiego ładowania Mercedes EQS przyjmie moc nawet 200kW, co umożliwi przejechanie kolejnych 300km po zaledwie 15 minutach. Natomiast na wolniejszych ładowarkach z prądem przemiennym będzie można ładować z mocą do 22kW.



HUAWEI WATCH 3

Sukces Huawei na rynku inteligentnych zegarków należy uznać za umiarkowany. Huawei Watch GT zadebiutował w październiku 2018 roku. Po nim na rynku pojawiło się kilka kolejnych modeli z tej serii, a najnowszym wciąż jest Huawei Watch GT 2 Pro.

Wszystkie smartwatche z serii Watch GT pracują na autorskim systemie chińskiej firmy. Na Huawei Watch 3 ma natomiast zostać zainstalowany nie Wear OS od Google, którego oczekiwali niektórzy, tylko własny HarmonyOS, którego wydania w wersji stabilnej spodziewamy się już w tym miesiąca.

Co bardzo interesujące na Huawei Watch 3 podobno będzie można zainstalować również aplikacje firm trzecich, a do tego ma on obsługiwać zbliżeniowe płatności. Na tę chwilę nie wiado-

mo jednak, w jaki sposób. Być może za sprawą Huawei Pay, które niestety wciąż nie jest dostępne w Polsce, mimo głośnych zapowiedzi wprowadzenia tego systemu do Europy.

Huawei Watch 3 ma też być dostępny w przynajmniej dwóch

wersjach, z których jedna zapewni wsparcie dla eSIM. Sprawi to, że smartwatch będzie całkowicie autonomiczny, jako że na jego pokładzie z pewnością nie zabraknie również głośnika i mikrofonu.

Premiera? Należy spodziewać się jej pod koniec maja tego roku. Cena nie powinna przekraczać 1500 zł, jeśli sugerować się cenami poprzednich generacji w dniu premiery.



DROGIE SŁUCHAWKI DLA GRACZY

W portfolio firmy Bang & Olufsen, która do tej pory kojarzyła się raczej ze sprzętem audiofilskim, pojawiły się nowe słuchawki, które zgodnie z zapewnieniami producenta, mają być doskonałym wyborem dla graczy. Wydaje się jednak, że model Beoplay Portal to coś dla tych bardziej zasobnych miłośników elektronicznej rozrywki.

Porządnie wykonane, lekkie słuchawki mają znakomicie nadawać się do długich sesji z grami, oferując ponadprzeciętne parametry akustyczne. Ze względu na przynależność do programu Desinged for Xbox, mają bezproblemowo łączyć się z konsolami Xbox Series X | S i Xbox One za pośrednictwem protokołu Xbox Wireless i zapewniać połączenie o wysokiej przepustowości i niskich opóźnieniach. Oczywiście słuchawki da się też podłączyć do komputera i urządzeń mobilnych za pomocą Bluetooth 5.1 czy USB-C.

Dwa 40-milimetrowe przetworniki z magnesami neodymowymi będą odpowiadać za reprodukcję dźwięku, zaś system aktywnej redukcji szumów pozwoli w pełni skupić się na rozgrywce. O jakość dźwięku zadbać system Dolby Atmos i kodeki aptX Adaptive.

Beoplay Portal wykonane są z materiałów wysokiej jakości: poduszki nauszników z pianki z pamięcią kształtu, owinięte w skórę jagnięcą, a zewnętrzny pałąk wyścielany jest tkaniną z włókna bambusowego. Całość waży zaledwie 282 gramy.



PRAWDZIWY LAPTOP DO PRACY I GIER

XPG, firma znana głównie z urządzeń dla graczy, zaprezentowała ostatnio laptopa Xenia Xe, który ma zadowolić nie tylko gamerów, ale też osoby szukające ultrabooka do pracy.

Według deklaracji producenta, najnowszy laptop został zaprojektowany tak, aby zapewnić jak najlepszą równowagę pomiędzy jakością wykonania a płynnością działania. Firma zadbała, żeby urządzenie wyglądało stylowo i było wytrzymałe, ale jednocześnie zapewniało wydajność, jakiej oczekują wymagający użytkownicy.

Producent informuje, że obudowa ultrabooka XPG Xenia Xe mierzy zaledwie 14,9 mm grubości i została wykonana z wysokiej jakości anodowanego aluminium poddanego obróbce na maszynach CNC. Pomogło to utrzymać wagę w ryzach – sprzęt waży zaledwie 1,65 kg. Mimo to, pozwoli obrobić wideo oraz bez problemu zagrać w najnowsze gry.

Laptop ten dostępny będzie na rynku w konfiguracjach z procesorem Intel Core i5-1135G7 oraz Intel Core i7-1165G7 z grafiką Intel Iris Xe i od 8GB do 16GB RAM 4266MHz LPDDR4x. Uwagę zapewne zwróci także to, że Xenia Xe może pochwalić się też certyfikatem Intel EVO, co w praktyce oznacza, że zapewni bardzo długi czas pracy na baterii (według deklaracji producenta – nawet do 16 godzin), a do tego wspiera szybkie ładowanie akumulatora – do 80% w godzinę, do 100% w 2,5 godziny.



MEDIATEK LIDEREM

Rok 2020 był trudnym okresem dla wielu producentów czipów, głównie z uwagi na przerwane łańcuchy dostaw. MediaTek jednak nie może narzekać, bo był to dla tej firmy najlepszy czas od dawna. Tajwański producent chipsetów odnotował znaczący wzrost sprzedaży i stał się największym dostawcą układów SoC na świecie.

Ekspertci twierdzą, że nagły wzrost dostaw układów od MediaTeka jest spowodowany zmianą kierunku producentów smartfonów, którzy coraz mocniej skupiają się na smartfonach z niskiej i średniej półki. W 2020 roku firma sprzedała 351,8 miliona chipsetów do smartfonów, co jest wzrostem o 113,8 miliona względem roku 2019. Tajwańczycy posiadają obecnie 27,2% udziału w globalnym rynku, podczas gdy w 2019 roku wynosił on zaledwie 17,2%.



Nie byłoby wzrostu dostaw procesorów od MediaTeka gdyby nie globalny rozwój i ogromny wzrost popularności smartfonów od Xiaomi, które bardzo chętnie korzysta z chipsetów tajwańskiego producenta. W 2020 roku Xiaomi było największym klientem MediaTeka i dostarczyło na rynek o prawie 230% więcej smartfonów z jego chipami niż w 2019 roku. Ogromny wzrost popytu (aż o 250% względem 2019 roku) na smartfony działające na chipach MediaTeka zaobserwował też Samsung, który w smartfonach klasy średniej coraz chętniej stosował tajwańskie komponenty zamiast własnych czipów.

PRENUMERUJ

prenumerata roczna
1 wydanie gratis
152,90 zł

prenumerata dwuletnia
6 wydań gratis
250,20 zł

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

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

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

do 50% zniżki
za lojalność

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

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

prenumeratę zamówisz:

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

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

Przetwarzamy Twoje dane, aby móc wysłać Ci nasze czasopisma w
formie drukowanej lub elektronicznej oraz inne towary
(np. prezenty), a także w innych prawnie usprawiedliwionych celach,
w tym marketingu bezpośredniego naszych produktów
i usług (tzw. uzasadniony interes administratora). Podanie danych
jest dobrowolne, ale niezbędne do zrealizowania zamówienia na
prenumeratę.

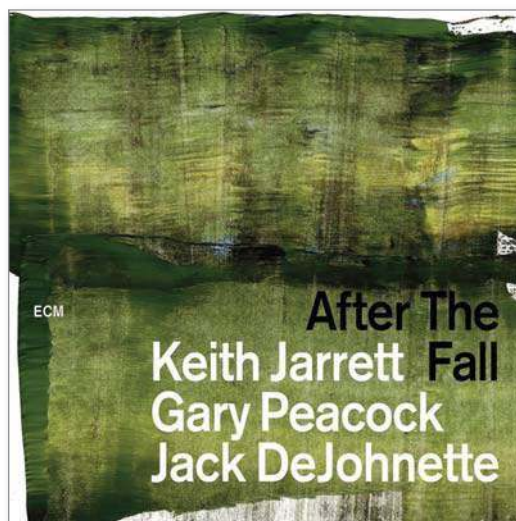
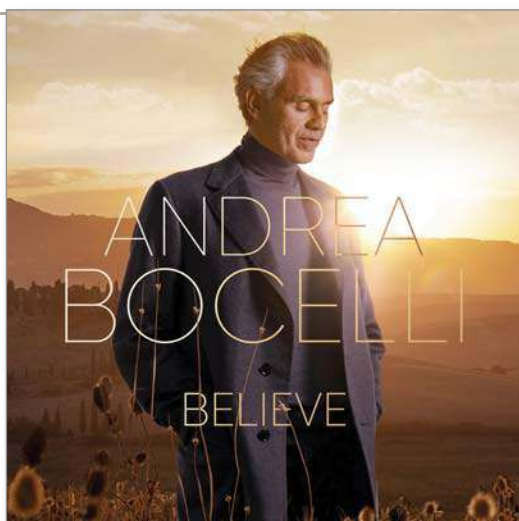
Twoje dane osobowe przekazujemy Poczcie Polskiej, która
dostarcza do Ciebie przesyłki. Bez Twojej zgody nie prześlemy
i nie będziemy dokonywać obrotu (nie użyczymy, nie sprzedamy)
Twoich danych osobowych innym osobom lub instytucjom.
Twoje dane osobowe możemy przekazać jedynie podmiotom

uprawnionym do ich uzyskania na podstawie obowiązującego
prawa (np. sądy lub organy ścigania) – ale tylko na ich żądanie
w oparciu o stosowną podstawę prawną. Będziemy przetwarzać
Twoje dane osobowe przez 5 lat od zakończenia roku
obrachunkowego, w którym wystąpiła ostatnia płatność. Dane
osobowe do celów marketingowych będziemy przetwarzać do
czasu wycofania przez Ciebie zgody na przetwarzanie lub do czasu
usunięcia danych.

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

...i korzystaj Z PRZYWILEJÓW

prezent za zaprenumerowanie magazynu



Każdorazowo opłacenie prenumeraty jest premiowane prezentem.

W tym numerze są do wyboru dwie płyty:

- Andrea Bocelli „Believe”
- Keith Jarrett, Gary Peacock, Jack DeJohnette „After the Fall”

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

(...) w załączeniu przesyłam dokumentację skonstruowanego i wykonanego przeze mnie zasilacza anodowego HV. Jeżeli projekt będzie (...) na tyle interesujący, aby go opublikować na łamach EdW, to cała przyjemność po mojej stronie. Jeżeli nie, to proszę tego e-maila po prostu wyrzucić do kosza. Nie jestem redaktorem i nie mam pojęcia o składzie DTP, więc to zadanie pozostawiam specjalistom, czyli Wam. (...)

Pozdrawiam
Jerzy Łydka

Nie wyrzuciliśmy e-maila do kosza, a nadesłany materiał stanął się okładkowym projektem, najprawdopodobniej już w lipcu. Niedawno wyraziliście żywe zainteresowanie układami lampowymi i właśnie ten regulowany stabilizator napięcia anodowego, choć nie zawiera lamp, bardzo przyda się, zarówno do eksperymentów z lampami, jak też jako zasilacz w budowanych urządzeniach lampowych.

Witam serdecznie (...)

bardzo proszę o stałą rubrykę „...z pracy serwisanta”.

W EdW 2–3 /2021 zamieścili Państwo doświadczenia serwisanta z naprawy sprzętu audio (amplitunerów). To niezwykle pouczająca pozycja. Proszę o jeszcze więcej! Chciałbym również, aby poza zakresem naprawy sprzętu RTV znalazł się także serwis sprzętu AGD – przynajmniej tego niedużego, jak np. ekspresy ciśnieniowe, odkurzacze, itd. Sądzę, że

w dzisiejszej dobie masowej produkcji i cyfryzacji urządzeń, a przede wszystkim ograniczeń związanych z pandemią, po prostu brakuje takich porad.

Pamiętam z dawnych czasów, że kiedyś w EdW był to stały, i wyczerpujący w formie dział. Dziękuję i pozdrawiam

Zbyszek S.

Chętnie przedstawimy w EdW wszelkie wartościowe materiały dotyczące serwisu. Zachęcamy Czytelników do nadsyłania tego rodzaju relacji z napraw sprzętu!

Dzień dobry

Dla celów edukacyjno-poznawczych chcę analizować (wizualizować) przebiegi m.cz. w funkcji częstotliwości w wąskim zakresie 150–350 Hz. Sygnał przed podaniem na oscyloskop z funkcją FFT (lub rozważam przystawkę CLIO POCKET 2,1) należy ostro odfiltrować z dołu i z góry aktywnymi filtrami analogowymi LP i HP.

W związku z tym mam pytania:

- Czy do tego celu mógłbym adaptować radiokomunikacyjny filtr audio AVT-5109 (EP 8/2007), ewentualnie jakie korekty w układzie należy dokonać, ewentualnie może coś dodać? Niestety jest to filtr impulsowy :-)
- Czy filtr przedstawiony w EdW 9/2009 str. 26 rys. 6 jest rozwinięciem rzeczywistego filtra, czy tylko schematem poglądowym – czy mógłby być zaaplikowany do moich potrzeb?
- W publikacji „Wzmacniacze operacyjne” Piotr Górecki, podane są proste zależności do wyznaczenia elementów filtrów 4. rzędu – czy można w równie prosty sposób obliczyć elementy dla filtra 8. rzędu?
- Czy filtr LP i HP mogą następować bezpośrednio po sobie?
- Jaki optymalny poziom sygnału należy podać na wejście filtra? Sygnał z mikrofonu czy zza przedwzmacniacza, czy wzmacniacza?

– Przejrzałem roczniki „Elektronika Praktyczna” i „Elektronika dla Wszystkich”. Znalazłem info o filtrach, lecz dla moich potrzeb do adaptacji znalazłem tylko jw. – może coś lepszego przeoczyłem?

Gotowych filtrów na zakres 150...350Hz w internecie nie znalazłem.

A może wystarczą proste filtry łańcuchowe RC lub LC?

Bylbym wdzięczny za wszelką pomoc, wskazówki, porady, fachowe podpowiedzi.

A M

Trudnym tematem filtrów interesuje się też wielu innych Czytelników. Pytanie trafiło do Skrzynki porad, a odpowiedź jest zamieszczona w tym numerze na stronie 12. Autor po otrzymaniu tego materiału napisał:

Dziękuję bardzo za praktyczne informacje, upewniły mnie one, że zmierzam we właściwym kierunku.

Modułowe mierniki napięcia i prądu stałego.

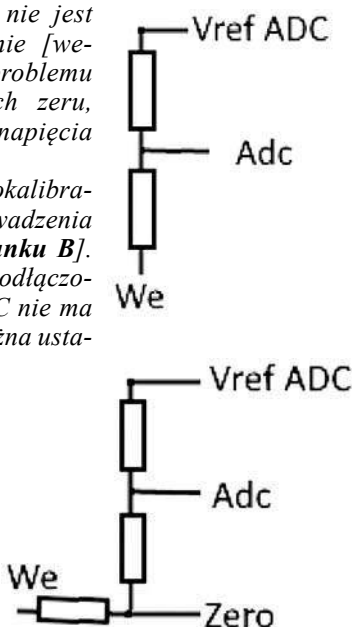
Dzień dobry

Zastanawia mnie, dlaczego nie jest stosowane proste rozwiązanie [według rysunku A]: nie ma problemu z pomiarem napięć bliskich zeru, a dodatkowo można mierzyć napięcia ujemne.

Można też prosto zrobić autokalibrację zera przez zwarcie wyprowadzenia ZERO do masy [według rysunku B]. Wystarczy, aby ZERO było podłączone do wyjścia OD, a jeżeli uC nie ma trybu OD (jak SMT32), to można ustawić wyprowadzenie jako wejście bez podciągania.

A może EdW opracowałoby prosty, tani miernik, ale lepszy od większości bądziwia dostępnego na rynku?

Pozdrawiam
Czytelnik



Pytanie Czytelnika można potraktować jako interesujący konkurs. Będzie to jedno z najbliższych zadań konkursu **Co tu nie gra?** w drugiej klasie Szkoły Konstruktorów. Już teraz możecie się zastanowić nad obydwooma schematami.

W EdW można byłoby opracować prosty miernik lepszy od większości bądziwia dostępnego na rynku, tylko byłby on kilkakrotnie droższy niż chińska masówka. Sens jest wątpliwy także dlatego, że za kilkanaście złotych można kupić modułowe mierniki o zaskakująco dobrej precyzji i dokładności.

Witam

W odpowiedzi na prośbę: „poinformujcie (...) jaką tematykę powinniśmy się zajmować”, chciałbym zaproponować trzy tematy.

1. Kontynuowanie tematyki związanej z elektroniką retro. Nie chodzi tylko o lampy, choć one oczywiście są ważnym (i wciąż żywym) artefaktem minionej epoki, ale także o różne historyczne, już niespotykane rozwiązania.

Sporo ciekawostek dowiedziałem się z serii książek „Elektrotechnika prądów słabych” Ksawerego Gnoińskiego z 1922 i 1923 r. oraz „Zasady radjotelegrafii i radjotelefonii” Jana Machcewicza i Tadeusza Huberta z 1929 r. Wszystkie te książki są dostępne legalnie w sieci jako PDF-y.

2. Krótki, praktyczny kurs FPGA – praktyczny, czyli niezastępujący książki z teorią, ale pokazujący, co kupić i jak zacząć. To nie musi być długi kurs – myślę, że jeśli opiszę się ogólną ideą, różnice między różnymi językami do modelowania (Verilog, VHDL) i doprowadzi się czytelnika do momentu, w którym uda mu się zamodelować podstawowe układy logiczne w obu tych językach, to dalej będzie już potrafił zgłębiać wiedzę sam.

Piszę o tym, bo miałem podejście do VHDL-a, ale brakuje mi właśnie tej praktycznej strony – jaki kompilator lub symulator wybrać, jakie środowisko, jakie układy (i czym się między sobą różnią układy różnych firm, także z uwzględnieniem środowiska do modelowania), jak je podłączyć. Przy wchodzeniu w zupełnie nową dla mnie tematykę bar-

dzo pomocny jest dla mnie ogólny obraz, który później mogę już wypełniać samemu i wydaje mi się, że nie jestem w tym odosobniony.

3. Kurs STM32. Tu też nie chodzi o szczegółowe omówienie wszystkich bloków tego mikrokontrolera, które pewnie zajęłoby rok albo dłużej, tylko o ogólny obraz – czym różnią się poszczególne modele z rodziny, co kupić, jak zainstalować, jak zacząć. Coś, co zrozumie ktoś, kto zna już C i C++ (a jak nie zna, to może poznać, bo kursów jest w sieci cała masa), ale nie zna tej konkretnej platformy.

Idealnie byłoby, gdyby kursy 2 i 3 były skierowane zarówno dla osób, które używają Windows, jak do (wcale moim zdaniem niemalej) grupy linuxowców, jeśli oczywiście odpowiednie narzędzia są dostępne na tę platformę.

Pozdrawiam
Circuit Chaos

Do Naczelnego skierowany był taki e-mail:

(...) Nawiązując do Pańskiego apelu o nadsyłanie propozycji tematów w następnych numerach EdW, proponuję kontynuować cykl o przetwornicach. W dotychczasowym cyklu przekazał Pan nam, czytelnikom, ogromny ładunek wiedzy teoretycznej na temat przetwornic indukcyjnych. Ażeby zbudować dobrze działającą przetwornicę, sama wiedza teoretyczna to jeszcze mało.

Do zaprojektowania przetwornicy potrzebna jest wiedza na temat obliczania transformatorów, kiedy i jakie materiały stosować (ferryty, nanokrystaliki itp) i jakie częstotliwości stosować w zależności od materiału rdzenia i mocy przetwornicy.

Ważna też jest sprawa wyboru rodzaju samej przetwornicy w zależności od wymaganej mocy i innych parametrów wyjściowych.

Pozdrawiam
Wiesław Gronowski

Do redakcyjnej skrzynki trafiają najróżniejsze e-maile. Uwaga! Zachowana oryginalna pisownia!

Dzień dobry

Czytałem o niedoborze krzyżówek. A na „prima a'prilis”, taka z „przymórzaniem oka”, może być?

Przykładowo:

- płasko powierzchniowy zakrzywiciel fotonów – lustro.
- skópiacz myśli – hełm (wojskowy, metalowy). itp.

(...)

Cóż, propozycji krzyżówek rzeczywiście nadsyłacie mało. Zachęcamy do aktywności także w tym zakresie. Krzyżówki „z przymórzaniem oka” na pewno mogłyby się ukazać, ale błędy ortograficzne należałoby jednak poprawić.

Dzień dobry

Jaki jest cel artykułów w rodzaju „Schematy EdW we Fritzingu”? Po co ładny schemat, który nijak ma się do PCB? Pytanie kieruję do Czytelników EdW (...) Dla mnie takie artykuły to bezsens. Tak można było pracować 20 lat temu, ale nie teraz. Temat mogę rozwinąć (...)

Pozdrawiam i życzę, aby EdW przetrwała jak najdłużej.

Sławomir S.

Czy inni Czytelnicy też tak sądzą?

Dzień dobry
Felietaon „*Thumaczenia*” z EdW 4/2021. Odniosę się do wypowiedzi: „Z pewnością translatory z czasem będą coraz doskonalsze, ale czy poprawnością dorównają człowiekowi?” Nie tylko dorównają, lecz będą z czasem doskonalsze od człowieka, ale nie dlatego, że są lepsze, ale że coraz większa część społeczeństwa jest coraz głupsza. Niedawno temat coraz niższej inteligencji spowodował, że przypomniał mi się film „Idiokraci” z 2006 roku. Szukając go w internecie, można trafić na frazę „Idiokracja: satyra czy przepowiednia?” Niewątpliwie przepowiednia, która już się sprawdza. Nie będę odnosił się do polityki, bo kto chce, widzi (...) Wystarczy poczytać fora i grupy internetowe. Niedawno umieściłem film pokazujący nową funkcjonalność xxx, opisałem go, dałem link do szczegółowej instrukcji. Po kilku dniach znalazł się idiokrata z pytaniem „Czy urządzenie ma funkcję xxx?”. Kolejny przykład z życia: pilot telewizora nie chce działać, nie można zmienić kanału. Tragedia! Na pewno? Każdy znany mi TV ma klawiaturę, którą można wywołać podstawowe funkcje. Przykład związany z poprzednim: idiokrata stoi przy TV, chce zmienić kanał, pilot leży w drugim końcu pokoju. Dalej nie muszę pisać. Idiokracja to nie satyra, przepowiednia, żart. To fakt, fakt, który „dzieje się”.

Z poważaniem
Sławomir

Dzień dobry! Chciałem przesłać swoje zgłoszenie do rubryki „Errare”, uwagi dotyczą numeru 2–3/2021. Strona 17, artykuł „Moduł precyzyjnego generatora TCXO...”: 1. Pierwsza kolumna, ostatni wiersz; jest: „40MHz”, ale z kontekstu wynika, że powinno być „10MHz”. 2. Środkowa kolumna, drugi akapit: jest „pomiar 1MHz może dać wynik z zakresu 9999998...1000002”, powinno być „999998”. Strona 23, artykuł „Nieco ekstremalny słuchawkowy wzmacniacz ...”: 1. Środkowy akapit, górny wzór: Jest: „ $U_g = 2 * 0,07 A * 330 \text{ Ohm} = 47,5V$ ” – jednak wynik tego działania to 46,2 V. Z wcześniejszego zdania wynika, że prąd to 72mA, tak więc powinno tu być $U_g = 2 * 0,072 A * 330 \text{ Ohm} = 47,5 V$ (wówczas wynik to 47,52, co po zaokrągleniu daje właśnie 47,5). 2. Kolejny wzór: Jest: „ $U_b = U_g + U_a = 47,5 + 105 V = 151,5 V$ ”; jednak wynik tego działania to 152,5 V.

Pozdrawiam. **Marian Gabrowski**
PS Tradycyjnie proszę o nieuwzględnianie mnie podczas przydzielania ewentualnych upominków.

Cieszymy się, że wnikliwi Czytelnicy potrafią wykryć także takie ukryte usterki! Autor „Nieco ekstremalnego wzmacniacza” po otrzymaniu tej informacji napisał:

Witam
Istotnie, błędy są. W pierwszym wzorze różnica wynika z niefortunnego w tym miejscu włączenia formatowania liczb do dwóch miejsc po przecinku; wpisane było 0,072, a wyświetliło się 0,07 i tak przepisałem. Sam wynik obliczeń, jak zauważył czytelnik, jest prawidłowy, bo rzeczywista wartość prądu to 72mA. Mogłem wpisać wartość w miliamperach i problem by nie wystąpił, jednakże w większości wzorów stosowałem jednostki podstawowe zamiast po-

chodnych, by uniknąć błędów „z przecinkiem” i jak widać, wywołałem tym błąd innego typu.

W kolejnym wskazanym wzorze czytelnik ma 100% racji, powinno być 152,5V. Ewidentny niewychwycony błąd z przyciśnięcia sąsiedniego klawisza.

Nauczka na przyszłość, by po przepisaniu wzorów przeliczyć je powtórnie.

Wskazane właśnie błędy, a właściwie drobniutkie usterki ani trochę **nie umniejszają wartości projektu tego interesującego lampowego wzmacniacza.**

Już starożytni wiedzieli, że *Errare humanum est* i że błędów nie da się całkowicie wyeliminować. Były tylko takie drobne, jak tu opisane.

Dzień dobry

W dokumencie (...) [link do PDF-a] zwrócił moją uwagę układ (...) [rysunek]. Nie wiem, czy takie zadanie już było, jeżeli nie, to może jest to jakiś pomysł do rubryki Jak to działa?

Pozdrawiam
Arkadiusz Kocowicz

Propozycja okazała się interesująca i została wykorzystana już w tym numerze w postaci zadania **Jak5** na str. 60. Zachęcamy Czytelników do nadsyłania podobnych propozycji, zarówno zadań Jak to działa?, Co tu nie gra? czy Policz. Oraz oczywiście propozycji zadań głównych Szkoły Konstruktorów.

W związku z jubileuszem i ogłoszonym jubileuszowym konkursem 25-lecia EdW napłynęło wiele e-maili. Oto jeden z pierwszych, nadesłany do Naczelnego jeszcze w grudniu:

Szanowny Panie Piotrze

Ja również rozpocząłem przygodę z Panem w 1996 roku i EdW stała się dla mnie furtką do świata elektroniki.

Samą elektroniką (nadużywając tego słowa) zacząłem interesować się w wieku kilku lat. Mając ich 7–8 uruchamiałem pierwsze kity Cyfroniki – oczywiście bez głębszego zrozumienia. Oby działało :)

Mając lat 12–13, eksperymentowałem już z portem I/O komputera C-64, programując jego obsługę w assemblerze 6502, czy toysterowując poszczególne piny, czy to podłączając przetwornik ADC i DAC do samplowania i odtwarzania całych 2–5 sekund dźwięku.

EdW nakierowała mnie na drogę mikrokontrolerów, wtedy to jeszcze 8051. Druga połowa lat 90. to był już czas mikrokontrolerów, nawet w biednym systemie edukacji – chodziłem do technikum na Zajęczka.

Od paru lat powróciłem aktywnie do pasji elektroniki, dla czystej przyjemności, a nie pieniędzy.

Dziś o wiele łatwiej dotrzeć jest do wiedzy niż przed laty, a to dzięki niezliczonej ilości materiałów publikowanych w sieci. Od datasheetów producentów poczynając (a potrafią być one prawdziwą kopalnią wiedzy, szczególnie noty aplikacyjne), po twórczość pasjonatów na YouTube czy różnych forach. (...) Pozdrawiam i życzę Najlepszego – świętecznie, noworocznie i każdego innego dnia!

Jacek Rogalewicz

Upominki za listy do Poczty otrzymują: **Zbyszek S., Circuit Chaos, Wiesław Gronowski** oraz **Jacek Rogalewicz.**

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.



(...) chcę analizować / wizualizować / przebiegi (...) w wąskim zakresie 150-350Hz (...) Sygnał (...) należy ostro odfiltrować z dołu i z góry aktywnymi filtrami analogowymi LP i HP (...) mam pytania (...)

- W publikacji „Wzmacniacze operacyjne” Piotr Górecki podane są proste zależności do wyznaczenia elementów filtrów 4. rzędu – czy można w równie prosty sposób obliczyć elementy dla filtru 8. rzędu?

- Czy filtr LP i HP mogą następować bezpośrednio po sobie?

- Jaki optymalny poziom sygnału należy podać na wejście filtru? Czy sygnał z mikrofonu, czy zza przedwzmacniacza, czy wzmacniacza? (...)

A może wystarczą proste filtry łańcuchowe RC, lub LC?

Taki list zamieszczony jest w Poczcie. Zaczniemy od końca.

Autorowi należy przede wszystkim poradzić, żeby w zakresie częstotliwości 150...350Hz zrezygnował z filtrów LC, a także prostych filtrów RC. W tym zakresie trzeba zastosować filtr aktywny, a raczej zestaw filtrów aktywnych, jeśli charakterystyka ma być 8. rzędu.

Jeżeli będą to filtry aktywne, będą zawierać wzmacniacze operacyjne. Kondensatory muszą mieć rozsądne wartości, zapewne nie więcej niż 1uF, co nawet przy niedużej częstotliwości filtrów nie wymusza zastosowania rezystancji o dużej rezystancji. Można więc wykorzystywać wzmacniacze operacyjne z tranzystorami bipolarnymi, choćby klasyki NE5532. Szumy własne będą niewielkie, ale dla zachowania dużego stosunku sygnał-szum amplitudy sygnałów przetwarzanych powinny być możliwie jak największe. Więc na pewno nie sygnał z mikrofonu, a jeśli już, to po wzmacnieniu go za pomocą jakiegoś niskoszumnego przedwzmacniacza.

Filtry LP i HP mogą, a wręcz muszą być połączone kaskadowo, jeden za drugim. Przy wymaganej, a może tylko przez Autora założonej stromości, nie będą to jedynie dwa oddzielne obwody. Filtr 8. rzędu zapewne będzie składał się z czterech oddzielnych ogniw, gdzie każde ogniwo będzie niejako oddzielnym filtrem 2. rzędu. Wypadkowy filtr będzie więc złożeniem kilku niezależnych, elementarnych ogniw.

Zabawa byłaby bardzo łatwa, gdyby te składowe elementarne ogniwa były jednakowe. W zasadzie mogłyby być jednakowe, ale zazwyczaj lepsze właściwości uzyskuje się, gdy najogólniej biorąc, jednakowe nie są.

Projektowanie optymalnych filtrów łatwe nie jest. I nie chodzi wcale o etap obliczeń wartości elementów, bo to dziś realizują programy komputerowe. Problemem jest wybór założeń stawianych filtrowi.

Osoby słabiej zorientowane rozumieją tylko to, że filtr musi być odpowiednio stromy i rozpatrują tylko charak-

terystykę amplitudową. Rozumieją, że do jakiejś częstotliwości granicznej charakterystyka amplitudowa ma być płaska i że dla częstotliwości granicznej określa się spadek wzmocnienia (amplitudy), zazwyczaj 3dB, czyli prawie o 30%. A jeżeli filtr ma być „ostry”, to już przy częstotliwościach niewiele odległych od granicznej ma silnie tłumić sygnał. W tym celu w programie do projektowania podaje się, jakie ma być wymagane tłumienie przy jakiejś częstotliwości w paśmie zaporowym.

I to jest jasne. Dużo słabiej rozumiany jest inny problem. Każdy filtr oprócz charakterystyki amplitudowej ma też charakterystykę fazową. Mniej zaawansowani zupełnie pomijają ten fakt. Wydaje im się, że nie ma to praktycznego znaczenia, o ile tylko stromość jest odpowiednia. Brak zrozumienia wiąże się z potocznym, fałszywym wyobrażeniem, że na filtr podawane są pojedyncze sygnały sinusoidalne. Owszem, tak bywa podczas pomiarów. Natomiast problem charakterystyki fazowej daje o sobie znać, gdy na filtr podany jest sygnał złożony z licznych harmoniczných, na przykład sygnał prostokątny. Gdy te składowe o różnych częstotliwościach mają fazę, mówiąc ogólnie, przesuniętą „nierówno”, wtedy filtr w dziwny sposób zdeformuje kształt sygnału. I właśnie filtry o „najostrzejszej” stromości, tak zwane filtry Czebyszewa, najbardziej deformują kształt sygnału. Najprościej biorąc, najmniej deformują łagodne filtry Bessela, a często rozsądnym kompromisem jest charakterystyka Butterwortha. Ten sam układ elektroniczny filtru aktywnego może mieć charakterystykę Czebyszewa, Butterwortha albo Bessela, zależnie od stosunku wartości rezystancji i pojemności. Nie są to jedynie trzy możliwości, ale mamy wybór „płynny”. Nie sposób tego opisać w dwóch zdaniach, ale można obrazowo, choć niezbyt ściśle stwierdzić, iż czym większa dobrość filtru, tym większe zniekształcenia amplitudowe i fazowe. Stosunkowo przystępne wytłumaczenie można znaleźć na stronie MAXIM:

www.maximintegrated.com/en/design/technical-documents/tutorials/1/1795.html

w skrócie: <https://bit.ly/30MnG0E>

Jest tam możliwość ściągnięcia PDF-a:

<https://pdfserv.maximintegrated.com/en/an/AN1795.pdf>

A jeżeli chodzi o schematy, to powszechnie wykorzystuje się dwie konfiguracje: filtr Sallena – Keya (SKF) oraz filtr z wielokrotnym sprzężeniem zwrotnym (MFF – Multiple Feedback Filter). To są równorzędne elementarne ogniwa drugiego rzędu.

Jeżeli chcemy zaprojektować filtr wyższego rzędu za pomocą odpowiedniego programu, zazwyczaj mamy możliwość wyboru konfiguracji (SKF/MFF). Oczywiście wybieramy rodzaj filtru, a do wyboru oprócz najpopularniejszych

LP, HP, BP, dostępne mogą być inne. Oczywiście podajemy częstotliwość graniczną filtru, a do tego określamy stromość. Zazwyczaj w ten sposób, że podajemy, jakie tłumienie (w decybelach) ma mieć filtr przy jakiejś częstotliwości w pasmie zaporowym. I właśnie kwestie fazowe: zazwyczaj możemy wybrać nie tylko między „kanonicznymi” charakterystykami Czebyszewa, Butterwortha, Bessela, ale możemy określić szczegóły. Takie jak na przykład dopuszczalne zafalowanie charakterystyki amplitudowej w filtrze Czebyszewa.

W razie wątpliwości można przyjąć, że wartości „przeciętne”, „pośrednie” ma filtr o charakterystyce Butterwortha.

W przypadku wąskiego zakresu 150...350Hz te akurat szczegóły nie powinny mieć znaczenia.

Samo „projektowanie” to jedynie wypełnienie odpowiednich rubryk w programie projektowym. Tylko taki program trzeba znaleźć. Dostępne są różne możliwości. Istnieją liczne pro-

gramy komercyjne i darmowe. Sporo możliwości wymienionych jest na stronie:

<https://electronics.stackexchange.com> w skrócie: <https://bit.ly/3rY30Pd>

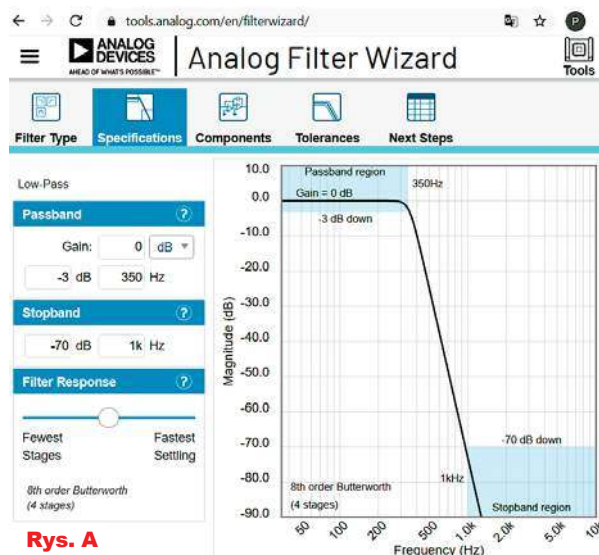
Ze strony Microchipa można ściągnąć program Filter Lab do zainstalowania na komputerze:

<https://bit.ly/2NprGRL>

Jednak chyba najprostsze jest skorzystanie z narzędzi dostępnych online. Strony z programami do projektowania filtrów oferują najwięksi producenci układów analogowych. Texas Instruments pod adresem: <https://webench.ti.com/filter-design-tool/> oraz Analog Devices pod adresem: <https://tools.analog.com/en/filterwizard/>.

Gdy wejdziemy na tę stronę i zachcemy zaprojektować na przykład

filtr dolnoprzepustowy (LP) o trzydecybelowej częstotliwości granicznej 350Hz, który już przy częstotliwości 1000Hz ma tłumienie aż 70dB, to wypełnimy okienka według **rysunku A**. Program zaproponuje wartości elementów dla wzmacniacza JFET z rezystorami o dużych wartościach.



Rys. A

100% elektroniki

Prenumerujesz
Elektronikę Praktyczną +
Elektronikę dla Wszystkich?

Skorzystaj z promocji

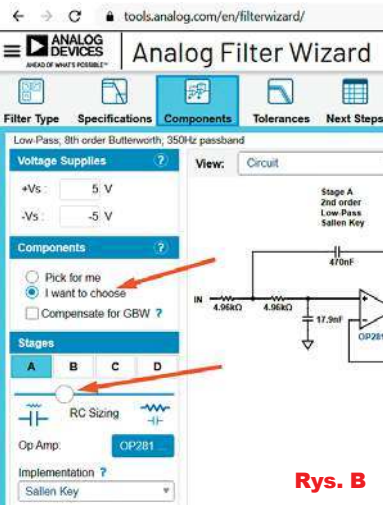
1+1=3

i zamów bezpłatną
prenumeratę Elektronika

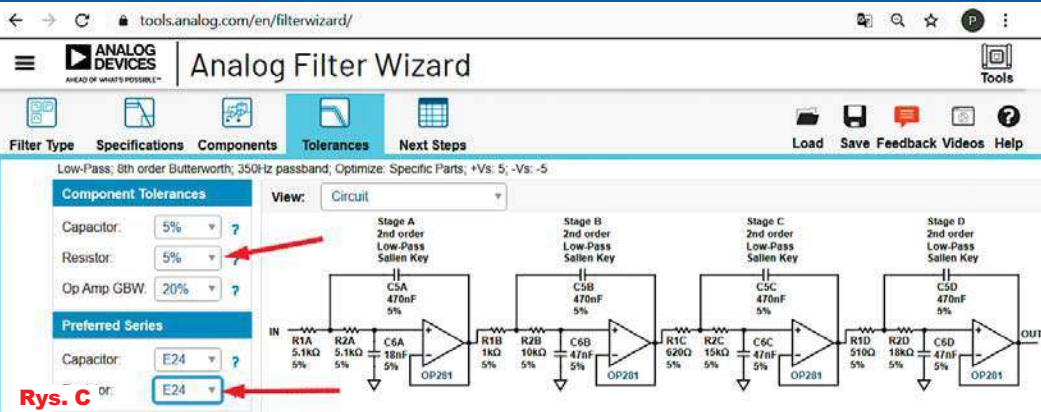
na www.avt.pl/prenumerata



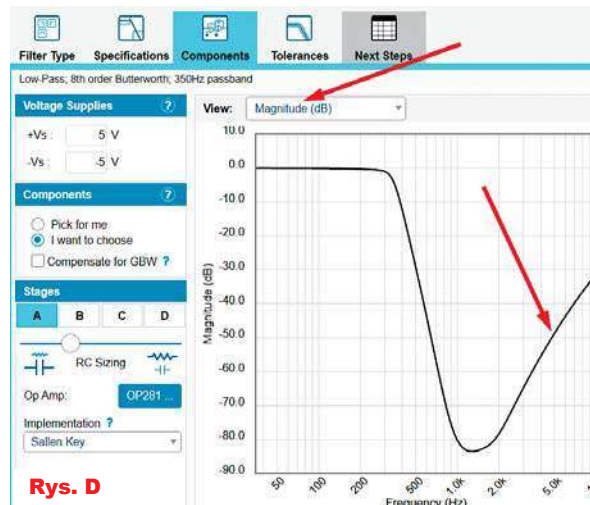
Kostka OP281 to wzmacniacz o ultraniskim poborze prądu (4uA/wzmacniacz). Wartości takie nie byłyby odpowiednie dla wzmacniacza z tranzystorami bipolarnymi, dlatego zmienimy je w zakładce *Components*, jak pokazuje **rysunek B**. Najpierw trzeba zaznaczyć opcję *I want to choose*, a potem zmniejszyć wartości rezystorów i powiększyć kondensatorów. Ja tak ustawiłem



Rys. B



Rys. C



Rys. D

suwaki dla wszystkich czterech sekcji filtru, żeby prawie wszystkie pojemności miały wartości 470nF i 47nF.

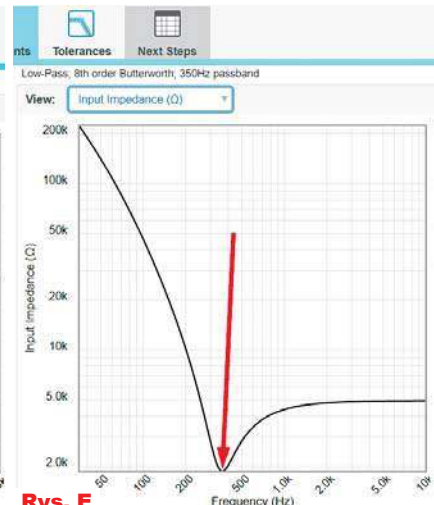
Domyślnie program proponuje kondensatory o tolerancji 5% według szeregu E24 oraz rezystory o tolerancji 15 według szeregu E96. Do zastosowań profesjonalnych to prawidłowy wybór, ale do układów amatorskich można z powodzeniem wykorzystać popularne rezystory o tolerancji 5%. Można to zmienić w zakładce *Tolerances*, jak pokazuje **rysunek C**, na którym podane są finalne wartości elementów filtru.

W okienku *Circuit* można wybrać wyświetlenie na ekranie czegoś innego, na przykład charakterystyki amplitudowej, co ilustruje **rysunek D**. Niestety, wykres jest bardzo niemiłym zaskoczeniem z uwagi na fatalny przebieg charakterystyki w zakresie częstotliwości powyżej 2kHz.

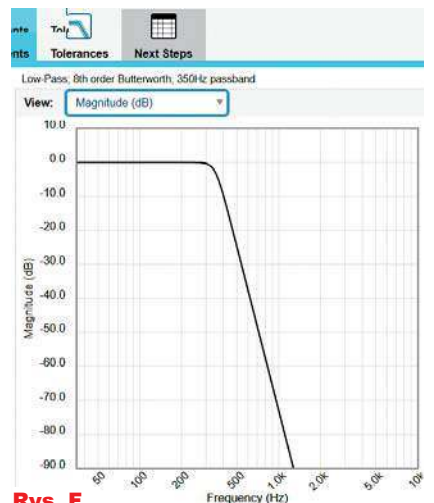
Nie jest to problem, bo symulacja dotyczy energooszczędnej kostki OP281. Wystarczy zmienić wybór. Z szybszym wzmacniaczem charakterystyka amplitudowa filtru będzie wyglądać o wiele lepiej. Trochę zaskakuje jednak mała rezystancja wejściowa spadająca nieco poniżej 2 kiloomów w okolicach częstotliwości granicznej, jak widać na **rysunku E**. Można temu zaradzić zwiększając rezystancję w pierwszym stopniu. A zwiększe-

nie ich we wszystkich stopniach poprawi też przebieg charakterystyki amplitudowej w pasmie zaporowym, jak pokazuje **rysunek F** dotyczący wersji ze zmodyfikowanymi wartościami RC i ze wzmacniaczami OP162. Jest to charakterystyka układu według **rysunku G**.

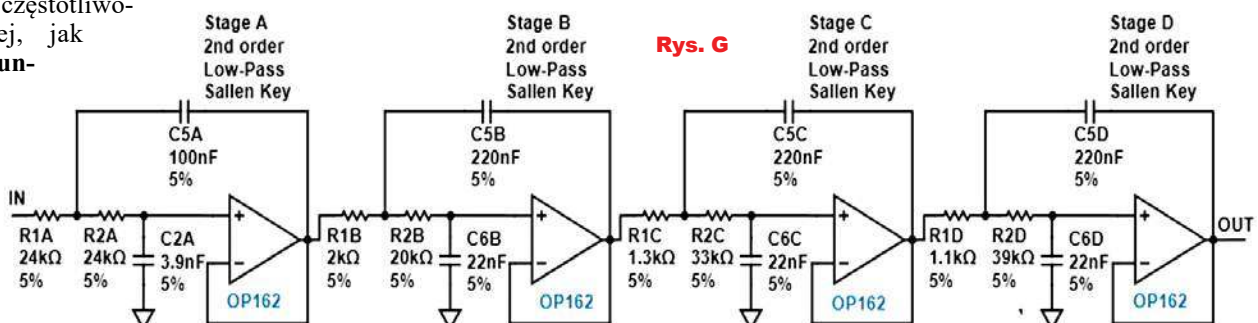
Podane informacje nie wyczerpują wszystkich szczegółów. Aby uzyskać optymalne wyniki, warto przejrzeć wszystkie okienka i poeksperymentować z różnymi ustawieniami.



Rys. E



Rys. F



Rys. G

Jubileusz 25-lecia EdW

Moja przygoda z elektroniką i EdW

Niedawno minęły moje 39 urodziny.

Może to nie jest okrągła symboliczna liczba do podsumowania tych prawie czterech dekad elektronicznego życia, ale spróbuję najbardziej ogólnie, jak tylko potrafię, przeprowadzić ich bilans.

Wiele razy próbuję sobie przypomnieć pierwszy zapamiętany moment dotyczący moich zainteresowań. Przez mgłę pamiętam: klatka schodowa bloku, wracamy właśnie od mojego „wujka” Janka, który był elektrykiem w spółdzielni mieszkaniowej. Właśnie dostałem od niego kolejną zabawkę – białą długą kostkę elektryczną. Trzymam ją w prawej dłoni, a moja mama niesie mnie na rękach i podąża w dół schodów. Nie wiem dokładnie, ile miałem wtedy lat, ale podejrzewam, że ponad trzy, gdyż po tym wspomnieniu już mogę układać klatki swojego życia w logiczny sens, zapewne sieć neuronowa w moim mózgu przeobraziła się w świadomy byt.

Moje dzieciństwo to nie zabawa samochodzikami, pistoletami, tylko zabawy śrubkami, żaróweczkami, starymi bezpiecznikami, kostkami elektrycznymi, kabelkami i wszystkim innym, co było związane z techniką. Pamiętam długie zabawy tym wszystkim – radości nie było końca. Pamiętam, jak do przedszkola przemyślałem niektóre mniejsze elementy, bo tamtejsze zabawki w ogóle mnie nie interesowały – zawsze miałem swój świat.

Mama pracowała jako ślusarz-mechanik w dużym zakładzie w moim mieście, kiedy wracała do domu, zawsze nie mogłem się doczekać kolejnej niespodzianki od niej – nie były to cukierki, czekoladki, jakieś małe zabaweczki, tylko właśnie: śrubki, nakrętki, podkładki, jakieś drobne elementy mechaniczne, kalkomanie i wiele innych ciekawych artykułów :)

Pamiętam, że obrazą dla mnie było, gdy w dniu moich urodzin goście przynosili mi prezenty niezwiązane z moimi zainteresowaniami. Pod tym względem zawsze niezawodny był wspomniany wujek Janek, który obdarowywał mnie zawsze czymś nieoczekiwanym i dla mnie nowym. Pamiętam doskonale to szybsze bicie serca, gdy wyjmował z reklamówki różne skarby...

W pewnym momencie tak się zafascynowałem technicznym światem, że zacząłem rodzicom rozmontowywać w mojej ocenie mniej potrzebne im przedmioty :) Uwielbiałem demontować szczególnie zegarki mechaniczne, zębatki w nich były dla mnie magiczne. Pamiętam też doskonale duże stare radzieckie radio tranzystorowe, które niepotrzebnie zajmowało miejsce w trzydziuwej szafie. Zajęło mi to kilka tygodni w któreś wakacje, gdy rodzice chodzili na zmianę do pracy, a ja zawsze miałem te 20 minut tylko dla siebie :) Dopiero przy przeprowadzce okazało się, że z tego nieszczęsnego radia zostały tylko zgłiszczki.

Na początku lat 90. ubiegłego wieku przeprowadziliśmy się do nowego mieszkania, niestety tylko dwupokojowego. Musiałem swój pokój dzielić z młodszym bratem, którego bezskutecznie próbowałem na siłę zarazić elektroniką. Miałem znów ograniczoną ilość miejsca na swoją elektroniczną działalność. Zaczęła się era wyrzucanych lampowych telewizorów. Pamiętam, już kilka dni po zmianie adresu zamieszkania trafił mi się prawdziwy ewenement do rozbiórki – kolorowy Rubin 714. Wrażenia z demontażu bezcenne, jak również pozyskane elementy, które odrywałem od laminatów. Często wspominam, jak z moim niezawodnym powiernikiem, nieżyjącym już dziadkiem, zimą ciągnęliśmy jakiś czarno-biały telewizor na sankach przez pół miasta – było to pierwsze urządzenie, które rozmontowałem bardzo szczegółowo. Bałem się tylko wyciągnąć wtyczkę z anody kinesko-

pu, zostawiłem ją na swoim miejscu, a uciąłem tylko przewód WN. W tamtym czasie, a był to początek podstawówki, mama zaczęła mi kupować pierwsze czasopisma techniczne: *Nowy Elektronik* i *Kalejdoskop Techniki*. Z trudem je czytałem i praktycznie nic nie rozumiałem. Jedyne, co uwielbiałem robić, to kolorować na schematach symbole elementów. Mój dziadek zawsze starał mi się pomagać w rozwijaniu mojego talentu, choć nie miał żadnego wykształcenia technicznego. Zawsze mogłem na niego liczyć i mogłem wykorzystywać go do różnych misji: tournée po osiedlowych śmietnikach lub wyprawa na wysypisko śmieci, wszystko w celu pozyskania najróżniejszych elementów elektronicznych. Wtedy nie miałem jeszcze żadnej lutownicy, kroilem laminat szczypcami, zyskując coraz większą wprawę i coraz mniejszy odsetek uszkodzonych elementów. W oczach zafascynowanego dzieciaka każdy element był niezwykły, nie znałem nawet nazw niektórych z nich – wymyślałem swoje własne: bloczki, tranzystory triodowe, scaloniaki, procesatory. Szczególne wrażenie na mnie robiły radzieckie części. Ich niesamowita różnorodność i kształty pobudzały moją głodną wiedzę wyobraźnię.

Często odwiedzaliśmy miejskie targowisko, gdzie coraz więcej było handlujących braci zza wschodniej granicy. Z kieszonkowego zacząłem kupować drobne narzędzia, a nawet co jakiś czas trafiała się lutownica oporowa w dobrej cenie. To, że uszkodziłem ich niezliczoną liczbę, to już inna historia... Co jakiś czas w napływie mego marudzenia rodzice kupowali mi radzieckie kity do samodzielnego montażu. Teraz po latach wiem, że to był między innymi zasilacz regulowany i wzmacniacz audio. Gdzieś po dziś dzień mam jeszcze jakieś skrawki ich schematów. Wtedy nie rozumiałem jeszcze kodu paskowego rezystorów, więc lutowałem je, jak popadło, ale dzięki temu rozwijałem swe umiejętności manualne.

Zacząłem też periodycznie odwiedzać niektóre warsztaty RTV w Brodnicy, zawsze zadając pytanie: czy ma pan jakieś niepotrzebne części? Kiedy elektronik szedł w głębinę swego warsztatu, zawsze towarzyszyła mi fala gorąca, by po chwili ochłonić, gdy otrzymałem upragniony łup. Większość przychylnie patrzyła na moje potrzeby, choć znalazł się jeden taki, który chciał na biednym dzieciaku zarobić. Szczególnie ulubionym moim miejscem był zakład RTV przy ulicy Ceglanej. Pan Marek obdarowywał mnie przez kilkanaście lat tyloma elektronicznymi rarytasami, że uzbierałyby się niezła stroma góra.

W pierwszych klasach podstawówki zauważył moje zainteresowania nauczyciel techniki pan Lisiecki i to on pierwszy raz zdemontował mi jakiś zestaw elektronika, który szkoła miała na wyposażeniu. Kojarzę, że w któreś ferie zimowe nawet mi pożyczył ten zestaw do domu, abym mógł prowadzić eksperymenty. Uczylem się godzinami łączenia różnych obwodów i zależności występujących między nimi. Pamiętam, że wszystkie schematy przepisałem do jakiegoś zeszytu, abym później mógł je odtwarzać na płytkach robionych z tektury już z własnych elementów – wychodziło to różnie, ale na tym polega nauka każdej naszej umiejętności.

Zacząłem tworzyć swoje „wynalazki” – makiety z naklejonymi radzieckimi grammi z serii *Elektronika*, a wśród tych gier własne elektryczne mózgi i pozyskane moduły wytwarzające sygnały dźwiękowe z jakichś zabawek brata. W końcu przyszedł czas na zmontowanie pierwszego kitu, a był to sygnalizator dźwiękowy. Kupując go, byłem przekonany, że moduł ten nagra dowolny krótki dźwięk, a później go

Zachęcamy do nadsyłania podobnych tekstów!

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

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

odtworzy. Pamiętam, gdy zmontowałem płytkę i zacząłem coś mówić do głośniczka, który milczał... O ironio! Jak się później okazało, milczał, bo coś źle złutowałem – dopiero później szukając przyczyny i w końcu ją odnajdując, zrozumiałem, że moduł nie jest elektronicznym magnetofonem, tylko generatorem dźwiękowym...

Zacząłem też prowadzić doświadczenia z 220V – wykonałem zasilacz transformatorowy na drewnianej desce, tylko że... to nie był transformator sieciowy, tylko bodajże odchyłania pionowego od jakiegoś lampowego telewizorka. Nieświadomy niczego włożyłem wtyczkę do gniazdka... Do teraz pamiętam te iskry i huk w moich uszach – korki wyskoczyły nie tylko w mieszkaniu, ale i na klatce schodowej. Przez długi czas miałem traumę i do sfinalizowania wszystkich późniejszych eksperymentów z napięciem sieciowym potrzebowałem odważnego testera. Oczywiście wybór padł na dziadka. Cały czas pamiętając swoją pierwszą elektryzującą styczność z tym napięciem, uciekałem aż do drugiego pokoju, zamykając za sobą drzwi. Słyszałem albo huk, albo uspakajający ton dziadka: „możesz wrócić, bo działa”.

Pewnego wiosennego dnia, gdy kładłem się spać, spojrzałem jeszcze przez okno swojego pokoju, by jeszcze chwilę porozmyślać. Nagle zobaczyłem świeżo uruchomione światła ostrzegawcze na kominie od fabryki żelatyny. Były to dwie czerwone migające żarówki dosyć blisko siebie: „Eureka! Toż to oczy robota!” Poczułem nieodpartą chęć zbudowania robota...

Zbliżały się wakacje przed szóstą klasą podstawówki. Ulubiony mój czas na realizację swoich elektronicznych marzeń. Modliłem się, żeby były deszczowe, bo w przeciwnym wypadku rodzice będą nagminnie wyganiać mnie na dwór. Jakie było wtedy lato, już nie pamiętam, ale doskonale wiem, iż robota w czasie tego wolnego czasu udało mi się zbudować. Zbudowałem go z dwóch kartonów, gdzie jeden z nich był tułowiem, a drugi głową. Umieściłem w nim różne efekty świetlne, dźwiękowe, gry elektryczne mózgi, gniazda zasilające i parę innych ciekawych dla mnie drobiazgów w tamtych czasach. Robot dysponował też rękami, wykonanymi z kawałków kartonu. Jedna z dłoni miała dwa elektryczne palce, które po przywitaniu się z robotem razły prądem. Generator WN zrobiłem na przełączniku i baterii 6F22. Pozostałe obwody robota były, o zgrozo, zasilane napięciem sieciowym, ale galwanicznie dzięki transformatorowi od niej odseparowane. Jednak największą atrakcją było to, że robot potrafił mówić... Źródłem mowy był walkman kupiony od kumpla za cały klaser znaczków pocztowych. Nagrałem kilka taśm magnetofonowych z programami: intro, czyli przedstawienie się; kilka quizów, gdzie trzeba było odpowiadać na pytania, a robot oznajmiał, czy odpowiedź jest prawidłowa, czy błędna; gra w totolotkę, gdzie za pomocą fotodiody robot rzekomo czytywał napisane przez kogoś liczby. Udało mi się u wszystkich, którzy konwersowali z robotem, wywołać wrażenie rzekomej inteligencji maszyny. Jednak była to tylko iluzja. Nauczyłem się wszystkich taśm na pamięć, uwzględniając przy tym zwolnione obroty jej przesuwu przy odtwarzaniu. Dzięki temu pomysłowi mój nagrany głos nabrał niskiej barwy typowej dla humanoida z prawdziwego zdarzenia. Miałem też do dyspozycji panel z dwoma przełącznikami, połączony z korpusem urządzenia – tu był właśnie zastosowany trik. Jeden przełącznik służył do zasilania odtwarzacza, a drugi wyciszał głos. Poćwiczyłem na sucho kilka razy, by później umiejętnie sterować programami robota. Wyglądało to bardzo wiarygodnie, a ludzie niezwiązani z techniką i tak nie wiedzieli, na jakiej zasadzie robot „rozumuje”.

Wakacje minęły, a ja nie mogłem doczekać się prezentacji mojego dzieła w szkole. Postanowiłem, że nie będę informował żadnego nauczyciela o mojej konstrukcji i spontanicznie z pomocą kumpla z klasy w wielkim kartonie zaniesiśmy „przesyłkę” do szkoły. Gdy dotarliśmy do pokoju nauczycielskiego, po wstępnej prezentacji jedna z nauczycielek zapytała: „Czy ten robot jeszcze potrafi zmywać naczynia?” Moja elektroniczna maszyna była hitem dnia, prezentowałem go na każdej lekcji i ku mojej wielkiej radości i nie tylko zresztą mojej, przepadły nam tego dnia wszystkie sprawdziany i inne stresujące uczniów pomysły nauczycieli :)

Na typowy sklep elektroniczny w Brodnicy czekałem bardzo długo, aż w końcu doczekałem tej chwili. Wydawałem całe kieszonkowe na części, a w szczególności na tanie jak barszcz układy cyfrowe z serii

TTL. Sprzedający zapoznał mnie też z laminatami i akcesoriami do trawienia w warunkach domowych – w końcu mogłem zrezygnować z kartonowych płytek. Pierwsza wytrawiona płytka nie kojarzy mi się niestety wyłącznie z radością, lecz też z domową awanturą, gdy trochę kwasu wypaliło dziurę w nowo zakupionym dywanie...

W tamtych czasach nie posiadałem żadnego komputera, więc płytki rysowałem pisakiem, bezpośrednio zerkając na odręczny schemat. Efekt był różny, ale nabywane umiejętności były bezcenne. Miałem już ogromną kolekcję części elektronicznych, jednak najciekawszymi elementami były układy cyfrowe. Tak się złożyło, że do większości z nich miałem nawet tabele logiczne, które były zamieszczane w *Nowych Elektronikach*. Cóż, tabele tabelami, a pełne zrozumienie nieosiągalne dla mnie – ale to nic, musi taki układ działać wg mojego wyobrażenia...

Po sukcesie pierwszego robota apetyt bardzo wzrósł. Postanowiłem zbudować robota z prawdziwego zdarzenia, wykorzystując kilkadziesiąt układów TTL. Kończyła się szósta klasa podstawówki, połowa czerwca – szkolna aula, pożegnanie ósmych klas. Był lokalny zespół muzyczny, a wśród nich klawiszowiec, który grał piosenkę *Bando, Bando*. Do głowy przyszła mi pewna myśl: „Mam dwa lata, aby zbudować robota, który na pożegnaniu mojego rocznika zagra ten utwór na keyboardzie...” Ogromna ambicja, ale co tam, podołam temu...

Byłem ogromnie zdeterminowany, marzyłem o sukcesie i tylko o nim, za wszelką cenę i wszelkimi dostępnymi środkami. Kolejnego robota, po konsultacji z moim dobrym znajomym, postanowiłem wykonać ze sklejk. Szkielet powstał dosyć szybko, sumarycznie jego wysokość wynosiła prawie 135cm. Do takiego stopnia byłem przekonany o swoich nadzwyczajnych umiejętnościach, że wszystko było robione „na żywca”: projekty rozmaitych obwodów, wykonywanie płytek PCB i cykliczne podłączanie ich do kolejnych modułów robota. Żadne sprawdzanie, testowanie nie wchodziło w grę, bo przecież łudziłem się, że jestem nieomylny w elektronice.

Byłem już w siódmej klasie, coraz bardziej zawałam szkołę, lecz nie mogłem oprzeć się pokusie skonstruowania wymarzonego robota. Poświęcałem ogromną ilość czasu na jego budowę. Zastanawiałem się również, jak mam sprawić, by grał na keyboardzie. Wymyślałem różne typy pamięci utworu, postanowiłem wykorzystać kartkę w kratkę z zamazanymi polami tam, gdzie były nuty – jakie to wszystko w teorii wydaje się proste... Ambicja i nierozłączna chęć prezentacji mojego dzieła ludziom przyćmiła nawet fizyczny świat i jego nieugięte prawa.

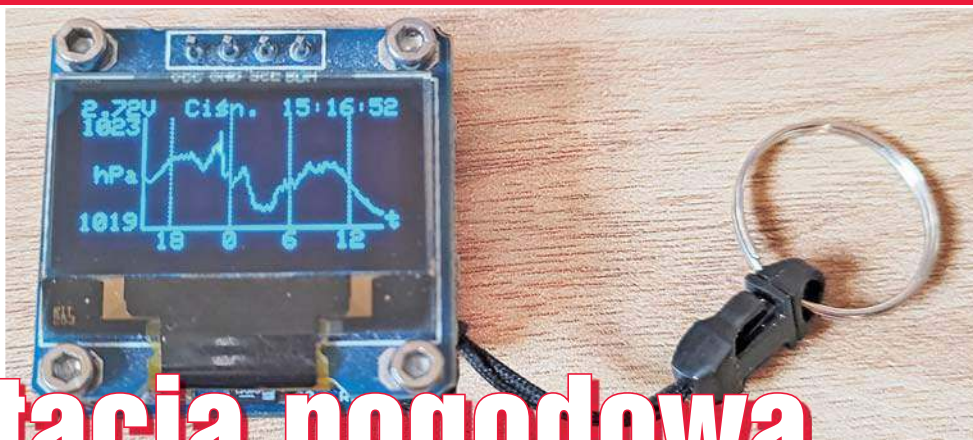
Pozytywnym zrządzeniem losu było poznanie kolejnego brodnickiego elektronika prowadzącego serwis RTV. Był nim pan Zdzisław. Miałem kolegę, który wyręczał mnie nieraz w obchodzie po brodnickich zakładach naprawy sprzętu w celu pozyskania dla mnie surowców. Zaglądał też właśnie do pana Zdzisława, który hojnie obdarowywał go różnymi cennymi dla mnie elementami, gdy słyszał o mnie legendarnie przebarwione opowieści. W końcu kumpel zaaranżował spotkanie i poszliśmy do tego nieodkrytego przeze mnie warsztatu. Pamiętam, jakby to było wczoraj i pierwsze jego skonsolidowane pytanie: „A wiesz, co to mikroprocesor? Tak, a co to tranzystor polowy? Jasne! No to wymień wszystkie elektrody tyrystora! Anoda, katoda, bramka! Odpowiedziałem bez chwili namysłu, kontynuując dalej: A triaka to anoda pierwsza, anoda druga i też bramka z tym, że triak przewodzi prądy przemiennie, a tyrystor zmienne...”

Po latach muszę przyznać, iż człowiek ten miał do mnie niesamowitą wręcz mistyczną cierpliwość, mogłem się przyglądać jego naprawom całe długie godziny i były okresy, że bywałem u niego codziennie. Uwielbiałem słuchać jego opowieści, chętnie dzielił się swoją wiedzą i bardzo często obdarowywał mnie elektronicznymi prezentami. Pamiętam, jak podarował mi ogromny karton płytek z jakichś cyfrowych maszyn, gdzie układów scalonych było tak dużo, iż trudno mi było je policzyć.

Ciąg dalszy w następnym numerze EdW



Rafał Wisniewski
rafi8112@interia.pl



Mikrostacja pogodowa

Prezentowane urządzenie oferuje następujące funkcje: Pomiar temperatury, wilgotności i ciśnienia atmosferycznego. Dodatkowo dla każdego z tych parametrów rysowany jest dobowy wykres, na którym możemy zobaczyć, jak zmieniła się temperatura, wilgotność czy ciśnienie. Urządzenie dodatkowo może wyświetlać aktualny czas w formie zegarka cyfrowego lub wskazówkowego, wysokość barometryczną oraz stuletni kalendarz. Stacja zasilana jest z pastylkowej baterijki CR2032, która wystarcza na 6 do 12 miesięcy pracy. Całość jest miniaturowa, wymiary to 29×28×14mm, dzięki czemu można nosić urządzenie np. jako breloczek przy plecaku.

Opis układu

Pod względem elektronicznym stacja jest bardzo prostym urządzeniem, jak to zwykle bywa, kiedy stosujemy mikrokontroler, całe sedno zawarte jest bowiem w programie.

Zastosowałem mikrokontroler ATmega328P. Wybór taki został dokonany z kilku powodów: największa dostępna ilość pamięci zarówno programu, jak i RAM w rodzinie AVR w stosunkowo małej obudowie, jaką byłem w stanie umieścić w tym projekcie. Ważne było też, żeby mikrokontroler był energooszczędny, wersja „P” jest wykonana w technologii *picopower*, dzięki czemu nie tylko zużywa mniej energii, zarówno w trybie aktywnym, jak i uśpienia, ale też pracuje przy niższym napięciu zasilania, już od 1,8V, dzięki czemu może też pracować na mocno wyczer-

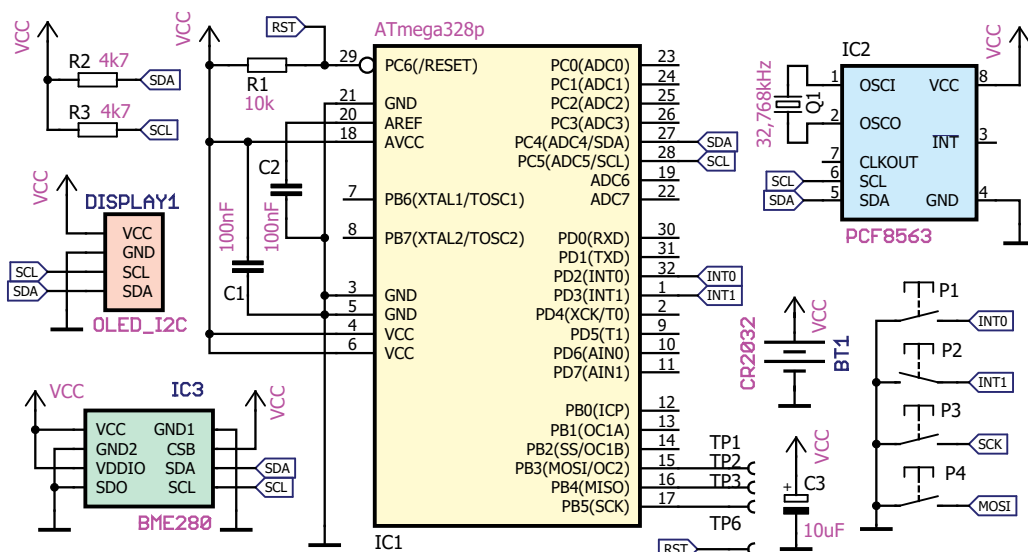
panej baterii. Na **rysunku 1** przedstawiony jest schemat ideowy układu.

Mikrokontroler i pozostałe elementy jest zasilany bezpośrednio z baterii CR 2032, wszystkie elementy mogą pracować w zakresie napięć od 2V do pełnego napięcia, jakie oferuje ta baterijka, jedynie wraz ze spadkiem napięcia maleje jasność wyświetlacza. Jako zegar czasu rzeczywistego RTC zastosowałem PCF8563, jest to „młodszy brat” popularnego układu PCF8583, a wybór taki padł głównie ze względu na mniejsze wymiary obudowy, ponadto PCF8563 pobiera mniej prądu. Za pomiary parametrów powietrza odpowiada czujnik BME280. Wybrałem ten układ ponieważ: w jednej obudowie mamy zawarte trzy czujniki (temperatura, wilgotność, ciśnienie), nie wymaga on kalibracji (jest fabrycznie skalibrowany) i ma małe wymiary. Natomiast do wyświetlania informacji wybrałem wyświetlacz OLED 0,96” w formie gotowego modułu. Wyświetlacz ma

rozdzielczość 128×64 piksele, co przy jego wymiarach daje dobre zagęszczenie pikseli, ponadto wyświetlacz ma dobry kontrast. To wszystko powoduje, że wyświetlany obraz jest bardzo wyraźny. To tyle, jeżeli chodzi o wybór elementów.

Mikrokontroler taktowany jest wewnętrznym generatorem o częstotliwości 8MHz, co prawda przy niższym taktowaniu zużycie energii byłoby mniejsze, jednak wolne odświeżanie wyświetlacza było zbyt widoczne, nie do zaakceptowania. Większość czasu AVR i tak jest w uśpieniu, więc w efekcie nie ma to aż takiego znaczenia w kwestii zużycia energii. Program został napisany w C, zajmuje prawie całą pamięć programu (ponad 99%) i jest tak napisany, że zarówno mikrokontroler, czujnik, jak i wyświetlacz są domyślnie w uśpieniu, dzięki czemu pobór prądu spada do 5uA. AVR jest cyklicznie wybudzany przez watchdog co około 8,5 sekundy, w przerwaniu jest

Rys. 1



jedynie zwiększana zmienna pomocnicza, a następnie AVR jest ponownie usypiany. Gdy zmienna osiągnie wartość 105, co daje około 15 minut, dokonywany jest pomiar temperatury, wilgotności i ciśnienia. Odczytane wartości wpisywane są do tablic na potrzeby wykresu oraz aktualizowane są wartości minimalne i maksymalne, a następnie ponownie urządzenie przechodzi w stan uśpienia. Stację można też wybudzić ręcznie (przyciskiem), wtedy wybudzany jest również wyświetlacz, a pomiary dokonywane są wtedy w trybie ciągłym co 1 sekundę na potrzeby wyświetlania aktualnych wartości oraz aktualizowania wartości minimalnych i maksymalnych. Co sekundę jest mierzone również napięcie baterii, a sam pomiar dokonywany jest trochę nietypowo, to znaczy przy użyciu metody wykorzystującej wewnętrzne źródło napięcia odniesienia (bandgap), dzięki czemu nie potrzeba ani dodatkowego pinu, ani dodatkowych elementów, np. dzielnika napięcia, który nie tylko zająłby miejsce na płytce, ale i dodatkowo wyczerpywałby baterię. Metoda polega na tym, że mierzymy napięcie odniesienia, które dla naszej ATmegi wynosi 1,1V, natomiast napięcie zasilania jest napięciem odniesienia dla naszego pomiaru. Napięcie obliczamy ze wzoru $VCC = (VBG * 1024) / ADC$, gdzie VBG to napięcie odniesienia pomnożone przez 100 ($1,1 * 100 = 110$), a ADC to wynik pomiaru z przetwornika ADC. Dla dodatkowej oszczędności baterii, przetwornik ADC jest domyślnie wyłączony, włączany jest jedynie na czas pomiaru napięcia. Po 25 sekundach od ostatniego wcisnięcia przycisku stacja ponownie przechodzi w tryb uśpienia. Zarówno zegar RTC, jak i pozostałe układy: czujnik, wyświetlacz, komunikują się z AVR za pomocą magistrali I2C.

Montaż i uruchomienie

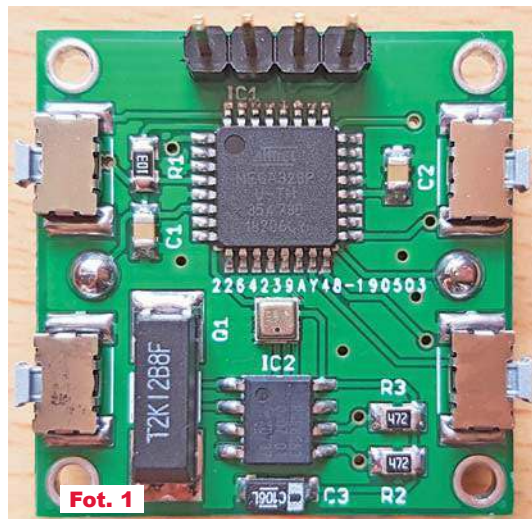
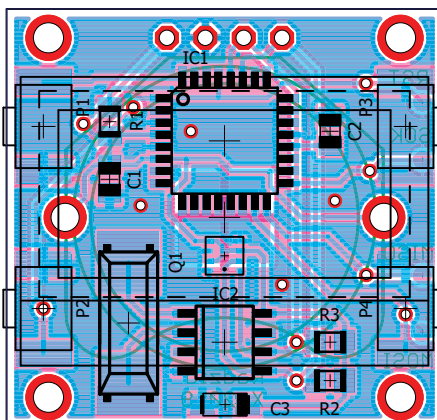
Płytką została zaprojektowana tak, aby miała dokładnie takie same wymiary jak płytka modułu wyświetlacza. Jej wykonanie powierzyłem fabryce. **Rysunek 2** przedstawia schemat montażowy. Montaż zaczynamy od najtrudniejszego elementu, czyli czujnika BME280. Jest to element dość trudny do zamontowania. Czujnik ma wymiary 2,5×2,5mm i ma aż 8 padów, które są bardzo małe, gęsto rozmieszczone, a żeby było jeszcze trudniej, umieszczone są pod spodem, więc nie da się ich przylutować klasyczną

lutownicą, konieczna będzie lutownica na gorące powietrze. Ja najpierw pocynowałem bardzo cienko pady na płytce oraz pady na czujniku. Następnie posmarowałem delikatną warstwą topnika płytke, umieściłem czujnik na miejscu (należy zwrócić uwagę na polaryzację), docisnąłem go delikatnie cienką metalową pęsetą, a następnie ogrzewałem czujnik lutownicą na gorące powietrze do czasu roztopienia spoiwa, da się to wyczuć, ponieważ czujnik delikatnie osiadł. Potem dociskałem jeszcze chwilę do czasu stwardnienia spoiwa.

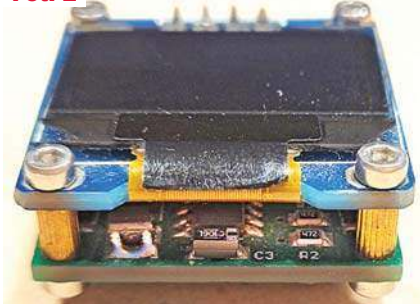
Gdy to nam się uda, wtedy jest już z górki. Następnie montujemy ATmegę, najlepiej użyć grotu *minifala*. Dalej montujemy pozostałe elementy SMD. Następnie delikatnie pogrubiamy cyną środkowy PAD złącza baterii, a potem montujemy koszyk baterii. **Fotografia 1** przedstawia zmontowaną płytkę. Na tym etapie warto umyć płytkę z nadmiaru topnika, należy uważać, by nie zmoczyć wnętrza czujnika, a zwłaszcza nie zatkać znajdującego się w nim otworu.

Na koniec pozostaje zamontowanie wyświetlacza. Należy zwrócić uwagę przy zakupie, czy wyświetlacz ma taką samą „pinologię” jak płytka stacji, ponieważ w handlu są dostępne wyświetlacze, które mają zamienione piny VCC i GND. Wyświetlacz można przykręcić na dystansach z gwintem wewnętrznym 2mm o długości 5mm, a następnie przylutować go za pomocą goldpinów. **Fotografia 2** przedstawia zmontowane urządzenie. Można też przylutować wyświetlacz na samych goldpinach, a dodatkowo dla wzmocnienia mechanicznego połączyć otwory montażowe w obu płytkach np. goldpinami i cyną, można dzięki temu uzyskać

Rys. 2. Skala 200%



Fot. 2



jeszcze mniejszą grubość urządzenia. Teraz możemy przystąpić do zaprogramowania AVR. W tym celu musimy przylutować przewody programatora do padów oznaczonych RST, SCK, MISO, MOSI, oraz dodatkowo zasilanie GND i VCC na złączu wyświetlacza. Ustawiamy FUSE BAJTY: LOW E2, HIGH D9, EXT FF, a następnie wgrywamy program main.hex.

Użytkowanie

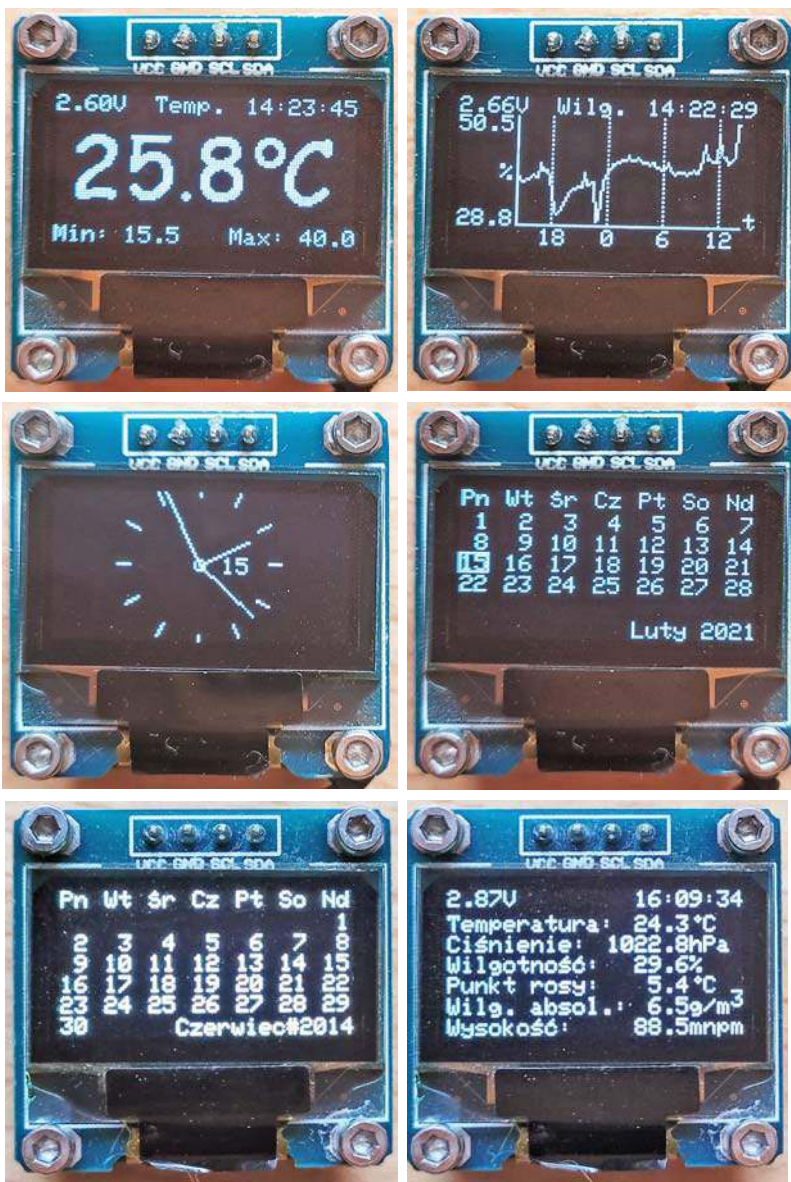
Po włożeniu baterii ustawiamy zegarek, do tego celu używamy: P3 – zwiększanie wartości, P4 – zmniejszanie wartości, P1 – zatwierdzenie wartości. Przyciski P3 i P4 mają funkcję *autorepeat*, dłuższe wcisnięcie powoduje szybkie zmiany wartości. Ustawiamy kolejno rok, miesiąc, dzień, godzinę i minutę. Dzień tygodnia wyliczany jest automatycznie na bieżąco, program pilnuje też, żeby nie przekroczyć liczby dni w miesiącu z uwzględnieniem lat przestępnych. Sekundy zostaną wyzerowane po zapisaniu ustawień. Po ustawieniu zegarka stacja przechodzi do wyświetlania zegarka cyfrowego. W tryb ustawiania zegarka można wejść ponownie bez wyjmowania baterii, w tym celu należy wcisnąć dłużej przycisk P1, będąc na ekranie zegarka cyfrowego. Jeżeli przez

20 sekund nie wciśniemy żadnego przycisku, wyświetlacz lekko przygaśnie, a jeżeli po kolejnych 5 sekundach nadal niczego nie wciśniemy, stacja przejdzie w tryb uśpienia. Przycisk P2 wybudza stację, wyświetlany jest ostatnio wybrany ekran. Przyciskami P3, P4 zmieniamy ekrany, kolejno: temperatura, wykres temperatury, wilgotność, wykres wilgotności, ciśnienie, wykres ciśnienia, wszystko na jednym ekranie (dodatkowo wilgotność absolutna i punkt rosy), wysokość, zegar cyfrowy, zegar analogowy, kalendarz.

W czasie, kiedy wyświetlana jest aktualna temperatura, wilgotność lub ciśnienie, przyciskiem P1, przez jego długie wciśnięcie, kasujemy wartości MIN i MAX dla danego ekranu. Wysokość barometryczną, czyli wysokość dla średniego ciśnienia atmosferycznego, możemy skorygować w czasie, kiedy wyświetlany jest ekran pokazujący tylko wysokość. W tym celu przyciskiem P1 zmieniamy „tryb”, który jest wyświetlany w prawym dolnym rogu wyświetlacza. Pierwszy tryb oznaczony jest komunikatem „+/-1m” w prawym dolnym rogu. Wtedy każde wciśnięcie P3, P4 zmienia wyświetlaną wartość o 1 metr. Tego trybu można użyć, jeżeli wiemy, na jakiej wysokości się znajdujemy. Drugi tryb oznaczony jest komunikatem „zeruj”; przyciski P3, P4 zerują wysokość i tego trybu możemy użyć, jeżeli chcemy zmierzyć, o ile zmieniła się nasza wysokość. Trzeci tryb oznaczony jest napisem „wyłącz”; przyciski P3, P4 ustawiają domyślną wartość oraz powodują wyjście z trybu korekcji. Dłuższe wciśnięcie P1 w dowolnym momencie ustawiania korekcji powoduje zachowanie ustawionej korekty i wyjście z trybu korekcji, a przyciski P3 i P4 powracają do normalnej pracy zmiany ekranów.

W widoku kalendarza mamy widok aktualnego miesiąca z zaznaczonym aktualnym dniem oraz informacją na dole, jaki mamy miesiąc i rok. Wciskając przycisk P1, przechodzimy do opcji przeglądania innych miesięcy, wejście w tę opcję sygnalizowane jest gwiazdką pomiędzy nazwą miesiąca a rokiem, wtedy przyciski P3 i P4 służą do zmiany wyświetlanego miesiąca o 1 miesiąc. Ponowne wciśnięcie P1 powoduje przejście do szybszej zmiany przeglądanych miesięcy, to jest każde wciśnięcie przycisków P3, P4 powoduje zmianę o 1 rok; ten tryb sygnalizowany jest kratką. Dalsze wciskanie P1 powoduje przechodzenie pomiędzy możliwością zmiany o 1 miesiąc a zmianą o 1 rok. Dłuższe wciśnięcie P1 powoduje powrót do aktualnego miesiąca i przywraca domyślne działanie przycisków P3 i P4.

Czujnik jest bardzo czuły dla każdej z mierzonych wartości, dzięki czemu możemy w przybliżeniu zmierzyć nawet na przykład wysokość stołu. Duża czułość niestety powoduje też pewien problem, a mianowicie zbliżenie ręki wpływa na zmierzoną temperaturę oraz wilgotność. Wykres rysowany jest cyklicznie, cały zobaczy-



Fot. 3...8



Fot. 9

my dopiero po dobie od uruchomienia stacji. **Fotografie 3...8** przedstawiają przykładowe ekrany.

Fotografia 9 pokazuje test polegający na pomiarze poboru prądu w spoczynku najnowszej wersji. Jak widać, przy zasilaniu 3V uśpiąca mikrostacja pobiera tylko pięć mikroamperów, czyli 15 mikrowatów mocy. **Fotografia 10** była robiona dużo wcześniej, w ramach rozwiązania zadania głównego 280 Szkoły Konstruktorów. Wcześniej model pobierał prawie 8 mikroamperów, a zmniejszenie



Fot. 10

do 5,1uA to głównie efekt ulepszeń w programie.

Opisywany tu projekt miał początki już dość dawno. W EdW 11/2019 było przedstawione rozwiązanie zadania 280 (**Zaproponuj wykorzystanie dowolnego gotowego, fabrycznego modułu albo lepiej kilku modułów**).

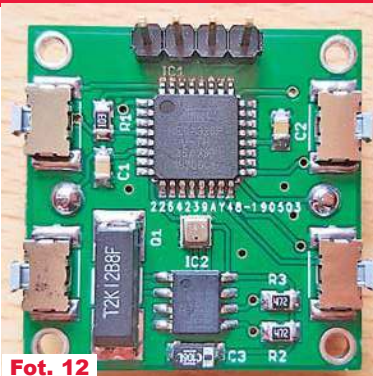
Wtedy wśród kilku zaproponowanych konstrukcji pojawiły się większe stacje pogodowe z modulem radiowym NRF24L01, pokazane na **fotografii 11**. Pojawiła się też pierwsza wersja mikro-stacji – **fotografia 12** oraz opisujący ją tekst: (...) *Jako ostatnia powstała wersja miniaturowa, w której zastosowałem moduł wyświetlacza OLED 0,96". Płytkę samej stacji ma identyczne wymiary jak płytkę modułu wyświetlacza (...) Urządzenie jest zasilane baterią CR2032 (...) Urządzenie wychodzi z uśpienia po wciśnięciu przycisku i można wtedy wyświetlić kolejne wartości i wykresy, a następnie po 30 sekundach od ostatniego wciśnięcia przycisku wchodzi ponownie w stan uśpienia. (...)*

Prowadzący Szkołę Konstruktorów napisał wtedy: (...) *Prezentowany powyżej opis celowo został bardzo skrócony dlatego, że chciałbym przedstawić szerzej, w oddzielnym artykule zarówno proces powstawania, opis pomysłów, problemów, wyborów i decyzji, jak też zrealizowane rozwiązania. Zapowiada się bardzo pouczający, interesujący materiał, o ile Autor rozszerzy opis, by pokazać nam*

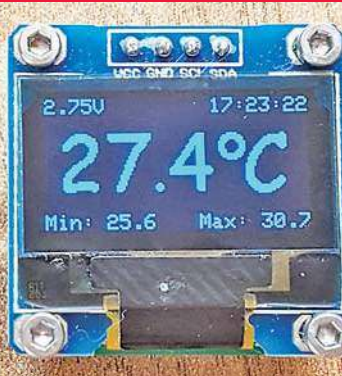
Wykaz elementów

R1	10kΩ	805
R2,R3	4,7kΩ	805
C1,C2	100nF	805
C3	10uF 16V SMD typ A	
IC1	ATMEGA328P-AU	TQFP32
IC2	PCF8563	S08
IC3	BME280	
Q1	kwarc 32,768kHz SMD	
P1...P4	przyciski KSS331GLFS	
Wyświetlacz OLED SSD1306 I2C, kolejność pinów		
VCC, GND, SCL, SDA		
Koszyk baterii CR2032		

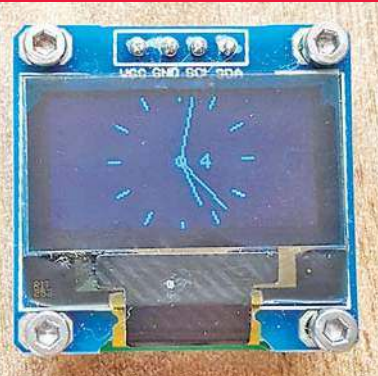
Płytkę drukowaną jest dostępna
w Sklepie AVT jako AVT3294



Fot. 12



Fot. 11



Fot. 13



Fot. 11



Fotografia 13 przedstawia posiadany moduł BME280 po takim zabiegu.

ścieżkę swoich kolejnych rozwiązań (...). Niniejszy artykuł jest rozszerzeniem tamtego krótkiego opisu, zaprezentowanego przed kilkunastoma miesiącami.

Możliwości zmian

Jeżeli nie mamy lutownicy na gorące powietrze lub obawiamy się, że sobie nie poradzimy z lutowaniem czujnika, możemy zastosować czujnik w postaci gotowego modułu. Moduły te z reguły mają taką samą pinologię jak moduł wyświetlacza. Moduł BME280 można włutować np. pomiędzy płytkę stacji a płytkę wyświetlacza. Niestety ma to dwie wady. Po pierwsze, całość będzie o parę milimetrów grubsza, a po drugie, na rynku są różne moduły z BME280, 3,3-woltowe i 5-woltowe. Te 5-woltowe mają wbudowany stabilizator pobierający dodatkowy prąd, który szybko zużyłby całą energię z baterii. Z tym drugim problemem można sobie poradzić, wylutowując stabilizator z płytki czujnika i zwierając jego wejście z wyjściem na płytce. Należy też wylutować translator napięć, jeżeli taki jest na płytce i połączyć jego wejścia z wyjściami. Usuamy też linijkę rezystorów.

Pozostaje jeszcze kwestia obudowy. Ja celowo jej nie wykonałem, i to z kilku powodów: trudno byłoby dostosować jakąś gotową obudowę, a wykonanie obudowy do tak miniaturowego urządzenia w warunkach domowych też mało realne. Ponadto zależało mi, aby gadżet był jak najmniejszy, a obudowa zmieniłaby wymiary w znaczącym stopniu. Najlepszym wyjściem byłoby zaprojektowanie obudowy i wydrukowanie jej na drukarce 3D (której niestety nie mam). Należy pamiętać, że ewentualna obudowa musi być przewiewna, żeby czujnik szybko i dobrze reagował na zmiany temperatury i wilgotności.

W Elportalu wśród materiałów dodatkowych do tego numeru można znaleźć dokumentację płytki oraz program dla mikroprocesora (*main.hex*). W sprawie ewentualnych nowszych wersji programu można zwracać się, pisząc na poniższy adres e-mailowy.

Radosław Rongers
radarek.rr@gmail.com



Izolowany galwanicznie mostek USB-I2C

Prezentowany w artykule konwerter zapewnia izolację galwaniczną między interfejsem USB a mikrokontrolerem. Komunikacja z konwerterem odbywa się nie przez UART, tylko z wykorzystaniem I2C. Interfejs I2C w porównaniu z UART ma wiele zalet.

Opisywane urządzenie służy do galwanicznej izolacji interfejsu USB od mikrokontrolera. Istnieją gotowe izolatory USB, na przykład ADuM1460, ale do tanich nie należą. Zdecydowanie taniej można zbudować izolator z wykorzystaniem układów FT201 i ADuM1250. Układ FT201 jest mostkiem USB-I2C i w stosunku do mostka z interfejsem UART ma szereg zalet, zwłaszcza przy współpracy z AVR, PIC czy zapomnianym już 8051:

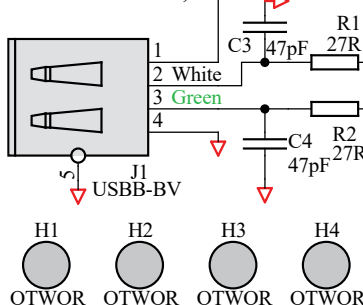
- AVR mają mało UART. Jest to szczególnie odczuwalne w przypadku ArduinoUNO. Niektóre AVR mają 2 UART, nieliczne Mega po cztery, ale są one montowane w obudowach 100pin.
- Zegar AVRmega/tiny musi być stabilizowany rezonatorem kwarcowym. Wbudowany RC ma zbyt małą stabilność, aby wykorzystać go z UART.
- Wbudowane w mostki USB-UART FIFO nie spełnia swojej roli. Mostki mają FIFO, ale jeżeli znaki, które przyszły z USB, są wysyłane do UART, czy uC tego chce, czy nie. Ten problem najbardziej odczuwalny jest w Arduino z AVRmega/tiny, w którym podczas komunikacji z WS2812 czy 1-Wire najczęściej zawieszane są przerwy.
- Kontrola przepływu wymaga dodatkowych GPIO uC oraz implementacji jej po stronie HOST-a, co nie zawsze jest możliwe, przykładowo gdy nie mamy kodów źródłowych HOST-a.
- Używając UART, nie można stwierdzić, czy USB HOST jest przyłączony, czy nie. Do tego trzeba zaangażować kolejne linie mikrokontrolera.

Część 1

- Konfigurację mostka, czyli VID, PID, desktyptor, funkcje GPIO, itd. można przeprowadzić (o ile w ogóle można, bo w np. CP2101 nie) tylko z poziomu komputera odpowiednią aplikacją. Dla układów FTDI jest to FT_PROG. Nie można tego zrobić z poziomu uC.
- Wszystkie wyżej wymienionych wad pozbawiony jest układ FT201:
- Komunikacja interfejsem I2C do 3,4MHz (w projekcie konwertera prędkość ogranicza ADuM1250 do 1MHz).
- I2C akceptuje logikę 5V.
- Prędkość komunikacji USB 1Mb/s.
- Dwa bufony FIFO 512 bajtów.
- Wszystkie opcje konfiguracji programem FT_PROG dostępne z poziomu interfejsu I2C.
- Ponad 1kB EEPROM do dyspozycji użytkownika.
- 5 konfigurowanych linii GPIO, które między innymi mogą sygnalizować niedobre znaki w FIFO, wolne miejsce w FIFO nadawczym, sterowanie LED-ami sygnalizacyjnymi.

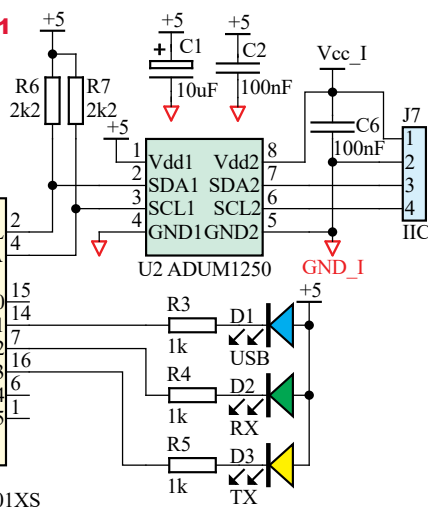
Opis układu

Schemat ideowy pokazany jest na rysunku 1. Układ zasilany jest z łącza USB. U1 pracuje w typowym układzie aplikacyjnym. Szyna I2C jest izolowana układem U2. Jak widać,



budowa sprzętowa jest banalna, cała moc leży w oprogramowaniu. Zanim przystąpię do opisu oprogramowania, wyjaśnię funkcjonowanie FIFO w mostkach USB. W przypadku mostków z UART, dane przychodzące po USB są zapisywane w FIFO, skąd są wysyłane przez UART. Nie znam sposobu, aby zatrzymać wysyłanie danych z FTDI. Zmiana stanu linii CTS czy DTR powoduje tylko zmianę stanu tych wirtualnych linii dostępnych w HOST przez API. HOST może reagować na stan CTS/RTS, ale to, co już jest w buforze układu FTDI, musi zostać wysłane. Z tego powodu reakcja na zmianę CTS/RTS nie jest natychmiastowa i w przypadku układów FTDI w najgorszym przypadku mikrokontroler może jeszcze otrzymać 512 znaków od czasu zmiany stanu linii CTS/RTS. Ponadto, nie zawsze program będzie reagował na stan owych linii. Jeśli nie mamy kodów źródłowych, nic z tym się nie da zrobić. Arduino nader często blokuje przerwy. W przypadku transmisji do LED WS2812 taka blokada może trwać kilkadziesiąt milisekund, a przy prędkości 115200, blo-

Rys. 1



kada na dłużej niż ok. 173µs spowoduje gubienie znaków. W przypadku 921600 wystarczy ok. 22µs.

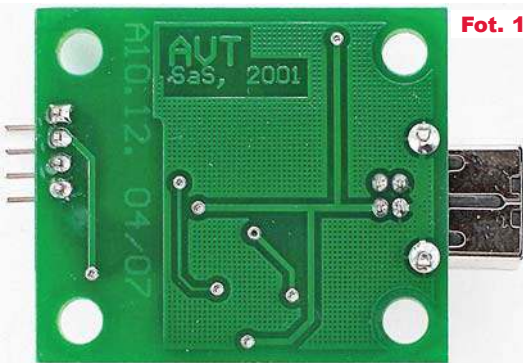
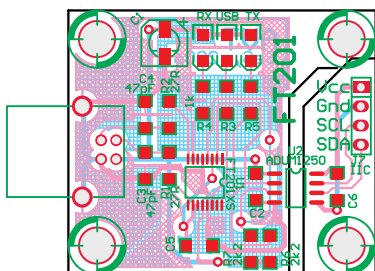
Z FT201 jest inaczej. Dane przychodzące po USB są tak jak i w przypadku mostków z UART zapisywane w FIFO, ale FIFO będzie odczytane dopiero wtedy, gdy zrobi to mikrokontroler, bo FT201 jest układem slave i sam z siebie nie wyśle danych na I2C. Pozwala to na zdecydowanie dłuższy czas blokować przerwanie mikrokontrolera, a nawet obsłużyć komunikację I2C bez użycia przerwań.

Montaż i uruchomienie

Układ można zmontować na płytce drukowanej, której projekt pokazany jest na **rysunku 2**. Układ montujemy standardowo, zaczynając od elementów najmniejszych, a kończąc na największych.

Fotografia wstępna oraz **fotografia 1** pokazują model. Układ zmontowany prawidłowo ze sprawnych elementów powinien od razu pracować.

Obsługa programowa. Podstawowa funkcjonalność związana z transmisją danych jest osiągalna w zadziwiająco prosty sposób. Aby wysłać dane po USB, wystarczy zaadresować układ slave o adresie 0x22 (0x44) do zapisu. Adres 0x22 jest domyślnym adresem układu FT201, można go zmienić programem FT_PROG (**rysunek 3**) lub modyfikując obszar pamięci MTP przez mikrokontroler, o czym później. **Uwaga! Wszystkie rysunki – zrzuty z artykułu o dużej rozdzielczości są dostępne w Elportalu wśród materiałów dodatkowych do tego numeru EdW.** Adres w programie FT_PROG wpisujemy w postaci liczby szesnastkowej 7-bit. Trzeba o tym pamiętać, bo łatwo o pomyłkę, ponieważ adres 0x22 w analizatorze czy na oscyloskopie jest reprezentowany w postaci liczby 0x44 przy zapisie (**rysunek 4a**) i 0x45 przy odczycie (**rysunek 4b**). Programy operują na różnych adresach, przykładowo Arduino używa adresowania 7-bitowego, co oznacza, że domyślnym adresem FT201 jest 0x22, natomiast HAL STM32 posługuje się adresem 8-bitowym, więc **Rys. 2**



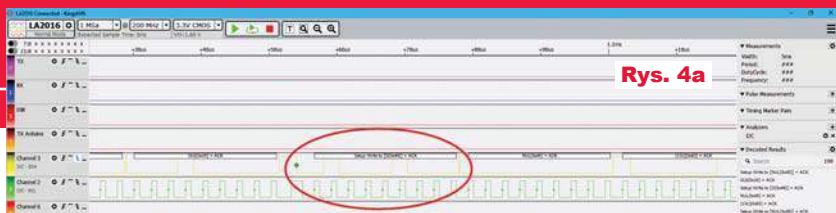
Fot. 1

co widać w kodach źródłowych, n a l e ż y p o s ł u g i w a ć się a d r e s e m 0x44. Po zaadresowaniu slave brak potwierdzenia ACK świadczy o zapelnionym buforze FIFO.

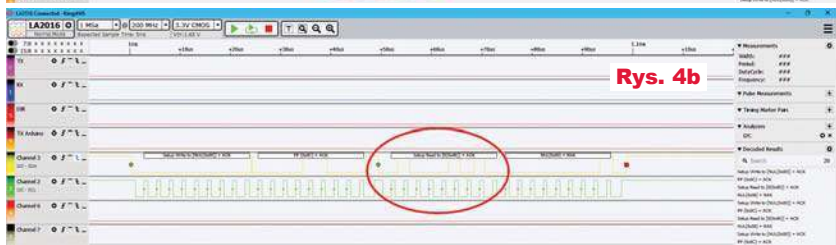
Odbiór jest równie prosty. Po zaadresowaniu slave do odczytu należy sprawdzić sygnał ACK. Jeśli go nie ma, to w FIFO nie ma znaku do odczytu, jeśli jest, w FIFO znajduje się co najmniej jeden znak. Na **listingu 1a** znajduje się fragment programu wysyłania i odbioru danych do/z FT201 napisany dla STM32L412, natomiast **listing 1b** przedstawia program dla Arduino. **Uwaga! Wszystkie listingi do tego artykułu są dostępne w Elportalu wśród materiałów dodatkowych do tego numeru EdW.**

Program wysyła co dwie sekundy napis „Ramka” oraz jej numer i odsyła przychodzące dane, poprzedzając je tekstem „RX:” – **rysunek 5a**. Program dla Arduino nie odsyła tekstów na terminal, tylko wyświetla w monitorze portu szeregowego – **rysunek 5b**.

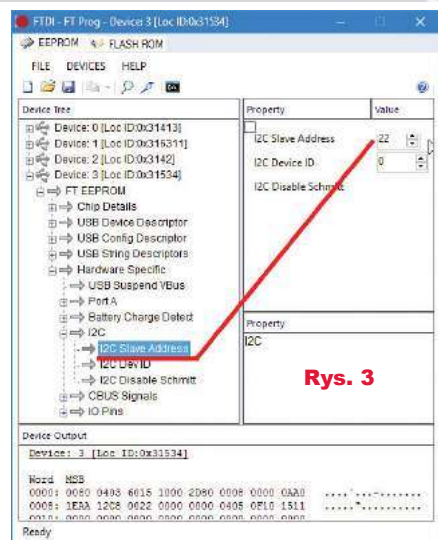
Programy w pełnej wersji dostępne są też w materiałach dodatkowych na Elportalu. Czas podnieść poprzeczkę i wykorzystać zaawansowane możliwości układu. Jak odczytać status układu czy liczbę bajtów zgromadzonych w FIFO? Adresowanie i odczyt układu nie mają sensu, bo zwraca on zawartość FIFO. Aby nie rezerwować kolejnego adresu, konstruktorzy zdecydowali się na wykorzystanie adresu broadcastowego. Ze względu na to, że na adres ten reagują wszystkie układy na magistrali, adres broadcastowy nie służy



Rys. 4a



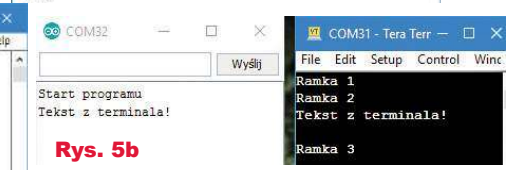
Rys. 4b



Rys. 3



Rys. 5a



Rys. 5b

do odczytu/zapisu rejestrów układu FT201, tylko do wysyłania komend. Aby odczytać, ile bajtów zgromadzono w FIFO, należy:

- Wygenerować START.
- Zaadresować slave 0 (broadcast) do zapisu.
- Wysłać komendę, w przypadku odczytu liczby bajtów w FIFO 0x0C.
- Wygenerować ponowny START. **Nie może to być STOP-START, musi być ponowny start!**
- Zaadresować FT201 do odczytu.
- Odczytać bajt bez ACK. W bajcie zawarta będzie informacja o liczbie bajtów w FIFO.
- Wygenerować STOP.

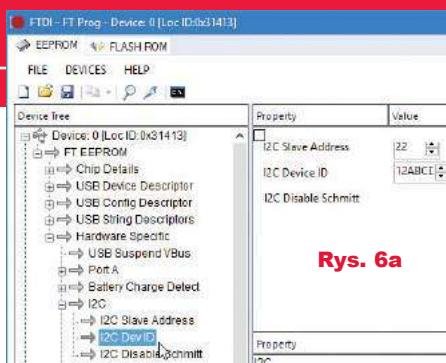
Rodzi się pytanie, jak jednym bajtem odczytać liczbę 9-bit? FIFO ma 512 bajtów, aby więc poinformować o liczbie bajtów, potrzebne są dwa bajty. Przyznam, że nie wiem, w nocie katalogowej też nic na ten temat nie znalazłem. Pisząc artykuł, opierałem się na przykładzie z noty („AN 255 USB to I2C Example using the FT232H and FT201X devices”, strona 25), a wynikiem jest **listing 2**.

Wszystko na to wskazuje, że gdy danych będzie więcej niż 255, FT201 zwróci wartość 255. Po odczytaniu danych z FIFO, kolejny odczyt liczby bajtów w FIFO zwróci resztę, która została. Na **listingu 3a** pokazana jest funkcja odczytująca liczbę bajtów w FIFO dla STM32F411 i zmodyfikowana funkcja odsyłająca dane.

Zdziwić może, dlaczego nie użyłem HAL-a? Czyżby nie istniała funkcja, która wysyła ponowny START? Istnieje (**HAL_I2C_Mem_Read**), ale niestety, twórcy HAL nie przewidzieli, że adres do zapisu może być inny niż do odczytu. Ze względu na to, że zrozumienie HAL STM32 jest zadaniem trudnym, prościej było napisać ten fragment, posługując się rejestrami. Ta sama funkcja dla Arduino jest na **listingu 3b**.

Tu też skorzystałem z rejestrów, bo biblioteki Arduino są niedopracowane. Standardowe wcale nie pozwalają na wygenerowanie ponownego startu (HAL STM32 tylko wtedy, gdy adresy slave się różnią). To bardzo dziwne postępowanie, zwłaszcza że wiele układów korzysta z tej funkcjonalności. Ponadto, bufor nadawczy jest ograniczony do 32 bajtów. Bez modyfikacji bibliotek zwiększenie bufora nadawczego zwiększy także bufor odbiorczy. W konsekwencji, gdyby chcieć wykorzystać maksymalny dostępny rozmiar dla FT201 o wielkości 512 bajtów, zwiększenie bufora dla I2C spowodowałoby zużycie połowy RAM dostępnej w ArduinoUNO!

Trochę odejdę od tematu głównego i opiszę problem, z którym już kiedyś się spotkałem i dał mi się we znaki podczas pisania oprogramowania dla FT201. W magistrali I2C, w specyficznych warunkach może dojść do sytuacji, że slave zablokuje magistralę. Może tak się stać wtedy, gdy mikrokontroler zostanie zresetowany w momencie, gdy slave wystawia zero na magistrali danych. W takiej sytuacji, po resecie, nie można poprawnie przeprowadzić komunikacji po I2C, ponieważ master stwierdza, iż magistrala jest zajęta przez inny master. Szanse na zaistnienie takiego zdarzenia są tym większe, im częściej odczytuje się dane ze slave. W przypadku FT201, gdy nie używamy przerw od FIFO, odpytanie jest bardzo częste (dobry powód, aby jednak korzystać z przerw). Jak wyjść z takiej patowej sytuacji, gdy slave blokuje magistralę? Najprościej zresetować slave, ale nie każdy układ ma taką możliwość, na przykład FCP8574. Co



Rys. 6a

wtedy? Wystarczy wygenerować dzień impulsów na linii SCK, po czym warunek stopu. Niestety nie da się zrobić tego z układu I2C master wbudowanego w mikrokontroler. Należy go wyłączyć i prostym programem wygenerować impulsy oraz STOP. Funkcję taką można także wywołać, gdy nagle tracimy komunikację z układami slave. Czasem pomaga. Kod takiej funkcji dla STM32 i miejsc jej umieszczenia pokazuje **listing 4a**. To samo dla AVR pokazuje **listing 4b**.

Gdy już mamy pewną obsługę I2C odczytamy status FT201. Operacja przebiega tak samo jak w przypadku odczytu liczby bajtów w FIFO, aby więc nie tworzyć kolejnych funkcji, stworzymy uniwersalną, której argumentem będzie komenda dla układu FT201 jak na **listingu 5a**.

Status jest liczbą z zakresu 0...3 a oznacza:

- 0x00 Suspended
- 0x01 Default
- 0x02 Addressed
- 0x03 Configured

Jeśli układ został skonfigurowany przez HOST, status zwraca 3. Odczyt statusu dla Arduino na **listingu 5b**.

Kolejną funkcją jest odczyt ID układu. ID można ustawić programem FT_PROG – **rysunek 6a**. ID zawiera trzy bajty, w FT_PROG wprowadza się je w formie liczby szesnastkowej. Aby odczytać ID przez I2C, nie jest używany jak poprzednio adres broadcastowy, tylko używa się dodatkowego adresu układu FT201: 0xF8 (0x7C). Niestety, operacja nie jest standardowa, tak jak i poprzednia z adresem broadcastowym. Aby odczytać ID, należy:

- Wygenerować START.
- Zaadresować slave 0xF8 (0x7C) do zapisu.
- Wysłać adres układu FT201 do odczytu.
- Wygenerować ponowny START (nie może być stop-start musi być ponowny start).
- Zaadresować slave 0xF9 (0x7C) do odczytu.
- Odczytać bajt bez ACK. W bajcie zawarta będzie informacja o liczbie bajtów w FIFO.

– Wygenerować STOP.

W tym celu napisałem funkcję pokazaną na **listingu 6a**. Odczyt ID na Arduino na **listingu 6b** (tylko w Elportalu).

Te karkołomne sztuczki z adresem broadcastowym i F8 pozwalają na używanie wielu układów na jednej magistrali, a jednocześnie nie trzeba rezerwować osobnych adresów dla danych i komend lub wydłużać transmisji o dodatkowy bajt informujący, czy chcemy operować na danych USB, czy na rejestrach układu FT201.

Na koniec pozostawiłem najciekawszą możliwość FT201: konfigurowanie układu z poziomu mikrokontrolera. **Wszystko, co można zrobić programem FT_PROG, można zrobić także z poziomu mikrokontrolera!** Daje to duże możliwości.

- Pierwsza to fakt, że nie trzeba wgrywać programu do urządzenia dwa razy, raz programu dla mikrokontrolera, za drugim razem konfiguracji dla FTDI.
- Kolejna zaleta to ewentualny upgrade programu. Przykładowo mikrokontroler może pobrać najnowszą wersję programu z Internetu i zaprogramować siebie, ale co z mostkiem USB? Gdy jest to mostek UART, a istnieje konieczność zmiany konfiguracji układu, to mamy sytuację patową. W przypadku FT201 problemu nie ma.
- Kolejny przykład to wymiana uszkodzonego mostka USB. W przypadku standardowych układów trzeba jeszcze wgrać konfigurację, a w przypadku FT201 konfigurację może ustawić mikrokontroler.
- Mikrokontroler może sprawdzić konfigurację, pozwalając zabezpieczyć się przed „grzebaniem” w niej przez osoby postronne.
- MTP i powiązana z nią pamięć EEPROM pozwala na umieszczanie w niej danych, które nie ulegną zniszczeniu po wymianie mikrokontrolera. Pozwala to tworzyć licznik czasu pracy, zabezpieczenia czy konfigurację w postaci dodatkowej kopii przydatnej, gdy zawartość pamięci EEPROM w mikrokontrolerze ulegnie uszkodzeniu.
- Aplikacja może odczytać informacje o urządzeniu, korzystając z EEPROM, przy czym nie ma tu ograniczenia liczby danych do 32, jak w przypadku deskryptora USB.

Ciąg dalszy w następnym numerze.

SaS
sas@elportal.pl

Uniwersalna przystawka pomiarowa do komputerowej karty dźwiękowej

część 2

W pierwszej części artykułu w opisie układu przystawki pomiarowej było tylko podane, że dla ochrony wejść współpracującej karty audio niezbędny jest obwód ogranicznika. Oto szczegóły.

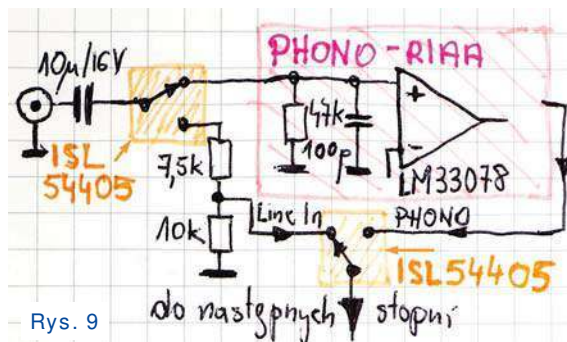
Problem w tym, że skuteczne obwoły chroniące wejścia przed uszkodzeniem powinny zawierać szeregowy rezystor i przez to niestety zwiększają szumy. Wprawdzie wejścia *Line In* karty prawdopodobnie wytrzymają obecność sygnału wejściowego powodującego silne przesterowanie. Ale nie wiadomo, jak dużego. Wygląda na to, że w niektórych kartach prawdziwych zabezpieczeń nie ma, a odporność na zbyt duże sygnały wejściowe określa maksymalny prąd, jaki w sytuacji awaryjnej może popłynąć przez pasywny układ wejściowego układu scalonego do linii zasilania.

Problem w tym, że nie sposób znaleźć szczegółowych schematów większości kart audio. A obwoły wejść *Line In* są budowane w bardzo różny sposób. Sygnał z nich jest podawany bez wzmacniania na wejście przetwornika ADC, ale z reguły nie bezpośrednio. Najczęściej przez jakieś wtórnik z wzmacniaczami operacyjnymi, a ponieważ zwykle są to symetryczne wejścia ADC, także przez jakieś obwoły symetryzujące, też z co najmniej jednym wzmacniaczem operacyjnym. Często w takim torze są jakieś przełączniki: albo przełączniki, co jest znakomitym rozwiązaniem, albo przełączniki elektroniczne – klucze analogowe, co może

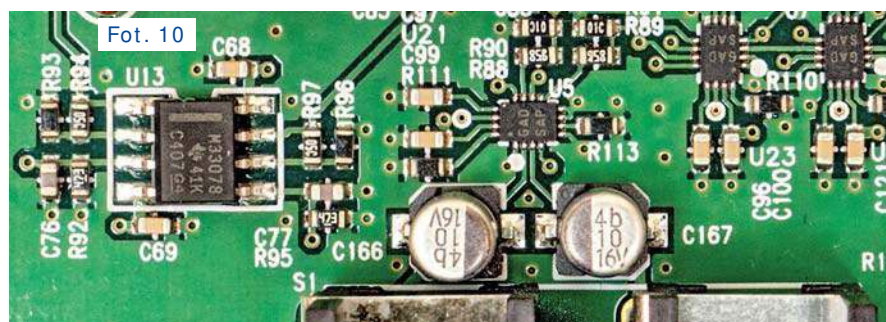
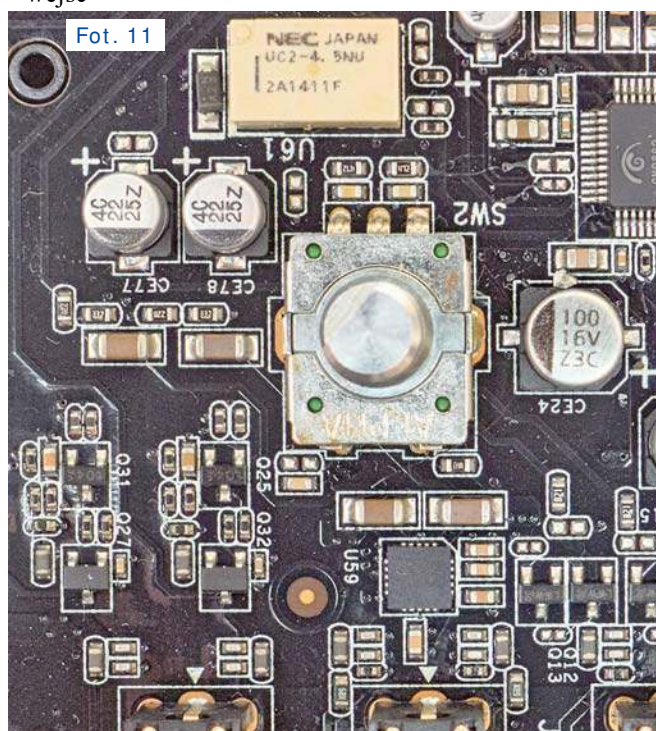
niedużo obniżyć parametry z uwagi na nieliniowość takich kluczy. Przykładem są znalezione gdzieś w sieci informacje na temat budowy obwodów wejściowych karty Sound Blaster X-Fi SB1240 – uproszczony tor sygnału jest pokazany na **rysunku 9**. **Fotografia 10** pokazuje płytkę w okolicy gniazd – wejść

Line In / Phono. Małe układy scalone oznaczone GAD SAP to klucze elektroniczne Renesasa (d. Intersil) ISL54405. Wygląda na to, że wejściowy klucz ISL54405, a także wejście wzmacniacza LM33078 we wzmacniacz gramofonowy (PHONO) nie są niczym zabezpieczone.

W kartach innych producentów budowa jest zupełnie inna. **Fotografia 11** pokazuje wewnątrz dobrej jakości, ale sprawiającej duże kłopoty karty ASUS Xonar U5, gdzie



Rys. 9



jest jedno wejście minijack (3,5mm), które może pełnić albo funkcję stereofonicznego wejścia *Line In*, albo wejścia mikrofonowego. W okolicach tego wejścia są jakieś nieoznaczone elementy SMD, ale nie wiadomo, jaką grają rolę. W Elporale wśród materiałów dodatkowych do tego numeru można znaleźć pełne fotografie 5 i 6 w bardzo dużej rozdzielczości, a dodatkowo fotografię karty SB0270.

Karty audio USB z reguły zasilane są pojedynczym napięciem 5V z gniazda USB. Opisująca przystawka buforowa standardowo ma być zasilana napięciem symetrycznym $\pm 5V \dots \pm 6V$. Oznacza to, że na wyjściu wzmacniacza U2 mogą się pojawić napięcia zmienne o wartości międzyszczytowej rzędu 10V (na przykład podczas przesterowania czy samowzbudzenia systemu). Podanie takiego maksymalnego napięcia zmiennego na wejście karty dźwiękowej stwarza jakieś ryzyko uszkodzenia niezabezpieczonego wejścia *Line In*. Ryzyko niezbyt wielkie, ale nie można go wykluczyć. Wydajność prądowa wyjścia TL072 w naszej przystawce to co najmniej kilkanaście miliamperów (według katalogu zwarcio- wy prąd wyjściowy to typowo 40mA, maksymalnie 60mA), więc lepiej dmuchać na zimne. Co istotne, przystawka w razie potrzeby może być zasilana wyższym napięciem, do $\pm 18V$, bo tyle wytrzyma TL072 (NE5532 ma zakres napięć zasilania do $\pm 22V$ i większy prąd wyjściowy). W roli U2 być może będą zastosowane wzmacniacze o większym prądzie wyjściowym. Żeby znaczne napięcia i prądy zmienne na wyjściu U2 nie uszkodziły wejścia *Line In* karty dźwiękowej, dodany jest obwód z rezystorem R6 i diodami LED. Nieprzypadkowo z diodami niebieskimi.

Na marginesie: podczas zbierania materiałów na temat nietypowego wykorzystania kart dźwiękowych do pomiarów, na kilku stronach internetowych znalazłem nieliczne wzmianki o potrzebie ochrony wejść przed zbyt dużym sygnałem. Większość napisana przez osoby słabo rozumiejące szczegóły. Niektóre twierdzenia i rady mogły wprowadzić w błąd. Na przykład ktoś radził, żeby na wejściu zamontować dwie połączone równolegle-przeciwsobnie... diody Schottky'ego. Dałoby to schemat zastępczy jak pokazuje rysunek 12.

Rysunek 13 pokazuje typowe charakterystyki popularnych 200-miliamperowych diod Schottky'ego BAT42/BAT43. Zapewne w ograniczniku będą one pracować w temperaturze pokojowej. A wtedy typowe napięcie potrzebne dla uzyskania prądu przewodzenia 10uA wyniesie około 150mV. Oznacza to, że sygnały zmienne o wartości szczytowej 150mV (między-

szczytowej 300mV) spowodują przewodzenie takich diod w szczytach sygnału, popłynie znaczny prąd, a to spowoduje spłaszczenie wierzchołków, czyli powstanie zniekształceń nieliniowych. Wielkość tak wprowadzonych zniekształceń będzie w niewielkim stopniu zależać od rezystancji wewnętrznej źródła sygnału R_W .

Tymczasem na wejścia liniowe podajemy sygnały o napięciu międzyszczytowym ponad 2V! Diody Schottky'ego obetną takie sygnały w stopniu absolutnie niedopuszczalnym. Z ogranicznikiem „szotkiego” według rysunku 4 maksymalne napięcie międzyszczytowe sygnału musiałoby być mniejsze niż 300mV, co może miałyby sens dla czułego wejścia mikrofonowego, ale nie

liniowego. Jednak i na wejściu mikrofonowym lepiej byłoby raczej włączyć ogranicznik o większym napięciu obcinania, choćby ze zwykłymi diodami krzemowymi. Wejścia mikrofonowego nie wykorzystuje się do przeprowadzania wysokiej jakości pomiarów audio, ponieważ zawsze wbudowany tam wzmacniacz mikrofonowy ma gorsze właściwości niż wejścia *Line In*.

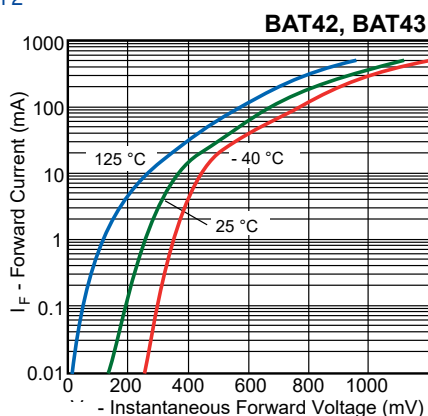
Do pomiarów trzeba wykorzystywać wejścia *Line In* i chronić je przed zbyt dużymi sygnałami, które mogłyby uszkodzić obwody wejściowe. A zakres roboczych napięć na wejściach *Line In* sięga co najmniej $1V_{RMS}$, czyli 2,82Vpp, zwykle więcej, nawet do 4Vpp. Czyli ogranicznik powinien reagować dopiero przy sygnałach o wartości międzyszczytowej około 4...5V.

Wprawdzie do większości pomiarów nie są potrzebne karty dźwiękowe o najwyższej jakości, o znikomych szumach i zniekształceniach nieliniowych, jednak przewidując takie potrzeby, w opisywanej przystawce pod wzmacniacz U1, U2 przewidziano podstawki (precyzyjne), co pozwala też wykorzystać inne wzmacniacze operacyjne, o jeszcze lepszych parametrach. A wtedy, jeżeli zniekształcenia mają być jak najmniejsze, przy roboczych poziomach sygnałów ani trochę nie powinny przewodzić diody LED w ograniczniku. Zbadałem więc, przy jakim napięciu diody zaczynają przewodzić. Jak wiadomo, prąd diod, także diod LED wykładniczo wzrasta w funkcji napięcia. Problem dotyczy urządzeń, które mają zniekształcenia rzędu setnych i tysięcznych części procenta, a nawet

mniejsze, więc jako „początek przewodzenia” ostrożnie przyjąłem prąd o znikomej wartości 0,1 mikroampera. Sprawdziłem, że posiadane (niedawno kupione) małe czerwone, żółte i zielone diody LED taki prąd mają przy napięciu przewodzenia 1,4...1,5V (starsze diody były produkowane inaczej i najprawdopodobniej mają niższe napięcia przewodzenia). Przez diody białe, a ściślej przez ich niebieskie struktury, prąd 0,1uA płynie przy napięciu około 2,0V. Natomiast spośród posiadanych diod niebieskich, z dużej ich liczby (fotografia



Rys. 12



Rys. 13



Fot. 14

14) wybrałem egzemplarze, które w temperaturze pokojowej mają prąd 0,1uA przy napięciu 2,30V (przy wzroście temperatury otoczenia napięcie przewodzenia zmniejsza się o 1...5mV/°C). Sprawdziłem też, że użyte egzemplarze przy prądzie 10mA mają napięcie przewodzenia około 3,0V. Oznacza to, że mój ogranicznik bez żadnych zniekształceń nieliniowych powinien przepuścić sygnały o wartości międzyszczytowej do 4,6V. Natomiast w razie przeciążenia (przesterowania lub samowzbudzenia systemu) napięcie na diodach LED ogranicznika z rezystorem R6 = 1kΩ nie powinien przekroczyć 6Vpp, a ewentualny prąd – kilku miliamperów, co na pewno nie uszkodzi wejścia *Line In* współpracującej karty dźwiękowej.

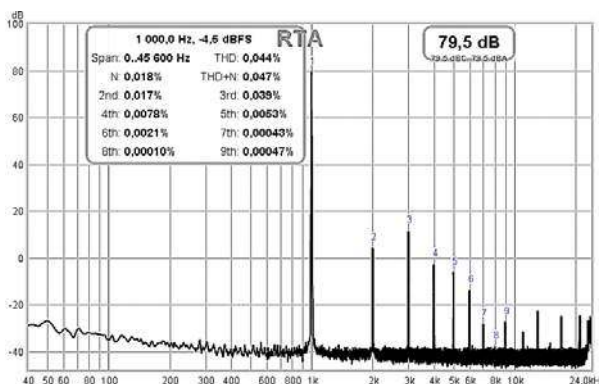
Pierwotnie wlutowałem R6 o wartości 220Ω. Po wstępnych testach zmieniłem R6 na 1kΩ i dodałem zwórkę Z4. Otóż (zgodnie z oczekiwaniami) okazało się, że obecność szeregowego rezystora ochronnego R6, nawet niewielkiego 220-omowego, zauważalnie zwiększa nie tylko szumy, ale też zniekształcenia wejścia *Line In* karty. A przystawka, choć prosta, według założeń może też być wykorzystana do bardzo precyzyjnych pomiarów sprzętu wysokiej jakości. Wtedy trzeba minimalizować wszelkie zniekształcenia i szumy.

Idea jest taka, że normalnie przystawka ma pracować bez zwórki Z6, a w razie potrzeby przy najdokładniejszych pomiarach można tę zwórkę założyć – ale tylko na czas właściwego pomiaru, po wstępnych testach i ustawieniu prawidłowych, bezpiecznych poziomów napięć. Zwarcie R6 nie oznacza całkowitego braku zabezpieczenia, bo ograniczające diody LED pozostają, ale przy większych prądach wyjściowych wzmacniacza operacyjnego napięcie ograniczania na diodach będzie większe, może przekroczyć 7Vpp, a w skrajnych przypadkach możliwe byłoby przepalenie LED-ów zbyt dużym prądem wyjściowym U2.

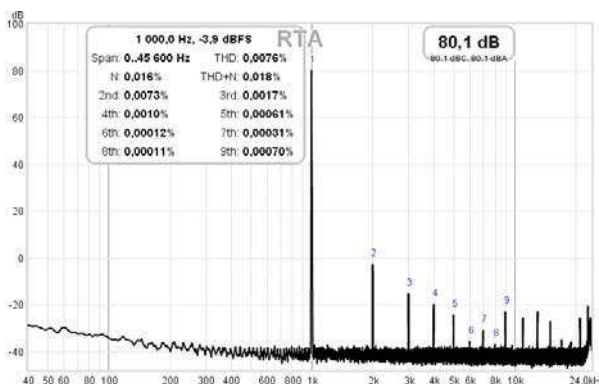
Rysunek 15 pokazuje poziomy szumów oraz zniekształceń z rezystorem R6 (1kΩ). W sumie zniekształcenia i szumy (parametr THD+N) to tylko 0,047%, a same zniekształcenia nieliniowe THD to 0,044%.

Zdecydowanie podkreślam, że w ogromnej większości zastosowań nie ma potrzeby zwierania rezystora R6, bo jego obecność oznacza skuteczniejsze działanie ogranicznika przepięć z diodami LED, a minimalizacja szumów i zniekształceń jest niezbędna tylko w nielicznych pomiarach.

Zniekształcenie poniżej pięciu setnych procenta można uznać za bardzo małe, ale zwarcie rezystora R6 znacząco polepsza sytuację, jak pokazuje **rysunek 16**. Jak widać, współczynnik THD+N zmniejsza się do



Rys. 15



Rys. 16

0,018%, a same zniekształcenia nieliniowe THD do bardzo dobrej wartości 0,0076%! Zaskakująco duży okazuje się więc wpływ szeregowego rezystora 1kΩ – być może z uwagi na to, iż na wejściu *Line In* używanej do tego testu karty SB1240 pracują klucze analogowe ISL54405, których rezystancja nie jest idealnie liniowa. Niemniej jak na tanie kostki NE5532 i TL072, które można kupić po złotówce, takie parametry naszej przystawki można uznać za bardzo dobre!

Nie da się ich radykalnie poprawić przez wymianę wzmacniaczy operacyjnych, ponieważ rysunek 5 pokazuje sumaryczne zniekształcenia i szumy nie tylko przystawki, ale też użytej karty dźwiękowej. To odrębny interesujący temat, który może być omówiony w oddzielnej artykule.

Piotr Górecki

KEY

PRODUCENT AUTOMATYKI GRZEWCZEJ

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

TANIE REGULATORY

DO KOTŁÓW WĘGLOWYCH I NA DREWNO

z wbudowanym termostatem pokojowym
zapewniającym komfort i oszczędność

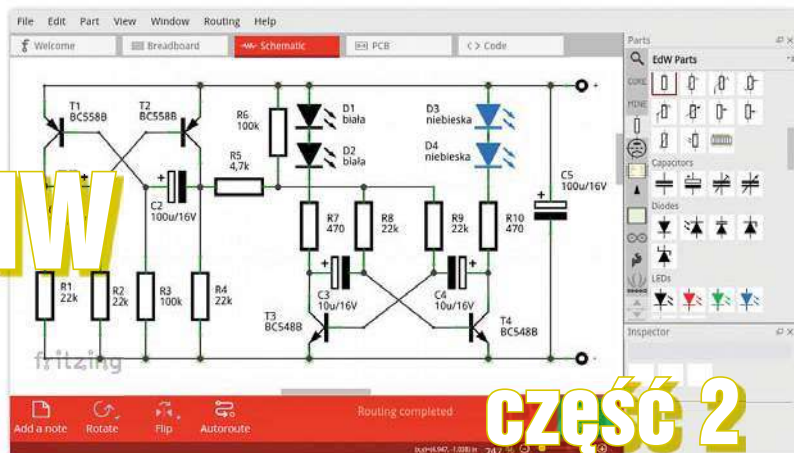

REGULATORY DO KOTŁÓW Z PODAJNIKIEM

REGULATORY POGODOWE

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

www.pwkey.pl

Schematy EdW we Fritzingu



część 2

W pierwszej części artykułu przedstawione były wszystkie podstawowe informacje, potrzebne i wystarczające do wykorzystania gotowych bibliotek z „elementami EdW”. A oto zapowiadane dalsze wskazówki.

Tylko dla dociekliwych

Wszystkie elementy zaprojektowane są na podstawie siatki „0.05” cala. Wszystkie piny elementów muszą znajdować się na siatce, dzięki czemu elementy są do siebie dopasowane (rysunek 30).

Rysunki SVG bazują na rozdzielczości 100dpi, ponieważ taka rozdzielczość jest używana przez program. Oprócz plików „.svg” do poprawnego działania program potrzebuje plików opisujących, które zawierają np. liczbę i nazwy pinów oraz opis elementu. Te pliki zapisane są w formacie „.fzp”. Poza tym każda grupa elementów jest opisana w osobnym pliku „.fzb”. Nie będę opisywał tutaj struktury tych plików. Ciekawych odsyłam do dokumentacji Fritzingu na stronie GitHub.

Brakuje elementu – co zrobić? Możesz zrobić to sam, uzupełniając projekt o brakujące elementy, ale zdaję sobie sprawę z tego, że może być to za trudne dla większości czytelników. Możesz

zgłosić zażalenie, problem lub pomysł na nowy element poprzez główną stronę projektu na GitHubie.

Aby stworzyć zgłoszenie na stronie GitHub, będzie potrzebne założenie tam konta. Procedura tworzenia konta jest bardzo prosta i nie będę jej tutaj opisywał. Po zalogowaniu wejdź na stronę projektu <https://github.com/di0x7c5/edw-fritzing-parts/> i wybierz zakładkę „Issues”, następnie kliknij zielony przycisk „New issues” (rysunek 28).

Wyświetli Ci się formularz do wypełnienia tj. na rysunku 29. Możesz go wypełnić w języku polskim. Najpierw dodaj tytuł, czego dotyczy prośba (1). Następnie opisz dokładnie, na czym ma polegać zmiana i co ma obejmować (2).

Możesz dodać załączniki do prośby poprzez przeciągnięcie i upuszczenie bezpośrednio na formularz pliku (3). Polecam przygotować szkice odnośnie do skomplikowanych elementów, aby efekt końcowy jak najbardziej odpowiadał Twoim potrzebom. Kiedy już uzupełniłeś wszystkie pola, kliknij w zielony

przycisk „Submit new issue”. Tak utworzona prośba wylądnie na liście projektu i będę w stanie śledzić bieżące prośby.

Autor bardzo chętnie przyjmie też każdą pomoc przy rozwijaniu projektu. Jeżeli jesteś w stanie i chcesz dokonać kontrybucji, możesz tego dokonać, tworząc Merge Requesty ze swoich branchy

Układy scalone. Jedną z ważniejszych grup stanowią układy scalone. Ręczne tworzenie plików „.svg” dla tych elementów byłoby zbyt pracochłonne, tym bardziej że są one powtarzalne. Dzięki temu, że są one do siebie podobne, można zautomatyzować proces ich generowania. Z tego względu stworzyłem dodatkowe rozszerzenie „.ic”, które zawiera informacje dotyczące elementu,

tj. opis, nazwa elementu, ale co ważne, ma opis rozmieszczenia pinów, ich numery nóżek oraz nazwy. Pliki te poddawane są procesowi parsowania, w wyniku czego automatycznie generowane są pliki „.fzp” oraz „.svg”. Skrypt do parsowania plików „.ic” został napisany w BASHu i nazywa

```
.version 1
.author di0x7c5
.label U
.title PCF8583
.description Clock/calendar
with 240 x 8-bit RAM
```

```
.width 11
.height 10
```

```
L - 2 1 OSCI
L - 4 2 OSC0
L - 6 3 A0
L - 8 4 GND
R - 2 8 VCC
R - 4 7 INT
R - 6 6 SCL
R - 8 5 SDA
```

Listing 1

się „icgen.sh”. Jest on dostępny w katalogu scripts projektu.

Przykładowy IC. Spójrzmy na przykładowy plik „.ic” o opisie zawartym w listingu 1.

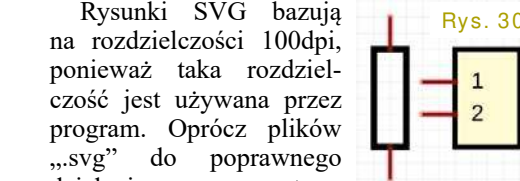
I wygenerowany na podstawie powyższego dokumentu element pokazuje jest na rysunku 31.

Atrybuty. Linie zaczynające się od znaku kropki „.” to atrybuty elementu. Określają cechy elementu, takie jak nazwa, autor, opis, szerokość, wysokość itp. Wszystkie wspierane atrybuty znajdują się w tabelach poniżej. Są tylko dwa

U1
PCF8583

Rys. 31

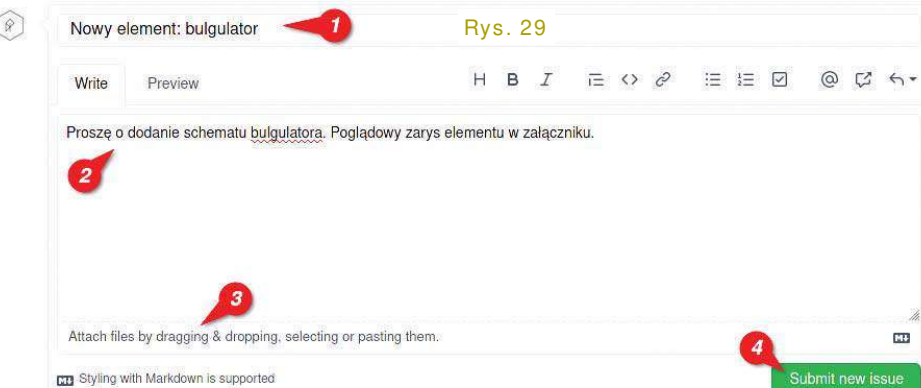
1	OSCI	VCC	8
2	OSC0	INT	7
3	A0	SCL	6
4	GND	SDA	5



Rys. 30

di0x7c5 / edw-fritzing-parts

Rys. 28



Rys. 29

atrybuty obowiązkowe, które powinien mieć każdy plik „.ic”, są to:

Atrybut	Znaczenie
.title	Tytuł elementu. Używany również do określenia nazwy elementu
.description	Opis elementu

Wszystkie inne atrybuty są opcjonalne (tabela 1).

Komentarze. Wszystkie linie zaczynające się od znaku hash „#” są traktowane jako komentarze i nie są w żaden sposób przetwarzane przez interpreter.

Wyprowadzenia. Każda kolejna linia jest definicją jednego wyprowadzenia układu scalonego. Struktura takiej linii wygląda następująco:

[brzeg] [typ] [pozycja] [numer-pinu] [opis..]

Brzeg. Ten parametr definiuje, na którym brzegu bloku układu scalonego dane wyprowadzenie będzie występować. Do wyboru mamy 4 podstawowe:

- „L” lub „l” – (left) strona lewa
- „R” lub „r” – (right) strona prawa
- „T” lub „t” – (top) strona górna
- „B” lub „b” – (bottom) strona dolna

Przykład zobaczysz na **rysunku 32**. Wielkość znaku ma znaczenie. Litery wielkie spowodują, że opis wyświetlany przy wyprowadzeniu będą umieszczone horyzontalnie, małe litery za to – wertykalnie.

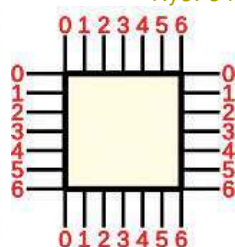
Typ. Skrypt definiuje kilka możliwych typów wyprowadzeń. Typ wyprowadzenia definiuje jego rolę w układzie scalonym. Dostępne typy to:

- „-” – zwykłe wyprowadzenie
- „>” lub „<” – sygnał zegarowy
- „o” – wyprowadzenie z negacją (wyzwalane sygnałem niskim)

Przykład zobaczysz na **rysunku 33**.

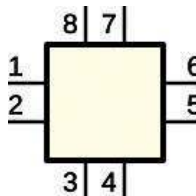
Pozycja. Pozycja definiuje miejsce na brzegu, w którym znajduje się dane wyprowadzenie. Pozycję można zdefiniować bezwzględnie, ustalając konkretną wartość liczbową lub pośrednio, podając odstęp od poprzednio zdefiniowanego wyprowadzenia np. „+2” lub „-1”. Pierwsze wyprowadzenie zazwyczaj znajduje się na pozycji „1” lub „2”, a każde kolejne powinno się znajdować minimum o „+2” dalej, aby uniknąć nachodzenia na siebie numeracji pinów oraz nazwy wyprowadzenia. Przykład zobaczysz na **rysunku 34**.

Rys. 34



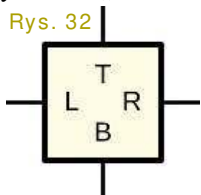
Atrybut	Tabela 1	Znaczenie	Domyślna wartość
.version		Wersja elementu	0
.author		Imię i nazwisko lub nick autora	icgen
.date		Data i czas utworzenia	Bieżący czas
.label		Oznaczenie na schemacie	U
.width		Szerokość elementu	11
.height		Wysokość elementu	Wyliczana w trakcie parsowania
.partnumber		Nazwa elementu. Jeżeli ustawiony na wartość „generic”, to nazwa elementu nie jest wyświetlana na schemacie	To samo co w .title
.id		Wewnętrzny identyfikator programu	<nazwa_pliku>_Id
.tint		Kolor elementu. Zob. kolory	YELLOW
.nopinnr		Jeżeli ustawiony, nie wyświetla numeru pinu na schemacie	N/A

Numer Pinu. Numer pinu to wartość pojawiająca się nad wyprowadzeniem i definiuje ona numer nóżki układu scalonego. Generowanie numeracji pinów można wyłączyć, stosując bezparametrowy atrybut „.nopinnr”. Przykład zobaczysz na **rysunku 35**.



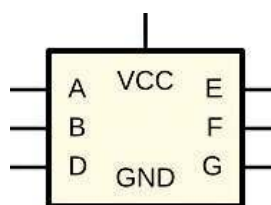
Rys. 35

Opis. Opis jest umieszczany wewnątrz bloku układu scalonego obok wyprowadzenia i specyfikuje on jego przeznaczenie. Zazwyczaj jest to funkcja lub skrót, który jasno określa zastosowanie wyprowadzenia np. „GND” lub „CLK”. Przykład zobaczysz na **rysunku 36**.

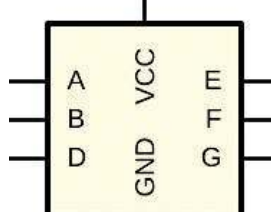


Rys. 32

Tekst opisu można obrócić o 90 stopni, zamieniając dużą literę brzegu na małą, np. z „T” na „t” i „B” na „b”. Przykład z obróconymi opisami zobaczysz na **rysunku 37**.



Rys. 36



Rys. 37

Kolory. Atrybutem „.tint” można zdefiniować kolor układu scalonego. Skrypt udostępnia 6 predefiniowanych kolorów zgodnych z kolorystyką EdW. Wszystkie zostały zaprezentowane na **rysunku 38**. Dostępne wartości to „YELLOW” (1), „BLUE” (2), „PINK” (3), „VIOLET” (4), „GREEN” (5), „BROWN” (6). Można też zdefiniować własny kolor, podając go w formacie hex „#RRGGBB”, np. ustawienie wartości „#FF0051” wygeneruje IC pokazany na **rysunku 39**. Domyślnym kolorem jest kolor „YELLOW”.

Licencja. Projekt edw-fritzing-parts jest projek-

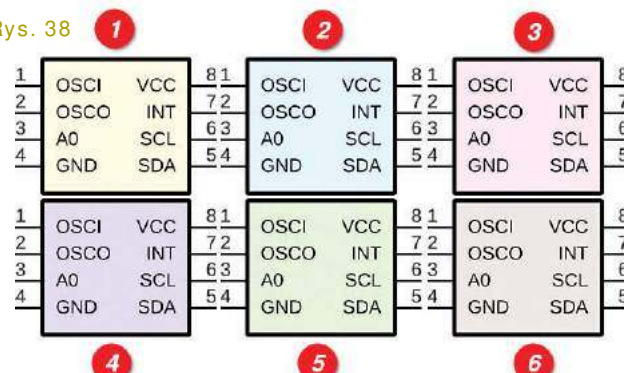
tem Open Source udostępnionym na licencji GPL-3.0 License. Ale wszelkie prawa do rysunków posiada Redaktor Naczelny czasopisma „Elektronika dla Wszystkich”, Piotr Górecki.

Autor projektu uzyskał zgodę redakcji na przeniesienie elementów schematowych do programu Fritzing. Każdy może wykorzystać opisany dalej sposób do przygotowania rysunków przewidzianych do publikacji w EdW oraz do innych celów prywatnych (niekomercyjnych), na przykład w szkole i na uczelni czy na prywatnych stronach internetowych. Sposób udostępniony zostaje tylko do prywatnego użytku niekomercyjnego, ale nie może być wykorzystywany do celów zarobkowych bez zgody Autora i Redakcji EdW.

Dariusz Iwanoczko

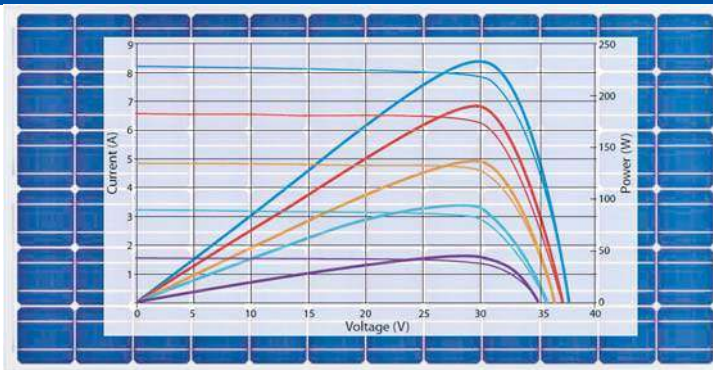
dariusz.iwanoczko@gmail.com

Rys. 39



MPPT

część 12



Wcześniej mówiliśmy o różnych sterownikach solarnych, które jedynie dbały o akumulator, ale nie o panel FV. Teraz mówimy o sterownikach, które dodatkowo potrafią „wyciągnąć” z panelu maksymalną moc, jaką ten dysponuje w danych warunkach oświetlenia i temperatury.

A ponieważ i natężenie oświetlenia, i temperatura się zmieniają, taki sterownik musi na bieżąco śledzić (ang. Tracking – śledzenie) punkt mocy maksymalnej (MPP – Maximum Power Point). Stąd nazwa: są to sterowniki śledzące punkt maksymalnej mocy panelu, czyli sterowniki MPPT.

W praktyce regulację w śledzących sterownikach MPPT realizujemy za pomocą odpowiednich przetwornic impulsowych, bo najogólniej biorąc, przetwornice impulsowe transformują napięcia i prądy. Można powiedzieć, że przetwornice impulsowe to transformatory prądu stałego, a zmieniając współczynnik wypełnienia impulsów sterujących przetwornicą, zmieniamy przekładnię takiego transformatora prądu stałego.

Teraz wiemy już, jaki ma być element wykonawczy. Ale taki regulowany transformator prądu stałego w postaci przetwornicy musi być odpowiednio sterowany, żeby panel pracował w aktualnym dla danych warunków punkcie mocy maksymalnej. Dlatego sterownik MPPT, oprócz bloku regulacji obciążenia panelu (w postaci jakiegoś rodzaju przetwornicy impulsowej), musi też mieć jakieś obwody, które najogólniej biorąc, będą śledzić punkt mocy maksymalnej i odpowiednio sterować przetwornicą obciążającą panel FV. Szczegóły będziemy omawiać później. A na razie, pomijając kwestie związane z ładowaniem akumulatora, możemy przedstawić działanie śledzącego sterownika MPPT, a przynajmniej realizację funkcji związanych

z maksymalizacją mocy uzyskiwanej z panelu fotowoltaicznego mniej więcej jak na mocno uproszczonym **rysunku 1**.

Tylko skąd obwód śledzenia ma wiedzieć, czy panel pracuje w punkcie MPP, czy też „przed” albo „za” tym punktem?

Otóż na pewno trzeba w jakiś sposób pozyskać i wykorzystać informacje z panelu FV. Obwody określania i śledzenia MPP mogą być zrealizowane rozmaicie. Opracowano wiele sposobów, prostszych i skomplikowanych. Nie ma jednego, najlepszego sposobu realizacji śledzenia MPP. Mało tego: **wszystkie sposoby śledzenia MPP są niedoskonałe i żaden nie pozwala zrealizować tego w sposób idealny**. Zanim omówimy różne sposoby i algorytmy śledzenia MPP, powinniśmy jednak zacząć od regulatorów.

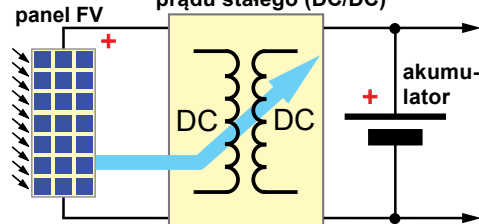
Analogowy sterownik MPPT?

Praca sterowników MPPT w sumie polega na zmianach wartości rezystancji obciążenia panelu, czyli stosunku napięcia i prądu tego panelu tak, żeby zawsze pracował on w punkcie mocy maksymalnej (MPP) zależnym od chwilowych warunków pracy.

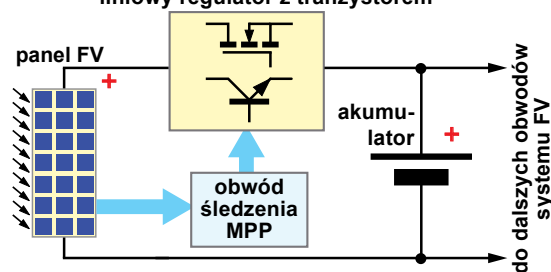
A rezystancję obciążającą panel można zmieniać liniowo przez płynne otwieranie tranzystora MOSFET lub zwykłego tranzystora bipolarnego.

W zasadzie tak, ale to nie jest dobry sposób realizacji sterowników MPPT, i to z kilku względów, między innymi z uwagi na straty mocy w postaci ciepła nieodłącznie występujące przy regulacji liniowej. A jeżeli chcemy wykorzystać całą dostępną aktualnie w panelu moc, to

Rys. 1 przetwornica impulsowa, czyli... regulowany transformator prądu stałego (DC/DC)



liniowy regulator z tranzystorem



Rys. 2

wszelkie straty ciepłe powinniśmy minimalizować.

Nie miałyby więc sensu próba realizacji sterownika MPPT z liniowym regulatorem według **rysunku 2**. Tym bardziej że w systemach solarnych odbiornikiem energii z reguły jest akumulator, co dodatkowo komplikuje je sytuację.

Jest wyjątek, ale chyba tylko jeden: gdyby energia słoneczna z panelu FV miała być wykorzystywana do grzania. Wtedy można byłoby wykorzystać tranzystor(y) w roli grzałki według **rysunku 3a** i w sposób analogowy, ciągły regulować napięcie stałe na panelu, żeby odpowiadało punktowi MPP.

Poważną wadą jest to, że cała moc wydziela się w tranzystorze, który pełni funkcję grzałki. Częściowym rozwiązaniem byłoby dodanie stałej rezystancji o obciążalności odpowiadającej najsilniejszemu oświetleniu, na przykład według **rysunku 3b**. Przy najsilniejszym oświetleniu rezystancja obciążenia ma być najmniejsza,

równa R_L i tranzystor byłby wtedy w pełni otwarty. Przy słabszym oświetleniu optymalna rezystancja obciążenia musi być większa i realizowałby to tranzystor, który byłby częściowo zatykany, by utrzymać napięcie panelu FV odpowiadające MPP.

Generalnie jednak wątpliwy jest sens stosowania paneli FV do grzania. Przecież sprawność energetyczna fotowoltaicznych paneli to tylko 10...20%, a zdecydowanie większą sprawność mają tzw. solary, czyli kolektory słoneczne (ich sprawność optyczna to ok. 80%, a wypadkowa sprawność całkowita to 40...80%, zależnie od różnicy temperatur).

Dlatego ogólnie biorąc, **nie ma analogowych sterowników MPPT, są tylko impulsowe, zawierające przetwornice.**

Przetwornice i przetwornice

Jeżeli mówimy o przetwornicach impulsowych, to od razu na myśl przychodzą przetwornice indukcyjne, czyli takie, w których najważniejszym elementem (magazynującym energię) jest indukcyjność.

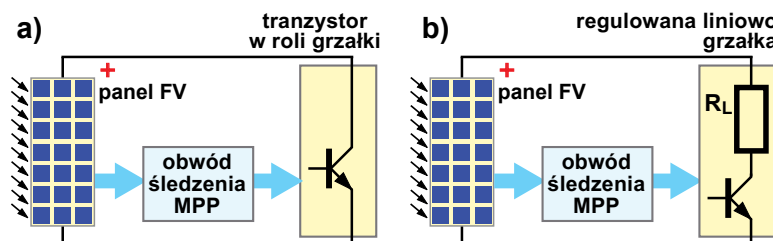
Słusznie, bowiem przytłaczająca większość przetwornic impulsowych to przetwornice indukcyjne. Jak wiadomo, element indukcyjny, cewka, gromadzi energię. Jeżeli podamy na cewkę napięcie (dołączymy ją do źródła napięcia), to w tej pierwszej części cyklu pracy prąd w cewce będzie rósł z szybkością proporcjonalną do tego napięcia i w cewce (w polu magnetycznym) gromadzić się będzie porcja energii. Gdy odłączymy cewkę od źródła napięcia, wytworzy ona napięcie samoindukcji, które stara się podtrzymać przepływ prądu przez cewkę w tym samym kierunku (ale w innym obwodzie). W tej drugiej części cyklu pracy prąd nadal płynie przez cewkę w tym samym kierunku, a wcześniej zgromadzona w niej energia zostanie przekazana dalej. Tak z grubsza biorąc, działają przetwornice indukcyjne.

Co bardzo ważne, zmieniając stosunek czasów pierwszej i drugiej części cyklu, czyli zmieniając współczynnik wypełnienia przebiegu roboczego, możemy zmieniać „przekładnię napięciową”, czyli stosunek napięć wejściowego i wyjściowego, a także „przekładnię prądową”, czyli stosunek prądów wejściowego i wyjściowego.

Przy zastosowaniu idealnych elementów sprawność energetyczna przetwornicy indukcyjnej mogłaby wynosić 100%.

W przypadku sterowników solarnych specyfika polega na tym, że panel FV nie jest źródłem napięciowym, tylko prądowym. To znacząco zmienia sytuację, z jednej strony utrudnia, ale z drugiej pozwala wykorzystywać różne niespotykane gdzie indziej rozwiązania. W tym kontekście warto przypomnieć, że istnieją też przetwornice impulsowe, **niezawierające indukcyjności.**

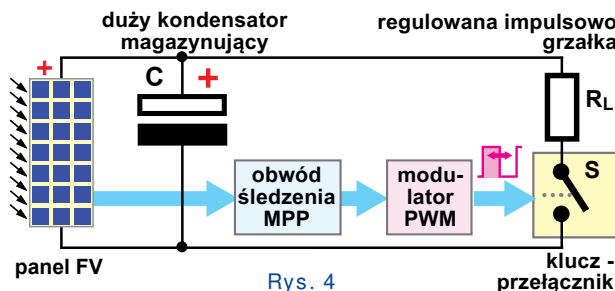
Rys. 3



Bezindukcyjny sterownik MPPT?

Fakt, że panel FV jest źródłem prądowym, pozwala zrealizować sterownik MPPT bez przetwornicy indukcyjnej. Zgodnie z wcześniejszymi informacjami, maksymalna wartość prądu panelu wyznaczona jest przez aktualne natężenie promieniowania słonecznego. Nie próbujemy regulować (zmniejszać) tego prądu, tylko chcemy wykorzystać go w całości. Możemy i chcemy natomiast regulować napięcie występujące na panelu, żeby odpowiadało ono punktowi MPP.

Regulować impulsowo, bez strat i bez użycia przetwornicy indukcyjnej.



Rys. 4

Ideę pokazuje rysunek 4. Warunkiem prawidłowego działania jest to, by rezystancja obciążenia R_L nie była większa niż rezystancja odpowiadająca punktowi MPP przy najsilniejszym oświetleniu. Gdyby była równa, to właśnie przy najsilniejszym oświetleniu klucz S byłby zwarty przez cały czas i cała energia z panelu byłaby bezpośrednio przekazywana do obciążenia. Wtedy nie byłby nawet potrzebny potężny kondensator magazynujący C.

A gdy moc (i prąd) panelu się zmniejsza, trzeba zwiększyć wypadkową rezystancję obciążenia, żeby nie obniżyć napięcia na panelu. Wtedy okresowo styk S jest rozwierany i prąd w obciążeniu ma postać impulsów. Wypełnienie tych impulsów jest regulowane właśnie przez obwód śledzenia MPP. Czym mniejszą mocą (i prądem) dysponuje panel FV, tym mniejsze będzie wypełnienie impulsów prądu płynącego przez obciążenie. Natomiast napięcie stałe na panelu będzie utrzymywane przez obwód śledzenia na poziomie odpowiadającym aktualnemu punktowi MPP.

Jest to możliwe dzięki obecności kondensatora magazynującego C o odpowiednio dużej pojemności. Gdy ta pojemność jest wystarczająco duża oraz częstotliwość impulsów rozładowujących też odpowiednio duża, to w czasie impulsów rozładowujących, gdy zwarty jest styk S, napięcie na kondensatorze zmniejszy się bardzo mało. Podobnie mało wzrośnie, gdy styk S zostanie rozarty i gdy kondensator będzie ładowany prądem źródła prądowego, jakim jest panel FV.

Istotną wadą bezindukcyjnego kontrolera MPPT według rysunku 4 jest to, że na obciążeniu występuje przebieg impulsowy, więc tym obciążeniem musi być jakaś rezystancja, na przykład grzałka. Nie może to być akumulator, dlatego takich kontrolerów MPPT prawie się nie spotyka.

Kontrolery MPPT z reguły zawierają przetwornice indukcyjne. Omówimy je w następnym odcinku.

Piotr Górecki

Modułowe mierniki napięcia i prądu stałego

Zgodnie z zapowiedzią sprzed miesiąca, w trzeciej części artykułu omówimy modułowe mierniki prądu a także moduły dwufunkcyjne..

Amperomierze

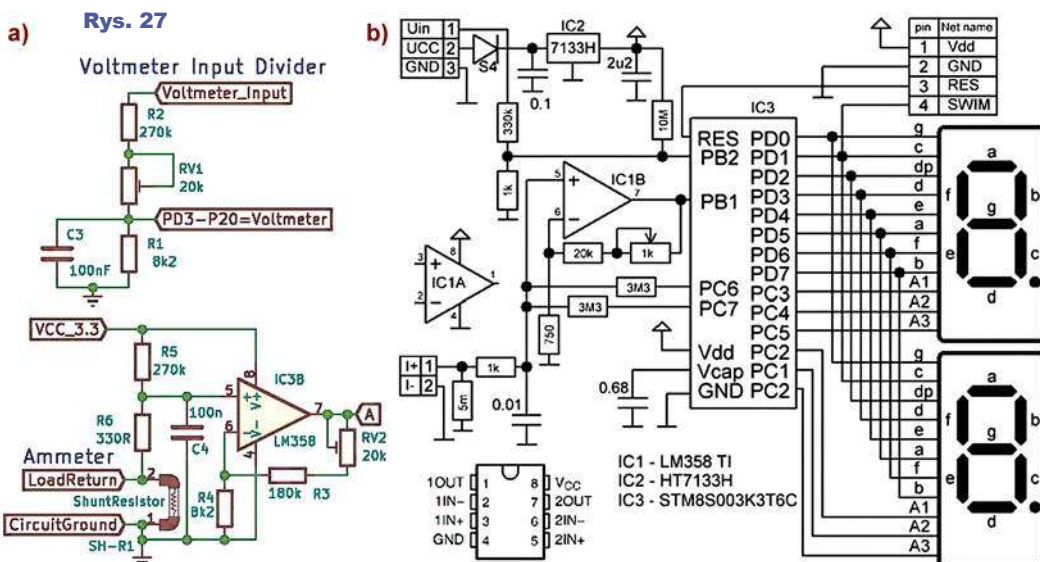
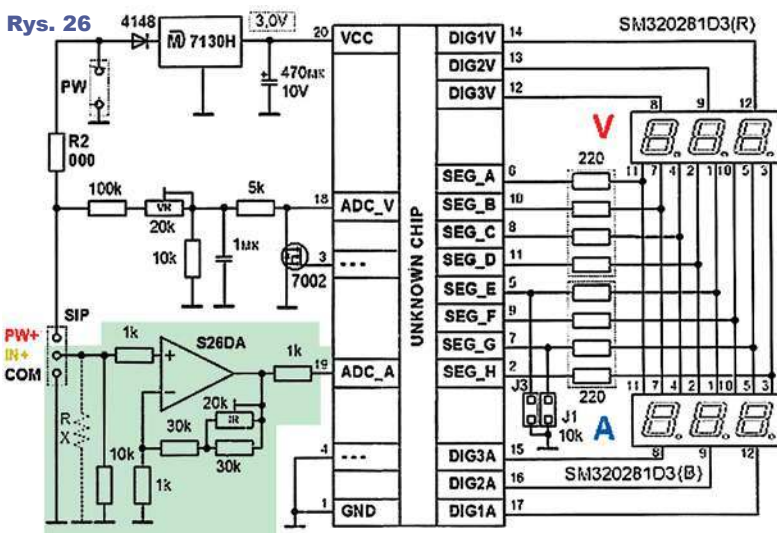
Amperomierze w sumie są bardzo podobne do woltomierzy. Zamiast dzielnika napięcia zawierają rezystor pomiarowy (bocznik) i działanie polega na pomiarze spadku napięcia na tym rezystorze. Większość amperomierzy jest dużo mniej dokładna od woltomierzy. Problem w tym, że zakres pomiarowy przetwornika ADC wbudowanego w procesor to co najmniej 1V, a na rezystorze pomiarowym R_S spadek napięcia musi być wielokrotnie mniejszy niż 1V. Dlatego w większości amperomierzy znajdziemy wzmacniacz operacyjny, najczęściej według idei z **rysunku 26**. Wzmacniacz operacyjny widać na fotografii 7, zaraz za rezystorem pomiarowym. A jeżeli w mierniku jest wzmacniacz operacyjny, to dochodzi problem jego napięcia niezrównoważenia, bo przecież jest ono wzmacniane.

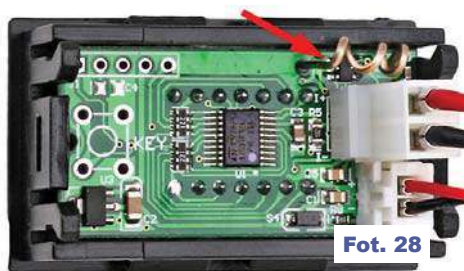
Dlatego przyczyny błędów wskazań amperomierza są dwie: jedna to pogorszona dokładność przetwornika ADC w zakresie najmniejszych napięć, ale większy błąd może powodować zastosowany wzmacniacz operacyjny i zwykle tak właśnie jest. Otóż w torze pomiaru prądu najczęściej pracuje bardzo tani wzmacniacz operacyjny, co powoduje problemy związane z jego znacznym napięciem niezrównoważenia. Często jest to popularna kostka LM358, a niekiedy LM258, czyli odrobinę tylko lepsza wersja LM358. Jednak kluczowy parametr – spodziewana wielkość napięcia niezrównoważenia jest taka sama w obu wersjach: typowo 2mV, maksymalnie 5...7mV, zależnie od producenta. Tak samo duży jest dryft cieplny napięcia niezrównoważenia: typowo 7uV/°C. A przecież przy zakresie 10A, gdy zastosowany jest rezystor pomiarowy (bocznik) 10mΩ, 1mA prądu powoduje na tym boczniku spadek napięcia tylko 10uV (0,01mV). Spadek napięcia 1mV uzyskuje się dopiero przy prądzie 100mA. A napięcie niezrównoważenia zwykle jest większe niż 1mV. Napięcie niezrównoważenia można wprawdzie skompensować, ale w ta-

część 3

nich modułach zwykle nie jest to robione, a ponadto jego dryft i tak spowoduje znaczne błędy.

Dla zmniejszenia problemu napięcia niezrównoważenia oraz dla redukcji błędów przy pomiarze wartości bliskich zero, także w amperomierzach bywa stosowany sposób z dodatkowym rezystorem, wstępnie polaryzującym wejście wzmacniacza operacyjnego. Przykłady na **rysunkach 27a**,





Fot. 28

27b. Na rysunku 27b widać nie jeden taki rezystor o dużej wartości, tylko dwa (3,3M Ω), sterowane przez piny procesora PC6, PC7. Wydaje się też, że w niektórych miernikach program procesora jest napisany tak, żeby nie tyle skompensować takie błędy, co ukryć je przed użytkownikiem.

Konieczne trzeba też wiedzieć, że niektóre droższe i dokładniejsze moduły amperomierzy nie zawierają wzmacniacza opera-

cyjnego. Tak jest w amperomierzach z kostką BX5815, które mają płytki jak na fotografii 25. Trudno znaleźć najdokładniejsze 5-cyfrowe amperomierze z kostką MCP3421, też nie zawierające wzmacniacza operacyjnego (fotografia 28). W nich małe napięcie z bocznika mierzone jest bezpośrednio przez zewnętrzny przetwornik ADC, a wbudowany wzmacniacz wstępny (PGA) pracuje przy maksymalnym wzmacnieniu, przez co wymagany spadek napięcia na rezystancji bocznika jest niewielki, rzędu 0,1V lub mniej.

Takie amperomierze mają parametry dużo lepsze od wersji z tanimi wzmacniaczami operacyjnymi.



Fot. 29

Moduły dwufunkcyjne

Na rynku jest mnóstwo modułów z podwójnym wyświetlaczem, które monitorują i napięcie, i prąd.

Dostępne są wersje 3-cyfrowe oraz 4-cyfrowe, jak pokazuje fotografia 10. Zasadniczo wersje 4-cyfrowe powinny być lepsze, ale różnie to bywa, bo w niektórych ostatni znak wyświetla jednostkę, jak pokazuje fotografia 29. W niektórych wykorzystywany jest przetwornik ADC zawarty w procesorze i układ zawiera jeden lub dwa potencjometry korekcyjne – fotografia 30.

W niektórych 4-cyfrowych zawarty jest zewnętrzny przetwornik ADC, wyglądając na to, że moduł pokazany na fotografii 31 zawiera wspomniany BX5815. Ale nie każdy moduł zawierający kilkunastonóżkowy układ scalony ma precyzyjny zewnętrzny przetwornik ADC – przykłady na fotografii 32,

gdzie taką dodatkową kostką jest rejestr 74HC595.

Przytłaczająca większość podwójnych monitorów napięcia i prądu zawiera wzmacniacze operacyjne, a wtedy w grę wchodzi problem ich napięcia niezrównoważenia i to niezależnie od precyzji użytego przetwornika ADC. Właśnie dlatego po wstępnych analizach i testach dwóch posiadanych modułów doszedłem do wniosku: *jeżeli chcemy precyzyjnie mierzyć małe prądy, trzeba zrezygnować z na pozór atrakcyjnych dwufunkcyjnych czterocyfrowych mierników.*

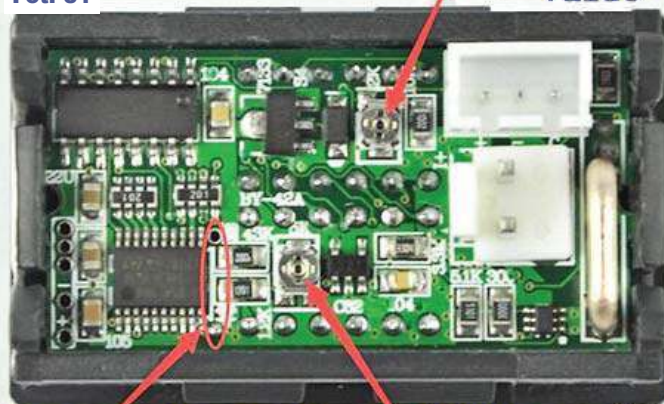
Po dość skrupulatnym przeglądzie oferty rynkowej wydawało mi się, że nie ma dokładnych dwufunkcyjnych modułów. Stwierdzenie to jest bardzo



Fot. 32

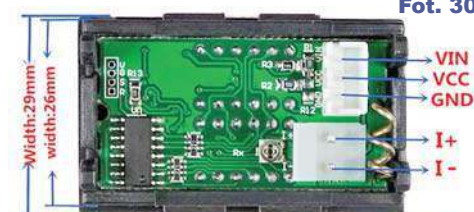
Adjustment of voltage measurement value

Fot. 31

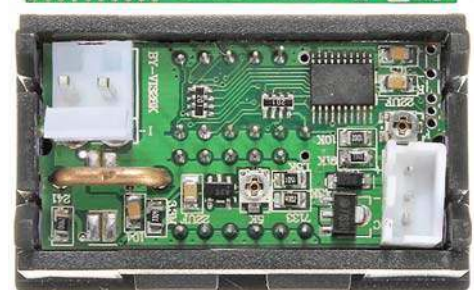
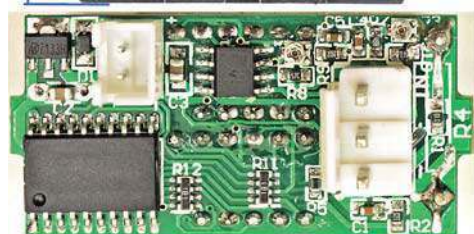


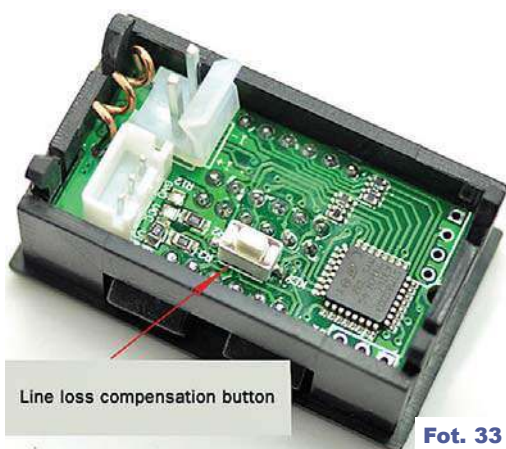
Zero current correction
Methods: when the current was two and the current was the short hole was taken by receiver for 2 seconds.

Adjustment of current measurement value



Fot. 30





Fot. 33



Fot. 34

bliskie prawdy, ale powinno brzmieć: *bardzo trudno znaleźć precyzyjne dwufunkcyjne, czterocyfrowe mierniki napięcia i prądu.*

Otóż podczas bardzo czasochłonnego zbierania materiałów do tego artykułu natrafiłem na film pokazujący precyzyjny dwufunkcyjny czterocyfrowy moduł:

www.youtube.com/watch?v=A6VQhDioz_Q

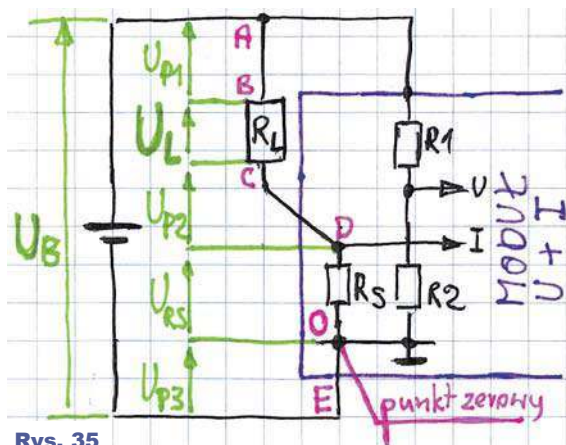
Autor słusznie wskazał na obecność zewnętrznego przetwornika ADC (z PGA), tylko nie wiedział, jaki to układ scalony. Tymczasem oznaczenie CA2P wskazuje na bardzo precyzyjny, bo 18-bitowy MCP3421!

Następnego dnia po tym odkryciu zacząłem poszukiwania ofert sprzedaży takich modułów. Nawet gdy wiedziałem, czego szukam, znalezienie takowych okazało się bardzo trudne.

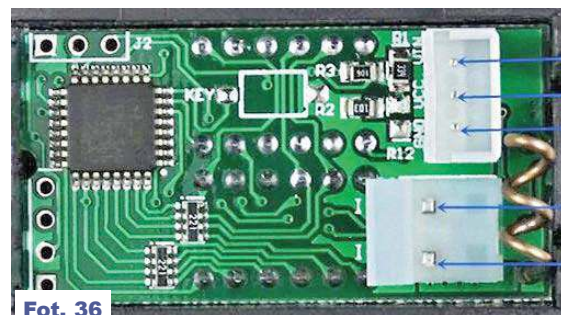
Niemniej takie moduły są produkowane. Tylna strona tego rodzaju podwójnego modułu pokazana jest na **fotografii 33**. Nie widać tu scalonego przetwornika ADC (MCP3421), bo jest on montowany pod wyświetlaczem – **fotografia 34**.

Nie ma tu też żadnego potencjometru kalibracyjnego. I to może być mylące, bo nie jest to wcale wadą. Amperomierz zapewne jest kalibrowany fabrycznie, a w tym przypadku kalibracja woltomierza to sprawa bardzo intrygująca. Mianowicie na płytce zamontowany jest miniaturowy przycisk, jak wskazuje fotografia 33, służący właśnie do kompensacji wskazań *napięcia*, a nie *prądu*. Ale nie do kalibracji przetwornika, tylko do kompensacji spadków napięcia na przewodach.

Chodzi o spadki napięć na przewodach i na rezystorze pomiarowym R_S , co zilustrowane na **rysunku 35**. Napięcie na obciążeniu (U_L) jest zawsze trochę niższe niż napięcie zasilające (U_B). Woltomierz mierzy napięcie między swoją masą (punktem O) i punktem A. Spadek napięcia na rezystancji R_S mógłby być uwzględniony w programie procesora, bo przecież wiadomo, jaka jest rezystancja R_S i jaki płynie prąd. Nie można natomiast fabrycznie kompensować spadków napięć na przewodach, bo ich rezystancja w poszczególnych zastosowaniach będzie różna. Według opisu na stronie sprzedawcy, kompensację należy przeprowadzać



Rys. 35



Fot. 36

w finalnym układzie pracy, gdy ustalone będą rezystancje połączeń. Przycisk w module umożliwia wejście w tryb kompensacji spadków napięć, a potem kolejne naciśnięcia pozwolą wprowadzić potrzebną korektę.

Podkreślam – tylko bardzo nieliczne moduły mają taką interesującą funkcję. Informacje o chińskich modułach są bardzo skąpe i być może nawet nie wszystkie odmiany modułów o takiej budowie z przyciskiem mają tę funkcję programowej kompensacji. Dostępne są bowiem pokrewne wersje, niektóre bez wlutowanego przycisku kalibracji napięcia, ale z miejscem na płytce na taki przycisk (**fotografia 36**) – należałoby sprawdzić, czy oprogramowanie umożliwia taką kompensację. A jedna z wersji, oprócz prądu i napięcia, mierzy też i pokazuje moc ($P = U \cdot I$), a za pomocą dołączanego przewodem DS18B20 także temperaturę. O szczegółach należałoby się upewnić u sprzedawcy przed zakupem i w razie niezgodności – zwrócić/wymienić model.

W dwóch ostatnich odcinkach omówiliśmy najpopularniejsze woltomierze, amperomierze i moduły dwufunkcyjne prądu stałego z wyświetlaczami LED. Oprócz nich dostępne są też inne interesujące moduły. Omówimy je w następnej części artykułu.

Piotr Górecki

OBWODY DRUKOWANE

Produkcja, Projektowanie, Montaż

Certyfikat Underwriters Laboratories

VA 94V-0 E480148 TYPE 1

Zakład produkcyjny:

05-260 Marki
ul. Duża 1
tel. 22 761 63 95
22 761 95 80
fax. 22 761 63 95 w 23
www.elmax.waw.pl
elmax@elmax.waw.pl

Płytki jednostronne	Serie dowolne	Dokumentacja technologiczna	Montaż elektroniki
Płytki dwustronne	Prototypy	Dokumentacja konstrukcyjna	Ilości modelowe produkcyjne
Płytki na podłożu aluminium	Maksymalny wymiar płytek 120 630 mm		
Aktywny kalkulator prototypów na stronie internetowej	Pokrycie Sn lub SnPb inne na życzenie	Płyty czolowe FR4	Krótkie terminy
	Maski, opisy montażowe w różnych kolorach	Trawione szablony SMD	Wykonania super ekspresowe

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!

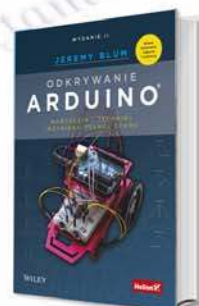


Odkrywanie Arduino. Narzędzia i techniki inżynierii pełnej czaru. Wydanie II

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!

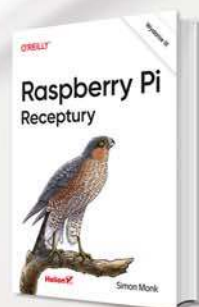


Raspberry Pi. Receptury. Wydanie III

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!

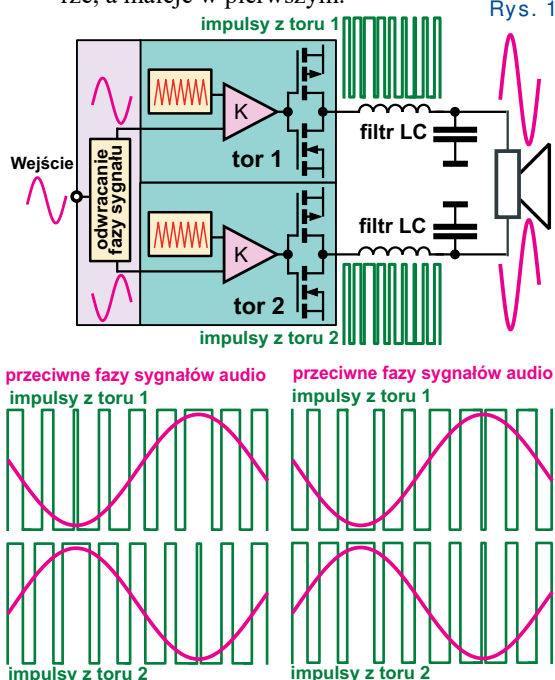


Wzmacniacze klasy D

część 11

We wcześniejszych odcinkach omówiliśmy trzy główne grupy wzmacniaczy klasy D: z modulatorem PWM, samoscylujące oraz z przetwornikiem sigma-delta ($\Sigma\Delta$). Wiemy, że istnieją wzmacniacze klasy D z pojedynczym torom oraz wzmacniacze mostkowe, z dwoma torami. Ostatnio mówiliśmy o wzmacniaczach impulsowych ze wspomaganiem, czyli o klasach DG i czymś, co można nazwać klasą DH. Wspomnieliśmy o wzmacniaczach z modulacją wielopozomową. Rozwiązań jest mnóstwo. Nie sposób opisać i zrozumieć wszystkich. Więcej uwagi należy poświęcić wzmacniaczom mostkowym (BTL), ponieważ okazuje się, że przy tej samej budowie stopnia wyjściowego, łatwo można uzyskać zdecydowanie różne finalne właściwości wzmacniacza.

Dla lepszego zrozumienia dalszych rozważań przypomnijmy, że we wszystkich wzmacniaczach mostkowych w stopniu na obu wyjściach nieprzerwanie występują impulsy. Ogólnie biorąc, gdy pojawia się sygnał audio, powiedzmy jego połówka dodatnia, to w jednym z torów wypełnienie impulsów się zwiększa, a w drugim zmniejsza. Podczas ujemnej połówki sygnału audio jest odwrotnie: wypełnienie zwiększa się w drugim torze, a maleje w pierwszym.

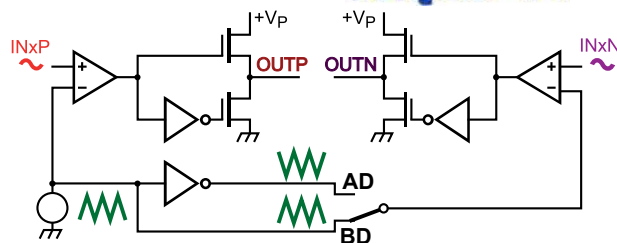


Klasy AD i BD

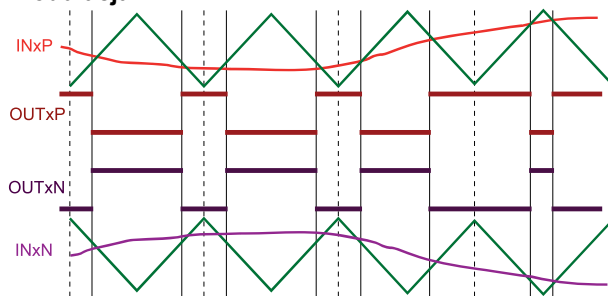
Już w odcinku 6 niniejszego cyklu pojawił się **rysunek 1**, pokazujący koncepcję budowy wzmacniacza mostkowego BTL (Bridge Tied Load) klasy D.

We wszystkich wzmacniaczach BTL fazy sygnałów audio na obu wyjściach i na obu końcówkach głośnika są przeciwne, co jest istotą koncepcji mostka i co pozwala przy danym napięciu zasilania uzyskać czterokrotnie większą moc wyjściową niż we wzmacniaczu pojedynczym. Mniej jasne jest to, że we wzmacniaczach klasy D takie „odwrotne” sygnały audio na dwóch wyjściach można uzyskać, stosując różne sposoby modulacji impulsów. Sygnalizuje to już rysunek 1 – sygnały audio są jednakowe, a impulsy cyfrowe na obu wyjściach mogą być różne.

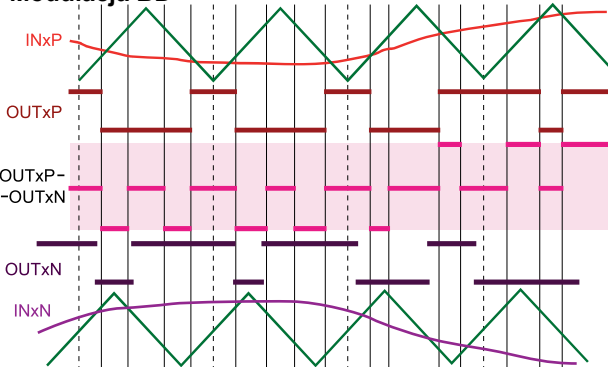
W literaturze szczegółowo wyjaśniane są w rozmaitych sposobach. Weźmy kartę katalogową dość starego już wzmacniacza NXP TD-F8599A (250W/2 Ω). Ma on 4 tory, które można na kilka sposobów konfigurować, między innymi wykorzystywać sposoby modulacji PWM, zwane AD i BD. Istotą modulacji AD i BD w uproszczonym sposobie pokazuje **rysunek 2**. Na komparatory w obu torach niezmiennie podawane są sygnały audio o odwróconej fazie. Uzyskanie schematów modulacji AD lub BD zależy od tego, czy przebiegi trójkątne podawane na oba komparatory mają taką samą (BD) czy przeciwną fazę (AD). Na pozór różnica jest znikoma, ale w rzeczywistości daje



Modulacja AD



Modulacja BD

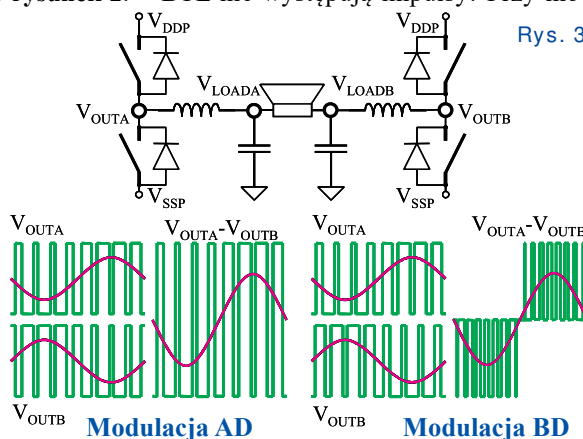


Rys. 2

to bardzo poważne skutki. Na rysunku 2 dobrze tego nie widać.

Główną różnicę lepiej widać na **ry-sunku 3**: przy braku sygnału audio między wyjściami obu torów wzmacniacza BTL nie występują impulsy! Przy mo-

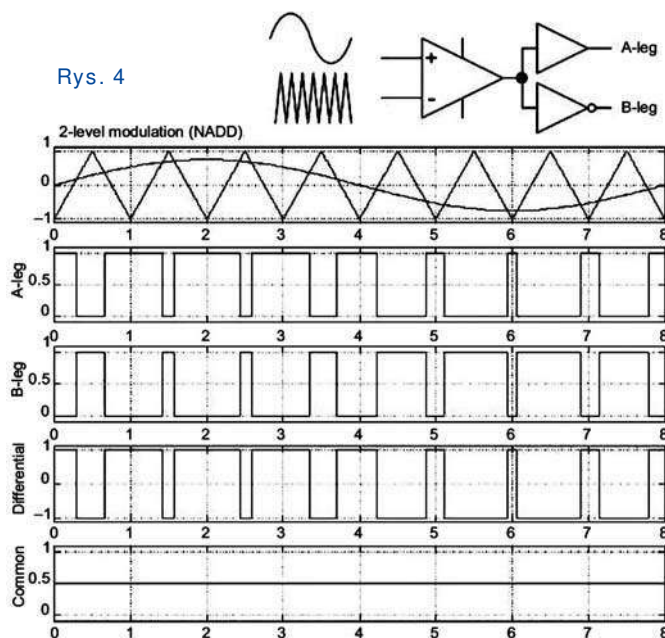
Rys. 3



Modulacja AD

Modulacja BD

Rys. 4



dułacji BD impulsy na głośniku pojawiają się, gdy pojawia się sygnał audio. Już to słusznie nasuwa wniosek, że w przypadku modulacji BD wyjściowy filtr LC zwykle nie jest niezbędny.

Przedstawione informacje mogą prowadzić do wniosku, że w praktycznych rozwiązaniach trzeba stosować modulację BD, która wydaje się dużo lepsza od modulacji AD.

W zasadzie tak, ale sprawa jest zdecydowanie bardziej skomplikowana z uwagi na zakłócenia i zniekształcenia.

W materiałach Texas Instruments można znaleźć wyjaśnienie różnicy między klasami AD i BD w postaci pokazanej na **rysunku 4**. Tu widać, że znacznie różnią się impulsy występujące między wyjściami obu torów (pomijając wyjściowy filtr LC – na głośniku) opisane *Differential*. Ale widać też różnicę sygnału wspólnego na obu wyjściach – *Common*. To ma znaczenie, jeżeli chodzi o generowane zakłócenia oraz inne czynniki związane z wyjściowym filtrem LC. Dlatego niektóre scalone wzmacniacze klasy D mają możliwość wyboru schematu modulacji AD/BD. Oczywiście nie jest to zadanie dla użytkownika, tylko dla konstruktora, ponieważ każdy rodzaj modulacji wymaga innego wyjściowego filtra LC (przy modulacji BD filtr w zasadzie można pominąć).

Okazuje się też, że przez modyfikację każdej z tych metod modulacji można uzyskiwać albo mniejsze straty mocy związane z przełączaniem, albo mniejsze zniekształcenia sygnału audio. Dlatego opracowano wiele odmian. Wszystkie dotyczą wzmacniaczy mostkowych.

Modulacja HEAD

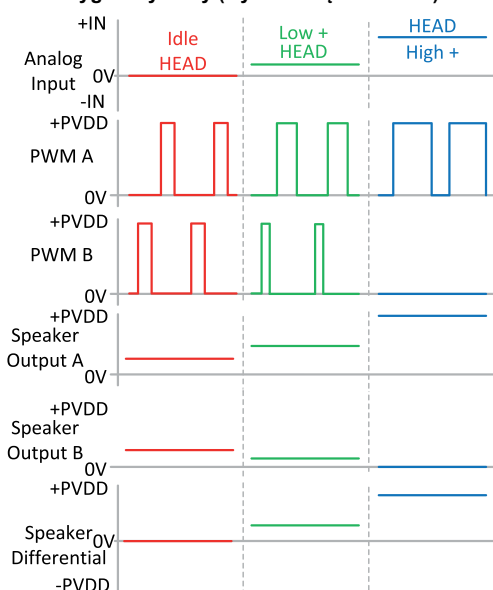
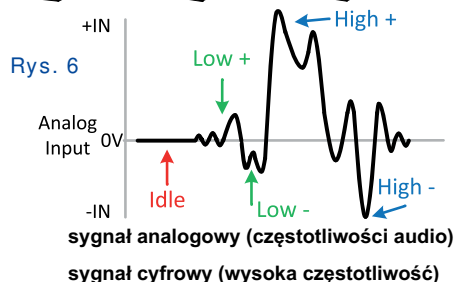
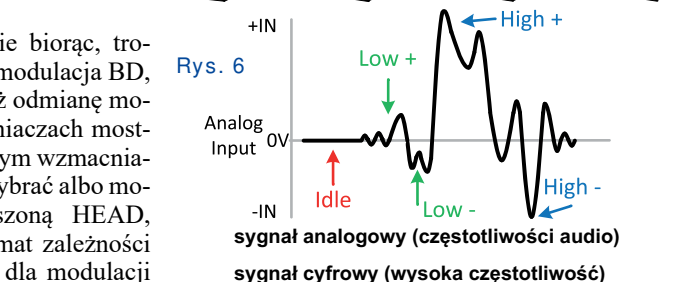
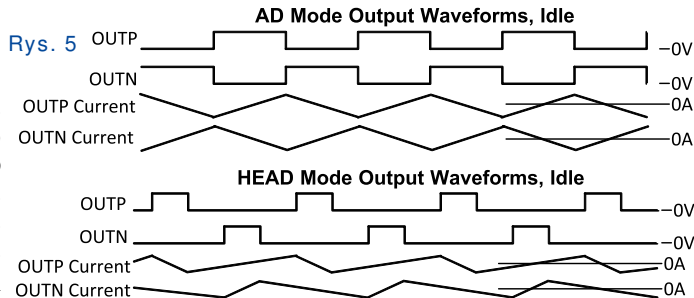
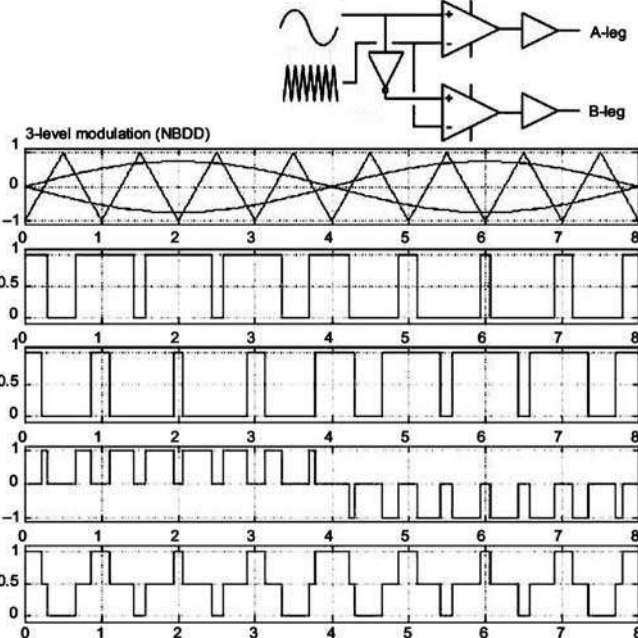
I tak w materiałach TI znajdziemy informacje o modulacji HEAD (*High Efficiency AD modulation*). Modulacja AD jest koniecznością we wzmacniaczach pojedynczych (nie mostkowych).

W mostkowych ogólnie biorąc, trochę lepsza okazuje się modulacja BD, jednak TI proponuje też odmianę modulacji AD we wzmacniaczach mostkowych. W 200-watowym wzmacniaczu TPA3221 można wybrać albo modulację AD, albo ulepszoną HEAD, gdzie zasadniczy schemat zależności fazowych jest taki jak dla modulacji AD. Różnice dotyczą wypełnienia.

W klasycznej modulacji AD (a także w klasycznej odmianie BD) impulsy na każdym z dwóch wyjść w spoczynku mają wypełnienie 50% i to wydaje się naturalne, oczywiste, a nawet konieczne.

W rzeczywistości nie jest konieczne. I właśnie w schemacie modulacji HEAD w spoczynku (*Idle*) impulsy na obu wyjściach nie mają wypełnienia równego 50%, tylko znacznie mniejsze, co w dużym rozciągnięciu pokazuje **rysunek 5**.

I ten szczegół jest prosty i jasny. Działanie modulatora HEAD powinien wyjaśnić **rysunek 6**, pochodzący z noty technicznej slaa810.



Ciąg dalszy na stronie 39

Silniki prądu stałego część 10

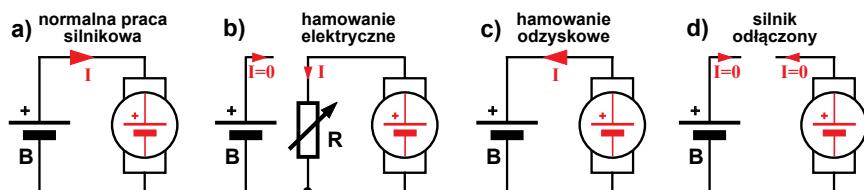
Poprzedni odcinek cyklu, który ukazał się kilka miesięcy temu, poświęciliśmy hamowaniu silnika prądu stałego. Później cykl został przerwany, ponieważ w ramach zadań **Policz** Szkoły Konstruktorów sprawdzaliśmy bardzo ważne kwestie praktyczne: jakiego rzędu wielkości moce i prądy mogą występować podczas hamowania. Omówione tam informacje będą bardzo przydatne i w praktyce, i w dalszej części cyklu.

A teraz przypomnijmy: oprócz normalnej pracy według **rysunku 1a** możliwe jest hamowanie silnikiem: hamowanie występuje wtedy, gdy silnik pracuje jako prądnica i gdy z tej prądnicy odbierana jest energia (moc). Siła hamująca silnik jest proporcjonalna do mocy oddawanej przez prądnicę „na zewnątrz” (oraz rozpraszanej w postaci ciepła w szeregowanej rezystancji silnika R_s). Wiemy już, że możliwe jest hamowanie „stratne”, gdy energia pobierana z silnika-prądnicy zostaje zamieniona na ciepło w dołączonej rezystancji (**rysunek 1b**). Zmieniając wartość tej rezystancji, zmieniamy wartość prądu, a tym samym siłę hamowania. W angielskich źródłach hamowanie takie nazywa się *dynamic braking*, *electric braking*, czasem *rheostat braking*. Najsilniejsze hamowanie uzyskamy, gdy rezystancja „hamująca” R będzie równa zeru. Wtedy popłynie największy prąd, ograniczony przez rezystancję wirnika i hamowanie będzie maksymalne.

Atrakcyjniejsze jest hamowanie regeneracyjne, odzyskowe, w angielskich źródłach nazywane *regeneration braking* albo *regen braking*, gdzie zgodnie z **rysunkiem 1c** przynajmniej część energii wytwarzanej przez silnik-prądnicę jest odzyskiwana i wykorzystywana do ładowania akumulatora.

Dla porządku trzeba też dodać, że jeżeli rozpuścimy silnik zostanie odłączony, to elektrycznego hamowania nie ma, a jedynie występuje leciutkie ha-

Rys. 1

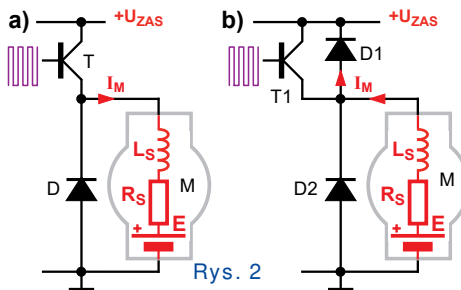


nowanie wynikające z oporów tarcia (**rysunek 1d**).

Hamowanie nie zawsze jest potrzebne. Jeżeli sumaryczne mechaniczne opory ruchu w systemie napędowym są duże, to one wystarczą do odpowiednio szybkiego zahamowania. Ale jeżeli opory mechaniczne są małe, a bezwładność duża, to dla uzyskania precyzyjnej i szybkiej sekwencji ruchów trzeba mieć możliwość nie tylko płynnej regulacji napędu, ale też płynnej, kontrolowanej regulacji hamowania. A jeśli hamowania, to w świetle wcześniej omówionych informacji, pożądane byłoby zastosowanie hamowania odzyskowego – regeneracyjnego.

Hamowanie MOSFET-em?

Zacznijmy od prostej wersji sterownika z tranzystorem bipolarnym i diodą według **rysunku 2a** (celowo nie zaznaczyłem, czy tranzystor jest NPN, czy PNP, bo to nie ma znaczenia). Można tu impulsowo regulować prędkość obrotową silnika. Dioda D jest niezbędna, żeby prąd

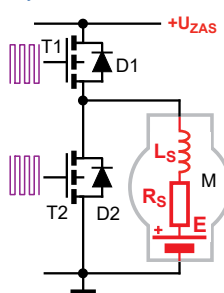


Rys. 2

indukcyjności silnika mógł płynąć także wtedy gdy tranzystor jest zatkany. Niestety, nie widać tu możliwości hamowania.

Sytuację zmienia dodanie według **rysunku 2b** jeszcze jednej diody ($D1$), która teoretycznie umożliwia hamowanie regeneracyjne według **rysunku 1c**. Wiemy, że do sterowania chętniej

Rys. 3



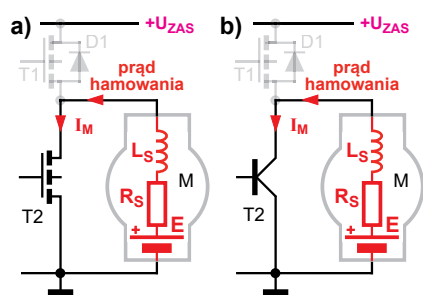
wykorzystywane są MOSFET-y, i to nie jeden, tylko dwa, według **rysunku 3**. Znow celowo nie zaznaczyłem, czy są MOSFET-y z kanałem N czy P, a za to zaznaczyłem diody wbudowane w ich struktury. Jedna z tych diod ($D1$) może zapewnić hamowanie odzyskowe według **rysunku 1c**.

Hamowanie odzyskowe w układach z **rysunków 2b, 3** teoretycznie jest możliwe, ale tylko w specyficznych warunkach. Tylko wtedy, gdy podczas hamowania silnik zostanie rozpuśczone do prędkości nieco większej, niż podczas normalnej pracy. Z czymś takim mamy do czynienia w przypadku zjeżdżania z górki pojazdu z napędem elektrycznym, gdy pojazd chce się rozpędzić. Nieco się rozpędza, przez co napięcie prądnicy odrobinę rośnie. Rośnie tylko tyle, by akumulator był ładowany przez diodę $D2$. Silnik nie będzie się bardziej rozpędzał, bo oznaczałoby to wzrost wytwarzanego przezeń napięcia, a nie dopuści do tego akumulator (zakładając, że silnik-prądnica i akumulator mają znikome rezystancje wewnętrzne). Zjeżdżając z górki, pojazd zmniejsza energię potencjalną. Bez takiego hamowania-ładowania pojazd by się rozpędzał, bo energia potencjalna zamieniałaby się w kinetyczną. Obecność akumulatora nie pozwala, żeby pojazd się rozpędził, bo akumulator na bieżąco odbiera energię i utrzymuje prędkość pojazdu na poziomie wyznaczonym przez napięcie tego akumulatora.

Taki specyficzny przypadek analizowaliśmy w odcinku 9 oraz w ramach zadań **Policz**, jednak w większości zastosowań silników taka sytuacja nie wystąpi. Prawie zawsze hamowanie wiąże się ze zmniejszaniem prędkości obrotowej, a wtedy zmniejsza się napięcie wytwarzane przez silnik-prądnicę. A jeżeli napięcie wytwarzane przez prądnicę jest niższe od napięcia zasilania ($+U_{ZAS}$), to prymitywnego sposobu hamowania regeneracyjnego z **rysunku 1c** wykorzystać nie można.

Jednak regulator z dwoma tranzystorami MOSFET według **rysunku 3**

daje jeszcze inne możliwości, także w kwestii hamowania. Otóż pozwala zrealizować hamowanie elektryczne według rysunku 1b. Mianowicie pomocniczy MOSFET T2 dołączony jest równolegle do silnika, więc może pełnić funkcję zmiennej rezystancji R i posłużyć do kontrolowanego hamowania według rysunku 4a. To samo można byłoby zrealizować z tranzystorem bipolarnym według rysunku 4b. Można byłoby w ten sposób zrealizować płynne hamowanie przez liniowe słabsze lub silniejsze otwieranie tego tranzystora, by uzyskać potrzebną wartość prądu i siły hamowania.



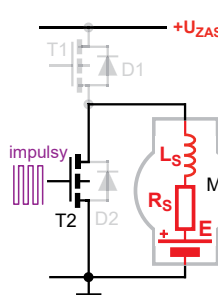
Rys. 4

No tak, tylko takie sterowanie analogowe wymagałoby dodatkowych, skomplikowanych obwodów sterowania tego „dolnego” tranzystora T2. Ponadto jak pokazały zadania *Policz*, w grę wchodzi duże prądy i duże moce strat wydzielających się w tranzystorze T2 pełniącym funkcję płynnie regulowanego rezystora z rysunku 1b. Także z innego względu takich rozwiązań z liniowym regulatorem hamowania praktycznie się nie wykorzystuje.

Czy można płynnie regulować siłę hamowania w inny sposób? Masz jakiś inny pomysł? Tak! Jeżeli mamy impulsowy regulator prędkości silnika, to zapewne z jego pomocą można zrealizować także płynne impulsowe hamowanie.

Słusznie! W impulsowym regulatorze prędkości silnika z dwoma MOSFET-ami wręcz oczywiste wydaje się zastosowanie także do płynnego hamowania impulsów o zmiennym wypełnieniu według rysunku 5. Jak najbardziej jest to wykorzystywane w praktyce, tylko niestety nie jest to takie proste, jak może się wydawać w pierwszej chwili.

Z jednej strony przypominamy sobie, że gdy w sytuacji z rysunku 1b rezystancja R będzie znikoma rezystancja otwartego MOSFET-a $R_{DS(on)}$, to nastąpi silne hamowanie, a być może wręcz silnik



Rys. 5

R_S w silniku PMDC występuje też szeregowo indukcyjność uzwojenia wirnika L_S , która jak wiemy, przeciwstawia się gwałtownym zmianom prądu. Na ile indukcyjność L_S ma znaczenie podczas impulsowego hamowania?

W następnym odcinku zaczniemy analizować to niełatwe zagadnienie, bardzo słabo rozumiane przez większość hobbystów.

A ja na razie mam prośbę: samodzielnie zastanów się nad kwestią hamowania impulsowego z wykorzystaniem MOSFET-a T2 według rysunku 5.

Przemysł też ewentualne możliwości hamowania z wykorzystaniem dwóch MOSFET-ów T1, T2 według rysunku 3.

Ważna odpowiedź jest taka: wiele zależy od częstotliwości impulsów.

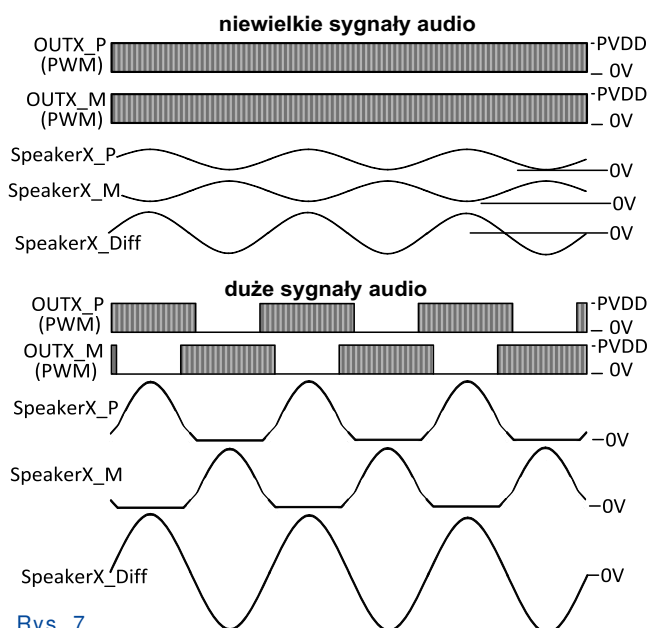
Piotr Górecki

Ciąg dalszy ze strony 37

Otóż gdy pojawiają się niezbyt duże sygnały audio, w jednym torze wypełnienie rośnie, w drugim maleje – tak właśnie działają modulatory we wzmacniaczach mostkowych. Przy niewielkich sygnałach audio w działaniu modulatora HEAD nie ma nic specjalnego i dziwnego. Coś zaskakującego zdarza się dopiero przy silniejszych sygnałach audio. Otóż w związku z tym, że w spoczynku wypełnienie przebiegów w obu torach jest małe, przy silnych sygnałach audio, w jednym z torów (zależnie, czy chwilowa amplituda sygnału audio jest dodatnia, czy ujemna) wypełnienie impulsów zmniejsza się do zera, czyli pojawia się tam na dłuższy czas potencjał masy. Impulsy występują wtedy tylko w jednym z kanałów i to one decydują o kształcie sygnału audio na wyjściu. Można byłoby powiedzieć, że jeden z torów się nasycza.

Rysunek 6 może budzić wątpliwości. Nieco lepiej działanie wzmacniacza z modulatorem HEAD przedstawia rysunek 7, wzorowany na rysunku z katalogu kostki TPA3221, ale znacząco zmieniony, żeby jaśniej pokazać zasadę działania.

Zachęcam Czytelników do samodzielnego zbadania szczegółów dotyczących modulacji HEAD, opisanych w pliku *slaa810.pdf* oraz w karcie katalogowej wzmacniacza TPA3221.



Rys. 7

A w następnym odcinku zajmiemy się innymi schematami modulacji, wywodzącymi się z BD i zastanowimy się, dlaczego są stosowane.

Piotr Górecki

Analizatory NWT — modyfikacja analizatora D6

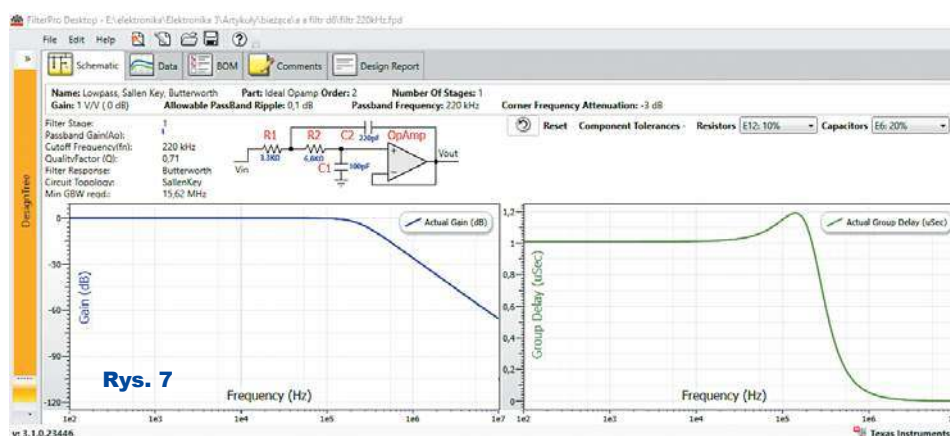
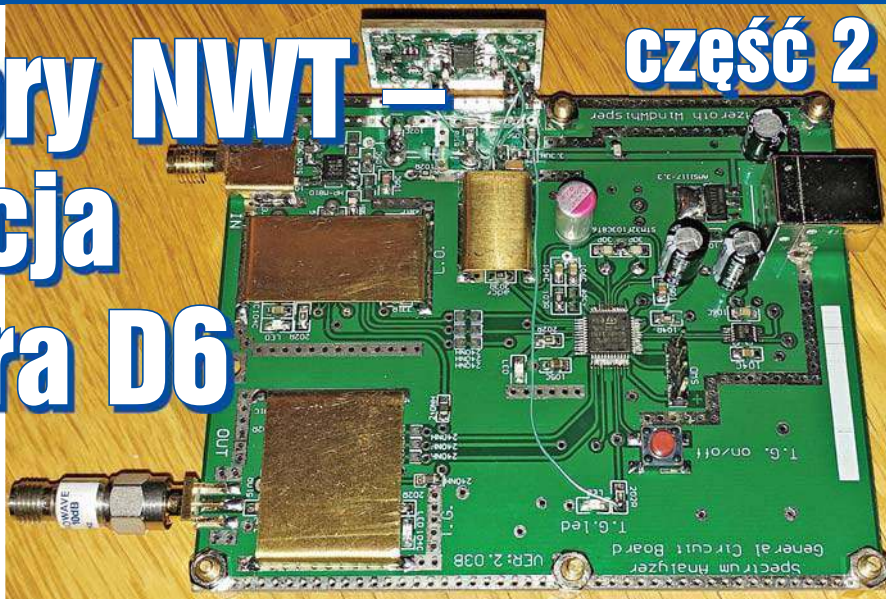
część 2

Oto dalszy opis układu i wskazówki dotyczące montażu urządzenia.

Filtr dolnoprzepustowy zaprojektowano programem FilterPro Desktop firmy Texas Instruments. Projektując filtr, tak skonfigurowano program, aby wykorzystać elementy o typowych wartościach, rezystory z szeregu E12, kondensatory z szeregu E6. Zaprojektowany filtr wraz z wynikami symulacji pokazano na **rysunku 7**. Sygnał z filtra dolnoprzepustowego podawany jest na detektor AD8307. Rezystor R9 wraz z kondensatorem C8 zamontowanym na płycie analizatora tworzą dodatkowy filtr dolnoprzepustowy. Na rysunku 2 tym pokazano wynik pomiaru sygnału o częstotliwości 100MHz układem zmodyfikowanym przez autora –

kolor niebieski, i zmodyfikowanym przez zmianę wartości elementów filtru analizatora tak, by uzyskać lepsze dopasowanie do wejście detektora – kolor czerwony. W proponowanym tu rozwiązaniu osiągnęliśmy lepsze odwzorowanie mierzonego sygnału oraz mniejszą głębokość „wcięcia”, gdy częstotliwości heterodyny i sygnału mierzonego zbliżają się do siebie.

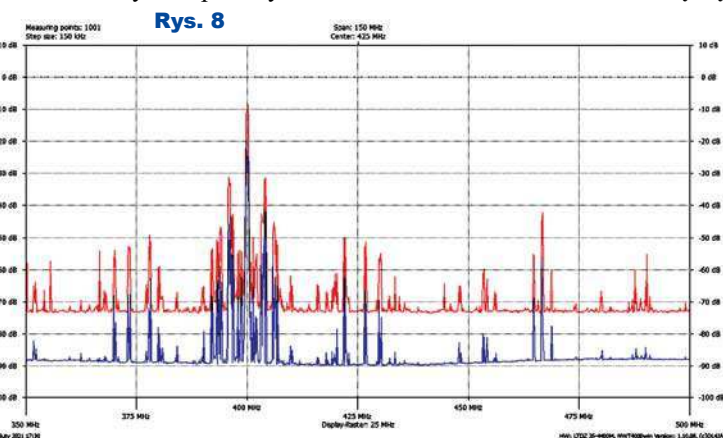
Pozorną wadą opisanego rozwiązania jest podniesienie poziomu szumów analizatora, co wynika z szerszego pasma przenoszonych częstotliwości. Wada jest tylko pozorna, podniesienie poziomów szumów do wartości nieco powyżej -75dBm powoduje, że wchodzimy w liniowy zakres pracy zastosowanego detektora, co powoduje, że sygnał mierzony nie jest kompresowany na skutek nieliniowej charakterystyki detektora w dole zakresu pomiarowego. Mimo podniesienia poziomu szumów, sam pomiar jest dużo dokładniejszy, a słabe sygnały są znacznie lepiej widoczne, widzimy więcej szczegółów mierzo-



nego widma – **rysunek 8**. Kolorem czerwonym oznaczono pomiar w układzie zmodyfikowanym przez autora, kolorem niebieskim w układzie z transformacją impedancji na obwodach LC.

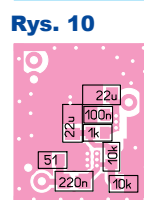
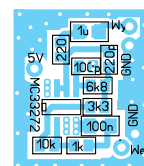
Montaż i uruchomienie

Opisany układ zmontowano z elementów SMD na małej płytce z laminatu dwustronnego o grubości 0,8mm. Układ zmontowany ze sprawnych elementów



nie wymaga żadnego uruchamiania. Pierwsza wersja układu zawierała przełącznik wzmocnienia wzmacniacza, z którego jednak później zrezygnowano. Schemat montażowy pokazany jest na **rysunkach 9 i 10**.

W punkty płytki drukowanej oznaczone jako GND montujemy goldpiny kątowe. Płytkę wzmacniacza montujemy za pomocą wspomnianych goldpinów w otworach łączących obie warstwy masy



znajdujące się na krawędzi analizatora D6, prostopadłe do płytki analizatora – **fotografia 1**. Pozostałe połączenia elektryczne wykonujemy tak, aby były możliwie najkrótsze.

Moduł wzmacniacza montujemy między filtrem LC a detektorem AD8307. Nie wymaga to nawet przecinania ścieżek, a jedynie demontażu zbędnych elementów. Dodatkowo między nóżkę 1 układu AD8307 przylutowujemy kondensator 100pF, a do nóżki 8 układu przylutowujemy kondensator 100pF (C8), drugie wyprowadzenie kondensatora łączymy z pobliską masą. Odsprężenie zasilania układu AD8307 poprawiamy, lutując niskoimpedancyjny kondensator elektrolityczny 100µF między wyprowadzenie 7 układu AD8307 a masę. Następnie demontujemy oryginalny filtr dolno-przepustowy znajdujący się pomiędzy wejściem detektora a wyjściem mieszacza IAM81008. Wartości elementów filtru i ich rozmieszczenie pokazane są na rysunku 5. Jedną cewkę filtru montujemy od góry płytki drukowanej, drugą od spodu. Taki montaż cewek zmniejsza pasożytnicze sprzężenia między nimi.

Autor zaleca jeszcze następujące modyfikacje tego układu. Wszystkie zastosowane modyfikacje pokazane są w układzie z fotografii tytułowej.

1. Usunięcie opornika o wartości 51Ω na wejściu układu IAM81008 i zastąpienie go opornikiem o wartości 10kΩ, niwelującym wpływ elektrostatyki. Wymaga to odlutowania ekranu, jest to jednak czynność prosta, gdyż lutowany jest on tylko punktowo. Zastosowanie opornika o wartości 51Ω pogarsza dopasowanie układu, gdyż układ ten ma wejście już dopasowane do 50Ω.
2. Zmiana napięcia zasilającego układ IAM81008. Wymagane jest przecięcie ścieżki zasilającej układ IAM81008 i podłączenie zewnętrznego stabilizatora liniowego o regulowanym napięciu wyjściowym w zakresie od 5 do 8V, np. na układzie LM317. Zmiana napięcia zasilającego z 5 na 8V zwiększa wzmocnienie przemiany z ok. 8,5dB na 11dB, a także podnosi punkt kompresji jednodocybelowej z -6dBm do -0,5dBm w odniesieniu do wyjścia układu, umożliwiając pracę z silniejszymi sygnałami. Napięcie należy podnosić do momentu, gdy

Fot. 1



nie zaobserwujemy wyraźnego wzrostu szumów. Podczas tego testu do wejścia SMA analizatora musi być podłączone sztuczne obciążenie 50Ω tak, by wyniki pomiarów nie zakłócały żadne sygnały radiowe. Pomiar poziomu szumów należy wykonać w całym zakresie pracy urządzenia. Warto także poprawić odsprężenie zasilania układu IAM81008. W tym celu należy dolutować dodatkowy niskoimpedancyjny kondensator elektrolityczny 100µF pomiędzy wyprowadzeniem 7 układu IAM81008 a masę. Lepszym rozwiązaniem byłoby zastąpienie układu IAM81008 układem IAM82008, ale oryginalnym. Nie jest to proste, gdyż zdaniem autora układy dostępne na portalach aukcyjnych są w większości podróbkami, które nie zapewniają akceptowalnych parametrów. Na wejście analizatora nie należy podawać sygnału wyższego niż -15dBm.

3. Na wyjściu układu generatora śledzącego występuje zbyt duży poziom sygnału wyjściowego (ok. 0dBm, poziom ten w zależności od częstotliwości zmienia się od -6 do +4dBm), co powoduje przesterowanie mieszacza. Najprościej obniżyć go, stosując zewnętrzny tłumik na wyjściu generatora. Autor zaleca jednak inne rozwiązanie, polegające na zastosowaniu dwóch zewnętrznych tłumików SMA o równych wartościach tłumienia, które sumarycznie obniża poziom sygnału podawany na wejście mieszacza IAM81008 do dopuszczalnej wartości. Takie rozwiązanie poprawia dopasowanie zarówno wyjścia gene-

ratora trackingowego, jak i analizatora widma. Oczywiście, podczas posługiwania się opisanym układem jako analizatorem widma tłumik od strony odbiornika należy usunąć.

4. Zastąpienie diod sygnalizacyjnych, informujących o pracy układu zarówno w trybie analizatora widma, jak i generatora śledzącego, trójkolorową diodą LED o wspólnej katodzie. W tym celu wymontowujemy tylko diody LED SMD z płytki drukowanej i zachowujemy oporniki ograniczające prąd. Katodę diody LED łączymy jak najkrótszym odcinkiem przewodu z najbliższym punktem masy, anodę czerwonej diody łączymy z wyjściem informującym o załączeniu generatora, a anodę diody niebieskiej – z wyprowadzeniem procesora informującym o pracy układu w trybie analizatora widma. Przewody do diody LED prowadzimy po krawędzi, na której jest masa układu. W przypadku pracy analizatora widma świeci się dioda niebieska, w przypadku pracy generatora śledzącego świecą się diody niebieska i czerwona. Połączenie barw czerwonej i niebieskiej nie jest rażące – widzimy barwę fioletową. Dzięki takiemu rozwiązaniu mamy informację o statusie urządzenia.
5. Poprawiamy ekranowanie wejścia złącza SMA za pomocą cienkiej blaszki miedzianej lub mosiężnej.
6. Układ montujemy w metalowej obudowie ekranującej.

Ciąg dalszy na stronie 66

Szkoła Konstruktorów



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

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

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

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

Bardzo proszę: dla ułatwienia segregacji niech tytuł Twojego e-maila (i nazwa każdego ewentualnego załącznika), oprócz **nazwy konkursu** oraz **numeru zadania**, zawiera też **Twoje nazwisko** (najlepiej bez typowo polskich liter), na przykład: *Szko302Kowalski*, *Policz3002ielinski*, *NieGra302Malinowski*, *Jak05Krzyzanowski*. Chodzi o to, żeby w tytule e-maila i w nazwach wszystkich załączników była zarówno informacja o zadaniu, jak i o Autorze. Bardzo też proszę, żeby jeden Twój e-mail zawierał rozwiązanie tylko jednego konkursu, a nie kilku, co znacznie mi ułatwi segregowanie poczty.

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

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

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

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

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

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

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

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

Zadanie 302

Ponieważ koronawirus ukradł nam jeden numer EdW, zadanie 301 stało się zadaniem kwietniowym, a od kilku miesięcy na kwiecień miałem wstępnie zaplanowane zadanie „marsjańskie”. Zostało ono przesunięte na wakacje, a teraz w numerze majowym zamieszczam zadanie, które też sam będę rozwiązywał. Zadanie dotyczy przeznaczonej na taras wanny kąpielowej, którą pomału realizuję od kilku miesięcy.

Zawiera ona grzałkę oraz bardzo tanią pompę obiegową JA-50 za nieco ponad 300zł. Testy pokazały, iż rzeczywiście pompa pracuje cicho. Problem w tym, że okazała się... za dobra! Sprzedawca podkreśla, że *nie jest odpowiedzialna za sam masaż*, a to z uwagi na katalogowe parametry, w tym moc nominalną 370W i wydajność mniejszą niż w pompach do hydromasażu. Mój test pokazał jednak, że nadaje się do punktowego hydromasażu, dlatego przewidziałem dołączanie węża z dyszą na końcu. U mnie pompa ta ma pracować głównie podczas grzania wody, żeby w obiegu zamkniętym przepompowywać wodę przez grzałkę 3kW. A do takiej pracy jej wydajność powinna być dużo mniejsza od nominalnej. I oto mamy temat zadania 302:

Zaproponuj sposób zmniejszenia wydajności pompy obiegowej w wannie tarasowej.

Oczywiście zmniejszenie wydajności można zrealizować w sposób czysto mechaniczny, dławiąc gdzieś po drodze przepływ wody. Ja oczywiście wolałbym zastosować jakiś sposób elektroniczny lub elektryczny. Płynna regulacja prędkości jest bardzo łatwa tylko w silnikach komutatorowych. Problem w tym, że jak pokazuje **fotografia obok**, pompa napędzana jest silnikiem indukcyjnym jednofazowym z kondensatorem 7uF. Regulacja jest niewątpliwie trudniejsza, ale też możliwa, i to na różne sposoby. Czekam na propozycje praktyczne i pomysły teoretyczne. Zapraszam do udziału w tym z życia wziętym zadaniu!

Piotr Górecki

aquatik.eu/pompa-filtracyjna-ja-50-do-hydromasażu-wanny-jacuzzi-p-246.html

POMPY · ZBIORNIKI · AKCESORIA

Label + Dostawa Gwarancja Hurt pump Kontakt

Pompa JA-50 do wanny z hydromasażem

Wysokiej jakości pompa do wanień z hydromasażem.

Może też być używana do przepompowywania wody w stawach, basenach itp.

W wannach służy jako pompa obiegowa, obsługująca filtrację, podgrzewanie wody ale, nie jest odpowiedzialna za sam masaż.

Pompa wyróżnia się cichą pracą.

W zestawie także dwie nakrętki na węża 1,5" (fi 48)



Nadsyłajcie propozycje zadań!

Autorzy propozycji zadań, które zostaną wykorzystane w Szkole, otrzymują jako nagrodę kupon 100zł na zakupy w sklepie AVT:
www.sklep.avt.pl.

Koszty przesyłki pokrywa AVT.

Dobra propozycja nie powinna być ani zbyt trudna, ani zbyt ogólna, ani zbyt wąsko ukierunkowana.

Dobre zadanie Szkoły powinno mieć na tyle szeroki zakres, żeby mogli w nim wziąć udział zarówno doświadczeni elektronicy, jak i początkujący, w tym najmłodsi.

Zachęcam do nadsyłania propozycji następnych zadań Szkoły!

UWAGA! UWAGA! UWAGA! UWAGA! UWAGA! UWAGA! UWAGA! UWAGA! UWAGA! UWAGA!

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

opublikował swoją realizację projektu lub artykułu związanego z platformą Arduino.

Chętnie zaprezentujemy na łamach EdW Twój własny projekt albo Twoją realizację projektu z Internetu, wykorzystującego dowolne moduły lub moduły rozszerzeń Arduino,

a także wartościowe artykuły, pokazujące rozmaite aspekty korzystania z tej interesującej platformy.

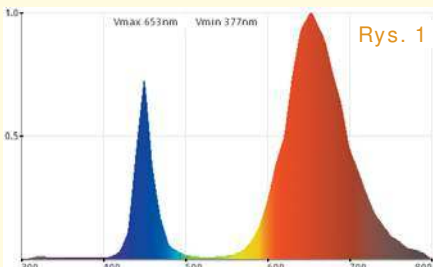
Bliższe informacje: www.elportal.pl/arduino, a w razie pytań i wątpliwości śmiało pisz: edw@elportal.pl



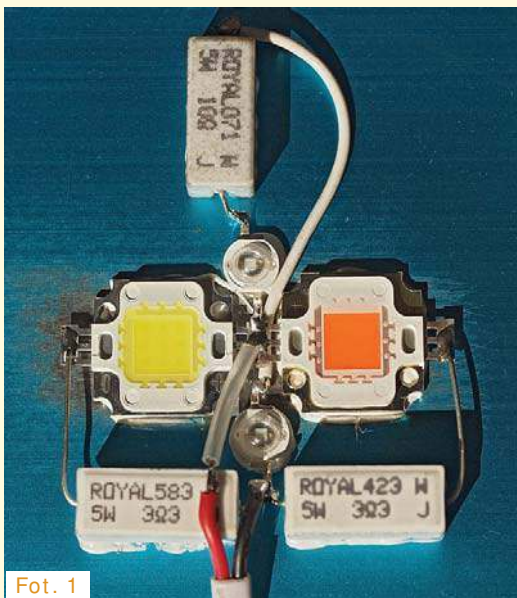
Rozwiązanie zadania głównego 297

Temat listopadowego zadania 297 brzmiał: **Zaproponuj układ elektroniczny, przydatny w domowym akwarium lub terrarium.**

Pierwszy raz w historii Szkoły Konstruktorów EdW napłynęło tylko jedno rozwiązanie, i to oznaczone numerem 296. Niezawodny wieloletni uczestnik, **Michał Stach** z Kamionki Małej, przysłał projekt oświetlacza do akwarium morskiego i napisał: (...) *Jakiś czas temu kolega poprosił o przygotowanie oświetlenia do akwarium słonowodnego. Na miejscu okazało się, że chodzi o zastąpienie awaryjnego i prądożernego oświetlenia żarowego oświetleniem LED-owym. Pierwsza wersja oświetlacza widoczna na fotografii 1 powstała na bazie i na wzór doświetlacza warzyw. Składa się z dwóch 10-watowych diod. Pierwsza z nich o charakterystyce widmowej pokazanej na rysunku 1 generuje mocne różowo-purpurowe światło i często opisywana jest jako LED Full spectrum.*



Nazwa ta jest trochę myląca, ponieważ strumień światła zupełnie nie zawiera składowej zielonej i żółtej, za to jest dużo składowej czerwonej i niebieskiej. Kolory zupełnie nie odpowiadają barwie widma słonecznego, ale są w dużym stopniu zagospodarowywane przez rośliny. (...) Druga z 10-watowych diod – biała o temperaturze barwowej 6500K, miała za zadanie uzupełnić widmo o brakujące składowe i umożliwić w ogóle obserwację akwarium w „normalnych” kolorach. Z racji oświetlania morskiego akwarium dodane zostały jeszcze dwie 3-watowe diody w kolorze royal blue, których widmo pokazuje rysunek 2. Schemat urządzenia nie jest potrzebny, wszystko widać na fotogra-



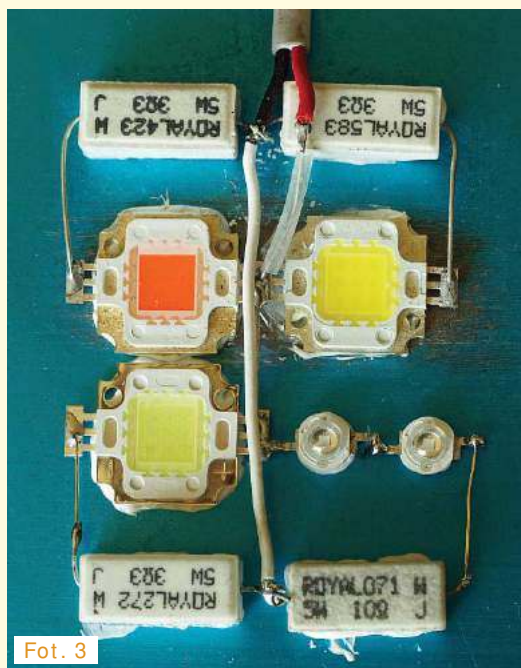
Fot. 1

fii 1. Do diod dodane zostały rezystory wyrównujące prąd, a całość została zasilona zasilaczem 60W 12V z możliwością niewielkiej korekty napięcia wyjściowego (<https://sklep.avt.pl/zasilacz-modulowy-60w-12v-5a.html>). Efekt pracy pierwszej wersji oświetlacza widzimy na fotografii 2. Nie jest zadowalający. Zdjęcie wykonane zostało z ekstremalnie krótkim czasem migawki (aby pokazać kolor poszczególnych diod bez prześwieleń). W oczy rzuca się różowy odcień bieli. Powstała zatem druga wersja oświetlacza widoczna na fotografii 3. 10-watowe diody uzupełniła trzecia, opisana jako biała superzimna – 15000K o widmie pokazanym na rysunku 3. Dodanie kolejnej białej diody o tak mocnym niebieskim odcieniu znacznie poprawiło „odczucie białego”. Piasek na dnie akwarium oraz koralowce

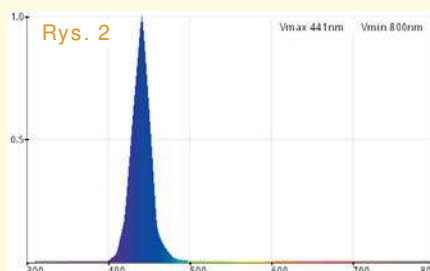
odzyskały naturalne kolory, koloru niebieskiego było aż za dużo, a jednocześnie czegoś brakowało. Po konsultacji z innym miłośnikiem akwariów słonowodnych zdemontowane zostały 3-watowe diody niebieskie i zastąpiły je diody w kolorze aktywniki (widmo na rysunku 4). Kolor aktywniki to jeszcze głębszy odcień niebieskiego, blisko UV i jednocześnie składowa



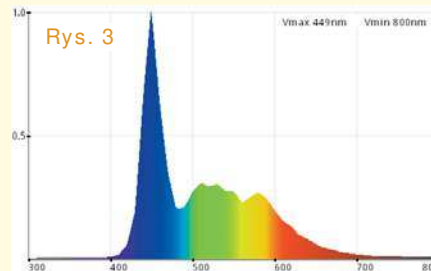
Fot. 2



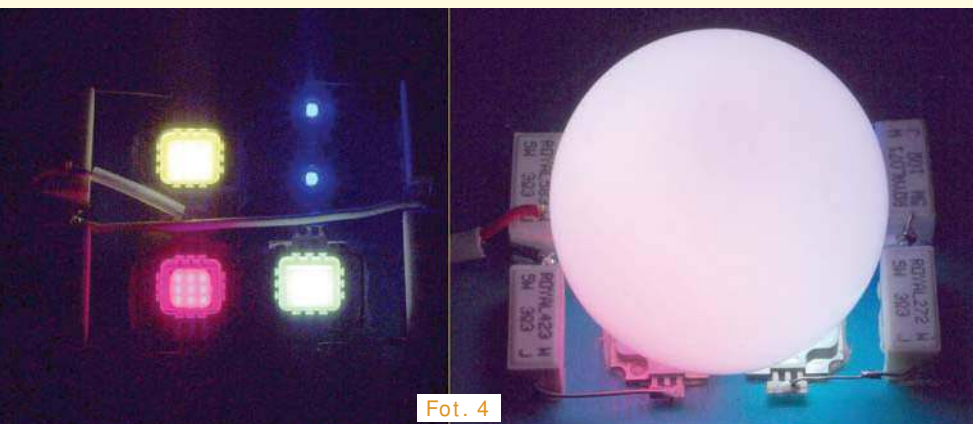
Fot. 3



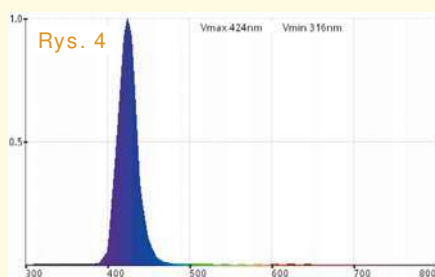
Rys. 2



Rys. 3



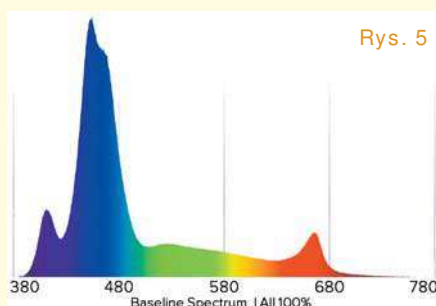
Fot. 4



bardzo potrzebna do prawidłowego wzrostu koralowców. Ostateczną barwę diod i sumaryczną składową przybliża **fotografia 4**.

Montaż oświetlacza polegał na przyklejeniu diod klejem termoprzewodzącym do profilu aluminiowego. Profil musi zapewniać odprowadzenie co najmniej 30W ciepła. W tym przypadku była to pokaźna belka widoczna na fotografiach o długości nieco większej niż akwarium. Szybko okazało się też, że diody należy zabezpieczyć przed działaniem soli. Najlepsza byłaby szyba kwarcowa, która przepuszcza zarówno UV, jak i podczerwień. Natomiast nie polecam plexi (materiał wrażliwy i mętniejący pod wpływem diod).

W podsumowaniu należy zastanowić się nad **rysunkiem 5**, przedstawiającym optymalne dla koralowców widmo światła. Nie jestem przekonany, czy w tak mocnym niebieskim świetle inne żyjątka czułyby się dobrze.



Trzeba też przyznać się do pewnej słabości opisanego oświetlacza; mocne źródła światła promieniujące nie z jednego, tylko z różnych punktów dają kolorowe obwódki i cienie na dnie akwarium. Efekt nie jest mocno drażniący, ale nie bez powodu akwaria doświetla się rozpraszającymi światło belkami LED lub z wielokolorowych matryc.

Jak widać, realizacja oświetlenia akwariowego wcale nie jest taka łatwa, jak się może wydawać. Michał, jako jedyny uczestnik, otrzymuje kupon o wartości 400zł na zakupy w Sklepie AVT.

Niedługo przed wysłaniem materiałów do drukarni napisałem do pomysłodawcy tego zadania, **Pawła Błaszczaka**, który jest autorem projektu okładowego z numeru 11/2020 (Akwarystyczny mikroUPS z baterią Li-Ion). Wcześniej Paweł wspominał, że pracuje nad kolejnymi projektami z tej dziedziny. Teraz



MROKI SIECI

Cyfrowe dole i niedole

Internet z jednej strony cierpi ucisk ze strony monopolistów w Doliny Krzemowej, którzy zaczęli poczynać sobie zbyt samowolnie, konkurując o władzę i ostatnie słowa nawet z rządami. Z drugiej strony jest coraz silniej kontrolowany, inwigilowany i grodzony na zamknięte sieci przez władze państwowe i wielkie korporacje. Czy uda nam się ocalić wolność, neutralność sieci, godząc to wszystko z bezpieczeństwem?

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

Punktacja Szkoły Konstruktorów

Sławomir Węgrzyn Dziekanówce.....	92	Michał Pędzimaż Stara Słupia.....	48	Marian Gabrowski Polkowice.....	23
Daniel Turbasa Kraków.....	88	Lukasz Olszok Tarnowskie Góry.....	45	Roman Braumberger Bytom.....	21
Lukasz Dachowski Cymbark.....	72	Krzysztof Kawa Lubcza.....	44	Jakub Gajda Kraków.....	20
Artur Beret Barcin.....	69	Dawid Placha Rdzawa.....	44	Jacek Rączka Polonia.....	20
Aleksander Bernaczek Magnuszowice.....	69	Szymon Czepiel Piszczowice.....	43	Jacek Konieczny Poznań.....	19
Szymon Trygar Szczecin.....	66	Adam Ples Jaworzno.....	43	Rafał Orodziński Białystok.....	19
Krzysztof Smoliński Poznań.....	68	Piotr Gajdosz Grybów.....	41	Marian Caruk Luban.....	17
Radosław Smalec Zabrze.....	64	Maciej Zieliński Kraków.....	41	Lukasz Kojro Gdańsk.....	15
Michał Stach Kamionka.....	62	Rafał Rówiak Słobosów.....	40	Marcin Malich Wodzisław Śl.....	13
Robert Szole Bytom.....	58	Tomasz Zaorski Kalinówka.....	34	Paweł Sablik Piszczowice.....	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 Adamczyk Ostrowiec Św.....	11



podał nieco więcej informacji: (...) **Sterownik akwarystyczny Basic VI**. Sterownik zbudowany jest z tanich modułów Arduino oraz innych gotowych płytek. Elementy te są łatwo dostępne w sprzedaży internetowej. Do włączania urządzeń zasilanych z sieci 230V służą przekaźniki półprzewodnikowe SSR o maksymalnym prądzie 2A. [W systemie zastosowane są też:] Zegar RTC DS3231, [który] wymaga niezbędnej niewielkiej przeróbki (...) Moduł wyświetlacza LCD 16x2 wraz z klawiaturą umożliwia podgląd aktualnej temperatury, czasu, dni pozostałych do podmianki wody i nastaw parametrów (...) Magistrala 1-Wire i czujnik DS18B20.

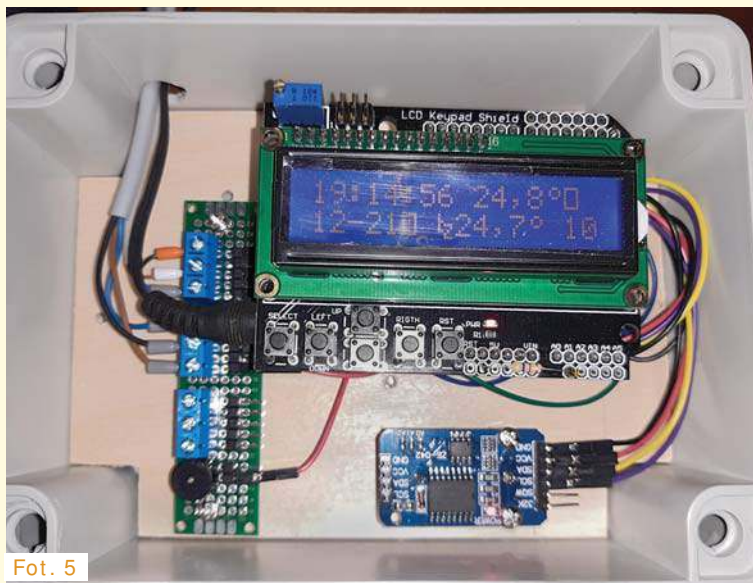
Miniprojekt Karmnik półautomatyczny (...) pozwala podać rybkom jedną porcję pokarmu w momencie, gdy rano zapala się oświetlenie akwarium. Karmnik ma magazynek na osiem niezależnych porcji pokarmu. Karmnik nie ma zegara sterującego. Każdorazowe podanie napięcia zasilającego w zakresie 8–24V uruchamia sekwencję podawania pokarmu. (...) Część mechaniczna zbudowana jest z zębatego talerza obrotowego z 8 zbiornikami na pokarm, podstawy montażowej, kanału zsympowego, pokrywy oraz silnika krokowego 28BYJ-48 5VDC z zębatką napędową. (...) Sterownik i karmnik pracują bezawaryjnie od dwóch lat, teraz kwestia to opisać tak, żeby inne osoby mogły to samodzielnie wykonać :) Pozdrawiam

Paweł przysłał już część dokumentacji, w tym krótki opis karmnika, pliki projektowe oraz fotografie. Mam nadzieję, że wkrótce otrzymam finalne materiały, a wtedy **Sterownik akwarystyczny Basic** stanie się projektem okładowym jednego z najbliższych numerów. Na razie, na **fotografiach 5, 6** przedstawione są wspomniane projekty.

Aktualne informacje o punktacji podane są w tabeli. Osoby nagrodzone kuponami otrzymują z naszej redakcji stosowny e-mail z informacją i wskazówkami, a dopiero potem zamawiają w sklepie AVT (wrzucając do koszyka pod adresem www.sklep.avt.pl) towary za przydzieloną sumę, a w uwagach piszą, że jest to kupon ze Szkoły Konstruktorów. Kupon z 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 302, a także w drugiej i trzeciej klasie naszej Szkoły Konstruktorów! Zachęcam uczestników, żeby praktyczne rozwiązania zadań Szkoły przygotowywali według Szablony ze strony <http://elportal.pl/zostan-wspolautorem-elektroniki-dla-wszystkich/>

Piotr Górecki



Fot. 5



Fot. 6

R E K L A M A

AVT 2722 Uniwersalny odstraszacz ultradźwiękowy

W porównaniu z podobnymi układami dostępnymi w handlu, urządzenie cechuje możliwość płynnej zmiany częstotliwości pracy i przerywane działanie (czas przerwa/praca można regulować). Dzięki temu układ jest znacznie skuteczniejszy w działaniu.

Przyjęty tryb pracy powoduje, że działający układ pobiera znikomy prąd. Oznacza to dłuższy czas działania bez konieczności zmiany źródła zasilania (bateria).



Znajdź nas na 



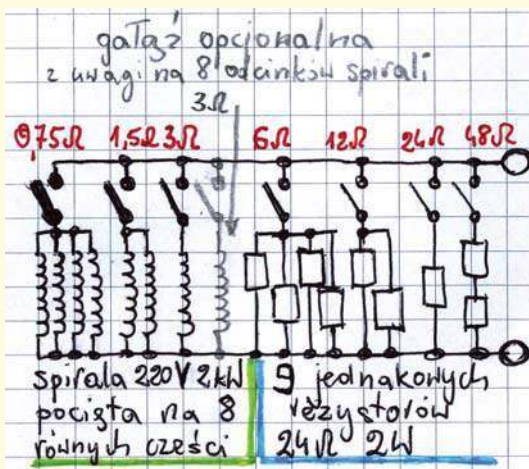
Druga klasa Szkoły Konstruktorów

Co tu nie gra? Zadanie 302

Nadal chcemy wykonać uniwersalne obciążenie do testowania przerabianych dużych zasilaczy komputerowych i serwerowych o napięciu wyjściowym 3V...24V. Nadal chcemy zachować koncepcję „dwójkową” oraz wykorzystać spiralę 220V 2000W, ale nie tylko. Nauczeni doświadczeniem z zadań *NieGra* 297 oraz 292 chcielibyśmy teraz wykonać obciążenie według schematu z **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 **NieGra302** 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 rozwiązanie zadania *NieGra* z poprzedniego miesiąca. Uczestnicy konkursu otrzymują upominki, a najaktywniejsi uczestnicy są co rok nagradzani bezpłatnymi prenumeratami EdW lub innego wybranego czasopisma AVT.

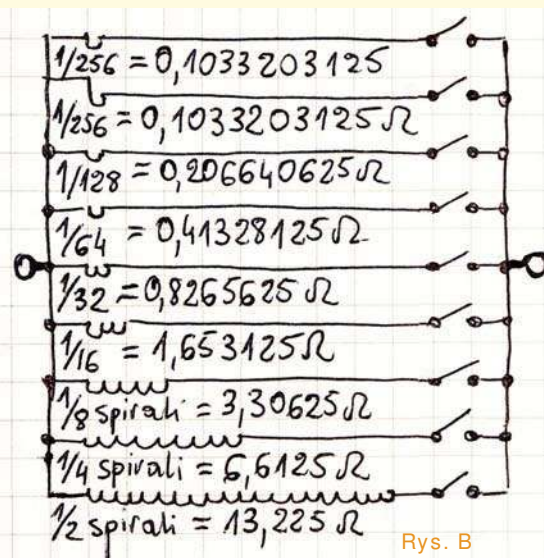
Co tu nie gra? Rozwiązanie zadania 297

Na **rysunku B** pokazany jest zamieszczony w EdW 11/2020 schemat *uniwersalnego obciążenia* dużej mocy, wykorzystującego zestaw przełączników oraz sprytnie pociętą „dwójkowo” spiralę grzejną ze znajdującego na strychu starego grzejnika typu „słoneczko” 2000W, która ma 26,45 oma ($R = U^2/P$).

Także i w tym przypadku to ja przygotowałem treść zadania i ukryłem w nim szereg błędów.

W porównaniu z zadaniem *NieGra292* w układzie wyeliminowany jest podstawowy problem występujący w żarówkach, a mianowicie ogromne zmiany rezystancji włókna w funkcji temperatury. Spirala grzejna, czy to wykonana ze stopu niklu i chromu, czy z kantalu (FeCrAl) ma na pewno niezerowy współczynnik cieplny rezystancji, ale zdecydowanie mniejszy niż włókno żarówki.

Główna idea „podziału dwójkowego” jest interesująca, wydaje się też sensowna oraz sprytna i atrakcyjna. Przecież taka idea była i jest wykorzystywana w niektórych przetwornikach cyfrowo-analogowych, gdzie występują „ważone dwójkowo” rezystancje i gdzie sumuje się prądy.



Mamy bowiem spiralę o rezystancji R i dzielimy ją na części „dwójkowo”, czyli $R/2$, $R/4$, $R/8$, i tak dalej, aż zostają nam dwa kawałki o rezystancji $R/256$. Jeżeli mielibyśmy źródło zasilania o napięciu U , to przy dołączeniu doń całej spirali popłynąłby prąd $I = U/R$. Mając pocięte odcinki o rezystancjach $R/2$, $R/4$, $R/8$, ... i dołączając je do źródła napięcia U , uzyskamy prądy $2I$, $4I$, $8I$, i tak dalej, aż do $256I$, a nawet $512I$ ($2 \times 256I$). Za pomocą przełączników możemy ustawić dowolny prąd w zakresie $2I$ do $767I$ z rozdzielczością $2I$. Wygląda to bardzo sprytnie!

Sposób wykonania wydaje się łatwy i oczywisty: spiralę odzyskaną z grzejnika przecinamy na połowy. Potem jedną z połówek na pół, potem jedną z ćwiartek na pół i tak dalej... Łatwizna!

Moc wykorzystanej spirali to aż 2 kilowaty i może się wydawać, że w takim „dwójkowym” obciążeniu uzyskamy zestaw o takiej właśnie imponującej mocy całkowitej.

Z pozorów zapowiada się dobrze, ale rzeczywistość jest inna. Po pierwsze, pomysł wcale nie jest tak rewelacyjny, jak mogłoby się wydawać. A ponadto podane założenia są wątpliwe, zwłaszcza wartości rezystancji.

Otóż w zadaniu podana była moc 2000W oraz rezystancja 26,45Ω. Na grzejnikach nie podaje się rezystancji, a co najwyżej moc. Jeżeli przyjmiemy napięcie sieci 230V, to na podstawie szkolnego wzoru $P = U^2 / R$ i jego przekształconej postaci $R = U^2 / P$ policzymy:

$$R = (230V)^2 / 2000W$$

$$R = 52900V^2 / 2000VA$$

$$R = 26,45\Omega$$

Na pozór się zgadza, ale w zadaniu nieprzypadkowo było powiedziane, że jest to *spirala grzejna ze znajdującego na strychu starego grzejnika typu „słoneczko”*. Tylko starsi wiekiem Czytelnicy pamiętają, że jeszcze nie tak dawno nominalnym napięciem w sieci energetycznej było 220V. Do obliczeń zapewne należało wziąć napięcie 220V, co daje nominalną rezystancję grzałki:



$$R = (220V)^2 / 2000W$$

$$R = 48400V^2 / 2000VA$$

$$R = 24,2\Omega$$

A to oznacza prawie 10-procentową różnicę. Ponadto zapewne spirale grzejne nie były cięte z dużą dokładnością. Na pewno precyzyjne wartości z wieloma miejscami po przecinku są nieprawdziwe! Jeden z uczestników skomentował to tak: (...) *Oczywistym błędem jest liczba cyfr znaczących w wartościach poszczególnych rezystorów. Dla elementu o najmniejszym oporze wynosi ona aż dziesięć i w tym przypadku jest równa liczbie miejsc dziesiętnych po przecinku. Mogłoby to sugerować, że rezystor wykonany jest z precyzją lepszą niż 1nΩ (nanoohm), co w opisanych warunkach jest niemożliwe do osiągnięcia i zmierzenia. Uwaga dotyczy wszystkich elementów, choć te o większych wartościach zadeklarowano z mniejszą precyzją. Opisany problem jest często spotykany i wynika z bezrefleksyjnego posługiwania się kalkulatorem lub arkuszem kalkulacyjnym (...)*

Jak najbardziej! W naszej elektronicznej praktyce zwykle wystarczą dwie cyfry znaczące, najwyżej trzy. Niezmiennie rzadko dokładność musi być większa. Duża liczba cyfr znaczących wskazuje, że chodzi o dzieło teoretyka, a nie praktyka i nie jest powodem do chluby.

Oto fragment kolejnego rozwiązania: (...) *Szczerze pisząc, nie do końca wiedziałem, o jaki grzejnik chodzi. Odpowiedzi poszukiwałem w internecie, gdzie w pierwszej kolejności znalazłem promienniki gazowe oraz elektryczne. Elektryczne możemy podzielić na takie, które oddają ciepło przez promieniowanie z wykorzystaniem odbicia oraz takie, które do oddania ciepła wykorzystują nadmuch. (...) o który rodzaj grzejnika chodzi? W zadaniu była podana moc, która jest stosunkowo duża jak na promiennik, pozwalając założyć, że chodzi o grzejnik z nadmuchi. Z drugiej strony w treści zadania pojawia się wyrażenie „starego grzejnika”, pozwalając zakładać, że mowa jest o starym rosyjskim grzejniku, które faktycznie były budowane jako promienniki. (...) W każdym przypadku budowy grzejnika występuje element rozpraszający ciepło: nadmuch lub lustro (odbicie), które nie dopuszcza do przekroczenia temperatury maksymalnej drutu. Przy utrzymaniu mocy znamionowej bez zastosowania rozpraszania ciepła, drut po prostu się spali (przepali).*

Do budowy grzałki zapewne nie został wykorzystany drut oporowy o stałym termicznym współczynniku. Silne

nagrzewanie będzie powodować znaczne zmiany rezystancji, a więc i parametrów obciążenia (...)

A teraz zlokalizujemy najważniejsze błędy. Aby je znaleźć i zbadać, nie można zapomnieć, że zadanie 297 było kontynuacją i próbą ulepszenia analizowanego w zadaniu 292 obciążenia z żarówkami, co ważne *planowanego do testowania dużych zasilaczy impulsowych 3,3V...24V samodzielnie przerobionych z zasilaczy komputerowych i serwerowych.*

A jeżeli tak, to jakie prądy obciążenia wchodziły w grę?

Jeden ze stałych uczestników napisał: (...) *w treści zadania jest mowa o zasilaczach dużej mocy i dużych prądach. Na myśl od razu przychodzi zasilacze ATX o wydajności prądowej dla przeciętnej mocy 350÷500W rzędu 30÷35A dla najniższych napięć i 16÷25A dla 12V.*

Tak, prądy są rzędu kilkudziesięciu amperów, napięcia w zakresie 3,3...24V, moce rzędu kilkuset watów, a w zasilaczach serwerowych nawet ponad 1000W.

Wydaje się, że spirala grzejna o mocy 2000W całkowicie wystarczy...

Raczej nie, bowiem wprawdzie połowa tej spirali ma obciążalność 1000W, ale jaką obciążalność ma odcinek 1/256 tej spirali?

Do problemu można podejść z innej strony: prąd pracy takiej grzałki wynoszący około 9A ($I = P / U$) powoduje rozgrzanie jej do czerwoności. Znaczące zwiększenie prądu ponad te 9 amperów spowoduje silniejsze rozżarzenie i stopienie drutu tej spirali.

Oto dotyczące tego problemu fragmenty prac kilku uczestników:

(...) *Cały drut spirali ma dobraną grubość do prądu $I_{sk} = 2000W / 230V = 8,7A$. Jeżeli potniemy drut, to jego krótsze odcinki będą mieć nadal maksymalny prąd pracy 8,7A. Dla najkrótszego odcinka (1/256 spirali) uzyskamy maksymalną moc tylko 7,8W (...)*

Przykład drugi: (...) *Przy założonej najmniejszej rezystancji 0,1Ω (1/256) będzie można podać na zestaw napięcie zaledwie 0,87V. Do obciążenia wyjścia 12V w zasilaczu ATX możemy użyć rezystorów o rezystancji nie mniejszej niż 12V/8,7A=1,38Ω, czyli można użyć tylko czterech największych z całego zestawu, co daje rezystancję zastępczą 0,882Ω i sumaryczny prąd obciążenia „zaledwie” 13,6A. Zestaw jest więc mało praktyczny (...)*

Przykład trzeci: (...) *Zacznijmy od tego „słoneczka”. Przy napięciu zasilania 230V spirala nagrzewa się do*

950–1100 stopni Celsjusza. Czyli 1/256 spirali nagrzej się do podobnej temperatury przy napięciu poniżej 1V.

Skoro mamy testować zasilacze 3,3V–24V, użycie 7 kawałków spirali o najmniejszych rezystancjach jest niemożliwe, bo albo od razu się przepalą, albo temperatura spirali będzie grozić pożarem lub ciężkim poparzeniem eksperymentatora.

Od biedy da się wykorzystać odcinki 1/2 i 1/4 spirali, ale wtedy ze względu na ich dużą rezystancję moc rozpraszana na nich, zwłaszcza przy niskich napięciach pobieranych z testowanego zasilacza, będzie żałośnie mała (...)

Przykład czwarty: (...) *W (...) tabeli wyliczyłem prądy i moc dla poszczególnych odcinków grzałki w zakresie napięć 3V i 24V. (...) prądy wynoszą (...) do 232A. (...) dla zwartego tylko jednego wyłącznika (...). Przy zwartych kilku wyłącznikach prądy będą się sumować. (...) prąd będzie wydzielal duże ilości ciepła (...)*

Przykład piąty: (...) *W zadaniu najważniejszym mankamentem jest obciążalność prądowa drutu oporowego. Ta grzałka zrobiona jest z drutu około $\varnothing$ 0,8mm, wiadomo nie przeniesie dużego prądu (9A) – odcinki o małych rezystancjach możemy podłączyć tylko przy małym napięciu, bo się spalą. Prąd 9A powoduje nagrzewanie się do temperatury powyżej 450 stopni (...) musimy to umieścić tak, by nie spłonęło mieszkanie czy garaż. (...) Problemem jest też wytrzymałość mechaniczna starej grzałki wygrzewanej w dużej temperaturze – pęka. (...) Miałem takie obciążenie do wózka prostownikowego ZR 510; by sprawdzić, podłączałem kilka (5–6) grzałek z drutu minimum $\varnothing$ 6mm, a grzałka ułożona kilkanaście cm ponad posadzką powodowała strzelanie drobin betonu. I to tylko przez kilkanaście minut. Przenosiła prąd około 500A. Wózek służył do odpalania śmigłowców. Pozdrawiam.*

Nie ulega wątpliwości, że odcinków o rezystancjach 0,2 oma i mniejszych w przewidywanym zastosowaniu wykorzystać się po prostu nie da. Komu i do czego potrzebna jest rezystancja obciążenia poniżej 0,1 oma o obciążalności kilku watów? Takich rezystancji używamy przecież w roli czujników prądu (boczników), ale nie w roli obciążenia.

Wbrew opinii niektórych uczestników, idea drabinki równoległych rezystorów ważonych dwójkowo wcale



nie jest błędna. Prawdą jest, że przy połączeniu szeregowym moglibyśmy dodawać rezystancje i ustawić dowolną rezystancję ze skokiem równym wartości najmniejszego rezystora.

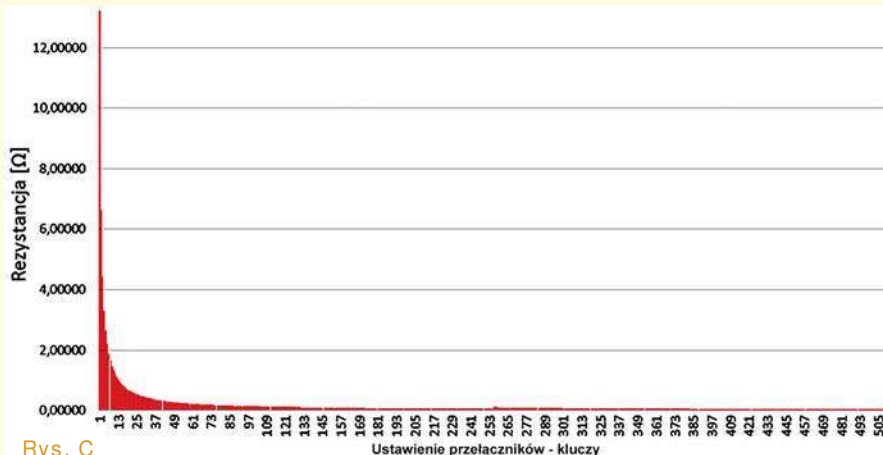
Jeden z uczestników napisał o *kompletnym braku płynnej regulacji* i przysłał **rysunek C** ilustrujący zależność rezystancji wypadkowej od ustawienia przełączników.

Jak najbardziej! Wypadkowa rezystancja przy włączaniu poszczególnych kluczy będzie zmieniać się w specyficzny, dziwny sposób.

Tak, ale w przypadku obciążenia do zasilaczy mniej interesuje nas rezystancja, a bardziej prąd. A do niemal płynnej regulacji prądu lepsza jest kombinacja rezystorów ważonych dwójkowo, ale połączonych nie szeregowo, tylko równolegle, właśnie tak jak na rysunku B. Lepiej ilustruje to **rysunek D**. Jeżeli przyjmujemy, że przy danym napięciu U „jednostkowa” wartość prądu wynosi $I = U/R$, to w sieci z rysunku D za pomocą przełączników – kluczy możemy ustawiać wartość prądu obciążenia w zakresie $1 \cdot I$ do $511 \cdot I$ ze skokiem $1 \cdot I$, czyli w sposób powiedzmy, liniowy.

Na rysunku B mamy więc prawidłowy, dość sprytny pomysł, ale w proponowanym tam wydaniu niezbyt przydatny w praktyce.

W wersji z rysunku B możemy przełącznikami ustawić potrzebną wartość rezystancji od nieco ponad 30 miliomów do ponad 13 omów. Pomysł byłby akceptowalny, a nawet bardzo dobry, gdyby najniższa rezystancja nie miała większą wartość, ale też miała największą obciążalność (moc strat). Przykładowo gdyby minimalna możliwa do ustawienia rezystancja wynosiła 0,1 oma, to przy napięciu 3,3V dawałoby to prąd 33A (i moc strat ponad 100 watów). Niestety, w przypadku spirali pociętej według rysunku B tak nie jest, bo spirala grzejna ma określony prąd maksymalny.



Część uczestników świadoma była tego problemu. Oto dwie propozycje poprawy sytuacji:

(...) *Zamiast ciąć spiralę na bardzo krótkie pojedyncze odcinki, należy użyć dłuższych odcinków połączonych po kilka równolegle dla uzyskania pożądaných rezystancji i obciążalności prądowej.* (...)

A to najlepsza z nadesłanych: (...) *Przykładowo można spiralę podzielić na odcinki o wartości 2Ω . Wtedy maksymalna moc wydzielona w takim odcinku wynosi $151,2W$ (prąd $8,7A$). Przy całkowitym podziale spirali na takie odcinki otrzymamy 13 odcinków, co daje wypadkową rezystancję połączenia równoległego $2/13 = 0,1538R$.*

Maksymalny prąd dla takiego układu to $13 \times 8,7A = 113,1A$

i maksymalna moc wydzielona

$P = I^2 R = (113,1)^2 \times 0,1538$

$P = 1967,94W$

Przez taki dobór odcinków spirali uzyskamy możliwość stopniowania obciążenia i kontrolę nad wydzielaną mocą.

Pozdrawiam.

Kilku Kolegów zaproponowało inne sposoby poprawy sytuacji, ale nie będę ich tu szczegółowo omawiał. Wspomnę tylko, że dwóch uczestników podkreśliło, iż dobór grzałek i parametrów potrzebnego drutu oporowego to niełatwe zadanie. Jeden z nich napisał:

(...) *z drutem oporowym jest tak, że dla każdej średnicy jest dany maksymalny prąd (...) problem (...) [w tym, że] gdy chcemy zmniejszyć rezystancję przez skrócenie długości (...) rośnie moc i drut się za dużo rozżarzy aż do przepalenia (...) trzeba uwzględnić napięcie zasilania,*

moc i temperaturę (...) czyli trzeba mieć druty oporowe o różnej grubości, czyli różnym prądzie maksymalnym (...)

Rzeczywiście, projektowanie grzałek do najłatwiejszych nie należy, ale ta kwestia wykracza poza ramy zadania.

Jeżeli chodzi o inne zgłoszone problemy, to jeden z uczestników zauważył: (...) *Jak to ma być uniwersalne obciążenie, to trzeba pamiętać o indukcyjności spirali. Obciążenie nie będzie trochę przesuwac fazę z uwagi na obecność reakcji indukcyjnej (...)*

Inny uczestnik napisał:

(...) *Kolejna sprawa to zastosowanie kabli podłączeniowych o odpowiednim przekroju, zależnym od przewodzonego prądu oraz łączników wysokoprądowych.*

Rzeczywiście, przy prądach rzędu kilkudziesięciu amperów nie można zastosować pierwszych lepszych wyłączników! Ich styki mają jakąś niezzerową rezystancję, rzędu kilku do nawet kilkudziesięciu miliomów, a ponadto ta rezystancja zmienia się – zwiększa wraz ze zużywaniem się styku.

Pojawiło się też kilka odpowiedzi mało trafnych, między innymi następująca uwaga: (...) *Po zsumowaniu wszystkich spirali wychodzi $246/256$, przez co w projekcie gdzieś „zginęło” $10/256$ spirali.*

W każdym razie zadanie pokazało, że budowa rezystancyjnego uniwersalnego obciążenia o dużej mocy wcale nie jest taka prosta. Dlatego pozostaniemy przy tym temacie w ramach kolejnego zadania NieGra302, czyli będziemy szukać dalszych problemów w podobnym układzie.

Nagrody-upominki za zadanie NieGra297 otrzymują:

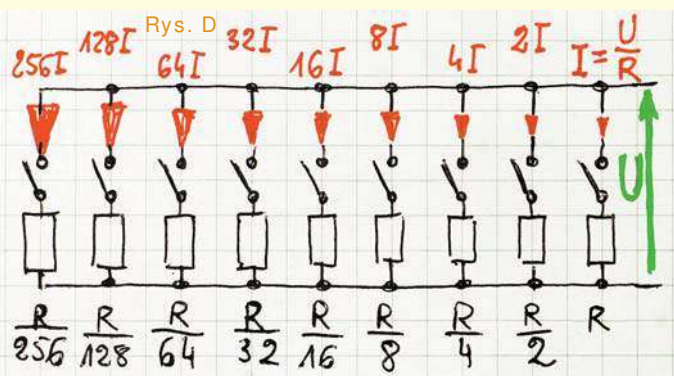
Jerzy Józwiak – Lublin,

Tadeusz Suszał – Warszawa,

Tomasz Sukiennik – Kraków.

Wszystkich uczestników dopisuję do listy kandydatów na bezpłatne prenumeraty.

Piotr Górecki





Trzecia klasa Szkoły Konstruktorów

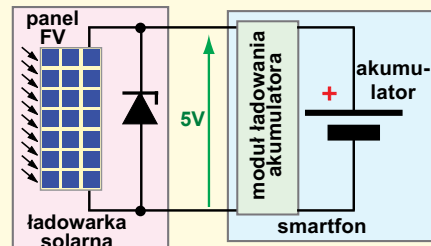
Policz – zadanie 302

Rozwiązanie zadania Policz297 trochę nas zasmuciło. Jednak chcemy zgłębić temat ładowarek solarnych do ładowania smartfonów. Prawdopodobnie prosta ładowarka solarna mogłaby zawierać tylko fotoogniwo i ogranicznik napięcia (5V) według rysunku A. W ramach zadania Policz302 należy:

- oszacować, jaką powierzchnię ogniwa FV powinna mieć taka ładowarka solarna, żeby naładować akumulator smartfona o 10% w ciągu godziny?

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.

Rys. A



Odpowiedź nadeślij w terminie 60 dni od ukazania się tego numeru EdW. Tytuł e-maila powinien zawierać nazwę konkursu i numer zadania oraz Twoje nazwisko (Policz302_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 297

W EdW 11/2020 przedstawione było zadanie Policz297, które brzmiało:

W ostatnich miesiącach zakupiliśmy znaczącą liczbę akumulatorów litowo-jonowych 18650. Producent i sprzedawca zaręczają, że mają pojemność 3300...3450mAh. W zapasach mamy ogniwo fotowoltaiczne $5 \times 8\text{cm}$ od starej zabawki, o podanym na obudowie napięciu nominalnym 5V.

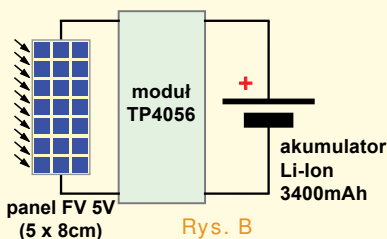
Chcielibyśmy wykorzystać je do ładowania niedawno kupionych akumulatorów według rysunku A. Na razie nie mamy modułu regulatora TP4056, ale w ramach zadania Policz297 chcielibyśmy:

– z grubsza oszacować czas ładowania akumulatora Li-Ion 18650.

Z podobnymi sytuacjami spotykamy się coraz częściej: coraz popularniejsze są i akumulatory litowo-jonowe 3,7V, i ogniwa fotowoltaiczne.

O ile parametry akumulatorów często zaskakują bardzo pozytywne, o tyle realne możliwości ogniwa słonecznych – wprost przeciwnie!

Głównie skutek wpływu reklam, ale także niektórych doniesień medialnych pochodzących z zagranicy, chyba wszyscy mamy nierealne dobre wyobrażenia o możliwościach ogniwa słonecznych. Zadanie Policz297 miało zwrócić



Rys. B

uwagę na ograniczenia i pokazać realne możliwości małych ogniw. W zadaniu celowo nie była podana moc panelu słonecznego, a tylko jego napięcie nominalne

5V, co wskazuje, że najprawdopodobniej składa się z 10 ogniw połączonych w szeregu. Napięcie nie jest jednak istotne. Kluczowe pytanie brzmi: jaki będzie prąd ładowania? A raczej: jaki może być prąd ładowania?

Dopiero po oszacowaniu wielkości prądu ładowania można oszacować czas ładowania akumulatora o dość dużej pojemności 3,3...3,45Ah.

Uczestnicy w różny sposób uzupełnili brakujące informacje. Oto fragmenty nadesłanych rozwiązań:

(...) Witam, Panel FV 5V $5 \times 8\text{cm}$ ma moc 0,5W, zatem może przy napięciu 5V dostarczyć max. 100mA (...)

(...) 3. Natomiast panel FV 5V ($5 \times 8\text{cm}$) tej wielkości będzie o mocy 0,5W. Przy takiej mocy i napięciu maksymalny prąd ogniwa to 100mA.

4. Widać z tego, że w całym tym szeregu to ogniwo fotowoltaiczne decyduje o prądzie ładowania. Czyli maksymalnie prąd ładowania może wynosić 100mA.

(...) Dzień dobry. Tym razem obliczenia z gatunku „palcem pisane na wodzie”. Orientacyjne parametry zasto-

sowanego ogniwa: wymiary $5 \times 8\text{cm}$, napięcie 5V (nie zależy od natężenia światła), prąd maksymalny 100mA (przez porównanie z modułami ogniw np. w sklepie AVT). W zależności od natężenia światła zmienia się tylko natężenie prądu wytwarzanego przez ogniwo (...)

Niektórzy uczestnicy przyjęli maksymalny prąd ładowania większy niż 100mA. Oto dwa przykłady:

Wykorzystując informację z przykładowego panelu solarnego o podobnych wymiarach:

<https://www.enfsolar.com/pv/panel-datasheet/crystalline/27111> Maksymalny prąd panelu FV wynosi 0,2A i to on będzie ograniczał czas ładowania akumulatora, bo maksymalny prąd TP4056 wynosi 1A.

Zakładając, że panel FV będzie pracował w warunkach oświetleniowych pozwalających na uzyskanie połowy prądu maksymalnego, czyli 0,1A (...)

Kluczowe fragmenty wspomnianej strony pokazane są na rysunku C – za chwilę wrócimy do tego. A na razie jeszcze jeden przykład szacowania możliwości ogniwa słonecznego z analizowanego zadania Policz297:

(...) Moduł fotowoltaiczny ma wymiary $5 \times 8\text{cm}$, a więc jego powierzchnia to $0,05\text{m} \times 0,08\text{m} = 0,0040\text{m}^2$. Należy pamiętać, że pomiędzy ogniwami są niewielkie wolne przestrzenie, a więc powierzchnia rzeczywiście generująca prąd będzie mniejsza. Zakładam, że

90% obliczonej, a więc $0,0036m^2$. Ogniw słoneczne testuje się dla mocy padającego światła równej $1000W/m^2$ (akurat bardzo zbliżoną moc mamy w Polsce w słoneczny dzień). Przy sprawności ogniw na poziomie 16% otrzymamy moc $1000W/m^2 \cdot 0,0036m^2 = 3,6W$. Przy napięciu 5V daje to natężenie $3,6/5 = 720mA$ (...)

Oczywiście mamy tu ewidentne przeoczenie: nie została uwzględniona sprawność 16%. Gdyby ją uwzględnić, wychodzi 0,576W i prąd 115mA, czyli podobnie, jak we wcześniej cytowanych rozwiązaniach.

A teraz wracamy do rysunku C. Moc modułu w warunkach STC w punkcie mocy maksymalnej (MPP) ma wynosić 1,05W, a sprawność 16%, jak wskazują fioletowe strzałki.

Warto policzyć, jaką powierzchnię ma mieć ogniwo o sprawności 16%, które przy oświetleniu o mocy $1000W/m^2$ da moc 1,05W. Panel o powierzchni $1m^2$ dałby 160 watów mocy. Moc równą 1,05W da panel o powierzchni: $S = 1,05 / 160 = 0,0065625$ metra kwadratowego, czyli ponad 65 centymetrów kwadratowych. Na rysunku C znajdziemy informację, że rozmiary modułu to $85 \times 85 \times 2,7mm$. A pomnożenie długości i szerokości ($8,5cm$) daje $72,25cm^2$, czyli więcej niż wymagane $65cm^2$, co pasuje do zamieszczonego zdjęcia. Podane parametry są więc spójne, wątpliwość budzi tylko wskazana czerwona strzałką informacja o „wielkości komórki” (cell size), która ma wynosić $156 \times 156mm$. Wygląda, że jest to jakaś pomyłka.

Pewne wątpliwości dotyczą też gwarancji. W tym przypadku mamy informację o dwuletniej gwarancji na produkt i gwarancję, że po 20 latach pracy moc ogniwa nie spadnie poniżej 80% zadeklarowanej. Należy podkreślić, że przy zakupie paneli słonecznych trzeba upewnić się, jak należy rozumieć takie zapisy i co tak naprawdę gwarantuje producent i sprzedawca. Trzeba też brać pod uwagę rzeczywistą możliwość wyegzekwowania gwarancji, zwłaszcza jeżeli zakupy są realizowane przez sklep internetowy.

A jeżeli chodzi o związek z zadaniem Policz297, to panel z rysunku C na pewno jest znacznie większy i lepszy niż ten opisany w zadaniu.

W prawie wszystkich nadesłanych rozwiązaniach pojawił się prąd ładowania 100mA lub bardzo zbliżony. A to prowadziło do prostego wniosku, że czas ładowania akumulatora o pojemności 3400mAh wyniesie 34 godziny.

Niektórzy uczestnicy dodatkowo uwzględniali sprawność kostki TP4056, sprawność energetyczną akumulatora oraz realne warunki ładowania w ciągu doby. I właśnie niektórzy uczestnicy wspomnieli o bardzo niepokojących wnioskach, jakie z tego wynikają. Oto niektóre tego rodzaju przykłady:

(...) pod warunkiem, że panel słoneczny będzie przez cały ten czas

oświetlony przez słońce i ustawiony do niego prostopadle. Sam ruch słońca na niebie będzie zmieniał kąt padania światła i moc panelu. Dodatkowo nawet niewielkie zachmurzenie może zmniejszyć moc panelu siedmiokrotnie. To może spowodować spadek napięcia panelu na tyle duży, że układ TOP4056 przerwie ładowanie (napięcie wejściowe musi być co najmniej o 80 mV wyższe niż napięcie ładowanego akumulatora). A to z kolei czyni czas ładowania ogniwa nieprzewidywalnym.

(...) Do pełnego naładowania akumulatora potrzebny jest ładunek elektryczny ok. $1,2 \times$ pojemność akumulatora, czyli ok. 4100mAh. Oznacza to 41h ładowania prądem 100mA.

Nieliczni uczestnicy analizowali też parametry kostki TP4056 i właściwości akumulatora Li-Ion. Można było zagłębiać się w takie szczegóły, ale nie warto, bo kluczowym ograniczeniem są właściwości fotoogniwa. Po chwili zastanowienia widać, że propozycja z rysunku B okazuje się zupełnie bezsensowna.

Jesteśmy przyzwyczajeni do ładowania akumulatorów Li-Ion w czasie 3...5 godzin. Niektóre można ładować szybciej. A według przedstawionych wyliczeń byłoby to mniej więcej dziesięciokrotnie dłużej. W rzeczywistości wielokrotnie dłużej, bowiem szacowane czasy ładowania rzędu 34...40 godzin w rzeczywistości okazały się zbyt krótkie. Co to bowiem znaczy kilkadziesiąt godzin ładowania „słonecznego”?

Tylko jeden ze stałych uczestników konkursów EdW przytomnie zauważył: (...) Licząc 8 godzin ładowania dziennie, jest to ponad 5 dni ładowania, a więc wartość z rodzaju ABSURDALNYCH.

No tak: ładować możemy tylko w ciągu dnia!

Jeden ze stałych uczestników głównego zadania naszej Szkoły napisał tak: Dzień dobry. Okazyjnie biorę udział w tej klasie SzK, ale tym razem mam sporo ciekawych informacji praktycznych na postawiony temat.

Analizę zadania należy rozpocząć od tego, że jako wzorcowe przyjmuje się nasłonecznienie równe $1000W/m^2$. Są to warunki nazywane w skrócie STC (Standard Test Conditions). $1kW/m^2$ to $1000W/10000cm^2$, co po skróceniu i podziale daje $100mW/cm^2$. Jest to ilość energii docierająca na każdy cm kwadratowy powierzchni bez uwzględnienia sprawności ogniw fotowoltaicznych.

enfsolar.com/pv/panel-datasheet/crystalline/27111



Product Characteristics

Model No.	1W
Warranty	
Product Warranty	2 Years
Power Warranty	10 Years of 90% Output Power, 20 Years of 80% Output Power
Electrical Data at STC	
Maximum Power (Pmax)	1.05 Wp
Voltage at Maximum Power (Vmpp)	5 V
Current at Maximum Power (Impp)	0.21 A
Open Circuit Voltage (Voc)	6 V
Short Circuit Current (Isc)	0.25 A
Panel Efficiency	16 %
Power Tolerance (Positive)	+ 5 %
Power Tolerance (Negative)	- 5 %

Rys. C

Standard Test Conditions (STC): air mass AM 1.5, irradiance $1000W/m^2$, cell temperature $25^{\circ}C$

Thermal Ratings	
Operating Temperature Range	-20~65 $^{\circ}C$
Material Data	
Panel Dimension (H/W/D)	85x85x2.7 mm
Weight	0.08 kg
Cell Type	Monocrystalline
Cell Size	156x156 mm
Cell Number	10



Rys. D

		Zachód					Południe					Wschód			
		90 °	75 °	60 °	45 °	30 °	15 °	0 °	- 15 °	- 30 °	- 45 °	- 60 °	- 75 °	- 90 °	
Pionowo	90 °	56%	60%	64%	67%	69%	71%	71%	71%	71%	69%	65%	62%	58%	
	80 °	63%	68%	72%	75%	77%	79%	80%	80%	79%	77%	74%	69%	65%	
	70 °	69%	74%	78%	82%	85%	86%	87%	87%	86%	84%	80%	76%	70%	
	60 °	74%	79%	84%	87%	90%	91%	93%	93%	92%	89%	86%	81%	76%	
	50 °	78%	84%	88%	92%	95%	96%	97%	97%	96%	93%	89%	85%	80%	
	40 °	82%	86%	90%	95%	97%	99%	100%	99%	98%	96%	92%	88%	84%	
Pozwono	30 °	86%	89%	93%	96%	98%	99%	100%	100%	98%	96%	94%	90%	86%	
	20 °	87%	90%	93%	96%	97%	98%	98%	98%	97%	96%	94%	91%	88%	
	10 °	89%	91%	92%	94%	95%	95%	96%	95%	95%	94%	93%	91%	90%	
	0 °	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	

Sprawność ta niestety jest niska. Obecnie w nowoczesnych, komercyjnie oferowanych panelach PV waha się w okolicach 20%, a jedynie laboratoryjne, eksperymentalne wersje ogniw uzyskują wyrażnie wyższe sprawności. Gdy do obliczeń bardzo optymistycznie przyjmiemy te 20%, na wyjściu ogniwa uzyskamy 20mW/cm², co przy wymiarach podanych na obrazku daje 40cm * 20mW/cm², czyli około 800mW. Z panela o mocy 0,8W przy napięciu 5V uzyskamy około 160mA. W rzeczywistości prąd będzie troszeczkę większy, a napięcie niższe, ponieważ układ TP4056 nie ma funkcji śledzenia mocy maksymalnej źródła (MPPT). Znając prąd ładowania oraz pojemność akumulatorów, można oszacować czas ładowania na około 20 godzin. Wynik ten nie uwzględnia jednak wielu czynników i jest zdecydowanie zbyt optymistyczny. Po pierwsze, słońce sporadycznie świeci w Polsce z mocą 1kW/m². Zdecydowanie bezpieczniej jest przyjąć maksymalnie 800W/m². Po drugie pozorny ruch słońca na niebie sprawia, że promienie tylko przez krótki czas padają prostopadle na panel. Wystarczy spojrzeć na **rysunek D**, aby przekonać się, jak spada efektywność przetwarzania energii, jeśli panel odchylony jest od położenia optymalnego (tutaj ciekawostka; czasem korzystniej jest umieścić panel na płasko niż na obrotnicy podążającej za słońcem). Kolejny aspekt: z jaką sprawnością ładować się będzie ogniwo Li-Ion przy niewielkim prądzie (0,05C).

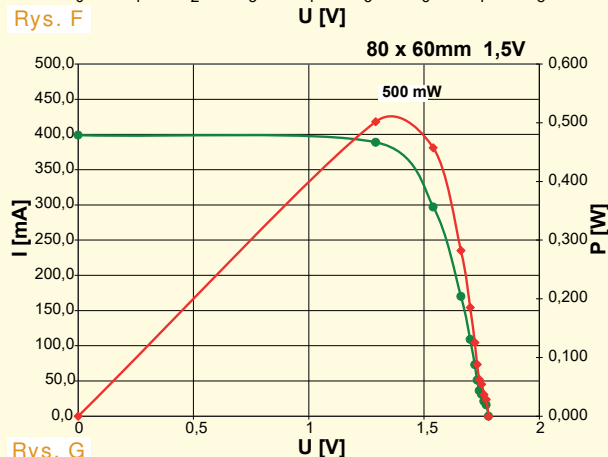
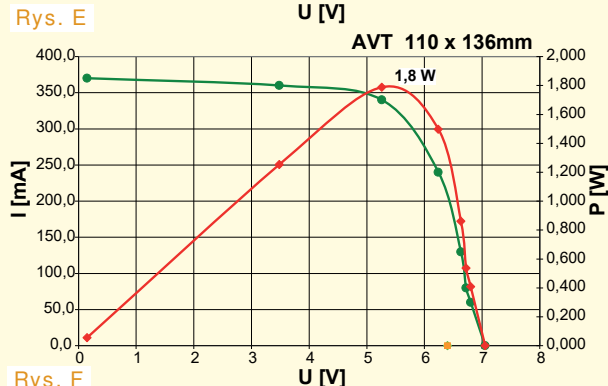
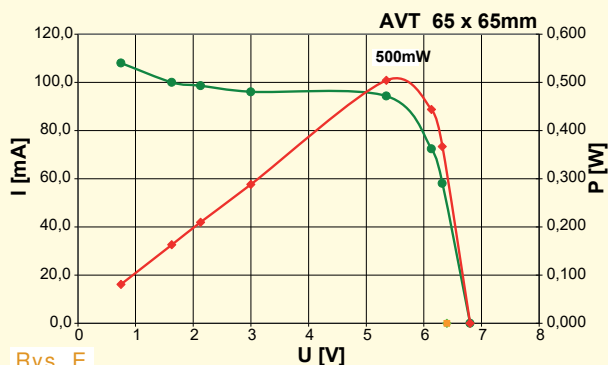
Podsumowując: uzyskany czas na pewno należy podwoić. Podobną zresztą wartość uzyskamy metodą „szacunkową”, która mówi, że z 1kWp paneli w pogodny dzień powinno uzyskać się 6kWh energii. Zatem analizowany panel o mocy 0,8Wp powinien wyprodukować 4,8Wh/dzień, co przy napięciu Li-Ion równym 3,7V daje 2,7 dnia słonecznego.

Nie umniejsza to roli małych paneli PV, a wprost przeciwnie, pokazuje, że są ciekawym i ekonomicznie uzasadnionym źródłem energii. W Elportalu wśród materiałów dodatkowych do tego numeru Czytelnicy znajdą charakterystyki kilkunastu (małych) paneli PV oferowanych na aukcjach i w sklepie AVT. Charakterystyki te zdecydowanie były za pomocą opornicy w słoneczny dzień i pokazują, że deklarowane moce są możliwe do uzyskania.

Trzy przykłady spośród tych kilkunastu pokazane są na **rysunkach E, F, G**.

W przypadku zadania Policz297 wyliczone czasy ładowania rzędu 35...40 godzin są najprawdopodobniej zbyt krótkie z jeszcze jednego względu. Otóż nieprzypadkowo w treści zadania napisałem, że w *zapasach* mamy ogniwo fotowoltaiczne 5 × 8cm od starej zabawki. Otóż hobbyści chętnie wykorzystują ogniwa i panele słoneczne używane, pochodzące z odzysku, często mające co najmniej kilka lat lub nawet więcej. Dziś przyjmuje się sprawność ogniw 15%...20%, ale stare ogniwa z reguły mają sprawność mniejszą, zwykle nawet poniżej 10%.

Ponadto już kilkakrotnie wspominaliśmy, także w cyklu MPPT, że sprawność jest mierzona w tak zwanych standardowych warunkach STC. Owszem, wyniki są prawdziwe, ale uzyskane w warunkach laboratoryjnych, nieosiągalnych w praktyce. Realna sprawność zawsze okazuje się mniejsza. Producenci naciągają dane, a sprzedawcy czasem je wręcz fałszują.



W grę wchodzi szereg niekorzystnych okoliczności. Trzeba też mieć na uwadze, że przedstawione obliczenia mają jako taki sens tylko przy silnym oświetleniu przy niezachmurzonym niebie. Inaczej jest w Kalifornii czy Hiszpanii, a inaczej u nas w Polsce. Jaka jest szansa na kilka dni z niezachmurzonym niebem w naszym kraju? A jak tego rodzaju ładowanie wyglądałoby zimą, gdy dzień jest krótki, a słońce na niebie nisko nad horyzontem?

Nagrody-upominki za zadanie **Policz297** otrzymują:

Michał Stach – Kamionka Mała,

Ryszard Wiśniewski – Adamowo,

Łukasz Fortuna – Wołowa.

Wszystkich uczestników dopisuję do listy kandydatów na bezpłatne prenumeraty.

Piotr Górecki

Chaotyczny, bipolarny sterownik LED

Łańcuszek diod LED może przykuwać uwagę inaczej niż zwykłym, monotonnym migotaniem. Ten układ sprawi, że diody mogą migać w różny sposób, tworząc wrażenie kompletnego chaosu. A do tego wystarczy tylko dwa przewody!

Do czego to służy?

Zadaniem tego układu jest załączanie LED na trzy różne sposoby: świeci jeden zestaw diod, świeci drugi zestaw diod albo nie świecą one w ogóle. Częstotliwość migotania można ustawiać potencjometrami, ale układ jest tak zaprojektowany, że w rezultacie otrzymujemy kompletny chaos. Czasem zamruga szybko jednym kompletem diod, potem drugim, potem przerwa... I znowu raz mignie, a potem trzy razy... Oświetlenie reklamy lub szyldu czymś takim znacznie bardziej może przykuwać uwagę przechodnia. Można wręcz imitować uszkodzone światełka!

Zasilanie układu napięciem stałym o wartości 4,5V do 18V.

Jak to działa?

Schemat układu można zobaczyć na **rysunku 1**. Zasilanie dla niego jest doprowadzone do zacisków złącza J1. Kondensatory C1 i C2 zmniejszają jego tętnienia wywołane przełączaniem się wyjść układu.

Głównym elementem w tym układzie jest... dwukanałowy sterownik tranzystorów MOSFET typu TC4426. Jego największą zaletą jest wyjście

typu push-pull, czyli przeciwsoobne. Oznacza to, że może ono zarówno „oddawać prąd”, czyli go z siebie wyrzucać z dodatniej linii zasilania, jak i „wciągać”, czyli pobierać i odprowadzać do masy. Wysoka wydajność prądowa tego wyjścia pozwala na podłączenie wielu diod, co w przypadku typowych układów CMOS byłoby niemożliwe – typowe układy z serii 4xxx mogą „wciągać” i „wyrzucać” prąd o natężeniu niewielu miliamperów.

Dodatkowym atutem są wbudowane przerzutniki Schmitta, które zapewniają istnienie w tym układzie histerezy. Wyjście zmienia stan z wysokiego na niski przy innej wartości napięcia na wejściu, niż kiedy ma zmienić stan z niskiego na wysoki. A do tego układ ma charakter odwracający, czyli niskie napięcie na wejściu daje wysokie napięcie na wyjściu.

Do czego, poza sterowaniem tranzystorów MOSFET, można te cechy wykorzystać? Do zbudowania najprostsze- go generatora astabilnego! Składa się tylko

Rys. 1

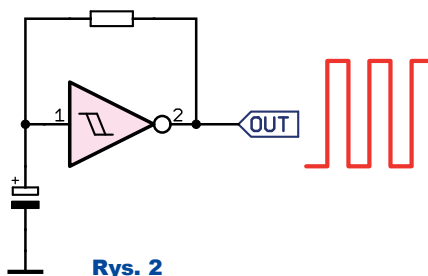
z trzech elementów: bramki negującej (NOT) z wejściem Schmitta, rezystora i kondensatora. Schemat takiego układu jest na **rysunku 2**. Jedna różnica – funkcję bramki pełni jeden kanał układu TC4426, który również może doskonale działać w tym zastosowaniu.

Na **rysunku 1** znajdują się dwa takie obwody: je-

den z nich składa się z kondensatora C3, potencjometru P2, rezystora R2 i kanału A (INA, OUTA) układu US1. Drugi, identyczny, zawiera kondensator C4, potencjometr P1, rezystor R1 i kanał B (INB, OUTB) układu US1. Częstotliwość sygnału wyjściowego każdego z nich reguluje się oddzielnie, przy użyciu potencjometrów. Zakres regulacji wynosi od około 1Hz do około 10Hz.

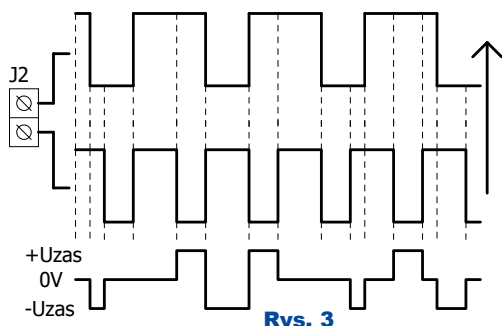
Gdzie tu jest miejsce na tytułowy chaos? Częstotliwości drgań tych generatorów mogą być różne, jeśli inaczej ustawi się potencjometry. Dodatkowo, dzięki kondensatorom elektrolitycznym, silnie zależą od temperatury. Wypełnienie sygnału (stosunek czasu trwania stanu wysokiego do całego okresu) też nie wynosi 50%, tylko więcej.

Rezultat jest taki, że napięcie między zaciskami złącza J2 przyjmuje trzy różne wartości: ujemne napięcie zasilające układ, zero, dodatnie napięcie zasilające układ. Ujemne jest wtedy, kiedy stan wysoki z niskim „zamienia się miejscami”. Zero jest wtedy,



Rys. 2





Rys. 3

kiedy stany wyjść są równe (oba niskie lub oba wysokie). Poglądowo można to zobaczyć na **rysunku 3**. Widoczne są na nim stany obu wyjść oraz wypadkowego napięcia (dla jasności dodano strzałkę oznaczającą jego kierunek) na wyjściu układu. Wygląda na zupełnie niepokładaną, zwłaszcza że w rzeczywistym układzie czasy trwania poszczególnych stanów będą się lekko zmieniały.

Diody LED powinny być podłączone zgodnie z **rysunkiem 4**. Wtedy przy wystąpieniu +Uzas na wyjściu świecą jedno z nich (lewe w każdej parze), przy -Uzas drugie (prawe), a przy 0V nie świecą w ogóle. Rezystor ogranicza prąd płynący przez aktualnie załączoną diodę. Takie połączenie chroni diodę aktualnie nie świecącą, czyli spolaryzowaną zaporowo, przed uszkodzeniem spowodowanym zbyt wysokim napięciem zaporowym. Ono zazwyczaj nie może przekraczać wartości 5V, a tutaj będzie równe napięciu przewodzenia załączonej

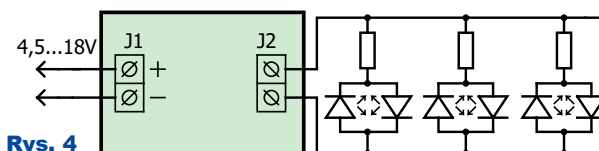
diody – w zależności od koloru, około 1,5...4V.

Zasilanie układu może wynosić od 4,5V do 18V. Rezystancję rezystorów ograniczających prądy diod należy dobrać do już ustalonego napięcia albo przynajmniej do najwyższej spodziewanej jego wartości. Maksymalny pobór prądu przez diody może wynosić od około 120mA (przy zasilaniu napięciem 4,5V) do

około 190mA (przy zasilaniu napięciem 18V). Wartość tę obliczono w oparciu o typowe parametry układu w temperaturze +25°C.

Montaż i uruchomienie

Układ prototypowy został zmontowany na jednostronnej płytce drukowanej o wymiarach 40×25mm. Wzór jej



Rys. 4

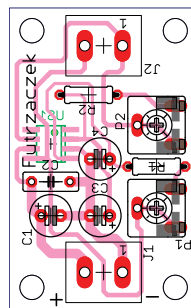


Fot. 1

Wykaz elementów

R1,R2	10kΩ
P1,P2	100kΩ montażowe leżące
C1,C3,C4	100μF/25V THT raster 2,54mm
C2	100nF raster 5mm
US1	TC4426AC0A S08
J1,J2	ARK2 5mm
Diody LED i rezystory (opis w tekście)	

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w Sklepie AVT jako zestaw AVT3292



Rys. 5

ścieżek i schemat montażowy przedstawia **rysunek 5**. W odległości 3mm od krawędzi płytki znajdują się otwory montażowe o średnicy 3,2mm każdy.

Montaż elementów polecam rozpocząć od przylutowania układu US1, który jest w obudowie SMD na spodniej stronie płytki. Gęstość upakowania jego nóżek nie jest duża i zwykła lutownica z niezbyt grubym grotem oraz kalafonia powinny całkowicie wystarczyć. Pozostałe elementy radzę wlutować według rosnącej wysokości ich obudów. Zmontowany układ można zobaczyć na fotografii tytułowej oraz na **fotografii 1**. Prawdopodobnie zmontowany układ może działać od razu po włączeniu zasilania. Dla uzyskania najlepszego efektu polecam ustawić potencjometry w różnych położeniach – wówczas „nieład świetlny” będzie największy.

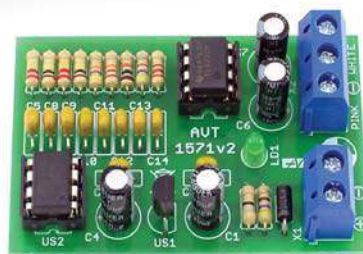
Michał Kurzela
michal.kurzela@ep.com.pl

R E K L A M A

AVT 1571 Generator szumu białego i różowego

W elektroakustyce do ustawienia parametrów audio używa się generatora szumu. Podany na wejście urządzenia szum bada się na wyjściu analizatorem widma. Podobne badanie przy użyciu przestrajanego generatora i miernika poziomu sygnału trwa dość długo. Generator szumu i analizator dają wynik w ułamku sekundy. Dzięki temu na bieżąco możemy widzieć zmiany wnoszone przez np. korektor barwy dźwięku.

Znajdź nas na



Z potrzeby chwili... Uniwersalny generator melodii

W cyklu „Z potrzeby chwili...” przedstawiamy opisy układów, urządzeń i instalacji elektronicznych, które powstały szybko dla zaspokojenia konkretnych potrzeb i te potrzeby zaspokoili.

Szybki proces powstawania zwykle oznacza, że urządzenie nie jest do końca dopracowane i że w przyszłości może być lub będzie ulepszone, co też może zostać opisane w EdW. Zachęcamy do nadsyłania tego rodzaju materiałów do publikacji!

Kupiłem na prezent kulę plazmową, która oprócz generowania wyładowań zawierała także generator melodii. Fabryczna melodia nie podobała mi się i postanowiłem spersonalizować prezent, podmieniając ją na inną. W ten sposób powstał opisany w artykule uniwersalny generator melodii.

Film, prezentujący działanie układu, znajduje się w serwisie YouTube: <https://youtu.be/wGciPp5-Lc4>. Wszystkie pliki projektu znajdują się na GitHubie: <https://github.com/CircuitChaos/melody>.

Oryginalny generator, znajdujący się w kuli plazmowej, jest niewielką płytką – 700×400 milów (ok. 18×10mm), zawierającą jedynie chip zalany żywicą (Chip On Board). Generator zasilany jest niestabilizowanym napięciem i ma trzy piny: plus zasilania, minus i wyjście na buzzer piezo. Druga końcówka buzzera podłączona jest do plusa zasilania.

Opis układu

Schemat mojego generatora zamieszczony jest na **rysunku 1**. Sercem jest mikrokontroler ATtiny13, za którego zasilanie odpowiada prosty stabilizator na elementach R1, D1, C2, C3, a reset zapewniają elementy R2 i C1.

Chciałem, żeby dźwięk był łagodniejszy i przyjemniejszy dla ucha niż w klasycznym rozwiązaniu z odtwarzaniem

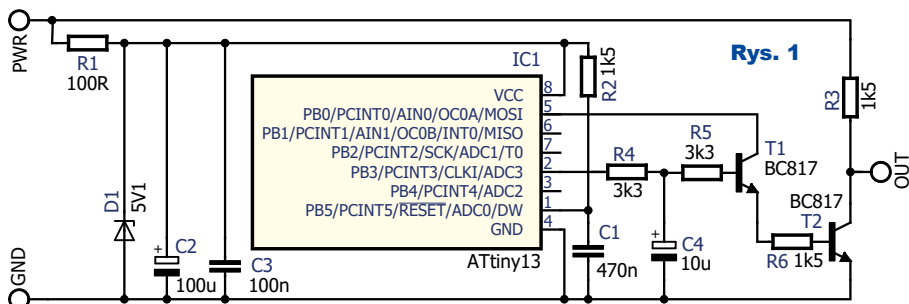
bezpośrednio prostokątne go sygnału melodii, dlatego postanowiłem dodać do dźwięku obwiednię, czyli modulować jego amplitudę w czasie tak, żeby ta przy każdej nucie dosyć szybko (ale nie nagle) narastała, po czym trochę wolniej opadała do zera.

Z tego powodu mikrokontroler generuje dwa sygnały – nazwijmy je sygnałem melodii (pin 5) oraz obwiedni (pin 2). Sygnał melodii jest falą prostokątną o wypełnieniu 50% i częstotliwości odpowiadającej aktualnie odtwarzanej nucie, a sygnał obwiedni – impulsami o niewielkim wypełnieniu, zsynchronizowanymi z momentami pojawiania się kolejnych nut i wykorzystywanymi do wytworzenia obwiedni dźwięku.

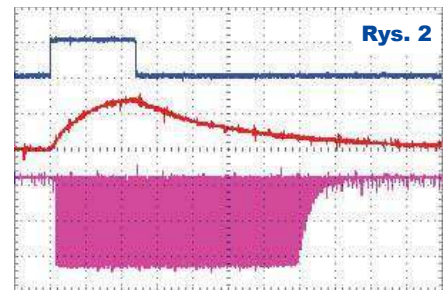
Sygnał obwiedni ma dwa stany: wysoki, podczas którego kondensator C4 ładuje się z portu mikrokontrolera przez rezystor R4, oraz stan wysokiej impedancji, podczas którego C4 jest rozładowywany przez rezystor R5 i albo złącze B-E tranzystora T1, rezystor R6 i złącze B-E tranzystora T2, jeśli wyjście melodii mikrokontrolera, czyli kolektor T1, jest w stanie wysokim, albo przez złącze B-C tranzystora T1, jeśli jego kolektor jest w stanie niskim. W efekcie na kondensatorze powstaje szybko nara-

stające i trochę wolniej opadające napięcie, które mieszane jest w tranzystorze T1 z sygnałem melodii. Tak wytworzony sygnał powoduje przepływ prądu przez rezystor R6 i złącze B-E tranzystora T2, który steruje buzzerem piezo. Rezystor R3 przeładowuje pojemność buzzera w momentach, gdy tranzystor T2 nie przewodzi.

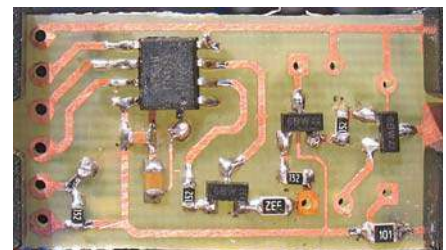
Faktyczna obwiednia dźwięku ma inny kształt niż napięcie na kondensatorze C4, ze względu na wzmocnienie tranzystora T1, który podczas ładowania kondensatora dosyć szybko wchodzi w stan nasycenia i pozostaje w nim przez większość okresu rozładowywania. Widać to wyraźnie na **rysunku 2**. Wykresy, patrząc od góry, przedstawiają



Rys. 1



Rys. 2



odpowiednio impuls obwiedni z mikrokontrolera (wykres niebieski, 5V/działkę), dla czytelności przedstawiony jako oscylujący między stanem wysokim i niskim (a nie wysokim oraz wysokiej impedancji), napięcie na kondensatorze C4 (wykres czerwony, 2V/działkę) oraz napięcie na wyjściu układu (wykres różowy, 2V/działkę). Podstawa czasu wynosi 25ms na działkę. Podczas własnych eksperymentów sygnał „niebieski” można pobrać z pinu 3 mikrokontrolera.

Buzzer sterowany jest w najprostszy możliwy sposób, czyli za pomocą jednego tranzystora i rezystora przełączającego. Nie daje to takiej głośności jak inne, bardziej złożone sposoby sterowania (np. sterowanie dwoma sygnałami w przeciwfazie), ale głośność jest wystarczająca.

Prawdopodobnie udałoby się osiągnąć efekt obwiedni dźwięku także czysto cyfrowo, wykorzystując jedynie wyjście melodii i modulując nie tylko częstotliwość tego sygnału, ale także jego wypełnienie (PWM). Warto porobić takie próby.

Układ zmontowany jest na jednostronnej płytce o wymiarach 700×1225 mils (ok. 18×31 mm), której dokumentacja znajduje się na GitHubie: <https://github.com/CircuitChaos/melody>. Płytką jest trzykrotnie wyższa od oryginalnej, ale ma identyczną szerokość i rozstaw padów, dlatego bez problemu mieści się w kuli plazmowej. Większość elementów jest montowana powierzchniowo. Jedyne kondensatory elektrolityczne oraz dioda Zenera są przewlekane.

Oprogramowanie

Konfiguracja. Fuse bity mikrokontrolera są skonfigurowane następująco:

- BOD ustawiony jest na wartość 2,7V. Przy wartości 4,3V układ nie działał stabilnie (zbyt duże wahania napięcia w kuli).
- Watchdog jest zawsze włączony. To istotne szczególnie w zaszumionym, pełnym zakłóceń środowisku kuli plazmowej.
- Częstotliwość zegara ustawiona jest na 128kHz. To niewiele, ale wystarczająco.

Timer tonu. Ton, pojawiający się na wyjściu melodii, jest generowany przez timer 0, pracujący w trybie CTC (Clear Timer on Compare) bez prescalera (czyli z częstotliwością 128kHz). Wyjście OC0A jest przełączane przy każdym dobiegu timera do wartości zapisanej w rejestrze OCR0A, po czym timer jest zerowany, dlatego częstotliwość wyjściowa

jest równa $128\text{kHz} / \text{OCR0A} / 2$. Użycie tego trybu umożliwia łatwą modulację częstotliwości sygnału generowanego na wyjściu OC0A przy stałym wypełnieniu 50%. Timer tonu jest zaimplementowany w pliku **tim0.c**, choć słowo „implementacja” jest tu nadużyciem – ustawiane są zaledwie trzy rejestry.

Tabela melodii. Tabela melodii, zapisana w pliku **note.c**, zawiera kolejne nuty, przeliczone na wartości rejestru OCR0A, oraz pauzy (przerwy między nutami). Pauzy zapisane są jako wartości 0xff. Istnieje także specjalna wartość 0xfe, która oznacza koniec melodii i powrót do początku.

Jedna pozycja w tabeli odpowiada czasowi trwania 1/16 całej nuty (czyli szesnastce lub pauzie szesnastkowej). Będzie to wyjaśnione dalej.

Funkcja **note_get()** powoduje pobranie kolejnej nuty (lub pauzy) i automatyczny przeskoc do początku po napotkaniu wartości 0xfe (wartość 0xfe nie jest zwracana).

Timer melodii. ATtiny13 ma tylko jeden timer ogólnego przeznaczenia, a do generowania melodii potrzebowałem dwóch (jednego do generowania tonu i drugiego do taktowania melodii – wyboru kolejnych nut i sterowania wyjściem obwiedni), dlatego dość nietypowo wykorzystałem w tej roli przetwornik ADC. ADC pracuje cały czas (w trybie Free Running) z najwyższym możliwym preskalarem (128), co daje ok. 74 konwersje na sekundę ($128\text{kHz} / 128 / 13,5$). Implementacja timera melodii znajduje się w pliku **adc.c**.

Kolejne wartości z tabeli melodii pobierane są co 10 konwersji ADC i jeśli wartością jest nuta, a nie pauza, to rejestr OCR0A jest aktualizowany a wyjście obwiedni ustawiane jest w stan wysoki. Niezależnie od tego, po czwartej konwersji ADC z 10 wyjście obwiedni przełączane jest w stan wysokiej impedancji. Powoduje to pojawienie się stanu wysokiego na wyjściu obwiedni jedynie po pojawieniu się nowej nuty i tylko na czas czterech konwersji ADC (54ms). W przerwach między nutami pozostaje ono w stanie wysokiej impedancji, pozwalając na wybrzmiewanie dźwięku.

10 konwersji ADC daje częstotliwość 7,4Hz, czyli 444 zdarzenia (celowo nie używam określenia „uderzenia”) na minutę. Tempo wydaje się zawrotnie szybkie w porównaniu z powszechnie spotykanymi wartościami, które



zazwyczaj oscylują wokół 100–150 BPM (Beats Per Minute – uderzeń metronomu na minutę), ale tylko do momentu, gdy zastanowimy się, co właściwie oznacza tempo.

Otóż programując timer, zazwyczaj zakładamy, że okres, wyznaczany przez ten timer, jest niepodzielny, i faktycznie najczęściej tak jest. Zdarzenie wygenerowane przez timer powoduje wywołanie jakiejś czynności, a między kolejnymi zdarzeniami nic się nie dzieje. W muzyce jednak wartości nut (czyli czasy ich trwania) są podzielne. Jeśli zapiszemy naszą melodię w tzw. metrum 4/4, które oznacza, że podstawową jednostką metryczną (czyli nutą, której czas trwania odpowiada jednemu okresowi między uderzeniami metronomu) jest ćwierćnuta (1/4 czasu trwania tzw. całej nuty) oraz że w jednym takcie znajdują się cztery podstawowe jednostki metryczne (to akurat dla nas nieistotne, bo nie dzielimy melodii na takty), to możemy tempo utworu ustalić na 111 BPM, czyli 111 podstawowych jednostek metrycznych (ćwierćnut) na minutę. Gdybyśmy jednak wykorzystali timer, który generuje 111 zdarzeń na minutę, to nie moglibyśmy odtwarzać nut krótszych od ćwierćnut. Ja założyłem, że najkrótszą, niepodzielną nutą, jaką program będzie odtwarzał, będzie szesnastka (1/16 czasu trwania całej nuty, czyli



1/4 czasu trwania ćwierćnuty), stąd aż 444 zdarzenia zmiany nuty na minutę, choć utwór jest odtwarzany w tempie 111 BPM.

Warto zaznaczyć, że mój odtwarzacz nie ma możliwości modulacji czasu trwania nuty. Wszystkie nuty trwają tyle samo – wszystkie są szesnastkami.

Transkrypcja melodii

Zapis melodii. Skąd w zasadzie wziąć melodię? Jak to się stało, że wybrana przeze mnie piosenka znalazła odzwierciedlenie w kolejnych wartościach rejestru OCR0A?

Są na tym świecie ludzie, którzy potrafią usłyszaną melodię zagrać lub zapisać w postaci nut. Ja do nich nie należę, więc musiałem posilkować się pracą wykonaną przez kogoś innego. Zaczęłem od znalezienia na YouTube piosenki w postaci tutorialu gry na pianinie: <https://youtu.be/AdCSDZobpSU>, przy czym jeśli wybrana piosenka nie byłaby dostępna w postaci tutorialu dla pianina, to można poszukać pliku MIDI. Wybrałem fragment od 0:56 do 1:16 i tylko dla prawej dłoni. Następnie uruchomiłem stary, DOS-owy program FastTracker II i zapisałem tę melodię w postaci ciągu nut. Wynikowy plik jest dostępny w plikach programu (**reignite.xm**).

Analiza pliku FastTrackera. Kolejny etap to konwersja melodii zapisanej w programie FastTracker II do wartości dla rejestru OCR0A.

FastTracker II do opisu tabeli, w której zapisana jest melodia, posługuje się pojęciem *pattern*. Przetłumaczę je – być może nie do końca poprawnie, ale nie znam lepszego tłumaczenia – na *wzorzec*. Wzorzec jest tabelą, która podzielona jest na kolumny zwane ścieżkami, a na każdej ścieżce, w kolejnych wierszach, mogą znajdować się nuty wraz z ich atrybutami (numerem instrumentu, głośnością i efektami specjalnymi). Jeden wiersz odpowiada najmniejszej, niepodzielnej długości dźwięku, którą ustaliłem na szesnastkę (1/16 nuty). Od tej pory pisząc „nuta”, będę miał na myśli właśnie szesnastkę, a „pauza” – pauzę szesnastkową. Do tego będę używał słowa „wartość”, które oznacza wartość liczbową nuty i odpowiada wysokości dźwięku (a nie wartości rytmicznej nuty w rozumieniu muzycznym, czyli długości jej trwania).

Pliki .xm (Extended Module), używane przez FastTracker II, zawierają cały utwór w postaci serii wzorców oraz użytych instrumentów. Ja potrzebowa-

łem jedynie sekwencji nut, która zresztą zmieściła się na jednej ścieżce jednego wzorca, dlatego wyeksportowałem wzorzec z FastTrackera do pliku **reignite.xp** i zabrałem się do jego analizy, żeby zrozumieć jego strukturę.

Mój plik .xp (Extended Pattern) ma 20484 bajty, a mój wzorzec 128 wierszy. Dzieliąc 20484 przez 128, otrzymujemy 160 z kawałkiem (reszta z dzielenia wynosi 4), więc założyłem, że nagłówek pliku zawiera 4 bajty, a reszta to interesujący mnie zapis. Ponieważ rozmiar pliku nie zmieniał się w zależności od dodawania i odejmowania ścieżek, a maksymalna liczba ścieżek, obsługiwana przez program, wynosi 32, założyłem, że plik zawiera wszystkie ścieżki, niezależnie od tego, ile akurat jest wykorzystanych. Wynik dzielenia $160 / 32$ to 5, co daje całkiem rozsądną ilość danych do zapisania konkretnego dźwięku na konkretnej ścieżce wraz z atrybutami.

Pierwsze cztery bajty nagłówka wynoszą odpowiednio: 0x01 0x00 0x80 0x00. Wygląda na to, że trzeci bajt odpowiada długości wzorca (128 wierszy) i faktycznie tak jest. Nuty zapisane są w paczkach po 5 bajtów kolejno dla każdej ścieżki, czyli jeden wiersz zajmuje 160 kolejnych bajtów. Nas interesuje tylko pierwszy bajt z tych 160, który oznacza wysokość dźwięku w danym wierszu na pierwszej ścieżce.

Dwie pierwsze wartości dla pierwszej ścieżki wynoszą odpowiednio 0x35 i 0x00, a dwie pierwsze nuty w moim zapisie (w FastTrackerze) to E4 (dźwięk E w oktawie 4) oraz pauza. Stąd założyłem, że 0x00 musi oznaczać pauzę, a wartości niezerowe – wysokości nut. Kolejna niezerowa nuta w pliku wynosi 0x37, a w FastTrackerze jest to F#4.

Ponieważ wartości 0x35 i 0x37 różnią się od siebie o 2, tak samo jak E4 różni się od F#4 o dwa półtony, założyłem, że wartości odpowiadające wysokościom nut odpowiadają po prostu numerom kolejnych półtonów, licząc od jakiejś konkretnej wartości.

Uznając, że pierwszym dźwiękiem będzie C0 i przyjmując podział oktawy na 12 półtonów (C, C#, D, D#, E, F, F#, G, G#, A, A#, B) możemy przyjąć, że E4 odpowiada wartości liczbowej: $4 * 12 + 4$ (52), a F#4: $4 * 12 + 6$ (54).

Wartość 0x35 dziesiętnie wynosi 53, a po odjęciu 1 (bo skoro pauza ma wartość 0x00, to 0x01 musi być najniższą nutą) 52, podobnie wartość 0x37 odpowiada nucie nr 54, więc wszystko się



zgadza. Nuty zapisane są od C0 w kolejności rosnącej (0 = pauza, 1 = C0, 2 = C#0, 3 = D0, itd.).

Konwersja melodii do wartości OCR. Żeby zamienić ten zapis na kolejne wartości rejestru OCR0A, musimy najpierw obliczyć częstotliwość danego dźwięku. Współcześnie przyjmuje się, że dźwięk A4 ma częstotliwość 440Hz (ciekawostka: jest to zapisane w normie ISO 16:1975) i taką właśnie częstotliwość tego dźwięku przyjąłem. Dźwięk A5 (wyższy o 12 półtonów) będzie miał częstotliwość dwukrotnie wyższą (880 Hz), a pozostałe dźwięki będą rozłożone równomiernie między tymi dwiema częstotliwościami. Możemy z tego wywnioskować, że dźwięk o jeden wyższy od A4 (A#4) będzie miał częstotliwość $440 \text{ Hz} * 2^{1/12}$, dźwięk o dwa wyższy $440 \text{ Hz} * 2^{2/12}$, itd.

Jeśli przetransponujemy dźwięk nr 54 (F#4) o cztery oktawy w dół, odejmując od niego $4 * 12$, to otrzymamy wartość 6. Wartość tę możemy zmniejszyć o 9, żeby otrzymać odległość od dźwięku A (a nie od C), po czym podzielić ją przez 12. Otrzymamy w ten sposób wykładnik dla potęgi dwójki, która będzie mnożnikiem częstotliwości dla 440Hz. Tak obliczona częstotliwość wyniesie $440 \text{ Hz} * 2^{-3/12} = 369,99 \text{ Hz}$, co odpowiada tonowi F#4.

Wartość rejestru OCR0A otrzymamy, dzieląc 128kHz (częstotliwość timera 0) przez 2 (bo stan wyjścia mikrokontrolera jest po każdym przepełnieniu timera zmieniany na przeciwny, czyli pełny okres wynosi dwa przepełnienia timera) i przez wyliczoną częstotliwość dźwięku.

Powyższe zostało zaimplementowane w programie **xp2ocr.c**, który był wykorzystany do wygenerowania tabeli melodii i również znajduje się w plikach projektu, z drobną różnicą – zamiast zmniejszania wartości dźwięku o 9, jest ona zwiększana o 3, co powoduje transpozycję utworu o jedną oktawę w górę i lepsze brzmienie na buzzerze piezo.

Circuit Chaos

Lampowy magnetofon szpulowy

Charakterystyka popularnych magnetofonów

część 3

Magnetofony produkcji polskiej

Pierwszym i najlepszym polskim magnetofonem była „Melodia” wyprodukowana w roku 1959 przez Zakłady Radiowe im. M. Kasprzaka w Warszawie. Magnetofon umieszczony był w drewnianej (sklejka) skrzynce, oklejonej skórą, z umieszczonym z boku głośnikiem dynamicznym 2W oraz wyposażonej w uchwyt do przenoszenia. Dwa ujęcia mojego egzemplarza Melodii, pokazane są na fotografiach 1, 2.

Dużym plusem „Melodii” był dwubiegowy silnik synchroniczny typu SS60, SHS30 lub SHS36 (w zależności od wersji) z zewnętrznym wirnikiem. Wirnik ten pełnił też funkcję koła zamachowego, co pozwoliło uprościć mechanizm napędowy. Drugą ważną zaletą było zastosowanie dwóch niezależnych przełączników klawiszowych i dwóch niezależnych zestawów głowic. Pozwoliło to na przełączanie kierunku taśmy i ścieżek bez konieczności przekładania taśmy (autorewers). Przełącznik w tylnej środkowej części płyty nośnej umożliwiał przełączanie

Fot. 1



Fot. 2



prędkości obrotowej – 500 lub 1000 obr./min (9,53cm/s lub 19,05cm/s). Magnetofon wyposażony był w dwa bardzo dobre i niezawodne sprzęgła mechaniczne, napędzane dwoma gumowymi paskami o przekroju okrągłym. Sprzęgła te były jednocześnie hamulcami taśmy przy wciśnięciu klawisza STOP. Część elektryczna pracowała na lampach 2 × ECC85 – wzmacniacz zapisu, wzmacniacz odczytu, układ korekcji i wzmacniacz napięciowy oraz generator prądu podkładu i kasowania, EL84 – wzmacniacz końcowy i w zależności od wersji EM4, EM80 lub EM84. W zasilaczu zastosowano prostownik 250V/85mA. Przy prędkości przesuwu 19,05cm magnetofon przenosi pasmo 60...12000Hz, a przy prędkości 9,53cm/s – 80...6000Hz przy zastosowaniu taśmy CH.

Zastosowany silnik synchroniczny powinien zapewnić dużą dokładność przesuwu taśmy, nieprzekraczającą 0,3%. Pewne drobne odchyłki były spowodowane niezbyt dokładną częstotliwością sieci. Był to magnetofon chętnie używany do nagrywania dźwięku przy kręceniu amatorskich filmów. Pojawiające się czasem niezbyt pochlebne opinie o „Melodii” brały się stąd, że w pierwszych seriach stosowano kondensatory odznaczające się dużą upływnością, tzw. kartoflaki. Kondensatory te w ciągu ok. 1–2 lat mocno zwiększały upływność, co pogarszało jakość dźwięku. Wystarczyło wymienić kondensatory na foliowe lub olejowe i magnetofon odzyskiwał pełną sprawność. W moim przekonaniu był to najlepszy polski magnetofon lampowy i zarazem jeden z najpopularniejszych. Była również produkowana wersja „Melodii” bez stopnia końcowego, przeznaczona do zestawu muzycznego „Viola”. Późniejsze wersje „Melodii” były czasem wyposażane w silnik asynchroniczny, podobny w budowie do silnika SHS30, produkowany w Czechosłowacji. Silnik SHS (i odmiany) został opracowany i wyprodukowany w zakładach Tonsil we Wrześni i jest silnikiem bez wątpienia wyjątkowym. Wirnik jest wykonany w postaci tulei ze specjalnej stali stopowej o odpowiednio dobranej dość wąskiej pętli histerezy. Tuleja ta jest wprasowa-



Fot. 3

na w aluminiową obudowę, z którą tworzy całość jako część wirująca silnika. W momencie rozruchu pod wpływem wirującego zmiennego pola magnetycznego w wirniku wytwarzają się pola magnetyczne (bieguny) o liczbie i wielkości odpowiadającej liczbie i wielkości biegunów stojana. W pierwszym ułamku sekundy są przemagnesowywane i silnik pracuje jako asynchroniczny. W miarę zbliżania się obrotów do synchronicznych pola się utrwalają i dalej silnik pracuje jako synchroniczny. Stąd oznaczenie SHS – silnik histerezowy synchroniczny, lub krótsze oznaczenie SS – silnik synchroniczny.

Brakuje mi słów, aby wyrazić uznanie i podziw dla dokonań zakładów Tonsil. Oprócz silnika typu SHS produkowano w nich również głośniki o bardzo szerokim asortymencie i bardzo dobrej jakości, a wśród nich głośniki o oporności cewki 600Ω oraz wysokiej jakości kolumny głośnikowe. Produkowano również silniki elektryczne do napędu łodzi i wiele innych wysokiej jakości urządzeń.

W roku 1960 zakłady Tonsil uruchomiły produkcję magnetofonu „Wilga”, który miał dwie prędkości przesuwu – 19,05cm/s i 9,53cm/s. Przy zastosowaniu taśmy CH i przy prędkości przesuwu 19,05cm/s zapewniał przenoszenie pasma 70...12000Hz, a przy prędkości 9,53cm/s 70...6500Hz. Początkowo magnetofon był napędzany silnikiem SHS36 z elektryczną zmianą prędkości. Późniejsza wersja miała zastosowany silnik asynchroniczny SA-7 i mechaniczną zmianę prędkości przesuwu taśmy. Pracował na lampach EF86, ECC85, EL84, EM4 i AZ1, a częstotliwość prądu podkładu i kasowania wynosiła 40kHz.

magnetofonów była wyżej oceniana. Do serwisu częściej trafiały „Wilgi” z mechaniczną zmianą prędkości przesuwu. Magnetofon ważył 15 kilogramów.

Następnym magnetofonem wyprodukowanym w roku 1961 przez Zakłady Radiowe im. Kasprzaka była „Piosenka”. Aparat miał jedną prędkość przesuwu – 9,53cm/s i przy zastosowaniu taśmy CH przenosił pasmo 60...8000Hz. Pracował na lampach EF86, ECC85, EL84 i EM4, a w zasilaczu zastosowano prostownik selenowy 250V/85mA. Miał dość skomplikowane sprzęgła mechaniczne, a do napędu służył silnik asynchroniczny 1602A. Ważył ok. 11kg. Szybko zakończono jego produkcję, a ja nie miałem okazji bliżej go poznać, więc nie jestem w stanie go ocenić. W tej chwili ma on tylko wartość kolekcjonerską.

Ostatnim polskim magnetofonem był wyprodukowany w roku 1963 przez ZRK „Tonette”, zwany popularnie Tonetką (fotografia 3). Miał dwie prędkości przesuwu – 9,53cm/s i 4,76cm/s, przełączane mechanicznie i napędzany był silnikiem ze zwartym zwojem. Pracował na lampach EF86, ECC85, EL84 i EM84, a w zasilaczu miał prostownik selenowy 250V/85mA. Wyprodukowano dwa modele Tonetki – Tonette I i Tonette II. Obydwa miały podobny układ elektryczny, ale model II miał zastosowaną głowicę o szerokości szczeliny roboczej 3μ (model I – 5μ) i zmienioną charakterystykę, dostosowaną do tej głowicy. Przy zastosowaniu taśmy CR miał zapewnić przenoszenie pasma 30...12000Hz i 30...15000Hz przy użyciu taśmy LGS, przy prędkości 9,53cm/s.

Na uwagę zasługuje proste rozwiązanie sprzęgieł, które całkiem dobrze się sprawdziło. Był to magnetofon dość popularny, jakością zbliżony do „Melodii”, która jednak miała lepszy dźwięk i autoremers i dlatego przez miłośników

Przy prędkości 4,76cm/s i zastosowaniu taśmy LGS miał zapewnić pasmo 30...9000Hz, a przy taśmie CR – 30...6000Hz. W uzyskaniu takich wyników miało pomóc również podniesienie częstotliwości generatora prądu podkładu do 65kHz.

W założeniu napęd Tonetki zapewniał nierównomierność przesuwu lepszą od 0,35%. W praktyce było znacznie gorzej, gdyż już po krótkim czasie użytkowania wzrastały opory w części mechanicznej, głównie w silniku, sprzęgłach i mechanizmie zmiany prędkości. Do tego częste znaczne spadki napięcia sieci mocno pogarszały parametry magnetofonu. Głowice uniwersalne stosowane w Tonetkach, a szczególnie w modelu II, miały nie tylko wąską, ale i krótką szczelinę, ok. 0,3mm, więc w miarę zużywania się głowicy zwiększała się szerokość szczeliny, co z kolei mocno pogarszało jakość nagrań. Aby więc utrzymać magnetofon w pełnej sprawności, należało często oddawać go do serwisu.

Wzmacniacz Tonetki zbudowany był na obwodach drukowanych, a całość umieszczona w plastikowej obudowie. Obudowa zapewniała łatwy dostęp do wnętrza i miała dopinany pasek, ułatwiający przenoszenie. Było to ważne, gdyż Tonetka była najczęściej serwisowanym magnetofonem. Do serwisu najczęściej trafiały egzemplarze mocno wyeksploatowane, z zatartym silnikiem, powyciąganymi paskami, wyrobionymi sprzęgłami, popękaną obudową i wytartymi głowicami. Ze względu na niewielki wymiary i ciężar ok. 10 kilogramów był to najczęściej kupowany magnetofon. Największą popularność zdobył wśród uczącej się młodzieży, której pomagał w nauce i umiał czas muzyką. Można więc powiedzieć, że był hitem.

Prowadząc serwis, można było zauważyć, jak niewielu użytkowników troszczyło się o swój sprzęt, używając go dopóty, dopóki nie odmówił posłuszeństwa.



Jerzy Szymański
j.szymanski@wp.eu

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?

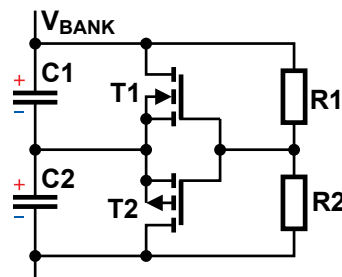
Odpowiedzi, koniecznie oznaczone dopiskiem

Jak5,

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 12/2020

W numerze 12/2020 przedstawiony był, pokazany na **rysunku B**, prosty schemat układu elektronicznego.

Na rysunku przedstawiona jest...

koncepcja pomiaru temperatury.

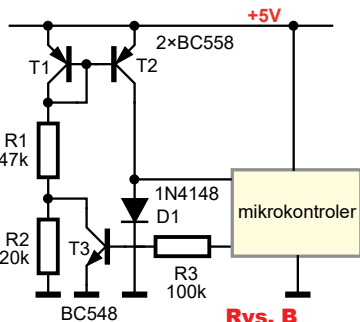
Inaczej mówiąc, jest to pomysł na realizację termometru, gdzie czujnikiem jest popularna dioda 1N4148.

To zadanie z numeru 12/2020 zapewne okazałoby się znacznie łatwiejsze, gdyby zamieszczone było miesiąc później. Otóż w numerze styczniowym przedstawione było rozwiązanie zadania, gdzie analizowany był właśnie układ termometru działającego na specyficznej zasadzie.

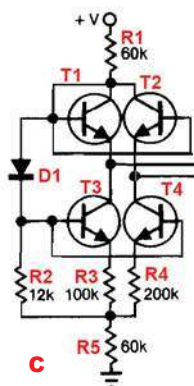
Zamieszczono tam były schematy, których fragmenty przypomniano na **rysunkach C, D**.

Czujnikami temperatury są pary tranzystorów, pracujące w roli diod. Na **rysunku C** są to T1, T2, a na **rysunku D** jest to podwójny tranzystor Q1.

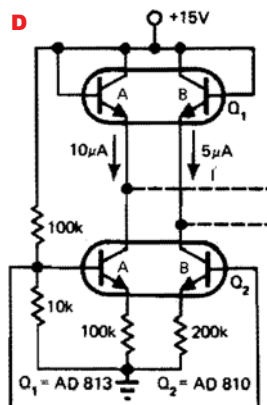
Jeżeli jednakowe diody pracują przy różnych wartościach



Rys. B



C



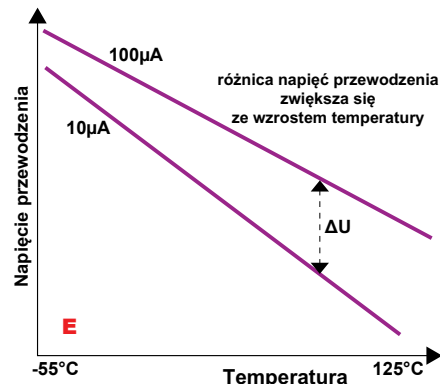
D

prądu, to nie tylko inna jest wynikająca z różnicy prądów wartość ich napięć przewodzenia, ale też ich współczynniki cieplne są różne.

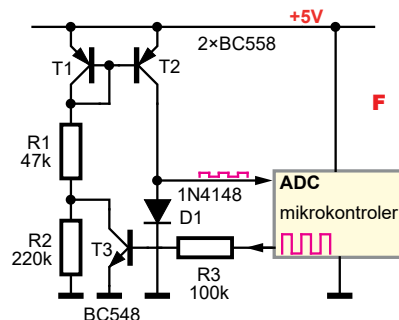
Powszechnie wiadomo, że wzrost temperatury złącza krzemowego pn (diody) powoduje zmniejszenie napięcia przewodzenia o około 2mV/°C. Dokładna **wartość współczynnika cieplnego zależy między innymi od wielkości prądu: jest tym większy, im mniejszy jest prąd.**

W praktyce mierzona jest różnica napięć przewodzenia przy dwóch różnych wartościach prądu przewodzenia, co jest zilustrowane na **rysunku E**.

Widać tu, że napięcie przewodzenia diod maleje ze wzrostem temperatury, ale różnica napięć – rośnie. W układach z **rysunków C, D** mierzona jest różnica napięć przewodzenia dwóch jednakowych diod. Układ z **rysunku B** można uzupełnić, jak pokazuje **rysunek F** i wtedy uzyskuje się przykład wykorzystania tego samego zjawiska, ale z użyciem pojedynczej diody D1 w roli czujnika temperatury. Skokowo zmieniany jest prąd diody D1.



Skokowa zmiana prądu przewodzenia powoduje wystąpienie na diodzie D1 zmian napięcia, a konkretnie przebiegu prostokątnego. Wykorzystana zostaje zależność z **rysunku E**: amplituda tętnień na diodzie D1 będzie wprost proporcjonalna do temperatury bezwzględnej. Sygnał z diody D1 podany jest na przetwornik ADC mikrokontrolera i mierzona jest właśnie różnica napięć na diodzie. Zmierzona wartość tętnień pozwala określić temperaturę diody D1. Zadanie było bardzo trudne z kilku powodów.



F

Na pewno taka zasada pomiaru jest stosunkowo mało znana wśród elektroników. Choć trzeba podkreślić, że jest bardzo często wykorzystywana do pomiaru temperatury pracujących elementów półprzewodnikowych, w tym mikroprocesorów. Pomiar różnicy napięć przewodzenia przy różnych prądach pozwala uzyskać zdecydowanie lepszą powtarzalność i dokładność niż pomiar zmian napięcia przy niezmiennym prądzie. To fascynujący i dość szeroki temat, wykraczający jednak poza ramy zadania *Jak to działa?*

Dla niektórych uczestników dużym utrudnieniem okazała się obecność lustra prądowego z tranzystorami T1, T2. Niepotrzebnie skoncentrowali się tylko na tym lustrze, co przeszkodziło odkryć tajemnice diody D1.

Jeden z Czytelników jak najbardziej słusznie zwrócił uwagę, że w takim układzie lustro prądowe jest niepotrzebne, bo układ można zrealizować prościej, według **rysunku G**, co też można przejrzystej zobaczyć jak na **rysunku H**.

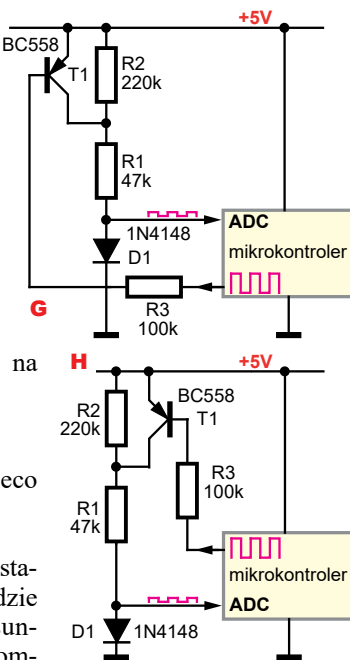
Słusznie, a jego obecność to pozostałość ze źródłowego schematu, który był podstawą tego zadania. A tą podstawą jest schemat z pewnej pracy naukowej, której streszczenie można znaleźć na stronie: researchgate.net w skrócie:

<https://bit.ly/3eIgXgi>.

Można też ściągnąć PDF z nieco szerszym opisem:

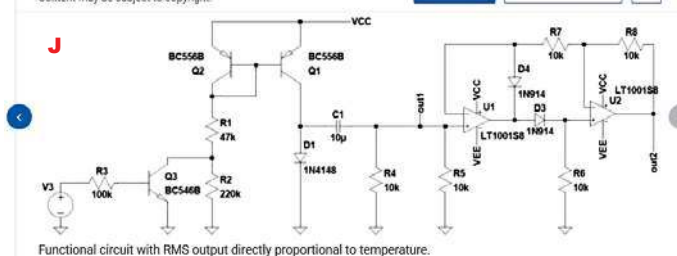
<https://bit.ly/3rV6LEW>.

Jest tam (**rysunek J**) przedstawiony schemat układu, gdzie dostrzeżemy blok z rysunku B. Schemat ten w skompresowanej i nieco bardziej czytelnej postaci jest pokazany na **rysunku K**. Jak widać, sygnał zmienny z diody jest tu podawany przez kondensator C1 na jakiś układ z dwoma wzmacniaczami operacyjnymi.

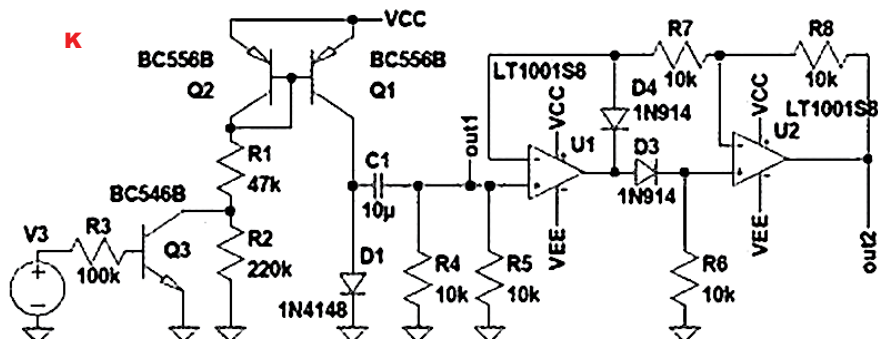


researchgate.net/figure/Functional-circuit-with-RMS-output-directly-proportional-to-temperature_fig3_235640344

Figure 3 - uploaded by Richard O. Ocaya
Content may be subject to copyright.



Functional circuit with RMS output directly proportional to temperature.



Już na pierwszy rzut oka widać, że jest to prostownik aktywny. Wątpliwości może budzić obecność dwóch połączonych równolegle rezystorów R4, R5. Nasuwają się też pytania o wartość wzmacnienia takiego aktywnego prostownika: czy aby nie jest zdecydowanie za mała?

Problem w tym, że przebieg zmienny na diodzie D1 jest mały. Czułość takiego czujnika jest zależna także od różnicy prądów. Przy różnicy prądów 10:1 czułość wynosi około 0,2 miliwolta na stopień. Wprawdzie taka metoda z zasady jest bardzo dokładna, ale sygnał zmienny na diodzie będzie mały i łatwo o błędy.

I tu trzeba wrócić do rysunku B. Otóż aby dokładnie określić temperaturę diody, trzeba dokładnie zmierzyć amplitudę przebiegu zmiennego na diodzie. Na rysunku F wyraźnie widać, że chodzi o małe zmiany występujące na tle napięcia stałego około 0,7V. Dlatego na początku podane było, że na rysunku B pokazana jest jedynie **koncepcja pomiaru temperatury**, a nie konkretne rozwiązanie.

Niestety, typowe przetworniki ADC wbudowane w mikrokontrolery mają małą rozdzielczość, najczęściej tylko 10 bitów. Do dokładnego pomiaru temperatury to zdecydowanie za mało. Dostępnych jest szereg mikroprocesorów z 12-bitowymi przetwornikami ADC, a są też takie, które mają wbudowane jeszcze lepsze przetworniki sigma-delta. W praktyce jednak koncepcja z rysunku B wymagałaby raczej zastosowania zewnętrznego przetwornika ADC o dużej rozdzielczości. Jest i inna droga: trzeba wstępnie wzmacnić sygnał zmienny z diody D1. Przy wzmacnianiu sygnału zmiennego, a ściślej różnic napięcia, nie trzeba obawiać się o ewentualne zmiany poziomów napięć stałych. Wystarczy, żeby nie zmieniało się wzmacnienie. A ewentualne współbieżne zmiany napięcia stałego na wejściu przetwornika ADC nie mają znaczenia, ponieważ program i tak będzie wykorzystywał jedynie informację o amplitudzie przebiegu prostokątnego, która jest wprost proporcjonalna do temperatury bezwzględnej. Przy wstępnym wzmacnieniu sygnału zmiennego do właściwego pomiaru zapewne wystarczyłby 10-bitowy przetwornik ADC.

Zadanie *Jak12* okazało się bardzo trudne. Napłynęło niewiele odpowiedzi, a w większości z nich uwaga była skoncentrowana na lustrze prądowym. Gratulacje dla wszystkich, którzy prawidłowo określili rolę układu lub byli blisko. Jeden z uczestników, który był blisko, napisał: (...) *Tranzystor T3 jest kluczem sterowanym z mikrokontrolera, który zwiera rezystor R2 i w ten sposób zmienia prąd kolektora T1 (podnosi go), co jednocześnie przekłada się na podniesienie napięcia na diodzie. (...)*

Moim zdaniem jest to układ wytwarzający dwa napięcia odniesienia (voltage reference) dla mikrokontrolera (...)

Nagrody-upominki za wyjątkowo trudne zadanie *JakDziała12* otrzymują:

Dariusz Mróz – Kanie,

Ryszard Magdycz – Wrocław
oraz **Michał Sienkiewicz** – Warszawa.

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

Odkrywamy schematy

STANDBY

Zasilacze komputerowe

Trafo sterujące
+ current
transformerTransformator
głównySF-EE19 SB
EN1021 VIKING B-2
SF 1226Wyprowadzenia
"centralne"
+5V i +12V

Zasilacz z US TL494 – pomiary. Główne przebiegi w tym zasilaczu są takie same jak omawialiśmy w części 3. Na potrzeby tego opracowania zdjęto tylko kilka oscylogramów wnoszących nowe informacje.

W tym zasilaczu można podejrzec przebieg odniesienia dla modulatora PWM – **rysunek 21**. Tutaj zewnętrzny jest kondensator, na którym ten przebieg jest budowany. To wyprowadzenie 5 układu scalonego. Wraz z rezystorem na nóżce 6 wyznacza on częstotliwość pracy, której „stałość” jest także istotną cechą charakteryzującą ten typ przetwornicy. Dla wartości 1,5nF i 12kΩ otrzymujemy 62kHz. Piłozębny przebieg RAMP porównywany jest na bieżąco z napięciem na wyjściu wzmacniacza błędu. To zasada regulacji tej przetwornicy. W warunkach pomiaru widać, że był to poziom ok. 1,6V. Co oznaczają „warunki pomiaru”? Napięcie wejściowe, napięcie wyjściowe i obciążenie.

Istotny jest jeden wniosek: stopień modulacji PWM, która wyznaczona jest właśnie przez poziom wyjścia wzmacniacza błędu (względem RAMP; tu 1,6V), jest silnie zależna od napięcia WE i WY, a dokładniej od stosunku tych napięć, jednak praktycznie nie zależy od obciążenia! To jest przecież przetwornica przepustowa (forward)!

Z przebiegów na rysunku 21 można odczytać także rodzaj modulacji (*leading edge scheme*). Aktywna część przebiegów to odcinek, kiedy przebieg piłozębny RAMP przekroczy poziom na wyjściu EA – zaznaczono część górnego przebiegu, który zdjęto z katody diod po wtórnej stronie transformatora.

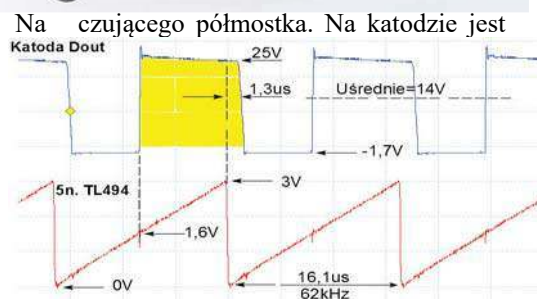
A czy zbocze opadające piły kasuje przerzutnik stanowiący o aktywności obu wyjść TL494? Przerzutnik kasuje, i widać to także po przepięciu gór-

część 8

nej sondy na wyjścia sterownika. Na rysunku 21 widać spore opóźnienie między zboczem opadającym piły i przebiegiem końcowym na katodzie diod po wtórnej, izolowanej stronie transformatora. Opóźnienie jest spore, 1,3us, co nie zachęca do dalszego podnoszenia częstotliwości pracy tego zasilacza.

Opóźnienie widoczne na rysunku 21 wnoszone jest przez sam stopień kluczący. Przez same tranzystory i obwody sterowania ich bazy. Mówiliśmy o tym szerzej w części 3. A czy to opóźnienie ma wpływ na wartość napięcia wyjściowego? Oczywiście, że ma. Ale obwód sprzężenia zwrotnego to uwzględnij! Skróci, zawęzi szerokość wytwarzanych impulsów tak, aby U_{WY} miało zadaną wartość. Na rysunku 21 warto zauważyć, na jakim poziomie jest dolny stan górnego przebiegu. To ok. -1,5V (do -2V). To spadek napięcia na diodzie, na jednej z diod, naprzemiennie, po wtórnej stronie zasilacza. Dość dużo, jak na diodę Schottky'ego, bo dochodzi spadek napięcia na rezystancji wtórnego uzwojenia trafo. W tym czasie, w tej fazie prąd jest wysysany od masy przez naładowaną indukcyjność gromadzącą energię po wtórnej stronie. I ten ujemny poziom też wnosi swój wkład do wartości U_{WY} , co także przez sprzężenie zwrotne zostanie uwzględnione! Przebieg na rysunku 21 został zdjęty przy nastawie $U_{WY} = 14V$. Czytelniku, proszę, sprawdź, czy to się zgadza?

Na koniec jeszcze przebiegi odczytane z anody i katody diody (jednej z diod) po stronie wtórnej. Przebieg na anodzie odzwierciedla przebieg klu-

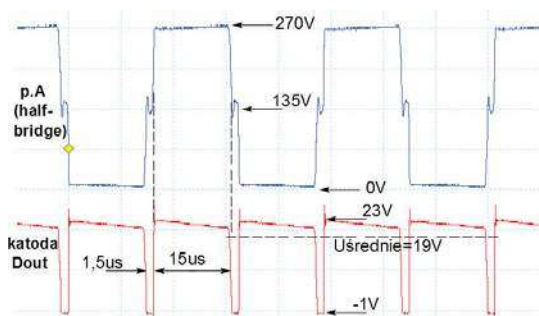


Rys. 21

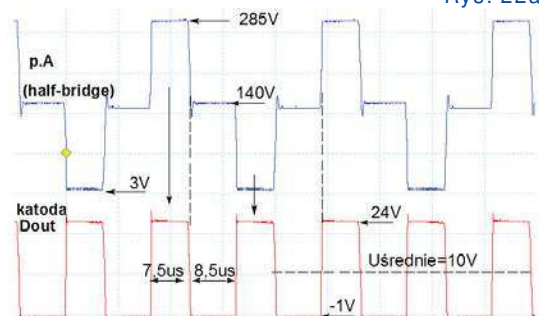
on wyprostowany, gdyż kiedy jedno z uzwojeń ma napięcie ujemne, to wnosi swój wkład druga symetryczna gałąź. Przebiegi z **rysunku 22a, 22b i 22c** zdjęto przy nastawie U_{WY} odpowiednio 19V, 10V i 2,5V.

Widać, iż przy aktualnym napięciu wejściowym i nastawie $U_{WY}=19V$, marginesu już prawie nie ma. Widać także, że poniżej 2,5V też nie zejdziemy. Nie tylko dlatego, że napięciem referencyjnym wzmacniacza błędu jest właśnie wartość 2,5V; regulując ograniczeniem prądowym, można zejść nieco niżej, niż regulując napięcie. Na rysunku 22c widać, że sterownik już gubi impulsy. Ale nic złego się nie dzieje i praca jest bezpieczna. Na rysunku 22b przebieg jest wzorcowy. Zdjęto go przy nastawie $U_{WY}=10V$, co jest bardzo blisko nominalnych 12V, dla których ten zasilacz został zaprojektowany.

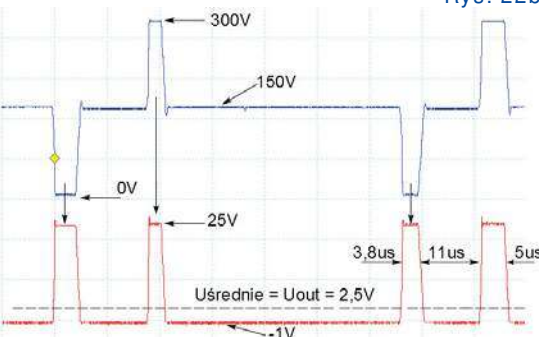
Sporo informacji można odczytać z przebiegu napięcia na kondensatorze blokującym składową stałą, włączonym w szereg z uzwojeniem pierwotnym transformatora. Mimo że nie jest to przetwornica rezonansowa, można by się tam spodziewać przebiegu zbliżonego do sinusoidy. Tak nie jest! Przebieg jest obrazem prądu obciążenia



Rys. 22a



Rys. 22b



Rys. 22c

przetworzonego na stronę pierwotną. Czy przetwornica od strony pierwotnego uzwojenia trafia widziana jest jako indukcyjność? Przebiegi pokazują, że widziana jest niemal czysta rezystancja!

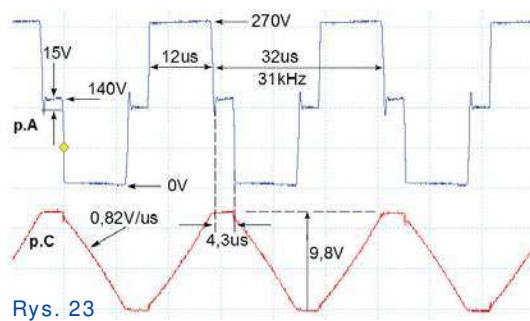
Przebieg na rysunku 23 zdjęto w warunkach obciążenia 16V i 4,2A i nieważne, która pętla stabilizowała. Szanowny Czytelniku, zwróć szczególną uwagę na zbocza narastające i opadające przebiegu na szeregowym kondensatorze. Niewielkie odkształcenie od liniowości w kierunku paraboli to składowa indukcyjna.

Górny przebieg uwarunkowany jest nastawą napięcia, a dolny, na kondensatorze, przede wszystkim prądu. Policzmy, jaką w takim razie rezystancję widzi stopień kluczujący? Błąd pomiaru nie jest duży, gdyż amplituda napięcia na kondensatorze jest dużo mniejsza od połowy napięcia półmostka. Stromość zbocza na kondensatorze, która odzwierciedla prąd, jaki przez niego płynie, łatwo odczytać z przebiegu z rysun-

ku 23: $9,8V / 12us = 0,82V/us$. Kondensator ma pojemność 1uF, czyli prąd ma wartość 0,82A. A przyłożone napięcie to połowa zasilania, które powinno być na poziomie 300V, ale z górnego oscylogramu odczytujemy, że w warunkach pomiaru było tylko 270V. Zapewne dlatego, że podczas pomiarów zasilam układ przez transformator izolujący 230/230VAC.

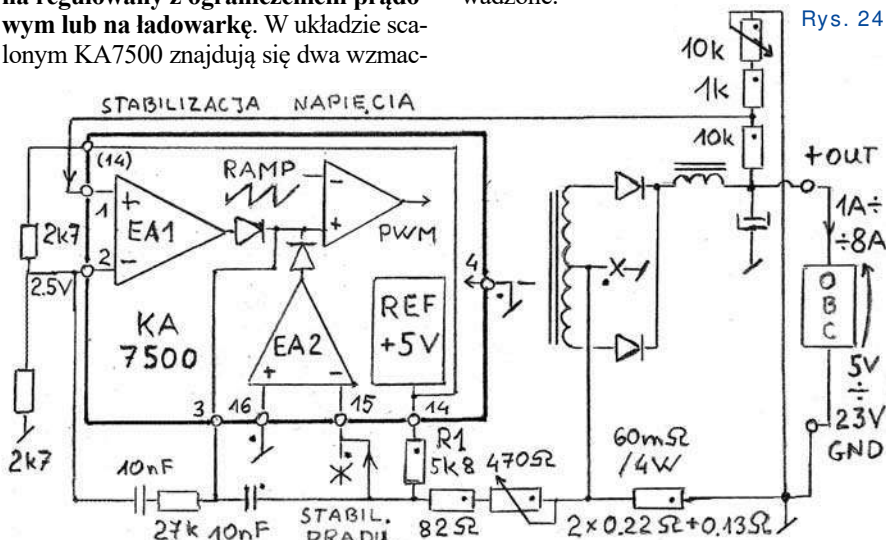
$135V / 0,82A \sim 160\Omega$. Policzmy jeszcze moc. Energia czerpana jest z głównego kondensatora tylko w fazie włączenia górnego klucza. Zatem należy przemnożyć 270V przez 0,82A i przez wypełnienie 12us/32us. To daje 83 waty. Równocześnie po stronie wtórnej mamy $16V \times 4,2A = 67W$. To by się zgadzało. Sprawność wychodzi ok. 80%, choć należy sobie zdawać sprawę, że błąd pomiaru może być tu duży. Przede wszystkim należałoby zmierzyć, a nie tylko odczytać wartość pojemności włączonej w szereg z uzwojeniem pierwotnym. Ta pojemność jest stosunkowo duża, więc błąd wnoszony do tak uproszczonych obliczeń jest niewielki. Na górnym przebiegu, a także na wielu innych oscylogramach prezentowanych w tym artykule można zaobserwować, że poziom zerowy, środkowy przebiegu w półmostku nie jest jednakowy w obu fazach kluczowania górnego i dolnego tranzystora. To także przede wszystkim efekt skończonej wartości pojemności tego kondensatora.

Przeróbka zasilacza PC z US TL494 na regulowany z ograniczeniem prądowym lub na ładowarkę. W układzie scalonym KA7500 znajdują się dwa wzmac-



Rys. 23

niacze operacyjne. W roli wzmacniacza błędu pracuje jeden, drugi w charakterze zabezpieczeń lub pozostaje niewykorzystany. W każdym przypadku aż się prosi, aby wykonać na nim ograniczenie lub stabilizację prądu. Po przejrzaniu karty katalogowej tego US cieszy informacja, że oba WO mogą pracować z napięciem wspólnym wejść nawet -0,3V poniżej dolnego zasilania. To w zupełności wystarczy, aby rezystor pomiarowy prądu wyrzucić poza pętlę napięciową. Można zastosować rezystancję nieco większą, a nie dodać się ona do impedancji wyjściowej zasilacza. Podobnie jak wcześniej (z zasilaczem na SG6105) przeróbkę należy podzielić na 3 etapy: dezaktywację zabezpieczeń, regulację napięcia i stabilizację/regulację prądu. Zaproponowane zmiany pokazano na rysunku 24, na którym naniesiono także istotne obwody wewnętrzne TL494. W części omawiającej działanie zasilacza z TL494 wyjaśniono, iż sygnały z obwodów zabezpieczeń, jakkolwiek wykonanych, trafiają do nóżki 4 i/lub 15/16 układu scalonego. N.4 należy zewrzeć z masą, a 15 i 16 to wejścia EA2, na którym wykonamy stabilizację prądu. Tymczasem n.16 należy też zewrzeć do masy, a n.15 odciąć, nie martwiąc się o to, co było do niej doprowadzone.



Rys. 24

Na rysunku 24 naniesiono też referencyjne napięcie $V_{REF}=5V$, gdyż służy ono jako odniesienie dla pętli napięciowej i obwodu stabilizacji prądu. Błędem byłoby powiedzenie „pętli prądowej”, gdyż pętla prądowa i obwód stabilizacji prądu to zupełnie co innego. Wejście odwracające EA1 spolaryzowane jest połową napięcia referencyjnego. Tak było w oryginale i tak może pozostać. W tym miejscu można by już regulować napięcie wyjściowe zasilacza, zastępując potencjometrem jeden z rezystorów. Można tak zrobić, jeśli potrzebny nam zakres regulacji byłby stosunkowo wąski. My jednak chcemy sprawdzić, jak szeroki jest możliwy zakres regulacji. Dwa rezystorki, kontrolujące napięcia $+12V$ i $+5V$, wylutowano i dołożono dzielnik z potencjometrem obejmującym tylko obwód $+12V$. Przy wartościach jak na rysunku 24 zasilacz regulował w zakresie od $5V$ do $22V$. Z przeliczenia wartości rezystancji dzielnika powinien regulować do $23V$. Jednak wcześniej stwierdzono że przy $22V$ współczynnik wypełnienia jest już bardzo bliski 100% . Układ nie protestował przy próbie ustawienia wyższego napięcia. Pracował stabilnie w pełnym zakresie bez żadnych dodatkowych zabiegów. Zakres regulacji od dołu ograniczony jest wartością rezystora włączonego w szereg z potencjometrem. Następnie sprawdzono, że układ pięknie reguluje w dół, pozostając stabilny. Jedynymi elementami kompensacji częstotliwościowej jest dwójnik RC między wyprowadzeniem 2 i 3 układu scalonego. Nie zmieniano tych wartości. Odłączenie potencjometru P1, co jest równoznaczne z jego bardzo dużą wartością, sprowadziło wartość U_{WY} do $2,5V$. I tak powinno być, gdyż wtedy U_{WY} porównywane jest wprost z połową napięcia U_{REF} . Gdyby zależało nam na uzyskaniu jeszcze niższych napięć, prawdopodobnie można by to osiągnąć, zmieniając dzielnik polaryzujący wejście odwracające wzmacniacza błęd.

Podczas eksperymentów należy cały czas kontrolować przebiegi w stopniu kluczowania. Najlepiej mieć podłączoną sondę oscyloskopu do węzła środkowego tranzystorów półmostka. Wszelkie niepokojące objawy widać tu w postaci szarpania przebiegu, zrywania impulsów i/lub zniekształcenia zboczy. W wykonanym modelu takich nie zaobserwowano. Jeszcze jedna uwaga do górnego zakresu regulacji: oczywiście, poza 100% , a praktycznie 95%

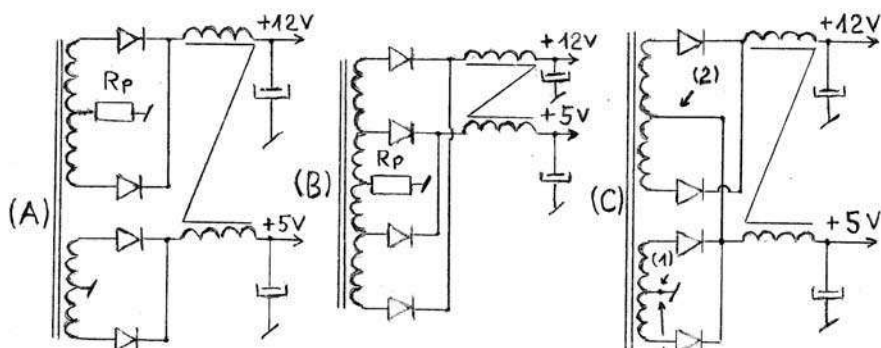
wartości przetransformowanego napięcia wejściowego nie wyjdziemy. Ograniczenie stanowi przekładnia transformatora. Tak jest w każdej przetwornicy przepustowej.

Podczas eksperymentów autor sprawdził pracę przy zaniżonym napięciu sieciowym. I tu porada praktyczna: warto zabezpieczyć gniazdko napięcia sieciowego dodatkowym niewielkim bezpiecznikiem. Ja mam tu dwa zabezpieczenia. Po pierwsze mały topikowy bezpiecznik, którego wartość zmieniam w zależności od mocy, z jaką eksperymentuję. Drugim pomocnym zabezpieczeniem są klasyczne żarówki $230VAC$. Mam kilka opravek połączonych równolegle i żarówki $150W$, $200W$ i $250W$. Warto je zamontować z przełącznikami dającymi możliwość wyboru jednej z tych żarówek lub wszystkich równolegle.

Taką modyfikację swojego warsztatu warto zrobić, gdyż często przy takich zabawach żarówki zaświecą i uchronią układ przez spalaniem! To dobre zabezpieczenie, gdyż zimna żarówka ma bardzo małą rezystancję i jedynie nieznacznie obniża U_{AC} . Tylko w jednym przypadku zabezpieczenie żarówkami nie bardzo zdaje egzamin: gdy zasilacz ma aktywny PFC. Wtedy zachodzi potrzeba ograniczenia zabezpieczenia do ww. bezpiecznika. U mnie dodatkowy przełącznik pozwala na zwarcie, zbycznikowanie ochronnych żarówek. Oprócz takich zabezpieczeń mam też prostą możliwość przełączenia $230VAC$ wprost z sieci, na wyjście z regulowanego autotransformatora i/lub trafa izolującego $230/230VAC$. Wracamy do naszego zasilacza. Pozostaje do wykonania regulacja prądu i nadal opis odwołuje się do rysunku 24.

Chcąc wykonać kontrolę prądu tak, aby nie zwiększać impedancji wyjściowej zasilacza, należy wykonać jeszcze jedną modyfikację. Należy odpiąć od masy centralne wyprowadzenie uzwojeń wtórnych transformatora. Czasem bywa z tym kłopot, ale w wielu konstrukcjach to zabieg bardzo prosty. Punkt środkowy wszystkich uzwojeń nie jest wyprowadzony od strony transformatora wlutowanego w płytkę PCB. Środkowe wyprowadzenia uzwojeń zebrane są z drugiej strony trafa i w postaci grubej skrętki wlutowane w płytkę. Wystarczy je wylutować lub po prostu odciąć. Przed dalszą robotą koniecznie trzeba sprawdzić, czy uzwojenia wtórne nie

mają już połączenia z masą. Teraz należy połączyć masę z odciętym punktem środkowym za pomocą niskoomowego rezystora. Ładnie się mieści obok trafa w przestrzeni, gdzie gruba skrętka była wlutowana w masę, mimo że musi to być rezystor kilkuwatowy. Autor połączył $2 \times 0,22\Omega$ i $0,13\Omega$, co daje wypadkową rezystancję 60 miliomów. Chcąc regulować prąd do np. $10A$, należałoby zastosować rezystancję jeszcze nieco mniejszą. Przeliczmy: $10A$ i $60m\Omega$ to moc aż $6W$! Spadek napięcia $10A \times 0,06\Omega = 0,6V$. To dużo! Choć w tym przypadku $0,06$ oma nie doda się do impedancji wyjściowej, a $0,6V$ odejmie się tylko od górnej granicy osiąganego zakresu regulacji napięcia. Tym sposobem w punkcie pomiarowym prądu będziemy mieli napięcie ujemne. Czym większy prąd, tym niższe, poniżej masy, będzie napięcie pomiarowe. To nic, że zejdzie ono do $-0,6V$. Nóżkę 16, wejście nieodwracające EA2 połączyliśmy z masą, a potencjał wejścia odwracającego może być niższy od potencjału masy tylko o wejściowe napięcie niezrównoważenia (pojedyncze miliowolty). Wejście odwracające EA2 należy wstępnie spolaryzować niewielkim potencjałem dodatnim. Realizują to rezystory $R1$ i $R2 - 5,8k\Omega$ i 82Ω plus potencjometr $P2$, w moim przypadku o wartości 470Ω . Te wartości dają wstępną polaryzację na poziomie $+0,07V$ do $+0,43V$. Dzielnik ten należy podpiąć do rezystora, w moim przypadku $60m\Omega$, od strony punktu środkowego transformatora. Przy zerowym prądzie potencjał wejścia odwracającego WO (EA2) będzie w zakresie regulacji potencjometrem od $0,07V$ do $0,4V$. Ale gdy prąd będzie rósł, spadek ujemnego napięcia na rezystorze pomiarowym doda się do tej dodatniej wartości. Napięcie na wejściu odwracającym WO będzie chciało zejść poniżej masy, ale pętla na to nie pozwoli. Natychmiast kontrolę nad obwodem regulacji przejmie EA2 odpowiedzialny za stabilizację prądu. Potencjał masy na wejściu „+” okaże się wyższy niż potencjał wejścia odwracającego. Wyjście EA2 pójdzie w górę i przejmie kontrolę nad modulatorem PWM. Węższe impulsy spowodują obniżenie U_{WY} . Kiedy drugi wzmacniacz błęd przejmie kontrolę nad pętlą, pierwszy stanie się nieaktywny i jego kompensacja nie będzie mieć znaczenia. Należy więc niezależnie skompensować EA2. Ja zapewne zrobiłem to nieop-



Rys. 25

tymalnie. Włączyłem pojemność 10nF między n.3 i n.15 – wyjście i wejście odwracające. Obwód pracuje stabilnie w całym zakresie i wykazuje prostokątną charakterystykę U-I, co dało pełną satysfakcję. Przy zastosowanych wartościach elementów prąd można było regulować w zakresie od 1A do 8A, co zgadza się z przeliczeniami.

Taka przeróbka jest i lepsza, i bardziej elegancka. Aby wyrzucić rezystor pomiarowy poza pętlę stabilizacji napięcia, należy koniecznie zwrócić uwagę na dwie kwestie. Dobór WO to jedna. To, że w zasilaczu znajdzie się niewykorzystany i odpowiedni WO, należy uznać za szczęśliwy zbieg okoliczności. Druga kwestia to masy. Trzeba na to zwrócić szczególną uwagę. Odpiąć od masy trzeba tylko punkt środkowy transformatora. Dzielnik rezystancyjny kontrolujący U_{WY} musi być podłączony względem

masy dotychczasowej. Wystarczy nie-uwaga polegająca na tym, że pozostałby on na ścieżce, gdzie wcześniej środkowe odczepy trafo łączyły się z masą, a cały zabieg byłby nieskuteczny. Układ nadal będzie regulował prąd i napięcie, ale impedancja wyjściowa zasilacza ucierpi, bo rezystor pomiarowy nie będzie wyrzucony poza pętlę. A można by tego nie zauważyć i przeoczyć. Obawy o pomyłkę raczej nie ma przy konstrukcji transformatora z oddzielnymi wyprowadzonym środkami uzwojeń, a po oględzinach autor stwierdził, że właśnie takich konstrukcji jest większość. Ale należy to koniecznie zmierzyć i na kwestię masy zwrócić uwagę.

Często konfiguracja uzwojeń wtórnych nie jest taka jak pokazuje rysunek 24. Spotykane są trzy rozwiązania, które pokazuje rysunek 25. Zakładamy że przerabiając zasilacz, chcemy korzystać z wyjścia 12-woltowego.

Rzadko dla 12V wykonane jest oddzielne uzwojenie. Zwykle uzwojenie 12-woltowe zawiera też 5-woltowe. Ale tu też są dwa warianty zwane

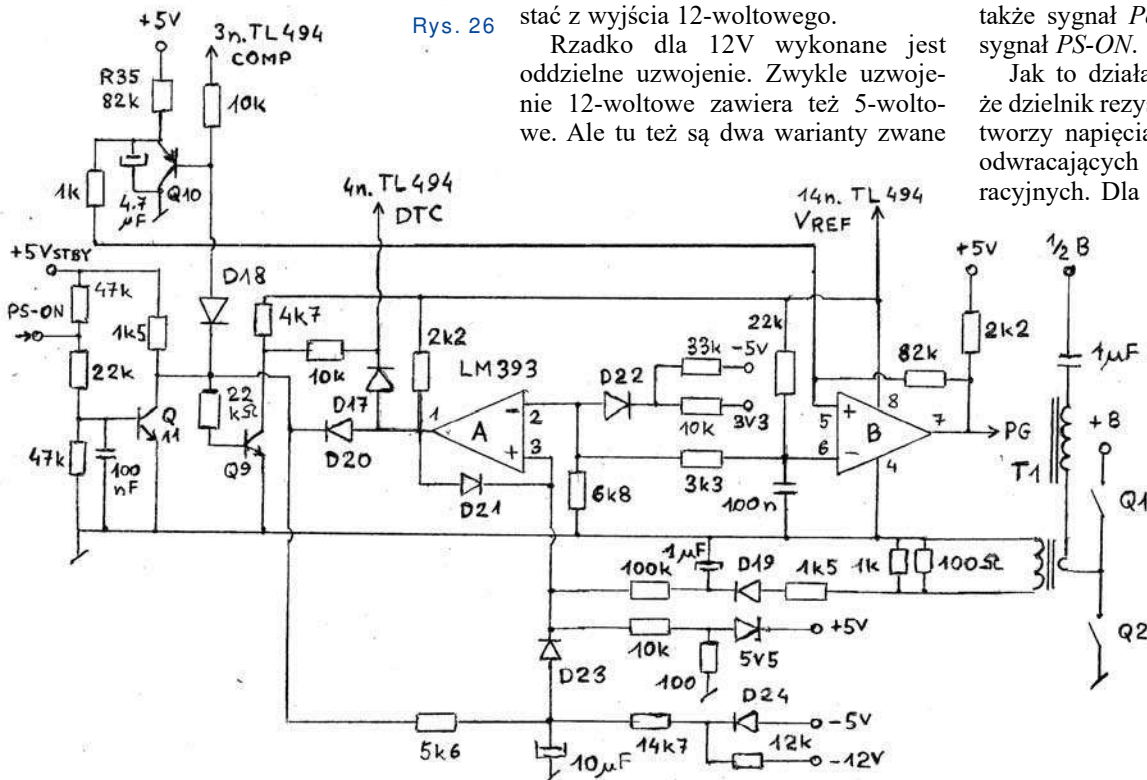
stacked winding on other winding lub *stacked winding on other output*. Jak w konfiguracji „C” wpiąć niskoomowy rezystor pomiarowy prądu, gdy ma być on wyrzucony poza pętlę stabilizacji napięcia? Robimy tak samo jak na rysunku 24. Odpinamy od masy tylko uzwojenie pięciowoltowe i tam wstawiamy rezystor pomiarowy. Jeśli transformator mechanicznie wykonany jest tak, że środki obu uzwojeń wyprowadzone są od góry trafo, nie jest trudno rozdzielić oba uzwojenia i przełączyć na konfigurację *stacked winding on winding*.

Inne schematy z układem scalonym TL494 (KA7500). W Elportalu zamieszczonych jest 15 schematów z tym najbardziej popularnym sterownikiem. Wszystkie są zbliżone, niemniej warto porównania. Zainteresowanym Czytelnikom pozostawiamy schematy do samodzielnej analizy. A tutaj omówimy tylko jeden fragment *schematu nr 5*. W bardzo sprytny sposób wykonano tu obwód zabezpieczeń, a zabezpieczenie OPP (*Over Power Protection*) wykorzystuje transformator prądowy. Ten fragment schematu odrysowano na rysunku 26.

Wykorzystano tu LM393 i trzy dyskretnie tranzystory. Oprócz OPP obwód kontroluje +3,3V na obecność, +5V na OVP oraz -12V/-5V na UVP. Generuje także sygnał *Power Good* i obsługuje sygnał *PS-ON*.

Jak to działa? Najpierw zauważmy, że dzielnik rezystancyjny R41-R43-R43 tworzy napięcia odniesienia dla wejść odwracających obu wzmacniaczy operacyjnych. Dla IC2A to 1V i 1,5V dla

IC2B. IC2A pracuje w torze zabezpieczeń, a IC2B – generowania *PG*. Oba WO (z wyjściami typu otwarty kolektor) pracują jako komparatory z histerzą. Zaczniemy analizę od stanu aktywnego linii *PS-ON*. Tylko wtedy zabezpieczenia mają sens. *PS-ON* ma aktywny stan niski i wtedy Q11 jest otwarty, a Q9 nasycony. Jeśli niski jest stan wyjścia IC2A, na 4 nóżkę '494 dociera stan niski przez R37



Rys. 26

i nie szkodzi, że jego wartość to aż 10kΩ. Niski stan wyprowadzenia DTC '494 to stan umożliwiający jego pracę w pełnym zakresie PWM.

Załóżmy, że rośnie obciążenie zasilacza. Transformator prądowy (*Current Transformer*) włączony jest w tor półmostka, w szereg z uzwojeniem pierwotnym głównego transformatora. Informacja o prądzie w tej krytycznej gałęzi uzyskiwana jest na C42, a jego duża pojemność zabezpiecza przed fałszywą reakcją zabezpieczenia. Stała czasowa C42, R32 równa 1,5ms, jest wystarczająca. Dla poprawnej pracy ważne jest też obciążenie transformatora prądowego. Jeśli napięcie na C42 przekroczy poziom 1V, potencjał wejścia nieodwracającego stanie się wyższy od REF na wejściu „minus” i R44 wymusi stan wysoki wyjścia WO (typu OC). Dalej pójdzie on w dwu kierunkach. Przez D21 na wejście nieodwracające tego samego WO, gdzie silne sprzężenie zwrotne tworzy z niego przerzutnik, który w tym stanie się zatrzaśnie. Poprzez diodę D17

stan wysoki dotrze też do n. 4 kontrolera. Tu ważny jest stosunek wartości rezystorów R44 i R37. Na DTC '494 powinien ustalić się potencjał na poziomie 3,5V, a to wystarczy do pełnego unieruchomienia sterownika. W tym stanie układ może pozostawać dowolnie długo. Wyzerowanie przerzutnika utworzonego z zapętlonego diodą WO jest możliwe od strony wyjścia, a to z uwagi na typ wyjścia – OC. To uczyni tranzystor Q11, jeśli stan nieaktywny, wysoki przyjmie linia PS-ON lub gdy wejście włącz/wyłącz pozostawimy w powietrzu. Linia blokująca pracę sterownika i jego wejście n.4 pozostanie na poziomie wysokim, gdyż wyłączy się Q9. I tak być powinno, bo nieaktywny PS-ON ma wyłączać zasilacz. Ponowne ściągnięcie tej linii do stanu niskiego uruchomi układ, gdyż przerzutnik z IC2A mamy już zresetowany. Ten sam proces może być wywołany innym sposobem, obwodami kontrolującymi napięcie przez transformator prądowy, czego sprawdzenie pozostawiamy Czytelnikowi. Bardzo sprytnie wyko-

nano też obwód tworzący sygnał *Power Good*. IC2B śledzi potencjał z emitera Q10. Aktywny PS-ON przeniesie się na bazę Q10, a R35-C40 to obwód czasowy wnoszący opóźnienie niemal pół sekundy. Dodatkowo sprzężenie zwrotne w obrębie IC2B ma zapewnić czystość sygnału PG.

Tak pomysłowych, choć prostych rozwiązań na schematach, które Czytelnik znajdzie w Elportalu, jest więcej. Warto je przeanalizować. Będąc uzbrojonym w taką wiedzę, nie ma się problemu z dezaktywacją zabezpieczeń wszystkich lub wybranych oraz z przesunięciem poziomów kontrolowanych napięć/mocy.

W następnej części weźmiemy na warsztat zasilacz PC z układem scalonym KA3511.



Karol Świerc
rtv@silnet.pl

Ciąg dalszy ze strony 41

7. Zasilamy urządzenie z zewnętrznego źródła zasilania. Autor zrealizował to za pomocą przejściówki, w której przecięto przejście między gniazdem USB a zasilaniem 5V. W to miejsce podłączono zasilanie 5V z zewnętrznego zasilacza, wykonanego na stabilizatorze 7805.
8. Równolegle do przycisku zmiany trybu pracy przylutowano przycisk monostabilny, zwierny, który zamocowano na płycie czołowej obudowy.
9. W przypadku analizatora NWT4000 warto dodać na wyjściu detektora kondensator o pojemności kilkudziesięciu nF i ustawić czas przerwy między kolejnymi próbkami (parametr *Wait us*) tak, by amplituda mierzonego sygnału była taka sama, jak dla najwolniejszego czasu skanowania. Rozwiązanie to zmniejsza wyraźnie poziom szumu na wyjściu detektora. Opcja ustawianie czasu przerwy między kolejnymi próbkami analizatora nie działa dla analizatora D6 i LTDZ.
10. Autor przylutował wyprowadzenia termopadów układów ADF4351 z masą układu, w posiadanym egzem-

plarzu były one nieprzylutowane. Poprawia to odprowadzenie ciepła z układów. ***Podczas pomiarów należy zachowywać dużą ostrożność i nie przekraczać dopuszczalnego poziomu sygnału wejściowego, gdyż grozi to uszkodzeniem mieszacza na wejściu analizatora (układ IAM81008).***

Opis innych modyfikacji analizatora D6 można znaleźć w internecie pod adresem <http://alloza.eu/david/WordPress3/?cat=91>. Alternatywną wersję oprogramowania procesora (firmware) dla analizatora można pobrać ze strony https://github.com/joseluu/D6_firmware/releases. Ta wersja firmware pracuje poprawnie tylko z programem SNASharp. Na tej stronie znajduje się również schemat analizatora, odbiega on jednak nieco od urządzeń dostępnych na rynku (np. w analizatorach dostępnych na portalach aukcyjnych detektor AD8307 jest wyłączalny, w nowszych wersjach zastosowano inną wersję układu CH340). Mimo niewielkich różnic, schemat ten jest bardzo pomocny przy wykonywaniu opisanych modyfikacji układu. Na zakończenie autor chciałby podziękować Tomkowi SQ5EBO

Wykaz elementów

Filtr dolnoprzepustowy:

C3.....	.33nF obudowa 0805
C1,C6.....	.15nF obudowa 0805
C2,C4,C5.....	100pF obudowa 0805
L1,L2.....	47μH

Wzmacniacz:

Rezystory SMD 0805	
R1.....	51Ω
R7.....	3,3kΩ
R8.....	6,8kΩ
R9.....	220Ω
R2.....	9,1kΩ
R3,R6.....	10kΩ
R4,R5.....	1kΩ
C5.....	220pF obudowa 0805
C7.....	100nF obudowa 0805
C1,C9.....	22μF tantalowy rozmiar A
C2,C3.....	220nF obudowa 0805
C6.....	1μF obudowa 0805
C4,C8.....	100pF obudowa 0805
IC1.....	AD8646 obudowa SOIC8

za wykonane zdjęcia i pomiary zmodyfikowanego analizatora oraz Waldkowi 3Z6AEF za cenne uwagi do tekstu.

Rafał Orodziński
sq4avs@gmail.com

Stały konkurs: Co to jest?

Zadanie CoTo2105

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.

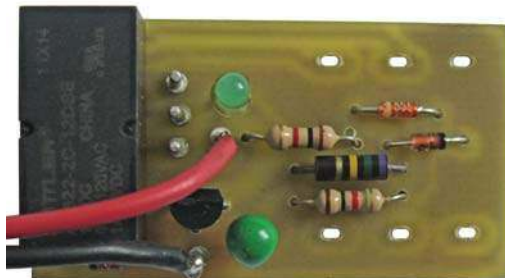
W tytule e-maila należy podać nazwę konkursu, numer zadania i własne nazwisko, np. **CoTo2105Kowalski.**

Wśród autorów prawidłowych odpowiedzi rozlosowane zostaną 3 kity AVT.



Rozwiązanie zadania CoTo2101

Fotografia pochodzi z artykułu „Eliminator trzasków do wzmacniacza słuchawkowego”, którego autorem jest Cyprian Kamil Kowalski. Artykuł ukazał się w EdW 5/2019 na stronie 60.



Za prawidłowe odpowiedzi upominki w postaci kitów AVT otrzymują:

Ryszard Magdycz – Wrocław,

Dariusz Mirosław – Puławy,

Sławomir Ostrowicz – Radomsko.

W najbliższych numerach EdW planujemy

EdW 6/2021

Ploter – robot artysta

Kolejny zaskakujący projekt, który udowadnia, że dziś praktycznie każdy hobbysta może zrealizować urządzenia, o których dawniej pomarzyć mogli tylko profesjonaliści. Połączenie współczesnych modułów elektronicznych z mechaniką zrealizowaną za pomocą drukarki 3D.



EdW 7/2021

CNC

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



EdW 8/2021

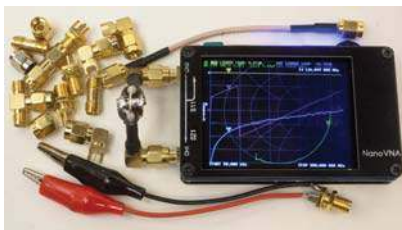
Moja własna karta audio USB

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



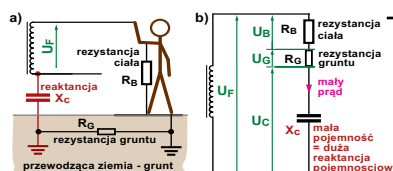
W kolejce na publikację czekają m.in.:

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



Karta wyjść cyfrowych audio

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



Sieci energetyczne dla elektroników

Tylko niedoświadczonym elektronikom domowa instalacja energetyczna wydaje się prosta,

a wręcz prymitywna w porównaniu z układami elektronicznymi.

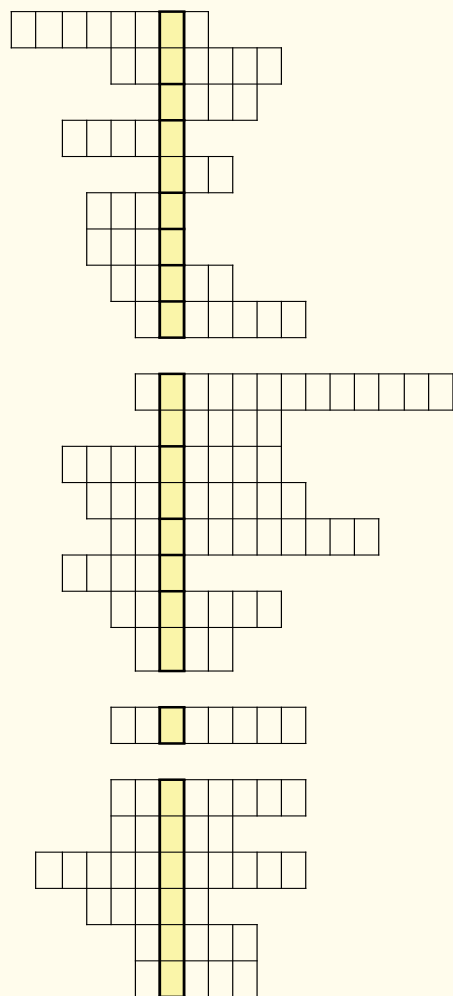
UWAGA! UWAGA!

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.



Wielkość opisująca pole magnetyczne
Jednostka przewodności elektrycznej
Jednostka pracy, energii oraz ciepła
Jednostka strumienia świetlnego
Od jego nazwiska – jednostka rezystancji
Jednostka natężenia oświetlenia
Jednostka napięcia elektrycznego
Przedrostek 0,000001
Tysiąc watów

Liczba pełnych cykli w jednostce czasu
Jednostka strumienia magnetycznego
Największe wychylenie z położenia równowagi
Element zamykający obwód elektryczny
Parametr charakteryzujący transformator
Jednostka indukcji magnetycznej
Jednostka światłości
Jednostka indukcyjności

Inaczej opornik

Różnica potencjałów
Jednostka pojemności elektrycznej
Służy do przełączania
Jedno z wyprowadzeń diody
Od jego nazwiska – jednostka częstotliwości
Jednostka natężenia prądu el.

Autorem krzyżówki jest Leszek Kołodziej z Cieszyńska.

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

Rozwiązanie krzyżówki z EdW 1/2021 to cyfry: **7, 8, 1, 5, 4.**

Upominki w postaci kitów AVT otrzymują:

Witosław Brudys – Orzesze,
Michał Świtalski – Nakło nad Notecią,
Paweł Rozwadowski – Brwinów.

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.

Krzyżówka2105Kowalski.

Listy powinny być opatrzone podobnym dopiskiem.

Uwaga! Przysyłając 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.

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.


Kupon
rabatowy
EdW
5/2021


Kupon
rabatowy
EdW
5/2021


Kupon
rabatowy
EdW
5/2021

Uwaga!

Zniżki dotyczą wyłącznie zamówień osób prywatnych.

EdW 5/2021 – lista osób nagrodzonych:

Witosław Brudys.....Orzesze
Circuit Chaos Warszawa
Łukasz Fortuna.....Wolowa
Wiesław Gronowski Częstochowa
Jerzy Józwiak Lublin
Leszek Kołodziej.....Cieszyn
Ryszard Magdycz.....Wrocław

Dariusz Mirosław Puławy
Dariusz Mróz.....Kanie
Sławomir Ostrowicz..... Radomsko
Jacek Rogalewicz
Paweł Rozwadowski.....Brwinów
Michał Sienkiewicz.....Warszawa
Michał Stach Kamionka Mała

Zbigniew Stanisławski
..... Marianka Rędzińska
Tomasz Sukiennik.....Kraków
Tadeusz Suszał.....Warszawa
Michał Świtalski Nakło nad Notecią
Ryszard Wiśniewski Adamowo

Uwaga! Jeśli do końca maja 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” 4–5/2021



Antek Reaktywacja

Zamieszczony opis dotyczy dwupasmowego transceivera SQ7JHM o mocy wyjściowej 20W powstałego na bazie części głównej TRX Antek wg. SP5AHT. Urządzenie pokrywa zakresy 80m i 40m i ma czułości odbiornika 1uV. Zamiast VFO został

wykorzystany moduł DDS, a sterowanie transceivera odbywa się modułem Arduino Nano z mikrokontrolerem Atmega 32.



Antena pętlowa na 20m

Opisana przez Rafała SP2RCH antena pętlowa na pasmo 20m (pracuje także na 30m i 17m) jest konstrukcją jednopętlową o średnicy równej 1m. Wykonana została z rury PEX PE-XB/AL/PE-RT 20mm, a pętla sprzęgająca o średnicy ok. 20cm z drutu miedzianego 2,5mm² w izolacji.



Stacja do pracy na QO-100

Praca przez satelitę może przynieść wiele satysfakcji, szczególnie jeśli stację zbudujemy samodzielnie i dzięki temu zdobędziemy jakąś wiedzę na temat bardzo wysokich częstotliwości.

W artykule Adam SQ1GPR opisuje swoją modyfikację stacji do pracy na QO-100 według F1ATB.



Montaż i testy ATU-100

Dostępna w Internecie w postaci kitu skrzynka antenowa ATU-100 wg N7DDC przeznaczona do pracy w paśmie 1,8–50MHz ma świetną relację ceny do możliwości. W zamieszczonym artykule Karol SP2RTA dzieli się swoimi doświadczeniami związanymi z montażem i pracą zmontowanego układu.

Errare Humanum Est

Uwagi dotyczące EdW 4/2021.

Strona 22, (Moduł precyzyjnego generatora TCXO), pierwsza kolumna, drugi akapit – jest: „w programie terminalu należy ustawić wymagany port COM z parametrami 921600 8N1”

Jednak prędkość 921600 bps jest nieco dziwna, a karta katalogowa modułu GY-GPS6MV2 podaje, że jego domyślna prędkość to 9600 bps. Tak więc zapewne wartość 921600 jest literówką, a powinna tu być liczba 9600.

Strona 48, (Rozwiązanie zadania głównego 296), pierwsza pozycja w tabeli z rysunku 1 zawiera wpis stwierdzający, jakoby przenikalność względna acetonu była wartością z przedziału 2.5–30.

Jednak przenikalność acetonu jest niewiele większa od 20 (https://www.naukowiec.org/tablice/chemia/wlasciwosci-niektorych-cieczy_374.html), tak więc zapewne zamiast „2.5–30” (rozrzuć o rząd wielkości) powinien znaleźć się tu przedział „25–30”.

Nadesłał **Marian Gabrowski** z Polkowic

ULUBIONYKIOSK.PL

Tu zawsze przejrzysz i kupisz aktualne oraz archiwalne numery „Elektroniki dla Wszystkich” zarówno w wersji papierowej, jak i elektronicznej.

PRZESYŁKA GRATIS!



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
2-3/2021

Miejsce na
**kupon
rabatowy**

EdW4/2021

Miejsce na
**kupon
rabatowy**

EdW 5/2021

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

ZAMÓWIENIE na artykuły z oferty AVT

Kity

Oznaczenia wersji kitów:

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

Numer kitu AVT	A	A+	B	C	UK

Inne artykuły z oferty AVT

Kod – Nazwa	Ilość

Nadawca:

imię i nazwisko

nr numer prenumeraty

Adres:

☐ wysyłka pobraniowa kurierem: 19zł



nr telefonu

e-mail

data

podpis

Nowoczesna automatyka przemysłowa

Profesjonalne informacje dla inżynierów i menadżerów



apa automatyka
podzespoły aplikacje

Miesięcznik poświęcony nowoczesnej produkcji, automatyce, technice napędowej, robotyce oraz oprogramowaniu przemysłowemu

PORTAL BRANŻOWY
AutomatykaB2B

Nowoczesny portal dla menadżerów i inżynierów automatyków oraz codzienny newsletter branżowy



Informator Rynkowy Automatyki®

Największa na rynku coroczna publikacja dotycząca polskiego rynku automatyki przemysłowej



Redakcja magazynu „Automatyka Podzespoły Aplikacje”, informatora IRA oraz portalu AutomatykaB2B.pl

www.automatykaB2B.pl/o-nas/pl/



Od ponad 15 lat łączymy dostawców automatyki z polskimi klientami

BRAKUJE CI ARCHIWALNEGO WYDANIA ELEKTRONIKA DLA WSZYSTKICH?

9/2020 WRZESIEŃ • CENA 13,90 zł (z VAT 23%)
Szkoła Konstruktorów – Układ elektroniczny do uświetnienia uroczystości
ELEKTRONIKA dla wszystkich
www.elportal.pl

10/2020 PAŹDZIERNIK • CENA 13,90 zł (z VAT 23%)
Szkoła Konstruktorów – Układ elektroniczny związany z koronawirusem
ELEKTRONIKA dla wszystkich
www.elportal.pl

11/2020 LISTOPAD • CENA 13,90 zł (z VAT 23%)
Szkoła Konstruktorów – Układ elektroniczny pomocny w przypadku braku napięcia
ELEKTRONIKA dla wszystkich
www.elportal.pl

12/2020 GRUDZIEŃ • CENA 13,90 zł (z VAT 23%)
Szkoła Konstruktorów – Racjonalizacja zużycia wody
ELEKTRONIKA dla wszystkich
www.elportal.pl

1/2021 STYCZEŃ • CENA 13,90 zł (z VAT 23%)
Szkoła Konstruktorów – Elektroniczny sposób sygnalizacji otwarcia furtki
ELEKTRONIKA dla wszystkich
www.elportal.pl

F-met
– Modułowy licznik
Czym się różni wróblek
czyli o niedoskonałości

Miernik
Droga do RRIQ,
czyli wzmacniacze
(nie tylko) dla początkujących

Akwarium z baterią
Nie ma wyjścia

Prosta izolacja do oscylacji
25 lat! – strona 1

Nieco ekstremalny słuchawkowy wzmacniacz lampowy OTL
Generator kalibracyjny dla każdego

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

Portale branżowe
AutomatykaB2B.pl
ElektronikaB2B.pl
Miejsca dla specjalistów

Firma Piekarski
części elektroniczne
przetworniki
stacje
przekładniki
radiatory
obudowy
i wiele więcej...
www.piekarski.pl

UZUPEŁNIJ KOLEKCJĘ NA WWW.ULUBIONYKIOSK.PL