

ELEKTRONIKA

dla wszystkich

4/2020 KWIECIEŃ • CENA 13,90 zł (w tym 8% VAT)

www.elportal.pl

Aerduino – lewitacja aerodynamiczna z Arduino

Pojemnościowy, mówiący czujnik wilgotności

- ▶ Softstart z wyłącznikiem
- ▶ Infinity
 - System automatyki domowej
- ▶ Z potrzeby chwili... Zamiast baterii
- ▶ Porównanie zasilaczy forward i flyback
- ▶ (Nie)szkodliwość fal radiowych?
- ▶ Taki zwyczajny zasilacz...
 - Parametry dynamiczne
- ▶ Wokół Arduino
 - Wyświetlacze graficzne
- ▶ Tranzystory
 - Sterowanie MOSFET-ami
- ▶ Odbiornik Saba Freudenstadt



Portale branżowe
AutomatykaB2B.pl
ElektronikaB2B.pl

Miejsca dla
specjalistów

Drukarki 3D
filamenty, części zapasowe



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

FIRMA PIEKARZ
CZĘŚCI ELEKTRONICZNE

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

www.piekarz.pl

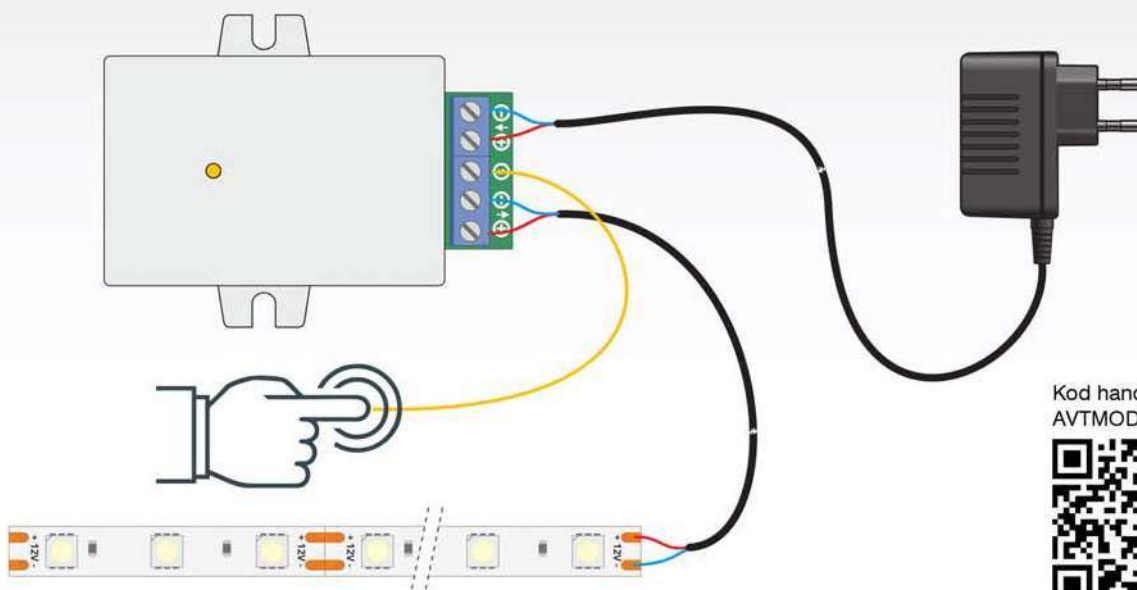


AVT MOD17 Dotykowy sterownik taśm LED

Sterownik polecany jest do taśm LED oraz niektórych żarówek LED zasilanych napięciem 12 VDC nieposiadających żadnego obwodu stabilizacji prądu i napięcia, tradycyjnych żarówek lub żarówek halogenowych 12 VDC.

Zbliżenie dłoni do sensora uruchamia układ płynnie zaświecając dołączone do wyjścia układu źródło światła. Po ponownym zbliżeniu dłoni nastąpi jego płynne, powolne wygaszenie.

- sterowanie dotykowe
- czas rozjaśnienia i wygaszenia: 4 sek.
- sygnalizacja pracy: dioda LED
- zasilanie: 12 VDC
- obciążenie wyjścia max. 5 A (ok. 60 W)
- wymiary: 65×50×18 mm
- łatwy w montażu i eksploatacji



Kod handlowy:
AVTMOD17



sklep.avt.pl

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



OBSŁUGA KART SIM

215 zł

OR-AB-MH-3005

SYSTEM ALARMOWY BEZPRZEWODOWY Z MODUŁEM GSM

- ⇒ wbudowany moduł GSM
- ⇒ duża odporność na zakłócenia i mały stopień błędnych alarmów
- ⇒ powiadomienia SMS lub wiadomością głosową
- ⇒ learning system (automatyczna konfiguracja dodatkowych bezprzewodowych akcesoriów)
- ⇒ możliwość zaprogramowania 3 numerów telefonicznych
- ⇒ zasilanie bateryjne
- ⇒ częstotliwość: 868 MHz
- ⇒ zasięg w terenie otwartym: 80 m



PANEL SOLARNY

OR-AB-MH-3005SZ

Syrena zewnętrzna bezprzewodowa do alarmów MH

- ⇒ zasilanie baterią litową
- ⇒ zabezpieczenie przed otwarciem i oderwaniem (antysabotaż)
- ⇒ głośność: 130 dB
- ⇒ stopień ochrony: IP65

179 zł



OR-AB-MH-3005CR

Czujnik ruchu bezprzewodowy MH

- ⇒ learning system (automatyczna konfiguracja)
- ⇒ możliwość rozbudowy do 6 czujników ruchu
- ⇒ zasięg detekcji ruchu: 10m

90 zł



OR-AB-MH-3005CM

Czujnik magnetyczny bezprzewodowy MH

- ⇒ learning system (automatyczna konfiguracja)
- ⇒ do zastosowania na oknach lub drzwiach

39 zł



OR-AB-MH-3005PB

Pilot zdalnego sterowania MH

- ⇒ learning system (automatyczna konfiguracja)
- ⇒ możliwość rozbudowy do 5 pilotów

39 zł

OR-PRE-409

ELEKTRONICZNY PROGRAMATOR CZASOWY

- ⇒ zasilanie: ~230V, 50/60 Hz
- ⇒ maksymalne obciążenie: 3680W/16A
- ⇒ 16 programów czasowych
- ⇒ funkcja czasu letniego i zimowego
- ⇒ niewielkie wymiary

DUŻY WYŚWIETLACZ LCD

35 zł



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



ARTRONIC 1



ELMAX 70



EX-OR 70



FERYSTER 53



GTB-SOLARIS 70



PIEKARZ 1, 41



PRODUCENT AUTOMATYKI GRZEWczej

PW KEY 70



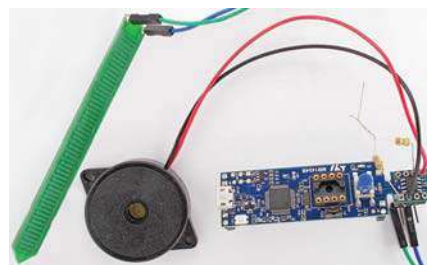
SEMICON 49



str. 15

Aerodino – lewitacja aerodynamiczna z Arduino

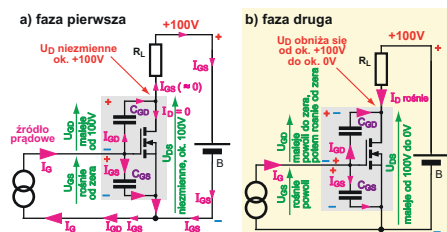
Nie! To nie jest żart primaaprilisowy! Lewitujący obiekt utrzymuje się w strumieniu powietrza i z niego nie ucieka! Zjawisko to, mimo prostoty zawsze robi duże wrażenie oraz efektownie ilustruje prawa fizyki.



str. 24

Eksperymentalny, pojemnościowy, mówiący czujnik wilgotności gleby

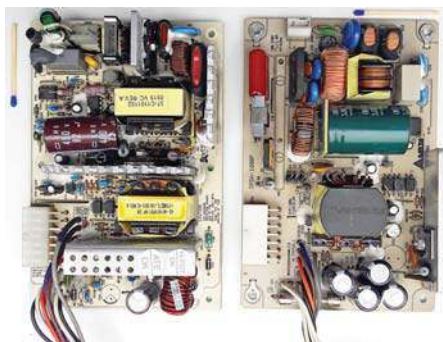
Najbardziej interesujące są dwa aspekty: możliwość pojemnościowego pomiaru wilgotności gleby oraz zupełnie nietypowa prezentacja wyników tego pomiaru.



str. 55

Softstart z wyłącznikiem

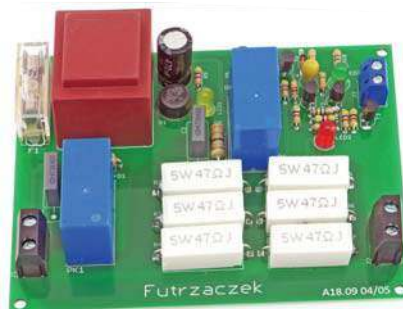
Nieskomplikowany, a wielce przydatny układ, który umożliwia wygodne włączanie i wyłączanie obciążenia. Ograniczenie prądu rozruchowego niektórych urządzeń, jak duże transformatory i silniki, redukuje ryzyko i skutki zadziałania (wybicia) bezpieczników.



str. 39

Tranzystory – Sterowanie MOSFET-ami

Omawiamy dogłębnie najważniejsze zjawiska, utrudniające szybkie przełączanie MOSFET-ów, związane z występowaniem pasożytniczych pojemności wewnętrznych.



str. 59

Forward kontra flyback

Wnikliwe porównanie szczegółów rozwiązań układowych dotyczących realizacji obwodów PFC, pętli sprzężenia zwrotnego oraz obwodów mocy.

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

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

Miesięcznik



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. Leszczyńska 11
03-197 Warszawa
tel.: (22) 257 84 99
fax: (22) 257 84 00

Redaktor Naczelny:

Piotr Górecki, pg@elportal.pl

Redaktorzy Działów:

Andrzej Janeczek
sp5aht@swiatradio.com.pl

Opracowanie graficzne, skład:

Ewa Górecka-Dudzik

Okladka, zdjęcia, skanowanie:

Piotr Górecki jr

Sekretarz Redakcji

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

Dział Reklamy:

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

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

AVT – EdW
ul. Leszczyńska 11
03-197 Warszawa

(+dopisek określający zawartość)

Korespondencja elektroniczna:

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

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

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

uwagi do rubryki Errare:
errare@elportal.pl

Prenumerata:

W Wydawnictwie AVT

tel: (22) 257 84 22
e-mail: prenumerata@avt.pl

W RUCH S.A.

tel: 801 800 803, (22) 717 59 59
e-mail: prenumerata@ruch.com.pl
www.prenumerata.ruch.com.pl

Stali współpracownicy:

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

Projekty

Projekty AVT

Aeroduino – lewitacja aerodynamiczna z Arduino	15
Eksperymentalny, pojemnościowy, mówiący czujnik wilgotności gleby	19
Infinity – system automatyki domowej. Montaż i instalacja	24

Elektronika 2000

Softstart z wyłącznikiem	55
--------------------------------	----

Forum Czytelników

Porównanie zasilaczy forward i flyback, część 2	58
Z potrzeby chwili... Zamiast baterii	62

Szkoła Konstruktorów

Zadanie główne 290

Zaproponuj układ elektroniczny do uświetnienia uroczystości rodzinnych oraz świąt	43
--	----

Rozwiązanie zadania głównego 285

Zaproponuj sposób zasilania lub układ zasilany z pojedynczego akumulatora 1,2V	44
---	----

Druga klasa Szkoły Konstruktorów Co tu nie gra? 290, 285	48
---	----

Trzecia klasa Szkoły Konstruktorów Policz 290, 285	50
---	----

Artykuły różne

Felieton: (Nie)szkodliwość fal radiowych?	14
Taki zwyczajny zasilacz... Część 6 – Parametry dynamiczne	28
Kurs Arduino, odcinek 23	33
Wokół Arduino. Wyświetlacze graficzne, część 6	36
Tranzystory. Sterowanie MOSFET-ami, część 4	39
Ratowanie starych odbiorników lampowych. Odbiornik Saba Freudenstadt 8	63

Rubryki stałe

Nowości, ciekawostki	6
Prenumerata	8
Poczta	10
Skrzynka porad	12
Księgarnia AVT	72
Reklamy	70
Oferta handlowa AVT	74

Konkursy

Jak to działa?	65
Co to jest?	67
Krzyżówka	68

Kwiecień i oczywiście koronawirus



Cieszę się, że mogę oddać także i w Twoje ręce kolejny numer EdW. Bardzo interesujący okładkowy, dotyczący lewitacji, projekt Aeroduino niewątpliwie zasługuje na miano rozrywkowego. Także i w tym numerze znajdziesz szereg interesujących projektów i artykułów, w tym odcinków cykli. Wszystko jest prawie normalne, ale jak wiadomo, *prawie* robi dużą różnicę. Koronawirus sparaliżował gospodarkę światową. Zatrzymała się produkcja i sprzedaż. Zamknięto punkty sprzedaży prasy. „Elektronika dla Wszystkich” jest czasopismem specyficznym, z wielką liczbą wiernych Czytelników, niemniej jej los zależy też od wszystkich innych pism wydawanych przez AVT. Wspólnie walczymy o przetrwanie. Musieliśmy dokonać pewnych poważnych ograniczeń. Jestem przekonany, że także z Twoją pomocą przetrwamy ten trudny okres! A teraz moja propozycja – prośba: zapewne i Ty spędzasz teraz wiele czasu w domu. Wykorzystaj to i część tego czasu poświęć elektronice! **Zamiast się nudzić, denerwować, martwić, zbuduj jakiś układ elektroniczny i ciesz się nim! Zrealizuj wcześniejsze plany, na które dotąd nie starczało Ci czasu!**

A jeżeli masz rodzeństwo, dzieci albo wnuki – zainteresuj je elektroniką – nie tak dawno publikowaliśmy *Praktyczny Kurs Elektroniki*. Jest też znakomita okazja, żeby przedstawić swój projekt na łamach EdW. Może właśnie teraz zrealizujesz jakiś układ *Z potrzeby chwili...* i przedstawisz go w naszym piśmie? Jak zawsze, a może nawet bardziej niż zwykle, zachęcam do udziału w *Szkole Konstruktorów* i w innych konkursach. Pisz (edw@elportal.pl) we wszystkich sprawach. Nie dajmy się wirusowi!

Serdecznie pozdrawiam

Piotr Górecki



**Prenumerata
– naprawdę warto!**

NOWY IPAD PRO

Przemiana iPada Pro w klasycznego laptopa została niemal zakończona. Każda kolejna generacja robiła dalsze kroki do tego celu, a rok 2020 zapisze się jako ten, w którym iPad stał się komputerem.

Sercem nowych iPadów Pro jest procesor Apple A12Z Bionic, który według zapewnien firm z Cupertino ma zapewnić lepszą wydajność niż większość laptopów z Windowsiem. Za przetwarzanie obrazu odpowiada 8-rdzeniowy układ graficzny. Z kolei operacje związane ze sztuczną inteligencją wspomagane są przez chip Neural Engine.

Najważniejsze okazały się jednak akcesoria. Firma Tim Cooka przygotowała nową klawiaturę Magic Keyboard z podświetlanymi klawiszami. Pozwala ona wygodnie ustawić iPada Pro na biurku lub innej twardej powierzchni. Co ciekawe, została wyposażona w gładzik. Po raz pierwszy nie musimy więc sięgać do wyświetlacza aby poruszać się po interfejsie – wsparcie dla kursora i „myszki” było czymś nie do pomyślenia za czasów Steve’a Jobsa.

Apple dodaje, że w celu zapewnienia większego komfortu podczas korzystania z gładzika, w iPadOS 13.4 pojawiły się odpowiednie zmiany. Kursor dostosowuje się do elementów wyświetlanych na ekranie – np. przycisków lub tekstu. Obsługa gładzika została specjalnie zaprojektowana dla iPada. Nie działa więc identycznie jak na macOS. Nic nie stoi na przeszkodzie aby do tabletu podłączyć zewnętrzną myszkę, a nowe iPady Pro można już zamówić na oficjalnej stronie Apple.



FUJIFILM X-T4

Do tej pory żadnej z firm tworzących aparaty cyfrowe nie udało się zaprezentować urządzenia idealnego zarówno dla fanów fotografii jak i wideo. Zawsze czegoś brakowało – rozdzielczości 4K, kodowania 12 bit czy stabilizacji obrazu w matrycy. Czy zmieni się to za sprawą nowego aparatu Fujifilm X-T4, który jest następcą zarówno X-T3 jak i X-H1?

X-T4 łączy to, co najlepsze z poprzedników (stabilizacja obrazu, wideo 4K@60p) i dodaje do tego obracany tylny ekran, który na pewno ucieszy vlogerów.

Aparat zapewnia pięcioosiową stabilizację obrazu o skuteczności 6,5 EV podczas pracy z obiektywem XF/XC (IBIS współpracuje z 18 spośród 29 obiektywów tej serii). Nowy akumulator NP-W235 cechuje duża pojemność, około półtora raza większa niż w akumulatorze NP-W126S poprzedniej generacji. X-T4 wykorzystuje podświetlaną od tyłu matrycę APS-C o rozdzielczości 26,1 miliona punktów X-Trans CMOS i szybki procesor przetwarzania obrazu X-Processor 4.

W cenie niecałych 8 tys. złotych otrzymujemy bardzo dobry sensor, wydajność na poziomie aparatu reporterskiego i tryb wideo, który obecnie jest jednym z najlepszych na rynku. Do tego użytkownicy wreszcie mogą cieszyć się pojemną baterią i stabilizacją matrycy, o którą zabiegano od dawna. Fujifilm od kilku lat stawia kolejne kroki w kierunku powiększania swojego udziału w rynku aparatów cyfrowych. Robi to mądrze nie konkurując z Sony, Canonem i Nikonem na rynku aparatów pełnoklatkowych, stawiając za to na segment matryc APS-C i matryc średnioformatowych.



XBOX SERIES X I PLAY STATION 5

Sony wreszcie zaprezentowało specyfikację PlayStation 5 i okazało się, że istnieją zaskakująco duże różnice między PS5 a Xbox Series X Microsoftu. Obie konsole pojawiają się na rynku jednak dopiero pod koniec roku.

Sony wybrało nieco inne CPU, GPU, a nawet szybkość SSD, co może wpłynąć na sposób tworzenia gier, zarówno na PS5 jak i Xboxa. Konsola PS5 ma osiem rdzeni AMD Zen 2 taktowanych zegarem 3,5GHz każdy, podczas gdy Microsoft stawia na nieco wyżej taktowane osiem rdzeni tego samego typu (3,8GHz każdy). Jednakże z wielowątkowością (SMT) włączoną w Xbox Series X, rdzenie procesorów Microsoftu zwalniają do 3,6GHz.



Wydajność GPU to około 10 TFLOPs dla PS5 i 12 TFLOPs Xboxa. Na pierwszy rzut Xbox Series X jest zauważalnie wydajniejszy niż PlayStation 5 i biorąc pod uwagę specyfikację tak jest w istocie. Szczegóły dotyczące architektury i optymalizacji jeszcze jednak nie są znane w całości, dlatego niewykluczone, że pod pewnymi względami przodować będzie produkt Sony. Jeśli jednak chodzi o surową moc obliczeniową, to nowa konsola Microsoftu jeszcze przez dłuższy czas nie będzie miała na rynku konkurencji.

Ceny? W dniu premiery Xbox Series X i PS5 nie powinny się znacząco różnić cenami.

Obie konsole mają kosztować w granicach 399–499 dolarów. Na podstawie nieoficjalnych doniesień można przepuszczać, że nieco mniej zapłacimy za Xbox Series X.

CORAZ MNIEJ PRZYCISKÓW

Według niektórych są rzeczy, których nie powinno się zastępować cyfrowymi odpowiednikami. Jedne z nich to klawisze do włączania i wyłączania oraz do regulacji głośności – fizyczne są po prostu wygodniejsze i niezawodne w przypadku zawieszenia się urządzenia. Wielu kierowców nowych samochodów narzeka też na brak fizycznych pokręteł do sterowania choćby wentylacją czy światłami. Firma Sentons jest jednak innego zdania i przy współpracy z Foxconnem może jej się udać rozpropagować rozwiązania „bezprzyciskowe”.

Producenci coraz bardziej stawiają na obsługę za pomocą dotyku, ale HTC zostało za to mocno skrytykowane w przypadku HTC U12+, podobnie jak Huawei za pozbycie się przycisków w Mate 30 Pro. Sentons jednak opracował i przygotował odpowiednie rozwiązanie w postaci paska o długości około 5cm, który jest naszpikowany sensorami, odpowiedzialnymi za rozpoznawanie komend wydawanych przez palec użytkownika. Producent chwali się, że można go umieścić właściwie w każdym miejscu, co pozwala zastosować w smartfonach różnego rodzaju wyświetlacze, także składane i zaokrąglone.

Sentons za zaletę uważa również fakt, że można je dowolnie zaprogramować i tym samym dać użytkownikowi do dyspozycji nawet bardziej rozbudowaną funkcjonalność. Jednocześnie firma zapewnia, że SDS ButtonBar nie będzie reagować na fałszywe dotknięcia, które są plagą konkurencyjnych rozwiązań tego typu. Producentów elektroniki ma dodatkowo przekonać fakt, że produkt ten jest zgodny z normą szczelności IP68. Wydaje się, że koncerny elektroniczne będą usuwać coraz więcej fizycznych portów i przycisków ze swoich urządzeń – łącznie ze złączem USB-C – a wszystko za sprawą bezprzewodowego ładowania i coraz bardziej niezawodnych rozwiązań dotykowych.



TESLA OSIĄGA KOLEJNY SUKCES

Jeszcze kilka lat temu wielu analityków twierdziło, że Tesla nie przetrwa na trudnym i wymagającym rynku motoryzacyjnym. Firma miałaby nie poradzić sobie z takimi gigantami jak Volkswagen, Toyota czy Fiat, które mają dużo większe doświadczenie w produkcji aut na dużą skalę. Niektórzy wskazywali nawet, że zespół Elona Muska zostanie w końcu wykupiony przez Forda.

Ostatni kwartał 2019 roku okazał się jednak rekordowy – udało się dostarczyć 112 tys. elektryków na całym świecie. Producent spełnił również roczny cel – rezultat na poziomie 367,5 tys. aut stanowi zauważalny, 50-procentowy wzrost względem 2018 roku. Rok 2020 to z kolei sukces symboliczny. Elon Musk za pośrednictwem Twittera ogłosił, że firma właśnie wyprodukowała swój milionowy pojazd. Tesla stała się więc pierwszym producentem, który dostarczył na rynek milion samochodów elektrycznych.

Tesla jest obecnie największym producentem samochodów elektrycznych na świecie i nic nie zapowiada, aby gwałtownie miało się to zmienić. W wybranych okresach została wyprzedzona przez chińską firmę BYD, ale firma ta ma w ofercie również hybrydy plug-in (PHEV), które zaliczane są do łącznej liczby wyprodukowanych samochodów. A już teraz Musk zapowiada, że tylko nowa fabryka w Niemczech ma wypuszczać na rynek ponad pół miliona aut rocznie.



EKRAN W... GŁADZIKU?

Czy drugi ekran w laptopie ma sens? Asus już od jakiegoś czasu eksperymentuje z dodatkowymi wyświetlaczami w swoich notebookach, a efektem tego są między innymi urządzenia Asus VivoBook, po raz pierwszy także wyposażone w ScreenPad 2.0, który do niedawna był zarezerwowany wyłącznie dla drogich ZenBooków.

VivoBook S14 ze ScreenPadem to jeden z prostszych modeli z serii S432FA. Wyposażony jest w procesor i5-8265U, taktowany zegarem bazowym 1,6GHz i do 3,9GHz w trybie Turbo Boost. Do tego 8GB niskonapięciowej pamięci operacyjnej LPDDR3 oraz dysk SSD firmy Intel o pojemności 512GB. Ekran IPS ma przekątną 14 cali i rozdzielczość FHD.

Klasyczna płytka została zastąpiona dotykowym, pojemnościowym ekranem wykonanym w technologii IPS, o roz-

dzielczości większej niż ekran główny. Gładzik ma kilka trybów, przełączanych za pomocą klawisza funkcyjnego: w pierwszym jest całkowicie wyłączony, a rolę urządzenia wskazującego przejmie mysz. W drugim działa tradycyjnie, wyłączanie jako urządzenie wskazujące – z wyłączonym ekranem. W trzecim działa przede wszystkim jako dodatkowy ekran (na którym wyświetlane mogą być dowolne treści), a rolę gładzika przyjmuje po naciśnięciu przycisku ekranowego.

Urządzenia z kilkoma ekranami lub ekranami składanymi pojawiają się w tym roku w wielu formach i wydaje się, że nie jest to tylko przejściowa moda. Szczególnie w przypadku modeli takich jak Surface Duo i Neo czy składanych smartfonów Huawei Mate Xs.



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.

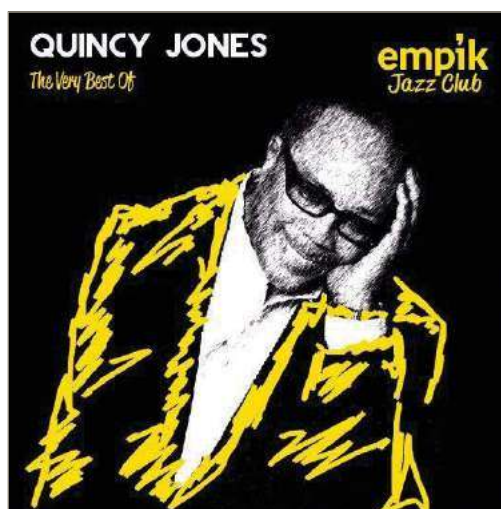
Twoje dane osobowe przekazujemy Poczcie Polskiej, która
dostarcza do Ciebie przesyłki. Bez Twojej zgody nie prześlemy
i nie będziemy dokonywać obrotu (nie użyczymy, nie sprzedamy)
Twoich danych osobowych innym osobom lub instytucjom.
Twoje dane osobowe możemy przekazać jedynie podmiotom

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 to (do wyboru):

- koszulka z logo EdW (rozmiar XL)
- płyta „The Very Best of Quincy Jones”

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
- bezpłatne czasopisma dla prenumerujących minimum dwa tytuły Wydawnictwa AVT (szczegóły na avt.pl/klub)

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

po przeczytaniu artykułu „Porównanie zasilaczy forward i flyback” w ostatnim numerze EdW (3/2020) jestem bardzo zainteresowany rozwojem tego artykułu. Bardzo kibicuję panu Karolowi Świercowi w dalszych pracach nad tym artykułem!

W artykule tym został poruszony temat zagadnień matematycznych związanych z układami przetwornic. Ja również jestem za wprowadzeniem cyklu opisującego te zagadnienia bliżej i również oddaję tutaj głos w stronę naszego szanownego redaktora P. Piotra Góreckiego, który już wielokrotnie pokazał, że w kwestii przekazywania wiedzy ma niewielu równych sobie. Być może uda się tę wiedzę przekazywać w cyklu Policz?

Odniosę się jeszcze do listu P. Andrzeja Adamczyka z tego samego numeru EdW. Poruszył on w nim temat cyklu o przetwornicach indukcyjnych. Pamiętam jeszcze dawny cykl Listy od Piotra (A w nim „potworki i straszdyła” :). Nie wiem, czy można gdzieś znaleźć wszystkie te materiały do pobrania (archiwalne i cykl obecny), ale również uważam, że książka, w której zawarte będą wszystkie te informacje, byłaby obowiązkową pozycją przy rozpoczynaniu przygód z przetwornicami.

*Pozdrawiam
Dariusz Zawada*

W EdW 3/2020 na str. 41 przedstawiona była propozycja zadania głównego 289, dotycząca inteligentnego domu. Oto komentarz i rady osoby doświadczonej:

Do Czytelnika: Michał Zawadzki z Poznania

Proszę przekazać Autorowi, a może warto też opublikować to w rubryce Poczta dla dobra wszystkich?

MZ>> (...) interesuje mnie wszystko, co związane jest z instalacjami inteligentnego domu i inteligentnego budynku. (...) nie stać mnie na kupno gotowego (...) też chciałbym zrobić samodzielnie,

Zbudowany własnoręcznie może kosztować więcej, nawet dużo więcej. Tyle, że koszty będą rozłożone w czasie. Przekonałem się o tym nie raz, a kilka(set) projektów wykonałem.

MZ>> żeby się pochwalić przed rodziną (...)

Trochę na to mogą poczekać. W EdW jest cykl „Infinity – system automatyki domowej”. Widać, że Autor budował go kilkanaście lat! Zaczął na AVR, skończył na ARM.

Ja miałem projekt, który rozpocząłem jakieś 20 lat temu, na 8051. Okazało się, że nie do końca jest OK. Po pewnym czasie zrealizowałem go w dwóch wersjach: na AVR, następnie AVR+CPLD. Też do końca nie było OK. Niedawno go prawie skończyłem na ARM. Koszty całkowite to kilkanaście tysięcy złotych, a będą się zwiększać, gotowe takie urządzenie kosztuje ok. 2000zł.

MZ>> na razie zbieram materiały, to znaczy części i na materiały, bo niektóre trzeba kupić nowe.

A sprzęt? Oscyloskop i analizator logiczny to podstawa. Do tego literatura. Bez książek ani rusz.

MZ>> Teraz w Internecie jest dużo informacji i przykładów, W dużej mierze złych! Bardzo często są wypisywane po prostu głupoty, rzeczy nierealne.

Do tego, co czyta się w Internecie, trzeba podchodzić z rezerwą taką, jak do horoskopu czy porad Wróżbity Macieja. Książki, książki, książki. Wydałem na nie kilka tysięcy złotych i cały czas dokupuję kolejne!

MZ>> uważam, że w Szkole Konstruktorów EdW można postawić zadanie, żeby czytelnicy opisali swoje systemy inteligentnego domu

W mojej ocenie, to kolega chce, aby inni rozwiązyali problem, który kolega ma. Niestety, przykład „Infinity” pokazuje, że temat jest bardzo obszerny i na realizację zadania nie wystarczy miesiąc czy dwa.

MZ>> (...) jak i na czym to zrobili (Arduino, Malinka, czy coś innego?) (...) żeby też opisali dobre

Arduino to ślepa uliczka. RPi zawodne. Może być jakimś interfejsem pomiędzy elementami wykonawczymi a użytkownikiem, np. serwerem WWW, ale nie powinno grać roli sterownika.

Gdybym ja budował taki system, musiałby on być rozproszony, w żadnym wypadku scentralizowany, gdzie gdy pada sterownik, to wszystko stoi i nawet światła w WC nie włączę.

Elementy systemu muszą być samodzielne, np. naciskam włącznik światła, on wysyła informację broadcastowo albo do wszystkich, albo do zdefiniowanych odbiorców, aby zmniejszyć ruch w sieci. Zainteresowani odbierają informację, w tym przypadku będzie to sterownik żarówki i sterownik główny, prawdopodobnie na RPi. Podobnie odbiornik podczerwieni wysyła informację do np. sterownika żarówki i głównego sterownika. Gdy używamy telefonu do sterowania, RPi odbiera w sieci lokalnej, aby awaria internetu nie położyła systemu.

W takim rozwiązaniu awaria internetu czy jednego z urządzeń nie rozłoży całego systemu.

Proponowałbym koledze, żeby zamiast zbierać elementy, zaczął od założeń, jak system ma działać. Jak już będą założenia, trzeba wybrać odpowiednią platformę/platformy do realizacji. Ale aby to zrobić, trzeba je znać.

Jakie rodziny mikrokontrolerów kolega zna? W tym systemie widziałbym STM32 i RPi.

Zna kolega C/C++, architekturę ARM?

Ile urządzeń na STM32 kolega zbudował?

Czy zna kolega PHP, a co za tym idzie HTML. Może i JavaScript się przyda. I oczywiście znajomość Linuxa.

Pewnie wszystko to będzie używało Ethernetu i RS485. Więc jak ze znajomością sieci (ARP, DHCP, budowa ramki ETH)?

Co do RS485, to jak ze znajomością wykrywania konfliktów i rozwiązaniem tego problemu? A może jednak przetrząść „czarną robotę” na sterownik i użyć CAN?

Teraz znajomość elektroniki. Na jakim poziomie jest?

Czy potrafi kolega zaprojektować urządzenie z mikrokontrolerem? Znajomość bramek logicznych, rejestrów?

Szacuję, że amator, który startuje w elektronice i programowaniu, w około 10 lat jest w stanie zbudować taki system.

Wiem, ile czasu potrzeba, aby nauczyć się wszystkich zagadnień, o których pisałem. Może tak być, że system będzie budowany na ArduinoMEGA (bo łatwe), ale zapewne okaże się, że nie wystarcza, więc wybór padnie na AVR (bo łatwe i ta sama rodzina mikrokontrolerów co w ArduinoMEGA) z pominięciem kiepskiego Arduino bez debugera.

Pewnie do wszystkiego AVR nie wystarczy, więc sięgamy po STM32 (pewnie jest już rok 2025).

Po kilku latach okazuje się, że taniej robić na RISC-V, które już zdominowały rynek (na razie „raczkują”). Jest rok 2030. RPi zniknęło z rynku, trzeba nauczyć się czego innego :-)

Zaleta?

Jak najbardziej – są zalety: pozna kolega kilka rodzin mikrokontrolerów. Ich zalety i wady, więc potem będzie mógł dzieciom opowiadać, a może już i wnukom, jeżeli praca nad projektem przedłuży się, jakie to były kiedyś CPU. Zalety i wady AVR, ARM, RISC-V, o historycznym popularnym kiedyś RPi, jak ja teraz o 6502, 8080, Z-80, CA-80, C-64, Amidze.

Pozdrawiam
Sławomir

Tuż przed wybuchem problemu koronawirusa z Działu Prenumeraty AVT otrzymaliśmy kopię e-maila:

Szanowni Państwo, jestem zniesmaczony – od niedawna prenumeruję EdW, a już kolejny raz otrzymam moje czasopismo w okolicach dziesiątego dnia miesiąca. Czy to nie przesada? Rozumiem, że gdybym oczekiwał dostawy na pierwszego, to bym był chyba wariatem, ale... Dziś jest siódmy dzień miesiąca i DOPIERO dostaje informację, że raczyliście wysłać czasopismo? W sklepach już dawno dostępne, a prenumeratorzy traktowani są jako ostatni??? Proszę się poprawić, bo jednak w innych miesiącach czasopismo przychodzi na czas (czyli do 5., 7. a czasami nawet wcześniej – tak być POWINNO).

*Z poważaniem
Krzysztof (...)*

W drugim e-mailu Autor napisał:

Szanowna Pani Doroto, dziękuję za szybką odpowiedź. Proszę jednak nie zrzucać odpowiedzialności na Redakcję i jakieś terminy – czy mam to teraz sprawdzać? czy 5 lutego z drukarni czy nie? a może mam się kontaktować z drukarnią?? Dlatego proszę PRZEKAZAĆ informację Redakcji (lub innej, stosownej komórce) o dziwnych terminach i narzekaniach klientów na nie. Skoro to TEN adres e-mail widnieje przy prenumeracie, więc ja nie będę pisać ani do Redakcji, ani do drukarni czy Pana Henia, ale to Was będę stał swoje żale.

*Z wyrazami szacunku (no i milego weekendu)
Krzysztof (...)*

*Dzień dobry,
wiadomość dotyczy: EdW 2/2020 Dział Retro; Magnetofon taśmowy (szpulowy) Trochę historii część 1.
Ostatnio wraz z rozbudową systemu audio kolega „odkopał” magnetofon typu deck model Technics RS-T11. Okazało się, że nie jest on do końca sprawny. Po małej naprawie obwodów zasilania, modyfikacji i uruchomieniu napędu kasety okazało się, że nie ma na wyjściu sygnału audio (brak wewnętrznego wzmacniacza m.cz., jedynie słuchawkowy – również brak sygnału wyjściowego).
Jako, że nie miałem okazji wcześniej naprawiać toru głowica–wyjście m.cz. w magnetofonie, nie znalazłem układu. Zacząłem szukać więc informacji w internecie. Znalazłem bardzo ogólną zasadę działania magnetofonu bez analizy układowej. Przy okazji dowiedziałem się o prądzie podkładowym, jednak w tym przypadku informacja ta nie jest użyteczna.*

Po przeczytaniu ww. artykułu rozjaśniła mi się idea działania magnetofonu (na razie głowicy). Mam nadzieję, że będą takie możliwości i seria „rozciągnie” się również dalej w kierunku magnetofonów taśmowych z analizą układową, przybliżającą ideę działania magnetofonu.

Mój wniosek: są w użytku urządzenia elektroniczne, które w porównaniu do dzisiejszych urządzeń opartych na mikroprocesorach nie są jednak przeżytkiem. Potrzebują one konserwacji i serwisowania, a wiadomości (bardziej szczegółowych niż tylko to, że takie urządzenia były) na ich temat nie tak łatwo znaleźć, pomimo ogromu powierzchni serwerowych internetu. W związku z powyższym, dziękuję autorowi – p. Jerzemu Szymańskiemu za poświęcony czas i energię na pisanie artykułów i redakcji „Elektronika dla wszystkich” za ich publikowanie.

*Z poważaniem
Jacek Kosecki*

Upominki za listy do Poczty otrzymują w tym miesiącu:
Dariusz Zawada i Jacek Kosecki.

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.



(...) prosiłbym o proste wytłumaczenie, takie dla laika jak ja (...) jak działa przetwornik analogowo-cyfrowy typu delta-sigma (...) czy może mierzyć napięcie stałe? (...) dlaczego zamiast prawdziwych przetworników ADC stosuje się dziwaczne i przekombinowane (...) delta-sigma?

Pytanie to trafiło do redakcji już dość dawno, a odpowiedź pojawia się teraz, ponieważ jest ściśle związana z najbliższym odcinkiem cyklu o wzmacniaczach klasy D.

Przetworniki analogowo-cyfrowe typu *delta-sigma* są dziś popularne i warto rozumieć ich działanie. Ale rzeczywistość przytłaczająca większość materiałów je opisujących zawiera mnóstwo matematyki i zakłada, że czytelnik ma dużą wiedzę dotyczącą nie tylko próbkowania i kwantyzacji, ale i trudniejszych aspektów zagadnienia.

Jeżeli wytłumaczenie ma być zrozumiałe dla mniej zaawansowanych, należałoby zacząć od ujęcia historycznego. Najprościej biorąc, oprócz naukowców na uniwersytetach, którzy badają najróżniejsze zagadnienia, powiedzmy z naukowej ciekawości, różnymi przetwornikami analogowo-cyfrowymi interesowali się inżynierowie w firmach zajmujących się transmisją i rejestracją dźwięku w związku z konkretnymi potrzebami. Od dawna wiadano, że duże zalety ma cyfrowa transmisja dźwięku, bo jest mniej podatna na zakłócenia i szumy. Opracowywano i badano różne sposoby zamiany sygnału analogowego na cyfrowy.

Kanonicznym, podstawowym sposobem wydaje się taki, w którym w takt sygnału zegarowego sprawdzana jest chwilowa amplituda sygnału i wartość tej chwilowej amplitudy jest zamieniana na liczbę. Mówimy wtedy o *próbkowaniu* (*sampling*), bo badamy amplitudę próbek, pobieranych co jakiś czas i mówimy o *częstotliwości próbkowania*. Nieprzekraczalne podstawowe zasady mówią (kryterium Nyquista), że nie utracimy żadnych informacji o sygnale, gdy częstotliwość próbkowania będzie co najmniej dwa razy większa od częstotliwości najwyższych składowych przetwarzanego sygnału. Dla sygnałów audio o pełnym pasmie 20Hz...20kHz częstotliwość próbkowania musi wynosić co najmniej 40kHz, ale z uwagi na stromość wykorzystywanych przy tym filtrów w praktyce jest większa – np. przy zapisie na płycie CD częstotliwość próbkowania wynosi 44,1kHz.

Nie wchodząc w szczegóły: mówimy o przetwornikach analogowo-cyfrowych, a opisany prosty sposób przetwarzania nazywa się też modulacją PCM (Pulse Code Modulation). Właśnie modulacją, bo próbkowanie sygnałów audio (telefonicznych) rozpoczęło pod koniec XIX wieku (!) jako jeden ze sposobów modulacji, pozwalających na przekazanie przez jeden kabel wielu rozmów telefonicznych

Czym większą chcemy uzyskać precyzję, tym więcej bitów trzeba do opisu amplitudy sygnału. Dziś w technice audio rozdzielczość 16-bitowa (wykorzystywana w przypadku płyty CD) wydaje się absolutnym minimum.

I tu zaczyna się problem.

Rozdzielczość 16-bitowa oznacza, że przetwornik ADC musi rozróżnić 2^{16} , czyli 65536 poziomów (napięcia). Gdyby musiał rozróżnić 100 poziomów, to wystarczyłaby precyzja 1/100, czyli 1-procentowa precyzja przetwornika. Rozdzielczość 16-bitowa oznacza, że precyzja przetwarzania powinna wynosić $1/65536 = 0,000015$, czyli 0,0015%.

Niewiele ponad jedną tysięczną procenta! A w elektronice za precyzyjne uznajemy rezystory o tolerancji 1%...

Realizacja przetwornika analogowo-cyfrowego zapewniającego precyzję 0,001% jest ogromnie trudna. Przy klasycznej realizacji potrzebne byłyby elementy, na przykład sieć rezystorów o takiej właśnie precyzji (tolerancji).

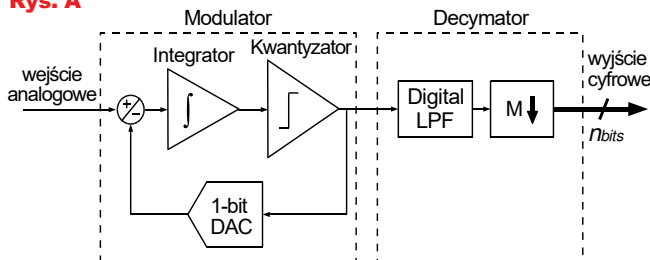
Przypomnijmy, że bardzo popularne, ale zwykle mało dokładne, są powszechnie wykorzystywane w mikrokontrolerach jednoukładowych przetworniki z kolejnymi aproksymacjami (Successive-Approximation). Najszybsze są przetworniki z bezpośrednim porównaniem (tzw. Flash), ale mają niedużą rozdzielczość (do 12 bitów). Bardzo precyzyjne mogą być przetworniki z wielokrotnym (najczęściej z podwójnym) całkowaniem – używane szczególnie w precyzyjnej aparaturze pomiarowej, ale są one bardzo powolne.

Dziś nie tylko w układach audio, ale i w wielu różnych systemach pomiarowych chcielibyśmy uzyskiwać i dużą szybkość, i wysoką precyzję, np. 24-bitową, gdzie rozdzielczość jest niewyobrażalnie duża, około 0,000006%. I właśnie to, co jest bardzo trudne w przetwornikach ADC, powiedzmy klasycznych, jest możliwe i stosunkowo łatwe do osiągnięcia w „przekombinowanych” przetwornikach delta-sigma. Najprościej biorąc, przetworniki delta-sigma ($\Delta\Sigma$), nazywane też *sigma-delta* ($\Sigma\Delta$), *pozwalają uzyskać i bardzo dużą dokładność, i stosunkowo szerokie pasmo*.

Dziś powszechnie dostępne są przetworniki sigma-delta o rozdzielczości 24 bitów i większej (np. 32-bitowy AD7177-2). Istnieją też przetworniki sigma-delta, które przy rozdzielczości rzędu 20 bitów osiągają szybkość kilku MS/s (np. AD7760). Co ważne: oferowane na rynku precyzyjne scalone *przetworniki nazywane sigma-delta mierzą też napięcia stałe*.

A teraz próba bardzo uproszczonego wyjaśnienia, jak działają. W literaturze najczęściej przedstawia się schemat blokowy jak ten na **rysunku A**. Część opisana jako *Modulator*

Rys. A



jest to właściwy przetwornik analogowo-cyfrowy, tak zwany jednobitowy typu delta-sigma (lub sigma-delta).

Na jego wyjściu występuje sygnał cyfrowy w postaci strumienia bitów o bardzo dużej przepływności i jest to postać powiedzmy nietypowa, trudna do bezpośredniego wykorzystania. Dlatego ten nietypowy sygnał cyfrowy od razu w scalonym przetworniku zostaje poddany dodatkowej cyfrowej obróbce. Przede wszystkim jest podany na cyfrowy filtr dolnoprzepustowy (Digital LPF). Filtr ten odcina składowe o wysokich częstotliwościach, których nie było w oryginalnym sygnale wejściowym, a które są produktem modulacji sigma-delta. I właśnie wykorzystywana tu modulacja $\Sigma\Delta$ ma bardzo pożyteczną właściwość: szkodliwe szумы mają częstotliwości wyższe niż sygnały przetwarzane – można je bardzo łatwo odfiltrować. Za filtrem dolnoprzepustowym pozostaje czysty sygnał użyteczny w postaci cyfrowej.

Z uwagi na zasadę działania modulatora sigma-delta i kwestię kształtowania szumów (*noise shaping*) częstotliwość sygnału zegarowego wykorzystywanego w modulatorze jest setki razy większa niż częstotliwość przetwarzanych sygnałów. Czyli na przykład jeżeli pasmo takiego przetwornika $\Sigma\Delta$ ma obejmować zakres 0...20kHz, to częstotliwość taktowania wewnętrznego modulatora musi wynosić co najmniej kilka megaherców (czym więcej, tym lepiej – mniejsze szумы). Tymczasem od dawna wiadomo, że do prawidłowego odtworzenia oryginalnego sygnału analogowego teoretycznie wystarczy częstotliwość próbkowania dwa razy większa od

częstotliwości sygnału przetwarzanego – w praktyce nieco większa niż dwa razy. Dlatego jednobitowy sygnał cyfrowy po filtrowaniu zostaje poddany *decymacji*, czyli *dziesiątkowaniu*, oczywiście też na drodze cyfrowej. Zgodnie ze znaczeniem polskiego słowa *dziesiątkować* (*niszczyć, tępić, masowo uśmiercać*), nie jest tu istotna liczba dziesięć, tylko fakt, że liczba próbek zostaje drastycznie zmniejszona – dziesiątkowana. Choć częstotliwość taktowania wewnętrznego modulatora $\Sigma\Delta$ jest ogromna, to na wyjściu przykładowego (20-kilohercowego) przetwornika wielobitowy sygnał cyfrowy pojawi się z użyteczną częstotliwością 40kHz (40kS/s), w praktyce nieco większą.

Po co takie „przekombinowanie”? Ponieważ właśnie w ten sposób za pomocą jednobitowego modulatora $\Sigma\Delta$ możemy uzyskać zaskakująco dużą precyzję i małe szумы przetwarzania, co jednak wymaga taktowania modulatora „zbyt dużą częstotliwością” (*oversampling*). Duża częstotliwość i użycie modulatora $\Sigma\Delta$ wyższego rzędu przesuwają szумы przetwarzania w zakres wysokich częstotliwości, dlatego łatwo je odfiltrować.

Ten bardzo uproszczony opis pomija fakt, że klasyczny modulator $\Sigma\Delta$ nie jest przeznaczony do przetwarzania napięć stałych, bo jest odmianą przetwornika delta (wykorzystuje i bada szybkość zmian sygnału, a nie jego chwilową wartość – amplitudę). Dokładniejsze wyjaśnienie działania przetwornika $\Sigma\Delta$, także w zakresie dotyczącym wzmacniaczy klasy D, przedstawione będzie w oddzielnym artykule.

100% elektroniki

Prenumerujesz
Elektronikę Praktyczną +
Elektronikę dla Wszystkich?

Skorzystaj z promocji

1+1=3

i zamów bezpłatną
prenumeratę Elektronika

na www.avt.pl/prenumerata



(Nie)szkodliwość fal radiowych?

Od czasu pierwszej transmisji radiowej świat zalewają fale elektromagnetyczne. Współczesna elektronika zmierza w kierunku transmisji bezprzewodowych. Daje nam to niewyobrażalne możliwości, bo bez wiercenia ścian, kucia tynków możemy słuchać np. George'a Michaela w pokoju gościnnym, a w sypialni Diany Krall, i to w zależności od nastroju! A gdy znudzi nam się głośnik w sypialni, wyniesiemy go do ogrodu, aby cieszyć się muzyką wraz ze znajomymi podczas wspólnej kolacji. Wszystko to jest bardzo wygodne, ale czy na pewno nieszkodliwe dla naszego zdrowia?

Wszystkie urządzenia mają homologację i certyfikaty, głównie mówiące o tym, że spełniają pewne wymagania dotyczące kompatybilności elektromagnetycznej, nie przekraczają dopuszczalnej mocy promieniowania czy widma emitowanych zakłóceń.

Wpływ fal elektromagnetycznych na zdrowie ma status „niezbadanego”, jednak promieniowanie o różnych częstotliwościach i zakresach bywa wymieniane jako czynnik rakotwórczy.

Nieistniejący maszt radiowy w Gąbinie, zwany również masztem w Konstantynowie, miał długość ponad 646 metrów. Był to właściwie dipol półfalowy dla częstotliwości 225kHz. Mocny sygnał radiowy Jedyńki był słyszalny bez problemu w całej Europie. Kiedyś przeczytałem gdzieś informacje, że po zawaleniu się tego masztu mieszkańcy okolicznych miejscowości tańczyli na ulicach z radości. Pomijając dziennikarską fantazję, pewne jest wiązanie przez nich obecności masztu z liczbą zachorowań na raka w tym czasie i rejonie, chociaż pewnie katastrofa w Czarnobylu też ma tutaj swój wpływ.

Natknąłem się też kiedyś na inną historię: jak zostały odkryte grzewcze właściwości mikrofal. Podobno inżynier zajmujący się serwisem radarów wszedł na teren jednego z nich z batonem czekoladowym w kieszeni. Stwierdził ze zdziwieniem, że baton dość mocno się stopił. Na pewno przypadki takie pobudzają wyobraźnię i zmuszają do myślenia. „Jeżeli to tak podziało na baton, to co się dzieje z moim umysłem, gdy rozmawiam przez telefon komórkowy lub gdy korzystam z Bluetooth?”. Pytanie takie zadajemy sobie szczególnie my – rodzice małych dzieci. Zwłaszcza w konfrontacji z opinią dr Mallery-Blythe, która ponoć zauważa związek z falami elektromagnetycznymi a samopoczuciem, twierdząc, że wywołują one bóle głowy oraz uszu, a także wpływają na koncentrację. To samo źródło podaje też informację o tym, że dzieci, ponieważ mają cieńsze kości czaszki oraz skórę, absorbują około 60% więcej pro-

mieniowania. Jednakże można by się zastanawiać co do wiarygodności tych badań. Znaczenie ma tutaj też masowa panika i wyobrażenia. Wiadomo na pewno, że jest to znacznie mniejsza moc niż promieniowanie telefonu komórkowego – tutaj już mówi się o podwyższonej zachorowalności na nowotwory u osób intensywnie rozmawiających.

Prowadząc rozważania o falach elektromagnetycznych wokół nas, nie można prze-milczeć kontrowersji dotyczących nowo rozwijanej telefonii 5G. Sieć ta oferuje znacznie większe możliwości niż dotychczas i żartobliwe bywa nazywana „światłowodem do telefonu”. Mamy tu znacznie większe przepustowości danych umożliwiające przeprowadzanie zdalnych operacji, a także komunikację pomiędzy urządzeniami internetu rzeczy czy nawet pojazdami „samoprowadzącymi się”, czyli sterowanymi przez komputery, a nie kierowcę. Kontrowersyjne jest to, że sieć ta operuje na częstotliwości od 24 do 100GHz, czyli fali milimetrowej. Tak mała długość fali wymaga większej liczby stacji doświetlających, czyli małych lokalnych nadajników. Muszą być one zlokalizowane znacznie niżej niż do tej pory, mówi się nawet o poziomie chodnika czy wiaty przystanku autobusowego. Oczywiście ma tutaj znaczenie każda przeszkoda terenowa, czy nawet deszcz, podobnie jak to było w pionierskich czasach z analogową telewizją satelitarną. Przeciwnicy tej technologii mówią, że naraża nas na podwyższone promieniowanie elektromagnetyczne. Z drugiej strony specjaliści od elektroniki i fizyki słusznie tłumaczą, że telefon komórkowy nadaje ze zwiększoną mocą tylko wtedy, gdy jest dalej od nadajnika. A także, że promieniowanie elektromagnetyczne towarzyszyło ludzkości od zarania dziejów, przecież promieniowanie kosmiczne i światło to fale elektromagnetyczne, chociaż słusznie ktoś zauważył w komentarzu do artykułu, że falą elektromagnetyczną jest opalający nas latem i w solarium ultrafiolet. Więc znowu prawda leży pośrodku.

W mojej rodzinie usłyszałem kiedyś ciekawe rozważania, wiążące przedwczesną śmierć pewnego informatyka z powodu choroby nowotworowej z wykonywaną przez niego pracą – obsługiwaniem i serwisowaniem (zapewne) źle ekranowanego elektromagnetycznie komputera Elwro „Odra” 1305. Oczywiście wszyscy wiemy, jaki tryb życia prowadzi typowy pasjonat informatyki: mało śpi, je, a nie odżywia się, ma niezbilansowaną dietę, więc nie ma co wyciągać pochopnych wniosków.

Uważam, że elektrosmogu nie wyeliminujemy, trzeba uważać, ale nie ma co popadać

w paranoję i zamieniać mieszkania w klatkę Faradaya oraz podróżować z miernikiem natężenia pola elektromagnetycznego.

Nie będąc specjalistą, myślę, że krótkotrwała ekspozycja nie jest szkodliwa, natomiast czas obecności tych technologii jest zbyt krótki, by dokładnie ustalić długofalowy wpływ na organizmy żywe. Pójście za przykładem francuskich przedszkoli i nie-uzywanie tej technologii jest jakimś rozwiązaniem. Ja jednak uważam, że nie ma co popadać w paranoję i po prostu jest wskazane wyłączać nieużywany router. Podobnie w przypadku technologii Bluetooth i rozmowy telefonicznej. Posłuchanie muzyki przez 10 minut albo odebranie rozmowy telefonicznej raczej nas nie zabije, ale jeśli lubimy to robić godzinami, sprawmy sobie lepiej dobrej klasy przewodowe słuchawki, odsuniemy w ten sposób aparat od głowy.

Oczywiście sieci 5G nie wyeliminujemy, ale gdy z niej nie korzystamy lub śpimy, wyłączmy transfer danych.

Dla nas elektroników i krótkofalowców istotny jest jeszcze inny aspekt: konstruktor-sko-serwisowy. Pamiętajmy, że dokonując napraw lub wykonując prototyp urządzenia, musimy mieć na uwadze zdrowie nasze oraz naszych najbliższych i najbliższego otoczenia. Nie można przekraczać dopuszczalnej mocy nadajników radiowych; nie jest sztuką uzyskać dobrą łączność w paśmie 2m czy CB z 30-watowym „dopałem” (wzmocniaczem), który na pewno zakłóci radiofonie UKF sąsiadów. Sztuką jest uzyskanie potwierdzonej łączności z Chinami na CB-radiu Alan 42” z przepisową mocą. Testujmy nadajniki ze sztuczną anteną, pamiętajmy, że zakłócanie innym radiom czy telewizji, już odchodząc od kwestii zdrowotno-prawnych, jest zwykłym brakiem kultury.

Chociaż wpływ fal elektromagnetycznych ma status niezbadanego, warto dmuchać na zimne i jest całkiem rozsądne ograniczenie ich użycia do niezbędnego minimum oraz uszanowanie innych osób postronnych, szczególnie tych najbardziej bezbronnych. Nauka ma status otwarty i w każdej chwili mogą się pojawić nowe szokujące wyniki badań.



Janusz Pańczyk

panczykjanusz@gmail.com

Literatura:

1. <https://www.crazynauka.pl/wi-fi-szkodliwe-dla-zdrowia-obalamy-mit>
2. <https://parenting.pl/lacze-wifi-moze-byc-przyczyna-wielu-dolegliwosci>
3. <https://myapple.pl/forums/topic/278403-szkodliwosc-C5%9B%C4%87-bluetooth/>
4. <https://pl.wikipedia.org/wiki/Radio>

Aerduino – lewitacja aerodynamiczna z Arduino

W artykule opisano układ dmuchaw do sterowanej lewitacji aerodynamicznej różnych obiektów – na przykład balonów. Program kontrolujący dmuchawy pozwala przesuwając się ciała, a nawet stworzyć „ścianę” z wielu takich obiektów. Opisana konstrukcja może zrobić duże wrażenie między innymi w trakcie szkolnych lekcji lub festiwali naukowych.

Nie! Nie jest to żart primaaprilisowy! Dla wielu osób dużym zaskoczeniem może być fakt, że lewitujący obiekt utrzymuje się w strumieniu powietrza i z niego nie ucieka. Jest to jeszcze bardziej spektakularne zjawisko w przypadku większej liczby lewitujących obiektów. Unoszenie sferycznego ciała można zrealizować na wiele sposobów – na przykład za pomocą suszarki i piłeczki pingpongowej lub miniaturowej dmuchawy i balonu. Zjawisko to, mimo prostoty, zawsze robi duże wrażenie i efektywnie ilustruje prawa fizyki. W naszym projekcie proponujemy zastosowanie nie jednej, lecz większej liczby dmuchaw, których sterowanie pozwala na zmiany położenia lewitującego ciała. Projekt można wykorzystać w trakcie lekcji w szkole oraz wszelkich pokazów i festiwali nauki a nawet do celów reklamowych czy ozdobnych.

Opis układu

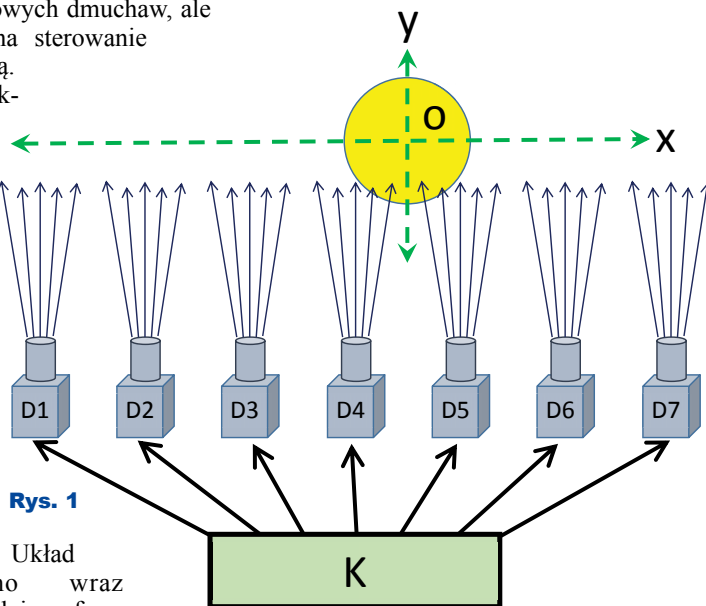
Ogólny schematy blokowy układu pokazano na rysunku 1. Stanowi go system dmuchaw D1, D2..., których praca sterowana jest za pomocą kontrolera elektronicznego K. Odpowiednie zmiany natężenia generowanych strumieni powietrza mogą powodować ruch lewitującego obiektu O w obu kierunkach x, y oznaczonych przerywanymi liniami. Na rysunku widać

siedem przykładowych dmuchaw, ale układ pozwala na sterowanie ich większą liczbą.

Schemat elek-

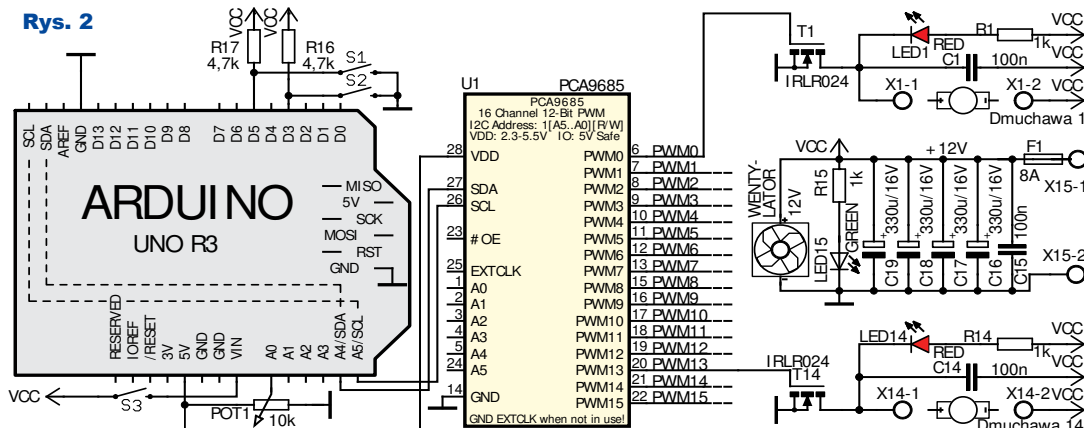
troniczny

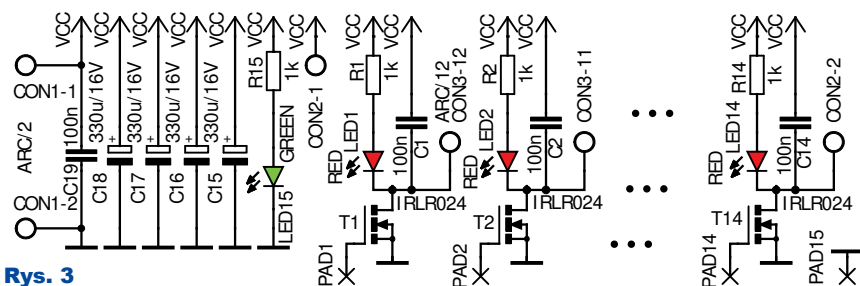
kontrolera K przedstawiono na rysunku 2. Arduino UNO, poprzez magistralę I2C (SDA, SCL), nadzoruje pracę układu PCA9685. Jest to sterownik szesnastu cyfrowych linii PWM o rozdzielczości 12 bitów. Układ ten zakupiono wraz z nakładką na Arduino oferowaną



Rys. 1

Rys. 2





Rys. 3

przez Adafruit (produkt ID 1411), którą można nabyć u krajowych dystrybutorów. Znajdują się na niej dodatkowe pola lutownicze pozwalające na montowanie własnych elementów. Ze strony Adafruit można pobrać biblioteki obsługi układu PCA9685 przez Arduino oraz schematy do wykorzystania w EAGLE lub Fritzing. Znajdziemy tam też wyczerpujące informacje pomocne w montażu i użytkowaniu produktu. Odnosiłki do nich podają również dystrybutorzy.

Sygnały z PCA9685 kierowane są na bramki tranzystorów mocy IRLR024, które z kolei kontrolują dmuchawy. W naszym projekcie zastosowaliśmy sterowanie poprzez kanały PWM0–PWM13 tranzystorami T1–T14, z których dwa skrajne pokazano na rysunku 2, a trzy na bardziej szczegółowym **rysunku 3**. Ich właściwie sygnalizują czerwone diody LED1–LED14. Omawiane tranzystory, diody oraz inne elementy z rysunku 3 umieszczono na osobnej, specjalnie do tego celu zaprojektowanej płytce. Złącza X1–X14 (rysunek 2) wyprowadzono na tylny panel sterownika poprzez standardowe gniazda 5,5/2,1mm stosowane w zasilaczach. Pozwala to na wygodne podłączenie dmuchaw za pomocą przewodów z analogicznymi wtyczkami, które są powszechnie dostępne w handlu.

Cały układ zasilany jest napięciem (VCC) 12V poprzez gniazda bananowe umieszczone na obudowie i dołączone do złączy X15 na płycie. Zasila ono zarówno Arduino, jak i dmuchawy poprzez układ tranzystorów. Dodatkowy wentylator podłączony bezpośrednio do złączy X15 zapewnia cyrkulację powietrza wewnątrz obudowy. Kondensatory C15–C19 stanowią lokalny bufor, a dioda LED15 sygnalizuje obecność zasilania.

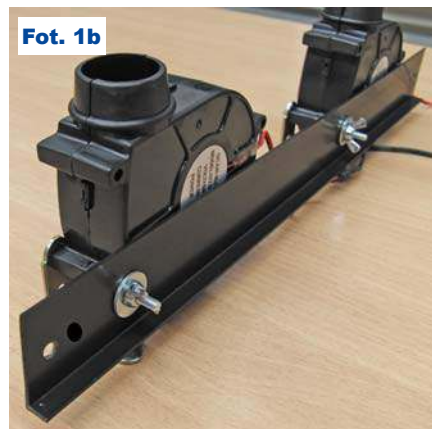
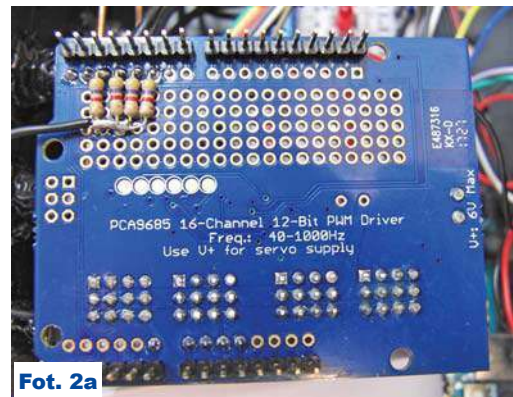
Napięcie (VDD) 5V potrzebne do pracy sterownika PCA9685 pobierane jest z Arduino. Przełącznik S3 umożliwia odcięcie zasilania 12V od Arduino, gdy jest ono podłączone do portu USB komputera. Z kolei przełączniki S1, S2 wraz z rezystorami podciągającymi R16 i R17 służą zmianom trybów pracy kontrolera. Potencjometr POT1 reguluje prędkość przesuwania lewitującego obiektu.

W naszym układzie zastosowaliśmy miniaturowe dmuchawy odśrodkowe typu DC-P-R-3 (12V, 0,9A – **fotografie 1a, b**) dostępne na rynku za umiarkowaną cenę i zapewniające stosunkowo wąską, ukierunkowany strumień powietrza. Pierwotnie planowaliśmy pracę z większą liczbą tych elementów. Niemniej okazało się, że ich wydajności nie są identyczne. Testowaliśmy wysokości, na jakiej udaje się każdej dmuchawie z osobna utrzymać ten sam balon. Rozrzut wyników mieścił się w zakresie od kilku do kilkudziesięciu centymetrów!!!

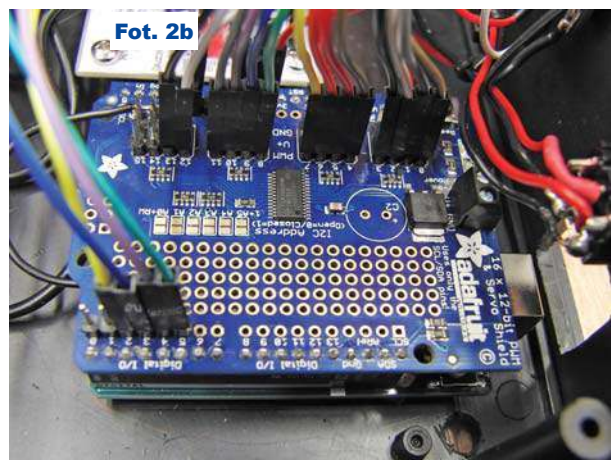
Zakupiliśmy dodatkową partię tych dmuchaw, ale sytuacja się powtórzyła. Ostatecznie wybraliśmy najsilniejsze, z których każda zapewniała wysokość lewitacji około 60cm. Słabszych nie wykorzystaliśmy w projekcie, co wymusiło redukcję liczby używanych kanałów z szesnastu (możliwych do sterowania układem PCA9685) do opisywanych czternastu. Zapotrzebowanie prądowe dmuchaw okazało się również mniejsze od deklarowanego przez producenta (0,9A), dlatego ostatecznie wystarczył bezpiecznik 8A (F1 na rys. 2). Przy powtórnej budowie opisywanego układu prawdopodobnie użylibyśmy może droższych dmuchaw, ale o bardziej powtarzalnych parametrach, co rekomendujemy Czytelnikom. Użyte tranzystory mają znaczącą nadwyżkę mocy, co daje możliwość sterowania różnymi typami tych urządzeń. Ograniczeniem jest wytrzymałość prądowa złączy i płytek kontrolera oraz grzanie tranzystorów.

Montaż i uruchomienie

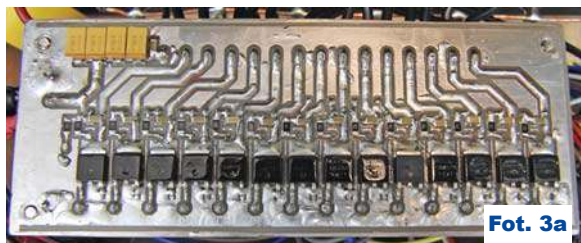
Producent dostarcza płytkę ze sterownikiem PCA9685 praktycznie zmontowaną. Użytkownikowi pozostaje dolutować goldpiny służące prowadzeniu odpowiednich sygnałów i zasilania. Na wolnych polach lutowniczych zamontowaliśmy rezystory podciągające R16, R17 oraz dwa dodatkowe identyczne do wykorzystania w przyszłości (**fotogra-**

**Fot. 1a****Fot. 1b**

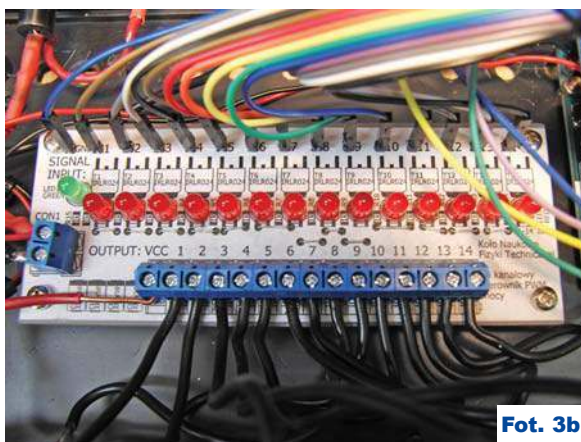
Fot. 2a

**Fot. 2b**

fia 2a). Na **fotografii 2b** widoczna jest gotowa płytka sterownika z przewodami, nałożona na Arduino UNO. Jego port USB dostępny jest przez otwór w panelu przednim obudowy, widoczny w prawej części zdjęcia.



Fot. 3a



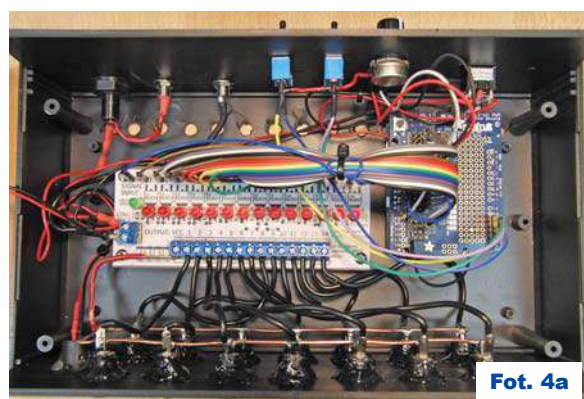
Fot. 3b

Z kolei na analogicznych **fotografiach 3a, 3b** oraz na **rysunku 4** (w arbitralnie dobranej skali) przedstawiono obie strony płytki z tranzystorami i diodami LED, którą należy wykonać i zmontować samodzielnie. Schematy i rysunki płytki udostępniono w materiałach dodatkowych do niniejszego artykułu dostępnych na Elportalu. Jak widać, zastosowano tutaj elementy do montażu powierzchniowe-

go, a ścieżki dodatkowo poczynano, aby zwiększyć ich obciążalności prądowe. Wlutowane goldpiny służą dołączeniu przewodów idących od płytki ze sterownikiem PCA9685.

Z kolei złącza śrubowe pozwalają na prowadzenie przewodów mocy i zasilania. Zamiast samodzielnego tworzenia tej płytki Czytelnicy mogą rozważyć zakup gotowych modułów z tranzystorami mocy.

Całość zawarto w obudowie o rozmiarach wewnętrznych 24×13×8cm pokazanej na **fotografiach 4a, 4b, 4c**. W prawej części wnętrza (fot. 4a) widoczna jest płytkę sterownika PCA9685 nałożoną na Arduino UNO, a na środku płytkę



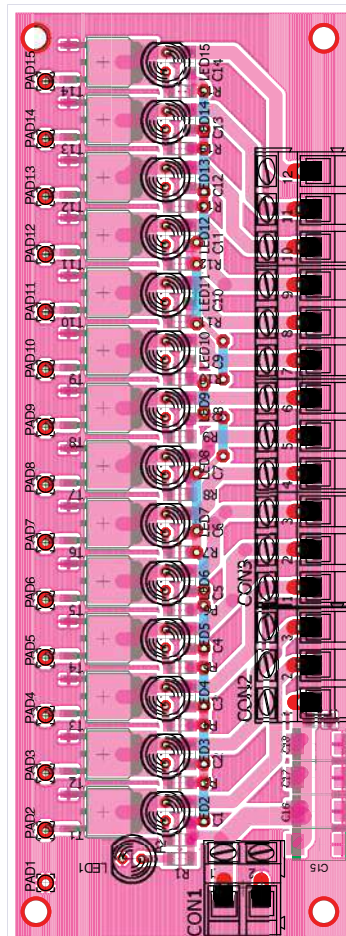
Fot. 4a



Fot. 4b



Fot. 4c



Rys. 4

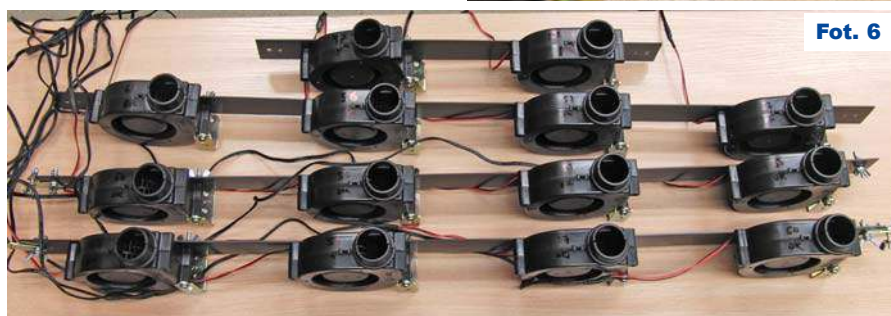
z tranzystorami i diodami LED. Jak wspomniano, między sterownikiem a płytką tranzystorów poprowadzono taśmę kolorowych przewodów kompatybilnych z goldpinami. Natomiast złącza śrubowe płytki tranzystorów połączono z ujemnymi zaciskami gniazd dmuchaw na panelu tylnym za pomocą grubszych (czarnych) przewodów o przekroju 1mm². Z kolei wspólny przewód dodatniego potencjału zasilania dolutowano do tych zacisków za pomocą litego drutu miedzianego bez osłony również o przekroju 1mm². Przewodami o takim samym przekroju poprowadzono zasilanie z gniazd panelu przedniego do złączy śrubowych płytki z tranzystorami.

Na panelu przednim (fot. 4b) umieszczono od lewej: przełącznik S3 i otwór z dostępnym gniazdem USB Arduino, potencjometr POT1, przełączniki S1 i S2, bananowe gniazda zasilania oraz gniazdo bezpiecznika. Z kolei na panelu tylnym (fot. 4c) zamontowano złącza 5,5/2,1mm do przyłączenia przewodów dmuchaw.

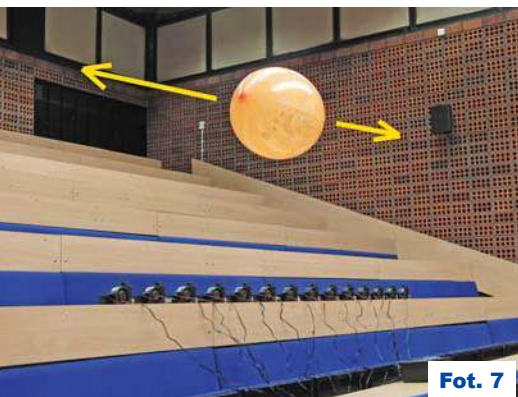
Należy dodać, że w dnie obudowy wywiercono szereg otworów o średnicy 6mm widocznych na górnej części fotografii 4a, aby ułatwić cyrkulację powietrza. Analogiczne otwory wykonano na pokrywie, na której dodatkowo zamontowano wentylator, co jest widoczne na fotografii 4c. Do dmuchaw domontowano przewody z wtyczkami zasilającymi typu 5,5/2,1mm o długościach około 1,5m,



Fot. 5



Fot. 6



dobrych do rozpiętości układu. Dmuchały zamontowano na listwach z tworzywa sztucznego w odległościach co 20cm w sposób widoczny na fotografiach 1a, 1b. Śruby M4 z nakrętkami motylkowymi umożliwiają jednoczesną regulację ustawień stopek z kątowników metalowych oraz wylotów dmuchaw. Ich pionowa orientacja jest ważna dla prawidłowego działania całości. Aby układ był przenośny, listwy z tworzywa podzielono na cztery części – trzy identyczne, dłuższe (80cm) oraz jedną krótszą (40cm), pokazane na **fotografii 6**, ze stosowną liczbą dmuchaw. Listwy łączy się za pomocą śrub i nakrętek motylkowych (M4) oraz płaskowników metalowych o rozstawie otworów 22mm jak widać na **fotografii 5**. Zarówno listwy, jak i kątowniki-stopki i płaskowniki są powszechnie dostępne w sklepach technicznych. Powyższe rozmiary układu, w szczególności odległości między środkami dmuchaw, dobrano dla optymalnej lewitacji dużych balonów – „pilek” o średnicy 45cm (18”). Charakteryzują się one wydłużoną szyjką, którą po nadmuchiowaniu należy ciasno zawiązać a nadmiar odciąć. Z kolei na drugim końcu mają zwykle zakładkę z przymocowaną dużą gumką recepturką, którą trzeba odwiązać. Operacje te służą minimalizacji masy balonów. W tym celu warto je również napędnąć za pomocą pompki, a nie płuc, kiedy to dodatkowo tłoczona jest para wodna. Przy innych typach balonów lub mocach dmuchaw należy doświadczalnie dobrać optymalne rozmiary układu.

Program sterujący

Kod źródłowy programu zawarto w informacjach dodatkowych do niniejszego artykułu, dostępnych na Elporcie. Aplikacja wykorzystuje bibliotekę **Adafruit_PWM_ServoDriver**, którą należy pobrać, korzystając ze wspomnianych instrukcji na stronie producenta płytki. Dwie kluczowe funkcje aplika-

cji to: *Wlaczanie_Prawo_Lewo()* oraz *Wlaczanie_Wszystkich()*. Pierwsza z nich powoduje włączanie kolejnych par dmuchaw od lewej do prawej i z powrotem. Numery tych jednocześnie uruchamianych urządzeń, w kolejnych interwałach czasowych pokazano w nawiasach: (1, 2) – (1, 2, 3) – (2, 3) – (2, 3, 4) – (3, 4), ... (12, 13, 14) – (13, 14) – (12, 13, 14) – (12, 13) – (11, 12, 13) – (11, 12), ... Dzięki takiemu schematowi, w danym momencie pracują jednocześnie co najmniej dwie sąsiadujące dmuchawy, co dodatkowo zwiększa wysokość lewitacji obiektu. Sekwencyjne włączanie i wyłączanie powoduje jego przesuwanie wzdłuż układu tam i z powrotem. Potencjometr POT1 pozwala na regulację prędkości ruchu poprzez czas zwłoki określany funkcją *CzasCzekania()*. Efekt działania opisywanego trybu widać na **fotografii 7** oraz filmie M01 dostępnym w materiałach dodatkowych do tego artykułu na Elporcie. Z kolei druga z funkcji powoduje włączenie wszystkich dmuchaw i utworzenie „ściany” powietrznej, na której może jednocześnie lewitować wiele balonów. Efekt działania tej opcji przedstawiono na **fotografii tytułowej** oraz filmie M02. Wybór realizowanej funkcji odbywa się za pomocą przełącznika S1. Dodatkowy film M03 podsumowuje szczegóły działania kontrolera.

Należy dodać, że w układzie przewidziano także przełącznik S2, w tej chwili nieużywany. W przyszłości może służyć do uruchamiania innych trybów pracy odpowiadających różnej liczbie i konfiguracji dmuchaw. Na przykład warto rozważyć rozłożenie dmuchaw na planie okręgu, dookoła którego krążyłby lewitujący obiekt (obiekty). Wówczas pierwsza dmuchawa znajdowałaby się za ostatnią, a przykładowy schemat załączania powinien wyglądać następująco: (1, 2) – (1, 2, 3) – (2, 3) – (2, 3, 4) – (3, 4), ... (12, 13, 14) – (13, 14) – (13, 14, 1) – (14, 1) – (14, 1, 2) – (1, 2), ... Można dodawać kolejne sekcje dmuchaw połączonych równolegle do wyjść sterownika. Opcje rozbudowy ograniczają tylko wydajności prądowe i wydzielana moc tranzystorów. Początkowo planowaliśmy płynnie rozpędzać i hamować dmuchawy, korzystając z funkcjonalności PWM sterownika PCA9685. Jednak w praktyce okazało się, że bezwładność ich wirników w zupełności zapewnia taki efekt. Ostatecznie wyjścia sterownika pracują tylko w trybach włącz/wyłącz. Niemniej przy innych modelach wentylatorów lub

opcjach ruchu lewitujących obiektów sterowanie PWM może być przydatne.

Podsumowanie

Autorzy mają nadzieję, że przedstawiony projekt będzie źródłem inspiracji do realizacji kolejnych konstrukcji, nie tylko z lewitującymi obiektami. Można rozważyć zastosowanie systemu dmuchaw w jakimś rodzaju instrumencie muzycznym podobnego do organów. „Elementami wykonawczymi” mogą być tutaj flety czy inne piszczałki lub nawet butelki napelnione wodą lub piaskiem. Podobny efekt może być uzyskany z użyciem sprężonego powietrza i sterowanych zaworów. Wychodząc poza demonstracje fizyczne, układ może służyć wielokanałowej kontroli różnych odbiorników – na przykład silników, siłowników, źródeł światła, grzałek i tym podobnych. Warto wówczas skorzystać z funkcjonalności PWM sterownika PCA9685 i pracy ze wszystkimi szesnastoma kanałami.

Projekt wykonano w pracowni Koła Naukowego Fizyki Technicznej Politechniki Poznańskiej.



Adam Buczek
Marcin Wachowiak
adam.buczek@put.poznan.pl

Wykaz elementów

R1-R15	1kΩ (1206 SMD)
R16-R17	4,7kΩ
POT1	10kΩ potencjometr na obudowę
C1-C15	100nF ceramiczne (1206 SMD)
C16-C19	330uF/16V tantalowe (SMD D)
LED1-LED14	LED czerwona 5mm
LED15	LED zielona 5mm
T1-T14	IRL024 SMD
Płytki Adafruit (produkt ID 1411) z układem PCA9685	
Arduino UNO R3	
Wentylator VD 6025MS 12VDC	
Dmuchały 12VDC	
Gniazda do obudowy i przewody z wtyczkami typu 5,5/2,1mm	
S1, S2, S3 przełączniki na obudowę	
Gniazda bananowe na obudowę	
F1 gniazdo na obudowę i bezpiecznik 8A	

Eksperymentalny, pojemnościowy, mówiący czujnik wilgotności gleby

Pomiar wilgotności gleby wydaje się zadaniem trywialnym – wystarczy zmierzyć jej rezystancję. Niestety, w ten sposób zmierzmy tylko jej przewodność, zależną też od zawartości soli mineralnych (nawozów). Ponadto prąd przepływający przez elektrody powoduje ich korozję. Pomiar prądem przemiennym oraz wykonanie sond z materiałów odpornych na korozję nie likwidują problemu. Warto wiedzieć, że można oszacować wilgotność przez pomiar pojemności, gdzie gleba jest dielektrykiem między okładkami kondensatora.

Opisywane urządzenie służy do wykrywania zmiany wilgotności gleby. Zaprezentowane w artykule rozwiązanie służy do sygnalizacji suchej gleby w doniczce. Gdy wilgotność spadnie poniżej ustalonego poziomu, na wyjściu mikrokontrolera będzie odtwarzany krótki plik dźwiękowy. Urządzenie, a raczej metoda pomiarowa, może też służyć do pomiaru poziomu płynu, a to dzięki liniowym zmianom pojemności sondy w zależności od poziomu płynu. Pojemnościowy pomiar pozwala użyć izolowanych sond, dzięki czemu nie korodują. Elektrody mogą być zamontowane na zewnątrz pojemnika z cieczą. W najprostszym rozwiązaniu mogą to być dwa paski folii aluminiowej naklejonej na zewnętrznej stronie naczynia.

Opis układu

Mimo zbudowania użytecznego urządzenia, artykuł ma charakter edukacyjny. Zanim powstała prototypowa konstrukcja, została zbadana zmiana pojemności gleby względem wilgotności. Do prób powstały trzy sondy o różnej liczbie zębów „grzebienia” wykonanego ze ścieżek na PCB, jak pokazuje **fotografia 1**. Zmierzona została pojemność każdej z sond dla trzech przypadków. Wyniki zestawiono w **tabeli 1**.

Wyniki nie są jednoznaczne. Wątpliwości budzą wyniki dotyczące sondy numer 2, dlatego testy przeprowadziłem trzykrotnie. Wyniki zawsze były podobne. Uznałem, że jest jakiś problem z sondą o średniej gęstości i do dal-

szych testów wybrałem sondę o małej pojemności. Być może jeszcze lepsze wyniki udałoby się uzyskać, stosując sondę w postaci dwóch równoległych ścieżek, ale nie zamawiałem kolejnych PCB z sondami o różnych konstrukcjach. Jeśli Czytelnicy wykażą zainteresowanie, przeprowadzę kolejne testy.

Gdy już znany był zakres zmian pojemności, należało zastanowić się, jaką metodą pomiarową wybrać. Do testów został zakupiony gotowy czujnik (**fotografia 2**), który okazał się w praktyce nieużyteczny, ponieważ cały czas sygnalizował suchą glebę – być może w Chinach gleba ma inny skład chemiczny ;) W internecie znalazłem schemat czujnika wilgotności, przedstawiony na **rysunku 1**. Na schemacie widać obwód generujący sygnał prostokątny, który przez rezystor ładuje i rozładowuje badaną pojemność. Obwód złożony z diody, kondensatora i rezystora tworzy prostownik z filtrem.

Miałem wątpliwości co do skuteczności tej metody w przypadku małych pojemności (spadek napięcia na diodzie), dlatego zastosowałem nieco inne rozwiązanie. Pomiar polega na pomiarze czasu ładowania pojemności sondy przez rezystor 1 MΩ. Pierwot-

W telefonii powszechnie używane jest kodowanie G711u/aLaw, w którym próbki 12-bit zbierane z częstotliwością 8kHz (pasmo 4kHz) są kompresowane do 8-bit, po czym u odbiorcy dekompresowane z 8 na 12-bit. Pozwala to uzyskać większy odstęp sygnału od szumu podobnie jak kompresja dynamiki w radiu FM (premfaza i deemfaza) czy systemach redukcji szumu Dolby stosowanego przy zapisie dźwięku na taśmie magnetycznej.

nie do tego celu chciałem użyć mikrokontrolera AVR ATtiny13. Okazało się jednak, że tańszy i dużo lepszy jest ATtiny85, którego jedną z zalet jest interfejs debuggera. Przez myśl przeszł mi pomysł, że w 8kB FLASH można zmieścić sekundę nagrania jakości „telefonicznej” 8-bit 4kHz, dzięki czemu czujnik mógłby przemówić.

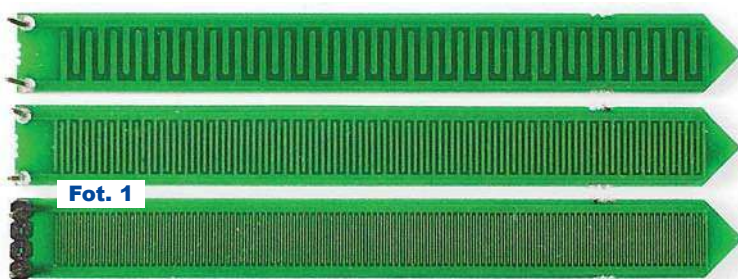


Tabela 1

Typ sondy	Pojemność własna sondy	Gleba sucha	Gleba mokra	Różnica mokra – sucha	Stosunek zmian (mokra-sucha)/pojemność własna
rzadka	50pF	204pF Δ+154	330pF Δ+280	126pF	252%
średnia	70pF	175pF Δ+105	385pF Δ+315	210pF	300%
gęsta	120pF	288pF Δ+108	507pF Δ+387	279pF	232%

Sekunda to niewiele a i program musi zająć część pamięci FLASH, szacunkowo ok. 1kB. Zacząłem szukać tanich mikrokontrolerów ARM i znalazłem **STM32G030**, który można kupić w obudowie 8-pin i **jest nieznacznie tańszy od Tiny85!** Zasoby, w porównaniu do Tiny85, są naprawdę imponujące. Z najważniejszych należy wymienić dużą pamięć FLASH (32kB) i 8kB RAM (tyle, co FLASH w T85!). Dokładniejsze zestawienie znajduje się w **tabeli 2**.

Po krótkiej reklamie STM32 opiszę zasadę działania programu, którego kody źródłowe są dostępne w materiałach dodatkowych. Fazę pomiaru rozpoczyna rozładowanie pojemności sondy:

```
//----- Przygotowanie pomiaru - Rozładowanie pojemności -----//
HAL_GPIO_WritePin( GPIOA, GPIO_PIN_12, GPIO_PIN_RESET );
HAL_Delay( 1 );
```

W kolejnej fazie następuje zerowanie licznika 14. Ustawienie portu PA12 powoduje ładowanie pojemności sondy:

```
//----- ładowanie pojemności
TIM14->CNT = 0;
HAL_GPIO_WritePin( GPIOA, GPIO_PIN_12, GPIO_PIN_SET );
HAL_Delay( 1 );
```

Wzrastające napięcie w czasie ładowania wywołuje przerwania na wejściu PC14, w którego obsłudze wywoływana jest funkcja „irqWejsciePomiarowe”:

```
void EXTI4_15_IRQHandler(void)
{
    /* USER CODE BEGIN EXTI4_15_IRQn 0 */

    extern void irqWejsciePomiarowe(void);
    irqWejsciePomiarowe();

    /* USER CODE END EXTI4_15_IRQn 0 */
    HAL_GPIO_EXTI_IRQHandler(GPIO_PIN_7);
    /* USER CODE BEGIN EXTI4_15_IRQn 1 */

    /* USER CODE END EXTI4_15_IRQn 1 */
}
```

W handlerze obsługi przerwania wejść 4..15 nie jest określone wejście, które wywołało przerwanie, a to dlatego, że tylko wejście 14 ma włączone przerwanie. W funkcji „irqWejsciePomiarowe” odczytywany jest czas zliczony przez timer14:

```
void irqWejsciePomiarowe(){
    uint8_t static nrPomiaru = LICZBA_POMIAROW;

    CzasLadowania = TIM14->CNT;
    uint32_t srednia;
    srednia += CzasLadowania;
    if( ! nrPomiaru ){
        SredniaLadowania = srednia / LICZBA_POMIAROW;
        srednia = 0;
    }
    nrPomiaru--;
    nrPomiaru &= LICZBA_POMIAROW-1;
}
```

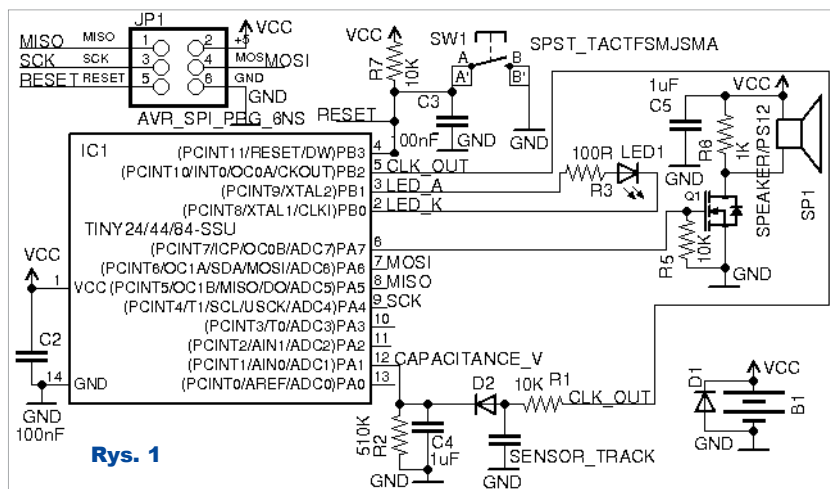
Wyniki kilku pomiarów są uśredniane i zapisywane w zmiennej „SredniaLadowania”, która jest porównywana z wartością alarmową, której przekroczenie powoduje odtworzenie sampelowanego dźwięku. Sample odtwarzane są przez PWM kanał 3 timera 3, którego konfigurację przedstawia **rysunek 2**. Handler przerwania timera 3 określa przyczynę przerwania, jeśli jest to przepełnienie licznika, wywoływana jest funkcja „irqPlaySample”:

```
void TIM3_IRQHandler(void)
{
    /* USER CODE BEGIN TIM3_IRQn 0 */

    extern TIM_HandleTypeDef htim3;
    if ( __HAL_TIM_GET_FLAG(&htim3, TIM_FLAG_UPDATE) != RESET)
```

Tabela 2	Tiny85	STM32G0
	-----	-----
Rdzeń	8-bit	32-bit
Zegar	20MHz	64MHz
FLASH	8kB	32kB
RAM	512B	8kB
EEPROM	512B	- *
Timery	2 (8 i 16 bit)	8 (16-bit) + SYS w rdzeniu
UART	-	2 (wykrywanie prędkości i końca ramki, sprzętowe sterowanie przepływem, sprzętowe sterowanie kierunkiem RS485)
I2C	USI **	2 (1MHz)
SPI	USI (10Mb/s) **	2 (32 Mb/s)
RTC	-	+
DMA	-	1 (5 kanałów)
ADC10-bit	10-bit	12-bit
WDG	+	2 (tradycyjny i okienkowy)
Generator CRC	-	+
Liczba poziomów przerwań	1	4
Kontroler przerwań	-	+
Interfejs IR	-	+

* - STM32 ma tak duży FLASH, że można w nim emulować EEPROM. Przeważnie w mikrokontrolerach EEPROM jest emulowany w pamięci FLASH „poza świadomością programisty”.
** - Albo I2C albo SPI. Oba interfejsy z silnym wspomaganie programowym. Realny transfer SPI ok. 5Mb/s.



Rys. 1

```
{
    if ( __HAL_TIM_GET_IT_SOURCE(&htim3, TIM_IT_UPDATE) != RESET)
    {
        extern void irqPlaySample(void);
        irqPlaySample();
    }

    /* USER CODE END TIM3_IRQn 0 */
    HAL_TIM_IRQHandler(&htim3);
    /* USER CODE BEGIN TIM3_IRQn 1 */

    /* USER CODE END TIM3_IRQn 1 */
}
```

W funkcji przerwania zapisywane są kolejne próbki do PWM:

```
void irqPlaySample(){
    uint8_t static div;
    if( --div == 0 ) {
        div = 4; // 16MHz / 4 / 2 = 7'812,5Hz

        uint8_t pwm = *pSample++;
        if( pwm & 0x80 ){ // Konwersja U8 na I8
            pwm = ~pwm;
            pwm++;
        }
        _HAL_TIM_SET_COMPARE(&htim3, TIM_CHANNEL_3, pwm );
    }
    if( --lenSample == 0 ) stanSample=0;
}
}
```

Próbka przed zapisaniem jest konwertowana ze zmiennej ze znakiem na zmienną bez znaku, dlatego nie można było skorzystać z mechanizmu DMA. Tak naprawdę co czwarte przerwanie następuje zapis kolejnej próbki do PWM, co pozwala uzyskać lepszą jakość dźwięku.

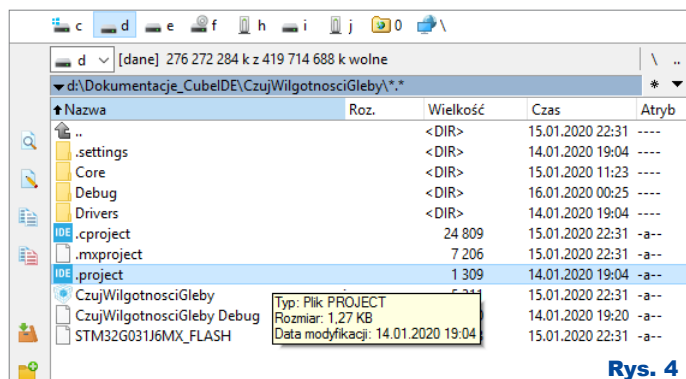
Czytelników, którzy chcieliby do pomiaru użyć Arduino i funkcji „PulseIn”, muszą rozczarować. Funkcja ta napisana jest źle (jak większość wszystkiego co dotyczy Arduino, nawet DigitalWrite ma poważne błędy). W konsekwencji pomiar krótkich czasów będzie obciążony dużymi błędami. Co je powoduje? Gdy przyjrzymy się funkcji:

```
unsigned long pulseIn(uint8_t pin, uint8_t state, unsigned long timeout)
{
    uint8_t bit = digitalPinToBitMask(pin);
    uint8_t port = digitalPinToPort(pin);
    uint8_t stateMask = (state ? bit : 0);

    unsigned long maxloops = microsecondsToClockCycles(timeout)/16;

    unsigned long width = countPulseASM(portInputRegister(port), bit, stateMask, maxloops);

    if (width)
        return clockCyclesToMicroseconds(width * 16 + 16);
    else
        return 0;
}
```

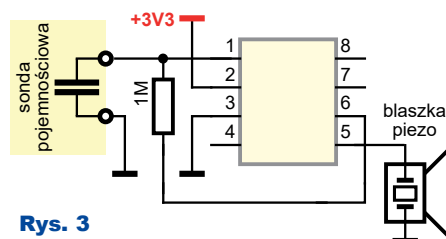


Rys. 4



oraz asemblerowej wstawce „countPulseASM” w pliku „wiring_pulse.S” (szkoda stron czasopisma na publikowanie tej źle napisanej funkcji, można ją znaleźć w materiałach dodatkowych), to zauważymy, że pomiar czasu realizowany jest programowo, a przerwania nie są zwieszane (globalne zawieszanie przerwania to zła praktyka stosowana między innymi w przypadku obsługi 1-Wire czy WS2812 w sytuacji, gdy można je obsłużyć bez zawieszania przerwania czy w przerwaniach), co w konsekwencji prowadzi do błędów, gdy w czasie pomiaru obsługiwane przerwanie, a są obsługiwane przerwanie od timera 0. Skorzystanie z wątpliwej jakości bibliotek obsługujących UART czy I2C używających przerwania wprowadzi kolejne błędy pomiarowe. Wydawać się może, że przed „PulseIn” wystarczy zablokować przerwania, a po jej wykonaniu odblokować, ale globalne zawieszanie przerwania jest złą praktyką. Dobrze

napisany program nie zawiesza globalnych przerwania, a biblioteki Arduino czynią to nader często (przeważnie zadanie można zrealizować bez zawieszania przerwania), z czego wynikają problemy, gdy próbuje połączyć się kilka funkcjonalności w jedną całość.



Rys. 3

Powstaje wtedy potworek bardzo podobny do Windows, który przez 25 lat nie rozwiązał problemów, które inne systemy rozwiązały ponad 30 lat wcześniej.

Przyznam, że nie znam Arduino na wylot, bo to, co poznałem, skutecznie mnie do Arduino zniechęciło. Nie znalazłem jeszcze poprawnie napisanej biblioteki dla Arduino, ale jeśli w banalnym DigitalWrite są błędy, to czemu na siłę mam szukać jednej dobrej biblioteki spośród tysięcy złych?

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany „na pająka” według schematu z rysunku 3 (przerysować). Prototyp został zbudowany z wykorzystaniem zestawu startowego STM32G0316-DISCO, zawierającego, tradycyjnie dla zestawów STM, programator/debugger ST-LINK. Zestaw można kupić za ok. 50zł, sam mikrokontroler za ok. 3zł. **Fotografie w artykule** pokazują model.

Zmontowany układ należy uruchomić. Potrzebne do tego będzie zainstalowanie środowiska CubeIDE, które można pobrać ze strony producenta mikrokontrolerów STM32 <https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubeide.html#tools-software>. Gdy środowisko jest zainstalowane i pobierze wymagane pliki z Internetu, można otworzyć projekt, klikając w ikonę projektu – **rysunek 4**. Kod kompilujemy, naciskając symbol młotka – **rysunek 5**. Raport z kompilacji ukazuje się w lewym oknie na dole, po prawej znajdziemy informacje o zajętości pamięci mikrokontrolera – **rysunek 6**. Program wgraliśmy do mikrokontrolera, naciskając symbol robaka – **rysunek 7**. Zanim to zrobimy, należy podłączyć



Rys. 5

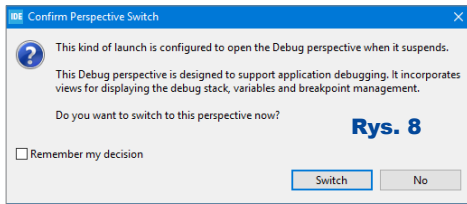
Rys. 6

Region	Start address	End address	Size	Free	Used	Usage (%)
RAM	0x20000000	0x20002000	8 KB	6,27 KB	1,73 KB	21,58%
FLASH	0x08000000	0x08008000	32 KB	6,74 KB	25,26 KB	78,84%

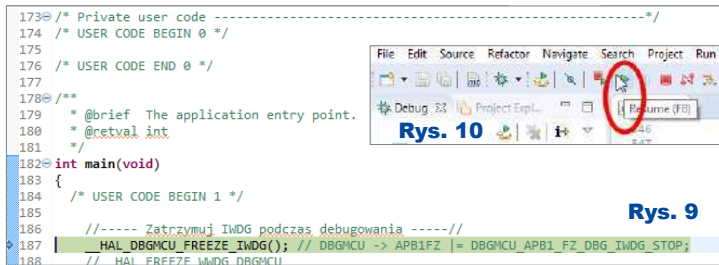
programator do mikrokontrolera, naturalnie gdy używamy zestawu DISCO-



Rys. 7

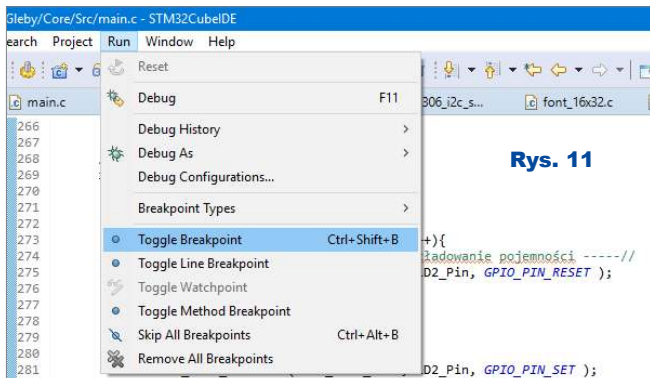


Rys. 8

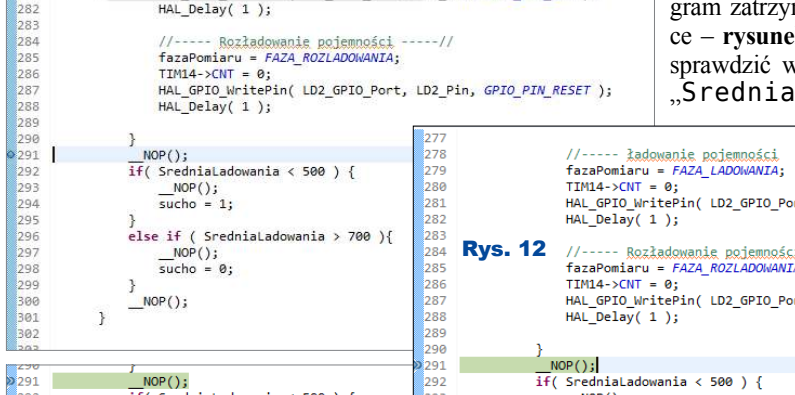


Rys. 10

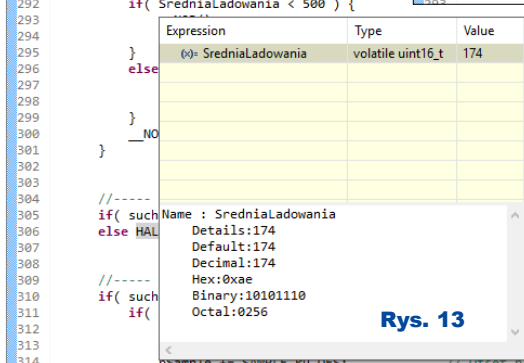
Rys. 9



Rys. 11



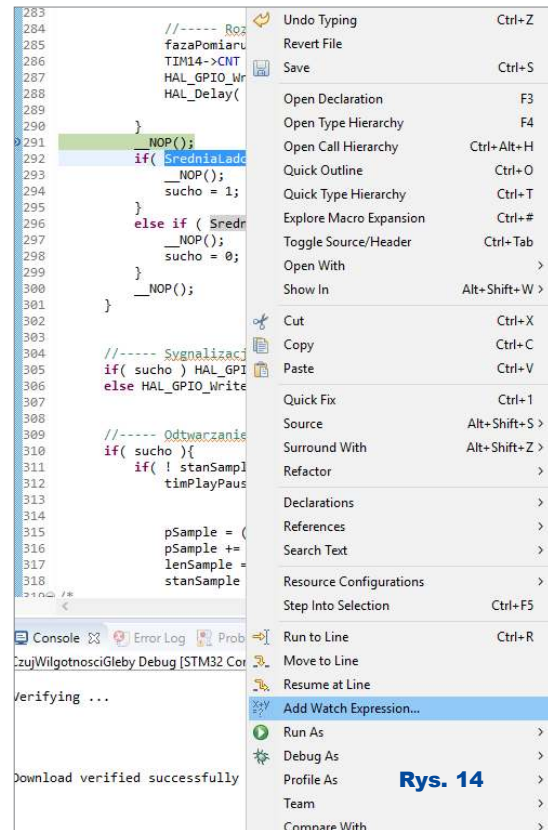
Rys. 12



Rys. 13

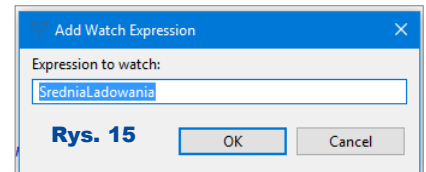
VERY, połączenie jest już wykonane. Liniję SWD CK programatora przyłączamy do wyprowadzenia 8 mikrokontrolera, SWD IO do wyprowadzenia 7. Po wgraniu programu do mikrokontrolera pojawi się okno informujące o przełączeniu widoku (rysunek 8) – naciskamy „Switch”. Można także, używając klawisza F11, program zarówno skompilować jak i po poprawnej kompilacji wgrać do mikrokontrolera. Program zatrzyma się na pierwszej linii programu – rysunek 9. Aby go uruchomić, należy nacisnąć przycisk „PLAY” (rysunek 10) lub klawisz F8.

Aby ustawić próg wilgotności uznawany za suchą glebę, należy w niej umieścić sondę. W programie w linii 291 trzeba ustawić pułapkę. Można zrobić to na kilka sposobów. Najwygodniejszy to kliknąć dwa razy na niebieskim pasku przed numerem linii. Można też wybrać opcję z menu – rysunek 11 lub nacisnąć kombinację CTRL+SHIFT+B. Po uruchomieniu (F8) program zatrzyma się na pułapce – rysunek 12. Wystarczy sprawdzić wartość zmiennej „SredniaLadowania”, aby wiedzieć, jaka wartość zliczona przez licznik odpowiada

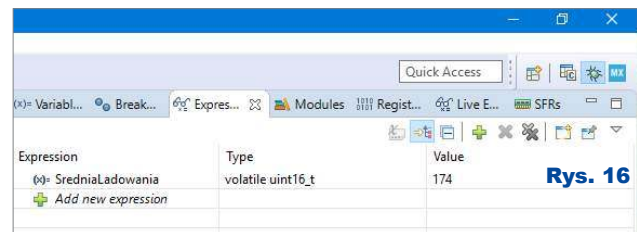


Rys. 14

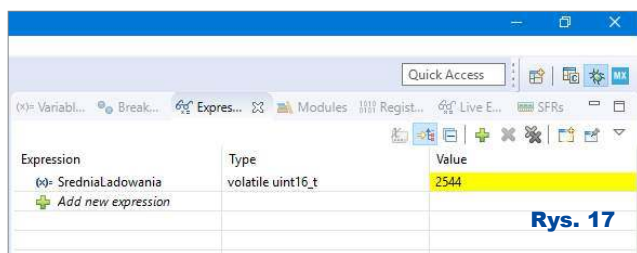
zrobić, najprościej zaznaczyć zmienną, po czym nacisnąć prawy klawisz myszki i wybrać z menu „Add Watch Expression...” – rysunek 14. W oknie, które się pojawi, naciskamy OK – rysunek 15. Od tej chwili zmienna jest widoczna w okienku – rysunek 16. Po każdym zatrzymaniu programu ujrzymy nowe wartości zmiennych. Istnieje możliwość obserwowania



Rys. 15



Rys. 16



Rys. 17

glebie suchej. Jak odczytać wartość zmiennej? Wystarczy umieścić na niej kursor i chwilę zaczekać, aby zobaczyć okno z informacjami o zmiennej – rysunek 13. Takie podglądanie wielu zmiennych byłoby niewygodne, dlatego można umieścić podgląd w okienku zakładki „Expressions” z prawej strony. Aby to

wartości zmiennych on-line, ale to temat na inną okazję. Zmienne, które zmieniły wartość, wyświetlane są na żółtym tle – **rysunek 17**. Znając wartość gleby suchej, można zmodyfikować wartości warunków, które decydują, kiedy gleba jest sucha, a kiedy mokra:

```
if( SredniaLadowania < 500 ) {
    sucho = 1;
}
else if ( SredniaLadowania > 700 ) {
    sucho = 0;
}
```

Przygotowanie sampli. Plik dźwiękowy należy skonwertować do standardu WAV 8-bit 8kHz. Do tego celu użyto Audio Online Convertera dostępnego pod linkiem <https://audio.online-convert.com/>. Ustawienia konwersji prezentuje **rysunek 18**. Plik WAV należy skonwertować do postaci kodu źródłowego w C. W tym celu można użyć programu „bin2c.exe” dostępnego w materiałach dodatkowych. Wygenerowany plik należy umieścić w katalogu projektu i dołączyć dyrektywą „include” do programu:

```
#include "../Sample/kwaiatek_usycha_8bit_8kHz.h"
```

Trzeba jeszcze ustawić kilka definicji:

```
#define SAMPLE_ku_OFs 0xAA
#define SAMPLE_ku_DATA kwaiatek_usycha_8bit_8kHz_wav
#define SAMPLE_ku_LEN (kwaiatek_usycha_8bit_8kHz_wav_size - SAMPLE_ku_OFs)
```

SAMPLE_ku_OFs to offset wskazujący, gdzie zaczynają się dane sampli. Program mógłby te dane odczytać z nagłówka pliku, ale ze względu na to, że to program demonstracyjny, zdecydowano się na ręczne ustawienie

offsetu, a przy okazji można poznać strukturę pliku WAV. Plik składa się z **CHUNK**-ów. Pierwszy **CHUNK** tworzy ciąg „RIFF”, kolejne cztery bajty to rozmiar pliku – **rysunek 19**. Kolejny **CHUNK** zaczyna się zaraz za pierwszym, tworzy ciąg „WAVEfmt” i ma rozmiar 16 bajtów (czerwone podkreślenie na **rysunku 20**). Nie będę opisywał struktury **CHUNK**-a, w której zawarte są informacje o częstotliwości próbkowania, liczbie kanałów, wielkości próbek itp., bo wiemy, w jakim formacie

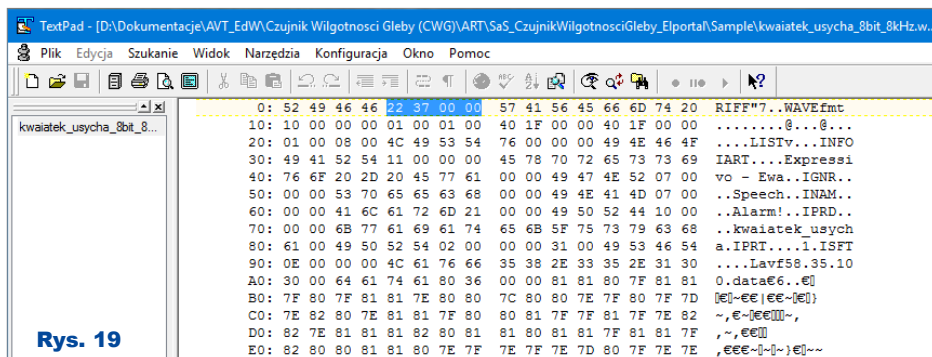
plik został zapisany. Od adresu 0x24 znajduje się kolejny **CHUNK** „LIST” – **rysunek 21**. Nie jest

to standardowy **CHUNK**, jest on dodawany przez program „Expresso”. Jego wielkość to 0x76 bajtów. Aby wyliczyć adres kolejnego **CHUNK**-a, do adresu bieżącego dodajemy jego rozmiar + 8 bajtów (osiem bajtów to

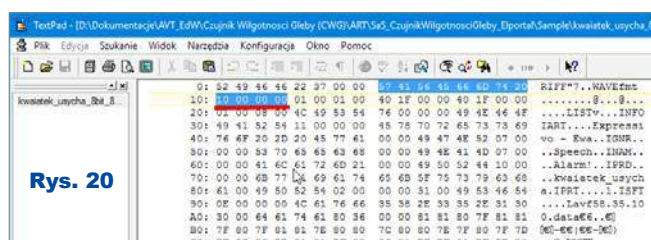
nazwa **CHUNK**-a i dane o jego rozmiarze). Wynik działania $0 \times 24 + 0 \times 76 + 8 = A2$. Pod adresem $0 \times A2$ znajduje się **CHUNK** „data” – **rysunek 22**. Jego rozmiar to 0x3683 czyli 13952 bajtów. Od adresu 0xAA zaczynają się dane sampli i taką wartość należy przypisać do **SAMPLE_ku_OFs**. Można zaoszczędzić kilkadziesiąt bajtów **FLASH**, w tym przypadku 170 (0xAA), ustalając offset na 0 i jednocześnie wycinając z dołączanego pliku owe 170 bajtów.

Instalację i obsługę CubeIDE opisałem bardzo pobieżnie. Wynika to z tego, że nie da się w kilku zdaniach opisać nawet podstawowej obsługi tak potężnego narzędzia. Na ten cel trzeba by przeznaczyć kilkanaście stron czasopisma. Jeśli Czytelnicy są zainteresowani takim artykułem, proszę o e-maile do redakcji.

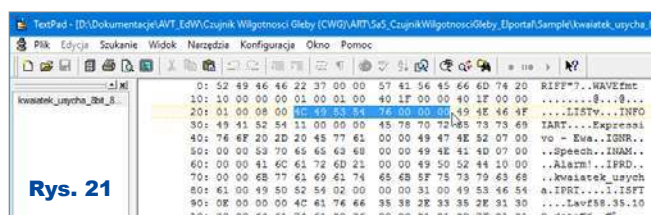
SaS
sas@elportal.pl



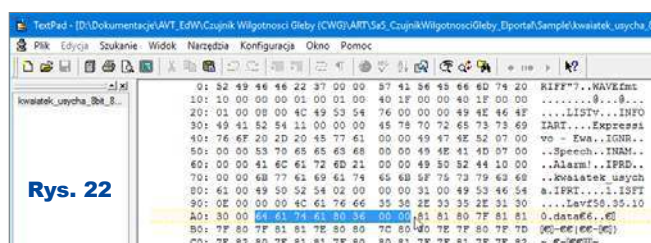
Rys. 19



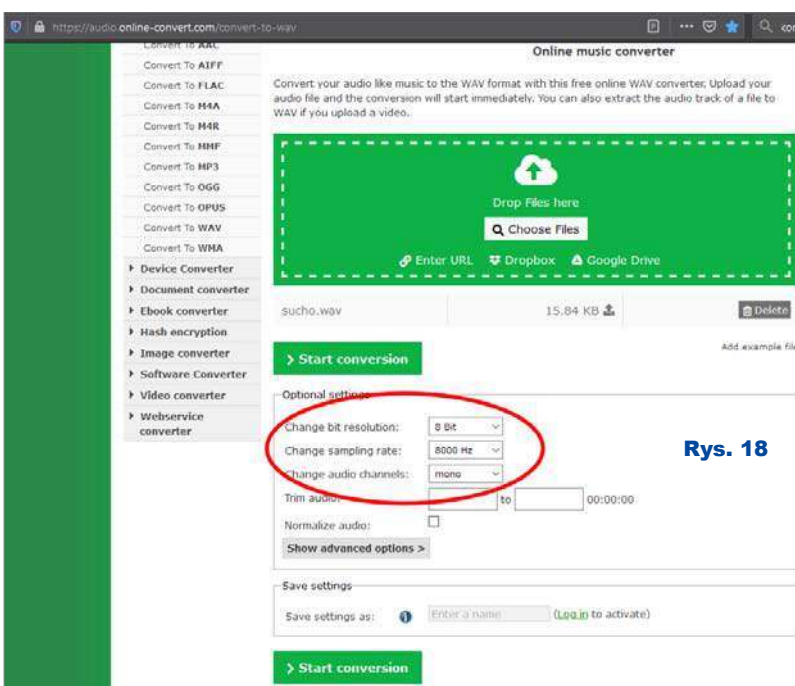
Rys. 20



Rys. 21



Rys. 22



Rys. 18

Infinity – system automatyki domowej Montaż i instalacja

W poprzednich odcinkach opisane były wszystkie moduły wchodzące w skład systemu. Mając przygotowane wszystkie detale, można przystąpić do prac montażowych i instalacyjnych. Jak zapewne dało się zauważyć, znakomita większość modułów systemu jest przystosowana do montażu na szynie DIN (szyna DIN to standard metalowej szyny montażowej wykorzystywanej głównie do montażu modułów aparatury elektrycznej, jak wyłączniki nadprądowe popularnie nazywane bezpiecznikami, wyłączniki różnicowoprądowe oraz innych urządzeń elektrycznych i elektronicznych w rozdzielniach elektrycznych). Opisywany system automatyki domowej w dużej mierze integruje się z domową instalacją elektryczną. Niektóre elementy systemu wymagają zasilania 230VAC (jak przykładowo wentylatory czy pompy obiegowe). Istotnym elementem całości jest również zasilacz dla poszczególnych modułów. Uważny Czytelnik zapewne dostrzegł, że wszystkie moduły elektroniczne wymagają napięcia zasilającego o wartości 12V. Warto te wszystkie elementy oddzielić indywidualnymi wyłącznikami nadprądowymi od pozostałej instalacji domowej, by czasami występujące awarie sieci domowej nie wpływały na pracę systemu automatyki (przykładowo zdarza się, że przy włączaniu przepala się klasyczna żarówka i jednocześnie „wysadza bezpieczniki”).



Fot. 1

Każdy majsterkowicz, budując urządzenie, staje przed problemem, który można określić jednym słowem: obudowa. Biorąc pod uwagę wszystkie te aspekty, dobrym rozwiązaniem staje się wykorzystanie obudów przeznaczonych do montażu na szynę DIN. W ofercie handlowej jest szeroki ich wybór: obudowy o różnej szerokości. Są one wykonane z tworzywa sztucznego, więc dają się łatwo obrabiać w warunkach domowych. **Fotografia 1** pokazuje moduł pomiarowy czujnika wilgotności opisany w jednym z poprzednich numerów czasopisma.

Do zasilania wszystkich modułów wykorzystany jest zasilacz impulsowy pozwalający uzyskać kilka amperów prądu. Jest to „element z odzysku”, pochodzi od jakiegoś urządzenia, które wymagało zewnętrznego napięcia zasilającego o wartości 12A. Rozwiązanie było typowe: niewielka plastikowa obudowa z kablem do gniazda zasilającego oraz kabelkiem do zasilanego urządzenia (jak choćby ładowarka do przenośnych komputerów). Po rozłupaniu obudowy, z oryginalnego zasilacza zostało usunięte złącze zasilania 230VAC i w jego miejsce wlutowano przewody zasilające. Są to trzy przewody w następujących kolorach (zgodnie z ogólnie przyjętymi zasadami w instalacjach elektrycznych):

- żółto-zielony jako przewód ochronny (odpowiednik bolca uziemiającego

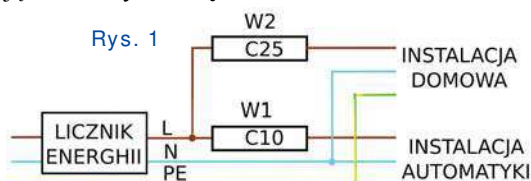


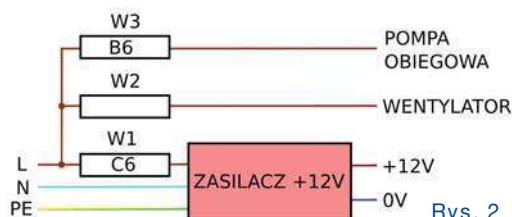
Fot. 2

go w gniazdku elektrycznym),
- niebieski jako przewód do linii N („zera” w gniazdku),
- brązowy jako przewód do linii L („fazy” w gniazdku).

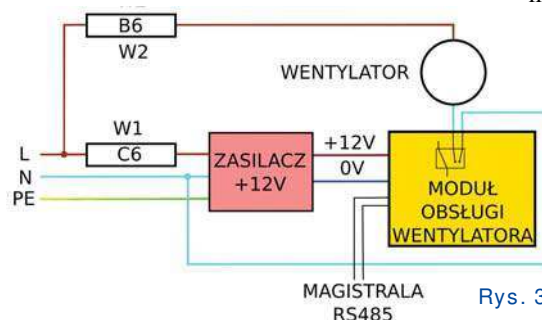
Po odpowiednich adaptacjach zasilacz do modułów automatyki pokazuje **fotografia 2**. Ideę wspomnianej wcześniej niezależności instalacji pokazuje schematycznie **rysunek 1**.

Rys. 1





Rys. 2



Rys. 3

Tuż za licznikiem energii elektrycznej instalacja rozdziela się na dwie gałęzie. Jedna gałąź, zabezpieczona wyłącznikiem nadprądowym W2 (C25 oznacza, że wyłącznik jest zwłoczny z limitem prądu o wartości 25A) jest standardową instalacją domową. Druga gałąź z wyłącznikiem W1 (6A o charakterystyce C) jest przeznaczona wyłącznie do celów systemu automatyki.

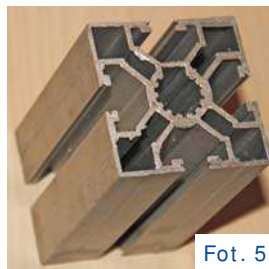
Rozwiązanie samej instalacji systemu automatyki pokazuje schema-

tycznie **rysunek 2**. Tutaj poszczególne jej elementy są zabezpieczone indywidualnymi wyłącznikami nadprądowymi. Wyłącznik W1 (zwłoczny na 6A prądu) jest przewidziany na zasilacz (fotografia 2). Pozostałe wyłączniki W1 i W2 (B6 oznacza wyłącznik bezzwłoczny z limitem prądu wynoszącym 6A) są przewidziane do zasilania wentylatora oraz pompy obiegowej wymuszającej cyrkulację wody w instalacji centralnego ogrzewania.

Przyłączenie wentylatora do systemu automatyki pokazuje schematycznie **rysunek 3**. Wymagane jest zasilanie 230V (linia L), które jest doprowadzone do silnika wentylatora poprzez wyłącznik nadprądowy W2. Włączanie wentylatora realizuje przekaźnik elektromagnetyczny zawarty w odpowiednim module sterującym. Jego zadaniem jest połączyć drugie wyprowadzenie silnika wentylatora z linią N sieci elektrycznej. Sam moduł wymaga zasilania +12V oraz przyłączenia do głównej magistrali komunikacyjnej RS485. Na identycznej zasadzie są sterowane wszystkie pozostałe elementy automatyki, jak przykładowo pompa obiegowa do wody.

Większość modułów umieszczona jest w jednym miejscu, jednak kilka z nich znajduje się obok sterowanych urządzeń. Przykładem jest obsługa pompy obiegowej wymuszającej cyrkulację wody w instalacji CO. Moduły

z tym związane zamontowane są w niewielkiej skrzynce instalacyjnej obok pieca (**fotografia 3**). Jest ona dedykowana na moduły związane z obsługą pompy: pomiar temperatury w kotle. Sonda temperatury jest umieszczona w specjalnej wnęce pieca przewidzianej do instalacji elementów pomiarowych (**fotografia 4**). Główne elementy systemu są umieszczo-



Fot. 5

ne w specjalnie zbudowanej szafie. Jej konstrukcja opiera się o profile aluminiowe pokazane na **fotografii 5 i 6**, które są skręcone ze sobą. Do nich (fotografia 6) mocowane są wszyst-



Fot. 6

kie elementy wyposażenia szafy 19-calowej. W ofercie handlowej znajduje się wiele elementów przeznaczonych do ich wyposażenia. Wystarczy w przeglądarce internetowej wpisać frazę *elementy wyposażenia szafy rack*, by poznać bogatą ofertę przydatnych detali wraz ze wskazaniem na ich dystrybutorów. Z tej oferty wykorzystane są przede wszystkim moduły instalacyjne z szyną DIN (tu są umieszczone wszystkie wyłączniki nadprądowe oraz większość modułów systemu automatyki) oraz proste zaślepki (za którymi ukryte są złącza dystrybucji napięć zasilających oraz złącza magistrali RS485).

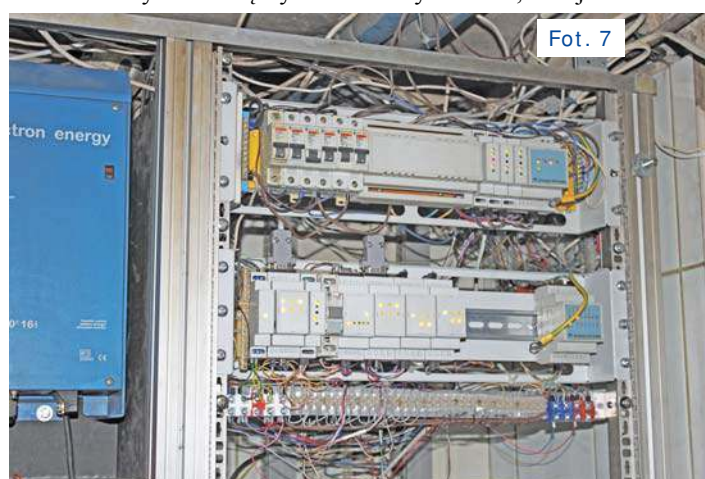
Po zainstalowaniu wymaganych elementów całość pokazuje **fotografia 7**. Znajduje się tam również sam serwer www. W odróżnieniu od niewielkich modułów wykonawczych, pomiarowych oraz komunikacyjnych, sam serwer jest umieszczony w obudowie przystosowanej do szaf 19-calowych. Jest to metalowa obudowa z odzysku po jakimś urządzeniu komunikacyjnym używającym sieci ethernetowej. Ma ono na tylnej ścianie odpowiednie otwory na złącze RJ45 do przyłączenia sieci oraz otwory do złączy szufladowych DB9, co jest



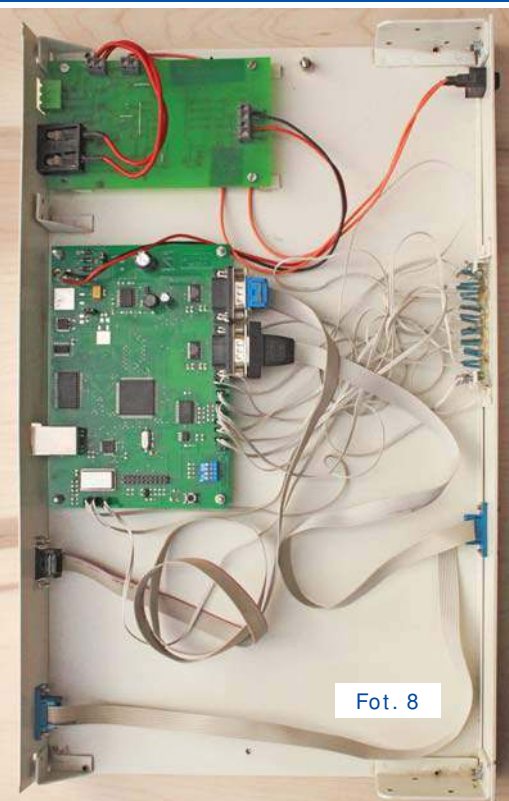
Fot. 3



Fot. 4



Fot. 7

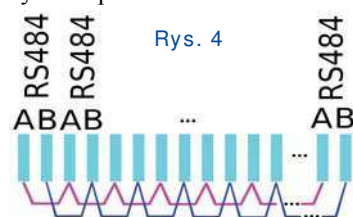


Fot. 8

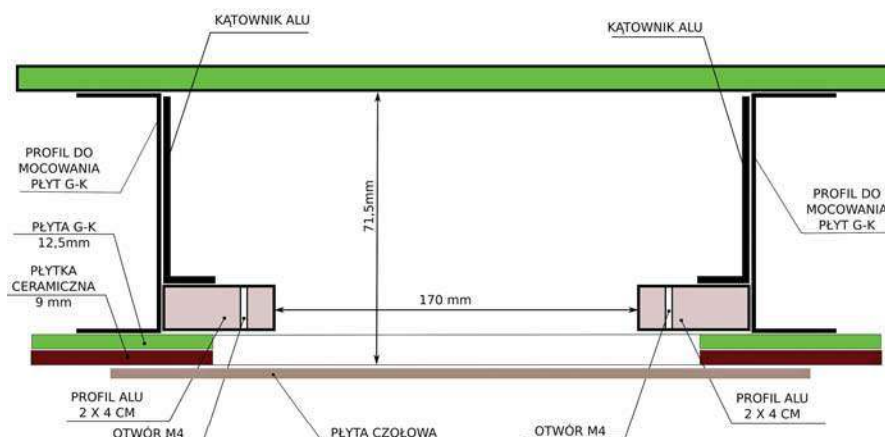
bardzo istotnym elementem, gdyż odpada problem ich wykonania, a zrobienie otworów pilnikiem nie należy do zajęć fascynujących (**fotografia 8**). Można ewentualnie zastosować obudowy wykonane z tworzyw sztucznych, co znacząco zmniejsza pracochłonność wymaganą do adaptacji „czystej” obudowy do naszych celów. W handlu jest bogata oferta takich elementów. W moim przypadku wykorzystałem istniejący detal obudowy, a jedyna praca adaptacyjna sprowadziła się do usunięcia zbędnych elementów z zasilacza (urządzenie było przystosowane do zasilania napięciem 48V) i zostawienia jedynie złącza zasilającego (odpadły problemy z mocowaniem do obudowy jakiegokolwiek złącza zasilającego, **fotografia 9**).

Wykonanie magistrali komunikacyjnej RS485 bazuje na listwach zaciskowych, a koncepcję budowy pokazuje **rysunek 4**.

Część modułów umieszczona jest w specjalnie do tego przygotowanej wnęce w ścianie. Sama ściana jest wykonana z płyt gipsowo-kartonowych przymocowanych do profili o szerokości 5cm.



Rys. 4

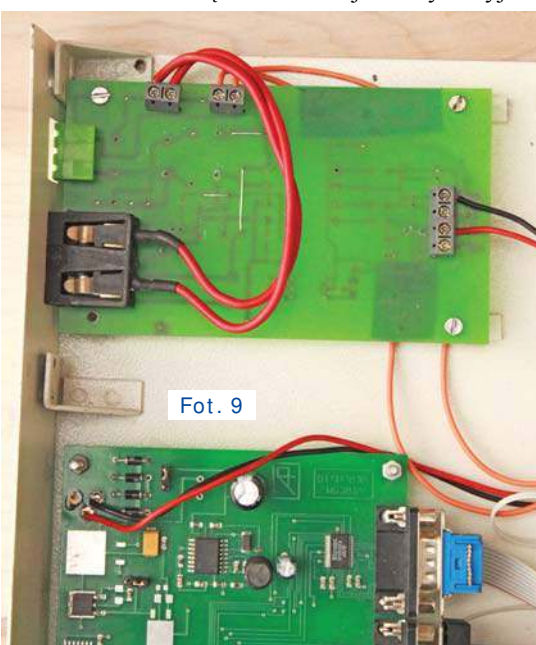


Rys. 5

Do profili mocujących płyty G-K przykręcona jest specjalna ramka wykonana z prętów aluminiowych, w których co 4 cm wykonany jest nagwintowany otwór na śruby M4. Koncepcję pokazuje **rysunek 5**. Daje to wnękę o głębokości około 7 cm. Właśnie ten wymiar determinował kształt płytek drukowanych modułów przewidzianych do lokalnego prezentowania danych pomiarowych.

Trudno mówić w tym przypadku o obudowach urządzeń. Raczej należy

je traktować jako moduł przymocowany do płyty czołowej, która jest mocowana przez dwie śruby M4 do prętów aluminiowych umocowanych w konstrukcji ściany. Rozwiązanie mechaniczne pokazuje **fotografia 10**. Szczegóły rozwiązania są widoczne na **fotografii 11**. Element klawiatury jest przymocowany do odpowiedniego wspornika z nakrętkami po obu stronach (wspornika). To rozwiązanie pozwala precyzyjnie ustawić płytkę PCB klawiatury

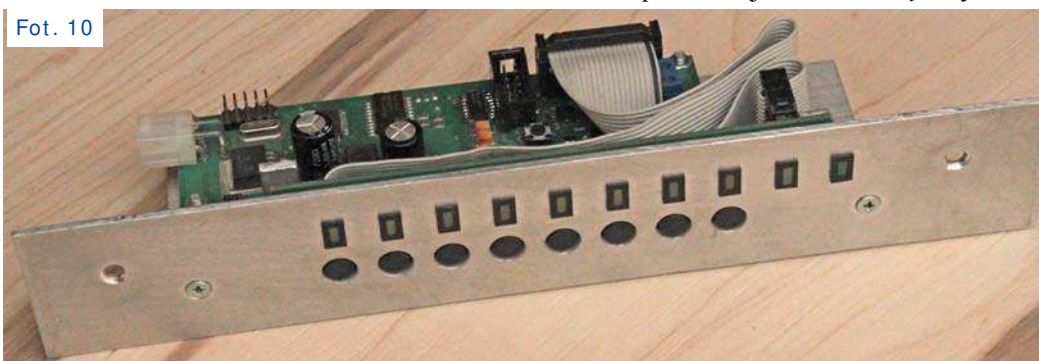


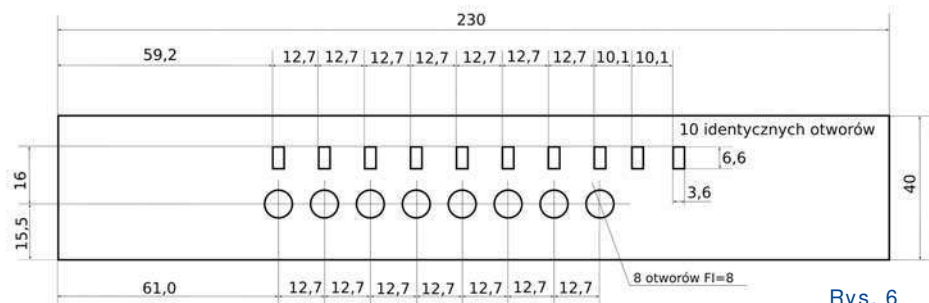
Fot. 9

tak, by powierzchnia przycisków klawiatury była zgrana z powierzchnią płyty czołowej. Oczywiście należy pamiętać, że przy takiej koncepcji mocowania płytka PCB nie może mieć wlutowanych LED-ów. Wszystkie diody LED wraz z odpowiednim klipsem są włożone „od zewnątrz” i przyłutowane do PCB dopiero po właściwym „wyregulowaniu na śrubach” położenia płytki PCB. Warto wykonać tę czynność starannie, gdyż wymiana diody LED jest dosyć kłopotliwa.

Najbardziej kłopotliwym do zrealizowania elementem jest sam panel czołowy. Nikogo nie trzeba przekonywać, że jego wykonanie w warunkach domowych jest bardzo kłopotliwe (jeśli chce się uży-

Fot. 10





Rys. 6

skąć odpowiednią jakość wykonania). Zamiast samotnie walczyć za pomocą pilnika z blachą aluminiową, można wykorzystać to, co oferuje współczesna technologia: cięcie wodą. Sprowadza się to do wykonania rysunku detalu, posilując się odpowiednim programem narzędziowym (program typu AUTOCAD, w sieci można znaleźć niekomercyjne oprogramowania o tej funkcjonalności). Ostatecznie można taki plik wygenerować, posilując się programem graficznym Inkscape. W wyniku uzyskuje się plik (z rozsze-

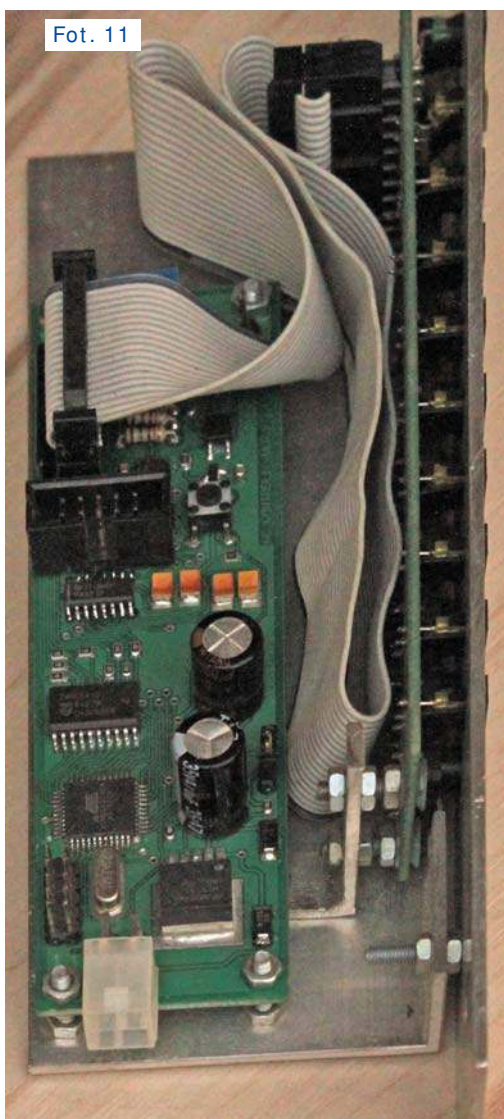
zeniem DXF), zawierający dane dla odpowiednich maszyn numerycznych. Jeżeli obawiasz się, Czytelniku, że sobie nie poradzisz, to zakłady usługowe wykonujące cięcie wodą mogą taki rysunek wprowadzić do maszyny, posilując się dobrze zwymiarowanym rysunkiem na papierze. Oczywiście podstawą do wykonania rysunku jest projekt płytki PCB. Rysunek panelu przedniego do modułu zarządzającego wyświetlaniem pokazuje **rysunek 6**. Płyty czołowe innych modułów również zostały wykonane w tej samej technologii.

Trochę odmiennie rozwiązane jest mocowanie modułów wyświetlaczy 7-segmentowych. Cały moduł, oprócz elementów elektronicznych, składa się z dwóch detali: profilu aluminiowego typu C (**fotografia 12**) oraz samej płyty czołowej (**fotografia 13**). Wykonując odpowiednie otwory w detalu aluminiowym (**fotografia 12**), nie należy specjalnie przejmować

się precyzją i jakością ich wykonania (detal ten nie jest widoczny). Oba te elementy są ze sobą skręcone, natomiast ideę mocowania zespołu elektronicznego pokazuje **fotografia 14** (więcej fotografii można znaleźć w materiałach dodatkowych w Elportalu). Odpowiedni kawałek nagwintowanego pręta M3 (jaki można nabyć bez problemów w odpowiednich hipermarketach) stanowi element mocujący i ustalający modułu wyświetlacza. To rozwiązanie również pozwala precyzyjnie ustawić elementy tak, by powierzchnia samego wyświetlacza była zgrana z powierzchnią panelu czołowego.

Należy pamiętać, że modyfikacja domowej instalacji elektrycznej wymaga posiadania odpowiednich uprawnień. Również sam montaż docelowy wymaga odpowiednich kwalifikacji, gdyż niektóre elementy są przyłączone do napięcia 230V. Popularne twierdzenie, że *elektryka prąd nie tyka* nie jest prawdziwe, o czym zdarzyło mi się przekonać na własnej skórze. W niektórych sytuacjach warto poprosić kogoś, kto ma odpowiednie kwalifikacje. Uruchamianie samych modułów nie stanowi żadnego zagrożenia dla życia i zdrowia, gdyż napięcie o wartości 12V jest uznawane za bezpieczne.

Andrzej Pawluczuk
apawluczuk@vp.pl



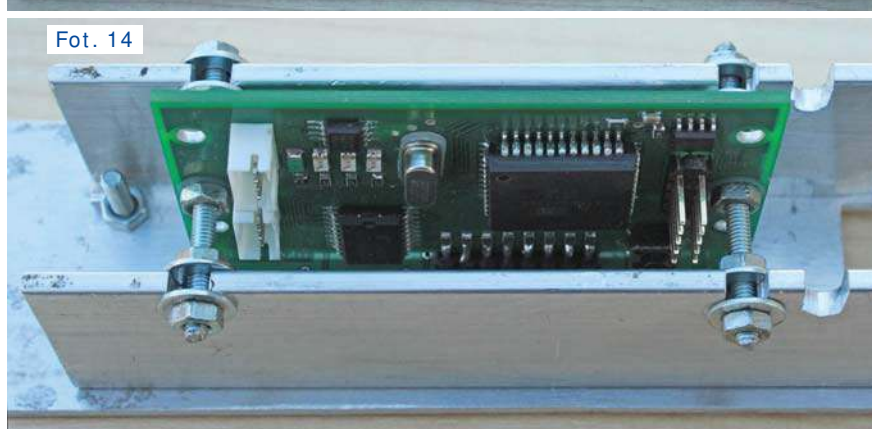
Fot. 11



Fot. 12



Fot. 13



Fot. 14

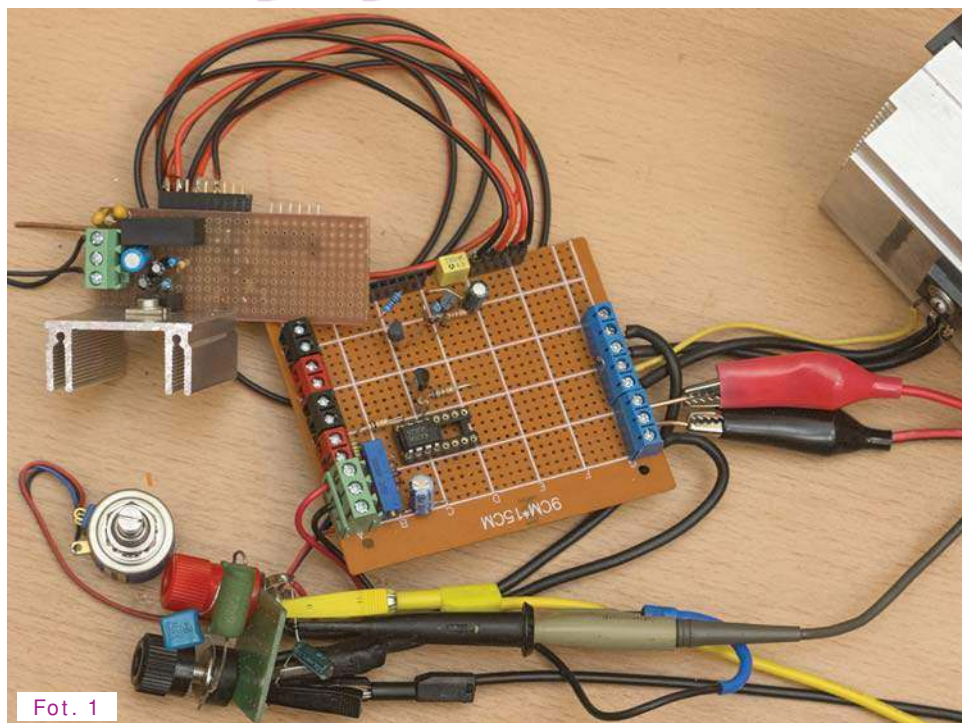
Taki zwyczajny zasilacz...

Część 6 – Parametry dynamiczne

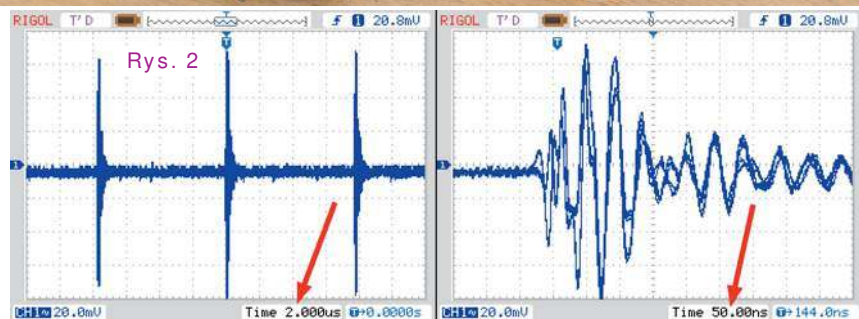
W poprzednim odcinku badaliśmy i zwalczaliśmy zakłócenia wprowadzane przez małą przetwornicę. Okazało się, że nawet taka mała przetwornica daje na ekranie oscyloskopu znaczące zakłócenia. Niektóre nie są groźne, bo nie pochodzą z zasilacza, ale przez pole elektromagnetyczne i przewody przedostają się do sondy oscyloskopu i mogłyby fałszować pomiary. Prostim sposobem jest odsunięcie przetwornicy od głównej części naszego zasilacza. Wykonałem odpowiedni czteroprzewodowy przedłużacz o długości ponad pół metra. Przy okazji przeniósłem obwody źródła prądowego na płytkę główną. Widać to na **fotografii 1**.

Niestety, po dołączeniu do zacisków wyjściowych zasilacza sondy oscyloskopu na ekranie nadal widać było zakłócenia o częstotliwości powtarzania około 128kHz. Jak pokazuje **rysunek 2**, były to paczki przebiegów o częstotliwości rzędu 20MHz. Nie pochodziły więc z naszego zasilacza, który aż tak szybki nie jest. Zakłócenia te przedostawały się do oscyloskopu z przetwornicy oddalonej jakieś pół metra głównie za pomocą przewodów przy współudziale obwodów masy i uziemienia. Do tego problemu wrócimy, ale ja na razie odłączyłem przetwornicę i jako źródło górnego napięcia pomocniczego wykorzystałem stary 12-woltowy zasilacz wtyczkowy z klasycznym transformatorem. Po tej zmianie na zaciskach wyjściowych oscyloskop pokazał gładki przebieg (**rysunek 3**), a szumy o amplitudzie rzędu 1 miliwolta w większości są szumami oscyloskopu, a nie zasilacza, co zresztą później będziemy chcieli sprawdzić.

Dopiero teraz mogłem bez obaw o zakłócenia impulsowe wrócić do walki z samowzbudzeniem i do optymalizacji parametrów naszego zasilacza.

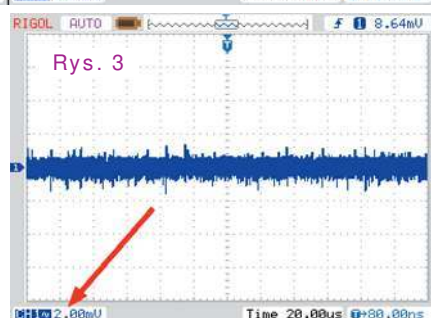


Fot. 1



cza. Już wcześniej stwierdziliśmy, że nasz zasilacz się wzbudza i że przyczyną oscylacji jest zbyt duże wypadkowe wzmocnienie napięciowe, na które składa się i wzmocnienie wzmacniacza operacyjnego, i tranzystora T3.

W pierwszym kroku na pewno trzeba zmniejszyć wypadkowe wzmocnienie, na które składa się wzmacniacz operacyjny U3A i tranzystor T3.



Tak, ale ogólnie wiadomo, że czym większe wzmocnienie, tym bardziej precyzyjna jest regulacja (byle tylko nie doprowadzić do samowzbudzenia). Obniżyć wzmocnienie i usunąć samowzbudzenie można na różne sposoby, ale to niewątpliwie będzie wiązać się ze zmianą właściwości zasilacza, a mówiąc wprost: z pogorszeniem niektórych parametrów.

Ścisłej biorąc, problemem jest wzmocnienie w zakresie wyższych częstotliwości, rzędu kiloherców, na których wzbudza się zasilacz.

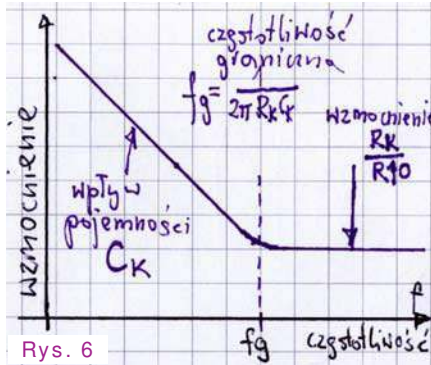
Nasz układ jest elastyczny i mamy różne możliwości. Tranzystor T3 pracuje w układzie wspólnej bazy. Jak wiadomo, wzmocnienie napięciowe jest wyznaczone przez stosunek rezystancji kolektorowej R_C do rezystancji emiterowej R_E (rysunek 4). W naszym przypadku (patrz rysunki 1, 2 w EdW 11/2019 str. 66) rezystancja emiterowa jest praktycznie równa, niewiele większa od rezystancji R_{10} . A rezystancja kolektorowa?

Jak na razie jest ona ogromna, bo obciążeniem kolektora T3 nie jest rezystor, tylko obwód kolektora tranzystora T1, który pracuje jako źródło prądowe. A jak wiadomo, źródło prądowe teoretycznie ma dynamiczną rezystancję nieskończenie wielką. W praktyce rezystancja kolektorowa T3 jest równoległym połączeniem dużych wyjściowych rezystancji dynamicznych T3 i T1 (pomijamy wpływ bramki głównego MOSFET-a T_R).

Aby zmniejszyć wzmocnienie napięciowe tranzystora T3, trzeba albo zwiększyć wartość rezystora R_{10} , co z uwagi na planowaną rozbudowę nie jest zbyt dobrym pomysłem, albo zmniejszyć rezystancję kolektorową. Jednak zastąpienie tranzystora T1 rezystorem albo złącznikowanie T1 rezystorem nie byłoby sensownym rozwiązaniem z kilku powodów.

Nam zależy w sumie na obniżeniu wzmocnienia w zakresie wyższych częstotliwości, a duże wzmocnienie stałoprądowe nie tylko nie przeszkadza, ale jest jak najbardziej pożądane. Dlatego w obwodzie kolektora T3 dodamy rezystor, ale połączony w szereg z kondensatorem. Mamy dwie możliwości pokazane na rysunku 5.

Masa jest głównym punktem odniesienia, więc wybierzemy wersję A zaznaczoną kolorem zielonym.

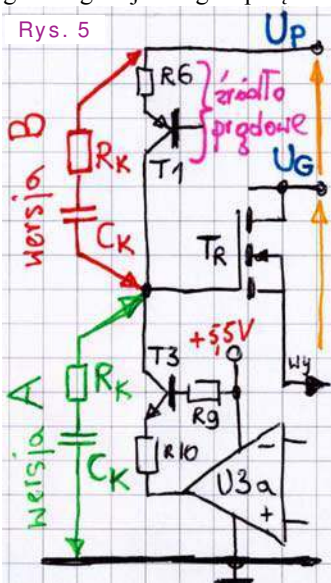


Rys. 6

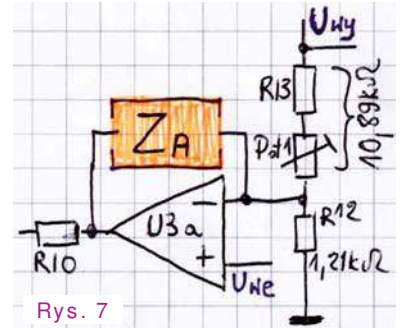
W wersji B (kolor czerwony) tętnienia głównego napięcia zasilania U_G , przenoszące się do pomocniczej szyny zasilania U_P i dalej przez obwód R_K , C_K na bramkę TR i wyjście zasilacza musiałyby być kompensowane przez pętlę regulacji, co utrudniałoby zadanie wzmacniaczowi U3A. Wersja A (zielona) jest w naszym przypadku znacznie lepsza.

Po dodaniu elementów R_K , C_K wzmocnienie stałoprądowe tranzystora T3 nadal będzie bardzo duże. Natomiast dla wysokich częstotliwości wzmocnienie napięciowe będzie wyznaczone przez stosunek R_K / R_{10} . A wartość pojemności C_K wraz z rezystancją R_K określi częstotliwość, poniżej której wzmocnienie będzie wzrastać, jak pokazuje rysunek 6.

Z kolei we wzmacniaczu operacyjnym możemy po prostu dodać obwód lokalnego ujemnego sprzężenia



Rys. 5

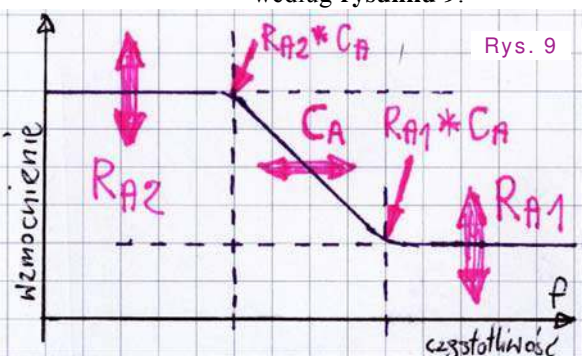
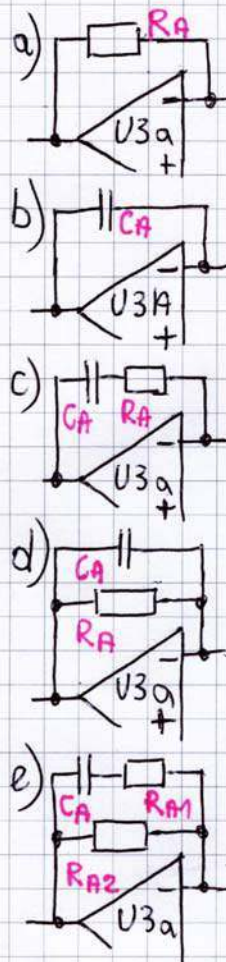


Rys. 7

zwrotnego z wyjścia na wejście odwracające według rysunku 7, pamiętając, że układ U3A w roli wzmacniacza błędów

pracuje w konfiguracji odwracającej i że wypadkowa rezystancja dzielnika R_{12} , R_{13} , Pot 1 wynosi około 1,1 kilooma. Znow mamy różne możliwości: Możemy obniżyć wzmocnienie w całym paśmie przenoszenia, dodając w roli impedancji Z_A rezystor sprzężenia zwrotnego, jak pokazuje rysunek 8a. Możemy tam włączyć kondensator według rysunku 8b. Możemy też włączyć obwód RC – rysunki 8c, 8d. Kolejną opcję pokazuje rysunek 8e.

Dzięki temu możemy rozmaicie kształtować charakterystykę częstotliwościową wzmacniacza operacyjnego. Przykładowo w wersji z rysunku 8c otrzymamy charakterystykę jak na rysunku 6. Z kolei w wersji z rysunku 8e dla niskich częstotliwości wzmocnienie wyznaczy rezystor R_{A2} . Gdy ze wzrostem częstotliwości reaktancja C_A stanie się mniejsza od R_{A2} , wzmocnienie będzie maleć, a dla dużych częstotliwości wzmocnienie wyznaczy R_{A1} , a ściślej równoległe połączenie R_{A1} , R_{A2} . Zmieniając wartości elementów, możemy kształtować charakterystykę według rysunku 9.



Rys. 9

Doborem obwodu sprzężenia zajmijmy się później, ale już od początku doświadczenie wskazuje, że prawdopodobnie warto dodać też według **rysunku 10** wejściowy obwód przyspieszający: albo pojedynczy kondensator (kolor niebieski), albo szeregowy obwód RC (kolor zielony).

Możliwości mamy mnóstwo i zagadnienie coraz bardziej się komplikuje. W każdym razie rezystory określają poziomy wzmocnienia, a odpowiednie stałe czasowe RC – częstotliwości załamania charakterystyk. Do tego dochodzą ogromnie ważne w kwestii samowzbudzenia zależności fazowe, jednak na razie za wcześnie, żeby to omawiać.

My musimy od czegoś zacząć. Ja według **rysunku 11** celowo w naszym zasilaczu dodałem kondensatory o dużej pojemności i rezystory zdecydowanie zmniejszające wzmocnienie. Samowzbudzenie znikło! Zasilacz działa!

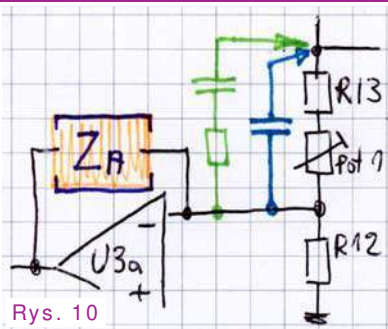
Oczekiwania i realia

Osoby mniej zorientowane chcą tylko, żeby przy zwiększeniu prądu obciążenia napięcie wyjściowe zasilacza nie zmniejszało się. To rzeczywiście jest ważny parametr, zwłaszcza przy najniższych napięciach wyjściowych. Idealnie byłoby, gdyby zmiana obciążenia nie powodowała żadnej zauważalnej zmiany napięcia wyjściowego.

Stabilność napięcia wyjściowego bliską ideału można uzyskać względnie łatwo. Jednak warto być realistą. Nie wielkie zmiany napięcia pod wpływem obciążenia są dopuszczalne, byle nie przekraczały w danym zastosowaniu.

Dobrze byłoby zastanowić się, jaką można dopuścić maksymalną zmianę napięcia wyjściowego pod wpływem obciążenia.

Przyjmijmy, że najniższe wykorzystywane w praktyce napięcia zasilające



Rys. 10

5V zmniejszenie go o 10mV to zmiana tylko o 0,2%.

Trzeba też pamiętać o spadku napięcia na przewodach. Sam zasilacz może zapewniać wręcz idealną stabilizację napięcia na swoich zaciskach wyjściowych. Jednak wzrost prądu obciążenia zwiększy spadek napięcia na przewodach połączeniowych, co zmniejszy napięcie na właściwym obciążeniu!

Rozważmy hipotetyczny przykład bliski rzeczywistości: kupiliśmy ładne, niedroge i mięciutkie chińskie silikonowe przewody laboratoryjne. Sprzedawca miał przewody droższe 20-amprowe, 10-amprowe i tanie 5-amprowe. Budujemy zasilacz 5-amprowy, więc kupiliśmy te 5-amprowe, które były nie tylko najtańsze, ale też najbardziej miękkie i przyjemne w dotyku. Później po bliższym zbadaniu okazało się, że nasze 5-amprowe przewody mają przekrój żyły około 0,5mm² (przewód 20AWG), 10-amprowe – przekrój około 0,8mm² (18AWG), a te 20-amprowe około 1,3mm² (16AWG).

Jeżeli do idealnego zasilacza dołączymy obciążenie za pomocą rzekomo 5-amprowych przewodów, to przepływ prądu obciążenia spowoduje znaczące spadki napięć. Przyjmijmy, że przewody laboratoryjne mają długość 1 metra i przekrój około 0,5mm². Jeżeli są miedziane, co jest prawdopodobne, to każdy z nich ma rezystancję około 36 miliomów (rezystywność miedzi wynosi około 18mΩmm²/m). Dwa takie metrowe przewody będą mieć rezystancję około 0,072Ω. Jeżeli popłynie przez nie prąd 1A, to sumaryczny spadek napięcia na obu przewodach wyniesie 72mV. A przy prądzie pracy 5A napięcie na obciążeniu będzie o 0,36V niższe niż napięcie na wyjściu zasilacza (**rysunek 12**)!

Po co idealnie stabilizowany zasilacz, jeżeli wystąpi duży spadek napięcia na przewodach?

Także znacznie grubsze i sztywniejsze przewody, tak zwane 20-amprowe, o przekroju 1,3mm² (16AWG) mają znaczącą rezystancję: około 14 miliomów na metr długości. Nawet jeżeli zastosowalibyśmy króciutkie, dziesięciocentymetrowe odcinki takiego przewodu między zasilaczem a obciążeniem, to sumaryczna rezystancja dwóch kawałków (20cm) wyniesie prawie 3 miliomy (0,003Ω). Do tego dojdzie porównywalna rezystancja styków.

Problem rezystancji przewodów uświadamia, że oczekiwanie doskonałości od większości zasilaczy jest po prostu mało rozsądne. Bliska ideału precyzja i stabilizacja jest potrzebna w naprawdę bardzo nielicznych przypadkach.

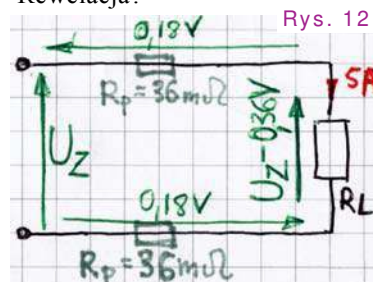
Do poruszonych tu kwestii będziemy wracać, ale na razie przeprowadźmy pierwsze pomiary naszego działającego już zasilacza.

Pierwsze pomiary

Ja do zacisków wyjściowych dołączyłem: rezystor 6,8Ω 8W 10%, oscyloskop do kontroli ewentualnego samowzbudzenia oraz precyzyjny multimetr (co widać na fotografii 1). Ustawiłem napięcie wyjściowe 6,8V i zmierzyłem zmiany napięcia wyjściowego pod wpływem obciążenia 1A. Wyniki pokazane są na **fotografii 13**. Napięcie 13,8V to główne napięcie U_G dla naszego zasilacza. W spoczynku pobiera on prąd tylko 5mA. Po dołączeniu rezystora obciążającego prąd wzrósł z 5mA do 955mA, czyli o 950mA (co świadczy, że rezystor obciążający miał oporność nieco większą od nominalnej, ale mieszczącą się z powodzeniem w tolerancji). Napięcie wyjściowe mierzone precyzyjnym woltomierzem pod obciążeniem zmniejsza się z 6,818V do 6,817V, czyli o jeden miliwolt.

O znikomym 1mV, co oznacza zmniejszenie napięcia wyjściowego o 0,015%! Oznacza to też, że nasz zasilacz ma znikomą rezystancję wyjściową około 1 milioma (1mV / 950mA = 1,05mΩ)!

Rewelacja?



Rys. 12

Jak na razie, mamy się z czego cieszyć, bo stabilizacja zapewniana przez popularny wzmacniacz LM358 i popularny tranzystor BC546 jest bliska ideału!

W zasadzie tak, ale...

Parametry statyczne i dynamiczne

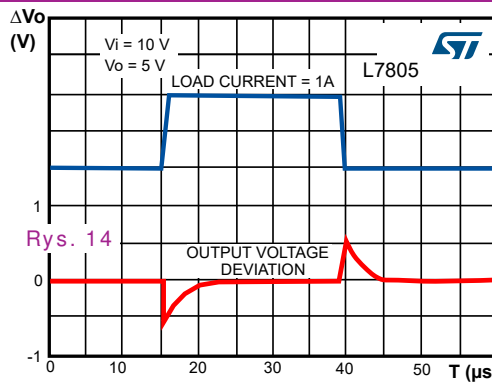
Jak na razie omawiamy i mierzymy wpływ rezystancji wyjściowej zasilacza. Tak, ale tylko rezystancji statycznej. W rzeczywistości bardzo ważne znaczenie ma też rezystancja dynamiczna, dotycząca prądów zmiennych, w praktyce szybkich zmian prądu wyjściowego. Rezystancja dynamiczna jest zależna od częstotliwości i jej pomiary byłyby i kłopotliwe, a przede wszystkim trudne do interpretacji.

W praktyce ważniejsza i prostsza do zbadania jest odpowiedź na pytanie: jak nasz zasilacz zareaguje na gwałtowne zmiany prądu obciążenia?

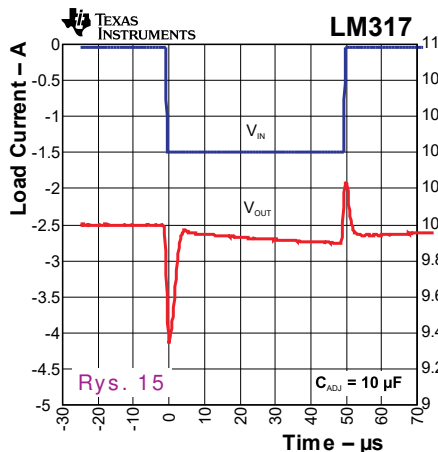
Każdy zasilacz z pętlą regulacji wykorzystującą ujemne sprzężenie zwrotne ma jakąś, powiedzmy w uproszczeniu, szybkość reakcji. Szybkość ta jest ograniczona przez szereg czynników, a wynikiem jest, powiedzmy, swego rodzaju bezwładność.

Dlatego szybki i duży wzrost prądu obciążenia na pewno spowoduje chwilowe obniżenie napięcia wyjściowego. Nasz zasilacz po nagłej zmianie prądu obciążenia przywróci prawidłowe napięcie wyjściowe, ale dopiero po pewnym czasie. Po pierwsze: jak duże będzie to obniżenie napięcia, a po drugie, jak długo będzie trwać?

Odwrotnie będzie, gdy prąd obciążenia nagle zostanie przerwany albo znacząco zmniejszy się. Wtedy na pewno



Rys. 14

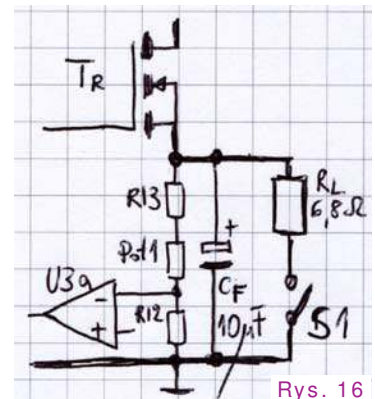


Rys. 15

napięcie wyjściowe przez chwilę stanie się wyższe od nastawionego. Na pewno, tylko o ile wyższe i na jak długo?

Rysunek 14 pokazuje wzięty z karty katalogowej ST popularnych stabilizatorów 78xx przebieg zmian napięcia wyjściowego spowodowanych impulsem prądowym 1A. Jak widać, napięcie może zmienić się o pół wolta, a czas takiego zaburzenia jest rzędu 5 mikrosekund. Podobnie informacje zawiera **rysunek 15** z karty katalogowej (TI) stabilizatora LM317. Tu też skoki napięcia są mniejsze od 1 wolta i trwają do 5 mikrosekund.

Trzeba przyznać, że w niektórych zastosowaniach omawiane teraz właściwości dynamiczne są mało istotne. Ale w innych okazują się bardzo ważne, na

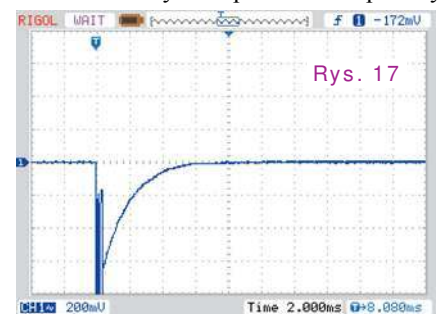


Rys. 16

przykład w zasilaczach typu hot-swap (hot-plug) oraz właśnie w zasilaczach warsztatowych i laboratoryjnych, wykorzystywanych do bardzo różnych celów.

Wcześniej mówiliśmy, że głównym problemem jest samowzbudzenie to tylko początek. Zależnie od przeznaczenia i oczekiwań względem zasilacza, trzeba skontrolować i w wielu przypadkach optymalizować właśnie charakterystyki dynamiczne. A to może być bardzo trudne zadanie, jeżeli wymagania stawiane zasilaczowi są wysokie!

Ja zestawiałem według **rysunku 16** prościutki układ ze zwyczajnym przełącznikiem (S1). Oscyloskopem dołączonym do wyjścia zasilacza mierzyłem, jak zmienia się napięcie tuż po skokowej zmianie prądu obciążenia (z 0A na 1A). Wynik pomiaru pokazany jest na **rysunku 17**. Kolejne pomiary wskazywały, że śmieci występujące tuż po zmianie to efekt drgań styków przełącznika. Jak pokazuje **fotografia 18**, zamiast sprawdzać inne posiadane przełączniki, odgrzebałem w bardzo starych zapasach 6-ampierowy



Rys. 17



Fot. 13

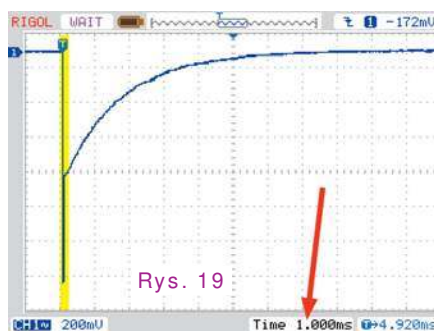
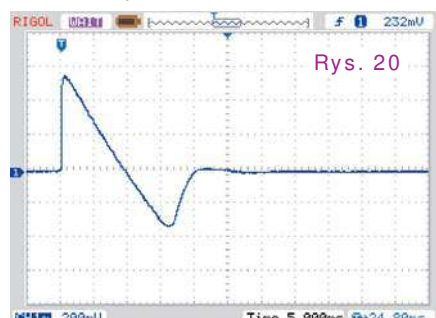


Fot. 18

przełącznik... rtęciowy, który po prostu dołączyłem równolegle od pierwszego S1. W przełączniku rtęciowym nie ma drgań styków i przebieg napięcia wyjściowego zasilacza wyglądał jak na **rysunku 19**. Z prawej strony pokazany jest stukrotnie rozciągnięty początek przebiegu. Jak widać, zmiana prądu o 1A powoduje zmniejszenie napięcia (6,82V) o ponad 1,3V i pierwsza faza zaburzenia trwa około 20 mikrosekund. Potem napięcie staje się około 0,7 niższe od nominalnego i w ciągu około 5 milisekund łagodnie rośnie do wartości nominalnej.

Rysunek 20 pokazuje analogiczne zakłócenie występujące po odłączeniu obciążenia, czyli po zmianie prądu obciążenia z 1A na 0. Międzyzycytowa amplituda zakłócenia to około 900mV, ale trwa znacznie dłużej, bo 20 milisekund i napięcie najpierw rośnie o około 0,55V, a potem zmniejsza się o 0,35V poniżej nominalnego i dopiero potem wraca do normy. Spowodowane jest to dwoma głównymi czynnikami: po pierwsze obecnością na wyjściu zasilacza dużej pojemności filtrującej C_F , a po drugie trudnością rozładowania tej pojemności filtrującej. Możemy się o tym przekonać: rysunki 17, 19, 20 pokazują sytuację z kondensatorem wyjściowym $C_F=10\mu F$ według rysunku 16, natomiast **rysunek 21** pokazuje analogiczne przebiegi z kondensatorem $C_F = 2200\mu F$. Teraz czasy są dużo dłuższe!

Kształty przebiegów w naszym zasilaczu nie dziwią. Ale w porównaniu z rysunkami 14, 15, gdzie czasy mamy rzędu 5 mikrosekund, u nas czasy trwania tych zakłóceń są szokująco długie, są bowiem rzędu milisekund!



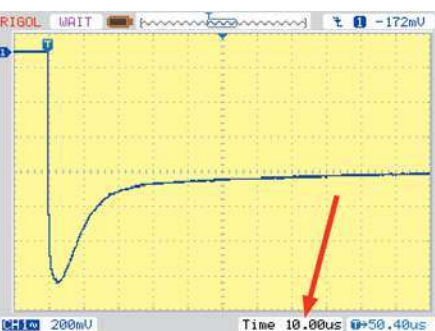
Zapewne nadmiernie spowolniliśmy nasz zasilacz. Wiąże się z tym jeszcze inna kwestia: my na razie napięcie wyjściowe zadajemy potencjometrem, podając na wejście nieodwracające wzmacniacza U3a napięcie o dziesięciokrotnie mniejszej wartości. Nasz zasilacz jest więc w sumie wzmacniaczem stałoprądowym o wzmacnieniu $10\times$ i o dużej wydajności prądowej wyjścia. Wzmacniaczem ze sprzężeniem zwrotnym, wzmacniaczem o pewnej bezwładności.

Powstaje pytanie: jak taki bezwładny wzmacniacz zareaguje na szybką zmianę napięcia wejściowego?

Z uwagi na bezwładność na pewno zmiany na wyjściu będą opóźnione. To jest akceptowalne. Gorzej będzie, jeżeli z uwagi na bezwładność i duże wzmacnienie, po skokowej zmianie napięcia wejściowego, zmiana napięcia wyjściowego przez chwilę będzie nieproporcjonalnie duża! Wprawdzie w prostej wersji zasilacza napięcie sterujące będzie pochodzić z potencjometru i wtedy nie powinny się tam pojawić gwałtowne skoki napięcia. Ale projektowany moduł zasilacza docelowo ma też być sterowany przez mikrokontroler i przetwornik DAC, a wtedy szybkie zmiany napięcia nie są wykluczone.

Tu ktoś może zaprotestować, że nie ma potrzeby podawać na wejście stromych impulsów, bo zawsze można tam włączyć obwód RC uniemożliwiający szybkie zmiany napięć.

Tak! Można ograniczyć szybkość zmian napięcia wejściowego i zapewne w niektórych wersjach zasilacza tak zrobimy. Ale w pewnych zastosowaniach, na przykład przy automatycznym testo-



waniu różnego sprzętu z użyciem mikroprocesorowo sterowanego zasilacza, dobrze byłoby mieć możliwość szybkiej skokowej zmiany napięcia wyjściowego. Co jeszcze ważniejsze: **zbadanie odpowiedzi zasilacza na strome impulsy wejściowe przyniesie nam bardzo dużo cennych informacji o właściwościach dynamicznych zasilacza.**

Oddzielną, ale pokrewną sprawą jest pytanie: czy po włączeniu lub wyłączeniu zasilania napięcie wyjściowe budowanego zasilacza nie wzrośnie chwilowo do zbyt dużej wartości? I czy po wyłączeniu zasilacza napięcie na wyjściu będzie się długo utrzymywać, czy szybko zaniknie?

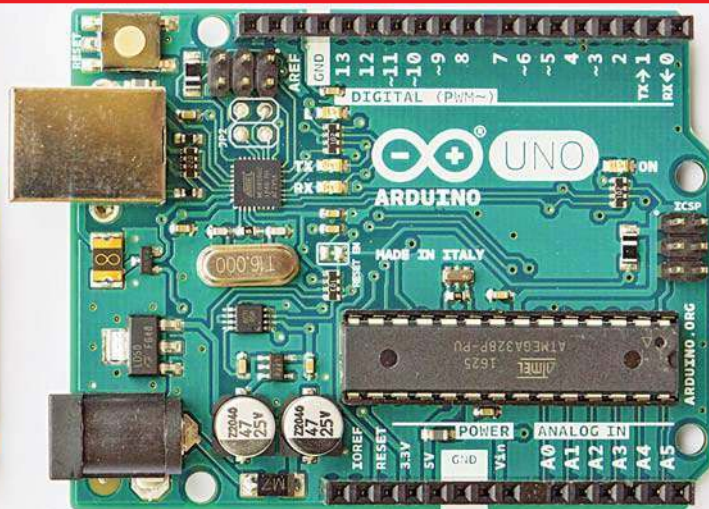
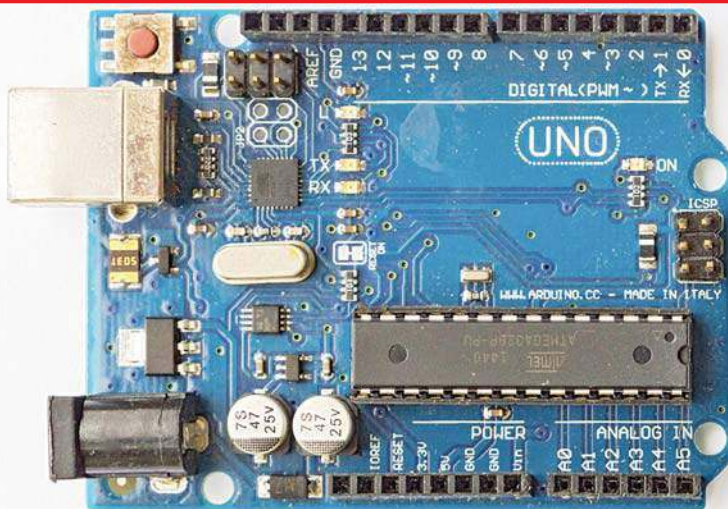
W Internecie można znaleźć informacje o takich problemach w zasilaczach, nie tylko własnej konstrukcji.

Jeszcze raz podkreślmy, że w wielu przypadkach zupełnie nie trzeba się zajmować takimi szczegółami. Ale my chcemy zbudować uniwersalny moduł do realizacji zasilaczy warsztatowych i laboratoryjnych do najróżniejszych zastosowań, więc musimy te wszystkie kwestie wziąć pod uwagę i dokładnie zbadać. Można przypuszczać, że w wielu wypadkach trzeba będzie pójść na jakieś rozsądne kompromisy...

Przed nami wiele pracy. Ale już wiemy, że kluczowe znaczenie mają parametry dynamiczne. W większości przypadków będziemy je dobierać, korygować, a przynajmniej sprawdzać. Pierwsze testy parametrów dynamicznych wykonaliśmy za pomocą prymitywnych metod z wykorzystaniem przełącznika. Jednak przydałoby się jakieś oprzyrządowanie, aby dokładnie i sprawniej mierzyć parametry dynamiczne, stosownie do różnych oczekiwań, wymagań i potrzeb. W następnym odcinku takie oprzyrządowanie zrealizujemy, co pozwoli w łatwy sposób sprawdzać i dobierać parametry dynamiczne.

A Ty w ramach samodzielnych zajęć możesz już teraz eksperymentować z prostym układem, zmieniając wartości elementów odpowiedzialnych za właściwości dynamiczne.

Piotr Górecki



Kurs Arduino

odcinek 23

W poprzednim odcinku przygotowaliśmy „ręcznie” obrazek do wyświetlenia, niestety, po wgraniu programu do Arduino ekran wyglądał jak na **fotografii 8**. Aby wyjaśnić problem, musimy zajrzeć do biblioteki GFX, a konkretnie do pliku *Adafruit_GFX.cpp*. Znajdziemy tam definicję metody *drawBitmap()*, co jest pokazane w **szkicu 2**. Wykorzystujemy dwie pomocnicze zmienne: *byteWidth* będzie przechowywać informację, ile pełnych bajtów potrzeba do zapisania jednej linii, a do zmiennej *byte* będą kopiowane z pamięci programu kolejne bajty treści obrazka. Zmienna licznikowa *j* posługuje do zliczania linii – wierszy, natomiast zmienna *i* – do określania kolejności wyświetlania pikseli w jednym wierszu.

Sama procedura rysowania bardzo negatywnie zaskakuje, bo polega na żmudnym i dość czasochłonnym

zaświecaniu pojedynczych punktów za pomocą elementarnej metody *writePixel()*! Wyświetlanie kolejnych punktów, zgodnie z rysunkiem 6, realizują dwie pętle: „mniejsza” z licznikiem *i* wyświetla punkty jednej linii, a „większa” pętla z licznikiem *j* wyświetla kolejne linie – wiersze. Gdy trzy najmłodsze bity licznika *i* są równe zeru, polecenie *pgm_read_byte()* odczytuje z pamięci FLASH kolejne bajty, umieszcza je w zmiennej *byte* i sprawdza stan najstarszego bitu tej zmiennej.

Jeżeli bit ma wartość 1 (*byte & 0x80*), polecenie *writePixel()* wysyła do wyświetlacza rozkaz modyfikacji stanu komórki bufora wyświetlającego piksel o współrzędnych *x+i, y*.

Problem ze szkicem 1 jest taki, że niezależnie od szerokości obrazu (*w*) pętla z licznikiem *i* zawsze zaczyna pracę od najstarszego piksela



obrazek do wyświetlenia	bity treści obrazka
1 1 0 0 1	1 1 0 0 1
1 1 0 1 0	1 1 0 1 0
0 0 1 1 0	0 0 1 1 0
0 1 0 1 0	0 1 0 1 0
1 0 0 0 1	1 0 0 0 1

bity treści obrazka	uzupełnienie wszystkich wierszy
1 1 0 0 1	0 0 0
1 1 0 1 0	0 0 0
0 0 1 1 0	0 0 0
0 1 0 1 0	0 0 0
1 0 0 0 1	0 0 0
1 0 0 0 1	0 0 0

zeskanowane i uzupełnione zerami wiersze:

11001000 11010000 00100000 01010000 10001000
1100 1000 1101 0000 0010 0000 0101 0000 1000 1000
C 8 D 0 2 0 5 0 8 8

szesnastkowo: C8 D0 20 50 88

kod do szkicu: { 0xC8, 0xD0, 0x20, 0x50, 0x88 }

kod do szkicu: {0xC8,0xD0,0x20,0x50,0x88}

Rys. 9

któregoś z odczytanych bajtów. Inaczej mówiąc, bity nowej linii – wiersza muszą zaczynać się w nowym, kolejnym bajcie. Trzeba uzupełnić do pełnych bajtów (wielokrotności ośmiu) nie całość obrazka, jak to zrobiliśmy, tylko opis wszystkich linii tego obrazka. Poprawioną wersję pokazuje **rysunek 9**.

Uzyskane liczby możemy wpisać do szkicu 1 (*A2201.ino*) i wtedy program wyświetli prawidłowy obrazek, jak na **fotografii 10**.

Oczywiście istnieją programy, które znakomicie ułatwiają tworzenie tablic, zawierających obrazki – grafikę. W szczególności w Internecie można znaleźć szereg stron, które zasadniczo przeznaczone są do tworzenia dowolnych własnych znaków – symboli, które będą używane do wyświetlania tekstu. Jest to ułatwienie między innymi podczas tworzenia „polskich liter”, a raczej symboli przedstawiających znaki polskiego alfabetu, których nie ma w kodzie ASCII. Do tego szczegółu wrócimy, a na razie inna ważna sprawa.

Fot. 8



Szkic 2

```

/*!
@brief Draw a PROGMEM-resident 1-bit image (...)
@param x Top left corner x coordinate
@param y Top left corner y coordinate
@param bitmap byte array with monochrome bitmap
@param w Width of bitmap in pixels
@param h Height of bitmap in pixels
@param color 16-bit 5-6-5 Color to draw with
*/
void Adafruit_GFX::drawBitmap(int16_t x, int16_t y,
const uint8_t bitmap[], int16_t w, int16_t h, uint16_t color) {

    int16_t byteWidth = (w+7)/8; //Bitmap scanline pad = whole byte
    uint8_t byte = 0;

    startWrite();
    for(int16_t j=0; j<h; j++, y++) {
        for(int16_t i=0; i<w; i++) {
            if(i & 7) byte <= 1;
            else byte = pgm_read_byte(&bitmap[j*byteWidth + i/8]);
            if(byte & 0x80) writePixel(x+i, y, color);
        }
    }
    endWrite();
}

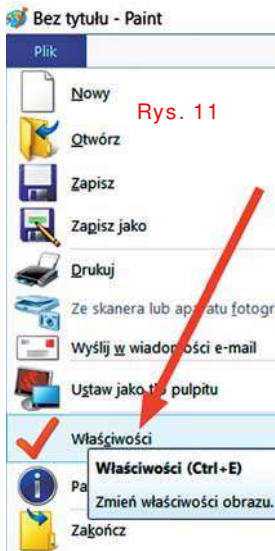
```

Fot. 10

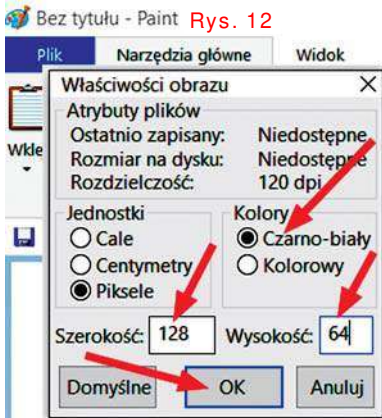


Otóż często potrzebna jest monochromatyczna, „zero-jedynkowa” grafika o różnej wielkości. Dla małych wyświetlaczy OLED zwykle ma ona 128×64 piksele.

Dla najmniej zorientowanych: obrazek można przygotować w różnych programach, np. za pomocą windowsowego programu **Paint**. Obraz automatycznie otwierany po uruchomieniu programu jest duży i kolorowy, dlatego trzeba kliknąć: **Plik** i potem **Właściwości** (rysunek 11) i w okienku zmienić rozmiar i tryb kolorów według rysunku 12. Potem trzeba powiększyć na ekranie małą ikonę obrazka, wybrać narzędzie **Ołówek**, kolor czarny i rysować.

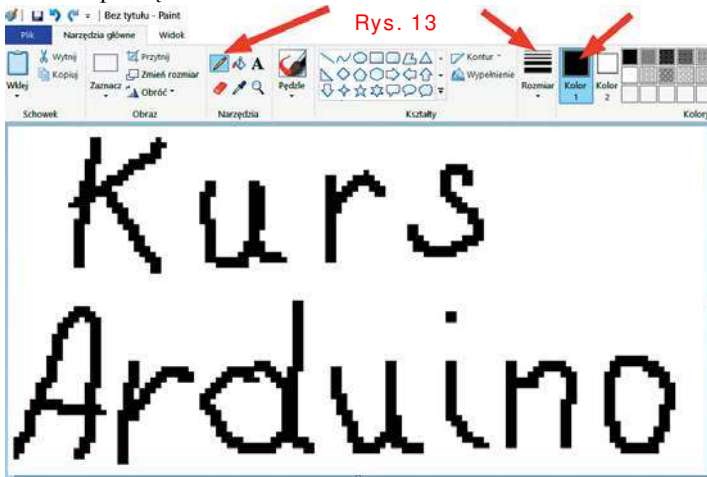


Rys. 11



Rys. 12

wać. Przykład na rysunku 13. Taki obraz trzeba zapisać (**Ctrl+S**) jako plik **.png** albo dwukolorowa bitmapa – rysunek 14. Już wiemy, że do szkicu Arduino potrzebna jest też tablica w pamięci FLASH:

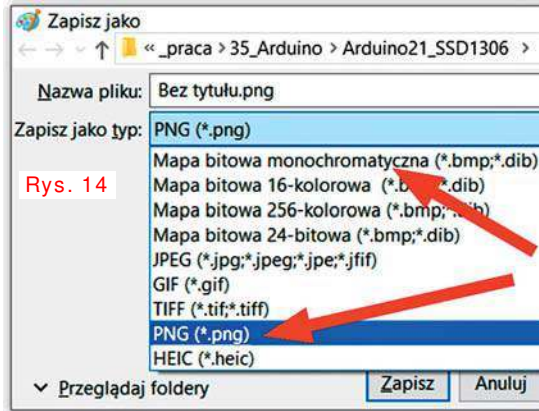


Rys. 13

```
const uint8_t nazwa [] PROGMEM = {...};
```

Potrzebną tablicę (array) uzyskamy z jednego z wielu dostępnych konwerterów, które potrafią przeanalizować plik w którymś z popularnych formatów (.jpg, .gif, .png, .bmp), a także przeskalować – zmniejszyć i według ustawień użytkownika zamienić go na potrzebny ciąg bitów. Przykład: <https://sourceforge.net/projects/lcd-image-converter/files/>. Jeden z takich konwerterów – program polskiego autora, można pobrać ze strony: http://en.radzio.dxp.pl/bitmap_converter/. Natomiast polecany też przez Adafruit skrypt **image2cpp** można znaleźć na stronie: <http://javl.github.io/image2cpp/>. Ten skrypt działa też off-line, po zapisaniu strony jako pliku HTML. Jak pokazuje rysunek 15, najpierw wczytujemy plik, w naszym przypadku stworzony właśnie **KursArduino.png**. Napis ma świecić, a nie być czarny,

więc zaznaczamy okienko: **Invert image colors**. W okienku **Code output format** zamiast **plain bytes** wybieramy **Arduino code** (co pozwoliłoby wczytać wiele obrazków i scałic je w jednym pliku). Po tych dwóch zmianach klikamy **Generate code** i w dolnym okienku otrzymujemy gotowy kod, który kopiujemy wprost do szkicu Arduino. W Elportalu można znaleźć pliki obrazka oraz szkicu **A2203.ino**, który



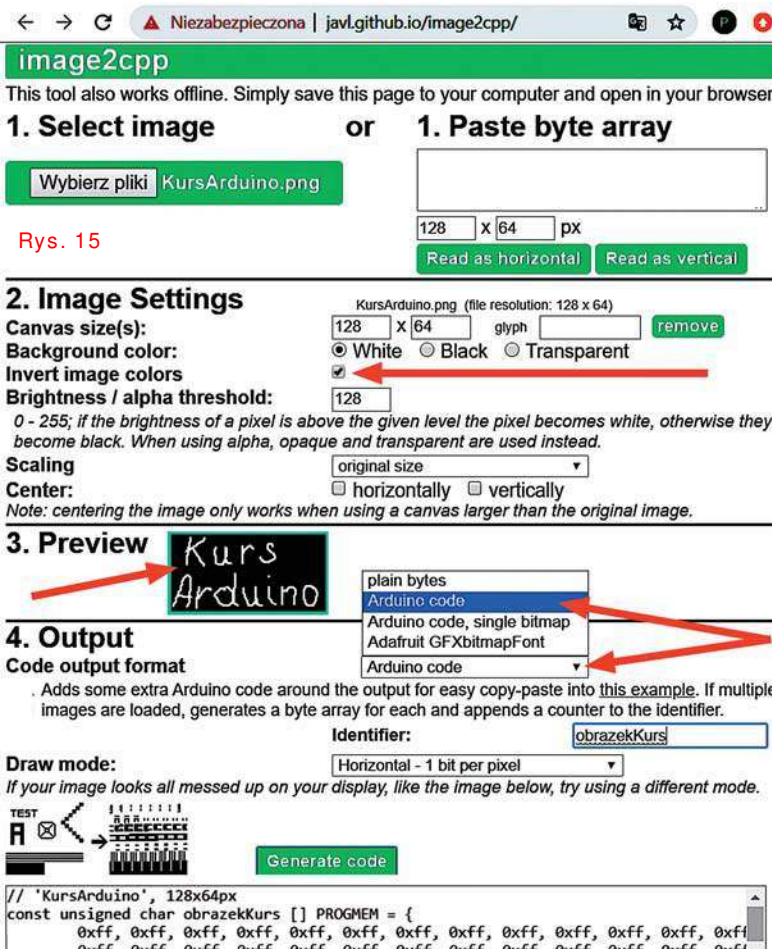
Rys. 14

wyświetla taki obrazek na wyświetlaczu – fotografia 16.

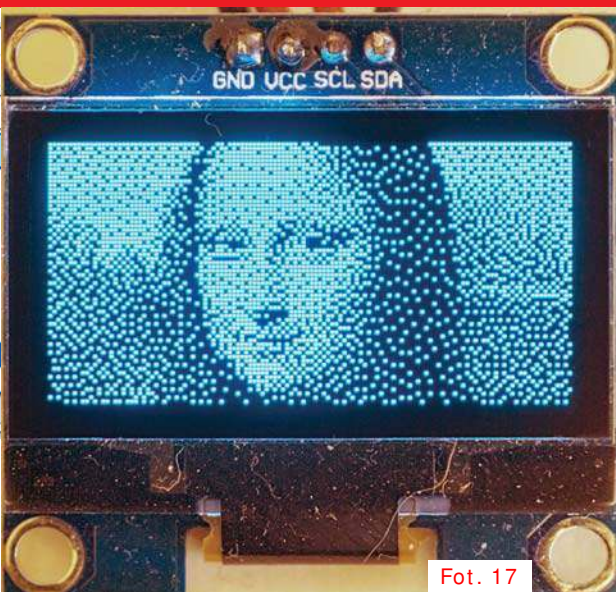
To było dla mniej zaawansowanych. Natomiast **bardziej zaawansowani** zapewne spróbują też przeskalować i przekonwertować na dwukolorową



Fot. 16



Rys. 15



Fot. 17



Fot. 18

bitmapę obrazu pełnokolorowe i półtonowe, w tym fotografie. Zasadniczo konwersja jest łatwa, ale często wyniki nie są optymalne. Zwłaszcza przy próbie sensownego odwzorowania półtonów. W skrypcie z rysunku 15 można zmieniać (0...255) tylko próg **Brightness/alpha threshold**, który domyślnie ma wartość 128.

Osoby, które mają wiedzę i dostęp do lepszych programów graficznych, najpierw przygotowują obrazek bitmapowy (czarno/biały) w finalnej postaci i docelowej rozdzielczości i poddadzą go opisanej „najprostszej zamianie na bity”.

Szkic A2204.ino zawiera szkic, którego efekt działania pokazany jest na fotografii 17.

Szału nie ma, ale można bez trudu rozpoznać fragment najsłynniejszego na świecie obrazu. Obraz został skonwertowany za pomocą skryptu *image2cpp* z dostępnego w Elporcie pliku *Mona_Lisa4_128_64*.

png, który powstał w programie Photoshop przy wykorzystaniu tzw. roztrząsania dyfuzyjnego (*diffusion dithering*) przy zamianie obrazu (półtonowego, szarego) z trybu RGB na indeksowany o liczbie kolorów 2 z eksperymentalnie dobranymi ustawieniami palety i roztrząsania. Można też przy zamianie obrazka w skali szarości na czarno-białą bitmapę wybrać opcję: *roztrząsanie dyfuzyjne*.

Natomiast **fotografia 18** pokazuje wersję ze szkicu *A2205.ino*, zrobioną przez skrypt *image2cpp* wprost z (większego i lepszego) pliku *Mona_Lisa2.jpg*. Jak widać, skrypt bardzo słabo radzi sobie z półtonami.

Na **fotografii 19** można znaleźć podobny przykład z obrazkiem wstępnie przygotowanym w Photoshopie. **Fotografia 20** zrobiona wprost z pliku *E0.png* potwierdza, że skrypt *image2cpp* nie radzi sobie z półtonami. Zawierające te obrazki szkice *A2206.ino* oraz *A2207.ino* też są dostępne w Elporcie w wersjach na SSD1305 oraz SH1106.

Jak widać, nasze małe zero-jedynkowe wyświetlacze 128×64 nie pozwolą wiernie odwzorować półtonów, niemniej do wielu celów wystarczą.

Zachęcam do ćwiczeń!

Na koniec wspomnę jeszcze o interesujących dla elektronika przykładach realizacji VU-metru, wiele przykładów można znaleźć w Internecie. **Fotografia 21** pokazuje przykład ze strony https://github.com/adamples/VU_meter, czyli użytkownika o znajomym brzmieniu *adamples*.

Inny przykład można znaleźć na stronie: <http://www.handsontec.com/dataspecs/module/13->

-Oled.pdf, gdzie wykorzystany jest sztyld z mikrofonem i wzmacniaczem, a sygnał podawany jest na przetwornik ADC. Przy wyświetlaniu wyniku pomiaru najpierw na ekranie rysowany jest obrazek skali, będący bitmapą 128×64. Potem na tym obrazku dorysowana jest linia – wskazówka za pomocą metody *.drawLine()*. Aby linia odpowiadała wychyleniu wskazówki, należy podać odpowiednie współrzędne jej początku i końca. Łatwo sprawdzić w udostępnionym tam szkicu, że są one wyliczane w zaskakująco prosty sposób.

Omawiane kwestie są ważne także dlatego, że opanowanie podstaw grafiki mikroprocesorowej otwiera drogę do zrozumienia problemu czcionek – fontów.

Będziemy się tym zajmować w dalszych odcinkach kursu.

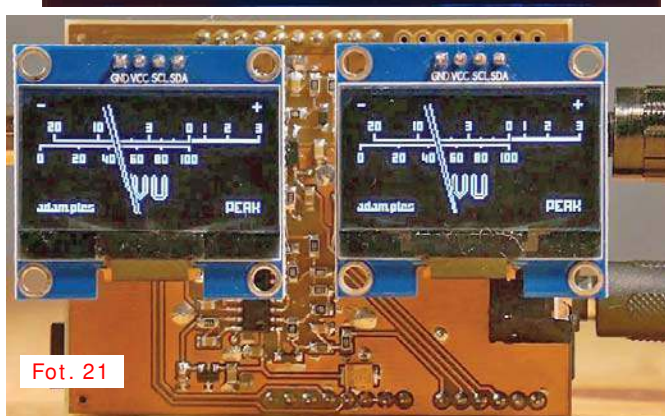
Piotr Górecki



Fot. 19



Fot. 20



Fot. 21



Wokół Arduino

Wyświetlacze graficzne cz. 6

Obecnie największe zainteresowanie elektroników budzą małe kolorowe wyświetlacze i ekrany dotykowe. Budzą zainteresowanie, ale też liczne pytania, wątpliwości i obawy. Nic dziwnego, sytuacja rynkowa szybko się zmienia, dostępne są liczne mniejsze i większe wyświetlacze o różnych właściwościach i co ważne, mające różne, często niezbyt wygodne do wykorzystania interfejsy. W niniejszym kilkuczęściowym artykule przedstawione są różne aspekty zagadnienia, które osobom zainteresowanym rozjaśnią obraz sytuacji i pomogą praktycznie wykorzystać różne wyświetlacze i ekrany.

Zgodnie z zapowiedzią, nieco bliżej przyjrzymy się najpopularniejszym dziś wyświetlaczom graficznym OLED 128×64 o przekątnej ekranu 0,96 cala oraz 1,3 cala. Jako sterownik pracuje w nich albo omówiony wcześniej układ SSD1306, albo bardzo podobny SH1106. „Surowe” moduły montowane są na różnych płytkach drukowanych, a oferta rynkowa jest bardzo szeroka. Jak już wiemy, sterownik SSD1306, a także SH1106, oferuje do wyboru interfejsy równoległe I8080, M6800, szeregowe 3- i 4-przewodowy I2C.

Trudno znaleźć moduły „płytkowe” z interfejsem równoległym (I8080, M6800), choć i takie są produkowane – przykład pokazany na fotografii 17 pochodzi ze strony *hackspark.fr*.

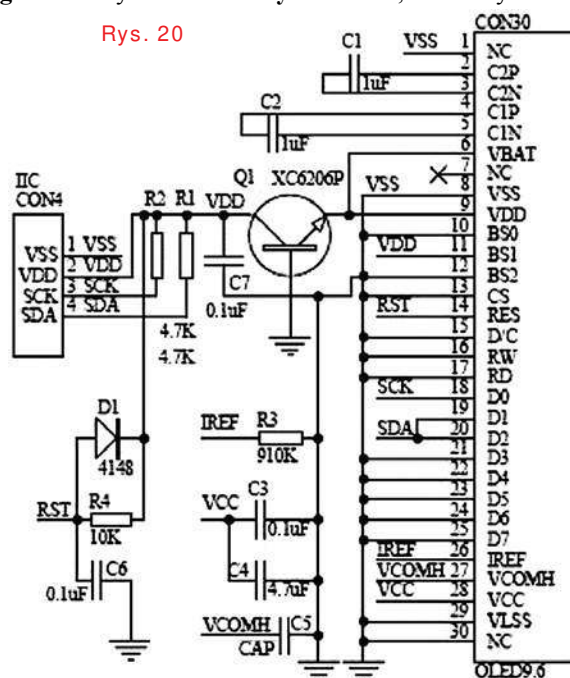
Jednak w zdecydowanej większo-

Jednak najpopularniejsze są moduły z interfejsem I2C, które mają tylko cztery wyprowadzenia (fotografia 19). Sterownik SSD1306 oraz SH1106 dają możliwość wyboru jednego z dwóch adresów I2C, co w większości wersji jest realizowane na płytce drukowanej za pomocą zworki. Adresy w podstawowym systemie interfejsu I2C są siedmiobitowe. Na modułach wyświetlaczy z interfejsem I2C adresy podawane są w postaci dwucyfrowej liczby szesnastkowej (ośmiobitowej), co budzi wątpliwości i bywa przyczyną pomyłek. Szczegóły są omówione w kursie Arduino.

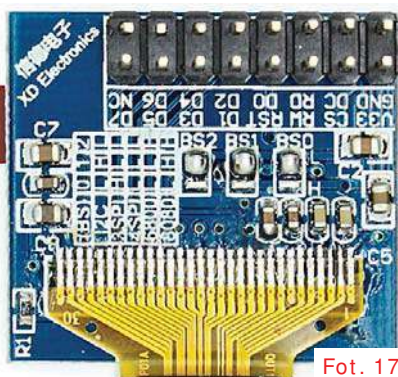
W artykule celowo przedstawione jest aż tyle fotografii różnych wersji modułów „płytkowych” wyświetlaczy OLED 128×64 ze sterownikami SSD1306 i SH1106. Już te fotografie wskazują, że budowane są one według różnych schematów, co bywa przyczyną

kłopotów. Przykładem jest łatwy do znalezienia, bardzo dziwnie narysowany schemat z rysunku 20, na którym

Rys. 20

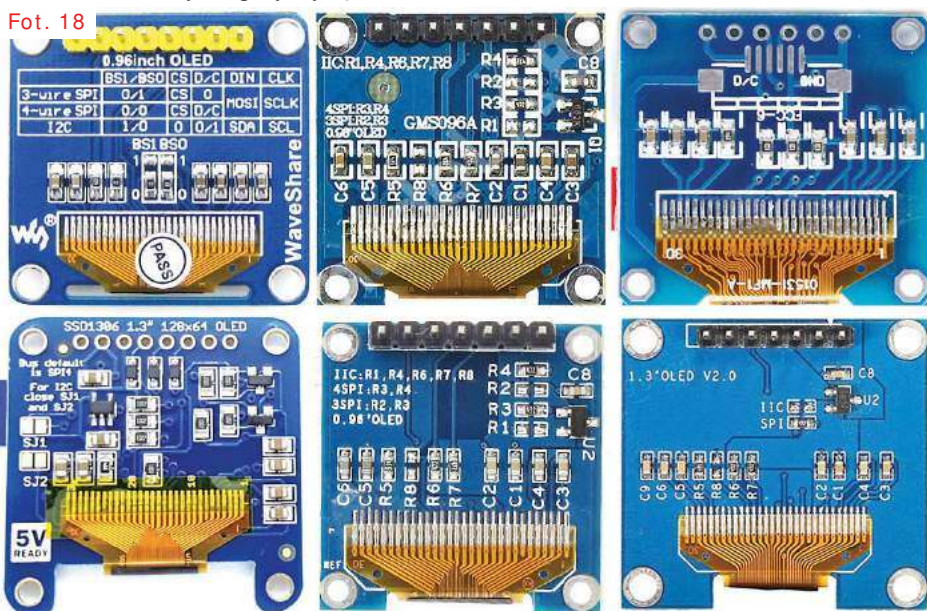


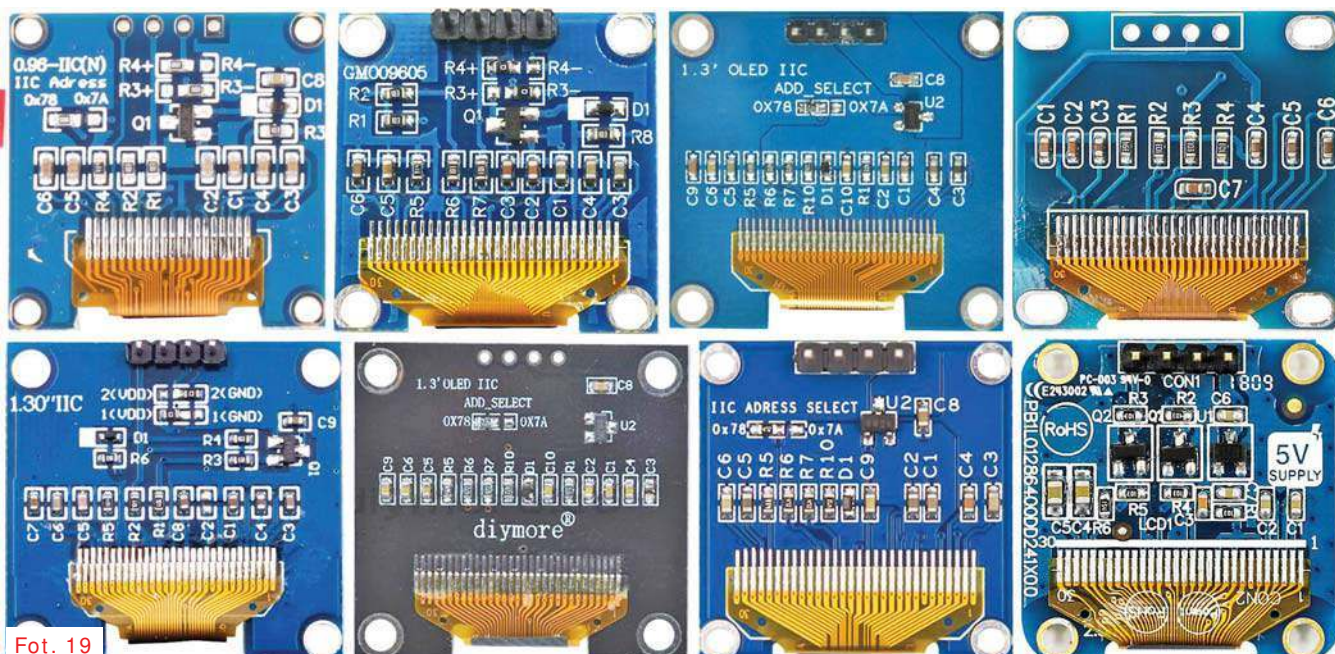
Fot. 18



Fot. 17

ści modułów „płytkowych” producent dokonał wyboru interfejsu. Powszechnie dostępne są nieco różniące się szczegółami moduły z interfejsem szeregowym SPI i/lub I2C, niektóre z wyprowadzoną linią Reset – fotografia 18. W większości łatwo zmienić interfejs SPI/I2C, odpowiednio lutując zworki na płytce drukowanej. Prawie wszystkie mają na płytce stabilizatory LDO 3,3V, co pozwala zasiląć moduł także napięciem 5V. Niektóre mają też translatory poziomów 5V/3,3V.



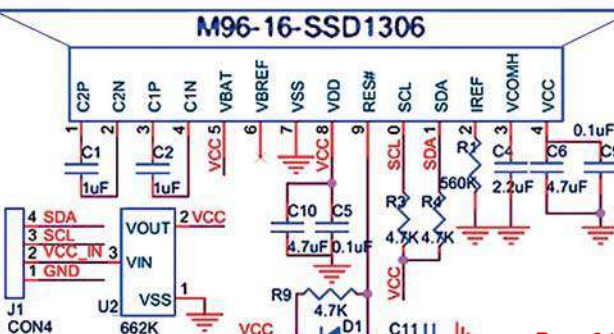


Fot. 19

widzimy symbol tranzystora. Na szczęście autor schematu podał typ: XC6206. Nie jest to tranzystor, tylko stabilizator LDO produkcji Torex.

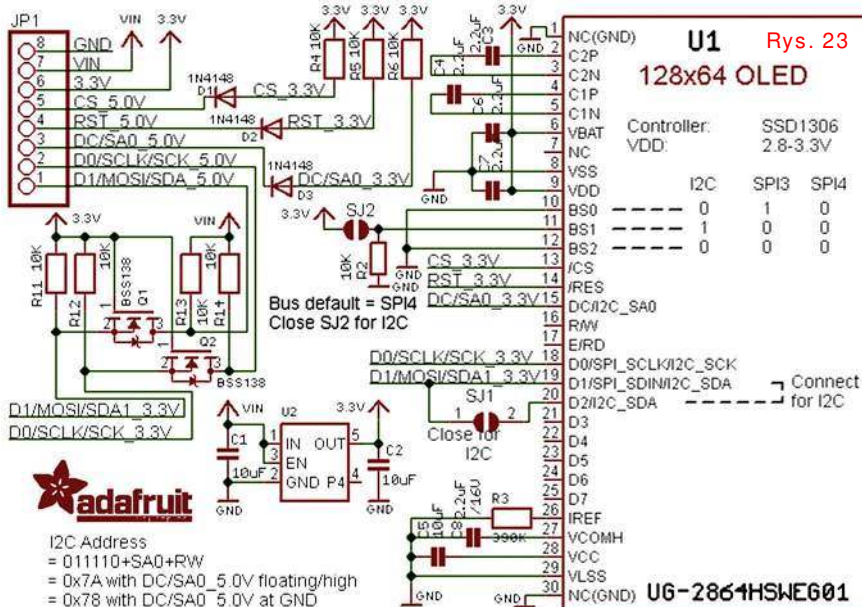
W Internecie można znaleźć wiele schematów tego rodzaju wyświetlaczy, najczęściej narysowanych przez hobbystów, którzy odtworzyli schemat z zakupionej płytki. Pierwszy lepszy znaleziony schemat może dotyczyć modułu innego niż posiadany lub zawierać błędy. Trzy dalsze przykłady „internetowych” schematów pokazują rysunki 21...23.

I2C OLED Display Module Active Area 0.91" 0.91 Inch 128 * 32 Diagram 128*32 Pixels



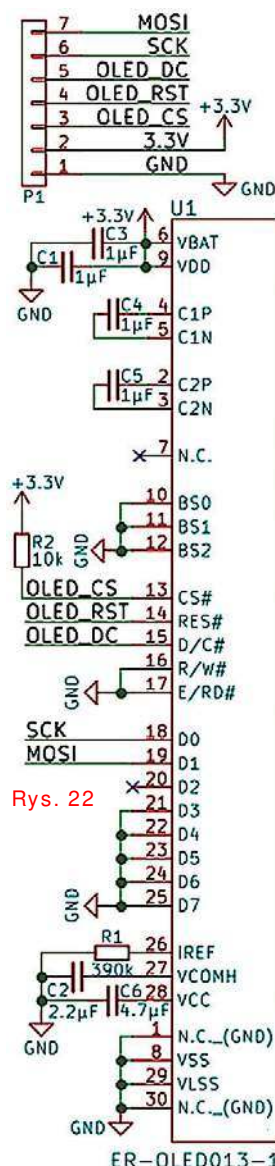
Rys. 21

Schematy są podobne, ponieważ w sumie muszą się zgadzać z zaleceniami z kart katalogowych. Różnice często dotyczą obwodu resetowania i możliwości wyboru konfiguracji.



Rys. 23

Kluczową sprawą jest obecność lub brak stabilizatora 3,3V. *Moduły, które stabilizatora nie mają, NIE mogą być zasilane napięciem 5V.* Większość modułów zawiera stabilizatory 3,3V, ale nie ma układów translacji poziomów logicznych 5V/3,3V. Pomimo tego braku są dołączane do 5-woltowych systemów (w tym Arduino). W przypadku I2C nie ma większego problemu, bowiem działanie tego łącza polega w sumie na zwieraniu linii do masy, a rezystory podciągające są dołączone w module wyświetlacza do napięcia 3,3V. Kłopot może być w przypadku łącza szeregowego SPI (oraz równoległego): w karcie katalogowej jest wyraźna informacja, że maksymalne napięcie wejściowe nie powinno



Rys. 22

przekraczać „logicznego” napięcia zasilania VDD o więcej niż 0,3V, jak pokazuje **rysunek 24** z katalogu SSD1306. Podobnie jest z SH1106. Wykorzystując moduły wyświetlaczy, zawsze trzeba zwracać uwagę na dopuszczalne napięcia zasilające i wejściowe oraz na właściwości użytych bibliotek. Tym bardziej że moduły „płytkowe” wyświetlaczy o nieco większej rozdzielczości nie mają powolnego interfejsu I2C, tylko szybsze: SPI albo równoległy – przykład na **fotografii 25** pokazuje kolorowe moduły LCD

Table 11-1 : Maximum Ratings (Voltage Referenced to VSS)

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{DD}	Supply Voltage	-0.3 to +4	V
V _{CC}		0 to 16	V
V _{SEG}	SEG output voltage	0 to V _{CC}	V
V _{COM}	COM output voltage	0 to 0.9*V _{CC}	V
V _{in}	Input voltage	V _{SS} -0.3 to V _{DD} +0.3	V
T _A	Operating Temperature	-40 to +85	°C
T _{stg}	Storage Temperature Range	-65 to +150	°C

Maximum ratings are those values beyond which damages to the device may occur.

Rys. 24

240×320 o przekątnej ekranu 2,8 cala z różnymi interfejsami.

W Internecie można znaleźć schematy podłączenia takich 3,3-woltowych modułów do 5-woltowych płytek Arduino. Dwa przykłady na **rysunkach 26, 27**.

W wyświetlaczach o jeszcze większej rozdzielczości wykorzystywane są jeszcze szybsze interfejsy rodziny LVDS.

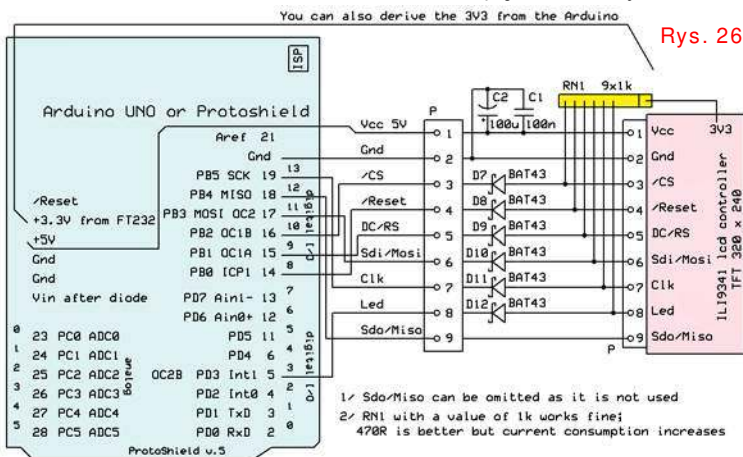
Takich wyświetlaczy na pewno nie

obsługuje żadna z klasycznych płytek Arduino, i z uwagi na małą moc obliczeniową, i brak w Arduino potrzebnych interfejsów. Do ich obsługi wykorzystywane są m.in. szybkie procesory STM oraz Raspberry Pi, zasilane napięciem 3,3V lub niższym.

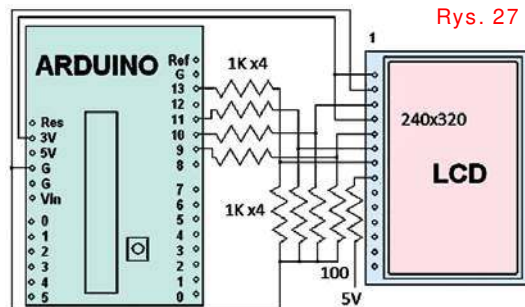
Na rynku jest dziś mnóstwo tanich modułów graficznych wyświetlaczy „płytkowych” monochromatycznych i kolorowych. Nie trzeba się ich bać. Ogólne zasady ich konstrukcji i obsługi są podobne. Ich podłączenie jest w sumie bardzo proste, wystarczy pojedyncze napięcie zasilania, najlepiej 3,3V. Z dostępnych interfejsów najczęściej wybierany jest I2C oraz szeregowy SPI (z ewentualnym translatorem poziomów).

Omówiliśmy podstawowe zagadnienia sprzętowe. W następnym odcinku będziemy omawiać aspekty informacyjne.

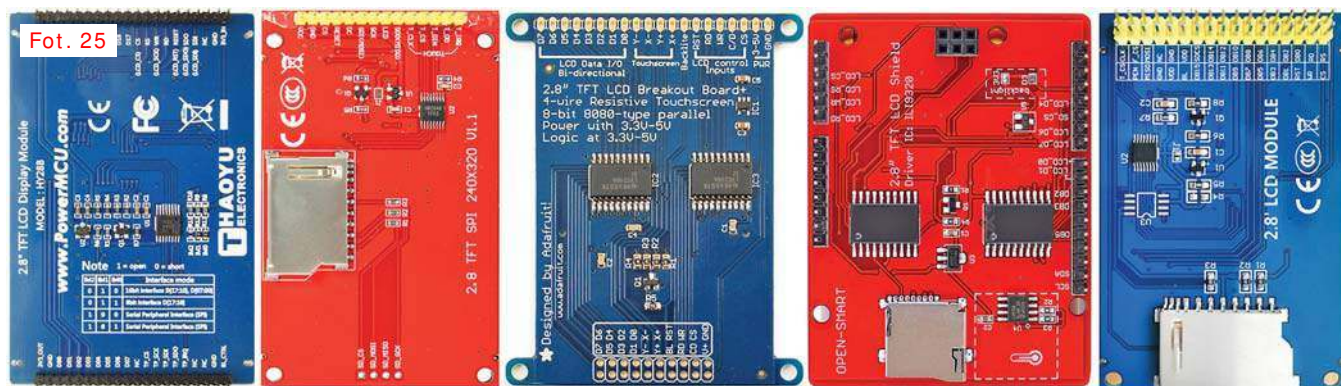
Piotr Górecki



Rys. 26



Rys. 27



R E K L A M A

AVT1813 Regulator wentylatora z silnikiem klatkowym



- przeznaczony dla silników klatkowych 230 Vac, maksymalnie 200 W.
- poprzez regulację mocy uzyskuje regulację prędkości obrotowej silnika.
- regulacja w zakresie od 0 do 100%.
- działanie oparte na metodzie regulacji grupowej
- zasilanie 230 Vac
- wymiary płytki PCB 85x46mm

YouTube



KITY AVT

Znajdź nas na



Tranzystory: Sterowanie MOSFET-ami

część 4

W tym odcinku zaczynamy omawiać proces przełączania tranzystorów MOSFET który wcale nie jest taki prosty, jak może się wydawać. Dlatego zaczniemy od pewnych uproszczeń.

Uproszczony proces przełączania

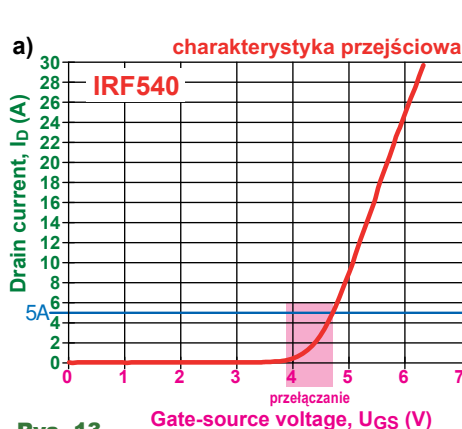
Gdyby w strukturze MOSFET-a była tylko jedna pojemność, między bramką a źródłem, według rysunków 1 i 11, wtedy analiza byłaby prostsza.

Najłatwiej byłoby przyjąć, co zresztą ma uzasadnienie praktyczne, że generator impulsów – sterownik MOSFET-a, ma jakąś wydajność prądową, czyli jest odmianą źródła prądowego. Podczas impulsu prąd ładowałby pojemność wejściową MOSFET-a liniowo według **rysunku 12a**. Napięcie bramki U_{GS} podczas przełączania również zmieniałoby się liniowo.

Można byłoby też przyjąć, co ma uzasadnienie praktyczne, że generator impulsów ma jakąś określoną rezystancję wyjściową, że każdy MOSFET ma jakąś niewielką wewnętrzną rezystancję bramki, więc mamy do czynienia z obwodem całującym RC i że przebieg napięcia na bramce (U_{GS}) ma charakterystyczny kształt, taki jak na każdym obwodzie RC – **rysunek 12b**.

Jak się okaże, nie taki kształt mają napięcia na bramce, ale teraz chcemy podkreślić prostszy, ale ważny szczegół. Otóż nawet gdyby napięcie na bramce zmieniało się według rysunku 12a lub 12b, to nie tak wyglądałyby w tranzystorze przebiegi prądu i napięcia.

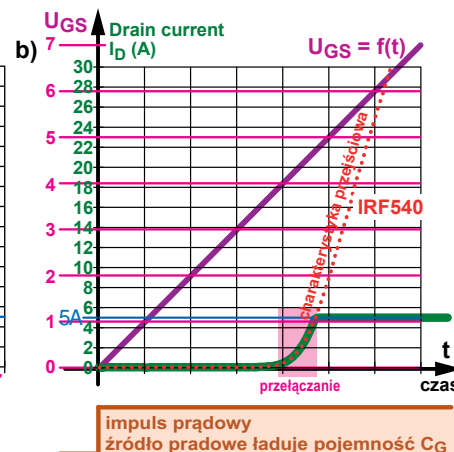
Nie można bowiem zapomnieć, że otwieranie MOSFET-a zaczyna się dopiero przy napięciu progowym U_{GStH} . O kształcie prądów i napięć zadecyduje więc przebieg charakterystyki przejściowej użytego MOSFET-a.



Rys. 13

Przykład charakterystyki przejściowej znajdziesz na **rysunku 13a**, który pochodzi z karty katalogowej IRF540. Według tego rysunku napięcie progowe U_{GStH} wynosi prawie 4V. Przy mniejszych napięciach bramki MOSFET jest zatkany. Dopiero przy większym napięciu bramki prąd drenu szybko rośnie, ale tylko do wartości ograniczonej przez rezystancję obciążenia. Niebieską linią zaznaczyłem prąd 5A, jaki mieliśmy w układzie z rysunku 8. Zapamiętaj proste i ważny wniosek: **przełączanie tranzystora następuje w wąskim zakresie napięcia U_{GS}** .

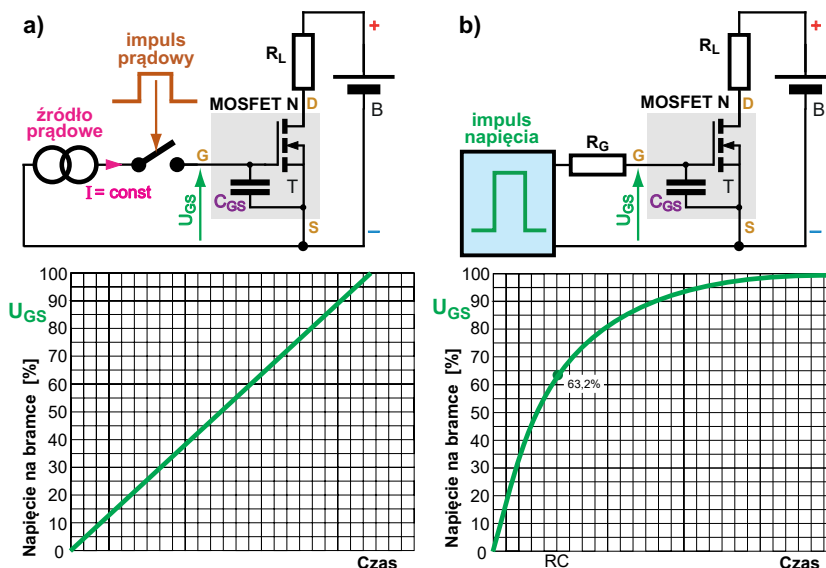
Zbadajmy to dokładniej. Najpierw teoretycznie. Jeżeli po włączeniu źródła

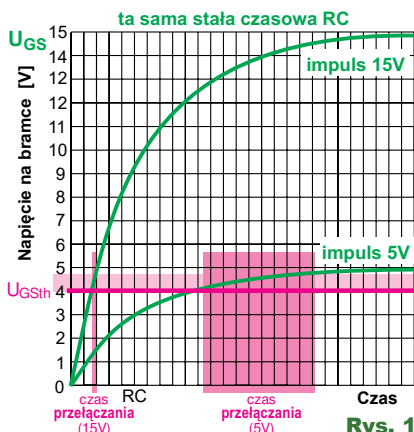


prądowego napięcie na bramce (U_{GS}) rosłoby liniowo, jak na **rysunku 12a**, to przebieg prądu byłby prostym odwziedleniem charakterystyki przejściowej MOSFET-a, co jest pokazane na **rysunku 13b**. Na osi poziomej mamy tutaj czas i zielona linia pokazuje spodziewany przebieg prądu. Jak widać, prąd pojawia się po rozpoczęciu impulsu sterującego z pewnym opóźnieniem.

W przypadku obwodu RC z **rysunku 12b** próba określenia dokładnego kształtu prądu byłaby trudniejsza, ponieważ przebieg napięcia na bramce jest mocno zakrzywiony. Tak, ale podstawowy wniosek jest ten sam: prąd pojawi się z pewnym opóźnieniem względem impulsu

z generatora. Dopiero wtedy, gdy napięcie na bramce przekroczy napięcie progowe U_{GStH} , prąd drenu (prąd obciążenia) zacznie szybko wzrastać. Zmiana prądu od zera do wartości maksymalnej (i odwrotnie) następuje w wąskim zakresie napięcia na bramce. Poniżej tego zakresu MOSFET jest zatkany. Powyżej tego zakresu jest w pełni otwarty.





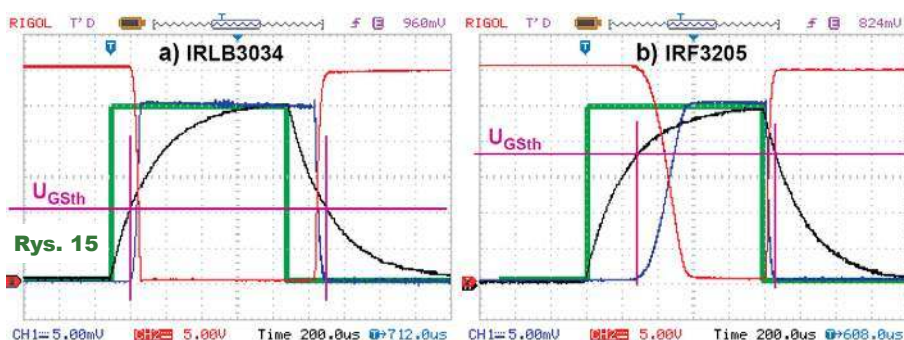
Rys. 14

Nieliniowość z rysunku 12b nie jest żadnym problemem, bo według rysunku 13 przełączanie następuje w wąskim zakresie napięcia bramki, węższym niż 1V. A w praktyce napięcie sterujące, podawane na bramkę klasycznego MOSFET-a, zwykle ma wartość 10...15V. Wtedy w interesującym nas wąskim zakresie napięć nieco powyżej U_{GSth} (porównaj rysunek 13b) przebieg zmian napięcia jest praktycznie prostoliniowy.

Gorzej byłoby, gdyby przy napięciu $U_{GSth} = 4V$ impulsy sterujące miały amplitudę 5V (z układu cyfrowego zasilanego takim napięciem). Wprawdzie wystarczyłoby to do otwarcia MOSFET-a o charakterystyce z rysunku 13a, jednak proces otwierania trwałby dłużej i kształty przebiegów byłyby zauważalnie inne niż na rysunku 13b. **Rysunek 14** pokazuje porównanie przełączania przy amplitudzie impulsu 15V oraz amplitudzie 5V.

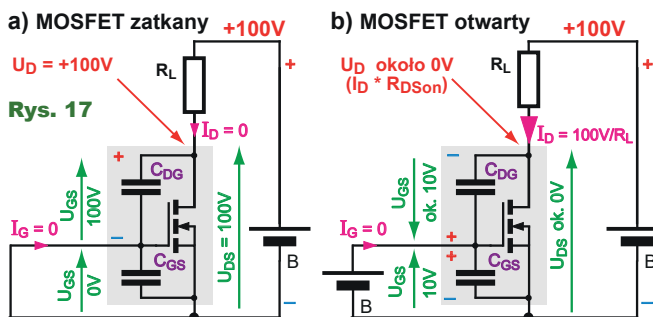
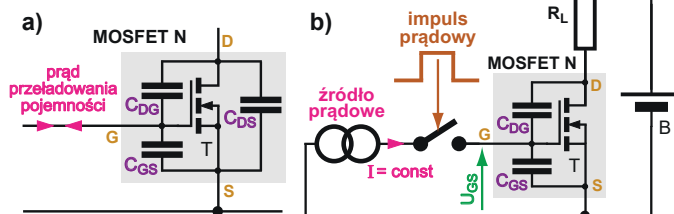
Zmiana kształtu przebiegów nie jest dużym problemem, ale i tu widać, że *napięcie sterujące niewiele wyższe od U_{GSth} jest niekorzystne, ponieważ wydłuża czas przełączania, a tym samym zwiększa straty mocy związane z przełączaniem*. Mamy tutaj drugi argument, że napięcie sterujące podawane na bramkę powinno być dużo większe od napięcia U_{GSth} . Już wcześniej poznaliśmy pierwszy argument: większe napięcie U_{GS} nieco obniża wartość R_{DSon} , czyli zmniejsza straty przewodzenia. Oczywiście z uwagi na ryzyko przebicia cienkiej warstewki izolatora między bramką i źródłem (kanałem) napięcie sterujące na bramce nie może być za wysokie – dla większości MOSFET-ów mocy maksymalne napięcie U_{GS} to najczęściej $\pm 20V$, w niektórych mniej.

Podkreślmy, że przedstawiliśmy tu analizę uproszczoną, zakładającą obecność tylko jednej pojemności C_G . Niemniej właśnie taka sytuacja ma



miejsce, gdybyśmy do bramki MOSFET-a dołączyli dużą pojemność zewnętrzną. **Rysunek 15** pokazuje zdjęte oscyloskopem przebiegi napięcia bramki i drenu z rzeczywistego układu według wcześniejszego rysunku 8 i fotografii 9 z elementami $R_G = 220\Omega$ i $C_G = 1\mu F$. Tym razem czarna krzywa to napięcie bramki (1V/dz), przebieg niebieski to prąd, a czerwony to napięcie na drenie. Dorysowany przebieg zielony to impuls na wyjściu generatora. Rysunek 15a pokazuje sytuację z MOSFET-em IRLB3034. Jak widać,

Rys. 16



użyty do testu egzemplarz miał napięcie progowe nieco powyżej 2V. Natomiast rysunek 15b pokazuje przebiegi przy tych samych wartościach $R_G = 220\Omega$ i $C_G = 1\mu F$, ale z tranzystorem IRF3205. Jego napięcie progowe wynosi około 3,7V, a amplituda impulsów z mojego generatora tylko 5V. Dlatego kształt zbocza rosnącego i opadającego są zdecydowanie różne. Potwierdza się też problem z rysunku 14. Tu też jest wyjaśnienie, dlaczego do wcześniejszych testów musiałem wykorzystać tranzystor o niższym napięciu progowym.

To była analiza uproszczona. A teraz...

Rzeczywisty proces przełączania

Na **rysunku 16a** przedstawione są trzy wewnętrzne, niepożądane pojemności MOSFET-a. Jak się przekonamy, w procesie przełączania kluczową funkcję pełni pojemność C_{GD} występująca między bramką a drenem, nazywana często pojemnością Millera (millerowską). W procesie przełączania znikomą rolę odgrywa pojemność C_{DS} , ale ona z kolei znacząco wpływa na sprawność energetyczną układu.

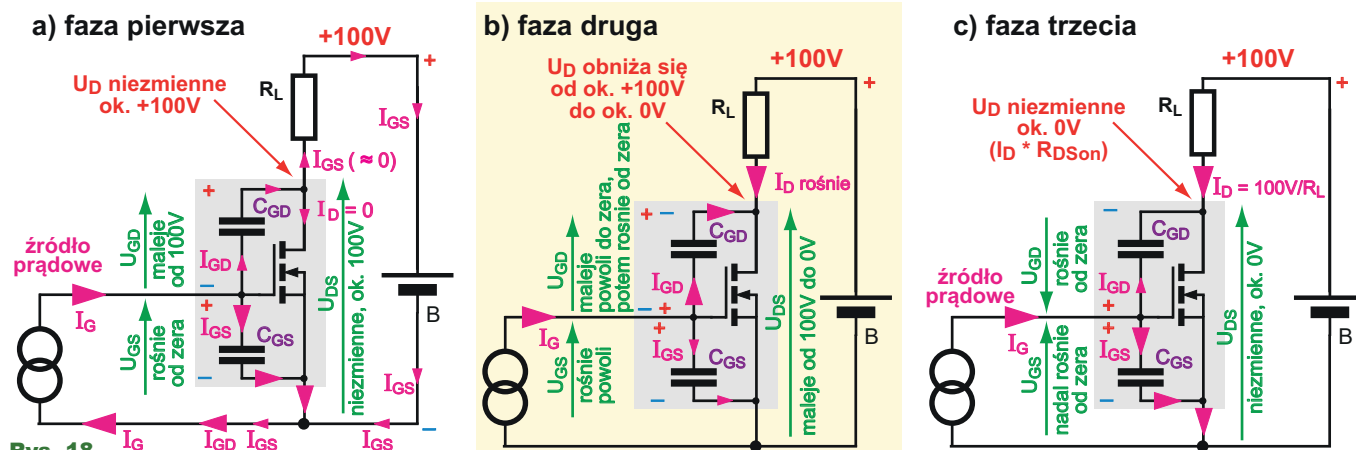
Aby także mniej zaawansowanym Czytelnikom ułatwić zrozumienie problemu, znów założmy, że podczas włączania pojemności są ładowane niezależnym prądem źródła prądowego oraz przyjmijmy konkretną wartość napięcia zasilającego według **rysunku 16b**. Pomijamy też pojemność C_{DS} , która praktycznie nie wpływa na proces przełączania.

W stanie wyłączenia (spoczynku) mamy w układzie sytuację jak na **rysunku 17a**. W spoczynku pojemność C_{GS} jest rozładowana. Natomiast pojemność C_{GD} jest naładowana i występuje na niej napięcie 100V. W układzie nie płyną żadne prądy.

Podobnie w stanie pełnego otwarcia według **rysunku 17b** w obwodzie bramki nie płyną żadne prądy. Płynie tylko duży prąd drenu.

Gdy MOSFET jest zatknięty i w układzie z **rysunku 16b** włączymy źródło prądowe, to oczywiście zacznie ono prądem I_G ładować pojemność C_{GS} i rozładowywać naładowaną wcześniej pojemność C_{GD} .

W zakresie napięć bramki (U_{GS}) od zera do napięcia U_{GSth} nie szczegól-



Rys. 18

nego się nie dzieje, bo MOSFET jest zatkany, wyłączony. Napięcie na bramce i pojemności C_{GS} , mierzone względem masy, rośnie liniowo. Tak samo liniowo zmniejsza się napięcie na pojemności C_{GD} . Sytuację przedstawia **rysunek 18a**.

Zwróć uwagę, że prąd źródła prądowego I_G rozgałęzia się. Większość płynie przez pojemność C_{GS} , która jest dużo większa niż C_{GD} . Przez pojemność C_{GD} płynie mały prąd od bramki do drenu. Prądy zawsze płyną w zamkniętych obwodach, więc na rysunku 18a zaznaczyłem drogę przepływu obu składowych I_{GS} , I_{GD} . Na dalszych rysunkach tego nie zaznaczałem, żeby nie komplikować analizy.

Przypomnijmy jeszcze, że przez kondensator (pojemność) prąd płynie tylko wtedy, gdy zmienia się na nim napięcie. Przy liniowych zmianach napięcia wartość prądu jest niezmienna, wprost proporcjonalna do szybkości zmian napięcia ($\Delta U/\Delta t$) i do pojemności, według elementarnej zależności

$$I = C \cdot \Delta U/\Delta t$$

(w ogólnym przypadku: $i = C \cdot di/dt$).

Gdy napięcie na bramce wzrośnie (liniowo) do wartości U_{GSth} , MOSFET zacznie się otwierać, czyli zacznie przezeń płynąć prąd. To spowoduje, że napięcie na drenie, mierzone względem masy, zacznie się zmniejszać, jak pokazuje to **rysunek 18b**.

Gdyby nie było pojemności C_{GD} , prąd szybko wzrósłby do wartości ograniczonej przez rezystancję obciążenia R_L , jak wskazywały wcześniejsze rysunki 12...14. Obecność C_{GD} poważnie zmienia sytuację.

Co dla nas teraz najważniejsze, jeżeli napięcie na drenie będzie się zmniejszać, to przez pojemność C_{GD} popłynie prąd, wynikający właśnie z tej zmiany napięcia drenu. Napięcie drenu maleje, co dodatkowo zmniejsza napięcie na pojemności C_{GD} , kierunek zmian

napięcia na pojemności C_{GD} , a więc i kierunek prądu I_{GD} nadal jest taki sam, jak na rysunku 18a.

Owszem. Tylko wcześniejszy prąd I_{GD} wynikał jedynie ze zmian napięcia na bramce – ze zwiększania napięcia na bramce, co możemy zapisać:

$$I_{GD} = C_{GD} \cdot \Delta U_{GD}/\Delta t$$

W pierwszej fazie zmiany napięcia U_{GD} co do wartości są takie same jak zmiany napięcia U_{GS} , więc:

$$I_{GD} = C_{GD} \cdot \Delta U_{GS}/\Delta t$$

A w fazie drugiej prąd I_{GD} będzie też nierozłącznie związany ze zmianami napięcia na drenie (U_{DS}). Wartość prądu I_{GD} będzie wyznaczona zarówno przez szybkość zmian napięcia bramki (U_{GS}), jak i szybkość zmian napięcia drenu (U_{DS}), co możemy zapisać:

$$I_{GD} = C_{GD} \cdot \Delta U_{GD}/\Delta t$$

$$I_{GD} = C_{GD} \cdot (\Delta U_{GS} + \Delta U_{DS})/\Delta t$$

W pierwszej fazie prąd I_{GD} był drobną częścią prądu I_G . Teraz jest inaczej, odwrotnie: Prąd I_{GD} jest niewiele mniejszy od prądu I_G , a to znaczy, że prąd I_{DS} jest malutki. A jeśli prąd I_{GS} jest malutki, to znaczy, że... bardzo mała jest szybkość zmian napięcia na pojemności C_{GS} i na bramce.

Zakładamy, że prąd I_G pochodzi ze źródła prądowego, więc ma jakąś niezmienną wartość, taką jak wcześniej, tylko teraz, w drugiej fazie pracy popłynie głównie przez pojemność C_{GD} .

Wytwarza się wtedy stan swoistej dynamicznej równowagi, a w grę wchodzi kilka czynników: Wartość prądu I_G jest niezmienna, więc zmienić się może tylko podział na prąd I_{GD} i I_{GS} . Prąd I_{GD} nie może być dokładnie równy prądowi I_G . Musi być trochę mniejszy, by także przez C_{GS} płynął jakiś mały prąd. Gdyby prąd I_{GS} był równy zeru, napięcie na bramce byłoby niezmiennie. A tak być nie może – ono musi nadal pomału wzrastać, żeby wzrastał też prąd drenu i by to obniżało napięcie na drenie. Bo

przecież to właśnie zmiana (zmniejszanie się) napięcia na drenie powoduje przepływ zwiększonego prądu I_{GD} .

A niezbędne do tego niewielkie narastanie napięcia U_{GS} musi być i jest nierozłącznie związane z przepływem prądu przez C_{GS} , czyli też z jakąś niewielką zmianą napięcia U_{GS} .

Wytwarza się więc stan dynamicznej równowagi, a dla nas najważniejsze jest to, że w tej drugiej fazie pracy napięcie bramki (U_{GS}) rośnie bardzo powoli, dużo wolniej, niż w pierwszej fazie. Wcześniej cieszyliśmy się, że MOSFET zostaje przełączony w wąskim zakresie zmian napięcia U_{GS} i że następuje to dość szybko.

Teraz okazuje się, że pojemność C_{GD} tworzy obwód (ujemnego) sprzężenia zwrotnego z wyjścia – drenu na wejście – bramkę i to ona mocno spowalnia proces przełączania!

W tej drugiej fazie napięcie na drenie nie może zmniejszyć się szybko, a tylko z taką szybkością, żeby te zmiany spowodowały przepływ przez C_{GD} prądu o wartości bliskiej prądowi I_G .

W każdym razie w tej drugiej fazie napięcie na drenie (U_{DS}) stosunkowo powoli, ale jednak zmniejsza się do wartości bliskiej zeru. Taki stan nie może trwać wiecznie. Warunkiem i przyczyną przepływu zwiększonego prądu I_{GD} jest zmiana (obniżanie się) napięcia na drenie. A przecież po jakimś czasie MOSFET otworzy się całkowicie, napięcie na drenie stanie się bliskie zeru i nie będzie mogło dalej się zmniejszać. Oczywiście brak zmian napięcia drenu zmniejszy prąd I_{GD} . Rozpływ prądów powróci do wcześniejszego stanu z rysunku 18a, ale w zmienionej sytuacji, co ilustruje **rysunek 18c**. MOSFET jest wtedy całkowicie otwarty i płynie duży prąd drenu.

Ciąg dalszy na stronie 47

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 zamieszczone 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 (szkoła, 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: *Szko290Kowalski*, *Policz290Zielinski*, *NieGra290Malinowski*, *Jak04Krzyzanowski*. Chodzi o to, żeby w tytule e-maila i w nazwach wszystkich załączników była zarówno informacja o zadaniu, jak i o Autorze. Bardzo też proszę, żeby jeden Twój e-mail zawierał rozwiązanie tylko jednego konkursu, a nie kilku, co znacznie mi ułatwi segregowanie poczty.

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

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

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

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

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

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

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

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



Zadanie główne 290

Wykorzystałam tu propozycję zadania przysłał kilka miesięcy temu **Krzysztof Jastrzębski** z miejscowości Łęgi. Napisał między innymi: (...) *pozdrawiam wszystkich Czytelników EdW, a w szczególności uczestników Szkoły Konstruktorów* (...) *z racji mojego wieku nie biorę udziału* (...) *ale z przyjemnością czytam o rozwiązaniach i pomysłach*. (...) *zaskoczony jestem ciągle rosnącą popularnością różnych bezsensownych teorii spiskowych, w które wierzą także ludzie teoretycznie wykształceni* (...) *[Dziś] trzeba doceniać każdego, kto wykorzystuje lutownicę, ponieważ większość młodych idzie na łatwiznę i ma do czynienia z niewybrednymi gramami, które tylko otumaniają, a nie uczą*. (...) *Szkoła Konstruktorów EdW zachęca do myślenia i działania. Twórczość, wynalazczość i ciągle zdobywanie wiedzy to solidna podstawa na przyszłość: do pracy zawodowej i całego życia. Ja doceniam najbardziej pomysły nieszablony, niekomercyjne, w których widać błysk pomysłu i inteligencji Autora.*

Od dawna noszę się z zamiarem napisania do EdW i najpierw chciałem zaproponować jako zadanie [Szkole Konstruktorów] coś związanego z rozwaleniem jakichś teorii spiskowych czy wyjaśnieniem fałszywych wyobrażeń związanych z techniką i w tym elektronika. Pokazanie za pomocą elektroniki, że magia to tylko sprytne sztuczki

wykorzystujące niewiedzę i nieuwagę obserwatorów. **Jakiś elektroniczny układ antymagiczny.** Ale chyba to specjalnie nie pasuje na zadanie [Szkole]. Dlatego mam propozycję bardziej prostą i przypuszczam, że atrakcyjną, a według mojego rozeznania nie pojawiła się w czasopiśmie EdW, które czytam nieprzerwanie od początku istnienia.

Do meritum: żyjemy 75 lat w pokojowych czasach, pomimo narzekania ludziom żyje się coraz lepiej. A to jest okazja, żeby się cieszyć i świętować. Zadanie ma być związane z radością i świętowaniem. Okazji jest niemało, ponieważ oprócz świąt i uroczystości uświęconych tradycją pojawiają się także i nowe, pochodzące z obcych kultur. Proponuję do Szkoły Konstruktorów EdW postawić jako zadanie wykonanie układu, który uświetni uroczyste spotkania rodzinne albo dowolne święta i uroczystości. Może wyłączyć gadżety na choinkę, bo tego jest zastrzeżenie, tylko skoncentrować się na czymś innym, nieszablony (...)
Pozdrawiam!

Rzeczywiście, takiej propozycji w Szkole jeszcze nie mieliśmy. Oto temat zadania numer 290:

Zaproponuj układ elektroniczny do uświetnienia uroczystości rodzinnych oraz świąt.

Zgodnie z sugestią pomysłodawcy proponuję nie koncentrować się na ozdobach choinkowych, tylko pomyśleć, jakie układy elektroniczne mogłyby uświetnić i uprzyjemnić inne święta i uroczystości rodzinne.

Uwaga!

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

Kiedyś atrakcją były grające kartki pocztowe z elektroniczną pozytywką. Dziś możliwości leżących w zasięgu hobbystów jest nieporównanie więcej. Na pewno w grę wchodzi oświetlenie efektowe LED w postaci nie tylko taśm, ale i girland na drucie, do których można dodać rozmaite sterowniki. Pomyślcie też o innych możliwościach takich jak dźwięki, laser, adaptowane efekty dyskotekowe i jeszcze inne.

Jak zawsze czekam zarówno na rozwiązania praktyczne (z fotografiami modeli i opisem), ale także na wszelkie pomysły – rozwiązania teoretyczne.

Serdecznie zachęcam do udziału w tym specyficznym zadaniu!

Piotr Górecki

Nadsyłajcie propozycje zadań!

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

Koszty przesyłki pokrywa AVT.

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

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

Zachęcam do nadsyłania propozycji następnych zadań Szkoły!

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

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

opublikował swoją realizację projektu lub artykułu związanego z platformą Arduino.

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

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

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

mnie, obiecująco. Pozdrawiam.

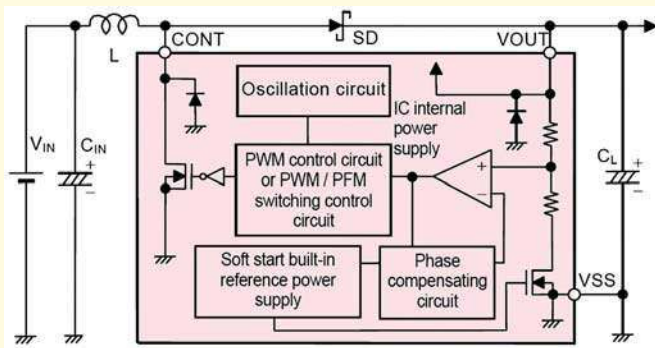
Jeżeli ktoś zrealizuje taki układ, chętnie przedstawimy projekt na łamach EdW.

Janusz Zatorski z miejscowości Leszczyny napisał: (...) w zadaniu mam „zaproporować sposób zasilania”. **Rys. 2** Moim zdaniem (...)

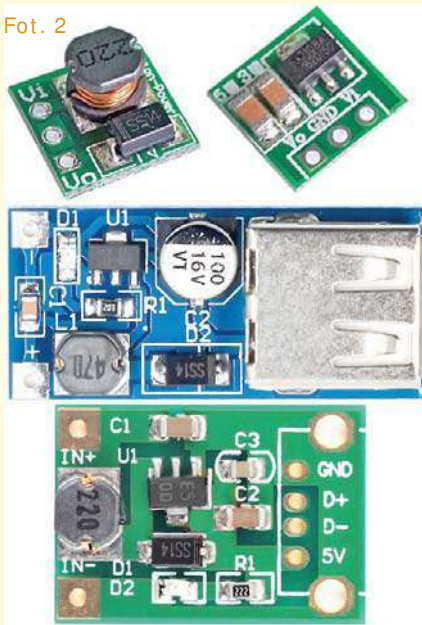
obecnie można za kilka albo kilkanaście złotych kupić gotową przetwornicę podwyższającą i nie warto samemu jej robić, bo cena samego układu scalonego z dostawą jest wyższa (...) zwróciłem uwagę na różne gotowe przetwornice (...) zdjęcia w załączniku (...) jest kilka odmian, co mają zasilanie od poniżej 1V (...) niektóre 0,9V, niektóre 0,8V, a są i od 0,7V (...) [są to] tanie przetwornice bez dokumentacji. Nie wiadomo, jakie układy w nich są zastosowane (...) zauważyłem tylko, że niektóre mają podaną sprawność 85% a inne 96% (...) [to] mnie dziwi (...) tam są różne układy scalone, bo to widać na zdjęciach (...) dlaczego 75% i 96%? (...) zauważyłem [także], że są przetwornice, co nie mają diody (...) jak ktoś wie (...) to można by to opisać w EdW (...) w moim wieku (...) proszę mi nie przydzielać żadnych punktów ani niczego (...)

Przykłady takich tanich modułów przetwornic można zobaczyć na **fotografii 2**. Z reguły scalony sterownik ma wewnętrznie ustalone napięcie wyjściowe, dlatego od razu trzeba kupować wersję o potrzebnym napięciu (z reguły 3,3V albo 5V). Moduły takie z reguły są typowymi przetwornicami podwyższającymi (step-up). **Rysunek 2** przedstawia przykład (S-8353/8354).

Janusz słusznie zwrócił uwagę na sprawność. Oczywiście sprawność nie jest ściśle ustalona. Przy najniższych dopuszczalnych napięciach zasilania zawsze jest niższa i dużo niższa od nominalnej jest też wtedy wydajność prądowa. Jeżeli przetwornica zacznie działać, to potem będzie pracować przy napięciach jeszcze niższych. A najniższe napięcie startu zależy od użytego układu scalonego. W Internecie można znaleźć wskazówki, jak



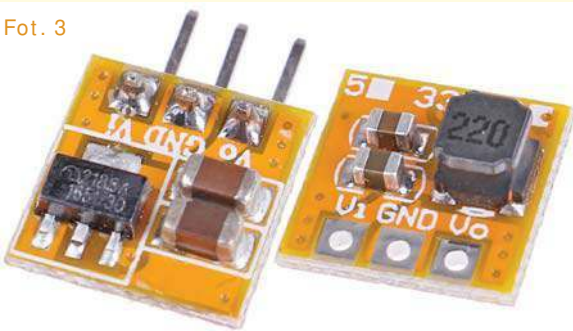
Fot. 2



rozszyfrować oznaczenia umieszczone na obudowach SMD. Wygląda na to, że często stosowane są tam kostki ME2108A, CE8301, BL8530, A7530 czy S8553/8354, których karty katalogowe można łatwo znaleźć w Internecie. Warto ściągnąć takie karty katalogowe i zwrócić uwagę, że przy najniższych napięciach wydajność prądowa jest kilka do kilkunastu razy mniejsza niż nominalna.

Bardzo interesująca jest kwestia „przetwornic bez diody”. Przykład widoczny jest na **fotografii 3**. Otóż większość małych przetwornic podwyższających realizowanych jest za pomocą różnych scalonych sterowników według

Fot. 3



SEAN PARKER
Ciekawszy niż film

nr 4, kwiecień 2020 e-suplement www.mt.com.pl

młodymtechnik
Ciekawość światła błąd zawsze młodymtechnik

ZAGŁADA
czy PRZESADA?
Zegar apokalipsy oszałał

RAPORT: W poszukiwaniu bliźniaczki Ziemi
Nie wystarczy, by egzoplaneta miała wodę i tlen

ZAGŁADA
czy PRZESADA?

„Nie należy słuchać tych moralistów, którzy powiadają, że trzeba paść na kolana i poniechać wszystkiego. Trzeba tylko iść naprzód w ciemnościach, trochę na oślep i próbować czynić dobrze.” Ten cytat ze słynnej powieści Alberta Camusa „Dżuma” może i bardziej pasuje do miesięcznika o filozofii czy etyce, niż do „Młodego Technika”, ale cóż – gdy na Temat numeru wybrało się zagrożenia o skali globalnej z Zegarem Zagłady w tle, należy uzbroić się również i w taką wiedzę. W sumie to także nauka, tyle że bardziej o duszy, mniej wymierna, jakby cokolwiek... kwantowa (!). Opisując różnorodne czające się za rogiem „Armageddony”, nie chcemy nikogo przyprowadzić o depresję. Raczej próbujemy przesłać fakty od strachów na lachy, które lubią rosnąć w demoniczne kształty, jak zarysy mebli w ciemnym pokoju. W sumie ludzkiej cywilizacji zawsze groził cały pakiet nieszczęść, zdolnych szybko zgasić światło historii, a mimo to jakoś trwa ona i rozwija się przez kolejne tysiąclecia. Nawet gdyby jednak w końcu się nie udało, to być może pozostanie nam jeszcze ratunek w postaci ewakuacji na jakąś przytulną bliźniaczkę Ziemi, poszukiwaniom której również poświęciliśmy w tym wydaniu spory materiał... A jeśli i to zawiedzie, to faktycznie – zawsze warto być przyzwoitym i walczyć fair do końca.

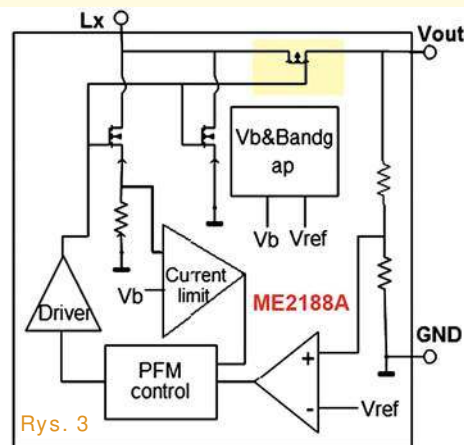
Nowy numer już w sprzedaży
www.ulubionykiosk.pl
Koniecznie odwiedź serwis:
młodytechnik.pl



klasycznej idei przetwornicy step-up, przypomnianej na rysunku 2. Ich sprawność jest ograniczana przez straty w diodzie (Schottky'ego). Straty są mniejsze w przetwornicach synchronicznych, co pokazane jest na **rysunku 3** pochodzącym z katalogu kostki ME2188, gdzie dioda zastąpiona jest drugim tranzystorem (żółta podkładka).

Niestety, kupując małeńki moduł niskowoltowej przetwornicy podwyższającej, zwykle nie mamy możliwości określić jego prawdziwych parametrów, bo wygląda na to, że handlowcy bezkrytycznie przepisują dane z innych ofert. Dopiero po kupnie można sprawdzić nie tylko to, jaka jest sprawność, ale co bardziej interesujące dla wielu, jak duży jest prąd spoczynkowy, który może być rzędu kilkunastu mikroamperów albo kilku miliamperów, co jest ogromnie ważne w oszczędnych zastosowaniach.

Krzysztof Smoliński z Poznania zaczął tak: Witam, (...) chciałbym przedstawić małą przetwornicę 1,2/5V. W zasadzie można powiedzieć, że układ idealnie wpisuje się w rubrykę „z potrzeby chwili”, a w zasadzie „z potrzeby sytuacji” ;) (...)



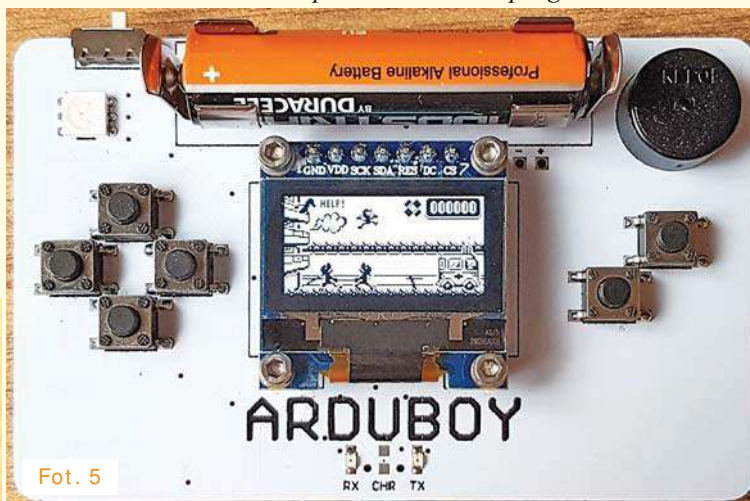
Rys. 3

napięcia poniżej 0,9V. W czasie projektowania płytki dla tej przetwornicy napotkałem małe problemy. Pierwsza wersja nie działała prawidłowo: napięcie wyjściowe było niestabilne, a przetwornica potrafiła się wyłączać nawet powyżej 1V napięcia zasilania. Okazało się, że **bardzo ważne jest prawidłowe zaprojektowanie płytki. Nie wystarczy ścieżkami połączyć elementy zgodnie ze schematem. Dopiero po zastosowaniu się do zaleceń na temat projektu PCB pokazanych w dokumentacji układu scalonego MCP1640 przetwornica zaczęła działać prawidłowo. Do konsoli za pośrednictwem oprogramowania**

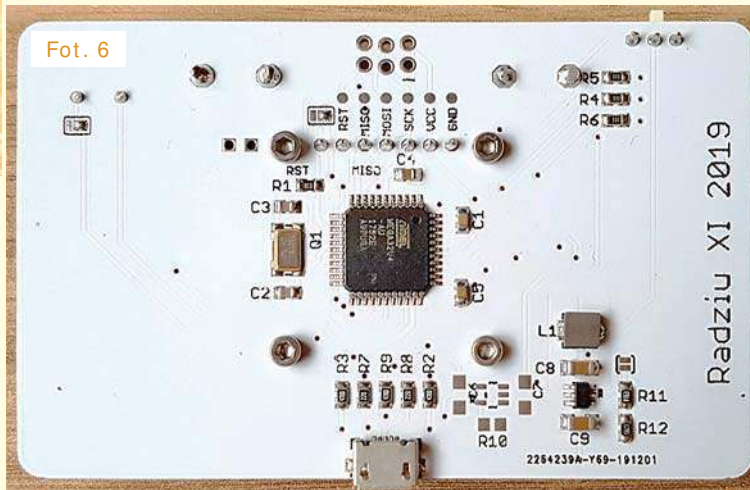


Fot. 4

Fotografia 4 pokazuje model. Autorowi przydzieliłem punkty i upominek, a szczegóły podane są w tym numerze na stronie 62, w artykule z serii „Z potrzeby chwili”. Rozwiązanie nadesłał też **Radosław Rongers** z Warszawy, który zaczął tak: *Dzień dobry! Na wstępie proszę o nieprzydzielanie mi żadnych punktów ani kuponów. (...) chciałbym zaproponować moją wersję minikonsoli do gier ArduBoy na podstawie open-source'owego projektu ArduBoy (<https://arduboy.com/>). Sama konsola składa się zasadniczo z Arduino Leonardo, wyświetlacza OLED, oraz przycisków, no jeszcze buzera i LED RGB. Swoją projekt zmodyfikowałem tak, aby było możliwe zasilanie konsoli z pojedynczego ogniwa AAA. Zastosowałem przetwornicę w oparciu o układ scalony MCP1640, która wytwarza napięcie 3,3V z pojedynczego ogniwa AAA. Przetwornica teoretycznie powinna wytwarzać napięcie 3,3V nawet po rozładowaniu ogniwa do 0,8V. Pomiary jednak wykazały, że przetwornica wyłącza się po spadku*



Fot. 5



Fot. 6

Punktacja Szkoły Konstruktorów

Sławomir Węgrzyn Dziekanówce.....	92	Lukasz Olszok Tarnowskie Góry.....	45	Rafał Orodziński Białystok.....	19
Daniel Turbasa Kraków.....	88	Krzysztof Kawa Lubcza.....	44	Marian Caruk Luban.....	17
Lukasz Dachowski Cymbark.....	72	Adam Ples Jaworzno.....	43	Roman Braumberger Bytom.....	16
Aleksander Bernacki Magnuszowice.....	69	Szymon Czepiel Piszczowice.....	43	Lukasz Kojro Gdańsk.....	15
Szymon Trygar Szczecin.....	66	Piotr Gajdosz Grybów.....	41	Jacek Rączka Polomia.....	14
Krzysztof Smoliński Poznań.....	66	Dawid Placha Rdzawa.....	38	Marcin Malich Wodzisław Śl.....	13
Radosław Smalec Zabrze.....	64	Michał Stach Kamionka.....	38	Paweł Sablik Piszczowice.....	13
Artur Bereit Barcin.....	60	Maciej Zieliński Kraków.....	33	Piotr Wyderski Wrocław.....	13
Robert Szolc Bytom.....	58	Rafał Rówiak Słaboszów.....	26	Andrzej Adamczyk Ostrowiec Św.....	11
Andrzej Herbut Siekierzyn.....	52	Lukasz Nowak Warszawa.....	25	Jarosław Węgliński Warszawa.....	11
Paweł Hoffmann Wrocław.....	51	Marian Gabrowski Polkowice.....	23	Paweł Myslowice.....	10
Adam Sobczyk Warszawa.....	50	Teodor Wozniak Łódź.....	23	Maciej Skrodzewicz Szczecin.....	9
Sebastian Jarmosiewicz Motwica.....	50	Tomasz Zaorski Kalinówka.....	21	Leszek Galos Oleśnica.....	8
Michał Pędzimaż Stara Słupia.....	48	Jakub Gajda Kraków.....	20	Mateusz Raczynski Warszawa.....	8



Arduino można wgrywać dostępne na ww. stronie gry, przez złącze mikro USB, tak samo jak do oryginalnej płytki Arduino Leonardo (...) Pozdrawiam Model konsoli ArduBoy pokazany jest na fotografiach 5 i 6.

Aktualne informacje o punktacji oraz rozdziale nagród, upominków i kuponów podane są w tabelkach. Znak zapytania oznacza, że ewentualna publikacja nastąpi dopiero po nadesłaniu ostatecznych materiałów. Osoby nagrodzone kuponami otrzymują z naszej redakcji stosowny e-mail z informacją i wskazówkami, a dopiero potem zamawiają w sklepie AVT (wrzucają do koszyka pod adresem www.sklep.avt.pl) towary za przydzieloną sumę, a w uwagach piszą, że jest to kupon ze Szkoły Konstruktorów. Kupony

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

Serdecznie zapraszam do udziału w zadaniu głównym 290, a także w drugiej i trzeciej klasie naszej Szko-

Publikacja	Nagroda	Talon AVT PLN	Imię	Nazwisko	Miejscowość	Punkty
-	-	-	Krzysztof	Jastrzębski	Łęgi	-
-	U	-	Wojciech	Bagiński	Biała Podlaska	3
?	U	-	Michał	Radomski	?	2
-	U	-	Circuit	Chaos	Warszawa	3
-	-	-	Janusz	Zatorski	Leszczyny	-
P	U	-	Krzysztof	Smoliński	Poznań	4
-	-	-	Radosław	Rongers	Warszawa	-

ły Konstruktorów! Zachęcam uczestników, żeby praktyczne rozwiązania zadań Szkoły przygotowywali według Szablonu ze strony: <http://elportal.pl/zostan-wspolautorem-elektroniki-dla-wszystkich/>

Piotr Górecki

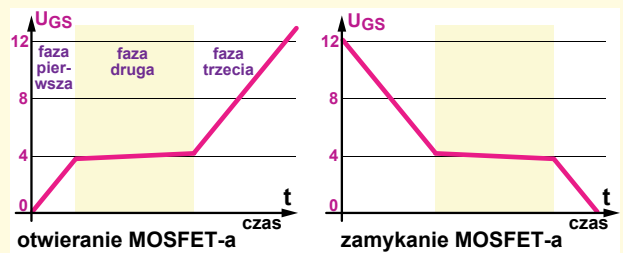
Ciąg dalszy ze strony 41

Już wcześniej, pod koniec drugiej fazy, przy napięciu bramki niewiele większym od napięcia U_{Gst} napięcie na drenie stało się bliskie zeru ($U_D = I \cdot R_{DSon}$), tranzystor został otwarty i zasadniczo w układzie nic się już nie zmienia. MOSFET jest otwarty, ale nadal rośnie napięcie bramki. Jak już wiemy, w pewnym bardzo niewielkim stopniu zmniejszy to napięcie U_{DS} , ponieważ zwiększenie napięcia U_{GS} powoduje jakieś zauważalne zmniejszenie rezystancji otwartego tranzystora, a katalogowa wartość R_{DSon} jest określana dla dość dużego napięcia bramki (dla IRL540 przy 10V).

Przy tej analizie celowo założyliśmy, że do sterowania bramki zostało użyte źródło prądowe. Ułatwiło to analizę rozprawy prądów I_{GS} , I_{GD} , a właśnie to jest najważniejsze do zrozumienia przyczyn spowolnienia procesu przełączania. W rzeczywistości bramka jest sterowana impulsem napięcia prostokątnego. Dlatego napięcie na bramce nie może

nieograniczenie rosnąć. Po jakimś czasie napięcie bramki ustali się na maksymalnej wartości, równej amplitudzie impulsu sterującego. W stanie przewodzenia sytuacja będzie taka, jak na rysunku 17b.

Przebiegi czasowe napięcia bramki U_{GS} powinny wyglądać jak na rysunku 19a. Przy wyłączaniu będzie praktycznie tak samo, tylko kolejność będzie odwrotna – rysunek 19b. W obu przypadkach w przebiegu napięcia bramki występuje swego rodzaju schodek, wywołany obecnością pojemności C_{GD} . Nie jest to wcale dziwna teoria, tylko niesprzyjająca rzeczywistość. Rysunek 20 pokazuje przebiegi w układzie z rysunku 8 i fotografii 9 z elementami $R_G = 10k\Omega$ i $C_G = 0nF$. Dorysowany przebieg zielony to impuls na wyjściu generatora, przebieg czarny to napięcie bramki U_{GS} , przebieg niebieski to prąd, a czerwony

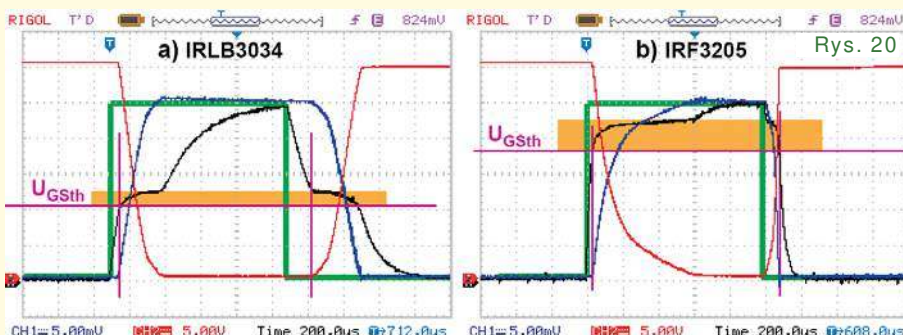


Rys. 19

to napięcie na drenie (U_{DS}). Czarny przebieg to zmiany napięcia na bramce (U_{GS}) i widzimy tutaj wspomniany schodek. Pomarańczowy pas pokazuje zakres napięć U_{GS} , w którym tranzystor zostaje przełączony. Rysunek 20a przedstawia sytuację w wersji z MOSFET-em IRLB3034 o napięciu progowym około 2V. Natomiast rysunek 20b pokazuje przebiegi w wersji z tranzystorem IRF3205 o napięciu progowym około 3,7V. Pomarańczowy pas pokazuje, że tranzystor w pełni otwiera się dopiero przy napięciu U_{GS} około 4,5V. Jeszcze mocniej potwierdza się problem zasygnalizowany na rysunku 14.

Przeanalizuj dokładnie rysunki 18, 19 i ich opis, ponieważ jest to najważniejsza część artykułu. Musisz dobrze zrozumieć, dlaczego kluczowym problemem podczas przełączania jest wpływ pojemności C_{GD} . Jak na razie, omówiliśmy tylko informacje elementarne, podstawowe, które absolutnie nie wyczerpują tematu. Dlatego w następnym odcinku nadal będziemy zajmować się procesem przełączania.

Piotr Górecki



Rys. 20



Co tu nie gra? Zadanie 290

Na **rysunku A** przedstawiona jest specyfikacja sond oscyloskopowych, oferowanych na pewnym znanym portalu. Jak zwykle pytanie brzmi:

Co tu nie gra?

Nawet gdy znajdziesz kilka usterek, możesz zgłosić tylko jedną. Proszę o możliwie krótkie odpowiedzi.

Odpowiedź oznacz **NieGra290** i nadeślij w terminie 60 dni od ukazania się tego numeru EdW. Podaj też od razu swój adres pocztowy, żebym nie musiał pytać, gdy przydzielę upominek. Możesz jeszcze przysłać rozwiązania zadania *NieGra* z poprzedniego miesiąca. Uczestnicy konkursu otrzymują upominki, a najaktywniejsi uczestnicy są co rok nagradzani bezpłatnymi prenumeratami EdW lub innego wybranego czasopisma AVT.

Model		P6200	P6250	P6300	P6350	P6400	P6500
Attenuation Ratio	1 × & 10 ×						
Input Resistance(MΩ)	1 ×	1					
	10 ×	10					
Input Capacitance(pF)	1 ×	130			90		
	10 ×	20			18		
Compensation Range(pF)	1 ×	x					
	10 ×	15-45			10-35		
Bandwidth(MHz)	1 ×	6					
Rys. A	10 ×	200	250	300	350	400	500
	1 ×	58					
Rise time(ns)	10 ×	17.5	8.75	5.8	3.5	2.3	1.75
Working Voltage(V _{P-P})	1 ×	300					
	10 ×	600					
Net Weight(g)	6.4						

Co tu nie gra? Rozwiązanie zadania 285

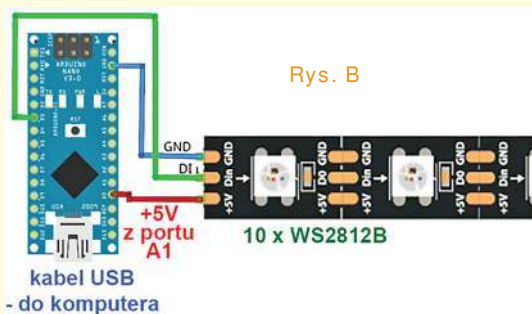
Na **rysunku B** pokazany jest zamieszczony w EdW 11/2019 *schemat prostego układu, gdzie płytka Arduino Nano steruje krótkim kawałkiem taśmy LED z diodami WS2812B*.

Przyczyną postawienia zadania 285 były informacje o błędach popełnianych przez elektroników, zwłaszcza młodych i bardzo młodych, którzy często są bardziej informatykami niż elektronikami. Zadanie *NieGra285* wraz z równoległym zadaniem *Policz285* miało uczulić na problem poboru prądu, wydajności prądowej źródeł zasilania, a także spadków napięć na przewodach.

W roli rysunku B wykorzystałem znaleziony gdzieś w Internecie obrazek, który celowo zmieniłem i dostosowałem do potrzeb tego zadania. Jak zwykle, także i w tym schemacie (przygotowanym specjalnie na potrzeby tego zadania) doszukał się więcej niż jednego błędu.

Celowym drobnym błędem, który miał zmniejszyć czujność, był czerwony napis: **+5V z portu A1**, a tymczasem linia +5V taśmy LED ewidentnie jest dołączona do pinu A0 płytki Arduino Nano. To, czy wykorzystywany jest pin A0, czy A1, nie ma jednak znaczenia.

W analizowanym układzie podstawowym problemem jest pobór prądu. Jak słusznie podkreśliło wielu uczestników, w materiałach katalogowych producenta



Rys. B

(Worldsemi) trudno znaleźć precyzyjne informacje o poborze prądu przez WS2812B, które w jednej obudowie zawierają scalony sterownik i trzy struktury LED (RGB). W większości źródeł przyjmuje się, że maksymalny prąd jednej diody to 20mA, co daje 60mA przy zaświeconych trzech strukturach RGB.

Jeżeli jedna dioda może pobrać do 60mA, to dla dziesięciu diod potrzeba będzie 600mA. Niby niewiele, ale akurat nie w tym przypadku.

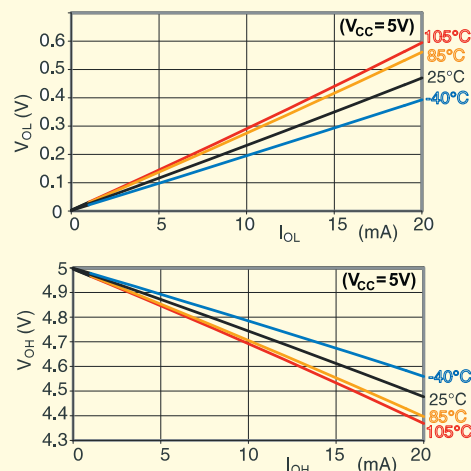
Praktycznie wszyscy uczestnicy zwrócili uwagę na to, że według rysunku B taśma LED ma być zasilana prądem płynącym z pinu (A0) płytki Arduino Nano. A to jest absolutnie niemożliwe!

Płynący prąd powoduje spadek napięcia na rezystancjach wewnętrznych tranzystorów MOSFET. Napięcie zasilające taśmę LED będzie obniżone.

Pin A0 Arduino to w istocie pin PC0 procesora ATmega328P. Zwróciliście uwagę, że w kata-

logu tego mikrokontrolera podany jest maksymalny prąd, jaki można pobrać z pinu: 40mA. W rzeczywistości bezpieczna wartość poboru prądu będzie jeszcze mniejsza. **Rysunek C** pokazuje przeciętne charakterystyki pinów procesorów ATmega przy zasilaniu napięciem 5V. Wartości gwarantowane są zapewne niższe. Znajdziemy też informacje, że maksymalny prąd pinów zasilających procesora (VCC i GND) wynosi 200mA.

Rys. C



Tymczasem w karcie katalogowej diod WS2812B znajdziemy informacje, pokazane na **rysunku D**.

Rys. D

Absolute Maximum Ratings

WS2812B Ver. No.: V5

Parameter	Symbol	Ratings	Unit
Power supply voltage	V _{DD}	+3.7~+5.3	V
Logical Input Voltage	V _I	V _{DD} -0.3V~V _{DD} +0.7	V

Mamy tu minimalne dopuszczalne napięcie zasilania 3,7V. Zapewne przy takim napięciu jasność diody niebieskiej już będzie obniżona, a przy jeszcze niższym napięciu zasilana niebieska struktura w ogóle nie zaświeci. Już informacje z rysunków C i D pokazują dyskwalifikujący błąd.

Przy okazji drobna uwaga: Wbrew opiniom nielicznych uczestników, nie ma tu znaczenia fakt, że chodzi o pin analogowy A0 płytki Arduino. Wygląda na to, iż niektórzy niesłusznie sadzą, że w Arduino piny A0...A5(A7) przeznaczone są wyłącznie do pracy w roli wejść analogowych. Nie! Mogą one być najwzajemniejszymi pinami cyfrowymi: wejściami lub wyjściami. Ale o niewielkiej wydajności prądowej, jak wskazuje rysunek C.

Zasilanie prądem z pinu A1 modułu (albo jakiegokolwiek innego wejścia/wyjścia) nie gwarantuje poprawnego działania nawet jednej diody WS2812B, a w układzie według rysunku B może nawet prowadzić do uszkodzenia procesora.

Kilku Kolegów stwierdziło, że do zasilania należy użyć pinu +5V (pin 27). Jeden z uczestników napisał: (...) *Regulator napięcia zamontowany na płycie Nano też jest przewidziany do maksymalnego obciążenia sięgającego 500mA. Spotkałem się też z informacją, że powinno się przekroczyć 200mA przy wykorzystaniu modułu Arduino Nano.*

Aby rozstrzygnąć wątpliwości, należałoby zajrzeć do schematu. Jak widać na **rysunku E**, w płycie zastosowany jest stabilizator LM1117 lub podobny. Kolorowymi podkładkami wyróżnione są obwody zasilania. Do pinu oznaczonego VIN (który jest wejściem zasilania zewnętrznego) możemy dołączyć źródło zewnętrznego zasilania, o napięciu powyżej 5V (co najmniej 6V). Wtedy płytka Arduino Nano zasilana będzie z tego zewnętrznego źródła.

Płytke możemy też zasilic z komputera przez kabel USB napięciem oznaczonym VUSB (żółta podkładka). Wtedy prąd z obwodu +5V łączy USB komputera przechodzi przez bezpiecznik F1, diodę D1 (SS1P3L) i dalej na obwód oznaczony +5V (niebieska podkładka), czyli na procesor.

Płytke można też zasilic napięciem 5V, podawanym na pin oznaczony +5V (niebieska podkładka). Wtedy zewnętrzne napięcie podawane jest wprost na procesor i nie przechodzi ani przez stabilizator LM1117, ani przez diodę SS1PL. Pin +5V może więc być wejściem zasilania 5V, ale też wyjściem zasilającym inne zewnętrzne moduły (teoretycznie pasek diod LED WS2812B).

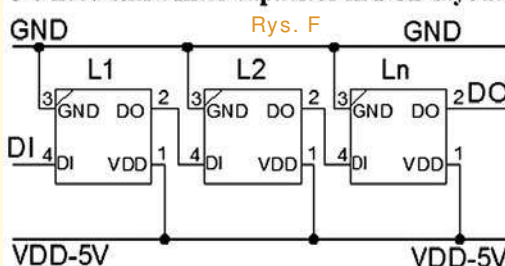
Jak to ma być w układzie z rysunku B? Nie widać żadnego zasilacza, jest tylko niebieski napis: **kabel USB – do komputera**. Wskazuje to, że płytka i pasek LED-ów mają być zasilane z portu USB komputera. I tu jest kłopot!

Mamy drugi dyskwalifikujący błąd! Jeden z uczestników napisał: (...) *Łączne maksymalne zużycie prądu 665,4mA. Najczęściej występujący w komputerach port komunikacyjny USB2,0 zapewnia prąd o natężeniu 100mA. Natężenie to może, ale nie musi, być negocjowane do 500mA. Po przekroczeniu 550mA zasilanie przez port zostaje automatycznie odłączone z odpowiednim komunikatem na ekranie. Ponadto, napięcie może spaść do 4V przy maksymalnym obciążeniu. (...) port USB 2,0 jest bardzo niepewnym źródłem zasilania dla tej aplikacji. (...) USB 3,0 też nie do końca rozwiązuje problemy z zasilaniem. Prąd maksymalny wynosi 900mA, ale niene negocjowane tylko 150mA. Najlepszym rozwiązaniem będzie zasilanie paska taśmy LED z zewnętrznego zasilacza.*

To są dwa kluczowe błędy, dyskwalifikujące rozwiązanie z rysunku B. Oba dotyczą poboru prądu. Dyskusyjne są natomiast dwie inne kwestie. Część uczestników słusznie zgłosiła, że przy wykorzystaniu diod WS281x zaleca się zastosowanie szeregowego rezystora około 470 omów włączonego na wejściu DI (między sterownikiem i wejściem DI). Przy małej liczbie diod i małych spadkach napięcia w obwodach zasilających nie jest on konieczny, co szerzej przedstawione jest w rozwiązaniu zadania Policz285.

Dyskusyjna jest też kwestia konieczności dołączenia dodatkowych kondensatorów filtrujących obwody zasilania paska diod. Otóż w najnowszej wersji karty katalogowej WS2812B znajdziemy informacje przedstawioną na **rysunku F**.

Typical Application Circuit: No need extra filter capacitor in PCB layout



Można zrozumieć, że zalecane, a wręcz wymagane we wcześniejszych wersjach karty katalogowej kondensatory nie są już potrzebne.

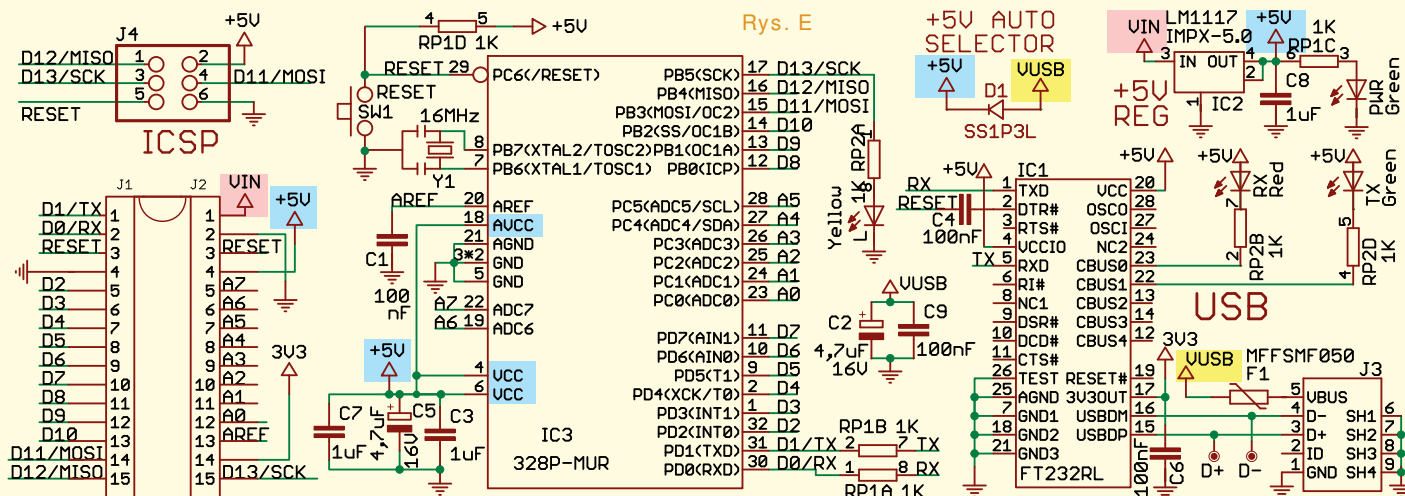
Wszystkie nadesłane rozwiązania mogłem uznać za prawidłowe.

Nagrody-upominki za zadanie **Nie-Gra285** otrzymują:

Mateusz C. – Skarżysko Kam.,
Szczepan Jakim – Turośń Kościelna,
Wojciech Sołtan – Łódź.

Wszystkich uczestników dopisuję do listy kandydatów na bezpłatne prenumeratę.

Piotr Górecki





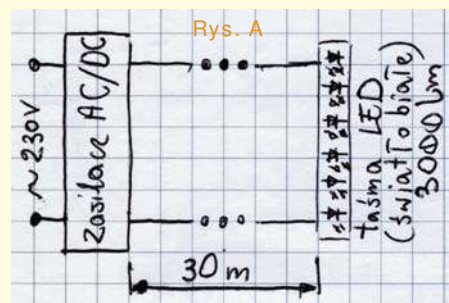
Trzecia klasa Szkoły Konstruktorów

Policz – zadanie 290

W rozwiązaniu dalej zadaniu *Policz285* okazało się, że wykorzystanie taśm LED z wieloma diodami WS2812B wcale nie jest łatwe. W ramach zadania 290 chcemy sprawdzić, na ile podobne problemy dotyczą taśm 12- i 24-woltowych. Zakładamy, że w odległości 30 metrów od domu mamy altanę, którą chcemy dobrze oświetlić białą taśmą LED według **rysunku A**. Na podstawie wskazówek osoby znającej się na oświetleniu chcemy uzyskać strumień 3000 lumenów.

W ramach zadania *Policz290* należy:
- oszacować przekrój przewodu dla taśm 12- oraz 24-woltowych.

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.



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 (**Policz290_Nazwisko**). *Jeżeli chcesz uczestniczyć w podziale upominków, w e-mailu podaj od razu swój adres pocztowy.* Możesz też jeszcze przysłać rozwiązania zadania *Policz289* z poprzedniego miesiąca.

Policz – rozwiązanie zadania 285

W EdW 11/2019 przedstawione było zadanie *Policz285*, które brzmiało: *Chcemy zrealizować imponujący ogrodowy efekt świetlny z zastosowaniem taśmy LED zawierającej 600 diod WS2812B według fotografii B. Taśma będzie znacznie oddalona od sterownika umieszczonego w mieszkaniu. W ramach zadania Policz285 należy: zaproponować, jaki przekrój powinny mieć przewody zasilające.*



Fot. B

Zadanie *Policz285* było bardzo ściśle powiązane z zadaniem *NieGra285*. W obu problemem jest znaczny prąd pracy, związany z niskim napięciem zasilania – tylko 5V. Informacje docierające do redakcji EdW wskazują, że nie wszyscy Czytelnicy mają świadomość problemu, stąd wynikała konieczność postawienia obu tych zadań w Szkole Konstruktorów.

W grę wchodzi tu proste, a wręcz elementarne informacje związane głównie z prawem Ohma. Jednak wielu współczesnych młodych elektroników nie wnika w aspekty sprzętowe, koncentrując się na kwestiach programowych. Efektem są błędy, a potem wynikające z nich poważne kłopoty.

Mnóstwo nierealnych wyobrażeń związanych jest z jakże atrakcyjnymi „cyfrowymi diodami RGB”, w tym WS2812B. Wyobraźnię roz-

palają ich możliwości. W firmowych opisach jest informacja, że w związku z błyskawiczną transmisją informacji (800Kbps) można przeprowadzać szybkie animacje z użyciem ponad tysiąca diod (*When the refresh rate is 30fps, cascade number are not less than 1024 pixels*). Producent pisze tu o ponad tysiącu diod, a my w zadaniu *Policz285* mamy ich tylko 600. Wszystko wygląda dobrze.

I wszystko byłoby dobrze, gdyby nie spadki napięć. Aby je oszacować, trzeba wiedzieć, ile prądu pobiera jedna dioda WS2812B z maksymalnie zaświeconymi trzema strukturami RGB. W wielu źródłach można znaleźć informację, że jest to 60mA – po 20mA na strukturę (R+G+B).

Rys. C
LED characteristic parameter **WS2812**

Emitting color	Wavelength (nm)	Luminous intensity (mcd)	Current (mA)	Voltage (V)
Red	620-630	550-700	20	1.8-2.2
Green	515-530	1100-1400	20	3.0-3.2
Blue	465-475	200-400	20	3.2-3.4

Prawdopodobnie taki pogląd wynika z informacji, zawartych w karcie katalogowej diody WS2812 bez literki B, czyli wcześniejszej generacji takich diod. W karcie katalogowej WS2812 można znaleźć informacje, pokazane na **rysunku C**.

Taka informacja wskazuje, że w najgorszym przypadku łańcuch 600 diod pobierze 36A.

Tak! 36 amperów!

Niemożliwe? Diody WS2812B znacząco różnią się od wcześniejszych WS2812 (m.in. mają cztery wyprowadzenia, a nie sześć) i w najnowszej karcie katalogowej znajdziemy tabelkę pokazaną na **rysunku D**, gdzie parametry struktur diodowych dotyczą

LED Characteristics

WS2812B Ver. No.: V5

Parameter	Symbol	Color	Quiescent Current: 0.6mA				Condition (Working current)
			Mini	Typ	Max	Unit	
Rys. D Brightness	IV	Red	300	310	500	mcd	12mA
		Green	600	780	1000		
		Blue	200	215	300		
Wavelength	λ_d	Red	620	621	630	nm	12mA
		Green	515	520	525		
		Blue	465	471	475		

prądu 12mA. Nie jest to jednak dowód, że jedna dioda WS2812B może pobrać prąd tylko 36mA. Po pierwsze żadne znane mi materiały producenta (Worldsemi) nie określają, jaki może być prąd przy maksymalnej jasności wszystkich struktur. Druga sprawa to pobór prądu przez sam układ scalony. Trzecia kwestia to pytanie, czy wszystkie tak reklamowane taśmy rzeczywiście zawierają oryginalne diody WS2812B? A w sieci można znaleźć liczne opinie, że bardzo podobne diody SK6812 po pierwsze są lepsze od WS2812B, po drugie są tańsze, a taśmy z SK6812 bywają oznaczane WS2812B (wiadomo też, że produkowane są także podobne diody, ale z innym sposobem sterowania, choćby APA102).

Różne partie diod WS2812B oraz różne klony mogą mieć, i jak się okazuje – mają inny prąd pracy.

Jednak wartość 60mA nie jest wzięta z sufitu i nie jest przesadzona. Na stronie producenta (www.world-semi.com/Certifications/WS2812B.html) podana jest informacja, że moc jednej diody to 0,24W (**rysunek E**), co przy zasilaniu 5V dawałoby prąd 48mA.

world-semi.com/Certifications/WS2812B.html

Worldsemi

HOME / IC & LED / DIGITAL RGB LED

INTRODUCE

WS2812B

Features: 4PINS

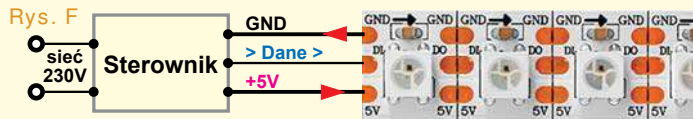
1. P/N.: WS2812B
2. Ver No.: V5
3. Input voltage: DC5V
4. Power: 0.24W/PCS
5. Package Type: SMD5050
6. One IC Control One LED

Rys. E

W Internecie można znaleźć informacje o przeprowadzonych pomiarach takich taśm i wynika z nich, że niektóre istotnie pobierają prąd znacznie mniejszy od 60mA, ale są też takie, gdzie pobór na jedną diodę przekracza 50mA. Przykładem jest znaleziona przez niektórych uczestników zadania strona www.pjrc.com/how-much-current-do-ws2812-neopixel-leds-really-use/, gdzie podany jest prąd maksymalny jednej diody około 53mA.

Do obliczeń można więc ostrożnie przyjąć maksymalny prąd jednej diody 60mA, co da w sumie wspomniane 36A. A nawet gdyby przyjąć zmierzone 53mA, sumaryczny prąd wynosiłby około 32A, czyli też ogromnie dużo.

Jeśli tak jak jest podane w zadaniu, taśma WS2812B jest znacznie oddalona od sterownika, to oczywiście wydaje się dołączenie jej według **rysunku F**.



Przewody zasilania 5V, prowadzące do taśmy od znacznie oddalonego sterownika umieszczonego w domu, muszą przewodzić tak duży prąd. W Internecie można znaleźć tabele, określające dopuszczalną długotrwałą obciążalność przewodów. **Rysunek G** pokazuje taką tabelę zawierającą dane znanej firmy Bitner. Wygląda na to, że wystarczyłby przewód o przekroju 4mm² albo lepiej 6mm².

Czy na pewno?

Jeden z uczestników napisał: *Obliczenia zacząłem wykonywać trochę bez przemyślenia, wychodząc z kryterium obciążalności długotrwałej względem sposobu ułożenia przewodu... Już po pierwszym wyniku w pełni zrozumiałem problem zadania ;)* Wszyscy uczestnicy konkursu też zrozumieli, na czym problem zadania!

Rys. G

Obciążalność prądowa długotrwała kabli sterowniczych i zasilających o izolacji PVC

Przekrój [mm ²]	Grupa 1 obciążalność [A]	Grupa 2 obciążalność [A]	Grupa 3 obciążalność [A]
0,14	2	2	3,5
0,25	4	4,5	6
0,34	6	6	9
0,5	9	9	12
0,75	12	12	15
1	15	15	19
1,5	18	18	24
2,5	26	26	32
4	34	34	42
6	44	44	54
10	61	61	73
16	82	82	98
25	108	108	129
35	135	135	158
50	168	168	198
70	207	207	245
95	250	250	292
120	292	292	344
150	335	335	391
185	382	382	448
240	—	453	528
300	—	523	608

Otóż w podobnych tabelach dla elektryków podaje się maksymalną obciążalność prądową przewodów, wynikającą z ich grzania i wzrostu temperatury.

Najprościej biorąc, maksymalny dopuszczalny prąd to taki, który spowoduje nagrzanie

przewodu do temperatury +70°C – bezpiecznej nawet dla popularnej izolacji PCV. A w omawianym przypadku 5-woltowych taśm LED przewód o przekroju 6mm² na pewno nie wystarczy! Większość uczestników słusznie przeprowadziła obliczenia związane ze spadkiem napięć na rezystancji przewodu. Niektórzy narzekali na to, że w zadaniu nie była podana długość kabla między taśmą a sterownikiem.

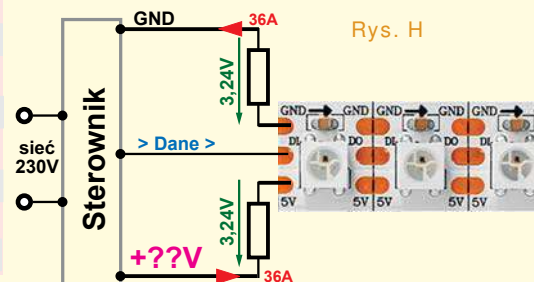
Celowo nie było tej informacji, bo elektronik ma nie tylko podstawiać do wzorów i liczyć, ale zawsze powinien myśleć i analizować różne aspekty, bo każda realna sytuacja jest inna. Zadanie *Policz285* ma uczulić na problem, a nie dostarczyć konkretnych rozwiązań.

Jak najbardziej słusznie przyjęliście, że długość kabla między domem a taśmą może wynosić od 5 do 100 metrów, zależnie od wielkości ogrodu oraz rozmieszczenia taśm.

My przeprowadzmy teraz wstępne obliczenia, zakładając, że kabel zasilający między sterownikiem a taśmą ma 30 metrów, czyli jego dwie żyły zasilające mają w sumie długość 60 metrów.

Rezystywność miedzi to około 0,018Ωmm²/m. Łatwiej to zapamiętać w inny sposób: 1 metr przewodu miedzianego o przekroju 1mm² ma rezystancję około 18 miliomów. Wobec tego 60 metrów przewodu 1mm² miałyby rezystancję 1080 miliomów (18 * 60), a my planujemy przekrój 6mm², więc rezystancja będzie 6× mniejsza i wyniesie 180mΩ = 0,18Ω. Niecałe dwie dziesiąte oma... Jeszcze nie widzisz problemu?

Prąd 36A, płynąc przez ten przewód spowoduje spadek napięcia 6,48V! Większy niż planowane napięcie zasilające 5V! Należałoby to przedstawić jak na **rysunku H**.



Rys. H



Rysunek H może sugerować, że potrzebne jest napięcie ze sterownika ponad 11V. Nie! Przy małym poborze prądu, gdy wszystkie diody LED będą wygaszone, napięcie zasilające nie może być wyższe niż maksymalne dopuszczalne dla WS2812B.

Według pochodzącego z karty katalogowej **rysunku J** wynosi ono 5,3V (zielona podkładka). A przy maksymalnym prądzie nie powinno spaść poniżej podanej tam wartości minimalnej, czyli 3,7V.

To oznaczałoby, że przy maksymalnym prądzie 36A całkowity spadek napięcia na kablu nie powinien przekroczyć 1,6V ($5,3V - 3,7V$). A jeżeli tak, to sumaryczna rezystancja żył nie może przekroczyć 44,4mΩ ($1,6V / 36A$).

Jeżeli 60-metrowy przewód miałby mieć rezystancję 44,4mΩ, to 1 metr tego przewodu musiałby mieć rezystancję 0,74mΩ. Jeżeli przekrój 1mm² daje rezystancję 18mΩ, to dla uzyskania 0,74mΩ na metr potrzebny byłby przekrój 24,3mm² – w praktyce 25mm².

Takie przewody są dostępne: na przykład jako linka spawalnicza albo kabel do obwodu uziemienia. Cena mniej więcej 10...15 złotych za metr, czyli dla 60 metrów do 900 złotych. A 10 metrów taśmy LED WS2812B z 600 diodami można kupić w kraju za około 300zł...

Kabel dużo droższy od taśmy?

W przedstawionych obliczeniach przyjęliśmy dość nonszalancko, że spadek napięcia na przewodzie przy maksymalnym prądzie może wynosić 1,6V. W praktyce trzeba między innymi uwzględnić tolerancje oraz fakt, że przy napięciu zasilania 3,7V niebieskie diody mogą świecić dużo słabiej.

I nie tylko. Na rysunku J różową podkładką wyróżnione jest dopuszczalne napięcie na wejściu informacyjnym Din diod WS2812B (podane nieprecyzyjnie, wręcz błędnie). Problem doty-

Absolute Maximum Ratings

WS2812B Ver. No.: V5

Parameter	Symbol	Ratings	Unit
Power supply voltage	V _{DD}	+3.7 ~ +5.3	V
Logical Input Voltage	V _I	V _{DD} -0.3V~V _{DD} +0.7	V

Electrical Characteristics (T_A=25°C, V_{DD}=5V, V_{SS}=0V,)

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Conditions
Input current	I _I	—	—	±1	µA	V _I =V _{DD} /V _{SS}
High Voltage Input	V _{IH}	2.7V	—	V _{DD} +0.7V	V	D _{IN} , SET
Low Voltage Input	V _{IL}	-0.3V	—	0.7V	V	D _{IN} , SET

Rys. J

czy tylko pierwszej diody w łańcuchu – taśmie. W każdym razie jasne jest, że może ono być o 0,3V niższe od potencjału masy, a ściślej od potencjału końcówki pierwszej diody, oznaczonej GND. Może też być wyższe o 0,7V od potencjału dodatniej końcówki zasilania tej diody. A w przypadku z rysunku H nastąpiłoby zdecydowane przekroczenie tych marginesów. Nawet przy zasilaniu napięciem 5V może nastąpić przekroczenie i uszkodzenie pierwszej diody. Właśnie dlatego powszechnie zaleca się dodanie szeregowego rezystora na wejściu Din (zwykle 470Ω). Rezystor ograniczy prąd i nie dopuści do uszkodzenia.

Wszystkie dotychczasowe informacje sugerują, że zakładany spadek napięcia na kablu zasilającym (do 1,6V) musi być mniejszy, a to wymaga przewodów o jeszcze większym przekroju, czyli o jeszcze wyższej cenie.

Dwaj Koledzy przeprowadzili obliczenia dla długości kabla 100 metrów i wyszły im horrendalne przekroje kilkuset milimetrów kwadratowych!

Już takie proste rozważania prowadzą do wniosku, że wysterowanie łańcucha 600 diod WS2812B wcale nie jest zadaniem łatwym! Ale to jeszcze nie wszystko! Otóż łańcuch diod WS2812B zawsze ma wejście cyfrowe Din i mniej doświadczonym elektronikom oczywisty wydaje się sposób zasilania według rysunków F, H. Taki sposób jest dobry dla kilku czy kilkunastu diod LED. Ale tak zasilony łańcuch 600 diod NIE BĘDZIE DZIAŁAŁ!

Przyczyną będą spadki napięcia na miedzianych ścieżkach taśmy LED.

Ścieżki te mają znikomy przekrój. Na stronie znanego dostawcy Pololu prezentującej omawiane taśmy (<https://www.pololu.com/product/2547>) nieco poniżej połowy strony można znaleźć informację: *We tested the current draw and voltage drop of some LED strips by setting all the LEDs to full brightness, and these were the results:*

The 30 LED 1 m strip drew 1.5 A and had a voltage drop of 0.2 V.

The 60 LED 2 m strip drew 2.9 A and had a voltage drop of 0.8 V.

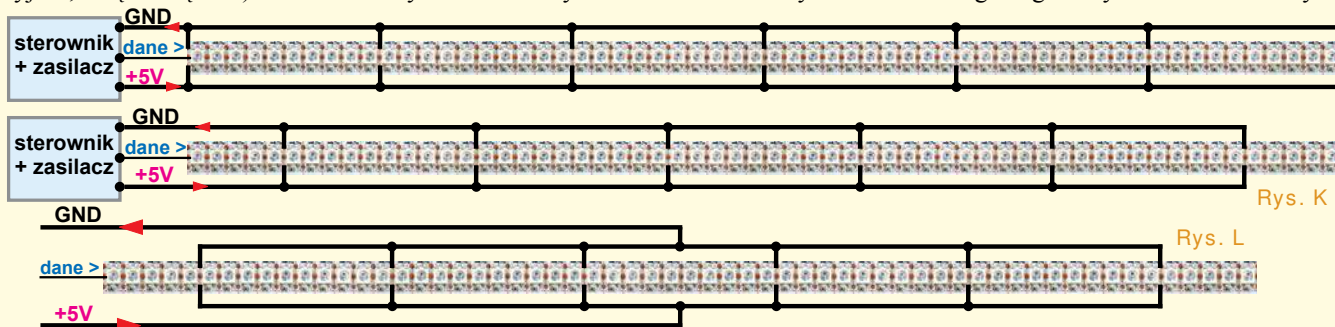
The 150 LED 5 m strip drew 4.1 A and had a voltage drop of 2.0 V.

The 60 LED 1 m strip drew 3.0 A and had a voltage drop of 0.6 V.

The 120 LED 2 m strip drew 4.7 A and had a voltage drop of 1.4 V.

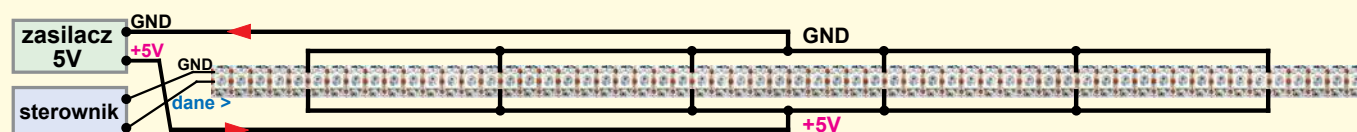
The voltage drop was computed by measuring the voltage difference between ground and power on the input end of the strip, then doing the same measurement on the output end, and subtracting the two values.

My możemy wziąć do dalszych rozważań pomiar: *The 60 LED 1 m strip drew 3.0 A and had a voltage drop of 0.6 V.* Tu pobór prądu wyniósł 50mA/diodę, ale dla nas najważniejsze jest to, że już na 1 metrze taśmy wystąpił spadek napięcia 0,6V. Nie ma tu ścisłych reguł, ale na pewno sposób z rysunku F absolutnie nie zda egzaminu. Łańcuch diod musiałby być zasilany wielopunktowo według **rysunku K**, by spadki napięcia na całej długości łańcucha nie powodowały różnic jasności poszczególnych diod przy pełnym wysterowaniu. Zapewne lepsze byłoby doprowadzenie głównego kabla zasilającego nie do początku taśmy, tylko w jej środku według **rysunku L**. Tak, ale wtedy jeszcze jaśniej widać problem mas, a ściślej masy sygnałowej związanej z linią danych. Jak wiemy, spadki napięć w obwodzie, zwłaszcza w obwodzie masy, mogą spowodować przepływ prądu, który uszkodzi pierwszą diodę w łańcuchu. Znów dokładnie widzimy powód, dla którego zaleca się włączenie szeregowego rezystora w linii danych.



Rys. K

Rys. L



Rys. M
Skutecz-
niejszym
rozwią-
zaniem
będzie roz-
dzielenie
mas przez

zastosowanie oddzielnego sterownika i oddzielnego wysokoprądowego zasilacza według rysunku M.

Zadanie Policz285 pobudziło do myślenia, z czego się bardzo cieszę! Przeprowadziliście też obliczenia, a ja żałuję, że nie mogę wszystkich przedstawić i omówić. Trzeba natomiast omówić Wasze rozmaite propozycje rozwiązania problemu zbyt grubych przewodów.

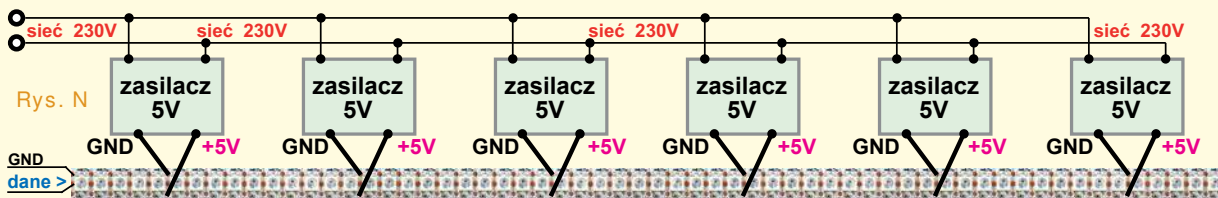
A może jednak dałoby się wykorzystać cieńsze przewody zasilające? Owszem, można i to na kilka sposobów. Rozwiązania mogą być różne – w każdym razie dokładnie trzeba przeanalizować spadki napięć w obwodzie masy.

Były propozycje podziału łańcucha na mniejsze odcinki, na kilka kawałków, by odcinki te zasilac oddzielnymi przewodami. Tylko czy z jednego zasilacza, czy z kilku? Powstaje też pytanie, czy każdy z takich kawałków ma być sterowany oddzielnie i czy wystarczy do tego jeden sterownik?

A może rozwiązaniem będzie zaproponowany przez niektórych oddzielny zasilacz 5V podłączony do sieci 230V według rysunku M, tylko nie umieszczony w domu, tylko jak najbliżej taśmy. Wtedy wysokoprądowe przewody między zasilaczem i taśmą byłyby zdecydowanie krótsze!

W zasadzie propozycja jest dobra. Tylko jaki miałby to być zasilacz? Proponowany zasilacz komputerowy z demobilu i jego obwód 5V może rozwiązać problem spadków napięć. Jednak **zasilacze komputerowe i podobne nie są przystosowane do pracy na zewnątrz**. Nawet jeśli zostanie zabezpieczony przed deszczem, zasilacz komputerowy nie powinien pracować w trudnych warunkach atmosferycznych przy dużych zmianach temperatury i wilgotności powietrza. Zamiast zasilacza komputerowego znacznie lepiej byłoby zastosować kilka oddzielnych zasilaczy 230VAC/5VDC o prądzie kilku amperów na przykład według rysunku N.

Rys. N



Musiałoby to być zasilacz odporny na warunki atmosferyczne, jeśli nie hermetyczne, to takie, których obudowy można skutecznie uszczelnić silikonem czy uszczelniającem dekarским bez pogarszania właściwości termicznych (odprowadzanie ciepła).

Zasilanie napięciem 230V pozwala wykorzystać cienkie przewody, nawet jeżeli założymy fatalną sprawność i słabiutki współczynnik mocy (niski cosinus ϕ) użytych zasilaczy. Maksymalna sumaryczna moc całej taśmy to 180W, co przy sprawności zasilacza 100% dałoby pobór prądu z sieci tylko 0,783A (180W / 230V). Nawet gdy założymy (z uwagi na sprawność i cosinus ϕ), że prąd jest dwa razy większy, to dla prądu około 1,5A zgodnie z rysunkiem N wystarczyłyby przewód o znikomym przekroju 0,14mm². Ale nie kabelek dzwinkowy!

Ze względów bezpieczeństwa w instalacji zewnętrznej 230V powinien to być energetyczny przewód ziemny YKY, w praktyce albo YKY 2×1mm² albo popularny YKY 2×1,5mm² w cenie około 1,5zł za metr.

Na pewno trzeba zapewnić pełne zabezpieczenie ludzi i zwierząt przed porażeniem napięciem sieci 230V. Właśnie ze względów bezpieczeństwa niektórzy konstruktorzy mogą definitywnie odrzucić zasilanie sieciowe 230V, bo przecież pomysłowość dzieci nie zna granic, a pogryzienie przewodów przez psa też nie jest wykluczone. Wtedy nadal pozostają inne rozwiązania

Jeden z uczestników stwierdził, że spadek napięcia na przewodach może być dowolnie duży, byle tylko na taśmie występowało 5V, co można załatwić diodą Zenera.

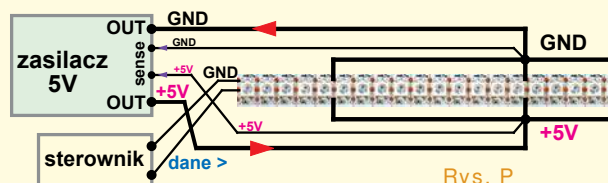
Teoretycznie napięcie na taśmie można byłoby ograniczyć według rysunku O, jednak maksymalna moc taśmy LED to 180 watów.



Rys. O

W potrzebnej tu diodzie Zenera wystąpiłyby ogromne straty mocy, które trzeba byłoby rozproszyć do otoczenia. Teoretycznie jest to możliwe, ale nie jest to dobra droga.

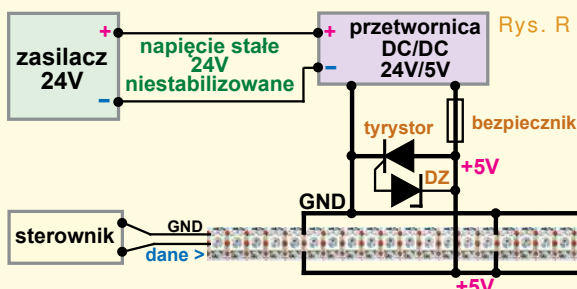
Do rozważenia jest inna propozycja: by napięcie było stabilizowane nie na wyjściu zasilacza, tylko na taśmie lub w jej pobliżu. Zasilacze laboratoryjne mają takie możliwości, ale wymaga to nie tylko odpowiedniego zasilacza, lecz i dodatkowych dwóch (dowolnie cienkich) przewodów według rysunku P.



Rys. P

Lepszym rozwiązaniem, wskazanym przez jednego z uczestników, jest zastosowanie w pobliżu taśmy przetwornicy obniżającej DC/DC na przykład 24V/5V. Rzeczywiście, umieszczona blisko taśmy przetwornica 24V/5V to pomysł jak najbardziej godny uwagi. Rozważmy szczegółowo, czy to ma sens? Otóż potrzebny dla taśmy prąd 36A przy napięciu 5V to moc 180 watów. Zakładając sprawność przetwornicy tylko 75%, daje to moc zasilania przetwornicy 240W, co przy napięciu 24V oznacza prąd 10A. 10A w przewodzie zamiast 36A to znacząca różnica i możliwość zastosowania znacznie cieńszego przewodu prowadzącego ze sterownika do taśmy w ogrodzie. Sprawność 75% jest przyjęta ostrożnie – przetwornice synchroniczne mogą mieć znacznie wyższą, nawet do 90%

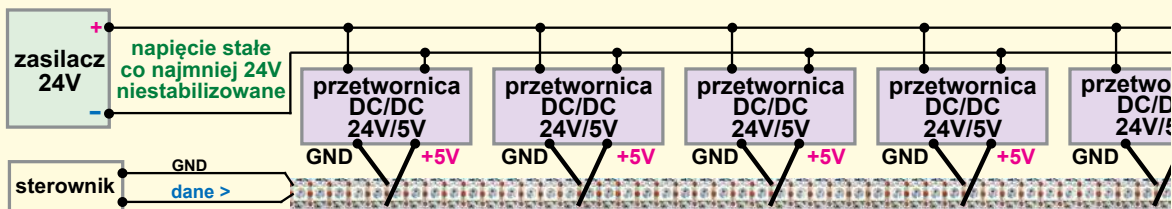
Zapewne należałoby dodać zabezpieczenie, na przykład według rysunku R



Rys. R



na okoliczność, gdyby przetwornica obniżająca się zepsuła i podała na swe wyjście pełne napięcie wejściowe. Tyrystor spali wtedy bezpiecznik (klasyczny, nie polimerowy) i nie dopuści do spalenia taśmy.



Rys. S

W przypadku rozwiązania według rysunku R mamy jeszcze jeden bardzo istotny pozytywny czynnik. Otóż jeżeli przetwornica będzie stabilizować napięcie 5V blisko taśmy, to rzeczywiście możemy dopuścić dowolnie duży spadek napięcia między sterownikiem i przetwornicą. Wcześniej założyliśmy, że spadek napięcia między sterownikiem w domu i taśmą powinien wynosić co najwyżej 1,6V, a raczej mniej. A teraz przy zasilaniu napięciem 24V albo lepiej wyższym, możemy dopuścić dowolnie duży spadek napięcia na przewodach „przed” przetwornicą/przetwornicami, byle tylko straty mocy w tych przewodach nie były przesadnie duże.

Przykładowo jeżeli moc pobierana przez niezbyt sprawny przetwornicę to 240W i jeżeli dopuścimy straty w przewodach równe powiedzmy 15% tej mocy, to w przewodach stracimy 36W. W przewodach w których płynie prąd 10A, straty wyniosą 36W, gdy spadek napięcia na obu żyłach wyniesie 3,6V, czyli ich rezystancja $0,36\Omega = 360m\Omega$. Jeżeli sumaryczna długość przewodów miałaby wynosić 60m, każdy metr ma mieć rezystancję 6 miliomów. Wymaga to przewodu o przekroju $3mm^2$. Można zastosować albo $4mm^2$, albo nieco zwiększyć napięcie ponad 24V i zastosować bardzo popularny dwużyłowy instalacyjny (YKY $2 \times 2,5mm^2$), który kosztuje nieco ponad 2zł/m.b.

Jeszcze lepiej, gdyby stałe napięcie zasilające przetwornicę było jeszcze wyższe i wynosiło powiedzmy 60 voltów, co jest akceptowalną górną granicą bezpiecznych napięć stałych. Wtedy wystarczy nawet kabel $2 \times 1,5mm^2$!

Czym wyższe napięcie dla przetwornic, tym lepiej, lecz w praktyce trzeba wziąć pod uwagę nie tylko kwestię przewodów i ich kosztu, ale też problem kosztu oraz dostępności zasilacza niestabilizowanego oraz przetwornic.

Przed wszystkim kłopot może być z zakupem lub realizacją przetwornicy 24V/5V o ogromnym prądzie wyjściowym wynoszącym 36A. I to spory kłopot. Nieporównanie łatwiej byłoby kupić kilka przetwornic obniżających o prądzie 5...15A, które można kupić

już za kilka złotych. W związku z tym wygląda na to, że optymalne byłoby rozwiązanie z kilkoma przetwornicami według rysunku S. Napięcia wyjściowe przetwornic na pewno nie będą idealnie równe, dlatego obwód GND taśmy należy pozostawić bez zmian, natomiast obwód zasilania 5V taśmy poprzecinać na tyle części, ile jest zasilaczy, żeby każdy zasiliał ściśle określony odcinek.

Koncepcja z rysunku S wydaje się najlepsza, ale niestety trzeba wziąć pod uwagę inne problemy. Otóż bez problemu i zaskakująco tanio można kupić przetwornice obniżające, ale takie bez izolacji galwanicznej między wejściem a wyjściem. W prostszych wspólny jest obwód masy, czyli ujemnej szyny zasilania. W innych w obwodzie masy między wejściem a wyjściem przetwornicy jest włączony rezystor pomiarowy o wartości 0,01...0,05 oma. Nie przekreśla to wcale idei z rysunku S i zabezpieczeń według rysunku R, ale utrudnia zadanie. Trzeba bowiem zadbać o prawidłowy rozpył prądów w całym obwodzie masy: w taśmie i między przetwornicami.

Podsumowanie

Jak widać, wykorzystanie większej liczby 5-voltowych diod WS2812B wcale nie jest łatwe. Nie ma ścisłych recept. Do obliczeń przyjęliśmy maksymalny prąd 60mA/diodę. Informacje z sieci wskazują, że nie powinien być większy od 53mA, ale w niektórych taśmach będzie znacznie mniejszy (co zapewne oznacza mniej światła). W konkretnych przypadkach gdy prąd byłby mniejszy, wymagania będą mniej ostre. Jednak obliczenia opisujące najgorszy możliwy przypadek zapewnią margines bezpieczeństwa i zredukują ryzyko kłopotów.

Należy też poruszyć kwestię zmniejszenia jasności – diody WS2812B dają możliwość uzyskania 256 poziomów jasności. Ktoś może założyć, że problem dużych prądów zlikwiduje, zmniejszając jasność diod.

Owszem, na pewno w ten sposób zmniejszy sumaryczny pobór prądu i mocy. Jednak zapewne jasność diod reguluje się przez współczynnik wypełnienia, a nie zmieniając prąd analogo-

wego źródła prądowego (bo zmiana prądu struktury wiąże się ze zmianą barwy). Karta katalogowa WS2812B tego nie precyzuje, natomiast wszystko wskazuje, że tak jest w diodach WS6812. Nawet jeśli zmniejszymy średni prąd, będą występować silne impulsy. A to może być jeszcze gorsze niż duży, ale niezmienny spadek napięcia na przewodach.

Oczywiście można sprawdzić problem wielkości i zależności czasowych między takimi impulsami, a ponadto zastosować kondensatory filtrujące o odpowiednio dużej pojemności (bardzo dużej z uwagi na niskie napięcie zasilania)

Wszystkie nadesłane rozwiązania mogłem uznać za prawidłowe. Obliczenia przeprowadziliście w różny sposób. Niektórzy wręcz nie dowierzali wynikom, które otrzymali. Także finalne wnioski były sformułowane rozmaicie.

Jeden z uczestników nie tylko liczył rezystancje, ale uwzględnił też dodatni współczynnik cieplny miedzi, wskutek którego rezystancja rośnie ze wzrostem temperatury (ok. $0,4\%/^{\circ}C$).

Najbardziej dociekliwi Czytelnicy, nie znajdując w katalogu producenta potrzebnych danych, szukali ich na innych stronach internetowych. Znaleźli informacje i o maksymalnym poborze prądu rzeczywistych taśm, i o spadkach napięć na miedzianych ścieżkach taśmy LED.

Niektórzy rozważali tylko grubość przewodów przy zasilaniu 5V, zależnie od ich długości. Inni poszli krok dalej i zaproponowali zmianę koncepcji na bardziej złożoną. Jeden z uczestników napisał w podsumowaniu: (...) *Wyniki mówią same za siebie. Jedynym sensownym rozwiązaniem jest zainstalowanie zasilacza w rejonie taśmy LED, a samego sterownika w mieszkaniu.*

Nagrody-upominki za zadanie **Policz285** otrzymują:

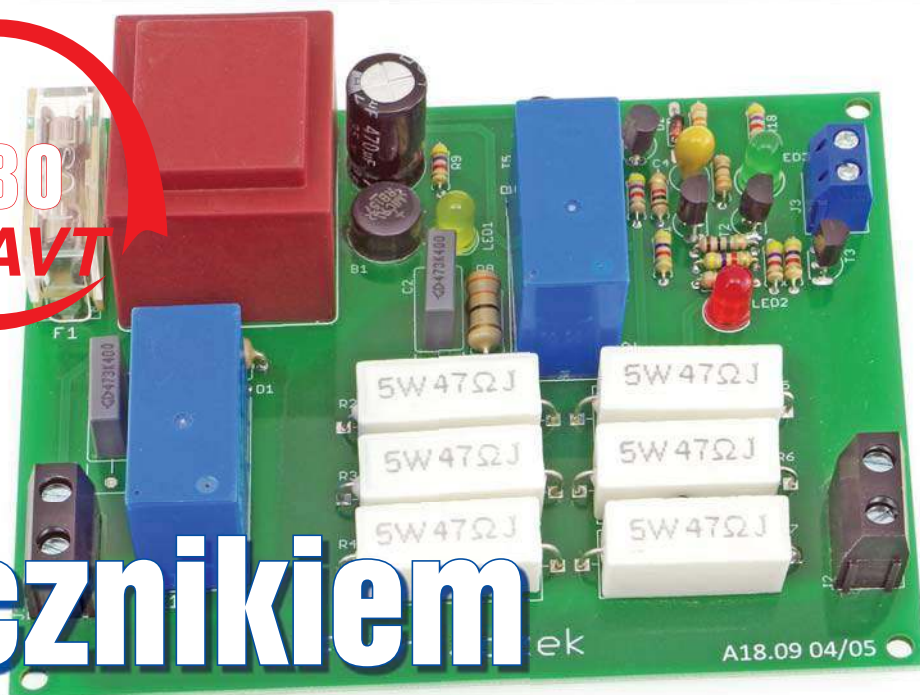
Krzysztof Jochym – Zgorzelec,
Jarosław Węgliński – Warszawa,
Janusz Pańczyk – Poręba.

Wszystkich uczestników dopisuję do listy kandydatów na bezpłatne prenumeraty.

Piotr Górecki

Soft-start z wyłącznikiem

kit
3280
AVT



Układ, który umożliwia wygodne włączanie i wyłączanie obciążenia. A ograniczenie prądu rozruchowego dużych urządzeń elektrycznych, jak silniki i transformatory, zmniejsza ryzyko zadziałania zabezpieczenia nadprądowego (bezpieczników).

Do czego to służy?

Układ ten pozwala ograniczyć prąd, jaki płynie przez dołączony doń odbiornik przez krótką chwilę po jego włączeniu. Odbija się to przez włączenie w szereg rezystorów. Po chwili rezystory te są automatycznie zwierane, a odbiornik może pracować z pełną mocą.

Włączanie obciążenia może odbywać się niewielkim, wygodnym i odizolowanym galwanicznie od sieci wyłącznikiem. Na płytce został zintegrowany przekaźnik, który jest w stanie przewodzić prąd o wysokim natężeniu, a przełącznik steruje jego cewką.

Ponadto, w odróżnieniu od innych układów softstartu, ten zawiera proste zabezpieczenie przed przegrzaniem rezystorów rozruchowych. Jeżeli taka sytuacja miałaby miejsce, układ przechodzi w stan spoczynku, a użytkownik jest o tym informowany świeceniem odpowiedniej diody LED. Eliminuje to ryzyko zniszczenia układu oraz wystąpienia pożaru.

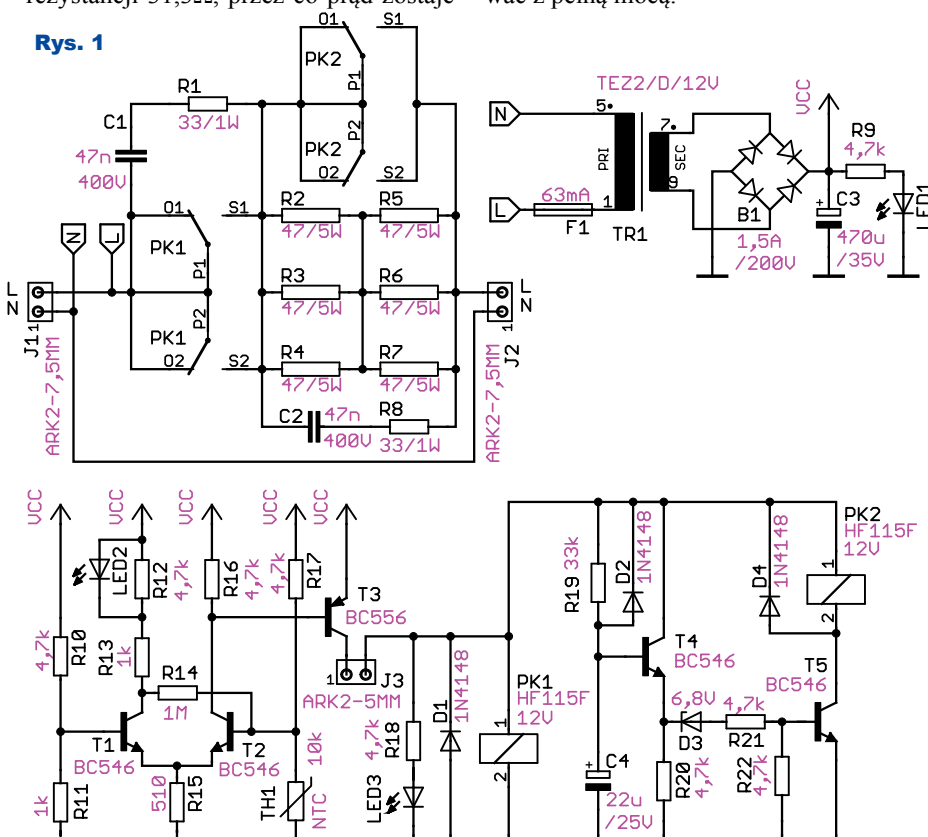
Jak to działa?

Schemat układu znajduje się na rysunku 1. Część wykonawczą stanowią dwa przekaźniki oraz sześć połączonych ze sobą rezystorów mocy. Przekaźnik PK1

załącza obciążenie do sieci. Jego styki zostały połączone równolegle, aby zwiększyć ich obciążalność prądową. Zwarcie styku wspólnego ze stykami NO wynika jedynie z wygodniejszego układu połączeń na płytce i nie ma wpływu na działanie układu. Po zadziałaniu przekaźnika PK1, prąd do obciążenia przepływa przez rezystory R2...R7 o wypadkowej rezystancji 31,3Ω, przez co prąd zostaje

ograniczony do wartości nie większej niż około 7,3A. Tak duży prąd umożliwia już rozruch silnika czy transformatora, ale na pewno nie spowoduje zadziałania zabezpieczenia nadprądowego (typowo 16A) w instalacji. Zwarcie styków przekaźnika PK2 bocznikuje je, przez co praktycznie cały prąd zaczyna płynąć przez jego styki. Obciążenie może od tej pory pracować z pełną mocą.

Rys. 1



Równolegle do styków przełączników znalazły się elementy RC, których zadaniem jest zredukowanie poziomu zakłóceń elektromagnetycznych, jakie wywołuje iskrzenie podczas przełączania. Bez nich układ będzie działał poprawnie, ale może negatywnie oddziaływać na otoczenie.

Dwu tranzystorowy układ T1–T2 przypomina przerzutnik Schmitta i jest nim w rzeczywistości. W temperaturze pokojowej, na zaciskach termistora odkłada się napięcie około 10V (około 2/3 napięcia zasilającego), co polaryzuje tranzystor T2 do przewodzenia, zaś T1 jest wówczas zatkany. Prąd kolektora T2 jest „wysysany” z bazy tranzystora T3, co z kolei umożliwia załączenie przełączników, o czym dalej.

Wzrost temperatury ponad wartość krytyczną jest wykrywany przez spadek rezystancji termistora i – co za tym idzie – spadek potencjału bazy T2. Kiedy spadnie on na tyle, że potencjał bazy T1 okaże się wyższy, układ przełączy się. Cały prąd z rezystora R15 popłynie teraz przez emiter T1 (oraz jego kolektor), wywołując tym samym świecenie diody LED2. Tranzystor T3 zostanie zatkany, gdyż kolektor T2 przestanie „wysysać” prąd z jego bazy.

Warto zauważyć, że w tym układzie występuje dodatnie sprzężenie zwrotne i zapewnia je rezystor R14. Kiedy potencjał kolektora T1 rośnie (zatyka się), „dolewa” on prądu do bazy T2, utrzymując go w stanie załączenia. Kiedy jednak T1 ma się otworzyć, natężenie tego dodatkowego prądu maleje, przyspieszając jego załączenie.

Rezystor R12 bocznikuje diodę LED2, a jego rola jest szczególnie istotna, kiedy przez kolektor T1 nie płynie prąd. Otóż wtedy przez tę diodę przepływałby znikomo mały prąd, rzędu mikroamperów, jaki przez R14 przepływa do bazy T2. Prąd ten wywoływałby ledwo zauważalne, lecz jednak irytujące świecenie tej diody. Po dołożeniu równolegle rezystora prąd ten odłoży na nim napięcie rzędu kilkunastu miliwoltów, co na pewno nie spowoduje świecenia diody. Z kolei,

przy przepływie przez tę gałąź większego prądu – rzędu kilku miliamperów, po otwarciu T1 – prąd płynący przez R12 będzie niewielki w stosunku do prądu przewodzenia diody LED2. Zaświeci więc ona jasno.

Rezystor R13 zwiększa zmianę napięcia na kolektorze T1 przy jego przełączaniu. Kiedy T1 jest zatkany, potencjał jego kolektora jest niemal dokładnie równy wartości napięcia zasilającego układ. Po załączeniu T1 potencjał ten spada o wartość napięcia przewodzenia diody LED2 (około 1,5V) i spadek na R13 (około 4V). Pogłębi to działanie dodatniego sprzężenia zwrotnego między tymi tranzystorami.

Warto zauważyć, że ten układ jest niczym innym jak komparatorem dwóch rezystancji: rezystora R11 i termistora TH1. Termistor NTC o nominalnej rezystancji 10kΩ (w temperaturze pokojowej) osiągnie rezystancję 1kΩ w temperaturze około 80°C. Około, ponieważ dokładna wartość zależy od stałych materiałowych termistora, ale nie jest to tutaj istotne, bowiem zależy nam na zgrubnej ocenie temperatury. Rezystory rozruchowe w tym projekcie mogą pracować w znacznie wyższych temperaturach, ale należy mieć na uwadze, że wskazania termistora mogą być zaniżone przez niedokładny kontakt z ich obudowami.

Tranzystory T1 i T2 nie stanowią pary różnicowej w pełnym znaczeniu tego słowa, gdyż nie są one dobrane pod względem parametrów ani nie mają identycznej temperatury złączy. W tym zastosowaniu nie ma to żadnego znacze-

nia, ponieważ błąd wywołany różnicami w napięciach przewodzenia złącz baza-emiter jest marginalny na tle tolerancji pozostałych elementów.

Jeżeli układ nadzorujący temperaturę rezystorów mocy zezwoli na to, na lewy zacisk złącza J3 zostaje wystawiony potencjał bliski napięciu zasilającemu, co otwiera tranzystor T3 nasycając się. Zwierając zaciski tego złącza, umożliwiamy przepływ prądu do dalszych części układu, które są odpowiedzialne za łagodne załączenie obciążenia.

W pierwszej kolejności zostaje załączona dioda LED3 oraz przełącznik PK1. W tym czasie rezystor R19 zaczyna powoli ładować kondensator C4. Napięcie odkładające się na tym kondensatorze jest powtarzane przez wtórnik na tranzystorze T4. Jeżeli jego wartość będzie na tyle wysoka, aby otworzyć spolaryzowaną zaporowo diodę Zenera D3, prąd przez nią dostarczony wpłynie do bazy T5 i otworzy go. Dlatego przełącznik PK2, będący obciążeniem kolektora T5, załączy się z opóźnieniem.

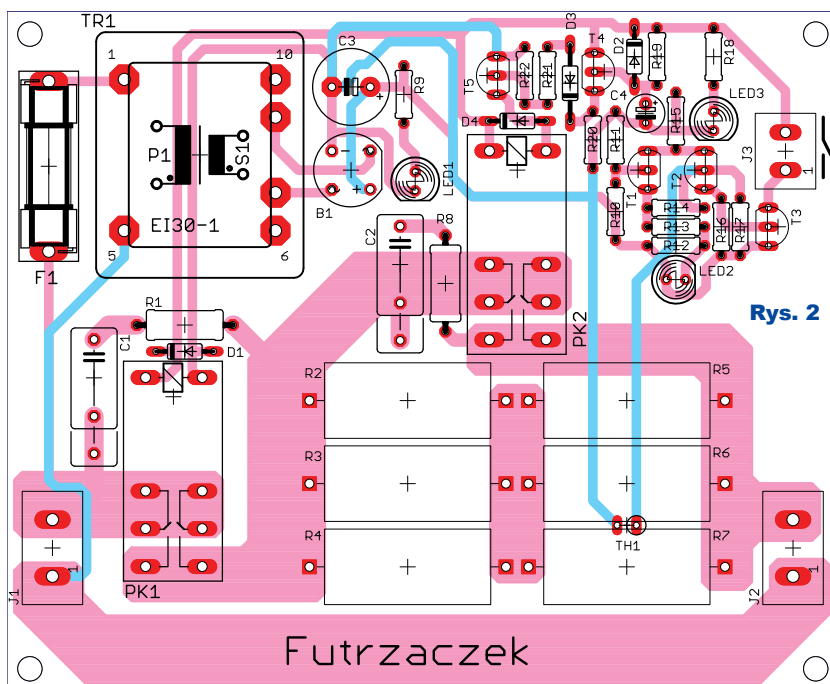
Dioda D2 jest odpowiedzialna za szybkie rozładowanie kondensatora C4 po rozwarciu zacisków złącza J3. Odprowadza zgromadzony w nim ładunek do przełączników i pozostałych fragmentów tej części obwodu, co wydłuża ich działanie o całkowicie niezauważalny (rzędu milisekundy) czas.

Montaż i uruchomienie

Układ prototypowy został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 110×90mm, której wzór ścieżek

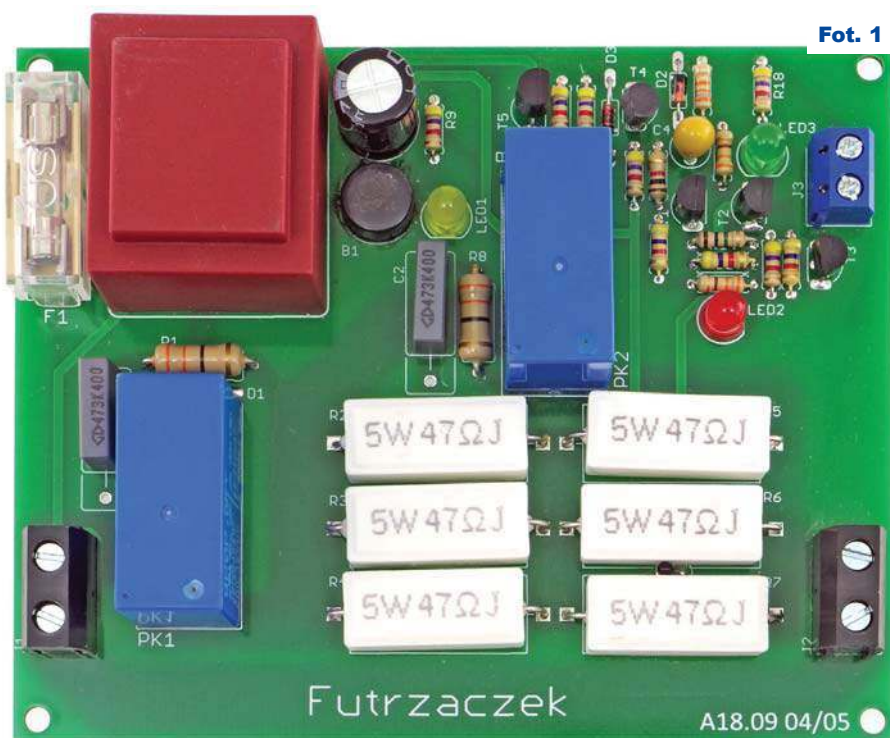
i schemat montażowy przedstawia rysunek 2. W odległości 3mm od krawędzi płytki znalazły się otwory montażowe.

Montaż powinien zostać przeprowadzony w sposób typowy, czyli od elementów najniższych (rezystory, diody), po najwyższe (przełączniki i transformator). Rezystory R2... R7 polecam przylutować na ciut dłuższych nóżkach, aby znalazły się nad powierzchnią płytki, co ułatwi ich chłodzenie. Po przylutowaniu wszystkich elementów w oprawkę F1 należy włożyć bezpiecznik rurkowy.



Rys. 2

Futrzaczek



Fot. 1

Wykaz elementów

R1,R8	33Ω/1W
R2...R7	47Ω/5W
R9,R10,R12,R16...R18,R20...R22	4,7kΩ/0,25W
R11,R13	1kΩ/0,25W
R14	1MΩ/0,25W
R15	510Ω/0,25W
R19	33kΩ/0,25W
C1,C2	47nF/400V
C3	470μF/35V
C4	22μF/25V
B1	mostek 1,5A/200V okrągły
D1,D2,D4	1N4148
D3	Zenera 6,8V/0,5W
T1,T2,T4,T5	BC546 lub podobny
T3	BC556 lub podobny
F1	bezpiecznik zwłoczný 63mA 5×20mm + oprawka do druku
J1,J2	ARK2 7,5mm
J3	AKR2 5mm
LED1	5mm żółta
LED2	5mm czerwona
LED3	5mm zielona
PK1,PK2	HF115F/12V
TH1	termistor NTC 10kΩ
TR1	TEZ2/D/12V lub podobny

Komplet podzespołów z płytka jest dostępny
w Sklepie AVT jako zestaw AVT3280

Termistor TH1 rekomenduję przyłutować po wlutowaniu rezystorów R2...R7 na takiej wysokości, aby znalazł się w połowie wysokości obudów tych rezystorów – wcisnięty pomiędzy nimi. Warto poprawić jego kontakt termiczny z tymi rezystorami przez przyklejenie go do nich klejem termoprzewodzącym.

Ścieżki przewodzące prąd o wysokim natężeniu zostały odsłonięte spod soldermaski, aby można je było pogrubić np. spoiwem lutowniczym. Ponadto ułatwi to ich chłodzenie.

Zmontowany układ można zobaczyć na **fotografii 1**. Nie wymaga żadnych czynności uruchomieniowych i jest od razu gotowy do pracy. Trzeba zachować szczególną ostrożność, ponieważ na płycie znajdują się elementy będące połączone galwanicznie z siecią!

Do zacisków złącza J1 należy pod-

łączyć zasilanie sieciowe 230V, a do J2 obciążenie, któremu chcemy ograniczyć prąd rozruchowy (np. transformator). Po włączeniu zasilania powinna zaświecić się wyłącznie dioda LED1, informująca o obecności napięcia sieciowego.

Jeżeli ma nastąpić załączenie obciążenia, trzeba zewrzeć zaciski złącza J3 i trzymać je zwarte tak długo, jak długo obciążenie ma działać. Działanie obciążenia zasygnalizuje świecenie diody LED3. W pierwszej kolejności, tuż po zwarcu zacisków J3, zaświeci się przełącznik PK1, a sekundę później PK2.

Gdyby doszło do przegrzania rezystorów rozruchowych R2...R7, które może nastąpić po wielokrotnym włączeniu i wyłączeniu obciążenia (sekwencja „miękkiego startu” następuje po każdym włączeniu obciążenia), zacznie świecić dioda LED2. Złącze J3 będzie wówczas

nieaktywne: zwieranie jego zacisków nie załączy przełączników. Dopiero ostygnięcie rezystorów – zasygnalizowane zgaszeniem LED2 – umożliwi normalne funkcjonowanie układu.

Ponieważ przez obwód przeciwzakłóceniu R1-C1 „przecieka” prąd o niewielkim natężeniu, po rozwarciu styków przełącznika PK1 nadal istnieje możliwość porażenia przez elementy znajdujące się na prawo od niego. Należy to mieć na uwadze, prowadząc wszelkie prace przy złączu J2, a najlepiej całkowicie odłączyć wtedy zasilanie sieciowe.

Michał Kurzela

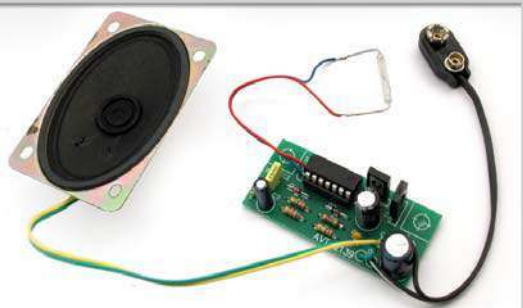
michal.kurzela@ep.com.pl

R E K L A M A

AVT 2139 Strach na krety

Elektroniczne urządzenie pozwalające w prosty, skuteczny i humanitarny sposób pozbyć się kretów z ogrodów działkowych. Układ co ok. 30 sek. generuje dźwięk o częstotliwości ok. 300Hz i czasie trwania 2 sek. Strach na krety zakopany płytko pod powierzchnią ziemi, uruchamiać można za pomocą przyłożenia magnesu w miejscu instalacji kontaktoru (włącznika magnetycznego).

Znajdź nas na  



Porównanie zasilaczy forward i flyback

W pierwszej części artykułu naświetlono problemy, z którymi musi zmierzyć się konstruktor zasilacza. Teraz przyglądamy się konkretnym rozwiązaniom.

Forward kontra flyback

Porównanie pracy obu układów przeprowadzimy, posługując się oscylogramami zdjętymi z poprawnie pracujących obu przetwornic. **Rysunki 2a i 2b** pokazują uproszczone schematy obu zasilaczy (co także wymagało odrysowania z fizycznych płytek). Obie przetwornice pracują w trybie *current mode*. Ale czy to CCM, czy DCM?

Zależy to od obciążenia. Jeśli zasilacz będzie docelowo pracował w wąskim zakresie zmian prądu obciążenia, można zaprojektować go jako CCM bądź DCM. Ale jeśli zakres obciążenia jest szeroki, trzeba zaplanować pracę w obu trybach, co bynajmniej nie ułatwia optymalnego zaprojektowania charakterystyki sprzężenia zwrotnego (*feedback*). Podobnie jest z zakresem napięcia wejściowego. Porównywane tu zasilacze pracują w szerokim zakresie napięcia sieci: od 100VAC do 240VAC, czyli w sieci europejskiej i amerykańskiej. W każdych warunkach zasilacz ma pracować bezpiecznie, lecz trudno powiedzieć, że dla każdych warunków został zaprojektowany optymalnie. Kompromisów, które należy w tej sytuacji uwzględnić, jest wiele. Skupimy się na kwestiach najistotniejszych, różniących obie konfiguracje.

Zanim odwołamy się do oscylogramów, przyglądamy się schematowi na rysunku 2a i b. Okazuje się, że określenie forward/flyback nie w pełni charakteryzuje układ. W szczególności, jaki to forward? Kluczową sprawą w przetwornicach forward jest zagadnienie resetowania rdzenia po każdym cyklu kluczowania. To sprawa bardzo ważna. Jej niedopełnienie ma bardzo przykre konsekwencje. Strumień magnetyczny w rdzeniu transformatora będzie narastał.

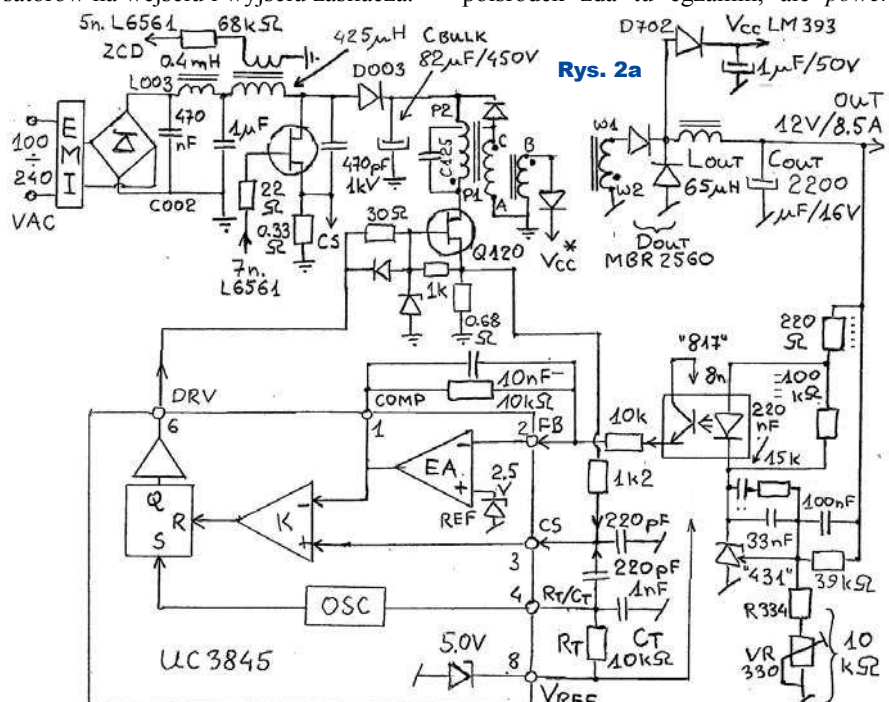
część 2

Jeśliby nawet narastał bardzo powoli, szybko dojdzie do nasycenia. A nasycenie rdzenia skutkuje drastycznym spadkiem indukcyjności i... katastrofa gotowa! Istnieje kilka technik resetowania rdzenia w przetwornicy przepustowej. Tutaj zastosowana jest najstarsza i najprostsza. Za pomocą dodatkowego uzwojenia zwracającego energię do głównego kondensatora filtrującego.

W celu uporządkowania porównanie obu układów przeprowadzimy w zakresie: obwód PFC, transformator, pętla sprzężenia zwrotnego, warunki pracy tranzystora kluczującego oraz kondensatorów na wejściu i wyjściu zasilacza.

Obwód PFC

Tu akurat nie ma czego porównywać. Obwody te wykonano bowiem zupełnie inaczej. W układzie z rysunku 2a mamy porządną aktywną *power factor correction*. Klasyczną przetwornicę *boost step-up*. Tego typu układ można by z powodzeniem zastosować także w zasilaczu z rysunku 2b (może być identyczny). Ale nie na odwrót. W wersji flyback wykonano bardzo uproszczony obwód, który poprawia nieco współczynnik mocy, ale nie może konkurować z układem z rysunku 2a. Ewentualnie za zaletę konfiguracji flyback można uznać, że tego typu półśrodek zda tu egzamin, ale *power*



factor nie będzie bliski jedności. Każde rozciągnięcie czasu fazy czerpania prądu zza mostka Graetza skutkuje poprawą współczynnika mocy. I ten układ to realizuje. Ale jak to działa?

Prąd zza mostka doprowadzony jest do środkowego odczepu pierwotnego uzwojenia transformatora i nie ma bezpośredniego połączenia z głównym kondensatorem filtrującym (*bulk capacitor*). Na kondensatorze tym zmierzmy napięcie aż ok. 370V, ale jak to możliwe? Otóż każde włączenie klucza przetwornicy dodatkowo ładuje też (prądem) indukcyjność LA. A ta wysysa prąd z sieci nie tylko w chwilach jej szczytu. I to wszystko!

Skuteczność poprawy współczynnika mocy nie jest wielka i silnie zależy od obciążenia zasilacza. Na kondensatorze C_{BULK} wytwarza się natomiast wyższe napięcie za sprawą samoindukcji uzwojenia 5-6. To tak zwane napięcie boostera. Booster nie jest pomysłem nowym, i zrobimy tu krótki przerwany na powtórkę z historii. Stosowany był już w pierwszych odbiornikach OTV (także czarno-białych). Diodę (tu D6, tam lampę np. PY88) nazywano usprawniającą. Obwód odchyłania poziomego pracował na napięciu 800V, mimo że był zasilany z ok. 200–250V. Co dodatkowo ciekawe, odbiorniki te nie miały oddzielnego zasilacza! Lampowe Rubiny/Elektrony pracowały (układ odchyłania poziomego) na napięciu ok. 1000V, a zasilane były napięciem 370V z zasilacza z transformatorem sieciowym, dużym i ciężkim. W najbardziej popularnych Rubinach 714 (w latach 70. i 80.) dioda usprawniająca była już diodą selektową, a w odchyłaniu pracowała tylko jedna lampka. I wszystko dlatego, że lampy znosiły duże napięcia, ale nie znosiły dużych prądów. Już wracamy do tematu, ale właśnie z tamtych czasów pochodzi pomysł podwyższania napięcia metodą boostera (i autor uznał, że szkoda byłoby tego nie przypomnieć).

Przyglądając się schematowi z rysunku 2b, można obrazowo powiedzieć, że człon D6-LA ma działanie pompujące energię do stopnia prze-

twornicy flyback. Tego typu działanie było z kolei dobrze znane w czasach tyrystorowych układów odchyłania, gdzie stabilizacja polegała na kontroli zwracanej energii, nie jej pompowania.

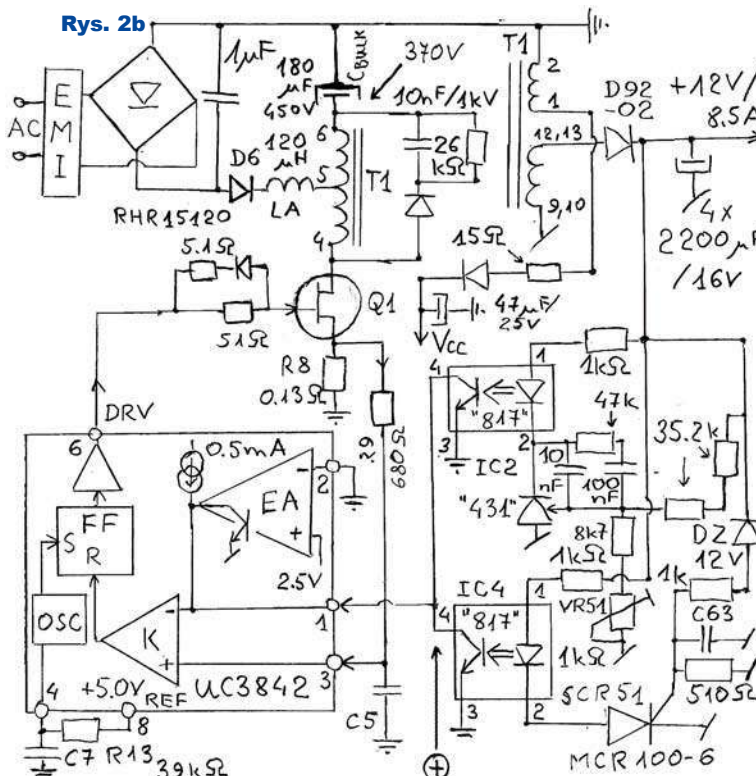
Porównanie pętli sprzężenia zwrotnego

W obu wersjach mamy ten sam sterownik i ten sam tryb (*current mode*) po stronie pierwotnej. Po stronie wtórnej tu i tu kostka '431 + transoptor. A jednak w obwodach sprzężenia zwrotnego widzimy istotne różnice.

O wartości napięcia wyjściowego w obu przypadkach decyduje napięcie odniesienia elementu '431 wraz z rezystorami w obwodzie jego bramki (R – reference). W obu układach zastosowano także potencjometr pozwalający na dokładne ustawienie napięcia U_{wy}. Proste przeliczenie potwierdza, że mniej więcej w pozycji połowy nastawu PR-ka napięcie to powinno przyjąć wartość +12V. I choć układ scalony '3842/3845 zawiera w sobie wzmacniacz błędów, tutaj wzmacniaczem błędów jest właśnie '431. Widzimy różnice w obszarze kształtowania charakterystyki częstotliwościowej sprzężenia zwrotnego, co realizują niepozorne kondensatorki (plus rezystor) w lokalnej pętli sprzężenia zwrotnego '431. W układzie z rysunku 2a dodatkowo mamy kondensator wyprzedzający fazę (100nF włączony równolegle do górnego rezystora dzielnika – 39kΩ).

Gruntowna analiza doboru tych kilku elementów to wystarczający temat na odrębne opracowanie. Ale my idziemy dalej. W układzie z rysunku 2b widzimy dwa transoptory pracujące równolegle. Wzmacniaczem błędów jest IC2. I zawsze wzmacniacz błędów (*error amplifier*) może i musi być tylko jeden. Tutaj jest nim IC2. IC4 pełni funkcję strażnika na wypadek błędów w torze stabilizacji. Slangowo powiemy, że na fotodiodę tego transoptora pracuje tyrystor SCR51. W obwodzie jego bramki widzimy 12-woltową diodę Zenera i dzielnik złożony z dwóch rezystorów. To one wraz z napięciem progowym bramki wyznaczają margines, na ile ten obwód ochrony pozwoli wzrosnąć napięciu wyjściowemu powyżej 12V. Wyzwolenie tyrystorka spowoduje przejście kontroli nad sprzężeniem zwrotnym przez tranzystor transoptora IC4. W węźle kolektorów (obu transoptorów) zaznaczono węzeł sumacyjny, traktując stan niski jako aktywny (choć mamy tu sumowanie sygnałów analogowych, nie logicznych). Wyzwolenie tyrystora powinno całkowicie zdusić pracę przetwornicy. Tyrystor jest elementem pamiętającym (stan włączenia). Mimo to, nie należy się spodziewać trwałego wyłączenia zasilacza. Gdy napięcie na wyjściu opadnie do wartości bliskiej zeru, tyrystor puści i obwody startowe powinny spowodować kolejną próbę uruchomienia zasilacza. Jeśli błąd w obwodzie stabilizacji jest trwały, sytuacja powtórzy się i zaobserwujemy próbkiwanie przetwornicy. Stan taki jest bezpieczny, i dla przetwornicy, i dla zasilanych z niej obwodów.

A co z pętlą sprzężenia zwrotnego po gorącej stronie zasilacza? Spora jej część wbudowana jest w sterownik 3842/3845 (na razie przyglądamy się układowi z rysunku 2b). Jako wejście obwodu sprzężenia zwrotnego przewidziana jest nóżka 2 IC (jest ona opisywana jako FB). Nóżka ta podłączona jest trwale do masy, co w pełni dezaktywuje wzmacniacz błędów w 3842. Wejście nieodwracające wzmacniacza błędów podłączone jest wewnętrznie do skompensowanego U_{REF}=2,5V. A wejście odwracające do masy. Wyjście WO przyjmie wtedy



trwale stan wysoki. Wyjście wzmacniacza błędu wyprowadzone jest także na nóżkę układu scalonego (n.1) z zamiarem podłączenia tu (między n.2 i n.1) elementów kompensacji częstotliwościowej pętli. Tutaj sygnał sprzężenia zwrotnego – wchodzi na n. 1 (oznaczoną COMP) układu scalonego. Wyjście wzmacniacza błędu w UC3842/3845 jest typu otwarty kolektor i współpracuje z nim źródło prądowe o wydajności 0,5 miliampera (ten fragment wyraźnie zaznaczono na rysunku 2b). Wysoki stan wyjścia WO to wyłączony tranzystor (na jego wyjściu), a więc EA (w 3842) w ogóle nie ingeruje w pracę pętli. Tranzystor transoptora IC2 pracuje wprost na źródło prądowe 0,5mA w 3842. Taki stopień wzmacniacza w konfiguracji wspólnego emitera, obciążony dużą impedancją dynamiczną (źródło prądowe), wykazuje bardzo duże wzmocnienie napięciowe. I ono jest decydujące w pętli, w której (dla porządku) należy wyróżnić następujące obwody wpływające na transmitancję: generator PWM plus stopień kluczowania (przetwarzania energii) oraz obwody strony wtórnej, w szczególności pojemność i ESR kondensatorów na wyjściu, a dalej stopień γ_{431} (z jego lokalnym feedbackiem), CTR (charakterystyka przejściowa – Current Transfer Ratio) transoptora i właśnie stopień wzmocnienia napięciowego tranzystora (fototranzystora) obciążonego źródłem prądowym. To zewnętrzna, napięciowa pętla stabilizacji. Jak przysłało na tryb *current mode*, trzyma ona pieczę nad wewnętrzną pętlą prądową. Zauważmy, że kolektor tranzystora w transoptorze połączony jest wprost

z wejściem odwracającym komparatora K. Na jego wejście nieodwracające trafia informacja o prądzie uzwojenia pierwotnego trafo, pozyskana ze źródła kluczującego MOSFET-a. Obowiązkowy człon RC składa się z elementów R9, C5 o bardzo krótkiej stałej czasowej, pozwalającej jedynie wyczyścić pozyskany sygnał z zakłóceń (spowodowanych głównie pojemnościami widzianymi w drenie klucza, a także charakterystyką odzyskiwania zdolności zaporowych przez diodę na wyjściu przetwornicy). Aktualne napięcie na kolektorze transoptora IC2 oraz wartość rezystora R8 (jedynie 0,13Ω) wyznaczają poziom, do którego pętla prądowa pozwoli narosnąć prądowi w obwodzie pierwotnym transformatora. I cała zabawa polega na tym, by tę porcję energii przemnożyć przez częstotliwość pracy (gdy układ pracuje w trybie DCM) dostosować do mocy, jaką aktualnie pobiera wyjście. Tak, aby napięcie wyjściowe cały czas utrzymywać na poziomie 12V. Jak to wygląda w układzie z rysunku 2a?

Strona wtórna rozwiązana jest podobnie, aczkolwiek brak tu ochrony nad napięciowej, jak to jest w rozwiązaniu konkurencyjnym. Po pierwotnej (gorącej stronie) widzimy natomiast, że wzmacniacz błędu w 3845 jest aktywny. Jak to możliwe? Powiedzieliśmy że wzmacniacz błędu może być tylko jeden. Zatem przyjrzyjmy się temu obwodowi dokładnie. Nietrudno dostrzec że lokalna pętla sprzężenia zwrotnego tego wzmacniacza operacyjnego czyni z niego wzmacniacz o wzmocnieniu równym... jeden! Dokładniej, minus jeden (a równoległy kondensator załamuje tę charakterysty-

kę przy 62 kilohercach). Odwrócenie fazy w tym miejscu pociągnęło za sobą konieczność wyjścia z emitera transoptora (a nie z kolektora jak poprzednio). W przeciwnym razie byłaby to pętla dodatniego, a nie ujemnego sprzężenia zwrotnego. Porównajmy: tu wtórnik emiterowy (wzmocnienie napięciowe = 1), tam stopień wzmacniacza OE obciążony dużą impedancją. W tym układzie niemal całość wzmocnienia napięciowego pętli spoczywa na niepozornym γ_{431} . Dokładna analiza, jakie ostatecznie wzmocnienie jest w całej pętli i jaka jest jego charakterystyka w funkcji częstotliwości, jest zadaniem trudnym, ale bardzo ważnym, jeśli mamy powiedzieć, że układ został dobrze zaprojektowany. Czynniki, które trzeba wziąć pod uwagę, jest wiele, jak choćby (łatwy do przecenienia) punkt pracy samego transoptora. Najprostszym sposobem ratowania stabilności pętli jest wprowadzenie dominującego bieguna, lecz nie można wtedy powiedzieć, że szybkość zasilacza jest maksymalna możliwa. Co więcej, trudno mówić o optymalnym projekcie, jeśli układ ma pracować w szerokim zakresie obciążenia i/lub napięcia wejściowego. I tutaj nasuwa się dygresja do porównania w zakresie PFC. Zastosowanie prawdziwego obwodu PFC z rysunku 2a ma szersze konsekwencje. Oba zasilacze deklarują pracę w szerokim zakresie napięcia sieci (100 do 240VAC). W przypadku aktywnego obwodu PFC napięcie na jego wyjściu jest wstępnie stabilizowane. Wprawdzie z powodu powolnej pętli stopnia PFC wystąpią duże tętnienia na głównym kondensatorze filtrującym. To jednak dużo mniej niż zakres zmienności tego napięcia w uproszczonym PFC z rysunku 2b, kiedy napięcie C_{BULK} jest mniej więcej proporcjonalne do wejściowego AC. Należy zauważyć, że projekt zasilacza z preregulatorem PFC jest prostszy, aniżeli bez niego. Zatem cel stosowania porządnego PFC może być podyktowany nie tylko chęcią poprawy współczynnika mocy (co jest jeszcze ważniejsze w przypadku przetwornic rezonansowych, które wkrótce zagospodzą na łamach EdW).

Porównanie obwodów mocy

Właściwości transformatora mają ogromne znaczenie. Jak duże były trafo (50Hz) w zasilaczach liniowych? Przywołany wcześniej transformator Rubina 714 przenosił moc ok. 300W (według niektórych źródeł – znacznie więcej). To mniej więcej tyle, co przeciętny zasilacz

R E K L A M A

AVT 1999 2-kanalowy termometr MIN-MAX z alarmem

Termometr służy do monitorowania temperatury w dwóch punktach za pomocą czujników temperatury typu DS18B20. Dla każdego czujnika można zadeklarować zakres temperatury normalnej, a o jego przekroczeniu poinformuje sygnalizator akustyczny (sygnał rozlega się w odstępach czasowych tak długi, jak długo temperatura pozostaje wyższa lub niższa od temperatury ustalonej) oraz stosowny komunikat na wyświetlaczu. Termometr posiada pamięć wartości minimalnej i maksymalnej z możliwością jej zerowania w dowolnym momencie. Dodatkową funkcjonalnością termometru jest możliwość przypisania indywidualnej nazwy dla każdego z dwóch punktów pomiarowych.



Znajdź nas na



lacz komputerowy, w którym trafo jest wielkości 3...4-watowego klasycznego trafka sieciowego. Głównym celem zwiększania częstotliwości pracy przetwornic jest efektywniejsze wykorzystanie elementów indukcyjnych. Mimo to, flyback nie wykorzystuje rdzenia zbyt efektywnie. Pracuje on ze składową stałą (namagnesowania). W przetwornicach forward wygląda to nieco lepiej, choć w trybie przewodności nieciągłej DCM rdzeń magnesowany jest jednokierunkowo. W każdym razie problemy związane z wykorzystaniem trafka sprawiają, że przy większych mocach (i/lub prądach) wybierana jest konfiguracja forward. Na zdjęciu tytułowym widać, że transformatory w obu zasilaczach są mniej więcej jednakowej wielkości. A forward musi mieć jeszcze indukcyjność magazynującą energię po stronie wtórnej. Tu jest jeszcze trzecia indukcyjność (nie licząc gabarytowych elementów EMI). To indukcyjność PFC, ale dlatego, że tu wykonano porządną przetwornicę PFC. Widoczne są tu także problemy, które przemawiają za konfiguracją flyback, gdy potrzeba więcej napięć wtórnych aniżeli jedno. Ale tu jest tylko jedno. Z transformatora przetwornicy pobierane jest także zasilanie na potrzeby sterownika po gorącej stronie zasilacza. W wersji flyback dodatkowe uzwojenie (praktycznie) kilku zwojów cienkim drutem, plus dioda, kondensator i załatwione. W przetwornicach forward tak pozyskane napięcie nie jest stabilizowane! Dlatego obwód zasilania UC3845 w układzie z rysunku 2a jest o wiele bardziej rozbudowany, czego na rysunku tym już nie pokazano. W układzie tego zasilacza (przykładowego forward) pracują także dwa wzmacniacze operacyjne LM393. Jeden po pierwotnej, drugi po stronie wtórnej. Ich funkcja to prawdopodobnie zabezpieczenia, czego autor (z uwagi na trudności *reverse-engineering*) już nie odrysowywał. Pozyskanie zasilania LM393 po stronie wtórnej na rysunku 2a pokazano. Pozyskane tą drogą napięcie ma wartość ok. 28V (choć wtórne tylko +12V). Należy jednak zauważyć, że +28V nie jest dobrze stabilizowane.

Na potrzeby niniejszego opracowania, po dokonaniu pomiarów, wymontowano transformatory i rozebrano dla celów dydaktycznych. Warto bowiem przyjrzeć się konstrukcji samego trafka.

Indukcyjność pierwotnego uzwojenia transformatora w układzie forward wynosi ok. 3,5mH. Tyle samo ma uzwojenie dodatkowe (resetujące rdzeń). Oba mają identyczną liczbę zwojów (54 zwoje), aczkolwiek to drugie nawinięte

jest cienkim drutem. Jednakowa liczba zwojów uzwojenia resetu i głównego nie jest bezwzględny wymogiem, choć najczęściej tak się stosuje. Wtedy najłatwiej utrzymać dobre sprzężenie między tymi uzwojeniami, a ograniczenie na współczynnik wypełnienia (aby rdzeń zdążył się zresetować) wynosi 50%. Takie ograniczenie wbudowane jest w sterownik 3845 (i to go odróżnia od 3842). Trafo jest tak nawijane, aby indukcyjności rozproszone (niesprężone) były jak najmniejsze. I faktycznie, po zwarcu uzwojenia wtórnego, pomiar pierwotnego wykazuje spadek z 3,5mH do mniej niż 50 mikrohenrów. Pomiar indukcyjności wtórnego uzwojenia wykazuje wartość nieco ponad 40uH, co się zgadza z przeliczoną liczbą zwojów (6 – wtórne i 54 – pierwotne, a indukcyjność rośnie z kwadratem liczby zwojów). Uzwojenie zasilania (wyprowadzenia A i B na rysunku 2a) to tylko 3 zwoje cienkiego drutu. Warto zwrócić uwagę, że uzwojenie pierwotne nawinięte jest w dwóch warstwach (po połowie, 27 zwojów jako warstwa pierwsza i ostatnia). Stwierdzono, że wykonane jest ono bardzo starannie. Błędy w tym zakresie mogą zniweczyć cały projekt porządnego zasilacza. Poprawne zaprojektowanie trafka to poważne wyzwanie i nie ma jednego jedyne prawidłowego rozwiązania.

Ten zasilacz pracuje z częstotliwością ok. 65kHz i prądy w wersji forward nie zawierają tak wielu harmonicznym jak konkurencyjny flyback, gdzie wtórne uzwojenie nawinięte jest trzema przewodami równoległe (6 zwojów). Dla porównania pomierzono też indukcyjność PFC tego zasilacza. Warto dodać, że indukcyjność PFC nawinięta jest licą (złożoną z wielu cienkich drucików). Tutaj bowiem częstotliwości prądów są wyższe i zjawisko nasłórkowości (wypychania prądu przez pole magnetyczne do zewnętrznej warstwy przewodu) jest wyraźniejsze. Będąc przy indukcyjnościach w zasilaczu forward, nie można pominąć L_{OUT} . To ta cewka gromadzi energię i filtruje wraz z kondensatorami C_{OUT} napięcie wyjściowe. L_{OUT} to zaledwie 65uH i jak się okazuje, to wystarczy. Nie jest to jednak mała cewka. Gwarantowany prąd wyjściowy zasilacza to 8,5A, a prąd szczytowy w L_{OUT} może być niemal dwukrotnie wyższy (i przy tej wartości rdzeń nie może się nasycić).

Teraz transformator wersji flyback: wielkość porównywalna, choć rdzeń nie jest optymalnie wykorzystywany. Uzwojenie pierwotne L_{4-6} wykazuje indukcyjność 470uH. Podział uzwojenia z odcze-

pem 5 to 14 plus 20 zwojów (14 od strony drenu tranzystora) i podobnie jak w trafie forward nawijane w pierwszej i ostatniej warstwie. Uzwojenie wtórne to jedynie 6 zwojów stosunkowo grubego drutu. Wszystkie uzwojenia nawijane są dwoma przewodami równoległe (co jest kompromisem między pojedynczym przewodem a licą). Sprężenie uzwojenia pierwotnego z wtórnym jest tu także bardzo silne. Zwarcie wtórnego i pomiar pierwotnego skutkuje spadkiem indukcyjności z 470 do 18 mikrohenrów. W wersji flyback nie trzeba resetować rdzenia. Trzeba natomiast zadbać o skuteczne odzyskanie lub rozproszenie energii części indukcyjności rozproszonej uzwojenia pierwotnego. Czyni to klasyczny gasik (snubber) złożony z diody, kondensatora i rezystora uwidoczniony w obwodzie drenu tranzystora kluczującego (rysunek 2b). Podbicie napięcia na drenie względem potencjału kondensatora głównego jest zależne od przenoszanej mocy. Bez obciążenia jest bliskie zera (praca flyback bez obciążenia jest równie krytyczna, jak przy obciążeniu pełnym). Przy 10 watach to już 70V. Przy 50W to ok. 95V, a przy pełnym obciążeniu 100W dochodzi do ok. 115V. To nie jest dużo i potwierdza solidne wykonanie transformatora. Jeszcze lepiej o tym fakcie potwierdza przeliczenie rozpraszanej mocy. Rezystor snubber złożony jest z 10 oporników SMD o wypadkowej rezystancji 26kΩ. Przy maksymalnym zmierzonym napięciu (podbiciu gasika) 115V rozpraszana jest moc zaledwie ok. 0,5 wata. Kalkulując maksymalne napięcie na kluczu, należy owo 115V dodać do napięcia kondensatora głównego. A to (zmierzono tylko dla sieci 230VAC) jest zmienne. W zakresie pojedynczych watów przetwarzanej mocy napięcie to jest bliskie szczytowemu AC sieci, czyli 320V. W zakresie średnich mocy utrzymuje się na poziomie 370V, by w górnym zakresie mocy znów opadać do ok. 330–340V.

W trzeciej i czwartej części artykułu przyjrzymy się już oscylogramom dającym głębszy wgląd w to, jak obie przetwornice pracują. I dopiero wtedy wyciągniemy wnioski dla warunków pracy tranzystorów-kluczy, a także kondensatorów filtrujących.



Karol Świerc
rtv@silnet.pl

Z potrzeby chwili... Zamiast baterii...

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.

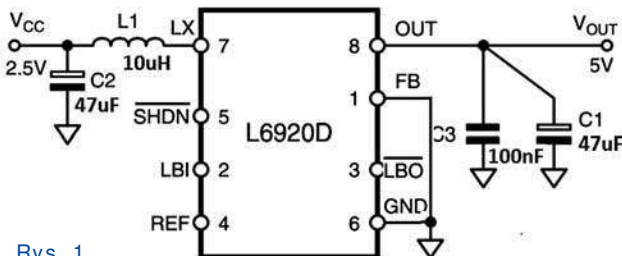
W ramach rozwiązania zadania Szkoły Konstruktorów numer 285 chciałem przedstawić małą przetwornicę 1,2V/5V. Układ idealnie wpisuje się w rubrykę „Z potrzeby chwili”, a w zasadzie „z potrzeby sytuacji” ;)



Jakiś czas temu robiłem niewielkie urządzenie, które chciałem zasilać z dwóch paluszków. Niestety przez roztargnienie nie pomyślałem, że z dwóch paluszków nie uzyskam 5V, które w tym urządzeniu było niezbędne. Z racji braku miejsca w obudowie rozwiązania były dwa:

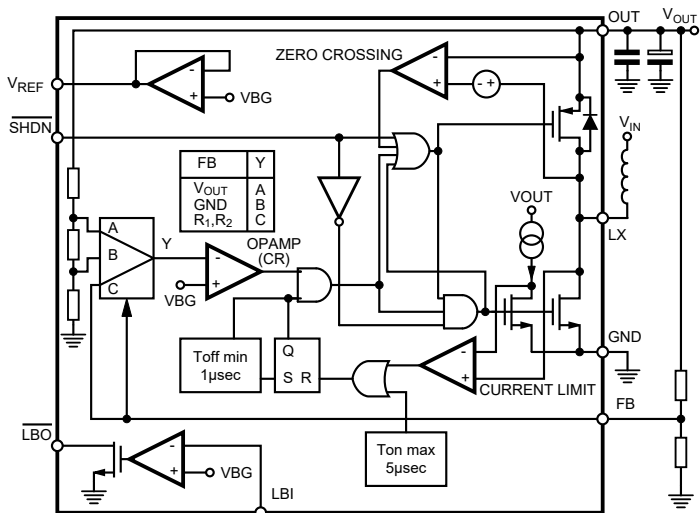
- albo zrezygnować z mobilności urządzenia i zasilać je z USB,
- albo zasilić urządzenie z jednej baterii AAA, a zamiast drugiej zrobić przetwornicę na 5V. Wygrała opcja druga.

Zadanie okazało się prostsze, niż myślałem. Wykorzystałem układ scalony L6920, który przy użyciu skromnej liczby elementów zewnętrznych z powodzeniem załatwił temat. Całość przedstawiona



Rys. 1

Rys. 2



jest na fotografii. Elektrody tak stworzonej zastępczej baterii zrobiłem z folii aluminiowej, co raczej nie jest rozwiązaniem godnym polecenia, ale mnie wystarczyło. Konstrukcja może też nie jest optymalna w zakresie wytrzymałości na wstrząsy,

ale w moim przypadku nie jest to najważniejsze. Koszycek baterii wymagał jedynie przełożenia jednego kabelka. Na rysunku 1 pokazany jest schemat z sugerowanymi wartościami elementów. Rysunek 2 przedstawia blokowy schemat wewnętrzny. Na tej samej kostce można też uzyskać zasilanie 3,3V, przełączając jedynie pin FB do wyjścia zamiast do masy.

Krzysztof Smoliński
smilox@wp.pl

Wykaz elementów

C1,C2	47uF/25V
C3	100nF
L1	10uH
U1	L6920D

Ratowanie starych odbiorników lampowych



Odbiornik Saba Freudenstadt 8

Miałem zamiar skończyć cykl o odbiornikach lampowych i zacząłem omawiać magnetofon taśmowy, ale...

Niedawno w poczcie elektronicznej jeden z Czytelników zapytał mnie, dlaczego pominąłem odbiorniki Saba, które nie bez przyczyny są uznawane za jedne z najlepszych.

Aby spełnić prośbę tego Czytelnika, postanowiłem opisać odbiornik Saba Freudenstadt 8, który nie tak dawno przeszedł gruntowną renowację.

Mam dwa egzemplarze odbiornika SABA tego typu, z tym, że jeden jest bez głośników, ale też został poddany renowacji. Obydwa trafiły do mnie w stanie „dziewiczym”, to znaczy nie było śladu jakiegokolwiek ingerencji w ich budowę, oprócz braku głośników w jednym. W jednym były jeszcze karty gwarancyjne na radio i lampy, a w drugim oryginalny schemat.

Saba to typowa superheterodyna wyższej klasy zbudowana na lampach ECH81, EBF89, EABC80, EL84, EM84 oraz 2×EC92 w głowicy UKF – **rysunek 1**. Odbiornik ma 6 obwodów AM, 9 obwodów FM, częstotliwość pośrednią AM 460kHz i FM – uwaga – 6,75MHz. Czułością dorównuje odbiornikom wysokiej klasy – 10μV dla AM i 2,5μV FM. Ma dwuzakresową regulację szerokości

pasma AM, zrealizowaną na pierwszym filtrze p.cz. Ma też dość mocno rozbudowaną automatykę regulacji wzmacnienia (ARW) z opóźnieniem, zrealizowaną na dwóch diodach detekcyjnych – jednej w lampie EBF89 i drugiej w lampie EABC80. Sygnał do ARW jest pobierany z obwodu anodowego drugiego filtra AM, a potem przez kondensator C38 (10pF) i filtr RC (R13, 14, 15 i C36, C37) dostarczony do siatek lamp EBF89 i ECH81. Napięcie opóźniające zadziałanie ARW jest pobierane z minusa zasilacza między R65 i R68.

Poprawa stabilnego działania ARW (uniezależnienie m.in. od wahań napięcia anodowego) jest zrealizowana przez podanie stałego napięcia anodowego z dzielnika R17 i R18 i przez opornik R16 – 16MΩ na anodę diody EABC80. Podczas włączania i wyłączania odbiornika następuje chwilowe zwarcie styków S6, przez które jest podawane ujemne napięcie –14V na oporniki R41 i R42 (25kΩ +1,6MΩ) oraz na siatkę lampy EABC80. To napięcie zatyka lampę i eliminuje trzaski podczas wyłączania. Kondensator C59 (0,1μF), wydłuża czas zatkania lampy i poprawia skuteczność eliminowania trzasków.

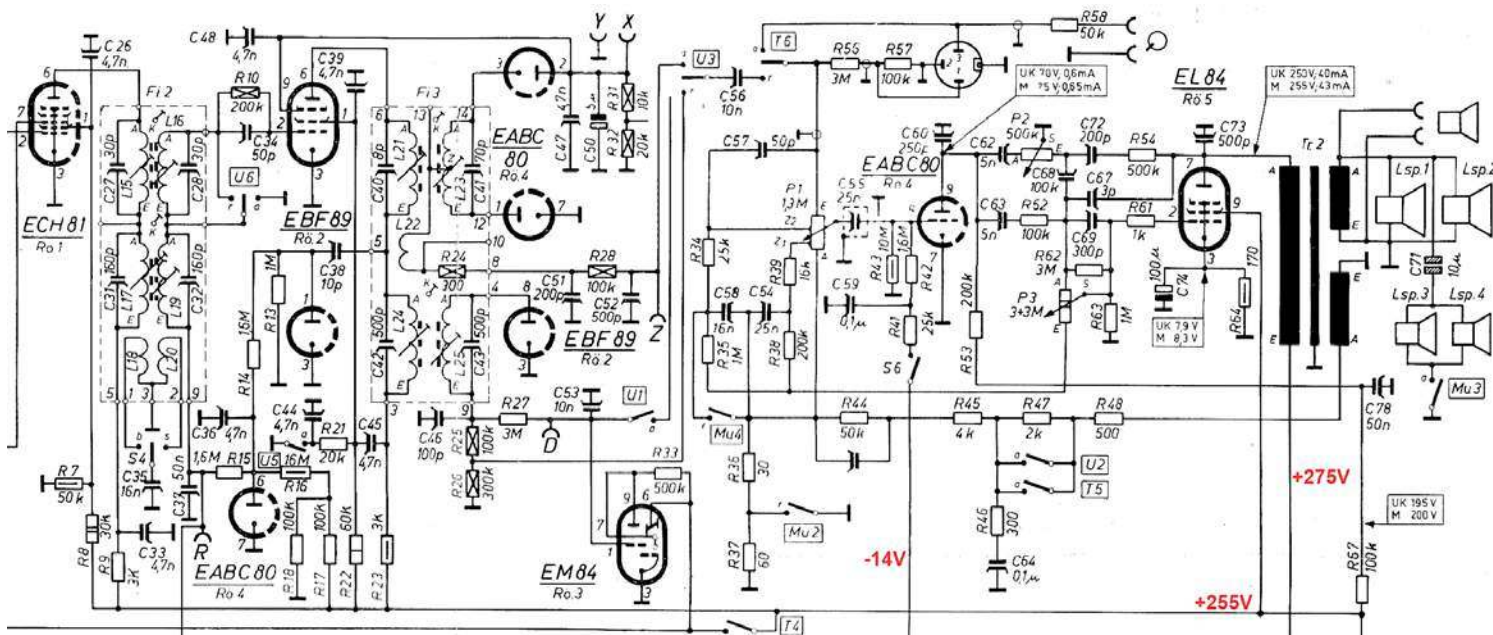
Wszystkie lampy są firmy Telefunken i mają sprawność 50–80% z wyjątkiem

EM84, która świeci bardzo słabo. W lampie EL84 w miarę nagrzewania prąd anodowy rośnie aż do wartości 80mA. Dalej nie próbowałem, bo bałem się uszkodzić trafo głośnikowe. Wszystkie kondensatory z izolacją papierową (zalewane smołą) wykazywały pojemność powiększoną o ok. 80–100% i bardzo dużą upływność, zostały więc zregenerowane metodą, którą już opisywałem.

Uszkodzenie lampy głośnikowej zostało spowodowane właśnie dużą upływnością kondensatora sprzęgającego. We wcześniejszych artykułach zwracałem uwagę na to, jaki wpływ na pracę lampy końcowej ma upływność kondensatora sprzęgającego. Przypomnę to jeszcze raz, bo to jest bardzo ważne. Otóż przy zwiększającej się upływności kondensatora na siatkę sterującą przedstaje się dodatnie napięcie z anody lampy napięciowej. Stopniowy wzrost upływności powoduje zwiększanie napięcia. Po przekroczeniu pewnej wartości na siatce sterującej zaczyna się pojawiać napięcie dodatnie i to już jest bardzo niebezpieczne.

Przy małych upływnościach prąd anodowy może wzrosnąć o ok. 10–15%, a to lampą jeszcze bez trudu wytrzyma.

Przy dużej upływności prąd anodowy może wzrosnąć nawet o 50–100%,



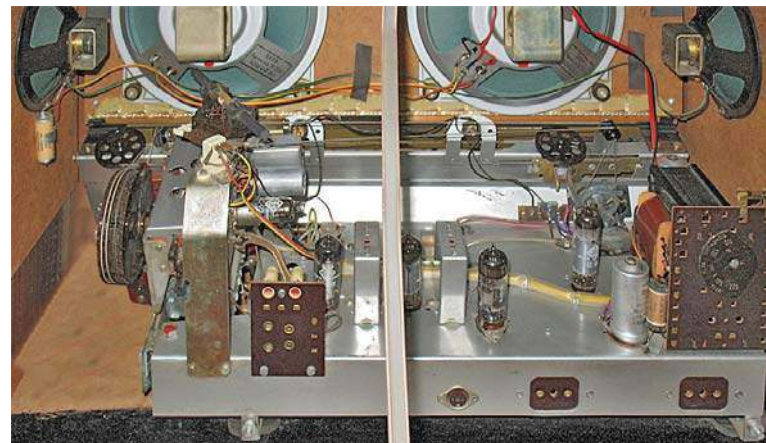
co spowoduje bardzo silne nagrzewanie elektrod lampy aż do koloru jasnoczerwonego (siatki zaczynają świecić). Tak silne rozgrzewanie powoduje deformację siatek, co prowadzi do zmiany odległości między nimi, a tym samym do zmiany parametrów lampy. Tu widać celowość stosowania w obwodzie katody oporników o mocy 0,5W.

Upływność pozostałych kondensatorów zmienia znacząco charakterystykę częstotliwościową odbiornika oraz pogarsza działanie automatyki. Selenowy prostownik anodowy B250 C100, mimo że nie był uszkodzony, musiałem wymienić na krzemowy, gdyż zmniejszał napięcie anodowe o ponad 20V. Z internetu można ściągnąć opis, jak wykonać prostownik na diodach krzemowych, zachowujący właściwości prostownika selenowego. Ja jednak stosuję mostek krzemowy zabezpieczony opornikami 68-82Ω.

Regeneracji wymagał również pierwszy elektrolit w zasilaczu 50uF/350V

oraz elektrolit 5uF/60V w detektorze FM.

Wymienić musiałem też linkę napędową od UKF, gdyż zaczął się wykruszać zewnętrzny opłot. O 20V musiałem też obniżyć napięcie sieciowe na transformatorze, gdyż napięcie w gniazdku wynosi 240V...245V. Energetyka nie chce obniżyć napięcia do 230V, twierdząc, że jest w normie. Nie pomagają argumenty, że urządzenia starszego typu źle znoszą tak wysokie napięcie. Poza tym im wyższe napięcie, tym więcej prądu pobierają urządzenia i chyba o to chodzi energetykom. Gdzie jest więc oszczędność energii, o której tyle się mówi?



W opisywanych Sabach zaskoczyło mnie to, że przy prawidłowym napięciu ~220V na wejściu transformatora napięcie żarzenia wynosi aż 6,8-7V i to przy nominalnym napięciu anodowym. Nie obniżyło napięcia żarzenia nawet zwiększenie obciążenia uzwojenia o 0,5A. Aby popra-

wić sytuację, w szereg między uzwojeniem żarzenia a żarzeniem lamp, włączyłem dwie diody 1N5820, połączone antyrównolegle. Teraz napięcie żarzenia wynosi 6,35-6,4V, a napięcie anodowe 250-255V. Jako lampy zastępcze dla EC92 można stosować ECC91 lub 6H15II. Lampy różnią się prądem żarzenia i dla EC92 wynosi on 0,15A, a dla ECC91 i 6H15II - 0,45A.

Trafo sieciowe Saby ma dość duży zapas mocy i zmiana obciążenia o kilka watów nie powoduje żadnych istotnych zmian. Po renowacji radio gra bardzo ładnie, głos jest dynamiczny, czysty i ma aksamitne brzmienie. Nie dorównuje jednak odbiornikom klasy Stradivari czy Beethoven. Ze względu na brzmienie głosu można porównać go do Arii czy Bolera. Zaznaczam, że porównanie dotyczy odbiorników w stanie niemal idealnym.

Jerzy Szymański
j.szymanski@wp.eu

Jak to działa

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

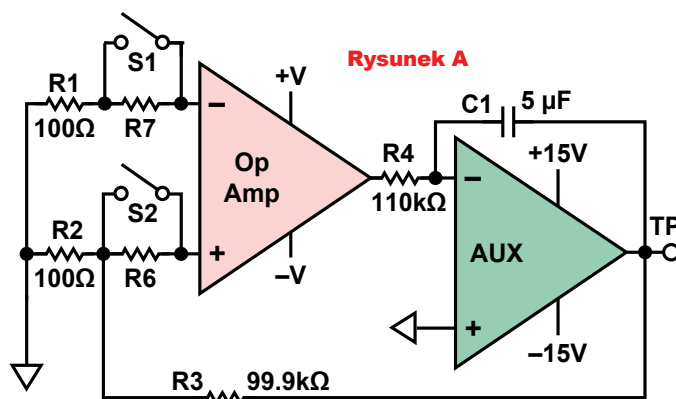
Jak działa i do czego służy taki układ?

Odpowiedzi, koniecznie oznaczone dopiskiem

Jak4,

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

Nagrodami w konkursie będą 3 kity AVT



Rozwiązanie zadania *Jak to działa* z EdW 12/2019

W numerze 12/2019 przedstawiony był, pokazany na **rysunku B**, schemat jakiegoś urządzenia elektronicznego. Jest to... **ładowarka do samochodów elektrycznych**.

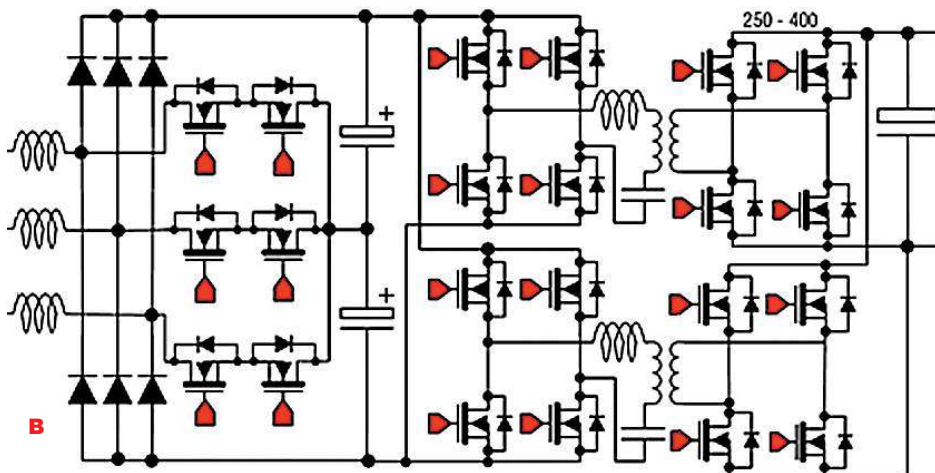
Pomysł zadania został zaczerpnięty ze strony www.electronicdesign.com/ a konkretnie <https://bit.ly/3ahIGiw>, gdzie w artykule sponsorowanym przez TI omówiono wybrane problemy związane z upowszechnianiem samochodów elektrycznych.

Podstawowym ograniczeniem jest zasięg, czyli droga, jaką można przejechać po jednym ładowaniu akumulatorów.

W związku z niedużą gęstością energii we współczesnych akumulatorach, która dla praktycznie użytecznych rozwiązań z akumulatorami litowymi nie przekracza 200Wh/kg, zasięg jest dużo mniejszy niż w przypadku wykorzystania benzyny (dla której gęstość energii jest kilkadziesiąt razy większa i wynosi około 12500Wh/kg).

Trudno jest zwiększyć zasięg, bo akumulatory mają małą gęstość energii i jak na razie nie widać perspektyw na znaczące zwiększenie tej gęstości – do tego potrzebny byłby jakiś przełomowy wynalazek – jakieś całkiem nowe akumulatory.

Zasięg zależy od liczby i masy zastosowanych akumulatorów, ale nie można przecież całego samochodu zapchnąć akumulatorami. Konstruktorzy współczesnych samochodów elektrycznych i tak osiągnęli ogromny postęp i uzyskali zadziwiające wyniki, w tym zasięg. Głównie dzięki oszczędnemu gospodarowaniu dostępną energią oraz przez



próby jej odzyskiwania (przy hamowaniu w zjazdach ze wznieśień). Wbrew prostym wyobrażeniom takie odzyskiwanie energii jest bardzo trudne, bo ogromne są chwilowe moce i prądy, ale to odrębna poważna kwestia.

Problem niedużego zasięgu można byłoby zlikwidować, a przynajmniej poważnie zredukować, gdyby po pierwsze gęsta była sieć stacji elektrycznego tankowania, czyli ładowania, a po drugie, gdyby akumulatory można było ładować błyskawicznie, w ciągu kilku czy kilkunastu minut.

Teoretycznie sieć stacji ładowania można byłoby sprawnie zbudować, na przykład dzięki ogromnym dotacjom ze strony państwa. Pozostaje jednak poważny problem szybkiego ładowania. Problem, który ma kilka aspektów.

Jak na razie jesteśmy na początku drogi, a upowszechnienie samochodów

elektrycznych wymaga rozwiązania wszystkich problemów, w tym związanych z szybkim ładowaniem.

Nie wchodząc w szczegóły, trzeba stwierdzić, że współczesne akumulatory nie są przeznaczone do szybkiego ładowania. Szereg lat temu pojawiły się informacje o akumulatorach NiMH, które można było ładować w ciągu 15 minut. Akumulatory NiMH, choć były i są wykorzystywane w samochodach elektrycznych, oferują gęstość energii rzędu 100Wh/kg, czyli o połowę mniejszą niż akumulatory litowe.

Najczęściej w samochodach stosowane są akumulatory Li-Ion (litowo-jonowe), zwykle w postaci popularnych ogniw 18650, a ostatnio także 20700 i 21700. Takie akumulatory powinny być ładowane w ciągu kilku godzin. Na pewno w ciągu kilkunastu minut nie można ich naładować, a co najwyżej podładować.

Nawet gdyby można cofnąć się do akumulatorów NiMH albo gdyby opracowane zostały inne szybko ładowane akumulatory, do rozwiązania pozostaje kolejny kłopot: potrzebne będą ładowarki o ogromnej mocy.

Jak na razie, kompleksowe rozwiązanie wymienionych problemów (a także wielu innych) jest jeszcze przed nami, jednak liczne firmy już teraz proponują rozwiązania części tych problemów. Stopniowo ustalane są też zalecenia i normy dotyczące samochodów elektrycznych i ich ładowania. Między innymi ustalono (wg SAE J 1772) trzy poziomy Level 1...3 w kwestii ładowania, jak pokazuje **rysunek C**.

Poziom wg SAE	Zasilanie ładowarki (AC)	Moc (kW)	Lokalizacja ładowarki	Czas pełnego ładowania [h]
Level 1	120V, 12-16A	1-2	w pojeździe	17
Level 2	230V, 15-80A 30 A typ.	3-5	w pojeździe	8 C
Level 2	230V, 40-100A	6-20	w pojeździe	3,5
Level 3	230V trójfazowe 400A	30-350	w stacji ładowania	0,5

I właśnie schemat z rysunku B pokazuje koncepcję realizacji potężnej ładowarki o specyfikacji Level 3, czyli o mocy 30...350kW. Schemat ten pochodzi z materiałów TI (www.ti.com/lit/wp/sway014/sway014.pdf). Jego pełna wersja jest pokazana na **rysunku C**.

Ładowarka zasilana jest z sieci trójfazowej AC i pierwszym stopniem jest prostownik. Jest to omawiany niedawno w tej rubryce prostownik Vienna, który jednocześnie pełni funkcję korektora PFC. Prostownik zapewnia napięcie stałe 600...1000V, które podawane jest na dwie równolegle połączone przetwornice rezonansowe, obniżające napięcie do poziomu 250...400VDC, potrzebnego dla samochodowego zestawu akumulatorów.

W samochodach elektrycznych stosowane są zestawy akumulatorów o tak wysokim napięciu, co przy wymaganych dużych mocach pozwala zmniejszyć prąd i związane z tym straty.

Zadanie nie było łatwe, jednak wszystkie nadesłane odpowiedzi były trafne, a analiza wnikliwa (jest to zasilacz – ładowarka bardzo dużej mocy). Kilku uczestników mistrzowsko przeanalizowało schemat. Oto jeden z takich opisów: (...) 1. Przetwornice „na prawo od elektrolitów” są obustronnie połączone równolegle, więc nie może tu chodzić o żadną formę redundancji. To może oznaczać tylko jedno: dostępna technologia lub względy ekonomiczne

nie wystarczają na zbudowanie zasilacza w oparciu o tylko jedną przetwornicę. Moc zatem musi być potworna, intuicyjnie szacuję na jakieś 50kW. Zdublikowane przetwornice mogą pracować synchronicznie, ale najpewniej konstruktor skorzystał z przepłotu celem ograniczenia tętnień, w takim układzie to tylko kwestia sterowania.

2. Obecność kondensatora elektrolitycznego na wyjściu wskazuje, że chcemy z zasilacza pobierać po prostu prąd stały, a nie jakieś zsyntetyzowane za pomocą PWM kształty w rodzaju $|\sin(t)|$.

3. Duża moc to duże straty, więc konstruktor zadbał o wysoką sprawność, decydując się na przetwornicę rezonansową. Na pierwszy rzut oka wygląda na pełnomostkową topologię LLC z prostowaniem synchronicznym, ale to może być też rezonansowy wariant DAB.

4. Zdublowana przetwornica jest obustronnie synchroniczna, więc energia może przepływać w obie strony. Trójfazowy prostownik diodowy na wejściu

całości sugeruje jednak, że ta możliwość nie jest wykorzystywana w tym układzie.

5. Duża moc, liczba diodów i diody wskazują, że układ istotnie jest zasilany z trzech faz, przyjmując więc 400VAC na wejściu. Ale to oznacza, że na kondensatorach połączonych szeregowo jest co najmniej 560V, a najprawdopodobniej znacznie więcej. Takie połączenie diodów jest typowe dla bezmostkowych prostowników ze zintegrowanym trybem PFC, więc napięcie sieciowe jest najpewniej podbijane. Nie da się jednak powiedzieć do jakiej wartości, ale duża moc wskazywałaby na okolice 1000V celem zmniejszenia prądów w dalszej części układu.

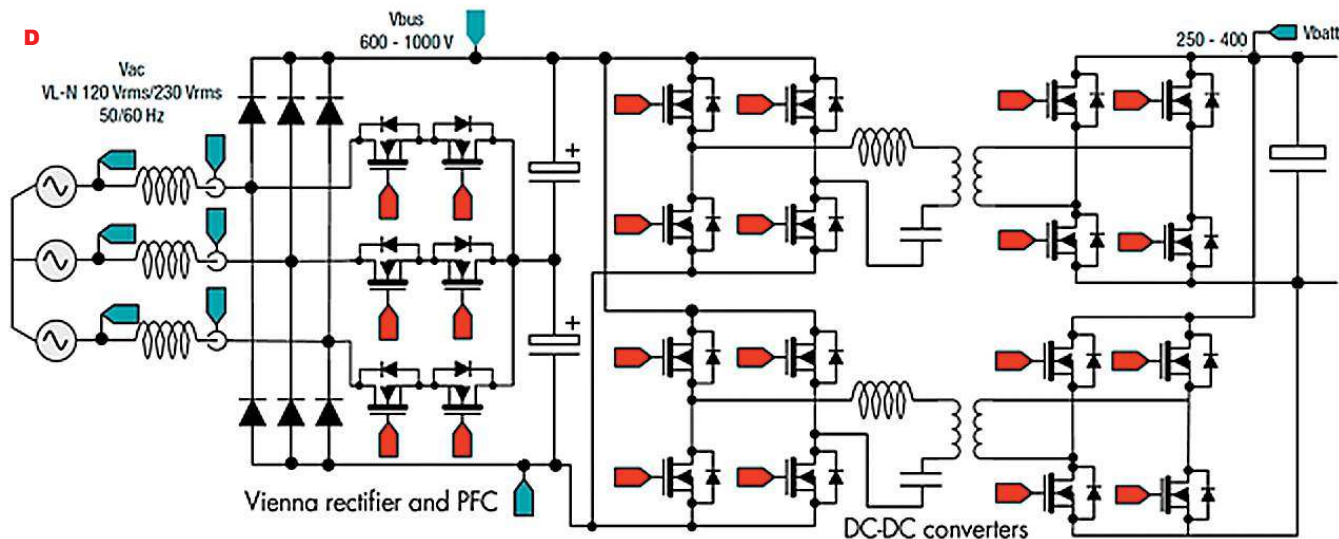
6. Wysokie napięcie pracy i niskie straty nieuchronnie implikują w przetwornicach rezonansowych MOSFET-y o niskim $R_{DS(on)}$ i wysokim $V_{DS(max)}$. Obecnie tylko tranzystory z węgla krzemu spełniają taką kombinację wymagań. (...) 7. Ta topologia PFC nie jest mi znana. Na pierwszy rzut oka przypomina Viennę, ale wariantu z kluczami AC i dzielnikiem pojemnościowym nigdy nie spotkałem.

8. Napis „250-400” sugeruje, że napięcie wyjściowe można zmieniać w takich granicach, co nie jest potrzebne typowym odbiornikom. Odbiornik jest więc nietypowy, najprawdopodobniej szeregowo połączone ogniwa akumulatorów.

Byłaby to więc ładowarka akumulatorów o potężnej mocy. Albo jest to przemysłowy UPS do serwerów, albo ładowarka do samochodu elektrycznego.

Nagrody-upominki za rozwiązanie zadania **JakDział4** otrzymują:

Piotr Wyderski – Wrocław,
Mateusz Ostrycharz – Siemkowice,
Bartłomiej Zaworski – Lublin.
Wszystkich uczestników dopisuję do listy kandydatów na bezpłatne prenumeraty.



Stały konkurs: Co to jest?

Zadanie CoTo2004

Zadanie konkursowe brzmi:
Co przedstawia zamieszczona obok fotografia?

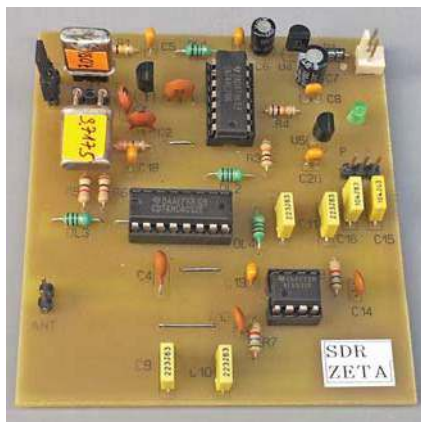
Prosimy o krótkie odpowiedzi. Można jednak dołączyć zwięzłe uzasadnienie lub potwierdzenie (dowód) albo też króciutki opis analizy zadania i poszukiwań. E-maile z odpowiedziami należy przysyłać w ciągu miesiąca od ukazania się numeru, na adres:

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. *CoTo2004Kowalski*.

Wśród autorów prawidłowych odpowiedzi rozlosowane zostaną 3 kity AVT.



Rozwiązanie zadania CoTo2001



Jest to fotografia okładkowa i tytułowa „Lampowego ocieplacza dźwięku” z EdW 7/2019.

Za prawidłowe odpowiedzi upominki w postaci kitów AVT otrzymują:

Łukasz Żeleznik – Tarnów,
Wojciech Kaszuba – Zielonka,
Jacek Szabat – Lublin.

W najbliższych numerach EdW planujemy

EdW 5/2020

Voltreader 400 Mówiący woltomierz

Czegoś takiego jeszcze nie było! To nie tylko gadżet, ale ogromna wygoda, bo nie trzeba patrzeć na wyświetlacz. A przy dzisiejszym stanie techniki realizacja w pełni użytecznego, mówiącego multimetru okazuje się stosunkowo łatwa, nawet dla niezbyt zaawansowanego hobbysty.



EdW 6/2020

Kalkulator TTL

Zaskakująca konstrukcja zrealizowana na ośmiowarstwowej płycie drukowanej o rozmiarach 72×50 centymetrów! Przeznaczony do celów edukacyjnych kalkulator, w którym cała logika sterująca zrobiona jest na podstawowych układach cyfrowych w klasycznej technologii TTL.



EdW 7/2020

Moja własna karta audio USB

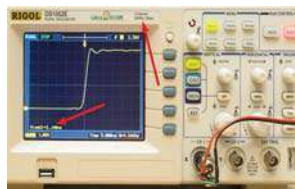
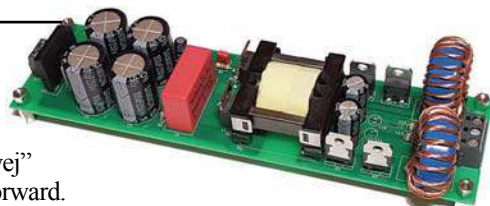
Przekonaj się, że dzięki kostce CM119 budowa komputerowej karty dźwiękowej wcale nie jest tak trudna, jak mogłoby się wydawać. Przy okazji poznaj pokrewne układy scalone C-Media, przydatne także w mniej tradycyjnych zastosowaniach.



W kolejce na publikację czekają m.in.:

Simple half-bridge SMPS

Przykład prostej „dwukierunkowej” przetwornicy forward.



(Sub-?)

Nanosekundowy generator

Poznaj zadziwiające fakty, które ujawniły się podczas realizacji prostego generatora impulsów.

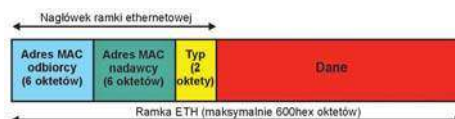
Karta wyjść cyfrowych audio

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



Filozofia sieci: protokół ARP

Nie tylko w systemie automatyki domowej Infinity wykorzystany jest serwer www. Dlatego warto poznawać różne szczegóły dotyczące jego realizacji.



UWAGA!
Skończył nam się
zapas krzyżówek

Zostań
autorem
krzyżówki!

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

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

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

WYKREŚLANKA

W diagramie należy odnaleźć i wykreślić 35 haseł (poziomo oraz pionowo). Pozostałe litery utworzą rozwiązanie.

S	T	Y	K	E	B	M	A	G	N	E	T	Y	Z	M
E	L	E	M	I	E	R	N	I	K	K	S	T	R	O
L	J	P	I	C	Z	U	J	N	I	K	C	T	E	E
V	A	R	E	R	P	A	T	R	O	N	A	T	L	A
P	R	A	D	N	I	C	A	P	I	A	L	P	E	R
O	Z	D	Ż	A	E	N	A	P	E	D	A	D	K	Z
B	M	L	E	M	C	Y	N	A	Ś	O	K	R	T	W
W	O	U	F	A	Z	A	E	D	Ż	H	N	N	R	A
Ó	I	T	R	A	N	S	F	O	R	M	A	T	O	R
D	I	O	D	A	I	E	Z	W	Ó	J	P	E	N	C
O	Z	W	O	R	K	A	J	C	D	Z	I	S	I	I
B	E	N	S	T	M	O	D	U	Ł	O	E	L	K	E
R	S	I	L	N	I	K	T	M	O	C	C	A	A	L
O	I	C	E	W	K	A	W	O	E	D	I	S	O	N
Ć	Ś	A	R	D	U	I	N	O	C	F	E	L	V	I

Autorem wykreślanek jest **Dominik Węclewski** z Solca.

Autor w nagrodę otrzymuje 9-miesięczną prenumeratę EdW.

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

Uwaga!

Zniżki dotyczą wyłącznie zamówień osób prywatnych.

Kupon
rabatowy
EdW
4/2020

Kupon
rabatowy
EdW
4/2020

Kupon
rabatowy
EdW
4/2020

Rozwiązaniem krzyżówki z EdW 1/2020 jest hasło: **ELEKTROTECHNIKA.**

Upominki w postaci kitów AVT otrzymują:

Sławomir Ostrowicz – Radomsko, **Andrzej Łukańko** – Krzywaczka, **Robert Pijanowski** – Witoszów Dolny.

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. **Krzyżówka2004Kowalski**. Listy powinny być opatrzone podobnym dopiskiem.

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

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

R E K L A M A

AVT 1998 Karta przekazników programowana sekwencjami

Prezentowana karta przekazników idealnie nadaje się do załączania oświetlenia LED, halogenowego, silników, elektromagnesów itp. elementów wykonawczych. Jeszcze jednym przykładowym obszarem zastosowania karty jest nasz dom i ogródek. W ogrodzie możemy załączać sekwencyjnie oświetlenie ścieżek, podjazdów czy chodników.

Znajdź nas na



EdW 4/2020 – lista osób nagrodzonych:

Wojciech Bagiński Biała Podlaska
Circuit Chaos..... Warszawa
Mateusz C..... Skarżysko-Kam.
Piotr Grzegorzczak..... Siedlce
Szczepan Jakim..... Turośń Kościelna
Krzysztof Jastrzębski..... Łęgi
Krzysztof Jochym..... Zgorzelec
Wojciech Kaszuba Zielonka
Jacek Kosecki Elk

Andrzej Łukańko Krzywaczka
Sławomir Ostrowicz..... Radomsko
Mateusz Ostrycharz..... Siemkowice
Janusz Pańczyk..... Poręba
Robert Pijanowski Witoszów Dolny
Michał Radomski Kraków
Krzysztof Smoliński..... Poznań
Wojciech Sołtan..... Łódź
Jacek Szabat Lublin

Dominik Węclewski Gostynin
Jarosław Węgliński..... Warszawa
Szymon Wójtowicz..... Warszawa
Piotr Wyderski Wrocław
Dariusz Zawada Brójce
Bartłomiej Zaworski Lublin
Łukasz Żeleznik Tarnów

Uwaga! Jeśli do 10 maja poczta nie dostarczy osobie z powyższej listy przesyłki z nagrodą, prosimy zgłosić ten fakt redakcji (22 783 00 20, ewa.dudzik@elportal.pl)

**Przysyłając rozwiązanie dowolnego konkursu,
NIE ZAPOMINAJCIE o podaniu w e-mailu pełnych danych adresowych.
Ich brak uniemożliwia wysłanie, a więc także przyznanie Czytelnikowi nagrody/upominku.**

Zajrzyj do interesujących materiałów
„Świat Radio” 4/20



uBeacon UHF i transceiver HF

Podczas konkursu PUK 2019 zostały zgłoszone dwie prace dotyczące projektów nadawczych i nadawczo-odbiorczych: uBeacon na pasmo 70cm zasilany solarnie - Karol Fietkiewicz SQ5KVS w kat. A i PCB modułu podstawowego transceivera według US5MSQ – Marek Jasitczak SQ7HJB w kat. D.

Transceivery Jowisz

Transceivery Jowisz to pierwsze urządzenia nadawczo-odbiorcze dla klubów SP, które były produkowane w latach 1975–1990 przez Zakłady Usług Elektronicznych GS „Sch” w Postominie. W sumie powstało ponad 100 egzemplarzy dla czołowych klubów łączności z ówczesnych województw. Głównymi wykonawcami tych pięciopasmowych transceiverów byli Zdzisław SP1II, Janusz SP1BMM i Zdzisław SP2GPC.



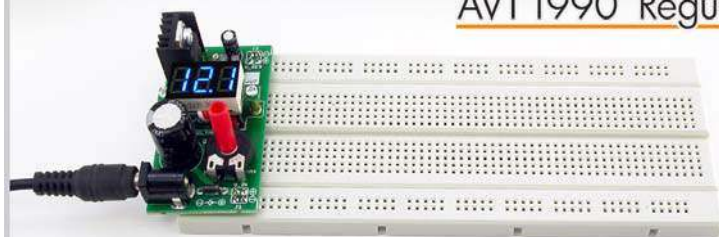
Errare Humanum Est

EdW 3/2020

Str 29, 30 (Tranzystory). Na rysunkach 3, 4 zamiast wartości 3,4Ω powinna być zgodnie z tekstem wartość 6,8Ω. Upominki otrzymują: **Piotr Grzegorzczak** z Siedlec oraz **Szymon Wójtowicz** z Warszawy.

R E K L A M A

AVT 1990 Regulowany zasilacz do płytek stykowych



Uniwersalny zasilacz do płytek stykowych z woltomierzem. Przewidziano w nim płynną regulację napięcia wyjściowego za pomocą potencjometru.

Znajdź nas na



Jesteś zainteresowany
zamieszczeniem ogłoszenia
w rubryce Market?
Skontaktuj się:

reklama@elportal.pl
tel. 22 257 84 64



OBUDOWY DO URZĄDZEŃ AUDIO

tel. +48 501 400 411, mail: info@modushop.pl

- aluminiowy panel - szeroki wybór wielkości - personalizacja -



Galaxy GX 388 159,-



Galaxy GX 148 99,-



Economica 39,-

www.modushop.pl



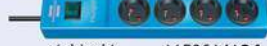
Seria przedłużaczy HUGO!



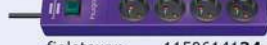
antracyt: 1150614114



zielony: 1150614194



niebieski: 1150614184



fioletowy: 1150614134



rubinowy: 1150614174



żółty: 1150614164



biały: 1150614124



biało/czarny: 1150614104

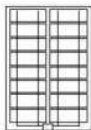
Kolorowe, solidnie wykonane listwy zasilające hugo! Brennenstuhl

- przewód 2m
- 4 gniazda
- długość listwy ok 35cm
- podświetlany wyłącznik
- zabezpieczenie przed dziećmi
- odporna obudowa z polikarbonatu
- uchwyty do montażu na ścianie

cena za 1szt:
40zł

sklep.avt.pl/search/search?query=11506141

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



**Turbiny wiatrowe, baterie słoneczne,
regulatory ładowania, wentylatory
solarne, lampy solarne LED**
www.gtb-solaris.pl

tel: 22 864 25 36, 606 292 727, e-mail: info@gtb-solaris.pl
ul. Przytyk 6/31, 01-962 Warszawa

Zasilacz laboratoryjny KA3005D

- regulacja napięcia w zakresie: 0 ÷ 30V
- regulacja prądu w zakresie: 0 ÷ 5A
- cyfrowe wyświetlacze LED
- praca w trybie CV lub CC
- zabezpieczenia:
 - przed zwarcieniem
 - przed przeciążeniem



ZASLAB-TEL8

371 zł

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

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

Zestaw 30 szt. baterii guzikowych:

10x AG3 (LR41),
5x AG4 (LR626),
5x AG10 (LR1130),
10x AG13 (LR1154)

Zestaw zapakowany w blister.

Baterie z aktualnej produkcji - prosto od producenta, z długą datą ważności. Baterie everActive są przyjazne środowisku, są zgodne z europejską dyrektywą 2013/56/EU, nie zawierają szkodliwych substancji takich jak rtęć, kadm czy ołów.

AGMIX30BL 14,40zł



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

Kamera, rejestrator Video BLACKBOX DVR F600BLOW z kamerą cofania

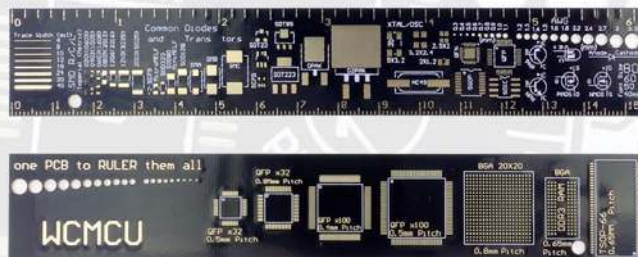
- Wyświetlacz: 4,3 cala LCD
- Rejestrator wideo: 1920 x 1080 Full HD, 30 fps
- Montaż na lusterku wstecznym
- Wyświetlanie daty i godziny
- Detekcja ruchu
- G-sensor



78-528 122zł

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

Dwustronna linijka PCB o długości 15 cm, wypełniona wieloma wzorami elementów PCB i innych.



NAR10167 8,90zł

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

HUB USB z gniazdami 2x USB i USB-C + kabel USB 3w1 (USB-C, micro USB i Lightning)

Niezbędnik, doskonałe akcesorium dla wszystkich urządzeń z portami USB-C, micro USB i Lightning.

- max natężenie 3A
- technologia Quick Charge 3.0
- błyskawiczne i bezpieczne ładowanie
- przesył danych (tylko Lightning)
- nylonowy opłot przewodów

Inteligentny układ zarządzania:
Dopasowuje odpowiednie napięcie do konkretnego urządzenia

Rozdzielacz zaprojektowano tak, aby służył również jako pojemnik na kabel USB.

Prąd roboczy gniazd:

- USB Typ C: 2.4A
- USB-1: 1A
- USB-2: 2.4A



CAHUB-FX09 47zł

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

Praktyczna lampka nocna z czujnikiem zmierzchu i ładowarka USB w jednym urządzeniu.

- czujnik zmierzchu
- maks. wyjście USB 2.4A / 12W
- 2 x USB
- ochrona przed przeciążeniem, przepięciem i zwarcie
- wymiary: 60 x 73 mm
- zasilanie 230V



P3313 33zł

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

Zestaw wkrętek HSET20

- Zestaw najczęściej używanych wkrętek w domu i warsztacie
- wkrętki płaskie: 3mm x 7.5cm; 5mm x 10cm; 6mm x 10cm
 - wkrętki krzyżakowe: PH0 x 7.5cm; PH1 x 10cm; PH2 x 10cm
 - końcówki magnetyczne
 - ergonomiczne uchwyty z twardego plastiku
 - wykonane ze stali Cr - V

12.50zł



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

Uchwyty samochodowe grawitacyjne Baseus Emoticon



BRA007090



BRA007091



BRA007092



34zł (1szt)

- przeznaczony smartfonów 4 - 6 cali
- montaż na kratce wentylacyjnej
- obsługa jedną ręką

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





KS-151002

Arduino. 36 projektów dla pasjonatów elektroniki

Arduino to płytka, która zmieniła świat elektroniki. Dzięki niej ten magiczny świat stał się otworem przed wszystkimi ciekawymi. Jeżeli marzysz o zbudowaniu własnego układu elektronicznego, realizującego ciekawe zadania, trafiasz na doskonałą książkę. Znajdziesz w niej szczegółowe omówienie 36 niezwykłych projektów! Dzięki tej książce: przygotujesz swoje środowisko pracy; zbudujesz własny laserowy alarm; opracujesz licznik Geigera.

Spełnij swoje marzenia o własnym układzie elektronicznym!

Simon Monk, strona 376, cena 67 zł



KS-160500

Elektronika. Od praktyki do teorii. Wydanie II

Książka „Elektronika. Od praktyki do teorii” to nietuzinkowy podręcznik podstaw elektroniki. Nauka następuje głównie dzięki eksperymentom, a podstawy teoretyczne są przedstawiane nieco później. Świat elektroniki staje się fantastycznym polem do własnych badań, prób i odkryć. Książka ma tę samodzielną drogę Czytelnikowi wskazać i ułatwić. Zawiera przy tym mnóstwo cennych wskazówek, począwszy od listy niezbędnych przyrządów, na instrukcjach rozwiązywania problemów skończywszy. Autor zachęca do prawdziwego eksperymentowania, w którym ewentualne pomyłki będą istotnym elementem procesu nauki!

Charles Platt, strona 392, cena 69 zł



KS-170500

Elektronika dla małych i dużych

Większość dzieciaków interesuje się fascynującym światem urządzeń elektrycznych. Obserwują, jak działa żarówka, zdalnie sterowany samochód czy odtwarzacz muzyki. Kiedy mały odkrywca postanawia sprawdzić, co one kryją w środku, często ofiarą tej niepojętej ciekawości pada jakiś gadżet. Warto pokazać najmłodszemu, że elektronika najwięcej radości (i wiedzy!) daje wtedy, gdy zbuduje się coś własnymi rękoma! W książce przedstawiono spory zbiór praktycznych projektów do samodzielnego wykonania, które uzupełniono wyjaśnieniami zagadnień teoretycznych.

Oyvind Nydal Dahl, strona 292, cena 39 zł



KS-170903

Termodynamika dla bystrzaków

Dzięki temu praktycznemu przewodnikowi zabłyśniesz na zajęciach z termodynamiki za sprawą łatwych do zrozumienia i opisanych przystępnym językiem wyjaśnień sposobów wykorzystywania energii w takich urządzeniach, jak samochody, samoloty, klimatyzatory i elektrorownie.

W książce znajdziesz: zasady termodynamiki, istotne parametry i ich relacje, informacje o substancjach stałych, cieczach i gazach, zasady współdziałania pracy i ciepła, cykle zasilające procesy termodynamiczne, związki i reakcje chemiczne, pionierów termodynamiki, rzeczywiste zastosowania zasad i koncepcji termodynamicznych

Michael Pauken, strona 352, cena 49 zł



KS-171212

Zrób to sam. Generowanie ruchu, światła i dźwięku za pomocą Arduino i Raspberry Pi

Książka jest przewodnikiem po elektronice dla początkujących. Szczegółowe i praktyczne instrukcje przeprowadzą Cię krok po kroku przez wiele projektów, dzięki czemu mimochodem przyswoisz sobie podstawy elektroniki i równocześnie odkryjesz potencjał płytek Arduino i Raspberry Pi. Szybko nauczysz się sterować pracą diod LED, różnych silników, cewek, urządzeń zasilanych prądem przemiennym, grzejników, urządzeń chłodniczych, wyświetlaczy i generatorów dźwięku. Dowiesz się, jak możesz monitorować pracę tych urządzeń i kierować nimi poprzez internet.

Simon Monk, strona 312, cena 49 zł



KS-160100

Zabawa w programowanie. Język C dla nastolatków

W książce znajdziesz wszystko, czego potrzebuje początkujący programista — od wskazówek w kwestii instalacji odpowiednich programów, przez omówienie niezbędnych komend, stałych i zmiennych, aż do tablic i funkcji. Dowiesz się, jak działają pętle i operatory, do czego służą struktury i unie, jak działają kompilator, preprocesor i linker. Wreszcie zrozumiesz, o co chodzi z operacjami wejścia i wyjścia, a także nauczysz się zapewniać bezawaryjne działanie Twojego programu. I nagle okaże się, że odkrywasz całkiem nowy, fascynujący świat, a porozumienie z Twoim komputerem jest w gruncie rzeczy dziecinnie proste! Sprawdź to!

Michał Wiszniewski, strona 104, cena 25 zł



KS-161102

Drony dla bystrzaków

Dowiedz się, jak: dobierać drony do swoich potrzeb; właściwie konfigurować, obsługiwać i serwisować swojego drona; wykonywać zdjęcia i rejestrować materiały wideo za pomocą najnowszych technologii a także jak korzystać z dronów zgodnie z prawem lotniczym. Ten zabawny i przystępny poradnik zawiera całą wiedzę niezbędną do rozpoczęcia przygody z dronami. Znajdziesz w nim profesjonalne porady dotyczące zakupu drona dostosowanego do swoich potrzeb, sposobów korzystania z bezałogowych statków powietrznych i zachowywania się zgodnie z etykietą przyjętą przez społeczność użytkowników dronów, a także wielu innych spraw

Mark Lafay, strona 256, cena 40 zł



KS-150802

Arduino. Automatyzacja domowa dla każdego

Z tej książki nauczysz się między innymi: łączyć czujniki z płytką Arduino; budować energooszczędne czujniki ruchu z użyciem technologii XBee; sprzągać przełączniki z płytką Arduino w celu sterowania urządzeniami elektrycznymi; korzystać z łączności Wi-Fi do sterowania oświetleniem domowym; wysyłać dane o zużyciu energii elektrycznej do chmury obliczeniowej. Jeśli chcesz konstruować własne systemy automatyzacji domowej przy użyciu platformy Arduino, ta książka jest dla Ciebie. Aby zrozumieć opisane w niej projekty, musisz już mieć pewną wiedzę na temat Arduino i znać zasady programowania w takich językach, jak C i C++.

Marco Schwartz, strona 112, cena 33 zł

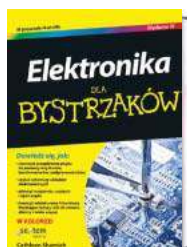


KS-170405

Mikrokontrolery AVR i ARM. Sterowanie wyświetlaczami LCD

Jeśli dostrzegasz konieczność opracowywania lepszych interfejsów graficznych dla swoich projektów, chcesz pełnym garściami korzystać z możliwości oferowanych przez nowoczesne mikrokontrolery oraz wyświetlacze lub po prostu interesuje Cię ten temat i pragniesz poszerzyć swoje umiejętności projektowania atrakcyjnych i użytecznych rozwiązań, sięgnij po tę książkę. Wprowadzi Cię ona w świat kontrolerów LCD i nauczy technik programistycznych, dzięki którym będziesz w stanie zaprojektować, opracować i zoptymalizować GUI w taki sposób, aby chiał się go używać i aby było to czystą przyjemnością!

Tomasz Francuz, strona 496, cena 89 zł

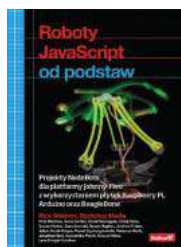


KS-161103

Elektronika dla bystrzaków. Wydanie III

Ta bogato ilustrowana kolorowymi schematami i zdjęciami książka zawiera szczegółowe instrukcje, jak przeprowadzać eksperymenty objaśniające zasadę działania różnych elementów elektronicznych, porady na temat sposobu posługiwania się podstawowymi narzędziami oraz ciekawe projekty, które można wykonać w pół godziny. Rozdział po rozdziale będziesz czuć przypływ energii, dzięki której przetworzysz teorię w praktykę!

Cathleen Shamieh, strona 368, cena 49 zł

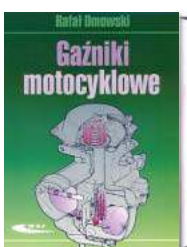


KS-160400

Roboty JavaScript od podstaw. Projekty NodeBots dla platformy Johnny-Five z wykorzystaniem płytek Raspberry Pi, Arduino oraz BeagleBone

Powszechnie JavaScript uważa się za doskonałe narzędzie do programowania aplikacji internetowych. To jednak nie wszystko: ten język świetnie nadaje się również do programowania robotów. Umożliwia zaprojektowanie zachowania robota, określenie, w jaki sposób będzie on zmierzał do celu, reagował na sygnały z otoczenia, oczekiwał na instrukcje czy omijał przeszkody. Bardzo wygodnym narzędziem do programowania robotów jest platforma Johnny-Five. Umożliwia ona programowanie robotów zbudowanych z płytek Arduino, Raspberry Pi i BeagleBone.

Rick Waldron, strona 256, cena 59 zł



KS-170904

Gazniki motocyklowe

W książce opisano budowę, obsługę i użytkowanie gaznikowych układów zasilania we współczesnych i klasycznych motocyklach. Podano informacje o gaznikach motocyklowych z uwzględnieniem ich budowy, opisu działania poszczególnych elementów i układów oraz czynności obsługowo-naprawczych możliwych do wykonania przez indywidualnego użytkownika motocykla. Zamieszczono liczne fotografie i rysunki, ułatwiające zrozumienie zasad działania zespołów i układów, a także regulację, demontaż, naprawę i montaż.

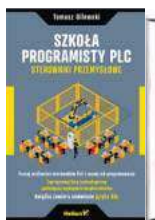
Rafał Dmowski, strona 104, cena 45 zł



kod KS-150302
Drony
Wprowadzenie,
Ty Audronisi
stron 122, cena 33 zł



kod KS-150500
Projekty elektroniczne
dla bystrzaków
Earl Boysen, Nancy C. Muir
stron 376, cena 50 zł



kod KS-170201
Szkoła programisty
PLC. Sterowniki
Przemysłowe,
Tomasz Gilewski
stron 264, cena 59 zł

Polecamy



KS-180300

Paul Horowitz,
Winfield Hill
stron 1644
cena 225zł

Sztuka elektroniki, część 1 i 2 wydanie: 12 zmienione

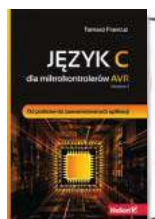
Po dwudziestu pięciu latach nowe, gruntownie zmienione polskie wydanie cieszącej się ogromnym powodzeniem „Sztuki elektroniki”, powszechnie uznanej za najlepszy podręcznik, a zarazem vademecum projektowania analogowych i cyfrowych układów elektronicznych. Poprzednie wydania tej książki, przetłumaczone na osiem języków i trafiły do ponad miliona nabywców na całym świecie. Sztuki elektroniki autorzy uczą, pokazując metody stosowane w praktyce przez inżynierów projektantów układów elektronicznych. Połączenie podstawowych praw, zasad opartych na doświadczeniu oraz niematematycznego ujęcia tematu ułatwia Czytelnikom zrozumienie, dlaczego i jak dany układ działa.



kod KS-160000
Budowa prostych
robotów,
Kathy Ceceri
stron 208, cena 40 zł



kod KS-170402
Podstawy konstrukcji
maszyn,
Praca zbiorowa
stron 612, cena 73 zł



kod KS-150100
Język C dla
mikrokontrolerów AVR,
Tomasz Francuz
stron 712, cena 99 zł

Ostatnio dodane pozycje w ofercie AVT

KS-160500	Elektronika. Od praktyki do teorii. Wydanie II	69,00
KS-160501	Nauka robotyki z językiem Python	49,00
KS-160700	Domowe laboratorium naukowe. Zrób to sam	44,00
KS-160701	Budowa robotów dla początkujących. Wydanie III	69,00
KS-161100	Apokalipsa zombie nadchodzi! Obróć swoją bazę za pomocą prostych obwodów, Arduino i Raspberry Pi	49,00
KS-161101	Proste projekty dla młodych majsterkowiczów	30,00
KS-161102	Drony dla bystrzaków	40,00
KS-161103	Elektronika dla bystrzaków. Wydanie III	49,00
KS-170004	Łączenie tworzyw sztucznych metodami spawania, zgrzewania, klejenia i laminowania	41,00
KS-170005	Obsługa i programowanie obrabiarek CNC Podręcznik operatora	64,00
KS-170006	Praktyczne podstawy eksploatacji obrabiarek CNC z wykorzystaniem komputerowego systemu szkoleniowego MTS	54,00
KS-170007	Nawigacja satelitarna w praktyce	57,00
KS-170008	Automatyka przemysłowa w praktyce	58,00
KS-170012	Drony-teoria i praktyka	39,00
KS-170200	English 4 IT. Praktyczny kurs języka angielskiego dla specjalistów IT i nie tylko	39,00
KS-170201	Szkoła programisty PLC. Sterowniki Przemysłowe	59,00
KS-170400	Montaż i konserwacja instalacji elektrycznych	75,00
KS-170401	Naprawa podzespołów i zespołów pojazdów samochodowych	75,00
KS-170402	Podstawy konstrukcji maszyn	73,00
KS-170403	Podwozia i nadwozia pojazdów samochodowych. Podstawy budowy, diagnozowania i naprawy	79,00
KS-170404	Silniki pojazdów samochodowych. Podstawy budowy, diagnozowania i naprawy	75,00
KS-170405	Mikrokontrolery AVR i ARM. Sterowanie wyświetlaczami LCD	89,00
KS-170500	Elektronika dla małych i dużych. Od przewodu do obwodu	39,00
KS-170600	Internet rzeczy. Budowa sieci z wykorzystaniem technologii webowych i Raspberry Pi	67,00
KS-170601	Instalacje elektryczne do zasilania urządzeń elektrycznych, których funkcjonowanie jest niezbędne w czasie pożaru. Zagadnienia wybrane Vademecum elektro.info	45,00
KS-170900	LEGO. Księga przygód. Wydanie II. Kosmiczne podróże, piraci, smoki i jeszcze więcej!	39,00
KS-170901	Drony. Tajniki zdjęć i filmów lotniczych	59,00
KS-170902	Lego Mindstorms EV3. Programowanie robotów	69,00
KS-170903	Termodynamika dla bystrzaków	49,00
KS-171212	Zrób to sam. Generowanie ruchu, światła i dźwięku za pomocą Arduino i Raspberry Pi	49,00
KS-180100	Elektronika z wykorzystaniem Arduino i Raspberry Pi. Receptury	77,00
KS-180300	Sztuka elektroniki, cz. 1 i 2. Nowe wydanie	225,00
KS-180400	Mikrokontrolery STM32 w systemach sterowania i regulacji	89,00



kod KS-170200
English 4 IT. Praktyczny
kurs języka angielskiego
dla specjalistów
IT i nie tylko,
stron 288, cena 39 zł



kod KS-161101
Proste projekty dla
młodych majsterko-
wiczów,
Autorzy: Redaktorzy
magazynu Make
stron 150, cena 30 zł



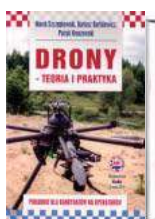
kod KS-140600
Gadżety szpiegowskie.
Szalony Geniusz,
Brad Graham,
Kathy McGowan
stron 384, cena 59 zł



kod KS-150800
Fascynujący świat
robotów
John Baichtal
stron 384, cena 67 zł



kod KS-141001
Programowanie układów
AVR dla praktyków
Elliot Williams
stron 432, cena 89 zł



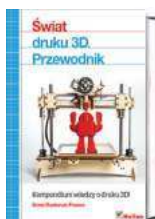
kod KS-170012
Drony - teoria
i praktyka,
praca zbiorowa
stron 165, cena 39 zł



kod KS-160700
Domowe laboratorium
naukowe. Zrób to sam,
Windell Oskay, Raymond
Barrett
stron 344, cena 44 zł



kod KS-110207
Egzamin kwalifikacyjny
elektryka w pytaniach i
odповідziach,
Władysław Orlik
stron 456, cena 78 zł



kod KS-140888
Świat druku 3D.
Przewodnik,
Anna Kazunas France
stron 224, cena 49 zł

Książki można zamówić w sklepie internetowym AVT
lub wypełnić zamówienie (formularz na stronie 81) i wysłać na adres:
AVT – Księgarnia Wysyłkowa, ul. Leszczyńska 11, 03-197 Warszawa
tel. (+48) 22 257 84 50 do 53, faks (+48) 22 257 84 55
e-mail: handlowy@avt.pl



sklep.avt.pl

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

W sklepie internetowym sklep.avt.pl

Zamówienia o wartości powyżej 100zł

złożone w sklepie internetowym premiuje bonusem!

Aktualna lista bonusów dostępna jest na stronie głównej sklepu.

W sklepie firmowym AVT:

Warszawa - Żerań

ul. Leszczynowa 11



Leszczynowa 11

U dystrybutorów:

Lista dystrybutorów dostępna jest na stronie sklepu:

sklep.avt.pl/webpage/dystrybutorzy.html

Wypełniając poniższy formularz zamówienia

Formularz można wyłać faksem nr: 22 257 84 55,

lub pocztą tradycyjną na adres:

AVT-Korporacja Sp. z o. o.

Dział Handlowy

03-197 Warszawa

ul. Leszczynowa 11



prześlij faksem: 22 257 84 55

lub pocztą na adres:

AVT-Korporacja Sp. z o.o.

Dział Handlowy

03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11

Miejsce na
kupon
rabatowy
EdW 2/2020

Miejsce na
kupon
rabatowy
EdW 3/2020

Miejsce na
kupon
rabatowy
EdW 4/2020

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

ZAMÓWIENIE na artykuły z oferty AVT

Kity

Oznaczenia wersji kitów:

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

Numer kitu AVT	A	A+	B	C	UK

Inne artykuły z oferty AVT

Kod – Nazwa	Ilość

Nadawca:

imię i nazwisko

mój numer prenumeraty

Adres:

☐ wysyłka pobraniowa kurierem: 19zł



nr telefonu

e-mail

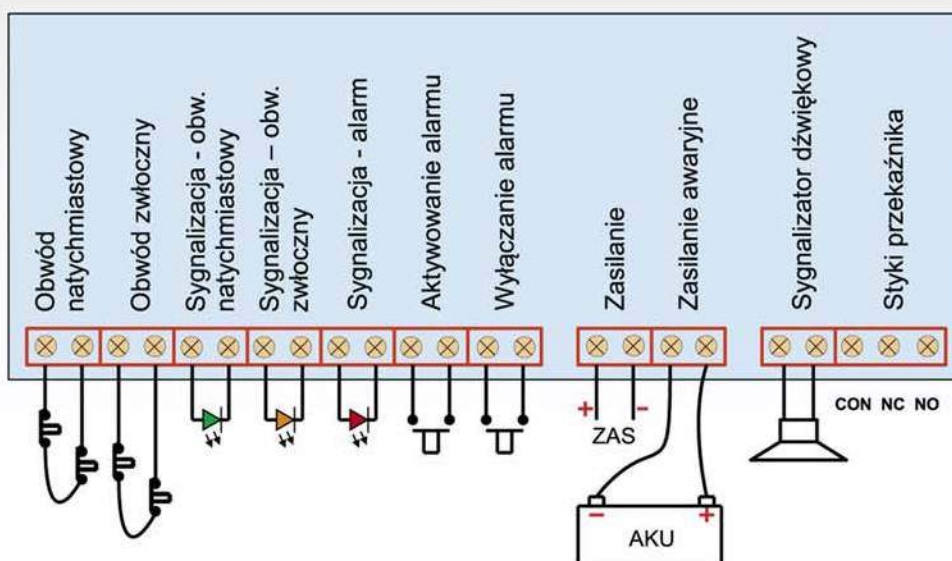
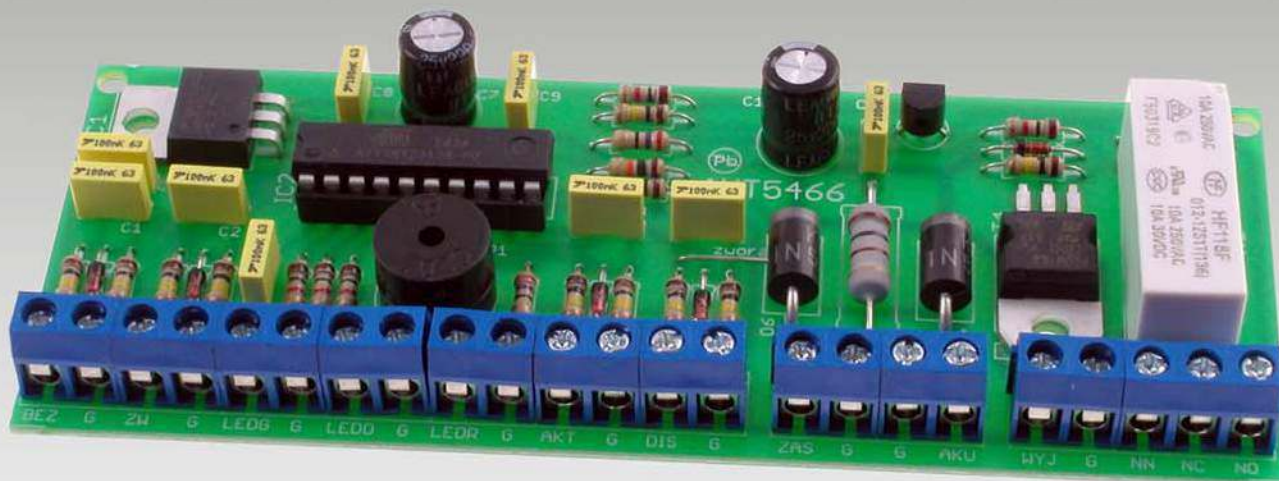
data

podpis

AVT 5466 Centralka alarmowa z 2 liniami dozoru

Nieskomplikowana centralka alarmowa z liniami dozoru: natychmiastową i zwłoczną. Do każdej z nich można dołączyć szeregowo po kilka czujników, takich jak: detektory ruchu, czujniki otwarcia okien i drzwi (np. kontaktronowe), bariery optyczne i inne z wyjściem w postaci styków normalnie zwartych (NC). Moduł centralki idealnie nadaje się do podstawowego zabezpieczenia domu, mieszkania lub altanki na działce.

- wyjście przekaźnikowe o obciążalności maksymalnej 230 V AC / 8 A
- wyjście zasilające syrenę lub inny sygnalizator 12 V DC / 3 A
- 2 linie wyzwalające: natychmiastowa oraz zwłoczna o czasie zwłoki 30 sekund
- sygnalizacja stanu pracy: 3 diody LED
- sygnalizacja niskiego napięcia akumulatora podtrzymującego
- zasilanie 8...15 VDC, pobór prądu: 2 mA w stanie czuwania, 100 mA w stanie alarmu



Kod handlowy:
AVT5466



sklep.avt.pl

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

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
205zł



sklep.avt.pl

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