Szkoła Konstruktorów – Układ elektroniczny do uświetnienia uroczystości

# ELEKTRONIKA dla wszystkich

9/2020 WRZESIEŃ • CENA 13,90 zł (w tym 8% VAT)

www.elportal.pl

# F-meter
## – Modułowy licznik częstotliwości i czasu

## Czym się różni wróbelek?
### Czyli o niedoskonałości elementów elektronicznych

- Przełącznik do żyrandola v2.5
- Z potrzeby chwili... Sterownik nawadniania
- Felieton: Samochody pneumatyczne
- Wzmacniacze klasy D
- LM317 pod lupą
- MPPT – Zaawansowane algorytmy ładowania
- Wokół Arduino – Wyświetlacze graficzne
- Odkrywamy schematy – Zasilacze komputerowe
- Przystawka do pomiaru indukcyjności
- Lampowy magnetofon szpulowy

INDEKS 333 62X ISSN 1425-1698

Drukarki 3D
filamenty, części zapasowe
www.thingiverse.com/thing:486983
sklep.avt.pl

Portale branżowe
AutomatykaB2B.pl
ElektronikaB2B.pl
Miejsca dla specjalistów

OLED
artronic
OPTOELEKTRONIKA
www.artronic.pl

FIRMA PIEKARZ
CZĘŚCI ELEKTRONICZNE
przełączniki
półprzewodniki
złącza
przekaźniki
radiatory
obudowy
i wiele więcej...
www.piekarz.pl

# INTERESUJESZ SIĘ **ELEKTRONIKĄ** LUB **TECHNIKĄ?**

SIĘGNIJ PO DUŻĄ DAWKĘ SPECJALISTYCZNEJ WIEDZY

NA **WWW.ULUBIONYKIOSK.PL** - PRZESYŁKA GRATIS

eprasa.pl bc983a300b

# Jeszcze nie wiesz, czy elektronika jest twoją pasją?

**Oto idealny zestaw na początek. Twórz obwody bez lutowania na prototypowej płytce stykowej!**

W zestawie:
- płytka stykowa
- zestaw elementów do kursu
- lekcje do kursu można pobrać ze strony: *sklep.avt.pl/edwa09.html*

Elektroniczny zestaw edukacyjny

## EDW A09

**47zł**

**Ucz się elektroniki bez konieczności lutowania!**

W zestawie:
- EDW A09
- płyta CD z lekcjami kursu
- zasilacz do płytek stykowych AVT3072 C
- zasilacz wtyczkowy 230V (wyjście 12V 1.4A)
- zestaw zapakowany w praktyczne pudełko

Rozszerzony elektroniczny zestaw edukacyjny

## EDW A09 KPL

**80zł**

Organizer w zestawie

**Przejdź na wyższy poziom i zacznij lutować.**

W zestawie:
- lutownica kolbowa 230V
- podstawka pod lutownicę z gąbką czyszczącą
- kalafonia aktywna
- cyna 1mm we fiolce
- szczypce tnące boczne
- 3 zestawy AVT do samodzielnego montażu

Pakiet Startowy Elektronika

## AVTPSE

**80zł**

Organizer w zestawie

**A gdy złapiesz bakcyla...**

**Dobrze jest mieć zawsze pod ręką zestaw niezbędnych podzespołów.**

**150zł**

Wykaz elementów dostępny na stronie: *sklep.avt.pl/avthobbybox.html*

Pakiet Elektronika Hobbysty

## AVT HOBBY BOX

Organizer w zestawie

**sklep.avt.pl**

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

Polecamy również zestawy AVT do samodzielnego montażu: *sklep.avt.pl/category/kity-avt*

eprasa.pl bc983a300b

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


ARTRONIC ..... 1

ELMAX ..... 70

EX-OR ..... 70

FERYSTER ..... 53

GTB-SOLARIS ..... 70

msalamon.pl ..... 43

PIEKARZ ..... 1, 17

PRODUCENT AUTOMATYKI GRZEWCZEJ

PW KEY ..... 70

SEMICON ..... 27

## str. 15

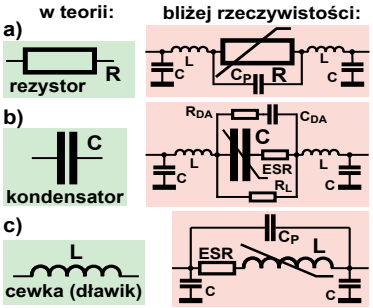
### F-meter czyli modułowy licznik częstotliwości i czasu

Opisywane urządzenie służy do pomiaru czasu do 10 sekund z rozdzielczością 23,8ns oraz częstotliwości w zakresie od 0,1Hz do 42MHz z wykorzystaniem interesującego sposobu pomiaru niższych częstotliwości.

## str. 19

### Przełącznik do żyrandola – wersja 2.5

Kolejna wersja popularnego projektu, pierwotnie publikowanego w EdW już w roku 2013. Ostatnio Autor wprowadził modyfikacje, pozwalajace na współpracę ze współczesnym oświetleniem LED.




## str. 40

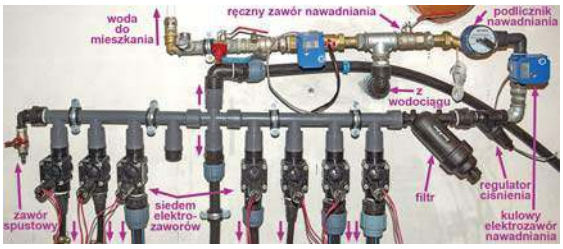
### Czym się różni wróbelek? Czyli o niedoskonałości elementów

Dla początkujących elektroników rezystor to rezystor, a kondensator to kondensator. Tymczasem elementy o jednakowych nominałach mogą mieć znacząco inne właściwości. Niestety, mogą się zupełnie nie nadawać do niektórych zastosowań.

## str. 58

### Z potrzeby chwili... Sterownik nawadniania

Samodzielna realizacja systemów automatycznego nawadniania wcale nie jest trudna, a potrzebne sterowniki elektronik może zrealizować samodzielnie w różnorodny sposób.



## str. 62

### Z potrzeby chwili... Stacja pogody z pomiarem jakości powietrza (IAQ)

Dobry przykład pokazujący, że nawet złożone zadania można realizować szybko i w zaskakująco prosty sposób.


**Copyright** AVT-Korporacja Sp. z o.o., Warszawa, ul. Leszczynowa 11.
Projekty publikowane w „Elektronice dla Wszystkich" mogą być wykorzystywane wyłącznie do własnych potrzeb. Korzystanie z tych projektów do innych celów, zwłaszcza do działalności zarobkowej, wymaga zgody redakcji „Elektroniki dla Wszystkich". Przedruk oraz umieszczanie na stronach internetowych całości lub fragmentów publikacji zamieszczanych w „Elektronice dla Wszystkich" jest dozwolone wyłącznie po uzyskaniu pisemnej zgody redakcji.
Redakcja nie odpowiada za treść reklam i ogłoszeń zamieszczanych w „Elektronice dla Wszystkich".



**Miesięcznik**

ELEKTRONIKA dla wszystkich

***www.elportal.pl***

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

**Wydawca:**
Wiesław Marciniak

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

**Redaktor Naczelny:**
Piotr Górecki, *pg@elportal.pl*

**Redaktorzy Działów:**
Andrzej Janeczek
*sp5aht@swiatradio.com.pl*

**Opracowanie graficzne, skład:**
Ewa Górecka-Dudzik

**Okładka, zdjęcia, skanowanie:**
Piotr Górecki jr

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

**Dział Reklamy:**
Katarzyna Gugała
*katarzyna.gugala@elportal.pl*
tel.: (22) 257 84 64

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

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

**Korespondencja elektroniczna:**

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

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

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

uwagi do rubryki Errare:
*errare@elportal.pl*

**Prenumerata:**
**W Wydawnictwie AVT**
tel: (22) 257 84 22
e-mail: prenumerata@avt.pl
**W RUCH S.A.**
tel: 801 800 803, (22) 717 59 59
e-mail:prenumerata@ruch.com.pl
www.prenumerata.ruch.com.pl

**Stali współpracownicy:**

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


eprasa.pl bc983a300b

ELEKTRONIKA dla wszystkich

*Wrzesień* *9 (297)*

## Projekty

### Projekty AVT

F-meter. Modułowy licznik częstotliwości i czasu, część 1 ..... 15
Przełącznik do żyrandola v2.5 ..... 19

### Elektronika 2000

Przystawka do pomiaru indukcyjności ..... 55

### Forum Czytelników

Z potrzeby chwili... Sterownik nawadniania, część 1 ..... 58
Z potrzeby chwili... Stacja pogody z pomiarem jakości powietrza (IAQ) ..... 62

## Szkoła Konstruktorów

**Zadanie główne 295**
Zaproponuj podświetlenie LED do dowolnej wanny kąpielowej ..... 45
**Rozwiązanie zadania głównego 290**
Zaproponuj układ elektroniczny do uświetnienia uroczystości rodzinnych oraz świąt ..... 46
**Druga klasa Szkoły Konstruktorów** Co tu nie gra? 295, 290 ..... 50
**Trzecia klasa Szkoły Konstruktorów** Policz 295, 290 ..... 52

## Artykuły różne

Felieton: Samochody pneumatyczne ..... 14
Wzmacniacze klasy D, część 8 ..... 24
Taki zwyczajny zasilacz. Część 10 – LM317 pod lupą ..... 26
MPPT, część 8 ..... 28
Kurs Arduino, odcinek 27 ..... 30
Wokół Arduino. Wyświetlacze graficzne, część 7 ..... 34
Odkrywamy schematy. Zasilacze komputerowe, część 3 ..... 37
Czym się różni wróbelek?
Czyli o niedoskonałości elementów. Część 1 – Rezystory ..... 40
Lampowy magnetofon szpulowy. Wzmacniacz zapisu, wzmacniacz odczytu i generator w.cz., część 1 ..... 64

## Rubryki stałe

Nowości, ciekawostki ..... 6
Poczta ..... 8
Skrzynka porad ..... 10
Prenumerata ..... 13
Reklamy ..... 70
Księgarnia AVT ..... 72
Oferta handlowa AVT ..... 74

## Konkursy

Co to jest? ..... 61
Jak to działa? ..... 66
Krzyżówka ..... 68

## *Wrzesień*

Wrześniowy projekt okładkowy *F-meter* to opis modułowego licznika częstotliwości i czasu. Oprócz przedstawienia układu zrealizowanego na procesorze STM32, w artykule przypomniano też kluczowe zasady i ograniczenia związane z pomiarem częstotliwości. Nawet jeśli nie planujesz budowy tego przyrządu, bo już masz jakiś częstościomierz, zapoznaj się dokładnie z artykułem. Najprawdopodobniej w najbliższych numerach EdW przedstawione zostaną kolejne artykuły i projekty dotyczące ulepszania sposobów pomiaru i rozszerzania zakresu pomiarowego.

Cieszę się, że w tym numerze zmieścił się wreszcie pierwszy odcinek cyklu *Czym się różni wróbelek?* omawiający niedoskonałości podstawowych elementów elektronicznych w ujęciu i teoretycznym, jak też praktycznym. Na pierwszy ogień bierzemy rezystory.

W tym numerze publikujemy aż dwa artykuły *Z potrzeby chwili...* Jeden dotyczy prowizorycznego sterownika nawadniania. Temat automatycznego nawadniania okazuje się interesujący dla wielu elektroników. Jeśli zechcecie – piszcie, a wtedy zagadnienie zostanie opisane szerzej.

Jeśli wszystko dobrze pójdzie, to pierwszy artykuł cyklu omawiającego domowe sieci energetyczne z punktu widzenia elektornika prawdopodobnie ukaże się już w następnym numerze czasopisma.

Jak zawsze zachęcam do korespondencji z redakcją (*edw@elportal.pl*) oraz do udziału w *Szkole Konstruktorów* i innych konkursach.

Serdecznie pozdrawiam

Piotr Górecki

P.S. Jeśli ktoś nadal ma problemy z kupnem papierowej wersji EdW – zapewne zapomniał o: ***www.ulubionykiosk.pl***

***Prenumerata – naprawdę warto!***

eprasa.pl bc983a300b

## NOWOŚCI PHILIPS HUE

Philips Hue to znana na całym świecie seria inteligentnego oświetlenia, która zapoczątkowała wiele trendów w tym segmencie. Wśród nowości, które niedawno zaprezentowali Holendrzy, pojawiła się między innymi taśma LED z indywidualnie programowalnymi diodami. Philips zdecydował się na stworzenie paska w pełni programowalnego, w którym każda dioda może świecić na inny kolor. Oczywiście, kolejne akcesorium z rodziny Philips Hue Play to produkt, który ma zastąpić technologię Ambilight w innych telewizorach.

Pasek pojawi się w sprzedaży 6 października. W zależności od tego, czy będziemy chcieli wariant dla telewizorów 55-calowych, 65-calowych czy 75-calowych, będziemy musieli wydać 690 złotych, 735 złotych lub 785 złotych.

Philips Hue Filament, z kolei, to kolekcja żarówek, które w kształtach w stylu retro kryją nowoczesne technologie. Producent zdecydował się na pokazanie zarówno wariantu Globe jak i Edison w większym wydaniu. Podczas konferencji prowadzący zapewniali, że wydajność obu żarówek wzrosła względem poprzednich modeli o około 50%.

Inteligentne oświetlenie staje się powoli standardem, a rozwój technologii LED sprawia, że proponowane rozwiązania są nie tylko energooszczędne, ale również satysfakcjonujące pod względem temperatury barwowej oraz widma światła.

## FREEBUDS KONKURENCJĄ DLA APPLE

Konferencja prasowa Huawei przyniosła kilka premier. Pierwszymi urządzeniami, które zaprezentowano, były słuchawki Huawei FreeBuds Pro. Ich wygląd mocno przypomina AirPodsy Pro od Apple, ale zgodnie z zapewnieniami producenta, są one przełomem na rynku słuchawek TWS. A do tego są wyraźnie tańsze. Huawei chwali się technologią aktywnej redukcji szumów, a 11-milimetrowe przetworniki mają zadbać o wysokiej klasy wrażenia dźwiękowe. ANC ma być wspierane przez system mechanicznej stabilizacji, a budowa słuchawek ma zapobiegać zniekształceniom dźwięku, jeśli korzystalibyśmy z akcesorium podczas wiejącego wiatru. Głos ma być czysty i dobrze słyszalny za sprawą współpracy trzech mikrofonów, a połączenie z telefonem uzyskiwane jest przez Bluetooth 5.2.

Akcelerometr i czujnik położenia FreeBuds Pro pomogą w automatycznym dostosowywaniu się do potrzeb – przewidziano trzy tryby aktywnej redukcji szumów – Cozy Mode (najsłabszy), General Mode (umiarkowany) i Ultra Mode (najbardziej wydajny, przydający się na przykład w miejscach o wysokim hałasie zewnętrznym). Bateria ma pozwolić na łącznie 30 godzin pracy. Przy sugerowanej cenie 199 euro, zmagający się z problemami prawnymi Huawei może tym razem liczyć na sukces.

## SURFACE DUO

Microsoft często ma pecha do pierwszych generacji swoich produktów i mimo tego, że stworzył piękne urządzenie jakim niewątpliwie jest Surface Duo, firmie trudno będzie trafić z tym modelem do szerszego grona odbiorców.

Duo to dwuekranowy smartfon oparty na procesorze Snapdragon 855, wyposażony „jedynie" w 6GB pamięci RAM i zaledwie jeden aparat. Brak NFC oraz ładowania bezprzewodowego może martwić, ale – jak twierdzi szef urządzeń rodziny Surface – sprzętowy wyścig zbrojeń nie był tutaj celem. Pierwszy smartfon stworzony od początku do końca przez Microsoft (a nie zespół Nokii) jest bardzo smukły, lekki jak na swoje rozmiary i według opinii pierwszych recenzentów wyjątkowo dobrze wykonany. Czy to jednak wystarczy, żeby walczyć z potężniejszymi (ale też droższymi) konkurentami mającymi elastyczne ekrany składane? Wyświetlacz podwójny może być wadą z uwagi na pasek dzielący jego dwie części, ale również zaletą. To rozwiązanie dużo bardziej niezawodne i eleganckie. Po zamknięciu Duo wygląda jak gustowny notes, a nie pokraczne urządzenie elektroniczne – i chyba właśnie na tym zależało jego twórcom. Czy wielozadaniowość będzie wystarczającym powodem, żeby zapłacić 1400 dolarów za pierwszą generację? Dowiemy się tego już w najbliższych miesiącach.

## XBOX SERIES S ZASKAKUJE

W połowie września oficjalnie zaprezentowano Xbox Series S wraz z ceną, która jest zaskakująco konkurencyjna. Sony PlayStation ma się czego obawiać – 299 dolarów tym razem przełożyło się na polskie 1349 złotych. Konsola pojawi się w sprzedaży 10 listopada, a od Xboxa Series X ma różnić się wydajnością układu graficznego – ma on pozwalać na granie w Full HD przy 60kl/s bez śledzenia promieni. W tańszym modelu użyto tego samego procesora, który ma wprawdzie nieco niższe taktowanie, niemniej największą różnicą jest właśnie wydajność układów graficznych – 12 TFLOPS kontra 4 TFLOPS. Poza tym w przypadku Xbox Series S należy mówić o skromniejszych zasobach pamięci i mniejszym dysku twardym. Co ciekawe, obie konsole wyposażono w ten sam procesor CPU, jednak z innym taktowaniem (zapewne wymuszonym przez ograniczenia związane z chłodzeniem małego „S"). Urządzenie pozbawione będzie napędu optycznego, więc niemożliwe będzie kupowanie gier z drugiej ręki oraz odtwarzanie treści audio i wideo z płyt CD, DVD czy Blu-Ray.

Obie konsole będą oczywiście zgodne z tymi samymi grami i akcesoriami, ale celem S-ki jest wspieranie gier do rozdzielczości 1440p przy 60 klatkach na sekundę, podczas gdy mocniejszy X powinien obsłużyć rozdzielczość nawet 4K przy takim samym klatkowaniu.

Obydwa urządzenia będą dostępne na naszym rynku. Będziemy jednym z nielicznych państw, w których da się skorzystać z Xbox All Access i kupić konsolę na raty.

## LUCID AIR JAK TESLA?

Lucid Air to pierwszy elektryczny samochód nowo powstałej marki Lucid Motors. Ujawnione informacje pokazują, że mamy do czynienia z realnym konkurentem dla Tesli Elona Muska.

Lucid to startup, który od kilku lat opracowywał pomysł swojego samochodu elektrycznego w całości finansowanego z funduszy pochodzących głównie z Arabii Saudyjskiej. Za opracowanie technicznych detali Lucid Air odpowiedzialny jest Peter Rawlinson – ta sama osoba, która lata temu stworzyła część projektu Tesli Model S.

Najmocniejsza wersja Lucid Air Dream Edition, która trafi do sprzedaży, zaoferuje klientom dwa silniki elektryczne o łącznej mocy aż 1080KM. To oznacza, że Lucid Air będzie w stanie rozpędzić się do 100km/h w mniej niż 3 sekundy. Maksymalna prędkość samochodu zostanie mimo to ograniczona do 270km/h. Zasięg Lucid Air na jednym ładowaniu wyniesie od 750 do nawet 810 kilometrów. Na papierze brzmi to rewelacyjnie.

Najdroższy model Lucid Air Dream Edition pojawi się w sprzedaży w drugim kwartale 2021 roku. Ceny będą zaczynały się od równowartości 170 tysięcy dolarów za sztukę. Do sprzedaży Lucid Motors wprowadzi także inne warianty samochodu. Najtańszy z nich będzie kosztował około 80 tysięcy dolarów, czyli ponad połowę mniej od najdroższego modelu.

W branży motoryzacyjnej etap projektowy to jedno, ale produkcja, kontrola jakości, serwis czy łańcuchy dostaw to drugie. W ciągu najbliższych lat okaże się, czy sukces Tesli da się zduplikować.

## GALAXY Z FOLD 2 BEZ TAJEMNIC

Samsung nigdy nie zawodzi jeśli chodzi o specyfikację. W swojej drugiej generacji smartfona ze składanym ekranem elastycznym użył Snapdragona 865+ i aż do 12GB pamięci operacyjnej, nie zapominając o potrójnym systemie aparatów uwzględniających obiektyw szerokokątny, standardowy i „tele".

W stosunku do poprzedniej generacji, w Galaxy Z Fold 2 wewnętrzny wyświetlacz urósł z 7,3 cala do 7,6 cali, a to wszystko mimo niewielkiego zmniejszenia wysokości konstrukcji z 160,9mm do 159,2mm. Smartfon się przy tym rozszerzył – jego szerokość po rozłożeniu to już nie 117,9mm a 128,2mm, dzięki czemu można odnieść wrażenie, że jego połówkom bliżej do standardowych dwóch smartfonów niż wąskich ekranów, jak to miało miejsce w przypadku poprzednika.

Główny ekran to Dynamic AMOLED 2X Inflinity Flex Display o rozdzielczości QXHGA+ i odświeżaniu ekranu na poziomie maksymalnie 120Hz – zastosowano odświeżanie adaptacyjne, dokładnie tak samo, jak w Galaxy Note 20 Ultra (w zakresie 11-120Hz, w zależności od używanych w danej chwili aplikacji, by maksymalizować wydajność i ograniczać zużywanie energii).

Zewnętrzny ekran urósł z 4,6" do 6,2", co oznacza, że Samsungowi udało się pozbyć ultraszerokich ramek pod i nad ekranem Cover Screen. Cena? Zawrotne 8800zł, co sprawi, że urządzenie to trafi jedynie do bardzo wąskiego grona użytkowników i kolekcjonerów. A wcale nie jest powiedziane, że mimo tak wysokiej ceny, model nie będzie zmagał się z problemami technicznymi (związanymi z elastycznym ekranem) tak jak poprzednia generacja.

# Poczta

## edw@elportal.pl

**W rubryce „Poczta" zamieszczamy fragmenty Waszych listów oraz nasze odpowiedzi i komentarze. Prosimy o listy dotyczące bieżących wydań EdW, a także o listy z Waszymi komentarzami, propozycjami, problemami, pytaniami, oczekiwaniami względem nas, z propozycjami tematów do opracowania, itp. Autorzy najciekawszych, wartościowych listów otrzymują upominki, najczęściej w postaci drobnych kitów AVT. Piszcie do nas, bardzo cenimy Wasze listy, choć nie wszystkie prośby możemy zrealizować.**

**UWAGA! UWAGA!**

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

---

Do części projektów publikowanych w EdW firma AVT proponuje kompletne zestawy elementów albo tylko płytki drukowane. Na początku i końcu takich artykułów-projektów podana jest informacja o numerze kitu AVT. Jeżeli w artykule numeru kitu nie ma, a Czytelnicy byliby zainteresowani nabyciem zestawów albo samych płytek, jest to możliwe.
AVT uruchomi realizację kitów/płytek, o ile tylko gotowość zakupu wyrazi przynajmniej kilku chętnych. Zgłoszenia i pytania w tej sprawie należy nadsyłać wprost na adres:

**kity@avt.pl**

---

***Omomierz***

*Dzień dobry.*
*Nawiązując do pytania zadanego w rubryce „Poczta" EdW 6/2020 „Jak i pod jakim warunkiem można zmierzyć rezystancję falową kabla antenowego za pomocą omomierza, zawartego w dowolnym multimetrze?", **uważam, że można to zrobić**. Robiłem takie pomiary za pomocą oscyloskopu i generatora impulsów prostokątnych, mierząc odpowiednio długi odcinek kabla (o długości 20m) zwartego lub rozwartego na końcu.*
*Z pomiarem omomierzem sprawa wygląda gorzej. Omomierz co prawda będzie „widział" impedancję falową kabla, dopóki czoło fali wzbudzonej przez omomierz i propagującej się wzdłuż kabla nie powróci z powrotem po odbiciu od końca kabla do omomierza, jednak wskazanie omomierza stabilizuje się przez dość długi czas.*
*Prędkość propagacji fali wzdłuż kabla antenowego jest związana z jego indukcyjnością i pojemnością na jednostkę długości w następujący sposób: v=1/sqrt(LC); v[m/s], L[uH], c[pF]. Producenci często podają prędkość propagacji fali w kablu względem prędkości propagacji fali E-M w próżni. Dla popularnego kabla RG-59 jest to 66% (https://catalog.belden.com/techdata/EN/8241_techdata.pdf). W takim razie należałoby poczekać na ustabilizowanie wskazań omomierza (kilka sekund?). To nie byłoby takie proste, ponieważ dla takiego czasu wymagana byłaby bardzo duża długość przewodu i należałoby wziąć pod uwagę rezystancję jednostkową kabla, dodającą się do impedancji falowej mierzonej w danej chwili przez omomierz.*
*Odpowiadając krótko na pytanie: **przewód musiałby być baaaardzo długi i bezstratny**. Pozdrawiam*

***Maciej Lasota***

---

W EdW 7/2020 zamieszczony był e-mail zatytułowany „***Praca grupowa***", gdzie można było m.in. przeczytać:
*(...) **Chodzi o pracę grupową i tworzenie projektu w zespole**.*
*(...) **Dlatego też mam sugestię odnośnie do utworzenia w EdW działu poświeconego pracy grupowej. Działu, z którego można byłoby się dowiedzieć, jakie w ramach społeczności EdW są powołane zespoły, jakie realizują projekty, jak wygląda postęp prac itp.** (...)*

Napłynęły e-maile w tej sprawie. Oto dwa najważniejsze.

*Witam Szanowną Redakcję EdW.*
*Od razu przechodzę do sedna. Pomysł kolegi Rafała jest tak oczywisty, że aż genialny. W dzisiejszym świecie działanie w pojedynkę jest z reguły skazane na garażowe zapomnienie. Oczywiście są kontrprzykłady do tej tezy, ale chyba nikt nie ma wątpliwości, że projekty, które agregują społeczność wokół siebie, żyją znacznie dłużej i często stają się lepsze od swoich komercyjnych odpowiedników. Doskonałym przykładem jest Linux albo kompilator gcc.*
*Jednak nie ma róży bez kolców. Z jednej strony wiele osób współpracujących jest w stanie dostarczyć mnogość idei, pomysłów i rozwiązań. Z drugiej strony trzeba umieć osiągnąć konsensus, wymóc jakość rozwiązań na odpowiednim poziomie. I co chyba najtrudniejsze – poradzić sobie z tzw. czynnikiem ludzkim. Różne osobowości, różne zaangażowanie, różna wiedza, różne wyobrażenia projektowe, różna motywacja – to tylko niektóre trudności. Pracując już drugą dekadę w branży IT jako inżynier i projekt menedżer, wiem, że czynniki ludzkie to największe problemy, jakie można napotkać.*
*Idea pracy grupowej jest fascynująca nie dlatego, że jest łatwa, ale dlatego, że jest trudna. Czytając różne fora elektroniczne, dyskusje pod filmami tematycznymi na znanych portalach, można odnieść wrażenie, że dobrych inżynierów u nas nie brakuje. Często jednak te same wpisy ujawniają ogromne problemy z pracą grupową, konstruktywną krytyką, umiejętnością kulturalnej wymiany poglądów. Może to jeden z czynników, który powoduje, że stwierdzenie „niewykorzystany potencjał" jest nadal aktualne? Pomysł pracy grupowej wydaje się próbą przełamania tego impasu.*
*Ja już od jakiegoś czasu mocno interesuję się pojazdami elektrycznymi. Ta tematyka jest coraz bardziej popularna, ale ku mojemu zdumieniu jest to temat słabo eksploatowa-*



eprasa.pl bc983a300b

*ny w świecie elektroników. Chyba nikogo nie zaskoczę, gdy powiem, że głównymi producentami podzespołów (nie tylko elektronicznych) do takich pojazdów są firmy z Dalekiego Wschodu. Jakość jest różna, raz lepiej, raz gorzej. Problem w tym, że są to często rozwiązania dziwaczne i mocno niedoskonałe. Jednym z przykładów są sterowniki do silników BLDC. Albo nie ma (prawie) żadnych możliwości konfiguracyjnych, albo konfiguracja jest złożona i nieintuicyjna, wymagająca wręcz wiedzy szamańskiej. (...) Oczywiście są to rozwiązania komercyjne, co uniemożliwia przeróbki i dalszy rozwój.*
*Mój pomysł jest następujący: sterownik BLDC. Maksymalne napięcie 90V, maksymalny prąd (na początek) 50A. Resztę wymagań (np. regen, limity, tryby awaryjne, itp.) mogę spokojnie doprecyzować na podstawie moich doświadczeń z kilkoma sterownikami komercyjnymi. Zagadnienie jest trudne (...).*
*Ja od siebie mogę dołożyć pewną wiedzę elektroniczną, doświadczenie w pojazdach elektrycznych, możliwość napisania firmware'u, oprogramowania pomocniczego, testów, ogarniania spraw projektowych i okołoprojektowych.*
*Jeśli tylko Redakcja wyrazi zainteresowanie, to mogę rozwinąć pomysł.*

*Pozdrawiam*
***Rafał Równiak***

*Piszę w związku z propozycją kolegi r-mik, zamieszczoną na forum.modelarstwo.info, dotyczącą pracy grupowej nad systemem sterowania DCC do kolejek. r-mik robi dekodery jazdy i dźwięku, i chętnie się do tej roboty przyłączę jako elektronik zainteresowany kolejnictwem i modelarstwem kolejowym. Na mikrokontrolerach znam się w mniejszym stopniu niż on, ale mogę zaprojektować nasz własny booster i mam zaprojektowane i wstępnie przetestowane moduły pętli zwrotnej DCC.*

***Greetings from Alana***
*alana@alana.cc*
*alana@oceangirl.eu*

Jak na razie mamy propozycję dwóch tematów:
- Pojazdy elektryczne i ich sterowanie,
- Modelarstwo kolejowe.

Czekamy na kolejne zgłoszenia. Redakcja EdW w miarę możliwości też włączy się w taką pracę grupową.

---

*Dzień dobry, (...) mój e-mail dotyczy (...) złącza pokazanego na fotografii (prawdopodobnie produkcji Unitra ZPM). Kilka takich sztuk mam w swoich zapasach jeszcze z czasów kiedy używało się tego, co dawało się kupić w sklepie. Jeśli byłby zainteresowany, chętnie mu je podaruję, może w jakiś sposób mu to pomoże. Zatem proszę o przekazanie mu tej informacji.*

*Pozdrawiam*
***Andrzej Winczura***

Autor pytania/prośby napisał jeszcze:
*Dziękuję Czytelnikowi za ofertę. Już zaopatrzyłem się w zapas tych złączy dzięki informacjom od innych Czytelników – za co bardzo dziękuję. Najbardziej potrzebne były mi złącza mające 7 i 15 pinów. Nawiązując również do wiadomości Pani Nataszy – z innego maila przekazanego przez redakcję, gdzie proponuje wymianę złączy na inne – współczesne.*
*Owszem, jest taka możliwość, ale przy naprawie/regeneracji mającej zachować stan oryginalny – takie coś nie wchodzi w grę (przynajmniej moim zdaniem). Od pewnego czasu obserwuję grupy fanów wyrobów UNITRA oraz Diora – na popularnym portalu społecznościowym – gdzie wielu użytkowników zachwyca się dokonanymi przez nich samych remontami, które polegają na tym, że wymieniają niemal wszystkie podzespoły na nowe – współcześnie produkowane. A największą radość sprawia im wymiana kondensatorów… Ja bym taki „remont" porównał do remontu klasyka typu np. Syrena, Warszawa czy Trabant – kiedy właściciel wymieniłby starego typu klasyczny silnik, zasilany gaźnikiem – na nowoczesny z wtryskiem sterowanym komputerowo… To nie jest żaden remont i odrestaurowanie…*
*Starego typu podzespoły mają swoje (kiepskie) parametry – ale w tym tkwi cały urok sprzętu. Wymiana podzespołów na współczesne zmieni pracę urządzenia. Owszem, zapewne ulepszy, ale to już nie będzie oryginał.*

***Sebastian***

---

***List w nawiązaniu do numeru 7/2020***
*Witam Redakcję i Czytelników.*
*Nawiążę do kilku tematów z ostatniego numeru (lipiec).*
*1 – **praca grupowa i tworzenie projektu w zespole**. W pełni popieram, ale nie dlatego, że czuję, iż coś z tego wyjdzie – a wręcz przeciwnie… Obserwuję od pewnego czasu różne fora elektroników, czy grupy na popularnym portalu społecznościowym. Na każdym z nich jest ten sam problem – szukanie błędu na siłę, byle się do czegoś przyczepić. Dla przykładu – jeden z młodych, początkujących (jak sam wspomniał) elektroników wykonał sobie wzmacniacz słuchawkowy. Taki zwykły, prosty, nie żaden audiofilski. Schemat znalazł gdzieś w sieci, sam zaprojektował płytkę, zamówił wykonanie w Chinach, otrzymał kilka obwodów, zmontował, układ działał, więc radosny i szczęśliwy postanowił podzielić się swoją radością z innymi członkami grupy. 90% postów w odpowiedzi to krytyka i czepianie się byle czego w myśl zasady „jak chcesz uderzyć psa, to kij się znajdzie". Więc został skrytykowany za to, że za cienkie ścieżki, za duża płytka, że można było inaczej itp. itd., a szczytem było wytknięcie, iż ścieżki „skręcają" pod kątem 90 stopni, a nie np. 45 stopni albo w łuku… Podejrzewam, że autor nieprędko pochwali się światu kolejnym układem, który zbudował – o ile nie wpadnie w kompleksy i nie porzuci elektroniki… Taka sytuacja powtarza się niemal w każdym przypadku, gdy ktoś coś wykona i pokazuje światu. Wyścig w szukaniu błędów. Dlatego bardzo kibicuję pomysłowi pracy grupowej z nadzieją, że ludzie nauczą się współpracować, szukać lepszych rozwiązań i rzeczowo rozmawiać, a nie tylko czepiać się drobiazgów i szukać na siłę błędów.*
*2 – **Kalkulator TTL**. Piękny projekt, podziwiam w pełni wkład pracy autora (choć na zdrowy rozum taki projekt nie ma żadnego sensu, nawet pod kątem edukacyjnym, bo aby to przyniosło wymierną korzyść, trzeba by poświęcić ogrom czasu na przeanalizowanie i zrozumienie dokumentacji, a dziś takich układów po prostu się nie robi, gdyż są prostsze rozwiązania. Zabrakło mi jednak informacji o kwocie, jaką autor wydał na wykonanie obwodu drukowanego i ile kosztowały podzespoły. Takie informacje są bardzo istotne, i dosadniej niż „1000 stron dokumentacji i notatek" naświetlą skalę przedsięwzięcia.*

**Ciąg dalszy na stronie 22**



eprasa.pl bc983a300b

# 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.**

***Ostatnia deska ratunku (...) interesują mnie różne wzmacniacze audio (...) intryguje mnie klasa SB i SB-1 (...) według opisu na stronie (...) [ST] jest to wzmacniacz mostkowy BTL, a ma rzekomo mieć sprawność dwa razy lepszą od wzmacniaczy AB, konkurencyjną do klasy D (...) rozumiem klasy G i H, gdzie straty obniża się przez skokowe albo płynne zmienianie napięcia zasilania (...) a nie mogę sobie wyobrazić, że jest możliwe podwyższenie sprawności liniowego wzmacniacza mostkowego BTL, który nie jest klasy D, G, H. (...) Szukałem informacji (...) bezskutecznie (...) czy jest to chwyt marketingowy? (...) jedyna moja nadzieja, że Redakcja EdW mnie oświeci.***
***Z góry dziękuję!***

Zwiększenie sprawności typowych liniowych wzmacniaczy klasy AB, także tych w wersji mostkowej BTL, jest możliwe, choć rzeczywiście trudno to sobie wyobrazić.

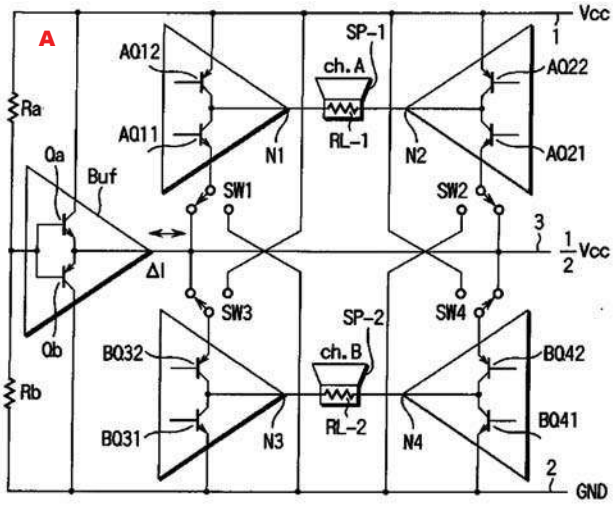
Należy zacząć od tego, że klasyczne liniowe wzmacniacze klasy AB, czy to pojedyncze (*single ended*), czy mostkowe (*BTL*), mają stosunkowo małą sprawność energetyczną, teoretycznie ponad 70%, w praktyce zwykle niższą z kilku powodów. Impulsowe wzmacniacze klasy D teoretycznie mogą mieć sprawność 100%, w praktyce mniej, ale często ponad 90%, co przy mniejszych mocach wyjściowych pozwala zrezygnować z radiatora. We wczesnych wzmacniaczach klasy D problemem były znaczne zniekształcenia. Problem jest złożony, najprościej biorąc, zniekształcenia można zmniejszyć do znikomej wartości przez zwiększenie częstotliwości impulsów, ale to niestety jest związane z wyższym poziomem zakłóceń. Zakłócenia można redukować za pomocą odpowiednich filtrów, ale to zwiększa koszty. Dziś na rynku mamy mnóstwo scalonych wzmacniaczy klasy D o różnej mocy. Choć ceny wzmacniaczy impulsowych klasy D znacznie spadły, a parametry akustyczne są zaskakująco dobre, kluczowym problemem są zakłócenia impulsowe. Dlatego nadal atrakcyjne okazują się niekłopotliwe w stosowaniu wzmacniacze liniowe, i to pomimo konieczności stosowania radiatora. A jeszcze bardziej atrakcyjne są liniowe wzmacniacze mocy o sprawności lepszej, niż oferuje czysta klasa AB. Znanym przykładem są właśnie wzmacniacze klas G i H, które nadal stosowane są i w samochodach, i w sprzęcie przenośnym. Wspomniana ***klasa SB*** (***S***ingle-ended ***B***ridge) oraz pokrewna ulepszona ***klasa SB-I*** (***SB I***mproved) to kolejne przykłady poprawy sprawności energetycznej starej, dobrej i sprawdzonej klasy AB.

Tylko rzeczywiście trudno sobie wyobrazić, jak to możliwe, zwłaszcza we wzmacniaczach mostkowych. I jak może wyglądać wzmacniacz mostkowy typu „single ended"? Oba te pojęcia powinny się wykluczać!

I rzeczywiście w materiałach informacyjnych ST, który jest producentem tak oznaczanych samochodowych wzmacniaczy mocy, nie można znaleźć wszystkich szczegółów technicznych. Wszystkich szczegółów być może nie uda się znaleźć w ogólnodostępnych źródłach, ale ogólne zasady są jasne i zaskakująco proste. Podstawowe koncepcje najłatwiej znaleźć w... patentach. Opisy patentowe są powszechnie dostępne, tylko problem, jak w ich nieprzeliczonej mnogości znaleźć to, co potrzeba. Oprócz patentów ST (SGS Thomson), warto zwrócić uwagę na inne, pokrewne, które w jeszcze prostszy sposób pokażą ideę oraz sposoby polepszania sprawności energetycznej wzmacniaczy mocy audio.

I tak **rysunek A** z amerykańskiego patentu 6,107,886 złożonego w roku 1999 przez japońskich twórców przedstawia koncepcję polepszania ogólnej sprawności stereofonicznego wzmacniacza mostkowego. Idea jest beznadziejnie prosta. Przy dużych sygnałach (mocach wyjściowych) dwa wzmacniacze mostkowe (BTL) klasy AB pracują w klasyczny sposób. Natomiast przy małych sygnałach (mocach wyjściowych) obwody zasilania obu wzmacniaczy są łączone w szereg przez zespół odpowiednich przełączników półprzewodnikowych. Przy małych sygnałach każdy ze wzmacniaczy BTL zasilany jest połową całkowitego napięcia zasilania. Pojawienie się większych sygnałów przełącza obwody zasilania do klasycznego trybu pracy, gdzie oba pracują przy pełnym napięciu zasilania.

Co to daje? Najprościej biorąc, w klasycznym wzmacniaczu klasy AB przy małych sygnałach straty są stosunkowo duże, a sprawność – niska. Ze wzrostem wielkości sygnału straty mocy w tranzystorach wyjściowych maleją, a sprawność rośnie, teoretycznie do ponad 70%. W praktyce problem w tym, że moc wzmacniacza bliska maksymalnej jest potrzebna tylko w krótkich okresach. Po pierwsze, najczęściej nie wykorzystujemy maksymalnej głośności, a po drugie przez większość czasu sygnały





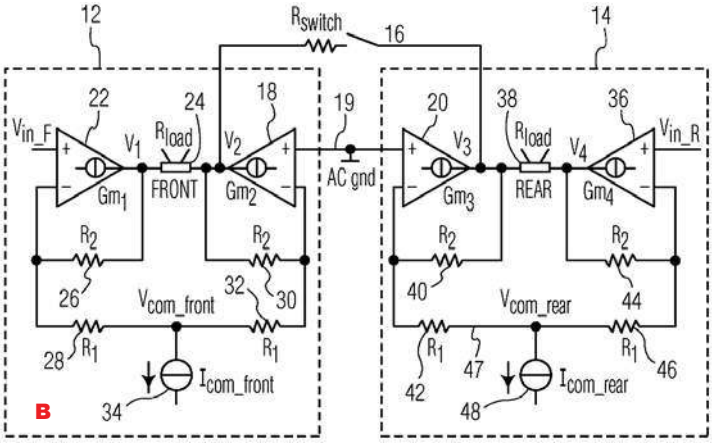

eprasa.pl bc983a300b

audio mają nieduże amplitudy. I właśnie przez zdecydowaną większość czasu pracy każdy wzmacniacz audio pracuje z niewielkimi sygnałami, co oznacza małą użyteczną moc wyjściową, a za to duże straty. Podczas takiej pracy napięcie zasilania można obniżyć. I właśnie w koncepcji z rysunku A jest obniżane powiedzmy do połowy, bo obwody zasilania dwóch kanałów wzmacniacza są łączone w szereg.

Koncepcja z rysunku A jest beznadziejnie prosta, ale w praktyce problemem jest nie tyle wykonanie kluczy przełączających zasilanie, tylko taka realizacja wzmacniaczy, żeby nie dawały one dodatkowych zniekształceń przy przełączaniu zasilania (w grę wchodzi parametr znany jako PSRR). A to już nie jest takie łatwe w przypadku wzmacniaczy o wysokich parametrach audio.

Nie tylko dlatego poszukiwano też innych, pokrewnych rozwiązań. Przełączanie obwodów zasilania nie jest jedyną drogą. Ogólna idea jest taka, że przy małych sygnałach prąd zasilający płynie przez oba głośniki. Także w dwukanałowym układzie mostkowym z rysunku A w pewnym sensie przy małych sygnałach głośniki są połączone w szereg, choć nie dosłownie.

A szeregowe połączenie głośników pozwala zmniejszyć moc strat. Większa jest bowiem rezystancja, a przez to mniejszy prąd i mniejsze straty w tranzystorach stopni wyjściowych. Trzeba tylko zapewnić, żeby każdy z głośników niezależnie i prawidłowo odtwarzał (słabsze) sygnały z kanału lewego i prawego.




Szeregowe połączenie głośników widać na **rysunku B** – schemacie pochodzącym z europejskiego patentu EP 2 284 993 A2 z roku 2010. W układzie z rysunku A niezależną pracę obu kanałów przy małych sygnałach zapewnia aktywny dzielnik napięcia, oznaczony Buf. W koncepcji z rysunku B kwestia ta jest mniej jasna z kilku powodów. Na rysunku B zaznaczona jest szeregowa rezystancja $R_{switch}$ – rezystancja klucza zwierającego głośniki.

*Ciąg dalszy na stronie 12*


100% elektroniki

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

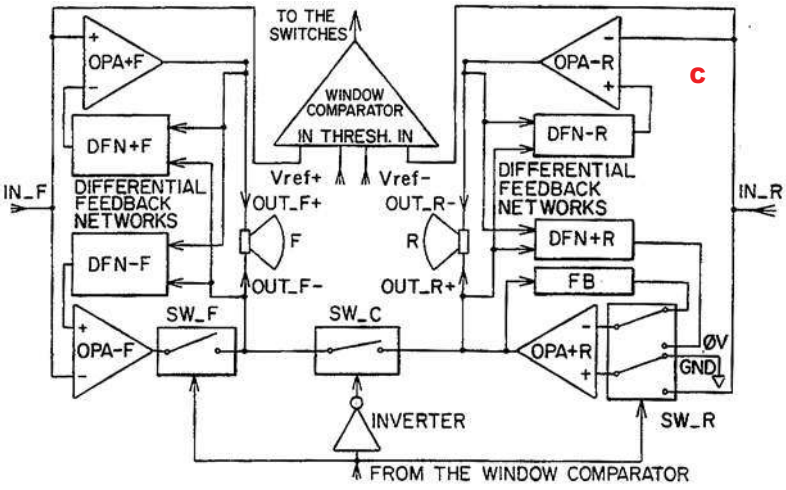
na www.avt.pl/prenumerata



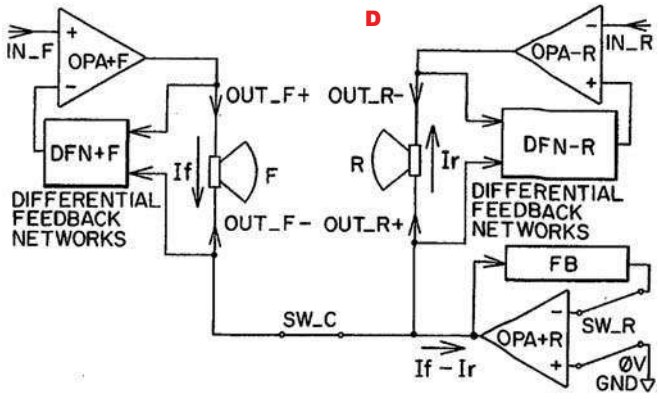

eprasa.pl bc983a300b

Głośniki nie są oznaczone L,R (lewy, prawy), tylko FRONT, REAR, co w (samochodowej) instalacji stereo może oznaczać pracę z tym samym sygnałem kanału lewego albo prawego.

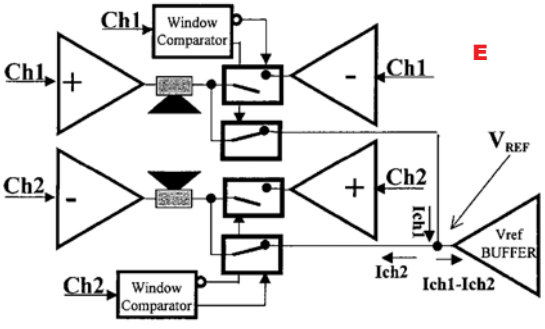
W kontekście pytania zadanego przez Czytelnika bardziej interesujące są rozwiązania koncernu ST (SGS Thomson Microelectronic). I tak w patencie US 5,365,188 z roku 1994 można znaleźć schemat pokazany na **rysunku C**. Tu też klucz oznaczony SW_C ewidentnie łączy dwa głośniki w szereg (a głośniki też oznaczone są F, R, a nie L, R).

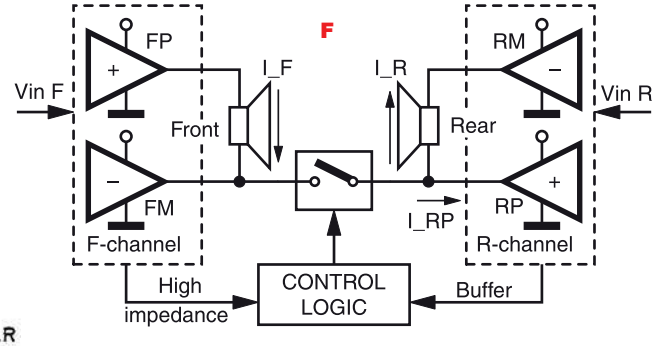



Pomocą w analizie układu może być **rysunek D**, pokazujący konfigurację właśnie przy małych sygnałach, gdy głośniki połączone są w szereg i są dołączone do wzmacniacza OPA+R, który pełni funkcję sztucznej masy i jego wyjście dostarcza lub pochłania różnice prądów obu głośników (If – Ir).



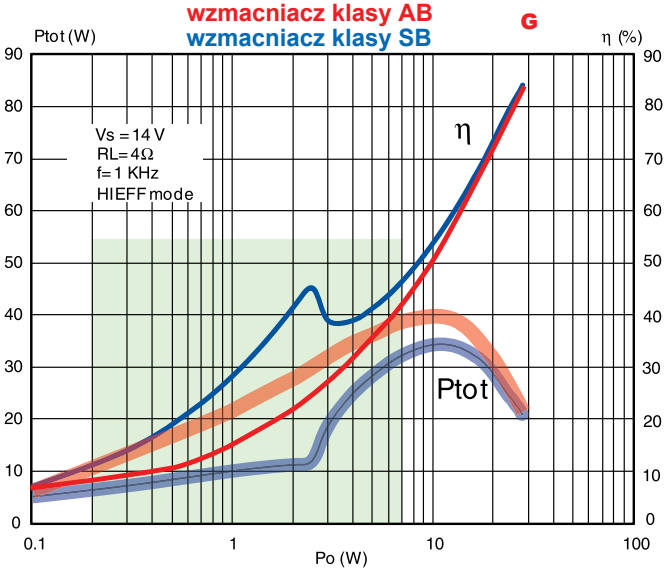

W patencie US 7,813,515 B2 (też STMicroelectronics) złożonym w roku 2004 zawarty jest schemat pokazany na **rysunku E**, gdzie również dość jasno przedstawiona jest idea łączenia głośników w szereg przy małych sygnałach. W kartach katalogowych wzmacniaczy klasy SB, na przykład kostki TDA7569BLV (4×50W) można znaleźć schemat wewnętrzny, pokazany na **rysunku F**, który w sposób mocno uproszczony pokazuje zasadę działania wzmacniaczy SB, która nieco dokładniej przedstawiona jest na prezentowanych wcześniej rysunkach.




Nie ulega wątpliwości, że mamy tu dwa wzmacniacze mostkowe – BTL (Bridge Tied Load), które pracują w swojej kanonicznej roli przy dużych sygnałach. Klucz łączący dwa głośniki w szereg oraz przełączenie roli dwóch („dolnych") wzmacniaczy składowych powodują, że przy małych sygnałach otrzymujemy dwa nietypowe wzmacniacze Single ended.

**Rysunek G** pokazuje porównanie mocy strat i sprawności klasycznego wzmacniacza AB (linie czerwone) oraz wzmacniacza SB (linie niebieskie). Zielona podkładka wskazuje, że przy małych sygnałach zdecydowanie efektywniejszy jest wzmacniacz SB. A ponieważ przez większość czasu wzmacniacz audio pracuje z niewielkimi sygnałami, według informacji ST, przeciętna moc strat wzmacniacza klasy SB jest o 50% mniejsza niż wzmacniacza klasy AB, co oczywiście pozwala zastosować znacznie mniejszy radiator. Choć sprawność wzmacniaczy klasy SB jest mniejsza niż impulsowych wzmacniaczy klasy D, jednak brak kłopotów z zakłóceniami powoduje, że omawiane analogowe wzmacniacze SB są interesującą alternatywą w zastosowaniach samochodowych. W dziedzinie wzmacniaczy stacjonarnych w grę wchodzą inne aspekty, dlatego dostępne na rynku wzmacniacze klasy SB to wzmacniacze samochodowe zasilane napięciem około 6...18V.






eprasa.pl bc983a300b

# TRADYCYJNA **JESIENNA PROMOCJA** PRENUMERATY

# 10 = 12 + 3

Jeśli do 30.09.2020 roku zamówisz prenumeratę „Elektroniki dla Wszystkich" na rok 2021, to zapłacisz za **10** numerów (prenumerata drukowana w cenie 139 zł, prenumerata elektroniczna w cenie 111 zł) i otrzymasz w przyszłym roku **12** numerów oraz bezpłatnie **3** ostatnie wydania tegoroczne (październikowe, listopadowe i grudniowe).

Jeśli spóźnisz się i zamówisz prenumeratę na rok 2021 po 30.09.2020, ale przed 31.10.2020, to zapłacisz za **10** numerów „Elektroniki dla Wszystkich" (prenumerata drukowana w cenie 139 zł, prenumerata elektroniczna w cenie 111 zł) i otrzymasz w przyszłym roku **12** numerów oraz bezpłatnie **2** wydania tegoroczne (listopadowe i grudniowe).

Prenumerujesz aktualnie „Elektronikę dla Wszystkich" i chcesz skorzystać z Tradycyjnej Promocji Jesiennej? Zamów prenumeratę teraz, płacąc za **10** numerów (prenumerata drukowana w cenie 139 zł, prenumerata elektroniczna w cenie 111 zł), a otrzymasz przedłużenie bieżącej prenumeraty o **15** kolejnych numerów (jeśli wpłacisz przed 30.09.2020) lub o **14** kolejnych numerów (jeśli wpłacisz w okresie 1.10.2020–31.10.2020).

## Zamów prenumeratę w Promocji Jesiennej:

- drukowaną w cenie 139 zł na www.avt.pl/prenumerata/drukowane
- elektroniczną w cenie 111 zł na www.avt.pl/prenumerata/elektroniczne

albo wpłać odpowiednią kwotę na konto:
AVT-Korporacja sp. z o.o., ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa,
ING Bank Śląski 18 1050 1012 1000 0024 3173 1013
tytułem: EdW w Promocji Jesiennej

eprasa.pl bc983a300b

# Samochody pneumatyczne

Samochody o napędzie spalinowym emitują do środowiska naturalnego sporo różnego rodzaju szkodliwych substancji, począwszy od spalin, dwutlenku węgla, a skończywszy na ścierających się klockach hamulcowych i oponach. Rozwiązaniem tego problemu ma być wprowadzenie samochodów o napędzie elektrycznym, które nie emitują spalin i innych szkodliwych substancji do otoczenia. Mimo to ekologiczność samochodów elektrycznych stoi pod znakiem zapytania. Głównie za sprawą dużych akumulatorów zawierających substancje chemiczne i metale ziem rzadkich, których pozyskanie także nie jest obojętne dla natury. Również późniejsza utylizacja tych akumulatorów jest kosztowna i może stanowić zagrożenie dla otaczającego nas środowiska.

Rozwiązaniem tego paradoksu mogą być samochody oraz inne pojazdy silnikowe o napędzie... pneumatycznym. W tego rodzaju pojazdach źródłem energii jest sprężone powietrze, a silnik nim napędzany nie emituje żadnych zanieczyszczeń. Pomysł z wykorzystaniem silnika na sprężone powietrze nie jest nowy i co ciekawe ma polski rodowód. Mianowicie sto pięćdziesiąt lat temu polski inżynier Ludwik Mękarski w 1870 roku we Francji opracował silnik pneumatyczny, a później eksperymentalne linie tramwajowe napędzane silnikiem zasilanym sprężonym powietrzem. Silnik tramwaju był dwusuwowy, a powietrze przed wpuszczeniem do cylindra przepuszczane było przez zbiornik z gorącą wodą. Miało to na celu zwiększenie siły rozprężania gazu, który po wykonaniu pracy w silniku uwalniany był do atmosfery. Ówczesne tramwaje o napędzie pneumatycznym były alternatywą dla tramwajów konnych i parowych. W latach 1872 i 1873 Ludwik Mękarski opatentował swój projekt, który w 1876 roku przetestował w Paryżu. Tramwaje Ludwika Mękarskiego były bardzo popularne we Francji pod koniec XIX i na początku XX wieku. Obsługiwały one linie tramwajowe we francuskich miastach takich jak Nantes, Paryż, Vichy, Aix-les-Bains, Saint-Quentin oraz w La Rochelle. Również w Nowym Jorku funkcjonowały podobne linie tramwajowe napędzane silnikiem zbudowanym w 1882 roku przez Roberta Hardiego. Silnik ten działał na tych samych zasadach co silnik Mękarskiego.

Silniki te się nie nagrzewały i nie emitowały iskier, co z kolei pozwoliło na stosowanie ich w lokomotywach używanych w kopalniach zagrożonych wybuchem metanu. Tramwaje i lokomotywy o napędzie pneumatycznym zostały wyparte przez udoskonalone silniki spalinowe i elektryczne w latach trzydziestych XX wieku. Mimo wyparcia silnika pneumatycznego przez silniki spalinowe i elektryczne nie zarzucono prac nad jego dalszym rozwojem. W projekcie Ludwika Mękarskiego wprowadzono kilka udoskonaleń, co pozwoliło zwiększyć sprawność tego rodzaju silnika w warunkach miejskich dwukrotnie w stosunku do silnika spalinowego. Silnik ten znacznie mniej się nagrzewa, więc niepotrzebna jest chłodnica, a olej silnikowy nie wymaga tak częstej wymiany jak w przypadku silników spalinowych. Co więcej, silnik ten skonstruowano w ten sposób, że może pracować jako silnik oraz jako kompresor napędzany alternatorem, który pełni wówczas funkcję silnika elektrycznego. Umożliwia to wykorzystanie tego silnika jako kompresora do zatankowania kompozytowego zbiornika na sprężone powietrze. Możliwe jest oczywiście tankowanie takiego pojazdu na specjalnych stacjach „paliwowych". Tankowanie sprężonego powietrza na stacji trwa trzy minuty, czyli zdecydowanie krócej niż samochodu elektrycznego. Natomiast ładowanie zbiornika powietrzem za pomocą silnika jako kompresora trwa około czterech godzin, czyli porównywalnie do samochodów elektrycznych.

Powstały już prototypy tego rodzaju środków transportu. Karoseria tych pojazdów wykonana jest z włókna szklanego i tworzyw sztucznych, co pozwoliło na zmniejszenie ich masy. Również zbiornik na sprężone powietrze wykonany jest z kompozytów w taki sposób, aby nie stanowił zagrożenia w przypadku kolizji drogowej pojazdów. Zasięg prototypów samochodów o napędzie pneumatycznym to obecnie 200–300km na jednym tankowaniu może nie jest imponujący, ale porównywalny z tańszymi samochodami elektrycznymi. Samochód o napędzie pneumatycznym doskonale się sprawdzi w warunkach miejskich, nie emitując spalin, ciepła i hałasu w gęstej zabudowie przy dużym natężeniu ruchu. Również wykorzystanie tego rodzaju napędu w wózkach transportowych w halach produkcyjnych rozwiązałoby problem emisji spalin w zamkniętych pomieszczeniach. Gdyby udało się do ruchu miejskiego wprowadzić również autobusy o napędzie pneumatycznym, pozwoliłoby to na znaczą redukcję emisji zanieczyszczeń komunikacyjnych w miastach. Samochody o tradycyjnym napędzie spalinowym można by pozostawiać na podmiejskich parkingach na obrzeżach miast. Następnie przesiadać się do samochodów o napędzie pneumatycznym i poruszać się nimi po mieście.

Rozwiązanie to przyczyniłoby się do dalszego zmniejszenia emisji szkodliwych produktów spalania paliwa przez pojazdy w miastach. Co prawda energię elektryczną pozyskuje się w większości z nieekologicznych źródeł energii, ale w godzinach nocnych, gdy zapotrzebowanie na energię elektryczną jest niskie, można ją wykorzystać do napędu kompresorów. Coraz bardziej popularne stają się ekologiczne źródła energii elektrycznej, jak wiatraki i baterie słoneczne. Nic nie stoi na przeszkodzie, aby turbiny w elektrowniach, zamiast napędzać generatory elektryczne, napędzały bezpośrednio kompresory.

Pozostaje kwestia przesyłania sprężonego powietrza na duże odległości, a może wystarczą cysterny jak w przypadku tradycyjnych paliw? Samochody o napędzie pneumatycznym mogą stanowić poważną i przede wszystkim ekologiczną alternatywę dla samochodów spalinowych i elektrycznych. Podwaliny pod tego rodzaju pojazdy już wykonano, tylko od producentów samochodów i polityków zależy, czy wybiorą bardziej ekologiczne rozwiązanie.

**Krzysztof Kawa**
kaawa@wp.pl

Bibliografia:
*1. https://tiny.pl/7rz9h*
*2. https://tiny.pl/7rz5c*
*3. https://tiny.pl/7rz95*

***Zachęcamy do nadsyłania podobnych tekstów!***

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

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



eprasa.pl bc983a300b

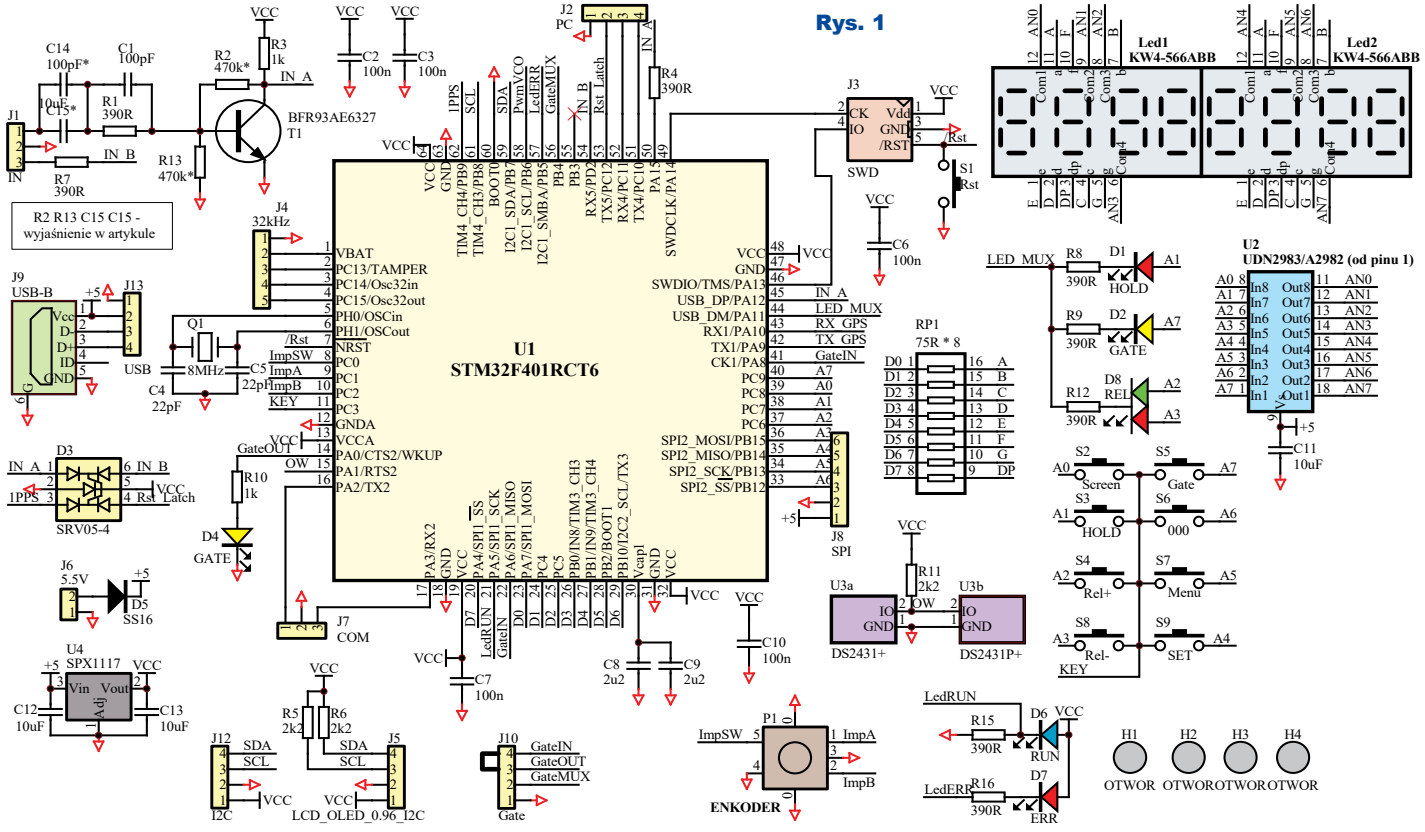
# F-meter
## Modułowy licznik częstotliwości i czasu

część 1

kit 3275 AVT

**Projektów liczników częstotliwości w Internecie jest bardzo dużo, poczynając od opartych na mikrokontrolerach 8051, przez AVR, PIC do ARM. Niestety, znalezienie dobrej konstrukcji nie jest łatwe. Popularne rozwiązania oparte na PIC, jak AVT-2885, bazują na pomiarze liczby impulsów w jednostce czasu. Metoda ta ma poważną wadę przy pomiarze niskich częstotliwości – mała rozdzielczość. Aby polepszyć sytuację, trzeba rozsądnie zwiększyć czas pomiaru.**

Opisywane urządzenie służy do pomiaru częstotliwości w zakresie od 0,1Hz do 42MHz i czasu do 10 sekund z rozdzielczością 23,8ns. Tym, co odróżnia prezentowany licznik od innych, jest sposób pomiaru niskich częstotliwości. Przy pomiarze częstotliwości niższych niż 50kHz mierzony jest okres sygnału, po czym przeliczany na częstotliwość. Dzięki temu pomiar częstotliwości 1Hz z rozdzielczością 1μHz (0,000001Hz) trwa tyle co okres sygnału, czyli sekundę. Tradycyjną metodą pomiar trwałby milion sekund, czyli ponad 11,5 dnia! Poza pomiarem częstotliwości możliwy jest pomiar okresu. Można zmierzyć czas trwania stanu wysokiego i niskiego badanego sygnału. Na podstawie tych pomiarów wyliczany jest współczynnik wypełnienia z rozdzielczością 0,01%. Miernik ma dwa wejścia, drugie nie mierzy czasów, tylko częstotliwość, ale można przełączyć je w tryb licznika impulsów z przechwytywaniem i resetem. Ze względu na to, że impulsy sygnału wejściowego są zliczane w liczniku 32-bitowym, który może być taktowany częstotliwością do 42MHz, nawet przy bramkowaniu 100 sekund nie następuje przepełnienie licznika. Miernik nie ma automatycznej zmiany zakresu, tylko wynik pomiaru jest reprezentowany w inny sposób. Podobnie przy pomiarze czasu, pomiar trwający 10 sekund nie jest w stanie przepełnić licznika taktowanego 42MHz. W tym przypadku także sposób reprezentacji pomiaru jest różny dla różnych sygnałów wejściowych. Wynik pomiaru jest prezentowany na ośmiu wyświetlaczach 7-segmentowych oraz dodatkowym OLED 128×64 piksele. Mikrokontroler jest taktowany generatorem kwarcowym, ale można doprowadzić sygnał z zewnętrznego precyzyjnego generatora, który może być






eprasa.pl bc983a300b

synchronizowany jeszcze precyzyjniejszym wzorcem, na przykład sygnałem GPS. Do licznika można podłączyć rozbudowany układ obwodów wejściowych AVT3277 sterowany magistralą I2C.

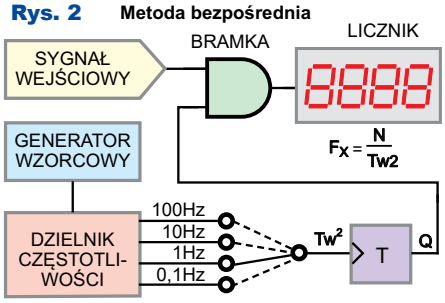
## Opis układu

Schemat ideowy pokazany jest na **rysunku 1**. Jak widać, budowa miernika nie jest skomplikowana, czego nie można powiedzieć o pierwszym, który zbudowałam ponad 30 lat temu. Miał 37 układów TTL, pobierał 1,5A, mierzył częstotliwość do 125MHz (układy rodziny 74S rodzimej produkcji) w sześciu zakresach przełączanych ręcznie przyciskami góra dół, więc był przygotowany do automatycznej zmiany zakresu, której się nigdy nie doczekał. Mierzył okres i czas trwania poziomu H, L sygnału. Wyniki były prezentowane na 6-cyfrowym wyświetlaczu 7-segmentowym. Gdy budowałam tamten miernik, nie miałam oscyloskopu. Analizatory logiczne były nieosiągalne dla przeciętnego Kowalskiego. Miałam tylko prostą sondę TTL. Z tego powodu uruchomienie miernika trwało kilka dni. Samo wiercenie PCB pochłonęło cały dzień, bo na płytce było ponad 700 otworów. Mimo że konstrukcja była dosyć nietypowa, redakcja „Radioelektronika" nie była zainteresowana publikacją, a konkurencyjne czasopisma jeszcze nie istniały. Dlaczego nie byli zainteresowani? Tego nie wiem. Może nie chcieli uwierzyć, że młody człowiek może zaprojektować tak skomplikowane urządzenie, wykonać w domu dwuwarstwową PCB i całość działa. Teraz jest inaczej. Płytek nie trzeba robić w domu, a AVT wykona prototypowe płytki nieodpłatnie.

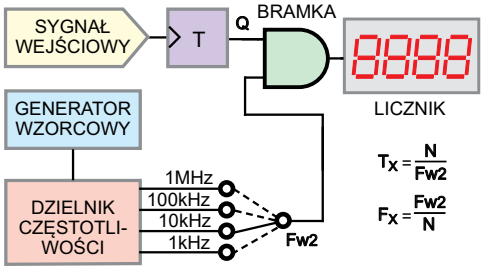
Czy teraz do uruchomienia prezentowanego licznika wymagany jest oscyloskop i/lub analizator logiczny? Tylko jeśli wystąpią jakieś problemy, to bez oscyloskopu czy analizatora stanów logicznych pewnie się nie obejdzie. Jednak szansa na bezproblemowe uruchomienie miernika są bardzo duże.

Przed opisaniem konstrukcji przybliżę metody pomiaru częstotliwości i czasu, bo czy pomiar dokonywany jest z użyciem układów TTL, CPLD/FPGA, czy mikrokontrolera, zasada pomiaru nie zmieniła się od lat. Pierwsza metoda pomiaru to metoda bezpośrednia – **rysunek 2**. Generator wzorcowy poprzez zespół dzielników wytwarza przebieg o okresie wzorcowym. W przykładzie z rysunku 2 poza podstawowym sekundowym okresem (1Hz) jest jeszcze 10 sekund (0,1Hz), 100ms (10Hz) i 10ms (100Hz). Sygnał wzorcowy trafia na dzielnik przez dwa, w tym przypadku zbudowany z przerzutnika T. Zakładając, że wybrano sygnał wzorcowy 1Hz, na wyjściu przerzutnika pojawi się sygnał o okresie dwóch sekund (0,5Hz), gdzie stan wysoki będzie trwał sekundę, tak samo jak i stan niski. W czasie stanu wysokiego na wyjściu bramka przepuści do licznika liczbę impulsów odpowiadającą mierzonej częstotliwości, przykładowo sygnał 1kHz spowoduje zliczenie 1000 impulsów. Taka metoda pomiaru jest dobra dla wysokich częstotliwości. Miernik cyfrowy, zależnie od momentu, w którym rozpoczyna pomiar, może zliczyć faktyczną liczbę impulsów lub o jeden mniej (zauważy jedno zbocze). W konsekwencji ostatnia cyfra może się zmieniać podczas pomiarów. Dlatego w przypadku mierników cyfrowych podaje się dokładność w procentach i cyfrach wyświetlacza. W tym przypadku będzie to ±1.

Rys. 2 Metoda bezpośrednia

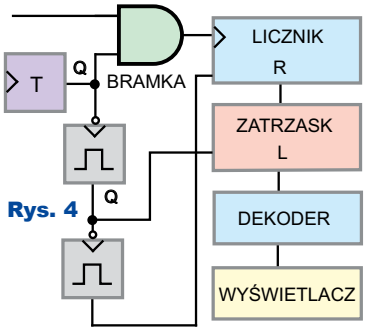



Rys. 3 Metoda pośrednia - pomiar okresu




Gdy mierzona częstotliwość jest niska, przykładowo 10Hz, bramkując sygnałem 1 sekundy, możemy uzyskać wynik 10 lub 9. Daje to też 10% niedokładności. Dla porównania, bardzo kiepski kwarc 100ppm ma dokładność 0,01%. Wynika z tego, że dopiero gdy mierzymy częstotliwość 10kHz niedokładność kwarcu może o sobie dać znać. Z tego powodu przy pomiarze niskich częstotliwości lepsza jest metoda pośrednia – **rysunek 3**. W tym przypadku sygnał wejściowy trafia na dzielnik przez dwa, dzięki czemu na wyjściu pojawia się stan niski trwający tyle, co okres mierzonego sygnału. Generator wzorcowy generuje sygnał o wysokiej częstotliwości, który trafia na bramkę. Jak widać, zamienione zostały role generatora i sygnału wejściowego. Zakładając, że na wejście podany jest sygnał mierzony o częstotliwości 2Hz, którego okres trwa 500ms, a generator wzorcowy generuje 1000Hz (1kHz), licznik zliczy 500 impulsów. Zgodnie ze wzorem Tx = N / Fwz, okres sygnału mierzonego wynosi 500 / 1000Hz = 0,5Hz = 500ms, częstotliwość zaś, według wzoru Fx=Fwz/N, wynosi 1000Hz / 500 = 2Hz. Ze względu na to, że w czasach „nieprocesorowych" takie obliczenia do łatwych nie należały, liczniki częstotliwości najczęściej mierzyły metodą bezpośrednią. Liczniki na rysunkach 2 i 3 pokazano w postaci uproszczonej, nie miałby prawa w praktyce działać poprawnie, bo nie są zerowane przed rozpoczęciem zliczania. Praktyczna realizacja licznika wyglądać może jak na **rysunku 4**. W czasie stanu wysokiego na wyjściu przerzutnika T bramka przepuszcza impulsy, które są zliczane. Opadające zbocze sygnału na wyjściu przerzutnika wyzwala multiwibrator, który przepisuje zliczoną wartość do przerzutników LATCH, natomiast opadające zbocze pierwszego multiwibratora wyzwala kolejny, który zeruje licznik, przygotowując go do kolejnego pomiaru. Bardziej rozbudowane liczniki miały synchronizację sygnału bramkującego z mierzonym przebiegiem, dzięki czemu wynik pomiaru nie zmieniał ostatniej cyfry, oczywiście o ile badany sygnał był stabilny. Czasem liczniki były budowane na bazie liczników rewersyjnych z ustawianiem. Umożliwiało to wpisanie częstotliwości pośredniej, odejmowanie jej lub dodawanie przy pomiarze. Konstrukcja takiego licznika była skomplikowana i 37 układów scalonych nie wystarczało, a i pobór prądu zdecydowanie przekraczał 1,5A.

Praktyczna realizacja licznika




Rys. 4

Po (nie)zbędnej teorii przejdźmy do opisu miernika. Układ zasilany jest napięciem 5–5,5V doprowadzonym do złącza J6 lub 5V na J9. Napięcie to można nieznacznie zwiększyć. Jego górną wartość ograniczają diody LED D1, D2 i D8 sterowane z portu PA11 oraz diody wyświetlaczy LED przyłączone do portów PA i PB. Miernik można zasilić napięciem do 6,5V. Układ U4 stabilizuje napięcie dla mikrokontrolera i wyświetlacza OLED,



eprasa.pl bc983a300b

Top www www.piekarz.pl
Firma Piekarz Sp. J.
Hurtowania Części
Elektronicznych
Tel.: 22-835-50-37
Tel.: 22-835-50-41

natomiast diody i wyświetlacze LED zasilane są z 5V. Prototyp zasilany napięciem 5,5V pobierał ok. 100mA podczas wyświetlania „0.999985”, co wydziela na stabilizatorze U4 około 500mW mocy. Do jej rozproszenia wystarczy niewielka powierzchnia miedzi na płytce. Główną rolę w mierniku odgrywa mikrokontroler U1 STM32F401RCT6, który został wybrany ze względu na niską cenę w stosunku do możliwości. W swoim wnętrzu ma 256kB pamięci FLASH, 64kB RAM, 8 timerów, w tym dwa 32-bit, po kilka UART, SPI, I2C, do tego RTC, dwa układy watchdog, wiele innych udogodnień i ma FPU, co nie jest takie oczywiste w mikrokontrolerach ARM. Mikrokontroler jest taktowany sygnałem 8MHz, ale wewnętrzny PLL powiela tę częstotliwość do 84MHz.

Mikrokontroler steruje ośmioma multipleksowanymi wyświetlaczami 7-segmentowymi. Dodatkowe informacje są wyświetlane na wyświetlaczu OLED 128×64 piksele przyłączonym do J5, który komunikuje się z mikrokontrolerem przez magistralę I2C. Linie magistrali są podciągane rezystorami 2,2kΩ. Ponad dwa razy mniejsza wartość rezystorów niż najczęściej spotykana 4,7kΩ wynika z tego, że wyświetlacz pracuje w trybie FAST (400kHz), a do magistrali mogą być podłączone kolejne płytki przyłączone do J12. Obsługę miernika umożliwia klawiatura składająca się z ośmiu przycisków oraz enkodera. Aby nie używać mikrokontrolera w większej obudowie, klawiatura obsługiwana jest, tak jak wyświetlacze – przez multipleksowanie. Ponieważ nie przewiduje się naciśnięcia więcej niż jednego przycisku w tym samym czasie, budowa klawiatury została uproszczona i nie zamontowano w niej diod separujących. To, ze względu na sterowanie jej razem z anodami wyświetlacza, powoduje fałszowanie wyświetlanej treści w przypadku naciśnięcia równocześnie więcej niż jednego przycisku oraz powoduje zwarcia pomiędzy portami mikrokontrolera. Krótkotrwałe zwarcia nie doprowadzą do ich uszkodzenia, ale takie postępowanie nie jest zalecane. Enkoder jest przyłączony bezpośrednio do wejść mikrokontrolera. Sygnał wejściowy przechodzi przez prosty wzmacniacz zbudowany na tranzystorze T1. Mimo wypróbowania dwóch rozwiązań, o czym w dalszej części artykułu, nie byłam zadowolona z ich pracy. Dlatego zdecydowałam się pominąć wzmacniacz, bo i tak planowałam zaprojektować bardziej rozbudowane obwody wejściowe. Wejścia A, B, 1PPS i LATCH/RESET

Rys. 5

mikrokontrolera zabezpiecza transil D3. Złącze J10 umożliwia doprowadzenie zewnętrznego sygnału bramkującego; jeśli ta możliwość nie jest wykorzystana, należy zewrzeć piny 3 i 4 złącza. J11 umożliwia komunikację z modułem GSM oraz sterowanie generatorem VCO. Na USART dostępny na złączu J7 wysyłane są informacje o zmierzonej częstotliwości i czasie. Parametry transmisji 921600 8N1. J8 służyła do prób z wyświetlaczem komunikującym się przez SPI. Na razie ta funkcja nie jest wykorzystana. J3 umożliwia zaprogramowanie mikrokontrolera. W J2 wykorzystane jest na razie tylko wyprowadzenie numer dwa umożliwiające przechwycenie i zresetowanie licznika B. Niewykluczone, że gdy Czytelnicy wykażą zainteresowanie poparte listami do redakcji, funkcja zatrzaskiwania i resetowania zostanie rozdzielona. Wtedy to wykorzystane będzie kolejne wyprowadzenie złącza J2. J4 umożliwia podłączenie rezonatora kwarcowego 32kHz i baterii, co pozwoli uruchomić RTC. Do J13 można podłączyć konwerter USB-UART, który może zapewnić komunikację z mikrokontrolerem (złącze J7). Pamięć EEPROM U3a lub U3b jest konieczna tylko wtedy, gdy wymagane jest, aby ustawienia miernika były zapamiętane po wyłączeniu zasilania. Czytelników może zastanowić, dlaczego EEPROM nie została emulowana w pamięci FLASH. Otóż STM32F401 ma pięć stron pamięci o rozmiarach 4×16kB, 64kB i 128kB. EEPROM najlepiej emulować na ostatnich stronach pamięci, w konsekwencji 192kB zostałoby stracone. Jeśli skorzystać z pierwszych stron po 16kB, aby zapisać kilkadziesiąt bajtów w emulowanym EEPROM, trzeba poświęcić 48kB FLASH (strona 0 skok do programu, strony 1 i 2 na EEPROM), tyle ile RAM miał ZX-Spectrum ☺. Pod tym względem seria F4 nie jest zbyt atrakcyjna. Miałam dylemat, czy zastosować pamięć w obudowie TO-92, czy prawie dwa razy tańszą w SOIC-6. W prototypie zdecydowałam się na TO-92, ale w docelowej płytce pozwoliłam wybrać użytkownikowi typ pamięci pomiędzy tanią, ale trudniejszą w montażu SOIC-6, a droższą, ale łatwą do wlutowania TO-92.

## Kilka słów o oprogramowaniu

Program napisano z wykorzystaniem CubeIDE. Zajmuje 85kB FLASH z dostępnych 256, używa 10kB RAM z dostępnych 64kB. Z dostępnych ośmiu timerów wykorzystano siedem, plus systemowy generujący przerwania co 1ms, przy czym do samego pomiaru częstotliwości i czasu wystarczą cztery.

Pomiar częstotliwości realizuje timer1 ustawiony w tryb GATED MODE – **rysunek 5**. ***Uwaga! Ze względu na obecność mnóstwa rysunków i fotografii, nie mogą mieć wysokiej jakości w wersji drukowanej – oryginały o wysokiej jakości są dostępne w Elportalu wśród materiałów dodatkowych do tego numeru EdW***. Sygnał taktujący licznik jest pobierany z wejścia „ETR1” (PA12, pin 45), zliczanie bramkuje „TI1FP1” (PA8, pin 41). Ze względu na to, że licznik jest 16-bitowy, starsze słowo zliczane jest programowo w przerwaniu.

```
uint16_t volatile timH;
void irqTim1update(){
 timH++;
}
```

Sygnał bramkujący wywołuje przerwanie

```
uint32_t volatile Freq;
void irqTim1trigger(void){
 Freq = TIM1->CNT | timH << 16;
 TIM1->CNT = timH = 0;
 FreqAend = true;
}
```

Aby uniknąć czasochłonnych obliczeń zmiennoprzecinkowych (przeliczanie częstotliwości na czas), w przerwaniu jest wykonywana tylko prosta operacja przesuwania i dodawania oraz ustawiana flaga „FreqAend” dla pętli głównej programu. Dzięki temu czasochłonne operacje wykonywane są w pętli głównej, a nie w przerwaniu. Chwila odczytu licznika timera 1 nie ma większego znaczenia, ponieważ ze względu na bramkowanie nie zmienia on już swej wartości.

Pomiar czasu jest zrealizowany jeszcze prościej, a to za sprawą 32-bitowego licznika w trybie COMBINED MODE INPUT PWM – **rysunek 6**. Ze względu na to, że HAL dla STM32 nie zawsze jest wygodny, konfigurację licznika zrealizowano, pisząc bezpośrednio do rejestrów.

```
TIM2->ARR = UINT32_MAX;
TIM2->PSC = 0;
TIM2->CCMR1 = TIM_CCMR1_CC1S_0 | TIM_CCMR1_CC2S_1;
TIM2->CCER = TIM_CCER_CC2P | TIM_CCER_CC1E | TIM_CCER_CC2E;
TIM2->SMCR = TIM_SMCR_TS_2 | TIM_SMCR_TS_0 | TIM_SMCR_SMS_2;
TIM2->CR1 = TIM_CR1_CEN;
```



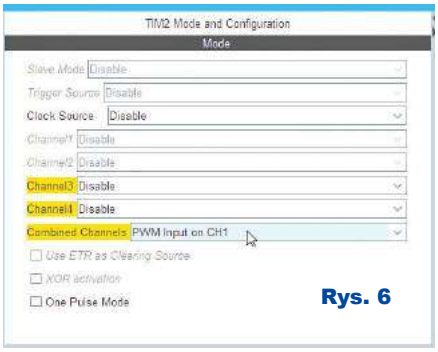
eprasa.pl bc983a300b

W tym przypadku nie są używane przerwania. Pomiar czasu impulsu i okresu jest mierzony sprzętowo, więc wystarczy w programie głównym sprawdzać flagę przerwania, a gdy ustawiona odczytać rejestry. Realizuje to poniższa sekwencja rozkazów.

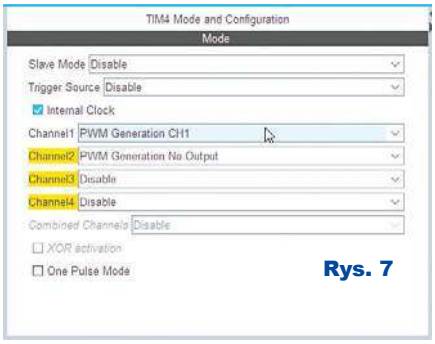
```
if( TIM2->SR & TIM_IT_TRIGGER ) {
// Czy flaga wyzwolenia ustawiona ?
TIM2->SR &= ~TIM_IT_TRIGGER; //Kasuj flagę
 impuls = TIM2→CCR2; Okres = TIM2→CCR1; }
```

Timer 3 mierzy częstotliwość wejścia B tak samo jak i timer 1 wejścia A. Przewidziano możliwość pracy wejścia B w roli licznika zdarzeń. Opadające zbocze na wejściu PC12 (pin 53) odczytuje stan licznika, przepisuje do zmiennej, po czym zeruje licznik. Tę samą funkcjonalność można uzyskać z klawiatury miernika. Timer 4 generuje sygnał PWM (**rysunek 7**) służący do sterowania generatorem VCO, ale ze względu na to, że potrzebna jest do tego dodatkowa płytka z generatorem (AVT3276), nie będę teraz przybliżała szczegółów podobnie jak i pracy timera 11 (**rysunek 8**), którego zadaniem jest pomiar czasu sygnału wzorcowego 1Hz, aby korygować napięcie na VCO. Timer 5 (**rysunek 9**) generuje sygnał GATE. Jego nastawy są modyfikowane w programie tak, aby uzyskać sygnał bramkujący o czasach 100ms, sekundy, 10 sekund lub 100 sekund. Sygnał ten jest wyprowadzony na zewnątrz przez J10. Dzięki temu zewnętrzny multiplekser sterowany linią „GateMUX" może doprowadzić do wejść bramkujących timerów 1 i 3 sygnał z mikrokontrolera lub zewnętrznego źródła. Timer 10 (**rysunek 10**) służy do odmierzania mikrosekundowych odcinków czasu na potrzeby interfejsu 1-Wire. Najlepszym sposobem obsługi tegoż interfejsu jest UART, ale dwa są zajęte na inne cele (komunikacja z terminalem i moduł GPS), a trzeciego nie da się użyć, bo występuje konflikt z innymi peryferiami – **rysunek 11**. Tak oto, na potrzeby banalnego, wydawałoby się, licznika częstotliwości wykorzystano siedem z ośmiu dostępnych timerów, w tym dwa 32-bitowe oraz jeden wbudowany w architekturę ARM. W mierniku skorzystano z wielopoziomowego systemu przerwań (**rysunek 12**).

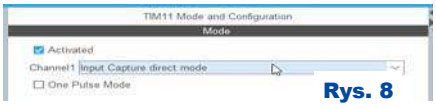
Krytyczne czasowo operacje realizowane są przez przerwania. Tam, gdzie się dało odciążyć CPU (wysyłanie danych przez I2C do wyświetlacza OLED, wysyłanie danych przez UART), skorzystano z dobrodziejstw DMA, dobrodziejstwa niedostępnego w AVRmega/tiny. W pętli głównej obsługiwany jest licznik watchdog, po czym CPU jest usypiany, dzięki czemu zmniejsza się emisja EMI. Po wybudzeniu przez przerwanie, czyli nie później niż po 1ms (przerwanie systemowe „SysTick"), sprawdzana jest zawartość buforów UART GSM. Pozwala to określić, z ilu satelitów jest odbierany sygnał. W kolejnym kroku obsługiwana jest dioda „GATE" na panelu przednim. Jeśli miernik pracuje w trybie częstościomierza, dioda odzwierciedla stan wejścia bramkującego PA8, a jeśli w trybie miernika czasu – odzwierciedla stan wejścia sygnału PA12. Następnie wykonywane są, o ile istnieje taka potrzeba, zapisy do pamięci EEPROM. Pierwotnie funkcje zapisu EEPROM DS2431, przeniesione z AVR (zaleta C, Basic takich „luksusów" nie zapewnia), „blokowały" CPU na 10ms przy zapisie każdej strony, co dawało łączny czas zapisu struktury konfiguracji EEPROM 80ms. Nie wpływało to na pracę miernika, bo pomiary realizowane są sprzętowo i na przerwaniach, ale nieładnie wyglądało zatrzymanie odświeżania OLED przy odliczaniu czasu bramkowania. Z tego powodu funkcje zostały wzbogacone o nieblokujące.



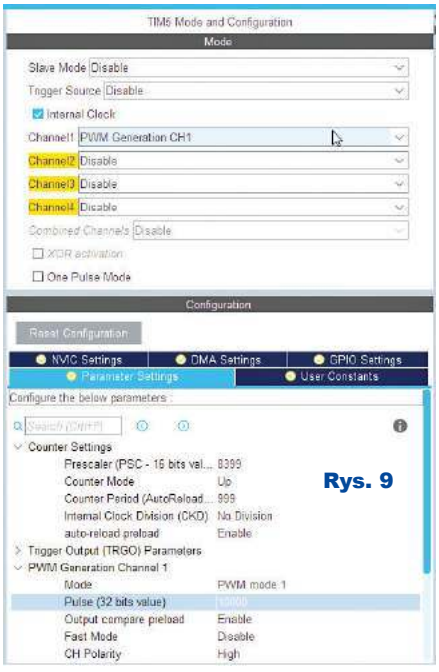
Rys. 6



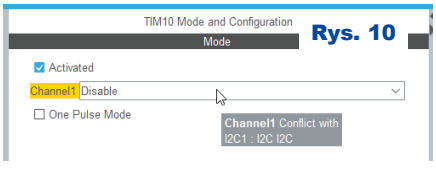
Rys. 7



Rys. 8

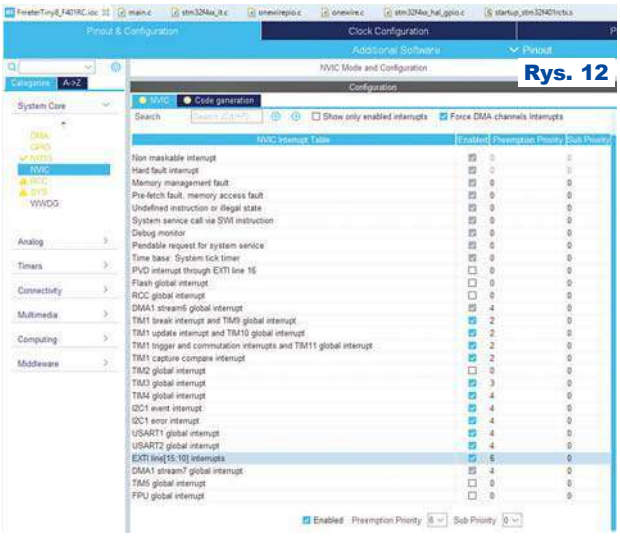


Rys. 9



Rys. 10

Rys. 11



Rys. 12

*Ciąg dalszy na stronie 21*



eprasa.pl bc983a300b

# Przełącznik do żyrandola v2.5

Nowa wersja przełącznika do żyrandola AVT3048, dostosowana do pracy ze współczesnym oświetleniem LED.

## Do czego to służy?

W styczniowym numerze EdW w roku 2013 zaprezentowany został projekt przełącznika do żyrandola, na którego bazie powstał kit AVT3048. Była to druga, ulepszona wersja urządzenia, a zmiany dotyczyły m.in. sposobu zasilania. Sytuacja na rynku oświetleniowym się zmienia. Zniknęły „żarówki – świetlówki kompaktowe", a dostępne są rozmaite odmiany „żarówek LED". W kilku ostatnich latach otrzymywałem informacje o problemach z oświetleniem LED podłączonym do przełącznika. W większości dotyczyły one „mrugania", które normalnie nie występowało, gdy lampka była podłączona bezpośrednio do sieci.

Bliższe zapoznanie się z nowoczesnymi źródłami światła LED oprawionych w popularne cokoły E27, E14, GU10 czy G9 wykazało, że wymagają innego sterowania niż to zastosowane w układzie. Na przestrzeni lat konstrukcje oświetlenia LED poszły w kierunku maksymalnego uproszczenia ich obwodów zasilania, co korzystnie odbiło się na cenie oraz rozpowszechnieniu. Niestety, prostota układu zasilania powoduje problemy ze sterowaniem za pomocą triaków.

Aby wyjść naprzeciw tym problemom, postanowiłem opracować kolejną wersję urządzenia, która będzie umożliwiała bezproblemową współpracę z obecnymi na rynku źródłami światła. Głównym założeniem było opracowanie takiej modyfikacji, aby możliwe było wykorzystanie istniejącego zestawu AVT3048, stąd też niepełny numer wersji v2.5.

W dalszej części opisuję przyczynę nieprawidłowego działania oraz modyfikację, która ją eliminuje.

## Jak to działa?

Schemat z naniesionymi zmianami przedstawiony jest na **rysunku 1**. Topologia układu jest taka sama jak w wersji poprzedniej, zaktualizowane zostały jedynie wartości rezystorów R2, R3 i ściślej określony typ triaków TR1, TR2.

Okazało się, że na przyczynę problemów z oświetleniem składa się kilka czynników.

W poprzedniej wersji, opracowanej w 2012 roku, każdy z triaków włączany jest podawanym na bramkę krótkim impulsem, który trwa 3ms od momentu przejścia napięcia sieci przez zero.

Prąd bramki nie płynie w całym półokresie i może on mieć większą wartość niż wydajność prądowa zasilacza, ponieważ pobierany jest również z kondensatora magazynującego energię.

Długość trwania impulsu była tak dobrana, aby zapewnić niski spadek napięcia zasilającego przy zapewnieniu jednocześnie wystarczającego prądu bramki triaka. Rezystory bramek o wartości 100Ω pozwalały na uzyskanie prądów bramki o wartości ponad 35mA, co jest wartością wystarczającą do załączenia większości triaków z rodziny BT.

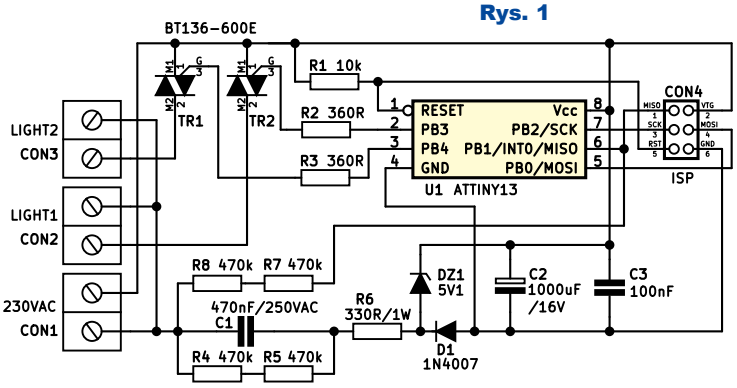
Czy jednak krótki 3-milisekundowy impuls wyzwalający triak w zupełności wystarczy do wysterowania lampki LED?

Otóż taki sposób sterowania triakiem wymaga, aby po zakończeniu impulsu przez strukturę popłynął pewien prąd, określany prądem podtrzymującym triaka $I_H$ (*holding current*).

W przypadku klasycznych żarówek czy innych obciążeń rezystancyjnych łatwo jest przewidzieć, czy prąd przezeń pobierany jest wystarczający do podtrzymania załączenia triaka, ponieważ pobór ma charakter ciągły. Nowoczesne źródła światła w postaci lampek LED czy nawet świetlówek kompaktorych CFL takiej cechy nie mają. Pobierają z sieci prąd w sposób impulsowy, a wynika to z budowy ich układów zasilania. Co gorsza – układy zasilania w poszczególnych odmianach „żarówek LED" mają różną postać.

Aby to zbadać, otworzyłem obudowy kilku różnych, uszkodzonych egzemplarzy lampek LED. Pozwoliło to zapoznać się z ich obwodami zasilającymi. Natrafiłem na trzy różne rozwiązania, które prezentują **fotografie 1–3**. Ich krótkie charakterystyki wyglądają następująco:

**Rys. 1**






eprasa.pl bc983a300b

1 – cokół GU10, zasilacz z reaktancyjnym ograniczeniem prądowym, 14 diod połączonych w szereg, na każdej z nich spadek napięcia około 10V, co daje w sumie 140V napięcia zasilającego moduł z diodami LED.
2 – cokół GU10, przetwornica obniżająca, 60 diod LED w konfiguracji szeregowo połączonych 6 zespołów po 10 diod równolegle, 2,4V spadek napięcia na pojedynczej diodzie, co daje napięcie zasilania modułu LED 14,4V.
3 – cokół G9, filament, luminofor COB, liniowe ograniczenie prądu w postaci układu CYT1000B, kondensator filtrujący za mostkiem prostowniczym o wartości tylko 10nF, nieznana liczba diod LED.

W rozwiązaniach zastosowanych w modelach z fotografii 1 i 2 za mostkiem Graetza umieszczony jest kondensator elektrolityczny wygładzający tętnienia wyprostowanego napięcia. Chwilowa różnica napięcia sieci i napięcia na tym kondensatorze determinują wartość prądu płynącego przez zaciski lampki LED. Impulsowy charakter poboru prądu wynika zatem z tego, że w pewnej chwili wartość sinusa napięcia sieci jest większa od napięcia na kondensatorze w zasilaczu.

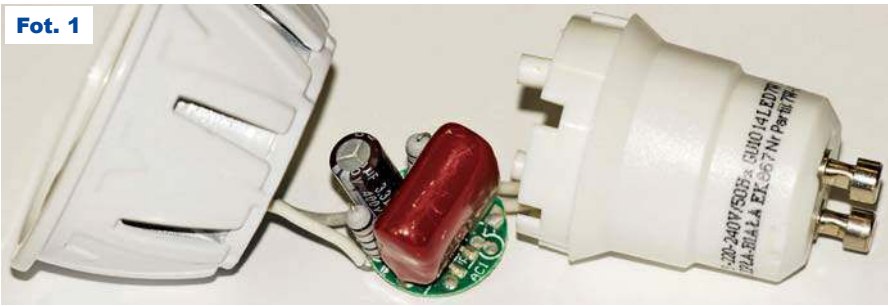
Inaczej jest w przypadku modelu z fotografii 3, gdzie brak jest elektrolitycznego kondensatora zdolnego zgromadzić znaczący ładunek do zasilenia diod LED. Tutaj impulsowy charakter przebiegu prądu na zaciskach lampki jest spowodowany tym, że w pewnym momencie napięcie sieci wystarcza do zasilenia szeregowo połączonych diod.

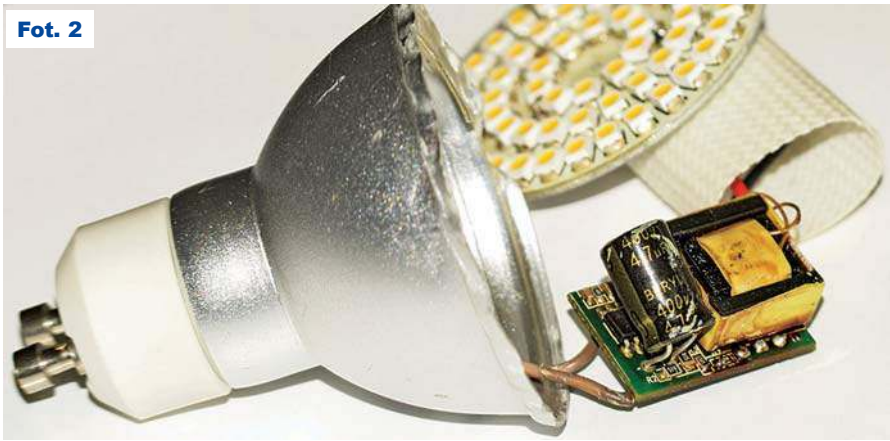
Jeśli chodzi o długość impulsu prądu sterującego triakami, można zauważyć następujący fakt – napięcie sieci w ciągu 3ms od przejścia przez zero osiąga wartość bezwzględną około 262V (maksymalna wartość to 324V, osiągana w czasie 5ms od przejścia przez zero). Czy jest możliwe, aby w tym punkcie lampka LED nie pobierała prądu?

Rzut oka w dokumentację zastosowanego liniowego stabilizatora prądu potwierdza te obawy. W jednej z kilku aplikacji, przedstawionej na **rysunku 2**, producent informuje o napięciu pracy 270–285V, co świadczy o tym, że sterowanie za pomocą impulsów podawanych na bramkę w tym przypadku się nie sprawdzi.

Choć modele 1 i 2 pracują bez zakłóceń, to przypadek 3 przekreśla uniwersalność układu sterowania w przełączniku.

W czasie, kiedy powstawała poprzednia wersja układu, istniał niewielki wybór lampek LED i były to głównie markowe produkty z solidnym układem zasilania w postaci przetwornicy obniżającej. Przykładowo do testów używałem wtedy lampki


Fot. 1


Fot. 2

Fot. 3

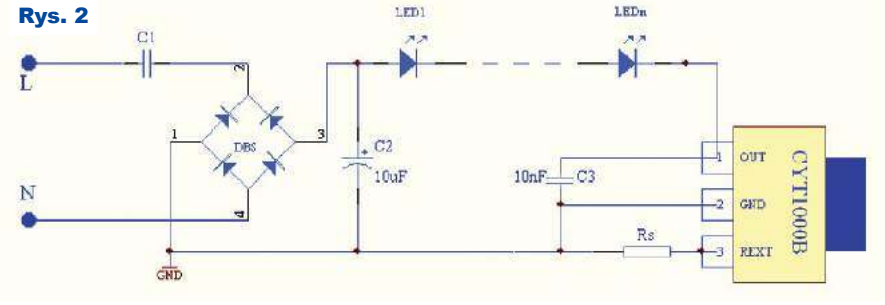
PARATHOM PAR16 (do dziś służącej), która właśnie taki zasilacz ma. Jak wykazały testy wtedy, także i obecnie jest to najbardziej elastyczny układ zasilania, ponieważ jest w stanie skutecznie zapewnić ten sam strumień świetlny przy dużych wahaniach napięcia zasilającego po stronie pierwotnej.

Wniosek jest taki, że skutecznym rozwiązaniem przy zastosowaniu minimalnej liczby zmian w układzie elektronicznym jest zastosowanie pełnego sterowania bramką triaka. To rozwiązanie daje pewność, że triak będzie włączony pomimo niskich prądów obciążenia.

Bezpośrednią konsekwencją jest zwiększenie średniego prądu pobieranego przez bramki triaków. Naturalnym rozwiązaniem wydaje się zastosowanie triaka z czułym obwodem bramki, co pozwoliłoby na obniżenie poboru prądu przez układ.

Triaki serii BT136 mają kilka odmian, różniących się napięciem pracy i czułością. Typ o oznaczeniu 600D z prądem bramki 5mA dawał nadzieję na jeszcze większą oszczędność prądu do 10mA.

Niestety, podczas testów dały znać o sobie inne niuanse tego elementu. Okazało się na przykład, że triak o niskim prądzie bramki może się włączyć, pomimo że jego bramka jest niepodłączona. Pomiary oscyloskopem pokazały, że podczas włączania włącznikiem na elektrodach triaka powstaje

Rys. 2





eprasa.pl bc983a300b

**Wykaz elementów**

| | |
|---|---|
| R1 | 10kΩ |
| R2 | 360Ω |
| R3 | 360Ω |
| R4 | 470kΩ |
| R5 | 470kΩ |
| R6 | 330R/1W |
| R7 | 470kΩ |
| R8 | 470kΩ |
| C1 | 470nF/250VAC |
| C2 | 1000uF/16V |
| C3 | 100nF |
| D1 | 1N4007 |
| DZ1 | 5V1 |
| TR1 | BT136-600E |
| TR2 | BT136-600E |
| U1 | ATTINY13 |
| CON1 | Złącze ARK2 |
| CON2 | Złącze ARK2 |
| CON3 | Złącze ARK2 |
| CON4 | Goldpin 2×3 |
| Podstawka 8dip | |

czasami impuls wysokiego napięcia o stromych zboczach. Dodanie elementów tworzących gasik rozwiązuje problem, niestety nie ma nań miejsca na płytce.

Ostatecznie w nowej wersji pojawia się triak BT136-600E z prądem bramki 10mA. Nie jest tak bardzo czuły na krótkie przepięcia, co wykazały testy. Rezystory bramek są zmienione z oporności 100Ω na 360Ω.

Ponieważ wydajność prądowa istniejącego zasilacza wynosi około 20mA, liczy się każdy miliamper. Konieczna była dalej idąca oszczędność prądu i w tym celu zmniejszyłem częstotliwość taktowania mikrokontrolera do 128kHz.

Ponadto gruntownej zmianie uległ program umieszczony w mikrokontrolerze. Między innymi zmieniła się struktura programu; został napisany jako maszyna stanów. Pojawiły się również fragmenty chroniące przed zakłóceniami pochodzącymi od przełącznika.

Program napisany w języku C został skompilowany za pomocą kompilatora XC8 w wersji v2.10.

Źródło oraz wsad do procesora dostępne są w materiałach umieszczonych na Elportalu.

## Montaż i uruchomienie

Jeżeli mamy do czynienia z układem jeszcze niezmontowanym, robimy to w sposób opisany w dokumentacji kitu AVT3048, używając przy tym nowego zestawu elementów TR1, TR2, R2, R3.

Co innego, gdy przeprowadzamy modyfikację układu zmontowanego już wcześniej. Wszelkich zmian dokonujemy w układzie całkowicie odłączonym od instalacji elektrycznej.

Na początku demontujemy triaki, a później wskazane wcześniej rezystory. Dokonujemy tego, najpierw usuwając spoiwo z punktów lutowniczych wymienianych elementów: R2, R3 i TR1, TR2, z użyciem odsysacza cyny lub miedzianej plecionki i topnika. Po wyjęciu elementów z otworów montażowych oczyszczamy pola lutownicze z topnika, używając do tego ostrego narzędzia i rozpuszczalnika w postaci IPA. Następnie montujemy nowe elementy, pamiętając o prawidłowym ułożeniu triaków, zgodnie z fotografią.

Zaprogramowanie mikrokontrolera można przeprowadzić w układzie, zasilając z programatora (dioda prostownika blokuje przepływ prądu przez diodę Zenera). Przed uruchomieniem należy sprawdzić, czy nie ma zwarcia, szczególnie w obszarze końcówek triaków.

Układ nie wymaga specjalnego uruchamiania i powinien zadziałać od razu.

Montażu układu w instalacji powinny dokonywać osoby pełnoletnie, w pełni świadome zagrożenia ze strony prądu elektrycznego.

**Piotr Wójtowicz**
piotr.wojtowicz@elportal.pl

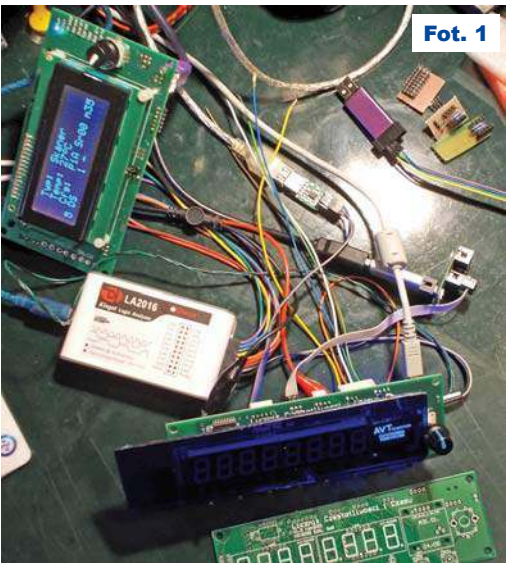
*Ciąg dalszy ze strony 18*

Podczas przenoszenia funkcji obsługi 1-Wire wspomagano się analizatorem logicznym i emulatorem/skanerem 1-Wire – **fotografia 1** (artykuł opisujący emulator znajduje się w „Elektronice Praktycznej“ 7/2020), który wraz z programem terminala i debugerem ułatwił pracę – **rysunek 13**. Po przeniesieniu podstawowej komunikacji zrealizowano odczyt w szybkim trybie overdrive – **rysunek 14**. Po ewentualnej obsłudze EEPROM sprawdzana jest klawiatura, a właściwie bufor klawiatury obsługiwany w przerwaniach. Po tym następuje obsługa wyświetlacza OLED oraz wypełniany jest bufor wyświetlacza LED, obsługiwanego, jak się łatwo domyślić, w przerwaniu SysTick wywoływanym co milisekundę. Na końcu pętli głównej następuje wysłanie danych na terminal.

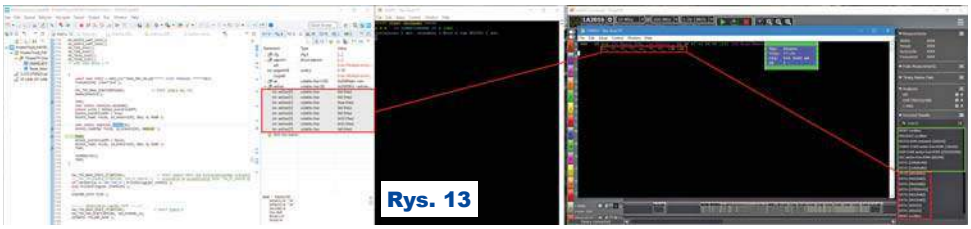
Typowy czas obiegu pętli głównej to 2,2µs. W tym czasie AVR taktowany zegarem 16MHz wykona 35,2 taktu, co daje średnio 20 rozkazów.

Montaż i uruchomienie licznika zostaną omówione w następnym numerze

**SaS**
sas@elportal.pl



Fot. 1


Rys. 13

Rys. 14



eprasa.pl bc983a300b

**Ciąg dalszy ze strony 9**

*Natomiast, co istotne, moim zdaniem autor powinien teraz wykonać drugi układ Kalkulatora TTL, usuwając z niego błędy, które musiał ręcznie korygować – wtedy byłby to w 100% dopracowany i dokończony projekt. Problem, który napotkał autor i który powstaje zawsze przy wykonaniu prototypu – wymiary/rozstaw elementów. W tym przypadku autor musiał szlifować układy scalone, aby się zmieściły. Jednak nawet kiedy już są na swoich miejscach, nadal jest defekt konstrukcyjny, bo gdyby trzeba było któryś układ wymienić, nie ma bezpośredniego dostępu do niego i trzeba wyjąć cały rząd układów. Układy powinny być rozmieszczone tak, aby można było je w razie potrzeby wymienić bez zbędnego demontażu innych. To taka uwaga dotycząca projektów. Pierwszy prototyp oprócz tego, że pokaże, czy i jak działa, daje obraz wymiarów i rozmieszczenia. W drugiej poprawionej wersji zmieniamy pewne wymiary i rozmieszczenie podzespołów, aby ułatwić montaż, żeby ten montaż stał się możliwy bez dodatkowych czynności (jak właśnie np. szlifowanie układów), ale też mamy możliwość zacieśnienia pewnych obszarów, jeśli powstały tam niepotrzebne „luzy" w rozkładzie podzespołów.*

*3 – **Felietony**. Od pewnego czasu redakcja publikuje felietony (kilku tych samych autorów). Czytam je i czasem nawet trafiają się ciekawe, ale moim zdaniem jest to marnotrawstwo miejsca w piśmie. Pierwsza rzecz – felietony zazwyczaj są o tym samym, czyli narzekanie, jak to jest źle, bo coraz trudniej coś naprawić, a uparci producenci utrudniają życie użytkownikom, zmuszając ich do wymiany sprzętu na nowy co kilka lat. Rozumiem przyczynę – za felieton jest honorarium, więc koledzy piszą, żeby dostać parę groszy, ale dla czytelnika pożytek z tego jest mały. Na pewno po przeczytaniu nie wrócimy do tego materiału. Porównując wartość merytoryczną takich felietonów do np. publikacji Pana Karola Świerca, mogę stwierdzić z całą stanowczością, że jest to zmarnowana strona w czasopiśmie. (...)*

***Sebastian Owsiak***

---

W ostatnich numerach EdW w Poczcie zamieszczamy pytania postawione przez początkującego Czytelnika. Są one bardzo wartościowe, ponieważ pozwalają dostrzec, jaki może być tok rozumowania i wątpliwości osób uczących się dopiero elektroniki. Okazuje się, że niektóre wątpliwości lub nietrafne lub nieprecyzyjne wyobrażenia, niestety, długo utrzymują się w świadomości wielu mniej zaawansowanych elektroników.

**Zachęcamy do nadsyłania tego rodzaju „elementarnych" pytań i wątpliwości.**

**Także bardziej doświadczeni Czytelnicy z pożytkiem dla innych mogliby się podzielić informacjami, jakie tego rodzaju trudności napotkali na początku zapoznawania się z elektroniką?**

A oto kolejne bardzo interesujące i bardzo sensowne pytania młodego początkującego Czytelnika:

*Dzień dobry!*

*Bardzo dziękuję za odpowiedź na mojego e-maila!!!!*

*Czy przetwornice DC-DC podwyższające napięcie prądu stałego pracują – działają w sposób ciągły, czy w sposób impulsowy???? Czy tranzystory mocy, np.: tranzystory IGBT i wzmacniacze mocy np.: wzmacniacze operacyjne zwiększają, wzmacniają natężenie prądu stałego??? (...) Czekam na e-maila!!!*

*Pozdrawiam serdecznie!!*

***Arkadiusz***

Interesujące i pożyteczne będzie uściślenie określenia „praca impulsowa". Nieelektronikom zapewne kojarzy się z pojęciami „praca okresowa", „praca przerywana", czyli z wyobrażeniem, że urządzenie nie pracuje ciągle, stale, tylko w jakichś odcinkach czasu. Czasem takie wyobrażenie o pracy impulsowej – przerywanej jest słuszne. Ale niestety, może to też nasuwać wniosek, że urządzenie jest w jakiś sposób ułomne i z jakichś nieznanych względów nie może pełnić swojej funkcji ciągle, bez przerw. A to już jest wyobrażenie fałszywe. Nawet jeśli urządzenie pracuje impulsowo – okresowo, to nie dlatego, że nie może pracować ciągle, tylko że taka praca przerywana jest potrzebna.

W przypadku przetwornic prądu stałego, czyli DC/DC, określenie „impulsowy" ma zupełnie inne znaczenie, bo określa podstawową zasadę pracy. Otóż przetwornicę DC/DC można potraktować jako „czarną skrzynkę", której wejście podłączamy do źródła napięcia stałego. Przetwornica ta pobiera z tego źródła prąd (generalnie prąd stały). Na wyjściu tej przetwornicy otrzymujemy napięcie stałe o wartości innej niż wejściowe i płynie tam prąd wyjściowy (też ogólnie biorąc stały). Aby w ten sposób przetwarzać napięcie i prąd stały, wykorzystywane są impulsy. Najprościej biorąc, napięcie stałe jest siekane i zamieniane na (prostokątne) impulsy, czyli na przebieg zmienny. Te impulsy, powiedzmy „wejściowe", za sprawą indukcyjności (cewki lub transformatora) zostają zamienione na impulsy o innym napięciu i prądzie i tak uzyskane „impulsy wyjściowe" zostają wyprostowane, filtrowane i na wyjściu otrzymujemy ostatecznie napięcie i prąd stały. Przetwornica impulsowa może pracować nieprzerwanie, ciągle. W wypadku przetwornic słowo „impulsowy" wskazuje tylko na wykorzystanie impulsów podczas przetwarzania wartości napięć i prądów, a dla użytkownika nie ma to znaczenia.

A jeżeli chodzi o wzmacnianie, to fałszywych wyobrażeń też jest bardzo wiele.

Najbliższe potocznemu zrozumieniu słowa „wzmocnienie" są wzmacniacze mocy audio: na wejście podajemy malutki sygnał elektryczny, na przykład z mikrofonu, a na wyjściu wzmacniacza uzyskujemy wzmocniony sygnał o dużo większym napięciu i prądzie, który płynie przez głośniki. Wzmacniacz audio wzmacnia i napięcie, i prąd, czyli także wzmacnia moc. Ale nie „za darmo", bo ze źródła zasilania pobiera moc większą niż moc dostarczaną do głośników. Po prostu w związku z elementarnymi zasadami fizyki część mocy pobieranej ze źródła zasilania powoduje grzanie wzmacniacza.

Tranzystory też nazywane są elementami wzmacniającymi. W przypadku tranzystorów bipolarnych mamy prostą zależność: z grubsza biorąc, prąd kolektora jest wielokrotnie większy od prądu bazy. Ale tranzystor nie jest cudownym wynalazkiem, który z małego prądu bazy robi duży prąd kolektora. Prąd kolektora musi pochodzić z zewnętrznego źródła zasilania, a prąd bazy tak naprawdę nie jest wzmacniany, tylko steruje wielkością prądu kolektora. Większość tranzystorów pracuje po prostu w roli kluczy – przełączników.



eprasa.pl bc983a300b

We wspomnianych tranzystorach IGBT i tym bardziej w tranzystorach polowych MOSFET i JFET nie ma wzmacniania prądu, bo ogólnie biorąc, w obwodzie sterującym, wejściowym, czyli w obwodzie bramki nie płynie prąd. Tranzystory te sterowane są napięciowo. Sygnałem wejściowym jest napięcie, wyjściowym prąd, więc trudno mówić o wzmacnianiu. Wszystkie tranzystory IGBT i przytłaczająca większość MOSFET-ów pracuje w roli kluczy, czyli przełączników załącz/wyłącz, między innymi właśnie w przetwornicach impulsowych DC/DC. W ich przypadku pytanie o kwestie wzmocnienia kieruje w ślepą uliczkę.
Tego rodzaju pytania zwykle stawiają dociekliwe osoby, które chcą zrozumieć elektronikę „na sucho", przez czytanie książek, czasopism i materiałów z Internetu. Próbują dopasować potoczne wyobrażenia i potoczne znaczenie pojęć do elementów i układów elektronicznych. Jest to możliwe, ale to trudna droga i strata czasu.
Od lektury teorii zdecydowanie lepsze są ćwiczenia praktyczne. Proste eksperymenty momentalnie pokażą praktyczne aspekty elektroniki, a późniejsza lektura materiałów teoretycznych pozwoli poukładać i wyjaśnić całość zagadnienia. Pomocą może być dostępny w AVT zeszyt PKE (Praktyczny Kurs Elektroniki) i zestaw elementów do opisanych tam ćwiczeń oraz książki *Wyprawy w świat elektroniki*.

---

*Dzień dobry (...)*
*Z zainteresowaniem przeczytałem Pańskie artykuły w ostatnich numerach EdW dotyczące tanich chińskich mierników L-C. A co Pan sądzi o (...) mierniku [pokazanym na fotografii obok]?*

*Pozdrawiam*
***Marek***

Nie ma idealnych metod pomiaru parametrów kondensatorów, a tym bardziej cewek. Ale jeżeli już wybrana zostanie jakaś metoda pomiarowa, można dążyć do zapewnienia i powtarzalności pomiarów, i ich precyzji. I właśnie mikroprocesorowy miernik pokazany na fotografii ma rozbudowane procedury kalibracji, co według Autora i posiadaczy tego przyrządu, daje dokładność co najmniej 0,3%.
Wygląda, że jest to miernik opracowany przez jakiegoś chińskiego, doświadczonego elektronika kilka lat temu.
Po skrupulatnych i niełatwych poszukiwaniach w Internecie można znaleźć wiele informacji o tej konstrukcji, w tym schematy przedstawianej i pokrewnych wersji oraz opisy zasady działania i kalibracji na poszczególnych zakresach.
Miernik ten jest dużo droższy niż opisywane w EdW tanie moduły, wymaga kilkustopniowej kalibracji, a to zapewne zniechęci do zakupu większość chętnych. Niemniej jeżeli odpowiednia liczba Czytelników zgłosi zainteresowanie bliższym opisem miernika (*edw@elportal.pl*), zostanie on dokładniej opisany na łamach czasopisma.

---

*Dzień dobry.*
*Czy w Skrzynce porad mógłby zostać przedstawiony szczegółowy opis działania i budowy magneśnicy do magnesów ferrytowych? W sieci można znaleźć schematy elektryczne magneśnic, ale nie ma żadnych informacji, jak zbudowana jest zwojnica.*
*Czy Redakcja EdW mogłaby przygotować szczegółowy opis działania i aplikacji kostki NE612? Chciałbym zbudować batoskop z przesuwnikiem fazy. O ile z zaprojektowaniem szerokopasmowego przesuwnika fazy oraz zmierzeniem jego charakterystyk amplitudowych i fazowych sobie poradzę, to z układem mnożącym już nie.*
*Eksperymentowałem z użyciem do sterowania klona kontrolera do konsoli Nintendo Wii, ale Arduino nie odczytuje jednego kierunku wychylenia dżojstika. W internecie nie znalazłem rozwiązania tego problemu. Uważam, że temat wykorzystania fabrycznych kontrolerów i innych akcesoriów od konsol do gier mógłby zainteresować więcej osób śledzących Kurs Arduino.*

*Pozdrawiam*
***Adam***

Adam (nazwisko i adres znane redakcji) ma bardzo szeroki i wręcz fascynujący zakres zainteresowań. Jednak poruszone zagadnienia wyglądają na specyficzne, dotyczące bardzo wąskiego kręgu Czytelników. Prosimy o listy w tej sprawie, zarówno osoby zainteresowane, jak i te, które już zajmowały się wspomnianymi tematami.

---

Upominki za listy do Poczty otrzymują w tym miesiącu: ***Maciej Lasota***, ***Rafał Równiak*** i ***Sebastian Owsiak***.

TRADYCYJNA **JESIENNA PROMOCJA** PRENUMERATY
10 = 12 + 3
PATRZ NA STRONIE 13

eprasa.pl bc983a300b

# Wzmacniacze klasy D

## część 8

Wzmacniacze impulsowe klasy D można realizować w najróżniejszy sposób. Impulsy prostokątne na wyjściu mogą pojawiać się według najróżniejszych reguł, byle tylko uśredniona wartość tych impulsów odpowiadała amplitudzie analogowego sygnału wejściowego. Najczęściej wykorzystywane są różne odmiany modulacji PWM. W ostatnim odcinku omawialiśmy samooscylujące wzmacniacze klasy D. Aby mieć w miarę pełny obraz klasy D, musimy, choćby tylko z grubsza, omówić jeszcze inną koncepcję wytwarzania potrzebnego ciągu impulsów.

### PDM

Omawiając wzmacniacze klasy D, musimy też wspomnieć o modulacji PDM (Pulse Density Modulation), czyli o *modulacji gęstości impulsów*. Impulsowy sygnał PDM wytwarzany jest w specyficznym modulatorze, a właściwie specyficznym przetworniku analogowo-cyfrowym.

Najpierw przypomnijmy jednak, że w klasycznej modulacji PWM częstotliwość impulsów jest stała, a ***płynnie*** zmienia się ich długość (wypełnienie). A jeżeli ***płynnie***, to można powiedzieć, że modulacja PWM jest półanalogowa, bo wprawdzie mamy tu impulsy prostokątne o niezmiennej amplitudzie, ale stosownie do chwilowej wartości sygnału modulującego, długość tych impulsów zmienia się w sposób analogowy, ciągły, a nie skokowy, dyskretny. Dzięki temu długość każdego impulsu PWM niesie dokładną „analogową" informację o chwilowej wartości napięcia wejściowego.

W przypadku modulacji gęstości impulsów (PDM) czas trwania każdego impulsu jest stały, jednakowy. Przy modulacji PDM mamy więc jednakowe, standardowe (krótkie) impulsy. Ale istnieją różne odmiany modulacji PDM, jedne „bardziej analogowe", inne „bardziej cyfrowe".

Rozpatrzmy dwie możliwości. Mianowicie gęstość (częstotliwość pojawiania się) tych krótkich standardowych impulsów możemy uzależnić analogowo od chwilowej wartości amplitudy, co da efekt w przybliżeniu zobrazowany na **rysunku 1**. Tutaj długość przerw między standardowymi impulsami zmienia się płynnie, więc niesie informację analogową. Taką realizację modulacji PDM moglibyśmy nazwać półanalogową. Już tu intuicja podpowiada, że częstotliwość impulsów PDM powinna być dużo większa niż przy modulacji PWM.

Rys. 1

Ale modulatory PDM mogą być i najczęściej są realizowane w sposób „bardziej cyfrowy" tak, że przerwy między impulsami nie mogą być analogowo zmienne. Tak jest w rozwiązaniach, gdzie pracą takich w pełni cyfrowych modulatorów PDM steruje zegar taktujący. W rezultacie w danym takcie zegara mamy albo stan niski, albo wysoki. Kolejne impulsy i kolejne przerwy mogą się sumować, w każdym razie i czas impulsu, i czas przerwy musi być wielokrotnością okresu taktowania, co w uproszczeniu ilustruje pochodzący z Wikipedii **rysunek 2**. W takich rozwiązaniach mamy wyłącznie czyste i regularne impulsy cyfrowe, pojawiające się (lub nie) w takt sygnału zegarowego. Możemy się domyślać, że w grę wejdą tu jakieś specyficzne szumy czy zniekształcenia, ponieważ ani czas ich trwania, ani czas przerwy nie niosą precyzyjnej analogowej informacji o chwilowej amplitudzie przetwarzanego sygnału. Tak, ale jej nie tracimy: potrzebną informację nadal niesie ***średnia gęstość impulsów***. A jeśli tak, to intuicja słusznie podpowiada, że do wiernego odwzorowania kształtu przebiegu wejściowego potrzeba wielu impulsów. Już takie uproszczone rozumowanie wskazuje, że przy modulacji PDM w pełni cyfrowej częstotliwość impulsów powinna być jeszcze większa niż przy modulacji PWM. Często bywa ona aż kilkadziesiąt do kilkuset razy większa od górnej granicy pasma akustycznego.

To dobrze, czy źle?

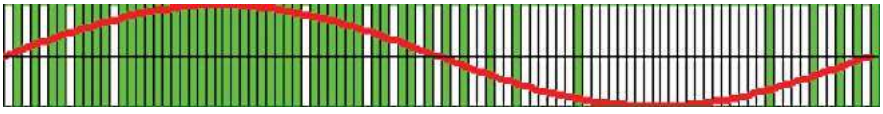
### Wady i zalety PDM

Bardzo poważną wadą wzmacniaczy z modulacją PDM wydaje się konieczność pracy z impulsami dużo krótszymi niż impulsy przy modulacji PWM. Częstotliwość impulsów (ściślej częstotliwość taktowania) we wzmacniaczach z modulacją PDM może wynosić i zwykle wynosi kilka megaherców, co daje czas minimalnego impulsu oraz minimalnej przerwy znacznie poniżej 1 mikrosekundy. W grę wchodzi nie tylko problem szybkości przełączania MOSFET-ów, ale też konieczność wprowadzenia tzw. czasu martwego (*dead time*), by zagwarantować, że oba współpracujące MOSFET-y w stopniu wyjściowym nie zostaną ani na moment otwarte jednocześnie (*crossconduction*). Niewątpliwie wymagania dotyczące przełączania są tu wysokie. Wydaje się, że wielokrotnie wyższe niż przy modulacji PWM.

Nie do końca!

Wbrew pozorom problem szybkiego przełączania, krótkich impulsów oraz związanych z tym kłopotów i zniekształceń dotyczy też wzmacniaczy z modulacją PWM, a konkretnie chwil, gdy amplituda wzmacnianego sygnału zbliża się do maksymalnej, a więc wypełnienie impulsów albo dąży do zera, albo do maksimum (100%). A to stawia przed MOSFET-ami – kluczami podobnie ostre wymagania co do szybkości przełączania, zarówno przy modulacji PWM, jak i PDM. Można się też domyślać, że przy modulacji PDM obecność impulsów o ustalonych parametrach może być nawet zaletą.

Rys. 2





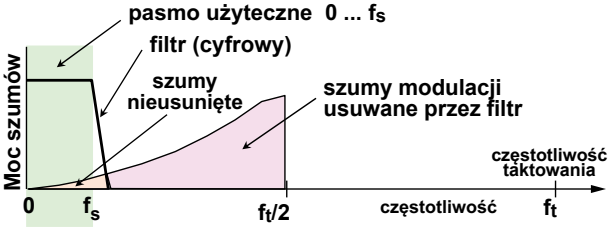
eprasa.pl bc983a300b

Duża częstotliwość impulsów na wyjściu wzmacniacza paradoksalnie okazuje się atrakcyjna z uwagi na problem zniekształceń i szumów. Wcześniej mówiliśmy, że różne rodzaje modulacji powodują pojawianie się w widmie sygnału dodatkowych składowych, których nie było w sygnale oryginalnym. Jeżeli są to składowe o wysokich częstotliwościach, to problem jest mniejszy, bo można je łatwo odfiltrować. Problemem są składowe modulacji o częstotliwościach leżących w zakresie pasma akustycznego. Ich odfiltrować się niestety w żaden sposób nie da.

Właśnie dlatego przy klasycznej modulacji PWM częstotliwość impulsów nie może być tylko dwa razy większa od najwyższych składowych akustycznych, tylko co najmniej kilka razy większa, bo wtedy te niepożądane produkty modulacji w paśmie akustycznym są niewielkie.

Jeszcze lepiej jest przy różnych odmianach modulacji PDM. Po pierwsze już częstotliwość impulsów jest tu korzystnie duża, a co ważniejsze, wspomniany wcześniej rozkład szkodliwych produktów modulacji w widmie jest korzystniejszy niż we wzmacniaczach z PWM. W efekcie zdecydowana większość energii zakłóceń (szumów) modulacyjnych leży poza zakresem pasma akustycznego, co zilustrowane jest na **rysunku 3**.

Rys. 3

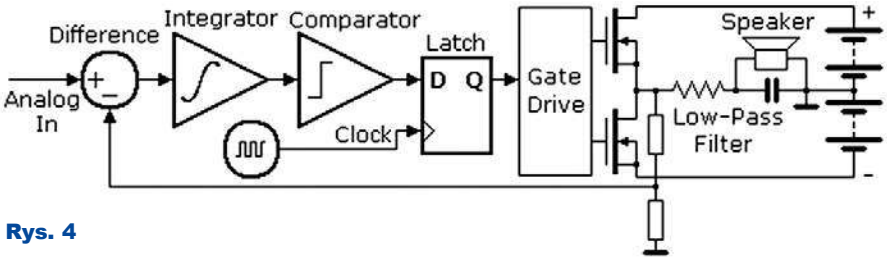



Zawartość niepożądanych składników modulacji w pasmie akustycznym można redukować, stosując różne wymyślne odmiany modulacji PDM.

## Modulacja ΣΔ

W każdym wzmacniaczu klasy D trzeba wykorzystać jakiś modulator, który analogowy sygnał wejściowy zamieni na ciąg impulsów. Okazuje się, że można do tego wykorzystać modulatory, które są jednobitowymi przetwornikami analogowo-cyfrowymi. W tych przetwornikach ADC na wejściu występuje sygnał analogowy, a na wyjściu jednobitowy sygnał cyfrowy, czyli tylko ciąg zer i jedynek.

Najprostszy przykład jednobitowego przetwornika ADC to przetwornik przyrostowy, powszechnie nazywany



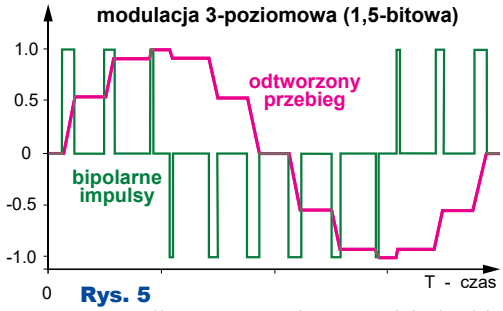

Rys. 4

delta (Δ). Podstawowa idea jest oczywista: kolejne bity wskazują, czy w kolejnych chwilach sygnał rośnie, czy maleje. We wzmacniaczach klasy D przetworniki typu delta są bezużyteczne, ale potrzebny sygnał mogą wytworzyć różne odmiany modulatorów – przetworników nazywanych w niektórych źródłach sigma-delta (ΣΔ), w innych delta-sigma (ΔΣ).

Schemat blokowy wzmacniacza klasy D z modulacją ΣΔ pokazany na **rysunku 4** jest w sumie bardzo podobny do klasycznego z modulacją PWM. Inny jest sposób modulacji, ale finalny efekt musi być i jest taki sam: uśrednione impulsy muszą dać na głośniku wzmocniony analogowy przebieg wejściowy.

W poprzednich numerach EdW w Skrzynce porad i w artykułach o przetwornikach sigma-delta wyjaśnione były podstawy oraz niektóre dodatkowe szczegóły. Teraz trzeba tylko dodać, że nieco inne są potrzeby w przetwornikach ADC sigma-delta, a inne we wzmacniaczach klasy D. Na pewno ważna jest kwestia wypychania szumów modulacji poza pasmo akustyczne, czyli pożądane są modulatory ΣΔ wyższych rzędów, które realizują to skuteczniej. W rezultacie wzmacniacze klasy D z dobrym modulatorem ΣΔ mogą mieć znikomo niskie szumy i zniekształcenia, poniżej 0,01%!

Przy modulacji PDM, na przykład realizowanej przez przetwornik sigma-delta (ΣΔ), łagodnieje problem wyjściowego filtru LC. Otóż przy klasycznej modulacji PWM przy braku sygnału audio, na wyjściu modulatora występuje potężny przebieg prostokątny o częstotliwości taktowania PWM i wypełnieniu 50%, co wymusza zastosowanie w filtrze LC stosunkowo dużej indukcyjności, by ograniczyć amplitudę spoczynkowych zmian prądu. Natomiast przy modulacji PDM na wyjściu modulatora też wprawdzie występuje przebieg prostokątny: w idealnym




Rys. 5

przypadku na przemian zera i jedynki, ale ma on dużo większą częstotliwość, a dzięki temu do ograniczenia omawianych wcześniej spoczynkowych zmian prądu wystarczy zdecydowanie mniejsza indukcyjność. Może to być indukcyjność głośnika. Dlatego ***możliwa jest realizacja wzmacniaczy PDM bez wyjściowego filtru LC, co jest istotną zaletą***.

Inny szczegół: w przetworniku ADC typu ΣΔ na wyjściu modulatora mamy sygnał jednobitowy: albo stan cyfrowy zero, albo stan cyfrowy jeden i taki sygnał cyfrowy jest poddawany dalszej obróbce cyfrowej, by finalnie uzyskać wyjściową liczbę wielobitową. We wzmacniaczu klasy D nie ma dalszej obróbki cyfrowej – impulsy z wyjścia modulatora są podawane na wyjściowy stopień mocy (sterownik + MOSFET-y) i dalej na głośnik. Już sama wysoka częstotliwość taktowania pozwala zrezygnować z filtru LC między wzmacniaczem a głośnikiem. Ale można jeszcze polepszyć sytuację: zastosować zmodyfikowany modulator ΣΔ, na którego wyjściu możliwe są trzy stany: zero, jedynka i stan trzeci, który może oznaczać wyłączenie obu tranzystorów wyjściowych, ale łatwiej jest realizowane we wzmacniaczach mostkowych. Zasadę modulacji trzystanowej ilustruje **rysunek 5** (wg Wikipedii).

Nie jest to jedynie teoria. Wzmacniacze z modulacją PDM (ΣΔ) istnieją i to nie tylko jako laboratoryjne prototypy. Omówimy je pokrótce w następnym odcinku. A potem omówimy sposoby modulacji trzystanowej oraz perspektywy rozwoju wzmacniaczy klasy D.

**Piotr Górecki**

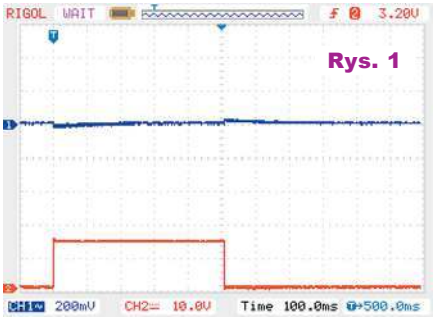


eprasa.pl bc983a300b

# Taki zwyczajny zasilacz...

# Część 10 – LM317 pod lupą

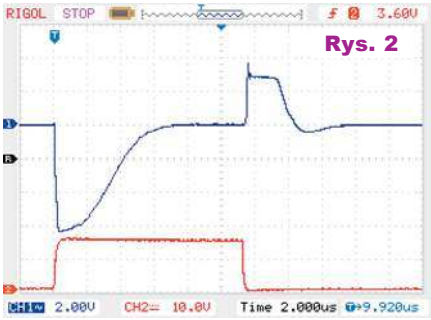
W poprzednim odcinku zbadaliśmy odpowiedzi impulsowe szeregu zasilaczy, przetwornic i stabilizatorów. Większość nie zachwyciła swoimi parametrami, a niektóre zaprezentowały się wręcz fatalnie. Bliska ideału wydała się odpowiedź stabilizatora LM317, pokazana na **rysunku 1**.




Niestety, rysunek ten nie mówi całej prawdy o LM317. Stabilizator ten jest o wiele szybszy od wcześniej badanych zasilaczy. Przy długich impulsach o czasie trwania około pół sekundy oscyloskop nie potrafi wykryć i zobrazować krótkich zakłóceń. Dlatego trzeba zdecydowanie skrócić impulsy prądu i rozciągnąć obraz – wtedy zobaczymy, co tak naprawdę dzieje się na początku i końcu każdego stromego impulsu.

## LM317 pod lupą

**Rysunek 2** pokazuje w innej skali czasu odpowiedź badanego stabilizatora

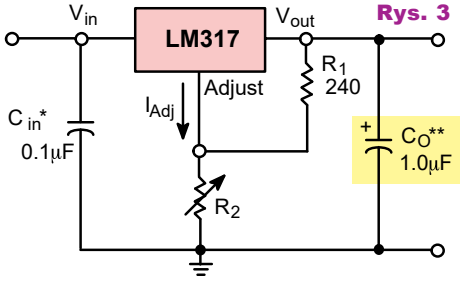



LM317 o ustawionym napięciu wyjściowym 12V w wersji bez żadnego kondensatora wyjściowego na impuls prądu 1A. Czas trwania impulsu jest niewiele większy od 10 mikrosekund, co nie jest istotne, ale pozwala pokazać na jednym obrazku początek, i koniec impulsu. Widzimy, że nagłe pojawienie się prądu obciążenia 1A chwilowo zmniejsza napięcie wyjściowe aż o około 6V, czyli o –50% w stosunku do napicia spoczynkowego 12V! To obniżenie napięcia trwa co najmniej 2 mikrosekundy, a napięcie wyjściowe powraca do prawidłowej wartości po około 6 mikrosekundach. Z kolei po zakończeniu impulsu prądu napięcie wyjściowe powiększa się o około 3V (+25%) na czas też około 2 mikrosekund.

Niedoskonałości te wynikają z opóźnień samego układu scalonego, czyli zawartych w nim tranzystorów. Zaburzenia są wprawdzie krótkie, rzędu 2 mikrosekund, ale za to duże.

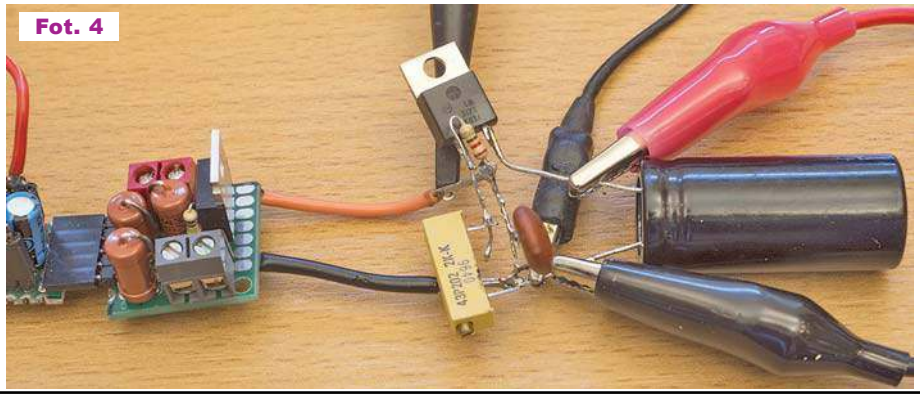
W karcie katalogowej (**rysunek 3**) znajdziemy informację, że kondensator wyjściowy Co nie jest konieczny, ale jego obecność poprawia odpowiedź impulsową. Stabilizator LM317 nie wzbudzi się bez kondensatora Co. **Fotografia 4** pokazuje testowany przeze mnie stabilizator z kondensatorem wyjściowym 1uF. **Rysunek 5** (na następnej stronie) przedstawia odpowiedź impulsową. Widać tu ten sam impuls o czasie trwania około 70 mikrosekund, tylko pokazany w różnej skali czasowej (200us/dz i 10us/dz).

Porównanie z rysunkiem 2 potwierdza, że dodanie kondensatora Co zmniejsza skoki napięcia. Na początku impulsu prądowego napięcie obniża się teraz mniej niż o 3V (mniej niż o –25%). Przy wyłączeniu prądu, skokowy wzrost napięcia też jest trochę mniejszy, około 2V, ale za to trwa znacznie dłużej. Tuż po wyłączeniu prądu stabilizator jest jeszcze otwarty, przez chwilę szybko ładuje pojemność wyjściową Co, a potem napięcie wyjściowe liniowo zmniejsza się, gdy pojemność wyjściowa Co jest rozłado-




* $C_{in}$ is required if regulator is located an appreciable distance from power supply filter.

** $C_O$ is not needed for stability, however, it does improve transient response.






eprasa.pl bc983a300b

sklep.semicon.com.pl
■ Montaż elektroniki ■ Konwerting materiałów ■ Komponenty elektroniczne
■ Szablony SMT ■ Chemia dla elektroniki
■ Moduły laserowe ■ Podzespoły ■ Narzędzia
SEMICON®

wywana przez niewielki prąd płynący przez dzielnik rezystorowy stabilizatora (bo prąd zewnętrznego obciążenia nie płynie).

Kolejny **rysunek 6** prezentuje sytuację przy pojemności Co = 10uF. Znów oba przebiegi pokazują ten sam impuls (około 77us) przedstawiony w różnej skali czasu (200us/dz i 10us/dz). Obniżenie na początku impulsu ma teraz amplitudę około 1,3V (nieco więcej niż –10%) i czas trwania rzędu 10us.

Jeżeli zwiększymy Co do wartości 100uF, to przebiegi będą wyglądać jak na **rysunku 7**. Aby zobrazować szczegóły, czas impulsu prądowego zwiększyłem tu do około 170us. Na początku impulsu skok napięcia jest mniejszy niż na rysunkach 2, 5, 6 i wynosi teraz około 0,75V (–6,3%), ale trwa dużej.

Dalsze zwiększanie pojemności Co do 1000uF daje przebiegi pokazane na **rysunku 8**. Czas impulsu prądowego zwiększyłem do około 750us (0,75ms). Obniżenie napięcia na początku impulsu prądowego jest niewielkie, wynosi około 100mV, czyli około –0,8% napięcia wyjściowego 12V, ale trwa znacznie dłużej.

Nic dziwnego – kondensator Co podczas zmian prądu pełni rolę filtru napięcia wyjściowego. Im większą ma pojemność, tym bardziej zmniejsza skoki napięcia.

Rysunki 2 oraz 5...8 sugerują, że czym większa pojemność wyjściowa Co, tym lepiej, bo przecież mniejsze są skoki napięcia wyjściowego.

Nie można jednak zapomnieć, że wielkość skoków napięcia zależy też od wewnętrznych opóźnień scalonego stabilizatora, które według rysunku 2 dla LM317 wynoszą około 2 mikrosekund. Czym krótsze te opóźnienia, tym mniejsze będą skoki napięcia wyjściowego. W naszym „zwyczajnym zasilaczu" te opóźnienia mogą być większe niż w stabilizatorze LM317, zależnie od wzmacniacza operacyjnego, jaki zastosujemy oraz od metody kompensacji częstotliwościowej.

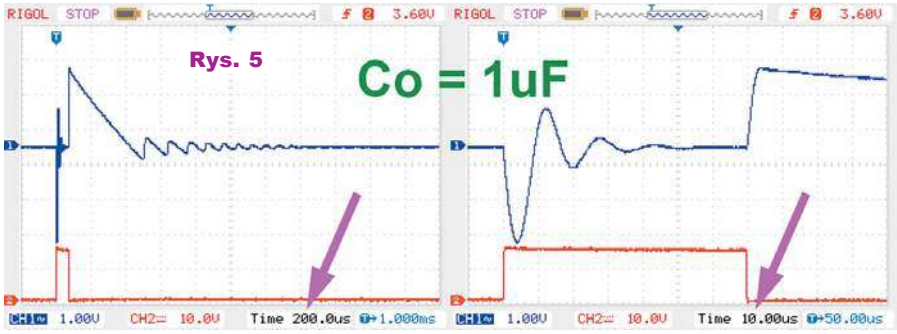
Ponadto wielkość i czas trwania skoku napięcia przy wyłączeniu impulsu prądu zewnętrznego obciążenia zależy też od tego, jakim prądem „wewnętrznym" obciążony jest wtedy sam stabilizator.

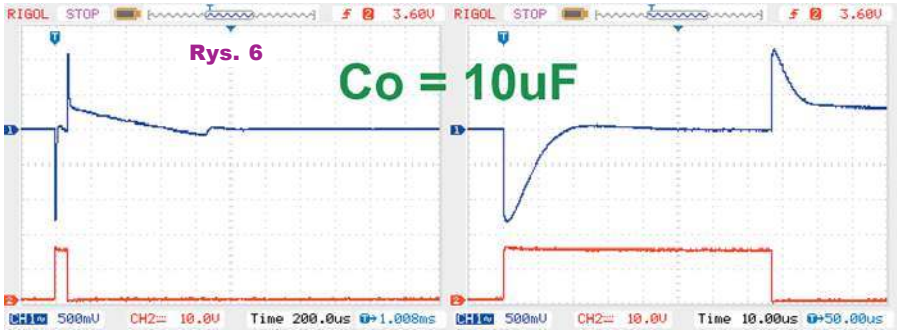
Już teraz trzeba też wspomnieć, że zwiększanie pojemności filtrującej wyjściowej Co może mieć i często ma też wady. W przypadku dość prostego układu scalonego LM317 nie grozi wprawdzie niczym złym, ale w innych stabilizatorach i zasilaczach zwiększanie pojemności Co może doprowadzić do samowzbudzenia. Samowzbudzenie zasilacza to bardzo poważne i trudne zagadnienie: zależy od szeregu różnych czynników. Będzie to też najpoważniejszy problem przy realizacji naszego „zwyczajnego zasilacza" i będziemy do tej kwestii podchodzić wielokrotnie z różnych stron.

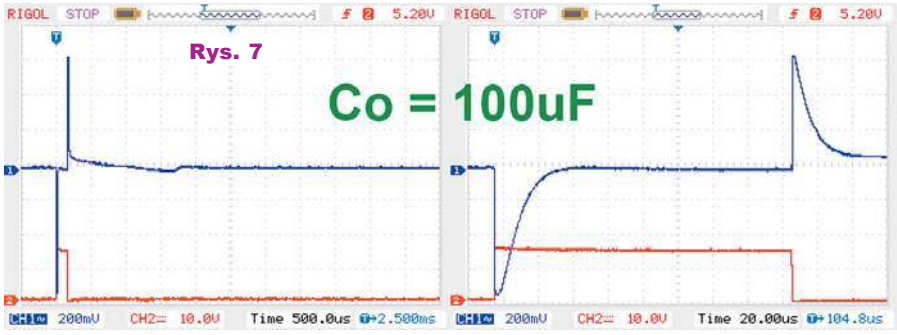
## Trzeźwiące wnioski

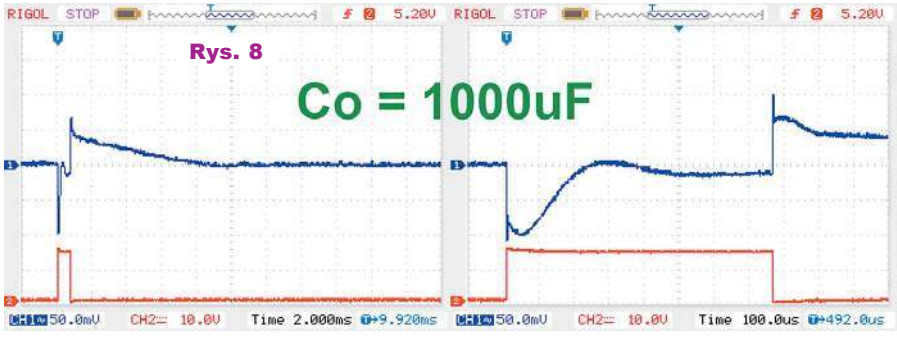
Nieprzypadkowo przetestowaliśmy szereg fabrycznych zasilaczy oraz stabilizator LM317. Widzimy, że realizacja laboratoryjnego zasilacza o bliskich ideału parametrach dynamicznych jest bardzo trudnym, niemal niewykonalnym, zadaniem. Widzimy też uzasadnienie, dlaczego laboratoryjne zasilacze najlepszych firm są takie drogie. W grę wchodzi bowiem wiele czynników, a finalny efekt jest wynikiem nieuchronnych kompromisów. Dlatego w naszym „zwyczajnym zasilaczu" będziemy testować różne rozwiązania i różne wartości elementów. I nie będziemy się spodziewać doskonałości...

**Piotr Górecki**



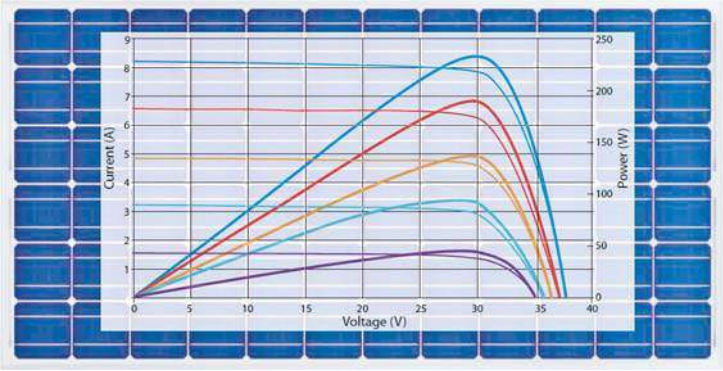






eprasa.pl bc983a300b

# MPPT

## część 8




W poprzednim odcinku wstępnie zasygnalizowana była kwestia algorytmów optymalnego ładowania, które pozwolą wykorzystać całą dostępną pojemność, które jednak nie zmniejszą trwałości akumulatora.

### Algorytmy ładowania

Dobra wiadomość jest następująca: ***najróżniejsze algorytmy ładowania można zrealizować za pomocą omówionych wcześniej prostych dwustanowych kontrolerów: szeregowego lub zwarciowego***.

Zapominamy natomiast o rozwiązaniach analogowych z regulatorami liniowymi nie tylko z uwagi na straty mocy w takim regulatorze, ale i na trudność wprowadzania zmian i dostosowania ich parametrów. Do budowy przyzwoitego kontrolera solarnego wystarczy prosty dwustanowy regulator, ale obowiązkowo trzeba wykorzystać mikrokontroler. Jest to rozwiązanie optymalne, ponieważ pozwoli w łatwy sposób przeprowadzić eksperymenty, udoskonalać algorytmy ładowania, a także rozbudowywać system.

Dobry system powinien zrealizować trzy podstawowe fazy ładowania:

***Bulk*** – główna, gdy akumulator ładowany jest maksymalnym prądem z panelu FV i gdy napięcie rośnie. Faza *Bulk* kończy się po osiągnięciu granicznego napięcia na akumulatorze 14,4...15V i wtedy zgromadzone jest w nim około 80% dostępnej pojemności.

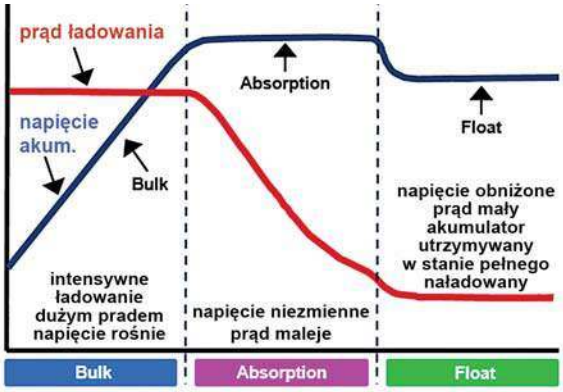
***Absorption*** – ta druga faza pozwala zgromadzić jeszcze więcej energii. Aby nie przeładować akumulatora, napięcie utrzymywane jest na wcześniej osiągniętej granicznej wartości, bliskiej 15V. Prąd się zmniejsza. Akumulator pomału się ładuje do 100% dostępnej pojemności, a prąd samoczynnie zmniejsza się. Ta druga faza trwa stosunkowo długo, by prąd ładowania zmalał praktycznie do zera. Wtedy następuje faza trzecia...

***Float***. Ładowanie jest wyłączane i napięcie akumulatora zmniejsza się do bezpiecznej wartości nieco poniżej 14V. Nie zmniejszy się bardziej, bo kontroler będzie okresowo włączał ładowanie, żeby w tej fazie utrzymać zadane napięcie.

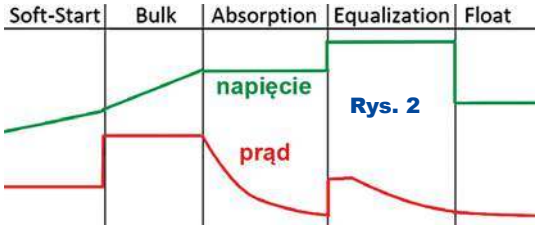
***Rozładowanie***. Gdy później wieczorem z akumulatora pobierana jest energia, napięcie się oczywiście zmniejsza, a rano cykl się powtarza. Taką pracę ilustruje **rysunek 1**.

W niektórych takich regulatorach oprócz tych trzech głównych faz ładowania (*Bulk, Absorption i Float*) przewidziano dodatkowo czwartą fazę:

***EQU***, co zwykle tłumaczone jest jako *equalization*, ale czasem jako *equilibrium*. W każdym razie chodzi o tak zwaną ***fazę wyrównawczą***. Ilustruje to **rysunek 2**, pochodzący z instrukcji obsługi pewnego sterownika solarnego.




Rys. 1




Rys. 2

Według opisów na wielu internetowych stronach takie „wyrównywanie" jest potrzebne z powodu zasiarczenia i zjawisk pokrewnych. Przypomnijmy, że zasiarczenie to powstawanie w akumulatorze kwasowym związków ołowiu, które są nierozpuszczalne i których powstawanie zmniejsza ilość masy czynnej, a tym samym też pojemność. Podstawową przyczyną zasiarczenia jest zbyt głębokie rozładowanie, a szczególnie długie pozostawanie akumulatora kwasowego w stanie pełnego rozładowania.

Problem zasiarczenia wydaje się stosunkowo prosty i powszechnie znany. Ale w niektórych źródłach można znaleźć informację, że po pierwsze przy pracy buforowej też następuje zasiarczenie lub podobne procesy, powodujące redukcję pojemności. Po drugie powszechne są informacje, że ten proces można zatrzymać lub znacząco spowolnić przez... gazowanie. Tłumaczy się to tak, że gazowanie polega na wytwarzaniu w objętości elektrolitu pęcherzyków tlenu i wodoru, a te pęcherzyki w drodze do góry mieszają elektrolit i wyrównują jego parametry w całej objętości akumulatora – stąd *equalize* – wyrównywać.

Najprościej biorąc, „equalizacja" polega na okresowym podwyższeniu napięcia akumulatora, nawet powyżej 15V, by występujące wtedy gazowanie wymieszało elektrolit.

Taki opis może wydać się racjonalny, bowiem podaje się tu przykład gotowania wody, a podczas wrzenia rzeczywiście następuje skuteczne mieszanie. Analogia z wodą robi wrażenie i przekonuje, ale po chwili chłodnego zastanowienia nasuwają się wątpliwości.

Tylko na rysunkach i w opisach wszystko wygląda ładnie i przekonująco. Ale według podanego opisu faza wyrównawcza EQU(alize) to nic innego jak... kontrolowane przeładowanie akumulatora, połączone z intensywnym gazowaniem!

No tak, ale po pierwsze do intensywnego gazowania można dopuścić tylko w akumulatorach typu *flooded*, do których bez problemu można dolać wody! W akumulatorach szczelnych ewentualny proces „gazowania wyrównawczego", nawet jeśli byłby dopuszczalny (w akumulatorach AGM) i jeśli miałby sens, musiałaby być nieporówna-



eprasa.pl bc983a300b

nie delikatniejszy. Ilości powstających gazów muszą być wtedy zdecydowanie mniejsze, a powstające pęcherzyki – maleńkie. W tym przypadku porównanie z gotowaniem wody na pewno jest niesłuszne. A ponadto w akumulatorach żelowych żadne mieszanie (galaretowatego) elektrolitu nie jest możliwe!

Na pewno „wyrównywanie" w akumulatorach SLA szybko doprowadzi do „wygotowania wody". Ogólnie biorąc, „equalizacja" jest możliwa tylko w akumulatorach mokrych (*wet, flooded*).

Problem też w tym, że niektóre źródła zalecają przeprowadzanie „equalizacji" co tydzień, inne co miesiąc, jeszcze inne raz lub dwa razy w roku. Są też wskazówki, żeby je przeprowadzać ręcznie w razie potrzeby, gdy jakiś akumulator z zestawu ma obniżoną pojemność.

Są to zagadnienia trudne, nie do końca zbadane i opisane. Nie sposób dotrzeć do rzetelnych opracowań naukowych na ten temat. Analiza dostępnych publikacji pokazuje, że autorzy licznych stron internetowych po prostu przepisują informacje z innych stron, niekiedy je rozwijając lub ubarwiając, nie wiadomo, na jakiej podstawie. A firmy produkujące kontrolery solarne chronią swoje tajemnice. Niektóre dostępne w handlu regulatory mają szerokie możliwości dostosowania do specyfiki współpracującego akumulatora, a przynajmniej o tym zapewniają ich producenci. Prawdopodobnie najlepsi producenci wiedzą, jak dostosować parametry kontrolera do akumulatorów wiodących producentów.

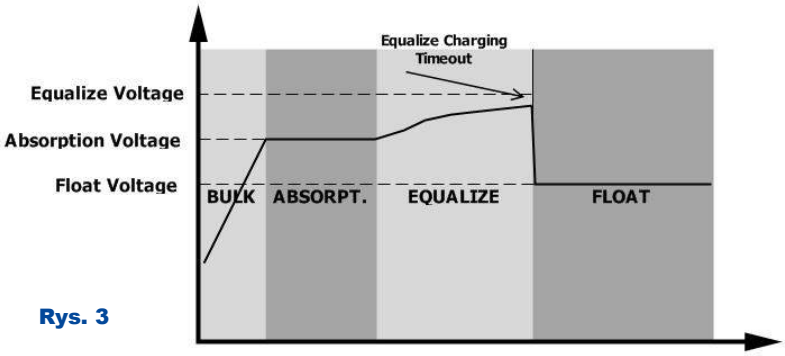
Parametry ładowania (napięcia przełączania i czasy poszczególnych faz) trzeba dobrać do właściwości akumulatora. Przykład (niewiele zresztą wnoszący) to **rysunek 3** pochodzący z instrukcji pewnego kontrolera opisywanego rodzaju.

Jednak do informacji z materiałów reklamowych i z prywatnych stron internetowych należy podchodzić bardzo ostrożnie. Nawet jeżeli producent kontrolerów zdobył cenne doświadczenie i wykorzystał je przy produkcji swoich wyrobów, to na pewno nie jest skłonny podzielić się wiedzą z konkurencją. Czasem zresztą nie jest to wiedza naukowa, tylko sposoby na pozyskanie klienta – o tym jeszcze wspomnimy.

W Internecie można znaleźć sporo bardziej i mniej wartościowych materiałów na temat omawianego kilkufazowego ładowania. Można wykorzystać jakieś tego rodzaju „gotowce", ale często są one niedoskonałe, często dotyczą innego typu akumulatorów, dlatego zawsze trzeba wnikliwie analizować sytuację i ewentualnie eksperymentować z własnymi ustawieniami. Aby nie zaszkodzić akumulatorowi, potrzeba do tego sporo wiedzy, a także praktycznego doświadczenia. Nie można ich zdobyć szybko, przez lekturę najlepszej nawet książki. Niezbędną do tego wiedzę i doświadczenie trzeba gromadzić stopniowo. Warto realizować kolejne, coraz doskonalsze wersje kontrolerów, ulepszając kolejne szczegóły.

Koniecznie trzeba przy tym uwzględnić fakt, że dostępne są bardzo różne akumulatory kwasowo-ołowiowe. Istnieje szereg odmian akumulatorów kwasowych, między innymi z antymonem, z wapniem, oraz AGM i żelowe o różnej specyfice.

Analizując informacje z różnych stron internetowych, w szczególności amerykańskich, trzeba pamiętać, iż w wielu opisywanych tam instalacjach wykorzystywane są akumulatory *flooded*, co nie zawsze jest wyraźnie podkreślone, a czasem w ogóle nie ma informacji o rodzaju i typie akumulatorów. Podane tam parametry ładowania akumulatorów *flooded* będą zdecydowanie inne, „mocniejsze" niż szczelnych SLA. Bezkrytyczne wykorzystanie tak uzyskanych, skądinąd wartościowych informacji może skończyć się szybką i nieodwracalną dewastacją akumulatora SLA.




**Rys. 3**

| Parameter | Battery type | Absorp. Stage | Float Stage | Equalize Stage | Equlize Activation | Absorp. Time | Equalize Time | Equalize Timeout | Equalize Interval |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Unit | - | Volt | Volt | Volt | En/Disable | Minutes | Minutes | Minutes | Days |
| Default | AGM | 14.10 | 13.50 | 14.60 | Disable | 150 | 60 | 120 | 30 |
| Option | Flooded | 14.60 | 13.50 | 14.60 | Disable | 150 | 60 | 120 | 30 |
| Option | Customized | | | | Disable | 150 | 60 | 120 | 30 |

Zdecydowanie lepiej jest w przypadku zakupu akumulatorów dedykowanych do instalacji solarnych. Wiele miarodajnych informacji można znaleźć w materiałach technicznych dobrych producentów akumulatorów. Przykładowo **rysunek 4** pochodzi od producenta akumulatorów znanej i u nas marki Trojan, a konkretnie z pliku: ***https://www.trojanbattery.com/pdf/TrojanBattery_UsersGuide.pdf***.

**Rys. 4**

| Flooded/Wet Batteries - Normal Charging Parameters @ 25°C (77°F) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Trojan Battery Line | Maximum Charge Current* (% of $C_{20}$) | Absorption Voltage** (V/cell) | Maximum Absorption Phase Time (hours) | Finish Current (% of $C_{20}$) | Equalization Voltage (V/cell) | Float Voltage (V/cell) | Temperature Compensation (V/cell) |
| Solar Premium and Signature | 13% | 2.45 | 4 | 1-3% | 2.70 | 2.25 | Celsius: -5 mV x ($T_{battery}$-25) |

*If charging time is limited contact Trojan Technical Support for assistance.

** In cases where the charger has a bulk voltage setting rather than a current, use the above absorption settings.

Obok napięcia fazy absorpcji (2,45V/celę) podane jest też napięcie equalizacji 2,7V/celę. W pliku można także znaleźć wyraźną informację, że proces equalizacji może być przeprowadzany wyłącznie w przypadku akumulatorów mokrych.

Niestety, polski hobbysta najczęściej ma do dyspozycji przypadkowe akumulatory, najczęściej kupione okazyjnie, używane. Optymalne ich wykorzystanie może wymagać indywidualnych testów i pomiarów.

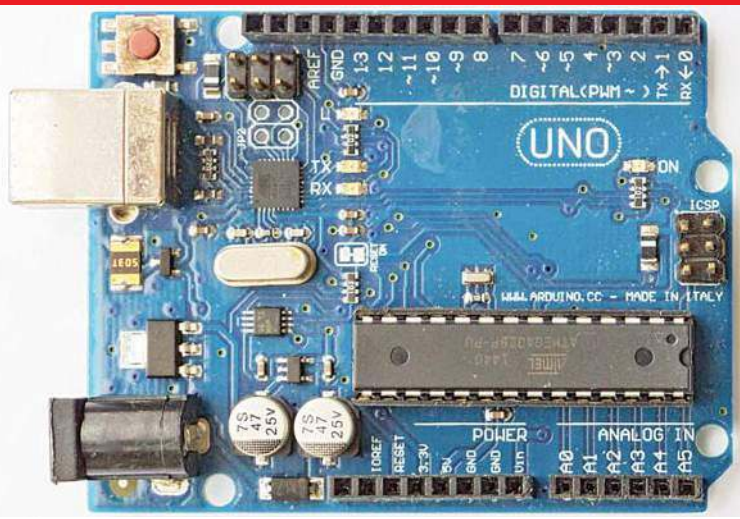
Niewątpliwie najprostszy histerezowy kontroler „buforowy", ograniczający jedynie napięcie do 13,5...13,8V, nie wykorzysta w pełni dostępnej pojemności akumulatora. Do uzyskania jak największej pojemności należałoby ładować akumulator do napięcia 14,4...15V. Ale takie podwyższone napięcie nie może występować przez długi czas, bo „wygotuje wodę". Ulepszony regulator z opisywanymi fazami będzie rano ładował akumulator do podwyższonego napięcia, ponad 14V, a gdy go w pełni naładuje, mikroprocesor obniży napięcie do poziomu „buforowego", poniżej 14V, żeby nie zmniejszać trwałości. Najlepiej gdyby to był akumulator mokry, a nie SLA...

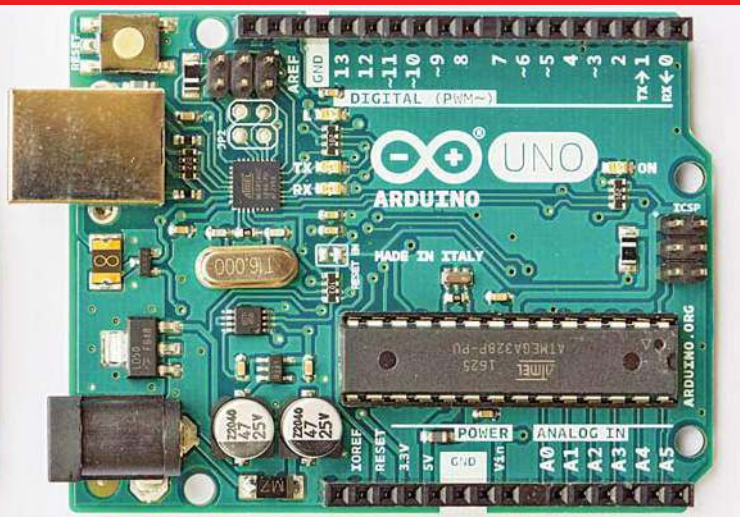
No cóż, temat się rozszerza... Tytuł cyklu to MPPT, my na razie jesteśmy jeszcze dość daleko od MPPT i *optymalnego wykorzystania panelu FV*. Na razie ugrzęźliśmy w prostszych, ale też ogromnie ważnych kwestiach *optymalnego wykorzystania akumulatora*. W następnych odcinkach też będziemy się zajmować akumulatorem i sposobami jego ładowania, w tym impulsowymi regulatorami PWM.

**Piotr Górecki**



eprasa.pl bc983a300b




# Kurs Arduino

## odcinek 27

W poprzednich dwóch odcinkach zdobyliśmy komplet informacji, potrzebnych do wyświetlenia wszystkich liter polskiego alfabetu. Najpierw zajmiemy się podstawowym fontem o rozmiarach znaku 5×7 pikseli.

### Polskie ogonki w glcdfont.c

W pliku ***glcdfont.c*** mamy definicje wszystkich znaków ASCII oraz innych symboli zgodnie ze stroną kodową CP437. Przypomnijmy, że jest to bardzo stara, wręcz „przedpotopowa“ strona kodowa, wykorzystywana w systemie MS-DOS od roku 1981.

W związku z problemem wyświetlania liter alfabetów wielu języków, już w systemie DOS wprowadzono szereg stron kodowych. Ponieważ w bibliotece Adafruit GFX mamy starą stronę CP437, na pewno powinniśmy zainteresować się też starą stroną systemu DOS, zawierającą polskie znaki. To strona DOS – CP852, której zawartość pokazana jest na **rysunku 1**.

Później, w systemie Windows wykorzystywano inne strony kodowe, gdzie oczywiście podstawowe kody ASCII pozostawały bez mian, a inne były znaki o kodach powyżej 127 i ewentualnie poniżej 32. **Rysunek 2** pokazuje zawartość strony kodowej Windows-1250, która też zawiera litery polskiego alfabetu, ale rozmieszczone inaczej niż w CP852.

Z czasem dla rozwiązania problemów z kompatybilnością różnych systemów operacyjnych wprowadzono jeszcze inne strony kodowe według międzynarodowego standardu ISO. **Rysunek 3** pokazuje zawartość strony kodowej ISO/IEC 8859-2 w wersji z roku 1999. Rozmieszczenie polskich liter jest jeszcze inne, choć trochę podobne jak w Windows-1250. Wprowadzenie stron kodowych ISO nie do końca rozwiązało problemy. Usunięto je dopiero, wprowadzając Unikod i sposób kodowania UTF-8, co omawialiśmy dość dokładnie w cyklu „Wokół ArduinoV”. My takich problemów nie mamy, bo chcemy jedynie na wyświetlaczach graficznych sterowanych przez Arduino zobrazować wszystkie litery polskiego

Rys. 2

**Windows-1250**

| | x0 | x1 | x2 | x3 | x4 | x5 | x6 | x7 | x8 | x9 | xA | xB | xC | xD | xE | xF |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0x | NUL | SOH | STX | ETX | EOT | ENQ | ACK | BEL | BS | HT | LF | VT | FF | CR | SO | SI |
| 1x | DLE | DC1 | DC2 | DC3 | DC4 | NAK | SYN | ETB | CAN | EM | SUB | ESC | FS | GS | RS | US |
| 2x | SP | ! | " | # | $ | % | & | ' | ( | ) | * | + | , | - | . | / |
| 3x | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | : | ; | < | = | > | ? |
| 4x | @ | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O |
| 5x | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z | [ | \ | ] | ^ | _ |
| 6x | ` | a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l | m | n | o |
| 7x | p | q | r | s | t | u | v | w | x | y | z | { | \| | } | ~ | DEL |
| 8x | | NZ | ‚ | NZ | „ | … | † | ‡ | | ‰ | Š | ‹ | Ś | Ť | Ž | Ź |
| 9x | | ‘ | ’ | “ | ” | • | – | — | NZ | ™ | š | › | ś | | ž | ź |
| Ax | NBSP | ˇ | ˘ | Ł | ¤ | Ą | ¦ | § | ¨ | © | Ş | « | ¬ | SHY | ® | Ż |
| Bx | ° | ± | ˛ | ł | ´ | µ | ¶ | · | ¸ | ą | ş | » | Ľ | ˝ | ľ | ż |
| Cx | Ŕ | Á | Â | Ă | Ä | Ĺ | Ć | Ç | Č | É | Ę | Ë | Ě | Í | Î | Ď |
| Dx | Đ | Ń | Ň | Ó | Ô | Ő | Ö | × | Ř | Ů | Ú | Ű | Ü | Ý | Ţ | ß |
| Ex | ŕ | á | â | ă | ä | ĺ | ć | ç | č | é | ę | ë | ě | í | î | ď |
| Fx | đ | ń | ň | ó | ô | ő | ö | ÷ | ř | ů | ú | ű | ü | ý | ţ | ˙ |

Rys. 1

**CP852**

| | x0 | x1 | x2 | x3 | x4 | x5 | x6 | x7 | x8 | x9 | xA | xB | xC | xD | xE | xF |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0x | Znaki kontrolne | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1x | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2x | SP | ! | " | # | $ | % | & | ' | ( | ) | * | + | , | - | . | / |
| 3x | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | : | ; | < | = | > | ? |
| 4x | @ | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O |
| 5x | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z | [ | \ | ] | ^ | _ |
| 6x | ` | a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l | m | n | o |
| 7x | p | q | r | s | t | u | v | w | x | y | z | { | \| | } | ~ | ZK |
| 8x | Ç | ü | é | â | ä | ů | ć | ç | ł | ë | Ő | ő | î | Ź | Ä | Ć |
| 9x | É | Ĺ | Í | ô | ö | Ľ | ľ | Ś | ś | Ö | Ü | Ť | ť | Ł | × | č |
| Ax | á | í | ó | ú | Ą | ą | Ž | ž | Ę | ę | ¬ | ź | Č | ş | « | » |
| Bx | ░ | ▒ | ▓ | │ | ┤ | Á | Â | Ě | Ş | ╣ | ║ | ╗ | ╝ | Ż | ż | ┐ |
| Cx | └ | ┴ | ┬ | ├ | ─ | ┼ | Ă | ă | ╚ | ╔ | ╩ | ╦ | ╠ | ═ | ╬ | ¤ |
| Dx | đ | Đ | Ď | Ë | ď | Ň | Í | Î | ě | ┘ | ┌ | █ | ▄ | Ţ | Ů | ▀ |
| Ex | Ó | ß | Ô | Ń | ń | ň | Š | š | Ř | Ú | ŕ | Ú | ý | Ý | ţ | ´ |
| Fx | SHY | ˝ | ˛ | ˇ | ˘ | § | ÷ | ¸ | ° | ¨ | ˙ | ű | Ř | ř | ■ | NBSP |

Rys. 3

**ISO/IEC 8859-2:1999**

| | x0 | x1 | x2 | x3 | x4 | x5 | x6 | x7 | x8 | x9 | xA | xB | xC | xD | xE | xF |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0x | Znaki kontrolne | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1x | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2x | SP | ! | " | # | $ | % | & | ' | ( | ) | * | + | , | - | . | / |
| 3x | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | : | ; | < | = | > | ? |
| 4x | @ | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O |
| 5x | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | Z | [ | \ | ] | ^ | _ |
| 6x | ' | a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l | m | n | o |
| 7x | p | q | r | s | t | u | v | w | x | y | z | { | \| | } | ~ | |
| 8x | Nieużywane | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9x | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ax | NBSP | Ą | ˘ | Ł | ¤ | Ľ | Ś | § | ¨ | Š | Ş | Ť | Ź | SHY | Ž | Ż |
| Bx | ° | ą | ˛ | ł | ´ | ľ | ś | ˇ | ¸ | š | ş | ť | ź | ˝ | ž | ż |
| Cx | Ŕ | Á | Â | Ă | Ä | Ĺ | Ć | Ç | Č | É | Ę | Ë | Ě | Í | Î | Ď |
| Dx | Đ | Ń | Ň | Ó | Ô | Ő | Ö | × | Ř | Ů | Ú | Ű | Ü | Ý | Ţ | ß |
| Ex | ŕ | á | â | ă | ä | ĺ | ć | ç | č | é | ę | ë | ě | í | î | ď |
| Fx | đ | ń | ň | ó | ô | ő | ö | ÷ | ř | ů | ú | ű | ü | ý | ţ | ˙ |



eprasa.pl bc983a300b

alfabetu. Na pewno w grę wchodzą co najmniej trzy właśnie przypomniane stare strony kodowe, ale jak wiadomo (https://pl.wikipedia.org/wiki/Kodowanie_polskich_znak%C3%B3w), istniało też wiele innych sposobów, szereg stron kodowych używanych w Polsce. Moglibyśmy wykorzystać jedną z trzech przedstawionych stron kodowych, a dokładniej biorąc, wystarczyłoby w stronie CP437 podmienić tylko te definicje znaków, które mają kodować polskie litery „z ogonkami" według którejś z omówionych stron.

Której?

W przypadku Arduino jest to w zasadzie obojętne! Możemy zachować zgodność z którąkolwiek z tych trzech stron. Ale możemy też zrobić własną, prywatną stronę kodową. W każdym razie na pewno w bibliotece Adafruit GFX zmienimy zawartość pliku ***glcdfont.c***, by wstawić tam brakujące polskie litery „z ogonkami" . Ściślej biorąc, nie dodamy, tylko podmienimy, bo maksymalna liczba symboli – znaków nie może przekroczyć 256.

Gdy już zmodyfikujemy bibliotekę *glcdfont*, polskie litery „z ogonkami" zapewne i tak będziemy wyświetlać za pomocą prymitywnej metody ***.write()***, podając kod – numer znaku według użytej strony kodowej. Zależnie od tego, jaką stronę kodową wykorzystamy, będziemy po prostu podawać inne numery – kody. ArduinoIDE wykorzystuje UTF-8. Można byłoby się zastanawiać, czy zastosowanie w miarę nowoczesnej strony kodowej ISO/IEC 8859-2 nie pozwoliłoby wprowadzać do szkicu Arduino napisów zawierających litery „z ogonkami" za pomocą klawiatury, bez wykorzystywania metody ***.write()***. Być może jest to możliwe przy wykorzystaniu wstępnej konwersji numerów kodów, bo w sumie chodzi o to, żeby w szkicu *.ino* pojawiły się odpowiednie numery – kody. Jednak uzyskanie tego wiązałoby się z poważnymi kłopotami i wymagałoby dużej wiedzy o komputerach, systemach operacyjnych i czcionkach.

Dlatego lepiej, bezpieczniej pozostać przy prymitywnej, ale prostej w działaniu metodzie ***.write()***.

Wracamy do meritum: w języku polskim mamy 18 liter „z ogonkami", a mianowicie:

**Ą, Ć, Ę, Ł, Ń, Ó, Ś, Ż, Ź,**
**ą, ć, ę, ł, ń, ó, ś, ż, ź.**

Niektórzy rezygnują z definiowania wielkich liter **Ą**, **Ę**, **Ń**. Uznają je za niepotrzebne, ponieważ żaden polski wyraz nie zaczyna się od którejkolwiek z tych liter. To prawda, ale czasem chcemy coś napisać WIELKIMI LITERAMI i wtedy i one mogą być potrzebne. Dlatego należałoby raczej zdefiniować wszystkie 18 symboli.

Możemy to zrobić „na piechotę", o czym za chwilę. Ale oczywiście ktoś zrobił już za nas całą czarną robotę i w Internecie przy niewielkim wysiłku można znaleźć przygotowany plik ***glcdfont.c*** z kompletem liter polskiego alfabetu.

I w opisanych wcześniej stronach kodowych, i w większości samodzielnie „polonizowanych" stron kodowych, polskie litery „z ogonkami" są umieszczone w rozszerzonej części zbioru, czyli mają kody powyżej 127.

Dobrze, ale tak być nie musi!

Wróćmy do oryginalnego pliku ***glcdfont.c*** i strony kodowej 437. Jeszcze raz na **fotografii 4** pokazane są dostępne tam znaki o kodach 0...127. Zakresu drukowalnych kodów ASCII, czyli 32...127, nie możemy zmieniać, bo spowodujemy poważny bałagan. Możemy natomiast podmienić znaki o kodach mniejszych od 32. Tak, ale pamiętamy, że nie możemy wykorzystać kodów 10 (LF) oraz 13 (CR), które są kodami sterującymi.

Tak się ładnie składa, że pomiędzy kodem 13 (CR) a kodem 32 (spacja) mamy 18 miejsc – dokładnie tyle, ile nam potrzeba. Możemy dowolnym kodom 14...31 przypisać dowolne polskie litery. Na przykład przyporządkowanie może być następujące:

kod – **litera**
14 – **Ą**,
15 – **Ć**,
16 – **Ę**,
17 – **Ł**,
18 – **Ń**,
19 – **Ó**,
20 – **Ś**,
21 – **Ż**,
22 – **Ź**,
23 – **ą**,
24 – **ć**,
25 – **ę**,
26 – **ł**,
27 – **ń**,
28 – **ó**,
29 – **ś**,
30 – **ż**,
31 – **ź**.

Fot. 4

Czyli na przykład aby wyświetlić na ekranie małą literkę **ć**, w szkicu umieścimy instrukcję: ***.write(24);***

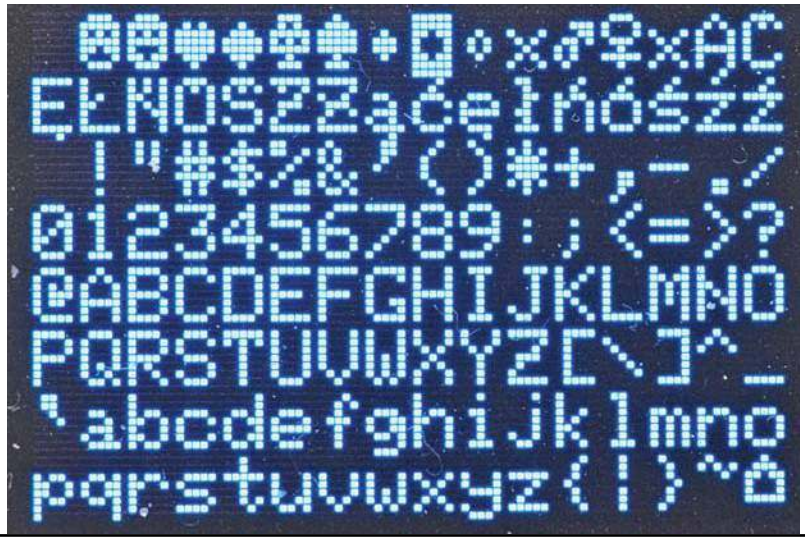
Przyznam, że do pierwszych prób wykorzystałem plik znaleziony gdzieś w Internecie. Oczywiście definicje polskich liter znajdowały się tam w rozszerzonej części kodów powyżej 127, więc przeniosłem je „niżej", w miejsca definiowane przez kody 14...31. Ściślej biorąc, oryginalnych definicji kodów 14...31 nie kasowałem, tylko wyłączyłem znakami komentarza /* */

Zmieniłem zawartość oryginalnego, bibliotecznego pliku ***glcdfont.c*** i po prostu go zapisałem.

Następnie wykorzystałem wcześniejszy program ***A2302.ino*** (omawiany w poprzednim odcinku kursu, dostępny w Elportalu). Bez żadnych mian skompilowałem go jeszcze raz, by skorzystał z fontu z mojego zmodyfikowanego pliku ***glcdfont.c***. Uzyskałem na ekranie obraz, pokazany na **fotografii 5**.

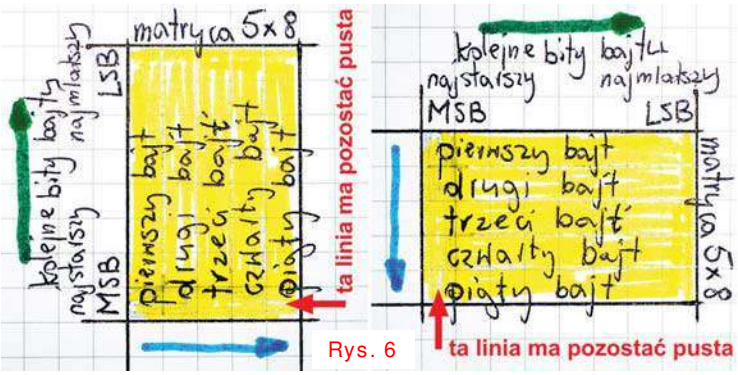
Zadanie zostało zrealizowane!

Jednak nie wszystkie kształty liter podobały mi się. Wprawdzie matryca 5×8 nie powoli wyświetlić ładnych liter, jednak uznałem, że znaki reprezentujące wielkie litery **Ć**, **Ó**, **Ś**, **Ż**, **Ź** trzeba zmienić.

Fot. 5




eprasa.pl bc983a300b

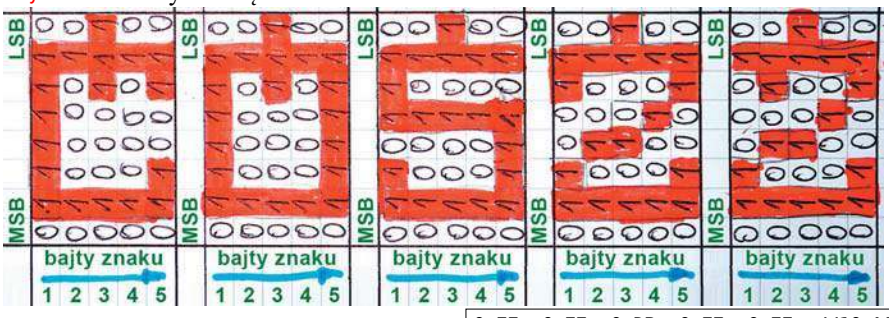


Rys. 6

Jest to bardzo łatwe i można to zrobić ręcznie dosłownie w ciągu kilku, maksymalnie kilkunastu minut. Mianowicie najpierw trzeba na siatce 5×8 narysować symbole o potrzebnym kształcie. W przypadku liter dolna linia wskazana na **rysunku 6** czerwoną strzałką ma być pusta, a każda litera ma mieć wielkość 5×7 pikseli. Przy takim projektowaniu pomocny będzie **rysunek 7**. Najpierw trzeba na takich matrycach zaprojektować wygląd litery, wypełniając jakimś kolorem poszczególne piksele. Na tak projektowany na kartce symbol trzeba spojrzeć z daleka, z odległości kilku metrów.

W przypadku znaku składającego się z 35 pikseli (5×7) nie ma wprawdzie żadnych szans na uzyskanie ładnego wyglądu pięciu wspomnianych liter: **Ć**, **Ó**, **Ś**, **Ź**, **Ż**, jednak uznałem, że w ich przypadku trzeba zmniejszyć wysokość litery podstawowej o jeden piksel, żeby zrobić miejsce na górną kropkę czy kreskę.

Rys. 7




Najpierw czerwonym flamastrem w matrycach 5×8 zaznaczyłem aktywne piksele. Potem w tych kratkach wpisałem jedynki. Pozostałe kratki wypełniłem zerami. I w ten bardzo prosty sposób, bez żadnego przeliczania, miałem gotowe bajty w postaci ośmiobitowych liczb dwójkowych. Pokazane to jest wyraźnie na **fotografii 8** .

Jak pamiętamy, w bibliotecznym pliku ***glcdfont.c*** bajty przedstawione są w postaci dwucyfrowych liczb szesnastkowych (HEX). Ale my wcale nie musimy zamieniać liczb dwójkowych (BIN) na postać szesnastkową (HEX). Możemy do pliku ***glcdfont.c*** śmiało wpisać uzyskane z ręcznego kodowania liczby dwójkowe, stawiając tylko przed nimi ***0b*** (b – binary).

Fragment zmodyfikowanego pliku ***glcdfont.c*** pokazany jest w **szkicu 1**. Zielonym kolorem wyróżniony jest fragment nieczynny, zakomentowany, zawierający definicje znaków CP437.

Warto go zachować na wszelki wypadek. Czerwonym kolorem wyróżnione są nieskasowane wcześniejsze definicje dużych liter **Ć**, **Ó**, **Ś**, **Ź**, **Ż**, które mi się nie podobały i które widać na fotografii 5. Kody 32 i wyższe nie są zmienione.

Tak zmodyfikowany plik o nazwie ***glcdfont_pl_14_31.c*** dostępny jest w Elportalu wśród materiałów dodatkowych do tego numeru. Gdy w bibliotece Adafruit GFX podmienisz oryginalny plik ***gldcfont.c*** i wykorzystasz szkic *A2302.ino* albo ***A2501.ino***, zapewne i Ty na ekranie modułu ze sterownikiem SH1106 zobaczysz widok jak na **fotografii 8**.

Fot. 8

I tak oto mamy zmodyfikowany podstawowy font 5×7 ze wszystkimi literami polskiego alfabetu. Liter „z ogonkami" nie możemy w prosty sposób wykorzystać przy wyświetlaniu napisów za pomocą jakże pożytecznej metody ***.print()***, gdzie tekst do wyświetlenia po prostu bierzemy w podwójne cudzysłowy "". Nie przekażemy ich także do metody ***print()***, która drukuje pojedyncze znaki w pojedynczych cudzysłowach.

Szkic 1

```
0xFF, 0xE7, 0xDB, 0xE7, 0xFF, //10 LF - kod sterujący \n
0x30, 0x48, 0x3A, 0x06, 0x0E, //11
0x26, 0x29, 0x79, 0x29, 0x26, //12
0x40, 0x7F, 0x05, 0x05, 0x07, //13 CR kod sterujący \r
/* //zakomentowane, nieaktywne oryginalne znaki CP437 o kodach 14 ...31:
0x40, 0x7F, 0x05, 0x25, 0x3F, //14
0x5A, 0x3C, 0xE7, 0x3C, 0x5A, //15
(...)
0x30, 0x38, 0x3E, 0x38, 0x30, //30
0x06, 0x0E, 0x3E, 0x0E, 0x06, //31      */
// polskie "ogonki" - nowe, podmienione kody 14 ... 31
  0b01111100, 0b00010010, 0b00010001, 0b10010010, 0b01111100,//14 Ą - A_ogonek
  0b01111110, 0b01000010, 0b01000111, 0b01000010, 0b01100110,//15 Ć - C_acute
// 0b00111110, 0b01000001, 0b01000011, 0b01000001, 0b00100010,//15 Ć - C_acute
  0b01111111, 0b01001001, 0b01001001, 0b11001001, 0b01000001,//16 Ę - E_ogonek
  0b01111111, 0b01001000, 0b01000100, 0b01000000, 0b01000000,//17 Ł - N_stroke
  0b01111111, 0b00000100, 0b00001011, 0b00010000, 0b01111111,//18 Ń - N_acute
  0b01111110, 0b01000010, 0b01000111, 0b01000010, 0b01111110,//19 Ó - O_acute
// 0b00111110, 0b01000001, 0b01000011, 0b01000001, 0b00111110,//19 Ó - O_acute
  0b01101110, 0b01001010, 0b01001011, 0b01001010, 0b01111010,//20 Ś - S_acute
// 0b00100110, 0b01001001, 0b01001011, 0b01001001, 0b00110010,//20 Ś - S_acute
  0b01100110, 0b01010010, 0b01010011, 0b01001010, 0b01100110,//21 Ż - Z_dot
// 0b01100001, 0b01011011, 0b01001001, 0b01001101, 0b01000011,//21 Ż - Z_dot
  0b01100010, 0b01010110, 0b01010011, 0b01001010, 0b01100110,//22 Ź - Z_acute
// 0b01100101, 0b01011001, 0b01001001, 0b01001101, 0b01010011,//22 Ź - Z_acute
  0b00100000, 0b01010100, 0b01010100, 0b11111000, 0b01000000,//23 ą - a_ogonek
  0b00111000, 0b01000100, 0b01000110, 0b01000101, 0b00101000,//24 ć - c_acute
  0b00111000, 0b01010100, 0b01010100, 0b11010100, 0b00011000,//25 ę - e_ogonek
  0b00000000, 0b01010001, 0b01111111, 0b01000100, 0b00000000,//26 ł - l_stroke
  0b01111100, 0b00001000, 0b00000110, 0b00000101, 0b01111000,//27 ń - n_acute
  0b00111000, 0b01000100, 0b01000110, 0b01000101, 0b00111000,//28 ó - o_acute
  0b01001000, 0b01010100, 0b01010110, 0b01010101, 0b00100100,//29 ś - s_acute
  0b01000100, 0b01100100, 0b01010101, 0b01001100, 0b01000100,//30 ż - z_acute
  0b01000100, 0b01100100, 0b01010110, 0b01001101, 0b01000100,//31 ź - z_dot
// tu zaczynają się niezmienione, drukowalne kody ASCII:
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,//32 SPACE
0x00, 0x00, 0x5F, 0x00, 0x00,
(...)
```



eprasa.pl bc983a300b

Wprawdzie opisywane tu wyświetlanie na ekranie liter „z ogonkami” nie jest wygodne, bo trzeba korzystać z metody ***.write()*** i podawać jako argument nasz prywatny numer kodu, jak na razie w zakresie 14...31. Niemniej cieszymy się, bo skutecznie spolonizowaliśmy podstawowy font 5×7 Adafruit GFX. Możemy teraz prawidłowo wypisywać na ekranie dowolne polskie teksty, w tym chyba najbardziej popularny testowy: „Zażółć gęślą jaźń”. Kod samego wypisywania tekstu pokazany jest w **szkicu 2** (dostępny także w Elportalu jako ***A2502.ino***), a efekt widać na **fotografii 9**.

```
// w funkcji setup()
// wyswietlamy klasyczny tekst:
  wysw.print("za");
  wysw.write(30); // ż
  wysw.write(28); // ó
  wysw.write(26); // ł
  wysw.write(24); // ć
  wysw.print(" g");
  wysw.write(25); // ę
  wysw.write(29); // ś
  wysw.print('l'); // litera l
  wysw.write(23); // ą
  wysw.print(" ja");
  wysw.write(31); // ź
  wysw.write(27); // ń
  wysw.println(); // nowa linia
  wysw.println(); // nowa linia
  wysw.print("ZA");
  wysw.write(21); // Ż
  wysw.write(19); // Ó
  wysw.write(17); // Ł
  wysw.write(15); // Ć
  wysw.print(" G");
  wysw.write(16); // Ę
  wysw.write(20); // Ś
  wysw.print('L'); // litera L
  wysw.write(14); // Ą
  wysw.print(" JA");
  wysw.write(22); // Ź
  wysw.write(18); // Ń
  wysw.display(); //wyświetl
```

Szkic 2

Fot. 9

Ulepszonymi fontami GFX zajmiemy się w następnym odcinku i wtedy okaże się, że jest to zadanie znacznie trudniejsze i znacznie bardziej pracochłonne, niż polonizowanie fontu podstawowego 5×7. Na razie nie będziemy wchodzić w szczegóły, ale by zachować ten sam sposób wprowadzania polskich liter i w nowszych fontach GFX, i w starym klasycznym 5×7, przenieś samodzielnie w pliku ***glcdfont.c*** polskie litery z zakresu kodów 14...31 do zakresu 128...145. Tego wyższego zakresu celowo nie wybraliśmy od razu, by pokazać, że „polonizowanie” można przeprowadzić na wiele sposobów.

Teraz po prostu przenosimy definicje 18 polskich liter tuż powyżej zakresu ASCII. Oryginalne kody 128...145 strony CP437 zamieniamy na polskie litery. Tak zmodyfikowany plik dostępny jest w Elportalu, ma nazwę ***glcdfont_pl_128_145.c*** i można go po prostu umieścić w bibliotece zamiast oryginalnego, oczywiście po zmianie nazwy. Tak, ale proponuję, żebyś taką przeróbkę pliku ***glcdfont.c*** przeprowadził samodzielnie.

Dostępny w Elportalu szkic ***A2503.ino*** z użyciem tak zmodyfikowanego pliku ***glcdfont.c*** wyświetla znaki o kodach 32...159 – efekt na **fotografii 10**. Teraz po zmianie na stronie kodowej miejsca wstawienia zestawu polskich liter, do metody ***.write()*** musimy podawać inne numery – kody. Przydatna będzie do tego tabelka, pokazana na **rysunku 11**.

Rys. 11

| | |
|---|---|
| Ą - 128 | ą - 137 |
| Ć - 129 | ć - 138 |
| Ę - 130 | ę - 139 |
| Ł - 131 | ł - 140 |
| Ń - 132 | ń - 141 |
| Ó - 133 | ó - 142 |
| Ś - 134 | ś - 143 |
| Ż - 135 | ż - 144 |
| Ź - 136 | ź - 145 |

W ramach ćwiczeń domowych samodzielnie zmodyfikuj szkic *A2502.ino*, nazwij go ***A2504.ino***, żeby wyświetlić napis, a raczej napisy *zażółć gęśla jaźń* tak, jak na fotografii 9. Ja przy okazji realizacji **szkicu 3**, gdzie dwukrotne przejście do nowej linii realizują dwa inne polecenia, leciutko poprawiłem też w pliku *glcdfont.c* definicję dużej litery ***Ź***, co widać na **fotografii 12**. Jeżeli chcesz, możesz oczywiście eksperymentować, do czego zresztą zachęcam. Możesz umieścić polskie litery w innych miejscach tabeli kodowej, niekoniecznie w proponowanej kolejności i niekoniecznie w jednym bloku, tylko zastępując dowolnie wybrane, zupełnie nieprzydatne, dziwne symbole.

```
//po zmianie pliku  glcdfont.c
// w funkcji setup()
// Wyświetlamy klasyczny tekst:
  wysw.print("za");
  wysw.write(144); // ż
  wysw.write(142); // ó
  wysw.write(140); // ł
  wysw.write(138); // ć
  wysw.print(" g");
  wysw.write(139); // ę
  wysw.write(143); // ś
  wysw.print('l'); //litera l
  wysw.write(137); // ą
  wysw.print(" ja");
  wysw.write(145); // ź
  wysw.write(141); // ń
//wysw.println();  //nowa linia
//wysw.println();//druga nowa linia
  wysw.print("\n"); //nowa linia
  wysw.write(10);//druga nowa linia
  wysw.print("ZA");
  wysw.write(135); // Ż
  wysw.write(133); // Ó
  wysw.write(131); // Ł
  wysw.write(129); // Ć
  wysw.print(" G");
  wysw.write(130); // Ę
  wysw.write(134); // Ś
  wysw.print('L'); // litera L
  wysw.write(128); // Ą
  wysw.print(" JA");
  wysw.write(136); // Ź
  wysw.write(132); // Ń
  wysw.display(); //wyświetl
```

Szkic 3

Fot. 12

Koniecznie jednak poćwicz wykorzystanie kodów 128...145, ponieważ w następnej kolejności podejmiemy probę spolonizowania ulepszonych fontów GFX. A wtedy z pewnych względów, które dokładniej omówimy w najbliższym odcinku, wygodne okaże się właśnie wykorzystanie obok klasycznych kodów ASCII (32...127), także kodów po nich następujących.

**Piotr Górecki**

Fot. 10

eprasa.pl bc983a300b

Wokół Arduino

# Wyświetlacze graficzne cz. 7

**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.**

We wcześniejszych odcinkach omawialiśmy podstawowe zagadnienia sprzętowe. Okazało się, że podstawowe zasady budowy i podłączenia są podobne dla wielu modułów wyświetlaczy. Aby wykorzystać gotowy moduł wyświetlacza, wystarczy za pomocą jednego z popularnych interfejsów wysłać do niego informacje, co ma zostać wyświetlone na ekranie. A to już okazuje się mniej oczywiste!

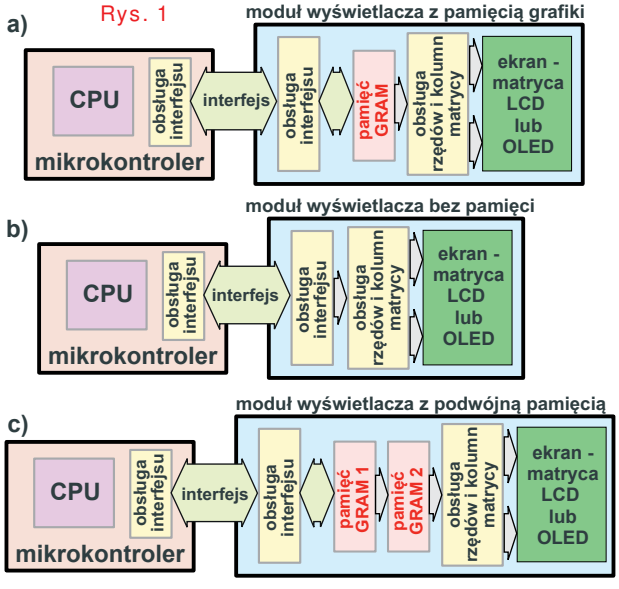
## Aspekty programowe

W zasadzie programowa obsługa wyświetlaczy graficznych okazuje się zaskakująco prosta, a to dzięki gotowym bibliotekom, o których jeszcze będziemy mówić. Jednak i jakość bibliotek, i niezbyt duża szybkość transferu owocują przykrymi niespodziankami, na które trzeba się od początku przygotować. Już wcześniej mówiliśmy, że korzystnie jest, gdy moduł wyświetlacza zawiera pamięć RAM wystarczającą do zapamiętania treści jednego obrazu (stanu wszystkich pikseli wyświetlacza), czyli pamięć GRAM (Graphic RAM) według **rysunku 1a**. Natomiast w prostym rozwiązaniu według **rysunku 1b** mikrokontroler musi na bieżąco, nieustannie, kilkadziesiąt razy na sekundę przekazywać do modułu wyświetlacza informacje o aktualnej treści obrazu. Łącze musi mieć wtedy odpowiednio dużą przepustowość, najczęściej jest to łącze równoległe, np 24-liniowe. Takie rozwiązania są stosowane i mają sens na przykład w przypadku filmów i szybkich animacji.

Tak, ale my w cyklu „Wokół Arduino" mówimy głównie o prostszych wyświetlaczach współpracujących z mikroprocesorami o niewielkiej mocy obliczeniowej. Słaby procesor nie nadążyłby na bieżąco odświeżać ekranu kilkadziesiąt razy na sekundę i niezbędne jest rozwiązanie z rysunku 1a. Wtedy procesor jednorazowo ładuje informacje o treści obrazu do pamięci GRAM wyświetlacza. Kolejne dane z mikrokontrolera zostaną przesłane dopiero wtedy, gdy trzeba zmienić treść wyświetlanego obrazu. Taka koncepcja stosowana jest powszechnie w modułach niewielkich wyświetlaczy, które będziemy dołączać do Arduino.

Transfer kompletu danych do większego wyświetlenia kolorowego może trwać wielokrotnie dłużej niż jeden cykl odświeżania trwający do 20 milisekund, na przykład przy korzystaniu z powolnego łącza I2C lub łącza szeregowego (SPI) o małej częstotliwości taktowania. W takiej sytuacji podczas ładowania nowego obrazu na wyświetlaczu z pamięcią buforową będzie widać niepożądane artefakty: powolną, stopniową zmianę treści ekranu.

Rys. 1




Problem ten rozwiązuje podwójne buforowanie: jeden bufor pamięci GRAM współpracuje z linią transmisyjną, a drugi z matrycą według **rysunku 1c**. Dopiero wtedy, gdy z procesora zostanie przesłany komplet danych, zawartość pierwszego bufora zostanie błyskawicznie przepisana do drugiego. Niektóre moduły wyświetlaczy mają podwójne buforowanie, ale użytkownik zwykle nie zna takich szczegółów.

Podwójne buforowanie okazuje się błogosławieństwem przy powolnym przesyłaniu informacji, ale możliwości szybkiej animacji i tak ograniczy prędkość transferu danych. Mówimy o tym, ponieważ wielu początkujących próbuje do Arduino podłączyć kolorowe wyświetlacze o dość dużej rozdzielczości. Biblioteki pozwalają na tworzenie interesujących efektów i animacji, jednak finalny efekt jest mizerny właśnie z uwagi na zbyt małą szybkość transferu danych. Dlatego ***przygodę z wyświetlaczami graficznymi dołączanymi do Arduino należy rozpoczynać od monochromatycznych wyświetlaczy 128×64 i wyświetlaczy kolorowych o rozdzielczości co najwyżej 240×320***.

## Przetwarzanie danych

Wiadomo, że wyświetlacze obsługiwane są za pomocą standardowych interfejsów, co jednak ani trochę nie odpowiada na pytanie: *jakie dane są przesyłane z mikrokontrolera do modułu wyświetlacza?*

Ogólnie biorąc, przesyłane są bajty, czyli ośmiobitowe paczki bitów. Nasuwa się nieodparty wniosek, że w przypadku najprostszych wyświetlaczy graficznych z pikselami typu załącz/wyłącz, na przykład w małych wyświetlaczach OLED, poszczególne bity wskazują po prostu, czy dany piksel ma być wygaszony, czy zaświecony.



eprasa.pl bc983a300b

W przypadku wyświetlaczy pozwalających na zobrazowanie stopni szarości oczywiste wydaje się przesyłanie w kolejnych bajtach właśnie informacji o jasności. Dziś bardzo popularne są wyświetlacze kolorowe (LCD, a ostatnio także OLED) i można się domyślać, że tam w poszczególnych bajtach przekazywane są informacje o jasności subpikseli RGB. Naturalne wydaje się przesłanie w każdym bajcie 8-bitowej informacji o jasności (sub)piksela, co daje 256 poziomów jasności, a w kolorowych wyświetlaczach RGB aż $(256)^3$, czyli 16 777 216 odcieni. Stan jednego kolorowego piksela określają wtedy trzy bajty.

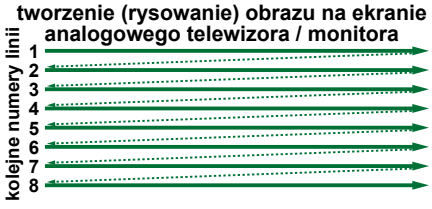
Tak bywa, ale większość małych kolorowych wyświetlaczy LCD wyświetla mniej odcieni i wtedy informacja o jasności trzech subpikseli RGB każdego piksela zajmuje mniej niż trzy bajty (24 bity).

Bardzo dobra wiadomość jest taka, że ktoś już wcześniej przygotował potrzebne procedury i udostępnił je, między innymi w postaci gotowych bibliotek Arduino. Trzeba jednak mieć przynajmniej ogólne pojęcie o tych sprawach, które bardzo szeroko i drobiazgowo są opisane w kartach katalogowych poszczególnych scalonych sterowników graficznych.

## Tworzenie obrazu

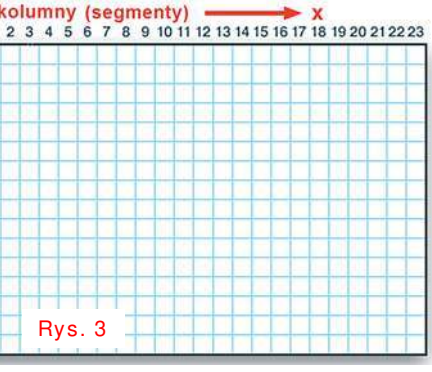
W starych telewizorach analogowych, najlepiej w czarno-białych, wyraźnie widoczne było, że obraz składa się z kilkuset poziomych linii, dosłownie rysowanych na ekranie od strony lewej do prawej i od góry ekranu w dół według **rysunku 2**

Rys. 2




Wprawdzie w ekranach cyfrowych mogłoby być (i bywa) zupełnie inaczej, jednak podstawowa zasada przesyłania i sekwencji tworzenia obrazu jest podobna. Ale szczegóły bywają różne.

Na pewno obraz na ekranie składa się z pewnej liczby pikseli, które są uporządkowane w liniach-wierszach (*line, row*) i kolumnach (*column*). Standardowo numeruje się linie od góry do dołu i kolumny od strony lewej do prawej, jak to jest pokazane na **rysunku 3**.




Rys. 3

Fot. 4

Można byłoby oczekiwać, że mikroprocesor ma wpisywać dane dla kolejnych pikseli według kolejności z rysunku 2. Taka kolejność obsługi pikseli ekranu jest dostępna i bardzo często wykorzystywana. Trzeba jednak wiedzieć, że wiele sterowników obsługuje też odmienne sekwencje, które na razie pominiemy, żeby nie zaciemniać istoty sprawy.

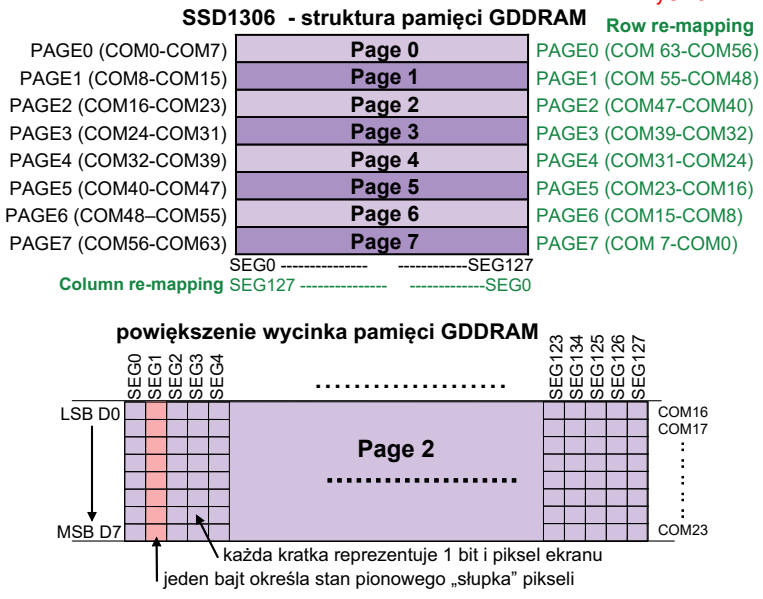
Nawet gdy dane do poszczególnych pikseli miałyby być przekazywane w kolejności z rysunku 2, to zależnie od rodzaju wyświetlacza pojawiają się różne wątpliwości, które warto rozumieć.

Weźmy na przykład moduły popularnych malutkich monochromatycznych wyświetlaczy OLED 128×64 o przekątnej 0,91 oraz 1,3 cala, gdzie jeden bajt określa stan ośmiu pikseli. **Fotografia 4** pokazuje fragment ekranu produkcji Winstar. Rysunek 2 sugeruje, że kolejne bajty będą zaświecać kolejne piksele jednej linii-rzędu.

Tak jednak nie jest!

W tego rodzaju małych modułach pracują scalone sterowniki SSD1306 albo pokrewne SH1106. Piksele ekranu odzwierciedlają stan pamięci GRAM kostki SSD1306, która w zasadzie ma organizację 128×64 bitów, ale w postaci 128×8 bajtów według **rysunku 5**. W sterowniku SH1106 pamięć ma organizację 132×8 bajtów, co pomimo innych podobieństw wymusza wykorzystanie innej biblioteki. W każdym razie w najpopularniejszych wyświetlaczach OLED 128×64 przychodzący z mikroprocesora ***jeden bajt określa stan ośmiu sąsiednich pikseli, ale ustawionych nie w poziomie, tylko w pionie!***

Rys. 5

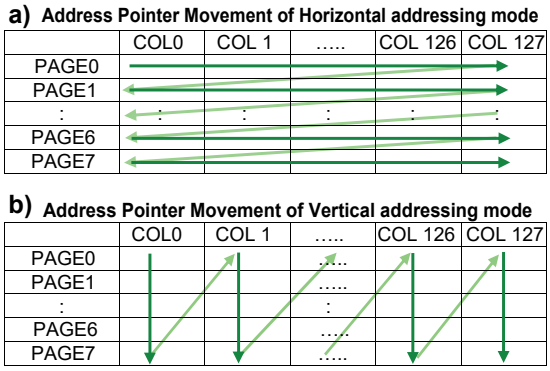



Kolejne nadchodzące dane (bajty) są zapisywane do komórek pamięci GRAM, automatycznie adresowanych przez dwa liczniki adresowe: licznik kolumn, w przypadku SSD1306 zmieniający stan w zakresie 0…127 oraz licznik stron zmieniający swój stan w zakresie 0…7. Zapisanie kolejnego bajtu powoduje automatyczne zwiększenie licznika kolumn, a po dojściu do końca linii-rzędu, zwiększenie stanu licznika rzędów – stron.



eprasa.pl bc983a300b

Stan całego ekranu określa przychodzący z mikroprocesora ciąg 1024 bajtów, które są automatycznie zapisywane do pamięci najczęściej w kolejności pokazanej na **rysunku 6a**, a możliwe jest też przełączenie na sekwencję zapisu według **rysunku 6b**, co znakomicie ułatwia obsługę, jeśli ekran miałby być obrócony o 90 stopni. Aby ułatwić obsługę ekranu umieszczonego „do góry nogami", czyli obróconego o 180 i 270 stopni, przewidziano też możliwość odwrócenia numeracji rzędów i kolumn (*normal/remapped*), co zasygnalizowane jest na rysunku 5.




Rys. 6

Zauważ, że po obróceniu ekranu o 90 lub 270 stopni w pewnym sensie rzędy stają się kolumnami i odwrotnie, więc generalna zasada z rysunku 2 jest jednak zachowana, tylko jeden bajt w różny sposób określa stan ośmiu pikseli.

Generalna zasada „przemiatania" z rysunku 2, czyli kolejności przesyłania danych, jest też zachowana w wyświetlaczach, gdzie stan jednego piksela określa jeden lub więcej bajtów. Tak, ale różnie traktowane są bity kolejno przesyłanych bajtów. Jako przykład może posłużyć układ scalony SSD1351, który jest sterownikiem małych kolorowych wyświetlaczy OLED RGB o rozdzielczości 128×128 i pozwala wyświetlić albo 65536 odcieni (kolor 16-bitowy 5:6:5), albo 262144 odcieni (kolor 18-bitowy 6:6:6). Zawiera on pamięć GRAM o organizacji 128×128 komórek zawierających po 18 bitów. Zależnie od użytego łącza (8-bitowe szeregowe lub równoległe oraz 16- i 18-bitowego) informacje o odcieniu danego piksela (16 albo 18 bitów) są przesyłane do komórek pamięci w różny sposób. Dostępne sposoby rozłożenia informacji o odcieniach RGB pokazuje **rysunek 7**, pochodzący z karty katalogowej SSD1351. W innych sterownikach takie reguły transmisji są inne. Nie trzeba się w to wgłębiać, ponieważ te szczegóły realizują procedury zawarte w bibliotece przeznaczonej dla konkretnego sterownika SSD1351.

Nieprzypadkowo jednak o tym mówimy: już rysunek 7 pokazuje, że biblioteka po pierwsze przeznaczona jest tylko dla jednego sterownika. Po drugie wskazuje, że biblioteka na pewno jest skomplikowana, ponieważ zapewne uwzględnia różne opcje, nie tylko związane z transferem danych. A to prowadzi do bardzo ważnego wniosku: biblioteki na pewno są skomplikowane, a przecież dostępne są całkowicie za darmo. Nie zawsze wykorzystują procedury udostępnione przez producenta, a mogą być pisane przez osoby, których największą zaletą jest szczera chęć podzielenia się z drugimi owocami swojej pracy. Doceniając to, można się jednak słusznie zastanawiać, na ile takie biblioteki są dopracowane? Otóż nawet jeśli nie zawierają błędów, mogą zawierać, i często zawierają, procedury nieoptymalne. Czasem zresztą jest to realizowane świadomie, żeby ułatwić pewne zadania i ujednolicić ich realizację. Nie będziemy się w to wgłębiać, ale nie oczekuj od bibliotek Arduino ani doskonałości, ani pełnej potencjalnie dostępnej szybkości. Musimy jednak wspomnieć o jeszcze jednym szczególe.

Rys. 7

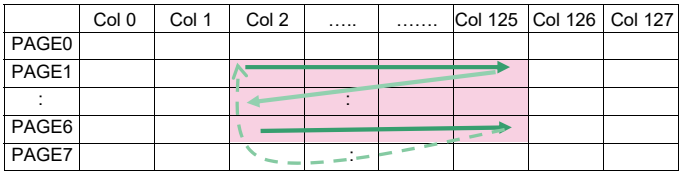
| Write Data | | | Data bus | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bus width | Color Depth | Input order | D17 | D16 | D15 | D14 | D13 | D12 | D11 | D10 | D9 | D8 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
| 8 bits/ /Serial | 65k | 1st | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | $C_4$ | $C_3$ | $C_2$ | $C_1$ | $C_0$ | $B_5$ | $B_4$ | $B_3$ |
| | | 2nd | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | $B_2$ | $B_1$ | $B_0$ | $A_4$ | $A_3$ | $A_2$ | $A_1$ | $A_0$ |
| 8 bits/ /Serial | 262k | 1st | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | $C_5$ | $C_4$ | $C_3$ | $C_2$ | $C_1$ | $C_0$ |
| | | 2nd | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | $B_5$ | $B_4$ | $B_3$ | $B_2$ | $B_1$ | $B_0$ |
| | | 3rd | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | $A_5$ | $A_4$ | $A_3$ | $A_2$ | $A_1$ | $A_0$ |
| 16 bits | 65k | | X | X | $C_4$ | $C_3$ | $C_2$ | $C_1$ | $C_0$ | $B_5$ | $B_4$ | $B_3$ | $B_2$ | $B_1$ | $B_0$ | $A_4$ | $A_3$ | $A_2$ | $A_1$ | $A_0$ |
| 16 bits | 262k format 1 | 1st | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | $C_5$ | $C_4$ | $C_3$ | $C_2$ | $C_1$ | $C_0$ |
| | | 2nd | X | X | X | X | $B_5$ | $B_4$ | $B_3$ | $B_2$ | $B_1$ | $B_0$ | X | X | $A_5$ | $A_4$ | $A_3$ | $A_2$ | $A_1$ | $A_0$ |
| 16 bits | 262k format 2 | 1st | X | X | X | X | $C1_5$ | $C1_4$ | $C1_3$ | $C1_2$ | $C1_1$ | $C1_0$ | X | X | $B1_5$ | $B1_4$ | $B1_3$ | $B1_2$ | $B1_1$ | $B1_0$ |
| | | 2nd | X | X | X | X | $A1_5$ | $A1_4$ | $A1_3$ | $A1_2$ | $A1_1$ | $A1_0$ | X | X | $C2_5$ | $C2_4$ | $C2_3$ | $C2_2$ | $C2_1$ | $C2_0$ |
| | | 3rd | X | X | X | X | $B2_5$ | $B2_4$ | $B2_3$ | $B2_2$ | $B2_1$ | $B2_0$ | X | X | $A2_5$ | $A2_4$ | $A2_3$ | $A2_2$ | $A2_1$ | $A2_0$ |
| 18 bits | 262k | | $C_5$ | $C_4$ | $C_3$ | $C_2$ | $C_1$ | $C_0$ | $B_5$ | $B_4$ | $B_3$ | $B_2$ | $B_1$ | $B_0$ | $A_5$ | $A_4$ | $A_3$ | $A_2$ | $A_1$ | $A_0$ |

## Wycinki i wycinanki

Podkreślmy, że do sterownika wyświetlacza za jednym zamachem w kolejnych bajtach może być wysłana zawartość całego ekranu.

Ale koniecznie trzeba wiedzieć o innej możliwości. Otóż scalone sterowniki graficzne oferują inną cenną możliwość. Mianowicie przed wysłaniem danych można wysłać rozkaz, który określi, dla jakiego prostokątnego wycinka ekranu przeznaczone są informacje. W rozkazie tym określone zostaną przeciwległe wierzchołki prostokąta i wysłane potem bajty danych zmienią stan tylko tak określonego prostokątnego wycinka ekranu, pozostawiając resztę bez zmian. Ilustruje to pochodzący z kart katalogowych Solomon Systems **rysunek 8**.

Rys. 8




Jest to bardzo cenna właściwość, ponieważ bardzo często nie musimy zmieniać treści całego obrazu, a jedynie modyfikować jego fragmenty. Już tu wspomnijmy, że takie „prostokąciki" mogą być niezależnymi małymi grafikami (sprajtami – *sprite*), ale co bardzo ważne, mogą być literami, cyframi i innymi symbolami.

Zamiast żmudnie przygotowywać cały tekst i zawartość całego ekranu w pamięci mikroprocesora, możemy znakomicie ułatwić wyświetlanie tekstów i uprościć program. Mianowicie możemy wysyłać kolejno na ekran wcześniej przygotowane malutkie obrazki, które będą literami, cyframi i innymi symbolami. Obrazki te mogą być przygotowane w różny sposób, więc możemy zaprezentować tekst różnej wielkości i o różnych krojach pisma.

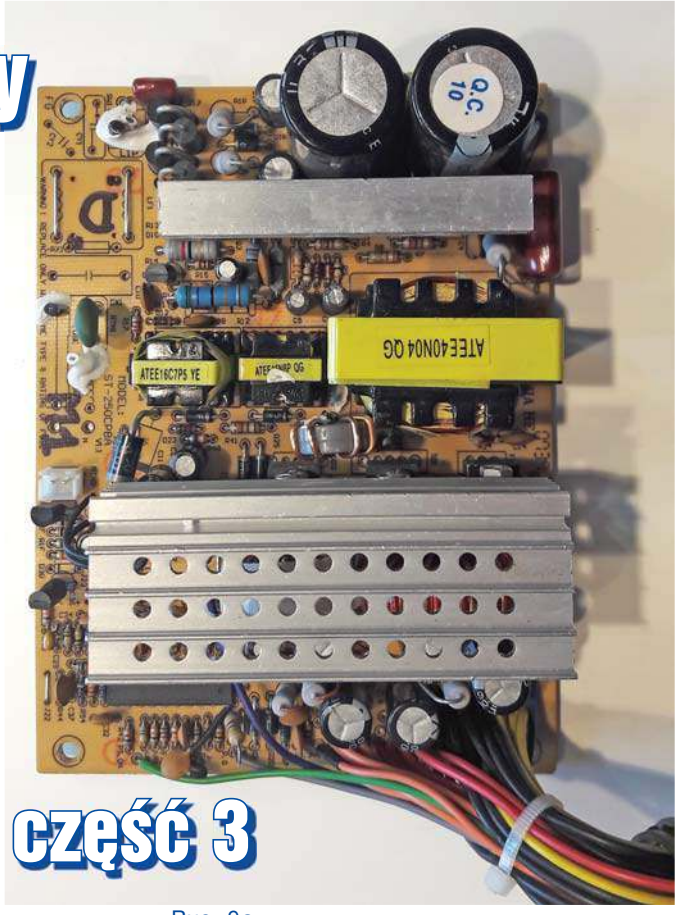
Wkraczamy w kolejną ważną i szeroką dziedzinę. Do kwestii wyświetlania tekstów i innych znaków wrócimy, a na razie podkreślmy, że można w stosunkowo prosty sposób modyfikować zawartość drobnych części ekranu, w szczególności pojedynczych pikseli. Na istniejącą treść obrazu można więc „nadpisywać" drobne fragmenty, przy czym w wyświetlaczach kolorowych trzeba uwzględniać też kolor tła. Już tu widzimy, jak prosta i atrakcyjna jest idea zmiany stanu pojedynczych pikseli ekranu.

*Ciąg dalszy na stronie 39*

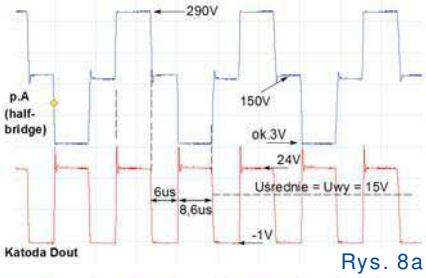


eprasa.pl bc983a300b

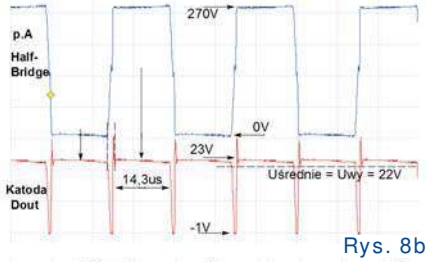
# Odkrywamy schematy
# Zasilacze komputerowe



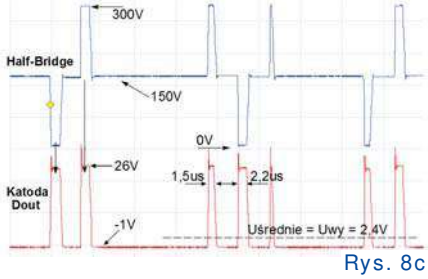

W trzeciej części artykułu omówimy przebiegi przy różnych wartościach napięcia wyjściowego. Punkty pomiarowe pokazuje **rysunek 7**. **Rysunki 8a, 8b, 8c** obrazują zasadę regulacji tej przetwornicy. ***Uwaga! Wszystkie przebiegi – oscylogramy dostępne są też w Elportalu wśród materiałów dodatkowych do tego numeru EdW.*** Przebieg górny zdjęto z półmostka, a sonda dolnego była podłączona do katod podwójnej diody po wtórnej stronie zasilacza (punkty A i DK na rysunku 7). Oscylogram – rysunek 8a, dotyczy napięcia wyjściowego bliskiego nominalnemu =15V. Przebiegi na rysunkach 8b i 8c pokazują górną i dolną możliwość regulacji napięcia zasilacza. Górna możliwość regulacji to 22V, a dolna ok. 2,5V. W pierwszym przypadku współczynnik wypełnienia kluczowania jest bliski 100%, w dolnym zakresie sterownik zaczyna już gubić impulsy – bardziej zredukować PWM układ już nie potrafi. Ale jesteśmy już w zakresie, gdzie nie należałoby zbytnio przetwornicy obciążać. Chcąc wykonać zasilacz o napięciu rzędu pojedynczych woltów, należy skorzystać z wyjścia 5-woltowego. Wtedy zakres regulacji powinien się przesunąć proporcjonalnie w dół, czyli od ok. 1V do 10V.



Rys. 8a



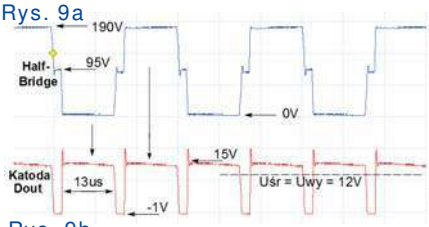
Rys. 8b



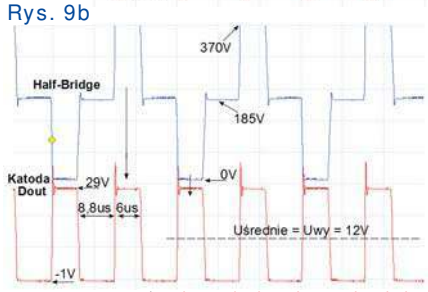
Rys. 8c

Na **rysunkach 9a i 9b** pokazano, jak zmieniają się przebiegi wraz ze zmianą $U_{WE}$. W pierwszym przypadku napięcie obniżono do 150VAC, a w drugim podniesiono do 250VAC. Analizę tych przebiegów pozostawiamy Czytelnikowi.

Dlaczego nie pokazano, jak zmieniają się przebiegi pod różnym obciążeniem? Bo w przetwornicach przepustowych niemal się nie zmieniają! Do tego jeszcze wrócimy.

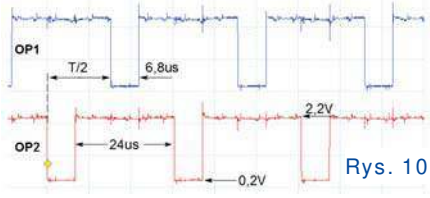


Rys. 9a

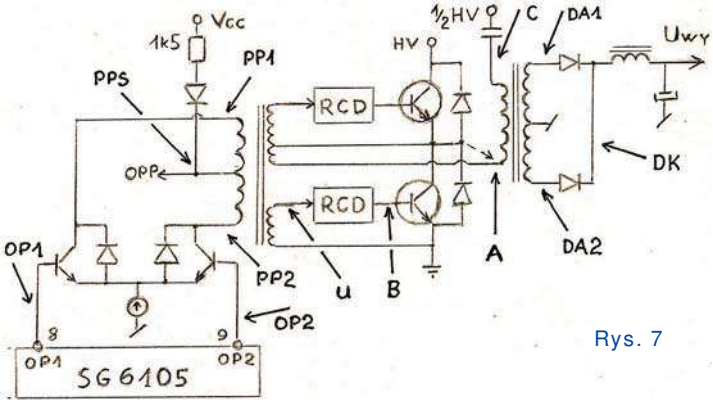


Rys. 9b

Dla zobrazowania działania, a właściwie potwierdzenia tego, o czym mówiliśmy we wcześniejszych odcinkach artykułu, jeszcze kilka przebiegów. **Rysunek 10** to przebieg na nóżkach 8 i 9 SG6105. To wyjścia drajwera sterujące stopniem



Rys. 10



Rys. 7



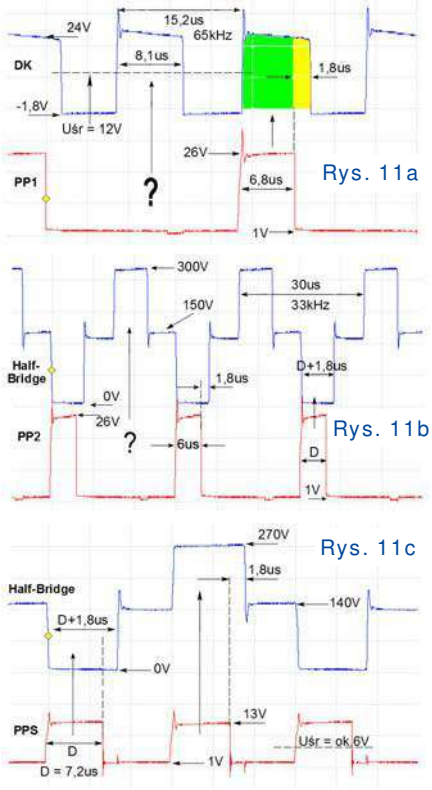
eprasa.pl bc983a300b

pośredniczącym *push-pull*. Oba przebiegi są identyczne, przesunięte w fazie o 180°. To efekt dzielnika (/2) rozdzielającego impulsy sterujące na oba wyjścia. Aktywny jest stan niski. Częstotliwość pracy stopnia kluczującego jest połową częstotliwości oscylatora.

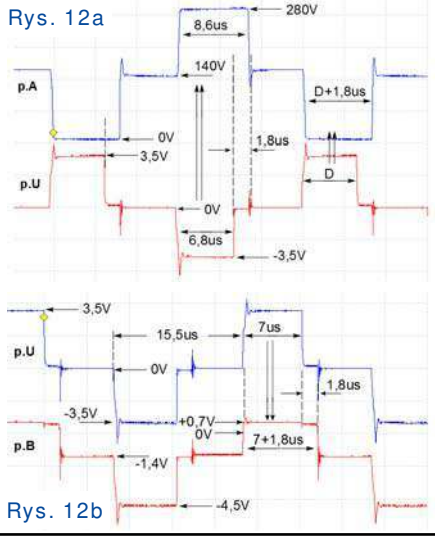
Aby zobrazować pracę stopnia *push-pull*, zdjęto przebiegi pokazane na **rysunku 11a, 11b i 11c**. Na pierwszym górną sondę podpięto do katody diody wyjściowej (punkt DK), a drugą do jednej gałęzi *push-pull*, do kolektora jednego z tranzystorów (punkt PP1 lub PP2). Niższy przebieg jest zgodny z co drugim impulsem wyjściowym, ponieważ za impulsy parzyste/nieparzyste odpowiedzialna jest druga gałąź stopnia sterującego. Praktycznie to samo widać na rysunku 11b, choć górną sondę przepięto na półmostek, a dolną na drugą gałąź stopnia *push-pull*. Rysunek 11c – dolna sonda przepięta na węzeł środkowy transformatora *push-pull*. Tutaj pokazały się już wszystkie impulsy, a nie co drugi. Obserwacja w tym miejscu jest w ogóle możliwa dzięki prądowemu zasilaniu stopnia sterującego, na co zwracaliśmy uwagę w części teoretycznej. Impulsy są wszystkie, ale o połowę niższe. Tak musi być, średnie napięcie, czyli składowa stała w każdym punkcie uzwojenia będzie zawsze taka sama.

Przebieg na **rysunku 12a** to obserwacja półmostka i uzwojenia sterującego bazą dolnego klucza. Górnego (*high-side*) nie obejrzymy, ale z symetrii wynika, że przebieg powinien być taki sam.

Zapewne już na wcześniejszych oscylogramach Czytelnik zauważył, że coś się nie zgadza. Szerokość impulsów sterujących nie jest zgodna z tą szerokością w stopniu kluczowania i po wtórnej stronie przetwornicy. Jeszcze lepiej to widać na **rysunku 12b**. To przebieg na uzwojeniu sterującym dolnym tranzystorem i na samej jego bazie. Na tym rysunku jest to dokładnie zwymiarowane. Odprowadzenie ładunku z bazy tranzystora-klucza trwa ok. 1,8us. To tzw. czas magazynowania (*storage time*) zgodny z wartością katalogową tranzystora MJE13009, aczkolwiek czas ten zależny jest od prądu kolektora i bazy. Tutaj przebiegi świadczą o głębokim nasyceniu tranzystorów kluczujących. Przebieg górny, zdjęty w p. U, odzwierciedla przebiegi stopnia sterującego. Jest on wprost przetransformowany ze stopnia *push-pull*. Między oboma punktami pomiarowymi (uzwojeniem i bazą tranzystora) jest wtrącone źródło napięciowe, jakie tworzy się na dwójniku dioda-rezystor-kondensator. Plus szeregowy rezystor o wartości jedynie 2,2Ω




. Rezystor równoległy do bazy ma w tej chwili mniejsze znaczenie. Z oscylogramu 12b można odczytać, że prąd wsteczny bazy jest na poziomie 3,5V : 2,2Ω = –1,6A. 1,6A razy 1,8 mikrosekundy to 2,9uC (mikrokulomba). Baza tranzystora (tranzystorów) kluczującego sterowana jest więc bardzo poprawnie. W fazie włączenia napięcie na bazie utrzymuje się na poziomie 0,7V. W fazie przeciwnej równe jest przetransformowanemu i przesuniętemu o 1V (tyle tworzy się na ww. dwójniku) napięciu ze stopnia sterującego *push-pull*. Sięga ono –5V. Nie zastosowano diod ograniczających, obcinających. Podobnie z przebiegu 12b można doliczyć się, iż prąd włączający w bazie jest na poziomie 1,3A. Prąd kolektora jest




niewiele większy, a pod małym obciążeniem na tym samym poziomie i z tego też możemy ocenić głębokość nasycenia tranzystorów kluczujących.

Te szacunkowe obliczenia dają obraz pracy najbardziej newralgicznego stopnia przetwornicy, półmostka kluczującego. Obarczone są jednak sporym błędem. Przede wszystkim dwójnik między uzwojeniem a bazą tranzystora to nie jest porządne źródło napięciowe. I tu dodajmy wniosek praktyczny z napraw zasilaczy, których autor wiele przeprowadził. W tym dwójniku tradycyjnie stosowano kondensatory elektrolityczne. Różne, zwykle 4,7 lub 10uF. Proszę przeliczyć, czy to jest dużo. Przebiegu na tym kondensatorze nie obejrzymy, ale można się doliczyć, że bynajmniej nie utrzymuje on stałego ładunku/napięcia, jak na źródło napięciowe przystało. Gdyby był tu sam kondensator, to 7us razy 1,3A daje ok. 10 mikrokulombów. Taki ładunek nawet na pojemności 10uF przeładuje ją o 1V. Wniosek praktyczny: uszkodzenie zasilacza, gdy kondensator ten wysychał. A był on umieszczony (obydwa) zawsze w pobliżu ciepłego/gorącego radiatora. O dziwo, tranzystory były dość żywotne. Rzadko jeden z nich lub oba ulegały zwarciu. Zasilacz dziwnie zachowywał się tylko pod większym obciążeniem. Z tak błahego powodu często lądował na śmietniku, bo usterka była trudna do zdiagnozowania, choć przebiegi się już znacząco deformowały. O ile stwierdziliśmy, że w poprawnych warunkach tranzystory półmostka są może zbyt głęboko nasycane, tu było gorzej, bo jeden z nich wychodził z nasycenia w końcowej fazie włączenia. Wtedy prąd bazy na pewno maleje, a prąd kolektora rośnie, no, jak się dalej okaże – nie aż tak, jak na obciążenie indukcyjne przystało. Dla tranzystora bipolarnego bardzo pożądane jest sterowanie, powiedzmy proporcjonalne. Wychodzenie klucza z nasycenia jest o wiele groźniejsze i przykre niż nasycenie zbyt głębokie. Ale trzeba oddać szacunek konstruktorowi tego zasilacza. Sterowanie niemalże prądowe stopnia *push-pull*, a także dodatkowe uzwojenie transformatora *push-pull* między wyjściem półmostka a uzwojeniem pierwotnym transformatora głównego stwarza warunki sterowania proporcjonalnego baz tranzystorów-kluczy. To znaczy: większe obciążenie – silniejsze wysterowanie bazy. Proste jest piękne! Bo osiągnięte w bardzo prosty, za to przemyślany sposób. Wychodzenie tranzystora kluczującego z nasycenia skutkuje dużymi stratami mocy. Dlatego, jeśli zasilacz

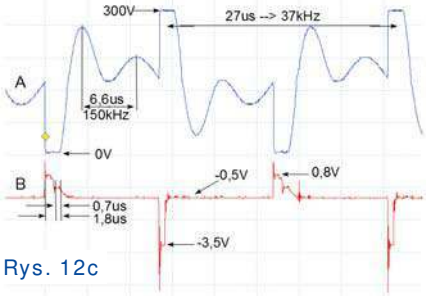


eprasa.pl bc983a300b

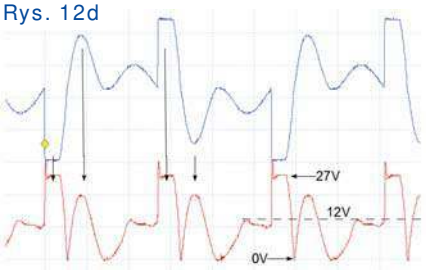
jako tako pracował, to w konsekwencji tranzystor (tranzystory) wysiadały termicznie, co można było także stwierdzić z oględzin płyty PCB.

A jak pod tym względem sprawa wygląda w warunkach normalnej pracy? Czy należy się martwić, oglądając przebieg z rysunku 12b? Opóźnienie wyłączania na poziomie 1,8us to bardzo dużo. Ale to nie jest czas wyłączania! W czasie magazynowania (*storage time*) straty mocy w tranzystorze są niewielkie. Straty dynamiczne są duże tylko w kolejnej fazie, kiedy pojawia się napięcie kolektor-emiter przy dużej wartości prądu kolektora. I bardzo ważne jest, aby ta faza była jak najkrótsza i aby prąd zdążył zmaleć, zanim napięcie pójdzie ostro w górę, a zależy to nie tylko od wysterowania bazy, ale również od charakteru obciążenia i pomocnych tu obwodów gasikowych (*snubber*).

Warto jeszcze pokazać pracę przetwornicy bez obciążenia lub z niewielkim obciążeniem. Na **rysunku 12c** przebieg w węźle A półmostka jest zdecydowanie różny od trójpoziomowego na wcześniejszych oscylogramach. Tu się ujawnia rezonansowy charakter obwodu – uzwojenie pierwotne transformatora rezonuje z pojemnością widzianą w tym węźle, głównie kondensatora gasikowego. Zwarcie rezystora obwodu *snubber* tylko nieznacznie zmienia przebiegi i jak się należy spodziewać, jego obecność skutkuje większym tłumieniem, czyli oscylacje szybciej gasną. Ta obserwacja nie jest sprzeczna z tym, co zobaczymy dalej. Pod dużym obciążeniem zasilacza charakter obciążenia widziany z węzła kluczującego jest niemal czysto rezystancyjny. **Rysunek 12d** to skojarzenie przebiegu w półmostku z tym, który występuje na katodzie diody po wtórnej stronie przetwornicy. To przebieg, którym zasilany jest obwód odzyskujący składową stałą. Czyli cewka magazynująca energię i kondensator na wyjściu. Ten przebieg jest może nieoczekiwany, ale w pełni poprawny. Oscylacje wnoszą swój wkład do napięcia wyjściowego, ale sprzężenie zwrotne to skoryguje! Ważne tylko, aby ten czynnik był jednakowy dla obu napięć (+5V i +12V). Jeśli jest jedna pętla regulacji, to na to nie mamy wpływu. W poprawie regulacji skrośnej, oprócz ciasno nawiniętego transformatora, ma pomóc nawijanie cewek gromadzących energię na wspólnym rdzeniu.

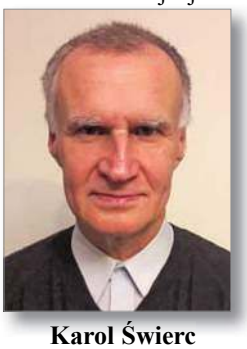


Rys. 12c



Rys. 12d

Czy w zasilaczu PC jest jeszcze coś ciekawego do podejrzenia? Bardzo ciekawe są przebiegi w części zasilacza 3,3V, jeśli pracuje on z wykorzystaniem idei wzmacniacza magnetycznego. Ale tym zajmiemy się kiedyś oddzielnie. W kolejnej części przyjrzymy się przetwornicy *standby* – nieco po macoszemu traktowanemu fragmentowi zasilacza PC. A potem zajmiemy się już przeróbką omawianego tu zasilacza na regulowany lub na ładowarkę.



**Karol Świerc**
rtv@silnet.pl

---

*Ciąg dalszy ze strony 36*

Tak, ale nietrudno się domyślić, że jest to czasochłonne i że realizacja tego rodzaju wartościowych sposobów spowalnia prace systemu. Ma to ścisły związek z funkcjami, zawartymi w bibliotekach. To co pod jednym względem jest zaletą, pod innym okazuje się wadą. Nie sposób tego omówić szczegółowo, ponieważ zagadnienie jest naprawdę skomplikowane, a my dotykamy jedynie czubka góry lodowej.

## Podsumowanie

Aktualnie na rynku dostępne są monochromatyczne i kolorowe wyświetlacze graficzne różnego typu, o różnej rozdzielczości i mające różne interfejsy. Wyświetlacze takie stają się coraz tańsze i ich zakup nie jest problemem nawet dla przeciętnego hobbysty. Dlatego hobbyści także do współpracy z Arduino chcą stosować wyświetlacze coraz większe, o coraz większej rozdzielczości.

Jednym z kluczowych ograniczeń jest omówiona wcześniej prędkość transferu danych z procesora do modułu wyświetlacza. Problem jest największy, gdy chodzi o transmisje sygnałów wideo (filmów), a także szybkich animacji. Tam wymagana jest ogromna szybkość transferu danych, absolutnie nieosiągalna w Arduino.

Jednak gdy na ekranie prezentowane mają być obrazy statyczne i zmiany treści obrazu mają być niewielkie i niezbyt częste, wtedy nawet powolne Arduino, wykorzystując obrazy zapisane na karcie SD, mogłoby obsłużyć nawet kolorowy wyświetlacz o bardzo dużej rozdzielczości. Owszem, tylko w praktyce obsługa takiego wyświetlacza będzie bardzo powolna. To można byłoby zaakceptować, o ile w trakcie zmiany na ekranie nie występowałyby niepożądane artefakty, co jest możliwe do osiągnięcia w modułach wyświetlaczy z podwójnym (lub potrójnym) buforowaniem. Ale nie wszystkie wyświetlacze mają podwójne buforowanie, a niektóre celowo nie mają buforowania w ogóle. Można się tu naciąć na przykre niespodzianki.

Drugi problem to biblioteki. Z jednej strony jeśli jakiś moduł wyświetlacza jest dostępny na rynku, to pewne jest, że istnieje dla niego biblioteka Arduino. Tak, ale niestety jakość licznych bibliotek pozostawia wiele do życzenia. Często niedopracowane biblioteki znacznie zmniejszają realną szybkość transferu danych do modułu wyświetlacza.

Ponadto, jak mówi przysłowie: apetyt rośnie w miarę jedzenia. Początkowa euforia, związana z pierwszym wyświetleniem na ekranie grafiki, szybko mija. A zrealizowanie naprawdę użytecznego systemu Arduino z większym i „szybkim" wyświetlaczem graficznym okazuje się trudne, a wręcz niemożliwe.

Dlatego od początku trzeba mieć realistyczne oczekiwania. Owszem, Arduino w bardzo łatwy sposób pozwala wejść w skomplikowaną i obszerną tematykę wyświetlaczy graficznych. Ale pozwoli zrealizować użyteczne systemy tylko z „małymi" i „powolnymi" wyświetlaczami. Natomiast realizacja ambitniejszych zadań wymaga przejścia od płytek Arduino z procesorami ATmega328 i pokrewnymi do modułów ze znacznie silniejszymi i szybszymi procesorami (np. STM32), ewentualnie do Raspberry Pi.

Odcinek 7 kończy cykl dotyczący elementarnych zagadnień, związanych z wyświetlaczami graficznymi.

**Piotr Górecki**

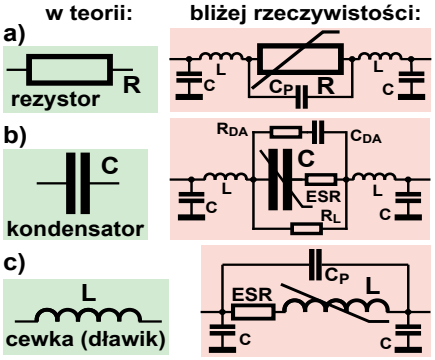


eprasa.pl bc983a300b

# Czym się różni wróbelek?
## Czyli o niedoskonałości elementów
## Część 1 – Rezystory

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

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




W przypadku rzeczywistego rezystora po pierwsze wartość jego rezystancji R nie jest stała, tylko zależy od kilku czynników. Każdy rezystor jest też w niewielkim stopniu termistorem i warystorem. Może też być ogniwem termoelektrycznym. Po drugie, oprócz rezystancji, w każdym rezystorze występują jakieś niewielkie indukcyjności oraz niewielkie pojemności, co oznacza obecność obok rezystancji R także reaktancji $X_C$ i $X_L$, które w praktyce dają o sobie znać dopiero przy wyższych częstotliwościach.

Analogicznie jest z kondensatorami i cewkami: też występują tam szkodliwe rezystancje, indukcyjności i pojemności, a ich wartości zależą od różnych czynników. W nich najważniejszym problemem jest występowanie szeregowej rezystancji zastępczej, zwykle oznaczanej ESR (*Equivalent Serial Resistance*), reprezentującej wszelkie straty, występujące w nich przy przepływie prądu.

W poszczególnych rodzajach i odmianach rzeczywistych rezystorów, kondensatorów i cewek te niepożądane czynniki dają o sobie znać w mniejszym lub większym stopniu.

Ten sam problem niezaznaczonych na schemacie szkodliwych rezystancji, pojemności i indukcyjności występuje też w związku z montażem finalnego układu. Końcówki poszczególnych elementów są połączone ze sobą albo za pomocą przewodów, albo częściej za pomocą ścieżek na płytce drukowanej. Na schemacie problemu nie widać, a w rzeczywistości każdy przewód i każda ścieżka ma jakąś rezystancję i jakąś indukcyjność. A pomiędzy ścieżkami występują pojemności, a gdy płytka jest zabrudzona, między ścieżkami mogą też występować rezystancje (upływność). Wpływ tych czynników zwykle jest nieduży, ale w niektórych zastosowaniach i warunkach pracy te niepożądane właściwości mogą zakłócić lub nawet uniemożliwić działanie układu.

Niedoskonałość elementów elektronicznych ma też inne aspekty. Na ile rzeczywista wartość rezystancji, pojemności czy indukcyjności odpowiada wartości nominalnej, czyli jaka jest tolerancja? Na ile ta rzeczywista wartość

Rys. 1

| Part (inch size) | Power Rating 70°C (W) | Limiting Voltage (V) | Max Overload Voltage (V) | Tolerance (%) | Resistance Range (Ω) | T.C.R. (ppm = ×10$^{-6}$/K) | Temp. Range (°C) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ERJXG (01005) | 0.031 | 15 | 30 | ±5 | 1 to 1 M (E24) | R<10 Ω: –100 to +600<br>10 Ω to 100 Ω : ±300<br>100 Ω≤R : ±200 | -55...+125 |
| ERJ1G (0201) | 0.05 | 25 | 50 | ±5 | 1 to 10 M (E24) | R<10 Ω : –100 to +600<br>10 Ω to 1 M Ω : ±200<br>1 MΩ<R : –400 to +150 | -55...+125 |
| ERJ2G (0402) | 0.1 | 50 | 100 | ±5 | 1 to 10 M (E24) | | -55...+155 |
| ERJ3G (0603) | 0.1 | 75 | 150 | ±5 | 1 to 10 M (E24) | | -55...+155 |
| ERJ6G (0805) | 0.125 | 150 | 200 | ±5 | 1 to 10 M (E24) | | -55...+155 |
| ERJ8G (1206) | 0.25 | 200 | 400 | ±5 | 1 to 10 M (E24) | | -55...+155 |
| ERJ14 (1210) | 0.5 | 200 | 400 | ±5 | 1 to 10 M (E24) | | -55...+155 |
| ERJ12 (1812) | 0.75 | 200 | 500 | ±5 | 1 to 10 M (E24) | | -55...+155 |
| ERJ12Z (2010) | 0.75 | 200 | 500 | ±5 | 1 to 10 M (E24) | | -55...+155 |
| ERJ1T (2512) | 1 | 200 | 500 | ±5 | 1 to 1 M (E24) | | -55...+155 |



eprasa.pl bc983a300b

może zmieniać się pod wpływem różnych czynników, w tym zmian temperatury, zmian wilgotności i upływu czasu?

W kilkuczęściowym cyklu na konkretnych przykładach omówione będą podstawowe przejawy niedoskonałości podstawowych elementów elektronicznych, a także problem prawidłowego montażu układów.

## Rezystory

Podstawowy i oczywisty parametr rezystorów to **rezystancja**. W praktyce wykorzystujemy rezystory o wartościach od 1 milioma (1mΩ = 0,001Ω) do 100MΩ, a czasem nawet od 1 do 100 gigaomów (1GΩ = 1000MΩ). Drugi kluczowy parametr rezystora to **obciążalność**, powszechnie nazywana ***mocą***. Miniaturowe rezystory, zależnie od wielkości, mają obciążalność od 0,05W do najwyżej 1W. Na **rysunku 1** podane są parametry „zwykłych", popularnych 5-procentowych rezystorów SMD Panasonic ERJ o różnej wielkości.

Zakres temperatur pracy rezystorów zwykle jest szeroki i sięga co najmniej +150°C, niektórych do ponad 300°C. Jednak gdy temperatura otoczenia jest wyższa od 70°C, obciążalność rezystorów się zmniejsza i zmniejsza się do zera przy temperaturze maksymalnej.

Obciążalność (maksymalna wydzielana moc strat cieplnych) związana jest też z maksymalnym napięciem, jakie może wystąpić na rezystorze. Dla mniejszych wartości rezystancji maksymalne napięcie Umax wynika z mocy strat P: $U_{max} = (P * R)^{1/2}$. Dla rezystancji o większych wartościach ograniczeniem jest możliwość przebicia rezystora – maksymalne napięcie nie może być wyższe od podanego w katalogu.

Trzecim dość oczywistym parametrem jest ***tolerancja***. W elektronice za precyzyjne uznaje się rezystory o tolerancji 1%. Niestety, dalekie od prawdy jest powszechne wyobrażenie, że za pomocą precyzyjnego miernika z paczki rezystorów można z dużą dokładnością dobrać egzemplarze o ściśle określonej rezystancji, czyli o bardzo wąskiej tolerancji! Nie! Samo zmierzenie rezystancji nie wystarczy!

VISHAY
www.vishay.com

**CMF Industrial**
Vishay Dale

**Metal Film Resistors, Axial, Industrial, Precision**

Rys. 2

**FEATURES**
- Small size - conformal coated
- Flame retardant epoxy coating
- Controlled temperature coefficient
- Excellent high frequency characteristics
- Exceptionally low noise; typically 0.10 µV/V
- Low voltage coefficient to ± 5 ppm/V
- Special tolerance and or TC matching available on request

W zastosowaniach precyzyjnych ważne jest bowiem, żeby rezystor nie zmienił swojej rezystancji ani przy zmianach temperatury, ani z upływem czasu, ani pod wpływem innych czynników, na przykład wilgoci.

Każdy rezystor w jakimś stopniu jest też termistorem, bo zmiany temperatury zmieniają jego rezystancję. Dlatego oprócz tolerancji ważne znaczenie ma też współczynnik cieplny TCR (*Temperature Coefficient of Resistance*), zwykle podawany w ppm/°C (ppm = parts per million; 1ppm = $10^{-6}$ = 0,0001%, 10000ppm = 1%). Popularne rezystory metalizowane są dość stabilne – zwykle mają współczynnik TCR około 100...200ppm/°C, czyli 0,01%/°C, a niektóre droższe – dużo mniejszy. Ale rezystory metalowe o skrajnych wartościach oraz inne rezystory, na przykład węglowe, mogą mieć dużo większy współczynnik TCR, nawet powyżej 1000ppm/°C. Przy zmianie temperatury o 50 stopni mało stabilny rezystor o współczynniku TCR = 1000ppm/°C może zmienić swą wartość o 5%. A rezystor obciążony mocą bliską nominalnej może mieć temperaturę o ponad sto stopni wyższą od temperatury otoczenia. Dlatego na przykład w precyzyjnych dzielnikach napięcia, gdzie wydziela się znacząca moc strat, należy stosować rezystory o nominalnej obciążalności znacznie większej niż moc strat w nich wydzielana w danym zastosowaniu. Wtedy wzrost temperatury i wynikająca stąd zmiana rezystancji będą mniejsze.

Współczynnik cieplny to nie wszystko. Każdy rezystor jest nie tylko kiepskim termistorem. Jest też (bardzo kiepskim) warystorem, bo jego rezystancja w jakimś niewielkim stopniu zależy od wartości napięcia występującego na rezystorze. Co prawda dla większości rezystorów są to pomijalnie małe zmiany, rzędu drobnych ułamków procenta, niemniej w dobrych kartach katalogowych podany jest też współczynnik napięciowy rezystancji. Przykładem może być karta katalogowa przemysłowych rezystorów CMF Vishay, której fragment pokazany jest na **rysunku 2**.

Dla tych rezystorów współczynnik napięciowy wynosi 5ppm/V, co przy zmianie napięcia na rezystorze o 100V oznacza zmianę rezystancji o 500ppm, czyli o 0,05%. Na rysunku 2 jest też informacja o szumach.

Trzeba wiedzieć, że nawet idealna rezystancja szumi – wytwarza tzw. szum termiczny. Występuje tu dość prosta zależność. Otóż możemy to sobie wyobrazić w ten sposób, że w temperaturze powyżej zera absolutnego nośniki prądu drgają w sposób przypadkowy. Takie przypadkowe drgania nośników oznaczają, że między końcówkami każdego, zarówno nieodłączonego, jak i włączonego w układ rezystora występują jakieś niewielkie sygnały zmienne, gdzie występują składniki o najróżniejszych częstotliwościach – to tak zwany ***szum termiczny***. Energia i moc tych drgań są wprost proporcjonalne do temperatury bezwzględnej. A czym większa rezystancja R, tym większe napięcie mają te szumy ($P = U^2/R$). W praktyce elektronika interesuje wartość skuteczna napięcia szumów w określonym paśmie częstotliwości. W sumie są to małe napięcia, rzędu mikrowoltów. Występowanie szumu termicznego nie jest niedoskonałością rezystora – to wrodzona cecha każdej rezystancji wynikająca

R E K L A M A

ULUBIONYKIOSK.PL
Tu zawsze przejrzysz i kupisz aktualne oraz archiwalne numery „Elektroniki dla Wszystkich" zarówno w wersji papierowej, jak i elektronicznej.
PRZESYŁKA GRATIS!



eprasa.pl bc983a300b

z elementarnych praw fizyki. Ale w rzeczywistych rezystorach, oprócz szumu termicznego, występują też dodatkowe szumy wynikające z obecności napięcia i pewnych niedoskonałości – to jednak odrębna sprawa, tylko dla najbardziej zaawansowanych. W zdecydowanej większości układów problem szumów można pominąć.

Podobnie można pominą kwestię tak zwanych ***napięć termoelektrycznych***, które muszą być uwzględniane tylko w najbardziej precyzyjnych układach. W sumie chodzi o to, że rezystor może być ogniwem termoelektrycznym, jeśli jego końcówki mają różną temperaturę.

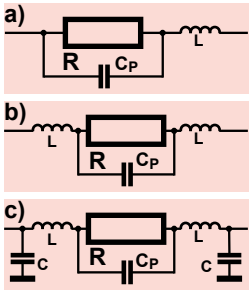
W katalogach dobrych producentów zawartych jest też szereg innych informacji. Między innymi: o ile może zmienić się wartość rezystora (ΔR) po stresie wynikającym z procesu lutowania lub innych stresach termicznych, na ile na rezystancję wpływa wilgotność otaczającego powietrza oraz to, jak rezystancję może zmienić upływ czasu. Informacje tego typu mogą być podane w katalogu w postaci jak na **rysunku 3**.

Każdy rezystor bez wyjątku podczas pracy zmienia bowiem w większym albo mniejszym stopniu swą rezystancję: albo przejściowo, albo trwale.

Tu też jest odpowiedź na pytania, dlaczego zaleca się wstępne włączenie i wygrzanie (kilkanaście minut do kilku godzin) niektórych przyrządów przed ich użyciem oraz dlaczego precyzyjne przyrządy pomiarowe muszą pracować w określonych warunkach klimatycznych i dlaczego muszą być okresowo kalibrowane. Najlepsze rezystory mają precyzyjnie określoną wartość, są stabilne i niewiele zmieniają rezystancję z upływem czasu. Dane z **rysunku 4** dotyczą precyzyjnych rezystorów Vishay AXB0207, które dostępne są w nominałach szeregu E192 w tolerancji do 0,01% i TCR do ±2ppm/°C. Oczywiście są odpowiednio drogie.

Wszystkich dociekliwych Czytelników gorąco zachęcam do ściągnięcia kart katalogowych rezystorów o różnej precyzji ze stron różnych producentów. Wystarczy wpisać w wyszukiwarkę coś w rodzaju: *precision resistor pdf*.

Aby porównać rozpiętość cen, a jest ona ogromna, można wejść na strony wiodących sklepów internetowych (np. TME, Mouser, Digikey, RS-online, Farnell), gdzie są podane i ceny, i skąd też można od razu ściągnąć karty katalogowe. Najbardziej precyzyjne rezystory można wyszukać, wpisując w wyszukiwarkę hasło w rodzaju: *„ultra precision" OR „ultraprecision" resistor*.



Rys. 5

Kolejny ważny problem zasygnalizowany jest na wstępnym rysunku A. Rzeczywisty rezystor to nie tylko jego rezystancja R, ale też jakaś szkodliwa indukcyjność i pojemność. W podręcznikach najczęściej można spotkać schemat zastępczy rezystora jak na **rysunku 5a** lub **5b**. W rzeczywistości dla rezystora wlutowanego w układ należałoby przyjąć schemat zastępczy co najmniej według **rysunku 5c**, gdzie dodatkowo zaznaczono pojemność zmontowanego rezystora względem masy, która może być różna, zależnie od sposobu zamontowania. Tak czy inaczej, każdy rezystor prawidłowo pełni swą funkcję tylko do określonej częstotliwości, a dla częstotliwości bardzo wysokich zachowuje się jak... cewka albo jak kondensator.

Ogólna zasada jest następująca: ***w najszerszym paśmie częstotliwości mogą pracować rezystory o nominałach 100Ω...1kΩ***. W rezystorach o małej rezystancji do 100 omów przy wzroście częstotliwości znacząco daje o sobie znać szkodliwa szeregowa indukcyjność, co powoduje wzrost impedancji. Natomiast przy wzroście częstotliwości impedancja rezystorów o dużych wartościach, powyżej 1 kilooma, maleje, bo daje o sobie znać szkodliwa równoległa pojemność.

**Pojemność rezystorów**. Pojemność między wyprowadzeniami rezystora jest mała, przeciętnie rzędu 0,1pF lub mniej, zależnie od wielkości rezystora i jego budowy wewnętrznej. W rezystorach o wyższych nominałach przy dużych częstotliwościach reaktancja $X_C$ maleje do wartości mniejszych od ich rezystancji R. Łatwo obliczyć, że pojemność 0,1pF już przy częstotliwości 10MHz ma reaktancję 160 kiloomów. Ogólnie biorąc,

| Resistors PR4, PR5 | | Maximum |
|---|---|---|
| Load: 1000 hours at 70°C | ΔR % | 0.5 |
| Derating from rated power at 70°C | | zero at 155°C |
| Short term overload | ΔR % | 0.25 |
| Climatic | ΔR % | 0.5 |
| Climatic category | | 55/125/56 |
| Long term damp heat | ΔR % | 0.5 |
| Temperature rapid change | ΔR % | 0.25 |
| Resistance to solder heat | ΔR % | 0.25 |
| Vibration and bump | ΔR % | 0.1 |
| Insulation resistance | ohms | > 1G |
| Voltage proof | volts | PR4: 500 min, PR5: 700 min |

Rys. 3

Rys. 4

**UXB 0207**

| TECHNICAL SPECIFICATIONS | | |
|---|---|---|
| **DESCRIPTION** | | **UXB 0207** |
| DIN size | | 0207 |
| Resistance range | | 10 Ω to 1 MΩ |
| Resistance tolerance | | ± 0.25 %; ± 0.1 %; ± 0.05 %; ± 0.01 % |
| Temperature coefficient | | ± 10 ppm/K; ± 5 ppm/K; ± 2 ppm/K |
| Rated dissipation: | $P_{85}$ | 0.125 W |
| | $P_{70}$ | 0.25 W |
| Operating voltage, $U_{max.}$ AC/DC | | 250 V |
| Operating temperature range (1) | | -20°C to 125°C |
| Peak permissible film temperature (1) | | 125 °C |
| Insulation voltage: | 1 min.; $U_{ins}$ | 500 V |
| | Continuous | 75 V |
| Max. resistance change at $P_{70}$ for resistance range, $\Delta R/R$ max., after: | 2000 h | 100Ω to 250kΩ ≤ 0.05 % |
| Max. resistance change at $P_{85}$ for resistance range, $\Delta R/R$ max., after: | 1000 h | 100Ω to 250kΩ ≤ 0.02 % |
| | 8000 h | ≤ 0.04 % |
| | 225 000 h | ≤ 0.12 % |
| Failure rate: $FIT_{observed}$ | | ≤ 0.1x $10^{-9}$/h |

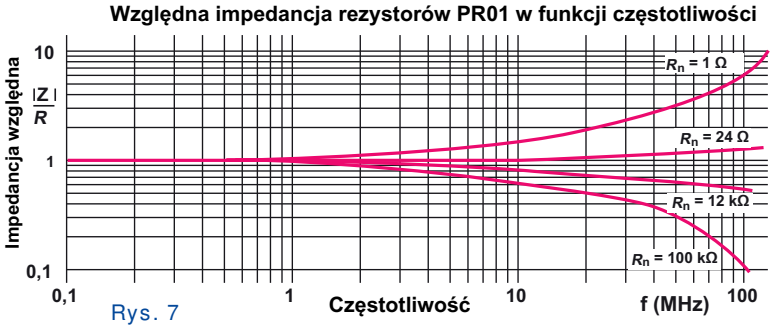


eprasa.pl bc983a300b

czym większa rezystancja, tym większy jest szkodliwy wpływ pasożytniczych pojemności. Jak widać, wpływ pojemności można pominąć tylko w rezystorach o niskich nominałach, poniżej 100Ω (bo pojemność 0,1pF ma reaktancję 160 omów dopiero przy częstotliwości 10GHz).

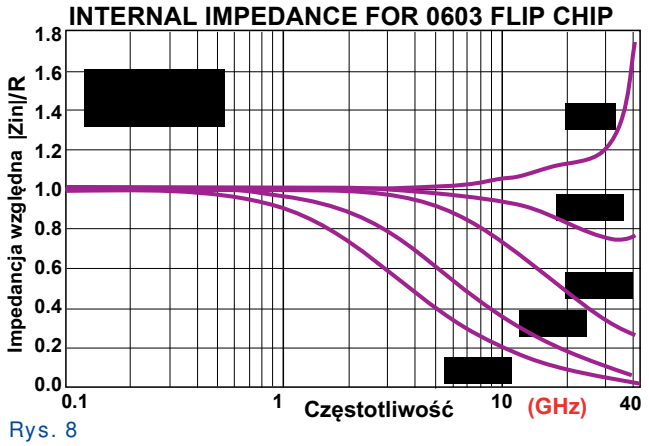
Fot. 6

**Indukcyjność rezystorów**, w szczególności drutowych. Reaktancja indukcyjna $X_L$ rośnie ze wzrostem częstotliwości i dodaje się do rezystancji rezystora. Czym mniejsze rozmiary ma rezystor i czym krótsze ma wyprowadzenia, tym lepiej. Jednak znaczącą indukcyjność ma już zwykły prostoliniowy odcinek drutu, czyli końcówka rezystora. W pierwszym uproszczeniu można przyjąć, że ***1 centymetr drutu lub 1 centymetr długości ścieżki ma indukcyjność 10 nanohenrów***. Już przy częstotliwości 10MHz taka indukcyjność ma reaktancję $X_L$ około 0,6 oma. Znacząco zmienia to impedancję rezystorów o niskich nominałach, a zwykle można ją pominąć w rezystorach o nominałach powyżej 1kΩ.



Rys. 7

W wielu rezystorach przewlekanych warstwa rezystancyjna jest nacinana w formie spirali – cewki, co wyraźnie widać na **fotografii 6**, a to oczywiście zwiększa indukcyjność. Najprościej biorąc, niewielka jednozwojowa pętla ma indukcyjność rzędu kilku do kilkunastu nanohenrów, ale indukcyjność rośnie z kwadratem liczby zwojów. Spiralnie nacięte rezystory mogą mieć indukcyjność kilkudziesięciu nanohenrów, a nawet więcej. Jeszcze gorzej jest z wszelkimi rezystorami drutowymi, które mogą zawierać spiralę z kilkudziesięcioma zwojami drutu. Problem dotyczy też rezystorów drutowych niesłusznie nazywanych bezindukcyjnymi, w których indukcyjność jest tylko zmniejszona, a nie zlikwidowana. Ogólnie biorąc, rezystory drutowe nie nadają się do obwodów wysokiej częstotliwości. A i klasyczne przewlekane rezystory metalizowane mają znaczącą indukcyjność i pojemność, więc przy większych częstotliwościach ich impedancja znacząco różni się od rezystancji nominalnej. **Rysunek 7** dotyczący 1-watowych przewlekanych rezystorów mocy Vishay PR01 pokazuje zależność impedancji od częstotliwości. Wpływ szkodliwych pojemności i indukcyjności daje tu o sobie znać już przy częstotliwościach powyżej 1MHz. O wiele lepsze pod omawianym względem są rezystory SMD, które nie mają wyprowadzeń drutowych. **Rysunek 8** pokazuje analogiczne charakterystyki rezystorów SMD Vishay FC wielkości 0603, przeznaczonych specjalnie do układów w.cz. Jak widać, tu impedancja zmienia się dopiero przy częstotliwościach rzędu gigaherców! Trzeba podkreślić, że chodzi o przypadki skrajne. Przykład z rysunku 7 dotyczy dużych rezystorów przewlekanych, a ten z rysunku 8 dotyczy specjalnych rezystorów przeznaczonych do pracy przy bardzo wysokich częstotliwościach. Małe rezystory przewlekane będą mieć właściwości lepsze, niż pokazuje rysunek 7, a typowe rezystory SMD – gorsze niż pokazuje rysunek 8. Szczegółów należy szukać w katalogach. W każdym razie elementy SMD mają mniejsze szkodliwe pojemności i indukcyjności od elementów przewlekanych (THT).



Rys. 8

Nie w każdym zastosowaniu omawiane tu niedoskonałości odgrywają istotną rolę. Na przykład w układach w.cz. rzadko potrzebne są rezystory o wysokiej precyzji i stabilności. Natomiast w układach precyzyjnych bardzo rzadko potrzebne są rezystory zachowujące swą rezystancję także w zakresie gigaherców. Niemniej także hobbyści napotykają problemy wynikające z omówionych niedoskonałości, dlatego przy projektowaniu i realizacji układów zawsze trzeba pamiętać o istnieniu omówionych niedoskonałości.

Profesjonalista może zamówić rezystory o potrzebnych gwarantowanych wysokich parametrach – zapewne będą one odpowiednio drogie. Hobbysta zwykle nie ma dokładnych informacji o posiadanych rezystorach nieznanych producentów. Jednak kluczowe właściwości rezystorów można sprawdzić w warunkach domowych. Szczegóły podane będą w drugiej części artykułu.

**Piotr Górecki**

R E K L A M A

eprasa.pl bc983a300b

# Szkoła Konstruktorów

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

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

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

Potwierdzam otrzymanie rozwiązań, nadsyłanych e-mailem. Jeśli w terminie dwóch tygodni nie otrzymasz mojego potwierdzenia, prześlij rozwiązanie jeszcze raz (o przyczynach ewentualnych kłopotów przeczytasz na początku rubryki *Poczta* 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: *Szko295Kowalski, Policz295Zielinski, NieGra295Malinowski, Jak09Krzyzanowski*. 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*.



eprasa.pl bc983a300b

# Zadanie główne 295

Pomysł zadania, a właściwie prośbę, nadesłał **Andrzej** z Poznania (prosił, żeby nie podawać nazwiska). W e-mailu napisał:

*Czytam EdW od lat. Nie uważam się ze eksperta od elektroniki, ale robię układy, także z mikroprocesorami (na Arduino i przy okazji podziękowania za materiały na ten temat). (...) Zdecydowałem się napisać (...) z dwóch powodów (...) może komuś przyda się mój pomysł (...) Otóż niedawno moja lepsza połowa rzuciła pomysł, że na tarasie chciałaby mieć wolno stojącą wannę (...) [jednak jej] wyobrażenia były zupełnie nierealne. Sądziła, że wystarczy nalać wody i poczekać, aż słońce ją nagrzeje (...) i miała to być elegancka, najlepiej żeliwna wanna starego typu z nóżkami typu „łapy lwa". (...) [Koncepcja realizacyjna wprawdzie] nierealna, ale sam pomysł wanny na tarasie bardzo mi się spodobał. Ja jestem techniczny, więc pierwotny pomysł małżonki został poddany wnikliwej analizie (...) pod kątem użytkowania, technicznym i ekonomicznym. Taras jest spory, w sumie około 4m×6m, częściowo zadaszony. Można byłoby na nim postawić nawet dużą okrągłą wannę jacuzzi. Pierwsza sprawa, że w naszym klimacie woda bezwzględnie musi być podgrzewana. To pozwoli korzystać z wanny nawet w chłodne dni, a może nawet zimą w zadaszonej i osłoniętej części tarasu. Stąd pomysł na grzałkę elektryczną, ale nie nurkową, taką do gotowania wody na herbatę, jak chciała żona w rozmowach na ten temat.*

*(...) Przypomniały mi się zadania w EdW z wanną (...) przydały się! (...) Z dużego zbiornika typu jacuzzi/SPA zdecydowanie zrezygnowałem nie tyle z powodu ceny (te dmuchane są stosunkowo tanie), ale z uwagi na dużą pojemność, często przekraczającą 500 litrów. Podgrzanie elektryczne 500l wody to już znaczący koszt, gdyby chcieć to użytkować częściej niż kilka razy w roku. Zwykła wanna to 100 do 200 litrów wody, a taką objętość można nagrzać bez dużego uszczerbku na kieszeni. Wanny z hydromasażem są bardzo drogie, ale samą grzałkę przepływową i pompę można kupić poniżej 1000zł. Wanna żeliwna odpada – pozostaje akrylowa. Ceny teoretycznie od 300zł do 1000zł, ale dużo więcej, jeżeli chciałbym mieć dużą wannę na 2 osoby (...) po wstępnych kalkulacjach nie wiem, czy się to uda zrobić, bo ładna wanna to poważny wydatek (...) Niezależnie od tego (...) temat, który może być zadaniem do S. K.: czytając o wannach znalazłem, że mają one LED-owe oświetlenie, które ma leczyć – fototerapia. Przypuszczam, że nie jest to oparte na ścisłych badaniach medycznych (...) takie światło jest formą relaksu (...) niezależnie od tego* ***taka wanna musiałaby mieć jakieś atrakcyjne oświetlenie LED****. Mam jakieś wstępne wyobrażenia, ale uważam, że to może być dobre zadanie Szkoły (...) Takie terapeutyczne, a co najmniej relaksujące podświetlenie można założyć w każdej wannie, nie tylko na tarasie (...)*

Oto temat zadania 295:

**Zaproponuj podświetlenie LED do dowolnej wanny kąpielowej**.

Proponuję, żebyście najpierw poszukali w Internecie dostępnych na rynku rozwiązań, a potem je rozwinęli, zmodyfikowali albo zaproponowali coś zupełnie nowego. Jednak słowo „fototerapia" zwykle odnosi się do innych rozwiązań, więc wpiszcie w wyszukiwarkę raczej: ***chromoterapia OR koloroterapia wanna***.

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

Jak można zamontować takie podświetlenie bez dziurawienia wanny? Czy tylko jako nierażące w oczy oświetlenie od góry? Sprawdźcie, na ile przezroczyste są wanny akrylowe: czy będzie widać światło umieszczonych pod wanną pasków taśm LED albo punktowych podświetlaczy COB LED? A może oświetlać też obudowę wanny i podłoże wokół niej?

Czekam na propozycje teoretyczne oraz praktyczne. Także z zastosowaniem gotowych sterowników. Zarówno zaawansowane, jak i proste, które też mogą być bardzo atrakcyjne.

**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***



eprasa.pl bc983a300b

# Rozwiązanie zadania głównego 290

Temat kwietniowego zadania numer 290 brzmiał następująco:

***Zaproponuj układ elektroniczny do uświetnienia uroczystości rodzinnych oraz świąt.***

Koronawirus mocno namieszał nie tylko w Polsce. Wprowadzono poważne ograniczenia. Kwietniowy numer EdW ukazał się z ogromnym opóźnieniem. Życie wielu z nas uległo poważnej zmianie. I nie był to radosny nastrój skłaniający do świętowania. Być może dlatego rozwiązań tego zadania dotyczącego świętowania pojawiło się niewiele. Nadeszła jedna propozycja teoretyczna, ale za to bardzo obszerna i interesująca. Oto fragmenty:

**Marcin Sosnowski** z miejscowości Pólko napisał: *(...) dość regularnie kupuję i czytam EdW. Pierwszy raz piszę do Was w sprawie zadania Szkoły Konstruktorów. Bardzo zainteresowało mnie to, co było we wprowadzeniu zadania 290. Autor (ukłony i szacunek!) wspomniał o coraz większej popularności rozmaitych teorii spiskowych (...) też często czuję się bezradny, jak widzę i słyszę, że moi znajomi, w większości ludzie wykształceni, rozumni i logiczni powtarzają różne brednie, dotyczące nie tylko polityki, ale także spraw technicznych. I tak niedawno dowiedziałem się od jednego ze znajomych, że jakiś pszczelarz na dalekiej Syberii wynalazł pojazd (latadło) wykorzystujący nieznane źródła energii, a raczej antygrawitację. Ja wiem, że nauka jeszcze wszystkiego nie odkryła. Ale w tym przypadku oddzielna kwestia to „antygrawitacyjne" unoszenie – lewitacja, a inna sprawa to osiągane prędkości ruchu poziomego nad ziemią. Otóż według przedstawionego mi opisu pojazd miałby przypominać starą wagę, jaką nasi ojcowie i dziadowie wykorzystywali do ważenia worków z kartoflami. Absolutnym hitem jest to, że rzeczony pszczelarz według przedstawionego mi opisu miał nad Syberią latać na tym ustrojowie na wysokości 300 metrów nad ziemią z szybkością 40 kilometów na... minutę. Tak, upewniałem się: nie na godzinę, tylko na minutę, czyli do 666m/s (sic! –znów magiczna liczba), inaczej mówiąc do 2400km/h – powyżej 2 machów! Oczywiście bez żadnego kombinezonu, maski, bo po co... Tylko co z grzywką?*

*Ręce opadają (...) i nie tylko (...)*

*Autor zadania 290 wspomniał, że chciałby w Szkole Konstruktorów widzieć jakiś* ***„elektroniczny układ antymagiczny"****, związany z wyjaśnianiem rozmaitych teorii spiskowych i innych bzdur. Mój mail jest przykładem, że nie takie to łatwe, bo temat jest mi wyjątkowo bliski (...) trafiony w punkt (...) a nawet nie potrafię wskazać dobrego konkretnego przykładu i propozycji, jaki to miałby być układ.*

*Z układów „niemagicznych" proponowałbym wszelkie interesujące rozwiązania, propagujące rzetelną wiedzę i wyjaśniającą „jak to działa?". Tu miałbym przykład: prawie każdy ma dziś smartfon, ale mało kto wie, co jest w środku i jak to działa. Widziałbym tu duży, gigantyczny model smartfona. Duże pudło z pleksi, a w nim duży ekran – albo może jak największy ekran dotykowy z tableta/laptopa, albo ostatecznie wbudowany monitor komputerowy ponad 20 cali plus jakaś duża klawiatura, a w środku pudła widoczne różne bloki. W tym duży akumulator (np. kwasowy) i elektronika: główny procesor, pamięć RAM i FLASH, moduły Wi-Fi, Bluetooth, GPS, czujniki ruchu/przechyłu, mikrofon, głośniki, itd. A dodatkowo wbudowany w tym gigancie jakiś częściowo rozebrany prawdziwy mały smartfon + szkło powiększające do oglądania detali. Druga możliwość to gigantyczny laptop z ekranem w postaci dużego telewizora.*

*A wszystko po to, żeby pokazać, że dzisiejsze urządzenia elektroniczne zbudowane są z modułów, pełniących poszczególne funkcje. I właśnie modułowość to klucz do różnorodności i bogactwa oferty rynkowej.*

*Wiem, że to byłoby kosztowne, szybko by się dezaktualizowało, ale byłoby świetną okazją do nauki nie tylko dla najmłodszych (...)*

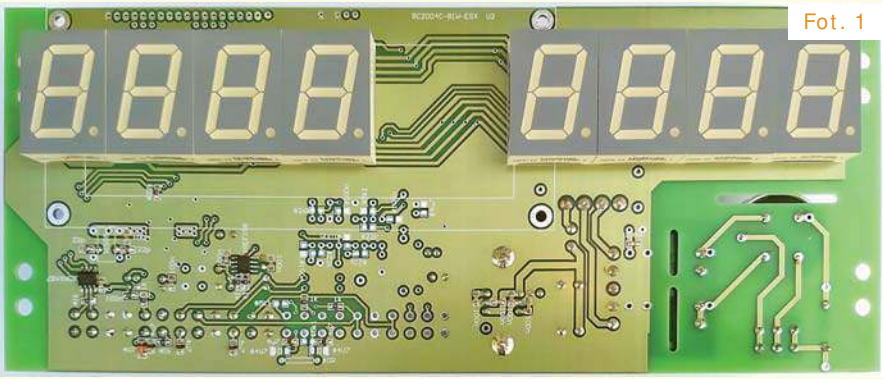
*I trzecia możliwość, tylko nie wiem, jak to pokazać: protokół TCP/IP jako podstawa dzisiejszej komunikacji, nie tylko Internetu na smartfonach, tabletach i laptopach, ale także IoT. Chodzi nie tyle o TCP/IP, a raczej o pokazanie, jak genialna i elastyczna jest koncepcja różnych warstw protokołu (...)*

Później, niedługo przed wysłaniem tego materiału do drukarni, w drugim e-mailu nadeszło następujące uzupełnienie powyższego tekstu:

*Jeżeli nie jest za późno (...) w sprawie pokazywania „jak to działa?", chciałbym wyrazić podziw dla ogromu pracy włożonej przez Autora w projekt* ***Kalkulatora TTL*** *z lipcowej EdW. To prawdziwa, kosztowna i nieprawdopodobnie pracochłonna realizacja pomysłu podobnego do tego, o czym pisałem w pierwszym mailu. Choć to projekt w żaden sposób nieuzasadniony ekonomicznie, nie tylko uczy, ale też skłania do zastanowienia, i to pod kilkoma względami (...) szacunek dla Autora!*

Chętnie przedstawimy w EdW wszelkie elektroniczne układy „antymagiczne" i edukacyjne. A na temat lotów entomologa Wiktora Stiepanowicza Grebiennikowa (1927–2001) można poczytać w Internecie. Według łatwych do znalezienia tekstów i fotografii, na swojej platformie lewitacyjnej latał z prędkościami ponad 2 machów (25...40km/min) w berecie, więc nie wiadomo, czy miał wtedy rozwianą grzywkę...

**Marek Czechyra** z Dzierżoniowa napisał: *Witam. Korzystając z zaproszenia do wzięcia udziału w tym „specyficznym zadaniu", jako ekspert od takowych postanowiłem napisać ;-)*



Fot. 1



eprasa.pl bc983a300b

*Pewnie nie będę zbyt oryginalny pisząc, jak kiedyś (ze 20 lat temu) wymontowywałem moduły grające z takich grających kartek świątecznych. Gdy się je otwierało, to aktywował się układ odtwarzający melodyjkę. Wymontowywałem ten układzik i wkładałem do kartki własnoręcznie przygotowanej na wymaganą okazję (zwykle Dzień Matki / Ojca), ale to tylko tak na marginesie.*

*Pierwszą myślą, która mi się nasunęła po przeczytaniu treści zadania głównego nr 290, była „dekoracja" przygotowana na 40. urodziny żony :-)*

*Wszystko oczywiście jak zwykle zostawiłem sobie na ostatnią chwilę. W pracy jakiś czas wcześniej pisałem oprogramowanie do cyfrowego pulpitu, który pozwalał między innymi wyświetlić aktualną wartość napięcia oraz prądu. Kluczowe jest tutaj to, że urządzenie to ma 8 sporych wyświetlaczy siedmiosegmentowych. Korzystając z gotowej platformy sprzętowej oraz programowej, napisałem program, który wyświetlał na obu wyświetlaczach liczbę 40, odbijającą się od lewej do prawej oraz z powrotem, a następnie pulsującą na środku obu wyświetlaczy. Całością zarządza maszyna stanów wywoływana przez bit ustawiany w przerwaniu timera. Kontroluje ona, co wyświetlić na każdym wyświetlaczu. Dodatkowo umożliwia sterowanie pulsowaniem wartości na wyświetlaczu (cyfry są wtedy delikatnie przygaszane).*

*Dane o wartościach do wyświetlenia są przechowywane w tablicy ze wskaźnikami do funkcji, które „wiedzą", jakie segmenty zaświecić, aby uzyskać wymaganą cyfrę. Dzięki temu wystarczyło potraktować każdą wersję tablicy jako klatkę animacji, a następnie wyświetlać je co zadany czas.*

*Ku mojemu zdziwieniu ta dekoracja spotkała się ze sporym zainteresowaniem ze strony gości, a ja ze sporą liczbą pytań odnośnie do mojej pracy. Na szczęście żona się nie gniewała ;-)*

*Z racji wykorzystania firmowego sprzętu oraz pracy (całe oprogramowanie jest co prawda moje, ale napisane w ramach pracy, jedynie zmodyfikowane z potrzeby chwili) proszę zostawić ewentualne nagrody dla młodszych kolegów i koleżanek. Pozdrawiam.*

Na **fotografii 1** pokazany jest model. Jednokolorowy wyświetlacz ze wskaźnikami 7-segmentowymi, a nie matrycowymi, jest skromny w porównaniu ze współczesnymi pełnokolorowymi coraz większymi ekranami IPS i OLED. I tu chciałbym zwrócić uwagę na słowa: *Ku mojemu zdziwieniu ta dekoracja spotkała się ze sporym zainteresowaniem.* Tak! Każdy nietypowy układ/urządzenie wzbudza duże zainteresowanie. Dlatego warto realizować wszelkie indywidualne pomysły!

**Jarosław Węgliński** z Warszawy napisał: *Dzień dobry! Przesyłam propozycję rozwiązania zadania 290 (lub – pewnie równie dobrze – 291), gdyż jest to układ rozrywkowy, umożliwiający zabawę na odległość przekraczającą wymagania dystansu zalecane w dobie pandemii. Jest to enkoder kodu Morse'a z klawiaturą komputerową i reflektorem LED...*

*Sam układ* ***[fotografia 2]*** *jest dość prosty i oparty na gotowych komponentach, myślę jednak, że dość interesującą*

Fot. 2

INTELIGENTNE WSZYSTKO

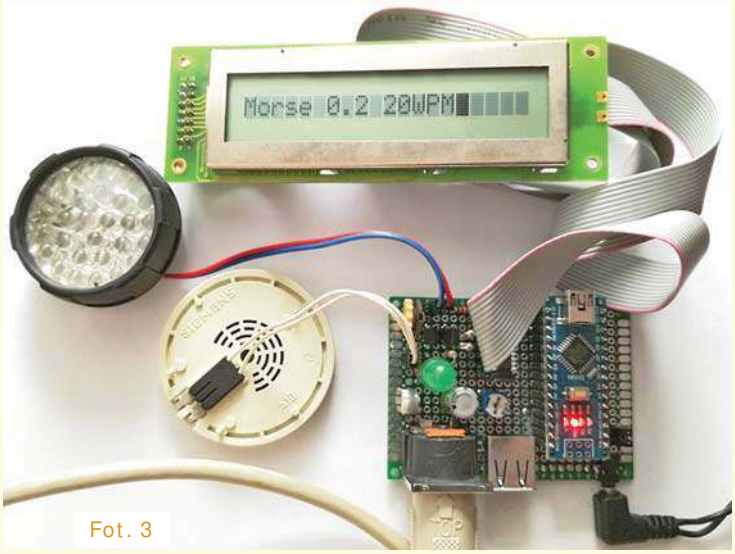
Inteligencję zyskuje dziś nieomal wszystko, od szczoteczki do zębów po całe miasta. Co to właściwie znaczy, że coś jest „inteligentne" albo „smart"? Kwalifikuje się tak obiekty osadzone w technologii cyfrowej opierającej się na gromadzeniu danych, łączności sieciowej i umożliwiającej lepsze sterowanie. „Smart" był kiedyś w urządzeniach opcją premium, teraz staje się standardem, ponieważ przedmioty codziennego użytku są już masowo zintegrowane z czujnikami, komputerami i połączeniami Wi-Fi. W tym numerze przyglądamy się szczegółowo tej nowej inteligentnej rzeczywistości, która nas otacza ze wszystkich stron…

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

REKLAMA




eprasa.pl bc983a300b



Fot. 3

| Publikacja | Nagroda | Talon AVT PLN | Imię | Nazwisko | Miejscowość | Punkty |
|---|---|---|---|---|---|---|
| - | - | 100 | Andrzej | W. | Poznań | - |
| ? | - | - | Marcin | Sosnowski | Pólko | 3 |
| - | - | - | Marek | Czechyra | Dzierżoniów | 4 |
| P | - | 150 | Jarosław | Węgliński | Warszawa | 5 |
| ? | - | 150 | Rafał | Równiak | Maciejów | - |

*częścią rozwiązania jest próba analizy sposobu licencjonowania użytych bibliotek oraz jego wpływu na sposób dystrybucji kodu końcowego. Myślę nawet, że może dobrym pomysłem byłaby publikacja w EdW jakiegoś artykułu opisującego różne popularne licencje, ich kompatybilność i wpływ ich użycia na inne komponenty, gdyż jest to temat trudny i dla elektronika dość egzotyczny (ale z kolei chyba dobrze byłoby, żeby artykuł taki został napisany przez jakiegoś prawnika tak, aby przekazywana wiedza była rzetelna)... pozdrawiam.*

Na **fotografii 3** pokazane jest zbliżenie modelu, a nadesłany materiał został skierowany do publikacji w Forum Czytelników, gdzie przedstawione będą dalsze szczegóły i program.

Tyle wyników zadania kwietniowego. A oto interesujące informacje dodatkowe na temat wcześniejszego zadania 287. Mianowicie **Rafał Równiak** napisał: *(...) Chciałbym podziękować za wyróżnienie moich pomysłów w zadaniu nr 287. Jednym z prototypów, jakie przedstawiłem, był komputerek do roweru elektrycznego. Chciałbym przedstawić jego dalsze losy i przedstawić obecny stan.*

*Sporo się zmieniło. W międzyczasie zaprojektowałem dwa rowery widoczne na załączonych zdjęciach. Są to moje autorskie projekty. Ramy zaprojektowałem w narzędziu FreeCad i potem zespawałem z profili aluminiowych. Mam zamiar udostępnić projekt ram na zasadach open source.*

*Rowery różnią się od siebie wykorzystanymi komponentami, takimi jak bateria, silnik, sterownik itp. Jednak częścią wspólną jest nowa wersja komputerka, którą zrobiłem w dwóch egzemplarzach. Załączyłem schematy i zdjęcia. Obecnie prowadzę testy tych prototypów.*

*Komputerek składa się z trzech modułów. Najprostszy z nich to czujnik prądu pobieranego z baterii. Kolejny moduł, który roboczo nazwałem „płyta główna", odpowiada za mierzenie różnych parametrów, takich jak np. temperatura, prąd, napięcie baterii, obroty silnika. Dodatkowo znajduje się tam układ soft startu dla sterownika silnika (sterownik taki potrafi w momencie włączenia stać się obciążeniem pobierającym 20A, co skutecznie niszczy stacyjkę). Interfejs użytkownika wyświetla wszystkie parametry (jest ich kilkadziesiąt), daje możliwość zmiany widoku, zapamiętuje (EEPROM) ustawienia i liczbę przebytych kilometrów + wiele innych danych. Interfejs użytkownika komunikuje się z płytą główną szyną CAN. Podział taki ułatwia montaż i zmniejsza liczbę kabli, co w brew pozorom ma ogromne znaczenie w takich konstrukcjach.*

*Kilka obwodów jeszcze jest w fazie eksperymentalnej i mogą zniknąć albo zostać zmienione w finalnej wersji (np. nieprzetestowany jeszcze obwód do „podkradania" sygnału sensora temperatury silnika wykorzystywanego przez sterownik).*

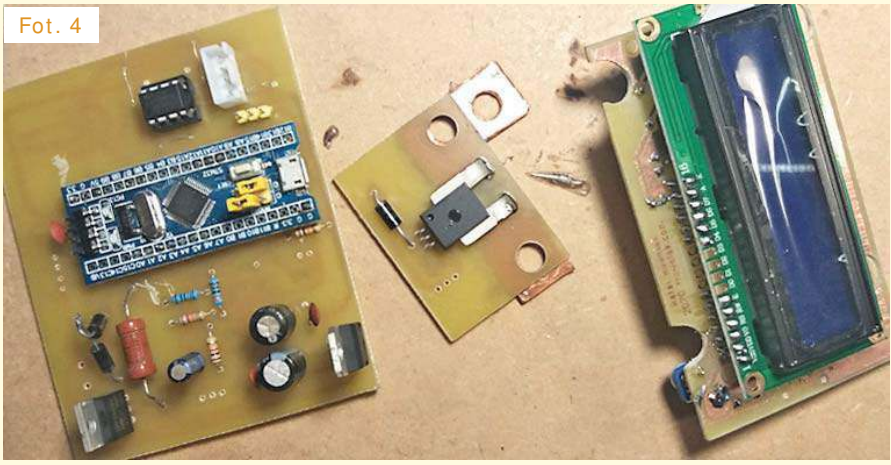
*Obecnie jeszcze jest kilka problemów do rozwiązania:*

*- filtr dolnoprzepustowy do kontroli obrotów silnika nie jest dostatecznie dobry, przy dużym obciążeniu silnika widoczne są przekłamania – krótkie szpilki i zakłócenia zliczane są jak normalne impulsy,*

*- kilka błędów w oprogramowaniu,*

*- układ soft startu działa bardzo dobrze, ale miałem problemy z palącymi się MOSFET-ami. Muszę sprawdzić, czy ten obecnie wykorzystywany jest sprawny i czy działa poprawnie w charakterze „odciążenia" rezystora,*

*- układ do podkradania sygnału z sensora temperatury silnika nie został jeszcze przetestowany. Silniki QS205 mają tylko*


Fot. 4

## Punktacja Szkoły Konstruktorów

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Sławomir Węgrzyn** Dziekanowice | 92 | **Michał Pędzimąż** Stara Słupia | 48 | **Jarosław Węgliński** Warszawa | 21 |
| **Daniel Turbasa** Kraków | 88 | **Łukasz Olszok** Tarnowskie Góry | 45 | **Jakub Gajda** Kraków | 20 |
| **Łukasz Dachowski** Cymbark | 72 | **Krzysztof Kawa** Lubcza | 44 | **Rafał Orodziński** Białystok | 19 |
| **Artur Bereit** Barcin | 69 | **Dawid Placha** Rdzawa | 44 | **Marian Caruk** Lubań | 17 |
| **Aleksander Bernaczek** Magnuszowice | 69 | **Szymon Czepiel** Pisarzowice | 43 | **Circuit Chaos** Warszawa | 16 |
| **Szymon Trygar** Szczecin | 66 | **Adam Ples** Jaworzno | 43 | **Łukasz Kojro** Gdańsk | 15 |
| **Krzysztof Smoliński** Poznań | 66 | **Piotr Gajdosz** Grybów | 41 | **Jacek Rączka** Połomia | 14 |
| **Radosław Smalec** Zabrze | 64 | **Rafał Rówiak** Słaboszów | 40 | **Marcin Malich** Wodzisław Śl. | 13 |
| **Robert Szolc** Bytom | 58 | **Maciej Zieliński** Kraków | 37 | **Paweł Sablik** Pisarzowice | 13 |
| **Andrzej Herbut** Siekierczyn | 52 | **Tomasz Zaorski** Kalinówka | 34 | **Piotr Wyderski** Wrocław | 13 |
| **Paweł Hoffmann** Wrocław | 51 | **Teodor Woźniak** Łódź | 29 | **Michał Zięba** Poznań | 13 |
| **Adam Sobczyk** Warszawa | 50 | **Łukasz Nowak** Warszawa | 25 | **Andrzej Adamczyk** Ostrowiec Św. | 11 |
| **Sebastian Jarmosiewicz** Motwica | 50 | **Marian Gabrowski** Polkowice | 23 | **Piotr Świerczek** Bielsko-Biała | 11 |
| **Michał Stach** Kamionka | 49 | **Roman Braumberger** Bytom | 21 | **Piotr Grzegorczyk** Siedlce | 10 |



eprasa.pl bc983a300b

Fot. 5

Fot. 6

*jeden sensor, z którego korzysta sterownik. Idea jest taka, aby się po cichu wpiąć i mierzyć wartości napięcia z uwzględnieniem spadku napięć na masach.*
*Wygląda na to, że najważniejsze problemy zostały rozwiązane. Jeśli uda mi się powyższe bolączki zwalczyć, to mógłbym przygotować materiały do publikacji, jeśli byłoby zainteresowanie. Można byłoby też omówić tematykę w szerszym kontekście, uwzględniając takie obszary, jak silniki BLDC, sterowniki, baterie Li-Ion + BMS-y, praktyczne porady i pułapki. Chętnie odpowiem na dodatkowe pytania i będę wdzięczny za wskazówki i komentarze. Pozdrawiam.*
Na **fotografiach 4...6** pokazane są niektóre nadesłane ujęcia. Temat jest na tyle interesujący, że opis działającego modelu ze szczególnym uwzględnieniem aspektów elektronicznych może stać się okładkowym projektem jednego z następnych numerów EdW. Jest to też interesująca dziedzina, nadająca się do pracy grupowej, o czym piszemy w rubryce *Poczta*.

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 12 miesięcy – po tym terminie traci ważność i przepada***.

Serdecznie zapraszam do udziału w zadaniu głównym 295, a także w drugiej i trzeciej klasie naszej Szkoły Konstruktorów! Zachęcam uczestników, żeby praktyczne rozwiązania zadań Szkoły przygotowywali według Szablonu ze strony ***http://elportal.pl/zostan-wspolautorem--elektroniki-dla-wszystkich/***.

**Piotr Górecki**


Zegar to w portfolio każdego elektronika konstruktora przysłowiowe „must have". Nie ma w tym nic dziwnego, wszak są to urządzenia dość proste, lecz dające dużo niekłamanej satysfakcji podczas własnoręcznej implementacji.

**Podstawowe parametry µClock AVT-5805:**
- zegar, stoper, kalendarz i budzik,
- prostota i niska cena konstrukcji,
- duża ergonomia obsługi i atrakcyjny wygląd,
- zasilanie 3...5 V, 10 mA.

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA
Ciekawe projekty i nie tylko w najnowszym numerze EP
Zamów na www.ulubionykiosk.pl




eprasa.pl bc983a300b

Druga klasa Szkoły Konstruktorów

# Co tu nie gra? Zadanie 295

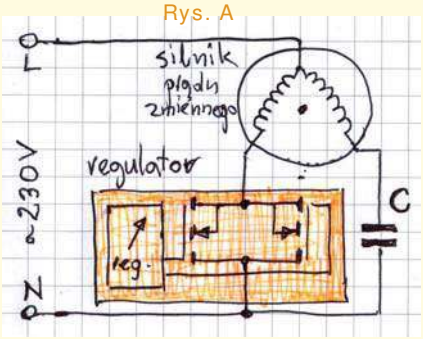
Na **rysunku A** przedstawiony jest schemat sprytnego sposobu regulacji obrotów silnika z regulatorem zawierającym dwa włączone przeciwsobnie MOSFET-y zamiast triaka.

Jak zwykle pytanie brzmi:

**Co tu nie gra?**

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

Rys. A




Odpowiedź oznacz **NieGra295** i nadeślij w terminie 60 dni od ukazania się tego numeru EdW. Podaj też od razu swój adres pocztowy, żebym nie musiał pytać, gdy przydzielę upominek. Możesz jeszcze przysłać rozwiązania zadania *NieGra* z poprzedniego miesiąca. Uczestnicy konkursu otrzymują upominki, a najaktywniejsi uczestnicy są co rok nagradzani bezpłatnymi prenumeratami EdW lub innego wybranego czasopisma AVT.

# Co tu nie gra? Rozwiązanie zadania 290

Na **rysunku B** pokazana jest, zamieszczona w EdW 4/2020, specyfikacja sond oscyloskopowych, oferowanych na pewnym znanym portalu handlowym.

W tabeli nie zgadzają się informacje, dotyczące pasma przenoszenia (Bandwidth) i czasu narastania (Rise time) poszczególnych sond.

| 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× | × | | | | | |
| | 10× | 15-45 | | | 10-35 | | |
| Bandwidth(MHZ) | 1× | 6 | | | | | |
| | 10× | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 500 |
| Rise time(ns) | 1× | 58 | | | | | |
| | 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) | | 64 | | | | | |

Rys. B

Mają to być parametry sondy pokazanej na **fotografii C**. Według opisu ma to być sonda P6500 o pasmie przenoszenia aż 500MHz.

Wątpliwości po pierwsze budzi przedstawiony właśnie opis: sonda o pasmie 500MHz ma mieć czas narastania 1,75ns. Po drugie sondy są, a raczej były, zaskakująco tanie (aktualnie produkt nie jest już tam dostępny), jak na tak szerokie pasmo przenoszenia.

Cena 500-megahercowej oscyloskopowej sondy 1:10, około 100zł, a 300-megahercowej znacznie poniżej 100zł skłania do zastanowienia, czy podane pasmo jest prawidłowe. W tym przypadku w opisie, oprócz pasma przenoszenia, podane są informacje o czasach narastania, które wskazują na pasmo zdecydowanie węższe.

Być może jest to tylko przypadkowa pomyłka, ale też może to być świadomy zabieg sprzedawcy, który mniej zorientowanych i mniej dociekliwych wprowadzi w błąd.

Rys. C

Na obudowie sondy z fotografii C widać, że podane jest tam pasmo 500MHz. Ale wtedy podany w jej opisie czas narastania powinien być zdecydowanie krótszy!

**Rysunek D** pochodzi z opisu innej sondy z tego samego portalu, tylko od innego sprzedawcy. Tutaj dla sondy P6500 (500MHz) prawidłowo podany jest czas narastania (Rise time) równy 0,7ns.

Najprościej rzecz biorąc, powszechnie przyjęta zależność między pasmem przenoszenia BW a czasem narastania tr sondy jest następująca:

$$BW = 0{,}35 / tr$$

oraz

$$tr = 0{,}35 / BW$$

Rys. D

| Probe Characteristics | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Model | P6300 | P6400 | P6500 | P6139B |
| Attenuation Ratio | 10X | | | |
| Bandwidth | 300MHz | 400MHz | 500MHz | 500MHz |
| Rise time | 1.15ns | 0.87ns | 0.7ns | 0.7ns |
| Input Resistance | 10MΩ±2% | | | |
| Input Capacitance | 13pF | 13pF | 12pF | 10pF |
| Max. Input Voltage | 10X:300V rms CAT II | | | |
| Compensation Range | 8pF~25pF | | | 9pF~25pF |
| Operation Temperature | -10°C~+55°C | | | |
| Humidity | -40°C or below ≤90% +41°C to +50°C ≤60% | | | |
| Altitude | Operating 3000m Nonoperating 15000m | | | |
| Cable Length | 130±2cm | | | |
| Weight | About 70g | | | |



eprasa.pl bc983a300b

Jeżeli czas narastania podamy w nanosekundach, to pasmo wyjdzie w gigahercach. Jeżeli pasmo podamy w megahercach, czas narastana wyjdzie w mikrosekundach. Dla 500MHz:

$$tr = 0{,}35 / 500MHz$$
$$tr = 0{,}0007us = 0{,}7ns$$

Jeżeli założymy, że na rysunku B prawidłowo podane jest pasmo, to czasy narastania powinny być takie, jak na **rysunku E**.

| Model | | P6200 | P6250 | P6300 | P6350 | P6400 | P6500 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Attenuation Ratio | | 1×& 10× | | | | | |
| Input Capacitance(pF) | 1× | 130 | | | 90 | | |
| | 10× | 20 | | | 18 | | |
| Bandwidth(MHZ) | 1× | 6 | | | | | |
| | 10× | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 500 |
| Rise time(ns) | 1× | 58 | | | | | |
| | 10× | 1,75 | 1,4 | 1,1 - 1,2 | 1,0 | 0,875 | 0,7 |
| Working Voltage($V_{P-P}$) | 1× | 300 | | | | | |
| | 10× | 600 | | | | | |

Rys. E

Równie, a może nawet bardziej prawdopodobne jest, że prawidłowo podane są czasy narastania, a wtedy tabelka powinna wyglądać jak na **rysunku F**.

| Model | | P6200 | P6250 | P6300 | P6350 | P6400 | P6500 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Attenuation Ratio | | 1×& 10× | | | | | |
| Input Capacitance(pF) | 1× | 130 | | | 90 | | |
| | 10× | 20 | | | 18 | | |
| Bandwidth(MHZ) | 1× | 6 | | | | | |
| | 10× | 20 | 40 | 60 | 100 | 150 | 200 |
| Rise time(ns) | 1× | 58 | | | | | |
| | 10× | 17.5 | 8.75 | 5.8 | 3.5 | 2.3 | 1.75 |
| Working Voltage($V_{P-P}$) | 1× | 300 | | | | | |
| | 10× | 600 | | | | | |

Rys. F

Omawiamy sondę chińskiego nieznanego producenta o niewiadomych parametrach. W tym kontekście interesująca jest analogiczna tabelka pochodząca z materiałów pewnego znanego producenta, pokazana na **rysunku G**.

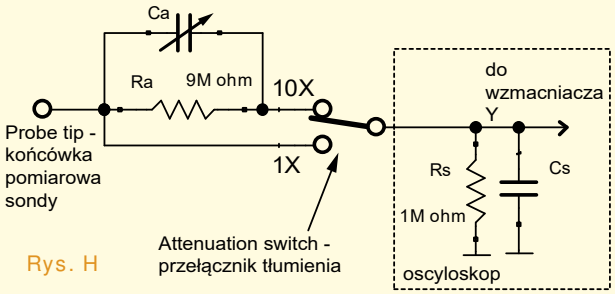
Wnioski wynikające z porównania rysunków B, E, F, G każdy może wysnuć sam.

Dociekliwi Czytelnicy zapytają, dlaczego w niektórych źródłach we wzorze BW = 0,35 / tr występuje liczba inna niż 0,35, choć jej bliska. To odrębny, bardzo interesujący temat, który może zostać omówiony w oddzielnym artykule.

Podobnie oddzielnie może zostać omówiony problem pasma przenoszenia sond oscyloskopowych, w tym żałośnie wąskiego pasma przy tłumieniu 1:1.

| Probe Characteristics | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Model | P6020 | P6040 | P6060 | P6100 | P6150 | P6200 |
| Bandwidth | 20MHz | 40MHz | 60MHz | 100MHz | 150MHz | 200MHz |
| Rise time | 17.5ns | 8.75ns | 5.8ns | 3.5ns | 2.3ns | 1.75ns |
| Attenuation Ratio | 1X&10X | | | | | |
| Input Resistance | 1MΩ/10MΩ±2% | | | | | |
| Input Capacitance | 1X:70pF~120pF | | | | | |
| | 10X:14~18pF | | | 10X:13~17pF | | |
| Maximum Input | 1X:200 Working Voltage($V_{P-P}$) | | | 10X:600 Working Voltage($V_{P-P}$) | | |
| Compensation Range | 15~45pF | | | 10~35pF | | |

Rys. G




Rys. H

Na taką potrzebę wskazują niektóre nadesłane odpowiedzi, które niestety nie były prawidłowe. Na przykład jeden ze stałych uczestników napisał: *Moim zdaniem, jest zbyt niskie pasmo 6MHz dla zakresu 1x w sondzie oscyloskopowej. Dla zakresu 1x sonda nie powinna nic ograniczać i pasmo przenoszenia ustala sam oscyloskop.*

Byłoby to prawdą, gdyby sonda miała zerową długość. Najkrócej mówiąc, omawiana sonda jest przewidziana do pracy ze źródłem sygnału oraz obciążeniem (wejście oscyloskopu) o dużej rezystancji. Przy tłumieniu 1:1 kabel nie jest dopasowany falowo do współpracujących rezystancji, i to z obu stron. A jeśli kabel jest niedopasowany z obu stron, to powinny w nim występować odbicia sygnałów wysokiej częstotliwości. A odbicia skutkują poważnym zniekształceniem charakterystyki częstotliwościowej. W praktyce przy tłumieniu 1:1 głównym problemem nie są odbicia, tylko duża pojemność kabla, wynosząca zwykle ponad 100pF. Przykładowo pojemność 130pF przy częstotliwości 10MHz ma oporność – reaktancję $X_C$ około 120 omów. Co z tego, że oscyloskop ma dużą rezystancję wejściową 1MΩ, jeżeli przy częstotliwości 10MHz wypadkowa oporność obciążająca źródło sygnału będzie mieć tylko 120 omów... Tak niska oporność dołączona do badanego obwodu zakłóci działanie tego obwodu/układu. Oscyloskop coś zmierzy, ale nie będzie to przebieg, jaki tam występuje podczas normalnej pracy.

Przy tłumieniu 1:10 pojemność sondy jest mniejsza, bo mamy dzielnik złożony z rezystancji 9MΩ i rezystancji wejściowej oscyloskopu 1MΩ. Jedna, prosta i łatwa sprawa to konieczność częstotliwościowego skompensowania tego dzielnika. Pokazany na **rysunku H** schemat sondy 1:1/1:10 absolutnie nie sygnalizuje kluczowych problemów, wchodzących tu w grę. Nie sygnalizuje kluczowego problemu, występującego w sondach tłumiących sygnał. Mianowicie nie jest uwzględniony wpływ kabla między głowicą z rezystorem 9MΩ i oscyloskopem. Ten kabel, który zwykle ma długość ponad 1 metra, to nie tylko pojemność. Przy wysokich częstotliwościach występują w nim zjawiska falowe, w tym odbicia związane z wyjątkowo dużym w takim przypadku niedopasowaniem falowym.

Sonda oscyloskopowa 1:1 to nie jest jedynie kawałek kabelka. A w sondzie 1:10, która jest w sumie tłumikiem rezystorowym, kompensowanym pojemnościami, dają o sobie znać dodatkowe problemy, których nie widać na schemacie. Jeśli pasmo ma być szersze niż 20…30MHz, zaczynają się kłopoty. Konstruktor musi się mocno natrudzić, żeby uzyskać szerokie i gładkie pasmo.

Nagrody-upominki za zadanie ***NieGra290*** otrzymują:
**Piotr Grzegorczyk** – Siedlce,
**Krzysztof Nowakowski** – Gaj,
**Szymon Wójtowicz** – Warszawa.
Wszystkich uczestników dopisuję do listy kandydatów na bezpłatne prenumeraty.

**Piotr Górecki**



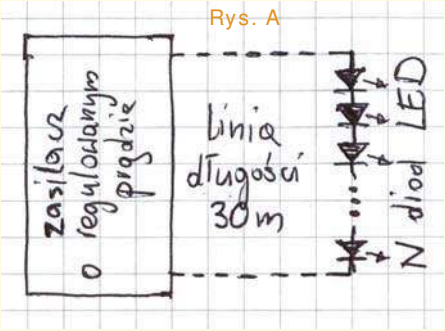
eprasa.pl bc983a300b

Trzecia klasa Szkoły Konstruktorów

# Policz – zadanie 295

Rozwiązane dalej zadanie 290 pokazało, że przy długości kabla 30m, zamiast zasilanych napięciowo 12-woltowych taśm LED, lepiej byłoby zastosować sterowanie prądowe szeregowo połączonych diod LED bez rezystora ograniczającego według **rysunku A**.
W ramach zadania *Policz295* należy:
**- zaproponować przewód oraz liczbę i sposób połączenia diod LED**.

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

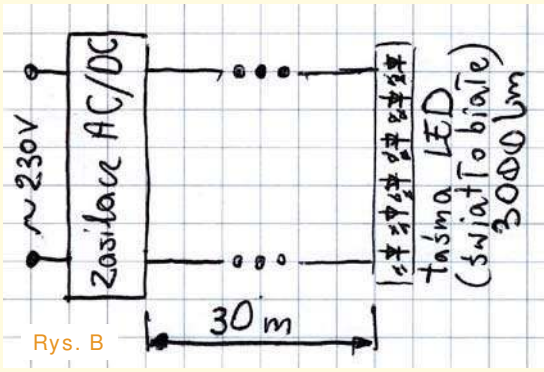


Rys. A

Odpowiedź nadeślij w terminie 60 dni od ukazania się tego numeru EdW. Tytuł e-maila powinien zawierać nazwę konkursu i numer zadania oraz Twoje nazwisko (**Policz295_Nazwisko**). ***Jeżeli chcesz uczestniczyć w podziale upominków, w e-mailu podaj od razu swój adres pocztowy***. Możesz też jeszcze przysłać rozwiązania zadania *Policz294* z poprzedniego miesiąca.

# Policz – rozwiązanie zadania 290

W EdW 4/2020 przedstawione było zadanie ***Policz290***, które było kontynuacją wcześniejszego zadania *Policz285* dotyczącego 5-woltowych diod WS2812: *(...) 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 B****. 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***.



Rys. B

Zadanie miało przede wszystkim pokazać, że warto stosować taśmy o możliwie wysokim napięciu pracy. Nieprzypadkowo było dość trudne, ale osoby, które od lat regularnie czytają EdW, we wcześniejszych numerach miały zamieszczone wszystkie potrzebne informacje.

Problem jest wzięty z życia. A w życiu nie jest tak łatwo, jak przy rozwiązywaniu szkolnych zadań, gdzie powszechne jest podstawianie do wzorów podanych wartości. W życiu zwykle nie mamy wszystkich danych i trzeba przyjąć jakieś założenia i dopiero wtedy obliczyć czy raczej oszacować wyniki.

Sporym utrudnieniem było to, że w zadaniu *Policz290* nie był podany prąd pracy taśm LED. Przed dokonaniem głównych obliczeń trzeba było oszacować spodziewaną wielkość prądu. Można to było zrobić dość łatwo, bowiem w zadaniu podany był strumień świetlny, jaki chcemy uzyskać – 3000 lumenów.

Wcześniej warto nadmienić, że 3000 lumenów to duża ilość światła – nieprzypadkowo w zadaniu było powiedziane, że *(...) mamy altanę, którą chcemy dobrze oświetlić (...)*. Pamiętamy, że klasyczna, zwykła żarówka 100W daje strumień świetlny około 1300 lumenów. My chcemy z taśmy LED uzyskać ilość światła większą, niż dają dwie żarówki „setki". Jest to jak najbardziej możliwe, tylko taśma musi być odpowiednio długa.

We wcześniejszych numerach EdW często zajmowaliśmy się diodami LED do celów oświetleniowych. Co jakiś czas przewijała się informacja, że sprawność białych diod LED jest coraz lepsza. Lepsza, czyli jaka?

W przypadku diod LED wiodących producentów skuteczność świetlna jest większa niż 100lm/W. Do obliczeń można przyjąć taką właśnie „okrągłą" wartość. Ponieważ jednak zdecydowana większość tanich taśm sprzedawanych w kraju zawiera niemarkowe LED-y o nieznanych parametrach, należałoby raczej ostrożnie przyjąć niższą wartość skuteczności, powiedzmy 70lm/W, a nawet jeszcze mniej.

Większość uczestników w Internecie znalazła informacje o konkretnych taśmach, gdzie było podane, jaki strumień świetlny wytwarza albo cała 5-metrowa rolka, albo 1 metr taśmy i jednocześnie podana była moc zasilania tej taśmy. Do takich informacji należy podchodzić ostrożnie. Jeżeli taśma jest tania, a deklarowane parametry wskazują, że ma ona skuteczność świetlną rzędu 100lm/W, to należy wątpić w rzetelność takiego opisu. Na cenę taśmy składa się kilka czynników, głównie, ale nie tylko, cena, liczba i jakość zastosowanych diod LED.

Z uwagi na obecność niezbędnych rezystorów szeregowych, około 1/4 dostarczanej mocy elektrycznej marnuje się w nich w postaci ciepła. Gdyby taśma miała mieć wypadkową skuteczność 100lm/W, to same diody musiałyby mieć skuteczność 133lm/W, co na pewno nie jest realne w tanich taśmach.



eprasa.pl bc983a300b

Jeżeli diody LED miałyby skuteczność 100lm/W, to do uzyskania 3000lm potrzeba 30 watów mocy elektrycznej.

Jeżeli sprawność wynosiłaby 70lm/W, to potrzebna moc elektryczna wynosi około 43 watów.

Tu na razie uwzględniliśmy skuteczność samych diod LED. W przypadku taśm trzeba też uwzględniać straty mocy w szeregowych rezystorach ograniczających. W taśmach 12-woltowych mamy trzy diody połączone w szereg i do tego rezystor ograniczający. W pierwszym przybliżeniu można przyjąć, że napięcie przewodzenia jednej diody to 3V i że na rezystorze ograniczającym też występuje napięcie 3V. To prowadzi do wniosku, że 1/4 mocy dostarczanej do taśmy marnuje się w rezystorach, a 3/4 jest doprowadzone do diod. W kontekście zadania oznacza to, że w rezystorach taśmy wydzieli się moc strat równa 1/3 mocy doprowadzanej do diod. Czyli do obliczonej wcześniej mocy 30W i 43W trzeba dodać 1/3, co da odpowiednio moc zasilania 40W i 57W.

W ten sposób oszacowaliśmy moc elektryczną, jaką trzeba doprowadzić do taśm. Na razie pomijamy straty w 30-metrowym przewodzie doprowadzającym i zakładamy, że na końcu tego przewodu, na taśmach wystąpi napięcie 12V albo 24V.

W przypadku taśm 12-woltowych prąd zasilający dla wspomnianych diod o różnej skuteczności wyniesie:
- 100lm/W: I = 40W/12V = 3,3A
- 70lm/W: I = 57W/12V = 4,75A

Dla taśm 24-woltowych prąd zasilający wyniesie odpowiednio:
- 100lm/W: I = 40W/24V = 1,65A
- 70lm/W: I = 57W/24V = 2,38A

Mając tak oszacowany spodziewany prąd pracy, możemy zacząć obliczenia dotyczące przewodu.

W tabelach „energetycznych" przeznaczonych dla elektryków – instalatorów znajdziemy maksymalne wartości prądu obciążenia. Dla typowych przewodów energetycznych o przekrojach 1mm$^2$ czy 1,5mm$^2$ dopuszczalne prądy są większe niż 10 amperów. Można więc zastosować przewody o znacznie mniejszym przekroju, ale odpowiednich danych nie znajdziemy w typowych materiałach dla elektryków, gdzie przekroje zaczynają się od 1mm$^2$ albo nawet 1,5mm$^2$.

Mniej więcej dwa lata temu w EdW mieliśmy trzyczęściowy artykuł *Maksymalne prądy w przewodach i ścieżkach*. Było tam wyjaśnione, że „energetyczna" maksymalna obciążalność prądowa wyznaczona jest przez temperaturę. Przez temperaturę przewodu nagrzewanego przez przepływający prąd, a ściślej przez maksymalną temperaturę, w jakiej może pracować izolacja tego przewodu.

W związku z tym maksymalne prądy zależą od rodzaju izolacji, a także od warunków chłodzenia. Przyjmujemy, że najlepsze warunki chłodzenia ma pojedynczy przewód zawieszony luźno w powietrzu (jeszcze lepsze miałby zanurzony w wodzie). Skuteczność odprowadzania ciepła zależy od pola powierzchni bocznej, a nie od pola przekroju, dlatego cieńsze przewody mogą być obciążane stosunkowo dużymi prądami.

Dla różnych zastosowań i sposobów ułożenia przewodów przyjmuje się różną maksymalną gęstość prądu. W omawianym zastosowaniu gęstość zapewne może wynosić co najmniej kilkanaście amperów na milimetr kwadratowy przekroju.

Nie trzeba jednak wchodzić w takie szczegóły. W pierwszej części wspomnianego artykułu zamieszczone były pochodzące z różnych źródeł tabele, z których dwie przypomniane są teraz na **rysunkach C, D**.

Z analizy tych tabel wynika, że według warunków zadania, przy prądach od 1,65 do 5 amperów, w grę wchodzą przewody o przekroju nawet 0,25mm$^2$ oraz 0,35mm$^2$, a nawet cieńsze!

Bardzo popularne przewody do alarmów, domofonów i sieci komputerowych mają średnice żył 0,5mm. Łatwo policzyć ($S = \pi d^2/4$), że przewód o średnicy 0,5mm ma przekrój 0,2mm$^2$. A według rysunków C, D maksymalna obciążalność prądowa takiego przewodu powinna wynosić około 3 amperów.

A to wskazuje, że taki cienki kabelek mógłby być zastosowany do zasilania taśm 24-woltowych, gdzie spodziewany prąd pracy to 1,65A ... 2,38A.

Wygląda to na bardzo dobrą wiadomość! Popularny kabelek do alarmów YTDY 2×0,5mm można kupić już w cenie około 30 groszy za metr. Potrzebne nam 30 metrów kosztowałoby niecałe 10 złotych.

Tak, tylko po pierwsze, czy taki tani kabelek będzie długo i niezawodnie pracował w trudnych warunkach atmosferycznych? Bo przecież ma stanowić zasilanie dla altanki, więc zapewne będzie jakoś zawieszony w powietrzu. A jeszcze wygodniej byłoby go zakopać w ziemi... Tak, ale tani kabelek YTDY się do tego nie nadaje z uwagi na właściwości izolacji. Do ziemi potrzebny byłby przewód żelowany, który jest znacząco droższy i trudno znaleźć wersję 2×0,5mm z dwiema tylko żyłami.

Jest i drugi problem. Warto zapamiętać, że 1 metr bieżący przewodu miedzianego o przekroju 1mm$^2$ ma rezystancję 18 miliomów. U nas obie żyły będą mieć w sumie długość 60 metrów. Gdyby to był przewód o przekroju 1mm$^2$, to miałby rezystancję około 1,08Ω. Ale nasz cieniutki kabelek ma przekrój pięć razy mniejszy (0,2mm$^2$), więc będzie miał rezystancję ponad 5 omów. Jeżeli przepuścimy przezeń prąd

**w instalacjach 24VDC**

| Rys. D przekrój miedzi mm² | Temp. otoczenia +30°C max. prąd [A] | Temp. otoczenia +30°C bezpiecznik [A] | Temp. otoczenia +40°C max. prąd [A] |
|---|---|---|---|
| 0,14 | 2 | 1 | 1,6 |
| 0,25 | 4 | 2 | 3,3 |
| 0,34 | 6 | 3 | 4,9 |
| 0,50 | 9 | 4 | 7,4 |
| 0,75 | 12 | 6 | 9,8 |
| 1 | 15 | 10 | 12,3 |
| 1,5 | 18 | 16 | 14,8 |
| 2,5 | 26 | 20 | 21,3 |
| 4 | 34 | 25 | 27,9 |
| 6 | 44 | 35 | 36,1 |
| 10 | 61 | 50 | 50,0 |
| 16 | 82 | 63 | 67,2 |
| 25 | 108 | 80 | 88,6 |
| 35 | 135 | 100 | 110,7 |
| 50 | 168 | 125 | 137,8 |
| 70 | 207 | 160 | 169,7 |
| 95 | 250 | 200 | 205,0 |
| 120 | 292 | 250 | 239,4 |
| 150 | 335 | 350 | 274,7 |

**Temperatura otoczenia do +30°C**

| Rys. C przekrój miedzi mm² | wielożyłowe max. prąd [A] | wielożyłowe bezpiecznik [A] | 1 żyła w powietrzu max. prąd [A] | 1 żyła w powietrzu bezpiecznik [A] |
|---|---|---|---|---|
| 0,05 | 1 | – | 2 | – |
| 0,14 | 2 | – | 3,5 | – |
| 0,25 | 4,5 | – | 6 | – |
| 0,34 | 6 | – | 9 | – |
| 0,5 | 9 | – | 12 | – |
| 0,75 | 12 | 10 | 15 | 10 |
| 1 | 15 | 10 | 19 | 16 |
| 1,5 | 18 | 16 | 24 | 20 |
| 2,5 | 26 | 25 | 32 | 25 |
| 4 | 34 | 25 | 42 | 35 |
| 6 | 44 | 35 | 54 | 50 |
| 10 | 61 | 50 | 73 | 63 |
| 16 | 82 | 63 | 98 | 80 |
| 25 | 108 | 80 | 129 | 100 |
| 35 | 135 | 100 | 158 | 125 |
| 50 | 168 | 125 | 198 | 160 |
| 70 | 207 | 160 | 245 | 200 |
| 95 | 250 | 200 | 292 | 250 |
| 120 | 292 | 250 | 344 | 315 |



eprasa.pl bc983a300b

2A, to wystąpi na nim spadek napięcia ponad 10 woltów.

Nie przekreśla to możliwości wykorzystania dwużyłowego przewodu 2×0,5mm do zasilania taśm 24-woltowych. Można byłoby go wykorzystać, nie zostanie przegrzany, ale wtedy napięcie zasilania w domu musi mieć wartość około 34V. Do diod LED dotrze połowa mocy dostarczanej z domu przez umieszczony tam zasilacz. I nie można wtedy regulować ilości światła przez odłączanie części taśm w altance, bo zmniejszenie poboru prądu znacznie zwieszałoby napięcie na (krótszych) taśmach. Regulacja byłaby możliwa przez zmianę napięcia zasilania w domu, a nie w altance, chyba że zastosowalibyśmy tam przetwornicę impulsową. Wtedy można byłoby zwiększyć napięcie zasilania nawet do 60V, co zmniejszyłoby prąd w linii.

Według warunków zadania nie mamy się jednak zajmować przetwornicą, tylko taśmami 24V i 12V.

W przypadku taśm 12V i spodziewanego prądu pracy 3,3A...4,75A raczej nie ma co liczyć na pojedynczy przewód 2×0,5mm (2×0,2mm$^2$) z uwagi na cieplną obciążalność prądową. W praktyce trudno znaleźć na rynku dwużyłowe kabelek do zastosowań na zewnątrz (żelowany). Ale bez problemu dostępne są żelowane wielożyłowe przewody do domofonów i alarmów, jak choćby ośmiożyłowe XSTDYZ 8×0,5 czy XzTKMXpw 4×2×0,5 albo żelowane komputerowe (UTP 4×2×0,5), kosztujące poniżej 2zł/m.b. Połączenie czterech żył równolegle zmniejszy rezystancję czterokrotnie, poniżej 1,5 oma.

Informacje na temat PoE (Power over Ethernet) wskazują, że przesłanie mocy rzędu 60W przez kabel ethernetowy jest możliwe.

Tak, tylko czy w takim przypadku nie warto zastosować kosztującego mniej więcej tyle samo klasycznego przewodu ziemnego YKY 2×1? A jeszcze lepiej YKY 2×1,5mm$^2$, który można kupić nieco taniej niż za 2zł/m.b. Kabel YKY 2×1,5mm$^2$ o długości 30m.b. będzie mieć rezystancję około 0,7 oma, więc spadek napięcia na nim będzie znacząco mniejszy niż na kablach sygnałowych. Cena 50...60zł za potrzebny odcinek YKY 2×1,5mm$^2$ wydaje się rozsądnym kompromisem w stosunku do ceny taśmy LED.

A jeszcze mniejsze będą straty napięcia na przewodzie 2×2,5mm$^2$ (YKY 2×2,5), który można kupić poniżej 3zł/m.b. Jeden z uczestników zaproponował wykorzystanie przewodu 2×4mm$^2$, którego 30-metrowy odcinek będzie mieć rezystancję około 0,27Ω. Nawet w przypadku taśmy 12-woltowej spadek napięcia na takim przewodzie nie przekroczy 1 wolta. Inny uczestnik założył większy pobór prądu i zaproponował przewód o przekroju... aż 25mm$^2$ (tak!).

Należałoby się oczywiście zastanowić także nad cenami. Kabel ziemny YKY 2×4mm$^2$ kosztuje około 4 złotych za metr, co da około 120 złotych za potrzebny odcinek. Kabel miedziany YKY 2×25mm$^2$ to cena od 25 zł za metr, czyli w sumie co najmniej 750zł za odcinek 30m. Chyba że byłby to mający większą rezystancję, dużo tańszy kabel aluminiowy 2×25mm$^2$, np. AsXSn 2×25.

A ile będzie kosztować taśma LED, dająca potrzebne 3000 lumenów? Czy jej cena będzie porównywalna do ceny kabla, czy będzie kilka lub kilkadziesiąt razy mniejsza? To ważna kwestia!

Jeżeli chodzi o nadesłane rozwiązania, to najwięcej trudności sprawiło określenie wielkości prądu, jaki ma płynąć w przewodach. Podana była tylko wartość strumienia, a prąd zależy też od skuteczności zamiany energii elektrycznej na światło. Po określeniu prądu dalsze obliczenia były łatwe, ale nie wszyscy podeszli do zadania od strony praktycznej. Między innymi pojawiły się propozycje kabli o przekrojach niedostępnych na rynku. A typowe przekroje metryczne to 0,35mm$^2$, 0,5mm$^2$, 1mm$^2$, 1,5mm$^2$, 2,5mm$^2$, 4mm$^2$, 6mm$^2$, 10mm$^2$, itd. Można też kupić kable według amerykańskiego systemu AWG (10...30).

Jeden z uczestników po przeprowadzeniu analizy dla taśm 12V i 24V napisał: *(...) czym wyższe napięcie, tym mniejszy prąd i mniejszy problem z kablem. W zadaniu widzę haczyk (...) pytanie: czy taśmy można inaczej połączyć? (...) Dlatego proponuję nietypowy, aczkolwiek bardzo prosty zabieg, polegający na połączeniu w szereg dwóch taśm 24-woltowych, co da napięcie zasilania 48V i potrzebny prąd jeszcze mniejszy. Jeszcze lepiej połączyć w szereg 5 taśm 12V, co da taśmę 60-woltową. (...) nie polecam większego napięcia z 2 powodów. Tylko napięcia do 60V są uznawane za bezwzględnie bezpieczne dla ludzi i zwierząt (...) co jest w tym zastosowaniu potrzebne, żeby uniknąć porażenia. A po drugie łatwo i niedrogo można kupić regulowane przetwornice podwyższające (tzw. moduły) o napięciach wyjściowych właśnie do 60...70V, a z wyższymi napięciami jest trudniej. (...) oczywiście łączone w szereg odcinki taśm muszą być identyczne, z tą samą liczbą LED-ów, żeby sekcje jednakowo świeciły (...) w zadaniu jest podane, że trzeba podać przekrój przewodu (...) dla zestawu szeregowo połączonych równych odcinków 5×12V spodziewam się prądu poniżej 1 ampera, a do tego wystarczy jakikolwiek cienki kabelek dzwonkowy czy alarmowy. Najwyżej trzeba będzie podwyższyć napięcie zasilacza o kilka V, co jest możliwe i bezpieczne (...)*

W każdym razie możliwości jest wiele. Warunki zadania można spełnić, stosując różne przewody. W dowolnym realnie (czyli cenowo) akceptowalnym przypadku na kablu wystąpi znaczący spadek napięcia, który trzeba uwzględnić. W praktyce należałoby przeanalizować dodatkowe szczegóły, w tym sposób ewentualnej regulacji jasności.

Właśnie z uwagi na znaczne spadki napięcia na przewodach i rezystorach taśmy, w rzeczywistym układzie być może pożądane byłoby sterowanie prądowe, a nie napięciowe. A wtedy należałoby rozważyć, czy nie zrezygnować z taśm LED na korzyść połączonych w szereg wielu diod. Popularne są gotowe moduły COB niezawierające rezystorów. Można też połączyć w szereg nawet do 20 pojedynczych diod LED średniej mocy (np. 0,5W ... 5W) bez rezystorów ograniczających. Wtedy nie będzie strat w rezystorach ograniczających, które są niezbędne tylko w taśmach LED. Przy połączeniu w szereg 20 diod napięcie zasilające będzie rzędu 60V. Sprawność będzie przez to lepsza, bo prąd zasilania będzie mniejszy i wywoła straty mocy tylko w przewodzie zasilającym. Wtedy straty w przewodach byłyby mniejsze, tylko trzeba zastosować prądowy sposób sterowania. Taką możliwością zajmiemy się w ramach zadania *Policz295*.

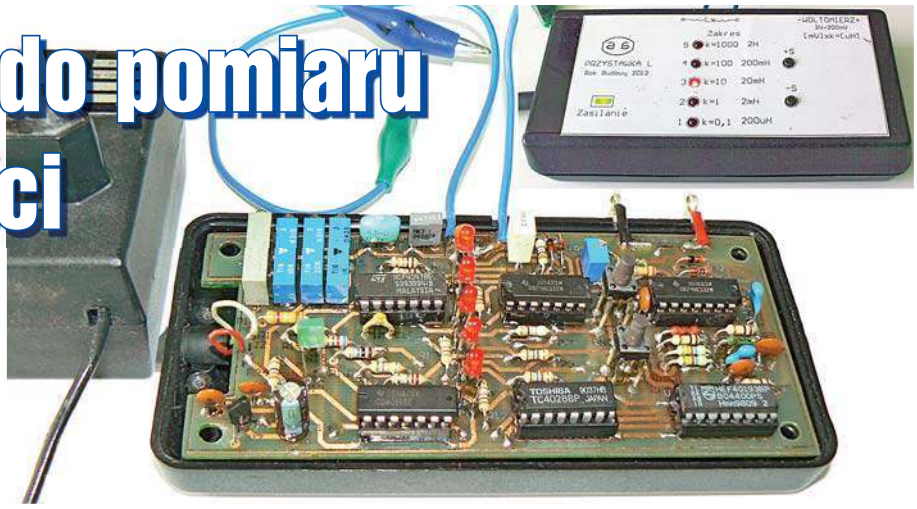
Wszystkie nadesłane odpowiedzi były prawidłowe, ale praktyczna realizacja niektórych propozycji byłyby zbyt kosztowna. Nagrody-upominki za zadanie ***Policz290*** otrzymują:
**Andrzej Sędzielewski** – Siemianowice Śl.,
**Mirosław Dąbrowski** – Wrocław,
**Michał Budzyński** – Ręczaje.
Wszystkich uczestników dopisuję do listy kandydatów na bezpłatne prenumeraty.

**Piotr Górecki**



eprasa.pl bc983a300b

# Przystawka do pomiaru indukcyjności



**Przystawka jest dodatkiem do woltomierza, służy do pomiaru indukcyjności. Jest zbudowana z zastosowaniem klasycznej elektroniki cyfrowej.**

## Do czego to służy?

Często elektronik hobbysta ma w zasobach różne cewki, dławiki czy transformatorki ferrytowe o nieznanej indukcyjności, które można byłoby wykorzystać w różnych projektach. Aby tak się stało, elektronik musi znać indukcyjność tych elementów. Również czasami sami nawijamy elementy indukcyjnie i dobrze jest sprawdzić, jaką mają rzeczywistą indukcyjność. Tylko nieliczne multimetry mierzą indukcyjność. Podłączając element indukcyjny oraz woltomierz do opisywanej przystawki, możemy z dokładnością techniczną pomierzyć, jaka jest ich indukcyjność.

Właściwości przystawki:

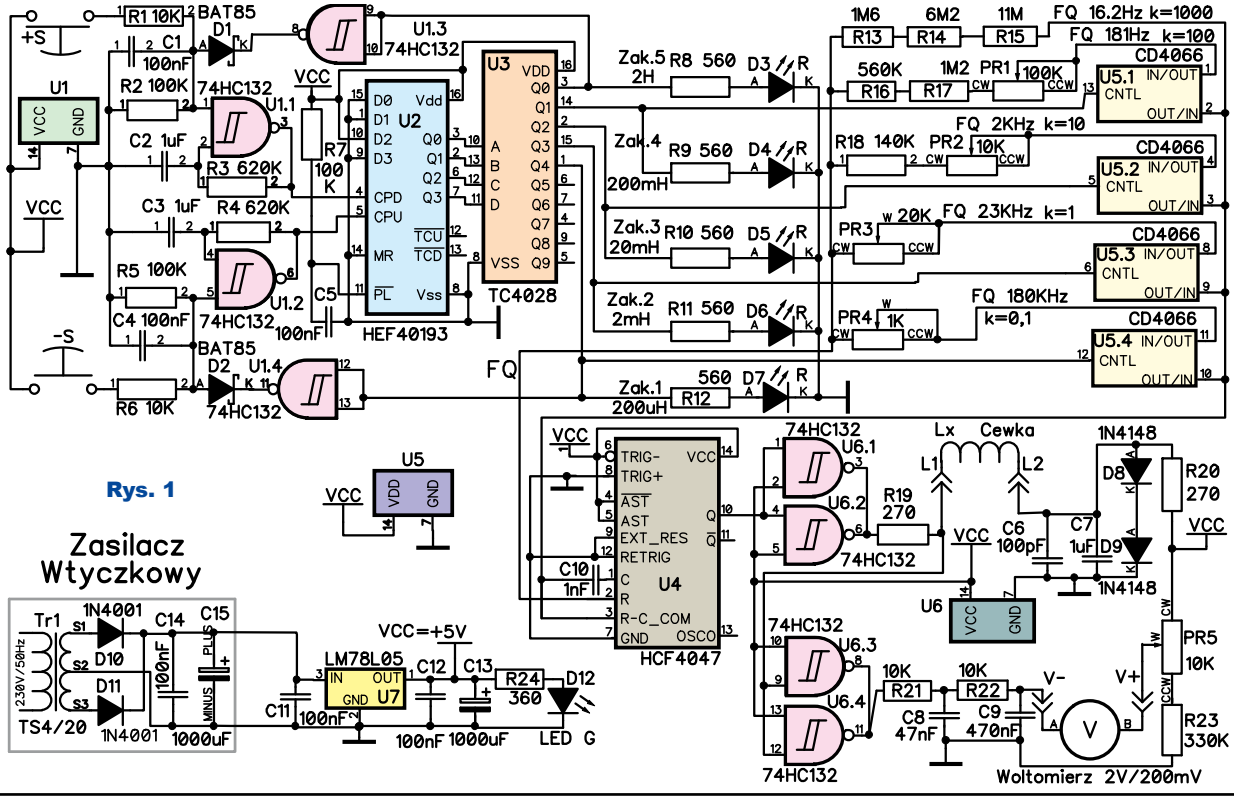
1. Pięć zakresów pomiarowych: od 200µH do 2H.
2. Zakresy wybierane przyciskami, sygnalizacja diodami LED.
3. Prosty sposób obliczania indukcyjności.

## Jak to działa?

Opis dotyczy schematu zbiorczego pokazanego na **rysunku 1**. Urządzenie składa się z trzech bloków. Zasilacza stabilizowanego, w skład którego wchodzi zasilacz wtyczkowy, a w nim transformator Tr 1, dwie diody prostownicze D10, D11 oraz filtry pojemnościowe C14 i C15. Pozostała część zasilacza znajduje się na płytce przystawki: kondensator C11, stabilizator U7, kondensatory C12, C13, rezystor R24 ograniczający prąd diody D12, sygnalizującej włączone zasilanie.

Drugim blokiem jest generator przebiegu prostokątnego o wypełnieniu 50%, zbudowany na kostce U4 HCF4047. Jest to typowa aplikacja zalecana przez katalog. Wybór padł na ten układ scalony, ponieważ można z niego uzyskać przebiegi o równym wypełnieniu, bardziej stabilne niż z generatorów zbudowanych na bramkach. Generator ten jest typu RC. Pracuje z kondensatorem C10 i z rezystorami R13, R14, R15 oraz dołączanymi za pomocą kluczy analogowych U5.1–U5.4 gałęziami rezystorowymi R16, R17, PR1 lub R18, PR2, lub PR3, lub PR4. Skokowo zmieniana częstotliwość przebiegu pojawia się na nóżce 10 U4 i jest oznaczona FQ.

Przebieg ten podawany jest na wejścia bramek U6.1(1) i U6.2(4). Są to bramki z histerezą SN74HC132. Pracują równolegle, aby zwielokrotnić prąd na ich wyjściu. Wejścia 2 i 5 są w stanie wysokim, podłączone do napięcia zasilania Vcc. Mierzona cewka Lx jest ładowana prądem ograniczonym przez R19. Rezystor ten z cewką tworzy układ różniczkujący. W danym zakresie pomiarowym odpowiednia szerokość impulsu, z układu U4(10), która pojawia się na wyjściu bramek U6.1(3) i U6.2(6), ładuje cewkę, a opadające zbocze powoduje rozładowanie cewki i pojawienie się ujemnego impulsu. Dla dwóch dławików jest to




Rys. 1



eprasa.pl bc983a300b

Rys. 2

Rys. 3

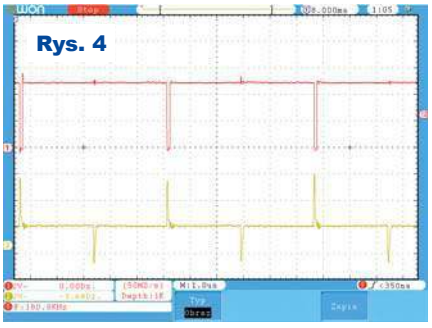
pokazane jako zapis obrazu oscylogramu na **rysunku 2** (10uH) i **rysunku 3** (100uH).

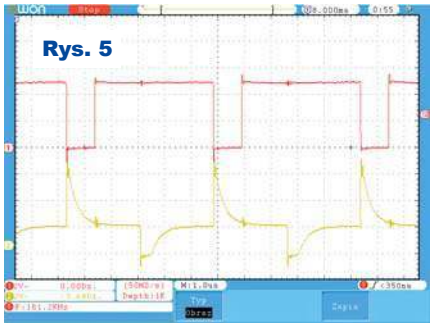
Czerwony górny przebieg to wyjścia bramek U6.1(3) i U6.2(6) oraz nałożony na niego żółty przebieg zróżniczkowanego napięcia na cewce w punkcie L1. Czas trwania impulsu zróżniczkowanego zależy od indukcyjności cewki Lx, gdyż rezystor R19 jest stały. Drugi koniec cewki podłączony jest do źródła napięcia odniesienia, zbudowanego z rezystora R20 i diod D8 i D9. Kondensatory C6 i C7 filtrują napięcie zróżniczkowane. To źródło napięcia odniesienia, około 1,4V, podbija do góry cały przebieg zróżniczkowany, co widać na oscylogramie. To tak dla pewności, aby wszystkie przebiegi zróżniczkowane, dla różnych indukcyjności, miały wyraźne poziomy TTL. Następnie przebieg ten trafia na wejścia bramek U6.3(9) i U6.4(12). Na tych bramkach jest on porównywany ze stanem wysokim na nóżkach 10 i 13. Tak więc na nóżkach 8 i 11 bramek U6 otrzymujemy przebieg prostokątny zależny od szerokości zróżniczkowanego impulsu, porównanego z poziomem wysokim, oraz od szerokości histerezy bramek. Dla dławików 10uH i 100uH jest to pokazane na oscylogramach na **rysunku 4** (10uH) i **rysunku 5** (100uH). U góry jest przebieg na wyjściu bramek U6.3(8) i U6.4(11), a dolny to przebieg z punktu L1. Oba przebiegi są rozsunięte dla lepszej widoczności.

Elementy R21, C8, R22 i C9 stanowią filtr uśredniający napięcie z wyjścia bramek. Woltomierz multimetru, pracujący na zakresie 2V lub 200mV, wskazuje różnicę napięcia w odniesieniu do Vcc. Jak widać z rysunków, im mniejsza indukcyjność dławika, tym większego napięcia należy się spodziewać w punkcie pomiarowym V–. Woltomierz V mierzy różnicę między uśrednionym napięciem na V– a napięciem jakie jest na suwaku PR5, czyli na V+. W mojej przystawce napięcie na suwaku jest równe +5V.

A więc reasumując: im mniejsza indukcyjność, tym większe napięcie na zacisku V–, a wskazanie woltomierza V, w odniesieniu do napięcie suwaka PR5, będzie mniejsze.

Ostatnim blokiem w przystawce jest układ elektronicznego wybierania podzakresów. Pracują tu dwa generatory przebiegów prostokątnych uruchamiane przyciskami +S i –S. Są one odpowiednio zbudowane na bramkach U1.1 oraz U1.2, bramki koniecznie z histerezą.Tu też zastosowano SN74HC132. Elementy R3, C2 decydują o częstotliwości pracy generatora. Okres przebiegów generatorów to około 550 ms. Gdy przycisk +S nie jest wciśnięty, rezystor R2 podaje stan niski, blokuje pracę generatora na bramce U1.1(1), powodując, że na jego wyjściu jest stan wysoki, U1.1(3). Analogiczny opis dotyczy bramki U1.2. Oba generatory służą do zmiany stanu na wyjściach licznika U2 HEF40193. Jest to licznik liczący do 16 o ograniczonym cyklu liczenia. W czasie gdy nie wciskamy +S ani –S, na wejściach CPU nóżka 5 i CPD nóżka 4 układu U2 jest stan wysoki, tak jak to zaleca katalog. Po włączeniu zasilania do wyjścia licznika U2 wpisana jest wartość początkowa. Na wejście programujące D2 (nóżka 10) podany jest stan wysoki, na pozostałe D0, D1 i D3 stan niski. Ten stan jest przepisany na wyjścia Q0–Q3 narastającym zboczem na nóżce 11 – wejściu PL. A więc na wyjściu licznika mamy początkowy stan binarny równy 4, czyli na nóżce 6 – wyjście Q2 jest stan wysoki. Wciskając przycisk +S, podajemy impulsy, które zwiększają stan licznika na wyjściach binarnych Q0–Q3, a przycisk –S zmniejsza stan na tych wyjściach. Wyjściowe stany licznika U2 pojawiają się na wyjściach dekodera 1 z 10, czyli na U3 (układ 4028). Początkowo po włączeniu zasilania jest stan wysoki na Q4. Stan ten wybiera pierwszy zakres pomiarowy, jest też podawany na bramkę U1.4(12,13), na jej wyjściu jest wtedy stan niski. Stan ten blokuje przycisk –S, aby dalsze jego wciskanie nie powodowało zmiany na wyjściach licznika U2. Gdy w tym czasie wciśniemy –S, rezystor R6 ograniczy prąd wpływający przez diodę separującą D2 do wyjścia bramki U1.4(11). Na wejściu bramki U1.2(5) będzie stan niski, blokujący pracę generatora. Podobną sytuację mamy, gdy przyciskiem +S ustawimy stan wysoki na Q0 (nóżka 3) układu U3. Również bramka U1.3 zablokuje pracę generatora na U1.1 i dalsze sterowanie licznikiem U2. Zabezpieczenia te poprawiają komfort wybierania zakresów przystawki.


Rys. 4


Rys. 5

Wciskając +S lub –S, na jednym z wyjść układu U3 Q0–Q4 otrzymujemy stan wysoki. Stan ten powoduje zaświecenie się jednej z diod D3–D7, która sygnalizuje wybrany zakres oraz włącza



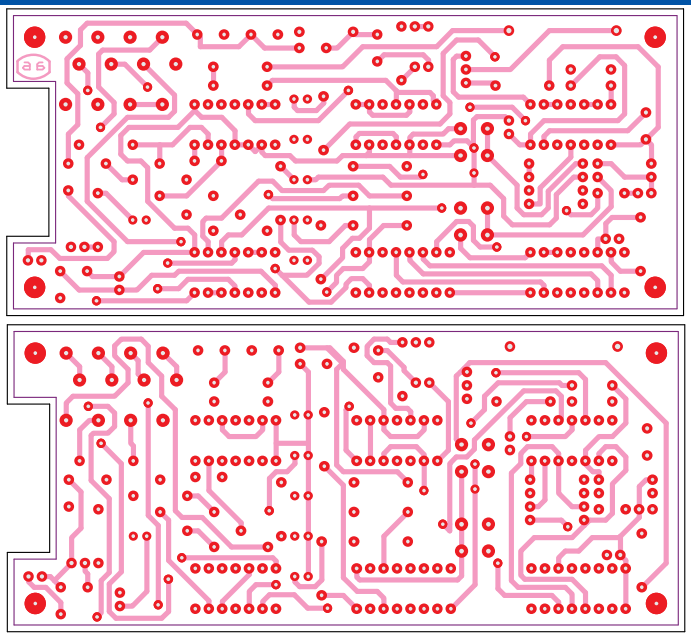
eprasa.pl bc983a300b

jeden z kluczy elektronicznych U5.1–U5.4 układu CD4066. Tylko stan wysoki na Q0 U3 nie włącza klucza, a jedynie sygnalizuje, włączając diodę LED D3, największy piąty zakres pomiarowy. Pojawia się wtedy, gdy na wejściach U3, czyli na A, B, C, D, są same zera logiczne.

## Montaż i uruchomienie

Elementy przystawki zostały zmontowane na dwustronnej płytce, której obie strony są pokazane na **rysunku 6** oraz na fotografiach. Montaż nie wymaga wyjaśnień. Płytki te to tylko przykład, są one dopasowane do obudowy, jaką dysponowałem. ***Zerowanie wskazań woltomierza***: Jeśli zaciski L1 i L2 zewrzemy, to za pomocą potencjometru wieloobrotowego PR5 możemy wyzerować wskazanie woltomierza. Dlatego napięcie odniesienia na diodach D8 i D9 jest ustawione zdecydowanie niżej niż próg przełączaniu bramek, który przy napięciu zasilania +5V jest na poziomie ok. 2,5V. Wtedy na zwartych L1 i L2 mamy napięcie 1,2V…1,4V, na wyjściach bramek U6.1(3) i U6.2(6) przebieg prostokątny FQ, a na wyjściu bramek U6.3(8) i U6.4(11) stan wysoki. W takiej sytuacji możemy wyzerować wskazanie woltomierza.

***Strojenie przystawki***: Zaczynamy od najwyższego zakresu pomiarowego, czyli pomiar do 2H. Należy przygotować sobie dławik o jak największej znanej indukcyjności, nieprzekraczającej 2H, podłączyć go do L1 i L2, i tak dobrać rezystory R13, R14, i R15, aby wskazanie w [mV] woltomierza pomnożone przez współczynnik (w tym przypadku k = 1000) odpowiadało znanej indukcyjności mierzonego dławika. Współczynnik dla k = 1000 sam wychodzi eksperymentalnie tak, aby mnożąc przez niego napięcie wskazane przez woltomierz, otrzymać właściwą wartość w [µH]. Następnie przyciskiem –S wybieramy zakres pomiarowy 4, tu już włącza się klucz U5.1, który łączy R16, R17 i PR1 z układem U4, rezystory z zakresu 5 nadal są włączone. Tu również dołączamy mierzoną cewkę o znanej indukcyjności, nieprzekraczającej 200mH i stroimy za pomocą PR1 tak, aby już przy współczynniku k = 100 (bo chcemy mieć skok między zakresami ×10) wskazanie woltomierza było jak najbardziej zgodne ze znaną wartością cewki. Czynność tę powtarzamy aż do zakresu 1, mierzącego do 200uH. Tu dla dokładniejszego pomiaru możemy przełączyć woltomierz na zakres 200mV. Na tym zakresie współczynnik k = 0,1. Takie działanie możemy powtórzyć kilka razy dla dokładniejszego zestrojenia wszystkich podzakresów.



**Rys. 6 Skala 70%**

**Zasada ustalenia indukcyjności mierzonej cewki jest prosta: Zawsze odczytujemy z woltomierza wartość napięcia w miliwoltach bez względu na to, czy mamy ustawiony zakres woltomierza na 200mV, czy na 2V. Następnie mnożymy przez współczynnik k dla danego zakresu, wynik zawsze wychodzi w mikrohenrach.**

A oto kilka przykładów pomiarów fabrycznych dławików o znanej indukcyjności:

***Miniaturowy dławik 10µH***

Pomiar na zakresie 1 /do 200µH, k = 0,1/ woltomierz na zakresie 200mV – wskazanie woltomierza: 105mV × 0,1 = ***10,5µH***

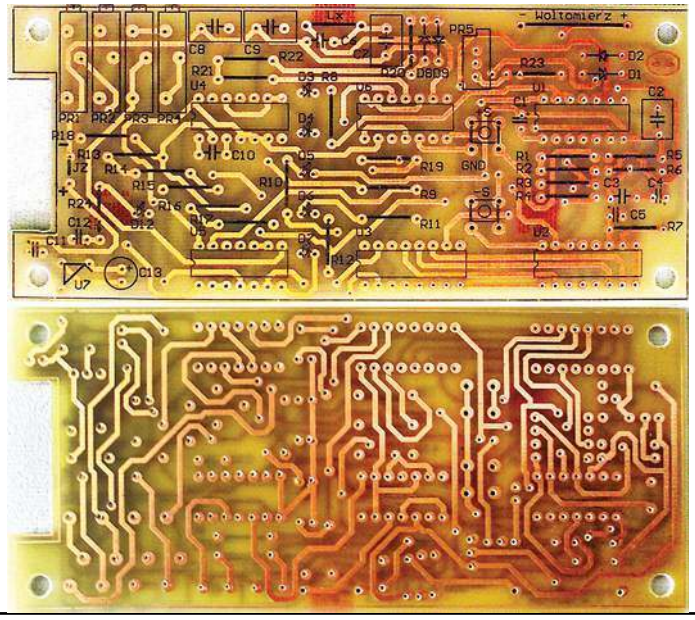
Pomiar na zakresie 2 /do 2mH, k = 1/ woltomierz na zakresie 200mV – wskazanie woltomierza: 11,2mV × 1 = ***11,2µH***

Pomiar na zakresie 3 /do 20mH, k = 10/ woltomierz na zakresie 200mV – wskazanie woltomierza: 0,9mV × 10 = ***9µH***

*Ciąg dalszy na stronie 60*

### Wykaz elementów

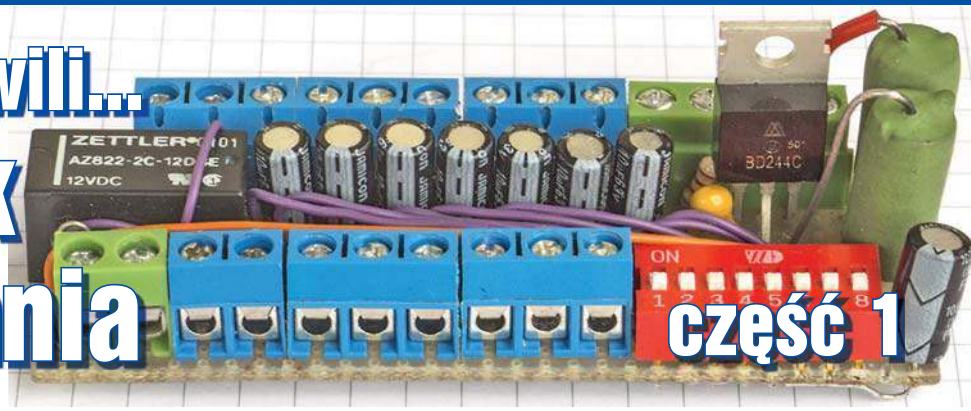
| | | | |
|---|---|---|---|
| R1,R6,R21,R22 | 10kΩ | C4,C5 | 100nF |
| R2,R5,R7 | 100kΩ | C6 | 100pF |
| R3 | 620kΩ | C7 | 1µF |
| R4 | 620kΩ | C8 | 47nF |
| R8-R12 | 560Ω | C9 | 470nF |
| R13 | 1,6MΩ | C10 | 1nF |
| R14 | 6,2MΩ | C11,C12 | 100nF |
| R15 | 11MΩ | C13,C15 | 1000µF/16V |
| R16 | 560kΩ | C14 | 100nF |
| R17 | 1,2MΩ | D1,D2 | BAT85 |
| R18 | 140kΩ | D3-D7 | LED czerwone (dowolne) |
| R19,R20 | 270Ω | D8,D9 | 1N4148 |
| R23 | 330kΩ | D10,D11 | 1N4001 |
| R24 | 360Ω | D12 | LED zielona (dowolna) |
| Potencjometry montażowe (dziesięcioobrotowe): | | U1 | SN 74HC132 |
| | | U2 | HEF 40193 |
| PR1 | 100kΩ | U3 | TC 4028 |
| PR2,PR5 | 10kΩ | U4 | HCF 4047 |
| PR3 | 20kΩ | U5 | CD 4066 |
| PR4 | 1kΩ | U6 | SN 74HC132 |
| C1 | 100nF | U7 | LM 78L05 |
| C2,C3 | 1µF | Tr | TS4/20 |






eprasa.pl bc983a300b

# Z potrzeby chwili... Sterownik nawadniania część 1




***W cyklu „Z potrzeby chwili...” przedstawiamy opisy układów, urządzeń i instalacji elektronicznych, które powstały szybko dla zaspokojenia konkretnych potrzeb i te potrzeby zaspokoiły. 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 piwnicy okresowo użytkowanego domku umieszczone są elementy samodzielnie zrealizowanego systemu nawodnieniowego. Na marginesie: samodzielna realizacja nawadniania jest zaskakująco prosta, w szczególności wtedy, gdy wykorzystywane są tylko linie kroplujące, czyli „przeciekające węże”. Na życzenie Czytelników temat nawadniania może zostać omówiony szerzej (***edw@elportal.pl***) ze szczegółowym omówieniem aspektów elektronicznych.

**Fotografia 1** (wersja o dużej rozdzielczości dostępna także w Elportalu wśród materiałów dodatkowych do tego numeru) pokazuje stan pierwotny. Docelowo system nawodnieniowy ma być obsługiwany przez dedykowany sterownik, a na razie w czasie gdy nikogo w domu nie ma, ma być sterowany zdalnie za pośrednictwem centralki Ropam Optima z wykorzystaniem SMS-ów. Centralka Ropam Optima wraz z modułami dodatkowymi może mieć ponad 30 wyjść (typu otwarty kolektor/dren) oraz ponad 30 wejść „cyfrowych”. Do sterowania 7 elektrozaworami „nawodnieniowymi” i jednym kulowym z silnikiem można wykorzystać osiem wyjść centralki, a w praktyce raczej modułu rozszerzeniowego typu otwarty kolektor/dren, gdzie wyjściowe MOSFET-y N mają obciążalność 0,7A i napięcie pracy do 24V. Z potrzeby chwili, pod presją czasu zrealizowałem prosty siedmiokanałowy sterownik elektrozaworów „nawodnieniowych” z dodatkowym sterowaniem zmotoryzowanym zaworem kulowym oraz obwodami kontrolnymi.

## Sterowanie elektrozaworami

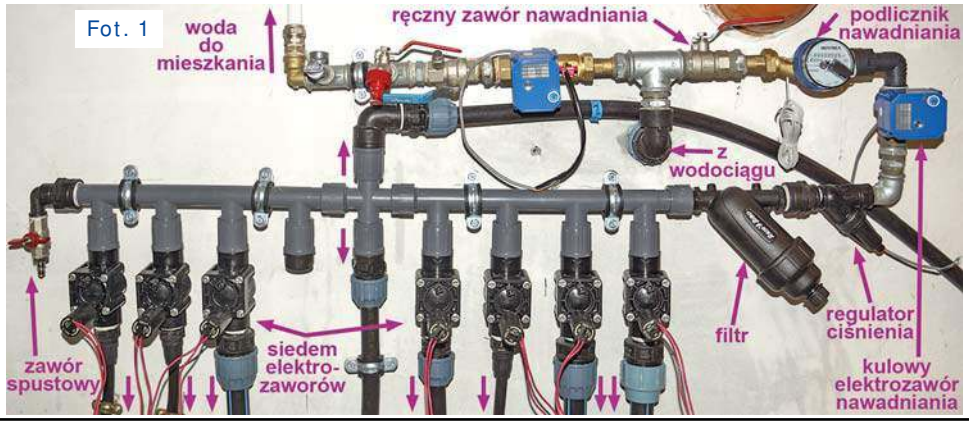
W większych instalacjach nawodnieniowych rzadko wykorzystywane są elektrozawory z cewkami-elektromagnesami przeznaczonymi do sterowania napięciem stałym. Są one kosztowne, bo w istocie są to elektromagnesy dwustanowe (bistabilne) z pamięcią, gdzie krótki impuls napięcia (6...10V) o jednej biegunowości włącza elektrozawór, a impuls o przeciwnej biegunowości go wyłącza.

W systemach nawadniania najczęściej wykorzystywane są dużo tańsze cewki-elektromagnesy zasilane napięciem przemiennym 24VAC 50Hz, gdzie podanie napięcia otwiera zawór, a brak napięcia – zamyka przepływ wody.

Ja chciałem wykorzystać popularne i tanie cewki prądu zmiennego, ale sterować je napięciem stałym 13,7V, co jest możliwe. W Internecie można znaleźć informacje o zasilaniu takich cewek napięciem stałym około 12V, jednak między innymi powoduje to silne grzanie cewek. Aby ograniczyć grzanie, przeprowadziłem szereg eksperymentów, zbadałem i wypróbowałem szereg rozmaitych rozwiązań, badając też przebiegi napięć i prądów. Drugim celem było bowiem to, by po wyłączeniu nie przerwać po prostu przepływu prądu przez cewkę, tylko żeby zanikający prąd miał kształt tłumionej sinusoidy w celu rozmagnesowania rdzenia. Temat sterowania stosowanymi w elektrozaworach cewkami 24VAC napięciem stałym nieoczekiwanie i wbrew pozorom okazuje się bardzo interesujący, a przy okazji ujawnia się szereg interesujących aspektów i zagadnień pokrewnych, w tym dotyczących różnych typów... kondensatorów. Na życzenie Czytelników temat elektrozaworów „nawodnieniowych” i sterowania nimi może zostać przedstawiony szerzej w ramach Kuchni Konstruktora. A ponieważ systemy nawadniania dla wielu są nowością, dokładniej może być przedstawiony temat samodzielnej ich realizacji. Jeśli chcecie o tym poczytać, piszcie: *edw@elportal.pl.*

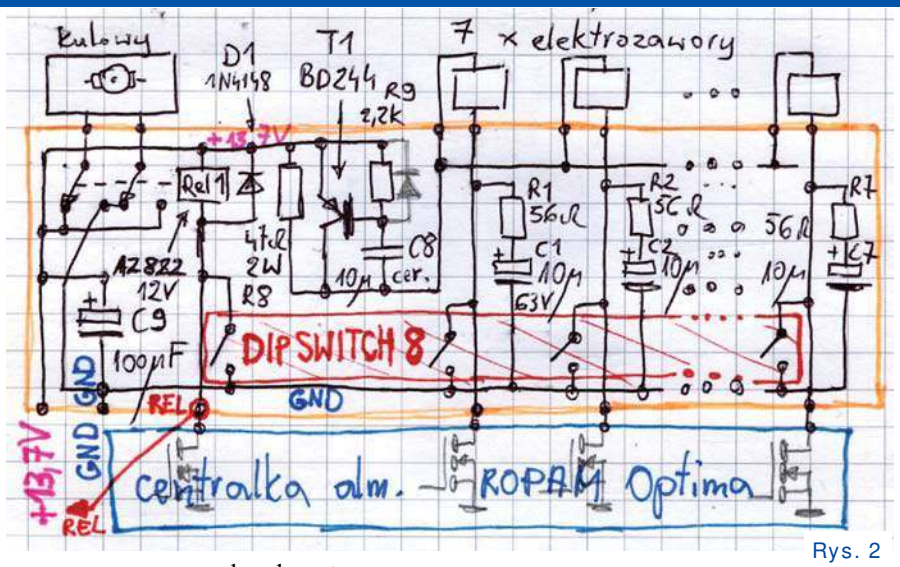
Fotografia tytułowa pokazuje realizację prostego sterownika, którego schemat widoczny jest na **rysunku 2**. W finalnym układzie w obwodzie zasilania 13,7V umieszczony jest też bezpiecznik polimerowy 500mA.

Główną potrzebą jest zdalne sterowanie z wykorzystaniem centralki Ropam Optima. Przewidziano też sterowanie lokalne za pomocą zestawu DipSwitch x8. Przekaźnik Rel1 służy do sterowania głównym elektrozaworem kulowym. Rezystor R8 ogranicza prąd i moc strat podczas pracy ciągłej cewek elektrozaworów nawodnieniowych, a tranzystor T1 w pierwszej chwili po włączeniu podaje na cewkę elektrozaworu pełne napięcie przez czas

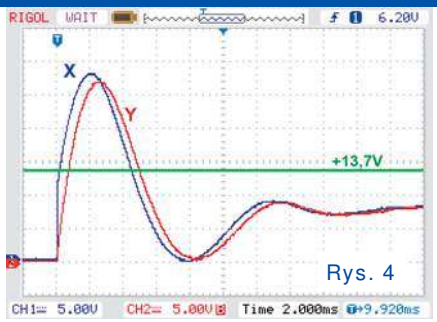





eprasa.pl bc983a300b



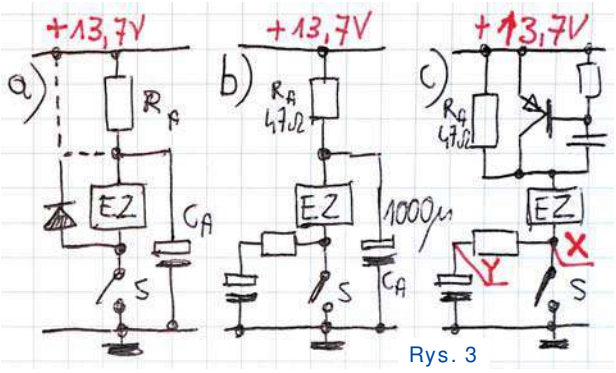

Rys. 2




Rys. 4

wyznaczony przez kondensator C8. Dwójniki RC (R1...R7, C1...C7) przy wyłączaniu tłumią przepięcia i zapewniają, że podczas wyłączania prąd ma kształt (szybko) gasnącej sinusoidy.

Cewki siedmiu elektrozaworów są elektromagnesami. Zasadniczo przeznaczone są do pracy przy napięciu zmiennym 24V 50Hz, a tu pracują przy prądzie stałym. Badając temat, znalazłem na jakimś niemieckim forum zalecenie, by przy takiej nietypowej pracy podczas wyłączania prąd i napięcie elektrozaworu były gasnącymi sinusoidami, co zagwarantuje rozmagnesowanie ich rdzeni. Można się zastanawiać nad sensownością takiego zalecenia. Autor prawdopodobnie obawiał się, że rdzeń zastosowany w cewkach 24VAC może się trwale namagnesować, wskutek czego elektromagnes nie puści po odłączeniu stałego napięcia zasilania. Jest to bardzo mało prawdopodobne, bo przecież przy prądzie zmiennym wyłączenie może nastąpić w dowolnej chwili (fazie) napięcia i prądu. W Internecie nie ma informacji o takim namagnesowaniu i niewyłączaniu się przy nietypowej pracy cewek AC przy prądzie DC. Jednak faktem jest, że elektromagnesy (i przekaźniki) prądu zmiennego mają specyficzną budowę rdzenia. Mając jednak odrobinę wątpliwości, ale głównie z ciekawości, postanowiłem zrealizować takie rezonansowe wyłączanie. Cewka testowanego elektrozaworu miała rezystancję około 25 omów (i indukcyjność ponad 0,2H). Podanie na nią napięcia stałego 13,7V dałoby moc strat cieplnych prawie 8 watów, co zapewne skończyłoby się przegrzaniem i spaleniem cewki. Na pewno trzeba ograniczyć prąd, a najlepiej by duży prąd płynął tylko przez chwilę po włączeniu, co można uzyskać za pomocą rezystora $R_A$ i kondensatora $C_A$. Zrezygnowałem jednak z typowego gaszenia przepięć za pomocą diody według **rysunku 3a**. Najpierw przebadałem rezonansowe rozwiązanie według **rysunku 3b** z różnymi wartościami R i C. **Rysunek 4** pokazuje napięcia (względem masy) w punktach X, Y takiego obwodu tuż po wyłączeniu elektrozaworu, czyli po rozwarciu styku S. Finalnie zrezygnowałem z dużego kondensatora $C_A$ i zastąpiłem go małym kondensatorem i tranzystorem według **rysunku 3c**.




Rys. 3

## Sterowanie elektrozaworem kulowym

Elektrozawór kulowy, odcinający dopływ wody do klasycznych elektrozaworów nawodnieniowych, jest po prostu konieczny.

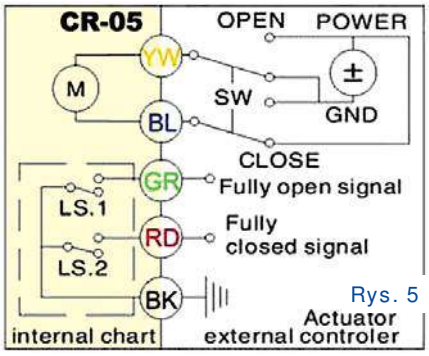
Wprawdzie typowe elektrozawory nawodnieniowe powinny skutecznie zatrzymać wypływ wody, jednak mają one specyficzną budowę, zawierają w istocie malutki elektrozaworek, który pośrednio dzięki ciśnieniu wody wpływa na pozycję dużej membrany, decydującej finalnie o przepływie wody. Niestety, czasami zdarza się, że po wyłączeniu cewki-elektromagnesu duża membrana nie zamyka przepływu wody, na przykład wskutek zanieczyszczeń zawartych w wodzie. Znane są przypadki, że przez pozostawiony długo bez nadzoru, zdalnie sterowany niedomknięty elektrozawór nawodnieniowy przepłynęło nawet kilkaset metrów sześciennych wody, co nie tylko zaleje ogród, ale też podwyższy rachunek za wodę o tysiące złotych. Aby temu zapobiec, w każdej zdalnie obsługiwanej instalacji z klasycznymi zaworami nawodnieniowymi ***konieczne jest zainstalowanie dodatkowego niezawodnego zaworu innego typu, najlepiej kulowego***, w którym przekręcanie kuli o 90 stopni realizuje mały silniczek. Najprościej biorąc, podanie na silniczek przez dowolnie długi czas napięcia o jednej biegunowości uruchomi go, co otwiera zawór w ciągu kilku sekund, a po otwarciu zaworu wyłącznik krańcowy rozwiera obwód silnika. Podanie napięcia o przeciwnej biegunowości zamyka przepływ wody i też rozłącza obwód. Takie działanie pozwala na prosty sposób sterowania: także w układzie z rysunku 2 w spoczynku na elektrozawór stale podane jest napięcie o biegunowości takiej, jaka powoduje jego zamknięcie, przy czym prąd w spoczynku nie płynie. Zadziałanie przekaźnika Rel1 w sterowniku i podanie napięcia „odwrotnego" otwiera elektrozawór kulowy. Silnik pobiera prąd wyłącznie w krótkich chwilach zamykania i otwierania.

W moim sterowniku zastosowałem posiadany przekaźnik Zettler AZ822 12V z cewką 960Ω, co przy zasilaniu 13,7V daje prąd około 15mA. Obciążalność styków przekaźnika to 2A, ale silniczek elektrozaworu podczas kilkusekundowej pracy pobiera jedynie 60mA prądu.

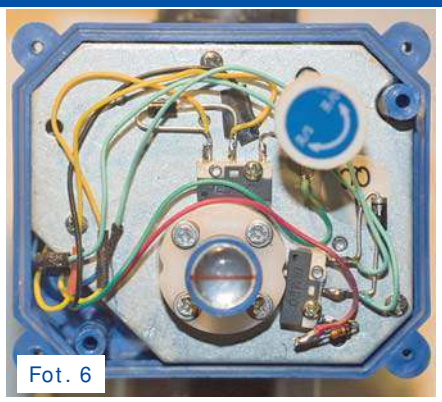
Elektrozawory kulowe z silniczkiem występują w kilku odmianach, w tym CR01…CR05 o różnych sposobach sterowania. W moim przypadku praktycznym problemem okazało się to, że posiadane dwa elektrozawory były „mikroprocesorowego" typu CR05:

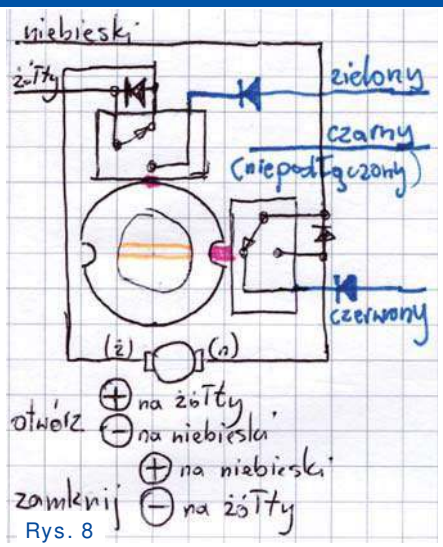


eprasa.pl bc983a300b



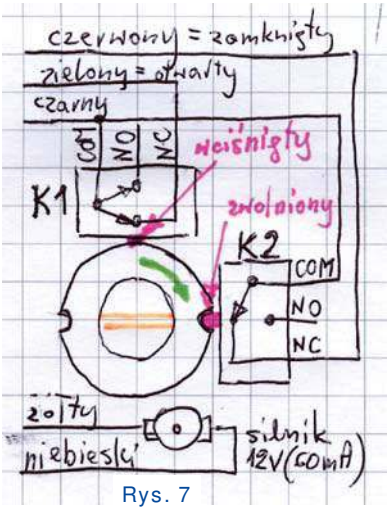
Rys. 5


Fot. 6



Rys. 8

miały pięć wyprowadzeń, z których trzy powiązane są tylko z dwiema wewnętrznymi mikroprzełącznikami – krańcówkami. Na **rysunku 5** na żółtej podkładce pokazana jest budowa wewnętrzna posiadanych elektrozaworów CR05. W przedstawianych zastosowaniu najlepsza byłaby wersja CR01 z dwoma tylko wyprowadzeniami, gdzie wewnętrzne krańcówki współpracując z diodami powodują, że podanie napięcia o jednej biegunowości otwiera zawór, a napięcie o przeciwnej biegunowości – zamyka. Aby zmienić działanie z CR05 na CR01, trzeba było rozebrać obudowę i zmodyfikować wewnętrzne połączenia. **Fotografia 6** przedstawia wnętrze zaworu po modyfikacji. Przeróbka nie była trudna, a najwięcej kłopotu było z ponownym złożeniem pokrętła ręcznego otwierania i z uszczelnieniem obudowy. **Rysunek 7** pokazuje oryginalne połączenia „mikroprocesorowej" wersji CR05, gdy zawór jest zamknięty. Przycisk krańcówki K2 wchodzi wtedy w wycięcie tarczy, co łączy czerwony przewód z czarnym. Przycisk krańcówki K1 jest wciśnięty i przewód zielony jest odłączony. W takim stanie należy na silnik podać napięcie o takiej biegunowości, by silnik i zawór zaczęły się obracać w kierunku zaznaczonym zieloną strzałką. Podczas obracania przyciski obu krańcówek będą wciśnięte, a przewody czerwony i zielony – odłączone. Po obrocie o 90 stopni przycisk K1 zostanie zwolniony, bo trafi w wycięcie w tarczy, co połączy przewód niebieski z czarnym (możliwe jest też sterowanie silnika napięciem o jednej biegunowości, o czym przy innej okazji).



Rys. 7

**Rysunek 8** pokazuje połączenia po przeróbce (fot. 6) na wersję CR01, w której po całkowitym otwarciu lub zamknięciu zaworu jedna z krańcówek przerywa obwód i odłącza silnik. W moim modelu przeróbka jest bardziej skomplikowana, by nie rezygnować z pierwotnych funkcji. Choć w pierwszej chwili może tego nie widać, zaznaczone niebieskim kolorem połączenia i dodatkowe diody D3, D4 pozwalają uzyskać informację o tym, czy zawór jest otwarty, czy zamknięty, co może być wykorzystane przy współpracy ze sterownikiem mikroprocesorowym.

W drugiej części artykułu opisane będą obwody kontrolne, przekazujące informacje o stanie systemu za pomoca SMS-ów.

**Piotr Górecki**

---

*Ciąg dalszy ze strony 56*

***Dławik 680µH***

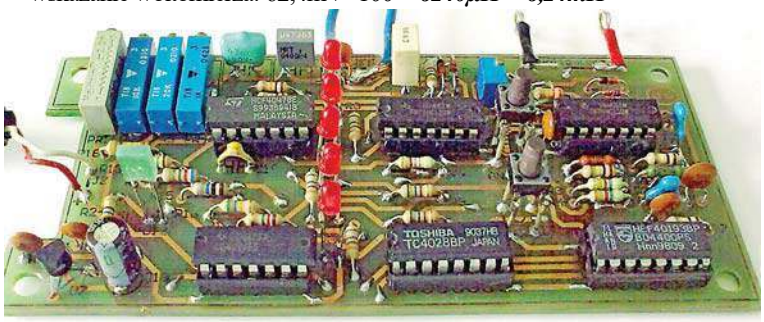
Pomiar w zakresie 2 /do 2mH, k = 1/ woltomierz na zakresie 2V – wskazanie woltomierza: 674 mV × 1 = ***674µH***

***Dławik 5,6mH***

Pomiar na zakresie 3 /do 20mH, k = 10/ woltomierz na zakresie 2V – wskazanie woltomierza: 534mV×10 = ***5340µH = 5,34mH***

***Dławik (3,3mH + 3,3mH) połączone szeregowo***

Pomiar na zakresie 4 /do 200mH, k = 100/ woltomierz na zakresie 200mV – wskazanie woltomierza: 62,4mV×100 = ***6240µH = 6,24mH***



Częstotliwość, przy których pracują poszczególne podzakresy mojej przystawki podane są na rysunku 1.

Jeśli w czasie pomiaru woltomierz wskazuje napięcie powyżej 2V, należy podwyższyć zakres pomiarowy przystawki. A jeśli dla wybranego zakresu pomiarowego woltomierz wskazuje ułamki mV, należy zmniejszyć zakres pomiarowy.

W Elportalu wśród materiałów dodatkowych do tego numeru można znaleźć oryginały rysunków i fotografii.

**Andrzej Adamczyk**
*amk10@interia.pl*



eprasa.pl bc983a300b

## Zadanie CoTo2009

Zadanie konkursowe brzmi:
**Co przedstawia zamieszczona niżej fotografia?**

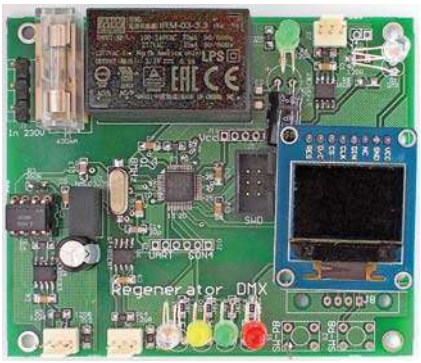
Prosimy o krótkie odpowiedzi. Można jednak dołączyć zwięzłe uzasadnienie lub potwierdzenie (dowód) albo też króciutki opis analizy zadania i poszukiwań. E-maile z odpowiedziami należy przysyłać w ciągu miesiąca od ukazania się numeru, na adres: ***konkursy@elportal.pl***, **nie zapominając o podaniu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

W tytule e-maila należy podać nazwę konkursu, numer zadania i własne nazwisko, np. *CoTo2009Kowalski*.

Wśród autorów prawidłowych odpowiedzi rozlosowane zostaną 3 kity AVT.

## Rozwiązanie zadania CoTo2006

Fotografia pochodzi z artykułu „Regenerator sygnału DMX", zamieszczonego w EdW 2/2020 na stronie 24.




Za prawidłowe odpowiedzi upominki w postaci kitów AVT otrzymują:

**Rafał Ulanowski** – Witkowo,
**Jerzy Kornaszewski** – Radom,
**Marcin Przywara** – Czarna Sędziszowska.

# W najbliższych numerach EdW planujemy

### EdW 10/2020

**CNC**

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

### EdW 11/2020

**Miernik cewek**

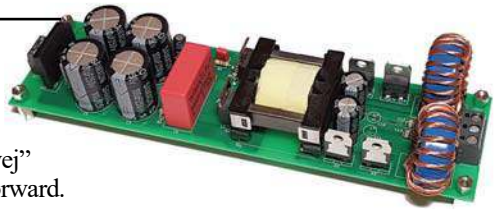
Nieprzypadkowo tytułem tego prostego projektu nie jest *miernik indukcyjności*, tylko *miernik cewek*. Oprócz indukcyjności pozwala zmierzyć także inne bardzo ważne parametry cewki, w tym prąd nasycenia oraz zakres realnych prądów roboczych.

### EdW 12/2020

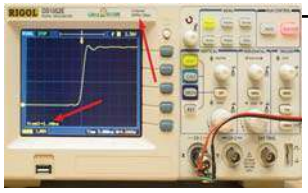
**Moja własna karta audio USB**

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.:

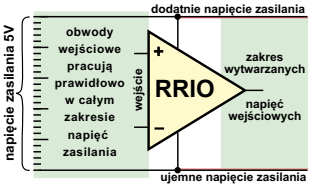


**Simple half-bridge SMPS**
Przykład prostej „dwukierunkowej" przetwornicy forward.



**(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.




**Droga do RRIO, czyli wzmacniacze operacyjne dla początkujących**
Czas najwyższy, żeby na łamach EdW przybliżyć tematykę współczesnych wzmacniaczy operacyjnych.



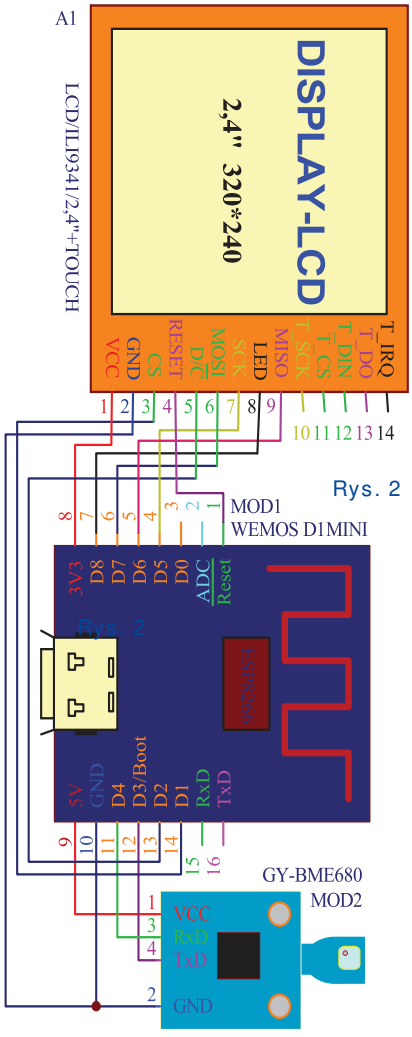
eprasa.pl bc983a300b

# Z potrzeby chwili... Stacja pogody z pomiarem jakości powietrza (IAQ)

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

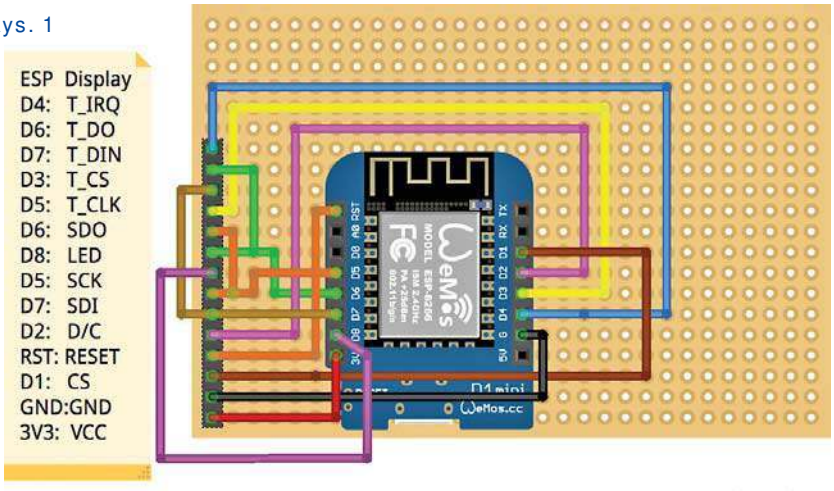
Smog i temat zanieczyszczonego powietrza powracają w każdym sezonie grzewczym. Przy dużym stężeniu pyłów media zalecają unikać spacerów i pozostawanie w domu, ale czy w domu jesteśmy bezpieczni? Czy da się sprawdzić, czym oddychamy? Tak; w tym celu powstała nawet specjalna jednostka pomiarowa IAQ (Indor Air Quality). Zbudujmy zatem własną stację pogody z pomiarem jakości powietrza.

Prezentowana stacja pogody powstała z potrzeby chwili. Nadal są osoby kwestionujące obecność i szkodliwość smogu, a że jakość powietrza jest odczuciem subiektywnym, należało zmierzyć i przedstawić im poziom zanieczyszczeń. Powstanie w ekspresowym tempie pogodynki możliwe było dzięki wykorzystaniu sprzętu z innej nieczynnej stacji. Co ciekawe, przydała się także część bibliotek dostarczanych wraz z zestawem kolorowej stacji pogody ThingPulse. Oryginalny schemat urządzenia pokazany jest na **rysunku 1**. Stacja ThingPulse składa się z kilku modułów połączonych płytką pośredniczącą. Zastosowane moduły to: kolorowy wyświetlacz 2,4" oraz WeMos_D1_mini – moduł Wi-Fi. Odstawienie tamtej stacji nastąpiło, gdy serwis „Weather Underground" zaprzestał świadczenia darmowej prognozy pogody. Natomiast elektrycznie stacja cały czas była sprawna i przewijał się pomysł jej zagospodarowania. Impulsem ku temu było pojawienie się modułu GY_BME680. Zapewne część Czytelników pamięta projekt miernika jakości powietrza opublikowany w EdW 11/2018. Opisywany tam miernik wykorzystuje kilkufunkcyjny czujnik BME680, który poza pomiarem temperatury, wilgotności i ciśnienia dostarcza informację o jakości powietrza. Niestety niełatwe jest odczytanie indeksu IAQ bezpośrednio z same-




Rys. 2

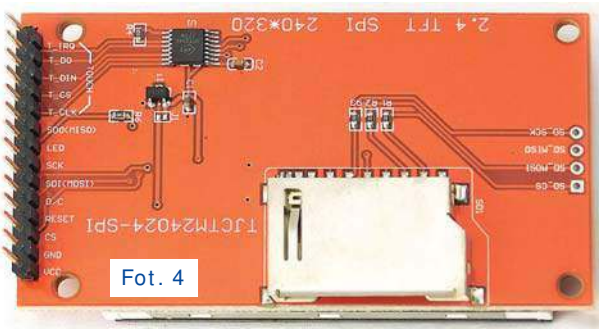
Rys. 1



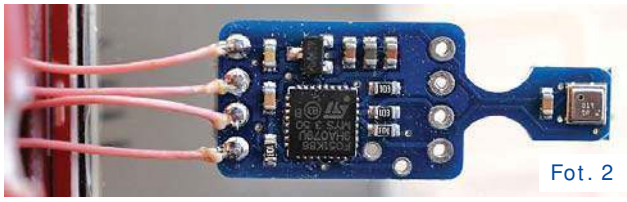



eprasa.pl bc983a300b

Fot. 1


Fot. 4

go czujnika. Pojawienie się modułu GY_BME680 rozwiązuje problem uruchomienia skomplikowanego algorytmu zaszytego w bibliotece firmy Bosch. Wspomniany moduł, poza czujnikiem BME680, zawiera mikrokontroler SMT32, który najtrudniejszą robotę wykonuje za nas, udostępniając po przetworzeniu gotowe dane, w tym indeks IAQ poprzez złącze szeregowe. Schemat zmodyfikowanej stacji pogodowej widzimy na **rysunku 2**, a wykonanie podłączeń na **fotografii 1**. Dołączenie modułu GY_BME680 wiąże się z pójściem na kompromis. Niestety moduł WeMos_D1 ma ograniczoną liczbę linii I/O, a podłączyć się do linii TxD/RxD nie możemy z racji wykorzystania tych linii do programowania i debugowania programu. Zatem aby wygospodarować dwie linie I/O, musimy zrezygnować z funkcji dotyku w panelu LCD i zasymulować port szeregowy poprzez bibliotekę „`SoftwareSerial.h`". Z dobrych informacji (jak widać na


Fot. 2

Fot. 3

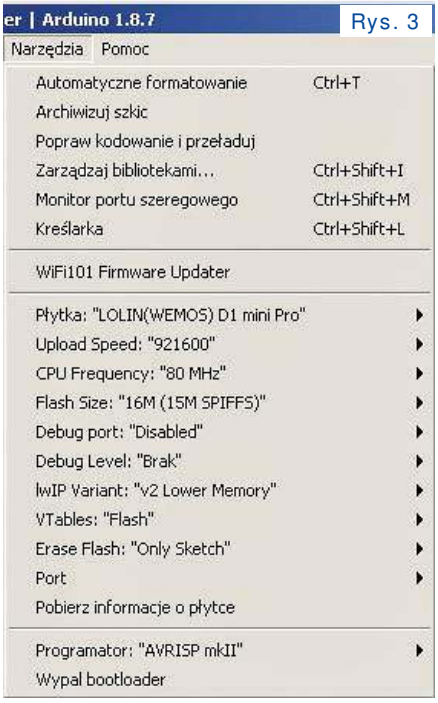
**fotografii 2**): moduł GY_BME680 ma własny stabilizator napięcia i bez obaw możemy zasilić go napięciem 5V.

Program dla stacji pogody napisany został w Arduino. Program wraz z potrzebnymi bibliotekami dostępny jest w Elportalu. Biblioteki ikonek pogody oraz pogrubionych czcionek Arial to biblioteki dołączone do stacji pogody. Wszystkie pozostałe, brakujące do naszego środowiska biblioteki najłatwiej pobrać za pomocą *Menedżera bibliotek*. Ponieważ Arduino domyślnie przystosowane jest do pracy z mikrokontrolerami AVR, musimy środowisko przestawić do pracy z modułem WeMos_D1 pochodzącym z rodziny ESP8266. W pierwszej kolejności należy w Preferencjach kompilatora w okienku „Dodatkowe adresy URL do menedżera płytek" dodać link: *http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json,* a następnie poprzez menu Narzędzia wybrać konfigurację zgodną z **rysunkiem 3**. Podczas pierwszego podłączenia modułu WeMos_D1 może pokazać się menu instalowania nowego sprzętu. Moduł WeMos_D1 zawiera konwerter USB-RS typu CP2104 lub CH340. Po ustaleniu docelowej lokalizacji dla naszego nowego urządzenia w kodzie w definicji globalnej LOCATION_ALTITUDE należy wprowadzić wysokość nad poziom morza. Poprawna wartość wysokości nad poziom morza ważna jest ze względu na zmianę ciśnienia, a co za tym idzie poprawność przewidywania pogody przez stację. Po zaprogramowaniu modułu po krótkiej animacji powitalnej powinniśmy zobaczyć informacje jak na **fotografii 3**. Jakość powietrza rozpatrywana jest w kryteriach słownych tj.; DOBRA, ŚREDNIA, KIEPSKA, ZŁA które to odpowiadają zakresom podanym w dokumentacji czujnika BME680.

W podsumowaniu należy dodać, że budowa stacji nie musi polegać na zakupie zestawu ThingPulse. Pokazany na **fotografii 4** wyświetlacz z kontrolerem ILI9341 występuje zarówno w wersji 2,4" jak i większej 2,8", oraz z kontrolerem dotyku lub bez niego. Opisywana stacja powstała na bazie wyświetlacza 2,4" i tylko taki zmieści się do obudowy Z-126 widocznej na fotografii tytułowej. Podobnie moduł Wi-Fi – WeMos_D1 możemy zakupić osobno.

**Michał Stach**
michal.stach@elportal.pl

Rys. 3




**Wykaz elementów**

A1 . . . wyświetlacz LCD z kontrolerem ILI9341
MOD1 . . . . . moduł WeMos_D1_mini lub WeMos_D1_pro
MOD2 . . . . . moduł GY_BME680
OB1 . . . . . obudowa Z126 (Kradex)



eprasa.pl bc983a300b

# Lampowy magnetofon szpulowy

## Wzmacniacz zapisu, wzmacniacz odczytu i generator w.cz.

część 1

Wzmacniacz zapisu pełni bardzo ważną funkcję, gdyż to od niego zależy, czy sygnał akustyczny zostanie zapisany czysto i bez zniekształceń.

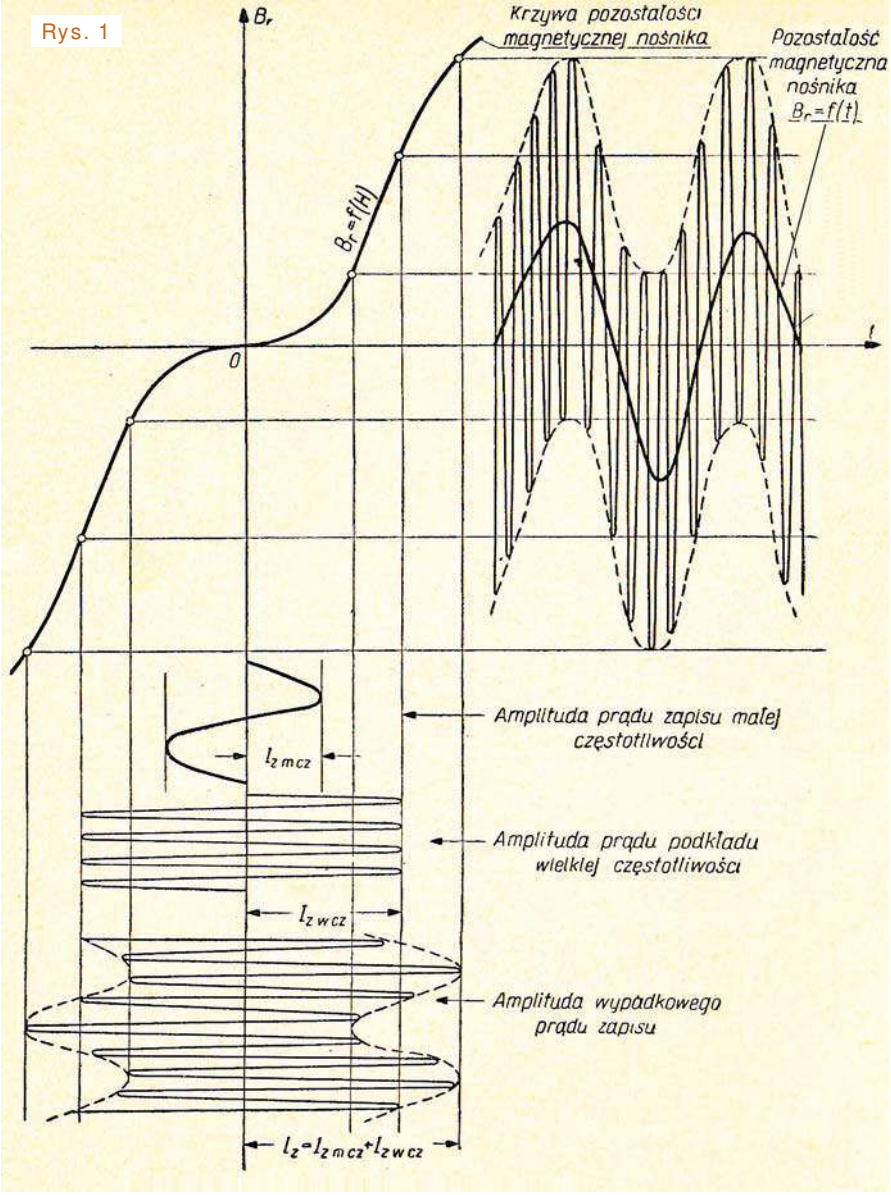
Nas interesuje zapis z podkładem prądu wysokiej częstotliwości, gdyż zapis z podkładem prądu stałego z powodu kilku poważnych wad od dawna należy do historii, choć niewątpliwie i on odegrał ważną rolę jako jeden z etapów na drodze rozwoju techniki zapisu magnetycznego. Do głównych wad zapisu z podkładem prądu stałego należały znaczne szumy oraz niska jakość w paśmie wyższych częstotliwości. Z tego względu znalazł zastosowanie głównie w dyktafonach.

Natomiast zapis z podkładem prądu w.cz. umożliwia dokonanie nagrań wysokiej jakości i w szerokim paśmie: 40–18000Hz. Aby tego dokonać, potrzebny jest wzmacniacz o specjalnej konstrukcji, który zapewni wyrównanie zniekształceń sygnału spowodowane głównie przez głowicę. Głowica zapisująca ma dużą liczbę zwojów, a co za tym idzie dość dużą indukcyjność i pojemność własną uzwojenia. To sprawia, że sygnały o wysokiej częstotliwości zostają znacznie zniekształcone. I tu ujawnia się zaleta zapisu z podkładem prądu w.cz. Głowica zapisująca jest tu zasilana równocześnie sygnałem akustycznym i odpowiednio dobranym prądem wysokiej częstotliwości pobieranym z tego samego generatora co prąd kasowania. Prąd zapisu jest zatem wypadkową, sumą sygnału akustycznego i prądu podkładu. Taśma podczas zapisu przesuwa się najpierw przed głowica kasującą, która ma szczelinę roboczą kilka razy szerszą od szczeliny głowicy zapisującej. Zmienne pole magnetyczne powstające w szczelinie głowicy kasującej bardzo szybko przemagesowuje taśmę, dzięki czemu taśma opuszcza głowicę całkowicie oczyszczona i pozbawiona jakichkolwiek śladów wcześniejszego zapisu. Następnie taśma przesuwa się przed głowicą zapisującą, przez którą płynie prąd zapisu oraz prąd podkładu. Jeśli do głowicy zapisującej nie dochodzi sygnał akustyczny, wtedy przez głowicę płynie tylko prąd podkładu i taśma opuszcza głowicę idealnie czysta. Z chwilą pojawienia się sygnału akustycznego następuje odkształcenie symetrycznego pola magnetycznego w.cz. w stronę dodatnich lub ujemnych wartości w zależności od zmian amplitudy sygnału małej częstotliwości, czyli akustycznego. Ilustruje to **rysunek 1**. Charakterystyka magnesowania materiału taśmy jest daleka od prostoliniowej, ale zastosowanie prądu podkładu w.cz. pozwala zapisać sygnał audio w sposób praktycznie liniowy.

Ujmując to prościej: sygnał akustyczny moduluje pole magnetyczne w.cz. występujące w szczelinie głowicy zapisujące. Dzięki działaniu prądu podkładu w.cz. znacznie poprawia się liniowość krzywej magnesowania taśmy, a co za tym idzie, bardzo maleją zniekształcenia nieliniowe zapisywanego sygnału audio. Stosowanie prądu podkładu w.cz. pozwala na otrzymanie silniejszej pozostałości magnetycznej, co skutkuje otrzymaniem wyższego napięcia z głowicy odczytującej, a tym samym większej dynamiki.

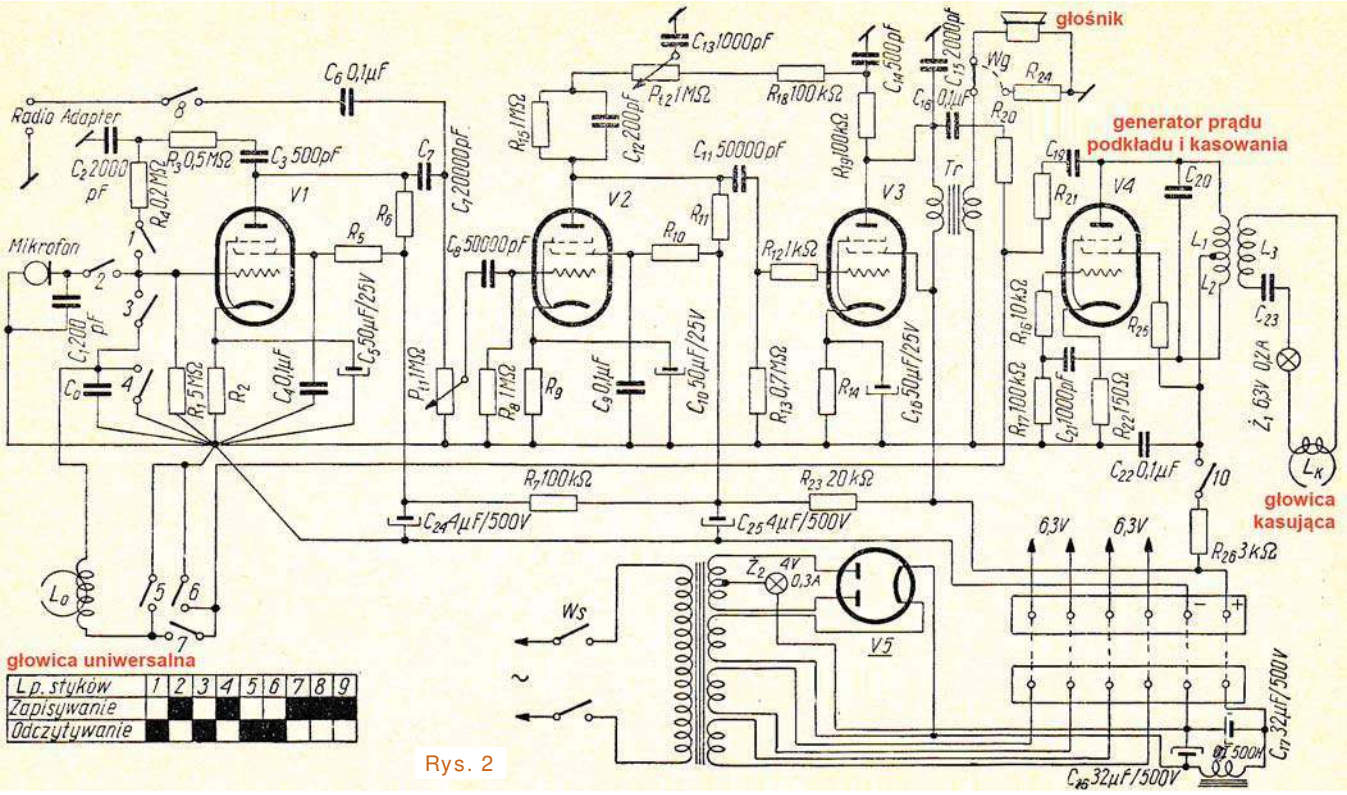
Głowica zapisująca powinna mieć szczelinę roboczą od 4 do 10 mikrometrów, a tylną od 0,2 do 0,3mm. Szczelina

Rys. 1





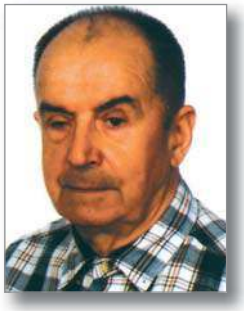

eprasa.pl bc983a300b




Rys. 2

tylna jest niezbędna, ponieważ przez głowicę płyną prądy mogące spowodować chwilowe nasycenie rdzenia, a to powodowałoby pogorszenie jej parametrów. Uzwojenie powinno być nawinięte drutem o średnicy 0,07–0,2mm w zależności od tego, czy jest to głowica wysoko-, czy niskooporowa. Głowica kasująca powinna mieć szczelinę roboczą 0,2–0,5mm, a uzwojenie powinno być nawinięte drutem 0,2–0,25mm. Rdzeń głowicy kasującej najczęściej wykonany jest z twardego ferrytu o dużej przenikalności magnetycznej. Głowica odczytująca (jeśli jest) powinna mieć szczelinę roboczą 3–10μm i być nawinięta drutem 0,07–0,1mm. Szczelina tylna nie jest potrzebna, ponieważ indukują się w niej bardzo słabe sygnały o napięciu mniej więcej 1mV.

Lampowe magnetofony wysokiej klasy miały najczęściej osobny wzmacniacz nagrywania i odczytu. W magnetofonach popularnych stosowano głowicę uniwersalną oraz wzmacniacz zapisująco-odczytujący, które na przemian spełniają funkcję zapisu lub odczytu. Szczelina robocza głowicy uniwersalnej powinna mieć szerokość 4–10μm, a tylna 0,2–0,3mm. Rdzenie głowicy zapisującej, odczytującej i uniwersalnej, muszą być wykonane z materiału o dużej przenikalności magnetycznej i małej stratności – mu-metal, permalloy, itp. Głowica odczytująca i uniwersalna powinny być starannie ekranowane obudową wykonaną z materiału magnetycznego o dużej przenikalności magnetycznej. W magnetofonach powszechnego użytku stosowano głowicę uniwersalną oraz uniwersalny wzmacniacz zapisująco-odczytujący. Odrębne wzmacniacze i głowice do zapisu i odczytu były stosowane głównie w magnetofonach studyjnych, więc nie będziemy się nimi zajmować. Na **rysunku 2** pokazany jest schemat części elektronicznej magnetofonu lampowego. Szczegóły omówimy w następnym odcinku.



**Jerzy Szymański**
j.szymanski@wp.eu

TRADYCYJNA **JESIENNA PROMOCJA** PRENUMERATY

10 = 12 + 3

PATRZ NA STRONIE 13

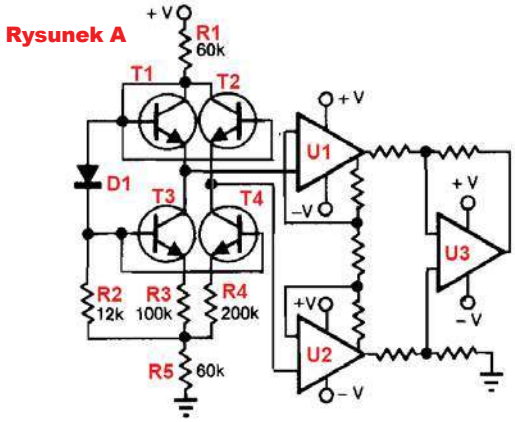
eprasa.pl bc983a300b

# Jak to działa

Na **rysunku A** przedstawiony jest schemat układu, który pełni funkcję termometru.
Tym razem zadanie konkursowe jest nietypowe i polega na rozszyfrowaniu:

**Gdzie w tym układzie jest czujnik temperatury?**

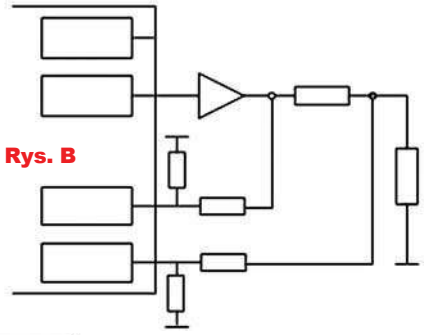
Odpowiedzi, koniecznie oznaczone dopiskiem **Jak9**, należy nadsyłać w terminie 45 dni od ukazania się tego numeru EdW. Nagrodami w konkursie będą 3 kity AVT



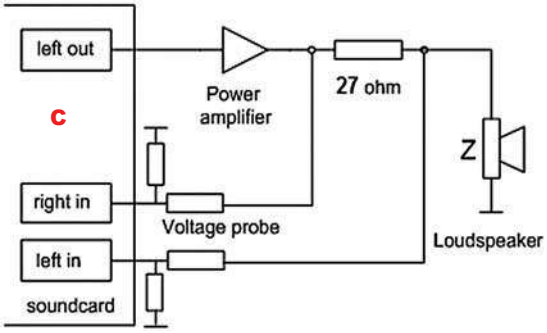

## Rozwiązanie zadania *Jak to działa* z EdW 5/2020

W numerze 5/2020 przedstawiony był, pokazany na **rysunku B**, nieskomplikowany schemat.
Jest to... ***schemat układu do pomiaru impedancji z wykorzystaniem karty dźwiękowej komputera***.

Wykorzystany i zmodyfikowany został rysunek pochodzący z instrukcji obsługi znanego programu LIMP, dostepnej na stronie *www.artalabs.hr/AppNotes/LIMP_Tutorial_Version_2_4_English.pdf*.



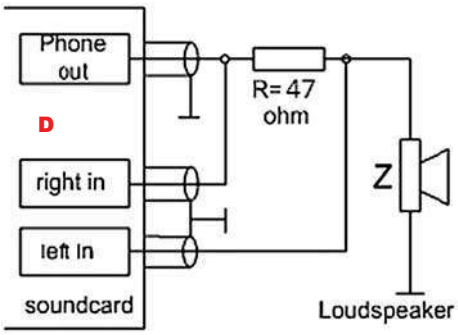

Oryginalny rysunek, który został przerobiony na potrzeby zadania, pokazany jest na **rysunku C**. Zasadniczo dotyczy on pomiaru impedancji głośnika lub kolumny głośnikowej, jednak w ten sam sposób mona mierzyć impedancję dowolnego obciążenia.




Wykorzystywana jest karta dźwiękowa komputera. Sygnał z jej lewego kanału jest podawany na wzmacniacz mocy (*power amplifier*) i dalej przez rezystor pomiarowy (27Ω) na badany głośnik.

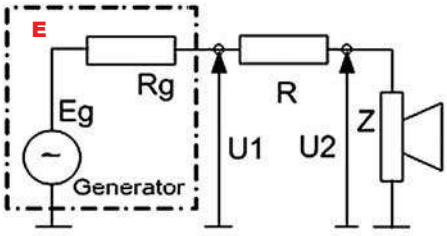
Na dwa wejścia karty audio podawane są wygnały: z wyjścia wzmacniacza oraz z głośnika. Ponieważ wejścia (liniowe) karty audio mogą przetwarzać tylko sygnały o wartości rzędu 1 wolta, a głośnik jest testowany przy użyciu wyższych napięć z użyciem wzmacniacza mocy, na wejściach karty audio zastosowane są rezystorowe dzielniki napięcia, nazwane tu *voltage probe*. Jak pokazuje **rysunek D**, pomiar głośnika można też przeprowadzić prościej, wykorzystując wyjście słuchawkowe karty audio.

Zasada pomiaru jest bardzo prosta. Ilustruje to **rysunek E**. Generator karty dźwiękowej wytwarza przebieg o napieciu Eg, ale ma jakąś niezerową rezystancję wyjściową Rg. Nie ma jednak ona wpływu na pomiar, ponieważ ten w sumie polega na porównaniu dwóch napięć.




Interesuje nas wartość impedancji Z, którą można obliczyć, dzieląc napięcie na tej impedancji (U2) przez wartość prądu. Wartość prądu można policzyć, dzieląc napięcie na rezystorze wzorcowym przez wartość jego rezystancji (wzorcowej) R. Napięcie na tym rezystorze jest różnicą napięć (U1 – U2).

Jeżeli do obliczeń wzięte zostaną tylko amplitudy albo wartości skuteczne napięć, to wynikiem obliczeń będzie *moduł* impedancji. Jeżeli jednak do obliczeń użyte będą wartości wektorowe, uwzględniające także przesunięcie fazy, to wynikiem obliczeń będą pełne informacje o impedancji, to znaczy oprócz wartości (w omach) dostępna będzie też informacja o przesunięciu fazowym, czyli o składowej indukcyjnej lub pojemnościowej. A jeżeli takie obliczenia zostaną przeprowadzone dla różnych częstotliwości, wynikiem będzie zależność impe-




$$Z(f) = \frac{U_2(f)}{\frac{U_1(f) - U_2(f)}{R}} = \frac{R}{\frac{U_1(f)}{U_2(f)} - 1}$$

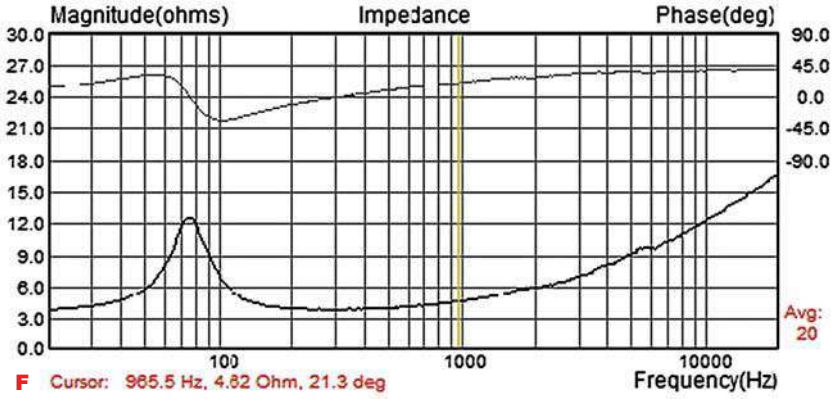


eprasa.pl bc983a300b

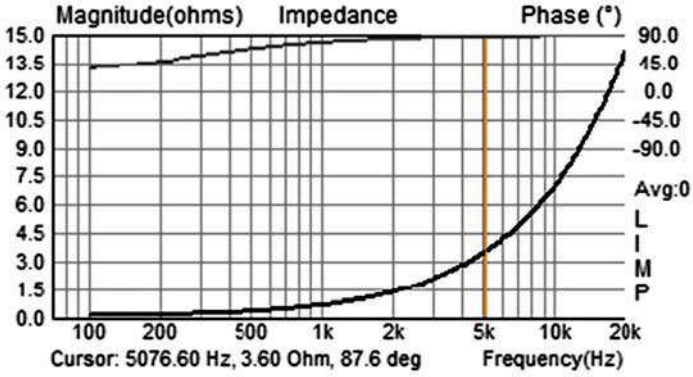
dancji w funkcji częstotliwości, jak pokazuje **rysunek F**.

Badana oporność Z nie musi być głośnikiem. Może to być dowolny inny element albo obwód elektroniczny. Przedstawiony sposób pozwala w prosty sposób mierzyć także indukcyjność cewek i pojemność kondensatorów, a uzyskane wyniki będą zawierać zarówno informację o reaktancji, jak też o szkodliwej rezystancji ESR. Przykład na **rysunku G**, pochodzącym z instrukcji obsługi programu LIMP.

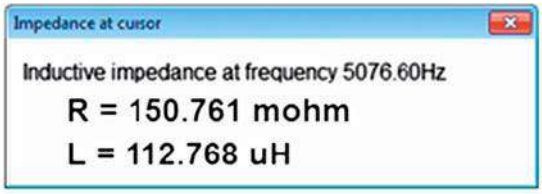
Programy LIMP oraz ARTA pozwalają też na podobnej zasadzie mierzyć charakterystyki rozmaitych innych elementów urządzeń i systemów. Przykładowe możliwości zilustrowane są na **rysunku H**. Tego rodzaju systemy z głośnikiem i mikrofonem pomiarowym pozwalają mierzyć parametry nie tylko tych dwóch elementów, ale też pozwalają określić wiele ważnych parametrów pomieszczenia. Wprawdzie są to bardzo zaawansowane i trudne zagadnienia związane z odbiciami, pogłosem, jednak warto wiedzieć, że można to badać w taki właśnie sposób.

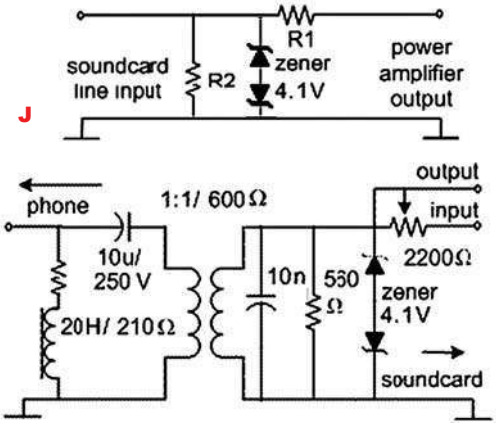


F

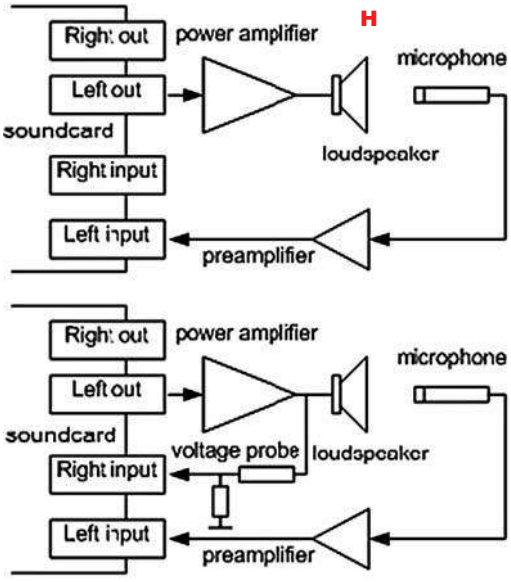


G



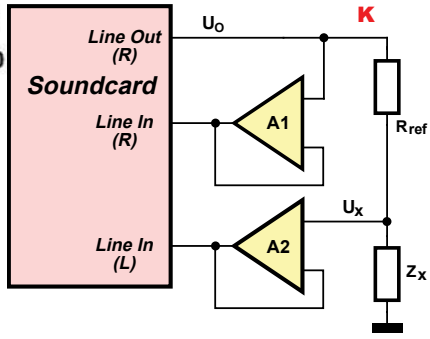
J



H

W każdym przypadku trzeba dostosować i ograniczyć wielkość sygnału na wejściach karty audio, co jest zasygnalizowane przez obecność na schematach dzielników rezystorowych. W rzeczywistości są to bardziej złożone obwody – przykłady na **rysunku J**. Widzimy tu rezystory dopasowujące, diody Zenera ograniczające amplitudę, ewentualnie transformator audio dający separację galwaniczną. Takie obwody muszą być dostosowane do warunków i wymaganej dokładności pomiaru.

Przykładowo podczas pomiaru impedancji takie obwody, a choćby tylko pojemności użytych kabli (zapewne ekranowanych) wpłyną na wynik pomiaru. W przypadku większości kart audio wejścia liniowe mają stosunkowo małą oporność wejściową, co też wpływa na wyniki pomiarów. Dlatego w wielu sytuacjach warto zastosować wtórniki separujące, w najprostszym przypadku jak na **rysunku K**.



K

LIMP oraz ARTA i STEPS to bardzo pożyteczne programy pozwalające za pomocą karty dźwiękowej zmierzyć mnóstwo istotnych parametrów elementów i urządzeń elektronicznych. Dostępne są też liczne inne programy, zarówno komercyjne, jak i darmowe, realizujące podobnie pożyteczne pomiary. Co prawda tylko w zakresie częstotliwości akustycznych i nieco wyżej, jeśli pozwala na to program i maksymalna częstotliwość próbkowania karty (96kHz albo 192kHz). Na życzenie Czytelników (*edw@elportal.pl*) ten interesujący temat może zostać rozwinięty na łamach czasopisma.

Prawie wszystkie nadesłane odpowiedzi były prawidłowe – stwierdziliście, że jest to układ pomiarowy do karty dźwiękowej. Nagrody-upominki za zadanie ***JakDziała5*** otrzymują:
**Michał Gałązka** – Warszawa,
**Jacek Zieliński** – Niedrzwica Duża
oraz Czytelnik, który prosił o podpisanie pseudonimem
**Direct Current**.
Wszyscy uczestnicy konkursu zostają dopisani do listy kandydatów na bezpłatne prenumeraty.



eprasa.pl bc983a300b

# UWAGA! UWAGA!

## Kończy nam się zapas krzyżówek
## Zostań autorem krzyżówki!

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

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

### Sudoku heksadecymalne

W każdym polu może znaleźć się tylko jeden znak heksadecymalny (0–9, A–F). Znaki nie mogą się powtarzać w rzędzie, w kolumnie oraz w mniejszym kwadracie. Jako rozwiązanie należy podać zawartość zaznaczonego rzędu.

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | | 2 | | | 4 | | | B | | | D | C | | | 3 |
| 4 | | 8 | | 5 | | 7 | | | 9 | | E | | | | D |
| F | | | B | | 3 | 6 | | | 8 | 4 | | | 0 | | |
| 9 | | | | 1 | | | B | | | | | | | 6 | |
| 2 | | | | 7 | | 3 | | | | | | | F | C | 0 |
| | | | | 2 | A | | 0 | | | 7 | 4 | 3 | D | 9 | |
| | F | A | | 8 | B | | | | | | | 2 | | | |
| | | B | | 4 | | | | 5 | | 0 | | | 8 | | 7 |
| | 2 | | | 0 | | A | E | | D | | B | 9 | | | F |
| | 5 | | 9 | | | | 6 | 3 | A | | 2 | | B | 0 | |
| C | 0 | D | | | | 8 | | | | 9 | | | 4 | | |
| 6 | | | F | D | | 5 | 9 | 7 | | | | | A | 3 | E |
| | | 5 | | E | F | | 7 | | | 6 | A | | 9 | | |
| | | 6 | C | | D | | 8 | 4 | | B | | | 2 | | |
| | E | | 1 | | 9 | C | | F | | | | | | D | 4 |
| | 3 | | | | | | | C | | 2 | | B | | | |

Autorem krzyżówki jest **Sławomir Kabat** z Niepołomic.

**Autor w nagrodę otrzymuje 18-miesięczną e-prenumeratę EdW.**

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

***Uwaga!***
*Zniżki dotyczą wyłącznie zamówień osób prywatnych.*

| Kupon rabatowy EdW 9/2020 | Kupon rabatowy EdW 9/2020 | Kupon rabatowy EdW 9/2020 |
|---|---|---|

Rozwiązaniem krzyżówki z EdW 6/2020 jest hasło:
**ADMITANCJA**

Upominki w postaci kitów AVT otrzymują:
**Lechosław Radke** – Poznań, **Radosław Kukuła** – Wrocław, **Damian Szetlak** – Majscowa.

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. ***Krzyżówka2009Kowalski.*** Listy powinny być opatrzone podobnym dopiskiem.

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

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



eprasa.pl bc983a300b

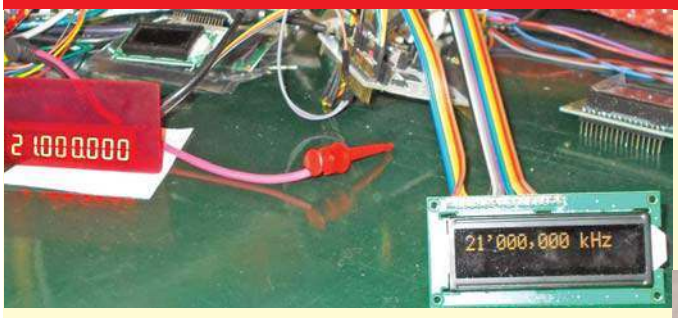
# EdW 9/2020 – lista osób nagrodzonych:

Michał Budzyński ..... Ręczaje
Direct Current .....
Mirosław Dąbrowski ..... Wrocław
Michał Gałązka ..... Warszawa
Piotr Grzegorczyk ..... Siedlce
Sławomir Kabat ..... Niepołomice
Jerzy Kornaszewski ..... Radom
Radosław Kukuła ..... Wrocław
Maciej Lasota ..... Kraków
Krzysztof Nowakowski ..... Gaj
Sebastian Owsiak .... Nawsie Brzosteckie
Marcin Przywara .. Czarna Sędziszowska
Lechosław Radke ..... Poznań
Rafał Równiak ..... Maciejów
Andrzej Sędzielewski ... Siemianowice Śl.
Damian Szetlak ..... Majscowa
Rafał Ulanowski ..... Witkowo
Andrzej W. ..... Poznań
Jarosław Węgliński ..... Warszawa
Szymon Wójtowicz ..... Warszawa
Jacek Zieliński ..... Niedrzwica Duża

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

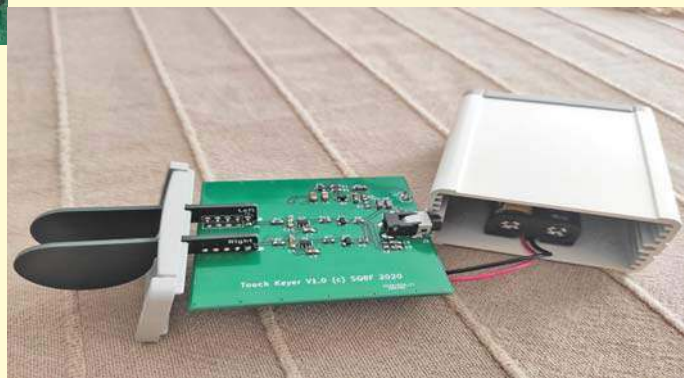
**Przysyłając rozwiązanie dowolnego konkursu,**
**NIE ZAPOMINAJCIE o podaniu w e-mailu pełnych danych adresowych.**
**Ich brak uniemożliwia wysłanie, a więc także przyznanie Czytelnikowi nagrody/upominku.**

Zajrzyj do interesujących materiałów
## „Świat Radio" 9/2020




**F-meter 42MHz**
Opisany miernik częstotliwości ma maksymalną częstotliwość pracy 42MHz i umożliwia podłączenie dużych wyświetlaczy LED, alfanumerycznych LCD czy graficznych TFT. Dodatkową funkcją jest pomiar sygnału analogowego, na przykład poziomu sygnału wejściowego.

**Manipulator dotykowy CW**
Zasada działania opisanego manipulatora telegraficznego do klucza automatycznego opiera się na pracy czujników dotykowych, wykrywających zbliżenie palca do łopatki (pomiarze pojemności elektrod pomiarowych umieszczonych na łopatkach manipulatora).
Detekcja dotknięcia łopatek realizowana jest niezależnie przez układy AT42QT1010 firmy Microchip.



**Errare Humanum Est**

W ciągu ostatniego miesiąca nie zgłosiliście żadnych usterek w EdW.

R E K L A M A

AVT 777 Sterownik miniwiertarki modelarskiej

Regulator pozwala płynnie regulowaćprędkość miniwiertarek modelarskich.
Taka miniaturowa wiertarka idealnie sprawdzi się podczas tworzenia obwodów drukowanych, w modelarstwie i podobnym hobby. Z wykorzystaniem frezów diamentowych doskonale sprawdzi się podczas wykonywania manicure lub pedicure.

KITy AVT
Znajdź nas na



eprasa.pl bc983a300b

Jesteś zainteresowany zamieszczeniem ogłoszenia w rubryce Market? Skontaktuj się:

**reklama@elportal.pl**
**tel. 22 257 84 64**

EXOR modushop.pl

**OBUDOWY DO URZĄDZEŃ AUDIO**

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

- aluminiowy panel - szeroki wybór wielkości - personalizacja -

Galaxy GX 388 159,- Galaxy GX 148 99,- Economica 39,-

**www.modushop.pl**

**Miernik LCR-T4 - tester tranzystorów, rezystorów, cewek, kondensatorów, diod i innych elementów**

Tester elementów elektronicznych z dużym, czytelnym wyświetlaczem z powodzeniem przetestuje diody, rezystory, tranzystory, cewki itd. Dzięki niemu sprawdzisz większość elementów stosowanych w elektronice.

**Absolutny niezbędnik w warsztacie majsterkowicza!**

Do miernika polecamy dedykowaną przezroczystą obudowę do samodzielnego złożenia. Przed montażem należy zdjąć papier ochronny!

**ARD-6837** (miernik) **38zł**
**ARD-7919** (obudowa) **9zł**

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

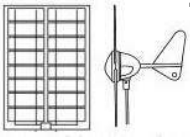
z wbudowanym termostatem pokojowym zapewniającym komfort i oszczędność

**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**



**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**

Pendrive IMRO AXIS

- USB 2.0
- pojemność 128GB

DPEN IMRO AXIS 128GB

64zł

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

Latarka ręczna wielofunkcyjna Rebel Light

- 3 tryby świecenia
- Zoom
- Nóż do przecinania pasów
- Młotek bezpieczeństwa
- Narzędzie wielofunkcyjne (multitool 8 funkcji)
- Strumień świetlny: 120 lm
- Zasilanie: 3 baterie AAA
- Wymiary: 45 x 45 x 150 mm

URZ0919

29zł

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

eprasa.pl bc983a300b

**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 zwarciem
- wymiary: 60 × 73 mm
- zasilanie 230V

**P3313 33zł**

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

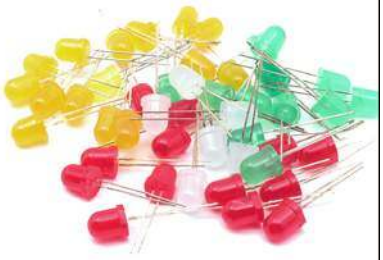
## Tester diod LED

Prosty, przenośny tester diod LED, źródło stałoprądowe wyposażone w złącza pozwalające sprawdzać diody jedno i dwukolorowe.

**Prosta obsługa:**

1. umieść diodę w testerze

2. naciśnij przycisk



**TESTER LED**
**17.10zł**

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

## Mysz gamingowa Havit GAMENOTE MS837 RGB

- Rozdzielczość: 1000-7000 dpi
- 7 przycisków
- Złącze USB

MS837
69zł

## 18 elementowy zestaw wkrętaków POWERMAT PM-WK-18Z

Wkrętaki tradycyjne:
- 4 płaskie (6x38mm, 5x75mm, 6x100mm, 8x150mm)
- 4 krzyżowe (PH2x38mm, PH1x75mm, PH2x100mm, PH3x150mm)

Wkrętaki precyzyjne:
- 3 płaskie (2x50mm, 2.5x50mm, 3x50mm)
- 2 krzyżowe (PH0x50mm, PH00x50mm)
- 5 TORX (T6x50mm, T7x50mm, T8x50mm, T9x50mm, T10x50mm)

Organizer - stojak z możliwością zawieszenia na ścianie
Magnetyczne końcówki

**PM0720**
**39zł**

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

## Gniazdo przeciwprzepięciowe z ochroną sieci komputerowej

- poziom ochrony UP 775V
- maks. absorpcja energii: 918J (L-N, L-PE, PE-N)
- maks. prąd rozładowania 36 000A
- próbny udar napięciowy 6kV
- czas odpowiedzi < 1ns
- filtr EMI/RFI
- pasmo częstotliwości 150kHz - 100MHz
- ochrona sieciowa, złącza RJ 45 (1-in / 1-out)

**42zł**
P53893

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

## Słuchawki bezprzewodowe Bluetooth SN-BT1001

SLU0056
79zł

Nowoczesne słuchawki nauszne z mikrofonem łączą w sobie wyjątkowy design i funkcjonalność. Sprawdzą się zarówno w domu, jak i poza nim, np. podczas spaceru czy podróży. Posiadają obsługę połączeń głosowych. Słuchawki są bardzo funkcjonalne: posiadają Bluetooth, slot na kartę microSD, wbudowane radio FM, wygodny panel sterowania.

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

eprasa.pl bc983a300b

# wybrane książki z oferty AVT

KS-151002

**Arduino. 36 projektów dla pasjonatów elektroniki**

Arduino to płytka, która zmieniła świat elektroniki. Dzięki niej ten magiczny świat stanął otworem przed wszystkimi chętnymi. Jeżeli marzysz o zbudowaniu własnego układu elektronicznego, realizującego ciekawe zadania, trafiłeś 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, stron 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!

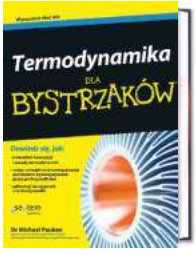
Charles Platt, stron 392, cena 69 zł

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 niepohamowanej ciekawości pada jakiś gadżet. Warto pokazać najmłodszym, 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, stron 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 elektrownie.
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 , stron 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, stron 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 wyjścia i wejścia, 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!

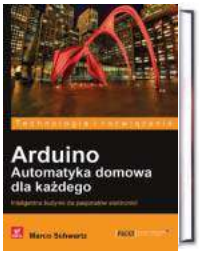
Michał Wiszniewski, stron 104, cena 25 zł

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 bezzałogowych statków powietrznych i zachowywania się zgodnie z etykietą przyjętą przez społeczność użytkowników dronów, a także wielu innych spraw

Mark LaFay, stron 256, cena 40 zł

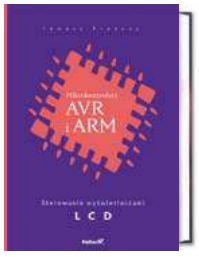



KS-150802

**Arduino. Automatyka domowa dla każdego**

Z tej książki nauczysz się między innymi: łączyć czujniki z płytką Arduino; budować energooszczędne czujniki ruchu z użyciem technologii XBee; sprzęgać przekaźniki 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 automatyki 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, stron 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 chciało się go używać i aby było to czystą przyjemnością!.

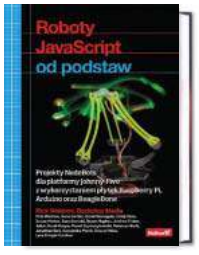
Tomasz Francuz, stron 496, cena 89 zł

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!

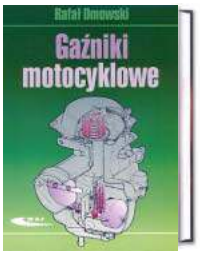
Cathleen Shamieh, stron 368, cena 49 zł




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, stron 256, cena 59 zł




KS-170904

**Gaźniki motocyklowe**

W książce opisano budowę, obsługę i użytkowanie gaźnikowych układów zasilania we współczesnych i klasycznych motocyklach. Podano informacje o gaźnikach 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, stron 104, cena 45 zł

Niniejsze ogłoszenie jest informacją handlową i nie stanowi oferty w myśl art. 66, § 1 Kodeksu Cywilnego. Ceny mogą ulec zmianie.

eprasa.pl bc983a300b

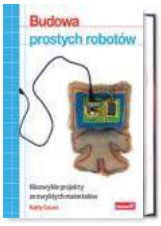
# księgarnia wysyłkowa – sklep.avt.pl

RABAT 10% dla prenumeratorów czasopism AVT

**kod KS-150302**
**Drony Wprowadzenie**,
Ty Audronis!
stron 122, cena 33 zł

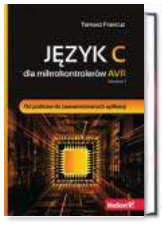
**kod KS-150500**
**Projekty elektroniczne dla bystrzaków**
Earl Boysen, Nancy C. Muir
stron 376, cena 50 zł

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



**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



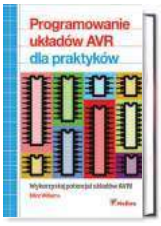
**kod KS-150100**
Język C dla mikrokontrolerów AVR,
Tomasz Francuz
stron 712, cena 99 zł

**kod KS-170200**
**English 4 IT. Praktyczny kurs języka angielskiego dla specjalistów IT i nie tylko**,
stron 288, cena 39 zł

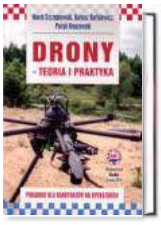
**kod KS-161101**
Proste projekty dla młodych majsterkowiczów,
Autorzy: Redaktorzy magazynu Make
stron 150, cena 30 zł

**kod KS-140600**
**Gadżety szpiegowskie. Szalony Geniusz**,
Brad Graham,
Kathy McGowan
stron 384, cena 59 zł

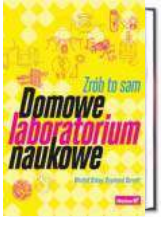
**kod KS-150800**
Fascynujący świat robotów
John Baichtal
stron 384, cena 67 zł



**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 odpowiedziach,
Władysław Orlik
stron 456, cena 78 zł

**kod KS-140888**
Świat druku 3D. Przewodnik,
Anna Kaziunas France
stron 224, cena 49 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, przetłumaczono 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.

## 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! Obroń 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 vszkoleniowego 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 Rapsberry 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 |

Książki można zamówić w sklepie internetowym AVT
lub wypełnić zamówienie (formularz na stronie 81) i wysłać na adres:
**AVT – Księgarnia Wysyłkowa, ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa**
tel. (+48) 22 257 84 50 do 53, faks (+48) 22 257 84 55
e-mail: handlowy@avt.pl

Niniejsze ogłoszenie jest informacją handlową i nie stanowi oferty w myśl art. 66, § 1 Kodeksu Cywilnego. Ceny mogą ulec zmianie.

eprasa.pl bc983a300b

AVT sklep

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 premiujemy 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 7/2020

Miejsce na **kupon rabatowy** EdW 8/2020

Miejsce na **kupon rabatowy** EdW 9/2020

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

## ZAMÓWIENIE na artykuły z oferty AVT

### Kity

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

| Numer kitu AVT | A | A+ | B | C | UK |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

### Inne artykuły z oferty AVT

| Kod – Nazwa | Ilość |
|---|---|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Nadawca: ..... *imię i nazwisko* ..... *mój numer prenumeraty*

Adres: .....

☐ wysyłka pobraniowa kurierem: 19zł

..... *nr telefonu* ..... *e-mail* ..... *data* ..... *podpis*

eprasa.pl bc983a300b

# DARMOWY E-BOOK

**W tym e-booku znajdziesz porady dotyczące budowania i wzmacniania swojej odporności!**

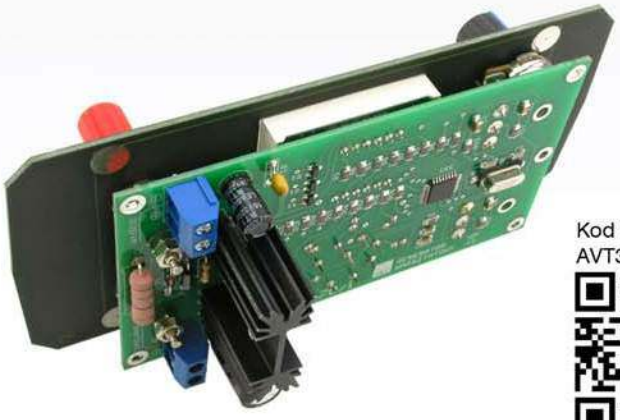
## POBIERZ ZA DARMO NA ULUBIONYKIOSK.PL

eprasa.pl bc983a300b

# AVT 3170 Generator warsztatowy

Niezbędny przyrząd dla elektroników konstruktorów i hobbystów, którzy szukają niedrogiego i użytecznego wyposażenia dla swojej pracowni - generator generuje przebieg TTL o zadanej częstotliwości i wypełnieniu.

- sygnał wyjściowy generatora: prostokątny, TTL o obciążalności ok. 300 mA
- zakres generowanych częstotliwości: 0…49,9 kHz
- odczyt częstotliwości na wyświetlaczu LED
- zmiana wypełnienia w zakresie 1…99%
- zasilanie 12VDC



Kod handlowy:
AVT3170

sklep.avt.pl

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

eprasa.pl bc983a300b