

ELEKTRONIKA

dla wszystkich

5/2011 MAJ • CENA 12zł (w tym 5% VAT) • NAKŁAD: 14 990 egz.

www.elportal.pl



Lampowy wzmacniacz słuchawkowy

Nowy kurs – Programowanie ARM STM32

Ośła łączka – Filtry pasmowe

- ▶ Nagłośnienie łazienkowe
- ▶ Tęczyowy tancerz
- ▶ Transmitter dźwięku
- ▶ Włącznik dotykowy
- ▶ Kvarcowy generator audio 1kHz
- ▶ Szumy generatorów kwarcowych
- ▶ Kuchnia Konstruktora
 - Stabilizatory LDO
- ▶ Warsztatowe patenty
 - Magazyny i montaż SMD
- ▶ Elektronika dla informatyków
 - Rodzaje kondensatorów
- ▶ MEU – Kinetyczne przetworniki energii
- ▶ Szkoła Konstruktorów
 - Pomoc naukowa lub dydaktyczna
- ▶ Szkoła Konstruktorów
 - Układ do akwarium lub terrarium



OBUDOWY
DLA
ELEKTRONIKI

www.maszczyk.pl



MASZCZYK
05-071 Sulejówek-Miłosna
ul. Mickiewicza 10
tel.: (0 22) 783 45 20
fax: (0 22) 783 90 85
maszczyk@maszczyk.pl

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

ARTRONIC	1
ATNEL	72
BETATRONIC	73
BTC KORPORACJA.....	40
CONRAD ELECTRONIC ..	84
CYFRONIKA	29
DEXON.....	33
ELFA ELEKTRONIKA	1
ELMAX	71
ELPIN	72
E-SYSTEM.....	45
FARNELL.....	1, 3
FERYSER	41
GTB-SOLARIS.....	73
IZOTECH.....	72
KRADEX	51
LARO	35
LC ELEKTRONIK.....	40
LIS POL	63
MASZCZYK	1
MERSERWIS	53
MONACOR.....	71
MS ELEKTRONIK	67
NDN.....	83
NEKMA	43
PIEKARZ.....	39, 55
PW KEY.....	71
RCS ELEKTRONIK	55
SEMICON	49
SIGMA	37
TME.....	1
TOMSAD	1, 71, 72



str. 13

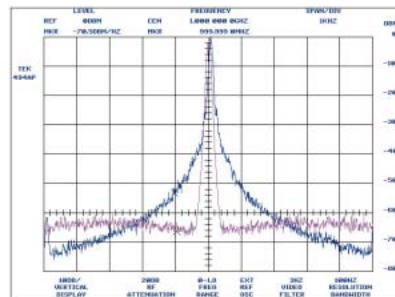
Śluchawkowy wzmacniacz lampowy

Prosty, klasyczny dwustopniowy wzmacniacz lampowy z niecodziennym źródłem napięcia anodowego. Znakomity układ dla początkujących w technice lampowej.

str. 19

Szumy generatorów kwarcowych

Interesujący i przystępny artykuł, wyjaśniający intrygujący problem szumów amplitudowych i fazowych w generatorach kwarcowych.



str. 27

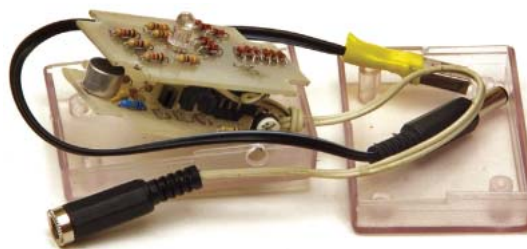
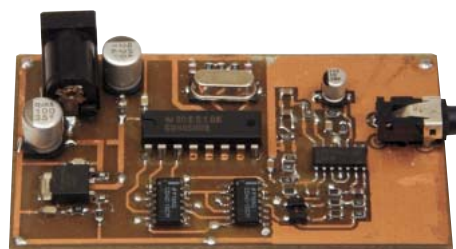
Kurs STM32

Pierwszy odcinek nowego kursu programowania nowoczesnych 32-bitowych mikrokontrolerów ARM. Proste przykłady, bazujące na języku C oraz bibliotekach producenta, umożliwią łatwe i szybkie zrealizowanie własnych pomysłów.

str. 52

Kwarcowy generator audio 1kHz

Zupełnie nietypowy, eksperymentalny generator „sinusa”, charakteryzujący się wysoką stabilnością częstotliwości, zrealizowany na popularnych układach scalonych.



str. 56

Tęczowy tancerz

Efektowny układ, składający się z mikrofonu elektretowego, wzmacniacza na tranzystorach oraz filtra dolnoprzepustowego RC i bloku zmiany barw. Generuje wszystkie możliwe kombinacje trzech barw w diodzie RGB.

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

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

Miesięcznik



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

Redaktor Naczelny:

Piotr Górecki, redakcja@elportal.pl

Redaktorzy Działów:

Zbigniew Orłowski
zbigniew.orlowski@elportal.pl
Andrzej Janeczek
sp5aht@swiatradio.com.pl
Radosław Koppel
radoslaw.koppel@elportal.pl

Opracowanie graficzne,

skład i okładka:
Ewa Górecka - Dudzik
Piotr Górecki jr

Zdjęcia i obróbka, skanowanie:

Piotr Górecki jr

Sekretarz Redakcji

Ewa Górecka-Dudzik
ewa.dudzik@elportal.pl
tel.: (22) 786 26 58
(w godzinach 10:00 – 15:00)

Dział Reklamy:

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

Listy i paczki prosimy adresować
(projekty i Szkoła Konstruktorów):

AVT-EdW

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

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

Uwagi do rubryki Errare:
errare@elportal.pl

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

Prenumerata:

tel.: (22) 257 84 22
fax: (22) 257 84 00
prenumerata@avt.com.pl

Stali współpracownicy:

Arkadiusz Bartold
Aleksander Bernaczek
Jakub Borzdyński
Arkadiusz Hudzikowski
Szymon Janek, Rafał Orodziński
Wiesław Pylewski
Michał Stach
Piotr Świerczek
Wojciech Turemka
Piotr Wójtowicz

Druk:

Elanders Polska Sp. z o.o.
ul. Mazowiecka 2, 09-100 Płońsk

Maj

5 (185)

Projekty

Projekty AVT

Lampowy wzmacniacz słuchawkowy	13
Sterownik diod Power LED RGB	15

Elektronika 2000

Kwarcowy generator audio 1kHz	52
-------------------------------------	----

Forum Czytelników

Nagłośnienie łazienkowe	54
Tęczowy tancerz	56
Transmitter dźwięku	57
Włącznik dotykowy	58

Szkoła Konstruktorów

Zadanie główne 183

Zaproponuj układ elektroniczny, mogący służyć jako pomoc naukowa/dydaktyczna w szkole lub na uczelni. 40

Rozwiązanie zadania głównego 178

Zaproponuj układ elektroniczny, przydatny w akwarium lub terrarium..... 41

Druga klasa Szkoły Konstruktorów Co tu nie gra? 183, 178.....47

Trzecia klasa Szkoły Konstruktorów Policz 183, 178.....50

Artykuły różne

Szumy generatorów kwarcowych	19
Elektronika dla informatyków	22
Rodzaje kondensatorów – Wykład 1	22
Kuchnia konstruktora, czyli taki zwyczajny zasilacz...	24
Stabilizatory LDO, część 1	27
Kurs STM32, część 1	32
Pod lupą. Wzmacniacze, część 27	36
Szkolne podstawy elektroniki. Materiały magnetyczne	38
Elektronika dla początkujących – wyprawy na Oślę łączkę	61
Warsztatowe patenty. Magazyny i montaż SMD.....	62
Koleżeńskie porady. Lampy CCFL i EEFL, część 2.....	64
MEU – Energy harvesters, czyli wieczne baterie, część 4.....	64

Rubryki stałe

Nowości, ciekawostki	6
Pocztą	8
Skrzynka porad	10
Prenumerata	9, 76
Księgarnia AVT.....	66
Miniankieta	70
Ogłoszenia i reklamy	71
Sklepy dla elektroników	74
Oferta handlowa AVT	77

Konkursy

Jak to działa?.....	12
Krzyżówka	60
Co to jest?	70



Maj

W majowym numerze na okładce znajdziecie lampowy wzmacniacz słuchawkowy. Niepozorna obudowa, zastosowane rozwiązania układowe i wykorzystanie popularnych elementów nie kwalifikują go wprawdzie do urządzeń audiofilskich. Jednak warto zwrócić uwagę na ten projekt między innymi ze względu na nietypowy sposób wytwarzania napięcia anodowego. Mam nadzieję, że ten prosty wzmacniacz okaże się zachętą dla wielu Czytelników, żeby podjęli próby budowy własnych układów lampowych. A właśnie budowa nawet najprostszego wzmacniacza słuchawkowego jest znakomitym punktem startowym do rozpoczęcia przygody z lampami elektronicznymi. Zapraszam więc do lektury i do pracy!

W tym numerze rozpoczynamy zapowiadany od dawna kurs programowania 32-bitowych procesorów ARM, a konkretnie STM32. Mam nadzieję, że ośmieli on wielu niezdecydowanych, którym się wydaje, że jest to dla nich zbyt trudne. Jednocześnie mam prośbę – przysyłajcie do nas (redakcja@elportal.pl) wszelkie uwagi dotyczące kursu, by w razie potrzeby na bieżąco skorygować i dostosować go do Waszych potrzeb.

Bardzo się cieszę, że nadeszły i są publikowane w tym numerze, pierwsze Wasze materiały do *Skrzynki porad* oraz do nowych rubryk: *Koleżeńskie porady* i *Warsztatowe patenty*. Mile widziane są wszelkie pożyteczne dla innych, także nietypowe materiały, byle były związane z wzajemną wymianą wiedzy, doświadczeń, a nawet przemyśleń i refleksji. **Podzielcie się swoim doświadczeniem!** Szczegóły na stronie 61, a w razie wątpliwości śmiało piszcie na adres pg@elportal.pl

Także i w tym numerze znajdziecie szereg interesujących projektów o różnym stopniu trudności oraz mnóstwo materiałów edukacyjnych dla mniej i bardziej zaawansowanych. Jestem przekonany, że będzie to nie tylko uzupełnienie Waszej wiedzy, ale też spożytkujecie te materiały podczas działań praktycznych.

W tym miesiącu szczególnie gorąco zachęcam do udziału w bieżących zadaniach Szkoły Konstruktorów, w szczególności w zadaniu głównym, dotyczącym układu naukowo-dydaktycznego!

serdecznie pozdrawiam

Piotr Górecki

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.

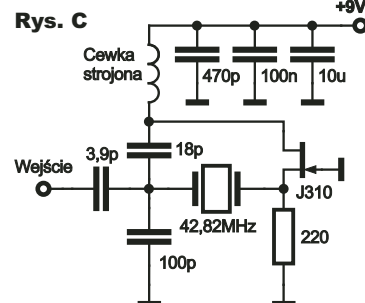
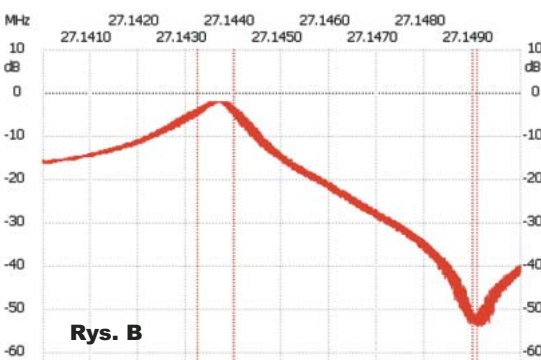
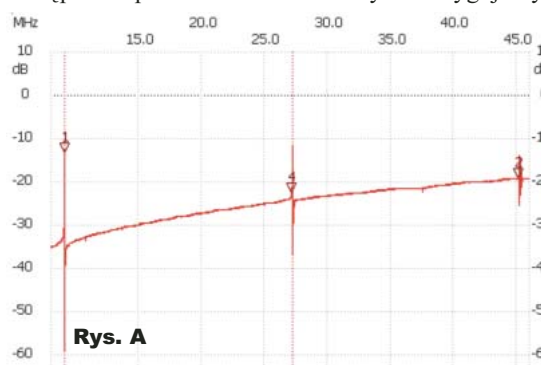


Dlaczego jak kupię rezonator kwarcowy na częstotliwość 27MHz, po włączeniu do układu generatora pracuje on na częstotliwości około 3-krotnie mniejszej?

Typowe rezonatory kwarcowe o częstotliwości pracy powyżej 20–30MHz produkują się zwykle jako tzw. rezonatory overtone. Częstotliwości drgań overttonowych są zbliżone do nieparzystej wielokrotności częstotliwości podstawowej rezonatora, ale nie są jej równe. Każdy rezonator w pobliżu swojej częstotliwości znamionowej ma dwa rezonanse: szeregowy i równoległy. Charakterystykę amplitudowo-częstotliwościową rezonatora kwarcowego o częstotliwości znamionowej 27,145MHz włączonego między generator przestrajany z jednej strony, a sondę detekcyjną z drugiej strony pokazano na **rysunku A**. W takim włączeniu rezonator kwarcowy będzie miał najmniejsze tłumienie dla swojego rezonansu szeregowego, a największe dla rezonansu równoległego. Na rysunku A widać wyraźne maksima i minima dla częstotliwości około 9MHz, 27MHz i 45MHz. Pierwsza z wymienionych częstotliwości odpowiada częstotliwości podstawowej rezonatora kwarcowego, a dwie następne odpowiednio 3. i 5. overttonowi. Charakterystykę amplitudowo-częstotliwościową badanego wcześniej rezonatora 27,145MHz, w mniejszym zakresie częstotliwości w pobliżu częstotliwości trzeciego overttonu, pokazano na **rysunku B**. Na rysunku tym widać wyraźnie, że rezonator ma rezonans szeregowy w pobliżu częstotliwości 27,1436MHz, a więc bardzo blisko 27,145MHz. W przypadku rezonatorów overttonowych podaje się ich częstotliwość rezonansu szeregowego. W typowych układach kwarc pracują na overttonach najczęściej rzędu trzeciego, piątego, rzadziej siódmego czy dziewiątego, a wyjątkowo nawet do 13. rzędu. Trudność wzbudzenia kwarcu na overttonie rośnie z wzrostem rzędu overttonu. Natomiast bez „wymuszającego” obwodu rezonansowego, rezonator overttonowy, włączony w układ typowego generatora niskoczęstotliwościowego (poniżej 20 MHz), będzie prawie zawsze pracował na swojej częstotliwości podstawowej. Znacznie rzadsza jest sytuacja, gdy

generator w „typowym” układzie z kwarcem „chętniej” pracuje na overttonie niż na częstotliwości podstawowej. W tym wypadku problem można rozwiązać, np. zwiększając wartości pojemności w dzielniku pojemnościowym dodatniego sprzężenia zwrotnego, zmieniając tranzystor na typ o niższej częstotliwości pracy, czy dodając w odpowiednim miejscu cewkę – w tym wypadku trudno podać jednak uniwersalną receptę, należy dokładnie przeanalizować i wypróbować konkretne rozwiązania. Układy generatorów wykorzystujących drgania overttonowe zawierają obwód rezonansowy zestrojony w pobliżu częstotliwości overttonowej, przykład takiego układu pokazano na **rysunku C**. Uruchomienie tego układu jest bardzo proste, zastępujemy rezonator kwarcowy rezystorem o wartości odpowiadającej szeregowej rezystancji kwarcu. Praktycznie dla 3. overttonu można użyć rezystora o wartości 33Ω, a dla 5. overttonu – 56Ω, regulujemy częstotliwość drgań generatora za pomocą rdzenia cewki, by uzyskać oscylacje w pobliżu częstotliwości overttonowej, następnie usuwamy rezystor zastępujący kwarc, a w jego miejsce wlotujemy rezonator kwarcowy i korygujemy ustawienie rdzenia cewki o zmiennej indukcji.

Generator ten zerwie drgania, gdy rdzeń cewki wkręcimy zbyt głęboko albo gdy za bardzo go wykręcimy. Najlepsze położenie rdzenia znajduje się pomiędzy tymi dwoma skrajnymi położeniami rdzenia, dla których generator zrywa drgania. Rezonator pracuje w tym układzie jako filtr „przepuszczający” częstotliwości z zakresu rezonansu szeregowego. Oczywiście generator musi być wykonany zgodnie ze wszystkimi zasadami techniki w.cz. (krótkie doprowadzenie, kondensatory NP0



w kluczowych miejscach układu). Częstotliwości overtone'u nieznanego kwarcu najprościej wyznaczyć za pomocą wobuloskopu. Ten sam rezonator kwarcowy wzbudzony na overtone ma większą dobroć niż na częstotliwości podstawowej. Oscylatory wykorzystujące rezonans overtone'owy są bardziej stabilne w stosunku do oscylatorów wykorzystujących ten sam kwarc, ale pracujących na częstotliwości podstawowej. Wysokostabilne wzorcowe generatory częstotliwości bardzo często wykorzystują właśnie kwarc wzbudzany na drganiach overtone'owych. Zastosowanie kwarcu wzbudzonego na overtone częściej usuwa konieczność stosowania powielacza częstotliwości. Do wad generatora overtone'owego należy zaliczyć mniejszy zakres przesłania generatora wzbudzonego na overtone niż na częstotliwości podstawowej, konieczność zastosowania dodatkowego obwodu rezonansowego ustalającego rząd overtone'u, a także trudności we wzbudzaniu wyższych overtone'ów. Zdecydowana większość kwarców może pracować zarówno na częstotliwości podstawowej, jak i overtone'owej. Pozwala to zbudować generator na żadaną częstotliwość nawet w sytuacjach, w których wydawałoby się na pierwszy rzut oka, że nie mamy kwarcu na żadaną częstotliwość.

W widmie wyjściowym generatora wzbudzanego na overtone nie ma sygnałów o częstotliwości podstawowej kwarcu! Dla wielu amatorów prościej jest kupić scalony generator kwarcowy, niż wykonać go samodzielnie, szczególnie w przypadku częstotliwości generatora większej od 20MHz. Przyczyną, dla której rezonatory kwarcowe wykonuje się jako overtone'owe, jest konieczność zastosowania coraz mniejszej grubości płytki kwarcowej ze wzrostem częstotliwości kwarcu i konieczność zapewnienia jej odporności na uszkodzenia mechaniczne. W ostatnim czasie pojawiły się rezonatory z drganiami podstawowymi nawet 200MHz w technologii odwrócone mesa (inverted-mesa). W rezonatorach tych użyto „sztuczki” polegającej na uzyskaniu w płytce piezoelektryka wgłębienia znacznie cieńszego niż reszta płytki, i właśnie w tym cieńszym miejscu płytki wzbudzone są drgania. Takie rozwiązanie zapewnia odpowiednią wytrzymałość mechaniczną rezonatora i wysoką częstotliwość pracy do ponad

200MHz z użyciem drgań podstawowych, a ponad 600MHz z użyciem drgań overtone'owych. Rezonatory w technologii odwrócone mesa nie weszły jeszcze do powszechnego użytku w środowisku amatorów.

Wyjaśnił Rafał Orodziński, sq4avs@gmail.com



Czy dławiki osiowe, SMD lub cewki SMD mogą być stosowane w układach w.cz.?

Wymienione elementy mogą być stosowane w układach w.cz. Rozróżnienie między cewkami a dławikami jest umowne i w dalszej części tekstu będzie używane dla tych elementów słowo dławik. Stosując dławik, należy pamiętać, że musi on pracować poniżej częstotliwości rezonansu własnego (SRF – self resonance frequency), najlepiej na częstotliwości co najmniej kilkakrotnie niższej niż częstotliwość rezonansu własnego. W przypadku wykorzystywania dławików w filtrach na zakres do 50MHz, zalecane jest, by elementy te nie pracowały na częstotliwościach wyższych, aniżeli częstotliwości, przy których mierzona była ich dobroć. Dławiki powinny być ustawione na płytce drukowanej względem siebie tak, by „widziały się” jak najmniejszą powierzchnią (osie ustawione prostopadle) lub były odpowiednio oddalone. Dławiki mają otwarty strumień magnetyczny i łatwo się sprzęgają zbliżeniowo, co może powodować np. wzbudzenie układu czy dawać charakterystykę filtra, zupełnie niezgodną z symulacjami. W porównaniu do dobrze wykonanych klasycznych cewek na rdzeniach pierścieniowych, dławiki mają większe straty, co w wielu wypadkach wcale nie jest aż tak dużą wadą, jak mogłoby się wydawać. Możliwe jest osiągnięcie w filtrze pasmowoprzepustowym na trzech dławikach tłumienia w paśmie przepustowym na poziomie 2,5...3dB, co jest wartością jak najbardziej akceptowalną. Dławiki bardzo dobrze sprawdzają się w układach odsprzęgających zasilanie. Typowe dławiki nie nadają się zupełnie do pracy przy mocach większych niż 100–200mW. Nie należy ich także używać jako elementów w obwodach generatorów, gdzie wymagana jest duża dobroć i stabilność cewki.

Wyjaśnił Rafał Orodziński, sq4avs@gmail.com

R E K L A M A



Prenumerujesz więcej niż jedno z poniższych pism?



To znaczy, że jesteś już Członkiem Klubu AVT uprawnionym do comiesięcznego zamawiania bezpłatnych egzemplarzy naszych czasopism, wydanych przed 2 miesiącami. Jeśli prenumerujesz *n* czasopism, możesz zamówić *n-1* darmowych egzemplarzy (np. Prenumerator 2 tytułów może otrzymać za darmo 1 egzemplarz, zaś Prenumerator 6 tytułów ma prawo do 5 darmowych egzemplarzy). Prezentacje aktualnie oferowanych numerów wszystkich czasopism znajdziesz na stronach **AVT.pl/klub**. Tam również możesz złożyć bezpłatne zamówienie.

Jeszcze nie prenumerujesz?

Zaprenumeruj! Zajrzyj na stronę 76 lub skontaktuj się z Działem Prenumeraty:
Telefon 22 257 84 22, e-mail: prenumerata@avt.pl

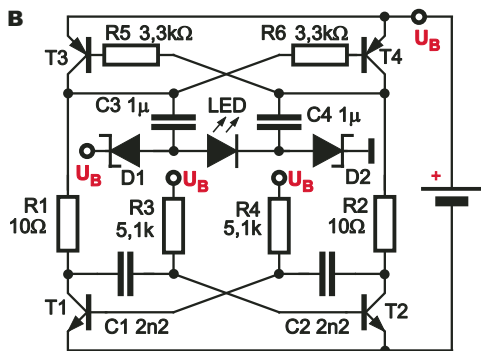
Jak to działa?

Na rysunku przedstawiony jest układ ze wzmacniaczem operacyjnym. Jak zwykle zadanie konkursowe polega na rozszyfrowaniu **Jak działa i do czego służy taki układ?**

Odpowiedzi, koniecznie oznaczone dopiskiem **Jak5**, należy nadsyłać w terminie 45 dni od ukazania się tego numeru EdW. Nagrodami w konkursie będą kity AVT lub książki.

Rozwiązanie zadania z EdW 1/2010

W numerze 1/2011 przedstawiony był, pokazany na **rysunku B**, układ z czterema tranzystorami.



Według znalezionej w Internecie opisu, ma to być przetwornica pojemnościowa, która pozwala zasilić diodę LED z jednej baterii 1,5V, której zaletą jest prostota i znaczna wydajność prądowa. Zadanie było utrudnione, ponieważ schemat z rysunku B zawiera jeden błąd – najprawdopodobniej błąd rysunkowy osoby, która rysowała schemat. Tym większe gratulacje należą się tym uczestnikom, którzy prawidłowo przeanalizowali schemat i wykryli wspomniany błąd.

Analizę należało zacząć od multiwibratora astabilnego. Włączone klasycznie elementy C1, C2, R3, R4 wyznaczają częstotliwość jego pracy, rzędu kilkudziesięciu kiloherców. Wbrew pozorom, obciążeniem kolektorów głównych tranzystorów T1, T2 nie są 10-omowe rezystory R1, R2. Nieliczni uczestnicy przypuszczali, iż tak mała rezystancja R1 i R2 to jakiś błąd, że przy wartości rezystorów R3, R4 w obwodach baz, wynoszącej ponad 5kΩ, tranzystory T1, T2 musiałyby mieć wzmocnienie prądowe ponad 500. Jeden Kolega przypuszczał, że muszą to być darlingtony. Wnioski te są nietrafne, ponieważ prąd kolektorów T1, T2 płynie też przez R5, R6 i to właśnie te rezystory są główną rezystancją obciążenia „dolnych” tranzystorów. Nie wchodząc we wszystkie szczegóły, można przyjąć, iż tranzystory T1, T2 przewodzą na przemian.

Przykładowo jeśli akurat zatkany jest T2, a przewodzi tranzystor T1, to prąd jego kolektora płynie przez R1, R6 i obwód bazy tranzystora T4. A jeśli tak, to T4 zostaje nasycony, ale prąd przezeń nie płynie, bo T2 jest zatkany. W każdym razie nasycony tranzystor T4 zwraca do plusa zasilania rezystor R5 oraz bazę T3. Tranzystor T3 jest więc zatkany. Rezystory ograniczają natomias prąd w momentach, gdyby otwarte były oba tranzystory T1, T2.

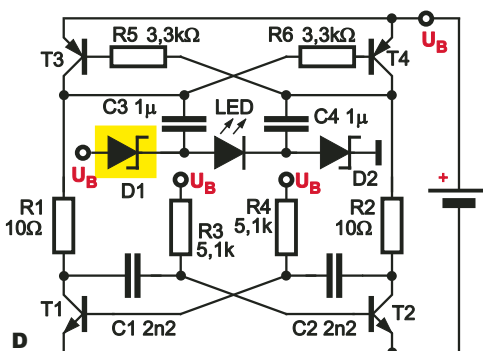
W jednej fazie cyklu przewodzą (są nasycone) tranzystory T1, T4, a w drugiej fazie cyklu – tranzystory T2 i T3. Można przyjąć, że mamy do czynienia z samooscylicującym mostkiem lub zestawem podwójnego przełącznika. Ilustruje to **rysunek C**. Już to mogło nasunąć myśl, iż w grę wchodzi przetwornica pojemnościowa, jednak na schemacie występuje błąd.

Kto zaczął analizę od diody D2, miał ułatwione zadanie. W jednej fazie cyklu przewodzący tranzystor T4 szybko naładuje kondensator C4 przez diodę D2. W drugiej fazie cyklu tranzystor T2 zwraca „górną” okładkę tak naładowanego kondensatora C4 do masy. A to oznacza, że na „dolnej” okładce kondensatora C4 i na katodzie diody LED występuje wtedy napięcie ujemne względem masy. Działanie typowe dla przetwornicy pojemnościowej.

I tu był krytyczny punkt rozważań. Dołączenie diody D1 do napięcia UB, czyli do plusa zasilania, mogłoby sugerować, iż analogiczna sytuacja wystąpi w przypadku kondensatora C3. Jednak w przypadku takiego kierunku włączenia D1, jak na rysunku B, naładowanie C3 nie jest możliwe. Jeśli ktoś próbował pójść dalej z analizą, napotkał trudność. Kierunek włączenia diod D1 oraz LED jest taki, że prąd może płynąć przez C3 tylko w jednym kierunku. Jeśli nawet kondensator C3 by się naładował, na przykład prądem płynącym przez diodę LED, nie miałby się jak rozładować. I tu była główna trudność tego zadania.

Jednak ci Koledzy, którzy prawidłowo przeanalizowali działanie obwodu C4, D2, słusznie zauważyli, iż obwód C3, D1 będzie pracował analogicznie, jeśli dioda D1 będzie włączona w odwrotnym kierunku, jak na **rysunku D**.

Niepokój może tu budzić szeregowe połączenie diod. Problemu nie będzie, gdy napięcie baterii będzie niższe niż suma napięć przewodzenia tych trzech diod. Nie ma żadnego problemu, a ponadto działanie układu nabiera sensu dopiero wtedy, gdy napięcie UB, czyli napięcie baterii, jest mniejsze od napięcia



przewodzenia diody LED. I wtedy nie ma wątpliwości, że chodzi o prostą przetwornicę pojemnościową, która pozwala zasilać diodę LED z pojedynczej baterii.

Gdy przewodzi tranzystor T1, prąd płynie od plusa zasilania przez diodę D1 i ładuje kondensator C3. W innej fazie, gdy przewodzi T3, naładowany kondensator C3 zostaje „podrzucony do góry”. W rezultacie napięcie na anodzie diody LED staje się bardziej dodatnie od napięcia UB.

Należy tu rozproszyć obawy, iż kondensatory C3, C4 ładowane są na przemian i dlatego przez diodę LED nie może płynąć prąd. Otóż trzeba zwrócić uwagę, iż w jednej fazie cyklu przewodzą tranzystory T1 i T4, a wtedy nała-

adowane zostaną oba kondensatory C3, C4. Przyjmując, że napięcie przewodzenia diod Schottky’ego wynosi 0,3V, na diodzie LED wystąpi napięcie UB-0,6V i dioda LED nie zaświeci. Natomiast w drugiej fazie cyklu przewodzą T2 i T3, więc naładowany kondensator C3 zostaje „podrzucony w górę”, a C4 zostaje ściągnięty poniżej masy. W idealnym przypadku,

gdyby kondensatory C3, C4 były wcześniej naładowane do pełnego napięcia zasilania, to na diodzie LED wystąpiłoby napięcie dokładnie trzy razy większe niż napięcie baterii UB. Przed diodę tę mógłby popłynąć bardzo silny impuls prądowy.

W rzeczywistości napięcie na diodzie będzie niższe niż 3xUB z uwagi na napięcia przewodzenia D1, D2 oraz napięcia nasycenia tranzystorów. Także impuls prądowy diody LED zostanie ograniczony do bezpiecznej wartości przez rezystancję R2, która znajdzie się na drodze przepływu prądu.

Taka wersja bez wątpienia jest powielaczem napięcia, przetwornicą pojemnościową. Nawet bez szczegółowych wyliczeń można oczekiwać, iż z pojedynczego ogniwa 1,5V można w ten sposób zaświecić nawet niebieską czy białą diodę o napięciu przewodzenia około 3V.

Upominki za rozwiązanie zadania Jak1 otrzymują:

Zbigniew Kupiec – Gdańsk,

Łukasz Chojnowski – Olszewo-Borki i dla zachęty

Piotr Kolek – Kołobrzeg.

Wszyscy uczestnicy zostają dopisani do listy kandydatów na bezpłatne prenumeraty.



Lampowy wzmacniacz słuchawkowy


kit
2978
AVT

Układy lampowe niemal bezpowrotnie odeszły do lamusa. Jedynie nieliczni pamiętają czasy ich świetności, głównie za sprawą schematów w czasopiśmie lub psujących się Rubinów. W Polsce ich kres datuje się na koniec lat siedemdziesiątych – od tego czasu królują elementy półprzewodnikowe. Lecz u przedstawicieli młodszego pokolenia zauważyć można rosnące zainteresowanie tematyką lamp elektronowych. Może to za sprawą tajemniczego blasku rozżarzonej katody, a może chęć – choćby chwilowego – odwrotu od terabajtów, gigaherców i megabitów... Niniejszy układ jest na tyle prosty i tani w budowie, że każdy początkujący elektronik może sobie poradzić z jego budową i uruchomieniem. Konstruktor nie ma tu styczności z napięciem sieciowym, całość zasilana jest stabilizowanym napięciem stałym o wartości z przedziału 9–12V, co czyni ten układ bezpiecznym.

Opis układu

Na **rysunku 1** przedstawiony jest schemat ideowy. Układ można podzielić na dwie zasadnicze części: półprzewodnikowy zasilacz, dostarczający napięcia żarzenia i napięcia anodowego, oraz lampowy wzmacniacz. Odpowiedniego napięcia anodowego dostarcza przetwornica impulsowa oparta na układzie US1 – MC34063A. Niska cena i prosta aplikacja sprawiają, że dobrze nadaje się do tego celu. Przy podanej wartości C3 pracuje on z częstotliwością ok.

80kHz, co jest wartością na tyle wysoką, by zakłócenia nie były słyszalne przez użytkownika.

Rezystor R2 ogranicza prąd pobierany przez tę przetwornicę, natomiast R1 ogranicza prąd tranzystora kluczującego. Dławik L1, dzięki zjawisku samoindukcji, podnosi zmienne napięcie, zaś dioda D1 prostuje je. Dzielnik złożony z R3+R4 pozwala układowi na stabilizację napięcia wyjściowego. C4 i C5 tworzą filtr.

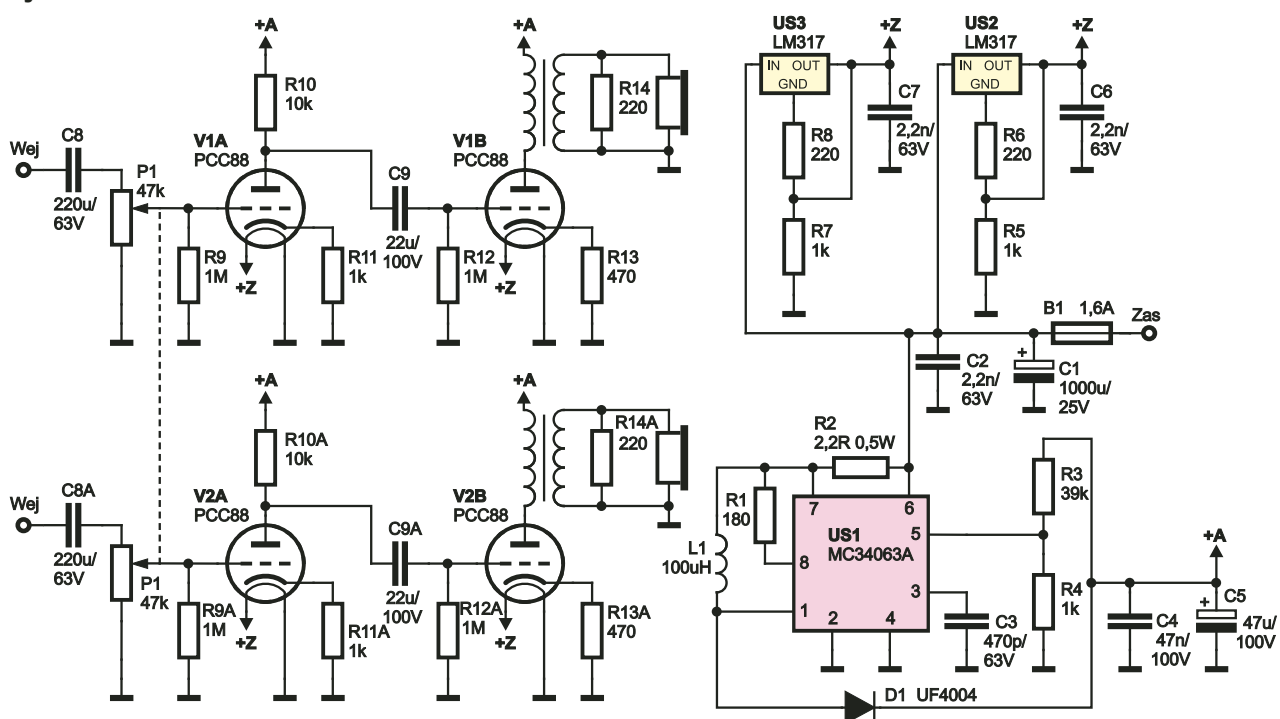
Uwagę Czytelnika może zwrócić zastosowanie dwóch oddzielnych układów LM317 – US2 i US3. Podyktowane było to dużym prądem pobieranym przez lampy w czasie startu. Przy zasilaniu obydwu żarników z jednego stabilizatora niejednokrotnie okazywało się, że zabezpieczenie nadprądowe uniemożliwiało dalszy start urządzenia. Ponadto takie rozwiązanie ułatwia odprowadzanie ciepła oraz umożliwia zastosowanie dwóch różnych lamp (o czym dalej). Stabilizator pracuje w

najbardziej typowej dla siebie aplikacji, gdzie rezystory R5+R6 (oraz R7+R8) ustalają napięcie wyjściowe, zaś kondensatory C6 i C7 uniemożliwiają wzbudzenie się pasożytniczych oscylacji. Kondensatory C1 i C2 tworzą filtr napięcia wejściowego. Bezpiecznik B1 chroni zewnętrzny zasilacz przed uszkodzeniem w razie wystąpienia zwarcia.

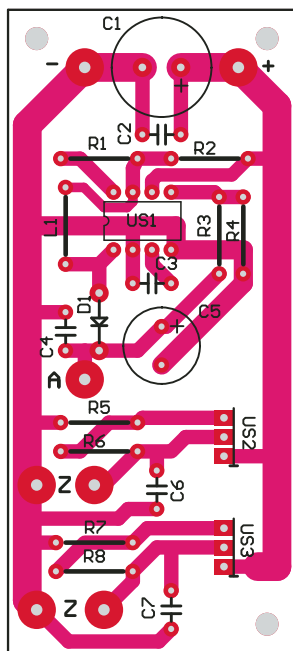
W układzie zastosowane zostały dwie lampy typu PCC88, ze względu na:

- niską cenę,
- łatwą dostępność na giełdach staroci i portalach aukcyjnych,
- typowy cokol, do którego łatwo zdobyć podstawkę,
- poprawną pracę przy niskim, jak na lampy, napięciu anodowym (50V).

Rys. 1



Jedna lampa typu PCC88 zawiera w swej strukturze dwie identyczne triody. Rozżarzona katoda emituje elektrony, które są następnie przyciągane przez anodę, mającą potencjał dodatni względem katody. W przestrzeni między nimi znajduje się siatka, posiadająca słaby potencjał ujemny, która odpycha elektrony podążające w kierunku anody. Im bardziej ujemne jest to napięcie, tym mniej elektronów dociera do miejsca przeznaczenia, co skutkuje mniejszym prądem anodowym. Wynika z tego, że podając zmienne



Rys. 2

napięcie na siatkę, otrzymamy zmienny prąd anodowy. Dzięki temu, że przez lampę, będącą w stanie spoczynku, na którą nie podajemy sygnału, płynie prąd anodowy, który nigdy nie zmniejsza się do zera, mówimy o pracy w klasie A. W ten właśnie sposób pracują lampy w omawianym wzmacniaczu. Ponieważ składa się on z dwóch identycznych kanałów, omówiony zostanie tylko jeden z nich.

Sygnał wejściowy, pochodzący z komputera, odtwarzacza CD, etc., zostaje przepuszczony przez kondensator C8. Ma on na celu odciecie ewentualnej składowej stałej, która mogłaby się pojawić na wyjściu. Rezystor R11 ustala punkt pracy lampy, czyniąc potencjał jej katody lekko dodatnim względem masy. Tymczasem siatka jest na potencjale masy, dzięki suwakowi potencjometru P1 oraz, asekuracyjnie, rezystorowi R9. Dzięki temu siatka ma potencjał ujemny względem

Typ lampy	Napięcie żarzenia	Prąd żarzenia	Wartość R5/R7
PCC88	ok. 7V	300mA	1kΩ
ECC88	6,3V	ok. 430mA	820Ω
E88CC			
6N23P			

Tabela 1

katody. Rezystor R10, zwany rezystorem anodowym, zamienia wspomniane wcześniej wahania prądu anodowego na wahania napięcia na anodzie w myśl prawa Ohma.

Wzmocniony sygnał jest przepuszczany przez C9, którego zadaniem jest niedopuszczenie składowej stałej do siatki triody V1B. Drugi stopień wzmacnia sygnał analogicznie, lecz obciążeniem tej triody nie jest rezystor, lecz transformator wyjściowy. Dopasowuje on wysoką impedancję lamp do niskiej impedancji słuchawek. Rezystor R14 zabezpiecza ów transformator przed zgubnymi skutkami

przypadkowego odłączenia obciążenia w trakcie słuchania muzyki – siła elektromotoryczna samoindukcji jest w stanie przebić izolację uzwojenia pierwotnego, co definitywnie niszczy ten element.

Montaż i uruchomienie

Część zasilająca zmontowana została na płycie drukowanej (rysunek 2), jednostronnie miedzianej, techniką montażu przewlekane. Pod układ US1 warto zastosować podstawkę, ułatwi to jego wymianę w razie awarii. Dławik L1 musi być przystosowany do większych prądów, wyglądem przypomina kondensator elektrolityczny. Małutkie dławiki, wyglądające jak rezystory, nie nadają się do tego zastosowania. Układy US2 i US3 powinny mieć chłodzenie. Pamiętać należy, że ich obudowy połączone są z napięciem wyjściowym, zatem należy unikać zwarcia ich obudów. W

układzie modelowym zostało to rozwiązane przez montaż na osobnych radiatorach, lecz egzamin zda też zastosowanie izolacyjnych podkładek mikowych. Do zasilania wystarcza wtyczkowy zasilacz 12V/1A prądu stałego.

Część wzmacniającą zmontowano bez użycia płytki, jest to tzw. montaż przestrzenny. Pozwala tak porządkować elementy przy podstawie lampy, by uniknąć wzajemnych sprzężeń. Oprócz tego umożliwia bezproblemowe przebudowywanie układu. Stosując tę technikę montażu należy pamiętać o tym, by każda część była przynajmniej jednym wypro-

wadzeniem przymocowana do stabilnego punktu.

W układzie modelowym między środkowymi słupkami podstawek poprowadzony został gruby, miedziany drut pełniący funkcję tzw. szyny masy. Do niej przylutowane zostały te wyprowadzenia elementów, które wymagają połączenia z masą układu. Wszystkie punkty, które muszą mieć połączenie z masą: gniazdo wejściowe, gniazdo zasilające, płytka zasilacza etc. łączyć należy grubym przewodem. Pamiętać trzeba o tym, by w jednym przewodzie masy nie mieszać dużych prądów (np. gniazdo zasilające) z małymi (np. wejście), gdyż powoduje to przenikanie tętnień. Częstym błędem jest nieumyślne tworzenie tzw. pętli masy, czyli dwóch lub więcej równoległych połączeń elektrycznych. Taka pętla jest bardzo podatna na zakłócenia, jej wystąpienie objawia się np. wzbudzeniem układu lub nieprzyjemnymi efektami akustycznymi, które towarzyszą zbliżeniu ręki do układu. Przewody prowadzące sygnał wejściowy od i do potencjometru powinny być ekranowane. Niska temperatura lamp w czasie pracy pozwala na wystawienie ich na zewnątrz.

Kilka słów poświęcić należy transformatorom wyjściowym. W układzie modelowym rdzenie pochodzą z transformatorów radiowęzłowych, typu TGr 6-68, z którego odwinęto oryginalne uzwojenie i zastąpiono nowym. Nada się każdy inny rdzeń, którego kolumna środkowa ma przekrój ok. 3–5cm² i umożliwia wykonanie szczeliny powietrznej w magnesowodzie. Na karkas nawinięto 1000+1000 zwojów drutu emaliowanego o średnicy 0,1mm oraz 40+40 zwojów drutu o średnicy 0,5mm. Podział na cztery sekcje oraz niemała indukcyjność uzwojenia pierwotnego pozwala na przeniesienie pełnego pasma akustycznego. Pamiętajmy, że od staranności wykonania tego elementu zależy jakość brzmienia naszego wzmacniacza. Wspomniana już szczelina zapobiega nasyceniu się rdzenia wskutek przepływającego przez uzwojenia stałego prądu anodowego. Ma ona szerokość ok. 0,1mm. Między poszczególnymi sekcjami należy stosować odpowiednie przekładki izolacyjne, by uniknąć przebicia. Podane liczby zwojów dotyczą słuchawek o impedancji 32Ω, dla innych należy odpowiednio zmodyfikować uzwojenie wtórne.

Ciąg dalszy na stronie 18

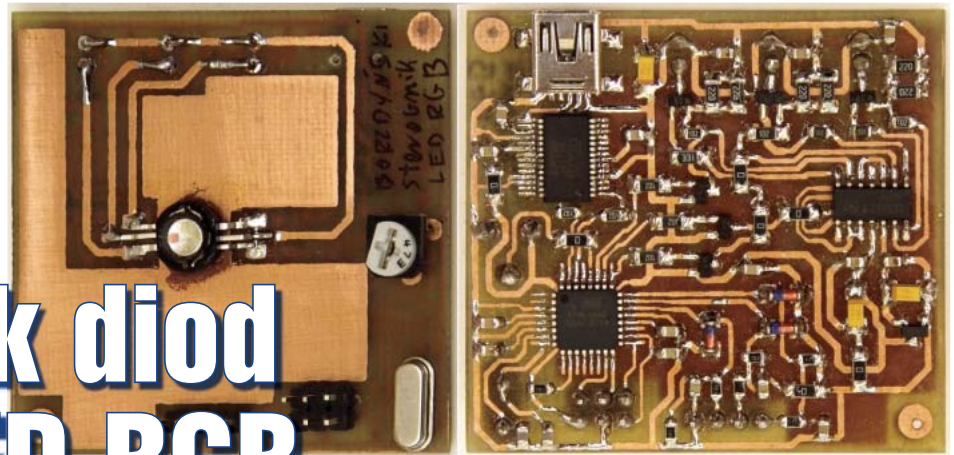
Tabela 2

1	Anoda triody 1
2	Siatka triody 1
3	Katoda triody 1
4	Żarzenie
5	Żarzenie
6	Anoda triody 2
7	Siatka triody 2
8	Katoda triody 2
9	Ekran (dołączany do masy)





Sterownik diod Power LED RGB



Pomysł budowy sterownika diod Power LED RGB od dawna chodził mi po głowie. Najbardziej pożądane cechy to:

- regulowana częstotliwość generatora PWM, co miało pozwolić na optyczne zatrzymanie wentylatora w komputerze i wytworzenie efektu stroboskopowego,
- sterowanie przez port szeregowy,
- jednokanałowy system ambilight – aplikacja uruchomiona na komputerze określa dominujący na ekranie kolor i wytwarza światło o odpowiadającym jej kolorze,
- praca bez komputera - czyli sterowanie analogowe lub losowo generowane barwy.

Powyższe cele udało się zrealizować, a układ może też znaleźć zastosowanie jako niestandardowy ozdóbki komputera, np. do podświetlania obudowy. Prosty protokół sterujący pozwoli Czytelnikom na samodzielne pisanie aplikacji, efektów, etc.

Sterownik pozwala samodzielnie sprawdzić trzy ciekawe zagadnienia:

- czy mieszając barwy czerwoną, zieloną i niebieską można rzeczywiście otrzymać światło białe?
- czy za pomocą tych trzech barw można uzyskać dowolny kolor?
- czy podając odpowiednią częstotliwość, można zatrzymać (optycznie) pracujący wentylator i zmienić kierunek jego obrotów?

Odpowiedzi nie podaję, pozostawiając Czytelnikom możliwość samodzielnego przeprowadzenia tych interesujących eksperymentów.

Opis układu

Schemat ideowy urządzenia przedstawiono na **rysunku 1**. Urządzenie jest zasilane z portu USB napięciem 5V. Maksymalny pobór prądu z komputera nie może być większy niż 500mA, dlatego prąd jednej struktury jest ograniczony do 120mA, co ogranicza ryzyko przegrzania LED-a. Schemat został podzielony na bloki funkcjonalne, każdy z nich ma sygnatury zaczynające się od innej cyfry. W pierwszym znajduje się mikrokontroler z dołączonym

rezonatorem kwarcowym. Stabilność częstotliwości jest pożądana ze względu na komunikację asynchroniczną z komputerem oraz chęć dokładnego odmierzania częstotliwości generatora PWM. Dociekliwi Czytelnicy zapewne zauważą, że sprzętowe kanały PWM nie zostały wykorzystane. Wynika to z dwóch rzeczy: po pierwsze, możliwości dokładnego kontrolowania częstotliwości realizacji programowej oraz, przy okazji, uproszczenia płytki drukowanej.

Złącze Z101 przeznaczone jest do podłączenia programatora ISP. Potencjometr PR101 pozwala regulować szybkości zmian kolorów w trybie PC i losowym.

Drugi blok funkcjonalny stanowią trzy niezależne źródła prądowe, zrealizowane na początkowym wzmacniaczu operacyjnym według **rysunku 2**. Zmiana rezystancji pozwala regulować prąd przepływający przez diodę LED ($I = 12,2V / R205$). Modyfikując wartości oporników, należy wziąć pod uwagę prąd nominalny diody i warunki jej chłodzenia, a w razie potrzeby zaopatrzyć diodę w radiator. Jak widać na schemacie z **rysunku 1**, dodane są tranzystory, pozwalające wyłączyć poszczególne diody sygnałem cyfrowym (CH1...CH3). Na **rysunku 3** można zobaczyć przebieg prądu na rezystorach R204 oraz R205 po włączeniu źródła prądowego – czas narastania prądu wyjściowego wynosi 3,6μs.

Trzeci blok stanowią dzielniki napięć zabezpieczone diodami Zenera oraz proste filtry, przez co urządzenie może mierzyć napięcia w zakresie szerszym niż 0...5V. Układ posiada tryb pracy (nazywany tu analogowym), w którym o jasności poszczególnych kolorów decydują właśnie poziomy napięć doprowadzone do tych wejść. Taka funkcjonalność może być przydatna do budowy prostego kolorofonu, wtedy wyprowadzone napięcia z filtrów pasmowych mogą zostać doprowadzone do tych wejść, aby

wymusić świecenie z jasnością proporcjonalną do przyłożonego napięcia.

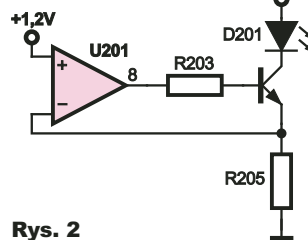
Ostatnim blokiem funkcjonalnym jest port USB z układem FT232 zapewniający połączenie z komputerem.

Montaż i uruchomienie

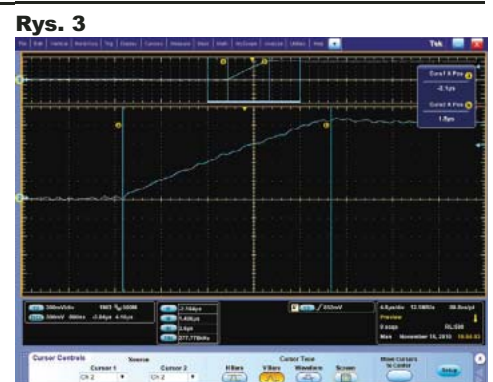
Wykorzystana dioda RGB ma moc 1W i jest dostępna np. w sklepie AVT. Jest ona montowana powierzchniowo i z tyłu obudowy ma miejsce przeznaczone do przytwierdzenia radiatora. Przystępując do projektowania płytki drukowanej, założyłem, że radiatorem będzie górna warstwa miedzi na płycie drukowanej, stąd wszystkie elementy są w obudowach SMD i zostały umieszczone na warstwie BOTTOM. Jeżeli z jakichś powodów taki radiator nie będzie potrzebny, można zrezygnować z wykonywania górnej warstwy i wykonać tylko dolną warstwę.

Dioda LED została przylutowana do przeznaczonych dla niej padów. Zanim jednak to nastąpiło, posmarowałem pastą termoprzewodzącą laminat w miejscu zetknięcia się metalowej części odprowadzającej ciepło z powierzchnią miedzi. Miało to na celu zwiększenie skuteczności odprowadzania ciepła. Po dociśnięciu palcem przylutowałem wyprowadzenia.

Montaż SMD nie jest trudny, jedyny problem może sprawiać lokalizacja elementów. Na płycie własnej pro-



Rys. 2



Rys. 3

Elektronika (nie tylko) dla informatyków

Elementy i układy elektroniczne wokół mikroprocesora

Rodzaje kondensatorów – Wykład 1

Mikroprocesory są dziś powszechnie stosowane w najróżniejszych urządzeniach, nie tylko fabrycznych. Niska cena, łatwość programowania i dostępność wszelkich niezbędnych narzędzi powodują, że coraz młodszy realizujący interesujące układy na

bazie mikroprocesorów. Zdarza się jednak, iż twórcy takich konstrukcji, zafascynowani łatwością programowania, popełniają błędy układowe, wynikające z nieznamienia podstaw elektroniki. Okazują się dobrymi informatykami, ale słabymi

elektronikami. Niniejszy cykl, przedstawiający niezbędne zasady, kluczowe elementy elektroniczne i rozwiązania układowe, opracowany został wprawdzie głównie dla miłośników mikroprocesorów, ale pożytek zeń odniosą wszyscy Czytelnicy.

We wcześniejszych odcinkach cyklu dla informatyków przedstawione były informacje o niedoskonałości podstawowych elementów elektronicznych. Bardzo mocno dają one o sobie znać w praktyce, zwłaszcza w przypadku kondensatorów. Nie ma kondensatorów idealnych, a te, które mają bliskie ideału właściwości elektryczne, mają poważne wady praktyczne: wysoką cenę i duże rozmiary. Problem wynika też z tego, że w praktyce wykorzystujemy kondensatory o niewyobrażalnej różnicy pojemności. Można przyjąć, że praktyczną dolną granicą jest 1pF, czyli jedna bilionowa farada (**fotografia 1**), choć w ofertach producentów można znaleźć też mniejsze nominaly. Natomiast górna granica przekroczyła już 1000F – **fotografia 2** pokazuje kondensator o pojemności 3000 faradów, a dostępne są o jeszcze większej pojemności (np. WIMA SuperCap C 6500F). Czyli różnice pojemności kondensatorów są rzędu trylionów. Dla porównania: dla rezystorów i cewek różnice wartości skrajnych nie przekraczają biliona; wykorzystujemy bowiem rezystory o nominalach od 1 milioma do 1 gigaoma oraz cewki w zakresie od dziesiątek nanohenrów do około 100H.

Z uwagi na różnorodność kondensatorów, warto poznać przynajmniej z grubsza ich podstawowe rodzaje. Dziś najpopularniejsze są:

- **kondensatory elektrolityczne** zwykłe, czyli **alumińowe oraz tantalowe**,
- **kilka odmian kondensatorów foliowych**,
- **kilka odmian kondensatorów ceramicznych**.

Kondensatory mało popularne

W podręcznikach można spotkać informacje o kondensatorach **próżniowych**, **mikowych**, **szklanych**, **teflonowych**, **papierowych**, **olejowych**, **porcelanowych**, **gazowanych** i jeszcze innych, które dziś są rzadkością. Ich nazwy prawie zawsze wskazują na wykorzystany w nich izolator – dielektryk. Niektóre albo

są już przestarzałe, albo też mają znakomite parametry, np. teflonowe czy próżniowe, jednak są kosztowne i dlatego mało popularne. Inne przeznaczone są wyłącznie do specyficznych, profesjonalnych zastosowań. Na przykład **fotografia 3** pokazuje **kondensatory próżniowe** (vacuum capacitors) o średnicy 6,7cm i wysokości 17cm, o pojemności tylko 150pF. Są przeznaczone głównie do nadajników radiowych, mogą pracować przy napięciach do 20 000V i mogą przez nie płynąć prądy zmienne w.c. do 90A. **Fotografia 4** (z Wikipedii) pokazuje kondensator próżniowy 12pF (oznaczony 12MMF) o napięciu nominalnym 20kV.

W **kondensatorach mikowych** (mica capacitors, silver-mica capacitors) izolatorem są cieniutkie płatki minerału, znanego jako mika, a srebrne okładziny są napyłone na powierzchnię miki. Mika, zwana również łuszczykiem, jest popularnym w przyrodzie minerałem, występującym w różnych odmianach, różniących się składem chemicznym; np. dla muskowitu podaje się wzór $K_2Al_4(Al_2Si_6O_{20})(OH)_4$. Mika jest zbudowana z bardzo cienkich płytek (grubość ok. 1nm) i charakteryzuje się bardzo dobrymi właściwościami dielektrycznymi. Do dziś dostępne są kondensatory mikowe – przykład na **fotografii 5** z oferty jednej z chińskich firm. Wykorzystywane są przede wszystkim w sprzęcie w.c.

Nadal na rynku są też **kondensatory szklane** (glass capacitors) – **fotografia 6**. Są uży-

wane tylko w nielicznych zastosowaniach. Na przykład jedną z zalet kondensatorów z dielektrykiem szklanym jest wysoka odporność na promieniowanie jądrowe.

Rzadko spotykane są **kondensatory teflonowe** (teflon capacitors, PTFE capacitors), głównie ze względu na wysoką cenę. Mają one wiele zalet i oprócz zastosowań w sprzęcie profesjonalnym, są też wykorzystywane przez hobbystów. **Fotografia 7** (www.v-cap.com) pokazuje kondensatory teflonowe, prze-

Fot. 3



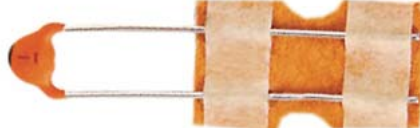
Fot. 4



Fot. 5



Fot. 1



Fot. 2



Fot. 6





Fot. 7



Fot. 8



Fot. 9

znaczone do audiofilskiego sprzętu najwyższej klasy referencyjnej.

Kondensatory papierowe (*paper capacitors*) czasy świetności przeżywały dobre kilkadziesiąt lat temu. Kiedyś bardzo popularne, dziś są rzadkością. Dielektrykiem był cienki papier nasączony olejem, stąd też nazwa *kondensatory papierowo-olejowe*, jednak często nazywane po prostu kondensatorami olejowymi. **Fotografia 8** pokazuje stary kondensator papierowy produkcji byłego ZSRR, a w kraju były one produkowane z oznaczeniem MPHP. Kondensatory papierowe nadal są produkowane przez niektóre firmy i pracują w obwodach sieci 230V, m.in. z silnikami elektrycznymi. Niemiecka WIMA wytwarza



Fot. 10



Fot. 11



Fot. 12

Nazwa **kondensatory porcelanowe** (*porcelain capacitor*) może być myląca. Nie jest to oddzielny rodzaj kondensatorów. Tak nazywane bywają niektóre kondensatory ceramiczne, ponieważ porcelana to przecież też ceramika. Nieścisłe porcelanowymi mogą też być nazywane niektóre stare kondensatory papierowe, umieszczone w obudowie w postaci porcelanowej rurki.

Kondensatory powietrzne (*air capacitors*) to przede wszystkim kondensatory zmienne i dostrojecze – **fotografia 11**. Dawniej popularne, dziś zostały praktycznie całkowicie wyparte z popularnego sprzętu przez diody pojemnościowe.

Jeśli chodzi o **kondensatory gazowe** (*gas capacitors*), to może to być odmiana kondensatorów powietrznych (próżniowych). Wtedy chodzi o kondensatory o małej pojemności, rzędu pikofarów. **Fotografia 12** pokazuje zmienny kondensator gazowany dużej mocy o pojemności nastawianej w zakresie 1,5...45pF, napięciu pracy do 4500V, długości 90mm o średnicy 22mm (www.jenningstech.com). Ale tak samo nazywane są kondensatory foliowe lub

papierowe, których szczelna obudowa wypełniana jest nie powietrzem, tylko innym gazem, np. czystym azotem. Przykład na **fotografii 13**.

Dziś przeciętny elektronik hobbysta może nie przejmować się wspomnianymi właśnie rodzajami kondensatorów. Powinien natomiast znać właściwości i różnice między kondensatorami: ceramicznymi, foliowymi i elektrolitycznymi. Będziemy się tym zajmować w następnych odcinkach.

Piotr Górecki



Fot. 13

papierowe kondensatory przeciwzakłóceńowe – **fotografia 9**. Spotyka się też papierowe kondensatory dla audiofilów – **fotografia 10** (www.jupitercondenser.com).

KONKURSY

Elektronicy Konstruktorzy! W Elektronice Praktycznej konkursy, w których można wygrać popularny program Eagle w wersji Professional oraz wyjazd do Prowansji do fabryki ST! Grzechem byłoby nie poddać próbie szczęścia i umiejętności!



Kurs programowania mikrokontrolerów PIC oraz Arduino

Nie przeoczcie też ciekawych artykułów i projektów w siostrzanym czasopiśmie! A wśród nich:

- Przegląd układów interfejsowych dla RS232, 562, 422 i 485.
- Pierwszy artykuł z cyklu poświęconego Linux'owi Embedded.
- Kurs programowania energooszczędnych mikrokontrolerów EFM32.
- Układy driverów RS485/422 z izolacją galwaniczną.
- Kurs projektowania płytek za pomocą Altium Designera.

Miniprojekty, ciekawe projekty:

- Sterownik silnika krokowego z Ethernetem.
- System telefoniczny dla domu lub firmy.
- Moduł wyświetlacza do AVTDuino.
- Adapter do programowania mikrokontrolerów PIC.
- Regulator prędkości obrotowej wentylatora 230 VAC.
- Lampowy wskaźnik wysterowania.
- Sterownik zapór i sygnalizacji do makiety kolejowej.

Ciekawe artykuły na temat nowoczesnych podzespołów i sposobów ich użycia. Cykle porad i artykułów dla konstruktorów elektroników i wiele innych o różnorodnej tematyce.

EP można nabyć we wszystkich EMPIK-ach i większych kioskach z prasą. Zamówienia pojedynczych egzemplarzy, a także założenie prenumeraty należy kierować do Działu Handlowego AVT: handlowy@avt.pl, tel.: 22 257 84 50, fax: 22 257 84 55. Dział Prenumeraty: prenumerata@avt.pl, tel.: 22 257 84 22, fax: 22 257 84 00, a także listownie lub bezpośrednio: AVT Korporacja Sp. z o.o., 03-197 Warszawa, ul. Leszczyńska 11

Wzmacniacze

Część 27. Wzmocnienie w funkcji częstotliwości

Ostatnio omawialiśmy wykresy Bodego i Nyquista. Przypominam, że przedstawiają one na dwa różne sposoby to samo, a mianowicie przebieg wzmocnienia własnego K w funkcji częstotliwości we wzmacniaczu bez pętli sprzężenia zwrotnego. Może dziwi się, że poświęciliśmy im tyle uwagi, choć przecież nas interesują parametry wzmacniacza z zamkniętą pętlą. Nie był to przypadek – właśnie wykresy Bodego i Nyquista pozwalają we względnie prosty sposób zmierzyć się z problemem samowzbudzenia; zresztą głównie dlatego są tak popularne.

Problem polega na tym, że zamknięcie pętli sprzężenia zwrotnego ogromnie dużo zmienia. Można to ująć matematycznie. Jak pamiętasz, podstawowy wzór na wzmocnienie wypadkowe ma postać:

$$G = \frac{K}{1 + K\beta}$$

W zasadzie wzór ten jest nieskomplikowany, ale teraz już wiemy, że wzmocnienie własne K nie jest „zwykłą liczbą”. Wzmocnienie własne każdego ze stopni wzmacniacza należy wyrazić zależnością – wzorem:

$$K = \frac{K_s}{1 + j\omega T}$$

A jeśli wzmacniacz ma kilka stopni, to wzór na wzmocnienie K będzie skomplikowany, a jeszcze bardziej skomplikowa-

na będzie powyższa zależność wzmocnienia wypadkowego G , gdzie w miejsce niepozornej literki K trzeba wstawić skomplikowany wzór – wyrażenie z liczbami zespolonymi. Po przekształceniach należałoby poddać analizie otrzymaną skomplikowaną zależność, na przykład pod kątem skłonności do samowzbudzenia.

Takie obliczenia są jak najbardziej możliwe, ale byłyby ogromnie skomplikowane i wymagałyby głębokiej znajomości matematyki, nie tylko liczb zespolonych. Tymczasem nie wszyscy elektronicy są dobrymi matematykami, więc potrzebny jest inny sposób analizy, w szczególności określania skłonności do samowzbudzenia. I właśnie znakomitą pomocą do tego okazują się wykresy Bodego i Nyquista. Złożmy więc razem wiadomości z poprzednich odcinków.

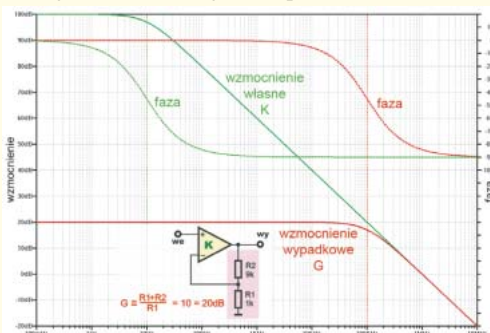
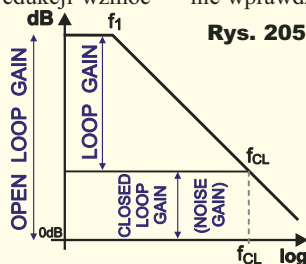
Reprezentacja graficzna

Nieprzypadkowo oś wzmocnienia na wcześniejszych rysunkach 186...188 rysowałem pionowo. Wtedy mówiliśmy o redukcji wzmocnienia, ale nie zwracaliśmy żadnej uwagi na problem częstotliwości. Potem poznałem wykresy Bodego i Nyquista. Teraz zbierzmy to razem i wykorzystajmy informacje z rysunków 182, 186 oraz 199c. Jednak nie możemy bezpośrednio wykorzystać

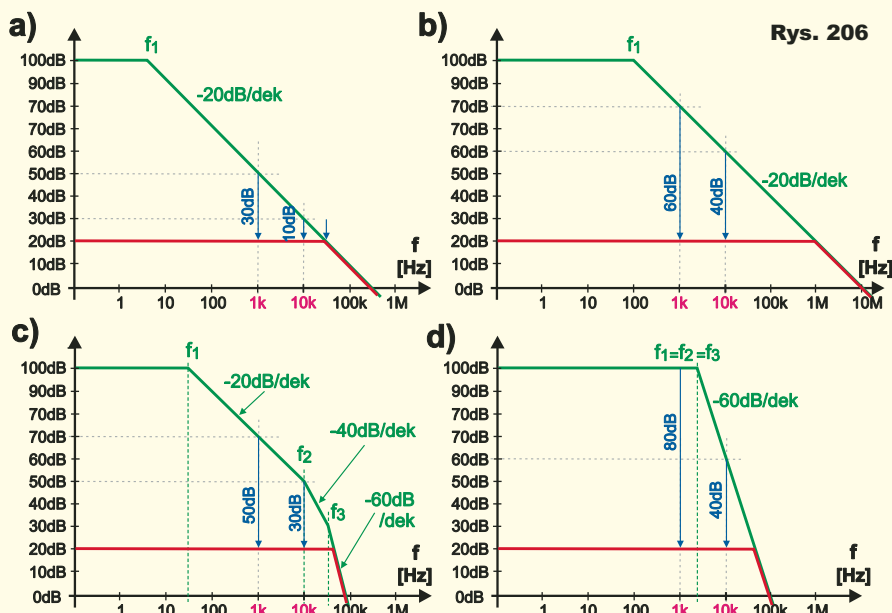
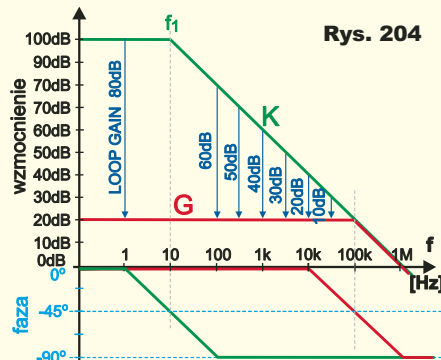
wszystkich danych liczbowych z rysunku 186, ponieważ teraz musimy uwzględnić też przesunięcie fazy. Na **rysunku 203** zieloną linią narysowana jest charakterystyka amplitudowa i fazowa jakiegoś przykładowego wzmacniacza bez sprzężenia zwrotnego, czyli przebieg wartości wzmocnienia własnego K w funkcji częstotliwości. Jest to wykres Bodego tego wzmacniacza. Natomiast czerwone linie to przebieg rzeczywistej wartości wzmocnienia w funkcji częstotliwości dla wzmacniacza ze sprzężeniem zwrotnym.

Jest to uproszczony przykład, bo taki wzmacniacz miałby tylko jeden wewnętrzny obwód RC i jedną częstotliwość załamania charakterystyki Bodego ($f_g = 10\text{Hz}$). Niemniej rysunek 203 ilustruje pewne ważne zależności: zauważ, że częstotliwość załamania „gołego” wzmacniacza bez sprzężenia zwrotnego jest bardzo niska, równa 10Hz, czyli 3-decybelowe pasmo przenoszenia jest tu bardzo wąskie, sięga tylko do tych 10Hz. Po wprowadzeniu ujemnego sprzężenia zwrotnego wzmocnienie wprawdzie się zmniejsza, ale trzydecybelowe pasmo przenoszenia jest tu bardzo wąskie, sięga tylko do tych 10Hz. Po wprowadzeniu ujemnego sprzężenia zwrotnego wzmocnienie wprawdzie się zmniejsza, ale trzydecybelowe pasmo przenoszenia jest tu bardzo wąskie, sięga tylko do tych 10Hz. Po wprowadzeniu ujemnego sprzężenia zwrotnego wzmocnienie wprawdzie się zmniejsza, ale trzydecybelowe pasmo przenoszenia jest tu bardzo wąskie, sięga tylko do tych 10Hz.

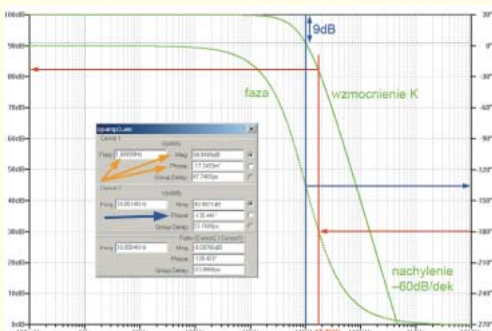
Rys. 205



Rys. 204



Rys. 206

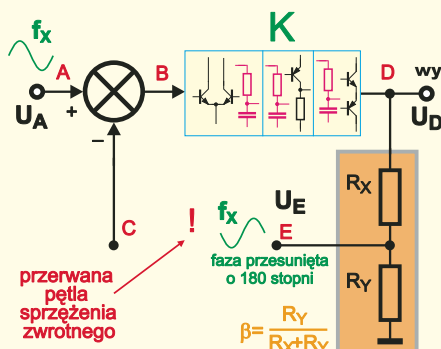


Rys. 207

czynkowe” o wartości 100dB zostało zmniejszone o 80dB, czyli 10 tysięcy razy. Dzięki temu częstotliwość graniczna wzrosła też 10 tysięcy razy.

W praktyce zamiast takich szczegółowych rysunków, dość często spotyka się mocno uproszczone wykresy, gdzie charakterystyki przedstawiane są za pomocą linii łamanych. Sytuację z rysunku 203 przedstawimy w uproszczeniu tak, jak pokazuje **rysunek 204**. W zakresie częstotliwości poniżej 10Hz redukcja wzmocnienia, czyli parametr *loop gain*, wynosi 80dB. Począwszy od częstotliwości 10Hz redukcja, czy nadmiar wzmocnienia maleje. Przy częstotliwości 1kHz redukcja wynosi 40dB, a przy 10kHz tylko 20dB. W literaturze często spotkasz określenia *open loop gain*, *closed loop gain* oraz *loop gain*, a także *noise gain*, które sprawiają sporo kłopotu nie tylko początkującym. Tymczasem sprawa jest prosta, jak ilustruje to **rysunek 205**. Możesz już teraz zapamiętać, że dla wzmacniacza nieodwracającego *noise gain* to to samo, co *closed loop gain*. Zwróć też uwagę, że *loop gain* nie ma stałej wartości, tylko zależy od częstotliwości.

No tak, ale przecież wiemy, że czym większa redukcja wzmocnienia (*loop gain*), tym lepiej, bo pozwala to m.in. zredukować zniekształcenia nieliniowe. Biorąc pod uwagę choćby redukcję zniekształceń, widzimy, że wzmacniacz o charakterystykach z **rysunku 206a** jest gorszy od wzmacniacza z **rysunku 206b**. Redukcja wzmocnienia przy 10kHz w pierwszym przypadku wynosi tylko 10dB, w drugim 40dB. Poszerza się też pasmo przenoszenia, z 31,6kHz do 1MHz. Oczywiście wolelibyśmy wykorzystać lepszy wzmacniacz z rysunku b, ale praktyczna realizacja wzmacniacza mocy audio o tak szerokiej charakterystyce okazałaby się bardzo trudna, a nawet niemożliwa. Ponadto charakterystyka z rysunku b jest o tyle sztuczna, że mamy tu tylko jeden punkt załamania charakterystyki. W praktyce dadzą o sobie znać niedoskonałości i opóźnienia we wszystkich stopniach wzmocnienia wzmacniacza i charakterystyka będzie miała trzy punkty załamania, przy częstotliwościach f_1 , f_2 , f_3 . Mogłaby wyglądać na przy-



Rys. 208

kład jak na **rysunku 206c**. Ale wszystkie częstotliwości graniczne mogłyby też mieć tę samą wartość i charakterystyka wyglądałaby wtedy mniej więcej, jak na **rysunku 206d**.

Nie ulega wątpliwości, że w tych dwóch ostatnich przypadkach nadmiar wzmocnienia (*loop gain*) byłby zdecydowanie większy, a częstotliwość graniczna z zamkniętą pętlą prawie taka sama jak na **rysunku 206a**. Czyli z punktu widzenia redukcji zniekształceń, jak najbardziej pożądane byłyby wzmacniacze o charakterystykach z **rysunków c i d**. Tak, ale w praktyce realizacja wzmacniacza o wzmocnieniu $G = 20\text{dB}$ okazuje się wtedy niemożliwa.

Owszem, można zrealizować wzmacniacz o takim przebiegu charakterystyki wzmocnienia własnego K . Pojawia się jednak poważny problem przesunięcia fazy. Na **rysunku 207** pokazany jest przebieg wzmocnienia i fazy wzmacniacza o wzmocnieniu „spoczynkowym” 100dB, składającego się z trzech stopni, z których każdy ma wzmocnienie 33,3dB i częstotliwość za

Szkolne podstawy elektroniki

Materiały magnetyczne

Ostatnio próbowaliśmy uporządkować kwestię parametrów rdzeni, spotykanych w podręcznikach i katalogach. Zanim spojrzymy na materiały magnetyczne z jeszcze innej perspektywy, musimy poruszyć pewien dość ważny szczegół.

Praktyczne konsekwencje nieliniowości

Choć to jest w zasadzie wyższa szkoła jazdy, muszę wspomnieć o jeszcze jednym ciekawym i dość ważnym szczególe. Skoncentruj się: jak już wiesz, charakterystyka magnesowania rdzenia na pewno nie jest liniowa, a to znaczy, że zmiany strumienia nie są liniowo zależne od prądu i jego zmian. Uproszczone przebiegi z wcześniejszego rysunku 36 są o tyle sztuczne, że w transformatorze kluczowe znaczenie ma dla nas nie tyle prąd, co indukowane napięcie. Przypomnij sobie podstawową zasadę działania transformatora: napięcie indukowane w uzwojeniu pierwotnym pod wpływem zmian strumienia (SEM) musi być dokładnie takie samo, jak napięcie zasilania. A to indukowane napięcie ściśle odzwierciedla zmiany strumienia. Oznacza to, że w pracującym transformatorze zmiany strumienia muszą być zgodne z przebiegiem napięcia zasilającego. W uproszczeniu powiemy, że jeśli transformator zasilamy przebiegiem sinusoidalnym, to zmiany strumienia muszą być sinusoidalne, by wytworzyły sinusoidalne napięcie SEM, dokładnie odpowiadające napięciu zasilającemu. Teraz wiemy dodatkowo, że zależność między prądem magnesującym i strumieniem nie jest liniowa, to znaczy, że prąd płynący przez transformator jest odkształcony i nie przypomina

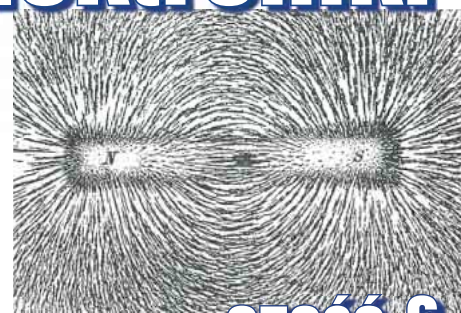
sinusoidy. Ilustruje to w uproszczeniu **rysunek 38**. Zwróć też uwagę na przesunięcie fazowe między strumieniem (krzywa niebieska) i indukowanym napięciem (krzywa zielona). Tu może zapytasz – a co tak naprawdę powoduje, że prąd jest odkształcony? Czyżby reakcja X_L była nieliniowa?

W zasadzie moglibyśmy śmiało stwierdzić, że w rzeczywistej cewce z rdzeniem reakcja X_L jest nieliniowa. Jednak rozważania o „nieliniowości reakcji X_L ” mogłyby stać się ślepą uliczką. Pamiętaj bowiem, że pojęcie reakcji X_L ma sens tylko dla przebiegów sinusoidalnych. Pojęcie reakcji wprowadziliśmy jako pomocnicze narzędzie, ułatwiające uproszczone analizy sytuacji idealnych przy przebiegach sinusoidalnych. A więc jeśli teraz natrafiamy na problem nieliniowości rdzenia i nieliniowości prądu, nie powinniśmy brnąć w analizę pomocniczego i nieco sztucznego pojęcia reakcji. Wróćmy raczej do podstawowej, niezależnej od kształtu przebiegów, zawsze prawdziwej zależności: wartość indukowanego w cewce napięcia jest wprost proporcjonalna do szybkości zmian prądu w cewce i do indukcyjności tej cewki. Dla wartości chwilowych zapisujemy to matematycznie:

$$u = L \cdot di/dt$$

Tylko dla cewki idealnej, wartość indukcyjności L jest niezmienna. Tu warto wrócić do definicji indukcyjności. Według niektórych źródeł indukcyjność to *zdolność obwodu do wytwarzania strumienia pola magnetycznego Φ , powstającego w wyniku przepływu przez obwód prądu elektrycznego I* .

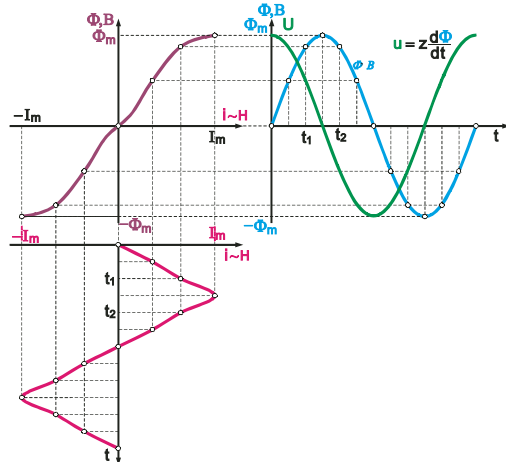
Według innych źródeł jest to właśnie współczynnik proporcjonalności między powstającym napięciem samoindukcji a szybkością zmian prądu. Niezależnie od definicji stwierdzimy, że to wartość indukcyjności nie jest stała w rzeczywistych cewkach. Aby wytworzyć napięcie samoindukcji, równe napięciu zasilającemu, szybkość zmian prądu dopasowuje się do zmian indukcyjności L . Znowu nie ma tu żadnej magii, tylko omawiane wcześniej „samopilnowanie”. Można było



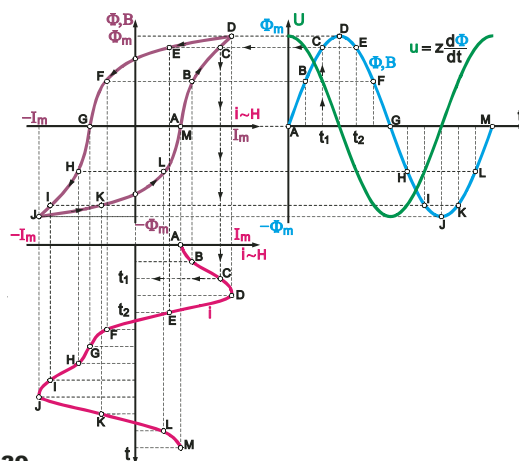
część 6

by to przedstawić tak: jeżeli w związku z niedoskonałością rdzenia indukcyjność L się zmniejsza, to zmniejszy się indukowane napięcie samoindukcji, które będzie mniejsze od napięcia zasilania. Rezystancja cewki jest mała, teoretycznie zerowa, więc nieskompensowana różnica między tymi napięciami momentalnie spowoduje wzrost prądu, czyli wzrośnie szybkość zmian prądu, a to zaindukuje potrzebne napięcie, równe napięciu zasilania. Analogicznie przy wzroście indukcyjności, zbyt duże napięcie samoindukcji spowoduje momentalne zmniejszenie prądu i szybkości zmian prądu. A to zmniejszy napięcie samoindukcji do potrzebnej wartości. Jak widać, prąd i zmiany prądu będą dostosowywać się nie tylko do wartości napięcia, ale też do zmian indukcyjności. Jeśli masz wątpliwości, jeszcze raz przeanalizuj wcześniejsze odcinki cyklu. A jeśli nie masz wątpliwości, to omówimy kolejny problem.

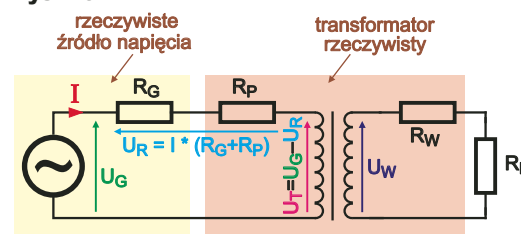
Rys. 38



Rys. 39



Rys. 40



Zagadka

Dowiedziałeś się, że materiały magnetyczne są niedoskonałe i występuje w nich zjawisko nasycenia.

Dlaczego rdzenie cewek i transformatorów wykonane są z takiego „kulawego” materiału?

Czy rozumiesz i czy potrafisz wyjaśnić, dlaczego w transformatorach sieciowych nie rezygnujemy z takiego niedoskonałego rdzenia?

Przecież można zrealizować transformator bez rdzenia, tak zwany transformator powietrzny!

Odpowiedź na pierwsze pytanie brzmi: te „kulawe” materiały są najlepsze z dostępnych. Niestety, nie ma lepszych, a przynajmniej nie znamy i nie potrafimy takowych wyprodukować. Czyli wykorzystujemy to, co jest najlepsze

A oto odpowiedź na pytanie, dotyczące transformatora z rdzeniem powietrznym: owszem, transformatory powietrzne są wykorzystywane, ale tylko w układach wysokiej częstotliwości. Teoretycznie bez rdzenia można byłoby też zrealizować transformator sieciowy 50Hz. Jednak do uzyskania przy tak małej częstotliwości, a więc przy tak małej szybkości zmian, potrzebnych wysokich napięć, które muszą się zaindukować w uzwojeniach, potrzebna jest nie tylko duża liczba zwojów, ale też silny strumień magnetyczny. Praca przy słabym strumieniu wymagałaby ogromnej liczby zwojów, co oznaczałoby wielką rezystancję uzwojeń i

wielkie straty w miedzi. Z tego względu wręcz niezbędny jest silny strumień, żeby zaindukował potrzebne napięcia w niewielkiej liczbie zwojów.

Strumień magnetyczny zostaje wytworzony pod wpływem prądu magnesującego, płynącego w uzwojeniu pierwotnym. Problem w tym, że bez obecności rdzenia magnetycznego, prąd płynący w uzwojeniu pierwotnym wytworzy w powietrzu bardzo słaby strumień magnetyczny. Natomiast w obecności rdzenia z materiału magnetycznego, ściślej ferromagnetycznego, ten sam prąd spowoduje wytworzenie dużo silniejszego strumienia magnetycznego. Decyduje tu właściwość fizyczna rdzenia – *przenikalność magnetyczna* materiału. Powietrze, próżnia i większość materiałów mają bardzo słabe właściwości pod tym względem – ich przenikalność magnetyczna jest bardzo mała. Materiały

(ferro)magnetyczne, takie jak żelazo i stal żelazokrzemowa, mają dużą przenikalność. Właśnie duża przenikalność powoduje, że ten sam prąd powoduje niejako za darmo, powstanie wielokrotnie silniejszego strumienia, którego zmiany indukują potem potrzebne napięcia.

Jest to także wyjaśnienie, dlaczego cewki z rdzeniem ferromagnetycznym mają dużo większą indukcyjność niż cewki powietrzne. Indukcyjność cewki określa jej zdolność do przeciwstawiania się zmianom prądu. Kluczowe znaczenie ma wtedy nie tylko liczba zwojów, ale też strumień. W obecności materiału ferromagnetycznego ten sam prąd powoduje powstanie silniejszego strumienia, a wtedy już małe zmiany prądu powodują zaindukowanie się niezbędnego napięcia samoindukcji, które hamuje szybkość zmian prądu. Postrzegamy to z zewnątrz jako dużą indukcyjność.

Otóż rysunek 38 byłby prawidłowy, gdyby nie było histerezy. Histereza jeszcze bardziej komplikuje kształt przebiegu prądu. Inny będzie przebieg przy wzroście, inny przy zmniejszaniu się prądu. W rzeczywistości przebieg prądu w transformatorze i cewce wygląda mniej więcej tak, jak pokazuje czerwona krzywa na **rysunku 39**.

Prąd musi się właśnie tak zmieniać, i tak się zmienia, żeby wytworzyć sinusoidalny strumień magnetyczny, który zaindukuje w zwojach napięcie sinusoidalne, dokładnie odpowiadające napięciu zasilającemu cewkę/transformator.

Z tego wynikałoby, że w transformatorze napięcie wyjściowe na uzwojeniu wtórnym ma kształt taki sam, jak napięcie indukowane w uzwojeniu pierwotnym i napięcie zasilające, a tylko prąd jest odkształcony. Teoretycznie moglibyśmy więc przyjąć, że transformator czy cewka z nieliniowym rdzeniem zniekształca tylko przebieg prądu, a nie zniekształca napięcia. Teoretycznie tak.

Ale w praktyce trzeba uwzględnić dalsze niedoskonałości. Otóż ten mocno odkształcony prąd płynie przez pewne rezystancje, jak pokazuje **rysunek 40**. Zgodnie z wcześniejszą teoretyczną analizą, jednakowe są kształty napięć U_T i U_w , jednak napięcie U_T jest odkształcone w stosunku do napięcia U_G , bo w grę wchodzi spadek napięcia na rezystancjach „wejściowych” ($R_G + R_P$). Napięcie U_T jest odkształcone dlatego, że mocno odkształcony prąd płynie przez rezystancje R_G , R_P i wywołuje na nich (mocno odkształco-

ny) spadek napięcia. A przecież napięcie U_T jest różnicą napięcia generatora U_G i takiego mocno odkształconego napięcia U_R . Dlatego przebieg U_T jest odkształcony, a tym samym także napięcie U_w jest zniekształcone względem napięcia U_G . Czym mniejsza suma rezystancji $R_G + R_P$ i czym mniejszy prąd I , tym mniejsze są zniekształcenia (natomiast „wyjściowa” rezystancja zastępcza R_w nie ma wpływu na zniekształcenia). Ten sam problem dotyczy też cewek. W niektórych katalogach podane są wzory, pozwalające obliczyć zniekształcenia, które w pewnych zastosowaniach mają kluczowe znaczenie. Tu też leży jeden z istotnych powodów, dla którego w urządzeniach audio wysokiej jakości należy unikać cewek i zastępować je innymi rozwiązaniami.

Po omówieniu tych wszystkich szczegółów mam dla Ciebie w czerwonej ramce zagadkę podsumowującą. A w następnym odcinku

spróbujmy spojrzeć na materiały magnetyczne z innej perspektywy.

Piotr Górecki

R E K L A M A

STRACH NA SZPAKI
AVT 2753

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

www.sklep.avt.pl
 AVT-Korporacja Sp. z o.o., 03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11,
 tel. 022 257 84 50, fax 022 257 84 55, e-mail: handlowy@avt.pl

Szkoła Konstruktorów



Szkoła Konstruktorów ma trzy klasy (Zadanie główne, Co tu nie gra? i Policz). Każdy Czytelnik „Elektroniki dla Wszystkich” może nadesłać rozwiązanie jednego, dwóch lub wszystkich trzech zadań Szkoły z danego numeru, zwykłą pocztą lub w postaci e-maila. Paczki z modelami i koperty zawsze adresujcie: **AVT – EdW ul. Leszczynowa 11 03-197 Warszawa** i **koniecznie** podawajcie na kopercie czy paczce zawartość, np. *Szko183, NieGra183, Policz183*, (na innych analogicznie *Jak5, #5, CoTo5, Projekt*, itd.).

Rozwiązania nadsyłane e-mailem powinny być kierowane na adres: szkola@elportal.pl (*szkola*, a nie *szkoła*). Bardzo proszę: w tytule e-maila i w nazwie każdego złącznika, oprócz **nazwy konkursu** i numeru zadania, umieścić **swoje nazwisko** (najlepiej bez typowo polskich liter), na przykład: *Szko183Kowalski, Policz183Zielinski, NieGra183Malinowski, Jak5Krzyszczanowski*. 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 e-mail zawierał rozwiązanie tylko jednego konkursu, a nie kilku, co mi znacznie ułatwi segregowanie poczty.

Regularnie potwierdzam otrzymanie rozwiązań, kierowanych na adres szkola@elportal.pl. Jeśli po wysłaniu e-maila w terminie pięciu dni nie otrzymacie mojego potwierdzenia, prześlijcie pliki jeszcze raz (do skutku).

Bardzo proszę, by każdy uczestnik zadania głównego podawał **imię, nazwisko, adres zamieszkania oraz rok urodzenia, a w przypadku uczniów także informacje o szkole i klasie, do której uczęszcza**. Jest to pomocne przy opracowywaniu rozwiązań, ocenie prac oraz wysyłce upominków, nagród i dyplomów (dane osobowe będą wykorzystane wyłącznie w związku z oceną prac i nagrodami). Jeśli na łamach czasopisma nie chcecie ujawniać swoich danych – napiszcie, a zachowam dyskrecję, podając albo pseudonim, albo imię i pierwszą literę nazwiska, ewentualnie miejscowość zamieszkania. Autorzy rozwiązań zadania głównego, jeśli chcą, mogą też przysyłać fotografie swej osoby (portret), które będą zamieszczone przy rozwiązaniu zadania.

Mam też prośbę dotyczącą kwestii technicznych. Nie umieszczajcie ilustracji w tekście! Wszystkie ilustracje (fotografie i rysunki) powinny być przesłane jako oddzielne pliki. Bardzo proszę też o przysyłanie schematów, projektów płytek i wszelkich innych rysunków w popularnych formatach, na przykład PDF, JPG, GIF czy PNG, i to także wtedy, gdy przysyłacie oryginalny, źródłowy plik z danego programu projektowego (sch, pcb, brd, itp.).

Wystarczy przysłać e-mailem postać elektroniczną rozwiązania, nie jest konieczny papierowy wydruk ani płyta CD/DVD. Ale jeżeli ktoś pisze tekst na komputerze i przysyła do mnie wydruk w kopercie, to niech także przyśle e-mail z plikiem tekstowym (.DOC, .TXT, .ODT), co znacznie ułatwi zacytowanie całości lub fragmentu rozwiązania oraz przygotowanie do ewentualnej publikacji. Jeśli jednak nadsyłacie w paczce model lub płytę z dokumentacją, zawsze dołączajcie papierowy wydruk własnoręcznie podpisanego i opatrzonego datą oświadczenia: *Ja, niżej podpisany, oświadczam, że projekt/artkuł pt.:....., który przesyłam do redakcji „Elektroniki dla Wszystkich”, jest moim osobistym opracowaniem i nie był wcześniej nigdzie publikowany.*

Jeśli natomiast przysyłacie fotografie modelu pocztą elektroniczną, takiej samej treści oświadczenie powinno się znaleźć w treści e-maila.

Zadanie główne nr 183

Wyniki niedawnego zadania 176 (*Zaproponuj układ elektroniczny, służący do interesującego pokazu na wystawie albo układ reklamowy*) były nadspodziewanie dobre. Przedstawiliście liczne, bardzo ciekawe rozwiązania, które mogą służyć do interesujących pokazów. Pojawiły się też propozycje układów, które mogłyby być pomocami naukowymi. Jak już wspomniałem wcześniej, w ramach jednego zadania naszej

Szkoły zajmiemy się właśnie takimi układami. I oto mamy temat majowego zadania 183:

Zaproponuj układ elektroniczny, mogący służyć jako pomoc naukowa/dydaktyczna w szkole lub na uczelni.

Znów temat jest ogromnie szeroki, bo rozwiązaniem może być dowolny układ elektroniczny, który ma związek z procesem nauczania. Oczywiście Wasze propozy-

cje mogą dotyczyć elektroniki, na przykład mogą ilustrować działanie różnych elementów elektronicznych, choćby tranzystora, wzmacniacza operacyjnego, albo też bardziej charakterystycznych układów elektronicznych, np. przerzutnika Schmitta. Oprócz złożonych systemów elektronicznych mogą to być proste, nawet bardzo proste układy czy makiety, pokazujące w bardzo przystępny

Sponsorem nagród są firmy:



obudowy
klawiatury
technologie
Pułkowa 58, Warszawa
tel 22 569 53 00
fax 22 569 53 10
lcel@lcel.com.pl
www.lcel.com.pl

**Największa księgarnia
techniczno-naukowa**



www.margines.pl

sposób podstawowe właściwości elementów, na przykład przewodzenie diody w jednym kierunku czy pracę tranzystora w roli zaworu łącz/wyłącz.

Oprócz czystych zadań edukacyjnych, takie pomoce dydaktyczne mogą, a wręcz powinny, rozbudzać zainteresowanie elektroniką, w szczególności samodzielną budową mniej i bardziej skomplikowanych układów elektronicznych.

Znakomitą pomocą dydaktyczną, wręcz naukową, mogą też być płytki testowe lub moduły dotyczące techniki mikroprocesorowej. Być może bardzo interesujący i cenny byłby prościutki układ z małym mikroprocesorem w obudowie ośmionóżkowej, który podłączony do komputera i odpowiednio programowany na oczach uczniów/studentów, mógłby co chwila pełnić inne interesujące funkcje. Jednak w zakresie mikroprocesorów istnieje ogromna konkurencja, więc warto się dobrze zastanowić nad innymi kierunkami działań i rozwiązań.

Uwaga!

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

Na pewno w ramach zadania 183, oprócz przybliżania działania układów elektronicznych, dobrze mieszczą się wszelkie pomoce, dotyczące szeroko pojętych zjawisk fizycznych, a także z zupełnie innych dziedzin, jak biologii, chemii, znaków drogowych, itd. Mogą to być rozmaite makiety, tablice czy moduły edukacyjne, byle tylko zawierały jakieś układy elektroniczne, bo przecież jesteśmy w Szkole Konstruktorów EdW i chodzi o układy elektroniczne. W związku z tym nie byłby prawidłowym rozwiązaniem zadania 183 sam program komputerowy. Owszem, dziś można wszystko zasymulować na komputerze, ale nam chodziłoby o wykorzystanie elektroniki w procesie dydaktycznym, a w szczególności o możliwość osobistego „dotknięcia” do elementów i układów elektronicznych.

Temat dotyczy szkół i uczelni, więc być może nasuną się pytania, czy w ramach zadania 183 można przysłać propozycje elektronicznych ściągawek czy systemów podpowiedzi?

Od razu oświadczam: NIE!

Ktoś może się też zastanawiać, czy w ramach zadania mieszczą się układy wspomagające naukę w nietypowy sposób. Otóż w literaturze elektronicznej, a także na rynku, można znaleźć propozycje roz-

maitych „wspomagaczy” – stymulatorów, których działanie ma uspokoić, odstresować oraz ułatwić przyswajanie wiedzy i zapamiętywanie. Zwykle są to systemy, w których wykorzystuje się rozmaicie spreparowane sygnały akustyczne, jak szum, tony czy impulsy dźwiękowe, jak też kolorowe światełka, migające lub płynnie zmieniające jasność i kolor.

Teoretycznie można byłoby to zmieścić w ramach zadania 183, jednak stanowczo odradzam tego rodzaju eksperymenty. Jak wskazują doniesienia prasowe, takie próby mogą być groźne, a migoczące światełka mogą wywołać atak epilepsji. Choć więc wątek taki niewątpliwie byłby interesujący, jednak z uwagi na potencjalne zagrożenia, nie polecam tego rodzaju prób i proponuję, żebyście się nie zajmowali tą dziedziną. Niemniej i bez tego temat zadania 183 jest ogromnie szeroki.

Jestem przekonany, że realizacje praktyczne spożytkujecie nie tylko w naszej Szkole Konstruktorów, ale też w Waszych szkołach, do których uczęszczacie. Oczywiście czekam też na rozwiązania teoretyczne, za które również można otrzymać punkty, upominki, a wyjątkowo nawet nagrody i kupony! Zachęcam do szerokiego udziału w tym zadaniu!

Rozwiązanie zadania głównego 178

Temat grudniowego zadania 178 brzmiał: **Zaproponuj układ elektroniczny, przydatny w akwarium lub terrarium.**

Obawiałem się, czy temat wzbudzi wystarczające zainteresowanie, jednak okazało się, że elektronicy mają wiele do zaoferowania miłośnikom ryb, gadów i płazów. Kilka projektów kieruję do publikacji, a ponieważ temat okazał się interesujący dla wielu Czytelników, zachęcam też do nadsyłania i publikacji kolejnych projektów i artykułów z tej dziedziny.

Rozwiązania teoretyczne

23-letni **Piotr Bogdan** z Nowego Borka napisał: (...) postanowiłem zaproponować wielofunkcyjny sterownik oparty na mikrokontrolerze ATmega 128. (...) należy kontrolować w akwarium (...) temperaturę wody. (...) można wykorzystać np. czujnik DS1820 z magistralą 1-Wire. (...) można regulować (...) oświetlenie. Proponowałbym do tego celu wykorzystać wodoodporną taśmę LED RGB. Odpowiednie ułożenie taśmy LED oraz odpowiedni program sterujący może dać naprawdę bardzo ciekawy efekt wizualny. (...) do mikrokontrolera można jeszcze podłączyć układ RTL 8019AS, czyli jeden z najpopularniejszych kontrolerów sieciowych, który w bardzo prosty sposób pozwoliłby na sterowanie oświetleniem akwarium przez Internet lub sprawdzić temperaturę wody w akwarium z dowolnego miejsca, w którym mamy dostęp do Internetu (...)

Jak najbardziej, taki sterownik byłby bardzo przydatny. Niektórzy inni uczestnicy z różnym skutkiem próbowali coś takiego zrealizować.

19-letni **Krzysztof Szybiński** z Lutomi Dolnej przyznał: (...) miałem problem z wymyśleniem układu przydatnego w akwarium. Jedyne co przychodziło mi do głowy, to termometr, ale nie wyrobiłbym się w czasie... Proponuję natomiast bardzo prosty programowalny układ na popularnym ATtiny 2313. Silnik pompki będzie podłączony do portu OC1A. (...) Mam nadzieję, że kolejny projekt zaplanuję sobie już po zakończeniu roku i będę mógł wyczerpać temat i zrobić zdjęcie działającego układu. (...)

Pełny tekst listu oraz rysunek-schemat dostępne są w Elportalu wśród materiałów dodatkowych do tego numeru EdW (178szybinski.zip 15kB).

13-letni **Mateusz Wałęza** z Włocławka zaczął tak: Moją propozycją jest dodatkowe oświetlenie terrarium po zmroku oraz zapasowe zasilane diod przez 6V akumulatora na wypadek awarii zasilania. Do tego pojemniczek, gdzie będzie hodowla świerszczy (dla jaszczurek), który będzie się otwierał co 12h. Można by przy tym użyć jakiegoś układu, który by odliczał te 12h na ekranie LED 7-segmentowym. Latem można by używać ognia słonecznego, które przez dzień ładowałoby

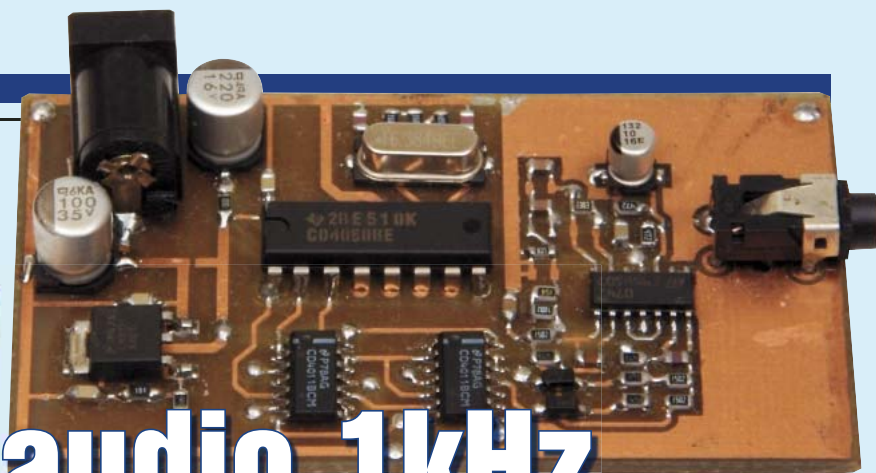
baterie lub oświetlało terrarium. By zapobiec ucieczce niebezpiecznego zwierzątka, można by zamontować druciki, które byłyby pod napięciem 20V 10A. Dezaktywowałyby się je np. do czyszczenia terrarium. Można zaczepić mały układ namierzający na cieple zwierzątka, dzięki któremu właściciele wiedzieliby, gdzie jest ich pupil. Oraz w przypadku gadów i płazów małe jezioro z filtrem, który filtrowałby wodę co 48h. Oraz pompkę, która nalewałaby wodę do misek co 24h.

Za te propozycje przydzielam upominek i dwa punkty. Zachęcam też młodego Autora do dalszej nauki elektroniki, a przede wszystkim do działań praktycznych.

19-letni **Krzysztof Kruszk** z Poznania (fotografia 1) podał następującą propozycję: (...) wykonanie sterownika mikroprocesorowego, który (...) byłby odpowiedzialny za: przełączanie w odpowiednim momencie na światło dzienne lub nocne (...), odczyt temperatury wody wyświetlany na osobnym wyświetlaczu, odczyt poziomu wody, a w razie stanu zbyt niskiego uzupełnienie (...) odczyt poziomu wilgotności i w razie potrzeby załączenie ultradźwiękowej wytwornicy pary, karmienie (...) podajnik suchego pokarmu, [będzie] wyłączał na jakiś czas filtr, aby nie wciągał pokarmu, regulacja i odczyt temperatury (...) sterować zarówno grzałką, jak i np. ogniem



Fot. 1 **Krzysztof Kruszk**



Kwarcowy generator audio 1kHz

Do czego to służy?

Celem projektu był możliwie prosty generator, niezawierający układów programowalnych, charakteryzujący się wysoką stabilnością częstotliwości i możliwie dobrą jakością sygnału. Powstał projekt opisywanego generatora, który składa się z 4 układów scalonych, nie licząc opcjonalnego stabilizatora, i daje na wyjściu bez strojenia 1kHz $\pm 0,05\text{Hz}$.

Jak to działa?

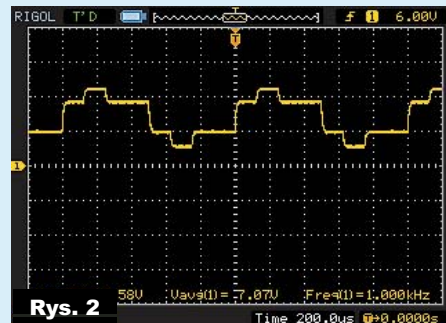
Na rysunku 1 zaprezentowany jest schemat ideowy generatora. Typowy rezonator kwarcowy charakteryzuje się znakomitą stabilnością, rzędu $\pm 50\text{ppm}$. Aby zmniejszyć częstotliwość rezonatora do zakresu audio, wykorzystany został układ U3 CD4060 zawierający licznik binarny. Maksymalny stopień podziału licznika wynosi 16384, dlatego zastosowano rezonator Q1=16,384MHz, co daje na wyprowadzeniu Q14 równo 1kHz. Elementy C11 i C12 poprawiają parametry pracy rezonatora, natomiast rezystory R9, R10, R11 ($3 \times 1,5\text{M}\Omega$) ułatwiają wzbudzenie generatora.

Sygnał z wyjścia Q14 jest przebiegiem prostokątnym, dlatego należało odfiltrować z niego przebieg sinusoidalny 1kHz. Podczas analizy pojawił się pomysł, aby filtrować przebieg pseudosinusoidalny, który charakteryzuje się zdecydowanie lepszym odstępem podstawowej harmonicznej od kolejnych. Do uzyskania takiego „łamanego” sinusa (rysunek 2) wykorzystane są przebiegi z wyjścia Q13 i Q12 (2kHz i 4kHz). Złożenie tych syg-

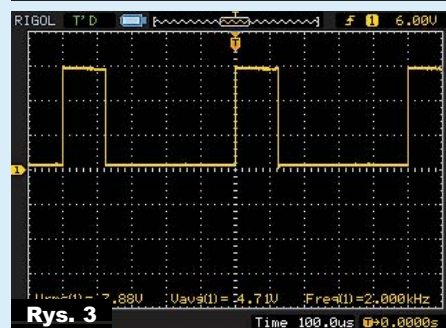
nałów jest realizowane na bramkach U4 i U5 – CD4011 (analizę przebiegów na wyjściach poszczególnych bramek pokazuje rysunek, który można ściągnąć z Elportalu i rozszerzona wersja tego artykułu). Bramki U4A i U4B składają przebiegi 2kHz i 4kHz w jeden przebieg 2kHz o wypełnieniu 25%. Po odwróceniu przez U4C, sygnał (rysunek 3) dodawany jest do przebiegu 1kHz w bramkach U5B i U5C, na wyjściach których uzyskujemy przebiegi „B” i „C” (rysunek 4). Następnie za pomocą bramek U5D przywracana jest dodatnia polaryzacja przebiegu „C” (rysunek 5). Ostatnia z bramek U5A została wykorzystana do zgrania w fazie przebiegu głównego (z wyjścia Q14) z przebiegami „B” i „C”.

Ostateczny sygnał jest uzyskiwany w sumatorze U2D. Diody D1 i D2 odcinają niepotrzebne części przebiegów „B” i „C”. Uzyskany sygnał pseudosinusoidalny kierowany jest na dwuogniowy filtr aktywny: najpierw na filtr dolnoprzepustowy z wielokrotnym sprzężeniem zwrotnym o częstotliwości 1kHz.

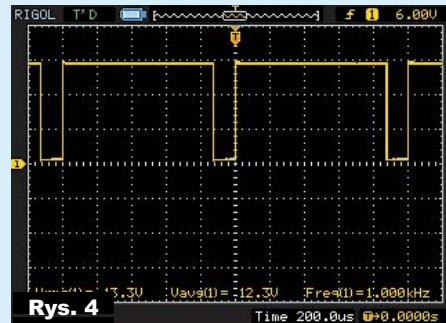
Sygnał prostokątny 1kHz, czy pseudosinusoidalny, zawiera mnóstwo wyższych harmonicznych nieparzystych: 3kHz, 5kHz, itd, które należy usunąć. Po przyjęciu do obliczeń dobroci filtru $Q = 0,7$ i częstotliwości granicznej $F_g = 1\text{kHz}$ możemy oczekiwać, że składowa 3kHz będzie usuwana już z skutecznością -18dB . Rysunek zamieszczony w Elportalu zawiera wzory, według których obliczono elementy. Sygnał z wyjścia U2C



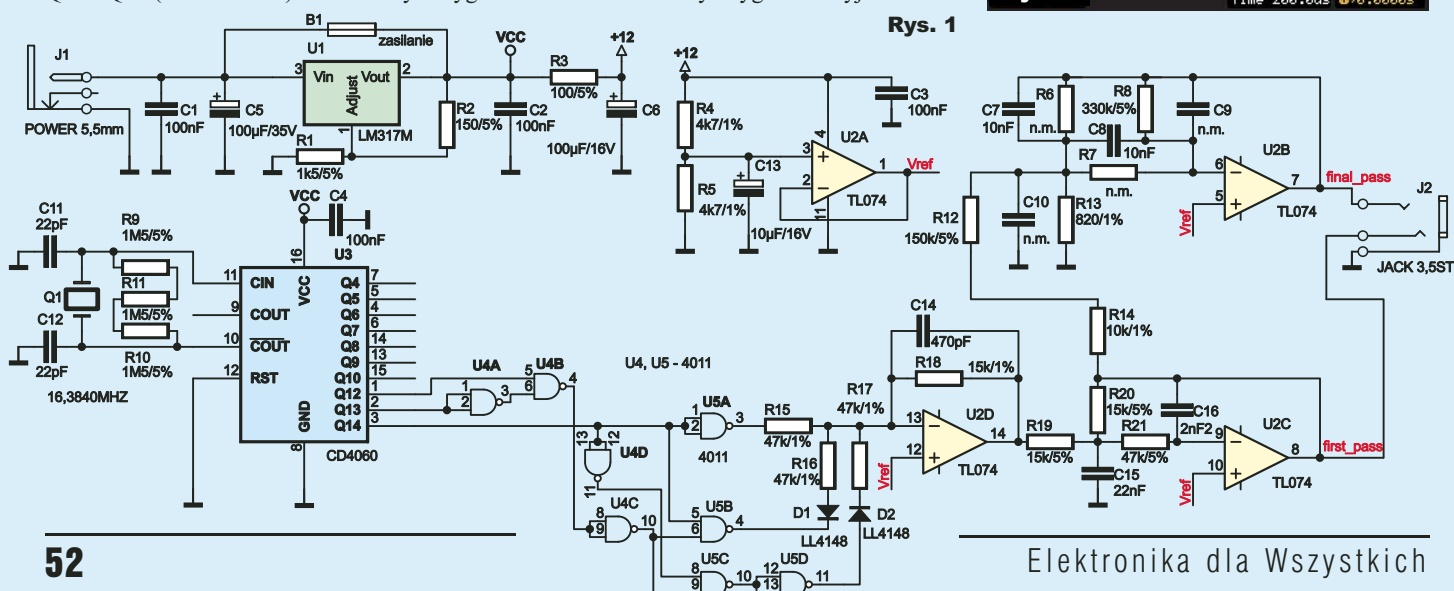
Rys. 2

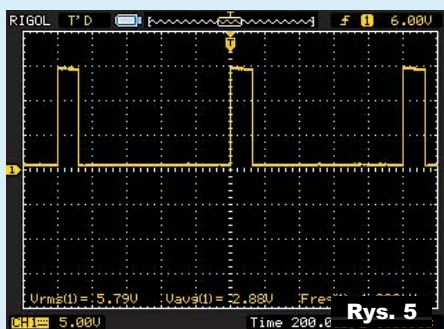


Rys. 3

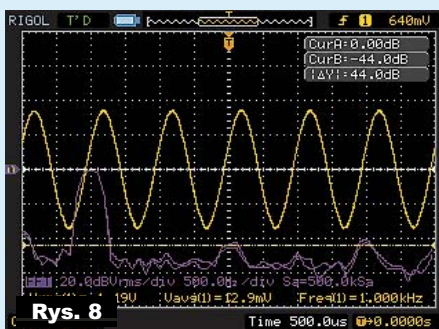


Rys. 4

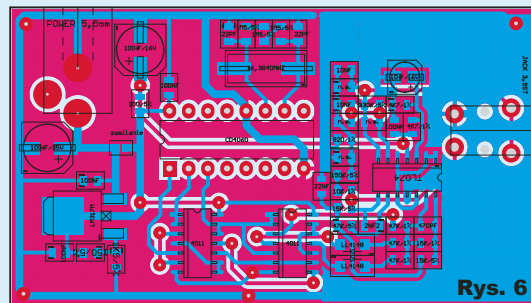




Rys. 5



Rys. 8



Rys. 6

kierowany jest na drugi filtr pasmowoprzepustowy i na lewy kanał gniazdka jack 3,5mm. Zastosowanie filtra pasmowoprzepustowego zamiast np. kolejnego ogniwa dolnoprzepustowego było podyktowane chęcią sprawdzenia, w jakim stopniu zakłócenia o niskich częstotliwościach (np. brum), wpływają na sygnał wynikowy i czy filtr pasmowoprzepustowy poradzi sobie ze „śmieciami” tego typu. Do obliczeń elementów R6, R7, R8, R12, R13, R14 i C7, C8 przyjęto częstotliwość środkową $F_s = 1\text{kHz}$, i wzmacnienie $G = 1$. Pozwoliło to na uzyskanie dobroci filtra $Q = 10$ (wzory wykorzystane do obliczeń ogniwa pasmowo przepustowego zawiera rysunek z Elportalu). Sygnał, już stosunkowo czysty sinus z wyjścia U2B, dostępny jest w prawym kanale gniazdka JACK 3,5mm.

Czwarta sekcja poczwórnego wzmacniacza operacyjnego TL074 została wykorzystana do generowania napięcia referencyjnego na poziomie połowy napięcia zasilającego. Ostatnim obwodem generatora wymagającym opisu jest stabilizator U1 LM317. Stabilizator U1 jest opcjonalny i nie jest potrzebny przy zasilaniu generatora ze stabilnego źródła napięcia o wartości 12–14V. Wykorzystanie U1 będzie konieczne, gdy zasilimy generator z zasilacza niestabilizowanego. Wtedy U1 będzie działał ochronnie dla układów cyfrowych, których napięcie zasilania nie powinno przekraczać 16V. Napięcie na wyjściu U1 ustalają elementy R1 i R2. Zamontowanie U1 daje jeszcze jedną korzyść. Budowa układ LM317 pozwala uzyskać napięcie o znikomych tętnieniach, co pozytywnie wpływa na jakość generowanego sygnału.

Montaż i uruchomienie

Przy ręcznym wykonaniu dwustronnej płytki (rysunek 6, fotografia 1) w pierwszej kolejności należy zalutować przelotki. Podczas montażu elementów SMD należy zaopatrzyć się w dobrą pęsetę i lutownicę z wąskim grotem. W ostatniej kolejności montujemy elementy przewlekane: układ U3 i złączki. Końcówki CD4060 trzeba lutować też do górnej warstwy. Napięcie zasilające na wyjściu U1 powinno wynosić około 13,8V. Jeśli zrezygnujemy z LM317, należy zewrzeć zwróć B1.

Układ prawidłowo zmontowany ze sprawnych elementów od razu będzie pracował. Aby się

o tym przekonać, mierzymy sygnał na wyjściu. W przypadku prezentowanego modelu na wyjściu pojawił się ładny sinus o częstotliwości 1000,018Hz (rysunek 7). Jakość sygnału można oszacować oscyloskopem z analizą FFT, ale tylko bardzo zgrubnie, z uwagi na małą rozdzielczość przetwornika, zwykle 9-bitów. W modelu odstęp pomiędzy składową 1kHz a pozostałymi harmonicznymi wynosi -44dB (rysunek 8), czyli niewiele mniej niż 1%.

Generator został zbudowany w dwóch różnych egzemplarzach, różniących się rozłożeniem masy. Oddzielenie części cyfrowej od analogowej ma służyć polepszeniu jakości sygnału. W celach eksperymentalnych można sprawdzić wpływ tzw. pętli masy poprzez zamknięcie mostka zaznaczonego kółkiem na fotografii 2.

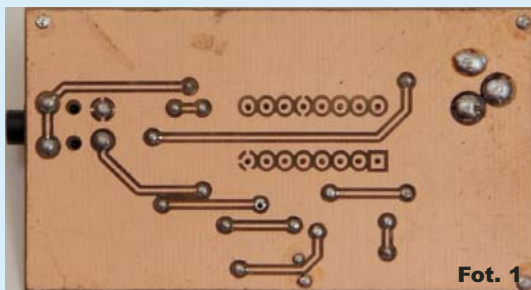
Zbudowanie dwóch egzemplarzy urządzenia pozwoliło także na sprawdzenie współpracy układu CD4060 z rezonatorem kwarcowym 16MHz. Maksymalna częstotliwość pracy zależy od napięcia zasilania. Drgania wzbudzały się przy 10V, co jednak nie musi być regułą, stąd napięcie zasilania 13,8V.

Michał Stach

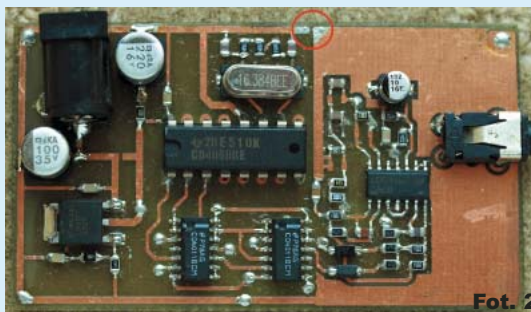
michal.stach@elportal.pl

Od Redakcji.

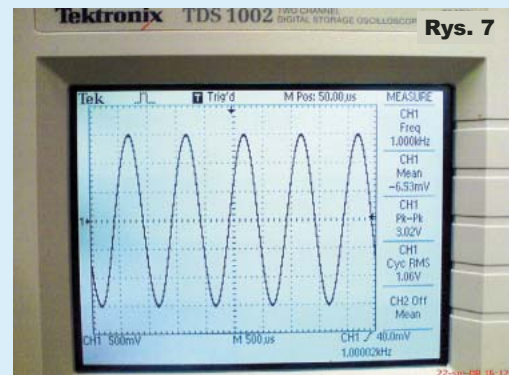
W tego typu generatorach kluczowym problemem jest przenikanie wyższych harmonicznnych z części cyfrowej do analogowej. Uzyskane zniekształcenia harmoniczne rzędu 1% zdecydowanie nie są satysfakcjonujące. W zaproponowanym układzie nie można radykalnie zredukować harmonicznnych. Dla uzyskania akceptowalnego poziomu zniekształceń należy części cyfrową i analogową wykonać na oddzielnych płytkach, zaekranować je starannie i niezależnie zasiląć. Wystarczy wtedy generator przebiegu prostokątnego, z ewentualnym wstępnym filtrem LP w części cyfrowej. Do analizy harmonicznnych można wykorzystać komputer (laptop) z dobrą kartą dźwiękową. Warto przeprowadzić takie eksperymenty!



Fot. 1



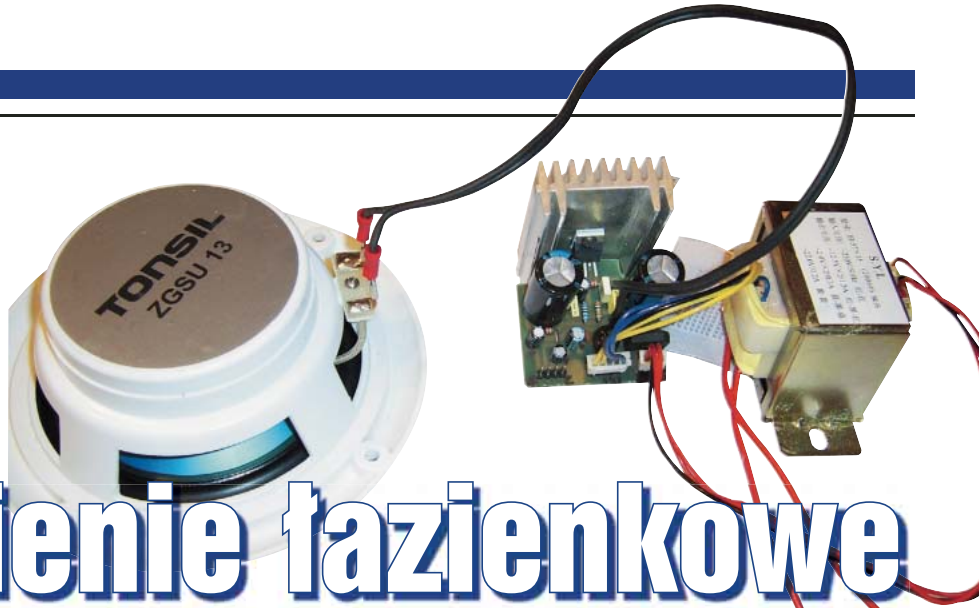
Fot. 2



Rys. 7

Wykaz elementów

R1	1,5kΩ (0805)	C7,C8	10nF (0805)
R2	150Ω (0805)	C9,C10	nie montować
R3	100Ω (0805)		(patrz tekst)
R4,R5	4,7kΩ (0805)	C11,C12	22pF
R6,R7	nie montować	C13	10μF/16V
	(patrz tekst)	C14	470pF (0805)
R8	330kΩ (0805)	C15	22nF (0805)
R9-R11	1,5mΩ (0805)	C16	2,2nF (0805)
R12	150kΩ (0805)	D1,D2	1N4148
R13	820Ω (0805)	U1	LM317
R14	10kΩ (0805)	U2	TL074
R15-R17	47kΩ (0805)	U3	CD4060
R18-R20	15kΩ (0805)	U4,U5	CD4011
R21	47kΩ (0805)	Q1	16,384MHz
C1-C4	100nF (0805)	J1	gniazdo POWER 5,5mm
C5	100μF/35V	J2	gniazdo jack 3,5mm stereo
C6	100μF/16V		



Nagłośnienie łazienkowe

Łazienka to miejsce, gdzie każdego dnia spędzamy trochę czasu. Dlatego nie umilił sobie tego, słuchając muzyki? Niestety tradycyjne urządzenia elektroniczne są w łazience narażone na działanie wilgoci. Ponadto zwykłe radioodtwarzacze, podłączone do sieci, mogą stwarzać zagrożenie dla użytkowników. Na rynku nie ma praktycznie żadnych urządzeń fabrycznie przeznaczonych do słuchania muzyki w łazience. W tym artykule przedstawiam moje rozwiązanie tego problemu.

Opis układu

Zasadniczą częścią systemu jest moduł pełniący funkcję zasilacza oraz wzmacniacza akustycznego. Wszystkie elementy elektroniczne tego modułu zostały umieszczone na jednej płytce, której schemat pokazany jest na **rysunku 1**, a rozkład ścieżek i elementów na **rysunku 2**. Złącze Z1 służy do dołączenia symetrycznego napięcia 2x12V z podwójnego uzwojenia transformatora. Napięcie to zostaje wyprostowane na mostku Gretza (M1) oraz odfiltrowane kondensatorami C3 i C4. Służy ono do zasilania scalonego wzmacniacza mocy US1 (TDA2030). Równolegle do elektrolitycznych kondensatorów C3 i C4 zastosowałem również małe odsprężające kondensatory C5 i C6 – zgodnie z notą katalogową układu. Sygnał akustyczny ze złącza Z3 poda-

wany jest na wejście nieodwracające układu US1 poprzez kondensator C1 oraz rezystor polaryzujący R1. Wejście odwracające kostki US1 wykorzystane jest w pętli sprzężenia zwrotnego (wzmocnienie ustalone jest rezystorami R2 i R3). Kondensator C2 odfiltrowuje najniższe częstotliwości (stanowiąc zwarcie dla tych wyższych). Równolegle do wyjścia wzmacniacza dołączony jest obwód Boucherota (C7, R4), zabezpieczający przed samowzbudzeniem wzmacniacza na wysokich (ponadakustycznych) częstotliwościach.

Osobną częścią tego modułu jest dodatkowy zasilacz 3V dla źródła sygnału. W swojej konstrukcji zastosowałem nietypowy chiński transformator, który oprócz symetrycznego uzwojenia 2x12V ma również dodatkowe 4V. Właśnie to napięcie, podane na złącze Z2, wykorzystałem w zasilaczu dodatkowym. Po wyprostowaniu na mostku M2 oraz odfiltrowaniu przez kondensator C9 napięcie (4Vx1,44) jest podane na stabilizator US2 (low drop-out), a następnie zostaje wyprowadzone na złącze Z3. Dzięki galvanicznemu rozdzielaniu mas wzmacniacza i zasilacza pomocniczego chciałem uniknąć potencjalnych problemów z pętlą masy.

Uruchomienie prototypu układu odbyło się jednak z drobnym problemem. Zasilacz

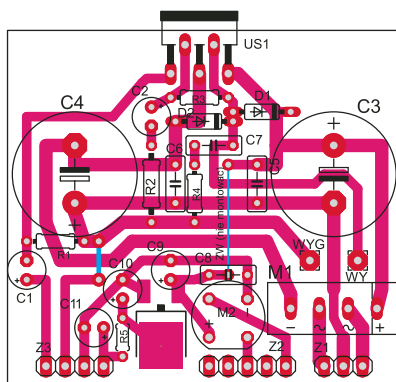
pomocniczy generował przydźwięk sieciowy. Zwiększanie pojemności filtrujących nie wpłynęło na poprawę. Brum zważyłem, stosując dodatkowy filtr CRC (elementy C10, R5, C11), co spowodowało spadek napięcia z 3,3V na 2,9V.

Montaż i uruchomienie

Montaż modułu wzmacniacza/zasilacza jest klasyczny. Jedyne stabilizator US2 w wersji SMD należy przylutować po stronie ścieżek. Na układ scalony US1 trzeba bezwzględnie zastosować radiator. Przewód głośnikowy można przylutować bezpośrednio do płytki.

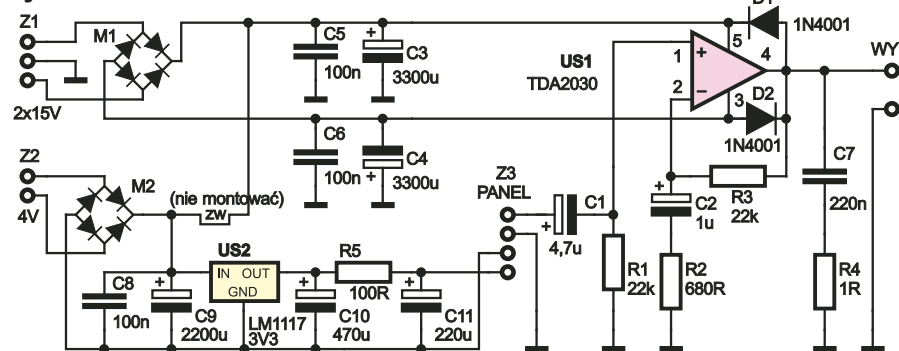
A sam pomysł łazienkowego nagłośnienia powstał, gdy w trakcie remontu łazienki hydraulicy wykuli w pionie kanalizacyjny spórą dziurę. Powstała wolna przestrzeń, która prosiła się o wykorzystanie. Do wspomnianego otworu wmontowałem skrzynkę poskręcaną z odpornej na wilgoć płyty OSB. Skrzynię tę z przodu zlicowałem ze ścianą, a na jej frontowej ścianie przygotowałem otwór o średnicy dostosowanej do wielkości głośnika. Wykorzystałem specjalny głośnik łazienkowy odporny na wilgoć, który ma membranę wykonaną z polipropylenu (a nie z celulozy) oraz zintegrowaną z koszem estetyczną maskownicę z tworzywa sztucznego. W skrzyni na głośnik umieściłem moduł wzmacniacza-zasilacza oraz transformator zasilający (**fotografia 1**).

Do skrzyni instalacją podtynkową doprowadziłem napięcie zasilające ~230V. Zasilanie



Rys. 2

Rys. 1

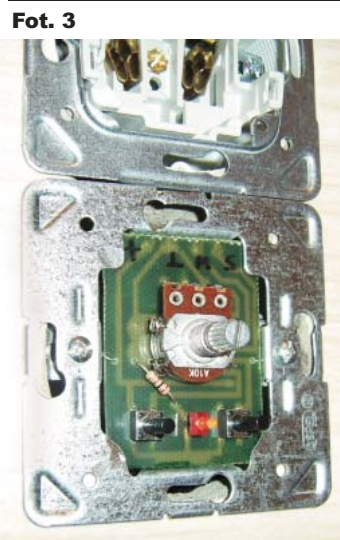


Fot. 1





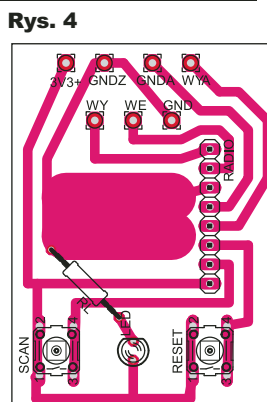
Fot. 2



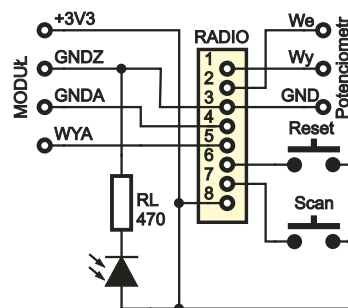
Fot. 3



Fot. 4



Rys. 4



Rys. 3

jest załączane wyłącznikiem naściennym zintegrowanym w tzw. ramce instalacyjnej podtynkowej wraz z wyłącznikami oświetlenia oraz gniazdem przyłączeniowym ~230V. Jedną z puszek tej ramki przeznaczyłem na źródło sygnału. Puszka została połączona podtynkowo podwójnym przewodem ekranowanym ze złączem Z3 modułu opisanego powyżej. W ten sposób w łatwo dostępnym miejscu mamy do dyspozycji napięcie zasilające 3V oraz wejście wzmacniacza. Do zastosowanej ramki instalacyjnej dostępne są zaślepki. Zaślepka może służyć jako baza do zamontowania źródła sygnału audio – np. małego odtwarzacza mp3. Ja wykorzystałem chińskie kieszonkowe radyjko. Odbiorniki takie są tanie, ale zwykle bardzo kiepskiej jakości. Użyty przeze mnie egzemplarz jest jednak wyjątkowo udany – nie ma problemów z czystym odbiorem i selektywnością. **Fotografia**

2 prezentuje obudowę i wnętrze użytego radyjka oraz oryginalną zaślepkę do ramki. Do radia dorobiłem nowy panel sterujący, na którym znalazły się przyciski sterujące, kontrolka działania – dioda LED oraz potencjometr do regulacji głośności.

Panel sterujący zamontowałem w ramce, a połączone z nim radyjko umieściłem wewnątrz puszkę instalacyjnej. Metalową obudowę potencjometru przylutowałem do płytki za pośrednictwem kawałków drutu. Dzięki temu gwint montażowy potencjometru pozostał wolny i mogłem go wykorzystać do przykręcenia pokrywy – zaślepki (w której wywierciłem wcześniej odpowiednie otwory

Wykaz elementów

Rezystory

R1	22kΩ
R2	680Ω
R3	22kΩ
R4	1Ω
R5	100Ω

Kondensatory

C1	4,7μF/16V
C2	1μF/50V
C3,C4	2200-3300μF/25V
C5,C6,C8	100nF
C7	220nF
C9	2200μF/16V
C10,C11	220-470μF/10V

Półprzewodniki

M1	mostek 2KBP 4A
M2	mostek okrągły 1A
D1,D2	1N4001
US1	TDA2030 lub TDA2050
US2	LM1117 3,3V SMD

Pozostałe

Złącza goldpin
Radiator dla układu US1 np. A-5793 L=7cm lub inny
Transformator 2x12V 20-40W z ewentualnym dodatkowym uzwojeniem wtórnym 5-9V (uwagi w tekście)
Głośnik sufitowy tizenkowy 4Ω (lub 8Ω)

na elementy sterujące). Zamontowany panel radia (z i bez zaślepki) widoczny jest na **fotografiach 3 i 4**. Schemat panelu sterującego jest pokazany na **rysunku 3**, a płytka na **rysunku 4**.

Propozycje zmian

Problemem może być zdobycie odpowiedniego transformatora z dodatkowym uzwojeniem. W przypadku posiadania transformatora toroidalnego uzwojenie to można dowieść we własnym zakresie. W innym przypadku można podebrać napięcie dla stabilizatora US2 z kondensatora C5. Należy wtedy (i tylko wtedy!) zamontować zworę ZW oraz zewrzeć dwa środkowe piny złącza Z3. Nie należy za to montować mostka M2 oraz kondensatorów C8 i C9.

Ponadto scalony wzmacniacz TDA2030 można zastąpić kostką o nieco większej mocy np. TDA2050. W takim przypadku nie trzeba montować diod zabezpieczających D1 i D2.

Slawomir Węgrzyn
bsw@poczta.onet.pl

Zapraszamy do sklepów na Wolumenie!

01-912 Warszawa, ul. Wolumen 53

pawilon 44

RCS ELEKTRONIK rezystory, kondensatory, elementy SMD

tel: 22 835 55 22

pawilon 66

FIRMA PIEKARZ półprzewodniki, przekaźniki, narzędzia, układy cyfrowe, radiatory

tel: 22 633 28 45

Włącznik dotykowy

Obecnie coraz więcej urządzeń wyposażonych jest w dotykową klawiaturę, która jest ciekawą alternatywą dla tradycyjnych przycisków. Postanowiłem poeksperymentować z tego typu konstrukcjami wykorzystującymi zmienną pojemności, która następuje w momencie przyłożenia palca do układu. Z tego właśnie powodu powstało prezentowane urządzenie, które przez dotknięcie płytki czujnika, służy do włączania/wyłączania dowolnego urządzenia, np. lampki biurkowej. Ze względu na zakłócenia, układ nie nadaje się do sterowania urządzeniami, których niekontrolowane włączenie/wyłączenie może być niebezpieczne (np. kuchenka elektryczna).

Opis układu

Schemat ideowy układu znajduje się na **rysunku 1**. Najważniejszą częścią jest mikrokontroler ATtiny13. Bada on pojemność „przycisku” poprzez pomiar opóźnienia układu RC tworzonego przez rezystor R1 i kondensator CX1. Steruje także przełącznikiem (poprzez tranzystor T1) i diodą LED, która sygnalizuje stan urządzenia. Dioda D1 zabezpiecza tranzystor przed przepięciami od przełącznika. Program został napisany w języku C i można go ściągnąć z Elportalu. Mikrokontroler ustawia jedynkę logiczną na wejściu obwodu RC i

czeka, aż pojawi się ona na wyjściu. Czas, jaki upłynie, jest mierzony przez 8-bitowy Timer0 z preskalerem ustawionym na 1. Wprawdzie otrzymany wynik będzie modulo 256 (jeśli zmierzy 257, to otrzymamy wynik 1), ale nie ma to znacznego wpływu na pracę urządzenia. Następnie zmierzona wartość jest porównywana ze zmienną *srednia* i jeżeli jest większa, to znaczy, że do czujnika został przyłożony palec. Między kolejnymi próbami układ odczekuje około pół sekundy. W celu wyeliminowania zakłóceń, aby zostało stwierdzone dotknięcie, dwa kolejne testy muszą wykazać wynik pozytywny. Urządzenie ma też prostą autokalibrację. Po każdym pomiarze jest liczona średnia arytmetyczna z wartości zmiennej *srednia* i aktualnego wyniku pomiaru. Z nią porównuje się wynik następnym razem. Dzięki temu układ jest bardziej odporny na zmiany środowiska zewnętrznego oraz można eksperymentować z różnymi konstrukcjami „przycisków”.

Montaż i uruchomienie

Układ został zamontowany w pająku, a „przycisk” został zrobiony z dwustronnego laminatu, w którym ścieżki zostały wryte przy użyciu wiertarki modelarskiej. W środku czujnika został zrobiony otwór, w który od spodu została włożona dioda LED SMD. Zapewnia to ciekawy efekt podświetlania przycisku. Na wierzchnią stronę płytki został naklejony

Wykaz elementów

R1	1MΩ
R2	1kΩ
R3	1kΩ (w przycisku) SMD
CX1	10pF
D1	1N4933
Q1	BC547
LED1	dioda LED SMD (w przycisku)
IC1	ATtiny13
K1	przełącznik TF18A 5V

kawałek folii do rzutnika, który zapewnia izolację między użytkownikiem a układem. Po uruchomieniu układ powinien działać od razu. Jeżeli tak się nie dzieje, można spróbować zmienić początkową wartość zmiennej *srednia*, a jeśli to nie pomoże, należy dobrać inną wartość kondensatorem CX1. Układ należy zasilać napięciem stałym 4,5V do 5,5V pochodzącym z zasilacza. Układ działa

także zasilany z baterii, ale tylko w pobliżu pracujących urządzeń (np. komputera).

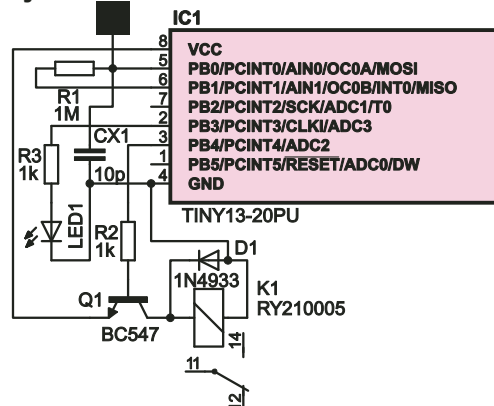
Możliwości zmian

Układ można rozbudować, na przykład zwiększając liczbę przycisków. Do sterowania kilku czujników można spróbować wykorzystać jedno wyjście i kilka obwodów RC, podłączonych do różnych wejść mikrokontrolera. Prezentowane rozwiązanie nadaje się również jako część większego projektu. Program (po niewielkich zmianach) powinien działać na większości mikrokontrolerów AVR, mających ośmiobitowy timer oraz pamięć RAM. Wiele ciekawych materiałów na temat klawiatur dotykowych można znaleźć na stronie firmy Atmel (atmel.com).

Filmik przedstawiający działanie układu:
http://www.youtube.com/watch?v=v5dDk9zr_38

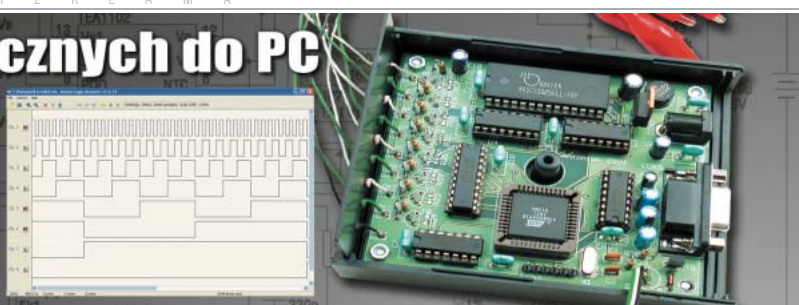
Rafał Kozik
 kozikr@lo5.bielsko.pl

Rys. 1



Analizator stanów logicznych do PC AVT389

www.sklep.avt.pl



ZASILACZE

Zasilacze impulsowe stabilizowane



Kod handlowy	Napięcie wyjściowe [V]	Max prąd wyjściowy [A]	Końcówki	Cena [PLN]
ZAS IMP UNIW	3; 4.5; 6; 7.5; 9; 12V	1.2A	6 końcówek	25,-
ZAS1196-0605	5V	1.3A	2.1/5.5	29,-
ZAS1381-1005-W2E	5V	2A	2.1/5.5	29,-
ZAS1308-1505	5V	3A	2.1/5.5	44,-
ZAS1308-1809	9V	2A	2.1/5.5	44,-
ZAS12V/1.2A	12V	1.2A	2.5/5.5	12,-
ZAS1512-W2E	12V	1.25A	2.1/5.5	21,-
ZAS1308-2412	12V	2A	2.1/5.5	40,-
ZAS12V/2A	12V	2A	2.1/5.5	32,-
ZAS12V/3.5A	12V	3.5A	2.1/5.5	35,-
ZAS1183-6012	12V	5A	2.5/5.5	50,-
ZAS12V/10A	12V	10A	kostka	95,-
ZAS12V/16.5A	12V	16.5A	kostka	110,-
ZAS1308-2415	15V	1.6A	2.1/5.5	45,-
ZAS1308-2424	24V	1A	2.1/5.5	44,-

Zasilacze modułowe*

Kod handlowy	Napięcie wyjściowe [V]	Max prąd wyjściowy [A]	Moc [W]	Cena [PLN]
ZAS SPS-G015-12	12V	1.25A	15W	57,-
ZAS SPS-G025-12	12V	2.1A	25W	75,-
ZAS SPS-035-12	12V	2.9A	35W	85,-
ZAS SPS-S060-12	12V	5A	60W	100,-
ZAS SPS-S100-12	12V	8.3A	100W	156,-



* Napięcie wejściowe 85~264 VAC lub 120-375 VDC

Zasilacze laboratoryjne

Kod handlowy	Napięcie wyjściowe [V]	Max prąd wyjściowy [A]	Wyświetlacz	Cena [PLN]
ZASLAB-TEL5	0 ÷ 30V	0 ÷ 3A	LCD	400,-
ZASLABORAT5	1 ÷ 36V	0 ÷ 3A	LCD	415,-
ZASLABORAT19	0 ÷ 30V	0 ÷ 5A	LED	304,-
ZASLABORAT1	0 ÷ 30V	0 ÷ 5A	LCD	430,-
ZASLABORAT16 (potrójny)	2 x 0 ÷ 30V 5V	2 x 0 ÷ 5A 3A	LED	597,-
ZASLABORAT17	0 ÷ 60V	0 ÷ 5A	LED	450,-
ZASLABORAT11	0 ÷ 30V	0 ÷ 20A	LED	669,-
ZASLABORAT6	0 ÷ 16.4V 0 ÷ 27.6V 0 ÷ 36.8V	0 ÷ 5.1A 0 ÷ 3.1A 0 ÷ 2.3A	LED	560,-
ZASLABORAT8 (podwójny)	2 x 0 ÷ 32V	2 x 0 ÷ 5A	LED	820,-



Zasilacze sieciowe do laptopów

Kod handlowy	Napięcie wyjściowe [V]	Max prąd wyjściowy [A]	Końcówki	Cena [PLN]
ZASNOT18.5V/3.5A-1 (HP)	18.5V	3.5A	4.8/1.7	36,-
ZASNOT19V/3.42A-3 (Asus)	19V	3.42A	2.5/5.5	36,-
ZASNOT19V/4.22A-2 (Samsung)	19V	4.22A	3.5/5.0 z pinem	46,-
ZASNOT19V/4.74A (Asus)	19V	4.74A	2.5/5.5	46,-
ZASNOT24V/2A (Apple)	24V	2A	2.5/5.5	36,-



Lampy CCFL i EEFL

część 2

W rubryce *Porady koleżeńskie* prezentowane są różnorodne materiały, dotyczące dowolnej dziedziny elektroniki, nadsyłane przez Czytelników, którzy chcą podzielić się swoim doświadczeniem.

Materiały do tej rubryki (i ewentualne pytania w tej sprawie) należy nadsyłać na adres redakcja@elportal.pl

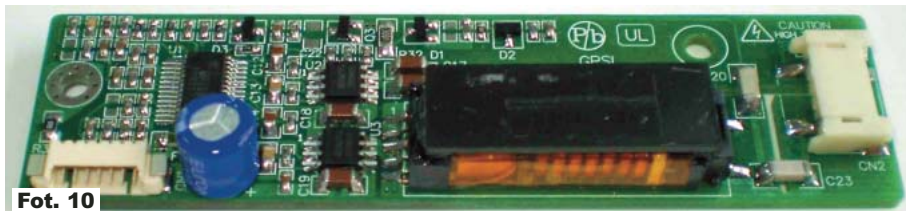
Przed miesiącem, w tej rubryce omówione były świetlówki oraz lampy CCFL i EEFL. Lampy takie są zasilane za pośrednictwem specjalizowanych przetwornic, zwanych inwerterami.

Inwertery

Typowy inwerter dla lamp CCFL i EEFL zamienia niskie napięcie stałe (zwykle 3...12V), rzadziej napięcie zmienne sieci 230V 50Hz, na napięcie zmienne o napięciu kilkudziesięciu do 2000V i częstotliwości kilkudziesięciu kiloherców. Do zapłonu lamp potrzebne jest napięcie od kilkuset do ponad tysiąca woltów, natomiast podczas normalnej pracy napięcie z przetwornicy wynosi kilkadziesiąt woltów. Ponieważ lampy wyładowcze, w tym także lampy CCFL, mają ujemną rezystancję, więc muszą być sterowane ze źródeł o ograniczonej wydajności prądowej. Mogą to być proste przetwornice o dużej rezystancji wewnętrznej, tak zaprojektowane, żeby napięcie bez obciążenia było odpowiednio wysokie i by pod obciążeniem spadało do potrzebnej wartości. Mogą to też być zdecydowanie bardziej skomplikowane układy z obwodami kontroli napięcia oraz prądu obciążenia.

Większość inwerterów do lamp CCFL i EEFL to przetwornice indukcyjne, gdzie kluczowym elementem jest transformator podwyższający. W pierwszej części artykułu na fotografii 4 przedstawiony był inwerter o bardzo prostej konstrukcji. **Fotografia 10** pokazuje współczesny klasyczny inwerter CCFL o rozmiarach 92x25x9,4mm z transformatorem.

W praktyce jeden transformator zasilą jedną, najwyżej dwie lampy CCFL. Do zasilania większej liczby lamp CCFL stosowane są wielokanałowe inwertery, gdzie każda lampa (lub pary lamp) CCFL ma oddzielny obwód sterowania. **Fotografia 11** przedstawia 12-



Fot. 10

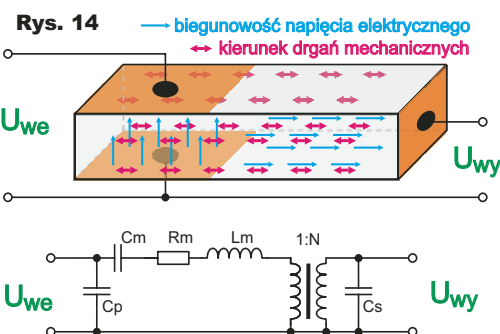
kanałowy inwerter CCFL z klasycznymi transformatorami.

Natomiast kilka jednakowych lamp EEFL, połączonych równolegle może być bez problemu zasilanych z pojedynczego wyjścia jednego inwertera. Dlatego nie spotyka się wielokanałowych inwerterów EEFL, a tylko pojedyncze – przykład na **fotografii 12**.

Oprócz inwerterów – przetwornic indukcyjnych, wykorzystywane są też inwertery z transformatorem piezoelektrycznym. **Fotografia 13** pokazuje takie inwertery CCFL (niemieckiej firmy DATA MODUL). Nie mają one klasycznego transformatora podwyższającego, tylko właśnie...

Transformator piezoelektryczny

Podstawą działania transformatora piezoelektrycznego jest proste oraz odwrotne zjawisko piezoelektryczne, oba odkryte pod koniec XIX wieku. Najpierw odkryto, że niektóre materiały pod wpływem nacisku i odkształcenia wytwarzają napięcie elektryczne. Potem odkryto zjawisko odwrotne, że pod wpływem napięcia elektrycznego niektóre materiały ulegają odkształceniu. Dziś znanych jest wiele materiałów piezoelektrycznych, ale w większości z nich skala opisanych zjawisk jest zbyt mała, by mogła być wykorzystana w praktyce. Niemniej już w latach 30. XX wieku odkryto materiały, które znalazły liczne praktyczne zastosowania; m.in w połowie lat 50.

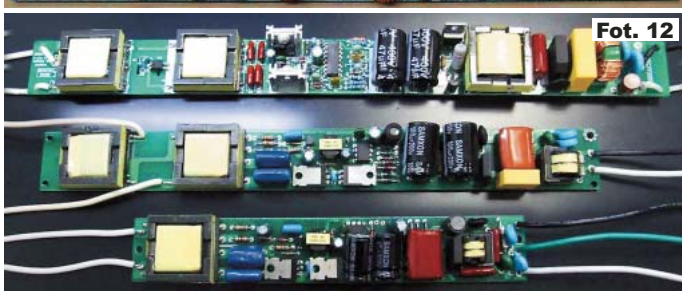


Charles A. Rosen zgłosił patent na **transformator piezoelektryczny** – *piezoelectric transformer*, w skrócie PT. Czasem spotyka się też skrót PZT, ale może on wprowadzać w błąd, ponieważ ten skrót znacznie częściej określa rodzaj ceramiki piezoelektrycznej.

Zasada działania transformatora piezoelektrycznego jest bardzo prosta: zmienny przebieg elektryczny, doprowadzony do materiału piezoelektrycznego, powoduje jego drgania – wibracje. Wykorzystane jest tu tzw. odwrotne zjawisko piezoelektryczne, czyli zamiana energii elektrycznej na mechaniczną. Te mechaniczne drgania przenoszą się na (niezasilaną) resztę materiału piezoelektrycznego. I w tym drgającym materiale zachodzi proste zjawisko piezoelektryczne, czyli zamiana energii mechanicznej na elektryczną. W zależności od parametrów, w tym geometrycznych, można uzyskać napięcie wyjściowe większe lub mniejsze od wejścio-



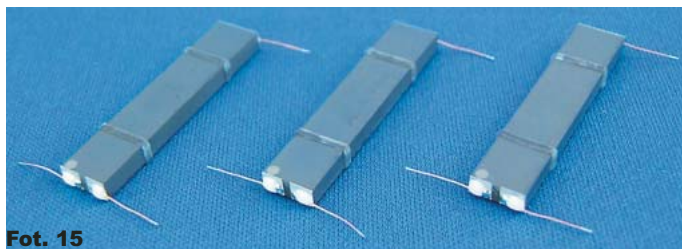
Fot. 11



Fot. 12



Fot. 13



Fot. 15

wego, czyli element zachowuje się jak transformator.

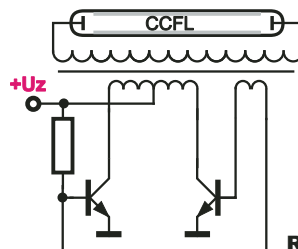
Budowę transformatora piezoelektrycznego według koncepcji Rosena pokazuje rysunek 14 oraz fotografia 15. Wejściowe napięcie elektryczne podawane jest na część sztabki, gdzie występuje tak zwane *poprzeczne zjawisko piezoelektryczne*. Poprzeczne, bo napięcie elektryczne dołączone jest tu „pionowo”, a wytwarzane są drgania mechaniczne w osi poprzecznej – poziomej. Te drgania obejmują też pozostałą część sztabki, zbudowaną z materiału, gdzie występuje *podłużny efekt piezoelektryczny*, gdzie wytwarzane napięcie (kierunek polaryzacji) jest zgodne z kierunkiem drgań (naprężeń). Przy takiej budowie napięcie wyjściowe jest dużo większe od wejściowego. W największym uproszczeniu można byłoby uznać, że tyle razy większe, ile razy większa jest długość sztabki od jej wysokości.

Zaproponowano też różne inne koncepcje budowy transformatorów piezo. Trwają na przykład próby budowy tanich i skutecznych obniżających transformatorów piezo, do sterowania diod LED. Jednak do dziś najczęściej wykorzystywana jest koncepcja Rosena, która znajduje zastosowanie m.in. w inwerterach do lamp CCFL i EEFL. Fotografia 16 pokazuje 18-kanalowy inwerter CCFL z transformatorami piezoelektrycznymi.

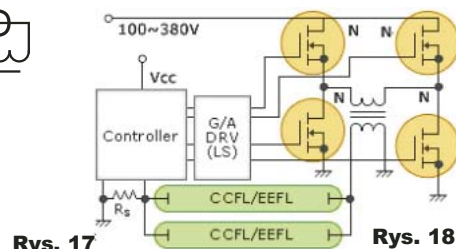
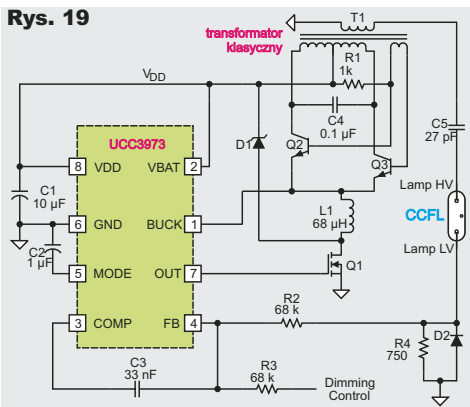
Transformator piezo zawsze jest transformatorem rezonansowym i prawidłowo pracuje tylko w wąskim zakresie częstotliwości, zależnym od rozmiarów płytki. Jako układ rezonansowy na wyjściu daje zawsze napięcie sinusoidalne; zasadniczo powinien też pracować przy wejściowym sygnale sinusoidalnym. W inwerterach do omawianych lamp pracują transformatory piezo o częstotliwościach od kilkudziesięciu do stukilkudziesięciu kiloherców, a ich przekładnia wynosi od kilkudziesięciu do nawet kilkuset. Istotną zaletą jest brak pola magnetycznego, przez co transformatory piezoelektryczne generują zdecydowanie mniejsze zakłócenia niż klasyczne.



Fot. 16



Rys. 19



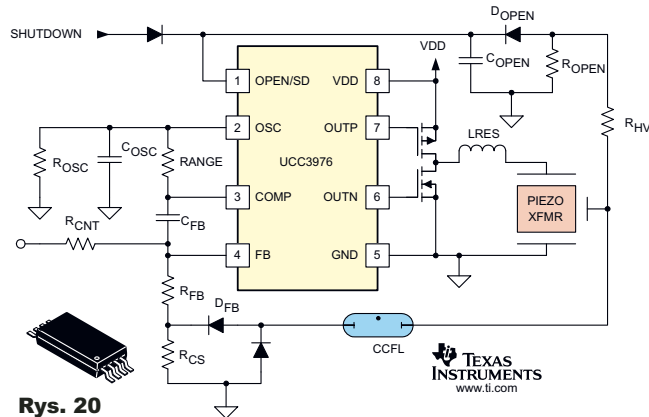
Rys. 17

Rys. 18

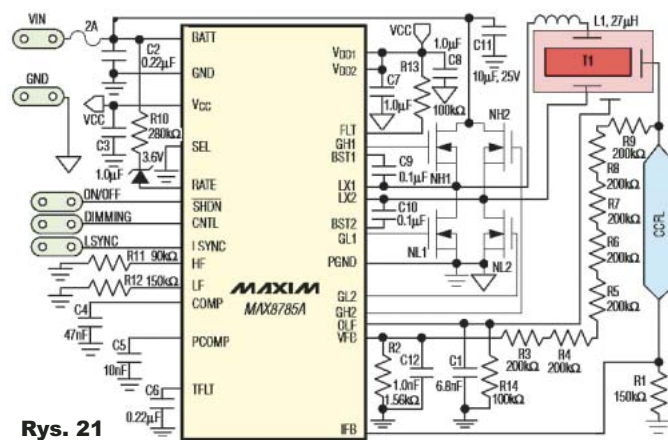
Schematy inwerterów

Do zasilania lamp CCFL i EEFL należy wykorzystywać dedykowane do nich inwertery. Właśnie z uwagi na to, że parametry inwertera powinny być dopasowane do wielkości i właściwości lampy, nie warto „bawić się” w szukanie schematu i samodzielną budowę inwertera. Po pierwsze koszt będzie wyższy, niż zakup inwertera fabrycznego, a po drugie, inwerter o niedobrych parametrach może zmniejszyć żywotność lampy lub nie wykorzystać jej możliwości. Samodzielnej budowy inwerterów można podjąć się tylko w ramach eksperymentów.

Jeśli ktoś posiada transformatory piezo, może je też wykorzystać do zupełnie innych celów, np. w zasilaczach wysokiego napięcia AC i DC czy w jonizatorach. Najprostsze inwertery mogą być zbudowane według idei z rysunku 17. Rysunek 18 pokazuje ideę budowy bardziej złożonego inwertera, gdzie mostek czterech MOSFET-ówysterowuje transformator i gdzie prąd lamp jest monitorowany przez pomiar napięcia na szeregowym rezystorze Rs. Produkowane są specjalizowane układy scalone do inwerterów. Rysunki 19 i 20 pokazują aplikacje specjalizowanych sterowników Texas Instruments, przeznaczonych do współpracy z transformatorami klasycznymi i



Rys. 20



Rys. 21

piezoelektrycznymi. Rysunek 21 przedstawia układ aplikacyjny MAXIM MAX8785A, też przeznaczony do współpracy z transformatorami piezoelektrycznymi.

Natomiast do zwykłych świetlówek zaświecanych na gorąco produkowane są jeszcze inne scalone sterowniki, np. IRS2158D.

Leszek Potocki