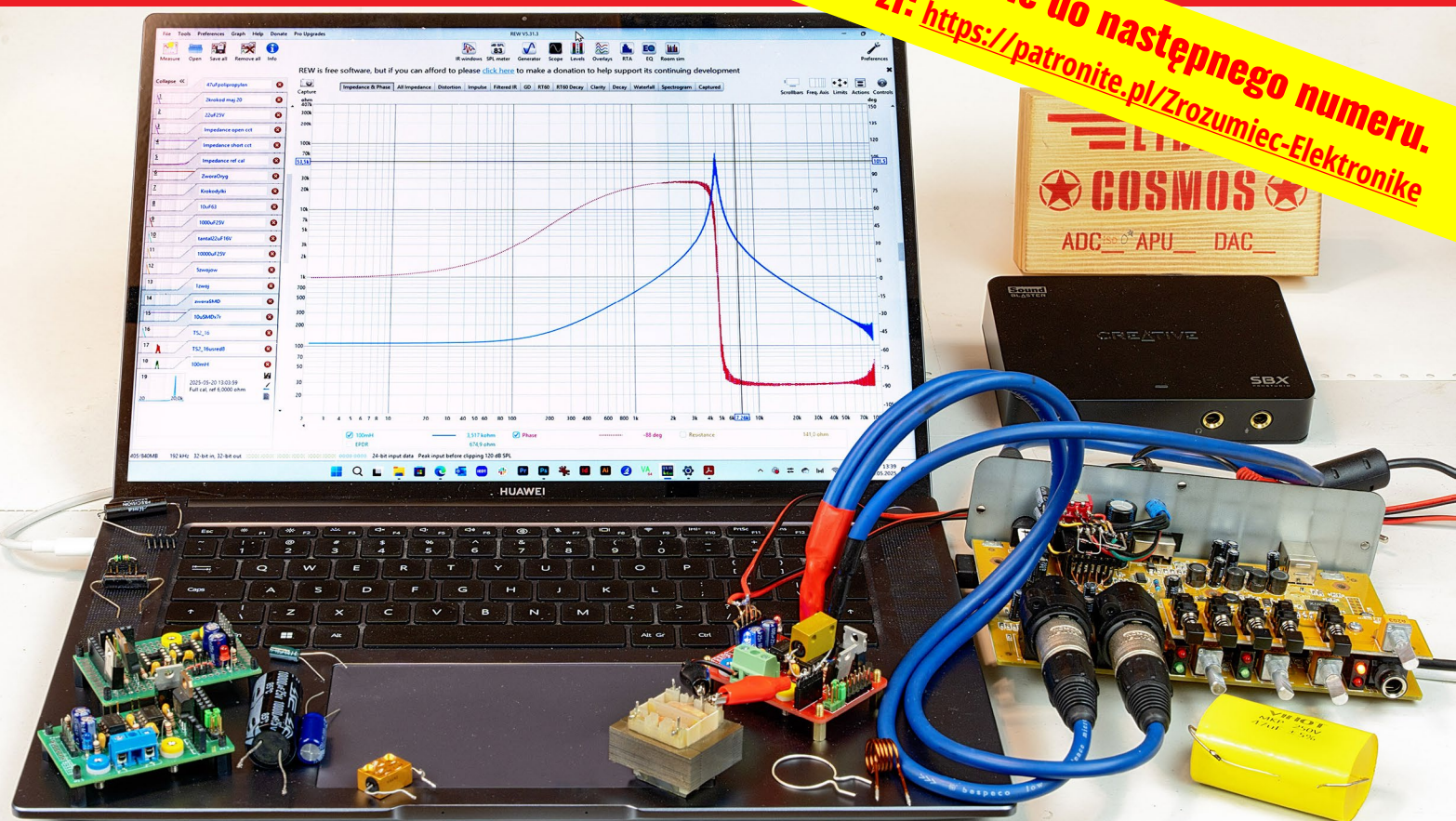
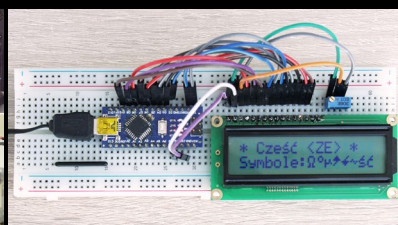
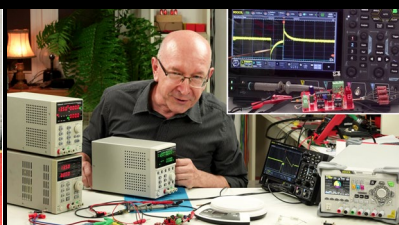
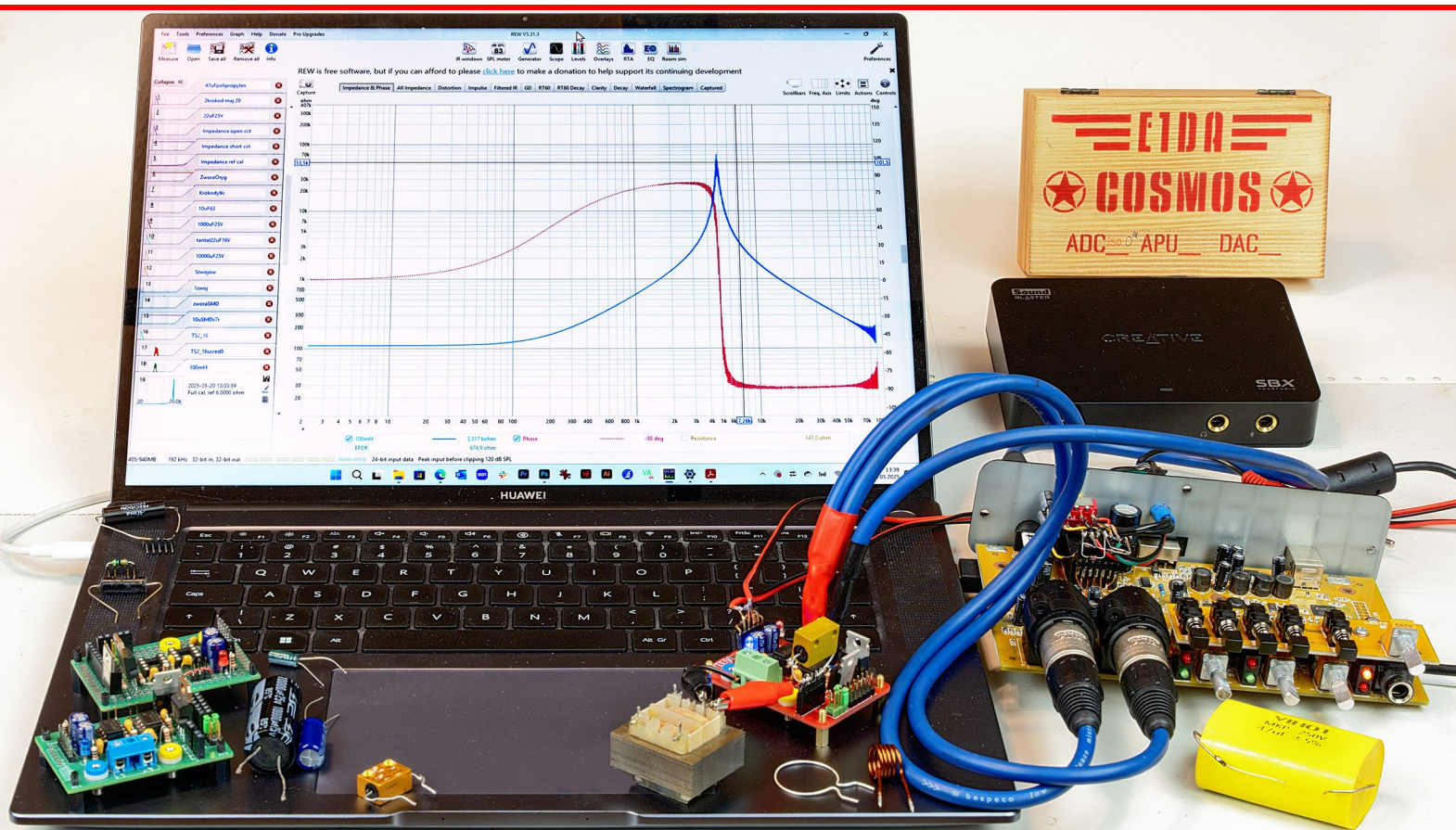




Przystawka do precyzyjnego pomiaru impedancji

- Mały liniowy zasilacz: Ogranicznik prądu • Realizacja amatorskich wzorców pojemności DIY
- Wyświetlacze 7-segmentowe LCD • Dr Frankenstein Project – stanowisko energetyczne
- Prawidłowe wykorzystanie i ładowanie akumulatorów • Moja droga do okiełznania szybkich sygnałów
- Wybór optymalnego zasilacza laboratoryjnego • Alfnumeryczne moduły LCD – definiowanie fontów





Przystawka do precyzyjnego pomiaru impedancji

Artykuł jest przeznaczony głównie dla nieco bardziej zaawansowanych elektroników i pokazuje, jak za pomocą niedrogiej komputerowej karty dźwiękowej oraz prostej przystawki precyzyjnie mierzyć impedancję elementów i obwodów w zakresie częstotliwości, od pojedynczych herców nawet do 100 kHz.

Miernik LCR czy miernik impedancji?
Idea pomiaru impedancji z kartą audio
Rozważania projektowe

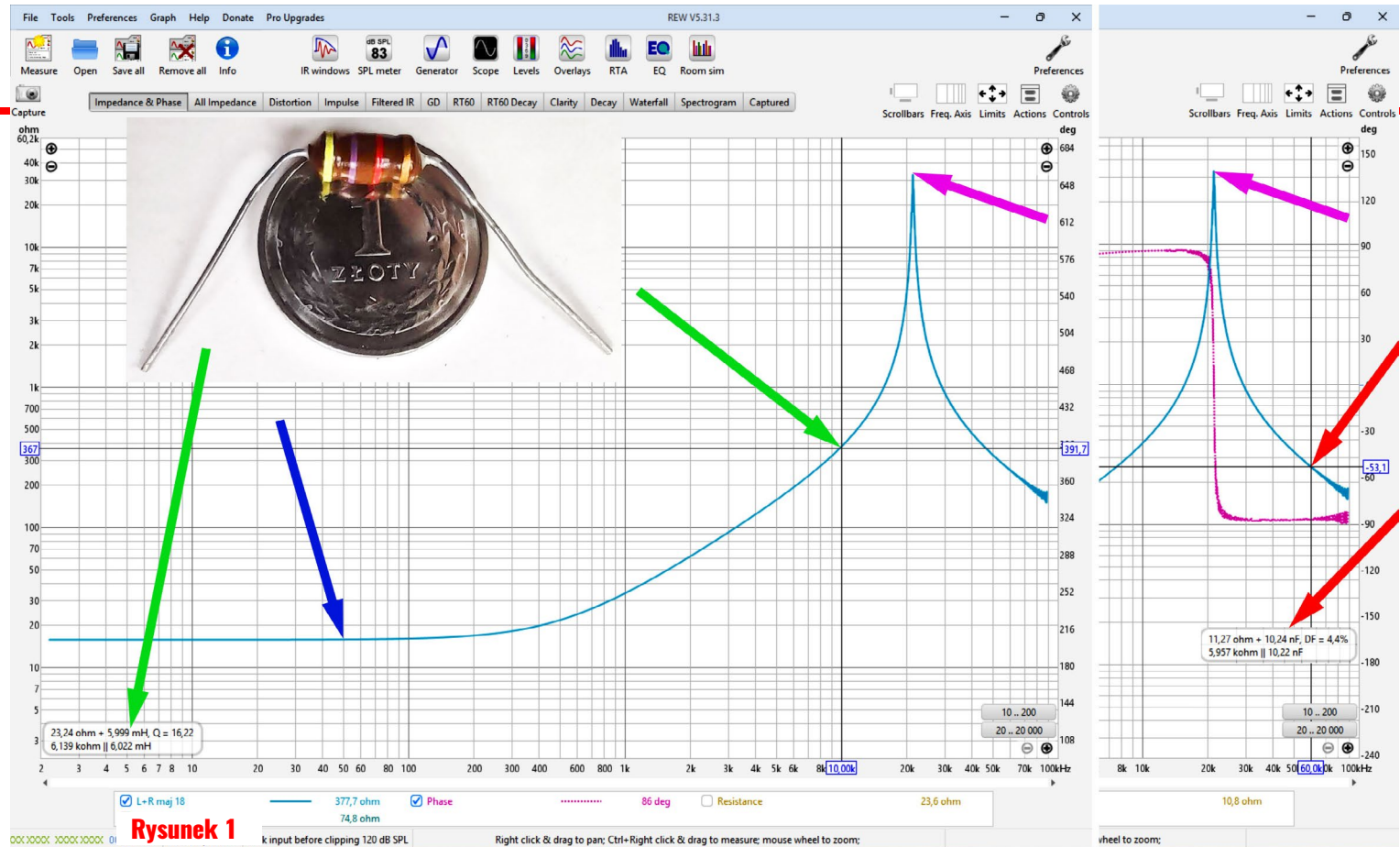
Programy komputerowe
Wykorzystanie programu REW

Wielu elektroników pyta, który tani miernik pozwoli dokładnie mierzyć pojemność i indukcyjność? Pytają, jaki miernik RLC (LCR) warto kupić?

W dwóch filmach: <https://youtu.be/OMBY3TpwxU> oraz https://youtu.be/aKW_AestKBI, a zwłaszcza w czterech artykułach ([Q027](#), [M024](#), [M025](#), [M026](#)) wyczerpująco przedstawiłem amatorskie testery i mierniki pojemności. Opisałem bardzo interesujące historie trzech rodzin przyrządów, które mogą mierzyć pojemność i indukcyjność. Podkreślałem też bardzo mocno, że są to konstrukcje amatorskie i mają liczne wady. Tymczasem wyobraźnię wielu

hobbystów rozpała informacja, że niektóre chińskie przyrządy (np. XJW01) mogą mierzyć z dokładnością 0,3%, czyli rewelacyjną, jak na dokładność pomiaru pojemności i indukcyjności.

Owszem, jest to możliwe, ale pod kilkoma warunkami. Natomiast główny problem jest inny. Otóż naiwne jest wyobrażenie, że indukcyjność i pojemność realnych elementów jest stała. Powyższa fotografia tytułowa prezentuje pomiar impedancji elementów indukcyjnych i uzyskane na ekranie charakterystyki pokazują poważny problem z określeniem indukcyjności takich elementów.



Problem pomiarów indukcyjności i pojemności dokładniej sygnalizuje **rysunek 1**, pokazujący wynik pomiaru małej cewki – dławika o nominalie 4,7 milihenra za pomocą zestawu widocznego na fotografii tytułowej. Wykorzystałem opisywaną wcześniej kartę Behringer UMC202HD (w wersji nieprzerobionej), darmowy program komputerowy REW oraz swojej roboty przystawkę (czerwona płytki), której dwie inne wersje też widać na fotografii tytułowej (zielone płytki z lewej strony).

Na rysunku 1 niebieska linia to przebieg oporności – modułu impedancji w zakresie częstotliwości od 2 herców do około 90kHz. Naprawdę rewelacyjny program REW pozwala ustawić kursor (dwie skrzyżowane linie) w dowolnym punkcie charakterystyki i wtedy w okienku na dole z lewej strony ekranu można odczytać dodatkowe informacje, w tym indukcyjność lub pojemność przy wybranej częstotliwości. To nie jest artykuł dla zupełnie początkujących, więc nie będę tłumaczył, dlaczego w okienku tym wyświetlane są dwie kombinacje wartości (model szeregowy i równoległy). W każdym razie, jak wskazują zielone strzałki, przy częstotliwości 10 kHz element ten zachowuje się jak cewka o indukcyjności 5,999 milihenra o rezystancji szeregowej 23,24 oma, czyli o dobroci $Q = 16,22$. Tu wszystko pasuje!

Problem w tym, że każda cewka ma też jakąś pojemność własną i zachowuje się jak równoległy obwód rezonansowy. I to doskonale widać na rysunku 1! Dla

ponad 20 kiloherców. Wtedy jej oporność (moduł impedancji) osiąga maksimum, wskazane fioletowymi strzałkami i jest to czysta rezystancja. Przy większych częstotliwościach moduł impedancji maleje, ale co najważniejsze, wtedy dominuje pojemność własna cewki i jej impedancja nie jest już reaktancją indukcyjną, tylko reaktancją pojemnościową. Cewka zachowuje się jak... kondensator!

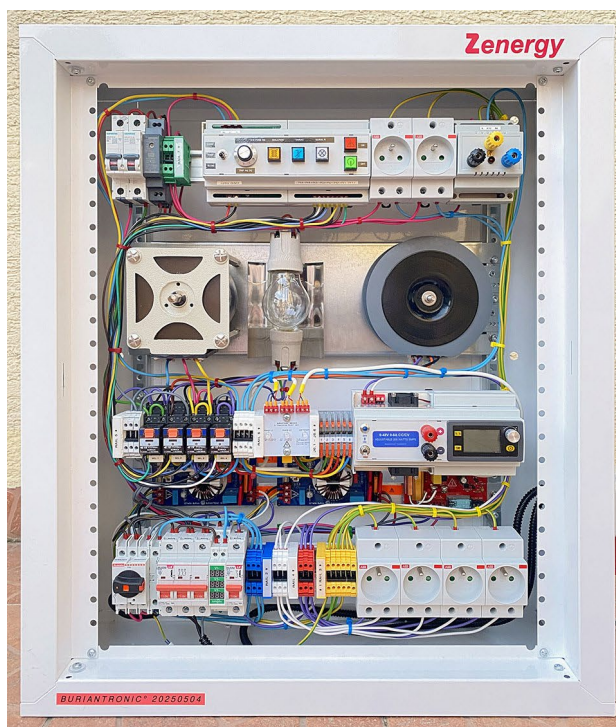
Z prawej strony rysunku 1 umieściłem fragment innego zrzutu ekranu, gdy kursor ustawiłem na częstotliwość 60,0 kHz. Czerwone strzałki pokazują, że cewka zachowuje się wtedy jak szeregowo połączenie rezystancji 11,27 Ω i pojemności 10,24 nF oraz jak równoległe połączenie rezystancji 5,957 k Ω i pojemności 10,22 nF.

Tak! Przy większych częstotliwościach realna cewka naprawdę zachowuje się jak kondensator! Świadczy też o tym fioletowa krzywa, która pokazuje przesunięcie fazowe (z jednostkami na osi z prawej strony rysunku). Poniżej rezonansu przesunięcie wynosi 90 stopni, czyli tak jak w indukcyjności. Dla rezonansu osiąga zero, czyli mamy wtedy czystą rezystancję, a powyżej rezonansu przesunięcie wynosi -90 stopni, co jest typowe dla pojemności.

Rysunek 1 świadczy o tym, że badany dławik prawidłowo pracuje w swojej roli tylko w zakresie częstotliwości mniej więcej od kilkuset herców do 20 kiloherców. Wtedy jego oporność rośnie – impedancja jest reaktancją indukcyjną. „Powyżej” zachowuje

Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.

W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.



Dr Frankenstein Project – stanowisko energetyczne (2)

Masz dosyć zasilania byle czym i byle jak testowanych urządzeń, pracujących pod napięciem sieci 230 V? Drażni Cię kłębowisko kabli i bylejakość łączonych naprędce żarówek, chroniących badany sprzęt? Czy zawsze chciałeś mieć autotransformator lub transformator bezpieczeństwa? Jeśli tak, ten artykuł jest dla Ciebie!

Moduł zasilacza DC

Moduł bezpiecznika elektronicznego

Moduł miękkiego startu

Moduł zacisków wyjściowych

Uwagi końcowe

To jest druga część artykułu przedstawiającego realizację warsztatowego stanowiska energetycznego, przeznaczonego do pracowni elektronika. W części pierwszej omówiłem całokształt konstrukcji mechanicznej i elektrycznej, zaprezentowałem też budowę zabezpieczenia przeciwprzepięciowego i filtra EMI. W tej części będzie zdecydowanie więcej elektroniki – przedstawię konstrukcję modułów zasilacza DC, układu softstartu do transformatorów oraz regulowanego zabezpieczenia nadprądowego AC.

Moduł zasilacza DC

Moduł zasilacza DC przedstawia **fotografia 8**. Ma on jak widać konstrukcję kompaktową, tzn. całość udało się zmieścić w obudowie Kradex ZD1010.

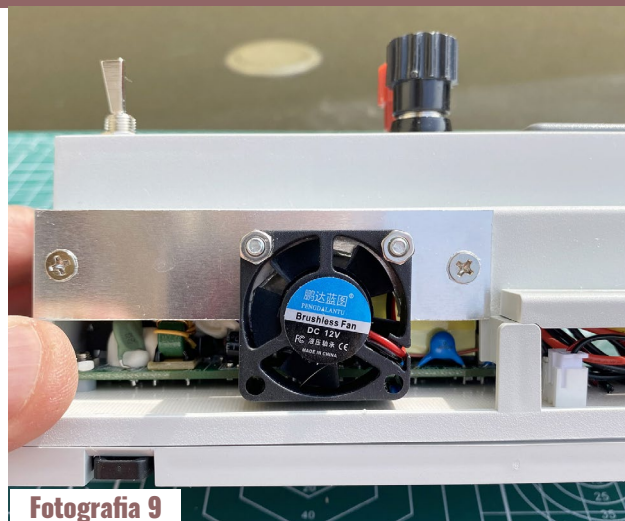


Fotografia 8

Jak na zasilacz o mocy 200 W jest to niezły wynik, bo obudowa ma szerokość 10 modułów (177 mm), wysokość 89 i głębokość 65 mm. Zasilacz składa się z przetwornicy SMPS 48 V/200 W Mean Well (oznaczenie EPP 200/48), która nie jest co prawda tania, ale jak na tak dużą moc ma zaskakująco małe wymiary, zaledwie 100×50 mm. Płytkę przetwornicy umieszczona jest na kawałku odręcznie przygotowanego PCB i przytwierdzona do dna obudowy, natomiast przetwornica step-down jest wciśnięta w jej pokrywę. Na pokrywce obudowy umieściłem też wyłącznik sieciowy i zaciski wyjściowe.

Specyfikacja zasilacza EPP200/48 wskazuje, że dla osiągnięcia mocy 200 W konieczne jest zastosowanie chłodzenia wymuszonego, które zrealizowałem na dwóch wentylatorach 30×30. Są one umieszczone szeregowo z dwóch stron obudowy (jeden zapewnia nadmuch, drugi wydmuch powietrza). Moduł ma osobne wyjście 12 V do ich zasilania, ciekawostką jest, że napięcie to rośnie wraz ze wzrostem poboru mocy, co zapewnia regulację obrotów. Przytwierdzenie wentylatorów wymagało zastosowania dodatkowego wzmocnienia w postaci cienkich płaskowników – szczegóły widoczne są na **fotografii 9**. Trzeci wentylator jest integralną częścią przetwornicy step-down.

Sama przetwornica to bardzo popularny model, dostępny w dziesiątkach wcieleń na AliExpress. Użyta przeze mnie ma symbol XY5008, ale niewiele z tego wynika, bo ten typ bywa dostępny pod różnymi nazwami. W każdym razie, jest to bardzo mały moduł w typowej do montażu panelowego „na wcisk” obudowie, z wyświetlaczem monochromatycznym, enkoderem obrotowym do zmiany parametrów i wspomnianym wentylatorem (modele o mniejszej mocy nie są w niego wyposażone). Według producenta umożliwia uzyskanie na wyjściu do 50 V i do 8 A, ma więc mieć moc 400 W; nie wiem, ile w tym marketingu, bo porzuciłem na testowaniu jej z opisanym wyżej, dwustuwatowym zasilaczem. Muszę jednak przyznać, że byłem zaskoczony, bo można rzeczywiście „wycisnąć” z niej moc 200 W: dziesięciominutowe katowanie zasilacza żarówkami samochodowymi, nie spowodowało żadnych uchwytanych problemów, więc jak na takie maleństwo jest to bardzo dobry wynik.

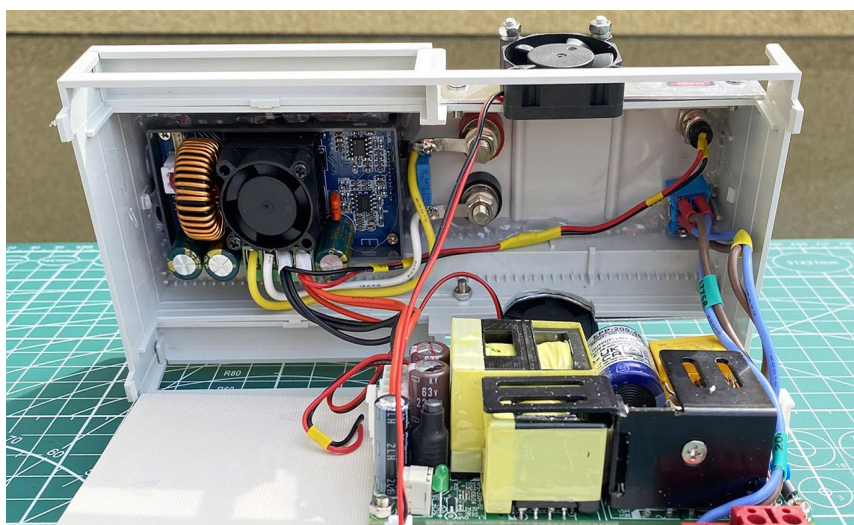


Fotografia 9

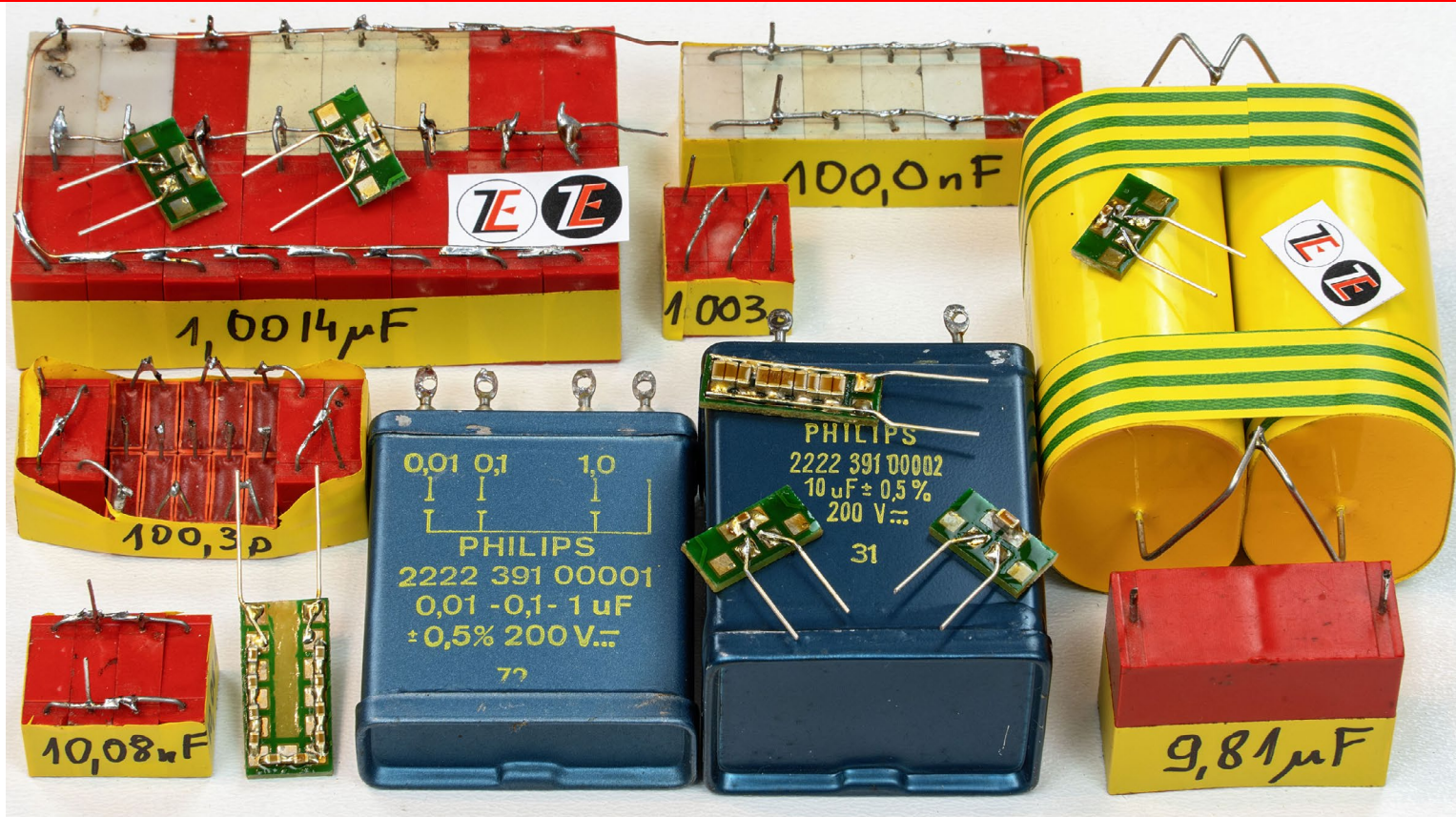
w tym ograniczenie maksymalnej mocy (przydatne z racji słabszego SMPS); nastawy są zapisywane w pamięci nieulotnej. Po ustawieniu na wyjściu zasilacza sieciowego napięcia 50 V (EPP200-48 ma możliwość jego regulacji od 45 do 50,4 V) można bez problemu uzyskać na wyjściu całego zasilacza 48 V przy prądzie ponad 4 A.

Obsługa modułu nie jest szczególnie intuicyjna, i jak to często w chińskiej elektronice no name bywa, zachowuje się on niekiedy dziwnie, np. ignoruje naciśnięcia przycisków. Nie zaryzykuję zasilania tym wynalazkiem szczególnie cennych urządzeń, ale nie taki był cel jego budowy: chodziło o szybki i łatwy dostęp do źródła prądu stałego regulowanego w możliwie szerokim zakresie. W tej roli zasilacz spełnia swoje zadanie znakomicie.

Schematu nie załączam, bo jest on banalny: dwa połączone ze sobą moduły, plus wyłącznik sieciowy na wejściu i złącza laboratoryjne z przylutowanym do nich kondensatorem 100 nF na wyjściu. Z okablowaniem tablicy moduł łączy się złączem ARK 7,5. Wnętrze urządzenia widoczne jest na **fotografii 10**.



Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE. W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.



Realizacja amatorskich wzorców pojemności DIY

Artykuł Jaki miernik RLC kupić? A jakiego nie kupować? zawierał wskazówki, na jakie tanie amatorskie mierniki pojemności i indukcyjności warto zwrócić uwagę, a w artykułach M024, M025 oraz M026 omówiłem trzy grupy przyrządów. Wszystkie są opracowane przez amatorów i do ich sprawdzenia potrzebne są jakieś wzorce.

Wzorce – w jakim zakresie pojemności?
Kondensatory styroleksowe i mikowe
Okazyjnie kupione wzorce

Wykorzystanie kondensatorów ceramicznych
Porównawcze testy pojemności
Laboratoryjne sprawdzenie pojemności

W artykule Amatorskie wzorce pojemności przedstawiłem szereg informacji ogólnych o możliwościach realizacji wzorców pojemności, niezbyt wprawdzie dokładnych, ale w pełni użytecznych w pracowni hobbysty. W poniższym artykule przedstawiam szczegóły dotyczące ich realizacji oraz pomiarów.

Przypomnę też krótko, że w roli amatorskich wzorców warto wykorzystywać, nadal dość łatwo dostępne i tanie, stare krajowe kondensatory styroleksowe (polistyrenowe) KSF-022 o tolerancji 0,5%

(z literą D) lub zagraniczne KS o tolerancji 1% (F). Można też wykorzystać znacznie droższe, mikowe kondensatory srebrzone (*silver mica*), ale tylko wersje o tolerancji 1% lub lepszej.

Jest też mnóstwo stabilnych kondensatorów ceramicznych COG (NP0) o tolerancji 1%. Najprościej jest użyć wersji w obudowach THT, które nie wymagają żadnego przygotowania. A w tym artykule opisuję próbę wykorzystania tanich wersji SMD i przedstawiam wyniki moich eksperymentów.



Fotografia 1

Wzorce – w jakim zakresie pojemności?

Oczywiście najbardziej pożądane jest posiadanie nie jednego, lecz szeregu wzorców o szerokim zakresie pojemności, przykładowo w zakresie 1 pF do 100 μF, czyli obejmującym 8 dekad. W idealnym przypadku należałoby mieć dobre wzorce: 1 pF, 10 pF, 100 pF, 1 nF, 10 nF, 100 nF, 1 μF, 10 μF, 100 μF, ewentualnie też 0,1 pF.

Uwaga! Amatorskie wzorce oczywiście nie muszą mieć „okrągłych” pojemności, będących (pod)wielokrotnością liczby 10. Pojemności mogą być jakiegokolwiek, byle ich wartość była dokładnie określona. I najlepiej, żeby ich pojemności obejmowały zakres od 1 pikofarada do 100 mikrofaradów. Najłatwiej i najtaniej jest zrealizować wzorce o pojemnościach od 10 pikofaradów do 1 mikrofarada. Wzorce „mniejsze” i „większe” z reguły będą miały gorszą dokładność, ale z tym trzeba się pogodzić.

Kondensatory styrofleksowe i mikowe

W najprostszym przypadku można wprost wykorzystać zakupione na aukcjach lub w małych sklepach pojedyncze egzemplarze kondensatorów styrofleksowych o tolerancji $\pm 0,5\%$ lub $\pm 1\%$. Najczęściej oferowane są nominały w granicach od kilkadziesiąt pikofaradów do około 100 nanofaradów.

Można kupić i bezpośrednio użyć. Natomiast mniejsze i większe pojemności uzyskamy przez łączenie szeregowo i równoległe. Ja z posiadanych KSF-022 i zagranicznych KS złożyłem zestawy „dziesiętne”, pokazane na **fotografii 1**. Przy montażu takich zestawów w miarę możliwości nie należy skracać wyprowadzeń, tylko lutować ze sobą ich końce. Można też zmniejszyć nagrzewanie wnętrza kondensatora podczas lutowania, przez odprowadzenie ciepła za pomocą pincety czy szczypiec trzymających wyprowadzenie tuż przy obudowie. Ja najpierw przyjąłem, że moje zestawy mają pojemności wynikające



Fotografia 2

Okazyjnie kupione wzorce

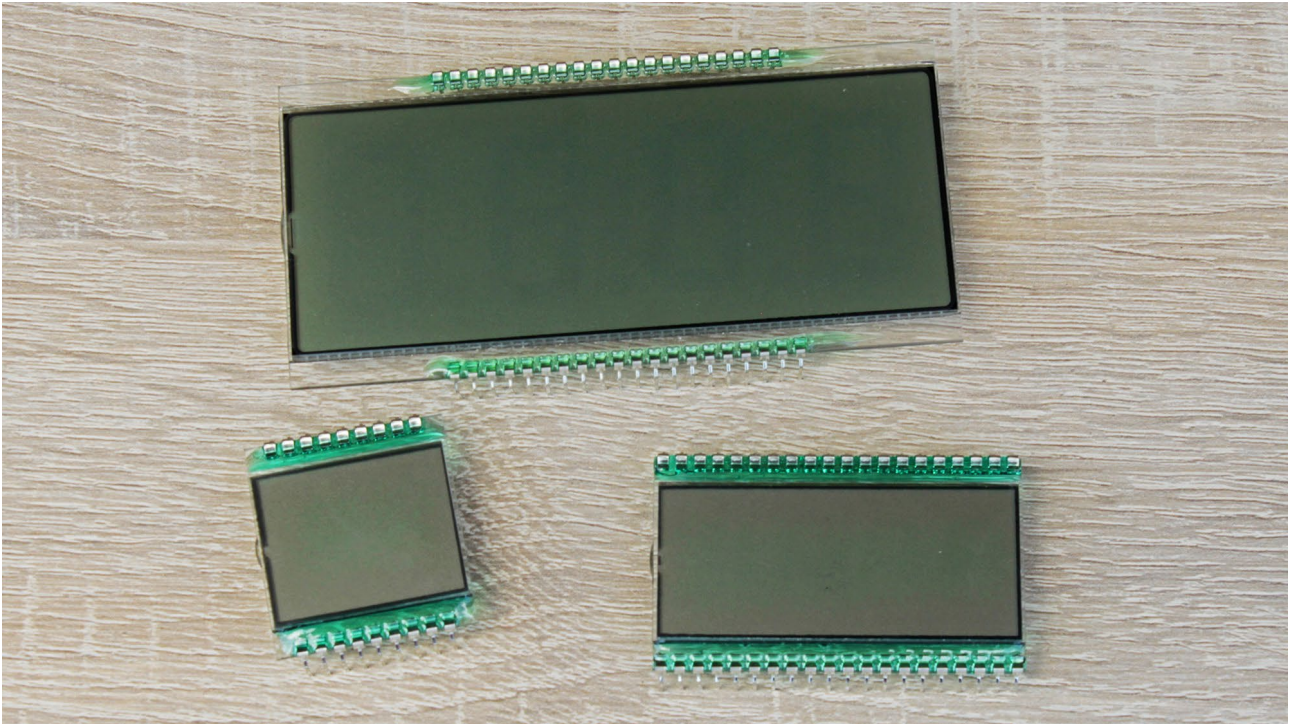
Na rynku trafiają się interesujące oferty kondensatorów o tolerancji 1% i lepszej. **Fotografia 2** przedstawia dwa porządnie wyglądające kondensatory o tolerancji $\pm 0,5\%$, które znalazłem na znanym portalu aukcyjnym w związku z przeglądem rynku, przeprowadzonym na potrzeby niniejszego artykułu. Jak widać, jeden z nich zawiera trzy kondensatory, więc za około 80 złotych (plus koszty transportu) nabyłem cztery wzorce. I co bardzo ważne – ten większy o dość dużej pojemności wynoszącej aż 10 mikrofaradów!

Od **Marka Pacuka** z Białegostoku niedawno otrzymałem w prezencie dwie dekady kondensatorowe – **fotografia 3**. Są one bardzo solidnie wykonane.



Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.

W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.



Wyświetlacze 7-segmentowe LCD

Wyświetlacze 7-segmentowe LCD nie są tak popularne jak te wykonane wersji LED. Przyczyny tego zjawiska zapewne należy szukać w większej komplikacji układowej potrzebnej do uzyskania obrazu i w jakimś stopniu można to uznać za wadę. Jednak przy tym wszystkim mają one jedną bezdyskusyjną zaletę.

Wady i zalety wyświetlaczy 7-segmentowych LCD

Budowa wyświetlacza

Działanie

Sterowanie wyświetlaczem LCD

Konkluzje

Tego typu komponenty jako elementy pozwalające zobrazować przede wszystkim informacje cyfrowe są niekwestionowanym liderem w zastosowaniach, w których istotna jest minimalizacja zużycia energii. Dlatego częściej znajdziemy je w urządzeniach zasilanych z baterii, jak choćby zegarki elektroniczne czy mierniki uniwersalne. Powodem jest fakt, że sam wyświetlacz (czyli samo „szkło”) praktycznie nie potrzebuje prądu, by dany segment cyfry był widoczny, w przeciwieństwie do LED-owych odpowiedników, gdzie każdy segment wymaga kilku mA prądu. Z tego względu trudno użyć w stosunku do tych komponentów (w wersji LCD) określenia „wyświetlacz”, gdyż one nie emitują żadnego świa-

ła. Jednak funkcjonalność zbliżona do odpowiedników LED, które rzeczywiście emitują światło, pozwala posłużyć się takim określeniem – w końcu służą do zobrazowania informacji liczbowych.

Wady i zalety wyświetlaczy 7-segmentowych LCD

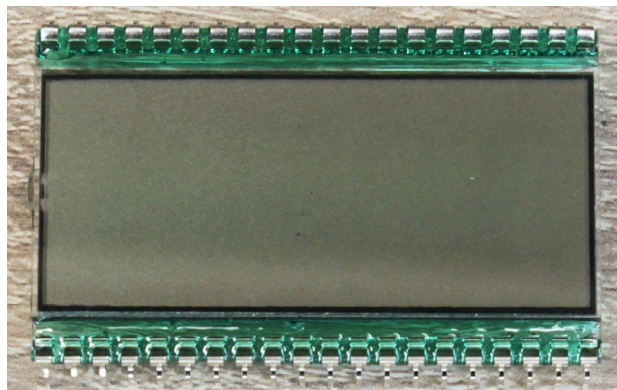
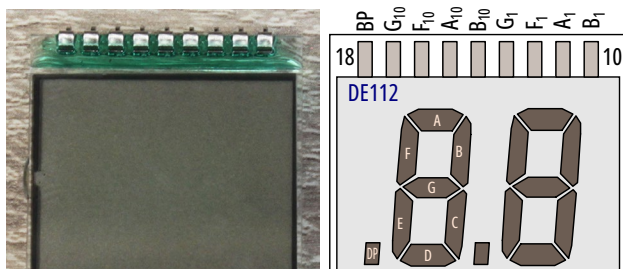
Podstawową zaletą 7-segmentowych wyświetlaczy LCD (ogólnie – elementów obrazujących informacje bez zintegrowanego z nim sterownika) jest bardzo mały pobór mocy przez sam wyświetlacz. Również jako zaletę należy wymienić możliwość wbudowania w taki wyświetlacz różnych symboli i piktogramów o dowolnym kształcie, które są traktowane jak każdy inny segment.

Mówiąc o ich zaletach, z czystej rzetelności należy wspomnieć także o wadach. Główną jest fakt, że nie emitują światła, w warunkach słabego oświetlenia są mało czytelne, toteż wymagają podświetlenia. Drugim problemem jest bardziej złożona procedura sterowania (w stosunku do wersji LED, gdzie sterowanie należy do banalnie prostych) – aby uzyskać zamierzony obraz konieczne są układy pośredniczące. Nie bez znaczenia jest również to, że są wykonane ze szkła, a te jak wiadomo można potłuc (wyświetlacza LED jeszcze nie udało mi się potłuc).

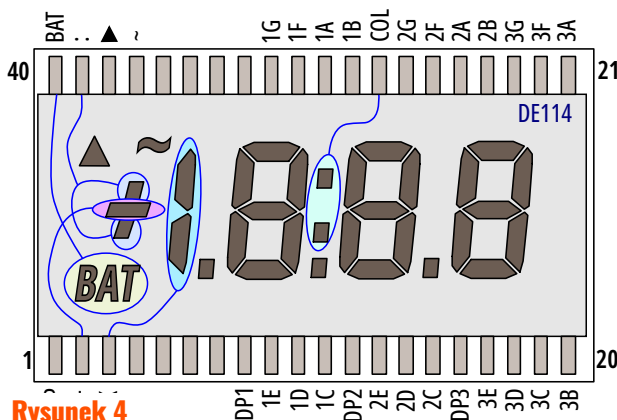
Budowa wyświetlacza

Opisując budowę można posłużyć się pewną analogią do wyświetlaczy LED, gdzie ileś segmentów z wyświetlacza jest połączonych do jednego wyprowadzenia (przykładowo wspólna anoda) oraz drugi koniec każdego segmentu jest wyprowadzony niezależnie. Coś podobnego można dostrzec w wersji LCD. Typowy wyświetlacz (gdzie liczba segmentów nie jest zbyt duża) zawiera jedną wspólną elektrodę tła, oznaczaną w literaturze jako **BP** (ang. **Back Plane**), oraz po jednej elektrodzie na każdy segment. Przy większych wyświetlaczach (w sensie większej liczby obsługiwanych segmentów) jest więcej wyprowadzeń tła (sygnałów BP) i obsługa ich bardziej już przypomina metodę multipleksową. Wręcz klasycznym przykładem może być alfanumeryczny moduł wyświetlacza LCD, gdzie każdy znak to małe kilkadziesiąt pikseli, a znaków może być nawet 80. Daje to liczbę wyrażoną w tysiącach niezależnie sterowanych segmentów (pikseli). Tego typu wyświetlacze sterowane są inaczej, a obecnie skupimy swoją uwagę na „małych” wyświetlaczach (z jednym BP). Najprostszym, popularnym i łatwo dostępnym jest dwucyfrowy (**fotografia 1**, **rysunek 2**). Ma on dwa wyprowadzenia elektrody tła BP (połączone wewnętrznie, nie jako BP dla cyfry dziesiątek i jedności) oraz poszczególne segmenty obu cyfr (łącznie z segmentami kropek).

Zaprezentowany wyświetlacz (rysunek 2) w sensie funkcjonalności jest identyczny, jak odpowiednik bazujący na diodach świecących, dysponuje jedynie



Fotografia 3



Rysunek 4

segmentami cyfr (wraz z ewentualnym segmentem kropki). Do tego zestawu często dodawane są inne elementy obrazujące odpowiednie symbole, których trudno szukać w wyświetlaczach LED. Często są one dedykowane do określonych zastosowań, jak przykładowo widoczny na **fotografii 3** i **rysunku 4**. Ten raczej niesie ze sobą skojarzenie z wykorzystaniem go w miernikach. Bazując na tym modelu również możliwe jest zbudowanie zegara (pokazującego godziny w systemie 12-godzinny). Ostatecznie można go użyć do pokazania informacji liczbowej z zakresu 0...1999 (ewentualnie ze znakiem minus przed liczbą).

Działanie

W dużym (ale wystarczającym) uproszczeniu, wyświetlacze LCD działają wykorzystując zmiany polaryzacji światła przez ciekłe kryształy pod wpływem pola elektrycznego. Ciekłe kryształy, umieszczone między dwiema szklanymi płytkami, zmieniają swoją orientację pod wpływem pola elektrycznego (wywołanego wystąpieniem napięcia między elektrodami), co wpływa na przepuszczanie lub blokowanie światła. Dzięki temu możliwe jest kontrolowanie, które obszary ekranu będą jasne, a które ciemne i utworzenie w ten sposób obrazu. Elektroda wspólna BP

Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.

W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.



Mały liniowy zasilacz: Ogranicznik prądu

Oto szósty artykuł serii pokazującej, jak elektronik dla swej ogromnej satysfakcji może zaprojektować i zrealizować niewielki zasilacz liniowy do swojej pracowni. Omawiam obszernie najtrudniejszy w praktyce problem ograniczników prądu, ryzyko samowzbudzenia oraz nieuniknione kompromisy.

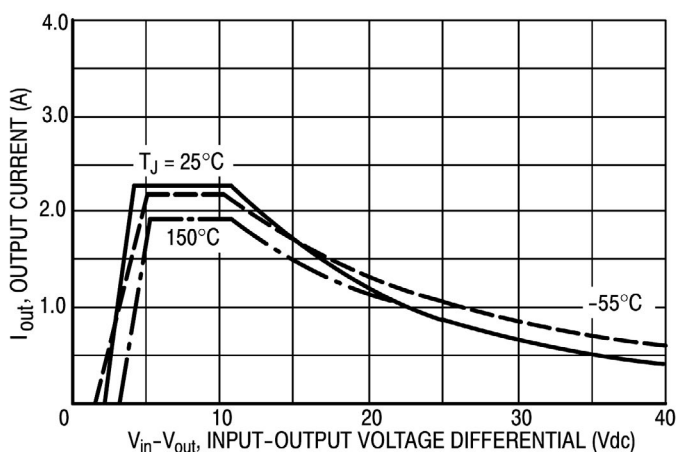
Stabilizator - ogranicznik prądu
Wielozakresowy ogranicznik prądu

Niedoskonałości ogranicznika prądu

W poprzednich artykułach tej serii podałem wszystkie informacje, potrzebne do zaprojektowania i zrealizowania prostego liniowego zasilacza regulowanego z kostką LM317. Teraz, zgodnie z zapowiedzią, zajmiemy się kwestią ograniczania prądu, a potem problemem pomiaru napięcia i prądu.

Stabilizator - ogranicznik prądu

Scalony stabilizator LM317 (i pokrewne) ma wbudowany wewnętrzny ogranicznik prądu o charakterystykach zależnych od temperatury i różnicy napięcia U_{DO} , jak pokazuje pochodzący z katalogu **rysunek 1**.



Rysunek 1

Jak widać na rysunku, ogranicza on prąd do wartości rzędu nawet dwóch amperów, zależnie od warunków pracy. Przy wzroście napięcia U_{DO} na stabilizatorze (oznaczonym $V_{in} - V_{out}$), prąd maksymalny staje się mniejszy, co jest oczywiste ze względu na wzrost mocy strat cieplnych. Ale my na razie chcemy zbudować zasilacz o prądzie maksymalnym co najwyżej pół ampera. Ponadto nasz zasilacz będzie używany do rozmaitych eksperymentów, dlatego chcielibyśmy wyposażyć go w jakiś dodatkowy ogranicznik prądu, który ochroniłby w przypadku błędu nie stabilizator, tylko zasilane układy i zawarte w nich delikatne elementy.

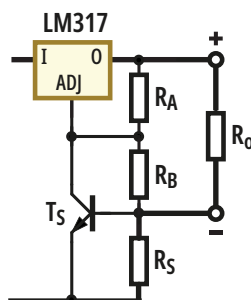
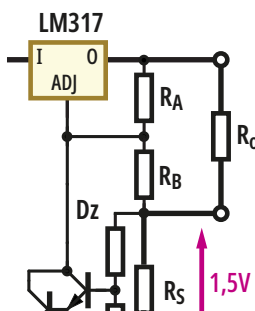
Realizacja dobrego, dodatkowego ogranicznika dla stabilizatora LM317 nie jest łatwa. W tym cyklu artykułów projektujemy „mały” zasilacz, zrealizowany z najprostszych elementów i chcemy się jak najwięcej nauczyć. Dlatego celowo pomijam możliwość wykorzystania wzmacniacza operacyjnego (wrócimy do tego w cyklu o projektowaniu „dużego” zasilacza). A na razie chcemy zbadać rozwiązania najprostsze.

Nie nadaje się tu jednak rozwiązanie według najprostszej idei z **rysunku 2**, gdzie wzrost prądu powoduje przewodzenie tranzystora T_S i zmniejszenie napięcia wyjściowego. Niestety, w taki sposób nie zmniejszymy napięcia wyjściowego LM317 do zera (a jedynie spalimy tranzystor), bowiem przy bardzo małych napięciach wyjściowych i przy zwarceniu wyjścia (rezystancji R_O) przez złącze baza – emiter tranzystora popłynie duży prąd wyznaczony przez wewnętrzny ogranicznik.

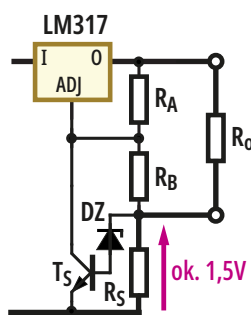
Wystarczy jednak nieco zmodyfikować taki układ, by był skuteczny. Na przykład według idei z **rysunku 3**, gdzie w obwodzie bazy warto byłoby jeszcze dodać rezystor ochronny. Albo według **rysunku 4** – wersja z rysunku 4 z rezystorami jest lepsza, bo rezystory chronią tranzystor.

We wszystkich wersjach chodzi o to, żeby tranzystor T_S został otwarty dopiero przy wystąpieniu na rezystorze R_S spadku napięcia powyżej 1,25 V, np. 1,5 V lub troszkę więcej (więcej z uwagi na napięcie nasycenia tranzystora).

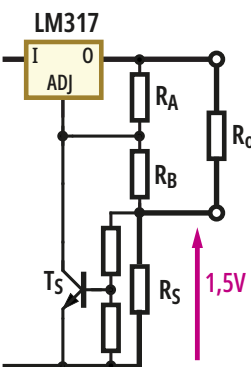
Właśnie z uwagi na duże napięcie nasycenia nie nadaje



wersja NIEskuteczna
Rysunek 2



Rysunek 3



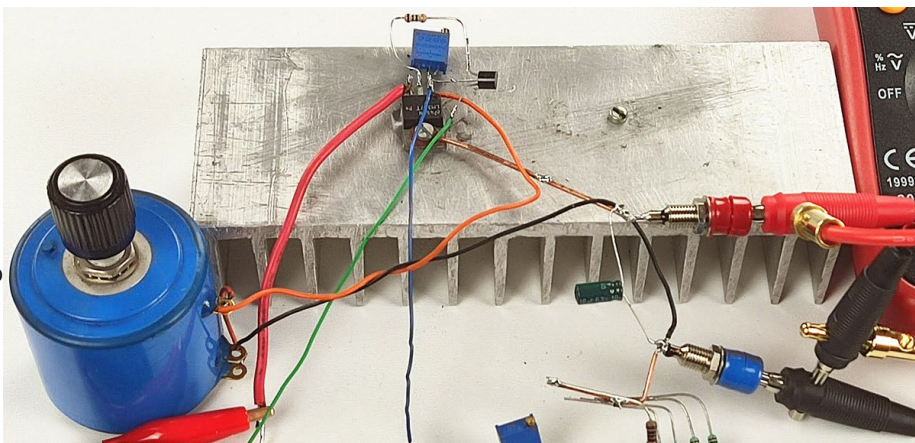
Rysunek 4

Ten prosty sposób z rysunku 4 ze zwiększonym do około 1,5 V spadkiem napięcia na R_S pozwoli zredukować napięcie wyjściowe (na R_O) do zera, czyli zrealizować skuteczny ogranicznik prądu wyjściowego, jak pokazuje **fotografia 6**. Z $R_S = 5,1 \Omega$ (cztery rezystory $20,5 \Omega$) i dobranym dzielnikiem (2 rezystory i potencjometr po $1 \text{ k}\Omega$), przy zwarceniu wyjścia amperomierzem prąd zostaje ograniczony do 300 mA.

Zwiększenie wymaganego spadku napięcia na R_S do około 1,5 V oczywiście zwiększa moc strat w R_S . Przy dużych prądach byłoby to niedopuszczalne, ale przy niedużych prądach jest całkowicie akceptowalne. Przykładowo ogranicznik 0,5-amperowy wymaga rezystora R_S o wartości około 3 omów i obciążalności co najmniej 0,75 wata. Nawet przy prądzie ograniczania 1 A jest to rozwiązanie do zaakceptowania, bowiem wymaga rezystora 1,5-omowego o obciążalności co najmniej 1,5 W.

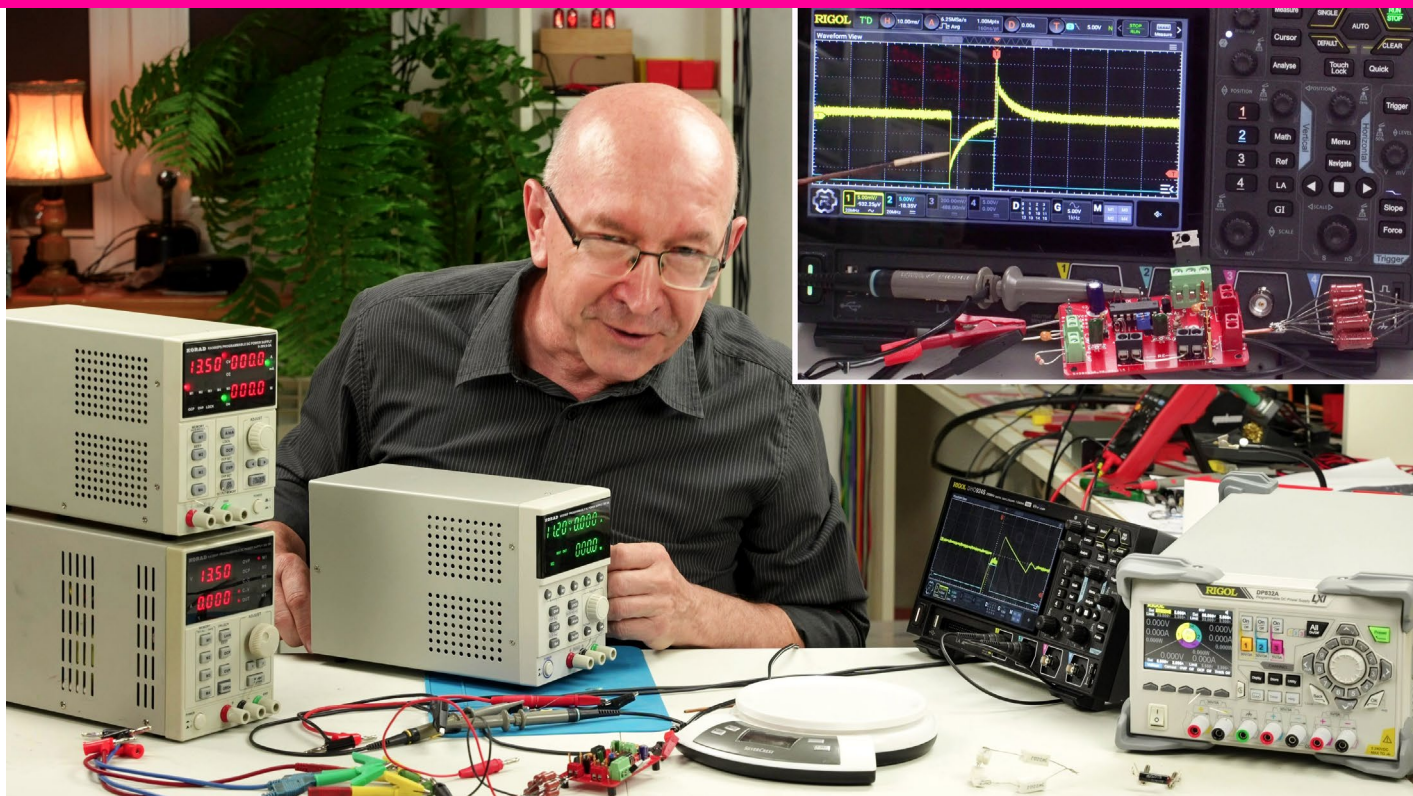
Należy jednak mieć świadomość, że nie jest to ogranicznik precyzyjny – wartość prądu ograniczania zależy też od temperatury, ponieważ napięcie U_{BE}

tranzystora T_S maleje ze wzrostem temperatury o około 2 miliwołty na stopień Celsjusza. To jednak jest jak najbardziej akceptowalne w tanim i nieskomplikowanym zasilaczu.



Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.

W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.



Wybór optymalnego zasilacza laboratoryjnego

Optymalny znaczy najlepszy. Ściślej, najlepszy z możliwych w konkretnych warunkach. Najlepszy dla danej osoby, z uwzględnieniem jej potrzeb i możliwości. W przypadku wyboru budżetowego zasilacza laboratoryjnego dla profesjonalisty lub hobbysty warto wziąć pod uwagę informacje podane w tym artykule.

Zasilacze liniowe czy impulsowe?
Nie kupuj KA3005P!

Zdecydowanie KKG305P zamiast KA3005PS!
Laboratoryjny Rigol DP832A

W tym artykule nie omawiam najdroższych zasilaczy laboratoryjnych, a tym bardziej mocno zaawansowanych urządzeń SMU (*source measure unit*). Ich ceny są rzędu kilkudziesięciu tysięcy złotych lub więcej, jak pokazuje przykład z **rysunku 1**.

Nie omawiam też najprostszych zasilaczy, które w reklamach handlowych niesłusznie nazywane są „laboratoryjnymi”, a na takie określenie z kilku względów absolutnie nie zasługują.

ITECH IT7625 ZASILACZ AC, 1PH/3PH, 4,5KVA,....

Zasilacz laboratoryjny AC 1-fazowy (maks. 300 V, 36 A, 4500 VA) lub 3-fazowy, złączami czujników i interfejsem USB, LAN, RS232 i CAN.

50 000,00 zł netto
Cena: 61 500,00 zł brutto (23% VAT)

CZYTAJ WIĘCEJ...



ROHDE&SCHWARZ NGU401 CZTEROKWADRANTOWA...

Czterokwadrantowa jednostka pomiarowa źródła, -20 V do 20 V, maks. 8 A, maks. 60 W, obciążenie elektroniczne (maks. 20 V/8 A/60 W), rozdzielczość do 1 uV / 100 pA

30 150,00 zł netto
Cena: 37 084,50 zł brutto (23% VAT)

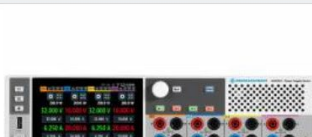
Rysunek 1

ROHDE&SCHWARZ NGU201 DWUKWADRANTOWA...

Dwukwadrantowa jednostka pomiarowa źródła, -20 V do 20 V, maks. 8 A, maks. 60 W, obciążenie elektroniczne (maks. 20 V/8 A/60 W), rozdzielczość do 1 uV / 100 pA

32 630,00 zł netto
Cena: 40 134,90 zł brutto (23% VAT)

CZYTAJ WIĘCEJ...



ROHDE&SCHWARZ NGP824-COMB ZASILACZ DC 4CH...

Zasilacz DC, 4 wyjścia, 4 x 64 V/10 A, moc 800 W; rozdzielczość 1 mV/0.5 mA.

25 540,00 zł netto
Cena: 31 414,20 zł brutto (23% VAT)

ROHDE&SCHWARZ NGM-COM2B...

Zasilacz 2 kanały; 0-20V; 6A; max 120W. Praca jako zasilacz i obciążenie.

32 190,00 zł netto
Cena: 39 593,70 zł brutto (23% VAT)

CZYTAJ WIĘCEJ...



ROHDE&SCHWARZ NGM202 ZASILACZ/OBCIĄŻENIE 2...

Zasilacz 2 kanały; 0-20V; 6A; max 120W. Praca jako zasilacz i obciążenie.

25 190,00 zł netto
Cena: 30 983,70 zł brutto (23% VAT)

Dziś bowiem „laboratoryjnymi” niesłusznie nazywane są wszelkie zasilacze, które mają regulowane napięcie wyjściowe, regulowany ogranicznik prądu oraz cyfrowe wyświetlacze napięcia i prądu. Na zdjęciach w ofertach handlowych wyglądają interesująco, jak pokazuje przykład z **fotografii 2**. Tylko nie mają praktycznie nic wspólnego z prawdziwymi zasilaczami laboratoryjnymi.

Prawdziwy zasilacz laboratoryjny po pierwsze ma bardzo dobre parametry i właściwości, o czym za chwilę, a ponadto, dziś zasilacz laboratoryjny obowiązkowo musi mieć możliwość współpracy z komputerem, co ogromnie rozszerza możliwości jego wykorzystania w laboratorium.

Dlatego **w ramach tego artykułu za laboratoryjne uznajemy tylko zasilacze z interfejsem komputerowym, oferujące i dobre parametry techniczne, i inne właściwości użytkowe.**

Zasilacze liniowe czy impulsowe?

W naszych domach praktycznie nie wykorzystujemy już klasycznych zasilaczy liniowych, zawierających ciężki transformator sieciowy. Dziś absolutnie dominują dużo tańsze zasilacze, ładowarki, przetwornice impulsowe, które zawierają leciutki transformator impulsowy, zapewniający dużą moc przy małych rozmiarach i masie.

Owszem dominują, tylko zasilacze impulsowe, zwłaszcza te niedrogie, mają dyskwalifikującą je wadę: wytwarzają rozmaite zakłócenia, a napięcie wyjściowe jest „zaśmiecone”. Realizacja „nieśmiecącego” zasilacza impulsowego w zasadzie jest możliwa, ale jest trudna i kosztowna, dlatego **nadal zasilacze laboratoryjne mają klasyczny, ciężki transformator i zawierają stabilizator liniowy.**

Natomiast budżetowe zasilacze impulsowe wprowadzie w większości spełniają wymagania „przeciwzakłóceńowych norm” EMC, EMI, ale nie nadają się do laboratorium, a nawet do pracowni hobbysty. Jest jeden wyjątek: budżetowe zasilacze laboratoryjne z klasycznym transformatorem, w większości mają stosunkowo niewielki maksymalny prąd wyjściowy, zwykle 3...5 amperów. A w laboratorium czasem potrzeba prądu rzędu 10 amperów lub więcej. Jeżeli zakłócenia impulsowe nie są kwestią krytyczną, to uzasadnionym rozwiązaniem, ale wyjątkiem, będzie wykorzystanie zasilacza impulsowego o dużym prądzie maksymalnym. Zapewne lepszego, niż prymitywna wersja pokazana na fotografii 2.

Ale to wyjątek, odstępstwo od nadal obowiązującej reguły: **zasilacz laboratoryjny ma klasyczny**



Fotografia 2

Nie kupuj KA3005P!

W ciągu ostatnich kilkunastu lat, zarówno wśród hobbystów, jak i profesjonalistów, ogromną popularność zdobyły niedrogie zasilacze KORAD KA3005D oraz KA3005P – **fotografia 3**. Odmiana KA3005P oferuje możliwość współpracy z komputerem (USB, RS232), a parametry są przyzwoite, przynajmniej w późniejszych wersjach, w których usunięto wady „wieku dziecięcego”. Od biedy można byłoby nawet bronić tezy, że jest to zasilacz laboratoryjny, ale ważniejsze jest co innego: **dziś już NIE warto kupować tej starej wersji zasilacza (KA3005P), ponieważ dostępne są modele dużo lepsze!**



Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.

W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.

Kecko (Switzerland) CC BY-SA 2.0



Prawidłowe wykorzystanie i ładowanie akumulatorów

Niewątpliwie dziś największe znaczenie mają różne odmiany akumulatorów litowych. Jednak do ich prawidłowego wykorzystania konieczna jest też wiedza na temat nadal popularnych akumulatorów kwasowych, w tym dobre zrozumienie podobieństw i różnic między akumulatorami kwasowymi i litowymi.

Akumulatory kwasowe o różnym przeznaczeniu

Akumulatory do pracy cyklicznej

Akumulatory do pracy buforowej

Ładowarki i ochrona przed przeładowaniem

Prosty i bezpieczny sposób ładowania – CCCV

Ochrona przed rozładowaniem

Nadal powszechnie mamy do czynienia z akumulatorami kwasowymi, choćby w samochodach, i na pozór są one dobrze znane. Problem w tym, że nadmiernie uproszczone wyobrażenia oraz „niedbłą” praktykę dotyczącą dość odpornych na błędy akumulatorów kwasowych niejako przenosimy na zdecydowanie delikatniejsze akumulatory litowe, a to często kończy się kłopotami, a nawet szybkim uszkodzeniem tych nowoczesnych akumulatorów litowych. Właśnie dlatego dla prawidłowego wykorzystania akumulatorów litowych niezbędna jest rzetelna wiedza na temat akumulatorów kwasowych oraz brzemiennych w skutki różnic między nimi.

Te różnice stopniowo przedstawiam w poprzednim i w tym artykule cyklu. Ostatnio omówiłem zasadę działania akumulatorów kwasowo-ołowiowych oraz wspomniałem o pracy cyklicznej i o pracy buforowej. Teraz trzeba temat rozszerzyć, ponieważ ma to ścisły związek z akumulatorami litowymi.

Dopiero zrozumienie specyfiki i różnic jasno pokazuje, dlaczego akumulatory litowe z reguły wyposażane są w tak zwane „beemesy” – BMS (Battery Management System), czyli systemy, układy zarządzania i dlaczego sens ma wtedy stosowanie tak zwanych balanserów oraz dlaczego takie „wynałazki” nie są potrzebne w akumulatorach kwasowych.

Akumulatory kwasowe o różnym przeznaczeniu

Zanim przejdziemy do różnych odmian akumulatorów litowych, konieczne jest przypomnienie i to dość obszerne, dotyczące akumulatorów kwasowych. Otóż interesują nas nie tylko akumulatory samochodowe, rozruchowe (**fotografia 1**), ale przede wszystkim akumulatory stosowane jako rezerwowe źródła energii. Są one dla nas najbardziej interesujące, bo tak pracuje mnóstwo akumulatorów litowych.

Otóż w profesjonalnych zastosowaniach eksperci dobierają akumulatory kwasowo-ołowiowe do konkretnego zastosowania, żeby uzyskać optymalne, czy też wymagane w danym przypadku parametry systemu. Często stosują kosztowne odmiany akumulatorów o specyficznej budowie wewnętrznej. Takie kosztowne akumulatory mają większą trwałość i w wielu przypadkach właśnie ich zastosowanie sumarycznie okazuje się bardziej opłacalne, niż akumulatorów tańszych, mniej trwałych.

A trwałość w danych warunkach pracy wynika ze szczegółów i solidności budowy wewnętrznej. To szeroki temat, a ten artykuł dotyczy głównie hobbystów, którzy po pierwsze nie mają specjalistycznej wiedzy, a po drugie chcieliby zrealizować swoje cele jak najtaniej, często z wykorzystaniem akumulatorów z odzysku. Niestety, często się to nie udaje!

Dlaczego? Nietrudno zauważyć, że akumulator samochodowy o danej pojemności jest zdecydowanie tańszy od „niesamochodowego” o tej samej pojemności. Wynika to między innymi z faktu, że akumulator samochodowy jest przeznaczony do pracy w stosunkowo łagodnych warunkach. Wprawdzie zmiany temperatury podczas jego użytkowania są duże, od -20°C do ponad $+40^{\circ}\text{C}$, jednak w samochodzie jest on podładowywany przez alternator i regulator, utrzymywane jest na nim wtedy napięcie około 14,4 V, a prąd oddaje niezbyt często – na pewno duży prąd przez kilka do kilkunastu sekund podczas rozruchu oraz niezbyt duże prądy podczas postoju. Natomiast podczas pracy silnika akumulator praktycznie nie pracuje.

Najważniejsze, żeby akumulator uruchomił samochód, czyli ważna jest mała rezystancja wewnętrzna, a mniej ważna jest pojemność, bo do rozruchu potrzeba niewiele energii, o czym świadczą małe prze-



Fotografia 1

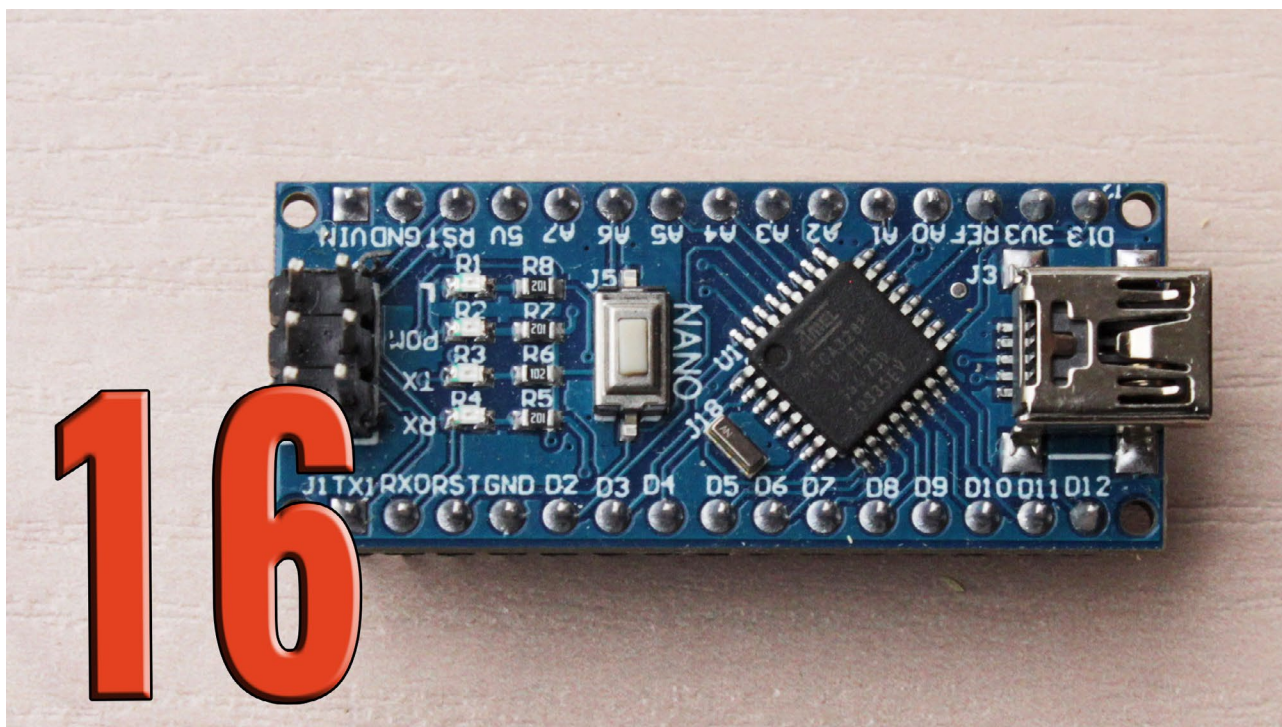
Akumulatory do pracy cyklicznej

Wprawdzie szczegóły są obszerne i skomplikowane, ale najprościej biorąc, w związku z taką pracą **akumulatory samochodowe mają stosunkowo delikatną budowę i nie nadają się do ciężkiej pracy cyklicznej**, gdy po naładowaniu są rozładowywane prawie całkowicie. Nie nadają się więc na przykład do napędu elektrycznych wózków widłowych i golfowych ani do napędu elektrycznych silników do łodzi wędkarskich. Przy ciężkiej pracy cyklicznej (ładowanie/pełne rozładowanie), będą po prostu miały żałośnie małą trwałość i stracą pojemność po niewielkiej liczbie cykli. Akumulatory samochodowe z innych względów praktycznie nie nadają się też do roli magazynów energii, na przykład w systemach fotowoltaicznych czy wiatrowych.



Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.

W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.



Mikroprocesorowa ośła łączka, część 16

Niektóre urządzenia mające przyciski klawiszowe potrafią odróżnić „zwykłe” naciśnięcie przycisku od naciśnięcia „przedłużonego”. Daje to podwojenie liczby funkcji przy użyciu tej samej klawiatury. Innym przydatnym wariantem jest klawiatura wyposażona w funkcję autorepetycji.

Rozbudowa automatu sterującego
Autorepetycja
Dodatkowe możliwości

Połączenie „sprzecznych działań”
Dodanie sygnalizacji naciśnięcia przycisku

Wariant obsługi klawiatury opisany w poprzedniej części zostanie rozbudowany o nowe funkcjonalności. W swoim domu mam kilka urządzeń z „automatyki domowej”, w których rozróżniane jest standardowe naciśnięcie przycisku oraz naciśnięcie i przytrzymanie go przez znacząco dłuższy czas. W ten sposób można, bazując na jednym przycisku, uzyskać dwie funkcje. Kuchenny wentylator po każdym naciśnięciu zwiększa ciąg, inny przycisk zmniejsza i aby wyłączyć wentylator należy ileś razy zmniejszyć ciąg, by dojść do zera lub wykorzystać możliwość podwojenia funkcji: przytrzymanie pierwszego włącza maksymalny ciąg wentylatora, natomiast przytrzymanie drugiego wyłącza wentylator. Inną przydatną funkcją, która przykładowo jest typową w klawiaturach komputerowych jest au-

torepetycja. W samochodzie do ustawiania zegarka jest zastosowany jeden przycisk. Każdorazowe jego naciśnięcie przestawia zegarek o jedną minutę do przodu. Przy zmianie czasu, gdzie trzeba zegar cofnąć o jedną godzinę, takie klikanie to wręcz koszmar (przejsz o 23 godziny do przodu). Na szczęście konstruktorzy dodali funkcję autorepetycji. Po pierwszym naciśnięciu (i przytrzymaniu) przycisku, po pewnym czasie zaczyna się on powielać w szybkim tempie. Takie funkcje są przydatne w konstruowanych urządzeniach.

Rozbudowa automatu sterującego

Wszystkie własności tego typu wymagają rozbudowy automatu sterującego o jeden stan, który właściwie wystąpi jedynie w wariacie klawiatury

z autorepetycją (krótkie i długie naciśnięcie przycisku można rozwiązać, bazując na tych samych stanach automatu, który był opisany w poprzedniej części). Rozpatrując pierwszy przypadek (krótkiego i długiego naciśnięcia przycisku) zmianie ulega funkcja logiki, determinująca przejścia między wybranymi stanami automatu oraz znaczenie odpowiednich interwałów czasu. Pierwszym elementem jaki można dostrzec w nowej wersji modułu obsługi klawiatury jest odmienny sposób pomiaru czasu. Dotychczas była zmienna z nadaną wcześniej wartością, która następnie była dekrementowana o jeden. W sytuacji gdy w stałych odcinkach czasu (przykładowo w obsłudze przerw od zegara/licznika) ciągle odejmując jeden, stan zmiennej osiągnął zero, oznacza to, że upłynął ściśle określony interwał czasu. Jest to najprostsza i bardzo efektywna metoda odliczania (czegokolwiek), wymaga jedynie jednej zmiennej, będącej licznikiem. Inną możliwością jest wyzerowanie licznika w odpowiednim momencie i inkrementowanie go w stałych odcinkach czasu. Po każdej operacji dodania jedynki do zmiennej pełniącej funkcję licznika, wystarczy sprawdzić, czy osiągnęła ona zakładaną wartość (do przechowywania której wymagana jest dodatkowa zmienna). Takie rozwiązanie pozwala na od-

mierzanie kilku interwałów jednocześnie w prosty sposób. Ideę pokazuje **rysunek 1**. Oczywiście odmierzanie kilku interwałów w połączeniu z operacją dekrementacji również jest możliwe, ale w pewnych miejscach niesie większe komplikacje (nowy algorytm jest bardziej intuicyjny).

Oprócz tej zmiany zachodzi kilka modyfikacji w operacjach określania czasów trwania odpowiednich czynności oraz zmiany w stanie osiągnięcia stabilnego naciśnięcia przycisku. Dotychczas, po wstępnym wykryciu naciśnięcia przycisku do pokonania zjawiska dzwonienia styków był specyfikowany odpowiedni czas. W nowym rozwiązaniu następuje zmiana „sensu” wykonywanych operacji: odmierzany jest czas, po upływie którego oprogramowanie uznaje, że nastąpiło długie naciśnięcie przycisku zamiast „przetrwania” dzwonienia styków (**rysunek 2** – na następnej stronie). Jednak to zjawisko również musi zostać uwzględnione w programie i obecnie znajduje się z obrębie zainteresowania następnego stanu (**rysunek 3** – na następnej stronie), w którym (*KeybActive*), z założenia mierzony jest czas, po upływie którego program uznaje, że przycisk został naciśnięty „długo”. Jeżeli ten stan został osiągnięty (czas stabilnego trzymania naciśniętego przycisku), następuje przekodowanie

Dotychczasowe rozwiązanie

matrixkeybmodule.h

```
typedef struct {
    (...)
    uint16_t
    (...)
} MatrixKeybInstanceType;
```

Wystarczy jedna zmienna będąca licznikiem

KeybDelayCt;

matrixkeybmodule.c

```
void KeybService ( PtrMatrixKeybInstanceType KeybInstance )
{
    switch ( KeybInstance -> KeybStatus )
    {
        case KeybIdle :
            (...)
            KeybInstance -> KeybDelayCt = KeybDelayLimit;
            (...)
        case KeybWaitOnPress :
            Operacja dekrementu
            KeybInstance -> KeybDelayCt -- ;
            Sprawdzenie, czy osiągnięto zero
            if ( ! KeybInstance -> KeybDelayCt )
            {
                Tak, upłynął wymagany interwał czasu
            } /* if */;
    } /* switch */;
} /* KeybService */
```

Nowe rozwiązanie

extendmatrixkeybmodule.h

```
typedef struct _MatrixKeybInstanceStruct {
    (...)
    uint16_t
    uint16_t
    (...)
} MatrixKeybInstanceType;
```

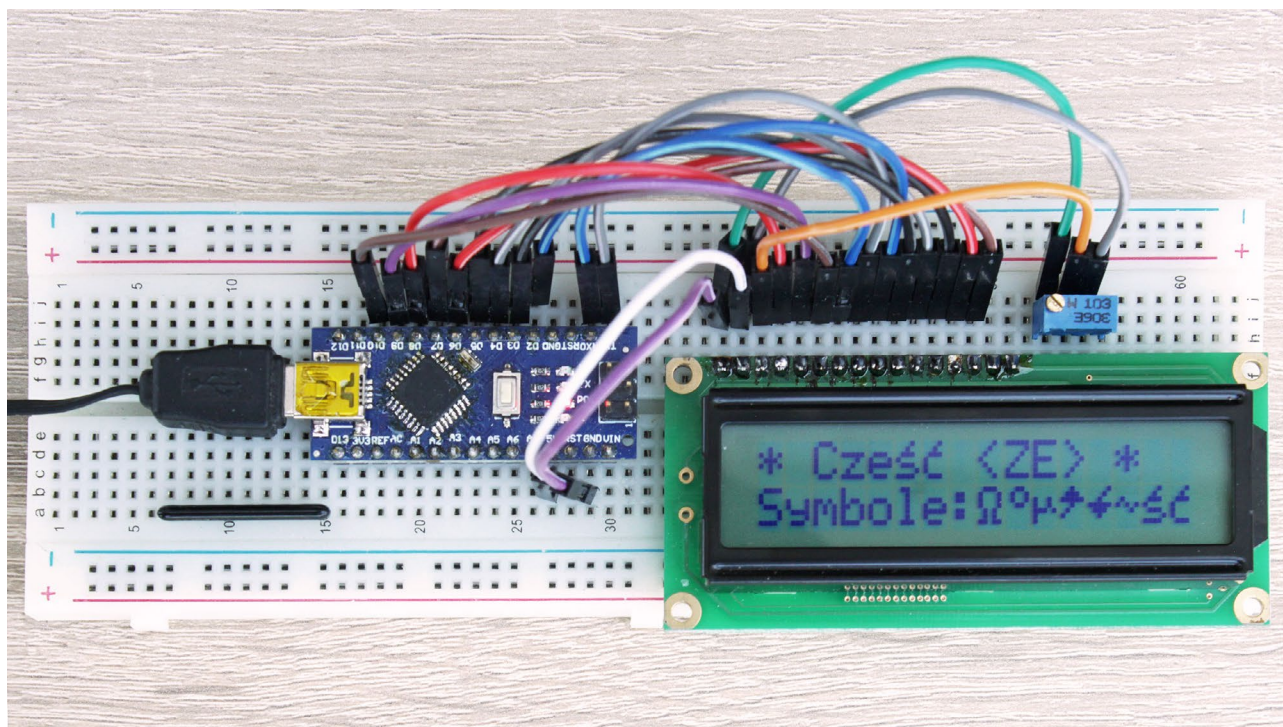
Potrzebne są dwie zmienne: licznik oraz zmienna przechowująca limit, do którego należy się doliczyć

CurrentDelayCt;
KeybDelayCt;

extendmatrixkeybmodule.c

```
void KeybService ( PtrMatrixKeybInstanceType KeybInstance )
{
    switch ( KeybInstance -> KeybStatus )
    {
        case KeybIdle :
            Podstawienie wielkości interwału czasu i wyzerowanie licznika
            (...)
            KeybInstance -> KeybDelayCt = DebounceDelayLimit;
            KeybInstance -> CurrentDelayCt = 0;
            (...)
        case KeybWaitOnPress :
            Operacja dekrementu
            KeybInstance -> CurrentDelayCt ++ ;
            if ( KeybInstance -> CurrentDelayCt >= KeybInstance -> KeybDelayCt )
            {
                Sprawdzenie, czy osiągnięto założony limit
                Tak, upłynął wymagany interwał czasu
                break;
            } /* if */;
    }
}
```

Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE. W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.



Alfanumeryczne moduły LCD – definiowanie fontów

Moduły wyświetlaczy LCD stały się praktycznie obowiązującym rozwiązaniem, pozwalającym systemom mikroprocesorowym komunikować się z użytkownikiem, gdyż potrafią wyświetlać wszystkie znaki z zestawu ASCII. Czasami jednak jest to za mało, ale na szczęście jest rozwiązanie.

Moduł LCD

Moduły alfanumeryczne LCD zdomowały się z konstrukcjach mikroprocesorowych praktycznie na stałe. Ich możliwości obejmują wyświetlanie wszystkich znaków z 7-bitowego zestawu ASCII, a te jak wiadomo nie mają wielu przydatnych znaków. Wystarczy tu wspomnieć o znaku „Ω”, jeżeli budujemy przyrząd do pomiaru rezystancji, czy choćby „µ” jako często występujący znak w jednostkach pojemności elektrycznej. Można powiedzieć, że to sprzęt specjalistyczny i ich użytkownicy mogą sobie poradzić bez tych kilku znaczków. Jednak te specjalistyczne znaczki również występują w sprzętach powszechnego użytku i miło by było, gdyby wyświetlacze „dostosowały się” do przyzwyczajenia ludzi. Możliwym rozwiązaniem jest zastosowanie

Znak na ekranie

wyświetlaczy graficznych, gdyż te mają techniczną możliwość operowania na pojedynczych pikselach obrazu. Inaczej wygląda to w modułach LCD gdyż te mają już ustalone „kształty znaków”. Jednak producenci tych komponentów zostawili użytkownikom „małą furtkę” pozwalającą rozwiązywać tego typu problemy.

Moduł LCD

Samym modułem LCD jest poświęcony artykuł *Mikroprocesorowa ośła łączka, część 11* (ZE, kwiecień 2025), gdzie są wystarczająco dokładnie opisane zarówno w części sprzętowej (jak przyłączyć moduł) oraz programowej, toteż bieżący artykuł można uważać za rozwinięcie wymienionego wyżej.

Również moduł obsługi LCD tam zaprezentowany jest bazą wyjściową do modyfikacji pozwalających na dodawanie własnych znaków.

W standardzie HD44780 zostało przewidzianych osiem pozycji znakowych, dla których istnieje możliwość określenia, jak dany znak ma wyglądać na ekranie modułu. Te „wymienne” znaki mają kody z przedziału 00 hex do 07 hex i gdy przyjrzeć się zestawowi znaków ASCII pokrywają się ze znakami sterującymi, a te nie mają swojej formy graficznej. Zadaniem modułu LCD jest wyświetlenie (zobrazowanie na ekranie jako grupy pikseli) znaku o przesłanym kodzie, ich „kształty” pokazuje **rysunek 1**. Wynika z jego, że moduł nie wyświetli (dokładniej, wyświetli odstęp) dla kodów znaków z przedziału 00 hex do 1 F hex oraz w przestrzeni poza normą ASCII od 80 hex do 9F hex. Przedział

znakowy od A0 hex do FF hex (jako rozszerzenie standardu) daje możliwość zobrazowania na ekranie dodatkowych znaków, ale tu już panuje dosyć duża dowolność: różni producenci mają to zrobione po „swojemu”, a nawet ten sam producent oferuje kilka wariantów. Na rysunku 1 jest podana informacja, że zestaw znakowy dotyczy wa-

Wyświetlane znaki przez moduł LCD ze sterownikiem HD44780 (oznaczenie pamięci ROM: A00)

Młodsze 4 bity \ Starsze 4 bity	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
xxxx0000			0	1	2	3	4	5			6	7	8	9	A	B
xxxx0001			C	D	E	F	G	H			I	J	K	L	M	N
xxxx0010			O	P	Q	R	S	T			U	V	W	X	Y	Z
xxxx0011			[	\	^	_	`	a			b	c	d	e	f	g
xxxx0100			h	i	j	k	l	m			n	o	p	q	r	s
xxxx0101			t	u	v	w	x	y			z	{		}	~	
xxxx0110																
xxxx0111																
xxxx1000																
xxxx1001																
xxxx1010																
xxxx1011																
xxxx1100																
xxxx1101																
xxxx1110																
xxxx1111																

Zestaw ASCII (znaki kontrolne)

Zestaw ASCII (znaki widoczne)

Rozszerzenie zestawu ASCII (znaki o kodach od A0 hex do FF hex)

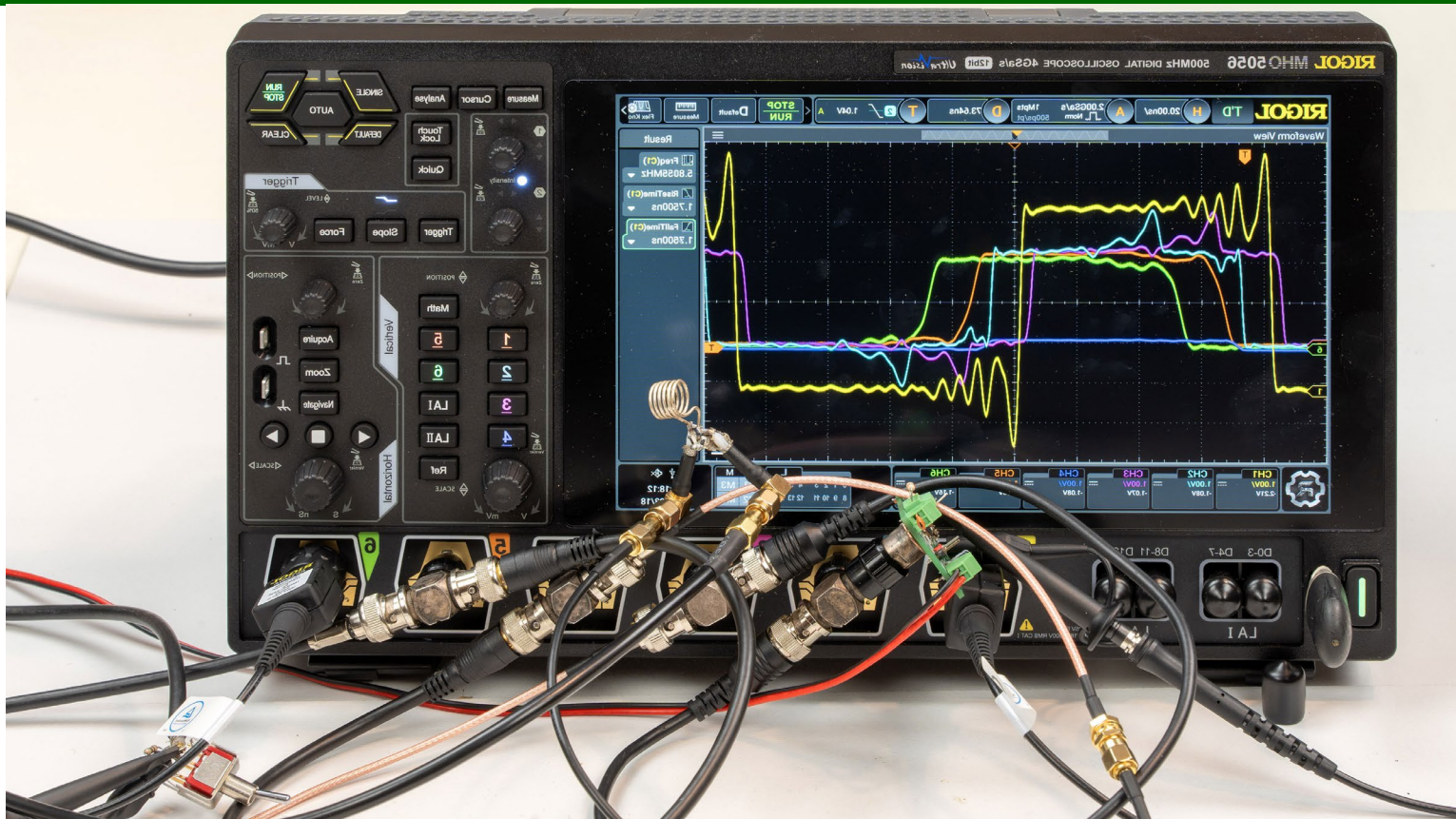
Rysunek 1

samego sterownika: HD44780A00 (**fotografia 2**). O ile można doszukać się znaku „Ω” czy „μ”, to już polskich znaków diakrytycznych tam nie ma.



Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE.

W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.



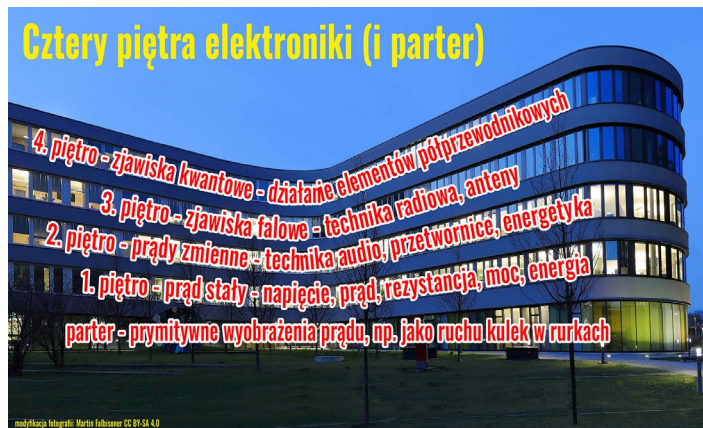
Dopasowanie falowe... widziane z innej strony

We wcześniejszych artykułach serii omówiłem podstawowe informacje na temat rezystancji (impedancji) falowej oraz dopasowania falowego. W tym artykule spróbujemy spojrzeć na dopasowanie falowe z jeszcze innej strony oraz wrócimy do sposobów dopasowania w układach cyfrowych za pomocą rezystancji.

Czym tak naprawdę jest rezystancja falowa?
Dopasowanie i pole elektromagnetyczne
Obustronne dopasowanie falowe

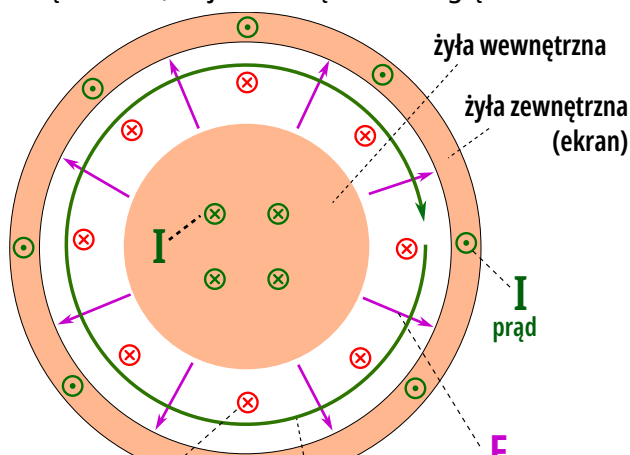
Dopasowanie falowe w systemach cyfrowych
Dopasowanie jednostronne

Podstawą „elektroniki radiowej” jest zaakceptowanie faktu, że energia elektryczna, a raczej elektromagnetyczna zawsze przekazywana jest w sposób bezprzewodowy, falowy, jako energia swego rodzaju drgań. Nierozłącznie wiąże się z tym problem zjawisk falowych, w szczególności odbić. W poprzednim artykule serii przedstawiłem kilka interesujących przypadków (nie)dopasowania falowego, a w tym, zgodnie z obietnicą, na kwestię dopasowania spojrzymy z jeszcze innej strony. W następnym omówię różne sposoby dopasowania falowego, a potem zajmiemy się dopasowaniem energetycznym oraz dopasowaniem szumowym.



Fotografia 1

This image displays four different types of coaxial cables, illustrating various shielding and insulation techniques. From top to bottom: 1. A cable with a white outer jacket, a braided copper shield, and a white foam dielectric insulator. 2. A cable with a white outer jacket, a braided copper shield, and a white foam dielectric insulator, similar to the first but with a slightly different internal structure. 3. A cable with a black outer jacket, a braided copper shield, and a white foam dielectric insulator. 4. A cable with a white outer jacket, a braided copper shield, and a white foam dielectric insulator, showing a different internal arrangement of the shield and insulator.



piotr-gorecki.pl/A043



Moja droga do okiełznania szybkich sygnałów

Cykl ten opowiada o mojej coraz większej świadomości dotyczącej zjawisk falowych, a szczególnie dopasowania falowego. Zjawiska te nabierają coraz bardziej znaczenia w moim projekcie komputera TTL, ze względu na to, że będzie on zbudowany z wykorzystaniem szybkich układów cyfrowych.

Terminacja szeregową – nie ma czego się obawiać!

Linia transmisyjna pod lupą
Bardziej intuicyjne podejście

Analiza przy innych warunkach wejściowych

Terminacja szeregową zaskakuje niewtajemniczonych

To jest druga część dużego artykułu, który ze względu na swoją obszerność został podzielony na trzy części. W poprzednim wykładzie przedstawiłem moje wyniki testów dotyczących statycznych właściwości buforów cyfrowych z różnych rodzin TTL. Testy te rzuciły światło na pewne ograniczenia i problemy kompatybilności połączeń różnych rodzin układów cyfrowych.

W tej części skupię się na szczegółowym wyjaśnieniu terminacji szeregową, która będzie wieść prym w moim komputerze TTL. Przedstawię wady i zalety tego jednostronnego dopasowania. Mam wielką na-

dzieję, że dla wielu Czytelników terminacja ta zyska przy bliższym poznaniu.

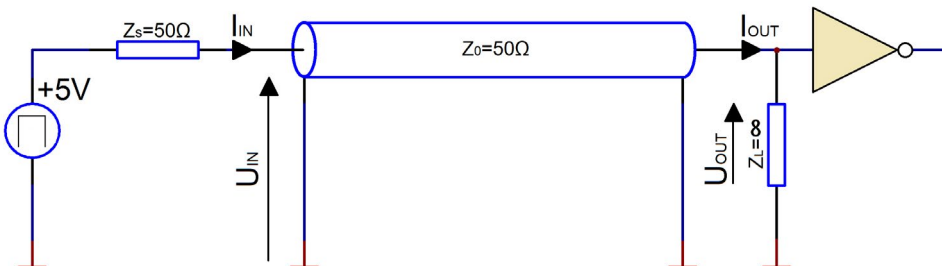
W ostatniej części przedstawię wyniki testów właściwości dynamicznych szybkich buforów cyfrowych. Dzięki analizie tych testów wyciągnę istotne wnioski, które z pewnością zmaterializuję w fizycznym projekcie mojego komputera. Testy te zostaną przeprowadzone przy użyciu płytki, która całkowicie odbiega od prawidłowych zasad projektowania dla szybkich sygnałów. Dzięki temu będzie można się przekonać, jakie dodatkowe problemy stwarzają płytki PCB, które są nieprawidłowo zaprojektowane.

Terminacja szeregowa – nie ma czego się obawiać!

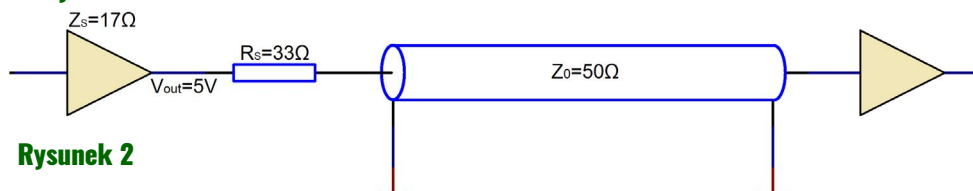
Ideę terminacji szeregowej prezentuje **rysunek 1**. Sposób ten jest powszechnie wykorzystywany w technice cyfrowej. Również terminacja szeregowa będzie wiodła prym w moim komputerze TTL, jako sposób na radzenie sobie z odbiciami sygnału – jednak w tym przypadku **wykorzystam te odbicia na swoją korzyść**, co jest z pewnością pozytywną cechą tej metody.

Na rysunku 1 widzimy źródło sygnału generujące impuls prostokątny. Jest to hipotetycznie idealne źródło, dlatego przyłączony jest do niego rezystor szeregowy Z_S o rezystancji 50 Ω . Dzięki temu źródło jest dopasowane od strony wejścia linii transmisyjnej, której impedancja charakterystyczna Z_0 również wynosi 50 Ω . Dopasowanie nie występuje na wyjściu linii transmisyjnej. Jest tam przyłączony inwerter CMOS, którego impedancja wejściowa jest ogromna, symbolicznie prezentuje to rezystor Z_L . Zanim opowiem, co się dalej dzieje zerknijmy na **rysunek 2**. Rysunek ten przedstawia bardziej realną sytuację, gdzie impedancja Z_S drivera, wynosząca 17 Ω , łączy się szeregowo z rezystancją R_S o wartości 33 Ω . Dzięki temu mamy dopasowanie na wejściu linii transmisyjnej. Nie występuje tam żadne odbicie, co potwierdza wzór na **rysunku 3a**. Gdy podstawimy do niego wartości Z_S (w tym przypadku połączenie szeregowe impedancji wyjściowej drivera i rezystora szeregowego) oraz Z_0 , otrzymamy 0% odbicie na wejściu linii. **Współczynnik odbicia Γ_S wynosi 0**.

Oprócz dopasowania, które chcieliśmy osiągnąć i osiągnęliśmy, mamy jeszcze jedną konsekwencję



Rysunek 1



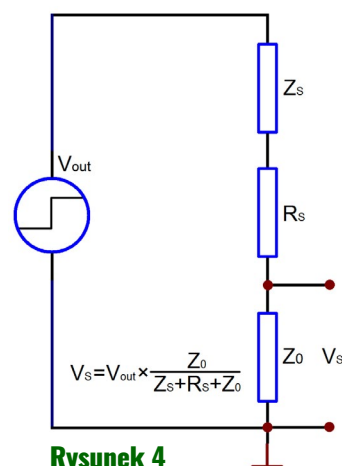
Rysunek 2

$$\begin{aligned} \text{a)} \quad \Gamma_S &= \frac{Z_S - Z_0}{Z_S + Z_0} \times 100\% \\ \text{b)} \quad \Gamma_L &= \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \times 100\% \end{aligned}$$

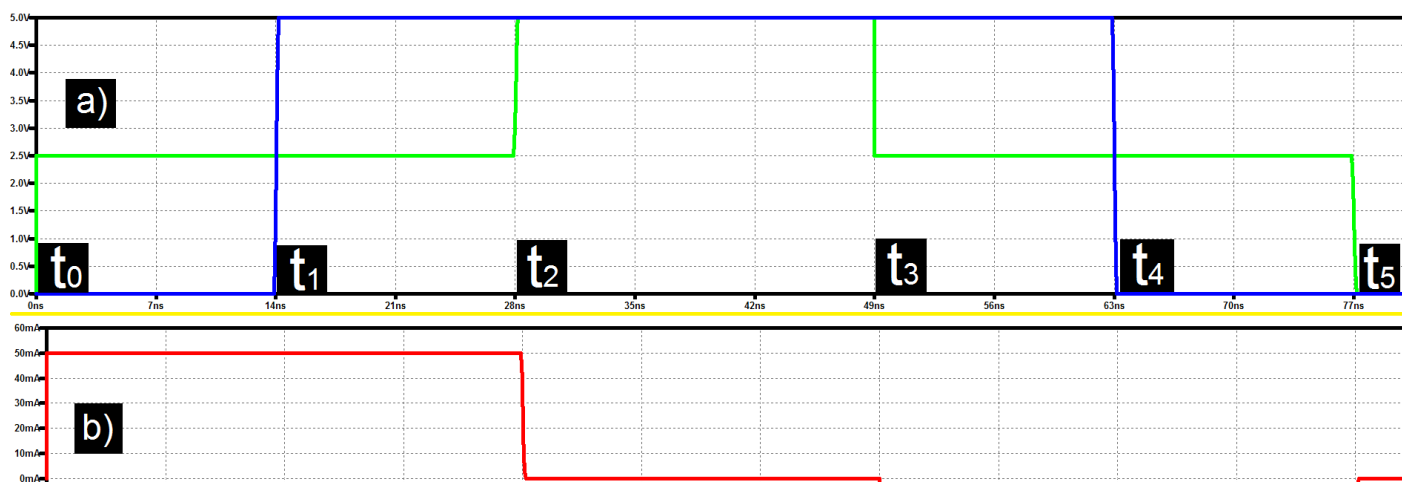
Rysunek 3

tego połączenia. Otóż na wejściu linii długiej tworzy się nam dzielnik napięcia, na który składają się: impedancja charakterystyczna Z_0 linii długiej oraz szeregowe połączenie impedancji wyjściowej drivera Z_S z rezystancją szeregową R_S . Schematycznie tę sytuację przedstawia **rysunek 4**. Jak łatwo obliczyć, gdy na wyjściu generatora V_{out} pojawi się napięcie w wysokości 5 V, dzielnik ten spowoduje, że na wejściu linii transmisyjnej napięcie V_S będzie miało wartość 2,5 V. I to jest dosyć intuicyjne, bo rysunek 4 przedstawia klasyczny dzielnik napięcia, utworzony z trzech rezystorów, które symbolizują wspomniane komponenty. Wykorzystujemy tu czysto elektrotechniczne obliczenia.

Jednak napięcie o takiej połowicznej wartości nie będzie się tam zbyt długo utrzymywać, co już nie jest do końca intuicyjne... Spójrzmy ogólnie na **rysunek 5**, który jest symulacją obwodu z rysunku 2.



Rysunek 4



Uwaga! To jest demonstracyjny (niepełny) egzemplarz czasopisma ZE. W pełnej wersji dostępnej dla Patronów ten artykuł oczywiście ma więcej stron.

ZROZUMIEĆ **ELEKTRONIKĘ** z Piotrem Góreckim

ZE 9/2025

piotr-gorecki.pl



Wydawca: Zrozumieć Elektronikę sp. z o.o. ul. Nadarzyn 23A 05-230 Kobyłka

Redaktor Naczelny: Piotr Górecki

e-mail: kontakt@piotr-gorecki.pl

Redakcja techniczna: Ewa Górecka-Dudzik (ewa@piotr-gorecki.pl)

**Stali współpracownicy: Andrzej Pawluczuk, Tadeusz Suszał, Karol Świerc,
Mateusz Ostrycharz, Paweł Pawłowicz, Rafał Kozik, Szymon Burian, Jacek Kosecki**

**Inicjatywa Zrozumieć Elektronikę realizowana jest
dzięki wsparciu Patronów i Mecenasów poprzez
konto autorskie Patronite: <https://patronite.pl/Zrozumiec-Elektronike>
oraz konto buycoffee.to: buycoffee.to/piotr-gorecki**

Uwaga! Ani autorzy artykułów, ani wydawca nie biorą odpowiedzialności za ewentualne szkody spowodowane wynikiem eksperymentów inspirowanych treścią czasopisma i strony internetowej.

Osoby, które chciałyby przeprowadzić eksperymenty związane z treścią artykułów powinny mieć odpowiednie kwalifikacje BHP dotyczące elektryczności oraz świadomość ryzyka.

Osoby niepełnoletnie i niedoświadczone mogą przeprowadzić takie działania jedynie pod opieką wykwalifikowanych opiekunów, np. nauczycieli.

Projekty przedstawiane w czasopiśmie mogą być wykorzystane jedynie do własnych potrzeb, a ich wykorzystanie do innych celów, zwłaszcza zarobkowych, wymaga zgody Autora.

Wszystkie materiały zamieszczane w czasopiśmie są własnością ich twórców, więc przedruk czy umieszczenie na stronach internetowych wymaga pisemnej zgody Autora.