



Prostownik samochodowy



W myśl maksy my „szewc bez butów chodzi”, sam potrzebowalem prostownika o parametrach znacznie lepszych niz ten, który miałem do tej pory. Przejrzałem wiele witryn internetowych, wiele czasopism. Jest mnóstwo wszelakiej maści aplikacji, jednak praktycznie żadna nie spełniała założonych przeze mnie celów. Budowa najprostszego prostownika sprowadza się do mostka jedno-/dwupołkowego i szeregowo włączanego obciążenia (np. żarówka) – w celu ustalenia prądu. Jednak takie rozwiązanie jest według mnie mało uniwersalne. Moje założenia były takie:

- płynna regulacja prądu,
 - maksymalny prąd na poziomie ok. 30A,
 - ciągle odczyt napięcia i prądu,
 - możliwość szybkiego wyłączenia ładowania bez ryzyka porażenia czy iskrzenia,
 - automatyczne wyłączenia procesu ładowania po naładowaniu akumulatora.
- Dodatkową zaletą urządzenia jest możliwość łatwego wprowadzania wszelakich zmian.

Opis układu

Wykres z rysunku 1 to przebieg napięcia sinusoidalnego po wyprostowaniu przez mostek dwupołkowy (np. mostek Graetza). Natomiast regulacja mocy wyjściowej odbywa się tutaj przy wykorzystaniu tyrystora. Tyrystor po podaniu odpowiedniego impulsu za bramkę otwiera się, czyli przechodzi w stan

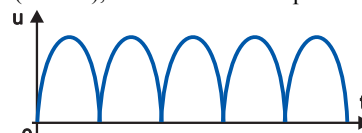
przewodzenia. Jeżeli między anodą i katodą przyłożymy napięcie stałe oraz doprowadzimy impuls wyzwalający, to tyrystor zostanie na trwałe włączony. Przesłanie przewodzić wtedy, gdy przestanie przepływać prąd. W prezentowanym prostowniku otwieramy tyrystor w czasie trwania połowki przebiegu i przewodzi on do momentu, kiedy połowka się zakończy. Powtarza się to co 10ms. Otwierając tyrystor z pewnym opóźnieniem, doprowadzimy do „wycinania” fragmentów przebiegu – tak odbywa się regulacja mocy w naszym prostowniku. Zasadę regulacji obrazuje rysunek 2.

Schemat blokowy prostownika pokazany jest na rysunku 3, a schemat sterownika na rysunku 4. Sercem układu jest mikrokontroler ATmega 8. Samo sterowanie tyrystora odbywa się za pośrednictwem nóżki 13 (PD7). Stan niski włącza transoptor OPT1 (CNY-17), który steruje tranzystorem T5 (BD139), a ten włącza tyrystor. Impulsy sterujące, podawane na bramkę tyrystora, muszą być zsynchronizowane z wyprostowanym przebiegiem sieci. Służy do tego prosty układ synchronizacji, składający się z transoptora OPT2, tranzystora T8 i kilku dodatkowych rezystorów, dołączony tuż za mostkiem Graetza a prostownika. Narastające napięcie połowki powoduje zaświecenie diody transoptora, której prąd jest ograniczony rezystorem R18. To zapoczątkowuje przewodzenie tranzystora T8. W rezultacie na końcówce 4 procesora (INT0) pojawia się jedynek logiczna. Zero pojawia się tylko w krótkich chwilach, w pobliżu przejścia napięcia przez zero. Synchronicznie do wyprostowanego napięcia wywoływane jest przerwanie zewnętrzne i skok mikrokontrolera do podprogramu zapoczątkowującego

sterowanie tyrystorem – listing 1. Właściwie listing ten przedstawia dwa podprogramy. Pierwszy z nich – Tyrystor – jest wywołany bezpośrednio przerwaniem i w nim następuje odczytanie wartości z przetwornika ADC0, czyli napięcia z dzielnika utworzonego przez potencjometr P1 (nim właśnie reguluje się prąd). Drugi podprogram – Ładowanie – służy do ustawiania wartości 1 lub 0 zmiennej Tyr. Zmianę wartości tej zmiennej wywołuje się poprzez naciskanie S1 – podanie 0 logicznego na PD5 procesora. Samo sterowanie głównym elementem mocy odbywa się w pętli głównej programu. Ten fragment kodu ukazuje listing 2. Tu następuje interpretacja zmiennej Tyr. Jeżeli jej wartość wynosi „0”, wówczas układ nie podejmuje żadnych czynności uruchamiających tyrystor. Kiedy wartość tej zmiennej wynosi „1”, układ przechodzi do interpretacji wartości zmiennej odczytanej z przetwornika ADC0 – przelicza ją na odpowiedni czas

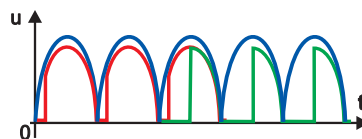
opóźnienia załączenia. Wspomnienia wymaga tutaj również zmienna Liczba1 pojawiająca się w tej części programu, ale o tym dalej.

Jednym z założeń konstrukcyjnych był ciągły odczyt napięcia i prądu. Pomiar napięcia nie jest kłopotliwy. Napięcie z ładowanego elementu podawane jest do punktu Ux, czyli na dzielnik napięciowy składający się

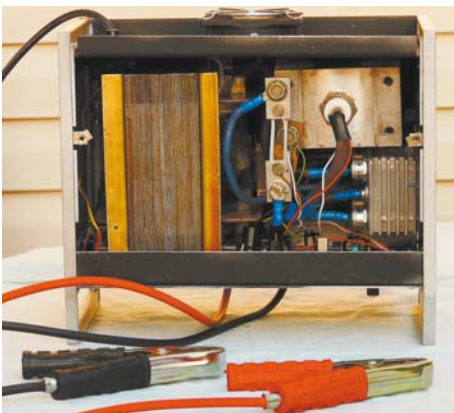
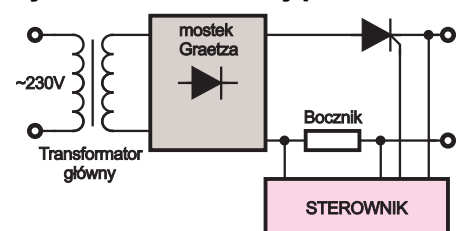


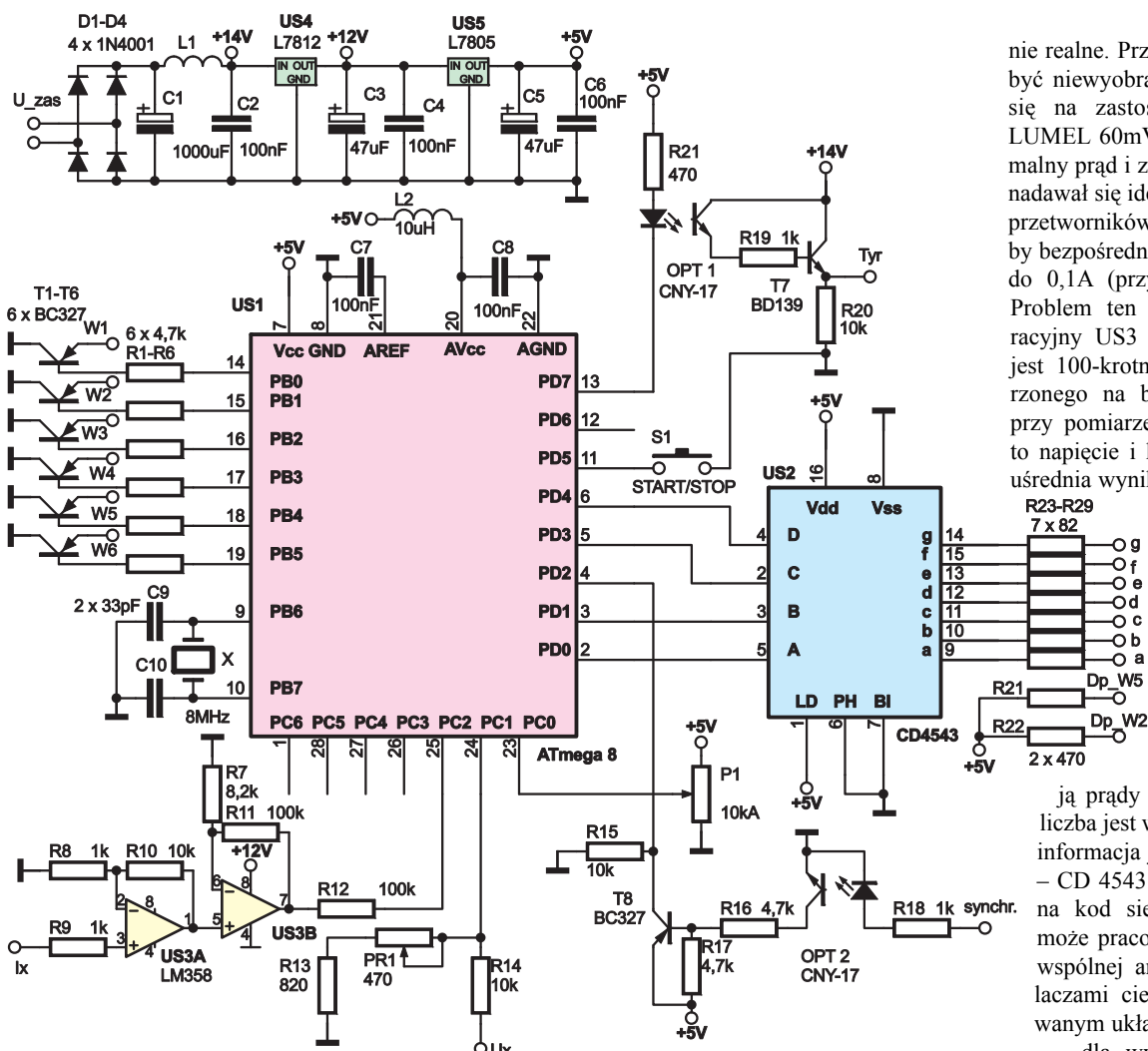
Rys. 1 Przebieg napięcia za mostkiem dwupołkowym

Rys. 2 Otwieranie tyrystora w różnych momentach okresu



Rys. 3 Schemat blokowy prostownika





Rys. 4 Schemat ideowy sterownika

z R13, R14 i PR1, by obniżyć mierzone napięcie do poziomu bezpiecznego dla procesora (0...+5V). Mikrokontroler odczytuje wartość z przetwornika ADC1, przelicza na napięcie, powtarza tę czynność 1000 razy i uśrednia wynik w celu zapewnienia dokładniejszego pomiaru. Należy tutaj uzasadnić obecność zmiennej *Liczba1* w części programu uruchamiającej tyristor. Zmienna ta obrazuje zmierzone napięcie pomnożone razy 10, np. dla 12,0V zmienna *Liczba1* przyjmuje wartość 120. Wstawienie jej do warunku uruchamiającego/wyłączającego tyristor zapewnia odłączenie go po nalaadowaniu akumulatora. Pomiar prądu jest nieco bardziej kłopotliwy. Polega on tutaj na pomiarze napięcia, występującego na szeregowo włączonym rezystorze – boczniku. Początkowo chciałem w tym miejscu użyć rezystora o dużej rezystancji i mocy, by bezpośrednio mierzyć napięcie przetwornikiem ADC. Jednak rozwiązanie to jest

nie realne. Przy dużych prądach musiałyby on być niewyobrażalnie mocny. Zdecydowałem się na zastosowanie gotowego bocznika LUMEL 60mV/60A. Ze względu na maksymalny prąd i znikome spadki napięcia na nim nadawał się idealnie. 10-bitowa rozdzielczość przetworników okazała się jednak za niska, by bezpośrednio mierzyć prąd z dokładnością do 0,1A (przy napięciu odniesienia +5V). Problem ten rozwiązuje wzmacniacz operacyjny US3 typu LM358. Zadaniem US3 jest 100-krotne wzmocnienie napięcia mierzonego na boczniku. US1. Podobnie jak przy pomiarze napięcia, procesor odczytuje to napięcie i kiedy ma 1000 takich próbek, uśrednia wynik.

Obie zmierzone wielkości są wyświetlane multiplexowo na sześciu siedmiosegmentowych wyświetlaczach LED o wspólnej katodzie. Mikrokontroler wystawia na porcie „D” kolejne cyfry przy załączonym jednym z sześciu tranzystorów T1–T6. Rezystory R1–R6 ograniczają

prądy baz. Wystawiona na porcie D liczba jest w kodzie BCD. Ta czterobitowa informacja jest przesyłana do układu US2 – CD 4543. Jest to scalony dekodery BCD na kod siedmiosegmentowy. Układ ten może pracować z wyświetlaczami LED o wspólnej anodzie, katodzie i z wyświetlaczami ciekłokrystalicznymi. W opracowanym układzie pracuje on w konfiguracji dla wyświetlacza LED o wspólnej katodzie. Siedem rezystorów (R23–R29) ograniczają prąd poszczególnych segmentów. Kropki (segmenty h) wyświetlaczy W2 i W5 są, przez rezystory, na stałe podciągnięte do +5V.

Cały układ elektroniczny zasilany jest napięciem przemiennym z przedziału 14–16V. Napięcie to po wyprostowaniu i odfiltrowaniu przez C1 trafia na dławik L1, którego zadaniem jest zapewnienie lepszej filtracji (zmniejszenie napięcia tętnień).

Tak wyfiltrowane napięcie jest gotowe, by zapewnić stabilne warunki pracy dla stabilizatorów US4 i US5. Ich zadaniem jest wytworzenie napięć 12V i 5V. Zasilanie przetwornika wbudowanego w mikroprocesor jest dodatkowo filtrowane przez elementy C8 i L2.

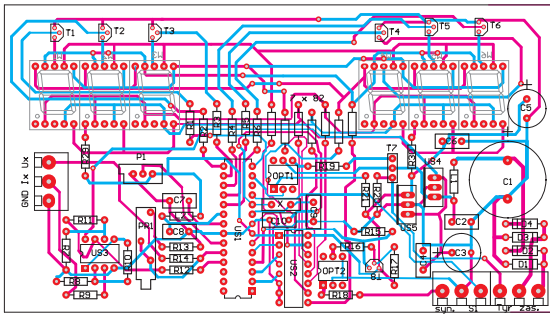
Sam US1 jest taktowany zewnętrznym syg-

```
Tyristor:
  Adc0 = Getadc(0)
  Return
Ladowanie:
  Waittms 500
  Incr Tyr
  If Tyr = 2 Then
    Tyr = 0
  End If
  Return
```

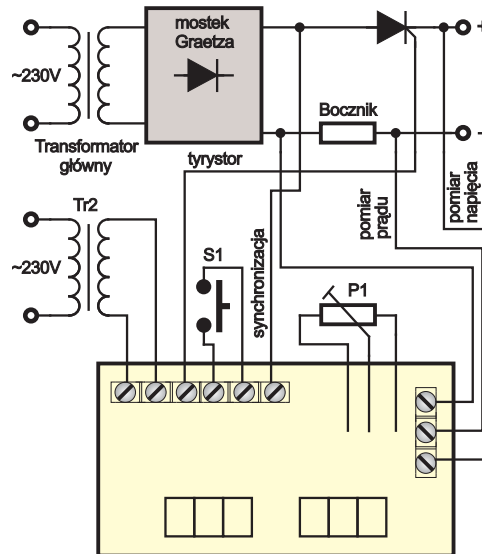
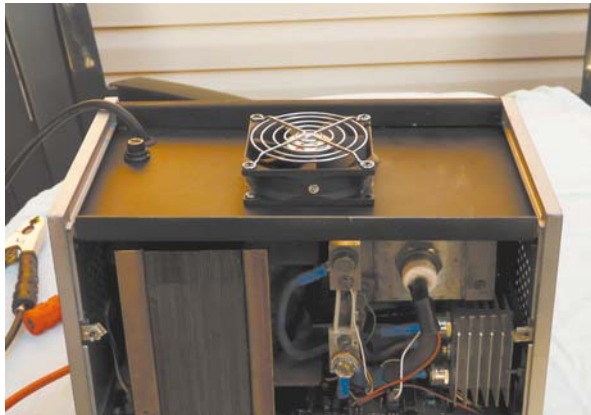
Listing 1. Sterowanie tyristorem po przerwaniu zewnętrznym

Listing 2. Fragment pętli głównej ze sterowaniem tyristora

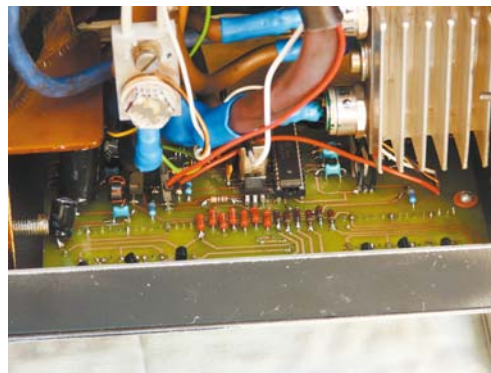
```
If Tyr = 0 Or Liczba1 > 135 Then 'jeżeli wartość zmiennej Tyr wynosi 0-
lub napięcie na wyjściu jest większe d 13,5V to
  Portd.7 = 1
  Else
  Pom1 = Adc0 * 9
  Czeka1 = Pom1 / 1023
  Waittms Czeka1
  Portd.7 = 0
  Waitus 250
  Portd.7 = 1
  End If
  'podprogram tyristor
  'odczytaj wartość z ADC0
  'powrót
  'podprogram Ladowanie
  'oczekaj 500ms
  'następnie zwiększ wartość zmiennej Tyr o 1
  'jeżeli Tyr wynosi 2, to
  'wyzeruj wartość tej zmiennej
  'powrót
```



Rys. 5 Schemat montażowy. Skala 50%



Rys. 6 Montaż sterownika z resztą układu



Wykaz elementów		C9,C10	33pF
Rezystory	Półprzewodniki		
R1-R6,R16,R17	D1-D4		1N4001
R7	T1-T6,T8		BC327
R8,R9,R18,R19	T7		BD139
R10,R14,R15,R20	OPT1,OPT2		CNY-17
R11,R12	W1-W6		LED, wspólna katoda
R13	US1		ATmega8
R23-R29	US2		CD4543
R21-R22	US3		LM358
P1	US4		L7812
PR1	US5		L7805
Kondensatory	Pozostałe		
C1	X		8MHz
C2,C4,C6-C8	L1		wg opisu
C3	L2		10μH
C5	S1		włącznik monostabilny

Płytkę drukowaną jest dostępna w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2957.

nałem taktującym pochodzącym z rezonatora kwarcowego 8MHz.

Montaż i uruchomienie

Montaż samego układu sterownika jest typowy i nie powinien przysporzyć problemów. Schemat montażowy płytki przedstawia

rysunek 5. Montaż elementów ma odbyć się w odpowiedniej kolejności: od niskich do tych najbardziej kluczowych i tych największych (C1). Jedynie wyświetlacze LED należy przylutować od strony druku. Dławik L1 można wykonać poprzez nawinięcie na rdzeniu ferrytowym o średnicy 7mm 7 zwojów DNE 0,7mm. Kiedy już cała płytkę jest zmontowana, warto ją sprawdzić pod kątem jakości montażu. Płytkę elektroniki powinna być zasilana z osobnego źródła (transformatora). Uchroni to układ przed błędną pracą przy dużych prądach ładowania.

Urządzenie prototypowe charakteryzuje się prądem wyjściowym na poziomie ok. 25A (30A) i napięciem na akumulatorze do ok. 15V. Zastosowany w nim transformator ma moc około 480VA. W handlu jest wiele

takich elementów. Jednak ja, korzystając z tego, iż takowy miałem, pokusiłem się o jego przewinięcie. Bardzo ważne, by przy budowie tak dużego trafo, zwrócić szczególną uwagę na jakość wykonania. Przy tak dużym rdzeniu na jeden wolt potrzeba tylko 3 zwoje, a poza tym mamy do czynienia z dużym prądem.

Jeżeli chodzi o mostek prostowniczy, to w tym przypadku odradzam stosowanie mostków scalonych. Lepiej zbudować własny mostek Graetza z pojedynczych diod. Zastosowane przeze mnie diody są typu SY170 (171). Sam tyrystor powinien charakteryzować się znacznie większym prądem niż maksymalny prąd ładowania. W prezentowanym urządzeniu wykorzystałem 80-amprowy tyrystor produkcji UNITRA.

Równie ważna jest odpowiednia obudowa. Musi być ona odpowiednio wytrzymała i dobrze wentylowana. Aby dodatkowo polepszyć chłodzenie, warto zastosować dodatkowy wentylator.

Montaż elektroniki w urządzeniu należy przeprowadzić wg rysunku 6. Musisz zwrócić

uwagę na prawidłowość połączeń. Po dokładnym sprawdzeniu montażu należy włączyć zasilanie Tr2 i dokonać pomiarów napięć. Następnie należy włączyć zasilanie transformatora głównego Tr1. Podłączamy obciążenie, np. żarówkę samochodową, do wyjścia prostownika i zwieramy S1. Na wyjściu powinno pojawić się napięcie oraz powinien przepłynąć prąd (żarówka powinna się zaświecić). Potencjometrem P1 możemy regulować prąd płynący przez obciążenie, zaś wyświetlacze umożliwiają ciągły odczyt nastawionych parametrów. Kolejne wciśnięcie S1 spowoduje odłączenie układu prostownika od obciążenia. Wskazane jest przeprowadzenie prób przy większych prądach (kilka żarówek równoległe). Po przejściu tych prób pomyślnie, układ jest gotowy do swojej docelowej pracy.

Marcin Majewski
majewski2@interia.pl