



przy parzystej liczbie półokresów, żeby nie dzielić całych okresów sieci na połowy).

Aby uzyskać dużą rozdzielczość regulacji, trzeba stosować stosunkowo długie cykle, I tak np. dla regulacji mocy od 0% do 100% z krokiem 1%, czas trwania cyklu będzie wynosił co najmniej 1s (sto 10-milisekundowych półokresów przebiegu 50Hz), a lepiej 2s lub więcej. Z uwagi na stosunkowo długi czas trwania cyklu, regulacja taka nadaje się dla urządzeń grzewczych o znacznej bezwładności czasowej (np. lutownica nagrzewa się w czasie rzędu minut), nie nadaje się natomiast do regulacji oświetlenia czy innych zastosowań, gdzie lepiej się sprawdzi regulacja fazowa.

Zaletą regulacji grupowej w stosunku do regulacji np. fazowej jest praktyczny brak zakłóceń EM, a to dzięki sposobowi włączania elementu wykonawczego tylko w momencie przejścia przez zero.

**Rysunek 1** prezentuje ideę grupowej regulacji mocy. Połówki sinusoidy, zaznaczone kolorem czerwonym, tworzą grupę okresów przebiegu napięcia sieci, które są przekazywane do obciążenia, natomiast pozostałe okresy nie są. Współczynnik mocy można potraktować jako stosunek czasu, w którym moc jest oddawana do obciążenia (na czerwono), do długości trwania całego cyklu.

W rozwiązaniu zastosowanym w układzie najmniejsza jednostka mocy przekazywana do odbiornika wynosi jeden okres przebiegu napięcia sieciowego. Jeden cykl, podczas którego następuje kontrolowane dostarczenie mocy do odbiornika, wynosi 99 takich okresów. Jako że liczba okresów napięcia sieciowego, która pojawiła się na obciążeniu, determinuje ilość mocy na nim wydzielonej, dla wartości 0 będzie to zerowa moc, natomiast dla 99 będzie to maksymalna moc (wszystkie porcje energii z cyklu zostają dostarczone do obciążenia). Współczynnik mocy może więc przybrać wartości od 0 do 99.

Schemat ideowy układu elektronicznego zaprezentowany jest na **rysunku 2**. Elementem wykonawczym jest triak Q1 współpracujący z optotriakiem OT1. Optotriak zapewnia włączenie triaka w momencie przejścia napięcia sieci przez zero. Podziałem przebiegu na cykle oraz rozgrupowaniem każdego z cykli zajmuje się mikrokontroler U1. Transformator TR wraz z elementami D1...D4, C1...C4 oraz U2 stanowi klasyczny zasilacz stabilizowany o napięciu wyjściowym 5V. Poprzez R1 do U1 dociera przebieg pobrany sprzed mostka prostowniczego, niezbędny do synchronizacji pracy regulatora mocy. Przyciski S1 i S2 wraz z wyświetlaczami DS1 i DS2 stanowią interfejs obsługi dla użytkownika. Wyświetlacz jest sterowany multiplexowo za pomocą tranzystorów T1 i T2. Przyjęto rozwiązanie, w którym wyświetlacz oraz przyciski znajdują się na oddzielnej płycie, dzięki czemu ich ułożenie w obudowie jest dowolne. W celu

```
SIGNAL (SIG_INT0)
{
  if(int0Cnt <= P && P > 0) {
    burnOn();
  } else {
    burnOff();
  }
  int0Cnt++;
  if(int0Cnt > 99)
    int0Cnt = 1;
}
```

Listing 1

```
if(TK > T5) {
  TK = T4;
} else if(TK > T4 && TK < T5 && TK % M2 == 0) {
  key = keyTmp;
} else if(TK > T2 && TK < T3 && TK % M1 == 0) {
  key = keyTmp;
} else if(TK == T1) {
  key = keyTmp;
}
```

Listing 2

minimalizacji liczby połączeń obydwu płytek, trzy przewody przesyłają sygnały dla wyświetlaczy oraz stan przycisków. Dzięki takiemu rozwiązaniu liczba przewodów spadła do niezbędnego minimum, w liczbie dziewięciu (2 do anod wyświetlaczy plus 7 dla poszczególnych segmentów oraz przycisków). Dzięki rezystorom R13, R14 oraz odpowiedniej pracy portów mikrokontrolera, praca wyświetlaczy pozostaje niezakłócona, mimo wciskania przycisków przez użytkownika. Dla bezpieczeństwa portów mikrokontrolera zastosowano rezystory R6...R12, które mają na celu ograniczyć prąd pobierany przez każdy z segmentów wyświetlacza dużo poniżej 40mA/port.

Mikrokontroler został skonfigurowany z wewnętrznym źródłem sygnału taktującego o częstotliwości 8MHz (konfiguracja fusebitów widoczna jest na **rysunku 3**). Program w nim zawarty został napisany w środowisku AVRStudio w języku C. Charakteryzuje się tym, że obsługa interfejsu jest realizowana w pętli głównej, natomiast synchronizacja z przebiegiem sieci jest obsługiwana w przerwaniu INT0 wywołanym zboczem opadającym. W procedurze obsługi INT0, widocznej na **listingu 1**, jest zawarta procedura regulacji grupowej mocy.

Zmienna globalna P jest ustalana w ciele funkcji obsługującej przyciski i może przyjmować wartości od 0 do 99. Za każdym wywołaniem przerwania zwiększany jest licznik int0Cnt. Regulacja polega na włączeniu diody optotriaka, począwszy od pierwszego wystąpienia przerwania, które jest równoznaczne z wystąpieniem pierwszego okresu w

cyklu i wyłączeniu po wystąpieniu okresu o numerze P. Wyjątkiem jest sytuacja, gdy P = 0, wtedy dioda optotriaka nie zostanie zaświecona ani razu w danym cyklu regulacji.

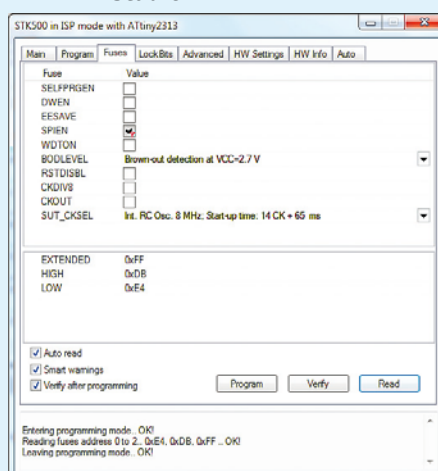
Na uwagę zasługuje sposób zachowania się interfejsu użytkownika. Ponieważ zakres wartości od 0 do 99 jest względnie szeroki, przechodzenie od ekstremalnych wartości za pomocą klikania w przyciski może trwać długo i czynność ta może być irytująca (co bywa często spotykane nawet we współczesnym sprzęcie powszechnego użytku). Aby uczynić interfejs bardziej przyjazny użytkownikowi, zastosowano trójstopniową prędkość zmian nastawy współczynnika mocy. Działa ona na następującej zasadzie:

1. Użytkownik wciska przycisk, a wartość współczynnika regulacji mocy się zwiększa lub zmniejsza o jeden (tak naprawdę po wciśnięciu przycisku następuje krótka chwila odczekania na zgaśnięcie drgań styku przycisku, ale użytkownik tego nie zauważa).
2. Po chwili trzymania przycisku wciśniętego (około 1s) wartość współczynnika zaczyna się zmieniać automatycznie (z częstotliwością około 3 razy na sekundę).
3. Gdy użytkownik ciągle trzyma przycisk wciśnięty, a wartość współczynnika zdążyła się zmienić 5 razy, włącza się trzeci tryb, w którym szybkość automatycznych zmian współczynnika mocy wynosi około 30 zmian na sekundę.

Dzięki takiej obsłudze interfejsu można w ciągu 5s zmienić wartość współczynnika z 0 do 99. Obsługa klawiszy jest zawarta w funkcji getKey(), która jest wywoływana w pętli głównej razem z funkcjami updateP() (aktualizacja współczynnika mocy) oraz showLED() (wyświetlenie wartości P). Funkcja getKey() ma za zadanie poinformować z pomocą zmiennej globalnej key o tym, że został wciśnięty jakiś klawisz. Funkcja updateP() sprawdza, jaki klawisz został wciśnięty i odpowiednio od jego rodzaju zmniejsza lub zwiększa wartość współczynnika mocy reprezentowanego przez zmienną P. Funkcja getKey() ma swój licznik TK, inkrementowany z każdym jej wywołaniem, gdy zostanie wciśnięty przycisk i zerowanym, gdy żaden z nich nie jest wciśnięty. Tryby działania klawiatury są uzależnione od wartości licznika TK i każdy z nich jest zdefiniowany stałymi T1...T5. Na **listingu 2** pokazany został fragment funkcji getKey(), realizujący opisane wcześniej zachowanie interfejsu.

Za każdym razem, gdy użytkownik zmieni wartość nastawy i puści przycisk, wartość P jest zapisywana do pamięci EEPROM

**Rys. 3 Konfiguracja fusebitów zastosowana w U1. Zrzut z programu AVRStudio**



mikrokontrolera. Podczas startu programu wartość P jest wczytywana z EEPROM. Dzięki temu urządzenie pamięta wartość ostatniej nastawy.

Wyświetlacz jest sterowany multiplexowo w czterech krokach:

1. 4 segmenty DS2.
2. 3 segmenty DS2.
3. 4 segmenty DS1.
4. 3 segmenty DS1.

Między każdym z kroków jest przerwa, mająca na celu zmniejszyć jasność wyświetlania segmentów. Czas trwania przerwy w stosunku do czasu trwania jednego kroku jest jak 1:2. Każdy z segmentów zatem jest wyświetlany w czasie 1/6 cyklu sterowania wyświetlacza.

Aby poznać więcej szczegółów implementacji, można zajrzeć do kodu źródłowego.

## Montaż i uruchomienie

Płytki główna i płytki wyświetlacza pokazane zostały na **rysunku 4**. Zostały zaprojektowane w programie KiCad w wersji „Build: (2010-03-14)-final”. Płytki urządzenia zostały zaprojektowane dla konkretnej obudowy – Z27. Jest to obudowa mająca wtyczkę i gniazdo sieciowe oraz dodatkowe miejsce na układ elektroniczny i przewody. Stąd też widoczne wycięcia w płytce, mające na celu dopasowanie do wewnętrznej przestrzeni obudowy.

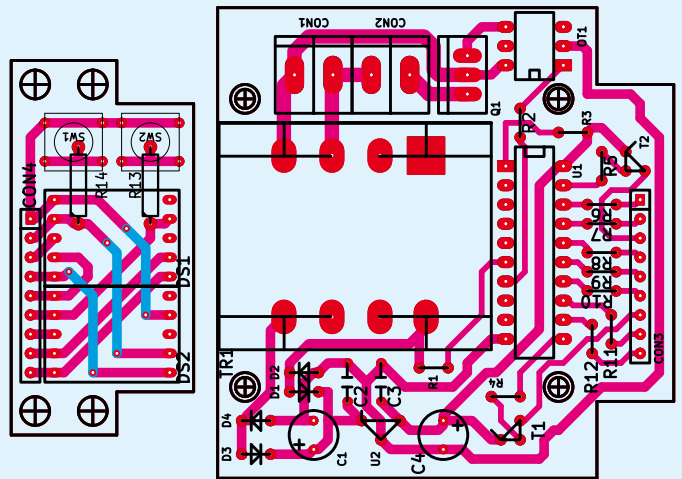
Montaż urządzenia zaczynamy od wlutowania elementów w płytki. W przypadku płytki z zasilaczem, montaż należy zacząć od rezystorów oraz diod prostownika. Wszystkie te elementy montujemy w pozycji pionowej. Następnie lutujemy kondensatory, tranzystory i podstawki pod U1 oraz OT1. Na końcu lutujemy transformator oraz złącza. W płytce

wyświetlaczy najpierw montujemy złącze i rezystory na tylnej stronie płytki, a następnie wyświetlacze oraz przyciski po przedniej stronie płytki.

W obudowie należy wykonać otwory na wyświetlacz oraz przyciski. Najlepiej dokonać tego, przyklejając wydrukowany obraz płytki i naklejając na spodnią część przedniej ścianki obudowy (z gniazdem). Następnie sugerując się otworami przeznaczonymi na wyświetlacze oraz przyciski, zaznaczyć miejsca na otwory. Później posługując się wiertłem 3mm, należy wykonać dwa otwory na przyciski oraz rozwiertić powierzchnię na otwór wyświetlacza, a pilnikiem wykończyć krawędzie otworu.

Płytki najlepiej połączyć tasiemką zakończoną gniazdami nakładanymi na goldpiny w obu płytkach. Bolec uziemiający w gnieździe należy połączyć przewodem z jego odpowiednikiem we wtyczce.

Uruchomienie układu najlepiej przeprowadzić jeszcze przed zamontowaniem płytki w obudowie. Przed podłączeniem do sieci należy dokładnie sprawdzić przede wszystkim obwody będące pod napięciem 230V, czyli sprawdzić, czy nie ma żadnego niechcianego zwarcia na płytce.



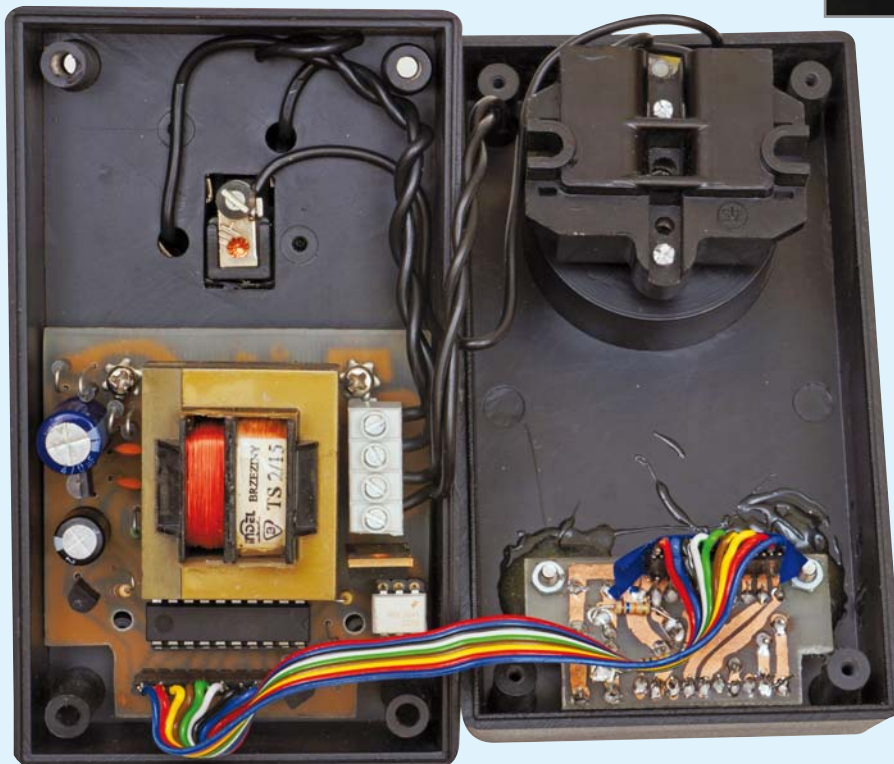
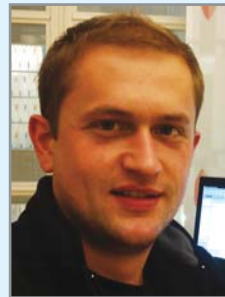
**Rys. 4** Widok płytek drukowanych dla regulatora oraz wyświetlacza

Następnie, zachowując największą ostrożność, podłączyć układ do napięcia 230VAC i zmierzyć, czy na układzie U1 występuje napięcie 5V, lub od razu spojrzeć na wyświetlacz (powinno pokazać się wartość 00).

Gdy wszystko się zgadza, można przetestować działanie regulacji. W tym celu do układu jako obciążenie wystarczy podłączyć żarówkę na napięcie 230V, np. 40W. Żarówka powinna zacząć świecić z przerwami o długości zależnej od ustalonego współczynnika mocy – im mniejszy, tym żarówka świeci krócej.

Regulator był testowany z lutownicami grzałkowymi o maksymalnej mocy 100W. Dla większych mocy będzie konieczne zastosowanie chłodzenia triaka w postaci radiatora.

**Piotr Wójtowicz**  
pw@elportal.pl



### Wykaz elementów

R1	220kΩ
R2	470Ω
R3,R4,R5,R13,R14	10kΩ
R16-R12	150Ω
C1	470uF/25V
C2,C3	100nF ceram.
C4	220uF/16V
D1-D4	1N4001
T1,T2	BC558
Q1	BT136
OT1	MOC3041
DS1,DS2	wysw. 7-seg. wspólna anoda
U1	ATTINY2313 zaprogramowany
U2	LM78L05
TR1	TS2/15
CON1,CON2	listwa zaciskowa ARC2
CON3,CON4	goldpin 1X9
SW1,SW2	microswitch 10mm
2 x gniazdo goldpin 1X9	
podstawa 20pin	
podstawa 6pin	
obudowa Z27	

**Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-3032.**