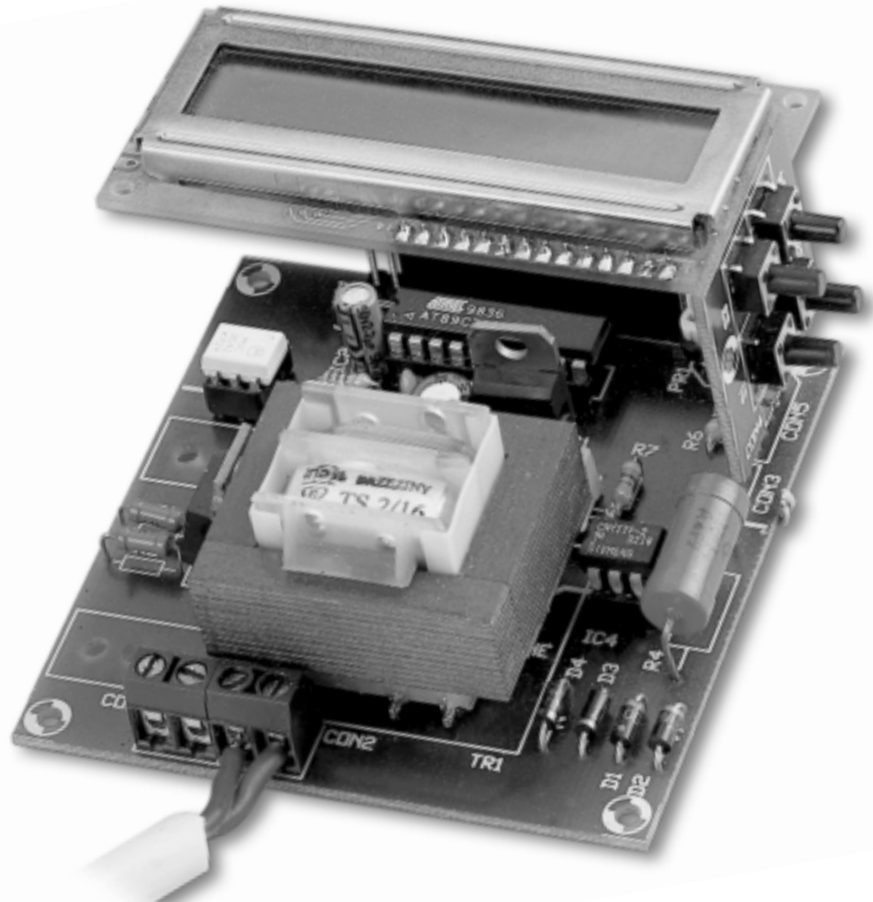


# Grupowy regulator mocy z procesorem AT89C2051

## AVT-861

Regulatory mocy dostarczanej do odbiorników energii elektrycznej należą do układów elektronicznych często budowanych przez hobbystów. O ile jednak przy zasilaniu takich odbiorników napięciem stałym budowa regulatora mocy nie jest zadaniem trudnym, to układy regulacji w przypadku urządzeń zasilanych z sieci energetycznej są nieco bardziej skomplikowane.



Rozróżniamy trzy podstawowe metody regulacji mocy urządzeń zasilanych z sieci 220VAC, z których każda ma swoje zalety i wady. Historycznie najstarszą i jednocześnie najdoskonalszą metodą jest zastosowanie autotransformatora o zmiennym przełożeniu, tzw. wariaka. Jest to w zasadzie jedyny prosty sposób regulowania napięcia sieci energetycznej, przy którym nie występuje jakiegokolwiek zniekształcanie jego przebiegu. Stosowanie tej metody jest jednak ograniczone dwo-

ma czynnikami: dużymi rozmiarami i ciężarem autotransformatorów oraz ich wysoką ceną.

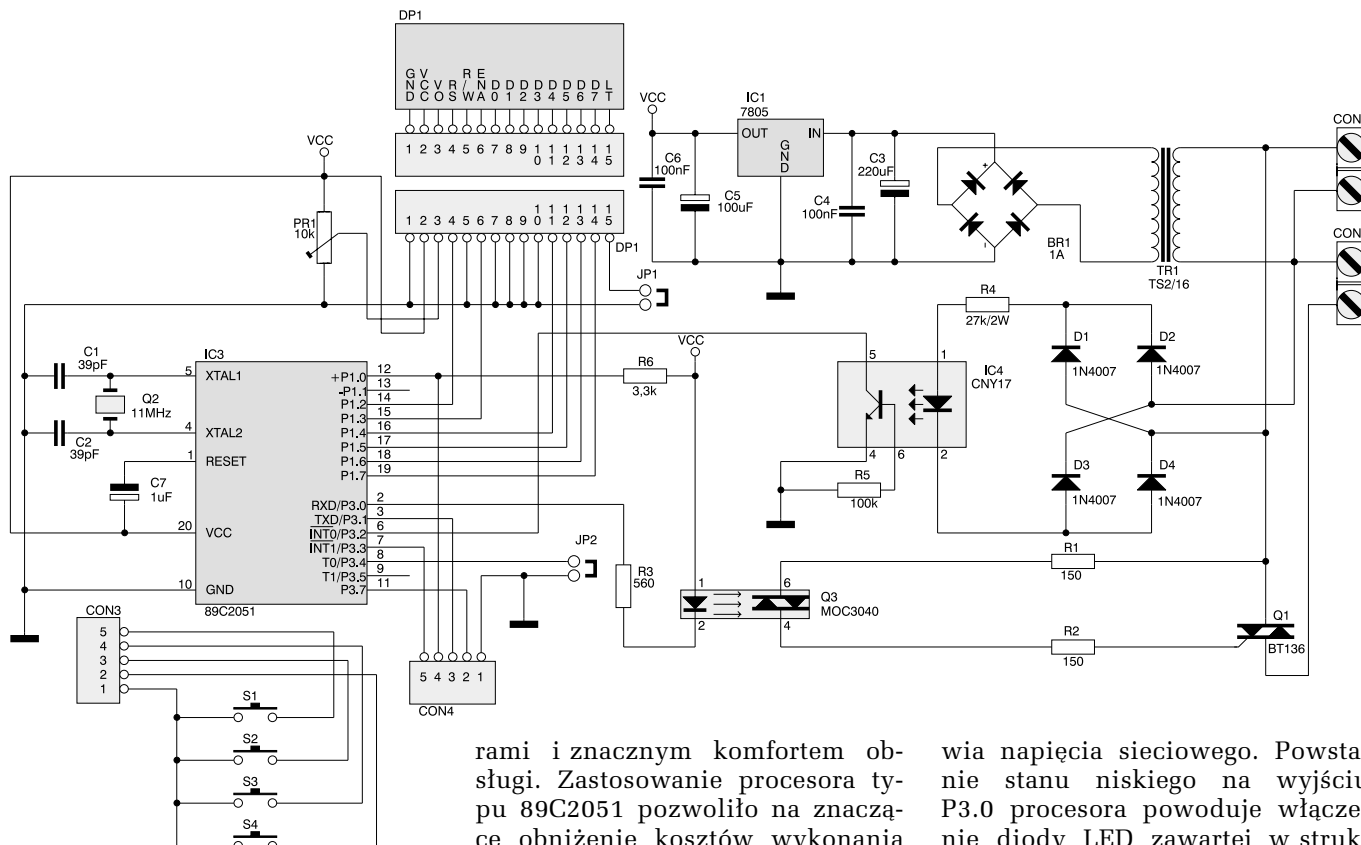
Drugą, najczęściej obecnie stosowaną, metodą regulacji mocy odbiorników 220V jest regulacja fazowa, polegająca na zmianie opóźnienia momentu włączenia triaka po przejściu napięcia sieci przez zero. Jest to sposób niezwykle prosty: posiadając triak, diak i kilka elementów dodatkowych możemy już zbudować regulator znacznej mocy o bardzo dobrych parametrach. Metoda ta ma jednak jedną bardzo poważną wadę: generowanie zakłóceń elektromagnetycznych, które szczególnie w przypadku odbiorników energii o znacznej mocy i indukcyjności są bardzo trudne, a niekiedy wręcz niemożliwe do usunięcia.

Trzecią metodą regulacji mocy odbiorników zasilanych z sieci energetycznej, zastosowaną w układzie, z którego budową zapoznamy się za chwilę, jest tzw. re-

### List. 1.

```

Enable Interrupts 'zezwolenie na obsługę przerw'
Enable Int0       'zezwolenie na obsługę przerw'
Set Tcon
On Int0 BSL      'w przypadku wystąpienia przerwania skok do B(adanie)S(tanu)L(icznika)
Licznik1 = 0    'wstępne zerowanie licznika
Pwm = 50        'układ po włączeniu zasilania ustawiony jest na pół mocy wyjściowej
Cls             'czyszczenie wyświetlacza LCD
Lcd "PWM" ; Pwm ; "% POWER OFF"
                'wysłanie komunikatu na LCD
Set P3.0        'wyłączenie triaka stanem wysokim na wyjściu P3.0
Do
  Set P3.3      'badanie stanu klawiatury
  Debounce P3.3, 0, Zmniejsz, Sub 'badanie stanu klawiatury
  Set P3.1      'badanie stanu klawiatury
  Debounce P3.1, 0, Zwiększ, Sub  'badanie stanu klawiatury
  Set P3.7      'badanie stanu klawiatury
  Debounce P3.7, 0, On, Sub       'badanie stanu klawiatury
  Set P3.3      'badanie stanu klawiatury
  Debounce P1.0, 0, Off, Sub      'badanie stanu klawiatury
Loop
  
```



Rys. 1. Schemat elektryczny regulatora.

gulacja grupowa. Podobnie jak w przypadku regulacji fazowej, elementem przełączającym jest tu także triak, ale nie występują zakłócenia elektromagnetyczne. Jednak zakres stosowania tej metody jest ograniczony w zasadzie do sterowania urządzeniami grzewczymi. Nazwa „regulacja grupowa“ pochodzi stąd, że układ zasila odbiornik energii elektrycznej „grupą przebiegów sinusoidalnych“, włączanych zawsze przy napięciu bliskim zeru. Sterowanie grupowe możemy, z pewnym przybliżeniem, porównać do regulacji mocy metodą PWM stosowaną w obwodach prądu stałego.

Zanim przystąpimy do opisu i budowy proponowanego układu, musimy jasno zdać sobie sprawę z ograniczeń w jego stosowaniu. Nasz regulator w żadnym wypadku nie nadaje się do regulacji mocy żarówek zasilanych z sieci energetycznej i w zasadzie układ przeznaczony jest do sterowania odbiornikami takimi jak grzałki i piecyki elektryczne o mocy zależnej jedynie od typu zastosowanego triaka (w więc do dziesiątków kilowatów).

Proponowany układ charakteryzuje się dość dobrymi paramet-

rami i znacznym komfortem obsługi. Zastosowanie procesora typu 89C2051 pozwoliło na znaczące obniżenie kosztów wykonania i zmniejszenie wymiarów urządzenia. Układ umożliwia regulację mocy dołączonego do niego urządzenia w zakresie od 0% do 100% z krokiem co 1%, a aktualne ustawienia prezentowane są na wyświetlaczu LCD.

### Opis działania

Schemat elektryczny proponowanego układu przedstawiono na rys. 1. Od razu można się zorientować, że sercem układu jest procesor typu AT89C2051, który obsługuje dwa układy peryferyjne: układ wyzwalania triaka i alfanumeryczny wyświetlacz ciekłokrystaliczny. Triak wyzwalany jest za pośrednictwem optotriaka typu MOC3040, którego zadaniem jest separacja galwaniczna układu od niebezpiecznego dla życia i zdro-

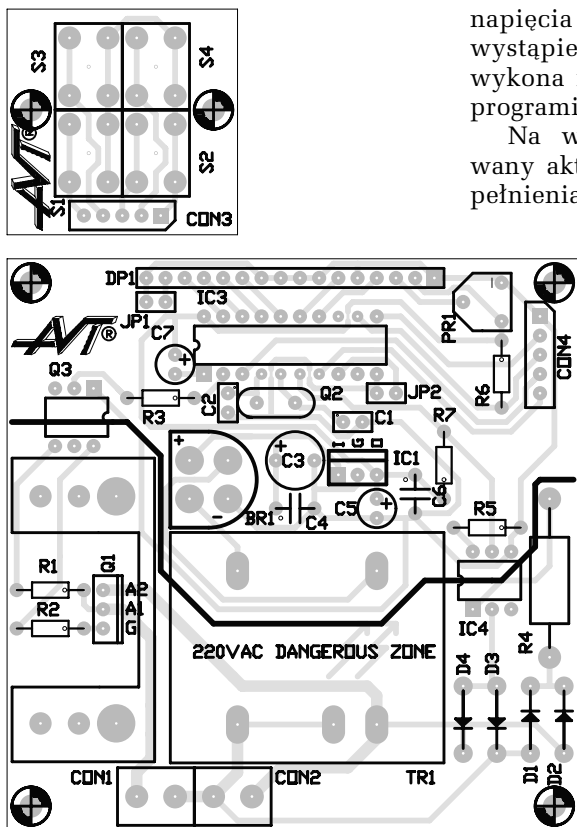
wia napięcia sieciowego. Powstanie stanu niskiego na wyjściu P3.0 procesora powoduje włączenie diody LED zawartej w strukturze optotriaka i w konsekwencji przewodzenie triaka Q1.

Dane do wyświetlacza LCD są przesyłane równolegle czterema bitami, co ma sens w przypadku procesorów o niewielkiej liczbie wyprowadzeń.

Konieczna dla poprawnej pracy układu synchronizacja z siecią energetyczną zrealizowana została z wykorzystaniem transoptora IC4. Napięcie sieci wyprostowane w układzie z diodami D1..D4 zasila następnie diodę LED wbudowaną w strukturę transoptora Q3. Na wyprowadzeniu 5 transoptora otrzymujemy zatem ciąg krótkich impulsów o podwojonej częstotliwości sieci energetycznej - 100Hz. Impulsy te doprowadzane są do wejścia przerwania zewnętrznego INT0 procesora IC3. Wszystkie funkcje re-

```

List. 2.
Bsl:
Disable Int0                               'zablokowanie obsługi przerwania INT0
Incr Licznik1                               'zwiększenie stanu licznika o 1
If Licznik1 = Pwm Then                      'jeżeli stan licznika jest równy zadanemu
                                             'współczynnikowi wypełnienia" to:
                                             "wyłączenie triaka
    Set P3.0
End If
If Licznik1 = 100 Then                      'jeżeli licznik osiągnął stan 0 to:
    Licznik1 = 0                            'wyzzerowanie licznika
End If
If Licznik1 = 0 Then                        'jeżeli stan licznika jest równy 0 to:
    If Pwm <> 0 Then                          'jeżeli zadany współczynnik nie jest równy 0 to:
        If Flag1 = 1 Then                      'jeżeli wydane zostało z klawiatury polecenie POWER ON to:
            Reset P3.0                          "włącz triak
        End If
    End If
End If
Enable Int0                                 'powtórne zezwolenie na obsługę przerwania INT0
Return                                       'powrót do pętli głównej programu
    
```



Rys. 2. Rozmieszczenie elementów na płytkach drukowanych.

regulatora są sterowane za pomocą czteroprzyciskowej klawiatury dołączonej do wejść P1.0, P3.1, P3.3 i P3.7 procesora AT89C2051.

Do napisania programu, skompilowania go i przetestowania wykorzystałem pakiet BASCOM 8051. Dlatego działanie układu zostanie opisane za pomocą fragmentów listingu programu napisanego w dialekcie BASICA - MCS BASIC.

Po włączeniu zasilania i inicjalizacji procesora, układ wysyła na wyświetlacz LCD komunikat powitalny, a następnie skróconą instrukcję obsługi, informującą do jakiego celu służą poszczególne klawisze:

- „S1 - INCR. POWER“ - zwiększenie mocy przekazywanej do odbiornika;
- „S3 - DECR. POWER“ - zmniejszenie mocy przekazywanej do odbiornika;
- „S2 - POWER OFF“ - wyłączenie odbiornika;
- „S4 - POWER ON“ - włączenie odbiornika.

Następnie program wykonuje czynności przedstawione na list. 1. Wydane zostaje polecenie zezwalające na obsługę przerwania INTO, które wystąpi po przejściu

napięcia sieci przez zero. Po wystąpieniu przerwania program wykona instrukcje zawarte w podprogramie BSL.

Na wyświetlaczu jest pokazywany aktualny „współczynnik wypełnienia impulsów“ oraz stan zasilania odbiornika energii: włączony lub wyłączony. Przez cały czas procesor bada stan klawiatury, sprawdzając stan jej styków za pomocą polecenia DEBOUNCE. Jest to godne uwagi polecenie, znacznie ułatwiające życie programiście, automatycznie określające minimalny czas naciśnięcia klawisza (w przypadku opisywanego układu wynosi on 5ms) i niwelujące skutki wielokrotnego odbijania styków.

Wstąpienie przerwania, czyli przejście napięcia sieci przez zero, spowoduje wykonanie czynności wymienionych w list. 2. Reakcję programu na naciśnięcie poszczególnych klawiszy przedstawiono na list. 3.

Efektom działania układu jest zasilanie odbiornika energii grupami przebiegów sinusoidalnych napięcia sieciowego. W skrajnych przypadkach triak albo nie włącza się w ogóle, albo jest włączony na stałe. Przy ustawieniach pośrednich możliwa jest regulacja mocy w zakresie od 1% do 99%.

Układ zasilany jest z sieci energetycznej za pośrednictwem transformatora TR1, prostownika BR1 i stabilizatora napięcia IC1.

### Montaż i uruchomienie

**Montaż układu jest stosunkowo prosty, należy jednak pamiętać o jednym: budujemy urządzenie, którego część jest połączona z siecią energetyczną i wiele elementów znajduje się pod niebezpiecznym napięciem 220VAC! Dlatego też osoby nie mające doświadczenia w budowie takich układów muszą zachować szczególną ostrożność podczas uruchamiania i testowania regulatora!**

Na rys. 2 pokazano rozmieszczenie elementów na dwóch płytkach obwodów drukowanych, wy-

### WYKAZ ELEMENTÓW

#### Rezystory

- PR1: potencjometr montażowy miniaturowy 10k $\Omega$
- R1, R2: 150 $\Omega$
- R3: 560 $\Omega$
- R4: 27k $\Omega$ /2W
- R5: 100k $\Omega$
- R6: 3,3k $\Omega$

#### Kondensatory

- C1, C2: 39pF
- C3: 220 $\mu$ F/16V
- C4, C6: 100nF
- C5: 100 $\mu$ F/10V
- C7: 1 $\mu$ F/10V

#### Półprzewodniki

- BR1: mostek prostowniczy 1A
- D1..D4: 1N4007
- IC1: 7805
- IC3: zaprogramowany procesor AT89C2051
- IC4: CNY17
- Q1: triak BT136 17
- Q3: MOC3040 (3020)

#### Różne

- CON1, CON2: ARK2/500
- DP1: wyświetlacz alfanumeryczny LCD 16\*1
- JP1: 2xgoldpin + jumper
- Q2: rezonator kwarcowy 11,059MHz
- S1, S2, S3, S4: przycisk typu microswitch RESET
- TR1: transformator sieciowy TS2/16
- Radiator typ "3"

konanych na laminacie jednostronnym. Montaż wykonamy typowo, a jedyną trudność może sprawić dołączenie wyświetlacza alfanumerycznego. Niestety, producenci tych elementów (a przynajmniej tych wyświetlaczy, z którymi ja miałem do czynienia), z isticie szatańska złośliwością, umieścili złącze zasilające wyświetlacz na jego górnej krawędzi, co wyklucza możliwość połączenia go z płytką bazową najlepszą metodą: z wykorzystaniem szeregu kątowych goldpinów. Tak więc połączenie to, a także połączenie płytki bazowej z klawiaturą trzeba wykonać za pomocą przewodów.

Starannie wykonany układ, w którym zastosowano sprawdzone elementy, nie wymaga żadnych regulacji oprócz regulacji kontrastu wyświetlacza LCD (potencjometr montażowy PR1). Warto jednak

wspomnieć o roli jumpera JP2. Jeżeli podczas uruchamiania układu okazałoby się, że na wyświetlaczu ukazuje się jedynie połowa napisów, to należy zewrzeć wspomniany jumper i ponownie włączyć zasilanie, co powinno spowodować prawidłową pracę urządzenia. Przypadek taki występuje niezmiernie rzadko, a spowodowany jest niepełną kompatybilnością niektórych wyświetlaczy z obowiązującym standardem.

Po zmontowaniu urządzenia dołączamy do niego zasilanie 220VAC, a jako obciążenie można zastosować żarówkę średniej mocy. Po uruchomieniu układu naciskamy klawisz S4, co spowoduje włączenie odbiornika energii. Żarówka powinna zacząć równomiernie migotać z częstotliwością 1Hz. Naciskanie klawiszy S1 i S3 nie powinno wpływać na częstotliwość migotania, natomiast wyraźnie powinna zmieniać się jasność świecenia, a więc i „współczynnik wypełnienia impulsów“,

czyli liczba okresów sinusoidy napięcia zasilającego. Klawiszem S2 można wyłączyć zasilanie odbiornika i od tego momentu możemy uważać układ za sprawny i gotowy do eksploatacji.

W prototypie, służącym do testowania układu w warunkach laboratoryjnych, zastosowano stosunkowo „słaby“ triak typu BT136. Jednak w wykonaniach praktycznych można stosować także inne typy triaków o większym dopuszczalnym prądzie i wyposażyć je w większe radiatory.

**Zbigniew Raabe**  
**zbigniew.raabe@ep.com.pl**

*Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/pcb.html> oraz na płycie CD-EP06/2000 w katalogu PCB.*

*Plik źródłowy programu mikrokontrolera znajduje się na płycie CD-EP06/2000 oraz na naszej stronie [www](http://www.ep.com.pl).*

List. 3.

```
'ustawienie znacznika włączenia
'zasilania odbiornika
On:
Flag1 = 1
Home
Lcd "          POWER ON "
Home
Lcd "PWM" ; Pwm ; "%"
Return

'wyłączenie znacznika wyłączenia
'zasilania odbiornika
Off:
Flag1 = 0
Cls
Home
Lcd "          POWER OFF"
Home
Lcd "PWM" ; Pwm ; "%"
Return

'zmniejszenie procentowego współczynnika mocy
Zmniejsz:
Decr Pwm
If Pwm = 255 Then
  Pwm = 0
End If
Home
Lcd "          "
Home
Lcd "PWM" ; Pwm ; "%"
Return

'zwiększenie procentowego współczynnika mocy
Zwieksz:
Incr Pwm
If Pwm = 101 Then
  Pwm = 100
End If
Home
Lcd "PWM" ; Pwm ; "%"
Return
```