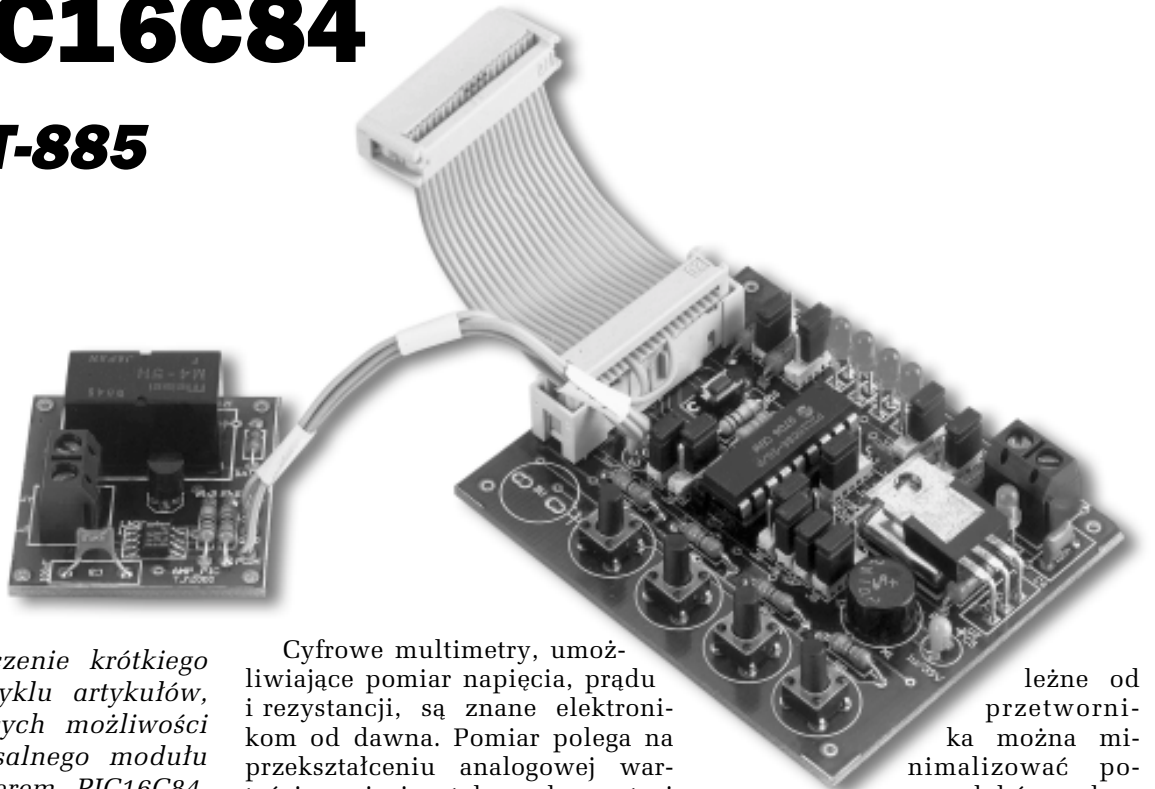


Amperomierz cyfrowy z PIC16C84

kit AVT-885



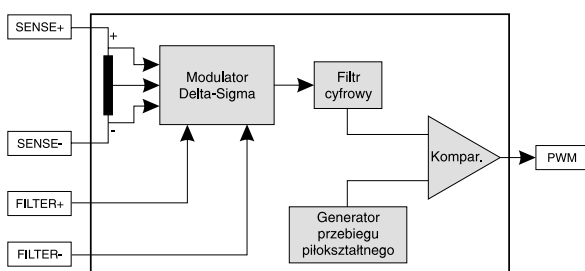
Na zakończenie krótkiego cyklu artykułów, prezentujących możliwości uniwersalnego modułu z kontrolerem PIC16C84, przedstawiamy opis amperomierza cyfrowego zaprojektowanego z zastosowaniem tego modułu.

Cyfrowe multimetry, umożliwiające pomiar napięcia, prądu i rezystancji, są znane elektronikom od dawna. Pomiar polega na przekształceniu analogowej wartości napięcia stałego do postaci cyfrowej za pomocą przetwornika A/C. Przykładem takiego przetwornika może być nieśmiertelny ICL7106. Pomiar pozostałych wielkości odbywa się najczęściej metodą techniczną: prądu poprzez pomiar napięcia na znanej rezystancji wtrąconej w obwód, natomiast rezystancji poprzez pomiar napięcia na niej przy znanym prądzie wymuszonym przez źródło prądowe. Każdy pomiar obarczony jest pewnym błędem. Na wartość tego błędu ma wpływ wiele czynników: błąd metody pomiaru, błędy przetwornika A/C (np. nieliniowość, zależność od temperatury otoczenia, szумы) oraz charakterystyczny dla pomiarów cyfrowych błąd kwantyzacji. W celu pomiaru prądu wtrącenie

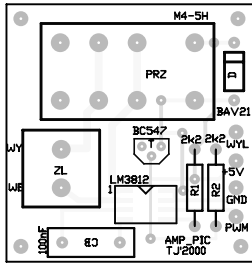
leżne od przetwornika można minimalizować poprzez dobór odpowiedniego przetwornika A/C, co przy dzisiejszym stanie techniki nie jest trudne.

W praktycznych rozwiązaniach potrzebne są często amperomierze do pomiaru prądu w obwodach zasilania. W takich przypadkach nie jest potrzebna kłopotliwa do uzyskania duża dokładność pomiaru. Większe znaczenie ma minimalizacja rezystancji wtrąconej w obwód.

Do tego celu bardzo dobrze nadaje się scalony miernik prądu LM3812 firmy National Semiconductor. Układ ten zawiera w swojej strukturze wszystkie elementy potrzebne do pomiaru prądu: rezystor pomiarowy o wartości $0,004\Omega$ oraz przetwornik A/C (rys. 1). Przepływający przez rezystor prąd jest próbkowany przez przetwornik delta-sigma. Impulsy z jego wyjścia są filtrowane przez filtr cyfrowy i porównywane za pomocą komparatora z impulsami z generatora przebiegu piłokształtnego. W wyniku tego porównania na wyjściu PWM pojawia się przebieg prostokątny o zmiennym współczynniku wypełnienia, liniowo zależnym od przepływają-



Rys. 1. Schemat blokowy układu LM3812.



Rys. 2. Schemat montażowy przystawki pomiarowej.

cego prądu. Układ został tak skonstruowany, że może mierzyć prąd w obu kierunkach, tzn. wpływający ze źródła i wpływający do źródła. Dla rozwartego obwodu (prąd=0) współczynnik wypełnienia przebiegu (definiowany jako stosunek czasu trwania poziomu wysokiego do okresu powtarzania) wynosi 50%. Dla prądów dodatnich zwiększa się, a dla ujemnych zmniejsza. Znając współczynnik wypełnienia D mierzony prąd można wyliczyć z zależności: $I = 2,2(D - 0,5)(I_{max})$. I_{max} jest to wartość zakresu pomiarowego układu. Dla LM3812M1.0 $I_{max} = 1A$ (można mierzyć prąd ±1A), a dla LM3812M7.0 $I_{max} = 10A$ (ale można mierzyć ciągle prąd maks. ±7A). Według danych katalogowych dokładność pomiaru w temperaturze pokojowej jest na poziomie ±2% i dla opisywanego tutaj miernika jest zupełnie wystarczająca.

Do budowy amperomierza zostaną wykorzystane, bez żadnych zmian, opisywane już płytki modułu PIC16C84 i wyświetlacza. Układ LM3812M1.0 oraz obwód programowanego bezpiecznika został umieszczony na dodatkowej, specjalnie w tym celu zaprojektowanej płytce (rys. 2). Połączenia pomiędzy płytkami oraz schemat części pomiarowej amperomierza z układem rozłączania obwodu prądowego są przedstawione na

rys. 3. Za pomocą rezystora R1 wymuszany jest poziom wysoki na wejściu ISD. Poziom niski na tym wejściu powoduje przełączenie U1 w stan obniżonego poboru prądu - oczywiście układ wtedy nie mierzy. Można to wykorzystać w układach zasilania bateryjnego, gdy minimalizacja poboru energii może mieć zasadnicze znaczenie. Impulsy z wyjścia PWM podawane są na linię RA4 ustawioną jako wejście. Zworka J9 w module mikrokontrolera łączy linię RA4 z odpowiednim pinem ZL1. Linią RB4 (zworka J5 łączy ją ze złączem) jest sterowany układ rozłączania obwodu prądowego. Poziom wysoki na tej linii powoduje wejście w nasycenie tranzystora T1 i zadziałanie przekaźnika Prz (rozłączenie obwodu prądowego). Dioda D1 tłumí przepięcia powstające w momencie zaniku napięcia na cewce przekaźnika.

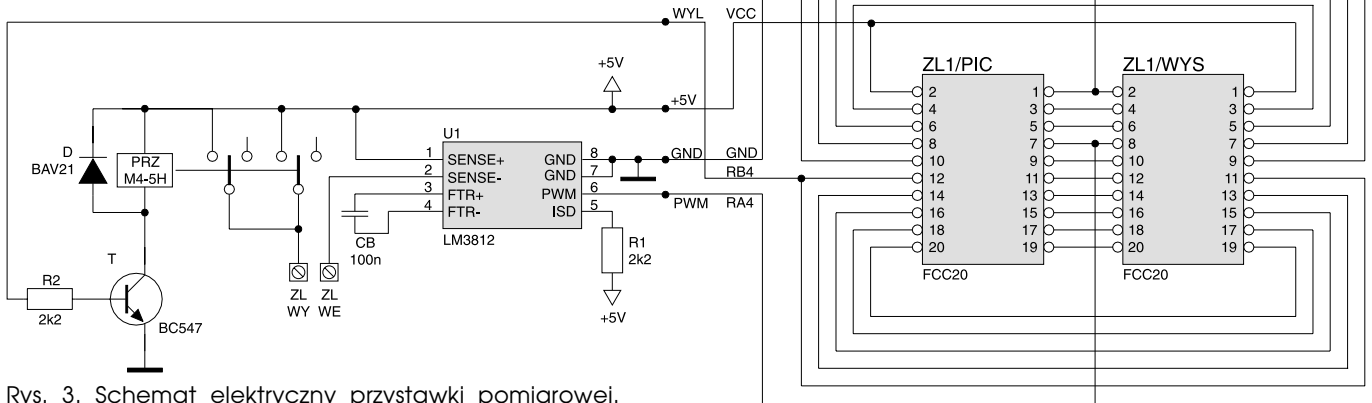
Pozostałe zworki w module mikrokontrolera są ustawione w następujący sposób: J6..J8 łączy J6..RB7 z SW2..SW4, J1..J4 łączy RA0..RA2 z pinami złącza ZL, J4 łączy RA3 z diodą D4 - sygnalizacja kierunku prądu (rys. 4).

Okres powtarzania przebiegu na wyjściu PWM dla napięcia zasilającego równego 5V wynosi 50ms. Czas ten jest dzielony w przetworniku na 1024 części i z taką rozdzielczością może się zmieniać współczynnik wypełnienia D. Aby wykorzystać pełną rozdzielczość układu, mikrokontroler musi mierzyć czas przynajmniej z rozdzielczością 50ms/1024=48,4µs. Pomiar czasu najlepiej jest realizować poprzez zliczanie przerwań od TMR0. Do

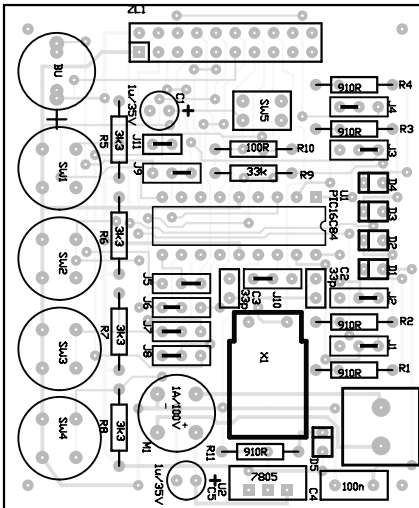
TMR0 musi być wpisana taka wartość, by przerwanie było zgłaszane co ok. 48,8µs, czyli z częstotliwością 20492Hz. Program obsługi przerwania oprócz zliczania czasu obsługuje wyświetlacz i procedury odliczania opóźnień. Żeby zdążyć z tym wszystkim, trzeba było zastosować PIC16C84-10P w szybszej wersji i rezonatorem 10MHz. Przy programowaniu tego układu należy pamiętać o ustawianiu bezpieczników rezonatora na wartość HX.

Po zmierzeniu czasów wyliczany jest współczynnik wypełnienia D. Następnie na jego podstawie wyliczana jest wartość prądu I. 16-bitowa liczba, w której jest zapisana wartość I zamieniana jest na trzy bajty: liczbę setek, dziesiątek i jedności miliamperów oraz wyświetlana. W trakcie prób okazało się, że wartość na ostatniej cyfrze pomiaru nie jest stabilna i często się zmienia. Sytuację poprawiło nieco jej uśrednienie, czyli wyświetlanie średniej arytmetycznej z kolejnych dziesięciu pomiarów. Dopiero zaokrąglenie średniej pomiaru do 5mA dało zadowalające wyniki.

Tak oto powstał cyfrowy amperomierz w zakresie ±1A, dokładności 2% i rozdzielczości 5mA. Zastosowanie mikrokontrolera do pomiaru prądu umożliwia dodanie funkcji programowanego zabezpieczenia nadprądowego. Każdy, kto się zetknął z zagadnieniami budowy takich zabezpieczeń wie, że nie jest to łatwe. Określenie kryterium wyłączenia obwodu zależy od paru czynników. Może to być charakter obciążenia (dotyczy to szczególnie układów zasilania). Inny będzie przebieg



Rys. 3. Schemat elektryczny przystawki pomiarowej.



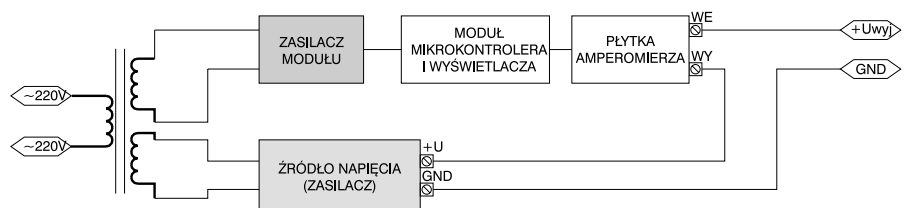
Rys. 4. Konfiguracja zwor na płytce mikrokontrolera.

przepływu prądu w momencie załączenia obciążenia rezystancyjnego, a inny przy obciążeniu o charakterze pojemnościowym czy indukcyjnym. Duże znaczenie ma też czas upływający od momentu przekroczenia dopuszczalnej wartości prądu do momentu rozłączenia obwodu. Skuteczne zabezpieczenia dobierane do konkretnego obwodu obciążenia mogą działać w oparciu o skomplikowane algorytmy i wymagają dość mocnych obliczeniowo mikrokontrolerów. W naszym przypadku ograniczymy się do najprostszego rozwiązania. Zabezpieczenie zadziała w momencie, kiedy zmierzona średnia z dziesięciu pomiarów (i zaokrąglona do 5mA) przekroczy nastawioną wartość. Naciśnięcie dowolnego klawisza (SW2..SW4) powoduje zatrzymanie cyklu pomiarowego i wejście w tryb ustawiania progu zabezpieczenia. Z odpowiednich komórek pamięci EEPROM pobierane są setki i dziesiątki liczby określającej nastawioną wartość progu. Cyfry te są wyświetlane na odpowiednich pozycjach wyświetlacza. Cyfra odpowiadająca jednostkom jest wygaszona - sygnalizowany jest w ten sposób tryb ustawiania. Próg zadziałania zabezpieczenia można oczywiście ustawić z rozdzielczością 10mA. Poprzez naciśnięcie SW4 zwiększamy wartość aż do 990mA. Dalsze przyciskanie SW4 nie daje żadnego rezultatu. Przyciskanie SW3 zmniejsza wartość progu zadziałania aż do 10mA. Dalsze przyciskanie również nic nie zmienia. Dla uproszczenia

przyjęto, że nastawiona wartość będzie uwzględniana symetrycznie. Jeżeli ustawimy np. 370mA, to rozłączenie nastąpi, gdy prąd przekroczy wartość +370mA lub -370mA. Naciśnięcie klawisza SW2 kończy tryb ustawiania ograniczenia. Nastawione wartości setek i dziesiątek miliamperów wpisywane są do odpowiednich komórek pamięci EEPROM i rozpoczyna się tryb pomiarowy. Po dziesięciu pomiarach i wyliczeniu średniej, zmierzona wartość prądu jest porównywana z wartością progu zabezpieczenia. Jeżeli jest większa, to na RB4 pojawia się poziom wysoki, tranzystor T1 z płytki amperomierza wchodzi w stan nasycenia i zadziała przełącznik Prz rozłączający obwód. Na wyświetlaczu pali się na środkowej pozycji 0. Pozostałe cyfry są zgaszone. Po usunięciu przyczyny zwiększonego poboru prądu należy przycisnąć dowolny klawisz (SW2..SW4). Na RB4 pojawi się poziom niski. Styki przełącznika Prz przejdą w stan spoczynkowy i załączą obwód prądowy. Amperomierz przechodzi w tryb pomiaru prądu.

Wykonanie urządzenia jest stosunkowo proste. Płytki modułu mikrokontrolera i wyświetlacza łączymy z pomocą kabla 20-żyłowego z zacisniętymi złączami typu IDC. Przy wykonywaniu kabla łączącego należy przygotować odcinek przewodu wstążkowego długości ok. 10cm. Złącze wyświetlacza zacisnąć na krawędzi przewodu, a złącze modułu w odległości ok. 4cm. W pozostałym odcinku należy pozostawić potrzebne przewody (żyły 1, 2, 7, 12), a pozostałe wyciąć (rys. 3). Płytkę pomiarową łączymy z pozostawionymi przewodami i za pomocą lutowania. Podczas montażu płytki pomiarowej należy zwrócić szczególną uwagę przy lutowaniu układu LM3812 (obudowa do montażu SMD).

Podłączenie amperomierza do zasilacza można wykonać tak, jak



Rys. 5. Sposób podłączenia cyfrowego amperomierza do wyjścia zasilacza laboratoryjnego.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R2: 2,2kΩ

Kondensatory

C1: 100nF

Półprzewodniki

U1: LM3812

T1: BC547

D1: BAV21

Różne

Prz: MEISEI M4-5H

ZL: złącze śrubowe

Płytką drukowaną

jest to pokazane na rys. 5. Napięcie między nóżką 1 a nóżkami 7 i 8 U1 nie powinno być większe niż 5,5V. Na nóżkę 1 U1 podawane jest napięcie występujące w tym punkcie obwodu, w którym mierzony jest prąd. Może ono mieć różne wartości. Z tego powodu dobrze jest rozdzielić galvanicznie masę napięcia zasilającego układ amperomierza od masy układu, w którego obwodzie jest mierzony prąd. Pozwoli to na pomiar prądu w obwodach o różnym poziomie napięcia bez obawy o uszkodzenie amperomierza. Modelowe urządzenie połączone było w trakcie prób z zasilaczem laboratoryjnym (rys. 5). Napięcie w punkcie pomiaru prądu zmieniło się w granicach 3..26V. Producent układu LM3812 podaje w danych katalogowych przykłady układów zasilania z obwodu mierzonego. Mają one jednak pewne ograniczenia. W naszym przypadku musi być zasilany moduł mikrokontrolera i najlepiej jest wykonać zasilanie także do układu LM3812.

Tomasz Jabłoński, AVT
tomasz.jablonski@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-EP09/2000 w katalogu PCB.