

Inteligentny sterownik centralnego ogrzewania, część 1

W artykule przedstawiono koncepcję, budowę i sposób eksploatacji sterownika systemu centralnego ogrzewania. Konstrukcja urządzenia jest oparta na mikrokontrolerze i zoptymalizowana pod kątem niezawodności i prostoty użytkowania.

Opis urządzenia

Na **rys.1** przedstawiono uproszczony schemat blokowy sterownika centralnego ogrzewania. Sterownik oparty jest na mikrokontrolerze z rodziny 8051 (Atmel AT89C2051). Mikrokontroler dokonuje odczytu zawartych w jego wewnętrznej pamięci ROM instrukcji programu, a realizując je steruje ogrzewaniem. Liczba wymaganych zewnętrznych układów elektronicznych jest bardzo mała.

Użytkownik komunikuje się ze sterownikiem za pośrednictwem czterech klawiszy, których stany są w sposób ciągły testowane przez mikrokontroler. Po stwierdzeniu naciśnięcia klawisza podejmowane są stosowne decyzje.

Komunikaty systemu są wyprowadzane na dwuwierszowy, 16-znakowy, ciekłokrystaliczny wyświetlacz alfanumeryczny. Komunikaty te są wyprowadzane z wykorzystaniem pełnego zestawu znaków ASCII.

Urządzenie nadzoruje temperaturę za pośrednictwem analogowego czujnika, którego sygnał należy poddać konwersji A/C przed przekazaniem go do mikrokontrolera. Operację konwersji realizuje przetwornik A/C.

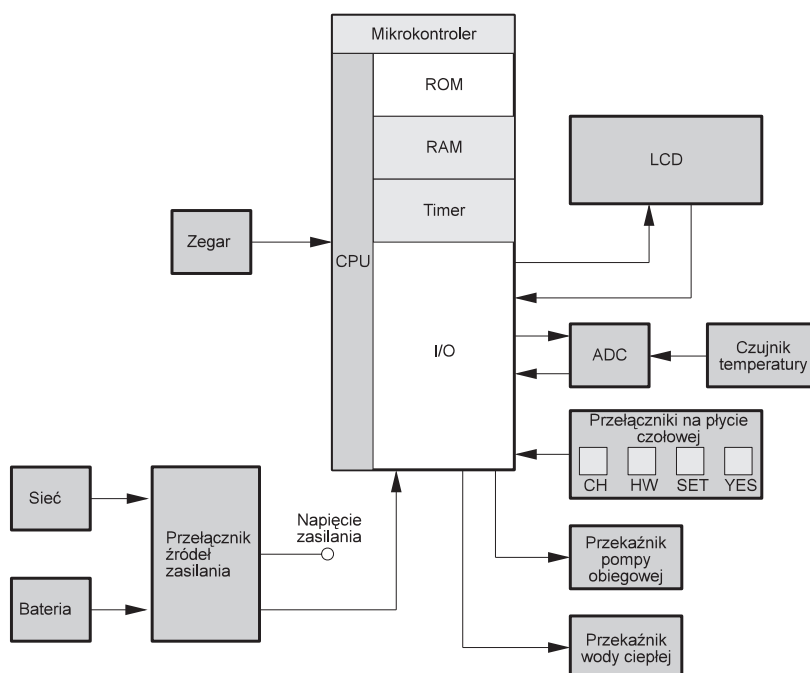
Do przełączania napięcia sieciowego zasilającego obwód centralnego ogrzewania lub podgrzewania wody służą przekaźniki.

Sterownik centralnego ogrzewania może być zasilany z sieci 220V lub z akumulatora. W normalnych warunkach jest wykorzystywane zasilanie sieciowe, natomiast w przypadku zaniku napięcia sieciowego uruchamiane jest awaryjne zasilanie akumulatorowe, zapewniające utrzymanie informacji o czasie oraz programie.

Kompletny schemat ideowy sterownika centralnego ogrzewania przedstawia **rys.2**. Symbolem IC3 oznaczono mikrokontroler Atmel AT89C2051. Układ ten jest kompatybilny z przemysłowym

Właściwości układu

- ✓ niezależne włączanie centralnego ogrzewania i ogrzewania wody;
- ✓ możliwość przełączania prądu 5A przy 240V napięcia przemiennego;
- ✓ niezależne programy na każdy z siedmiu dni;
- ✓ pojedynczy lub podwójny cykl przełączania w ciągu dnia;
- ✓ opcja termostatowania przy użyciu dodatkowego czujnika temperatury;
- ✓ wyświetlanie bieżącej temperatury i czasu;
- ✓ awaryjne zasilanie akumulatorowe zabezpieczające oprogramowanie sterownika w przypadku zaniku zasilania sieciowego;
- ✓ możliwość konfiguracji wyjść jako stale włączonych lub stale wyłączonych;
- ✓ sygnalizacja działania przekaźników za pośrednictwem diod LED.



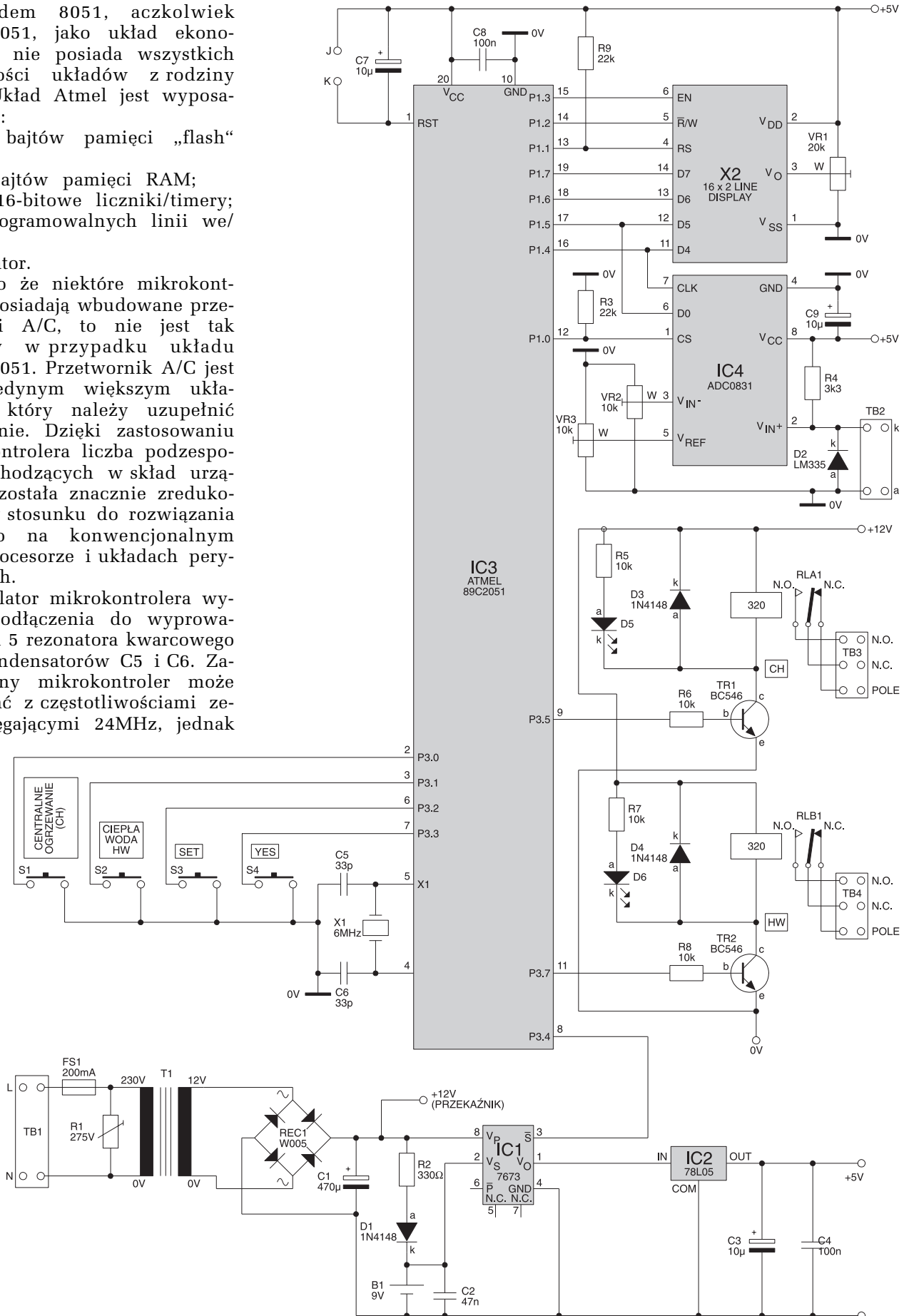
Rys. 1. Schemat blokowy sterownika centralnego ogrzewania.

standardem 8051, aczkolwiek AT89C2051, jako układ ekonomiczny, nie posiada wszystkich możliwości układów z rodziny 8051. Układ Atmel jest wyposażony w:

- 2048 bajtów pamięci „flash“ ROM;
- 128 bajtów pamięci RAM;
- dwa 16-bitowe liczniki/timery;
- 15 programowalnych linii wej/wy;
- generator.

Mimo że niektóre mikrokontrolery posiadają wbudowane przetworniki A/C, to nie jest tak niestety w przypadku układu AT89C2051. Przetwornik A/C jest więc jedynym większym układem, o który należy uzupełnić urządzenie. Dzięki zastosowaniu mikrokontrolera liczba podzespołów wchodzących w skład urządzenia została znacznie zredukowana w stosunku do rozwiązania opartego na konwencjonalnym mikroprocesorze i układach peryferyjnych.

Oscylator mikrokontrolera wymaga podłączenia do wyprowadzeń 4 i 5 rezonatora kwarcowego X1 i kondensatorów C5 i C6. Zastosowany mikrokontroler może pracować z częstotliwościami zegara sięgającymi 24MHz, jednak



Rys. 2. Schemat ideowy sterownika centralnego ogrzewania.

w przedstawianym urządzeniu zastosowano taktowanie 6MHz, co określa czas wykonania instrukcji w języku maszynowym równy 2μs. Szybkość taka zdecydowanie wystarcza dla realizacji funkcji sterownika centralnego ogrzewania. Użycie wyższej częstotliwości zegara oznaczałoby jedynie generację przez mikrokontroler silniejszych zakłóceń elektrycznych i szumów.

Zerowanie po włączeniu zasilania zapewnia kondensator C7 o pojemności 10μF, podłączony między wejście zerujące (wyprowadzenie 1) i dodatni biegun zasilania. Wewnętrzny rezystor (50kΩ..300kΩ) łączy wyprowadzenie 1 z masą. Mikrokontroler zostaje wyzerowany po włączeniu napięcia zasilania - na jego wejściu zerującym pojawia się napięcie zasilania, które następnie znika w miarę ładowania kondensatora C7.

W układzie przewidziano możliwość ręcznego zerowania przy pomocy zworki wstawianej między punkty J i K, aczkolwiek prawdopodobieństwo zaistnienia potrzeby korzystania z tej opcji jest niewielkie.

Urządzenie zostało zaprojektowane do pracy z zasilaniem sieciowym, ale jest także wyposażone w awaryjne zasilanie akumulatorowe, chroniące przed utratą nastaw i programu w razie zaniku napięcia sieciowego.

Zasilacz jest konwencjonalny. Zawiera transformator sieciowy T1 oraz prostownik mostkowy REC1 i daje napięcie niestabilizowane. Bezpiecznik FS1 został umieszczony w "gorącym" przewodzie zasilania, co w razie uszkodzenia zapobiega przepływowi przez urządzenie prądu o zbyt dużym natężeniu. Zaleca się użycie bezpiecznika automatycznego.

Warystor R1, połączony równolegle z transformatorem, ma za zadanie chronić układ przed przepięciami i udarami napięciowymi, które mogą wystąpić w sieci. W normalnych warunkach warystor wykazuje bardzo wysoką impedancję, ale gdy napięcie sieci na skutek wystąpienia np. stanu przejściowego przekroczy pewien poziom, impedancja warystora spada i napięcie zostaje ograni-

czony. Poziom ograniczania w prezentowanym urządzeniu wynosi 275V.

Transformator T1 ma dwa uzwojenia wtórne 6V, które są połączone szeregowo i dają napięcie przemienne 12V. Po wyprostowaniu wartość maksymalna uzyskanego napięcia wynosi około 17V. Napięcie to jest następnie wygładzane przez kondensator elektrolityczny C1 o dużej pojemności.

Zasilanie awaryjne zapewniają dwa akumulatory NiCd (B1). Akumulatory te są odpowiednikami baterii PP3 i są ładowane prądem o natężeniu około 10mA przez rezystor R2 i diodę D1.

Układ IC1 - ICL7673 - jest automatycznym przełącznikiem realizującym przełączenie między zasilaniem podstawowym (sieciowym) a awaryjnym (akumulatorowym). Układ ten detekuje, które z jego dwóch napięć wejściowych jest większe i przekazuje to napięcie na wyprowadzenie 1.

Podczas normalnej pracy, napięcie zasilania pochodzące z sieci wynosi 12..16V i jest wyższe od napięcia pochodzącego z akumulatorów, równego około 9V, a więc do wyprowadzenia 1 układu IC1 doprowadzone zostanie zasilanie sieciowe. W przypadku zaniku napięcia sieci wyższe oczywiście okaże się napięcie z akumulatorów i ono będzie przekazane do wyprowadzenia 1 układu IC1. Proces przełączania napięć trwa około 50ms i nie zakłóca pracy zasilanego układu.

Wyprowadzenia 3 i 5 układu ICL7673 są to wyjścia z otwartym kolektorem, wskazujące, które z zasilających wejściowych podane jest aktualnie na wyprowadzenie 1 tego układu. Wyjście 3 jest połączone z linią we/wy P3.4 mikrokontrolera, skonfigurowaną jako wejście. Linia ta posiada wewnętrzny rezystor podciągający, połączony z zasilaniem mikrokontrolera. Po odłączeniu przez układ IC1 zasilania sieciowego i włączeniu zasilania akumulatorowego, stan linii P3.4 zmieni się z wysokiego na niski. Stan tej linii jest monitorowany przez op-

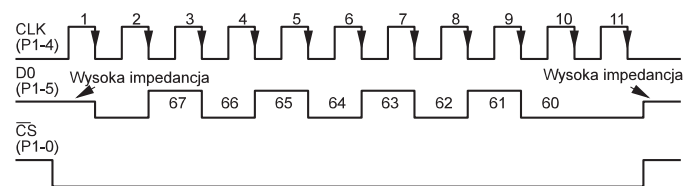
rogramowanie, które w przypadku zaniku napięcia sieciowego podejmuje odpowiednie działania.

Napięcie wyjściowe układu IC1 trafia na stabilizator napięcia IC2, dający stabilizowane napięcie +5V, zasilające sterownik. Wyjście stabilizatora jest odsprężane przez kondensatory C3 i C4. Kondensatory odsprężające umieszczono również w wybranych punktach układu.

Stabilizator 7805 (IC2) dostarcza prądu o natężeniu do 100mA, co przekracza potrzeby sterownika centralnego ogrzewania - jednak z wyłączeniem zasilania przekładników, które są zasilane niestabilizowanym napięciem +12V. Oznacza to, że w przypadku zaniku napięcia sieciowego i zasilania awaryjnego żaden z przekładników nie będzie wzbudzony i oba wyjścia będą otwarte.

Cztery klawisze S1..S4 oznaczone CH, HW, SET i YES umożliwiają użytkownikowi programowanie i konfigurowanie żadanego trybu pracy sterownika. Kontakty tych klawiszy są połączone z masą oraz z liniami we/wy P3.0 do P3.3 mikrokontrolera, skonfigurowanymi jako wejścia. Linie te również posiadają wewnętrzne rezystory podciągające, tak więc naciśnięcie klawisza spowoduje zmianę stanu odpowiadającej mu linii z wysokiego na niski. Oprogramowanie może stwierdzić fakt naciśnięcia klawisza i odpowiednio zareagować. Program zapobiega także odbiciom, towarzyszącym działaniu wszelkich przełączników mechanicznych - dokonywana jest sekwencja odczytów danej linii oddzielonych opóźnieniami dłuższymi niż okres drgania kontaktów (zazwyczaj 10ms do 20ms).

System przekazuje informacje użytkownikowi za pośrednictwem modułu wyświetlacza ciekłokrystalicznego LM016XMBL (X2) produkcji firmy Hitachi, na który można wyprowadzić dwie linie tekstu, zawierające do 16 znaków



Rys. 3. Przebiegi czasowe przetwornika A/C ADC0831.

alfanumerycznych. Moduł ten zawiera wyświetlacz oraz kontroler HD44780, zapewniający współpracę wyświetlacza z otoczeniem.

W pewnym uproszczeniu kontroler HD44780 można traktować jako ciąg rejestrów o długości pojedynczego bajtu oraz adresów pamięciowych, poprzez adresowanie których można wyprowadzać na wyświetlacz żądane znaki. Dostęp do kontrolera umożliwia szyna danych D0..D7 oraz trzy linie sterujące: Register Select RS (wybór rejestru), Read/Write !R/W (odczyt/zapis) oraz Enable (zezwolenie).

Aby mogło nastąpić przekazanie danych, stan linii EN musi być wysoki. Dwie kolejne linie sterujące RS i !R/W są wykorzystywane do selekcji rejestru (dane lub sterowanie) i określenia rodzaju dostępu (odczyt lub zapis), którego wymaga realizowana operacja.

Układ HD44780 umożliwia transmisję informacji w dwóch cyklach, z użyciem linii danych D4..D7 i taką właśnie możliwość, ograniczającą liczbę używanych wyprowadzeń kontrolera, wykorzystano w sterowniku.

Linie mikrokontrolera P1.4..P1.7 są wykorzystywane jako linie danych i są połączone z wejściami D4..D7 układu HD44780. Linie P1.1, P1.2 i P1.3 służą do transmisji sygnałów sterujących odpowiednio EN, !R/W i RS. Linia P1.1 wymaga zastosowania zewnętrznego rezystora podciągającego R9.

Kontrast wyświetlacza można regulować przy pomocy potencjometru VR1, którego suwak jest połączony z wyprowadzeniem 3 modułu LM016XMBL.

Sterownik centralnego ogrzewania jest wyposażony w dwa przełączane wyjścia, których zadaniem jest - zależnie od zaprogramowania - włączanie bądź wyłączanie centralnego ogrzewania lub ogrzewania wody. Wyjścia te są identyczne, w związku z czym omówione zostanie tylko wyjście obsługujące centralne ogrzewanie.

Wyjście to wyposażono w przełączniki, umożliwiające przełączanie żądanych mocy. Ponieważ wydajność prądowa linii we/wy mikrokontrolera nie pozwala na wzbudzenie cewki przekaźnika,

zastosowano tranzystor TR1. Gdy w linii we/wy P3.5 mikrokontrolera pojawi się stan wysoki, tranzystor TR1 zostaje nasycony. Oznacza to połączenie jednego z wyprowadzeń cewki z masą, a więc wzbudzenie i zwarcie zestyków przekaźnika RLA. Dioda D3 zabezpiecza tranzystor przed napięciem indukującym się w cewce przekaźnika w momencie zatkania tranzystora.

Tranzystor TR1 wysterowuje także - przez rezystor R5, ograniczający natężenie prądu - diodę LED D5, sygnalizującą stan przekaźnika. Zestyki przekaźnika są połączone ze złączką przewodową TB3, co umożliwia wygodne połączenie z przełączanymi urządzeniami zewnętrznymi.

Przekaźniki są zasilane niestabilizowanym napięciem 12V, pochodzącym bezpośrednio z wyjścia prostownika REC1. Rozwiązanie takie zastosowano, by uniknąć znacznego obciążenia prądowego stabilizatora IC2. Wykorzystanie do zasilania przekaźnika napięcia stabilizowanego +5V wymagałoby użycia przekaźników zasilanych napięciem 5V, z których każdy pobierałby prąd o natężeniu około 100mA. Oznaczałoby to konieczność zastosowania stabilizatora większej mocy oraz wyższe straty mocy w stabilizatorze, a także nadmierne obciążenie akumulatorów w przypadku uruchomienia awaryjnego zasilania.

Jedną z możliwości oferowanych przez sterownik centralnego ogrzewania jest pomiar i wyświetlanie temperatury. Niezbędny w tym celu jest taki elektroniczny czujnik temperatury, którego sygnał wyjściowy byłoby łatwo przekazać do oprogramowania mikrokontrolera.

Jako czujnik wykorzystano precyzyjny sensor temperatury LM335 będący (w uproszczeniu) diodą Zenera. Element ten, odpowiednio spolaryzowany przez rezystor ze źródła napięciowego, wykazuje napięcie przebicia proporcjonalne do aktualnie panującej temperatury bezwzględnej, a więc wyrażonej w stopniach Kelvina. Tak więc w temperaturze 0°C (273K) napięcie przebicia LM335 wynosi 2,73V, natomiast w temperaturze 25°C napięcie wyniesie 2,98V.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

(z wyjątkiem R1 0.25W 5%, węglowe warstwowe)

R1: warystor 275V

R2: 330Ω

R3, R9: 22kΩ

R4: 3,3kΩ

R5, R6, R7, R8: 10kΩ

VR1: 20kΩ, wieloobrotowy

VR2, VR3: 10kΩ, wieloobrotowy

Kondensatory

C1: 470μF/25V, wyprowadzenia jednostronne

C2: 47nF, ceramiczny

C3, C7, C9: 10μF/16V,

wyprowadzenia jednostronne

C4, C8: 100nF, ceramiczny

C5, C6: 33pF, ceramiczny

Półprzewodniki

D1, D2, D4: 1N4148

D2: LM335 (czujnik temperatury)

D5, D6: czerwone diody LED 3mm

IC1: przełącznik zasilania ICL7673

IC2: stabilizator 7805

IC3: AT89C2051 (zaprogramowany)

IC4: przetwornik A/C ADC0831

REC1: prostownik mostkowy W005 1,5A/50V

TR1, TR2: BC546

Różne

B1: akumulator NiCd (odpowiednik PP3)

FS1: bezpiecznik automatyczny 200mA, do montażu na płytce

RLA, RLB: przekaźniki 12V, 10A/240V

S1..S4: przełączniki klawiszowe

T1: transformator sieciowy 12V/1,2A

TB1, TB2: złączka przewodowa podwójna

TB3, TB4: złączka przewodowa potrójna

X1: rezonator kwarcowy 6MHz

X2: moduł wyświetlacza ciekłokrystalicznego 2x16 znaków

Oczywiście układ cyfrowy, jakim jest mikrokontroler, nie posiada możliwości bezpośredniej interpretacji sygnałów analogowych - należy je więc przetworzyć do postaci cyfrowej. W tym celu urządzenie wyposażono w 8-bitowy przetwornik A/C ADC0831 (IC4), zapewniający dyskretyzację temperatury na 256 poziomach.

Przetwornik ADC0831 posiada także wbudowany różnicowy wzmacniacz wejściowy, co po-

zwala na przesunięcie zera analogowego w stosunku do masy, a także możliwość regulacji napięcia odniesienia, dzięki czemu niskie sygnały analogowe mogą być przetwarzane z wykorzystaniem pełnej rozdzielczości przetwornika. Wymienione własności układu ADC0831 są bardzo cenne z punktu widzenia przedstawianego zastosowania, ponieważ z zakresu mierzonych temperatur wynika niewielki zakres zmian napięcia wyjściowego układu LM335, natomiast jego składowa stała jest wysoka.

Zakres mierzonych i wyświetlanych przez urządzenie temperatur ustalono na -20°C do $43,75^{\circ}\text{C}$, któremu odpowiada zakres napięć wyjściowych układu LM335 od $2,53\text{V}$ do $3,1675\text{V}$. Aby dostosować przetwornik ADC0831 do tego zakresu napięć, należy podać odpowiednie poziomy na wejście wzmacniacza odwracającego oraz napięcia odniesienia.

Regulacji dokonuje się przy pomocy potencjometrów VR2 i VR3, umieszczonych między zasilaniem i masą. Potencjometr VR2 służy do ustalenia napięcia podawanego na wejście wzmacniacza odwracającego (wyprowadzenie 2), które powinno wynosić $2,53\text{V}$. Potencjometr VR3 ustala wartość napięcia odniesienia (podawanego na wyprowadzenie 3), która powinna wynosić $0,6375\text{V}$. Przy takich nastawach obu potencjometrów, jeden bit na wyjściu konwertera odpowiada napięciu analogowemu $0,25\text{V}$, co z kolei jest równoważne $0,25^{\circ}\text{C}$. Oprogramowanie jednakże podaje wartości temperatury w zaokrągleniu do najbliższej liczby całkowitej. Należy tu podkreślić, że podane napięcia dotyczą idealnie funkcjonującego układu LM335, i jeśli chce się uzyskać najwyższą dokładność, należy przeprowadzić opisaną dalej procedurę kalibracyjną.

Układ LM335, spolaryzowany napięciem zasilania $+5\text{V}$ przez rezystor R4, jest połączony z nieodwracającym wejściem przetwornika ADC0831. W urządzeniu zapewniono możliwość montażu układu LM335 bezpośrednio na płytce drukowanej, bądź poza płytką - wtedy LM335 łączony jest z płytką za pośrednictwem

złączki TB2. Kondensator C9 służy do odsprzęgnięcia zasilania.

Przetwornik ADC0831 jest wyposażony w interfejs składający się z wyjściowej linii danych (DO) i linii zegara (CLK). Układ uaktywniany jest niskim stanem wejścia CS. Wymienione linie są połączone z liniami we/wy mikrokontrolera P1.4, P1.5 i P1.0. Linie P1.4 i P1.5 są połączone także z modułem wyświetlacza. Rozwiązanie takie jest możliwe, ponieważ szyna danych modułu wyświetlacza jest w stanie wysokiej impedancji, jeśli na jego wejście EN podany zostanie stan niski, natomiast wyjście danych DO przetwornika ADC0831 znajduje się w stanie wysokiej impedancji, jeśli na jego wejściu CS panuje stan wysoki. Dopóty, dopóki oprogramowanie nie usiłuje uzyskać dostępu do obu tych układów jednocześnie, konflikt nie występuje.

Linia we/wy P1.0 mikrokontrolera wymaga zastosowania zewnętrznego rezystora podciągającego, którą to funkcję spełnia R3.

Aby dokonać przetwarzania A/C, na wejście CS należy podać stan niski. Utrzymując linię CS w stanie niskim na wejście CLK należy podać jedenaście impulsów zegarowych (zbczy opadających). Bity wyniku konwersji pojawiają się sekwencyjnie na wyjściu DO, po wystąpieniu zbczy opadających impulsów zegarowych od 2. do 9. Jako pierwszy wyprowadzany jest bit najbardziej znaczący. Po jedenastym impulsie zegarowym przetwarzanie jest blokowane przez podanie wysokiego stanu na linię CS.

Dobrą ilustrację omówionego procesu stanowi diagram czasowy przedstawiony na **rys.3**. Oprogramowanie zapewnia pojawienie się wymaganych sekwencji impulsów na odpowiednich liniach we/wy mikrokontrolera. Odczyt bitów wyniku konwersji wyprowadzanych na linię DO odbywa się podczas wysokiego stanu impulsów zegarowych od 3. do 10. Wynik ten może być następnie w dowolny sposób przetwarzany.

Artykuł publikujemy na podstawie umowy z redakcją miesięcznika „Everyday with Practical Electronics“.