

Wysokościomierz z mikrokontrolerem PIC, część 2

W drugiej części artykułu przedstawiamy sposób wykonania, uruchomienia i obsługi mikroprocesorowego wysokościomierza.

Wykonanie

Na rys. 6 przedstawiono schemat rozmieszczenia elementów oraz mozaikę ścieżek druku płytki, a także sposób okablowania całości.

Montaż rozpoczynamy od zwoerek, następnie kontynuujemy według wielkości elementów. Układy IC1-IC4 należy umieścić na podstawkach, także przetwornik ciśnienia należy umieścić w czternióżkowej podstawce SIL. Dwie zworki biegną pod podstawkami układów IC2 i IC3. Przetwornik ciśnienia oferowany jest w obudowie lub bez. Należy uważnie odciąć rurki (rys. 7), tak aby pozostawić otwory. **W otwory te nie wolno niczego wkładać.**

Następnie należy zgiąć pod kątem prostym wyprowadzenia czujnika w niewielkiej odległości od obudowy, w kierunku przeciwnym niż powierzchnia z kropką. Długość zagiętej części powinna wynosić około 3mm, aby można było wstawić przetwornik w podstawkę SIL tak, by leżał na płytce. Wyprowadzenie 1 przetwornika (od strony kropki na obudowie) znajduje się po lewej stronie, gdy płytka jest usytuowana jak na rys. 6.

Po właściwym wstawieniu przetwornika w podstawkę należy przylutować do niej jego wyprowadzenia, co zapewni większą niezawodność połączenia.

Obudowa i wyświetlacz LCD

Sposób połączenia wyświetlacza z resztą układu zależy od użytej obudowy. Autor projektu przejrzał niemal wszystkie katalogi obudów w poszukiwaniu tej właściwej, posiadającej odpowiedniej wielkości otwór na wyświetlacz. Długotrwałe usiłowania zostały uwieńczone częściowym powodzeniem - jedna z obudów oferowanych przez firmę RS Components była bliska ideału. Choć otwór pod wyświetlacz był nieco większy niż to niezbędne, można próbować częściowo go zasłonić. Podane w katalogu wymiary obu-

dowy pozwalały przypuszczać, że jej szerokość będzie odpowiednia i że zmieści także baterie PP3.

Po odbiorze przesyłki okazało się jednak, że obudowa ta ma pochylone ścianki boczne, których minimalne wymiary są mniejsze niż oczekiwano. Delikatne opiłowanie krawędzi wyświetlacza LCD pozwoliło umieścić go w tej obudowie, jednak wstawienie go równo z powierzchnią otworu nie było możliwe. Obudowa pozostała, ale jeśli ktokolwiek trafi na obudowę o wymiarach lepiej dostosowanych do wymagań przedstawianej konstrukcji, proszony jest o powiadomienie o tym autora. Wydawałoby się oczywiście, że na rynku powinny być obudowy do wyświetlaczy mających 2 linie po 16 znaków, skoro są do wyświetlaczy z 2 liniami po 8 znaków.

Rozwiązanie alternatywne to użycie zwykłej obudowy z tworzywa sztucznego i wycięcie w niej otworu we własnym zakresie.

W prototypie wyświetlacz został połączony z płytka za pomocą odciętych wyprowadzeń rezystorów. Najpierw zostały przylutowane oba skrajne połączenia, co pozwoliło na ustawienie wyświetlacza w równej odległości od płytki, a następnie przylutowano pozostałe połączenia.

Kąt pochylenia ekranu względem płytki drukowanej został dobrany po zamontowaniu płytki w obudowie tak, by wyświetlacz znalazł się w otworze obudowy. Odpowiednie położenie płytki należy ustalić za pomocą kołków dystansowych.

Przełączniki zostały zamocowane z dala od pojemnika na baterię, a włącznik usytuowano na tylnej ścianie obudowy.

Testowanie

Przed włożeniem układów IC1-IC4 w podstawki należy włączyć napięcie zasilania i sprawdzić napięcie 5V na wyjściu układu IC5. Jeśli napięcie na wyjściu IC5 będzie wyższe, np. 7V, oznacza to, że układ IC5 został wlutowany odwrotnie.

Wyłączyć zasilanie i wstawić w podstawki układy IC1-IC4. Mikrokontroler IC3 musi zostać przedtem zaprogramowany. Może to być PIC16C84 lub PIC16F84.

Po włączeniu zasilania program rozpoczyna działanie od inicjalizacji wyświetlacza, następnie przechodzi do trybu Ekran 1. Może okazać się, że trzeba wyregulować kontrast (VR1), by informacja prezentowana na wyświetlaczu stała się widoczna. Na tym etapie działania programu wyprowadzane wyniki będą produktem przetwarzania przypadkowych wartości znajdujących się w pamięci EEPROM, nieco zmodyfikowanych przez warunki układu, a więc mogą być pozbawione sensu.

Po upewnieniu się, że na wyświetlacz wyprowadzane są dane, należy wprowadzić do pamięci EEPROM wartości domyślne. Należy wyłączyć zasilanie i odczekać

kilka sekund, by kondensatory zostały rozładowane. Następnie należy włączyć zasilanie trzymając przez kilka chwil przycisk S1 wciśnięty. Ekran wyświetlacza nie zawiera wtedy żadnych informacji. Następnie zwalniamy przycisk S1. Wartości domyślne zostały wprowadzone do pamięci EEPROM, a na wyświetlaczu powinny pojawić się nieco bardziej realistyczne wyniki. Oznaczają one:

- wysokość w metrach;
- wysokość w stopach;
- ciśnienie atmosferyczne w milibarach;
- temperaturę otoczenia w stopniach Celsjusza lub Fahrenheita.

Podczas normalnej eksploatacji urządzenia tylko takie informacje są wyprowadzane na wyświetlacz.

Urządzenie posiada pięć przełączanych za pomocą przełączników trybów pracy, umożliwiających ustawienie właściwych war-

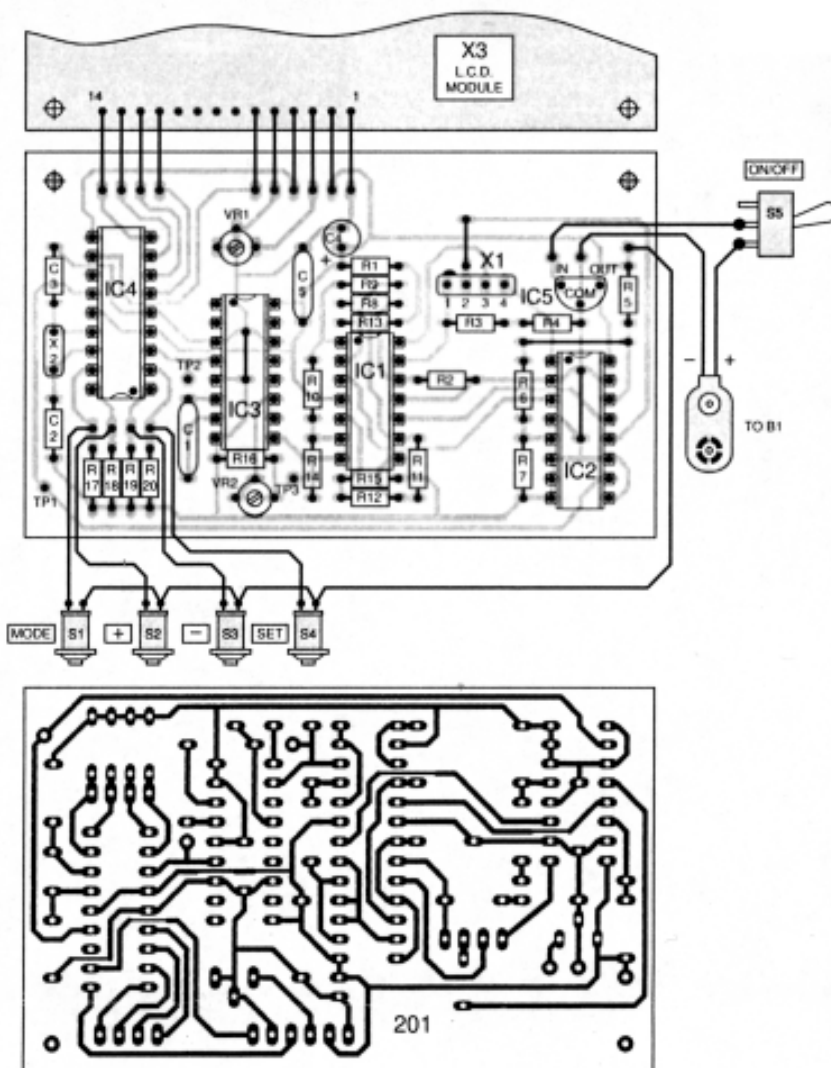
tości wysokości, ciśnienia i temperatury.

Na płycie znajdują się dwa punkty testowe: TP1, w którym dostępny jest sygnał przełączający z częstotliwością 0,5Hz multiplexer IC2, oraz TP2, w którym dostępny jest sygnał wyjściowy przetwornika napięcie-częstotliwość (IC3). Punkty te były wykorzystywane przez autora podczas opracowywania oprogramowania, ale wykonujący wysokościomierz amatorzy nie będą z nich korzystać.

Testy działania programu

Sprawdzenie poprawności reakcji programu na naciśnięcie przycisków:

- Nacisnąć i zwolnić przycisk S1 (Mode). Wolno błyskająca gwiazdka, znajdująca się w lewym górnym rogu wyświetlacza, powinna znaleźć się na lewo od wskazania wysokości i migotać z nieco większą częstotliwością. Oznacza to możliwość modyfikacji wskazania wysokości. Dokonuje się jej naciskając przyciski S2 (zmiana w górę) lub S3 (zmiana w dół). Jeśli jeden z tych przycisków jest wciśnięty, wskazanie na wyświetlaczu powinno zmieniać się w sposób ciągły w odpowiednim kierunku. Wynik podawany w stopach będzie zmieniał się równoległe z wynikiem wyświetlanym w metrach (nie ma możliwości oddzielnej regulacji). Wprowadzony współczynnik korygujący wskazanie zostaje zapamiętany w pamięci EEPROM mikrokontrolera, gdzie pozostanie do momentu dokonania następnej modyfikacji. Po uzyskaniu właściwego wskazania należy ponownie nacisnąć przycisk S1 (Mode), po czym gwiazdka powinna pojawić się obok wskazania ciśnienia w milibarach. Można je skorygować posługując się przyciskami S2 i S3, analogicznie jak przy wskazaniu wysokości. To nowe wskazanie zostanie zapamiętane w pamięci EEPROM.
- Kolejne naciśnięcie przycisku S1 spowoduje przesunięcie gwiazdki obok wskazania wyniku pomiaru temperatury. Wskazanie to może być także zmienione w taki sam sposób jak poprzednie, a następnie zapamiętane.



Rys. 6. Schemat rozmieszczenia elementów, mozaika ścieżek druku oraz okablowanie podzespołów wysokościomierza.

- Po kolejnym naciśnięciu przycisku S1 w miejsce gwiazdki na wyświetlaczu pojawi się znak zapytania. Naciśnięcie przycisku S2 lub S3 spowoduje zmianę skali wyświetlanych wartości temperatury ze stopni Celsjusza na stopnie Fahrenheita lub odwrotnie. Należy wybrać odpowiednią skalę. Wybór skali nie wpływa na działanie podprogramu dokonującego obliczania wartości temperatury.
- Po następnym naciśnięciu S1 następuje częściowa zmiana informacji wyprowadzanych na wyświetlacz - wskazanie temperatury i wysokości nie ulega zmianie, natomiast zamiast odczytu ciśnienia pojawia się informacja umożliwiająca wprowadzenie temperaturowej korekcji ciśnienia w postaci $<T \pm 23^\circ>$, przy czym znak „ \pm ” migocze. Wyprowadzona liczba to współczynnik, przez który dzielona jest różnica między zapamiętaną a bieżącą wartością odniesienia, w celu uzyskania wskazania temperatury w stopniach Celsjusza lub Fahrenheita. Przyciski S2 i S3 umożliwiają zmianę i zapamiętanie tej wartości. Jej ustawianie zostanie omówione dalej.

Ekran 2 i 3

Po następnym naciśnięciu przycisku S1 na wyświetlaczu pojawi się kolejny zestaw informacji, tzw. Ekran 2. Za liczbą znajdującą się w górnym wierszu po lewej stronie jest znak R. Oznacza on początkową wartość napięcia odniesienia, odczytywaną podczas procedury startowej. Za liczbą znajdującą się po prawej stronie tego samego wiersza jest wyświetlany znak H - jest to bieżąca wartość napięcia odniesienia. Za liczbą znajdującą się po prawej stronie dolnego wiersza wyświetlacz widnieje znak D, który oznacza różnicę między podanymi w górnym wierszu wartościami napięć odniesienia. Liczby te nie są wartościami napięcia, a jedynie wynikami ich przetworzenia na częstotliwość, podanymi w Hz.

Po lewej stronie dolnego wiersza wyświetlacza widnieje komunikat $<Dx 14^\circ>$, przy czym znak gwiazdki gaśnie i zapala się. Ten element jest wykorzystywany pod-

czas wprowadzania współczynnika korygującego wpływ temperatury na wyniki pomiaru ciśnienia.

Po następnym naciśnięciu przycisku S1 pojawia się Ekran 3, zawierający domyślne wartości wysokości i napięcia odniesienia. Wartości te będą zmieniane podczas ustawiania wysokości.

Powrót do Ekranu 1

Kolejne naciśnięcie przycisku S1 powoduje powrót do Ekranu 1, na którym podane są wyniki pomiaru wysokości, ciśnienia i temperatury, wraz z błyskającą w lewym górnym rogu gwiazdką.

Podczas normalnej eksploatacji użytkownik najpewniej będzie chciał korygować wyłącznie wartość wysokości, a pozostałe nastawy po poprawnym wprowadzeniu raczej nie będą zmieniane. Może oczywiście zaistnieć potrzeba ich skorygowania, na skutek np. pewnych niedokładności popełnionych podczas ich wprowadzania. W takiej sytuacji należy nacisnąć przycisk S1 odpowiednią liczbę razy, tj. tyle, by gwiazdka znalazła się obok właściwej wartości.

Naciśnięcie przycisku S4 (Set) powoduje powrót do Ekranu 1 z dowolnego innego stanu wyświetlacza.

Pierwsza regulacja

Ze względu na tolerancje użytych elementów, należy ustawić zakresy pomiaru wysokości i temperatury. Obie te czynności są proste, ale wymagają nieco cierpliwości.

W pierwszym kroku należy dobrać położenie suwaka potencjometru VR2 ustalającego zakres pracy przetwornika napięcie-częstotliwość. W pierwszym trybie pracy wyświetlacza (Ekran 1 - gwiazdka po lewej stronie górnego wiersza) trzeba regulować VR2 do momentu uzyskania wyniku około 1013mb. Zmieniają się także wskazania wysokości i temperatury, ale na tym etapie można je zignorować.

W kolejnym kroku sprawdzamy, czy znajdująca się po lewej stronie górnego wiersza (Ekran 2) wartość znajduje się w przedziale 15000R - 15500R. Takie ustawienie wyświetlacza wymaga sześciokrotnego naciśnięcia przycisku S1. Jeśli wartość ta nie mieści się w podanym przedziale, należy po-

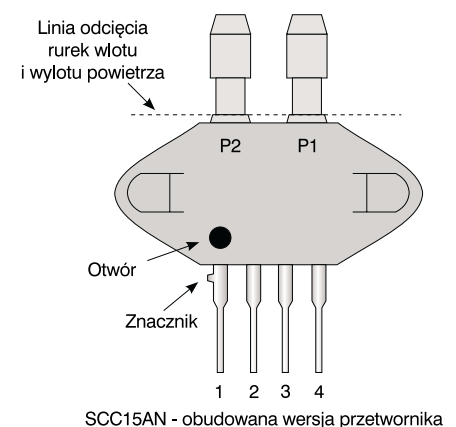
wrócić do Ekranu 1 (naciskając S4) i nieco zmienić nastawę VR2, po czym ponownie sprawdzić lewą górną wartość Ekranu 2 (uwaga - zmiany położenia VR2 są rejestrowane przez oprogramowanie tylko wtedy, gdy wyświetlacz znajduje się w trybie pierwszym - Ekran 1).

Podczas wykonywanych przez program obliczeń wartość odniesienia jest mnożona przez 4. Jest bardzo ważne, by wynik mnożenia nie przekroczył 65535, maksymalnej wartości liczby zapisanej w dwubajtowym rejestrze, ponieważ jej przekroczenie oznacza spadek zawartości rejestru do zera i zliczanie od początku.

Po zakończeniu powyższych czynności nie ma potrzeby jakichkolwiek regulacji potencjometrem VR2, chyba że nastąpi uszkodzenie i wymiana jednego z układów scalonych lub przetwornika.

Nastawa zakresu temperatury

Program ma wpisaną domyślną wartość zakresu temperatury, ale najpewniej będzie ją trzeba uaktualnić. Dla zmiany tej wartości jest wymagane posiadanie zwykłego termometru. Wartość rzeczywista temperatury i wartość odniesienia są mierzone w dwóch różnych temperaturach otoczenia. Najpierw należy więc umieścić wysokościomierz w pomieszczeniu zamkniętym na odpowiednio długi okres, by zapewnić wyrównanie temperatury otoczenia i urządzenia. Naciskać S1 do momentu pojawienia się Ekranu 2. Zapisać wskazanie temperatury (w stopniach Celsjusza lub Fahrenheita) - będzie to



Rys. 7. Organizacja wyprowadzeń przetwornika ciśnienia SCC15AN.

temperatura T1. Zanotować wartość odniesienia znajdującą się w lewym górnym rogu ekranu - będzie to wartość R1. Zanotować wartość wysokości znajdującą się w prawym górnym rogu ekranu - będzie to wartość H1. Powrócić do Ekranu 1 naciskając przycisk S4.

Przenieść termometr i wysokościomierz do innego pomieszczenia, o temperaturze znacznie różniącej się od poprzedniej. Nie należy wykorzystywać w tym celu lodówki, ponieważ skraplająca się na płycie para wodna może spowodować w układzie poważne uszkodzenia. Można wynieść oba urządzenia na dwór, ale pogoda powinna być odpowiednia - zbyt silny wiatr będzie powodował wahania wyniku pomiaru ciśnienia. Należy umieścić wysokościomierz mniej więcej na takiej samej wysokości nad poziomem ziemi, jak w przypadku poprzedniego pomiaru i nieco odczekać, by temperatura obydwu urządzeń ustabilizowała się. Naciskać S1 do momentu pojawienia się Ekranu 2. Zapisać wskazanie temperatury T2, wartość odniesienia R2 oraz wartość wysokości H2. Następnie należy od R1 odjąć R2, oznaczając różnicę RT; od T1 odjąć T2 i oznaczyć różnicę TT, zaś od H1 odjąć H2 i oznaczyć różnicę HT, pomijając wszystkie znaki minus. Podzielić RT przez TT, by uzyskać zmianę napięcia odniesienia na jednostkę temperatury, a wynik oznaczyć CT. Powrócić do Ekranu 1 naciskając przycisk S4. Nacisnąć 5-krotnie przycisk S1 (Mode). W drugiej linii wyświetlacza powinien pojawić się komunikat <T123*> z błyskającą gwiazdką. Używając przycisków S2 i S3 zastąpić wartość 23 obliczoną wartością CT, odpowiednio zaokrągloną. Nacisnąć kolejny raz przycisk S1, tak by w dolnej linii wyświetlacza pojawił się komunikat <Dx 14*>. Obliczyć HD dzieląc HT przez CT. Używając przycisków S2 i S3 zastąpić wartość 14 obliczoną wartością HD, odpowiednio zaokrągloną. Powrócić do Ekranu 1 naciskając przycisk S4. Nacisnąć S1 - gwiazdka powinna znaleźć się w prawym dolnym rogu ekranu. Używając przycisku S2 lub S3 zmienić wyświetlaną wartość temperatury na zgodną ze wskazaniem termometru.

Zakres pomiaru temperatury został w ten sposób ustawiony i przyrząd powinien śledzić zmiany temperatury otoczenia w zakresie odpowiadającym CT. Wysokościomierz będzie odnotowywał zmiany temperatury wolniej niż będą one w rzeczywistości zachodziły.

Podczas opisanych czynności określony został także temperatury współczynnik korekcji wskazań wysokości. Teraz można przystąpić do ustawienia zakresu pomiaru wysokości.

Nastawa zakresu pomiarowego wysokości

Aby ustawić zakres mierzony wysokości, niezbędna jest odpowiednio dokładna mapa, pokazująca wysokość ponad poziomem morza (w metrach) w dwóch miejscach. Najlepsze będą mapy w skali 1:25000. Im większa różnica wysokości między wybranymi przez nas punktami, tym dokładniejsze będą wyniki pomiaru. W przypadku prototypu nastawy dokonano dla wysokości 64m i 142m. Wybór kolejności wysokości nie ma tu znaczenia.

Po dotarciu do pierwszego z wybranych punktów należy przez kilka minut pozwolić ustabilizować się warunkom pracy przyrządu. Nacisnąć raz przycisk S1 - gwiazdka znajdzie się obok wyniku pomiaru wysokości. Przy pomocy przycisku S2 lub S3 ustawić odczyt zgodnie z podaną na mapie wysokością. Następnie nacisnąć przycisk S4. Przytrzymując S4 nacisnąć i przytrzymać S1. W drugiej linii wyświetlacza powinien pojawić się komunikat „H1 SET“ (wysokość H1 ustawiona). Zwolnić oba przyciski. Wysokość została wprowadzona do pamięci, a gwiazdka powinna błyskać ponownie w lewym górnym rogu wyświetlacza.

Należy teraz wybrać się do drugiego miejsca ustawiania wysokości. **NIE WYŁĄCZAĆ URZĄDZENIA.** W drugim z wybranych punktów powtarzamy opisane wyżej czynności. Komunikat wprowadzony po ich zakończeniu będzie brzmiał: „H2 SET“. Zwolnić oba przyciski. Wysokość drugiego punktu została wprowadzona. Na tym kończy się procedura ustawiania zakresu pomiaru wysokości.

Nie powinna ona wymagać powtórzenia. Jeśli jednak do tego dojdzie, należy zawsze dokonać jej w dwóch punktach o różnych wysokościach, a przy transportowaniu przyrządu z jednego punktu do drugiego nie wolno wyłączać zasilania. Jedyna, pozostała do przeprowadzenia czynność, to skorygowanie podawanej wysokości. Jeśli wiemy, że np. nasz dom znajduje się na wysokości 60m, wartość tę należy wprowadzić wyruszając na wycieczkę, podczas której chcemy śledzić zmiany wysokości.

Jedynie w ekstremalnych warunkach atmosferycznych (usytuowane blisko siebie izobary) istnieje prawdopodobieństwo, że ciśnienie zmieni się na tyle, by w sposób znaczący wpłynąć na odczyty wysokości dokonywane podczas wycieczki.

Kalibracja barometru

Ustawienie zakresu pomiaru wysokości powoduje automatyczne ustawienie zakresu pomiaru ciśnienia, ponieważ w przyrządzie wykorzystano liniową zależność ciśnienia od wysokości ponad poziomem morza (1mb/10m). Niezbędne do dokładnego odczytu ciśnienia jest podanie wartości ciśnienia dla znanej wysokości. Pomocą służyć tu mogą mapy pogody prezentowane przez np. telewizję BBC. Podają one przebiegi izobar i odpowiadające im wartości ciśnienia, odniesione do poziomu morza. Dysponując dostępem do Internetu można także dostać się na stronę:

<http://www.meto.gov.uk>

Po kliknięciu ikony MetWEB pojawi się aktualna mapa izobaryczna. Należy odczytać wartość odpowiadającą interesującemu nas obszarowi, skorygować do wysokości ponad poziom morza miejsca, w którym się znajdujemy, a następnie wprowadzić wynik do wysokościomierza. W tym celu należy dwukrotnie nacisnąć S1, a następnie zmodyfikować wartość klawiszem S2 lub S3. Po zakończeniu wprowadzania nacisnąć S4, by powrócić do Ekranu 1. Np. jeśli nasz dom znajduje się na wysokości 60m nad poziomem morza, a z mapy izobar odczytaliśmy wartość 1020mb, wysokość 60m oznacza spadek ciśnienia o $60/10=6$ mb, należy więc o 6mb zmniejszyć od-

czytaną wartość i wynik wprowadzić do pamięci wysokościomierza. Na tym kończy się procedura ustawiania wysokościomierza, a wprowadzone dane nie powinny wymagać korekcy.

Sprzęt czy oprogramowanie

Na pierwszy rzut oka procedura ustawiania parametrów wysokościomierza może wydawać się złożona, w rzeczywistości jest jednak całkiem prosta. Dobrze jest jednak przeprowadzić próbne wprowadzanie nastaw przed ich ostatecznym wprowadzeniem.

Żadna z omówionych czynności nie jest ostateczna, a jej skutki - definitywne, mimo że wprowadzane nastawy są utrzymywane nawet po wyłączeniu napięcia zasilania. W każdej chwili można zmienić nastawy zgodnie z omówioną wyżej procedurą.

Można sobie wyobrazić, jak wyglądałoby wprowadzanie nastaw w przypadku wysokościomierza całkowicie układowego, nie posiadającego oprogramowania. Przedstawiany na łamach *Everyday Practical Electronics* w listopadzie 1992 roku wysokościomierz posiadał sześć regulacji potencjometrycznych w układzie oraz zewnętrzny potencjometr. Wszystkie regulacje odbywały się przy użyciu śrubokręta, metodą prób i błędów. Przygotowanie oprogramowania przedstawianego dziś wysokościomierza było bardzo czasochłonne (ponad 1000 instrukcji), ale dzięki temu wykonanie elektroniki oraz czynności związanych z wprowadzeniem nastaw są znacznie prostsze niż w poprzednim przypadku.

Z punktu widzenia amatora budującego wysokościomierz, mikrokontroler PIC stanowi po prostu jeszcze jeden element, który należy wstawić w płytke. Użytkownik nie musi wnikać w to, co dzieje się we wnętrzu mikrokontrolera, podobnie jak nie interesuje się tym, co dzieje się wewnątrz wzmacniacza operacyjnego czy innego układu scalonego.

Informacje o oprogramowaniu

Oto kilka informacji o oprogramowaniu dla entuzjastów software'u. Program, zarówno w po-

staci źródłowej jak i zbioru ładowanego do pamięci mikrokontrolera PIC, jest dostępny w Redakcji EPE i w Internecie. Program napisany został w TASM, ale można poddać go konwersji do MASM.

Interesujący może być sposób wykorzystywania pamięci EEPROM mikrokontrolera. Każda z wykorzystywanych komórek została zadeklarowana w nagłówku programu. Podczas gdy nadawanie nazw zmiennym jest rzeczą powszechną, nie jest tak w przypadku komórek pamięci.

W umiarkowanie intensywny sposób są wykorzystywane tabele - jest ich w programie 8 i są używane do inicjalizacji ekranu ciekłokrystalicznego, przechowywania domyślnych wartości parametrów, komunikatów, rozgałęzień programu, mapowania wyświetlacza oraz przetwarzania liczb binarnych na dziesiętne.

Aby ograniczyć obszar pamięci zajmowany przez program, intensywnie są wykorzystywane podprogramy (funkcje). Wiele z nich jest bardzo krótkich, ale nawet oszczędność kilku bajtów może być cenna.

Częstotliwość sygnału wyjściowego przetwornika napięcie-częstotliwość jest obliczana na podstawie zegara mikrokontrolera. Sygnał TMRO jest dzielony najpierw przez 64, a następnie skalowany do 1/25 sekundy i do 1 sekundy. W takich jednostkach są wyznaczone wartości odniesienia, stąd też wyniki ich pomiaru są wyrażone w Hz (Ekran 2 i 3). Główna pętla obliczania czasu rozpoczyna się w kodzie źródłowym od instrukcji INTCLR, która powoduje wyzerowanie flagi przerwania timera. W następnych 19 liniach kodu dokonywany jest odczyt rejestru przerwań, linii sygnału z konwertera napięcie-częstotliwość oraz stanów przycisków.

Każdej zmianie stanu linii niosącej sygnał z przetwornika napięcie-częstotliwość towarzyszy inkrementacja stanu 16-bitowego licznika. Co sekundę następują skoki do podprogramów wykonujących obliczenia, a wykorzystujących stan tego licznika. Co dwie sekundy sygnał docierający do licznika zostaje przełączony - jest to sygnał proporcjonalny do ciśnienia lub sygnał związany z napięciem od-

niesienia. Różnica między bieżącą i początkową wartością odniesienia jest wykorzystana do obliczenia temperatury, a także do skorygowania pomiaru ciśnienia.

Wysokość zostaje obliczona w dwóch etapach. W pierwszym etapie skorygowany wynik pomiaru ciśnienia jest przetwarzany na ułamek zakresu wysokości określonego przez wartości wprowadzone podczas ustawiania przyrządu. Następnie ułamek ten jest przetwarzany na wartość wysokości, do której może zostać dodana poprawka, wprowadzona po wyjściu z domu, na początku wy-

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R9..R12, R16..R20: 10k Ω
R2: 3,3k Ω
R3: 750 Ω , 1%, metalizowany
R4: 56 Ω , 1%, metalizowany
R5, R7: 4,7k Ω
R6: 68 Ω
R8: 2,2k Ω
R13..R15: 100k Ω

VR1: 5k Ω , potencjometr subminiatury cermetowy, okrągły
VR2: 10k Ω , potencjometr subminiatury cermetowy, okrągły

Kondensatory

C1: 2,2nF, polistyrenowy
C2, C3: 10pF, polistyrenowy
C4: 22 μ F/16V, wyprowadzenia jednostronne
C5: 100nF, polistyrenowy

Półprzewodniki

IC1: LM324
IC2: 4052
IC3: 4046
IC4: PIC16C84 lub PIC16F84, zaprogramowany
IC5: 78L05

Różne

S1, S4: jednobiegunowy przełącznik chwilowy
S5: przełącznik jednobiegunowy jednopozycyjny
X1: SCC15AN
X2: rezonator 3.2768MHz
X3: inteligentny wyświetlacz LCD 2x16 znaków
Obudowa z tworzywa sztucznego (patrz tekst), podstawka 4-nóżkowa SIL, podstawka 14-nóżkowa, podstawka 16-nóżkowa (2 szt.), podstawka 18-nóżkowa, bateria PP3 9V plus złączka, przewody, cyna itp.

prawy, podczas której chcemy mierzyć wysokość. Otrzymywany wynik jest wyrażony w metrach, a następnie jest on mnożony przez 3,28, dając wysokość w stopach.

Dla zainteresowanych arytmetyką informacja o procedurze mnożenia przez 3,28: liczba 0,28 zostaje zakodowana binarnie jako 72 (wynik pomnożenia 256 przez 0,28 i zaokrąglenia). 72 stanowi zawartość młodszego bajtu, natomiast 3 mieści się w starszym bajcie. Natychmiast po dodaniu poprawki zostaje zapamiętany wynik pośredni. Po zakończeniu wyznaczania wysokości i wyprowadzeniu wyniku na wyświetlacz obliczane jest ciśnienie atmosferyczne. Ponieważ stosunek zmiany ciśnienia do zmiany wysokości wynosi 1:10, ciśnienie można w łatwy sposób otrzymać dzieląc pośredni wynik pomiaru wysokości przez 10 i dodając ten rezultat do 1013 (wartość przeciętnego ciśnienia atmosferycznego). Do wyniku jest dodawana poprawka wprowadzana podczas ustawiania nastaw przyrządu. Wynik - ciśnienie w milibarach - jest wysyłany na wyświetlacz. Wszystko to jest dość złożone, jednak dzięki autorowi i oprogramowaniu mikrokontrolera PIC wykonujący urządzenie amatorzy nie muszą się tym kłopotać.

Obliczanie temperatury

Wspomniana niedawno różnica między wartościami odniesienia zostaje wykorzystana do określenia temperatury otoczenia. Podczas wstępnego dobierania nastaw urządzenia, do pamięci mikrokontrolera zostają wprowadzone wyniki zliczeń dla dwóch różnych temperatur - procedura obliczania temperatury będzie więc zbliżona do procedury obliczania wysokości.

Różnica między wartościami odniesienia zostaje przetworzona na ułamek zakresu między wynikami pomiaru temperatury podczas dobierania nastaw. Następnie wartość tego ułamka zostaje wykorzystana do odtworzenia wartości temperatury. Zależnie od wybranej skali temperaturowej (Celsjusza lub Fahrenheita) jest stosowany odpowiedni współczynnik. Do wyniku jest dodawana poprawka wprowadzana przyciskami podczas wstępnego dobierania nastaw, a rezultatem jest bieżąca wartość temperatury, wyświetlana na ekranie LCD.

Eksploatacja

Posługiwanie się wysokościomierzem jest proste. Jeśli chcemy wiedzieć wyłącznie jak wysoko wspieliśmy się (lub zeszedliśmy) w stosunku do punktu początkowego, nie ma potrzeby ustawiania wysokości początkowej według mapy. Należy jedynie zanotować wartości wysokości w punkcie wyjścia, następnie na szczycie i odjąć od siebie wyniki. Można także ustawić wysokość wyjściową równą zero i otrzymywać bezpośrednio różnicę wysokości.

Jeśli jednak chcemy znać wysokość względem poziomu morza, trzeba ustawić wysokość odniesienia według mapy. Nie należy tu przesadzać z dokładnością - mapy nie uwzględniają przecież pływów morza ani wysokości fal.

Mimo że liniowość przetworzenia i całego toru jest duża i po wprowadzeniu nastaw urządzenie jest stabilne, mogą wystąpić niewielkie dryfty. Podobnie jak w przypadku zwykłego barometru, czasem konieczne mogą być drobne poprawki pomiaru ciśnienia, uwzględniające dane podawane na mapach meteorologicznych. Na-

leży jednak pamiętać, że nawet takie mapy nie podają dokładnych wartości ciśnienia dla danej miejscowości i o danej godzinie.

Zasadniczo rzecz ujmując - prezentowany wysokościomierz daje dokładne informacje o względnych zmianach ciśnienia i wysokości. W tym sensie przyrząd funkcjonuje w sposób zgodny z intencjami autora.

Zakończenie

Trzeba uczciwie przyznać, że przygotowanie oprogramowania realizującego dość złożone funkcje było czasochłonne i wymagało znacznego wysiłku. Sytuację utrudniało to, że mikrokontroler PIC16C84 posiada tylko 1kbajt pamięci (nie wykorzystanych pozostało tylko 6 bajtów!!), a jego lista instrukcji nie zawiera mnożenia ani dzielenia.

Niedobrze, że PIC16x84, jedyny przedstawiciel tej rodziny posiadający pamięć EEPROM, niezwykle istotną z punktu widzenia funkcjonowania wysokościomierza, nie posiada odpowiednika o większej pamięci programu - nawet 2kbajty znacznie poprawiłyby sytuację.

Program wysokościomierza prawdopodobnie korzystniej byłoby zaimplementować na jednym z ostatnich mikrokontrolerów Atmel, np. z serii AVR. Układy te posiadają pamięć EEPROM, a niektóre z nich mają większą pamięć programu niż mikrokontroler PIC. Ich lista instrukcji zawierają mnożenie i dzielenie, a także ponad 100 innych instrukcji.

EPE

Artykuł publikujemy na podstawie umowy z redakcją miesięcznika "Everyday Practical Electronics".