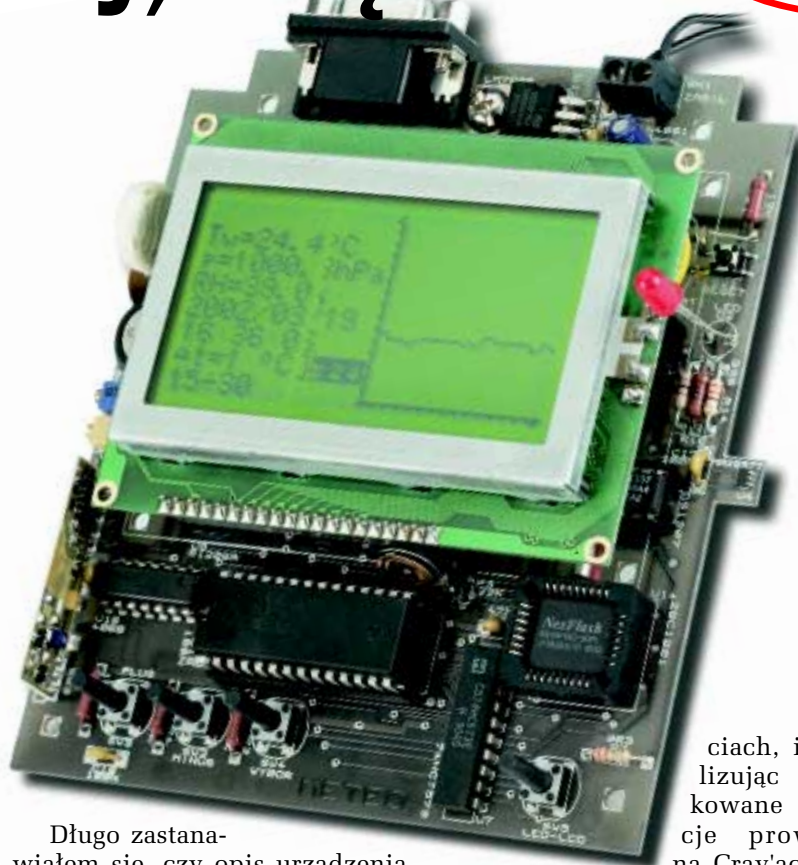


Domowa stacja meteo ze zdalnym pomiarem temperatury, część 1

AVT-5060

PROJEKT
Z OKŁADKI

Niektóre urządzenia cieszą się szczególną popularnością w czasopiśmie dla elektroników. Niegdyś bywały to zegary, układy zapłonowe do maluchów i systemy alarmowe. Dołączyły do nich różne rozwiązania barometrów. No cóż, pogoda płata nam ostatnio różne figle, trzeba się więc jakoś bronić.



Długo zastanawiałem się, czy opis urządzenia, które w różnych rozwiązaniach już opisywano w EP, nie będzie dla Czytelników zbyt nudny. Wielu z Was - jak sądzę - nie od razu po kupieniu nowego numeru miesięcznika chwytą za lutownicę. Skłonny jestem nawet zaryzykować twierdzenie, że większość Czytelników szuka jedynie inspiracji w układach prezentowanych w EP. Wychodząc z tego założenia zdecydowałem się zamieścić opis wykonanego przeze mnie urządzenia. Aby go uatrakcyjnić, wprowadziłem opcję rejestracji wyników i ich prezentację na ekraniku wyświetlacza graficznego.

Trochę o prognozowaniu pogody - podejście górala spod Tatr

Przewidywanie pogody jest sztuką. Jedni robią to na podstawie bólu głowy i łamania w ko-

ściach, inni analizując skomplikowane symulacje prowadzone na Cray'ach. Oczywiście nie jest możliwe przewidzieć, jaka będzie pogoda w najbliższym czasie bez dostępu do wielu różnorodnych danych mierzonych tuż przy ziemi, ale i w górnych rejonach toposfery. Prognozowaniem zajmują się wyspecjalizowane jednostki wykorzystujące technikę o najwyższym poziomie zaawansowania, choćby wspomniane już superkomputery, sieci satelitów meteorologicznych, radary dopplerowskie, specjalne sondy meteorologiczne wypuszczane na balonach, statki przeznaczone do badania pogody, a także bezobsługowe stacje automatyczne. To tylko kilka przykładów. Przeciętny człowiek może liczyć jedynie na pomiary temperatury, ciśnienia, wilgotności powietrza, ewentualnie siły i kierunku wiatru. Ma jednak tę przewagę, że pomiarów dokonuje bezpośrednio

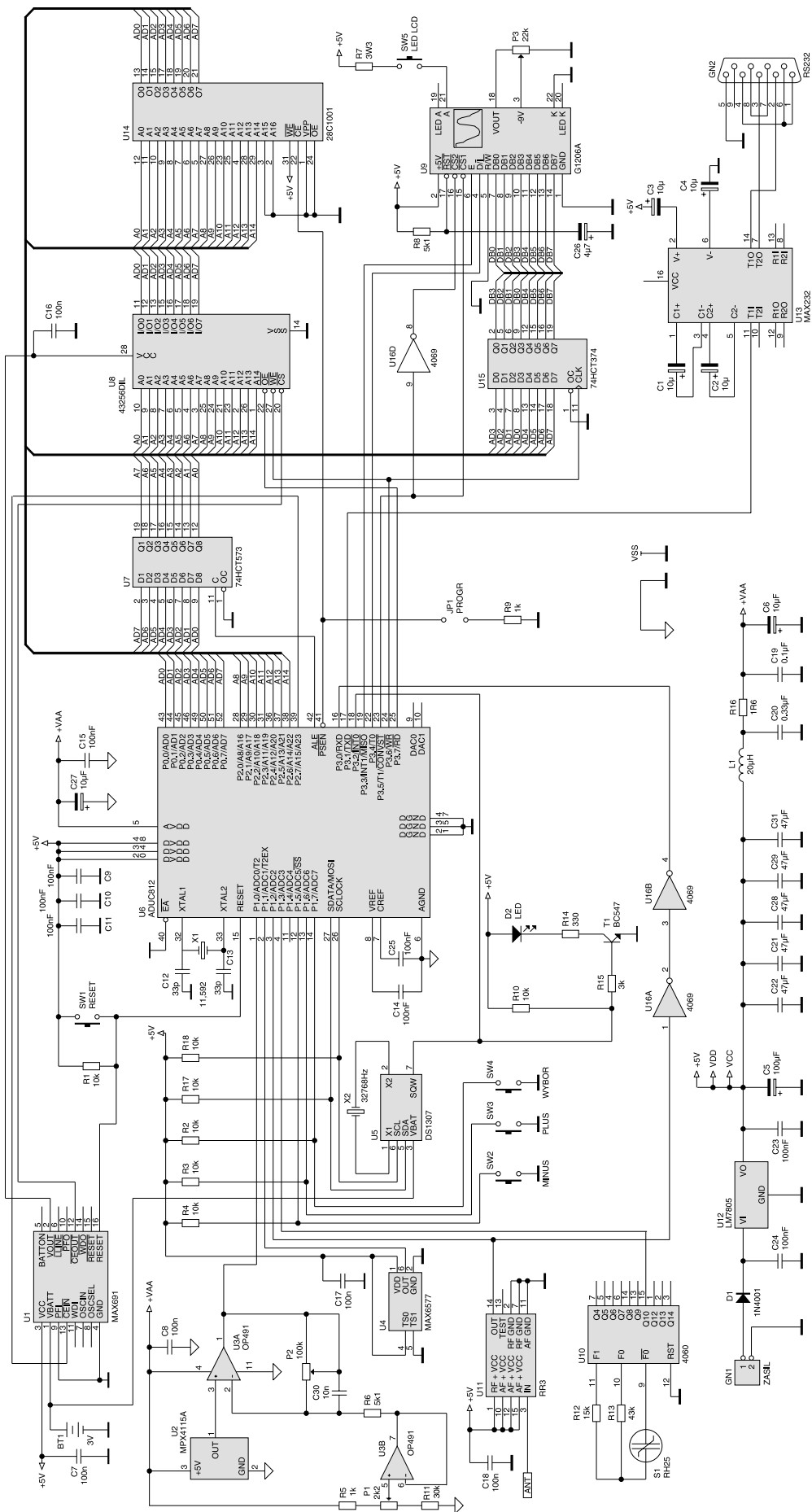
w otaczającym go rejonie. Ale o tym, co będzie w danym miejscu, może decydować np. układ baryczny odległy o kilkadziesiąt, czy kilkaset kilometrów. Ważne jest zatem, żeby wyniki pomiarów, otrzymywanych z własnej stacji, łączyć z obserwacjami nieba oraz niektórych zjawisk przyrodniczych (stąd góralskie podejście), a wszystko to konfrontować z informacjami o pogodzie podawanymi przez radio, telewizję, telegazetę oraz pogodowe serwisy internetowe. Dwa przykładowe: www.cnn.com/WEATHER/eu/Poland/WarsawEPWA.html, weather.noaa.gov/weather/current/EPWA.html.

ADuC812 - wspaniały, choć kapryśny

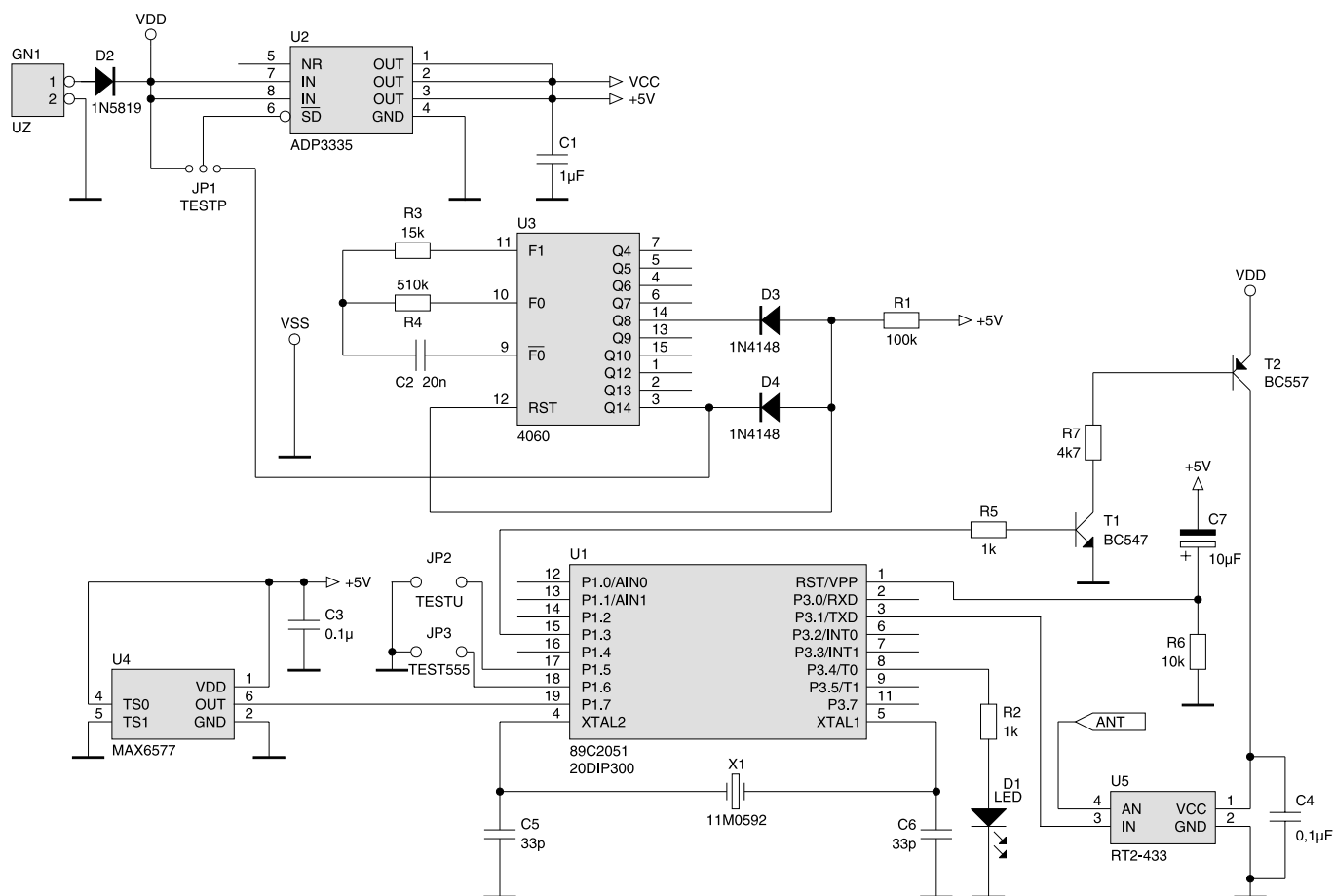
Bogactwo dostępnych na rynku mikrokontrolerów stwarza zawsze dylemat dla konstruktora - którego z nich użyć tym razem?

Pozostając wiernym rodzinie '51, postanowiłem zastosować produkt firmy, która do niedawna specjalizowała się jedynie w układach analogowych. ADuC812 to mikrokontroler skonstruowany w laboratoriach Analog Devices. Decyzja o wyborze właśnie tego elementu była poparta moimi wcześniejszymi z nim doświadczeniami oraz dostrzeżeniem pewnych walorów dydaktycznych, jakie być może uda mi się zaprezentować w tym artykule. ADuC812, to naprawdę wartościowy mikrokontroler oparty na rdzeniu '51, choć niepozbawiony pewnych wad. Co dziwne, jak dotąd nie zdobył on należytej sobie popularności wśród konstruktorów. Świadczy o tym choćby to, że ten projekt jest chyba pierwszym, spośród zamieszczanych w „Elektronice Praktycznej“, w którym zastosowano ten właśnie procesor.

To, że ADuC812 został skonstruowany w firmie



Rys. 1. Schemat elektryczny stacji meteo.



Rys. 2. Schemat elektryczny sondy pomiaru temperatury.

Analog Devices każe przypuszczać, że w środku (obok rdzenia '51) użytkownik znajdzie jakiś blok analogowy. I rzeczywiście, do wykorzystania jest w nim rewelacyjny, 12-bitowy, 8-kanalowy przetwornik analogowo-cyfrowy o częstotliwości próbkowania 200kHz, dwa 12-bitowe przetworniki cyfrowo-analogowe z wyjściem napięciowym, czujnik pomiaru temperatury oraz wewnętrzne źródło referencyjne o napięciu 2,5V i stabilności termicznej 40ppm/°C. W strukturze zawarto także blok DMA (sic!), 640 bajtów pamięci flash/EE (wraz z pompami ładunkowymi, dzięki którym nie są wymagane dodatkowe napięcia programujące), 256 bajtów pamięci RAM oraz 8kB pamięci programu Flash. Do dyspozycji są również typowe dla rodziny '51 (a konkretnie dla '52) trzy 16-bitowe timery, 32 linie I/O, interfejs szeregowy UART, interfejs 2-wire (kompatybilny z I²C) oraz SPI, watchdog, system zarządzania poborem mocy i 9 wektoryzowanych przerwań o dwóch poziomach priorytetów.

Powyższe parametry mogą być powodem do dumy dla konstruktorów firmy. Jednak procesor ma też wady, które mogą dać się we znaki użytkownikom. Niektóre z nich świadczą o tym, że prace konstrukcyjne przebiegały w pośpiechu, bez dostatecznie dokładnego sprawdzenia produktu przed jego wypuszczeniem na rynek.

Potwierdzeniem tego było pojawienie się w niedługim odstępie czasu dwóch wersji rdzenia procesora, a i tak niektóre mankamenty nie zostały usunięte. Wydaje się, że już w założeniach popełniono pewien błąd, bo jak wytłumaczyć fakt umieszczenia w strukturze tylko 8kB pamięci programu? Czy tylko problemami technologicznymi? Bloki, które zawarto w strukturze mikrokontrolera predestynują go do zastosowań w dość złożonych systemach, a wówczas oprogramowanie tworzy się często w języku C. Taka ilość pamięci jest więc wręcz kompromitująca. Z pamięcią tą związany jest jeszcze inny mankament. Otóż można ją zaprogramować w układzie docelowym, np. poprzez interfejs RS232,

wykorzystując dostępny, asynchroniczny port szeregowy. Jeśli w swoim systemie użytkownik przewidział jego zastosowanie - co zdarza się dość często - to jest to bardzo wygodna metoda. Aby zainicjować programowanie, podczas restartu systemu, wejście PSEN, powinno być zwarte do masy poprzez rezystor 1kΩ. Tym samym jest uaktywniana specjalna procedura (*boot code*) realizująca obsługę transmisji przez port szeregowy, a następnie zapis programu do pamięci. Niestety, zdarza się, że *boot code* nie chce wystartować, a użytkownik jest w tej sytuacji całkowicie bezsilny. No, może nie zupełnie. Pozostaje mu jeszcze - za radą producenta - schłodzić swój mikrokontroler poniżej 25°C. Pozostawiam to bez komentarza.

Znawcy procesorów rodziny '51 wiedzą, że gdy rozmiar programu przekroczy dostępną wielkość pamięci wewnętrznej, to następny adres jest automatycznie pobierany z pamięci zewnętrznej. Tak jest i w ADuC812, tyle tylko, że na skutek błędu w jego rdzeniu, na granicy tych obszarów koniecz-

ne jest „ręczne“ zerowanie rejestru P0. Jest to dość uciążliwe dla piszących oprogramowanie w języku wysokiego poziomu (np. C). Kompilator przecież nie wie, że musi taką operację wykonać.

Jak już pisałem, mikrokontroler ADuC812 zawiera w swojej strukturze przetwornik A/C. Może on być zasilany z innego zasilacza, niż ten, który jest przeznaczony dla bloków cyfrowych. W obudowie przewidziano specjalne do tego celu wyprowadzenia, oznakowane jako AVDD i AGND. Jednak, nie zawsze można zastosować takie zasilanie. Jestem pewien, że w większości przypadków zasilanie części analogowej i cyfrowej będzie realizowane z jednego zasilacza. I tu kryje się kolejne niebezpieczeństwo. Pojawienie się napięcia na wyprowadzeniu AVDD wcześniej, niż na wyprowadzeniach DVDD, grozi nieodwracalnym uszkodzeniem przetwornika! Aby temu zapobiec producent radzi stosować indukcyjność rzędu $10\mu\text{H}$, pomiędzy DVDD i AVDD. Nie jest to, niestety, koniec niedogodności opisywanego mikrokontrolera. Aby nie zanudzać Czytelników, odsyłam do szczegółowych informacji, które można uzyskać na stronach Analoga - w szczególności: www.analog.com/microconverter/erratasheets.html.

Mikrokontroler ADuC812 ma jeszcze jedną cechę, która nie jest już błędem konstrukcyjnym, lecz czasami może być kłopotliwą dla konstruktorów. Otóż poprzez wyprowadzenia portu P1, doprowadzane są analogowe sygnały dla przetwornika ADC. Niewykorzystywane wyprowadzenia mogą pracować w trybie cyfrowym, lecz jedynie jako wejściowe. Jak znam życie, często okaże się, że właśnie tych kilku wyjść cyfrowych brakuje. Nie ukrywam, że w tym projekcie tak właśnie było. Na szczęście ekwilibrystycznymi sposobami udało się jakoś wyjść z opresji. Z kilku założeń projektowych niestety musiałem zrezygnować.

Opis budowy - stacja bazowa

Schemat elektryczny stacji bazowej jest przedstawiony na **rys. 1**, a na **rys. 2** schemat sondy wykorzystywanej do pomiaru temperatury zewnętrznej.

Stacja cyklicznie dokonuje pomiaru temperatury wewnętrznej, temperatury zewnętrznej (poprzez łącze radiowe), ciśnienia atmosferycznego i wilgotności względnej powietrza w pomieszczeniu, a następnie zapisuje wyniki w pamięci RAM, podtrzymywanej baterią litową. Aby można było jakoś wykorzystać zgromadzone dane, istnieje możliwość transmitowania ich do komputera PC. Plik jest zapisywany w formacie tekstowym, więc dane łatwo jest zaimportować w dowolnym edytorze lub arkuszu kalkulacyjnym. Przykład wykresu sporządzonego w Excelu przedstawiono na **rys. 3**.

Całym urządzeniem steruje mikrokontroler ADuC812. Przystępując do projektowania stacji, od początku wiedziałem, że program na pewno nie zmieści się w 8kB pamięci wewnętrznej. Dlatego uwzględniłem na schemacie zewnętrzną pamięć typu Flash.

Brak linii wyjściowych, o czym pisałem wyżej, ogranicza możliwy do wykorzystania obszar do 32kB. Taką wartość uznałem za bezpieczną. W wyniku tych założeń, linie A15 i A16 pamięci programu (U14) zostały na stałe dołączone do masy. Wszystkie dane, jakie są mierzone przez stację, są zapisywane w pamięci RAM (U8), którą w modelowym egzemplarzu była D43256BCZ produkcji NEC-a. Obszar od adresu 0 do 04FFH (nieco ponad 1kB) jest przeznaczony dla zmiennych systemowych, a w pozostałej części (prawie 31kB) są umieszczane wyniki pomiarów. W najgorszym przypadku (rejestracja co godzinę), wystarczy to do zarejestrowania 1574 rekordów, co odpowiada ok. 65 dniom. Po zapełnieniu bufora danych dalszy zapis jest blokowany aż do zwolnienia pamięci. Aby podczas zaniku zasilania dane nie uległy zniszczeniu, RAM jest podtrzymywany baterią litową o napięciu 3V, wlutowywaną w płytkę. To jednak nie wystarczy. Przy zaniżeniu napięcia na liniach sterujących, w szczególności CS, mogą pojawiać się impulsy powodujące losowy zapis danych. Podtrzymanie zasilania baterią niewiele więc by tu pomogło. Całkowicie zapobiega temu układ tzw. supervisor, którym jest MAX691 (U1). Oprócz blokowania linii CS podczas niestabilizowanej wartości

napięcia zasilającego VDD, dba on również o to, by pamięć RAM „nie zauważyła“ kłopotów z zasilaniem. Po prostu w krytycznym momencie, zamiast 5V, dostanie ona 3V z baterii, co w zupełności wystarczy jej do zachowania swojej zawartości. W tym stanie pamięć pracuje w trybie „standby“, a ponieważ jest wykonana w technologii CMOS, pobór prądu jest bardzo niewielki. Dodatkową korzyścią, wynikającą z zastosowania supervisor, jest to, że wystawia on prawidłowy sygnał zerowania po włączeniu układu.

Wszystkie rekordy danych, zapisywane do pamięci, powinny być zaopatrzone w sygnaturkę zawierającą datę i czas rejestracji. Dokładnym odmierzeniem czasu astronomicznego zajmuje się układ DS1307 (U5) wraz z kwarcowym rezonatorem (tzw. zegarkowym o częstotliwości 2^{15}Hz - X2). Jest on dołączony do mikrokontrolera poprzez interfejs I²C. W ADuC-u są do tego celu przewidziane oddzielne wyprowadzenia: SDATA i SCLOCK. Jeśli zegar U5 jest ustawiony i uruchomiony, to na jego wyjściu SQW występuje przebieg prostokątny o częstotliwości 1Hz, powodujący migotanie LED-a D2, generujący jednocześnie przerwania dla procesora. Procedura obsługi tego przerwania odczytuje informacje o dacie i czasie, które następnie pojawiają się na ekranie wyświetlacza.

Do pomiarów temperatury służą układy MAX6577 (U4 w stacji bazowej i U4 w sondzie). Według danych katalogowych, dokładność pomiaru tych układów wynosi $\pm 0,8^\circ\text{C}$, chociaż w najgorszym przypadku w temperaturze $+25^\circ\text{C}$ może ona dochodzić aż do $\pm 3^\circ\text{C}$. Są one jednak dość wygodne w użyciu w systemach mikroprocesorowych, gdyż wartość temperatury przetwarzają na falę prostokątną o częstotliwości proporcjonalnej do niej. Pomiar częstotliwości przez procesor nie stanowi już większego problemu. Zależność pozwalająca dokładnie obliczyć zmierzoną temperaturę jest przedstawiona poniżej: $T[^\circ\text{C}] = f[\text{Hz}] / m[\text{Hz/K}] - 273,15[\text{K}]$, gdzie m jest współczynnikiem zależnym od połączenia wejść TS0 i TS1 oraz może przybierać wartości 4, 1, 1/4 i 1/16. W połączeniach jak na schemacie, współczynnik m jest równy 1.

Układ U7 jest typowym dla systemów MCS-51 buforem przełączanej szyny adresowej i danych. Pracuje tutaj w typowej konfiguracji, podobnie zresztą jak układ U13, realizujący sprzętową część interfejsu RS232. Jak widać transmisja jest jednokierunkowa - tylko do komputera. Odbiornik portu szeregowego zawarty w ADuC-u odbiera dane otrzymywane drogą radiową z sondy pomiaru temperatury zewnętrznej. W torze radiowym zastosowano znane już bardzo dobrze Czytelnikom układy Telecontrolli: RT2 - nadajnik i RR3 (U11) - odbiornik. Sygnał wyjściowy z tego ostatniego jest dwudroźnie doprowadzony do procesora. Z jednej strony - poprzez dwa inwertery U16A i U16B, pełniące funkcję buforów poprawiających nieco kształt sygnałów - do wejścia RxD portu szeregowego, z drugiej do wejścia P1.2. Zostało to podyktowane koniecznością programowego wyłączenia odbiornika w chwilach przerw w transmisji, wynikających z faktu, że na wyjściu OUT układu U11 w takiej sytuacji występuje poziom niski. Transmisja asynchroniczna wymaga zaś, by pomiędzy nadawanymi znakami występował poziom wysoki. Jeśli nawet następują bezpośrednio po sobie, to poziom niski jest interpretowany jako bit startu, a bitu stopu odbiornik nie znajduje, gdyż - przypominam - powinien mieć wartość logicznej jedynki. Krótko mówiąc, jeśli odbiornik SIO nie będzie wyłączony, to będzie on permanentnie generował przerwanie, powodujące zawieszanie się systemu. Dlatego też stan wyjścia układu U11 jest systematycznie „podglądany” przez procesor i gdy rozpozna on sygnał przy-

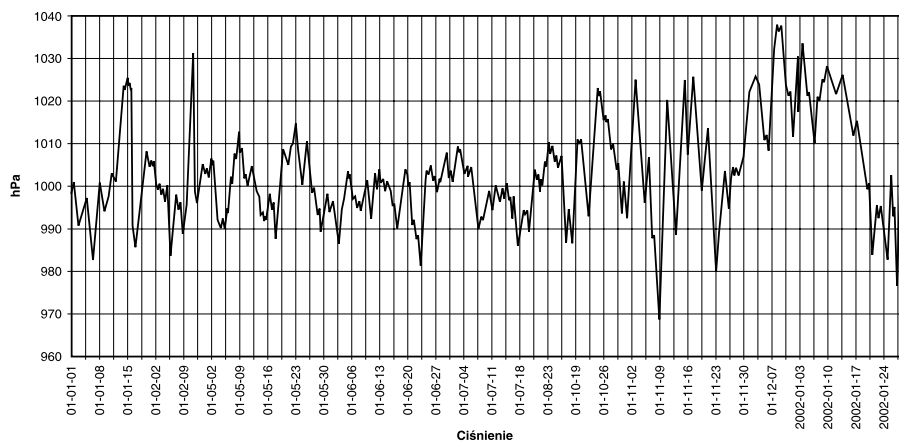
pominający sensowne dane, włącza odbiornik.

Do pomiaru wilgotności względnej służy czujnik pojemnościowy RH25 (S1). Jest to specyficznej budowy kondensator, którego okładki wykonane są z nieprzewodzącej folii, pokrytej napyłoną warstwą złota. Stała dielektryczna tej folii zmienia się pod wpływem wilgotności. Obudowa elementu jest tak skonstruowana, że chroniąc mechanicznie okładziny kondensatora, zapewnia jednocześnie swobodny przepływ powietrza wokół nich. W rezultacie, w wyniku zmian wilgotności powietrza, zmienia się również pojemność elektryczna kondensatora. Czujnik jest włączony jako pojemność w typowej aplikacji układu 4060 (U10) - scalonego generatora i 14-bitowego licznika. Rezystory R12, R13 oraz pojemność czujnika S1 wyznaczają częstotliwość drgań oscylatora na niecałe 10kHz. Sygnał odbierany z wyjścia Q10 jest więc symetryczny i ma częstotliwość ok. 100Hz. Procesor mierzy długość jego półokresu i na tej podstawie określa wilgotność względną. Na skutek rozrzutu parametrów wymienionych wyżej elementów, czas trwania impulsów na wyjściu Q10 może się zmieniać. Aby nie wpływało to na wynik pomiarów, oprogramowanie stacji umożliwia wprowadzenie odpowiednich współczynników kalibrujących. Ważne jest jednak, by czas trwania impulsu (czas półokresu) nie był dłuższy od ok. 70ms.

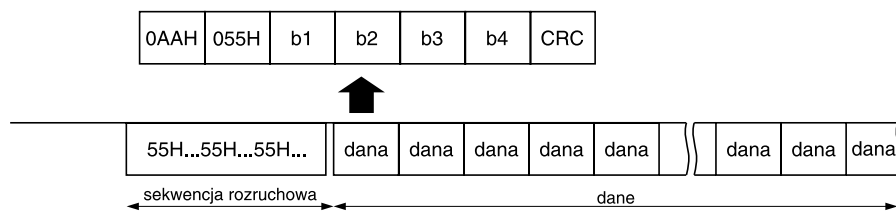
Do omówienia pozostał jeszcze pomiar ciśnienia atmosferycznego. W projektach prezentowanych w EP, czujniki ciśnienia występowały już kilkakrotnie. Tutaj przy-

pomnę więc tylko krótko zasadę ich działania. MPX4115A - taki zastosowałem w stacji - to piezorezystywny czujnik ciśnienia, skompensowany termicznie, z wewnętrznym układem formującym sygnał wyjściowy. Nie wymaga więc żadnych dodatkowych układów. Można go dołączyć bezpośrednio do przetwornika A/C. Elementem czynnym czujnika jest cienka folia metalizowana, poddawana z wierzchu działaniu ciśnienia P1, a od spodu ciśnienia P2 - w wersji pomiaru względnego lub tylko działaniu ciśnienia P1 w wersji pomiaru absolutnego. Jest ona zabezpieczona specjalnym elastycznym żelem, chroniącym ją przed szkodliwym wpływem otoczenia, takim jak wilgoć, żrące opary itp. Literka A przy nazwie oznacza, że w stacji jest wykorzystany czujnik mierzący ciśnienie absolutne. Piezorezystywna folia jest połączona odpowiednio w układzie mostkowym, tworząc czujnik, który współpracuje dalej z półprzewodnikowym układem wzmacniającym napięcie oraz zapewniającym kompensację termiczną. Na uwagę zasługuje bardzo dobra liniowość charakterystyki elementu w całym zakresie pomiarowym. MPX4115A mierzy ciśnienia od 150 do 1150hPa. Jak na potrzeby stacji pogodowej, to sporo za dużo. Do ustalenia zakresu pracy służą wzmacniacze operacyjne U3A i U3B, wchodzące w skład układu OP491. Wzmacniacz U3A powoduje „wycięcie” odpowiedniego fragmentu charakterystyki czujnika, a U3B zapewnia ustawienie offsetu tak, aby przetwornik analogowo-cyfrowy mógł pracować w całym swoim przedziale roboczym (0...2,5V). Poszczególne parametry reguluje się potencjometrami P1 i P2. Dokładne omówiono to w dalszej części artykułu.

Wyniki wskazań poszczególnych czujników, mierzone o każdej pełnej godzinie, są rejestrowane w pamięci. Taki jest domyślny tryb pracy, choć można go zmienić w poleceniach konfiguracyjnych wywoływanych z menu. Procesor dokonuje pomiarów jednak dużo częściej. Temperatura wewnętrzna i wilgotność są mierzone co 3 sekundy, ciśnienie co 30 sekund. Oszczędność baterii ogranicza częstotliwość pomiaru



Rys. 3. Przykładowy wykres zarejestrowanego ciśnienia.



Rys. 4. Format ramki danych.

temperatury zewnętrznej do niecałych 3 minut.

Bezpośrednio po odświeżeniu wskazań poszczególnych czujników, wyniki są wyświetlane na wyświetlaczu graficznym LCD o rozdzielczości 128x64 punkty - WM-G1206A (U9). Jest to dość popularny model wyświetlacza, wyposażony w sterownik zgodny z HD61202. Wymaga on tylko jednego napięcia zasilającego, a dodatkową zaletą jest możliwość podświetlania wskazań. Czytelnicy, którzy czytali już kiedyś artykuły opisujące podobne wyświetlacze pamiętają być może, że dla mikrokontrolerów są one niestety dość powolne. Na tyle powolne, że podsyłając kolejne dane do wyświetlenia procesor musi upewniać się (interpretując specjalny bit w statusie), czy aby na pewno sterowniki wyświetlacza są gotowe do przyjęcia nowego zadania. Jeśli nie, to niestety musi czekać. Wyświetlacz ma jeszcze jedną wadę. Informacji o jego braku gotowości nie można uzyskać poprzez np. wydzieloną do tego celu linię. Trzeba odczytywać słowo stanu. Ze względu na brak wolnych linii w procesorze stacji pogodowej, nie bada on jednak statusu wyświetlacza, a przed każdą operacją zapisu do niego, odczekuje przez pewien czas, po którym wyświetlacz na pewno jest gotów do przyjęcia danej. W rezultacie linia R/W jest na stałe dołączona do masy. Operacja zapisu do wyświetlacza odbywa się dwustopniowo. W pierwszym kroku procesor wpisuje daną do rejestru 74HCT374 (U15), który jest widoczny w całej przestrzeni adresowej zewnętrznego RAM-u procesora. W drugim kroku generowany jest odpowiedni impuls strobowy dla wyświetlacza, powodujący odczyt wcześniej zatrzaśniętej w U15 danej. Niewprawne, chociaż bystre oko początkującego miłośnika procesorów zauważy zapewne, że przecież nastąpi tu konflikt między pamięcią RAM, a rejestrem U15, który zajmuje dokładnie tę samą co pamięć przestrzeń adreso-

wą. W rzeczywistości tak jest, ale wystarczy odrobina dyscypliny podczas pisania programu, by problemu nie było. I tak: informacje zapisywane do rejestru U15, przesyłane są zawsze pod jeden adres, znajdujący się w obszarze zmiennych systemowych. Dokładnie jest to 04FFH. Pamięci to jak widać nie zaszkodzi. A co będzie, gdy procesor będzie zapisywał daną do RAM-u. Z powyższego wynika, że trafi ona również do rejestru U15. Ale wtedy procesor nie będzie wystawiał impulsu strobowego, więc wyświetlacz „nic nie zauważy“.

Na wstępie napisałem, że wyświetlacz ma organizację 128x64 punkty. Fizycznie jednak jest widziany jako dwie matryce 64x64, wybierane niezależnymi sygnałami na liniach CS1 i CS2. Rzadko się jednak zdarza, by zapisywać jednocześnie identyczną informację do dwóch obszarów wyświetlacza. Wykorzystując to po dodaniu inwertera U16D, udało się zaoszczędzić drogocenną linię wyjściową z procesora. Rezystor R8 i kondensator C28 służą do zerowania sterownika w wyświetlaczu po włączeniu zasilania, potencjometrem P3 reguluje się kontrast, a przełącznikiem SW5 można włączyć podświetlenie ekranu. Rezystor R7 ogranicza prąd podświetlania.

Poszczególne bloki stacji pogodowej są zasilane ze stabilizatora 7805 (U12). Dioda D1 zabezpiecza całość przed uszkodzeniem w przypadku odwrotnego podłączenia zasilania do gniazda GN1. Dławik L1 jest zastosowany zgodnie z zaleceniami producenta mikrokontrolera ADuC812, o czym pisałem wyżej.

Budowa sondy do pomiaru temperatury zewnętrznej

Stacja pogodowa ma możliwość pomiaru temperatur w dwóch punktach. Przyjąłem, że temperatura będzie mierzona w pomieszczeniu, gdzie jest zainstalowana stacja oraz

na zewnątrz. Aby nie trzeba było ciągnąć przewodów oraz wykonywać odpowiednich przepustów w oknie, postanowiłem wykonać sondę z radiową transmisją danych do bazy. Hybrydowy nadajnik RT2 (U5 - rys. 2) pracuje na częstotliwości 433,92MHz. Jest to układ w wersji, wymagającej dołączenia anteny zewnętrznej, przy czym w zupełności wystarczy tu kawałek przewodu. Może to być odcinek o długości odpowiadającej 1/4 długości fali, czyli ok. 17cm. Antenę dołącza się do wyprowadzenia 4 nadajnika. Równie dobrze (a może nawet lepiej, można zastosować nadajnik typu RT2), który ma już napyloną antenę na warstwie ceramiki. Ciągła praca sondy byłaby bardzo niewskazana. Z jednej strony zupełnie niepotrzebnie nadajnik emitowałby nośną, z drugiej mocno skracałoby to żywotność baterii zasilającej. Dobrze znany generator 4060 (U3), będzie pełnił tu rolę układu okresowo włączającego sondę, tym bardziej, że jest wykonany w technologii CMOS. Jest on zasilany bezpośrednio z baterii, jednak sam pobiera bardzo niewielki prąd. Elementy R4 i C2 ustalają częstotliwość drgań oscylatora na ok. 49Hz. Diody D3 i D4 oraz rezystor R1 realizują bramki AND. Na anodach tych diod wystąpi poziom wysoki tylko wtedy, gdy na obu wyjściach Q8 i Q14 też będzie występował co najmniej 2 minuty i 40 sekund, gdyż anody diod są połączone z wejściem zerującym układu U3. Na niespełna 3 sekundy przed wyzerowaniem, wyjście Q14 ustawi na poziomie wysokim. Jeśli zworka JP1 będzie założona tak, by wyjście Q14 U3 było połączone z wejściem SD układu U2, to na jego wyprowadzeniach 1, 2 i 3 wystąpi napięcie +5V. Układ U2 jest bowiem miniaturowym stabilizatorem *low dropout*. Cenną jego zaletą, oprócz bardzo małej różnicy napięć między wejściem a wyjściem (tylko 200mV), jest możliwość wprowadzania go w stan *shutdown*, w którym pobiera prąd o wartości tylko 1mA. Funkcję przełączania stanu pełni właśnie wejście SD. Jeśli jest na nim wysoki poziom, to pracuje normalnie. W przeciwnym razie pozostaje w stanie uśpienia. Trzy

sekundy aktywności stabilizatora wystarcza na to, by mikrokontroler AT89C2051 (U1), dokonał pomiaru temperatury, a wynik przesłał do stacji bazowej. Transmisja jest asynchroniczna, odbywa się poprzez port szeregowy procesora i jest prowadzona z szybkością 1200bd. Na rys. 4 pokazano format wysyłania danych. Sekwencja powtarzanych na początku bajtów o wartości 55H jest związana z koniecznością włączenia odbiornika w stacji bazowej, o czym pisałem wcześniej. Wartość ta odpowiada symetrycznej fali prostokątnej i dlatego właśnie została użyta. Procesor stacji sprawdza wszystko co dociera z odbiornika radiowego. Gdy wykryje 50 kolejno po sobie występujących impulsów o czasie trwania odpowiadającym czasowi transmisji jednego bitu dla prędkości 1200bd, to włącza odbiornik. Zniekształcenia czasowe impulsów wnoszone przez tor radiowy spowodowały, że trzeba było dopuścić 30% tolerancję czasu trwania bitu o wartości 1. Oczywiście może się zdarzyć, że włączenie odbiornika nastąpi jeszcze w czasie trwania sekwencji rozruchowej. Pierwsze odebrane dane będą więc zupełnie bezwartościowe. Dodatkowo istotne jest, aby bezbłędnie rozpoznać początek właściwych danych. W tym celu między sekwencją rozruchową, a danymi występuje krótka przerwa, pozwalająca na prawidłowe zidentyfikowanie bitu stopu. Dzięki temu bit startu pierwszej odbieranej danej będzie również prawidłowo zinterpretowany, co poprawnie zsynchronizuje transmisję. Gdyby się jednak tak nie stało, to każdy rekord danych jest zaopatrzony w nagłówki (bajty 0AAH, 55H - patrz rys. 4), po którym następują cztery bajty z informacją o temperaturze. Rekord - dla przysłowiowego świętego spokoju - kończy bajt zawierający sumę kontrolną, obliczaną bez nagłówka. Procesor w stacji przeszukuje wszystkie odebrane dane pod kątem wykrycia sekwencji 0AAH, 055H. Gdy to nastąpi, zaczyna liczyć sumę mod 2 kolejnych czterech bajtów i sprawdza, czy jest ona identyczna z odebrany, piątym bajtem. Jeśli tak, uznaje że odebrany rekord jest prawidłowy i przystępuje do jego interpretacji. Jeśli nie uda się odebrać ani

WYKAZ ELEMENTÓW

Stacja bazowa

Rezystory

R1...R4, R10, R17, R18: 10kΩ

R5, R9: 1kΩ

R6, R8: 5,1kΩ

R7: 3,3Ω

R11: 30kΩ

R12: 15kΩ

R13: 43kΩ

R14: 330Ω

R15: 3kΩ

R16: 1,6Ω

P1: 2,2kΩ wieloobrotowy

potencjometr montażowy

P2: 100kΩ wieloobrotowy

potencjometr montażowy

P3: 22kΩ potencjometr montażowy

Kondensatory

C1...C4, C6, C27: 10μF/25V

C5: 100μF/16V

C7...C11, C14...C18, C23...C25: 100nF

C12, C13: 33pF

C19: 0,1μF

C20: 0,33μF

C21, C22, C28, C29, C31: 47nF

C26: 4,7μF/16V

C30: 10nF

Półprzewodniki

D1: 1N4001

D2: LED (dowolna dioda świecąca)

U1: MAX691

U2: MPX4115A czujnik ciśnienia

U3: OP491

U4: MAX6577

U5: DS1307

U6: ADUC812

U7: 74HCT573

U8: 43256

U9: G1206A wyświetlacz graficzny 64x128

U10: 4060

U11: RR3 moduł odbiornika radiowego

U12: LM7805

U13: MAX232

U14: 28C1001 (zaprogramowany flash EPROM)

U15: 74HCT374

U16: 4069

T1: BC547

Różne

BT1: 3V bateria litowa do druku

GN1: ARK2 (5mm)

GN2: DSUB9 (żeńskie)

JP1: goldpin 2

L1: dławik 20μH

S1: RH25 czujnik wilgotności względnej

SW1...SW5: mikroprzycisk do druku

X1: rezonator kwarcowy 11,0592MHz

X2: rezonator kwarcowy 32768Hz

Sonda pomiaru temperatury zewnętrznej

Rezystory

R1: 100kΩ

R2, R5: 1kΩ

R3: 15kΩ

R4: 510kΩ

R6: 10kΩ

R7: 4,7kΩ

Kondensatory

C1: 1μF

C2: 20nF

C3, C4: 0,1μF

C5, C6: 33pF

C7: 10μF/16V

Półprzewodniki

D1: LED

D2: 1N5819

D3, D4: 1N4148

U1: 89C2051 (zaprogramowany)

U2: ADP3335

U3: 4060

U4: MAX6577

U5: RT2-433 moduł nadajnika radiowego

T1: BC547

T2: BC557

Różne

GN1: ARK2 (5mm)

JP1...JP3: Goldpin + zworka

X1: rezonator kwarcowy 11,0592MHz

jednego rekordu, cała transmisja jest ignorowana. Tym samym tracimy próbkę, ale następna będzie już za niespełna 3 minuty.

Nadajnik U5 jest zasilany napięciem z baterii, lecz w chwilach przerwy jest ono odcinane przez tranzystory T1 i T2. Dioda świecąca D1 sygnalizuje aktywność nadajnika. Jej montowanie nie jest konieczne, zwłaszcza gdy chcemy maksymalnie oszczędzać baterię.

Dla zaspokojenia ciekawości mogę podać, że w stanie *standby*, sonda pobiera prąd ok. 280μA, a w stanie aktywnym ok. 12mA, co daje średnie zużycie ok. 460μA.

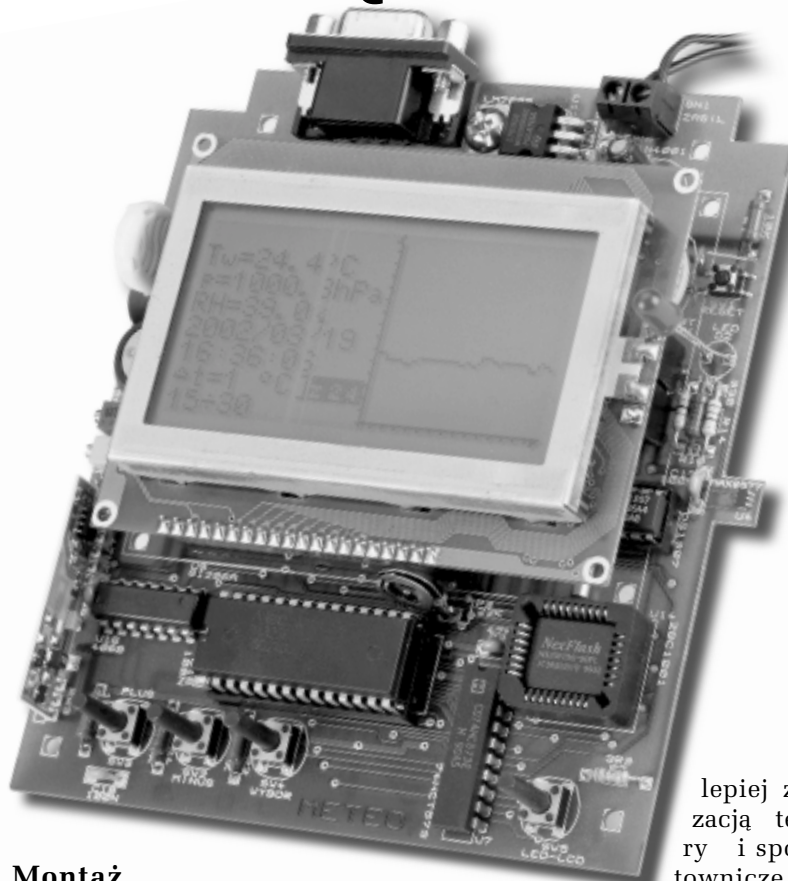
Jarosław Doliński, AVT
jaroslaw.dolinski@ep.com.pl

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/kwiecien02.htm>.

Domowa stacja meteo ze zdalnym pomiarem temperatury, część 2

AVT-5060

W drugiej części artykułu opisujemy sposób montażu, uruchomienia i kalibracji stacji pogodowej. Ta ostatnia czynność jest niezwykle istotna, ma bowiem wpływ na dokładność wyników prowadzonych pomiarów.

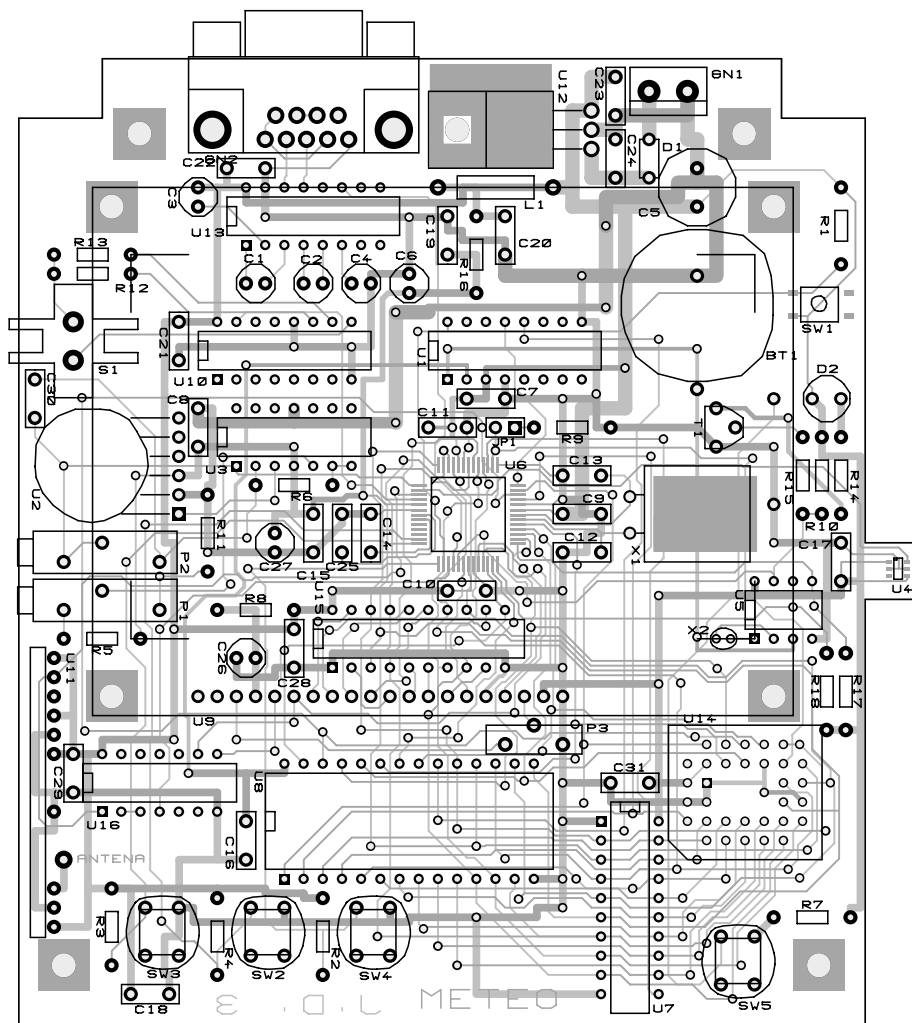


Montaż i uruchomienie stacji pogodowej - baza

Patrząc na schematy domowej stacji pogody można odnieść wrażenie, że jest to przyrząd bardzo złożony, przeznaczony raczej dla doświadczonych elektroników. Jednak przy starannie wykonanym montażu z uruchomieniem całości nie powinno być większych kłopotów. Najtrudniejsze będzie wlutowanie elementów SMD, jakimi są: mikrokontroler, czujniki temperatury i stabilizator w sondzie zewnętrznej. Raster podzespołów jest niewielki (25,6mils, czyli 0,65mm), a obudowa SOT23 sama w sobie jest ledwo widoczna, gdy np. taki element upadnie na dywan. Trzeba więc wyposażyć się w odpowiednie narzędzia: dobrą pincetę, lutownicę z cienkim grotem, naj-

lepiej ze stabilizacją temperatury i spoiwo lutownicze o grubości raczej nie większej niż 0,38mm.

Montaż, zgodnie ze schematami montażowymi pokazanymi na rys. 5 i 6, proponuję rozpocząć od wlutowania stabilizatora U12 wraz z kondensatorami, diodą D1 oraz elementami filtrującymi napięcie +VAA. Układ U12 można przykręcić do płytki śrubką, np. jedną z tych, które pozostały po rozebraniu, starym komputerze. Po wykonaniu tych czynności podłączamy prowizorycznie napięcie 9V z baterii lub zasilacza i sprawdzamy czy stabilizator „daje” na wyjściu prawidłowe napięcie (5V). Zapobiegnie to ewentualnym późniejszym przykrym niespodziankom, gdyby tak nie było. Teraz można już montować pozostałe elementy, poczynając od SMD - od najmniejszych, do największych.



Rys. 5. Płytką drukowaną stacji meteo

szych. Jeśli chodzi o stosowanie podstawek, to decyzję pozostawiam Czytelnikom. Na pewno podstawa będzie potrzebna pod pamięć Flash (U14) i może się przydać pod pamięć RAM (U8). Zdecydowanie polecam użycie podstawki pod układ U3 w sondzie, o czym piszę dalej. Trzeba również zwrócić uwagę na to, by elementy w centralnej części płytki stacji bazowej nie były zamontowane zbyt wysoko. Nad nimi będzie bowiem umieszczony wyświetlacz. Rezonatory kwarcowe powinny być przylutowane w pozycji leżącej. Pod kwarc X2 można podkleić kawałek taśmy izolacyjnej, który zapobiegnie ewentualnym zwarciom, mogącym wystąpić mimo solder maski. Przed wlutowaniem czujnika wilgotności trzeba przyciąć z jednej strony obydwie „wąsy“ u podstawy. Ze względu na wyświetlacz musiał on być maksymalnie dosunięty do krawędzi płytki, co spowodowało,

że „wyszedł“ poza jej obrys. Czujnik wilgotności powinien być zamontowany bardzo sztywno do płytki. Podczas prób zauważyłem pewną wrażliwość na odkształcenia mechaniczne tego elementu. Wyświetlacz jest dołączony do płytki za pomocą goldpinów wtykanych w odpowiednie gniazdo. Jeśli chcemy korzystać z podświetlenia, to oprócz 20-pinowego złącza usytuowanego pod ekranem wyświetlacza, należy jeszcze połączyć z płytką punkty znajdujące się po prawej jego stronie. Można to również zrobić stosując goldpiny. Wskazane jest usztywnienie konstrukcji tulejkami dystansowymi przykręconymi w każdym rogu.

Interfejs RS232 jest wyprowadzony z płytki przez typowe żeńskie złącze DSUB9, przeznaczone do montażu do druku. Do połączenia stacji z komputerem należy stosować kabel 1:1 (bez skrzyżowania wyprowadzeń 2 i 3), zakończony z jednej strony wtykiem

męskim, z drugiej zaś wtykiem żeńskim. Do punktu lutowniczego opisanego jako „ANTENA“ należy przylutować 17-centymetrowy odcinek przewodu - podobnie jak w nadajniku. Będzie on pełnił rolę ćwierćfalowej anteny odbiorczej. Dioda świecąca D2 sygnalizuje czy zegar RTC stacji jest ustawiony i odmierza czas.

Komentarza wymaga jeszcze zworka JP1. Została ona umieszczona na płytce, gdyż początkowo zakładałem uruchamianie fragmentów programu w wewnętrznej pamięci Flash procesora. Ostatecznie jednak odszedłem od tej koncepcji, pozostawiając miejsce na zworkę. Podczas normalnej pracy złącze JP1 powinno pozostać rozwarne, a lutowanie rezystora R9 nie jest konieczne.

Po zmontowaniu wszystkich podzespołów i włożeniu pamięci programu do podstawki można przystąpić do uruchomienia stacji, doprowadzając do złącza GN1 napięcie 9V. Na ekranie powinna na kilka chwil ukazać się winietka, po której pojawi się informacja o ustawieniach domyślnych wszystkich parametrów programu. Następnie zostanie wyświetlony fragment ekranu roboczego, którego pełny widok jest przedstawiony na rys. 7. Stacja sprawia w tym stanie wrażenie, jakby jej program wpadł w martwą pętlę. Nic się nie dzieje. Aby ją ożywić, należy ustawić zegar RTC, gdyż generuje on przerwania mające wpływ na uruchamianie wszystkich procedur pomiarowych. W tym celu należy nacisnąć klawisz „Wybór“. Na ekranie zostanie wyświetlone menu, na którym za pomocą klawisza „Plus“ wybieramy polecenie „Ustaw zegar“. Teraz naciskając klawisze „Plus“ lub „Minus“ ustawiamy odpowiednie wartości na poszczególnych polach. Akceptacja nastaw następuje klawiszem „Wybór“. Naciśnięcie tego klawisza, po ustawieniu wszystkich wartości, spowoduje start zegara. Od tej chwili LED D2 zacznie migotać co sekundę, a ekran zapełni się pozostałymi informacjami. Do czasu uruchomienia sondy nie będzie jednak widoczna temperatura zewnętrzna. Każde naciśnięcie klawisza „Wybór“ będzie wywoływało menu z opcjami do wyboru.

Przechodzenie między nimi następuje klawiszem „Plus“.

- Dostępne w menu opcje, to:
- Wybór mierzonego parametru zobrazowywanego na wykresie. Wartości mierzonej wielkości meteorologicznej mogą być wyświetlane w postaci wykresu liniowego. Przechodzenia między wielkościami dokonuje się klawiszem „Wybór“.
 - Ustawianie zegara.
 - Ustawianie parametrów wykresu. Są nimi: P_{min} - minimalne ciśnienie na wykresie; D_p - przyrost ciśnienia na jednostkę wykresu, T_{wmin} - minimalna temperatura wewnętrzna (T_w) na wykresie; DT_w - przyrost temperatury T_w na jednostkę wykresu; T_{zmin} - minimalna temperatura zewnętrzna (T_z) na wykresie; DT_z - przyrost temperatury T_w na jednostkę wykresu; Liczba pomiarów rejestrowanych w ciągu doby - może wynosić: 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 24 (domyślnie); godzina odniesienia - jeśli poprzedni parametr jest inny niż 24, to godzina odniesienia określa godzinę, od której następuje rejestracja danych. Na przykład, jeśli ustawiono 3 pomiary na dobę i godzinę odniesienia na 2.00, to rejestrowane będą tylko wyniki pomiarów z godzin: 2.00, 10.00, 18.00 itd. Nachylenie RH - służy do skalibrowania czujnika wilgotności. Parametr ten określa czułość wilgotnościomierza. Jeśli będzie miał źle dobraną wartość, pomiary mogą być nieprawidłowe, np. powyżej 100%, albo poniżej 0; przesunięcie RH - parametr ten umożliwia określenie składowej stałej wskazań wilgotnościomierza, przesuwając wykres wzdłuż osi wartości wilgotności.
 - Przegląd rejestracji. Można korzystając z tej opcji przejrzeć w postaci „cyfrowej“ wszystkie zarejestrowane dane. Przewija się je ekran po ekranie klawiszami „Plus“ i „Minus“. Przytrzymanie na dłużej któregoś z nich powoduje przeskok po kilka ekranów, co znacznie skraca czas dostępu do odległych rekordów.
 - Transmisja do PC. Wywołanie tej opcji inicjuje transmisję danych do komputera poprzez in-

terfejs RS232. Oczywiście wcześniej stacja i komputer powinny być połączone odpowiednim kablem. Przyznam, że nie silłem się tu na napisanie specjalnego programu komunikacyjnego, oprogramowanie stacji i tak zajęło mi sporo czasu. W systemie Windows każdy użytkownik komputera taki program posiada. Jest nim oczywiście HyperTerminal. Należy go skonfigurować tylko tak, by odbierał dane bezpośrednio z wykorzystywanego do transmisji portu np. Com2, ustawić prędkość transmisji 57600 bitów na sekundę, 8 bitów danych, brak parzystości, 1 bit stopu, brak sterowania przepływem. Aby odbierane dane były zapisywane na dysku, należy z menu wybrać polecenie „Transmisja->przechwytywanie tekstu“, a następnie określić folder i nazwę pliku. Teraz trzeba nacisnąć ekranowy klawisz „Start“, a w stacji klawisz „Wybór“. W czasie transmisji na ekranie wyświetlacza będzie widoczny pasek progresji wraz z liczbą wysłanych rekordów. Transmisję można zakończyć wcześniej naciskając klawisz „Minus“. Jeśli tego nie zrobimy, to po wysłaniu wszystkich danych zostanie wyświetlone zapytanie czy dane aktualnie znajdujące się w pamięci RAM mają być zachowane, czy nie. Jest to jedyna (oprócz wyjęcia pamięci z podstawki) metoda na wykasowanie wszystkich danych z RAM-u. Operacja ta nie kasuje oczywiście parametrów konfiguracyjnych stacji.

Budowa mechaniczna

Płytki stacji pogodowej została zaprojektowana pod obudowę Z-28. Wycinanie w niej otworów tak, żeby ładnie wyglądały i pasowały do wystających podzespołów jest tym, co elektrycy lubią najbardziej. Będą więc mieli spore pole do popisu.

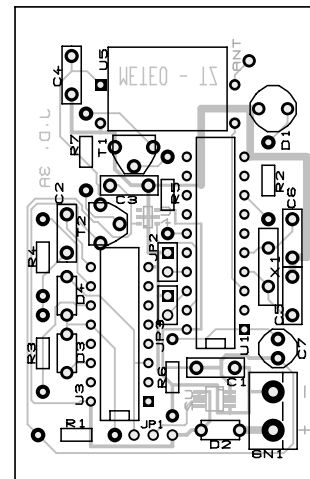
Po pierwsze: trzeba wykonać okienko dla wyświetlacza, otwór gniazda GN2 i gniazda typu minijack do podłączenia zasilacza. Należy też wykonać wąską szczelinę, przez którą będzie wyprowadzony języczek na bocznej krawędzi płytki, z umieszczonym na nim czujnikiem temperatury. Za-

bieg ten ma na celu wyeliminowanie wpływu temperatury wewnątrz obudowy, która może się nieznacznie różnić od panującej na zewnątrz.

Po drugie: należy poobcinać wszystkie kołki z podstawy, które będą przeszkadzały w przymocowaniu płytki. Warto jeszcze wykonać otworki lub nawet szczelinę w okolicach czujnika wilgotności. Brak swobodnego przepływu powietrza w obrębie tego elementu może całkowicie wypaczyć wynik pomiaru. Teraz pozostaje już tylko poskręcanie całości i przystąpienie do uruchomienia sondy.

Montaż i uruchomienie stacji pogodowej - sonda pomiaru temperatury zewnętrznej

Płytki sondy pomiaru temperatury zewnętrznej została zaprojektowana jako jednostronna. Układy U3 i U2 montuje się więc od spodu, pozostałe standardowo. Uruchomienie modułu mogą znacznie ułatwić zworki przewidziane na płytce. Prawidłowe działanie stacji zagwarantujemy, gdy nadajnik będzie „widział“ odbiornik. Jednak - jak już Czytelnicy - wiedzą, sonda włącza się na 3 sekundy w odstępach prawie 3-minutowych. Trzeba się wykazać niemałym sprytem, żeby poustawiać wszystko poprawnie. Dlatego też, do uruchomienia i zestrojenia stacji, można wyjąć układ U3 z podstawki, zworkę JP1 ustawić tak, by wejście SD U2 było połączone z diodą D2. Następnie



Rys. 6. Płytki drukowana zdalnego czujnika temperatury

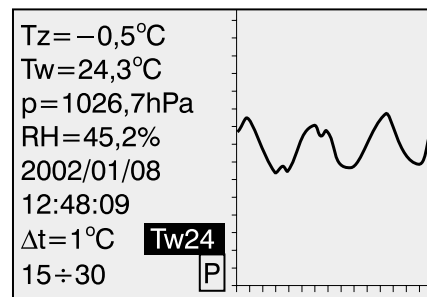
założyć jedną ze zworek JP2 lub JP3. W takiej konfiguracji nadajnik będzie przez cały czas włączony i do stacji bazowej będzie wysyłał daną, zależną od ustawienia zworek. Założenie zworki JP3 spowoduje, że sonda będzie bezustannie przekazywała do bazy informację o temperaturze 555,5°C. Jeśli tor radiowy zsynchronizuje się prawidłowo, to po kilku sekundach taka właśnie temperatura powinna być wyświetlona na wyświetlaczu. Jej brak może świadczyć o kłopotach z transmisją. Można wtedy próbować zmienić położenie nadajnika lub obydwu antenek. Ale przyczyną niepowodzeń może być także to, że odbiornik nie rozpoznał prawidłowo sekwencji rozruchowej i nie mógł dalej prawidłowo się zsynchronizować. Dlatego zawsze najpierw musi być włączona stacja bazowa (w ostateczności wyzerowana), dopiero po wyświetleniu winietki można włączyć nadajnik. Obecność sygnału na wyjściu odbiornika jest sygnalizowana wyświetleniem literki R w obwódce, przy początku układu współrzędnych wykresu. Nie oznacza to jednak, że sygnał ten niesie jakąś wartość informacyjną. Gdyby i te zabiegi nic nie pomogły, trzeba się odwołać do metod bardziej wyrafinowanych. W tym celu zakładamy tylko zworkę JP2 (JP1 oczywiście pozostaje), która wymusza emitowanie sygnału w postaci fali prostokątnej. Następnie należy na wyjściu odbiornika - wyprowadzenie 14 (druga nóżka od strony potencjometrów) - sprawdzić oscyloskopem, czy w ogóle dochodzi jakiś sygnał i ewentualnie ocenić jego jakość. Dalej, niestety, nic konkretnego nie mogę doradzić, ponieważ użytkownik ma niewielkie, żeby nie powiedzieć nie ma żadnych, poza wymienionymi wyżej, możliwości wpływania na jakość transmisji radiowej. Wierzę jednak, że zestrojenie toru uda się zakończyć sukcesem. Pozostaje więc tylko włożyć do podstawki układ 4060, założyć obydwie zworki JP2 i JP3, a zworkę JP1 przełożyć w przeciwne położenie.

Kalibracja

Zastosowane w stacji czujniki temperatury nie wymagają żadnej kalibracji. Nadają się do użycia

bezpośrednio po wlotowaniu. Czynności związane z kalibrowaniem czujnika wilgotności względnej były podane przy okazji omawiania opcji menu. Prawidłowe skalibrowanie go w warunkach amatorskich będzie jednak bardzo trudne. Zainteresowanym tym zagadnieniem przypominam, że jedna z klasycznych metod pomiaru wilgotności względnej (metoda psychometryczna) polega na pomiarze temperatury dwoma, umieszczonymi blisko siebie termometrami. Jeden jest zwykły, drugi ma natomiast na zbiorniczku z rtęcią nałożony nasycony wodą kłębek waty lub muślinu. Na skutek parowania wody, temperatura drugiego termometru będzie nieco niższa, niż wskazywana przez termometr pierwszy. Różnica temperatur będzie tym większa, im bardziej suche jest powietrze. W praktyce termometry te znajdują się w jednej rurce, przez którą pompowane jest powietrze. Wilgotność oblicza się ze wzoru uwzględniającego charakterystyczny dla takiego układu współczynnik określający przepływ powietrza. Trudno więc coś konkretnego zaproponować tu Czytelnikom. Jest jeszcze metoda punktu rosy. Wymaga ona znajomości specjalnych tablic, a wykonanie niezbędного higrometru kondensacyjnego również nie będzie łatwe dla amatora. Elektronikom-chemikom mógłbym jeszcze polecić metodę przygotowania specjalnego roztworu, który w specjalnym zbiorniku wytworzy określoną wilgotność względną powietrza. Jak dla mnie pomiar tą metodą jest jednak zupełnie niewykonalny. Zainteresowanych odsyłam do dokumentacji czujnika wilgotności zamieszczonej w katalogu ELFY (73-088-51, 2322 691 90001), który jest łatwo dostępny. Reasumując, jeśli chodzi o kalibrację wilgotnościomierza, to pozostaje w zasadzie jedynie metoda porównawcza z innym, wzorcowym przyrządem.

Regulację czujnika ciśnienia przeprowadza się potencjometrami P1 i P2 (rys. 1 - EP4/2002). Do prawidłowego skalibrowania ciśnienia, podobnie jak w przypadku wilgotnościomierza, najwygodniej jest użyć jakiegoś przyrządu wzorcowego. Nie zawsze jest to możliwe. Pozostaje więc tylko szukać



Rys. 7. Przykładowy widok na wyświetlaczu stacji pogodowej

odpowiednich serwisów informacyjnych w radiu, telewizji, telegazecie lub oczywiście w Internecie. Ja korzystałem z telegazety TVP (strona 166) oraz z internetowej strony: <http://weather.noaa.gov/weather/current/EPWA.html>.

Najlepiej przez kilka kolejnych dni notować wyniki wskazań stacji i porównywać je z danymi podawanymi przez media. Elementami regulacyjnymi lub parametrami programowymi „manipulujemy” dotąd, aż wskazania będą w miarę zbliżone. Trzeba przy tym pamiętać, że ciśnienie atmosferyczne dość silnie zależy od wysokości (ok. 1hPa/8m różnicy wysokości). W powyższym serwisie np. informacja o ciśnieniu jest odniesiona do Okęcia (107 m n.p.m.). Ustawienie potencjometru P2 wpływa na wzmocnienie toru pomiarowego ciśnienia. Jeśli szybkość zmian wskazywanych przez stację jest za duża w porównaniu z wartościami wzorcowymi, należy śrubkę potencjometru delikatnie przekręcić w lewo. Na początku można się nie przejmować różnymi wartościami bezwzględnymi pomiędzy stacją i wzorcem. Ważne jest, żeby przebiegały z takimi samymi nachyleniami. Mówiąc językiem matematycznym należy dążyć do wyrównania pochodnych. Gdy z dopuszczalnym błędem już się to uda, należy potencjometrem P1 skorygować wartość bezwzględną wskazań ciśnienia.

Obsługa stacji

Wszystkie pomiary prowadzone przez stację przebiegają automatycznie. Natychmiast po odświeżeniu każdego z nich pojawiają się na wyświetlaczu (rys. 7). W odstępach czasu, wynikających z ustawień użytkownika, dane są rejestrowane w pamięci i jedno-

częściej nanoszone na wykres. Wykres jest rysowany od lewej strony do prawej. Gdy wypełni całą dostępną szerokość, po każdej kolejnej rejestracji będzie jednocześnie przesuwany w lewo. Tym samym najstarszy punkt wyjdzie poza widoczny obszar. Dla ustawień domyślnych, widać historię z ostatnich 60 godzin (2,5 doby). Klawiszem „Minus“ można przewinąć wykres o 40 pixeli w kierunku starszych danych, „Plus“ zaś w stronę przeciwną. Fakt przewinięcia wykresu jest sygnalizowany strzałką, wyświetloną w trzeciej od dołu linii, przy osi wykresu. Jeśli strzałka przy czubku swojego grota ma dodatkowo kreskę pionową, to znaczy, że widać najstarszą zarejestrowaną daną i dalsze przewijanie jest niemożliwe. Lewą część wyświetlacza wypełniają informacje alfanumeryczne. Są to kolejno od góry: temperatura zewnętrzna (wyświetlana tylko wtedy, gdy stacja odbierze poprawnie daną z sondy), temperatura wewnętrzna, ciśnienie atmosferyczne, wilgotność

względna, data, godzina, przyrost wyświetlanej na wykresie danej pomiarowej na jednostkę wykresu, obok której w inwersie jest zaznaczona informacja o wybranej danej do zobrazowania w postaci wykresu, a w ostatnim wierszu podano zakres widocznej na wykresie danej w domyślnych dla niej jednostkach. W momencie, gdy wykonywana jest seria pomiarów, obok początku układu współrzędnych pojawia się literka P w obwódce. Przykładowo: na rys. 7 widać wykres temperatury wewnętrznej, rejestrowanej co godzinę (24 rejestracje na dobę). Jest on maksymalnie przewinięty do początku. Na wykresie widać temperatury z przedziału 15...30°C. Procesor aktualnie wykonuje pomiary.

Informacje dodatkowe

Program obsługi stacji został napisany w języku C (Keil). Kod ma długość ok. 17kB.

Na koniec muszę się jeszcze usprawiedliwić. Otóż jeszcze przed opublikowaniem artykułu,

podzieliłem się swoim pomysłem z pewnym internetowym znajomym. W odpowiedzi dostałem maila pisanego niemal drukowanymi literami (internauci wiedzą, co to znaczy), z pytaniem dlaczego nie uwzględniłem w projekcie anemometru, czyli wiatromierza. Pierwotnie miałem nawet taki zamiar, lecz wykonanie części mechanicznej w warunkach amatorskich byłoby chyba zbyt trudne, a kupienie gotowego np. firmy Dallas Semiconductors, znacznie podrożyłoby i tak już niemały koszt stacji. Pewna furka jednak istnieje. Jedno wejście przetwornika ADC pozostało wolne. Pozdrawiając więc wszystkich zainteresowanych, życzę błękitnego nieba nad głowami, ozdobionego jedynie pięknymi *cirrusami*.

Jarosław Doliński, AVT
jaroslaw.dolinski@ep.com.pl

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/maj02.htm> oraz na płycie CD-EP05/2002B w katalogu PCB.