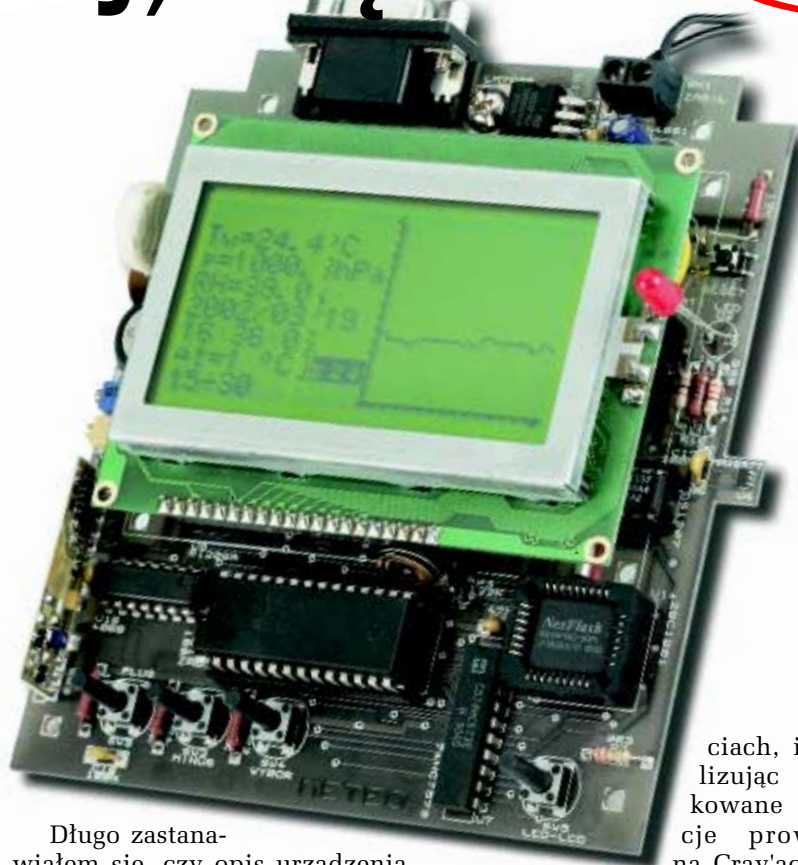


Domowa stacja meteo ze zdalnym pomiarem temperatury, część 1

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

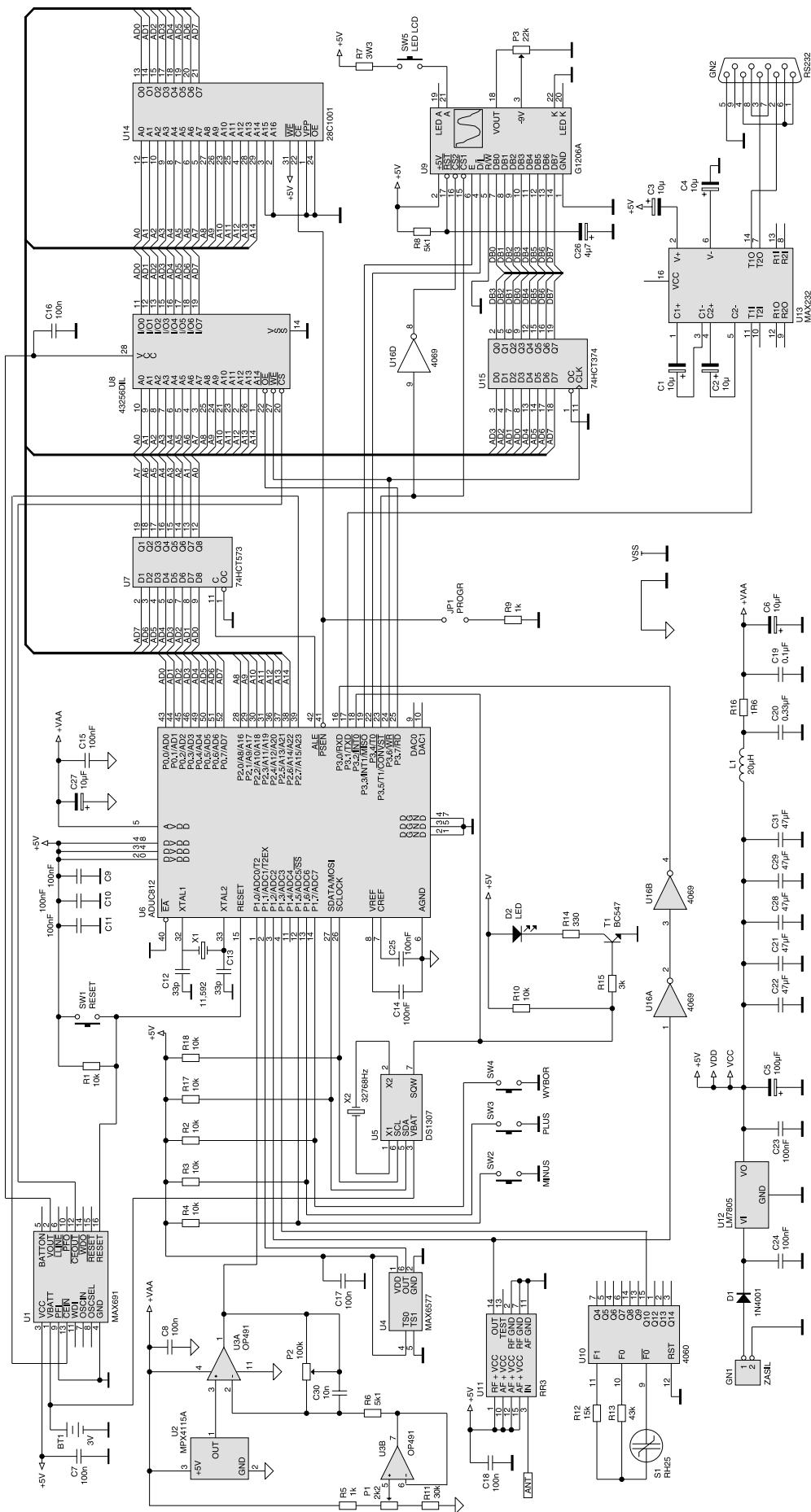
w otaczającym go rejonie. Ale o tym, co będzie w danym miejscu, może decydować np. układ baryczny odległy o kilkadziesiąt, czy kilkaset kilometrów. Ważne jest zatem, żeby wyniki pomiarów, otrzymywanych z własnej stacji, łączyć z obserwacjami nieba oraz niektórych zjawisk przyrodniczych (stąd góralskie 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

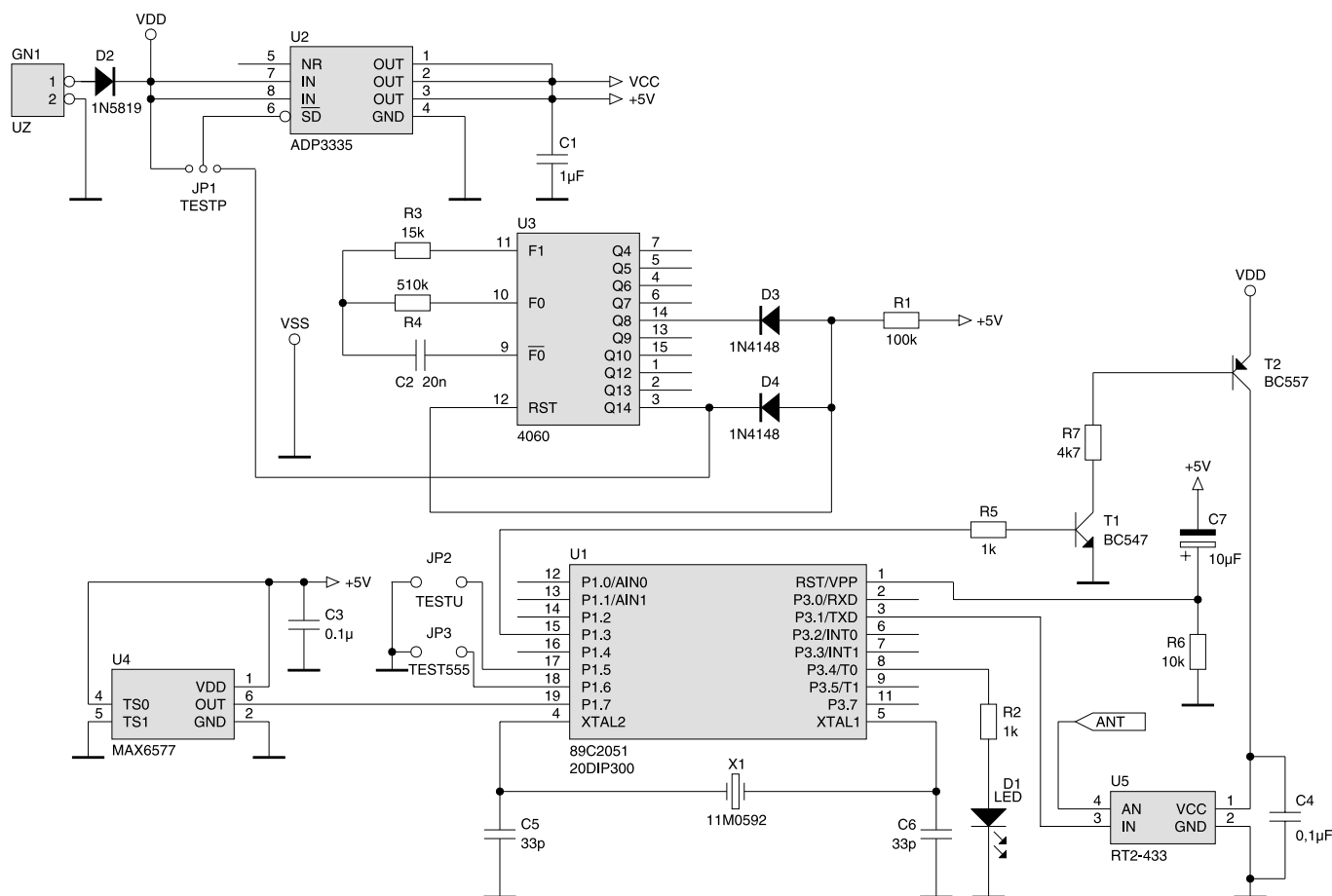
Bogactwo dostępnych na rynku mikrokontrolerów stwarza zawsze dylemat dla konstruktora - którego z nich użyć tym razem?

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 10μH, 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 zanikach 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 2¹⁵Hz - 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 ±0,8°C, chociaż w najgorszym przypadku w temperaturze +25°C może ona dochodzić aż do ±3°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: $T[°C] = f[Hz] / m[Hz/K] - 273,15[K]$, 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-

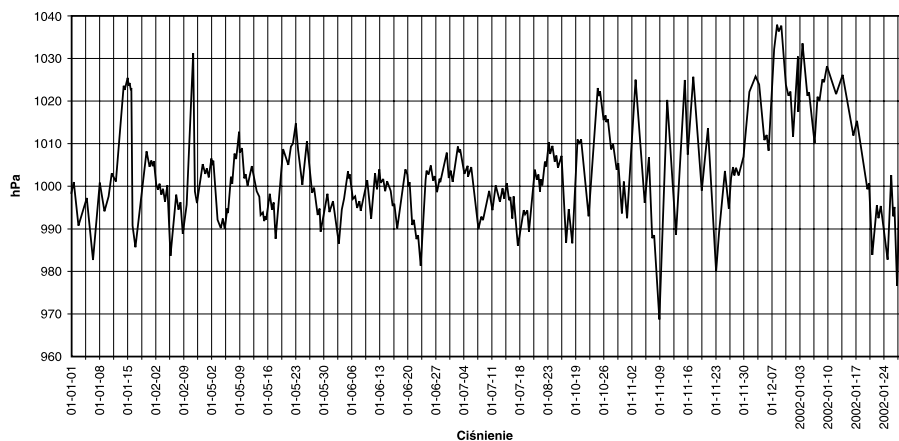
pominający sensowne dane, włącza odbiornik.

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.

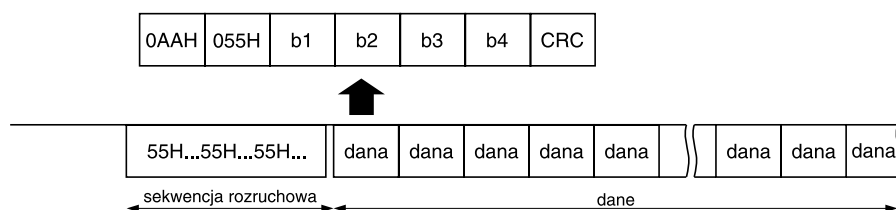
Do omówienia pozostał jeszcze pomiar ciśnienia atmosferycznego. W projektach prezentowanych w EP, czujniki ciśnienia występowały już kilkakrotnie. Tutaj przy-

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>.