

Stacja pogodowa z prognozowaniem pogody

**AVT
5294**


Współczesne, miniaturowe czujniki wielkości nieelektrycznych umożliwiają łatwe zbudowanie urządzeń, które na podstawie zmierzonych wielkości, przetwarzanych za pomocą mikrokontrolerów, są w stanie podejmować różne akcje. Może to być na przykład dostosowanie temperatury i wilgotności powietrza do wymagań magazynowanej żywności lub – jak w naszym projekcie – do prognozowania pogody.

Rekomendacje: stacja z prognozowaniem pogody przyda się w każdym domu; może być użytecznym gadżetem, który np. uchroni domowników przed zmoknięciem w czasie letniego spaceru.

Przykładem czujnika wielkości nieelektrycznych wykonanego w technologii MEMS jest czujnik ciśnienia atmosferycznego z wyjściem cyfrowym typu MPL115A2 produkowany przez firmę Freescale. Zanim jednak opiszę metodę jego aplikacji, warto poświęcić kilka słów zagadnieniom teoretycznym.

Zagadnienia wstępne

Ciśnienie atmosferyczne jest stosunkiem wektora siły będącego wypadkową wszystkich sił działających na powierzchnię Ziemi do wielkości pola tej powierzchni. Wynika z tego, że ciśnienie atmosferyczne w górach jest niższe, a na nizinach wyższe, ponieważ słup powietrza ma w tych rejonach różną wysokość. Zależność ta ma w przybliżeniu charakter wykładniczy, co pokazano na rysunku 1.

Wartość ciśnienia atmosferycznego dla standardowych warunków pogodowych dla wysokości h (n.p.m.) możemy wyznaczyć z uproszczonej zależności opisanej wzorem:

$$p_h = p_0 \cdot e^{-\frac{h}{7990}}$$



gdzie:

p_h – ciśnienie na wysokości h n.p.m. dla standardowych warunków pogodowych

p_0 – ciśnienie na poziomie morza w standardowych warunkach pogodowych równe 1013,25 hPa

h – wysokość n.p.m.

Ciśnienie atmosferyczne ulega ciągłym zmianom, które są zależne od zmian pogody. Śledząc zmiany ciśnienia na danej stałej wysokości n.p.m., możemy z pewnym prawdopodobieństwem prognozować pogodę. Na przykład na umiarkowanych szerokościach geograficznych powolne obniżanie się ciśnienia oznacza zbliżanie się niżu, czyli pogorszenia się pogody (wystąpienie chmur, opadów, ochłodzenia w lecie, ocieplenia w zimie), zaś wzrost ciśnienia łączy się z poprawą pogody (ustąpieniem mgły czy zachmurzenia, osłabieniem wiatru itp.). Ciśnienie wyższe o kilka hPa od ciśnienia p_h dla danego rejonu zwiastuje utrwalenie się ładnej pogody, jednak z drugiej strony, szybki wzrost ciśnienia może także zwiastować burzę. Co ciekawe, na podstawie gradientu zmian ciśnienia można dość dokładnie określić spodziewaną siłę wiatru. Pomimo tych, wydawałoby się nieskomplikowanych zależności, przewidywanie zmian pogody jest procesem trudnym (a zwłaszcza przygotowywanie prognoz długookresowych) i obarczo-

AVT-5294 w ofercie AVT:
AVT-5294A – płytka drukowana

Podstawowe informacje:

- Pomiar temperatury i ciśnienia z funkcją prognozowania pogody
- Napięcie zasilania: 5...9 V_{DC}
- Maksymalny prąd obciążenia (z podświetleniem/bez podświetlenia): 30 mA/9 mA
- Zakres wysokości dla funkcji przewidywania pogody: 0...990 m n.p.m.
- Zakres pomiarowy wbudowanego termometru: 0...99°C
- Zakres pomiarowy barometru: 500...1150 hPa
- Ustawienia ważniejszych fusebitów: CKSEL3...0: 0010
SUT1...0: 10
CKDIV8: 1
CKOUT: 1
WDTON: 1
SPIEN: 0
BOOTRST: 1
BODLEVEL2...0: 111

Dodatkowe materiały na CD/FTP:

- <ftp://ep.com.pl>, user: 10925, pass: 87thc181
- wzory płytek PCB
 - karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w Wykazie elementów kolorem czerwonym

Projekty pokrewne na CD/FTP:

(wymienione artykuły są w całości dostępne na CD)

- AVT-5141 Internetowa stacja pogodowa Yahoo (EP 7-8/2008)
- AVT-961 Domowa stacja pogodowa (EP 12/2006)
- AVT-2787 PC-Termometr – termometr internetowy (EdW 5/2006)
- AVT-5060 Domowa stacja meteo ze zdalnym pomiarem temperatury (EP 4-5/2002)

nym błędem, o czym niejednokrotnie możemy się przekonać, słuchając prognoz pogody nadawanych przez stacje radiowe czy telewizyjne. Jednak dla prostych aplikacji możemy posłużyć się algorytmami, z których korzysta większość elektronicznych stacji pogodowych, a które oparte są tylko na śledzeniu zmian ciśnienia atmosferycznego. Z uwagi na charakter zachodzących zmian, prognozowanie pogody jest znacznie utrudnione dla obszarów położonych na dużej wysokości n.p.m. Na koniec, warto podkreślić istotną różnicę pomiędzy wartością bezwzględnego ciśnienia atmosferycznego dla danej miejscowości (ciśnienia tam panującego) a wartością ciśnienia podawanego w prognozach pogody. To ostatnie jest ciśnieniem, które wystąpiłoby danego dnia w danej miejscowości, gdyby znajdowała się ona na poziomie morza, czyli de facto jest to bezwzględne ciśnienie atmosferyczne dla tego rejonu przeliczone dla poziomu morza. Tęgo typu konwersja ułatwia zorientowanie się, co do warunków pogodowych dla różnych wysokości n.p.m.

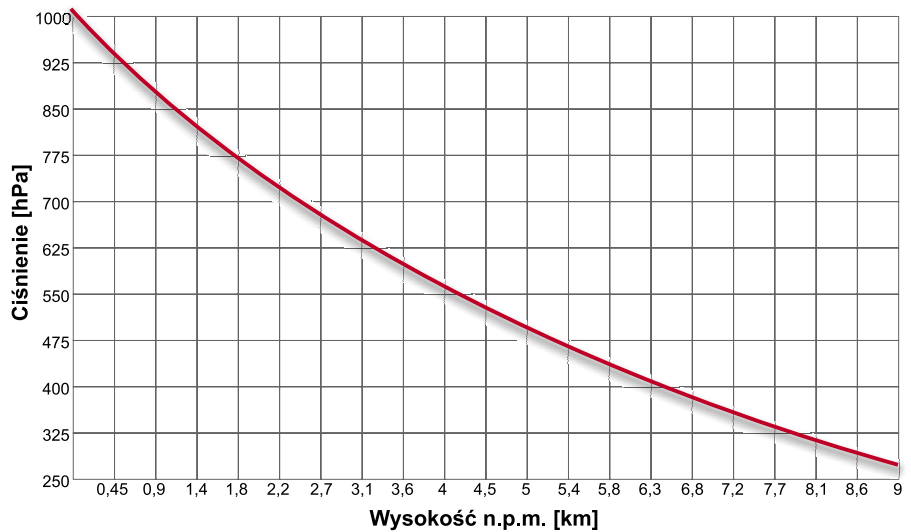
Czujnik MPL115A2

Uzbrojeni w podstawową wiedzę nt. ciśnienia atmosferycznego, zajmijmy się układem scalonym czujnika MPL115A2. Jak wspomniano wcześniej, układ ten jest scalonym, zaawansowanym systemem pomiaru bezwzględnego ciśnienia atmosferycznego, charakteryzującym się następującymi, wybranymi cechami funkcjonalnymi:

- pomiar ciśnienia i temperatury z rozdzielczością 10 bitów,
- pamięć EEPROM ze współczynnikami korekcyjnymi służącymi do wyznaczenia skompensowanego temperaturowo, bezwzględnego ciśnienia atmosferycznego,
- kalibracja na etapie produkcji,
- zakres pomiarowy ciśnienia 500...1150 hPa,
- dokładność 10 hPa,
- szeroki zakres napięć zasilających 2,375...5,5 V,
- zintegrowany interfejs komunikacyjny I²C (SPI w wersji A1),
- małogabarytowa obudowa LGA.

Uproszczony, blokowy schemat funkcjonalny czujnika MPL115A2 pokazano na **rysunku 2**, natomiast rozkład i opis wyprowadzeń zamieszczono w **tabeli 1**.

Pomiar ciśnienia atmosferycznego przy użyciu czujnika MPL115 polega na zainicjowaniu procesu pomiarowego za pomocą specjalnych komend przesłanych przy użyciu interfejsu I²C, a następnie na odczycie zmierzonych 10-bitowych wartości z wewnętrznego przetwornika A/C. Na podstawie odczytanych, „surowych” wartości zmierzonego ciśnienia i temperatury (niezbędnej do celów kompensacji) oraz współczynników korekcyjnych można wyznaczyć bezwzględ-



Rysunek 1. Wykres zależności ciśnienia atmosferycznego od wysokości n.p.m.

Tabela 1. Rozmieszczenie i opis wyprowadzeń układu MPL115A2		
Nr wyprowadzenia	Symbol	Opis
1	VDD	Napięcie zasilania 2,75...5,5 V
2	CAP	Kondensator filtrujący wewnętrznego regulatora napięcia
3	GND	Masa zasilania
4	SHDN	Wejście aktywujące tryb uśpienia (gdy połączone z GND), w którym czujnik pobiera prąd rzędu 1 μA
5	RST	Wejście wyłączające interfejs I ² C (gdy połączone z GND)
6	NC	Niewykorzystywane
7	SDA	Wejście/wyjście danych interfejsu I ² C
8	SCL	Sygnal zegarowy interfejsu I ² C

ne ciśnienie atmosferyczne, korzystając ze wzoru dostępnego w danych czujnika:

$$P_{COMP} = A0 + (B1 + C11 \cdot P_{ADC} + C12 \cdot T_{ADC}) \cdot P_{ADC} + (B2 + C22 \cdot T_{ADC}) \cdot T_{ADC}$$

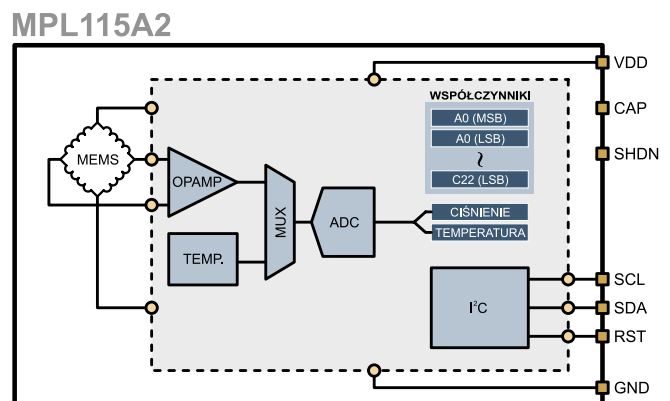
gdzie:

- P_{COMP}** - skompensowane, bezwzględne ciśnienie atmosferyczne,
- P_{ADC}** - 10-bitowa wartość ciśnienia odczytana z rejestru ciśnienia czujnika MPL115A2,
- T_{ADC}** - 10-bitowa wartość temperatury odczytana z rejestru temperatury czujnika MPL115A2,
- A0** - współczynnik korekcyjny członu pomiarowego czujnika ciśnienia,
- B1** - współczynnik korekcyjny czułości członu pomiarowego czujnika ciśnienia,
- C11** - współczynnik korekcyjny nieliniowości członu pomiarowego czujnika ciśnienia (drugiego rzędu),
- C12** - współczynnik korekcyjny czułości członu pomiarowego czujnika temperatury,
- B2** - współczynnik korekcyjny offsetu

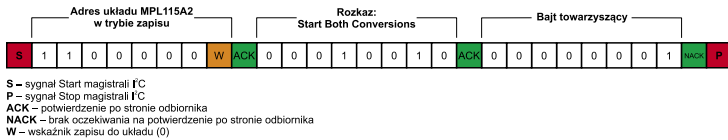
członu pomiarowego czujnika temperatury (pierwszego rzędu),

C22 - współczynnik korekcyjny offsetu członu pomiarowego czujnika temperatury (drugiego rzędu).

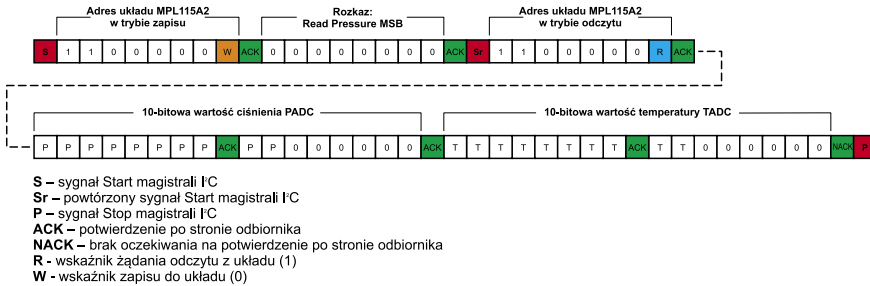
Wartości wszystkich wyszczególnionych wyżej współczynników korekcyjnych są unikatowe dla każdego egzemplarza czujnika MPL115A2 i zapisywane w jego pamięci nielutowanej w czasie kalibracji układu na etapie produkcji. Dostęp do tych wartości, tak jak przy odczycie ciśnienia czy temperatury, jest możliwy za pomocą I²C i odpowiednich rozkazów. Sekwencje sygnałów magistrali I²C dla procedur inicjacji procesu pomiarowego,



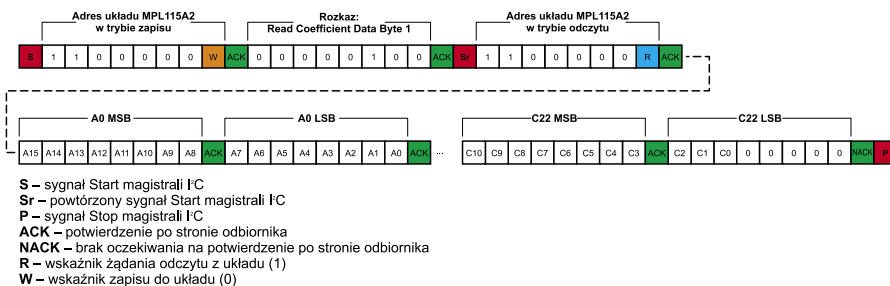
Rysunek 2. Uproszczony, blokowy schemat funkcjonalny czujnika MPL115A2



Rysunek 3. Sekwencja sygnałów na magistrali I²C inicjująca pomiar



Rysunek 4. Sekwencja sygnałów na magistrali I²C przy odczycie wartości ciśnienia P_{ADC} i temperatury T_{ADC}



Rysunek 5. Sekwencja sygnałów na magistrali I²C przy odczycie współczynników korekcyjnych

odczytu wartości ciśnienia oraz temperatury i odczytu współczynników korekcyjnych, pokazano na rysunkach 3...5. W tabeli 2 zamieszczono listę rozkazów sterujących dla układu MPL115A2, natomiast w tabeli 3 opis znaczenia bitów współczynników korekcyjnych. Jako uzupełnienie informacji

o współczynnikach korekcyjnych w tabeli 4 przedstawiono mapę pamięci układu MPL115A2.

Oprogramowanie

Obliczenie końcowej, skompensowanej wartości bezwzględnej ciśnienia atmosferycznego wymaga szeregu działań z użyciem liczb zmiennoprzecinkowych, jednak to zadanie można uprościć. Po pierwsze, można pominąć we wzorze na ciśnienie wartości współczynników C11 i C22, nadając im wartości zerowe, o czym informuje też dokumentacja producenta i co potwierdziły wyniki pomiarów otrzymane za pomocą kilku układów. Tak otrzymany wzór można „rozbić” na część całkowitą i ułamkową, wykonując jedynie działania na liczbach całkowitych. W ten sposób nieznacznie zmniejsza się dokładność pomiaru, lecz biorąc pod uwagę błąd wynoszący 10 hPa, nie ma to dużego znaczenia. Kierując się tymi założeniami, wspomniany wcześniej wzór przekształcamy do postaci:

Tabela 4. Rozmieszczenie współczynników korekcyjnych w pamięci układu MPL115A2

Adres rejestru	Nazwa współczynnika
0x04	A0 (starszy bajt)
0x05	A0 (młodszy bajt)
0x06	B1 (starszy bajt)
0x07	B1 (młodszy bajt)
0x08	B2 (starszy bajt)
0x09	B2 (młodszy bajt)
0x0A	C12 (starszy bajt)
0x0B	C12 (młodszy bajt)
0x0C	C11 (starszy bajt)
0x0D	C11 (młodszy bajt)
0x0E	C22 (starszy bajt)
0x0F	C22 (młodszy bajt)

Teraz rozbijamy nasz wzór na część całkowitą (indeks „i” współczynników) oraz ułamkową (indeks „f” współczynników), otrzymując następujące wyrażenie:

$$P_{COMP} = A0 + (B1 + C12 \cdot T_{ADC}) \cdot P_{ADC} \cdot T_{ADC} = A0 + B1 \cdot P_{ADC} + C12 \cdot T_{ADC} \cdot P_{ADC} + B2 \cdot T_{ADC}$$

Teraz rozbijamy nasz wzór na część całkowitą (indeks „i” współczynników) oraz ułamkową (indeks „f” współczynników), otrzymując następujące wyrażenie:

$$P_{COMP}^i = A0 + (B1^i \cdot P_{ADC}) + (C12^i \cdot T_{ADC} \cdot P_{ADC}) + (B2^i \cdot T_{ADC})$$

$$P_{COMP}^f = \frac{B1^f \cdot P_{ADC}}{B1_divider} + \frac{C12^f \cdot T_{ADC} \cdot P_{ADC}}{C12_divider} + \frac{B2^f \cdot T_{ADC}}{B2_divider}$$

B1_divider, C12_divider i B2_divider to dzielniki wynikające ze specyfikacji części ułamkowej poszczególnych, branych pod uwagę współczynników korekcyjnych, a samo dzielenie jest dzieleniem liczb całkowitych; część ułamkową współczynnika A0 pomijamy, gdyż nie ma ona znaczenia, jeśli chodzi o końcowy wynik obliczeń. Wspomniane dzielniki wynoszą odpowiednio:

- B1_divider=8192,
- B2_divider=16384,
- C12_divider=4194304.

W związku z powyższym, skompensowane, bezwzględne ciśnienie atmosferyczne obliczamy jako:

Tabela 2. Lista rozkazów sterujących wraz z opisem ich znaczenia

Nazwa rozkazu	Adres	Opis
Read Pressure MSB	0x00	Inicjuje odczyt starszego bajtu rejestru ciśnienia
Read Pressure LSB	0x01	Inicjuje odczyt młodszego bajtu rejestru ciśnienia (2 bity znaczące B7 i B6)
Read Temperature MSB	0x02	Inicjuje odczyt starszego bajtu rejestru temperatury
Read Temperature LSB	0x03	Inicjuje odczyt młodszego bajtu rejestru temperatury (2 bity znaczące B7 i B6)
Read Coefficient data byte 1	0x04	Inicjuje odczyt starszego bajtu współczynnika korekcyjnego A0
Start Pressure Conversion	0x10	Inicjuje proces pomiaru ciśnienia (wybiera wewnętrzny czujnik ciśnienia -> inicjuje i przeprowadza konwersję A/D -> aktualizuje rejestry ciśnienia)
Start Temperature Conversion	0x11	Inicjuje proces pomiaru temperatury (wybiera wewnętrzny czujnik temperatury -> inicjuje i przeprowadza konwersję A/D -> aktualizuje rejestry temperatury)
Start both Conversions	0x12	Inicjuje proces pomiaru ciśnienia i temperatury

Tabela 3. Lista współczynników korekcyjnych (dla współczynników o długości mniejszej niż 16 bitów występuje wyrównanie do lewej z zerami nieznaczącymi w części LSB). Dodatkowo, producent zastrzega, że współczynniki C11 i C22 mogą być równe 0

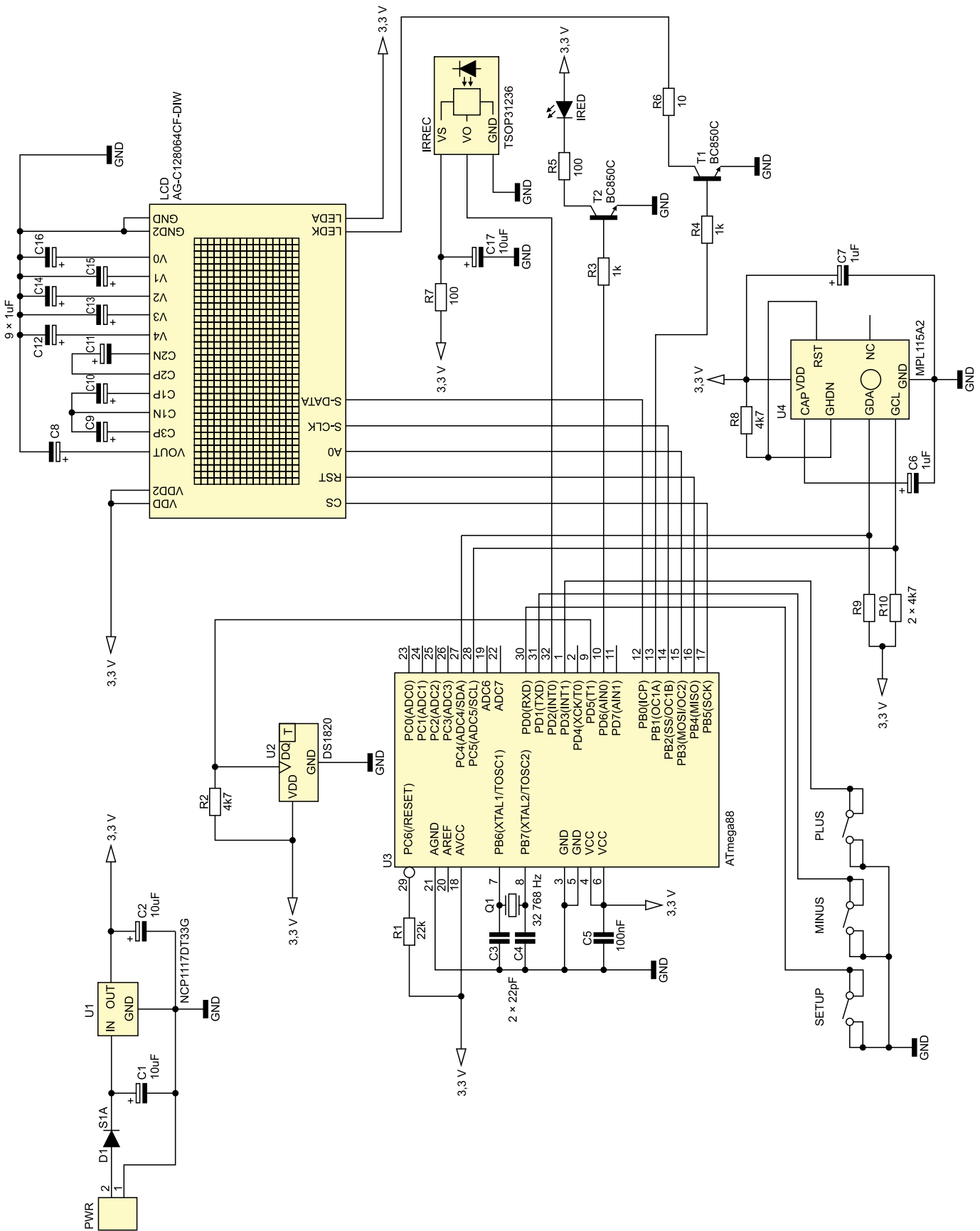
Współczynnik	A0	B1	B2	C12	C11	C22
Całkowita liczba bitów	16	16	16	14	11	11
Bit znaku	1	1	1	1	1	1
Liczba bitów części całkowitej	12	2	1	0	0	0
Liczba bitów części ułamkowej	3	13	14	13	10	10
Liczba dodatkowych zer po przecinku				9	11	15

$$P_{COMP} = P_{COMP}^i + P_{COMP}^f$$

Rozwinięciem przedstawionych powyżej założeń w zapisie języka Bascom Basic jest procedura, obliczająca bezwzględne ciśnienie atmosferyczne, przedstawiona

na **listingu 1**. Na **listingu 2** umieszczono listę zmiennych używanych w programie obsługi urządzenia. W zaprezentowanych fragmentach programu brakuje procedury, dzięki której „surowe”, 16-bitowe wartości poszczególnych współczynników odczytane

z pamięci układu MPL115A2 (patrz tab. 4) zostaną przekształcone na odpowiednie wartości części całkowitych i ułamkowych. Za ten mechanizm jest odpowiedzialna procedura przedstawiona na poniższym **listingu 3**. Dla poszczególnych współczynni-



Rysunek 6. Schemat ideowy stacji pogodowej z wykorzystaniem układu MPL115A2.

ków korekcyjnych wywołanie tej procedury w celu wyznaczenia ich części całkowitych i ułamkowych powinno wyglądać jak na li-
stingu 4.

Budowa

Na rysunku 6 pokazano schemat ideowy stacji pogodowej. Jej sercem jest mikrokontroler ATmega8 odpowiedzialny za funkcjonalność

urządzenia. Dzięki wbudowanemu sprzętowo-
mu interfejsowi TWI zrealizowano komunikację z układem MPL115A2 jako głównym układem peryferyjnym. Pozostałe peryferia są obsługiwa-

Listing 1. Procedura wyznaczająca ciśnienie atmosferyczne

```
Sub Calculate_pressure
,Obliczamy wartość ciśnienia, biorąc pod uwagę wyłącznie części całkowite współczynników korekcyjnych
Long1 = B1i * P_adc
Long2 = C12i * T_adc
Long2 = Long2 * P_adc
Long3 = B2i * T_adc

Result = Long1 + A0i
Result = Result + Long2
Result = Result + Long3 ,Tutaj mamy sumę składników części całkowitej

,Obliczamy części ułamkowe współczynników korekcyjnych, korzystając z odpowiednich dzielników
Long1 = B1f * P_adc
Long1 = Long1 \ B1_divider
Long2 = C12f * T_adc
Long2 = Long2 * P_adc
Long2 = Long2 \ C12_divider
Long3 = B2f * T_adc
Long3 = Long3 \ B2_divider

,Obliczamy wartość końcową, dodając do sumy części całkowitej poszczególne składniki części ułamkowych
Result = Result + Long1
Result = Result + Long2
Result = Result + Long3

,Na koniec skalujemy otrzymaną wartość do zakresu 500...1150
Result = Result * 650
Result = Result \ 1023
Result = Result + 500
Pressure = Result ,Wynikowe, bezwzględne ciśnienie atmosferyczne
End Sub
```

Listing 2. Zmienne programu obsługi

```
Dim P_adc As Word , T_adc As Word ,Wartości ciśnienia i temperatury odczytane z rejestrów układu MPL115A2
Dim A0i As Integer , B1i As Integer , B2i As Integer , C12i As Integer ,Części całkowite współczynników
korekcyjnych
Dim B1f As Integer , B2f As Integer , C12f As Integer ,Części ułamkowe współczynników korekcyjnych
Dim Pressure As Word ,Obliczone, bezwzględne ciśnienie atmosferyczne
Dim Long1 As Long , Long2 As Long , Long3 As Long , Result As Long `Pomocnicze zmienne obliczeniowe
```

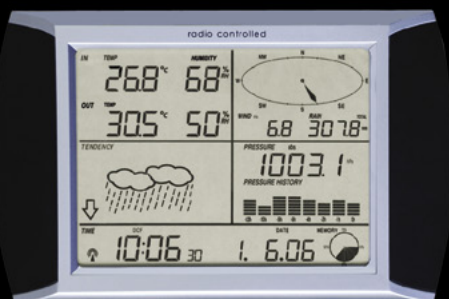
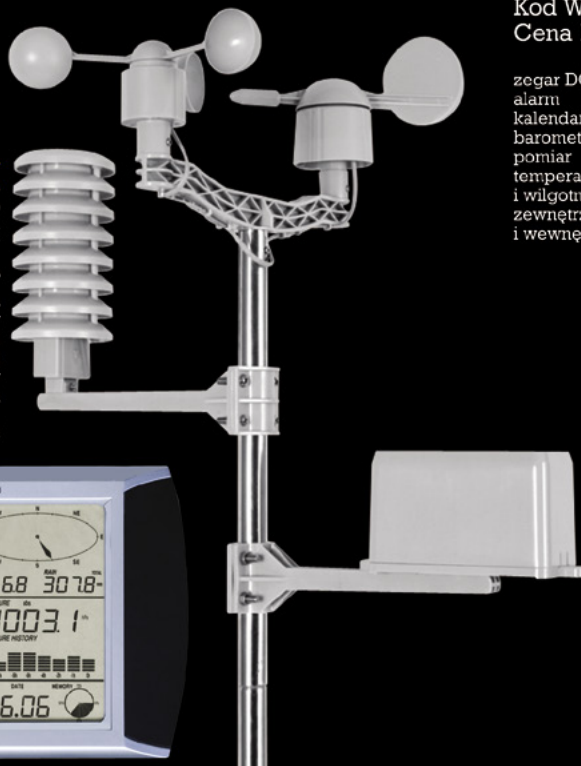
REKLAMA

Bezprzewodowe stacje pogodowe

www.sklep.avt.pl • tel. 22 257 84 50

Stacja pogodowa z ekranem dotykowym
Kod WS1080
Cena 450 zł

zegar DCF
pomiar ciśnienia
pomiar temperatury
pomiar wilgotności: zewnętrznej i wewnętrznej
zapis wielkości opadów
pomiar wiatru
ostrzeżenia przed burzami...
podłączenie do PC przez port USB



Domowa bezprzewodowa stacja pogodowa

Kod WS8710 Czujnik WS8710S
Cena 144 zł Cena 41,90 zł

zegar DCF
alarm
kalendarz
barometr
pomiar temperatury i wilgotności zewnętrznej i wewnętrznej



Bezprzewodowa stacja meteo

Kod E4571
Cena 135 zł

zegar DCF
alarm
kalendarz
pomiar temperatury wewnętrznej i zewnętrznej
pomiar wilgotności



Listing 3. Procedura obliczająca wynik pomiaru

```
Sub Extract_coefficients(Raw_data As Word , Byval Total_bits As Byte , Byval Fraction_bits As Byte , Integer_part As Integer , Fractional_part As Integer)
    Dim Sign As Byte ,Wskaźnik znaku zmiennej

    ,Sprawdzamy czy nie mamy do czynienia ze współczynnikiem C12,
    ,dla którego trzeba dokonać odpowiednich przesunięć, jako że
    ,współczynnik ten składa się jedynie z 14 bitów
    If Total_bits <> 16 Then
        Shift Raw_data , Right , 2
        Raw_data.15 = Raw_data.13 ,Przepisanie bitu znaku, gdyż C12 może przybierać wartości ujemne
        Raw_data.13 = 0
    End If

    ,Ustalamy znak współczynnika by dokonać konwersji z kodu U2 do NKB dla przypadku, gdy współczynnik < 0
    Sign = Raw_data.15
    If Sign <> 0 Then
        Raw_data = Not Raw_data
        Raw_data = Raw_data Or &H0001
    End If

    `Teraz wyznaczamy część całkowitą i część ułamkową czyli wyznaczamy zmienne wyjściowe procedury
    Integer_part = Raw_data
    Shift Integer_part , Right , Fraction_bits

    Fraction_bits = 16 - Fraction_bits
    Fractional_part = Raw_data
    Shift Fractional_part , Left , Fraction_bits
    Shift Fractional_part , Right , Fraction_bits

    `Aktualizujemy wyjściowe zmienne przechowujące wartość całkowitą i ułamkową o znak
    If Sign <> 0 Then
        Integer_part = 0 - Integer_part
        Fractional_part = 0 - Fractional_part
    End If
End Sub
```

Listing 4. Sposób wywołania procedury liczącej

```
Call Extract_coefficients(B1 , 16 , 13 , B1i , B1f) ,Obliczenia części całkowitej i ułamkowej B1
Call Extract_coefficients(B2 , 16 , 14 , B2i , B2f) ,Obliczenia części całkowitej i ułamkowej B2
Call Extract_coefficients(C12 , 14 , 13 , C12i , C12f) ,Obliczenia części całkowitej i ułamkowej C12
```

ne na drodze programowej. Dzięki użyciu programowej magistrali 1-Wire zaimplementowano pomiar temperatury wewnętrznej mierzonej za pomocą popularnego układu DS18S20. Uważny Czytelnik zada sobie z pewnością pytanie o sens implementacji układu DS18S20, skoro czujnik MPL115A2 udostępnia bieżącą wartość

temperatury niezbędną do obliczenia skompensowanej wartości ciśnienia atmosferycznego. Niestety, ta mierzona przez czujnik MPL115A2 temperatura nie może być wykorzystana do zrealizowania funkcjonalności dostarczanej przez układ DS18S20, gdyż nie jest znana dokładna charakterystyka przetwarzania oraz dokładność pomiaru. Informacje te zostaną uzupełnione przez firmę Freescale w kolejnych wydaniach dokumentacji układu MPL115A2. Kolejnym ciekawym podzespołem zastosowanym w stacji pogodowej jest wyświetlacz graficzny. Jest to element typu COG (Chip on Glass) o bardzo dużym kontraście, negatywowym obrazie z białym podświetleniem i minimalnym poborze mocy (maksymalnie 15 mA). Wyświetlacz ma rozdzielczość 128×64 piksele i jest wyposażony w sterownik ekranu typu ST7565R, zgodny z popularnym i obsługiwanym przez pakiet Bascom sterownikiem KS108.

przypadku wyłącznie znaków 0...9 i spacji). Dodatkowo, stację pogodową wyposażono w zegar czasu rzeczywistego RTC zrealizowany z użyciem układu czasowo-licznikowego Timer2 pracującego w trybie asynchronicznym. W tym wypadku Timer2 jest taktowany za pomocą generatora z rezonatorem kwarcowym 32768 Hz, zaś mikrokontroler z sygnałem z wewnętrznego generatora RC. Jak przy obsłudze wyświetlacza, tak i przy realizacji zegara RTC skorzystano z gotowych procedur i mechanizmów pakietu Bascom, dzięki którym uruchomienie układu Timer2 jako zegara RTC sprowadza się do deklaracji, jak na **listingu 6**. Kompilator sam dodaje odpowiednią procedurę obsługi przzerwania OVF2 i tworzy zmienne biblioteczne odpowiedzialne za obsługę czasu i daty.

W stacji zastosowano nadajnik i odbiornik podczerwieni. Nie jest to żaden układ zdalnego sterowania. Oba elementy stanowią barierę podczerwieni obsługującą mechanizm oszczędzania energii LCD za pomocą sterowania podświetleniem LCD. Program obsługi wysyła cyklicznie przy użyciu nadajnika podczerwieni paczkę impulsów o częstotliwości ok. 36 kHz. Impulsy te, gdy zostaną odbite od osoby obserwującej wyświetlacz stacji pogodowej, trafiają do scalonego odbiornika podczerwieni, powodując pojawienie się opadającego zbocza sygnału na jego wyjściu. Zbocze to wyzwała przerwanie INTO, w którego programie obsługi każdorazowo jest zwiększany czas podświetlenia wyświetlacza LCD (maksymalnie 10 s). W ten prosty sposób otrzymujemy automatyczny i efektywny układ detekcji obserwatora zarządzający podświetleniem wyświetlacza stacji pogodowej, który

Wykaz elementów

Rezystory: (SMD, 1206)

- R1: 22 kΩ
- R2, R8...R10: 4,7 kΩ
- R3, R4: 1 kΩ
- R6: 10 Ω
- R5, R7: 100 Ω (wartość tej rezystancji można zwiększyć w celu zmniejszenia zasięgu nadajnika podczerwieni)

Kondensatory:

- C1, C2, C17: tantalowy 10 μF/20 V (typ B, EIA 3528-21)
- C5: ceramiczny 100 nF (SMD, 1206)
- C3, C4: ceramiczny 22 pF (SMD, 1206)
- C6...C16: tantalowy 1 μF/20 V (typ B, EIA 3528-21)

Półprzewodniki:

- D1: dioda S1A (DO214AC)
 - T1, T2: BC850C (SOT23)
 - U1: NCP1117DT33G (obudowa DPACK)
 - U2: DS18S20 (TO-92)
 - U3: ATmega88 (TQFP-32)
 - U4: MPL115A2 (LGA-8)
 - IREC: dioda nadawcza IR typu LD271
 - IRREC: odbiornik IR typu TSOP31236 (lub TSOP1236)
- Inne:**
- LCD: wyświetlacz COG typu AG-C128064CF-DIW W/KK-E6 PBF z modułem podświetlenia
 - PWR: gniazdo męskie kątowe 2-pin (NSL25-2W)
 - SETUP, PLUS, MINUS: przycisk microswitch do montażu przewlekane
 - Q1: kwarc 32768 Hz
 - Laminat o wymiarach 3 cm×3 cm

Na CD: karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w wykazie elementów kolorem czerwonym



Listing 5. Konfigurowanie wyświetlacza

```
Config Graphlcd = 128 * 64eadogm , Csl = Portb.5 , A0 = Portb.3 , Si = Portb.0 , Sclk = Portb.2 , Rst = Portb.4
```

Listing 6. Procedura konfigurowania Timera2 jako zegara RTC

```
,Konfiguracja Timera2 jako zegara RTC
Config Clock = Soft
,Zezwolenie na obsługę przerwań
Enable Interrupts
```

Tabela 5. Kryteria dla algorytmu prognozowania pogody

Różnica pomiędzy P_h i P_{COMP}	Symbol pogody
Diff ≥ 9	Słoneczko
$-9 < \text{Diff} < 9$	Zachmurzenie
Diff ≤ -9	Deszcz/Śnieg

przyczynia się do oszczędności energii. Oczywiście, co należy szczególnie podkreślić, wiązki nadajnika i odbiornika powinny być tak ustawione, aby ich „ognisko” wypadło w miejscu, w którym może znaleźć się obserwator oraz tak, aby nie dochodziło do niepotrzebnego załączenia podświetlenia wyświetlacza LCD. Diodę nadawczą należy okleić nieprzezroczystym materiałem w taki sposób, by emisja fal następowała wyłącznie przez górną powierzchnię jej soczewki, co zapobiegnie niepotrzebnej ekspozycji odbiornika. Podświetlenie jest sterowanie za pomocą sygnału PWM uzyskiwanego za pomocą układu czasowo-licznikowego Timer1 oraz jego wyjścia porównania OC1A (zastosowano płynne wygaszanie podświetlenia).

Do obsługi urządzenia przewidziano wyłącznie 3 przyciski typu microswitch montowane po stronie spodniej płytki drukowanej, symbolicznie oznaczone SETUP, MINUS i PLUS. Służą one do nastawienia bieżącej godziny oraz wysokości n.p.m., na której znajduje się urządzenie. Jest ona niezbędna dla algorytmu prognozowania pogody (wyświetlenia odpowiedniej ikonki pogody na wyświetlaczu). Wejście w tryb konfiguracyjny jest dokonywane poprzez dłuższe przytrzymanie przycisku oznaczonego SETUP, zaś same regulacje są dostępne dzięki przyciskom PLUS i MINUS.

Algorytm prognozowania pogody

Kilka słów uwagi należy się algorytmowi prognozowania pogody. Generalnie, w tego typu prostych konstrukcjach stacji pogodowych, która do prognozowania pogody wykorzystuje wyłącznie wartość mierzonego ciśnienia atmosferycznego, używa się dwóch rodzajów algorytmów. Pierwszy z nich śledzi zmiany ciśnienia atmosferycznego i po upływie pewnego czasu (zwykle 6 do 12 godzin) na podstawie gradientu zmian jest w stanie określić oczekiwaną pogodę. Drugi z algorytmów, z którego korzysta nasze urządzenie, oblicza wzorcowe ciśnienie dla danej wysokości n.p.m. dla dobrych warunków pogodowych (wspomniany na wstępie artykułu wzór na p_h) i na podstawie różnicy ciśnienia mierzonego i wzorcowego określa prognozę pogody, niwelując potrzebę oczekiwania na zmiany gradientu ciśnienia. Oczywiście, prognozy

takie mogą być obciążone dużym błędem, lecz wykonanie bardziej wiarygodnej prognozy pogody wymagałoby dysponowania większą liczbą wielkości wejściowych.

Dla zaprojektowanego urządzenia przyjęto kryteria wymienione w tabeli 5.

Montaż

Schemat montażowy stacji pogodowej pokazano na **rysunku 7**. Większość elementów jest do montażu powierzchniowego. Są one lutowane na warstwie górnej (za wyjątkiem przycisków). Montaż układu czujnika MPL115A2 z racji typu obudowy (LGA), jej niewielkich wymiarów i umieszczenia wyprowadzeń pod układem, miejscach wyprowadzeń jest trudny i dlatego zastosowano pewien chwyt. Na płytce w miejscu przymocowania układu MPL115A2 wykonano metalizowane, przelotowe otwory z warstwy górnej na spodnią, które umożliwiają przylutowanie tego układu za pomocą zwykłej stacji lutowniczej. W tym celu miejsca lutowania na płytce i wyprowadzenia układu MPL115A2 należy pokryć niewielką warstwą cyny, a następnie topnikiem. Należy dokładnie umiejscowić układ MPL115A2 w miejscu lutowania, kierując się obrysem na warstwie górnej, po czym rozgrzać punkty lutownicze w miejscach przelotek na warstwie spodniej, powodując roztopienie się nadmiaru cyny pomiędzy tak umiejscowionym układem a punktami lutowni-

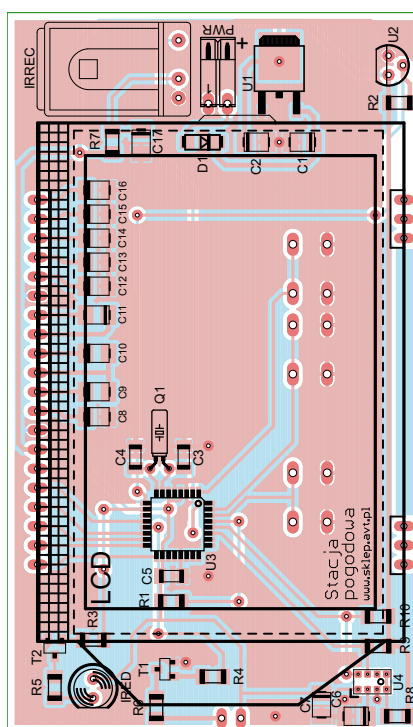
czymi na warstwie górnej. W ten łatwy sposób, przy odrobinie wprawy, przylutujemy czujnik, który został umieszczony w tak nieprzyjemnej dla amatora obudowie.

Kolejnym krokiem jest montaż mikrokontrolera, do którego przydadzą się lutownica, dobrej jakości cyna z odpowiednią ilością topnika oraz plecionka rozlutownicza. Należy przy tym uważać, aby nie uszkodzić termicznie elementów. Następnie należy przylutować pozostałe elementy SMD, a na końcu wszystkie elementy do montażu przewlekane. Uwaga: przyciski montujemy po stronie spodniej.

Na tak zmontowanej płytce umieszczamy moduł podświetlenia i podłączamy go do właściwych wyprowadzeń, po czym montujemy moduł wyświetlacza LCD. W ten sposób otrzymujemy zwartą konstrukcję całego urządzenia. Na koniec, do tak przygotowanego modułu, w dolnej części obwodu drukowanego po stronie spodniej, przylutowujemy pod kątem około 60°...70° kawałek laminatu o wymiarach 3 cm×3 cm (przewidziano do tego odpowiednie pole lutownicze).

Aby uatrakcyjnić wygląd naszej stacji pogodowej, warto wykonać estetyczny panel czołowy np. z kawałka „przydymionej” lub mlecznej pleksi. Projekt takiego panelu czołowego wraz z rysunkiem montażowym całego urządzenia przedstawiono na **rysunku 8**. Prawdłowo zmontowane urządzenie powinno działać od razu po włączeniu zasilania. Jedyne, niezbędne działanie po stronie użytkownika to uruchomienie procedury konfiguracyjnej i ustawienie bieżącej godziny i wysokości n.p.m.

Robert Wołgajew
robert.wolgajew@ep.com.pl



Rysunek 7. Schemat montażowy stacji pogodowej.

