

# Domowa stacja pogodowa,

## część 1

### AVT-961

Łatwo być „pogodoodpornym” w reklamie telewizyjnej. Większość z nas nie lubi jednak deszczowej aury, a skoki ciśnienia wywołują wręcz niezbyt korzystne reakcje naszego organizmu. W wielu sytuacjach warto więc wiedzieć, jakiej pogody można się spodziewać w najbliższym czasie. Do sporządzania własnych prognoz niezbędna będzie stacja pogodowa.

**Rekomendacje:** zbudowanie stacji pogodowej będzie dopiero pierwszym krokiem do przygotowywania własnych prognoz, trzeba bowiem jeszcze nauczyć się tego robić na podstawie zebranych wyników. Krok ten warto wykonać.



Zbudowanie domowej stacji meteorologicznej nie jest trudne. Potrzebny do tego celu jest kamień średniej wielkości, położony na widocznym miejscu w ogrodzie, lub na balkonie. Jeżeli kamień jest mokry, to oznacza, że pada lub padał deszcz. Jeżeli jest suchy i ciepły to oznacza, że na zewnątrz jest ciepło i sucho, czyli pogoda jest sprzyjająca. Kolor biały kamienia jednoznacznie wskazuje na opady śniegu, a ewentualne oszronienie sugeruje nocne przymrozki przy zwiększonej wilgotności powietrza.

Tego typu stacja jest prosta w wykonaniu i trwała, a uzyskiwane parametry pomiarowe mogą być w wielu przypadkach wystarczająco dokładne. Mimo tego, iż dla wielu pokoleń takie pomiary parametrów pogodowych były w zupełności wystarczające, to dzisiaj należy je traktować z przymrużeniem oka. Główna część pomiarowa (kamień) nie posiada przecież interfejsu pozwalającego przedstawić pomiary w formie cyfrowej, a wszyscy lubimy wiedzieć ile czegoś jest dokładnie. Z tego powodu postanowiłem zbudować stację mierzącą i pokazującą w formie cyfrowej podstawowe parametry pogodowe: temperaturę, wilgotność i ciśnienie atmosferyczne. Schemat elektryczny stacji został pokazany na rys. 1.

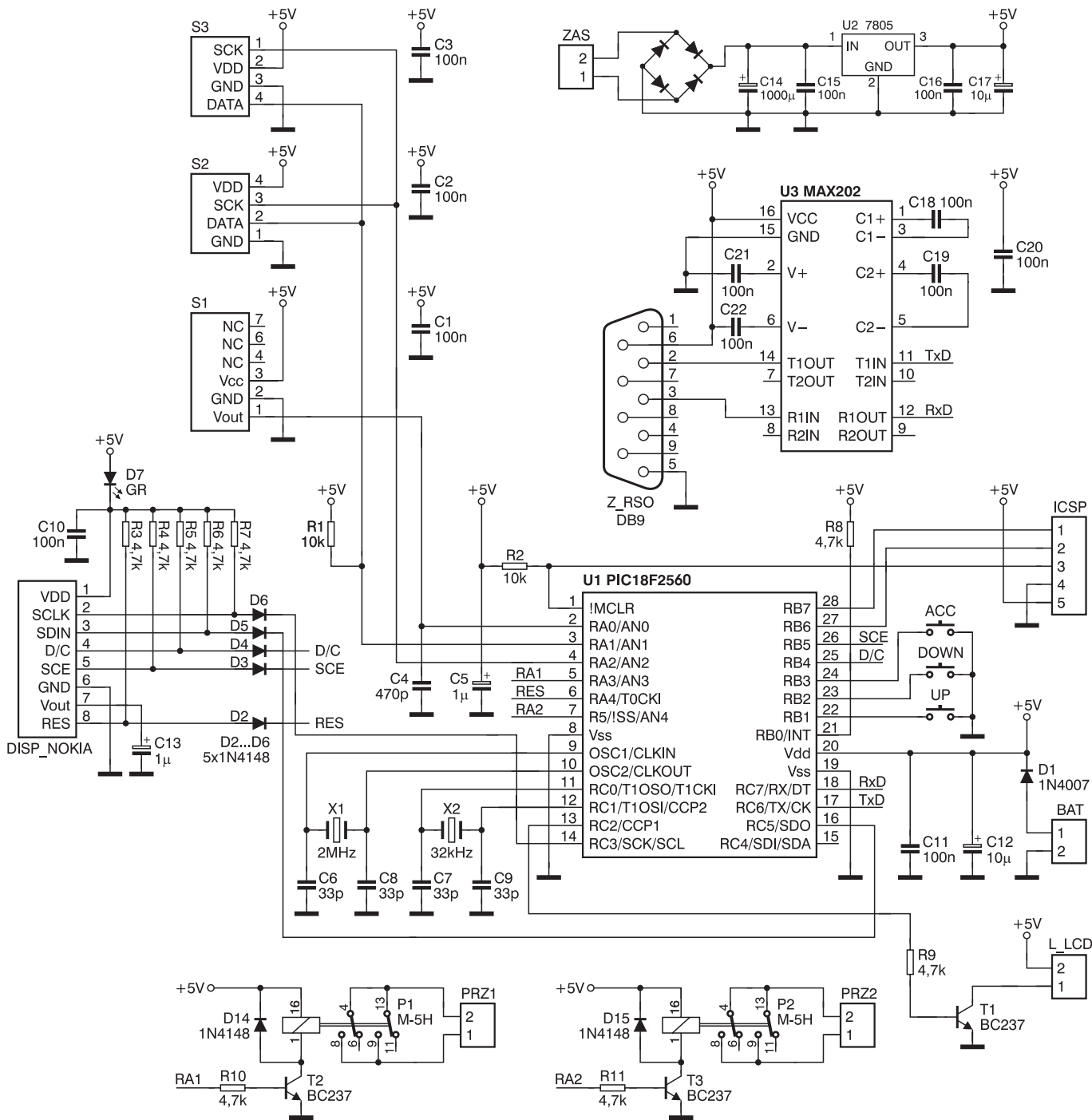
Pracą wszystkich urządzeń peryferyjnych: czujników temperatury, wilgotności i ciśnienia, wyświetlacza, przycisków steruje mikrokontroler PIC18F2680 (U1) firmy Microchip. Mikrokontroler ma wbudowane wszystkie niezbędne układy peryferyjne (SPI, USART) i dość dużą pamięć programu (32 kółtów 16-bitowych) i ok. 3 kB pamięci RAM. Złącze ICSP jest przeznaczone do programowania mikrokontrolera w układzie. W trakcie pracy nad programem sterującym, przez to złącze był podłączony debugger ICD2. ICD2 sterowany z poziomu środowiska MPLAB IDE umożliwia krokowe wykonywanie programu, zakładanie pułapek programowych i oglądanie zawartości rejestrów i zmiennych w trakcie wykonywania programu przez mikrokontroler umieszczony w układzie. Program sterujący stacją został napisany w języku C i skompilowany kompilatorem MPLAB C-18. Studencką wersję tego kompilatora można pobrać ze strony producenta: [http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS\\_GET\\_PAGE&nodeId=1406&dDocName=en010014&part=SW006011](http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=1406&dDocName=en010014&part=SW006011).

#### Czujnik SHT75

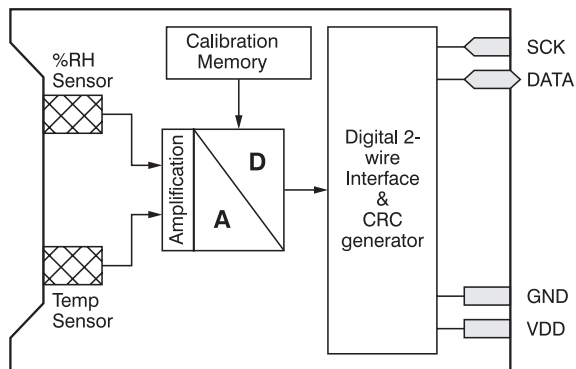
Przyjąłem założenie, że stacja będzie mierzyła temperaturę i wilgotność pomieszczenia, w któ-

#### PODSTAWOWE PARAMETRY

- Płytki o wymiarach 77x79 z wypustem 32x16 mm (baza), 49x41 z wypustem 12x10 (płytki pomiaru Tzewn),
- Zasilanie >7,5 VDC
- Pomiar temperatury wewnętrznej w zakresie -40...90°C
- Pomiar temperatury zewnętrznej w zakresie -55...90°C
- Pomiar wilgotności w zakresie 0...100%
- Pomiar ciśnienia atmosferycznego
- Zegar czasu rzeczywistego
- Archiwizacja pomiarów, co 1 godzinę do 24 godzin wstecz
- 2 kanały kontroli wartości progowej ustawionego parametru: temperatury zewnętrznej, wewnętrznej lub wilgotności



Rys. 1. Schemat elektryczny stacji meteo

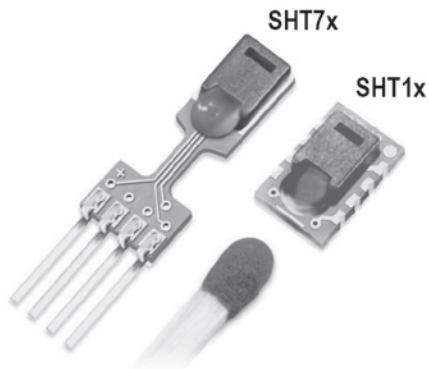


Rys. 2. Schemat blokowy czujnika SHT

rym się znajduje. Jeżeli umieścimy ją wewnątrz pomieszczenia (na przykład w pokoju), to będzie mierzyć temperaturę i wilgotność tego pomieszczenia. Pomiar wykonuje czujnik SHT75 firmy Sensirion. Firma ta może być znana, jako że kiedyś wysyłała do Polski bezpłatne próbki podobnych czujników SHT11, ale z powodu

dużej liczby zamówień na te elementy, a co prawdopodobnie małego lub żadnego zainteresowania komercyjnym wykorzystaniem SHT11 wysyłanie próbek do Polski zostało wstrzymane.

SHT75 jest dokładnym i szybkim, zintegrowanym czujnikiem temperatury i wilgotności. Schemat blokowy czujnika został pokazany na rys. 2, a jego wygląd na rys. 3. W strukturze układu zostały umieszczone: czujnik temperatury, czujnik wilgotności, moduł



Rys. 3. Widok czujnika SHT firmy Sensirion

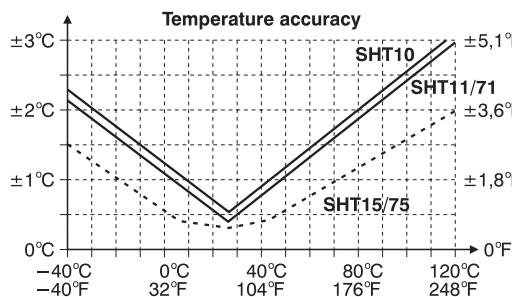
ADC ze wzmacniaczem wstępnym i blok cyfrowy. Napięcie wyjściowe z czujników jest przetwarzane na postać cyfrową przez przetwornik analogowo-cyfrowy. Konwersja jest korygowana zawartością pamięci kalibracyjnej zapisywanej w trakcie procesu produkcji. Uzyskano przez to dużą dokładność pomiaru w całym zakresie pomiarowym (tab. 1).

Jak widać z porównania pokazanego w tab. 1 najdokładniejszy jest czujnik SHT75. W porównaniu z innymi popularnymi scalonymi czujnikami SHT75 wypadła bardzo dobrze. Na rys. 4 pokazano wykres dokładności pomiaru temperatury SHT w całym zakresie pomiarowym.

W bloku cyfrowym dane modułu przetwornika ADC są zamieniane na postać szeregową i można je odczytać 2-przewodową magistralą przez linię danych SDA. Transmisja jest taktowana linią zegarową SCK. Interfejs jest elektrycznie i logicznie podobny do I<sup>2</sup>C, ale na tyle się różni, że nie można czujnika odczytać standardowymi procedurami obsługi magistrali I<sup>2</sup>C.

Transmisja pomiędzy mikrokontrolerem, a układem SHT rozpoczyna się sekwencją startu. Po niej jest wysyłany bajt komendy:

- odczytaj temperaturę



Rys. 4. Wykres dokładności pomiaru temperatury czujników SHT

- odczytaj wilgotność
- odczytaj zawartość rejestru statusu
- zapisz rejestr statusu
- wykonaj zerowanie programowe (soft reset)

Po otrzymaniu komendy czujnik jest zajęty wykonywaniem pomiarów i sygnalizuje to stanem wysokim na linii danych. Mikrokontroler testuje linię danych i jeżeli jest w stanie wysokim, to czeka, aż przedzie w stan niski sygnalizując początek przesyłania dwu bajtów pomiaru i bajtu sumy kontrolnej. Na rys. 5 przedstawiono ramkę danych pomiarowych przesyłanych z czujnika.

Dokumentację układu można znaleźć na stronie producenta [http://www.sensirion.com/en/02\\_sensors/00\\_products.htm?cat=3&art=6](http://www.sensirion.com/en/02_sensors/00_products.htm?cat=3&art=6). Oprócz kart katalogowych można tam znaleźć notę aplikacyjną z kodem źródłowym procedur obsługi magistrali szeregowej, wysyłaniem sekwencji odczytywania i zapisywania, sekwencji startu i sekwencji zerowania magistrali napisanych w języku C i przeznaczonych dla mikrokontrolerów rodziny MCS51 (8051). W programie obsługującym czujnik SHT75 procedury te zostały wykorzystane po pewnej modyfikacji wynikającej ze specyfiki budowy portów mikrokontrolerów PIC.

Na list. 1 została pokazana procedura wysyłania bajtu *value* na magistralę. Procedura zwraca bit potwierdzenia. Jeżeli jest on ustawiony, to zapisanie bajtu zakończyło się niepowodzeniem.

Dwukierunkowa linia danych (RA1) jest sterowana przez manipulowanie bitem kierunku przesyłania danych TRISA1 zdefiniowanym jako DATA. Kiedy TRISA1=1, to linia RA1 staje się linią wejściową (stan wysokiej impedancji) i rezystor R1 wymusza na niej stan wysoki. Kiedy TRISA1 (DATA)=0, to linia RA1 jest linią wyjściową i wymuszany jest na niej stan niski, bo wcześniej do rejestru PORTA1 (PORT\_DATA) zostało wpisane zero.

Makra Nop() powodują powstawanie programowych opóźnień przez wykonywanie rozkazów nop mikrokontrolera. Liczba rozkazów została dobrana dla zegara mikrokontrolera pracującego z częstotliwością Fclk=8 MHz. Czę-

stotliwość oscylatora Fosc=2 MHz jest wewnętrznie powielana przez 4 w wewnętrznej pętli PLL.

W czujnikach SHT wartość wilgotności jest zapisywana na 12 bitach, a temperatura na 14. Żeby te wartości wskazywały rzeczywistą wilgotność i rzeczywistą temperaturę trzeba je poddać przekształceniom według poniższej zależności:

$$RH_{linear} = c_1 + c_2 \cdot SO_{RH} + c_3 \cdot SO_{RH}^2$$

Jest to formuła określająca wilgotność w temperaturze +25°C. Dla innych temperatur niezbędna jest korekta:

$$RH_{true} = (t_{oC} - 25) \cdot (t_1 + t_2 \cdot SO_{RH}) + RH_{linear}$$

Temperatura jest wyliczana na podstawie wzoru:

$$Temperatura = d_1 + d_2 \cdot SO_T$$

W przypadku, gdy czujnik jest zasilany napięciem Vdd=5 V, a temperatura będzie podawana w stopniach Celsjusza, to współczynnik d1 ma wartość -40. Drugi ze współczynników - d2, dla danych o długości 14 bitów i temperatury podawanej w stopniach Celsjusza ma wartość 0,01. Długość słowa można zredukować do 12 bitów, gdy jest potrzebna większa szybkość przesyłania pomiarów - stąd w drugiej tabelce współczynniki dla 12 bitów. Podobnie dla wilgotności można zredukować słowo do 8 bitów

SO <sub>RH</sub>	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	c <sub>3</sub>
12 bit	-4	0,0405	-2,8·10 <sup>-6</sup>

Na list. 2 pokazano procedurę wyliczania wartości rzeczywistych wilgotności i temperatury na podstawie wartości odczytanych z czujnika.

### Czujnik ciśnienia MPX4115

Pomiar ciśnienia atmosferycznego zawsze mi się kojarzył z dużym okrągłym barometrem wyprodukowanym w dawnych czasach za naszą wschodnią granicą. Wewnątrz widać misterne elementy mechani-

Tab. 1. Dokładność pomiaru czujników SHT

Oznaczenie elementu	Dokładność pomiaru wilgotności względnej [%RH]	Dokładność pomiaru temperatury [K] dla 25°C
SHT10	±4,5	±0,5
SHT11	±3,0	±0,4
SHT15	±2,0	±0,3
SHT71	±3,0	±0,4
SHT75	±1,8	±0,3

zmu pomiaru: przekładnię, mieszek, sprężynę włosową. Może z powodu skomplikowanej konstrukcji i co za

SO <sub>RH</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>
12 bit	0,01	0,00008

tym idzie wysokiej ceny barometru mechaniczne nie były tak popularne jak termometry. Wartość ciśnie-

VDD	d <sub>1</sub> [°C]	d <sub>1</sub> [°F]
5 V	-40,00	-40,00
4 V	-39,75	-39,50
3,5 V	-39,66	-39,35
3 V	-39,60	-39,28
2,5 V	-39,55	-39,23

	d <sub>2</sub> [°C]	d <sub>2</sub> [°F]
14 bit	0,01	0,018
4 V	0,04	0,072

nia atmosferycznego i jego zmiany mają wpływ na pogodę i na samopoczucie.

Żeby mikrokontroler mógł odczytywać i wyświetlać wartość ciśnienia atmosferycznego potrzebny jest przetwornik wartości nieelektrycznej na sygnał elektryczny. W naszym układzie rolę tę spełnia układ MPX41415 produkowany przez firmę Freescale. Układ czujnika przekształca ciśnienie w zakresie 150...1150 hPa na napięcie z zakresu 0,4...4,8 V. Zastosowana technologia przetwarzania, będąca kombinacją krzemowej mikro-mechaniki i technologii bipolarnej, zapewnia odpowiednią dokładność pomiaru w całym zakresie pomiarowym w temperaturze od -40°C do +125°C. Jednak najwyższą dokładność uzyskuje się przy pomiarach w temperaturze od 0°C do +85°C. W strukturze czujnika umieszczono wzmacniacz sygnału i obwody linearyzacji. Na rys. 6 została pokazana zależność napięcia wyjściowego od mierzonego ciśnienia.

Mierzone ciśnienie atmosferyczne jest tylko częścią zakresu pomiarowego. Można zastosować układ rozszerzający zakres napięcia

List. 1. Procedura wysyłania bajtu magistralą szeregową

```
#define PORT_DATA PORTAbits.RA1 /* PORT for DATA */
#define DATA_DDR DDRAbits.RA1 /* TRIS for DATA */
char s_write_byte(unsigned char value)
//-----
//przesłanie wartości Value po magistrali Sensirion
{
unsigned char i,error=0;

for (i=0x80;i>0;i/=2) //przesunięcie bitu maski
{ if ((i & value)
DATA=1; //maskowanie i przesyłanie na magistralę
else
{PORT_DATA=0;
DATA=0;}
SCK=1; //sygnał zegara
Nop();Nop();Nop(); //niezbędna opóźnienie
Nop();Nop();Nop();
SCK=0;
}
DATA=1; //DATA=1
Nop();Nop();Nop();Nop();
Nop();
SCK=1; //9-ty puls zegara dla potwierdzenia ACK
Nop();
Nop();Nop();Nop();Nop();
error=PORT_DATA; //bit potwierdzenia
Nop();
Nop();Nop();Nop();Nop();
SCK=0;
return error; //error=1 dla braku potwierdzenia
}
```

wyjściowego czujnika dla zakresu ciśnienia atmosferycznego. Zwiększy się wtedy dokładność pomiaru. W naszej stacji wyjściowe napięcie z czujnika jest bezpośrednio mierzone przez przetwornik analogowo-cyfrowy mikrokontrolera (linia AN0), a dodatkowo wyświetlana jest uśredniona wartość z 10 kolejnych pomiarów. Uzyskana dokładność pomiaru jest wystarczająca dla tego typu pomiarów.

Napięcie wyjściowe zmienia się w funkcji ciśnienia według zależności:  $V_{out} = V_s(0,009P - 0,095)$ , gdzie  $V_s$  jest napięciem zasilającym czujnik. Mikrokontroler PIC18F2560 posiada wbudowany przetwornik A/C o rozdzielczości 10 bitów. Zmiana na najmłodszym bicie jest powodowana przez zmianę napięcia o wartości  $5 V/1024 = 0,00494 V$ . Odczytana wartość N z rejestru przetwornika odpowiada napięciu  $U = N * 0,00494 V$ . Wzór na napięcie wyjściowe daje po przekształceniu zależność na mierzone ciśnienie:

$$P = (V_{out} * 22,2) + 10,55 \quad (\text{dla } V_s = 5,1 V)$$

Na list. 3 została pokazana procedura wyliczania ciśnienia. Argumentem *vin* jest 10-bitowa liczba

odczytana z przetwornika. Funkcja zwraca wartość ciśnienia w hPa.

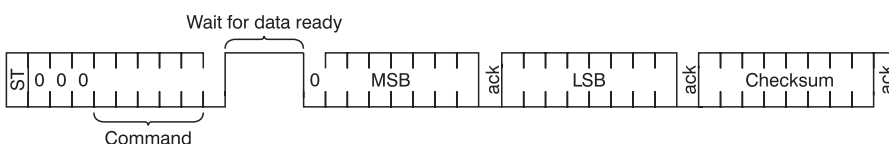
Napięcie zasilające czujnik jest zablokowane kondensatorem C1 i musi mieć wartość  $5,1 V \pm 0,25 V$ . Ewentualne zakłócenia HF pojawiające się na wyjściu czujnika są odfiltrowywane kondensatorem C4 (470 pF).

### Sterownik

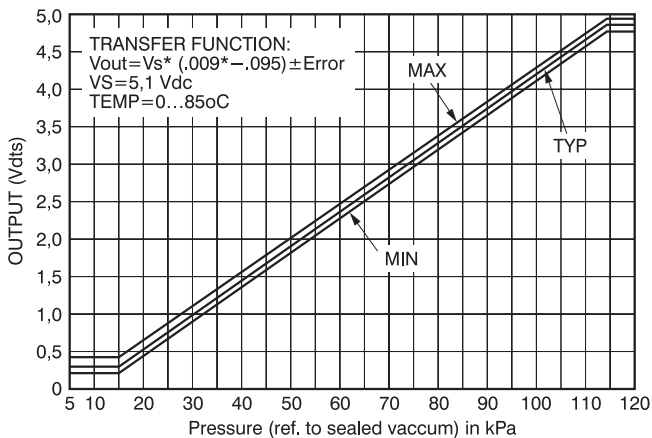
Sterownik stacji został wykonany w oparciu o mikrokontroler PIC18F2560. Częstotliwość wewnętrznego oscylatora stabilizowanego rezonatorem kwarcowym o częstotliwości 2 MHz (X1) jest powielana 4x przez układy PLL i w rezultacie mikrokontroler jest taktowany sygnałem zegarowym o częstotliwości 8 MHz. Do taktowania programowego zegara czasu rzeczywistego został wykorzystany rezonator zintegrowany z licznikiem TMR1 stabilizowany zegarkowym kwarcem X2 o częstotliwości 32,768 kHz.

Trzy przyciski sterujące zostały podłączone do linii RB1...RB3 portu PORTB. Zwarcie styków przycisków powoduje wymuszenie stanu niskiego. Jeżeli styki są rozwarte, to stan wysoki na liniach portów wymuszają włączone wewnętrzne rezystory portu PORTB.

Wszystkie informacje są wyświetlane na wyświetlaczu graficznym od telefonu Nokia 3310 sterowanym przez sprzętowy interfejs SPI mikrokontrolera. Mikrokontroler jest



Rys. 5. Ramka z danymi pomiarowymi przesyłana z czujnika SHT do mikrokontrolera



Rys. 6. Zależność napięcia wyjściowego od mierzonego ciśnienia czujnika MPX4115

zasilany napięciem +5 V, a wyświetlacz jest przystosowany do zasilania napięciem +3,3...+3,6 V. Układ zbudowany z diod D2...D6 i rezystorów R3...R7 obniża poziom sygnałów sterujących linii portów mikrokontrolera do poziomu akceptowanego przez sterownik wyświetlacza. Kiedy na linii sterującej pojawi się napięcie wyższe niż napięcie zasilania wyświetlacza, to dioda jest spolaryzowana zaporowo i linia wyświetlacza ma poziom wysoki wymuszony przez jeden z rezystorów R3...R7. Kiedy linia sterująca wyświetlacza ma poziom niski, to dioda zacznie przewodzić i na linii wyświetlacza pojawi się stan niski (ok. 0,6 V)

Napięcie zasilające jest obniżane przez szeregowe włączenie zielonej diody LED. Spadek napięcia na złączu diody powoduje, że napięcie zasilające wyświetlacz ma

wartość ok. 3,6 V. Jest to prosty i tani sposób dołączenia wyświetlacza do układu sterowania zasilanego napięciem +5 V.

Mikrokontroler ma możliwość sterowania dwoma przekaźnikami PRZ1 i PRZ2. Cewki przekaźników są zasilane z kolektorów tranzystorów T2 i T3. Rezystory R10 i R11 ograniczają prąd bazy

tranzystorów, kiedy linie sterujące RA3 lub RA5 są w stanie wysokim. Na bazę tranzystora T1 podawany jest przebieg PWM regulujący jasność świecenia diod LED. W ten sposób zrealizowano podświetlenie ekranu wyświetlacza. W modelowym urządzeniu funkcja podświetlenia nie była wykorzystana.

Układ MAX202 (U3) jest konwerterem TTL/RS232. Kanał komunikacyjny RS232 jest przeznaczony do połączenia modułu mierzącego temperaturę na zewnątrz (przez złącze Z\_RSO D-SUB9).

Sterownik wraz ze wszystkimi czujnikami i modułem mierzącym temperaturę zewnętrzną jest zasilany ze stabilizowanego zasilacza +5 V zbudowanego z mostka prostowniczego (diod D10...D13) i stabilizatora 7805 (U2). Napięcie stałe lub przemienne o wartości 8...10 V należy podłączyć do złącza ZAS.

## Moduł pomiaru temperatury zewnętrznej

Trudno nazwać stacją meteo urządzenie, które mierzy tylko temperaturę wewnątrz pomieszczenia. Dlatego sterownik został wyposażony w kanał RS232, przez który może odczytywać tempera-

### WYKAZ ELEMENTÓW

#### płytki sterownika

##### Rezystory

R3...R11: 4,7 kΩ

R1, R2: 10 kΩ

##### Kondensatory

C6...C9: 33 pF

C4: 470 pF

C1...C3, C10, C11, C15, C16, C18...

C22: 100 nF

C5, C13: 1 μF/35 V tantal

C12, C17: 10 μF/16 V

C14: 1000 μF/16 V

##### Półprzewodniki

D1, D10...D13: 1N4007

D2...D6, D14, D15: 1N4148

D7: LED zielona

T1...T3: BC237

U1: PIC18F2560 zaprogramowany

U3: MAX202

S1: MPX4115

S3: SHT75 lub zamiennie S2 SHT11

U2: 7805

##### Inne

Wyświetlacz graficzny od telefonu Nokia 3310

X1: rezonator kwarcowy 2 MHz

X2: rezonator kwarcowy 32,768 kHz

Z\_RSO: złącze DB9 do druku

P1, P2: przekaźniki M4-5H

ZAS, PRZ1 i PRZ2: złącza do druku

3 mikroprzyciski

#### płytki pomiaru temperatury zewnętrznej

##### Rezystory

R7: 150 Ω

R6: 10 kΩ

##### Kondensatory

C15...C20: 100 nF

C21: 10 μF/16 V

Cx5, Cx6: 33 pF

##### Półprzewodniki

D1: LED czerwona

U6: MAX202

U7: PIC16F628 zaprogramowany

U8: DS1620

##### Inne

X3: rezonator 2 MHz

Złącze SUB9 do druku

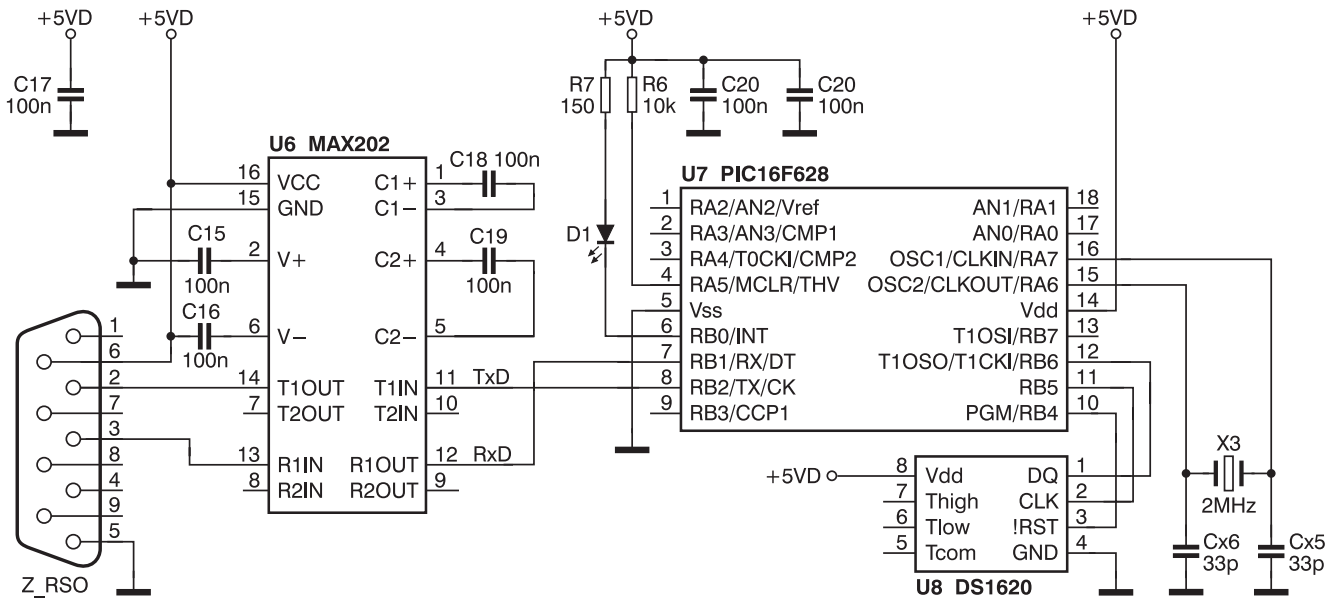
### List. 2. Wyliczenie wilgotności i temperatury czujnika SHT

```
void calc_sht(float *p_humidity ,float *p_temperature)
//-----
// wyliczenie temperatury [°C] i wilgotności [%RH]
// wyjście:  wilg [%RH]
//           temp [°C]
{
  const float C1=-4.0;           // for 12 Bit
  const float C2=+0.0405;       // for 12 Bit
  const float C3=-0.0000028;    // for 12 Bit
  const float T1=+0.01;         // for 14 Bit @ 5V
  const float T2=+0.00008;      // for 14 Bit @ 5V

  float rh=*p_humidity;         // rh:  wskaźnik do 12 bitowej wartości
  wilgotności                    //
  float t=*p_temperature;       // t:  wskaźnik do 14 bitowej wartości
  temperatury                    //
  float rh_lin;                 //
  float rh_true;                //
  float t_C;                    //

  t_C=t*0.01 - 40;              //wyliczenie temperatury w [°C] z od-
czytanej wartości z SHT
  rh_lin=C3*rh*rh + C2*rh + C1; //wyliczenie wilgotności [%RH]
  rh_true=(t_C-25)*(T1+T2*rh)+rh_lin; // wyliczenie wilgotności skompenso-
wanej temperaturowo [%RH]
  if(rh_true>100)rh_true=100;    //korekcja maksymalnego zakresu
  if(rh_true<0.1)rh_true=0.1;   //korekcja minimalnego zakresu

  *p_temperature=t_C;
  *p_humidity=rh_true;
}
```



Rys. 7. Schemat modułu pomiaru temperatury zewnętrznej

ture zewnętrzną. Zdecydowałem, że moduł ten będzie połączony ze sterownikiem 4-żyłowym kablem: 2 sygnały RS232, masa i zasilanie +5 V. Można próbować stosować moduły transmisji radiowej, ale i tak moduł zewnętrzny musi być jakoś zasilany. Stosowanie baterii powoduje dodatkowe problemy.

Schemat modułu został pokazany na rys. 7. Elementem mierzącym temperaturę jest układ DS1620 firmy Maxim (Dallas). Do komuni-

kacji z mikrokontrolerem wykorzystywana jest 3-przewodowa magistrala: linie danych DQ, zegarowa CLK i linia kontroli transmisji !RST. Sterownik zbudowany w oparciu o mikrokontroler PIC16F628 odczytuje temperaturę z układu DS1620 i przesyła do sterownika stacji łączem RS232 z prędkością 1200 Bd. Konwersję poziomów napięć TTL/RS232 zapewnia układ MAX202.

Układ DS1620 mierzy temperaturę i przesyła magistralą szerego-

wą w postaci 9-bitowego słowa. Na dziewiątym, najstarszym bicie jest zapisany znak. Jeżeli jest ustawiony, to zmierzona temperatura jest temperaturą ujemną. Na 8 młodszych bitach jest zapisana wartość temperatury z rozdzielczością 0,5 stopni Celsjusza. Dla temperatur ujemnych jest zapisywana w kodzie ujemnym i żeby uzyskać jej wartość bezwzględną trzeba zanegować wszystkie 8 bitów i dodać jeden.

Zastosowanie zewnętrznego modułu z mikrokontrolerem daje możliwość rozbudowy o nowe funkcje w przyszłości. Kanałem RS232 można przesyłać z modułu umieszczonego na zewnątrz dodatkowe informacje z innych czujników np. czujnika kierunku i prędkości wiatru, czujnika wilgotności itp.

**Tomasz Jabłoński, EP**  
tomasz.jablonski@ep.com.pl

```

List. 3. Funkcja obliczająca ciśnienie
unsigned int press_m(unsigned int vin)
{
float press;
float vout;
unsigned int press_out;

vout=vin*0.00494;//napięcie w [V]
press=(vout*22.2)+10.55;//wyliczone ciśnienie
press=press*10.0;//zamiana Kpa->hPa
press_out=press;//konwersja float ->int
return(press_out);
}

```