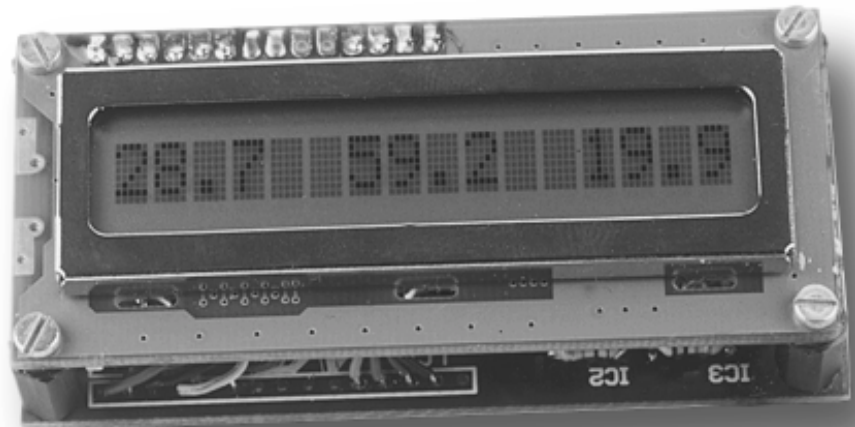


Układ prognozujący przymrozki

Cyfrowy miernik temperatury i wilgotności

Sąsiad posadził właśnie pomidory. Zaniepokojony rozgląda się i zastanawia, czy w nocy będzie przymrozek? Można mu zaproponować, aby udał się do panny Trelawney z prośbą o przepowiednię. Wiemy jednak, że już Dumbledore twierdził, że przepowiadanie przyszłości to bardzo mało ścisła dziedzina magii...

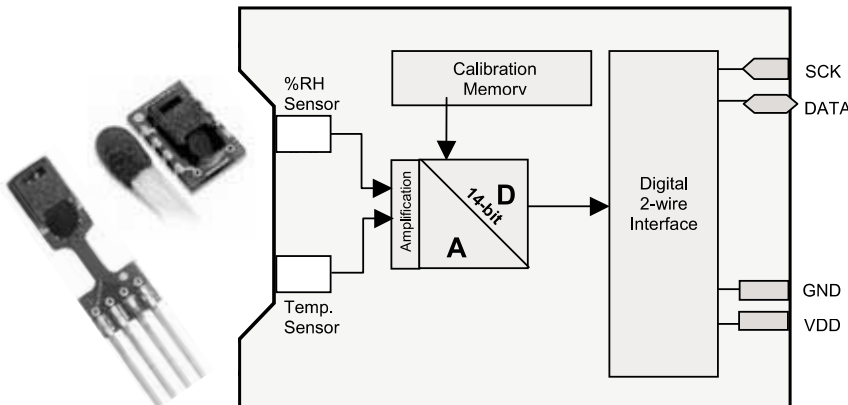


Spróbujmy więc inaczej. Co dzieje się po zachodzie Słońca? Ciepło jest z Ziemi wypromienione i temperatura powietrza obniża się. Im chłodniejsze powietrze, tym mniej wody może się w nim utrzymać. Gdy temperatura obniży się do tak zwanego *punktu rosy*, zaczyna się wykraplać woda i pojawia się rosa lub mgła. Podczas skraplania pary wydzielane jest tak dużo ciepła, że dalszy spadek temperatury jest już bardzo powolny. Gdybyśmy znali temperaturę punktu rosy, mogliśmy, w myśl zasady, że każda

rozwinęta technologia jest nieodróżnialna od magii, zastąpić pannę Trelawney.

Broni do stoczenia bitwy z tym problemem dostarcza nam fizykochemia. Znając temperaturę, można obliczyć prężność pary wodnej w tej temperaturze, a z niej masę wody, którą może utrzymać powietrze. Jeśli dodatkowo zmierzmy wilgotność względną, będziemy mogli obliczyć, ile gramów wody jest w metrze sześciennym powietrza. Postępując niejako w odwrotnym „kierunku“, można obliczyć temperaturę, w której po-

Zintegrowane czujniki wilgotności i temperatury firmy Sensirion są elementami, na które czekało wielu elektroników, zwłaszcza tych, którzy zajmują się projektowaniem urządzeń do systemów automatyki i klimatyzacji.



W niewielkiej obudowie producent zintegrował czujnik temperatury, czujnik wilgotności, 14-bitowy przetwornik A/C z dwoma wejściami pomiarowymi, pamięć nastaw kalibracyjnych, a także interfejs komunikacyjny, który przypomina zasadą działania I²C (lecz nie jest z nim zgodny).

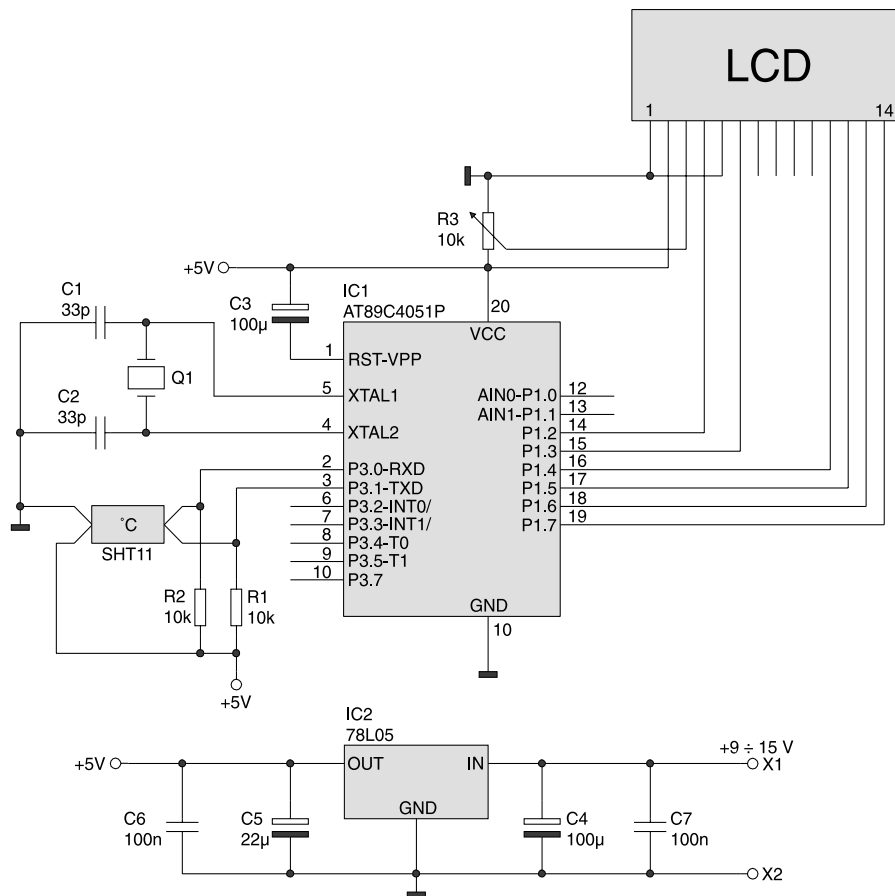
List. 1. Obsługa transmisji danych z czujnika SHT11

```

$asm
'Procedura pomiaru temperatury
setb Sda
'Inicjalizacja transmisji
clr CLK
nop
setb Clk
nop
clr Sda
nop
clr Clk
nop
setb Clk
nop
setb Sda
nop
clr Clk
nop
clr Sda
mov B, #6
'Transmituj szesc zer
Temperatura:
setb Clk
nop
clr Clk
nop
dijnz B, Temperatura
'Rozkaz pomiaru temperatury
setb Sda
nop
setb Clk
nop
clr Clk
nop
setb Clk
nop
clr Clk
nop
setb Clk
nop
clr Clk
'ACK
nop
clr Clk
Send Asm

Waitms 250

$asm
setb Clk
'Opusc dwa bity
nop
clr Clk
nop
setb Clk
nop
clr Clk
mov DPH, #0
mov B, #6
Pierwszy:
'Czytaj 6 bitow
mov C, Sda
mov A, DPH
rlc A
mov DPH, A
setb CLK
nop
nop
clr Clk
dijnz B, Pierwszy
clr Sda
'ACK
nop
setb Clk
nop
clr Clk
nop
setb Sda
mov DPL, #0
'Czytaj 8 bitow
mov B, #8
Drugi:
mov C, Sda
mov A, DPL
rlc A
mov DPL, A
setb Clk
nop
nop
clr Clk
dijnz B, Drugi
setb Sda
nop
'Not ACK
setb Clk
nop
clr Clk
mov {Msb}, DPH
mov {Lsb}, DPL
Send Asm
    
```



Rys. 1. Schemat elektryczny przewidywacza przymrozków

wietrze nie może już utrzymać zawartej w nim wody, a więc *temperaturę rosy*. Jest mało prawdopodobne, aby temperatura w nocy spadła poniżej punktu rosy. Istnieje, co prawda, możliwość, że północny wiatr przywieje arktyczne powietrze znad bieguna, ale na szczęście, północne wiatry nie są u nas częste.

Opis układu

Do pomiaru temperatury i wilgotności względnej zastosowałem czujnik SHT11 firmy Sensirion. Element ten zawiera w swojej strukturze czujnik temperatury, czujnik wilgotności, 14-bitowy przetwornik AC, pamięć zawierającą tabele kalibracyjne obu czujników oraz interfejs szeregowy. Każdy egzemplarz jest fabrycznie kalibrowany w komorze o standaryzowanej temperaturze i wilgotności, a współczynniki kalibracyjne wpisywane są do pamięci OTP czujnika i używane do korygowania odczytów sensorów. W rezultacie otrzymujemy bardzo wysoką dokładność i powtarzalność pomiarów.

Schemat elektryczny (rys. 1) miernika jest typową aplikacją mikrokontrolera AT89C4051 połączony z alfanumerycznym wyświetlaczem ciekłokrystalicznym i nie wymaga komentarza. Należy tylko wspomnieć, że do prawidłowej komunikacji na szynie szeregowej niezbędne są rezystory podciągające. „Podciągi“ zawarte w strukturze mikrokontrolera nie są wystarczające.

Jak we wszystkich układach mikrokontrolerowych, cała jego „mądrość“ jest zawarta w programie. Komunikacja z czujnikiem zrealizowana jest za pomocą dwóch linii: linii zegarowej CLK i linii danych SDA. Interfejs jest podobny do I²C, ale - niestety - nie jest z nim identyczny. Szczegółowy opis protokołu znajduje się w nocie aplikacyjnej dołączanej do czujnika (można ją także ściągnąć ze strony www.sensirion.com).

Dla zainicjowania transmisji wysyłana jest sekwencja startowa. W tym celu mikrokontroler ustawia na obu liniach poziom wysoki, następnie ustawia poziom

niski na linii SDA, po czym następuje wyzerowanie i ponowne ustawienia linii CLK i ustawienie linii SDA. Sekwencję startową kończy wyzerowanie linii CLK. Następnie przesyłany jest adres czujnika. Ma on wyłącznie adres 000, nie można więc podłączyć do szyny więcej niż jednego czujnika. Kolejne 5 bitów jest rozkazem pomiaru: 00011 dla temperatury i 00101 dla wilgotności. Czujnik potwierdza odbiór rozkazu przez wymuszenie poziomu niskiego na linii SDA na jeden okres sygnału zegarowego. Mikrokontroler powinien teraz zatrzymać wysyłanie impulsów zegarowych na czas pomiaru. Według danych producenta pomiar może trwać 210ms, więc dla bezpie-

czeństwa mikrokontroler czeka 250ms. Następnie mikrokontroler wznawia impulsy zegarowe i odczytuje dwa bajty danych. Wyniki pomiarów transmitowane są od najbardziej znaczącego bitu (*MSB first*) i wyrównywane do prawego bitu w bajcie. Mikrokontroler potwierdza odbiór pierwszego bajtu przez wymuszenie poziomu niskiego na linii SDA na jeden okres zegarowy. Jeśli nie korzystamy z sumy kontrolnej, mikrokontroler powinien zakończyć transmisję przez pozostawienie linii SDA na poziomie wysokim na jeden okres zegarowy. Fragment programu obsługujący transmisję napisałem w assemblerze - można go przeanalizować na **list. 1**.

Następnie obliczana jest temperatura. Analogicznie jest odczytany wynik pomiaru wilgotności i obliczana wilgotność względna z uwzględnieniem korekcji temperaturowej. Procedura ta jest szczegółowo opisana w nocie aplikacyjnej czujnika. Po wyświetleniu wyników mikrokontroler przystępuje do obliczania punktu rosy. I tu pojawił się problem: zabrakło pamięci programu w układzie 89C4051 (z tej samej przyczyny procedurę komunikacji z czujnikiem napisałem w assemblerze). Ponieważ nie ma sensu stosowanie „większego“ mikrokontrolera dla stosunkowo prostego zadania, zastosowałem rozwiązanie kompromisowe polegające na obliczeniu wartości funkcji na PC, stabelaryzowaniu ich i umieszczeniu w pamięci mikrokontrolera. I tu pojawił się kolejny problem. Kompilator nie chciał przyjąć tak dużej tablicy

danych. Zmusiło mnie to do podzielenia tablicy na 10 części. Jest to rozwiązanie skrajnie nieeleganckie, ale skuteczne.

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na płytce uniwersalnej AVT-2504. Ponieważ nie podobało mi się umieszczenie wyświetlacza od strony ścieżek, jak to przewidział autor „uniwersalki“, podłączyłem wyświetlacz tasiemką i zamontowałem go na tulejkach dystansowych od strony elementów. Miernik nie wymaga uruchamiania. Jediną niezbędną czynnością jest ustawienie kontrastu wyświetlacza. Na wyświetlaczu pojawiają się kolejno: temperatura, wilgotność względna i temperatura rosy. Oczywiście, dla zwiększenia czytelności można zastosować wyświetlacz dwu- lub nawet cztero-liniowy.

Paweł Pawłowicz

Literatura:

1. SHT1x Humidity and Temperature Sensmitter, Sensirion 2002.
2. Dewpoint Calculation, Sensirion 2001.
3. G.D. Roth, Pogoda i Klimat, Bertelsmann Sp. z o.o., Warszawa 2000.
4. K.Pigoń, Z.Ruziewicz, Chemia Fizyczna, PWN Warszawa 1980.

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/sierpien02.htm> oraz na płycie CD-EP08/2002B w katalogu PCB.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R2: 10kΩ

R3: 10kΩ potencjometr miniaturowy

Kondensatory

C1, C2: 33pF

C3: 10μF/16V

C4: 100μF/16V

C5: 22μF/16V

C6, C7: 100nF

Półprzewodniki

IC1: AT89C4051 zaprogramowany

IC2: 78L05

Różne

Rezonator kwarcowy 12MHz

Czujnik SHT11

Wyświetlacz alfanumeryczny LCD 16*1

Złącze ARK 2/500 3.5mm

Podstawka DIP20 precyzyjna