

Higrometr binarny

**AVT
5426**

W *Elektronice Praktycznej* 8/2012 został przedstawiony projekt dwupunktowego termometru binarnego o numerze AVT1698. W tym artykule opisano elektroniczny higrometr pokojowy, który prezentuje wynik w identyczny sposób jak wspomniany termometr.

Rekomendacje: ciekawy gadżet, który może być ozdobą każdego pokoju – czytelny jedynie dla „wtajemniczonych”.

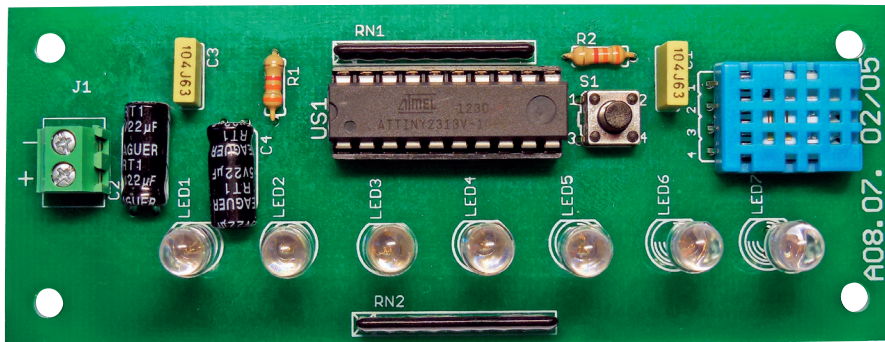
Najważniejszym elementem urządzenia jest układ scalony DHT11. Zawiera on w swojej strukturze sensor wilgotności, termistor NTC do pomiaru temperatury, przetwornik A/C i obwody sterujące. Podzespoły te są kalibrowane na linii produkcyjnej, co zdejmując z konstruktora przykry obowiązek wykonania tej czynności, a niska cena (ok. 10...12 złotych) i duża popularność dodatku predestynują go do tej konstrukcji.

W handlu dostępne są same czujniki (mające postać niebieskiej kostki z czterema wyprowadzeniami) oraz całe moduły zawierające ten czujnik. Ten drugi wariant nie jest dla nas interesujący z racji przystosowania płytki drukowanej do montażu i obróbki sygnału z „gołego” czujnika. Podstawowe parametry układu DHT11 umieszczono w **tabeli 1**.

Nawet pobieżna analiza parametrów dyskwalifikuje ten podzespół do jakichkolwiek zastosowań strictly pomiarowych ze względu na niską dokładność. Z tego powodu, higrometr ten służyć może jedynie jako efektowna ozdoba pomieszczenia; nie można na podstawie jego wskazań podejmować decyzji mających wpływ na zdrowie i życie.

Omówienie schematu

Schemat higrometru binarnego pokazano na **rysunku 1**. Do komunikacji z DHT11 służy



popularny mikrokontroler z rodziny AVR – Attiny2313. Do jego wyjść dołączonych jest siedem diod LED, które służą prezentacji wyniku pomiaru. Drabinka rezystorowa RN2 ogranicza prąd przez nie płynący, zaś drabinka RN1 ustala potencjały nieużytych wyjść; dzięki temu, wykonywanie programu nie zostanie zakłócone wskutek np. osadzania się na nich ładunków elektrostatycznych. Rezystor R1 i kondensator C4 odpowiadają za podanie na wejście zerowania poziomu niskiego przez chwilę od włączenia zasilania. Ten prosty zabieg znacząco redukuje ryzyko wystąpienia nieprawidłowości w inicjacji programu.

Rezystor R2 jest elementem zalecanym przez producenta. Ułatwia on układowi DHT11 wprawienie linii komunikacyjnej w stan wysoki. Miniaturowy switch S1 nie jest elementem obowiązkowym – jego wciśnięcie spowoduje wyświetlenie zmierzonej przez czujnik temperatury powietrza, o czym dalej.

Montaż i uruchomienie

Cały układ elektroniczny został zmontowany na jednostronnej płytce drukowanej o wymiarach 102 mm×40 mm, której schemat montażowy pokazano na **rysunku 2**. Jej szerokość odpowiada szerokości płytki dwupunktowego termometru binarnego, przez co mogą zostać umieszczone jedna nad drugą.

Wszystkie komponenty są przeznaczone do montażu przewlekłego. Pod mikrokon-

W ofercie AVT* AVT-5426 A

Podstawowe informacje:

- Zasilanie 4,5...5 V/50 mA.
- Mikrokontroler ATtiny2313, oprogramowanie w C.
- Czujnik DHT11.
- Binarna prezentacja wyniku pomiaru za pomocą 7 diod LED.
- Płytką jednostronna o wymiarach 102 mm×40 mm.

Dodatkowe materiały na CD lub FTP:

<ftp://ep.com.pl>, user: 28585, pass: 410ugxs3

- 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-1698 Dwupunktowy termometr binarny (EP 8/2012)
- AVT-5282 Wilgotnościomierz cyfrowy (EP 3/2011)
- AVT-961 Domowa stacja pogodowa (EP 12/2006 – 1/2007)
- AVT-914 Wilgotnościomierz cyfrowy (EP 1/2006)

* Uwaga:

Zestawy AVT mogą występować w następujących wersjach:
AVT xxxx UK to zaprogramowany układ. Tylko i wyłącznie. Bez elementów dodatkowych.
AVT xxxx A płytka drukowana PCB (lub płytki drukowane, jeśli w opisie wyraźnie zaznaczono), bez elementów dodatkowych.
AVT xxxx A+ płytka drukowana i zaprogramowany układ (czyli połączenie wersji A i wersji UK) bez elementów dodatkowych.
AVT xxxx B płytka drukowana (lub płytki) oraz komplet elementów wymienionych w załączniku pdf.
AVT xxxx C to nic innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wmontowane w PCB. Należy mieć na uwadze, że o ile nie zaznaczono wyraźnie w opisie, zestaw ten nie ma obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf.
AVT xxxx CD oprogramowanie (nieczęsto spotykana wersja, lecz jeśli występuje, to niezbędne oprogramowanie można ściągnąć, klikając w link umieszczony w opisie kitu).

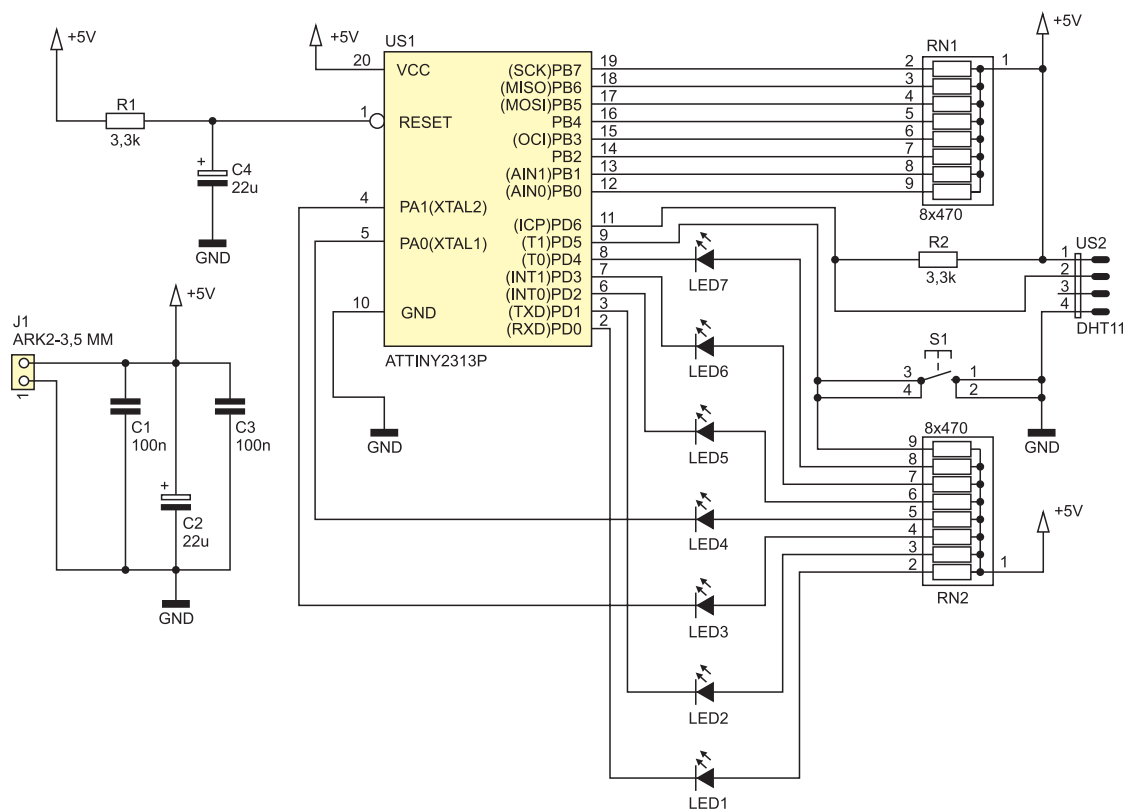
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! (UK, A, A+, B lub C). <http://sklep.avt.pl>

troler należy zastosować podstawkę. Kondensatory C2 i C4 należy włutować w taki sposób, aby było możliwe położenie ich na powierzchni płytki; tak samo jak układu DHT11. Diody LED powinny zostać włutowane z zachowaniem odpowiedniego dystansu od płytki. W układzie modelowym odległość ta wynosi 12 mm.

Mikrokontroler należy zaprogramować bez zmieniania fabrycznych (domyślnych) ustawień bitów zabezpieczających, tj. ich konfiguracja powinna być taka, jak w układach opuszczających linię produkcyjną. Po włożeniu go w podstawkę urządzenie jest gotowe do pracy i nie wymaga żadnych czynności uruchomieniowych. Zasilanie napięciem stałym, dobrze filtrowanym, niekoniecznie stabilizowanym, o wartości

Tabela 1. Najważniejsze parametry układu DHT11

Zasilanie	Napięcie 3–5,5 V DC (zalecane 5 V), prąd maks. 2,5 mA	
Komunikacja	Jednoprzewodowa magistrala dwukierunkowa	
Zakresy	Wilgotność	Temperatura
	0°C → 30÷90% RH	0÷50°C
	25°C → 20÷90% RH	
50°C → 20÷80% RH		
Dokładność	25°C → ±4% RH	±2°C
	50°C → ±5% RH	
Rozdzielczość	1% RH	1°C
Stabilność długoterminowa	Typ ±1% RH/rok	b.d.



Rysunek 1. Schemat ideowy higrometru

z przedziału 4,5...5 V. Pobór prądu zależy od liczby włączonych diod LED i nie przekracza 30 mA.

Po włączeniu zasilania, diody wskazują aktualną wilgotność względną odniesioną do stanu nasycenia w procentach. Odczyt

następuje zgodnie z zasadą działania binarnego systemu liczbowego. Przykład ilustruje **rysunek 3**; dioda załączona reprezentuje „1”,

REKLAMA

Wykaz elementów

Rezystory:

R1, R2: 3,3 kΩ/0,25 W
 RN1, RN2: drabinka 8×470 Ω (SIL9)

Kondensatory:

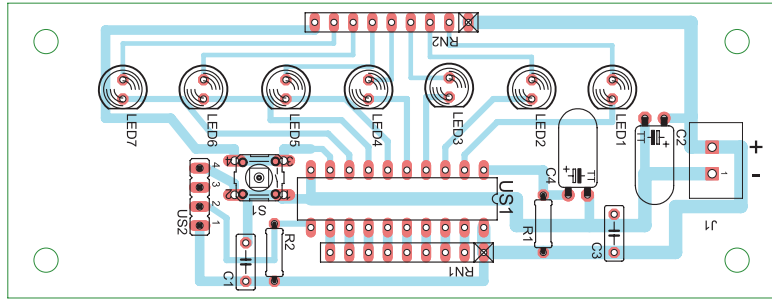
C1, C3: 100 nF
 C2, C4: 22 μF/16 V (elektrolit.)

Półprzewodniki:

LED1...LED7: diody LED 5 mm, niebieskie
 US1: ATtiny2313 (DIP20)
 US2: DHT11

Inne:

J1: ARK2 3,5 mm
 S1: switch 6×6 mm
 Podstawka DIP20



Rysunek 2. Schemat montażowy higrometru

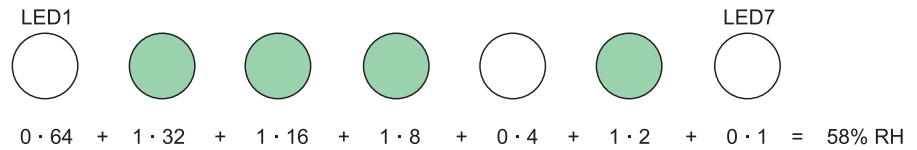
wyłączona „0”. Wciśnięcie przycisku S1 spowoduje wyświetlanie temperatury tak długo, jak długo pozostaje on wciśnięty.

Dla dociekliwych

Na listingu 1 zamieszczono program sterujący pracą higrometru. Został napisany w języku C i skompilowany w środowisku WinAVR. Na uwagę zasługuje fakt, iż protokół, jakim odbywa się komunikacja z układem DHT11, ponieważ nie jest w żadnym stopniu zgodny np. ze znanym protokołem 1-Wire obsługiwany przez czujniki temperatury DS18B20. Ten protokół jest prostszy, za to ma sporo ograniczeń.

Do jednego wyprowadzenia mikrokontrolera może być dołączony tylko jeden czujnik. Ponadto, nie ma możliwości zasilania czujnika z linii danych (tzw. *parasite power*). Cała obsługa, zarówno DHT11, jak i DHT22 różniącego się koniecznością odczytywania części dziesiętnych wyniku pomiaru i lepszą dokładnością, została skupiona w dwóch niewielkich funkcjach – po zmianie niezbędnych parametrów można ich z powodzeniem użyć we własnych opracowaniach, do czego zachęcam.

Rysunek 4 to oscylogram pokazujący komunikację z układem DHT11. Został on podzielony na fragmenty, by ułatwić jego analizę. Przed pierwszym segmentem na linii panuje poziom niski wymuszony przez mikrokontroler. W nim znajduje się krótkotrwałe wymuszenie stanu wysokiego, które jest zakłócone przez natychmiastową odpowiedź DHT11: jego odpowiedzią jest natychmiastowe wystawienie stanu niskiego, a potem wysokiego, obydwa przez 80 μs. Z tego



Rysunek 3. Przykładowy odczyt wskaźników higrometru

Listing 1. Kod źródłowy programu.

```
// *****
// Michał Kurzela @ 2013
// Higrometr binarny
// Fabryczne ustawienia fusebitów w ATtiny2313
// *****

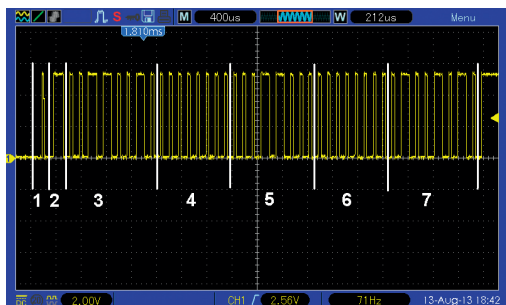
#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>

volatile uint8_t odczyt[5]; //40 bitów pobranych z DHT11
volatile uint8_t i, j; //numer odczytywanego bajtu i bitu
volatile uint8_t stan = 0; //0-wilgotność; 2-temperatura

void zainicjowanie(void) // rozpoczęcie komunikacji z czujnikiem
{
    DDRD |= 0b01000000; //tryb PD6 jako wyjście
    PORTD |= 0b01000000; //ustawienie PD6
    _delay_ms(50); // poziom wysoki trzeba utrzymać dość długo, by DHT11
    „zapomniał” o poprzedniej transmisji
    PORTD &= 0b10111111; //zerowanie PD6
    _delay_ms(20); //nota katalogowa zaleca min. 18 ms
    PORTD |= 0b01000000; //ustawienie PD6
    _delay_us(20); //nota katalogowa zaleca 20-40us, ale DHT11 reaguje bardzo
    szybko
    DDRD &= 0b10111111; // PD6 jako wejście, rozpoczęcie nasłuchiwanie
    _delay_us(40);
    /* po podaniu poziomu wysokiego przez 20us, DHT11 zareaguje poprzez podanie
    wyzerowanie i ustawienie wyjścia, każdy poziom trwa przez 80us. Ta przerwa
    pozwala pozbyć się zakłóceń wywołanych przez DHT11 „odpowiadającego” poziomem
    niskim na poziom wysoki wystawiony na PD6 */
    while(bit_is_clear(PIND, PIND6)); // oczekiwanie na PD6=1
    while(bit_is_set(PIND, PIND6)); //oczekiwanie na PD6=0
    // Teraz DHT11 wysła sekwencję 40 bitów.
}

void czytaj(void){ // odczyt 40 bitów przysłanych przez czujnik.
    for(i = 0; i < 5; i++) //pętla zewnętrzna, która łączy bity w bajty
    {
        odczyt[i] = 0; // najpierw bajt jest wypełniany zerami
        for(j = 0; j < 8; j++) //pętla wewnętrzna, odmierzająca poszczególne bity
        w bajcie
        {
            odczyt[i] *= 2; // bity przychodzą od najstarszego, więc odebrane trzeba
            przesunąć w lewo
            while(bit_is_clear(PIND, PIND6));
            /* dwa słowa o sposobie przesyłu bitów: „zero” jest reprezentowane przez 50us
            stanu niskiego i 26-28us stanu wysokiego, „jedyńka” z kolei, przez 50us stanu
            niskiego i 70us stanu wysokiego, zatem najpierw „przeczekujemy” poziom niski
            na linii, a potem jeszcze 40us */
            _delay_us(40); // tutaj się czeka te 40us
            if(bit_is_set(PIND, PIND6)) odczyt[i] += 1;
            /* jeżeli po 40us od zaniku poziomu niskiego, na linii nadal panuje poziom
            wysoki, należy to interpretować jako nadejście „jedyńki”, gdyby było to
            „zero”, wtedy w momencie sprawdzenia byłby poziom niski */
            while(bit_is_set(PIND, PIND6)); //oczekiwanie na wyzerowanie PD6
        }
        // pętla przejdzie do odczytywania kolejnego bitu
    }
}

int main(void)
{
    DDRB = 0b11111111; //konfiguracja nieużywanego portu jako wyjście
    PORTB = 0b11111111;
    DDRA = 0b11;
    PORTA = 0b11;
    DDRD = 0b10011111; // PD.6 - DHT11, PD.5 - switch SW1
    PORTD = 0b11111111;
    while(1)
    {
        zainicjowanie();
        czytaj();
    }
}
```



Rysunek 4. Przebieg napięcia w funkcji czasu na linii danych

Listing 1. c.d.

```

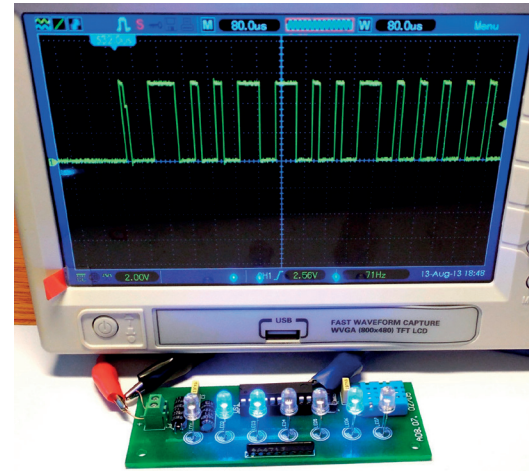
stan = 0; //domyślnie wyświetlana jest wilgotność
if(bit_is_clear(PIND, PIND5)) stan = 2;
/* jeżeli wciśnięty jest przycisk, wyświetla temperaturę;
pierwszy pobrany bajt zawiera wilgotność w % RH
drugi - części dziesiąte wilgotności, używany w DHT22
trzeci - temperatura w *C
czwarty - części dziesiąte temperatury, używane w DHT22
piąty - suma kontrolna
prosty algorytm podziału liczby na bity: jeżeli liczba jest większa niż X,
wówczas odejmij od niej X, pozostała w ten sposób resztę sprawdź analogicznie
z Y, przy czym X = 2Y i tak do wyczerpania liczby */
if(odczyt[stan] >= 64)
{
PORTD &= 0b1111110;
odczyt[stan] -= 64;
} else PORTD |= 0b00000001;
if(odczyt[stan] >= 32)
{
PORTD &= 0b11111101;
odczyt[stan] -= 32;
} else PORTD |= 0b00000010;
if(odczyt[stan] >= 16)
{
PORTA &= 0b01;
odczyt[stan] -= 16;
} else PORTA |= 0b10;
if(odczyt[stan] >= 8)
{
PORTA &= 0b10;
odczyt[stan] -= 8;
} else PORTA |= 0b01;
if(odczyt[stan] >= 4)
{
PORTD &= 0b11111011;
odczyt[stan] -= 4;
} else PORTD |= 0b00000100;
if(odczyt[stan] >= 2)
{
PORTD &= 0b11110111;
odczyt[stan] -= 2;
} else PORTD |= 0b00001000;
if(odczyt[stan] >= 1)
{
PORTD &= 0b11101111;
odczyt[stan] -= 1;
} else PORTD |= 0b00010000;
_delay_ms(1500); //odczyty nie powinny następować częściej jak co sekundę
}
}

```

powodu zbocze opadające jest zniekształcone, lecz skrócenie czasu wystawiania stanu wysokiego byłoby niezgodne z zaleceniami producenta. Segment drugi zawiera poziom wysoki, który na linii wystawił DHT11 przez czas 80 μ s. Po nim następuje transmisja 5 bajtów. W segmencie trzecim jest zawarty pierwszy bajt niosący informację o wilgotności. Impulsy szersze to „jedyńki”, zaś węższe to „zera”. Segment czwarty to drugi bajt, który w DHT22 zawiera części dziesiąte wskazania wilgotności; w DHT11 jest on zawsze wypełniony zerami. Kolejne dwa segmenty to odpowiednio: temperatura w stopniach

Celsjusza i części dziesiąte tejże. Ostatni bajt, widoczny w siódmym segmencie, to suma kontrolna, nieużywana w tym projekcie. Po odczekaniu ok. 1,5 s, cykl zaczyna się na nowo.

Zgodność zaobserwowanych przebiegów z faktycznymi wskazaniami jest uwidoczniiona na **fotografii 5**. Pierwsze dwie „górkę” to nawiązanie komunikacji z czujnikiem, po nich następuje odpowiedź. Pierwszy bit zawsze będzie „zerem”, gdyż reprezentuje on liczbę 128, zaś zmierzenie przez czujnik wilgotności 128% RH jest niemożliwe. Następne bity to coraz niższe wartości: 64 (ze-



Fotografia 5. Zestawienie wskaźników układu z oscylogramem

rowy, lewa skrajna dioda wyłączona), 32 i 16 (szerszy impuls odpowiada „jedyńce”, diody są włączone) i tak dalej. W ten sposób można odczytać, że powietrze w tym pomieszczeniu ma wilgotność 50% RH.

W pomieszczeniach mieszkalnych, wartość ta winna zawierać się w granicach 40-60% RH przy założonej temperaturze 18-20°C. Wilgotność względna jest prostym, lecz jednocześnie użytecznym parametrem; stanowi informację o ilości zawartej w powietrzu wilgoci w stosunku do ilości, która w danej temperaturze powodowałaby skraplanie się pary wodnej.

Michał Kurzela, EP

Bibliografia:

- <http://wentylacja.org.pl/pages-78.html>
- <http://www.adafruit.com/datasheets/DHT22.pdf>
- <http://www.micro4you.com/files/sensor/DHT11.pdf>
- <http://robocraft.ru/files/datasheet/DHT11.pdf>

REKLAMA