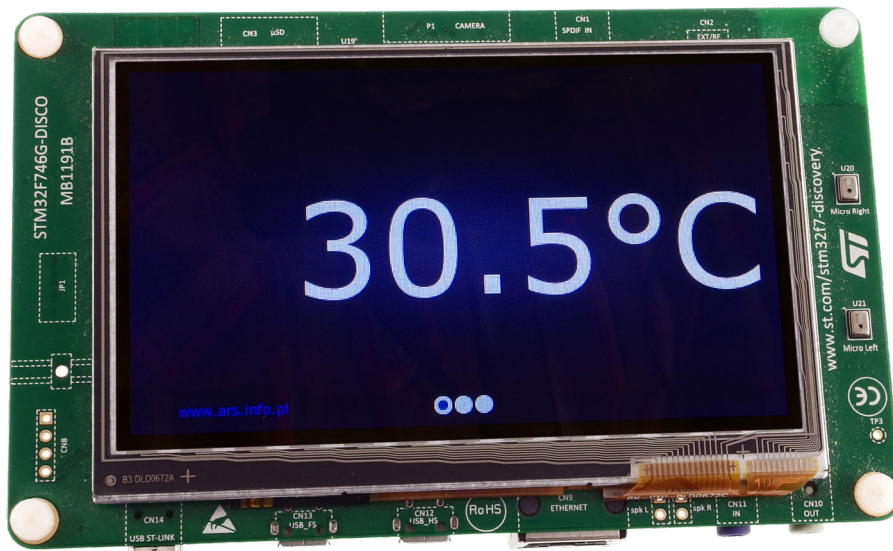


Termometr i termostat z układem LM75

Układ LM75 jest czujnikiem temperatury z wbudowaną funkcją termostatu. Ustawienie wszystkich parametrów i odczyt temperatury odbywa się poprzez dostęp do kilku wewnętrznych rejestrów. Do komunikacji z czujnikiem służy magistrała I2C. Wydzielone wyjście przeznaczone jest do załączania zewnętrznych urządzeń takich jak silniki czy przełączniki. Układ doskonale nadaje się do lokalnej kontroli temperatury i samodzielnego sterowania układami chłodzenia.



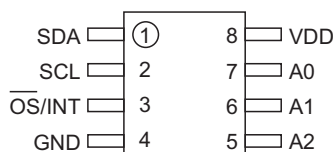
Czujnik jest produkowany przez kilku różnych producentów pod taką samą nazwą, chociaż firma ST dodaje swój prefiks i oznaczenie ma postać STLM75. Bez względu na wytwórcę, funkcje i główne parametry są bardzo podobne:

- zakres mierzonych temperatur: $-55...+125^{\circ}\text{C}$,
- rozdzielczość: $0,5^{\circ}\text{C}$,
- dokładność pomiarów: nie gorsza niż $\pm 2^{\circ}\text{C}$ w zakresie $-25...+100^{\circ}\text{C}$ i $\pm 3^{\circ}\text{C}$ w zakresie $-50...+125^{\circ}\text{C}$,
- komunikacja: magistrała I²C z zegarem taktowanym 400 kHz,
- czas pomiaru: od 100 do 300 ms, typowo 150 ms,
- napięcie zasilania: 3...5,5 V, STLM75 od 2,7 V,
- typowy pobór prądu: 250 μA , STLM75 125 μA .

Czujniki zazwyczaj występują w różnych wariantach obudowy SO-8, rozłożenie poszczególnych wyprowadzeń jest opisane na rysunku 1.

Wyprowadzenia czujnika pełnią następujące funkcje:

- VDD, GND – zasilanie,
- SDA, SCL – linie zegarowa i danych magistrali I²C,



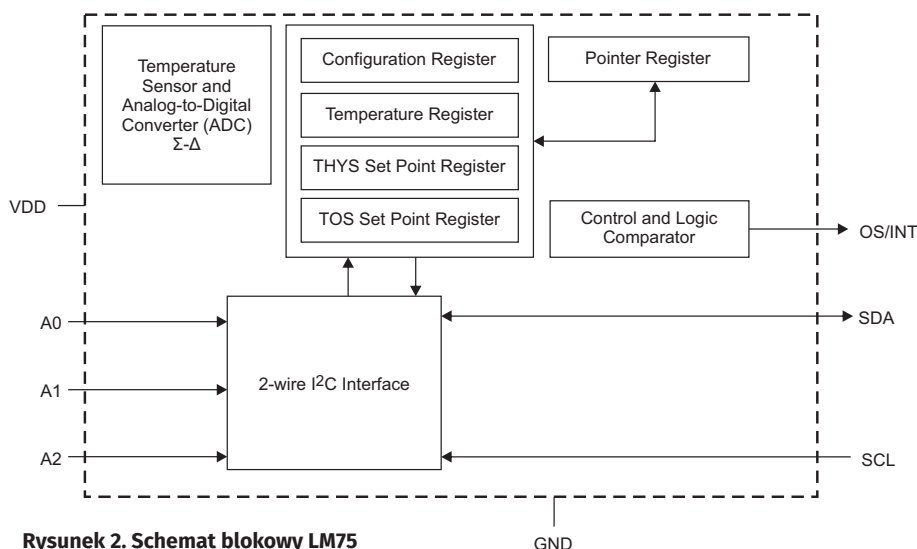
Rysunek 1. Wyprowadzenia obudowy LM75

- A0, A1, A2 – linie określające adres czujnika w obrębie magistrali. Możliwe jest dołączenie do 8 czujników LM75 do jednej magistrali, jeżeli każdy będzie miał ustawiony inny adres.
- OS/INT – linia pełniąca rolę wyjścia sterującego termostatu lub wyjścia na którym generowane są impulsy przerwań. Wyjście typu otwarty dren, wymaga podciągnięcia do napięcia zasilania zewnętrznym opornikiem.

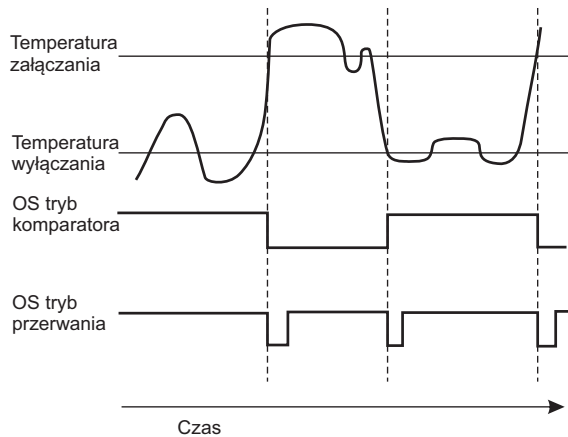
Budowa wewnętrzna i funkcje wyprowadzeń

Na rysunku 2 pokazano wewnętrzną strukturę czujnika. Napięcie z wyjścia sensora

temperatury poddawane jest zamianie na wartość cyfrową w przetworniku ADC. Wynik konwersji zapisywany jest w rejestrze Temperature Register. Wartość może być odczytywana poprzez magistralę I²C, a jednocześnie jest porównywana z ustawieniami rejestrów TOS i THYS, które odpowiadają za funkcje termostatu i sterowanie wyprowadzeniem OS. Wartości tych rejestrów można odczytywać i modyfikować również za pośrednictwem magistrali I²C. Na rysunku 3 pokazano jak będzie się zmieniał stan wyjścia OS, pracującego w trybie komparatora (wyjścia termostatu) lub wyjścia przerwaniania, w zależności od ustawień rejestrów i aktualnej temperatury.



Rysunek 2. Schemat blokowy LM75



Rysunek 3. Działanie wyjścia OS w funkcji temperatury

Komunikacja

Adresem bazowym układu jest 0x48 (w notacji 7 bitowej nie uwzględniając bitu sterującego zapisem/odczytem). Jest to sytuacja gdy wyprowadzenia A2...A0 są zwarte do masy. Stan tych wyprowadzeń wpływa na 3 najmłodsze bity adresu układu w ramach magistrali I²C. Stosując różne kombinacje ustawień można do tej samej magistrali podłączyć nawet 8 czujników.

Czujnik LM75 pozwala na dostęp do 4 wewnętrznych rejestrów. Przed odczytem lub

zapisem wybranego rejestru, trzeba podać jego adres ustawiając dodatkowy rejestr wskaźnikowy. Za wybór adresu odpowiadają dwa najmłodsze bity rejestru wskaźnikowego P1, P0. Możliwe są następujące ustawienia bitów:

- 00 – wybór Rejestru Temperatury,
- 01 – wybór Rejestru Konfiguracyjnego,
- 10 – wybór Rejestru Histerezy,
- 11 – wybór Rejestru Załączania wyprowadzenia OS.

Pozostałe bity P7...P2 powinny być wyzerowane. Po zapisie do rejestru wskaźnikowego

możliwy jest odczyt lub zapis do wybranego rejestru.

Rejestr Konfiguracyjny ma rozmiar jednego bajta, jego wartość można odczytywać i zapisywać, znaczenie poszczególnych bitów jest następujące:

- D4...D3 – określają długości serii kolejnych pomiarów temperatury wykorzystywanych do porównań w trybie termostatu:
 - 00 – 1 pomiar,
 - 01 – 2 pomiary,
 - 10 – 4 pomiary,
 - 11 – 6 pomiarów.
- D2 – bit określający poziom aktywny wyjścia OS w trybie termostatu:
 - 0 – po przekroczeniu wartości załączania aktywny jest poziom niski,
 - 1 – poziomem aktywnym jest poziom wysoki.
- D1 – bit przełączający tryb pracy wyjścia OS:
 - 0 – tryb komparatora (termostatu),
 - 1 – tryb generacji impulsu przerwania, działanie pokazano na rysunku 3.
- D0 – włączanie trybu uśpienia:
 - 0 – normalna praca,
 - 1 – tryb uśpienia.

Rejestr Załączania określa próg załączenia wyjścia OS, a jego działanie pokazano na rysunku 3. Jest rejestrem 2 bajtowym, temperatura przełączania, podobnie jak w przypadku Rejestru Temperatury, zapisywana w kodzie uzupełnienia do 2 z użyciem bitów D15...D7.

Rejestr Histerezy określa próg wyłączenia wyjścia OS gdy mierzona temperatura opadnie poniżej ustawionej wartości. Jest rejestrem 2 bajtowym a zapis temperatury wyłączenia zapisuje się przy użyciu bitów D15...D7 w kodzie uzupełnienia do 2.

Konwersja temperatury na wartość dziesiętną

Odczyt i zapis rejestrów za pomocą magistrali I²C przebiega w standardowy sposób. Na **Listingu 1** pokazana jest funkcja konwersji temperatury na wartość typu float z odczytanych 2 bajtów rejestru. Parametrami funkcji są 2 wskaźniki: *char *p_buf* wskaźnik na bufor ze starszym i młodszym bajtem temperatury i *float *p_temp* wskaźnik na bufor przeznaczony na wartość otrzymaną po konwersji. Stałe TEMP_MIN i TEMP_MAX służą do sprawdzania czy otrzymany po konwersji wynik mieści się w dopuszczalnym zakresie. Jeżeli wszystko się zgadza funkcja zwraca wartość *true*.

Listing 2 pokazuje sytuację odwrotną, gdy wartość umieszczona w buforze wskazywanym przez *float *p_temp* ma zostać zamieniona na 2 bajty temperatury w formacie dopełnienia do 2. Także tutaj, najpierw sprawdzane jest czy temperatura do konwersji mieści się w dopuszczalnym zakresie. Jeżeli wszystko się zgadza następuje zamiana

Listing 1. Funkcja konwertująca temperaturę na wartość typu float z odczytanych 2 bajtów rejestru

```
char Konwersja_odczyt_temp(char *p_buf, float *p_temp) {
    uint16_t liczba;
    float temp;

    liczba = *p_buf << 1;
    if ((*p_buf + 1) & 0x80) != 0) liczba = liczba + 1;
    if ((liczba & 0x100) != 0) {
        //temperatura ujemna
        liczba = (-liczba & 0xff) + 1;
        temp = liczba;
        temp = 0 - temp;
    }
    else temp = liczba;
    temp = temp / 2;
    //sprawdzenie czy odczytana temperatura
    //mieści się w dopuszczalnym zakresie
    if (temp < TEMP_MIN || temp > TEMP_MAX) return false;

    *p_temp = temp;
    return true;
}
```

Listing 2. Funkcja zamieniająca wartość typu float na 2 bajty temperatury w formacie dopełnienia do 2

```
char Konwersja_zapis_temp(char *p_buf, float *p_temp) {
    float temp;
    char temperatura_ujemna;
    uint16_t temp_16;
    char ulamek_05;

    temp = *p_temp;
    //sprawdzenie czy temperatura do konwersji
    //mieści się w dopuszczalnym zakresie
    if (temp < TEMP_MIN || temp > TEMP_MAX) return false;
    if (temp < 0) {
        temperatura_ujemna = true;
        temp = 0 - temp; //zmiana na wartość absolutną
    }
    else temperatura_ujemna = false;

    temp_16 = temp; //temperatura w stopniach
    if ((temp - temp_16) >= 0.5) ulamek_05 = true;
    else ulamek_05 = false;
    temp_16 = temp_16 << 1; //temperatura w 0,5 stopnia
    if (ulamek_05 == true) temp_16++;
    if (temperatura_ujemna == true) {
        temp_16 = -temp_16 + 1;
    }
    temp_16 = temp_16 & 0x1fff;

    //formowanie 2 bajtów w dopełnieniu do 2
    temp_16 = (temp_16 << 7);
    *p_buf = (temp_16 >> 8); //H bajt
    *(p_buf + 1) = 0xff & temp_16;
    return true;
}
```

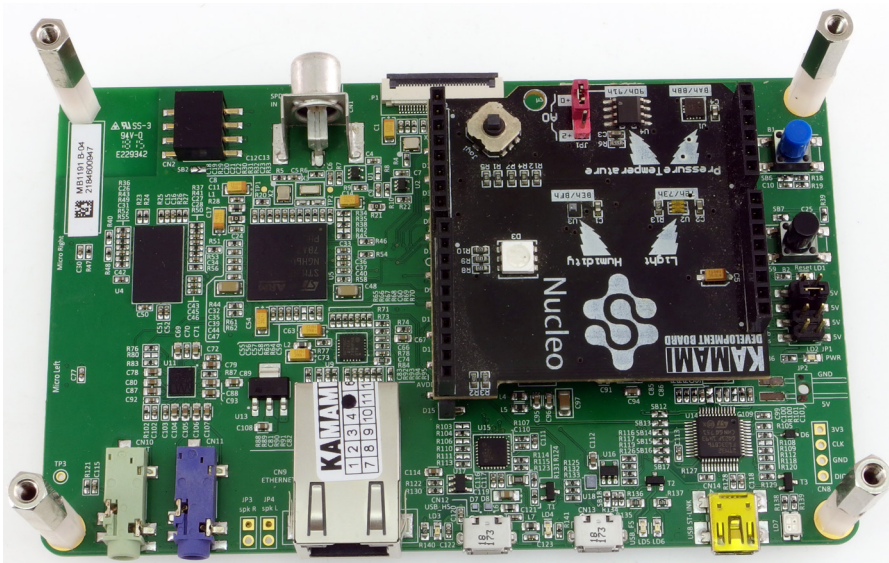
temperatury na 2 bajty umieszczane w buforze wskazywanym przez char *p_buf.

Aplikacja testowa

Dla badania czujnika LM75, została zbudowana aplikacja testowa działająca jak termometr z funkcją termostatu. Działa na płycie rozwojowej STM32F746G-DISCO z płytką KA-NUCLEO-Weather, na której jest zamontowany czujnik STLM75. Płytkę KA-NUCLEO-Weather ma złącza w standardzie Arduino i wygodnie montuje się ją w przystosowanych do tego złączach z tyłu płyty rozwojowej, tak jak to widać na fotografii 1. Płytkę korzysta z napięcia zasilania 3,3 V pobieranego z płyty STM32F746G-DISCO. Magistrala I²C podłączona jest do gniazda CN7-9,10 czyli wyprowadzeń SDA/D14/PB9 i SCL/D15/PB8. Wyprowadzenie OS czujnika dostępne jest na gnieździe CN4-8. Na płycie KA-NUCLEO-Weather zamontowano oporniki podciągające dla magistrali I²C i wyprowadzenia OS czujnika.

Na fotografii 2 widnieje ekran ustawiania temperatury załączania wyjścia OS, w podobny sposób ustawiana jest temperatura rozłączania czyli histereza. Dla lepszego zobrazowania działania do wyjścia OS (CN4-8) można podłączyć poprzez opornik ograniczający ok. 1 kΩ katodę diody LED. Anodę podłączamy do najbliższego wyprowadzenia napięcia 3,3 V np. CN7-8 AVDD. Aplikacja działa w ten sposób, że dopóki mierzona temperatura nie osiągnie poziomu ustawionego w Rejestrze Załączania, dioda LED będzie się świecić. Dioda zapali się ponownie gdy temperatura opadnie poniżej wartości zapisanej w Rejestrze Histerezy. Ciekawe czy czytelnicy domyślą się jak zachowa się dioda gdy temperatura Histerezy będzie miała ustawioną wyższą temperaturę niż poziom Załączania?

Ryszard Szymaniak, EP



Fotografia 1. Podłączenie płytki KA-NUCLEO-Weather



Fotografia 2. Ekran ustawiania temperatury załączania

REKLAMA

100% ELEKTRONIKI NA AVT.PL/PRENUMERATA

OSWIETLENIE LED • CZUJNIKI PRZEMIESZCZENIA, KĄTA I SIŁY

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA + FTP

Międzynarodowy magazyn elektroników konstruktorów • Luty • 2/2020

liczbednik
elektronika na DVD

PODZESPOŁY MEMS
TEMAT NUMERU

Wydawca: ARS INFORMATICA
Redakcja: AVT.PL
Druk: Drukarnia ARS INFORMATICA

Szkola Konstruktorów • Wykorzystanie modułu odwracającego pliki binów

ELEKTRONIKA dla wszystkich

2020 LUTY • Cena 14,90 zł

Analogowy konwerter wideo

Automatyczny wyłącznik nadprądowy

- Kurs Arduino - Wynalazca BLE
- Smart Arduino - Wynalazca orszacz
- MPPT - Regulator prądowy do paneli PV
- Falownik - Power duck
- Naładowanie zasilacza - Zaliczki
- Regulator napięcia DMC
- Przekaźnik - System alarmowy domowy
- LaboLabo - Wykorzystanie płytek pomiarowych
- Miniaturowy przetworniczkowy zasilacz
- Sensoryczny kontroler jazdy D
- Transceivery - Sterownik MOC2ET-01
- Transceivery satelitarne - Złoty 100
- Moduły zasilacza
- Przebiegiwa historia mikrokontrolera

Portale branżowe: AutomatykaBIB.pl, ElektronikaBIB.pl, Migająca dla specjalistów

Drukarki 3D: Drukarki 3D, Drukarki 3D, Drukarki 3D

Przebiegiwa historia mikrokontrolera: Przebiegiwa historia mikrokontrolera

Przebiegiwa historia mikrokontrolera: Przebiegiwa historia mikrokontrolera

2/2020 luty

Elektronik

MAGAZYN ELEKTRONIKI PROFESJONALNEJ

Złącza sygnałowe do urządzeń elektronicznych

Anteny do aplikacji IoT

Sterowniki silników DC

Wydawca: ARS INFORMATICA
Redakcja: AVT.PL
Druk: Drukarnia ARS INFORMATICA

Prenumerujesz Elektronikę Praktyczną + Elektronikę dla Wszystkich? Skorzystaj z promocji 1+1=3 i zamów bezpłatną prenumeratę Elektronika