

Sistem Automat de Monitorizare și Control al Temperaturii

1. Introducere și Obiective

Scopul proiectului: Acest proiect urmărește proiectarea și implementarea unui sistem embedded capabil să monitorizeze temperatura ambientală și să controleze un element de încălzire (un bec cu incandescență) pentru a atinge o valoare țintă presetată de utilizator. Proiectul simulează funcționarea unui termostat industrial sau a unei centrale termice, având cicluri distincte de încălzire și răcire.

Obiective specifice:

- Măsurarea precisă a temperaturii folosind un senzor analogic.
- Implementarea unei interfețe om-mașină (HMI) folosind un afișaj LCD și butoane.
- Controlul unui consumator de putere (becul) prin intermediul unui etaj de amplificare cu tranzistor.
- Programarea unui automat de stări finite (FSM) pentru gestionarea meniului și a logicii de control.

2. Descrierea Hardware (Componente și Rolul lor)

Sistemul este construit în jurul platformei de dezvoltare Arduino Uno și integrează următoarele module:

2.1. Unitatea Centrală de Procesare (Arduino Uno)

Este „creierul” sistemului. Acesta citește tensiunea de la senzor, interpretează comenzile de la butoane și decide când să trimită semnal către tranzistor pentru a aprinde becul.

2.2. Senzorul de Temperatură (LM35)

LM35 este un senzor de precizie, calibrat direct în grade Celsius.

- **Principiu de funcționare:** Furnizează o tensiune analogică la ieșire care crește liniar cu temperatura (10mV/grad C).
- **Conexiune:** Ieșirea senzorului este conectată la pinul analogic A0 al plăcii Arduino, unde convertorul Analog-Digital (ADC) transformă tensiunea în valori numerice.

2.3. Elementul de Execuție (Tranzistorul TIP31C și Becul)

Deoarece microcontrolerul funcționează la 5V acesta nu poate aprinde direct becul cu incandescență.

- **Tranzistorul TIP31C:** Acționează ca un întrerupător electronic controlat. Când primește un semnal mic pe bază (de la pinul D9 al Arduino), permite trecerea unui curent mare de la baterii prin colector către emitor, aprinzând astfel becul.
- **Becul:** Simulează elementul de încălzire. Este plasat fizic lângă senzor pentru a crea o reacție termică rapidă.

2.4. Interfața cu Utilizatorul

- **LCD 16x2 (I2C):** Afișează temperatura curentă, temperatura setată, timpii de execuție și meniul de configurare.
- **Butoanele Tactile:**
 - **UP/DOWN:** Navigare în meniu și modificare valori (T_set, T_cool).
 - **OK:** Confirmare selecție și pornire ciclu.
 - **BACK:** Revenire la meniul anterior sau oprire de urgență a procesului.

3. Descrierea Software (Algoritmul)

Codul sursă este scris în C++ și utilizează o arhitectură bazată pe stări (State Machine).

3.1. Structura Meniului

La pornire, sistemul intră în modul `MODE_MENU`, unde utilizatorul poate seta:

1. **Set T:** Temperatura țintă la care trebuie să ajungă sistemul (Set Point).
2. **tCool:** Timpul alocat pentru faza de răcire.
3. **Start:** Declanșarea procesului automat.

3.2. Ciclul de Control (`MODE_RUN`)

Odată pornit, sistemul parcurge trei faze distincte:

- **PHASE_HEAT (Încălzire):** Arduino trimite semnal „HIGH” către tranzistor. Becul se aprinde și încălzește senzorul. Această fază continuă până când $T_{curenta} \geq T_{setata}$
- **PHASE_COOL (Răcire):** Imediat ce temperatura este atinsă, becul se stinge. Sistemul intră într-o fază de monitorizare pasivă pentru un număr de secunde definit de utilizator (tCool).
- **PHASE_DONE (Finalizare):** Se afișează statisticile ciclului (cât timp a durat încălzirea).

3.3. Element de precizie tehnică

Pentru a măsura timpul corect, nu s-a folosit funcția blocantă `delay()`, ci s-au utilizat întreruperi pe `Timer1`. Acest lucru permite procesorului să numere secunde în fundal, indiferent de ce alte instrucțiuni execută, asigurând o precizie de ceas.

4. Mod de Operare și Rezultate

Pentru a utiliza dispozitivul:

1. Se alimentează circuitul.
2. Se apropie fizic becul de senzorul LM35.
3. Din butoane se setează o temperatură cu 2-3 grade mai mare decât cea ambientală.
4. Se apasă START.
5. Becul se aprinde, iar pe ecran se observă creșterea temperaturii în timp real.
6. La atingerea pragului, becul se stinge automat, demonstrând funcționalitatea buclei de control.

5. Concluzii

Proiectul demonstrează cu succes integrarea hardware-software pentru controlul unui proces fizic. S-a reușit conversia unei mărimi fizice (temperatura) în semnal digital, procesarea acestuia și acționarea unui element de putere. Acest principiu stă la baza tuturor sistemelor moderne de climatizare și automatizare industrială.

Link-ul cu videoclipul prezentării proiectului: <https://youtu.be/JKKef3z4x80>