



MICROCONTROLERE

Termostat de camera

Proiect realizat de: Achiriloaei Ioana-Isabela
Specializarea: Electronica Aplicata
Grupa: 2133
Indrumator: Sl. dr. ing. Radu Etz

Cuprins

1. Introducere

2. Senzori

2.1. Ce este un senzor?

2.2. Senzori de Temperatura

2.2.1 Metode de masurare a temperaturii

2.3. Senzori de Umiditate

2.3.1 Metode de masurare a umiditatii

3. Circuit de conditionare

3.1 Senzorul

3.2 Circuit de amplificare

3.2.1 Calcule

3.3 Convertor analog digital

3.3.1 Calcule

3.4 Simulare Proteus

4. Interfatare senzor cu iesire digitala

4.1 Ce este interfata I2C?

4.2 Cum se foloseste interfata I2C

5. Bibliografie

1. Introducere

Tema proiectului o constituie realizarea unui termostat de camera prin intermediul caruia vom putea monitoriza temperatura si umiditatea dintr-o incapere. Funcționalitatea senzorului de temperatura si umiditate impun o structură generală care este prezentată în Figura 1. Primul element sensibil (senzorul de temperatura) convertește mărimea fizică într-un semnal electric in timp ce, al doilea element (senzorul de umiditate) transmite pe cale directa informatia catre microcontroler. Operația de conversie dintr-o marime fizica într-o marime analogica este urmată de condiționarea semnalului în scopul utilizării acestuia în cadrul diferitelor aplicații. Dispozitivele electronice de condiționare a semnalului necesare sunt amplificatoare de instrumentație, filtre, circuite de liniarizare etc. În următoarea etapă, un CAN va converti semnalul analogic într-un semnal numeric, astfel încât procesorul va putea efectua următoarele operațiuni:

- achiziția automată a semnalului
- memorarea informațiilor referitoare la semnalul respectiv
- prelucrarea și analiza informației
- afișarea rezultatelor

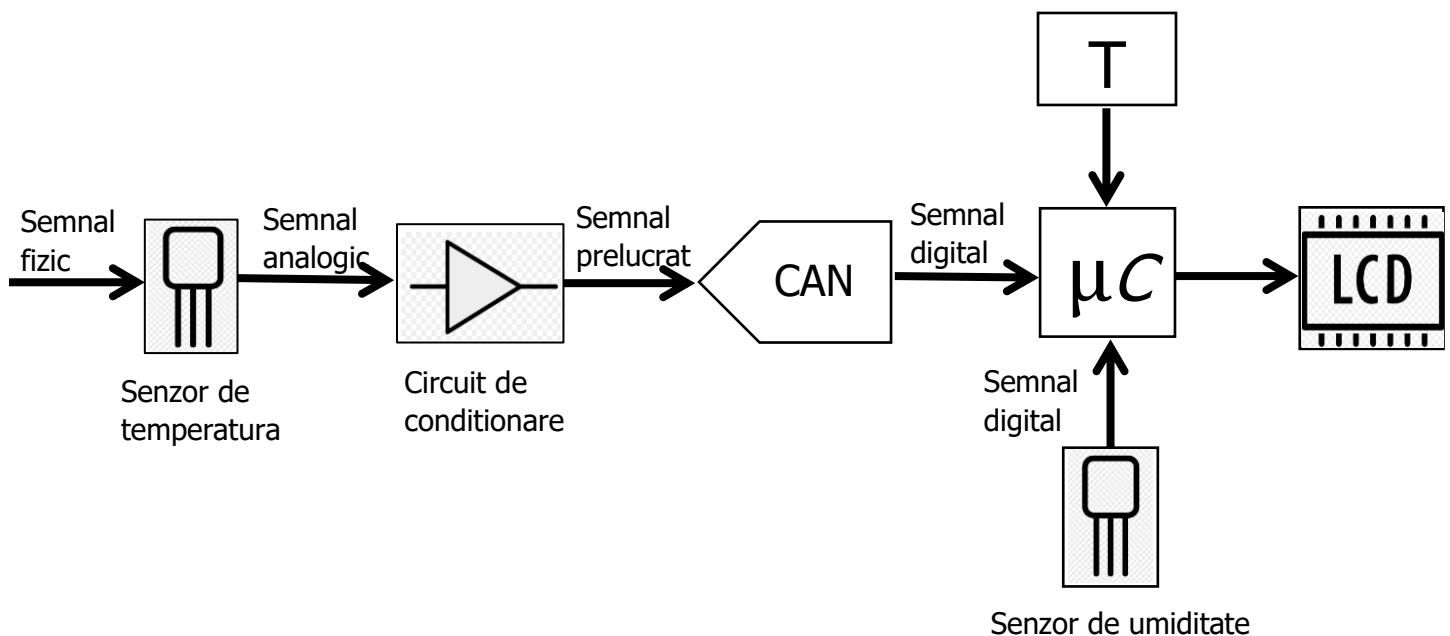


Fig. 1 Schema bloc a circuitului electronic de masura propus

2. Senzori

2.1. Ce este un senzor?

Este un dispozitiv tehnic foarte sensibil care sesizeaza un anumit fenomen, receptioneaza si raspunde la un stimul fizic, ca prim element de intrare intr-un sistem de masura. Traductorul este un dispozitiv care converteste un tip de energie in alta, de obicei o energie neelectrica (provenita din mediul inconjurator) in energie electrica, marime ce poate fi masurata, prelucrata si ulterior afisata. Din definitia anterioara a traductorului, ca si componenta electrica de masura, reiese ca orice traductor contine unul sau mai multi senzori.

Dezvoltarea unor dispozitive de masurare de tipul senzorilor și traductoarelor a aparut ca o necesitate impusa de progresul tehnic si mai ales de necesitatea de a controla in timp real procese complexe. Initial, omul s-a rezumat la a prelua informatii din mediul inconjurator prin intermediul celor cinci organe de simt: ochii (vederea), nasul (mirosul), urechile (auzul), gura (gust), membre, in special maini (pipait). Realizarile initiale, in tehnica senzorilor si traductoarelor, au avut la baza aceasta asociere și o prima clasificare se poate face in functie de acest rationament:

- vederea → senzori optici
- mirosul → senzori de gaze și umiditate
- auzul → senzori acustici și de presiune
- pipăit → senzori termici și de presiune
- gustul → senzori de compozitii chimice

Traductorul realizeaza in prima etapa un proces de masurare prin obtinerea informației primare de la obiectul sau fenomenul supus observatiei, sub forma unui semnal electric ce ulterior este prelucrat si transformat astfel încat sa existe posibilitatea recuperarii si valorificarii informatiei continute in semnal.

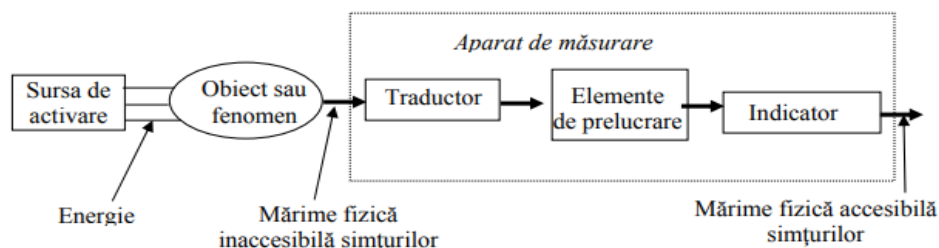


Fig. 2 Structura generala a unui sistem senzorial de masurare [1]

2.2. Senzori de Temperatura

Temperatura este mărimea fizică neelectrică care exprimă cantitativ proprietatea de cald sau rece a unui sistem. Senzorii de temperatura utilizati au o varietate mare, datorita ariei mari de temperaturi, precum si a preciziei cu care se masoara intr-un anumit domeniu. Senzorii de temperatura se impart in doua categorii: cei pentru interiorul casei si cei pentru exteriorul casei. Senzorii care se plaseaza in exteriorul cladirii sunt utili atunci cand se doreste controlul dispozitivelor inteligente pentru gradina, precum aspersoarele care pornesc la o anumita temperatura. In ceea ce priveste senzorul din interiorul cladirii, acesta se poate conecta cu o varietate de dispozitive, precum cu un dispozitiv de aer conditionat.

Senzorii de temperatura se pot clasifica in functie de tipul marimii de iesire in:

- senzori analogici - pentru care semnalul de iesire este in permanenta proportional cu marimea fizica de intrare
- senzori numerici (digitali) - la care semnalul de iesire poate lua numai un numar limitat de valori discrete

2.2.1. Metode de masurare a temperaturii

Termorezistențele se bazează pe proprietatea materialelor de a-și modifica rezistența electrică în funcție de temperatura avand un domeniu de măsurare cuprins între: -120°C ... $+850^{\circ}\text{C}$.

Dupa natura materialelor din care pot fi realizate se pot clasifica in:

- CUPRU - se oxidează ușor și își pierde puritatea, ceea ce îl face mai puțin utilizabil
- NICHEL - are un grad înalt de puritate și cea mai mare variație a rezistenței cu temperatura între 0 și 100°C , coeficientul său de temperatură scade brusc, iar caracteristica sa este puternic neliniară
- PLATINA - 200°C până la 600°C , cel mai utilizat material avand o caracteristică aproape liniară și stabilă



Fig. 3 Termorezistente

Termocuplul este un senzor utilizat pentru măsurarea temperaturii. El funcționează pe baza efectului Seebeck (constă în apariția unei tensiuni termoelectromotoare într-un circuit compus din doi sau mai mulți conductori sau semiconductori diferiți ale căror capete sunt menținute la temperaturi diferite), acesta duce la formarea unei diferențe de potențial electric pe baza unei diferențe de potențial termic. Termocuplurile sunt utile pentru că pot fi integrate în mașini automate și pot măsura o gamă largă de temperaturi, limitarea lor principală reprezentând-o precizia.

Domeniul de variație al temperaturii este : $-184^{\circ}\text{C} \dots +2300^{\circ}\text{C}$

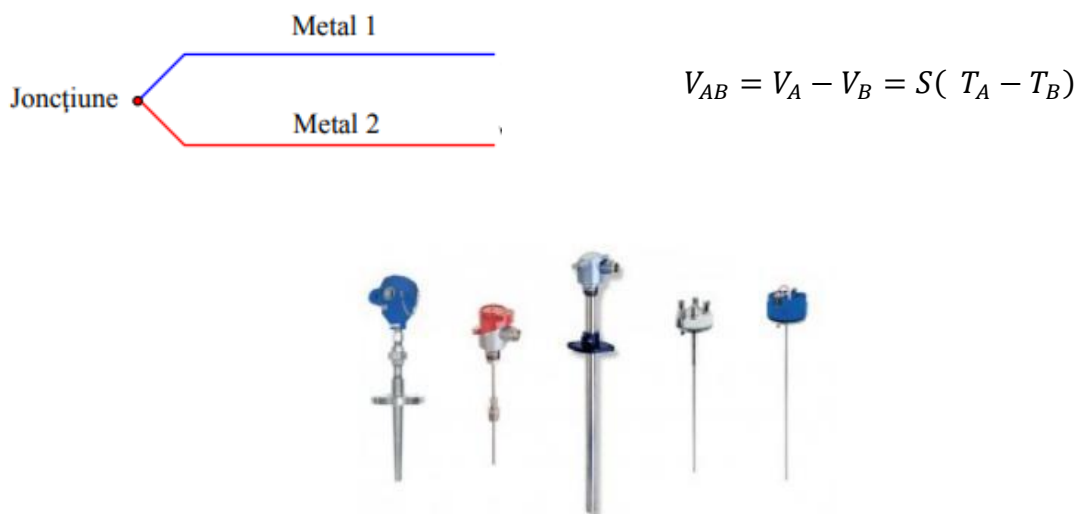


Fig. 4 Senzori de tip termocuplu

Termistorii sunt dispozitive rezistive care prezintă un coeficient de temperatură negativ. Acești senzori sunt ieftini fiind ideali pentru circuitele de măsurare a temperaturii de precizie medie. Datorită sensibilității sale termice ridicate, termistorul e preferat atunci când trebuie sesizate variații foarte mici de temperatura.

Domeniul de variație al temperaturii este: $-75^{\circ}\text{C} \dots +300^{\circ}\text{C}$

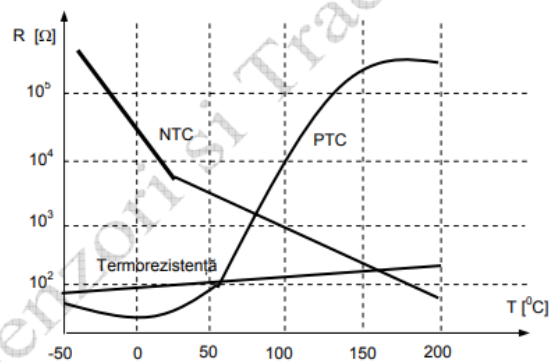


Fig. 5 Caracteristica de variație a rezistenței cu temperatura

Acest tip de măsurare al temperaturii și anume prin termistori, prezintă o sensibilitate ridicată, dar sunt puternic neliniari așa cum reiese și din figura de mai sus, iar asta îi face să fie mai puțin utilizabili.



Fig. 6 Senzor de tip termistor

Senzorii cu joncțiune semiconductoare sunt bazați pe sensibilitatea cu temperatura a dispozitivelor cu siliciu. Ei se bazează pe variația tensiunii de deschidere a unei joncțiuni p-n cu temperatura. Funcționarea senzorilor de temperatură realizați cu dispozitive semiconductoare se bazează pe dependența de temperatură a tensiunii directe (în cazul unei diode semiconductoare), respectiv a tensiunii bază – emitor (în cazul unui tranzistor) atunci când acestea sunt străbătute de un curent constant.

Domeniul de variație al temperaturii este: -55° C... +150° C



Fig.7 Senzor de tip semiconductor

În urma prezentării celor 4 metode de măsurare a temperaturii, am ales să folosesc senzorii de tip jonctiune semiconductoare pentru acest proiect. În comparație cu celelalte dispozitive de măsurare a temperaturii, senzorii cu jonctiune semiconductoare sunt cei mai utilizați datorită ușurinței lor de fabricare și implementare. Aceștia se pretează la realizarea lor sub formă integrată ocupând un spațiu foarte mic în tehnologia circuitelor integrate. De asemenea, se mai adaugă și faptul că sunt realizați din siliciu fiind un material foarte stabil cu legături puternice între particule, costurile nu sunt ridicate, impedanța de ieșire scăzută și liniaritatea ridicată.

TIP

CARACTERISTICI

LM35

Senzor analogic de temperatura
 Calibrat direct în °C
 Precizie de 0.5°C
 Variaza cu 10mV/°C
 Domeniu de măsurare: +55°C ... +150°C
 Alimentare 4 – 30 V

LM335

Senzor analogic de temperatura
 Precizie de 1°K
 Domeniu de măsurare: -40°C ... +100°C
 Alimentare 3 – 3.6 V

LM45

Senzor analogic de temperatura
 Vout variază cu 10mV/°C
 Precizie de ± 3°C
 Domeniu de măsurare: -20°C ... +100°C
 Alimentare 4 - 10V

LM75

Senzor digital de temperatura

Precizie de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ($-25 \div 100^{\circ}\text{C}$) și $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ($-55 \div +150^{\circ}\text{C}$)

Domeniu de masurare: $-55^{\circ}\text{C} \dots +125^{\circ}\text{C}$

Alimentare 3.5 - 5.5 V

Am ales senzorul LM35 pentru ca, tensiunea de ieșire este proporțională cu temperatura (grade Celsius) și variază cu $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ la schimbarea temperaturii. Acest senzor nu necesită o calibrare externă pentru a furniza o precizie de $\pm 0.25^{\circ}\text{C}$ la temperatura de 25°C și de $\pm 0.75^{\circ}\text{C}$ pe tot domeniul de temperatura. Consumul de curent este scăzut, $60\text{ }\mu\text{A}$.

Figura de mai jos definește funcționalitatea circuitului integrat LM35 și se observă faptul că tensiunea bază – emitor a tranzistoarelor depinde de temperatura. Orice modificare a temperaturii va conduce la o variație a tensiunii v_{BE}

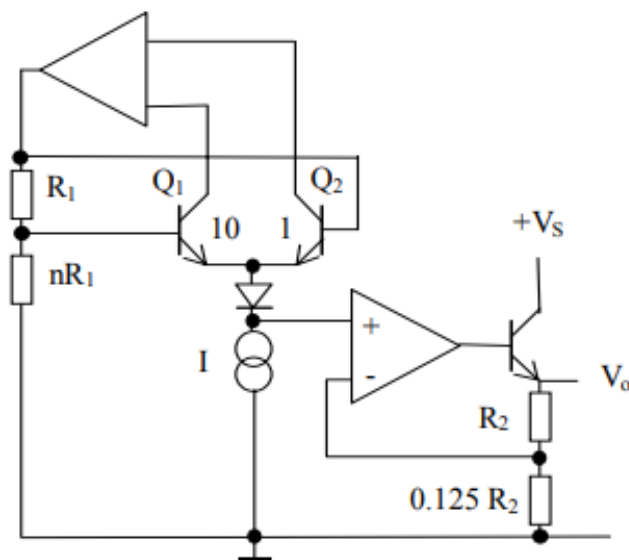


Fig. 8 Circuit intern LM35

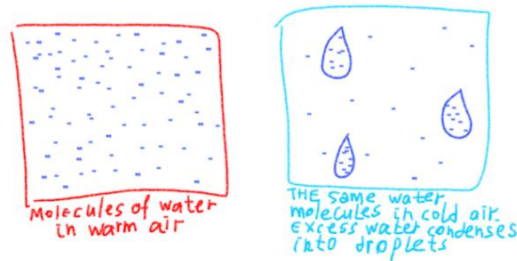
2. Senzori

2.3 Senzori de Umiditate

Umiditatea reprezintă cantitatea de vapori de apă din aer și variază în funcție de temperatura din locuință comparativ cu cea din exterior.

Cei trei termeni folosiți de obicei sunt: umiditatea absolută, punctul de rouă și umiditatea relativă (RH).

- umiditatea absolută este cantitatea maximă de vapori aflată într-un volum dat de aer, de obicei exprimată în grame pe metru cub. Nu ia în considerare temperatura, dar se schimbă pe măsură ce temperatura aerului sau presiunea se modifică, dacă volumul nu este fix.
- punctul de rouă reprezintă temperatura la care aerul devine saturat și vaporii încep să se condenseze.



- umiditatea relativă a aerului, Relative Humidity (RH), este raportul dintre umiditatea momentană la o temperatură anume și umiditatea maximă posibilă la aceeași temperatură.

Ea nu poate depăși 100% deoarece surplusul se elimină prin condensare. Atunci când cantitatea vaporilor de apă este constantă, scăderea temperaturii determină creșterea valorii umidității relative (aerul devine mai umed), iar creșterea temperaturii determină scăderea valorii umidității relative (aerul devine mai uscat).

Măsurarea umidității relative este indicată ca procent și determinată de expresia:

$$RH\% = \frac{P_v}{P_s} \cdot 100$$

P_v - este presiunea parțială efectivă a conținutului de umiditate din aer

P_s - este presiunea saturată a aerului umed la aceeași temperatură dată (atat în Bar, fie în KPa)

De ce ne interesează să măsurăm umiditatea relativă și nu pe cea absolută? Pentru că, de fapt, umiditatea relativă ne indică viteza de evaporare a apei de pe un corp. Cu cât umiditatea relativă

este mai mica, cu atat apa se va evapora mai repede in acea incapere. Corpul uman percepe foarte bine acest lucru prin transpiratie. Daca umiditatea relativa este foarte mare, apa se va evapora mai greu iar noi vom avea o senzatie de transpiratie mai accentuata, marind gradul de discomfort

Traductorul de umiditate conține, pe lângă senzor, și un rezistor conectat între pinul de ieșire al modulului (OUT) și VCC. Acesta formează, împreună cu senzorul, un divizor rezistiv de tensiune.

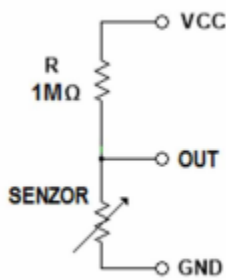


Fig. 1 Divizor rezistiv de tensiune

Prin utilizarea unui divizor rezistiv de tensiune căruia i se aplică tensiunea Vcc, la ieșire se obține o tensiune proporțională cu variația rezistenței senzorului calculată conform formulei:

$$V_{umid} = V_{out} = V_{cc} \cdot \frac{R_{senzor}}{R_{senzor} + R}$$

Tehnic, dispozitivul folosit pentru masurarea umiditatii atmosferei se numeste higrometru. Senzorii sau higrometrele de umiditate pot fi clasificate in functie de tipul de umiditate pe care il masoara.

2.3.1 Metode de masurare a umiditatii

Senzori de umiditate rezistivi sunt utilizati pentru masurarea umidității relative RH [%] Acestia masoara rezistenta (impedanta) sau conductivitatea electrica a unui mediu higroscopic (material capabil sa atraga apa din mediul inconjurator) cum ar fi: un polimer conductiv, sarea sau un substrat tratat. Valoarea impedantei se schimba in functie de umiditate.

De obicei, senzorii rezistivi sunt construiti dintr-un electrod din metal nobil depus pe un substrat de baza (tehnica fotorezistorului) aflata pe un cilindru de sticla sau plastic. Pelicula conductoare a higrometrului rezistiv este realizată din clorura de litiu și carbon. Pelicula conductoare se plasează între electrozii metalici., iar rezistența filmului conductor variază în funcție de modificarea valorii umidității prezente în aerul înconjurător. Umiditatea absorbită de clorura de litiu va depinde de umiditatea relativă. Dacă umiditatea relativă este mare, clorura de litiu va absorbi mai multă umezeală și rezistența va scadea.

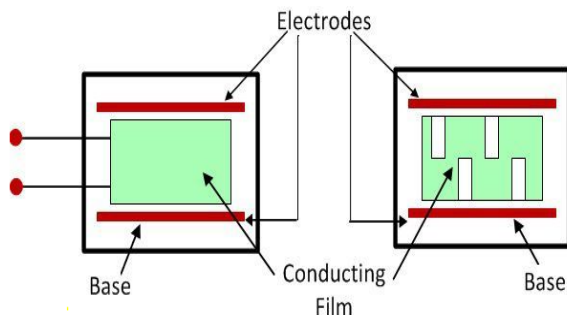


Fig. 2 Modul de functionare a senzorilor de umiditate rezistivi

Senzorii moderni de umiditate rezistivi sunt acoperiți cu substanță ceramică pentru a oferi o protecție suplimentară. Electrozii din senzor sunt de obicei realizați din metale nobile precum aurul, argintul sau platina.

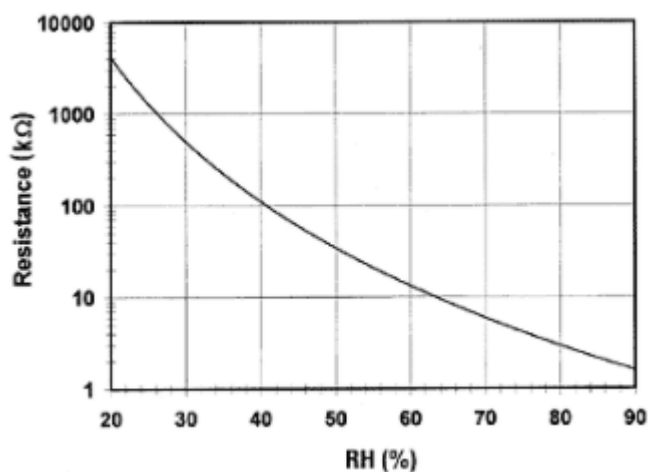


Fig. 3 Caracteristica de variatie a umiditatii cu rezistenta

Timpul de raspuns variaza de la 10 la 30 secunde pentru o varitie de 63% a RH-ului. Impedanta variaza intre limitele: $1\text{k}\Omega$ si $100\text{M}\Omega$. Senzorii rezistivi sunt mai practici pentru situațiile în care se fac măsurători frecvente care nu necesită date extrem de precise, deoarece așa cum se observa și din figura atasată mai sus, aceștia nu prezintă o liniaritate ridicată.

Higrometrele capacitive sunt senzori capacitivi folosiți pentru măsurarea umidității relative. Permitivitatea electrică a materialului dielectric se schimbă o dată cu modificarea umidității. Un electrod cu permeabilitate sporită pentru vaporii de apă se utilizează ca un strat de contact cu mediul, iar sub acest electrod este un dielectric, care își schimbă caracteristicile electrice în funcție de umiditatea relativă. Perechea acestui electrod este situată dedesubt pe un substrat de bază din sticlă sau plastic. Datorită difuziei moleculelor de apă ce se deplasează liber prin aer, se realizează un echilibru al umidității.

$$C = \varepsilon \cdot \frac{A}{d}$$

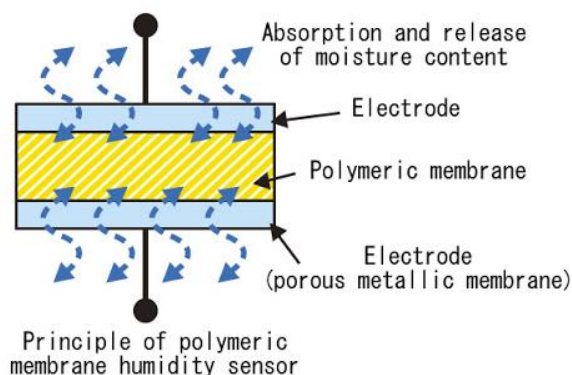


Fig. 4 Principiul de functionare a higrometrelor de tip capativ

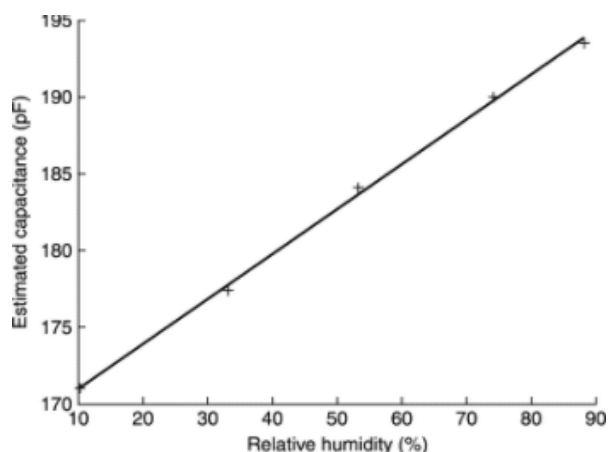


Fig. 5 Caracteristica de variatie a umiditatii relative cu capacitatea

Higrometrul capacitiv oferă rezultatul foarte precis având o liniaritate ridicată. Se realizează prin plasarea materialului higroscopic între electrozii metalici și poate absorbi rapid apă, iar capacitatea condensatorului scade.

Higrometrele cu fir de par sunt aparate care indică direct valoarea umidității aerului la un moment dat. Principiul de funcționare este dat de modificarea lungimii unui fir de păr. Acesta este un material organic higroscopic, care absoarbe vaporii de apă. Modificările lungimii firului de păr sunt transmise printr-un resort la un ac indicator așa cum reiese și din figura de mai jos. Acul indicator se va deplasa în fața unui cadran etalonat în valori ale umidității relative a aerului, de la 0 la 100%. Astfel de aparate se mai folosesc și în prezent, fie cu par uman, fie cu par de cal. Dilatarea firului de par este în jur de 2% și s-a mai observat că parul blond este mai sensibil la variațiile de umiditate decât cel închis la culoare.

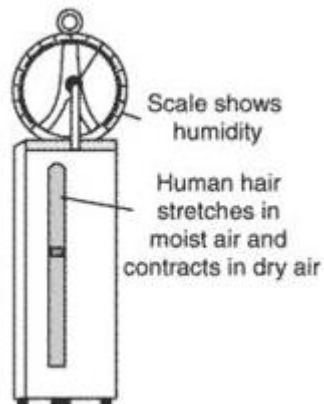


Fig. 6 Higrometru cu fir de par

Senzori de umiditate termică sunt folosiți pentru a măsura umiditatea absolută. Acestea fac acest lucru calculând diferența de conductivitate termică a aerului uscat față de aerul umed.

Două termistoare NTC sunt suspendate de fire subțiri cu senzorul. Unul dintre termistori se află într-un compartiment expus aerului printr-o serie de găuri de ventilație, iar al doilea termistor este plasat într-un compartiment diferit din cadrul senzorului care este închis ermetic în azot uscat. Când curentul trece prin termistori, temperatura lor crește disipându-se mai multă căldură pe termistorul închis, deci o să aibă conductivități diferite. Se poate face o măsurare a diferenței de rezistență a celor doi termistori, care va fi direct proporțională cu umiditatea absolută.

Senzorii de umiditate cu conductivitate termică sunt potriviți pentru utilizare în medii cu temperaturi ridicate, sunt durabili și pot oferi o rezoluție mai mare decât alte tipuri de senzori de umiditate.

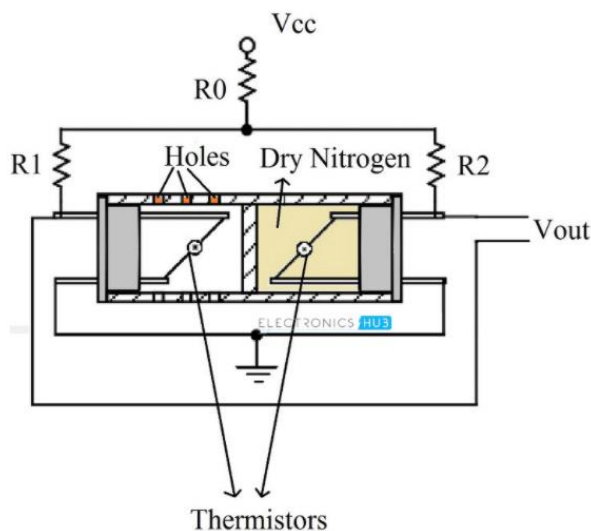


Fig. 7 Modul de funcționare a senzorilor de umiditate termică

Deși senzorul capacitiv și senzorul rezistiv au același scop în măsurarea umidității, ele diferă prin metode. Senzorii capacitivi sunt considerați a fi mai exacti și mai stabili având o liniaritate ridicată făcându-i mai potriviți pentru aplicații în care precizia este primordială. Aceștia sunt mult mai rezistenți la apă, praf și substanțe chimice având și o dimensiune mică.

Senzorii rezistivi sunt mai practici pentru situațiile în care se fac măsurători frecvente care nu necesită date extrem de precise și se pot utiliza în aplicații de monitorizare la distanță unde distanța dintre elementul senzorului și circuitul de semnalizare este mare.

TIP

CARACTERISTICI

HIH6030-021-001

Senzor capacitiv cu ieșire digitală
Precizie de $\pm 4.5\%$ RH
Umiditate 0 ... 100% RH
Curent de alimentare: 650 uA
Temperatura de operare: -40 °C ... 100 °C
Tensiune de alimentare: 2.3 V - 5.5 V
Rezoluție de 14 biți
Pret 33.27 lei

SHTC3

Senzor capacitiv cu ieșire digitală
Precizie de $\pm 2\%$ RH
Umiditate 0 ... 100% RH
Temperatura de operare: -40 °C ... 125 °C
Tensiune de alimentare: 1.62 V – 3.6 V
Rezoluție de 16 biți
Pret 10.04 lei

HIH8120-021-001

Senzor capacitiv cu ieșire digitală
Precizie de $\pm 2\%$ RH
Umiditate 0 ... 100% RH
Curent de alimentare: 650 uA
Temperatura de operare: -40 °C ... 125 °C
Tensiune de alimentare: 2.3 V - 5.5 V
Rezoluție de 14 biți
Pret 36.71 lei

HIH8130-021-001

Senzor capacitiv cu ieșire digitală
Precizie de $\pm 2\%$ RH
Umiditate 0 ... 100% RH
Curent de alimentare: 650 uA
Temperatura de operare: -40 °C ... 125 °C
Tensiune de alimentare: 2.3 V - 5.5 V
Rezoluție de 14 biți
Pret 27.01 lei

Senzorul ales trebuie sa aiba gama de operare a umiditatii intre 30% si 100%. Intrucat toti senzorii prezentati mai sus se incadreaza in acest interval, mai ramane de analizat senzorul in functie de temperatura de operare, precizie si de pret.

Pentru acest proiect am ales senzorul **SHTC3** de tip capacitiv cu ajutorul caruia voi putea masura umiditatea relativa dintr-o incapere. Acesta are raportul calitate/preț cel mai bun dintre cei prezentati mai sus, foloseste un protocol de comunicatii I2C cu o rezolutie ridicata, iar precizia este de $\pm 2\%$ RH. Acest senzor digital este potrivit pentru realizarea unui termostat de camera avand o calitate si o fiabilitate dovedita in industrie.

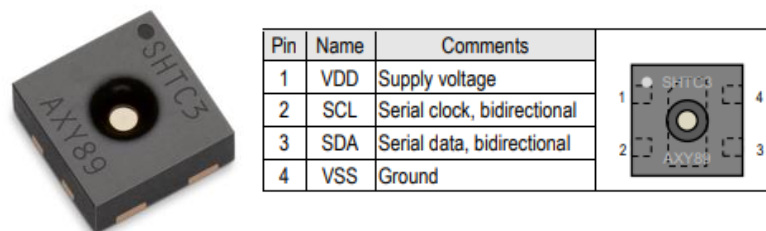


Fig. 8 Senzorul de umiditate SHTC3

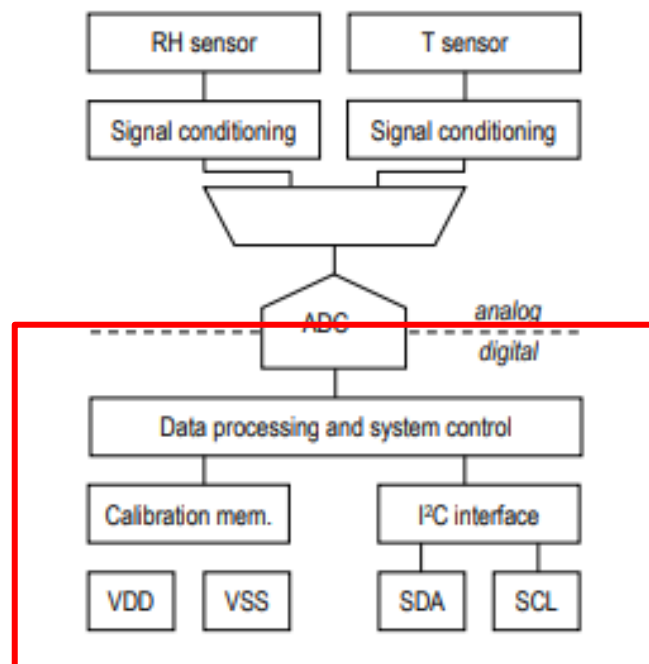


Fig. 9 Diagrama bloc functionala pentru SHTC3

Un senzor digital de umiditate funcționează prin doi micro-senzori care sunt calibrați la umiditatea relativă a zonei date. Acestea sunt apoi convertite în format digital printr-un proces de conversie analog-digital care este realizat de un cip situat pe același circuit .

Magistrala consta in doua linii active de semnal Serial Clock si Serial Data fiind bidirectionale si transporta informatie de date. Linia SCL este elementul de ceas, iar cealalta linie elementul de date.

3. Circuitul de conditionare

3.1 Senzorul

Senzorul de temperature are iesirea analogica deci trebuie sa realizam o conversie din analogic in digital intrucat microcontroller-ul are intrarile digitale.

Senzor de temperatura LM35

- Iesire in tensiune $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$
- Alimentare $4\text{V}-30\text{V}$
- Domeniu de masurare $+55^{\circ}\text{C} \dots 150^{\circ}\text{C}$

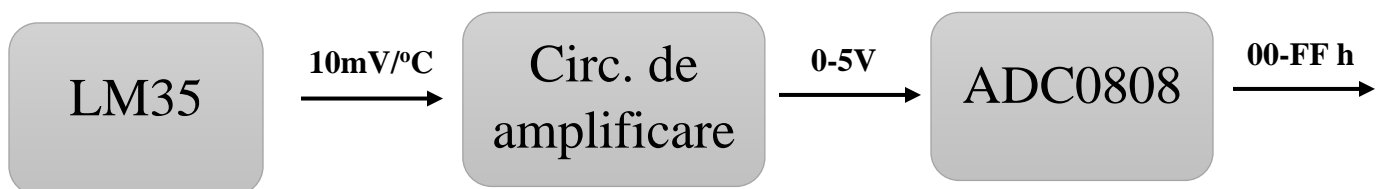
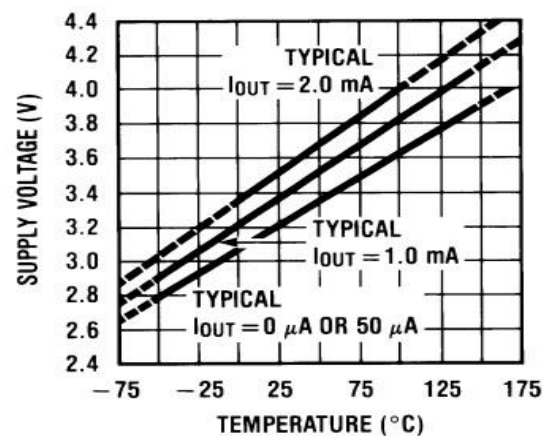
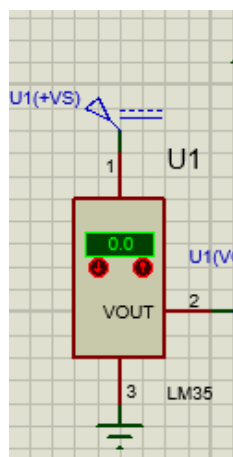


Fig. 1 Schema bloc circuit de conditionare

3.2 Circuit de amplificare

Amplificatorul operațional este blocul de intrare în multe circuite integrate analogice. Are 2 intrări și amplifică diferența semnalelor de pe intrări. Amplificatoarele operaționale sunt dispozitive extrem de eficiente și versatile. Aplicațiile lor sunt foarte diverse, putându-se realiza: circuite de condiționare, funcții speciale de transfer, instrumentație analogică, sisteme speciale de măsură și control. Termenul de amplificator operațional este folosit de obicei pentru amplificatoarele ce pot realiza și operații matematice. Folosirea acestora împreună cu reacția negativă duce la obținerea unei amplificări precise și stabile dependente doar de circuitul de reacție folosit.

Semnalul de ieșire al amplificatorului diferențial este proporțional cu diferența dintre cele două intrări, constanta de proporționalitate fiind chiar amplificarea diferențială.

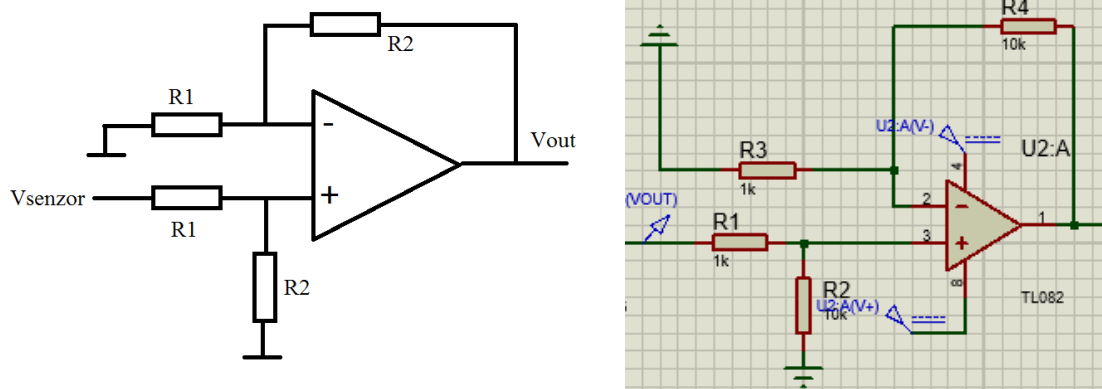


Fig. 2 Amplificator diferențial

Am ales amplificatorul TL082 pentru ca raportul pret/calitate este unul foarte bun, este rapid, are o impedanță de intrare de 10^{12} , iar timpul de răspuns este de 2 us.

3.2.1 Calcule

$$\begin{array}{lcl} 1^{\circ}\text{C} & \longrightarrow & 10\text{ mV} \\ 50^{\circ}\text{C} & \longrightarrow & x \end{array} \longrightarrow x = 500\text{ mV}$$

În cazul acesta pentru o temperatură de 50°C depistată în camera, tensiunea de ieșire va varia cu 500mV, ceea ce înseamnă o tensiune prea mică, de aceea folosim un circuit de adaptare, adică amplificatorul diferențial care cu ajutorul rezistențelor putem dimensiona valorile tensiunilor de care avem nevoie, pentru ca dispozitivul nostru să funcționeze în condiții optime.

$$\left. \begin{aligned} V^+ &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{\text{senzor}} \\ V^- &= \frac{V_{\text{out}}}{R_2} / \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \end{aligned} \right\} \xrightarrow{V^+ = V^-} V_{\text{out}} = \frac{R_2}{R_1} \cdot V_{\text{senzor}}$$

$$\left. \begin{aligned} \text{La } 0^\circ\text{C} &\longrightarrow V_{\text{out}} = 0 \\ \text{La } 50^\circ\text{C} &\longrightarrow 5V = \frac{R_2}{R_1} \cdot 500 \text{ mV} \end{aligned} \right\} \longrightarrow \frac{R_2}{R_1} = 10 \text{ si } R_2 = 10 \cdot R_1$$

Alegem $R_1 = 1\text{k}\Omega$ si $R_2 = 10\text{k}\Omega$

3.3 Convertor analogic digital

Informațiile pe care le percepem de la fenomenele din jurul nostru sunt analogice. Pentru a le măsura și prelucra, semnalele de orice natură sunt transformate în semnale electrice folosind dispozitivele electronice numite traductori. Aceste semnale sunt tot analogice. Prelucrarea semnalelor electrice în sistemele digitale prezintă câteva avantaje: viteză mare de operare, imunitate mai bună la zgomote, programabilitate și posibilitatea de memorare și prelucrare ulterioară. Transformarea unui semnal din formă analogică în formă digitală (digitizarea) presupune două etape: eșantionarea și cuantificarea prezentate și în figurile de mai jos.

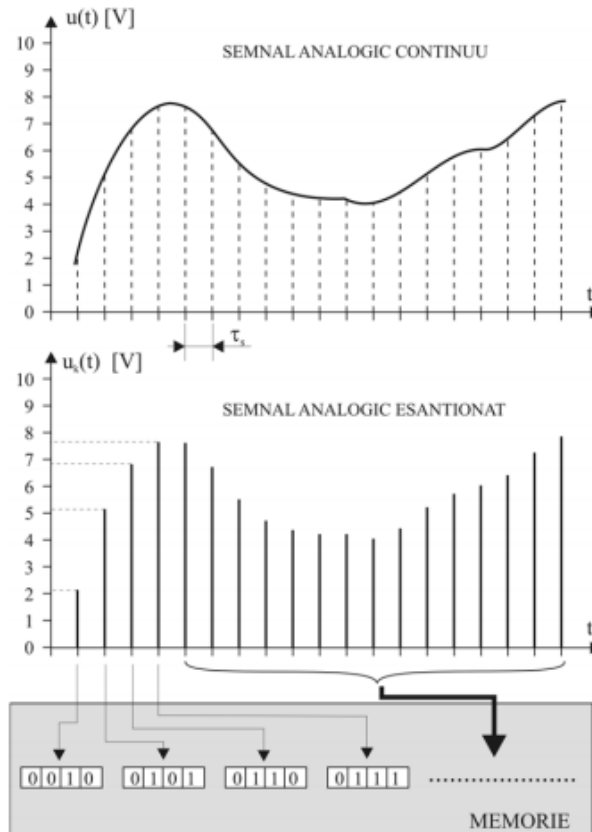


Fig. 3 Etapele procesului de digitizare a unui semnal analogic

Eșantionarea înseamnă “citirea” valorii lui analogice la intervale de timp egal distanțate între ele. Semnalul obținut este tot într-o reprezentare analogică dar este un semnal eșantionat. Cuantificarea este etapa în care fiecărui eșantion i se atribuie un cod numeric care conține doar două simboluri, 0 și 1. Codul numeric este în directă legătură cu valoarea analogică a eșantionului căruia i se asociază. Cel mai frecvent este folosit codul binar. Pentru ca informațiile digitale astfel obținute să poată fi prelucrate sau folosite în diferitele părți componente ale unui sistem digital complex este necesară memorarea lor.

Convertorul cu aproximații succesive este poate cel mai des întâlnit convertor A/D, având o rezoluție cuprinsă între 8 și 16 biți dar o viteză de conversie mai mică. El are un preț relativ scăzut și o foarte bună liniaritate. Un convertor A/D cu aproximații succesive pe N biți conține un comparator și un convertor digital-analogic de mare viteză pe N biți în bucla de reacție. Pe măsură ce procesul de conversie este în derulare, registrul “construiește” numărul binar care la sfârșit va avea valoarea cea mai apropiată de tensiunea de intrare. Viteza de operare a convertorului cu aproximații succesive este limitată chiar de către viteza cu care are loc conversia digital-analogică.

- pinul numit “End of Convert” (EOC) ne arată când s-a terminat conversia după o eşantionare.
- pinul Start/ALE este setat în “1” atunci convertorul va selecta intrarea analogică multiplexată; dacă Start/ALE este trecut în “0”, convertorul va începe conversia din analog în digital.
- pinul EOC va fi adus în “0” logic, dar după câteva milisecunde, după ce conversia a fost făcută, va fi readus în “1” logic.
- se trece pinul OE în “1” logic şi se poate citi data rezultată la conversie pe magistrala de date de la convertor.
- dacă OE este trecut în “0” atunci convertorul este ca şi deconectat de la magistrala de date a microsistemului. Acesta este un ciclu complet de conversie analog - digitală.

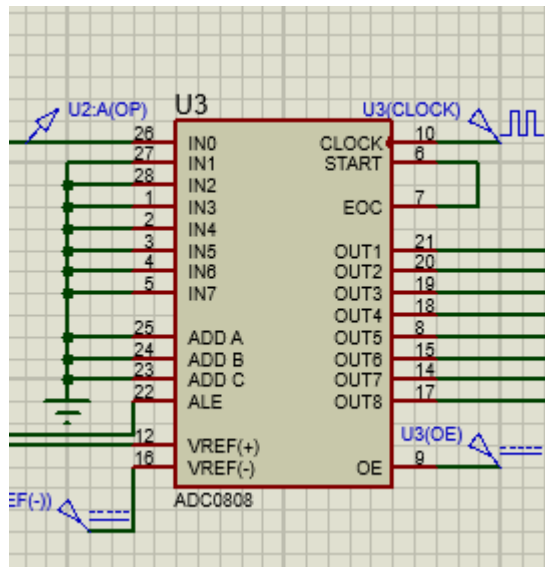


Fig. 6 Schema Proteus

3.3.1 Calcule

$$V_{LSB} = \frac{V_{FS}}{2^n} \Rightarrow V_{LSB} = \frac{5}{2^8} = 20 \text{ mV}$$

$$V_{FS} = 5V$$

$$\textcircled{1} \quad 0 \text{ } ^\circ\text{C} \longrightarrow 0.001 \text{ mV} \longrightarrow 0.01 \text{ V} \longrightarrow 00 \text{ h}$$

$$\textcircled{2} \quad 25 \text{ } ^\circ\text{C} \longrightarrow 0.251 \text{ mV} \longrightarrow 2.51 \text{ V} \longrightarrow 80 \text{ h}$$

$$5V \longrightarrow 1111 \ 1111 = 255$$

$$2.51V \longrightarrow x$$

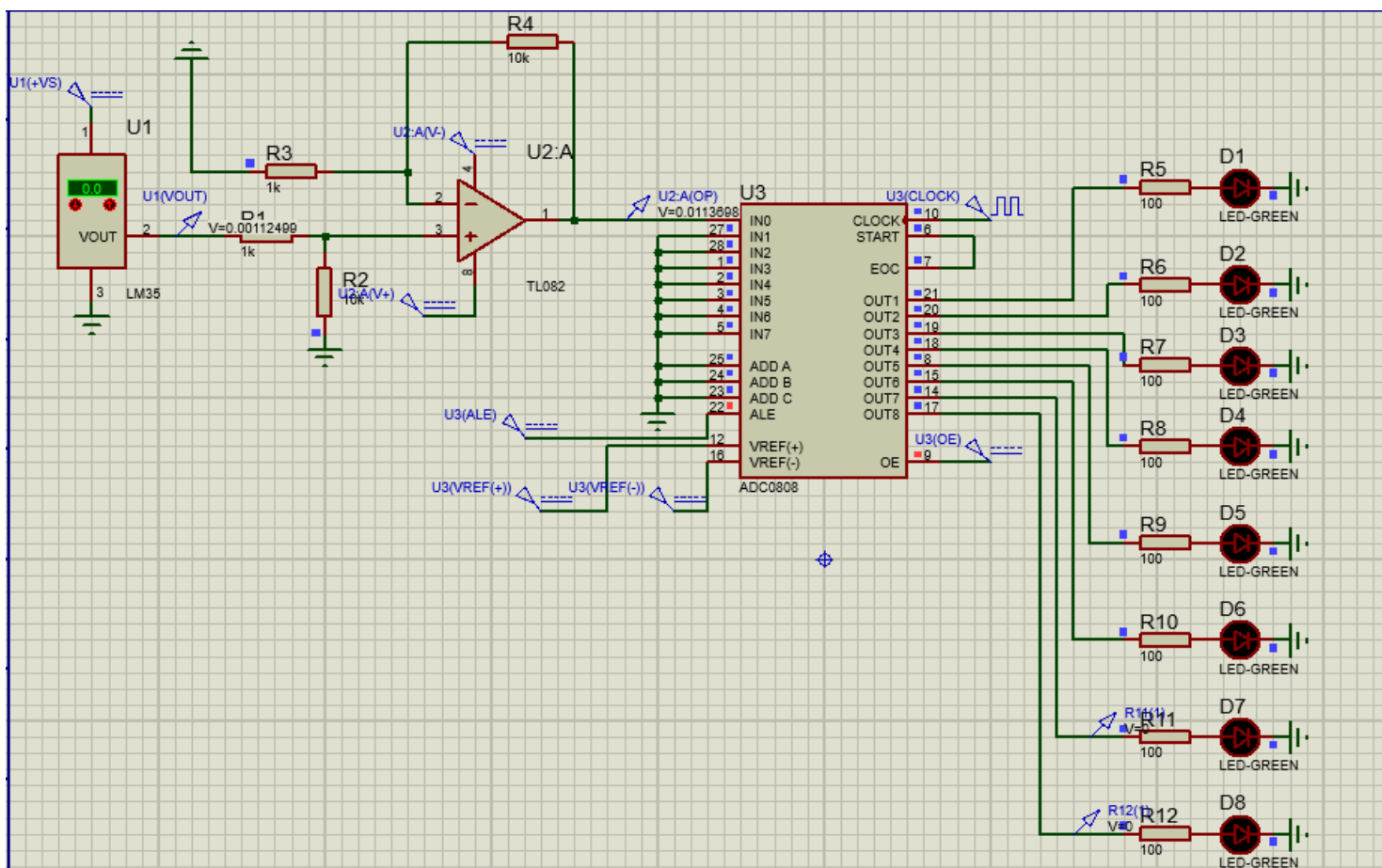
$$\left. \begin{array}{l} 5V \longrightarrow 1111 \ 1111 = 255 \\ 2.51V \longrightarrow x \end{array} \right\} \longrightarrow x = \frac{2.51 \cdot 255}{5} = 128.01 \longrightarrow 128 = 80 \text{ h}$$

③ $50\text{ }^{\circ}\text{C} \longrightarrow 0.502\text{ mV} \longrightarrow 5.02\text{ V} \longrightarrow FF\text{ h}$

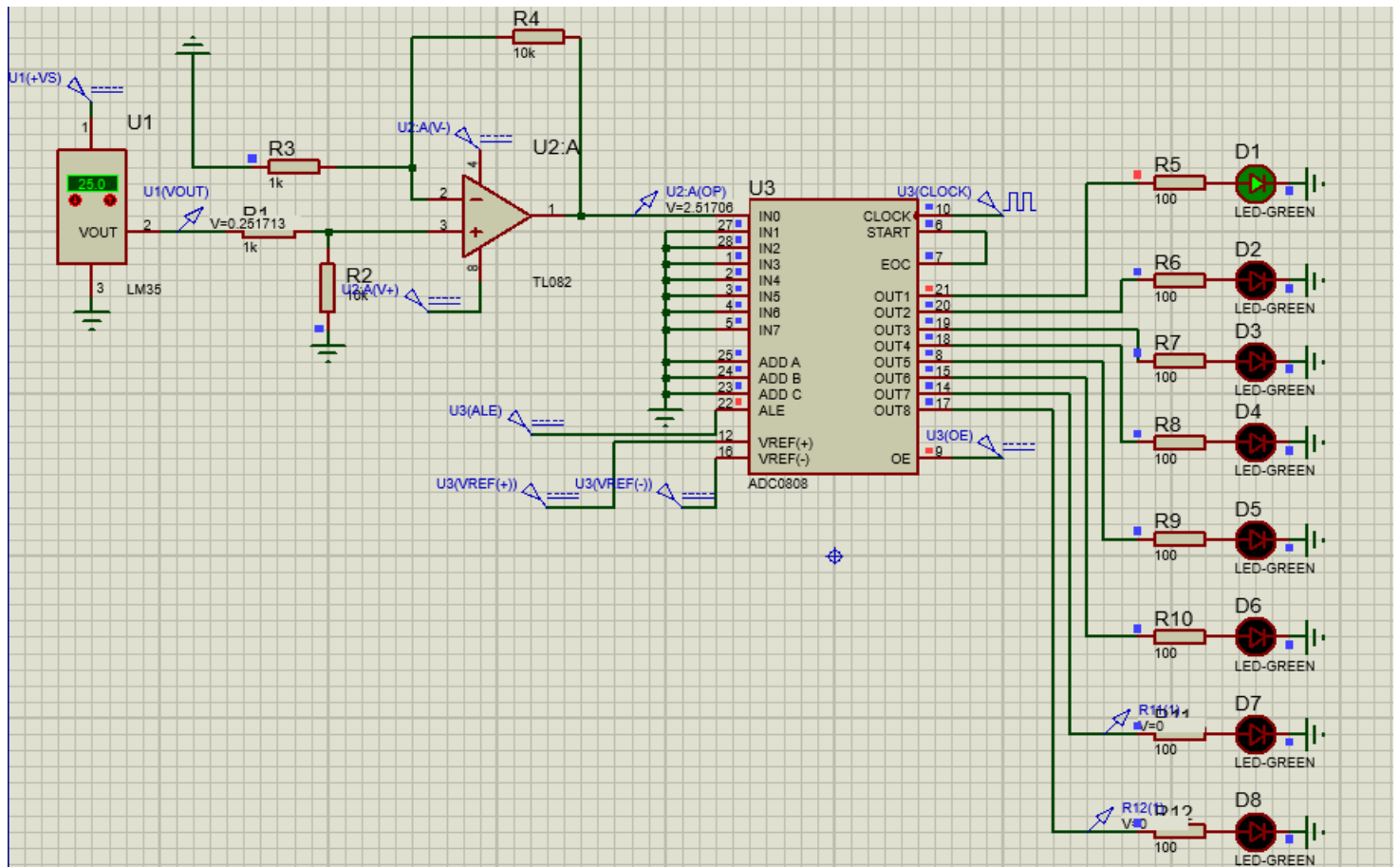
Cu ajutorul convertorului analogic numeric ADC0808 vom converti acest domeniu în domeniul 00h-FFh. Pe ledurile conectate la pini de ieșire ai ADC0808 : D0-D7, vom citi valoarea temperaturii, din hexazecimal în binar (cei 8 pini de ieșire ai ADC-ului corespund celor 8 biti. Pentru 0 °C led-urile nu se vor aprinde, adică vom avea 00h=00000000b, iar pentru 50 °C toate ledurile se vor aprinde, adică vom avea FFh=11111111b.

3.4 Simulare Proteus

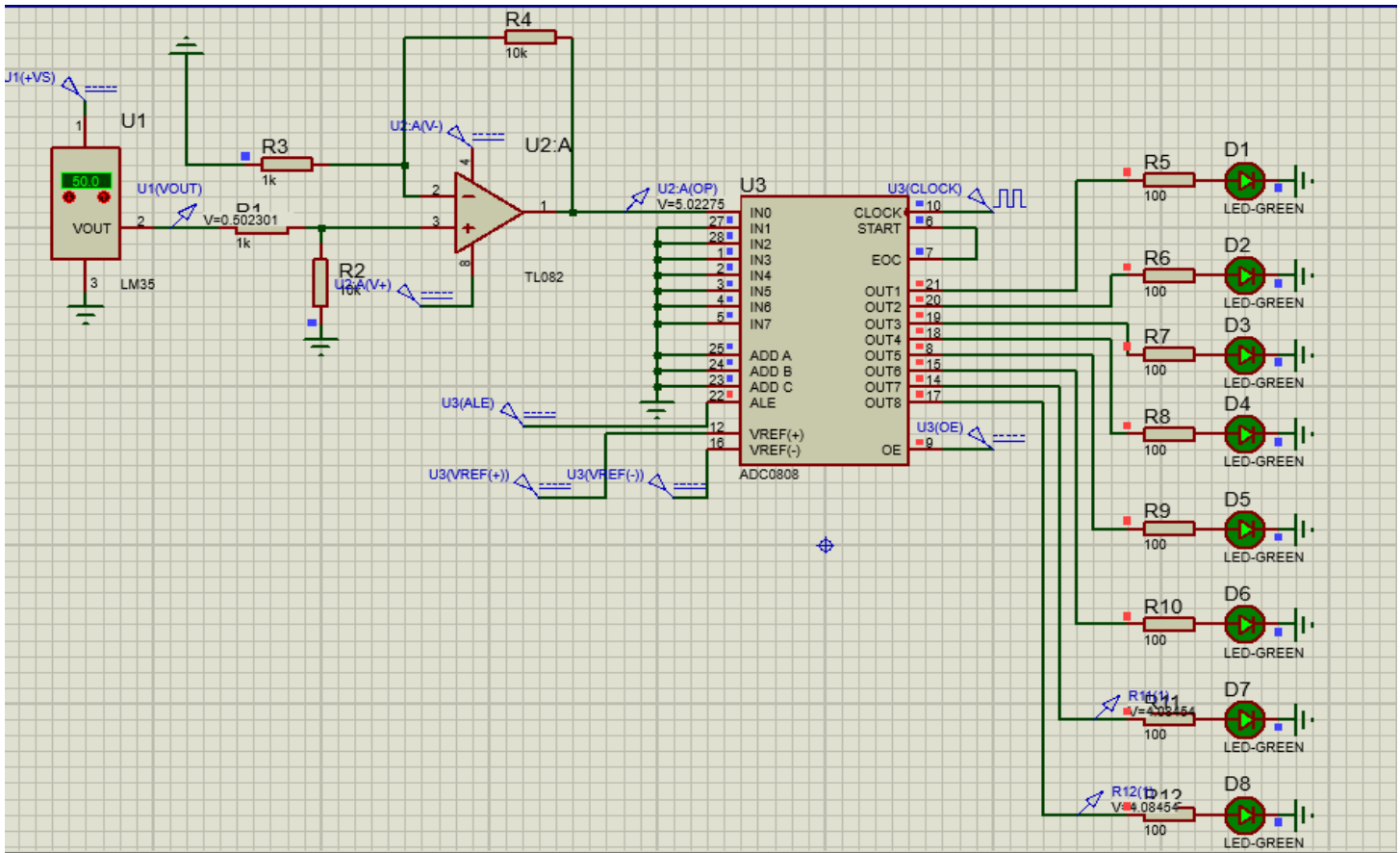
① 0 °C 0.001 mV 0.01 V 00 h



② 25 °C 0.251 mV 2.51 V 80 h



③ 50 °C 0.502 mV 5.02 V FF h



4. Interfatare senzor cu iesire digitala

4.1 Ce este interfata I2C?

Interfața I2C (Inter Integrated Circuits) este o interfață serie, apărută din necesitatea de a realiza sisteme ieftine cu microcontrolere, destinate în principal conducerii proceselor industriale. Interfața I2C este un standard sincron multi-master, multi-slave pentru transmiterea de date dezvoltat de Philips Semiconductor. Un master este componenta care inițiază transferul de date și generează semnalul de ceas necesar pentru sincronizare. I2C folosește doar 2 linii de comunicație, SCL – linie utilizată pentru semnalul de ceas și SDA – linie folosită pentru transmiterea datelor. Dispozitivele master generează semnalul de ceas și inițiază comunicarea cu un slave, iar dispozitivul slave, preia semnalul de ceas și răspunde masterului.

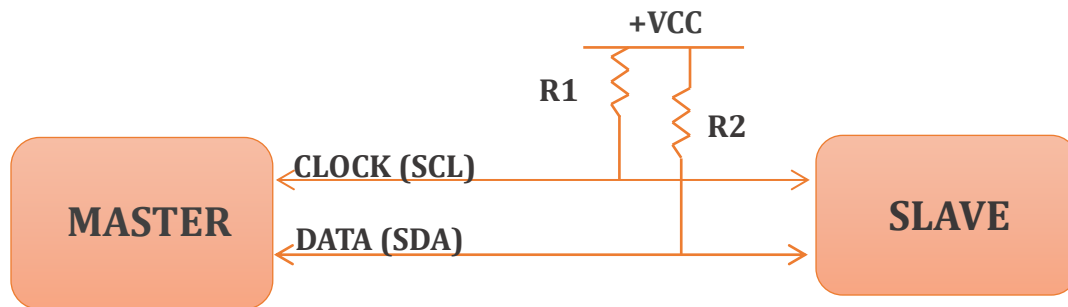


Fig. 1 Interfața I2C

4.2 Cum se folosește interfața I2C

Pe cele două linii SCL și SDA ale magistralei se transmit informații către toate dispozitivele conectate prin I2C. Atunci când magistrala este liberă, cele două linii se găsesc la un potențial ridicat. Nivelele logice ale datelor transmise nu sunt fixate în standardul interfeței, ele depinzând de valoarea tensiunii de alimentare.

Fiecare dispozitiv conectat prin I2C dispune de o adresă care îi este proprie. Standardul interfeței utilizează 7 biți de adresă, limitându-se numărul de dispozitive ce pot fi conectate la 112 (16 adrese din totalul celor 128 posibile sunt rezervate și nu pot fi folosite)

Startul transmisiei este indicat de tranziția din 1 în 0 pe linia SDA în timp ce linia SCL este în 1 logic. Finalul transmisiei este indicat de o tranziție din 0 în 1 pe linia SDA în timp ce SCL este în 1 logic.

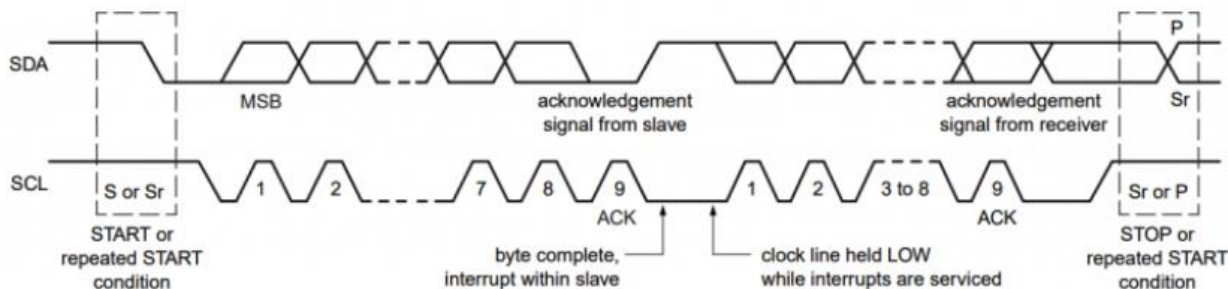


Fig. 2 Transferul datelor pe I2C

Condiția de START (**S**) este definită prin trecerea liniei SDA din 1 în 0, în timp ce linia SCL este menținută la nivel ridicat. Acest lucru pregătește toate dispozitivele slave pentru transmisia din partea masterului. Master-ul intra la început în modul de transmisie, trimțând un bit de start, apoi 7 biți de adresă către slave-ul cu care vrea să comunice. Urmează un bit (R/W) care reprezintă acțiunea așteptată din partea dispozitivului slave: scriere (0) sau citire (1).

Bitii de adresă sunt primii în comunicare. Primul bit fiind cel mai semnificativ, urmat de un semnal R/W pe biți, indicând dacă se va efectua o operație de citire (1) sau de scriere (0). Bitul 9 este bitul NACK/ACK care ne indică răspunsul recepționării datelor. După ce primii 8 biți sunt trimși, dispozitivul de recepție răspunde masterului cu un bit de ACK tragând linia SDA jos pentru o perioadă întreaga de SCL. Dacă dispozitivul nu trage în jos linia SDA, atunci receptorul fie nu a primit datele, fie nu a știut cum să interpreteze mesajul. În această situație dispozitivul master poate genera o condiție de stop pentru a termina transferul.

Apoi transmitatorul (master-ul sau slave-ul în funcție de bitul de scriere/citire) transmite bitii de date pe linia de date octet cu octet.

Condiția de STOP (**P**) este definită prin trecerea liniei SDA din 0 în 1, în timp ce linia SCL este menținută la nivel ridicat.

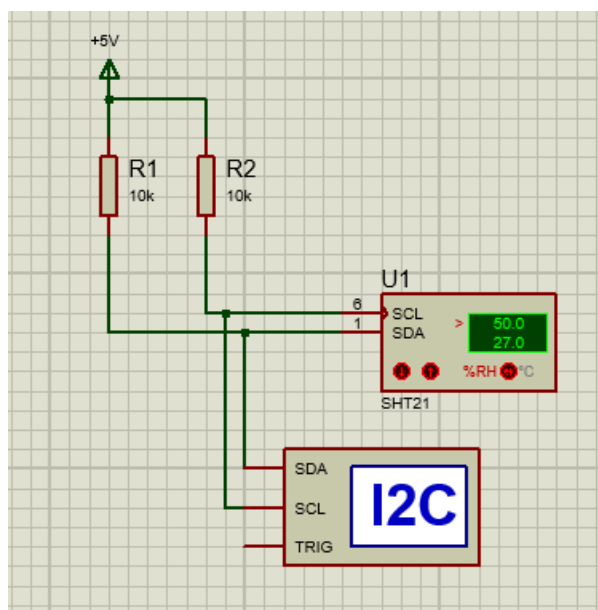
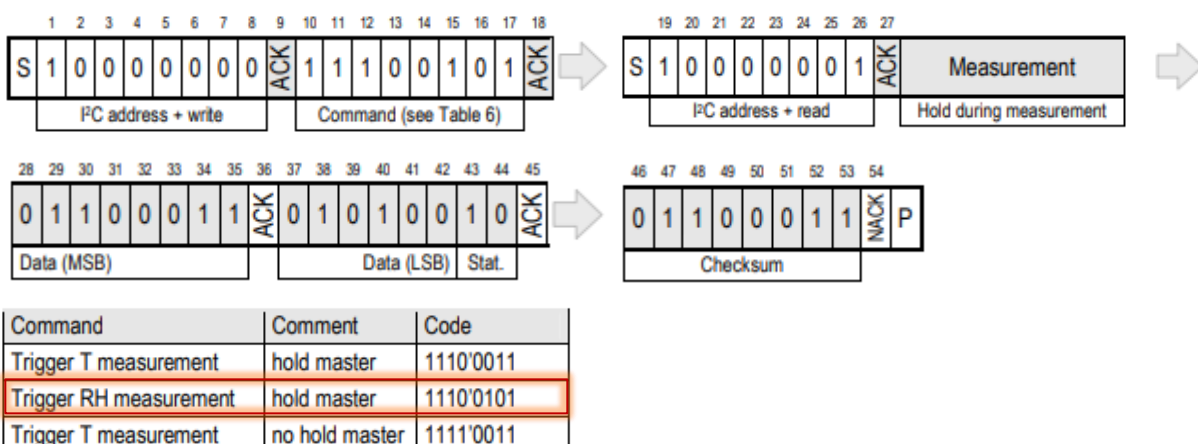


Fig. 3 Circuitul de test

Pentru a citi valoarea umiditatii in modul “Hold master” se va transmite urmatoarea secventa:



“S” va marca o conditie de start, iar primii 7 biti din octet reprezinta adresa dispozitivului slave, ultimul bit din octet indica faptul ca va avea loc o operatie de scriere, deci masterul trimite adresa. Byte-ul este urmat de un bit ACK ceea ce inseamna ca s-a receptionat. Apoi master-ul transmite comanda pentru modul “hold” a masurarii umiditatii catre slave, iar acesta va raspunde cu un bit de ACK. Urmatoarea comanda indica faptul ca se va efectua o operatie de citire ceea ce inseamna ca masterul va primi datele pe linia de date de la slave. Dupa masurare, vom vizualiza in modul debugger I2C octetul MSB si octetul LSB care ne indica semnalul de iesire pentru masurarea umiditatii relative, care se va calcula ulterior dupa formula:

$$RH = -6 + 125 \cdot \frac{S_{RH}}{2^{16}}$$

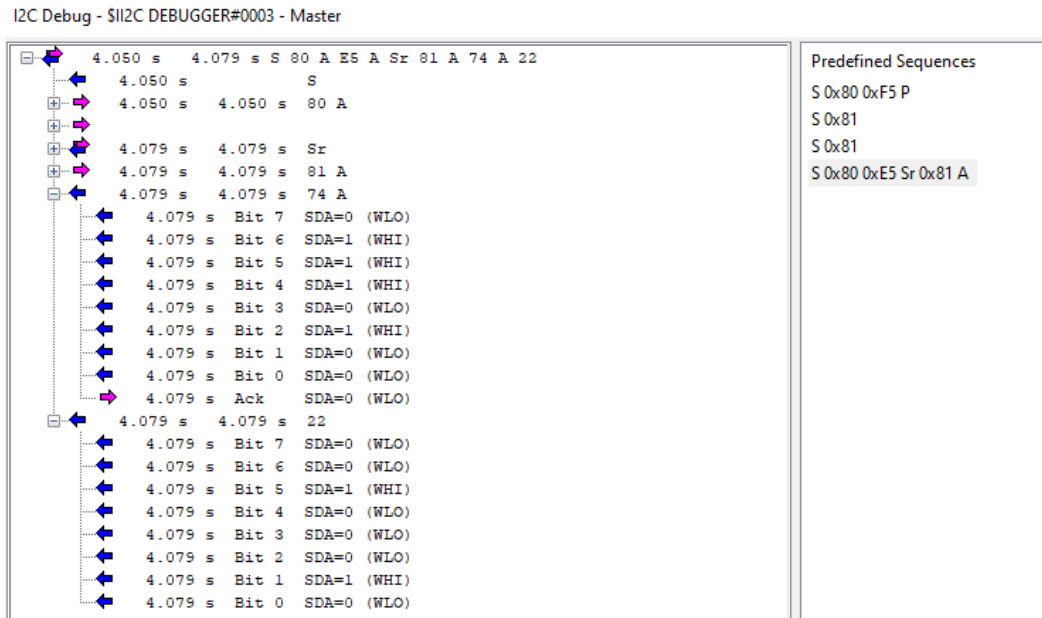


Fig. 4 Modul I2C

$$MSB = 74h = 01110\ 1000$$

$$LSB = 22h = 0010\ 0010$$

$$S_{RH} = 01110\ 1000\ 0010\ 0010 = 7422h = 29730$$

$$RH = -6 + 125 \cdot \frac{S_{RH}}{2^{16}} \implies RH = -6 + 56.70 = 50.7\%$$

3 Bibliografie

1. <https://electronics.stackexchange.com/questions/344998/how-does-the-lm35-temperature-sensor-work>
2. <https://electronics.stackexchange.com/questions/344998/how-does-the-lm35-temperature-sensor-work>
3. <file:///C:/Users/Isabela%20Achiriloaei/Downloads/Principii%20ale%20proceselor%20de%20masurare%20cu%20senzori.pdf>
4. <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/517588/TI1/LM35.html>
5. <file:///C:/Users/Isabela%20Achiriloaei/Downloads/Sisteme%20senzoriale%20moderne.pdf>
6. https://www.electronicshub.org/humidity-sensor-types-working-principle/?fbclid=IwAR29-GM_2TYJXoYnLaT8zJxGpW545JaqstsVZRkSn6xYRAqkiISazyEO35M#Thermal_Conductivity_Humidity_Sensors
7. <https://physics.stackexchange.com/questions/575105/how-exactly-does-a-capacitive-humidity-sensor-work>
8. <https://youtu.be/nxJHMAg4coI>
9. <https://www.e-sonic.com/ds/hih8120021001.pdf?p=45124480&Resource=1>
10. <https://www.test-and-measurement-world.com/Terminology/Resistive-Hygrometer-vs-Capacitive-Hygrometer.html>
11. <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/28775/TI/TL082.html>
12. http://www.ece.ualberta.ca/~elliott/ee552/studentAppNotes/1999f/ad_converter/
13. http://www.science.upm.ro/~traian/web_curs/Scada/art_scada/conv_an.pdf
14. <file:///C:/Users/Isabela%20Achiriloaei/Documents/DIVERSE/Principii%20ale%20proceselor%20de%20masurare%20cu%20senzori.pdf>
15. <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/8097/NSC/ADC0808.html>
16. 1. <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/347386/SENSITRON/SHT21.html>
17. 2. <https://electrosome.com/i2c/>
18. 3. <https://embedjournal.com/two-wire-interface-i2c-protocol-in-a-nut-shell/>
19. 4. <https://www.youtube.com/watch?v=DYCTwqOeHMM>
20. 5. <https://www.microforum.cc/blogs/entry/42-the-problems-of-i2c-common-problems-and-errors-with-using-i2c/>

