

## CONTROLER ECOLOGIC DE TEMPERATURĂ ȘI UMIDITATE

Cristian FĂRCAȘ, Dan PITICĂ

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației

**Abstract: Ecological Temperature and Relative Humidity Controller.** This paper presents the practical implementation of an ecological temperature and relative humidity controller, developed around of a PIC18F458 microcontroller. In this controller, all the materials used are Lead-Free. The temperature and relative humidity control loops can be found in many types of applications (industrial applications, food industry, air conditioning etc). All loop components must be interconnected in order to obtain the temperature and relative humidity control loops that operates optimally. The control loops consists of the controlled system (the process), the temperature and RH sensors, the controller (2-point, P, PI, PID, etc) and the control element (the actuator). The temperature and relative humidity sensor used is a 4-20mA transmitter or a digital one.

**Keywords:** temperature controller, RH controller, control loop, Lead-Free

### Introducere

Sistemele de monitorizare a temperaturii și umidității sunt frecvent folosite în aplicații din diferite domenii: alimentar, medical, industria auto, în domeniul construcțiilor, în industrie etc. [1]. Figura 1 prezintă o aplicație clasică de utilizare a controlerului de temperatură și umiditate.

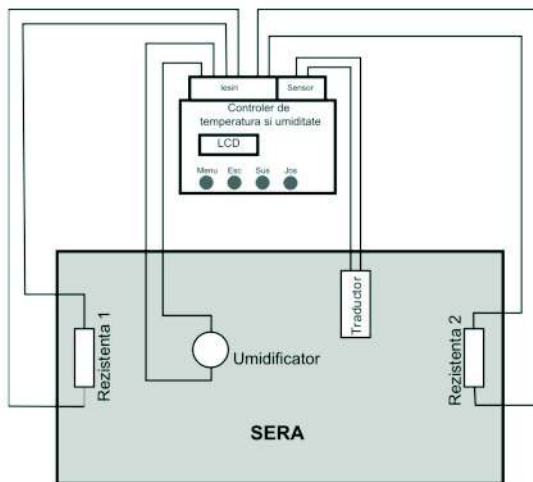


Fig. 1: Controlul umidității și temperaturii într-o seră

Temperatura este proprietatea fizică a unui sistem, prin care se constată starea de încălzire a sistemului respectiv la un moment de timp. Astfel, materialul cu o temperatură mai ridicată este mai cald, iar cel cu o temperatură joasă mai rece. Odată cu creșterea temperaturii, mișcarea de agitație termică a particulelor constituente crește. La scară microscopică, temperatura se definește ca fiind energia medie a unei singure particule pe grad de mișcare. La scară macroscopică, temperatura se definește ca fiind proprietatea fizică ce determină schimbul de căldură între două obiecte aflate în contact termic. Temperatura unui corp se măsoară în grade Celsius, Kelvin sau Fahrenheit, în funcție de scala utilizată.

Pentru măsurarea temperaturii, se folosesc senzori și traductoare de temperatură. Măsurarea temperaturii se bazează pe diferite fenomene și efecte fizice, în care modificarea temperaturii determină modificări ale unor proprietăți sau caracteristici ale materialelor: variația dimensiunilor geometrice, variația rezistenței electrice, apariția unei tensiuni electromotoare pe joncțiunea a două metale, variația intensității radiației emise, variația frecvenței de

rezonanță a unui cristal de cuarț etc. Acuratețea procesului de măsurare a temperaturii este foarte importantă pentru aplicațiile de control a diferitelor procese tehnologice. În tabelul 1 sunt prezentate patru dintre cele mai utilizate tipuri de traductoare de temperatură, împreună cu câteva caracteristici semnificative ale lor.

Tabel 1  
Caracteristici ale traductoarelor de temperatură

Tip de traductor	Domeniul de temperatură [°C]	Caracteristici	Observații
Cu semiconductori	-55...+150	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liniaritate</li> <li>• Repetabilitate</li> <li>• Sensibilitate 10mV/K sau <math>\mu AK</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necesită sursă de excitație</li> </ul>
Termocuplu	-184...+2300	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracteristici repetabile</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necesită o joncțiune rece compensatoare</li> </ul>
Cu rezistență metalică	-200...+850	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liniaritate bună</li> <li>• Acuratețe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necesită sursă de excitație</li> <li>• Cost redus</li> </ul>
Termistorul	-75...+300	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liniaritate slabă</li> <li>• Sensibilitate bună</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necesită sursă de excitație</li> </ul>

Senzorii de temperatură cu semiconductori se pretează la realizarea lor sub formă integrată, au un nivel mare al semnalului de ieșire, dar acoperă un domeniu relativ restrâns de temperaturi. Domeniul de măsură al traductoarelor de temperatură cu semiconductoare este cuprins în intervalul -25°C până la 200°C. Cu toate că intervalul de măsură este limitat, acest interval poate fi suficient pentru o gamă largă de aplicații.

Termistoarele au cea mai mare sensibilitate, dar au dezavantajul că sunt puternic neliniari. Există două tipuri de termistoare: termistoare cu coeficient negativ de temperatură (NTC - Negative Temperature Coefficient) și termistoare cu coeficient pozitiv de temperatură (PTC - Positive Temperature Coefficient). Termistoarele cu coeficient negativ de temperatură se folosesc ca senzori de temperatură, termistoare cu coeficient pozitiv de temperatură având aplicații în controlul și limitarea curentului.

Termocuplele sunt cei mai simpli senzori de temperatură utilizați în știință și industrie. Funcționarea lor se bazează pe efectul Seebeck. Pot fi folosite într-un domeniu larg de temperatură, dar sunt neliniare și au un nivel mic al semnalului de ieșire.

Termometrele cu rezistență metalică au acuratețe și liniaritate bună, dar necesită o sursă de energie de excitație și un circuit de măsurare de tip punte.

Elementele determinante luate în calcul la alegerea unui anumit traductor de temperatură sunt: costul, precizia, posibilitatea unei interfațări simple cu alte elemente de circuit, dimensiunile fizice etc.

**Umiditatea** reprezintă cantitatea de apă conținută în aer. În limbajul comun, termenul de umiditate se referă în general la umiditatea relativă. Există trei moduri de a clasifica umiditatea: umiditatea absolută, umiditatea relativă și umiditatea specifică.

Umiditatea relativă se definește ca fiind cantitatea de vapori de apă din aer comparativ cu cantitatea maximă de vapori de apă care ar putea exista în aer, la saturație. Cantitatea maximă de vapori de apă la saturație depinde de temperatură. Umiditatea relativă este cuprinsă între 0 și 100% [2]. Umiditatea relativă se exprimă în procente și este dată de relația:

$$RH[\%] = \frac{\rho(H_2O)}{\rho_{SAT}(H_2O)} \cdot 100 \quad (1)$$

Unde: -  $\rho(H_2O)$  - reprezintă densitatea vaporilor de apă din amestec;  
-  $\rho_{SAT}(H_2O)$  reprezintă densitatea vaporilor de apă din amestec la saturație;  
- RH - umiditatea relativă.

Umiditatea absolută reprezintă cantitatea de apă într-un anumit volum de aer. Unitatea de măsură cea mai folosită este  $g/m^3$ . Umiditatea absolută este dată de relația:

$$AH = \frac{m_v}{V_a} \quad (2)$$

Unde:

$m_v$  - reprezintă masa vaporilor de apă;

$V_a$  - reprezintă volumul de aer.

Umiditatea specifică reprezintă cantitatea de vapori de apă din aer într-un volum de aer dat. Umiditatea specifică este dată de relația:

$$SH = \frac{m_v}{m_a} \quad (3)$$

Unde:

$m_v$  - reprezintă masa vaporilor de apă;

$m_a$  - reprezintă masa volumului de aer umed.

În figura 2 este reprezentată dependența umidității relative de temperatură.

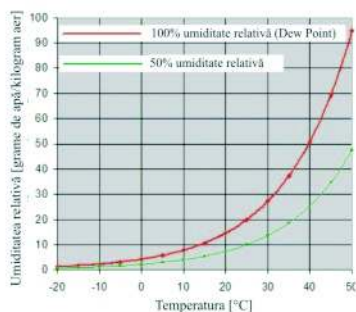


Fig. 2: Dependenta vaporilor de apă din aer de temperatură

### Descrierea sistemului proiectat

Controlerul de umiditate și temperatură are următoarele blocuri principale:

- circuitele de interfață cu senzorul;
- microcontroller-ul cu circuitele aferente;
- interfața cu utilizatorul (tastatura și afișajul);
- driver-ele pentru comanda triacelor;
- sursa de alimentare.

Schema bloc a regulatorului este prezentată în figura 3 [3].

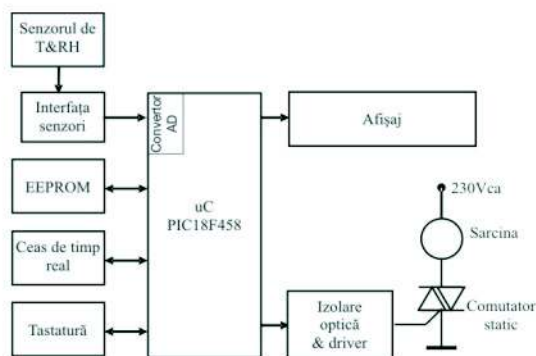


Fig. 3: Schema bloc a controlerului de umiditate și temperatură [3]

### Interfața cu senzorii

Controlerul realizat permite fie utilizarea unui senzor digital, fie utilizarea unui traductor de temperatură și umiditate cu ieșire 4-20 mA. Selecția unuia sau altuia dintre senzori se face din meniul aparatului.

Pentru măsurarea umidității și temperaturii am folosit senzorul SHT71. Acest senzor este produs de firma SENSIRION și este un senzor de umiditate și temperatură având o ieșire digitală

calibrată. Senzorul SHT71 are integrați cei doi senzori (de umiditate și temperatură), un convertor analog-digital pe 14 biți, care asigură o precizie suficient de bună, un circuit de calibrare și interfața serială pentru interfața cu microcontrolerul. Aceasta îi asigură senzorului un timp de răspuns mai bun și o imunitate sporită la perturbațiile externe. Senzorul este calibrat într-o cameră cu umiditate cunoscută. Coeficienții de calibrare sunt stocați în memoria internă și sunt folosiți pentru calibrarea senzorului.

Schema bloc a senzorului SHT71 este prezentată în figura 4.

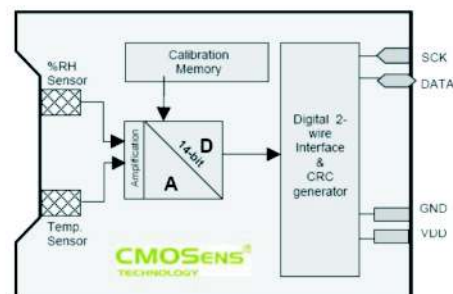


Fig. 4: Schema bloc a controlerului de umiditate și temperatură [3]

Al doilea traductor de temperatură și umiditate care poate fi utilizat este traductorul HI8666, care are două ieșiri în curent. Traductorul poate măsura temperaturi în intervalul  $-20^{\circ}C$  până la  $+60^{\circ}C$  și umiditatea relativă a aerului în intervalul  $0 \div 100\%$ . Ieșirile furnizează un curent în intervalul  $4 \div 20$  mA. Valoarea de 4 mA corespunde valorii minime măsurate, adică  $-20^{\circ}C$  pentru temperatură, respectiv 0 % pentru umiditatea relativă. Valoarea maximă a curentului de ieșire (20 mA) corespunde valorii maxime ce poate fi măsurată, adică  $+60^{\circ}C$  pentru temperatură, respectiv 100 % pentru umiditatea relativă. Având ieșirile în curent, acest traductor are avantajul că are o imunitate ridicată la perturbații, iar controlerul poate detecta întreruperea legăturii cu traductorul sau apariția unui scurtcircuit pe firele de legătură.

### Interfața cu utilizatorul

Pentru afișarea temperaturii și umidității se utilizează un afișaj LCD de 20 de caractere. Pe display se afișează în mod obișnuit valorile măsurate ale temperaturii și umidității relative (fig. 5). Tot pe acest afișaj vor apărea valorile prescrise ale temperaturii și umidității, parametrii regulatorului, precum și mesajele de eroare.



Fig. 5: Afișarea temperaturii și umidității relative

Utilizatorul are la dispoziție 4 taste cu ajutorul cărora poate intra și naviga în meniul. Cele patru taste aflate la dispoziția operatorului sunt: *Menu*, *Esc*, *Sus* și *Jos*. La apăsarea tastei *Menu*, controlerul intră în meniul aparatului, iar ieșirile controlerului sunt blocate. Operatorul poate selecta algoritmul de control, parametrii regulatorului și valorile prescrise pentru umiditate și temperatură. Selectarea se face prin intermediul butoanelor *Sus* și *Jos*. La apăsarea butonului *Menu*, valoarea selectată este memorată. Apăsarea butonului *Esc* duce la anularea valorii selectate și revenirea în meniul principal.

### Placa de bază

Acest modul conține mai multe "blocuri": blocul de alimentare având circuitele de protecție, atât la supratensiune cât și la supracurent, blocul de putere [5], care comandă sarcinile (ventilator,

umidificator, dezumidificator, rezistența de încălzire etc.), precum și "creierul" întregului circuit, microcontrolerul cu circuitele aferente [6].

În figura 6 este prezentată o fotografie a modelului experimental realizat.



Fig. 6: Placa de bază a controlerului

### Softul

Softul pentru microcontroler are rolul de a monitoriza senzorii și tastatura și de a controla ieșirile pe baza algoritmului selectat. De exemplu, dacă pentru controlul temperaturii am ales un algoritm de reglare bipozițional, semnalul de ieșire care comandă rezistențele de încălzire va fi generat în funcție de valoarea prescrisă ( $T_{set}$ ) și de histerezis ( $T_{hist}$ ). Ambele valori sunt introduse de operator. Algoritmul după care se generează semnalul de ieșire este următorul (fig. 7):

- dacă ieșirea este activă (ON), iar temperatura măsurată depășește pragul superior

$$\left( T_{set} + \frac{T_{hist}}{2} \right)$$

atunci ieșirea va deveni inactivă (OFF);

- dacă ieșirea este inactivă (OFF), iar temperatura măsurată scade sub pragul inferior,

$$\left( T_{set} - \frac{T_{hist}}{2} \right)$$

atunci ieșirea va deveni activă (ON).

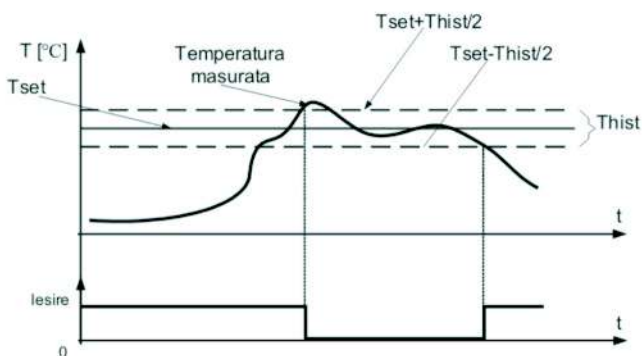


Fig. 7: Generarea semnalului de comandă pentru rezistențele de încălzire

Algoritmul pentru controlul umidității relative este similar.

Există câteva situații în care controlerul dezactivează ieșirile. Primul caz în care ieșirile sunt dezactivate este atunci când se navighează în meniu. De asemenea, dacă se detectează cazuri de eroare, ieșirile sunt blocate. O astfel de situație se întâlnește în cazul în care legătura dintre traductor și controler este întreruptă. În momentul în care controlerul detectează această situație, blochează ieșirile, iar pe display va apărea mesajul E1 check cable! (fig. 8). O altă situație excepțională apare dacă există un scurtcircuit pe traductor. Și în acest caz ieșirile sunt dezactivate, iar pe afișaj va apărea mesajul E2 check probe! Astfel, utilizatorul poate să identifice cu ușurință problema.



Fig. 8: Afișarea unui mesaj de eroare

### Concluzii

Articolul prezintă proiectarea și implementarea unui sistem de monitorizare și control a temperaturii și a umidității relative. Pentru măsurarea temperaturii și umidității se folosește senzorul SHT71 sau HI8666. Temperatura și umiditatea sunt afișate pe un afișaj LCD de 20 caractere. Cu ajutorul unei tastaturi, montate pe panoul frontal, se poate seta referința de temperatură și umiditate, parametrii controlerului, precum și eventualele mesaje de eroare. În cazul în care valoarea măsurată de senzor variază față de referință, se cuplează elementul de execuție care să mențină parametrul reglat (temperatura sau umiditatea) în limitele prescrise.

Controlerul prezentat poate măsura temperatura în intervalul  $-20^{\circ}\text{C} \div 60^{\circ}\text{C}$  cu o precizie de  $0,1^{\circ}\text{C}$  și umiditatea relativă a aerului în intervalul  $0 \div 100\%$  cu o precizie de  $0,1\%$  și să le mențină în limitele prescrise de operator. Pentru a evita intrarea în oscilație a sistemului se recomandă ca histerezisul să fie cel puțin  $1^{\circ}\text{C}$  pentru temperatură, respectiv  $5\%$  pentru umiditate.

Componentele și materialele utilizate respectă reglementările RoHS, fiind produse ecologice fără plumb.

### Bibliografie

1. N. D. Codreanu et al. - *Implementation of Ecological Technologies in Electronics Industry based on RESPLATEPE Research Project, 30th International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE 2007)*, 9-13 Mai 9-13, 2007, Cluj-Napoca, Romania, pp. 263-268
2. Kamarul A., Chow C., Mohamad F. - *Low-Cost Microcontroller-based Weather Monitoring System*, CMU. Journal Vol. 5(1), 2006, pp. 33-39
3. Fărcaș C., Juhos Z., Palaghiță N., Petreș D. - *System in Package for Temperature Control, 12th International Symposium for Design and Technology of Electronic Packages – SIITME 2006*, Iași, Romania, 21-24 September 2006, pp. 114-116
4. Fărcaș C., Pitică D., Palaghiță N., Petreș D., *Development of an Ecological Relative Humidity Controller, 13th International Symposium for Design and Technology of Electronic Packages – SIITME 2007*, Baia Mare, Romania, 20-23 September 2007, pp. 85-88, ISSN 1843-5122
5. \*\*\* - *PIC18FXX8 data sheet - 28/40-Pin High-Performance, Enhanced Flash Microcontrollers with CAN*, Microchip Technology Inc., 2006
6. Palaghiță N., Petreș D., Fărcaș C., *Electronică de putere, partea a II-a. Circuite electronice de putere*, Editura Mediamira, 2004
7. Fărcaș C., Pitică D., Petreș D., Ciocan I., Grama A. - *Temperature and Relative Humidity Controller Developed Around of a PIC18F458 Microcontroller*, 14<sup>th</sup> International Symposium for Design and Technology of Electronic Packages – SIITME 2008, Predeal, Romania, 18-21 Septembrie 2008, pp. 324-327

### Date de contact

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației, Str. George Barițiu nr. 26-28.400027 Cluj-Napoca, Romania, e-mail: Cristian.Farcas@ael.utcluj.ro, respectiv, Dan.Pitica@ael.utcluj.ro