

SISTEM NUMERIC PENTRU CONTROLUL UMIDITĂȚII

Grofu Florin, Cercel Constantin,
Universitatea „Constantin Brâncuși”, Târgu
Jiu

REZUMAT: Există foarte multe aplicații în care este necesară păstrarea umidității între anumite limite predefinite. Menținerea unui anumit nivel de umiditate este necesară începând de la asigurarea confortului în locuințe, încăperi speciale pentru uscarea anumitor produse, păstrarea în bune condiții a manuscriselor vechi sau a meteoriților de colecție. De obicei toate aceste aplicații necesită reducerea umidității până la un anumit nivel prestabilit.

Cuvinte cheie: sistem numeric, umiditate, condens

1. INTRODUCERE

În mod natural în aer se găsește întotdeauna o anumită cantitate de apă sub formă de vapori. Această cantitate de apă depinde atât de temperatură cât și de presiunea aerului. Când aerul nu mai poate absorbi vaporii de apă se spune că este saturat și are o umiditate relativă de 100%. Cea mai eficientă metodă de reducere a umidității din aer este condensarea vaporilor de apă.

Sistemul numeric propus are rolul de a asigura monitorizarea permanentă a umidității dintr-o încăntă în scopul reducerii acesteia sub anumite limite prescrise. Pentru aceasta este necesară o cunoaștere precisă a parametrilor aerului din încăntă (umiditate, temperatură, presiune) dar și înțelegerea fenomenului de condensare a vaporilor de apă.

2. CONDENSAREA ȘI PUNCTUL DE ROUĂ

Apariția condensului are loc ca urmare a existenței vaporilor de apă în încăntă. Din punct de vedere molecular schimbul „la suprafața de contact” dintre aer și apă este

NUMERIC SYSTEM FOR HUMIDITY CONTROL

Grofu Florin, Cercel Constantin,
„Constantin Brancusi” University, Targu Jiu

ABSTRACT: There are many applications where it is necessary to keep humidity within certain predefined limits. Maintaining a certain level of moisture is needed from the comfort homes, special rooms for drying certain products, keeping in good conditions of old manuscripts or meteorites collectors. Typically these applications require reducing humidity to a predetermined level.

Keywords: numeric system, humidity, condense

1. INTRODUCTION

Naturally in air always finds a certain amount of water vapor form. This amount of water depends on temperature and air pressure. When air can not absorb water vapor is said it is saturated and has a relative humidity of 100%. The most effective way to reduce moisture from the air is condensation of water vapor.

The proposed number is to ensure continuous monitoring of moisture from an enclosure to reduce it below the prescribed limits. This would require a precise knowledge of parameters of the air from enclosure (humidity, temperature, pressure) but also understanding the phenomenon of condensation of water vapor.

2. CONDENSATION AND DEW POINT

Condensation occurs due to the existence of water vapor in the enclosure. On the molecular point of view the exchange "on the surface of contact" between air and water is continuous. In conditions of constant temperature, pressure and humidity there are a balance. The phenomenon of condensation occurs when the air is saturated vapor amount which depends on temperature.

continuu. În condiții de temperatură, presiune și umiditate constante există un echilibru. Fenomenul de condensare apare atunci când aerul este saturat de vapori, cantitate ce depinde de temperatură. Aerul saturat cu apă are o umiditate relativă de 100%. Conform testelor s-a determinat că aerul cu temperatura de 20°C poate absorbi maxim 17.3g de apă pe metrul cub. Punctul de rouă apare în situația în care aerul cu o anumită temperatură și umiditate relativă nu mai poate absorbi o cantitate suplimentară de vapori. De exemplu aerul dintr-o încălț, cu o temperatură de 20°C și o umiditate relativă de 50% mai poate absorbi încă jumătate din cantitatea maxim posibilă. Dacă are loc o răcire a aerului la 9,3°C umiditatea aerului va crește cu 100%. Aerul este astfel complet saturat de vapori și va atinge punctul de rouă. Răcirea peste acest nivel (9,3°C) va avea ca rezultat formarea de condens. Astfel aerul cu temperatura de 20°C saturat cu 17,3g de vapori/mc prin răcire la 10°C va determina apariția, după cum poate fi observat în figura 1, a 7,9g de condens/mc.

Acest fenomen va fi utilizat în cadrul sistemului numeric propus pentru reducerea umidității. Pentru aceasta în interiorul incintei va fi plasată o suprafață metalică a cărei temperatură va fi coborâtă sub temperatura punctului de rouă pentru ca pe acea suprafață să se depună umiditatea sub formă de condens ce poate fi evacuat.

Saturated air with water has a relative humidity of 100%. According to the tests it is determine that the air with temperature of 20°C can absorb up to 17.3g of water per cubic meter. Dew point occurs when the air with a certain temperature and relative humidity can not absorb additional quantities of steam. For example the air in an enclosure with a temperature of 20°C and a relative humidity of 50% can still absorb half of the maximum amount possible. If there is a cooling of air to 9.3°C the humidity will increase by 100%. The air is so completely saturated with vapor and reaches dew point. Cooling above this level (9.3°C) will result in the formation of condensation. The air temperature of 20°C saturated 17.3 g vapor /cm by cooling to 10°C will cause, as can be seen in Figure 1, the condensation of 7.9 g/cm.

This phenomenon will be used in the proposed numerical system to reduce humidity. For this will be place inside the enclosure a metal surface whose temperature is lowered below the dew point temperature so this surface is to make moisture as condensation which can be evacuated.

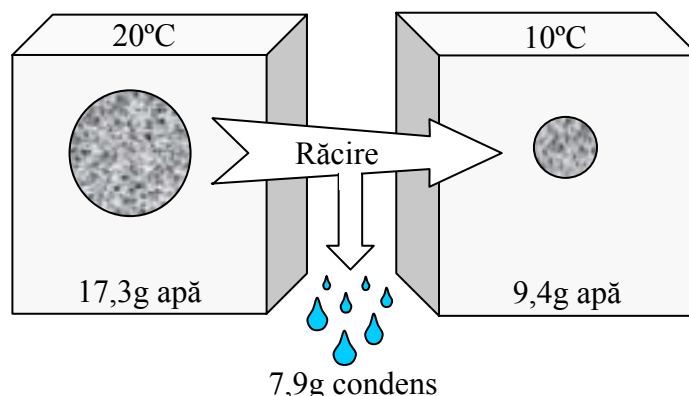


Figura 1. Formarea condensului prin răcirea aerului

Figure 1. Condense forming by air cooling

O problemă importantă este modificarea punctului de rouă o dată cu reducerea

An important problem is the changing of dew point with a reduction in relative humidity.

umidității relative. Pentru a elimina acest dezavantaj există două soluții.

- scăderea temperaturii suprafeței de condensare până la o temperatură mai mică decât a punctului de rouă la umiditatea dorită;

- controlul inteligent al suprafeței de condensare astfel încât temperatura acesteia să se modifice în funcție de umiditatea existentă.

Dacă aparent prima soluție este cea mai ușor de implementat ea are dezavantajul că indiferent de umiditatea existentă temperatura suprafeței de condensare va fi relativ mică depinzând doar de umiditatea finală dorită. Acest lucru duce la un consum mare de energie indiferent de variația umidității din incintă, dezavantaj important mai ales în cazul sistemelor portabile.

Alternativa este controlul inteligent al temperaturii suprafeței de condensare astfel încât să se realizeze umiditatea dorită cu un consum cât mai redus de energie. Această metodă presupune cunoașterea precisă a modificării temperaturii punctului de rouă în funcție de temperatura, presiunea și umiditatea din incintă.

În mod uzual o aproximare care dă temperatura punctului de rouă în funcție de umiditatea relativă RH și temperatura actuală T a aerului este următoarea:

$$Td = \frac{b\gamma(T, RH)}{a - \gamma(T, RH)} \quad (1)$$

unde

$$\gamma(T, RH) = \frac{aT}{b+T} + \ln(RH/100)$$

În care temperatura este dată în grade Celsius iar reprezintă logaritmul natural. Valorile constantelor sunt $a=17,271$ iar $b=273,7^{\circ}\text{C}$. Relația (01) este bazată pe aproximarea August-Roche-Magnus pentru presiunea vaporilor saturați de apă ca o funcție de temperatură [x]. Această aproximare este corectă pentru $0^{\circ}\text{C} < T < 60^{\circ}\text{C}$, $1\% < RH < 100\%$, $0^{\circ}\text{C} < T_d < 50^{\circ}\text{C}$.

Dacă este necesară o acuratețe mult mai mare se pot folosi relațiile date de *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA)

To eliminate this disadvantage, there are two solutions.

- decreasing the temperature of condensing surface to a temperature below the dew point at the desired humidity;

- intelligent control of condensing surface so that its temperature to be changed depending on the existing humidity.

If the apparent first solution is easier to implement it has the disadvantage that any existing moisture the condensation surface temperature will be relatively small depending on the desired final moisture only. This results in a high energy consumption regardless of humidity variation in enclosure, important disadvantages especially for portable systems.

The alternative is intelligent control of condensation surface temperature so as to achieve a desired humidity at low power consumption. This method requires precise knowledge of the changes dew point temperature depending on enclosure temperature, pressure and humidity.

A well-known approximation used to calculate the dew point T_d given the relative humidity RH and the actual temperature T of air is:

$$Td = \frac{b\gamma(T, RH)}{a - \gamma(T, RH)} \quad (1)$$

where

$$\gamma(T, RH) = \frac{aT}{b+T} + \ln(RH/100)$$

where the temperatures are in degrees Celsius and "ln" refers to the natural logarithm. The constants are: $a = 17.271$ and $b = 237.7^{\circ}\text{C}$. This expression is based on the August-Roche-Magnus approximation for the saturation vapor pressure of water in air as a function of temperature. It is considered valid for $0^{\circ}\text{C} < T < 60^{\circ}\text{C}$, $1\% < RH < 100\%$, $0^{\circ}\text{C} < T_d < 50^{\circ}\text{C}$.

A closer approximation is calculation used by the *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA).

These relations are easy to use when using a computer system to calculate the controller law. If using a microcontroller to

Aceste relații sunt ușor de utilizat în cazul folosirii unui sistem de calcul pentru calculul legii de reglare. În cazul utilizării unui microcontroler pentru comanda sistemului de reglare a umidității independent de un sistem de calcul este mult mai ușor de utilizat o variantă tabelară a dependenței punctului de rouă în funcție de temperatura și umiditatea relativă din incintă.

3. STRUCTURA SISTEMULUI NUMERIC

Pentru implementarea unui sistem numeric care să asigure reducerea umidității într-o incintă de mici dimensiuni este nevoie de senzor de temperatură a aerului din incintă, senzor de temperatură a suprafeței de condensare, senzor de umiditate, senzor de presiune (în cazul unui sistem performant). Schema bloc a unui astfel de sistem este cea prezentată în figura 2.

O altă componentă importantă a sistemului este elementul de control al temperaturii. În mod normal este nevoie de un element care să realizeze o răcire a incintei. În situația în care se dorește un control precis al umidității dar cu păstrarea unei temperaturi minime în incintă poate apărea situația în care este nevoie o încălzire a elementului de control al temperaturii. Cel mai simplu element reversibil pentru controlul temperaturii este elementul Peltier a cărui temperatură și sens de transfer al căldurii poate fi controlat prin tensiunea aplicată la borne.

control an independent humidity control system is much easier to use a variant of dependency table according to the dew point temperature and relative humidity from enclosure.

3. NUMERIC SYSTEM STRUCTURE

To implement a digital system to ensure the reduction of moisture in a small enclosure requires an air temperature sensor inside, a temperature sensor for condensation surface, a humidity sensor, a pressure sensor (in case of a precision system). Block schematic of such a system is shown in Figure 2.

Another important component of the system is the element of temperature control. Normally it is necessary of an element to achieve a cooling of the enclosure. If a precise control of humidity is desired but with maintaining of a minimum temperature can occur the situation to heating the element of temperature control. The simplest reversible element for temperature control is the Peltier element whose temperature and heat transfer effect can be controlled by the voltage applied to the terminals.

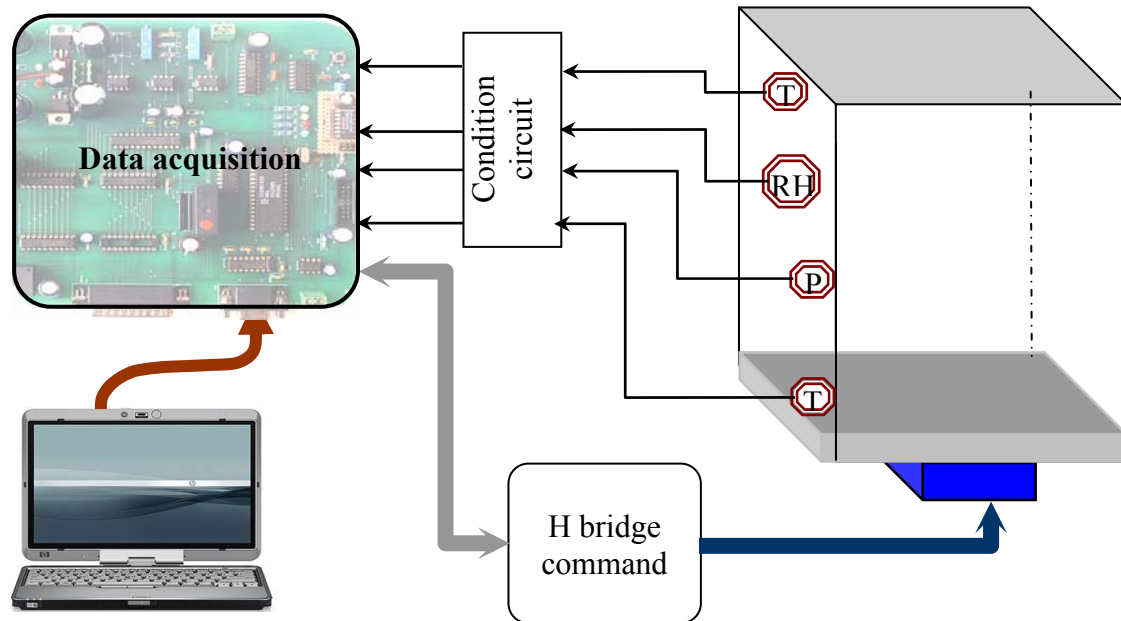


Figura 2. Schema bloc a sistemului numeric

Figure 2. Block schematic of numeric system

Senzorul de umiditate

Pentru măsurarea umidității relative există o gamă foarte mare de senzori. Cei mai utilizați senzori de umiditate sunt cei capacitivi sau rezistivi. În cadrul aplicației a fost utilizat un senzor de umiditate rezistiv de tipul SYH. Acesta se găsește în două variante: cu circuit de condiționare integrat, ce realizează liniarizarea caracteristicii umiditate relativă – tensiune de ieșire, și în varianta simplă fără circuit de condiționare caz în care este necesară temperatura de lucru.

Senzorul de umiditate SYH-2T

Senzorul de umiditate SYH-2T se bazează pe elementul sensibil SYH-2. Acest senzor modifică impedanța unui polimer rezistiv în funcție de umiditatea relativă din aer. Dependența impedanței acestui senzor de umiditate măsurată pentru o frecvență de 1kHz și o amplitudine de 1V a semnalului sinusoidal de test măsurat la 1kHz, 1Vrms sin wave este neliniară și depinde de temperatură după cum poate fi observat în figura 3. Pentru a reduce influența temperaturii și pentru liniarizarea caracteristicii se folosește un circuit de măsură de tipul divizor rezistiv prezentat în figura 3 în care Rh este senzorul de umiditate SYH-2 iar Rt este un termistor pentru compensarea temperaturii având

Humidity sensor

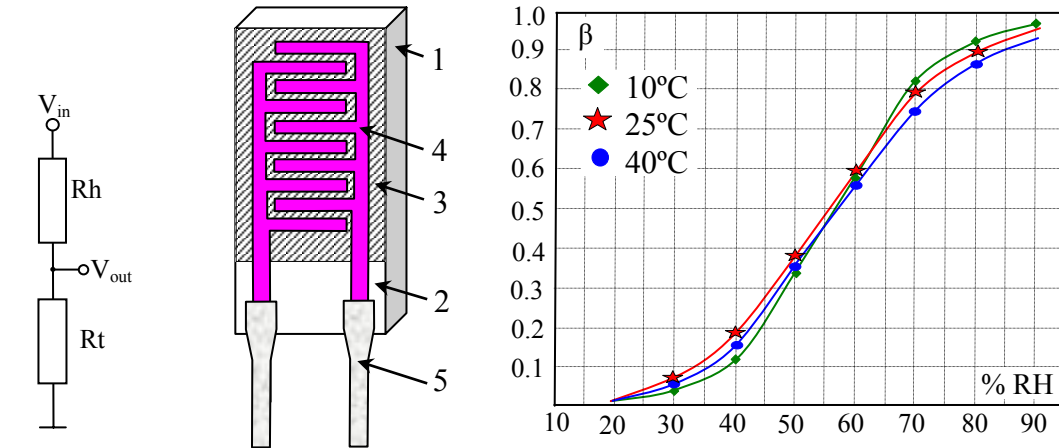
To measure the relative humidity is a very large range of sensors. Most humidity sensors are capacitive or resistive. In this application was used in the application of a SYH resistive type humidity sensor. It is found in two variants: with conditioning integrated circuit that made linearization of relative humidity characteristic - output voltage, and the simple version without the appropriate conditioning circuit that required working temperature.

Humidity sensor SYH-2T

SYH-2T humidity sensor is based on SYH-2 sensitive element. This sensor changes the impedance of a resistive polymer according to the relative humidity in the air. Dependence between impedance and the humidity sensor measured for a frequency of 1kHz and 1V amplitude of sinusoidal test signal is nonlinear and depends on temperature as can be seen in Figure 3. To reduce the effect of temperature and linearization of characteristic is used a circuit as a divisor resistive type shown in Figure 3 where Rh is the humidity sensor SYH-2 and Rt is a thermistor for temperature compensation having the value of 50kΩ at 25°C, 108,3kΩ at 10°C and 24.46kΩ at 40°C.

valoarea de 50kΩ la 25°C , 108,3 kΩ la 10°C și 24,46kΩ la 40°C. Cele doua componente Rh și Rt formează împreună senzorul SYH-2T. Caracteristica acestui senzor poate fi dată sub formă tabelară sau grafic (figura 3).

The two components Rh and Rt together form the sensor SYH-2T. Feature of this sensor can be given in tabular or graphical form (Figure 3)



$$V_{out} = V_{in} \frac{R_t}{R_t + R_h} = \beta V_{in}$$

No.	Parts	Reference
1.	Sensor Case	ABS
2.	Substrate	Alumina
3.	Sensing Material	Polymer
4.	Electrode	Ag/Carbon
5.	Lead Frame	Phosphor Bronze

Figura 3. Senzorul SYH-2T

Figure 3. SYH-2T Sensor

Senzorul de temperatură

Unul din senzorii de temperatură foarte utilizați în sistemele de control a temperaturii în domeniul $-30^{\circ}\text{C} \div 100^{\circ}\text{C}$ este LM35. LM35 este un circuit integrat produs de National Semiconductor a cărui tensiune de ieșire este proporțională cu temperatura măsurată în grade Celsius. Costul redus este asigurat realizarea reglajelor și calibrărilor încă de la nivel de plachetă de siliciu. Impedanța mică de ieșire, liniaritatea, precizia calibrărilor implicite asigură o conectare foarte simplă și ușor de realizat. LM35 poate fi alimentat de la o singură sursă de tensiune sau o sursă diferențială, consumul fiind de $60 \mu\text{A}$ ceea ce duce la o încălzire proprie mai mică de doar 0.1°C în aer.

Temperature sensor

The most used temperature sensors in temperature control systems with domain $-30^{\circ}\text{C} \div 100^{\circ}\text{C}$ is LM35 sensor. The LM35 is precision integrated-circuit temperature sensor, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius temperature. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60 \mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air.

Sistemul de achiziție

Sistemul de achiziție este realizat folosind un microcontroler AT89S52 și un convertor analog numeric de 12 biți cu 4 canale de tipul ADS7841. Schema bloc a sistemului de achiziție este prezentată în figura 4.

Acquisition system

The acquisition system is made using AT89S52 microcontroller and a 12 bits analog to digital converter with 4 channels as ADS7841. Its block schematic is shown in Figure 4.

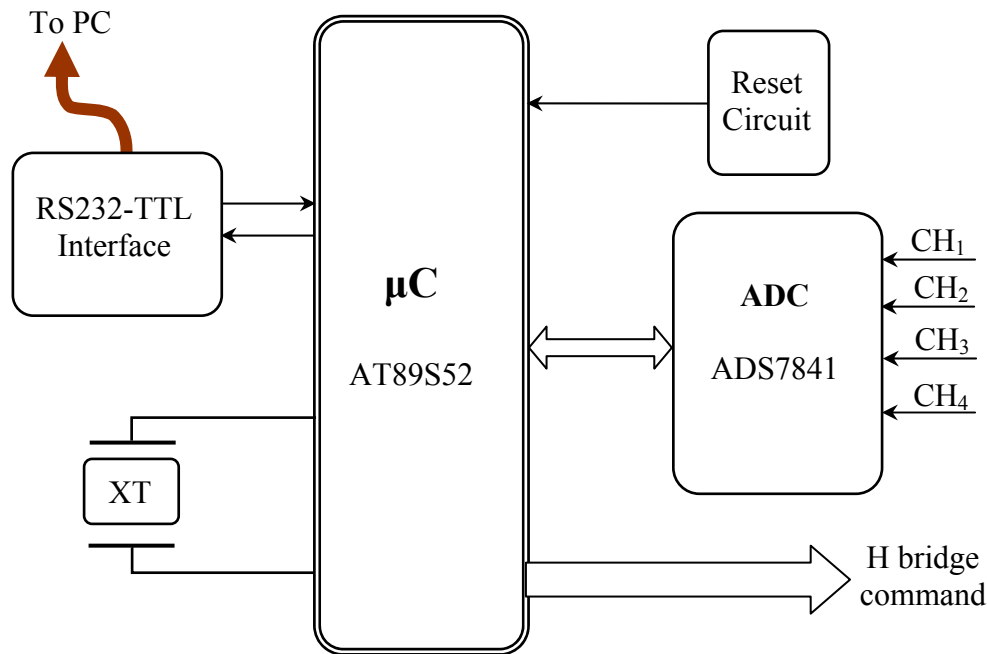


Figura 4. Schema bloc sistemului de achiziție

Figure 4. Acquisition system block diagram

AT89S52 este un microcontroler de consum redus cu performanțe ridicate ce dispune de 8K octeți de memorie Flash. Acest circuit este realizat utilizând tehnologia Atmel pentru memoriile nevolatile de mare capacitate și este compatibil cu circuitul industrial standard 80C51 atât la setul de instrucțiuni cât și la pini. Microcontrolerul suportă două moduri de lucru cu reducerea consumului ce pot fi stabilite software. În modul Idle se oprește doar CPU în timp ce RAM-ul, circuitele de temporizare, portul serial și sistemul de întreruperi continuă să funcționeze. Modul Power-Down salvează conținutul RAM dar „îngheață” oscilatorul dezactivând toate funcțiile circuitului până la o nouă întrerupere sau reset hardware.

ADS7841 este un convertor analog numeric cu 4 canale, pe 12 biți având o interfață serială sincronă. Rezoluția convertorului este programabilă în funcție de necesitate pe 8 sau

The AT89S52 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcontroller with 8K bytes of in-system programmable Flash memory. The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard 80C51 instruction set and pinouts. The AT89S52 microcontroller is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or hardware reset.

The ADS7841 is a 4-channel, 12-bit sampling Analog-to-Digital Converter (ADC) with a synchronous serial interface.

12 biți. Puterea disipată este de doar 2mW la o viteză de lucru de 200kHz și o alimentare de 5V. Tensiunea de referință (VREF) se poate situa în domeniul $100\text{mV} \div V_{cc}$, asigurând un domeniu al tensiunii de intrare între 0 și VREF. Circuitul dispune de asemenea de un mod de lucru redus pentru scăderea puterii disipate la doar $15\mu\text{W}$.

ADS7841 este un convertor numeric analogic clasic cu registru de aproximări succesive, arhitectură ce este bazată pe redistribuirea sarcinii și include obligatoriu o funcție de eșantionare și memorare. Intrarea analogică în convertor este de tipul diferențial și provine de la un multiplexor cu patru canale. Intrarea poate fi achiziționată în funcție de tensiunea de la intrarea COM (care este în general masa) sau diferențial folosind două din cele patru canale de intrare (CH₀-CH₃). Aceste configurații particulare sunt selectate folosind interfața serială.

Aplicația software

Aplicația software pentru conectarea cu sistemul de achiziție poate fi realizată în LabWindows CVI. LabWindows/CVI este un mediu de programare integrat American National Standards Institute (ANSI) C dezvoltat de firma National Instruments și este destinat inginerilor și cercetătorilor pentru crearea de aplicații cu instrumente virtuale. LabWindows/CVI este util pentru dezvoltarea de aplicații flexibile și ieftine de măsură care folosesc metode tradiționale de măsură. Soft-ul LabWindows/CVI este utilizat cu precădere în sistemele automate de test, proiecte de monitorizare și achiziție de date, măsurători de verificare și testare, procese de monitorizare și control.

4. CONCLUZII

Sistemul propus este un sistem nou și modern destinat reducerii umidității în incinte de mici dimensiuni și se pretează în special pentru păstrarea anumitor obiecte de colecție (cărți, tablouri, opere de artă, meteoriți) care necesită condiții de umiditate controlată. Posibilitatea de control a umidității pe care o oferă sistemul propus poate fi exploatată și în

The resolution is programmable to either 8 bits or 12 bits. Typical power dissipation is 2mW at a 200kHz throughput rate and a +5V supply. The reference voltage (VREF) can be varied between 100mV and VCC, providing a corresponding input voltage range of 0V to VREF. The device includes a shutdown mode which reduces power dissipation to under $15\mu\text{W}$.

The ADS7841 is a classic Successive Approximation Register (SAR) ADC. The architecture is based on capacitive redistribution that inherently includes a sample-and-hold function. The analog input to the converter is differential and is provided via a four-channel multiplexer. The input can be provided in reference to a voltage on the COM pin (which is generally ground) or differentially by using two of the four input channels (CH₀ - CH₃). The particular configuration is selectable via the digital interface.

Software application

The software application for connecting with the acquisition system can be achieved in LabWindows/CVI. LabWindows/CVI is an integrated American National Standards Institute (ANSI) C environment (C is a computer programming language) developed by National Instruments Corporation and designed primarily for engineers and scientists creating virtual instrumentation applications. LabWindows/CVI helps you leverage the power of the computer to create flexible, reusable, and inexpensive measurement applications that outperform traditional test and measurement methods. The full potential of LabWindows/CVI is used to automate test systems, bench top experiments, DAQ monitoring projects, verification tests and measurements, process monitoring, and controlling systems.

4. CONCLUSION

The proposed system is a new and modern system for reducing humidity in small enclosures and particularly suitable for the retention of certain collection objects (books,

cadru laboratoarelor de reglare automată a proceselor sistemul permițând testarea a diferite legi de reglare a umidității.

BIBLIOGRAFIE

1. Rockwood, Alan L. (1984), *Relationship of thermoelectricity to electronic entropy*, *Phys. Rev. A* **30**: 2843–4
2. Besançon, Robert M. (1985). *The Encyclopedia of Physics, Third Edition*. Van Nostrand Reinhold Company. [ISBN 0-442-25778-3](#).
3. Rowe, D. M., ed (2006). *Thermoelectrics Handbook: Macro to Nano*. Taylor & Francis. [ISBN 0-8493-2264-2](#).
4. Buck, A. L., New equations for computing vapor pressure and enhancement factor, *J. Appl. Meteorol.*, 20, 1527-1532, 1981
5. Buck Research Manual (1996)
6. <http://www.sensorelement.com/>
7. <http://www.yaga.no/Dewpoint%20Equations.pdf>
8. <http://www.atmel.com/products/8051/>
9. Grofu F, Popescu L, Cercel C., *Acquisition System for Monitoring Vibrations* International Joint Conferences on Computer, Information, and Systems Sciences, and Engineering (CISSE 07) - International Conference on Industrial Electronics, Technology & Automation (IETA 07), University of Bridgeport, USA, December 03-12, 2007, Published by Springer Press

paintings, artwork, meteorites) that require controlled humidity conditions. The possibilities to control humidity that is offered by the proposed system can be operated in automatic testing processes laboratory allowing different laws to control the humidity.

REFERENCES

1. Rockwood, Alan L. (1984), *Relationship of thermoelectricity to electronic entropy*, *Phys. Rev. A* **30**: 2843–4
2. Besançon, Robert M. (1985). *The Encyclopedia of Physics, Third Edition*. Van Nostrand Reinhold Company. [ISBN 0-442-25778-3](#).
3. Rowe, D. M., ed (2006). *Thermoelectrics Handbook: Macro to Nano*. Taylor & Francis. [ISBN 0-8493-2264-2](#).
4. Buck, A. L., *New equations for computing vapor pressure and enhancement factor*, *J. Appl. Meteorol.*, 20, 1527-1532, 1981
5. Buck Research Manual (1996)
6. <http://www.sensorelement.com/>
7. <http://www.yaga.no/Dewpoint%20Equations.pdf>
8. <http://www.atmel.com/products/8051/>
9. Grofu F., Popescu L, Cercel C., *Acquisition System for Monitoring Vibrations* International Joint Conferences on Computer, Information, and Systems Sciences, and Engineering (CISSE 07) - International Conference on Industrial Electronics, Technology & Automation (IETA 07), University of Bridgeport, USA, December 03-12, 2007, Published by Springer Press