

THE TEMPERATURE CONTROL SYSTEM IN AN ENCLOSURE BY USING THE ARDUINO MEGA 2560 DEVELOPMENT BOARD

LIVINTI PETRU¹

¹ "Vasile Alecsandri" University of Bacău, Calea Mărășești 157, Bacău, 600115, Romania

Abstract: In this paper was presented a temperature control system in an enclosure by using the Arduino Mega 2560 development board. The temperature in the enclosure was measured with a LM 35 temperature sensor. For the control of the temperature in the enclosure, we used the "*Measurement of temperature_Arduino_2015.vi*" program made in the LabVIEW 2015 programming environment. This program was implemented and validated on an experimental stand in the Electrical Machines Laboratory from "Vasile Alecsandri" University of Bacau. By using this temperature control system, will be obtained reduction in the amount of electricity needed to heat the enclosure.

Key words: temperature, sensor, development board, enclosure

1. INTRODUCTION

À l'heure actuelle, une grande partie de l'électricité est utilisée pour les systèmes de chauffage électrique des logements, les immeubles de bureaux ou les enceintes dans les processus de production technologique. Afin d'augmenter l'efficacité énergétique de l'utilisation de l'électricité pour le chauffage, divers systèmes de contrôle de la température sont utilisés dans les logements ou dans certaines enceintes dans les processus technologiques de production, [1], [2], [3]. Par l'utilisation de l'environnement de programmation graphique LabVIEW nous pouvons réaliser des applications complexes et performantes à un coût relativement faible, [4]. L'interface graphique pour le contrôle de la température dans une petite enceinte doit être simple et facile à utiliser, [5], [6]. L'environnement LabVIEW, par les facilités offertes, est une solution viable pour la mise en œuvre d'un système de contrôle de la température dans une enceinte à l'aide d'un capteur intégré LM 35. Dans cet article a été présenté un système de contrôle de la température dans une enceinte en utilisant la carte de développement Arduino Mega 2560.

2. STRUCTURE DU SYSTÈME DE CONTROL DE LA TEMPÉRATURE DANS UNE ENCEINTE

Le diagramme bloc du stand expérimental est représenté dans la Fig. 1. Le stand expérimental est composé de: a) enceinte thermiquement isolée; b) résistances de puissance; c) capteur de température; d) source de tension continue de 24 V.c.c; e) amplificateur de puissance; f) carte de développement Arduino Mega 2560; g) ordinateur portable.

- a) L'enceinte a les dimensions suivantes: Longueur = 23 cm; Largeur = 25 cm; Hauteur = 21 cm et est isolé thermiquement avec des cloisons sèches de 12 mm d'épaisseur. À l'intérieur de l'enceinte se trouvent un ventilateur, un capteur de température intégré LM 35 et les résistances de puissance. Pour le chauffage, sont utilisé 6 résistances (10W / 0.8Ω) en céramique. Ils sont alimentés par un étage amplificateur de puissance commandé par des signaux PWM générés par la carte de développement Arduino Mega 2560.
- b) La carte de développement Arduino Mega 2560 a les caractéristiques suivantes:
 - Microcontrôleur: ATmega 2560;
 - Tension de travail: 5 V;
 - Tension d'entrée (recommandé): 7-12 V;
 - Tension d'entrée (limites): 6-20 V;

- Pins digitaux: 54 (14 prend en charge la sortie PWM);
- Pini Analogiques: 16;
- Courant de sortie: 40 mA;
- Courant de sortie 3.3V Pin: 50mA;
- Mémoire Flash: 256 Ko, 8 Ko pour le boot loader;
- SRAM: 8 Ko;
- EEPROM: 4 Ko;
- Microcontrôleur Tact: 16 MHz;

L'Arduino Mega 2560 est généralement alimenté par USB ou en cas de besoin avec une autre source d'alimentation, le mode d'alimentation étant automatiquement sélectionné.

- c) L'ordinateur portable est de type HP 625 avec les spécifications suivantes: Processeur AMD V160, 2,4 GHz, 2 GB de RAM, système d'exploitation 32 bits. Pour cette application, utilisez le programme "Mesure de la température_Arduino_2015.vi" dans l'environnement de programmation LabVIEW 2015 enregistré dans la mémoire de l'ordinateur.

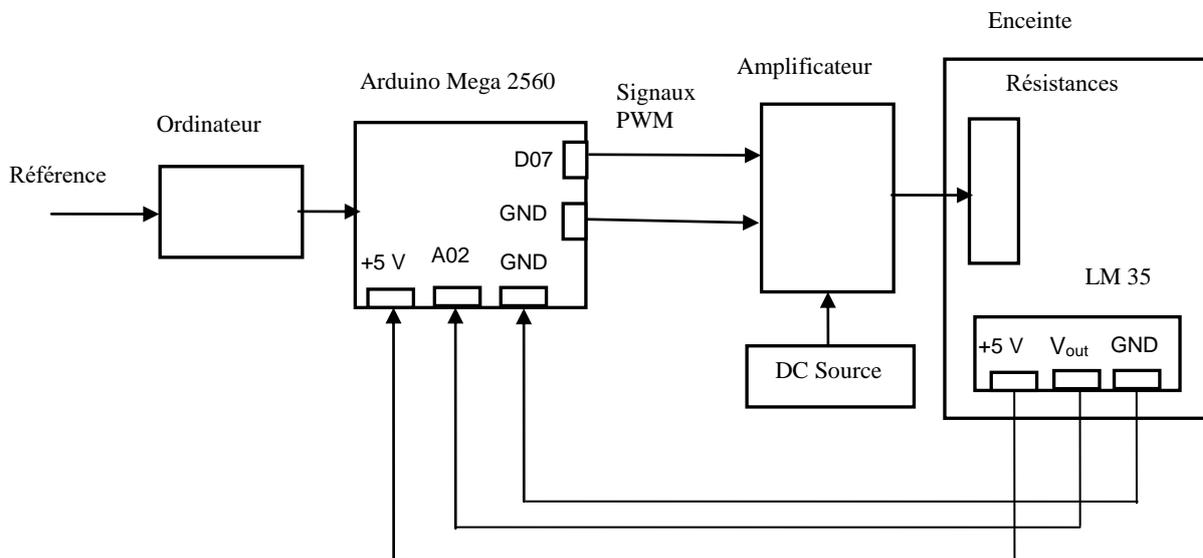


Fig. 1. Diagramme bloc du stand expérimental

- d) Le capteur de température LM 35 est constitué d'un circuit intégré dont le signal de sortie de tension est proportionnel à la température. Les caractéristiques de ce capteur de température sont:

- Tension d'alimentation: (0 - 35) V.c.c.
- Tension de sortie: 10 mV / degré
- Courant de sortie: 10 mA
- Plage de température: $T_{min} - T_{max}$: LM 35, LM 35A: $-55^{\circ}C$ à $+150^{\circ}C$

Le schéma de principe du capteur de température intégré LM 35 est représenté dans la figure 2 et le diagramme de connexion est représenté dans la figure 3.

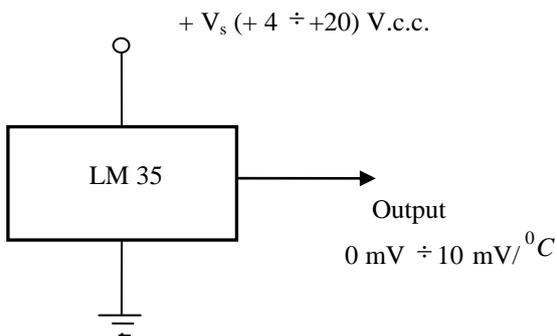


Fig. 2. Capteur de température LM 35

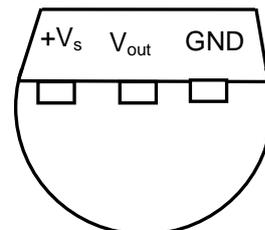


Fig. 3. Diagramme de connexion du capteur de température LM 3

3. DÉTERMINATIONS EXPÉRIMENTALES

Une photographie du stand expérimental est présente dans la figure 4. Dans la Figure 5 est une vue arrière de l'enceinte avec la porte d'accès et dans la Figure 6 est présenté le panneau de commande de l'installation thermostatique. Sur ce panneau est un voltmètre qui mesure la tension d'alimentation des résistances de puissance situées dans l'intérieur de l'enceinte. Pour contrôler la température de l'enceinte a été réalisé le programme " *Mesure de la température_Arduino_2015.vi*" dans l'environnement de programmation LabVIEW 2015. Le panneau avant du programme est représenté dans la figure 7 et le diagramme bloc est présent dans la figure 8. Sur le panneau avant, il y a des indicateurs pour la taille mesurée, la taille de référence, la taille de la commande et la taille du facteur de remplissage du signal PWM. Dans le diagramme bloc du programme, il y a des blocs de carte de développement Arduino Mega 2560 nécessaires pour acquérir le signal fourni par le capteur de température LM 35 et pour générer le signal PWM pour commander l'amplificateur de puissance par lequel les résistances de puissance de l'intérieur de l'enceinte sont alimentées. La commande de connexion ou de déconnexion de l'alimentation des résistances de puissance sera donnée par le bloc multiplicateur dans le coin supérieur droit du diagramme bloc par le signal de sortie du contrôleur bi positionnelle. Ce régulateur est fait en utilisant le bloc « Formula node » de LabVIEW à l'intérieur duquel est écrit un programme en C ++. Si la taille de référence est supérieure à la taille mesurée, le signal de sortie aura la valeur 1. Si la taille de référence est inférieure à la taille mesurée, le signal de sortie sera 0. La zone d'hystérésis pour le signal de sortie du régulateur est également obtenue avec le bloc de « Formula Node » de LabVIEW dans lequel sont écrites les relations suivantes en C ++:

$$\text{set1} = \text{set} - 0,3 \quad (1)$$

$$\text{set2} = \text{set} + 0,3 \quad (2)$$

où: set1 - est la valeur maximale de la taille de référence; set2 - est la valeur minimale de la taille de référence; set - est la valeur de la taille de référence.

Pour la mise en service du stand expérimental, ils vont donner les commandes suivantes:

- Est alimentée d'une source de tension de 220 V.c.a. l'installation thermostatique, par l'interrupteur rouge sur le panneau de contrôle.

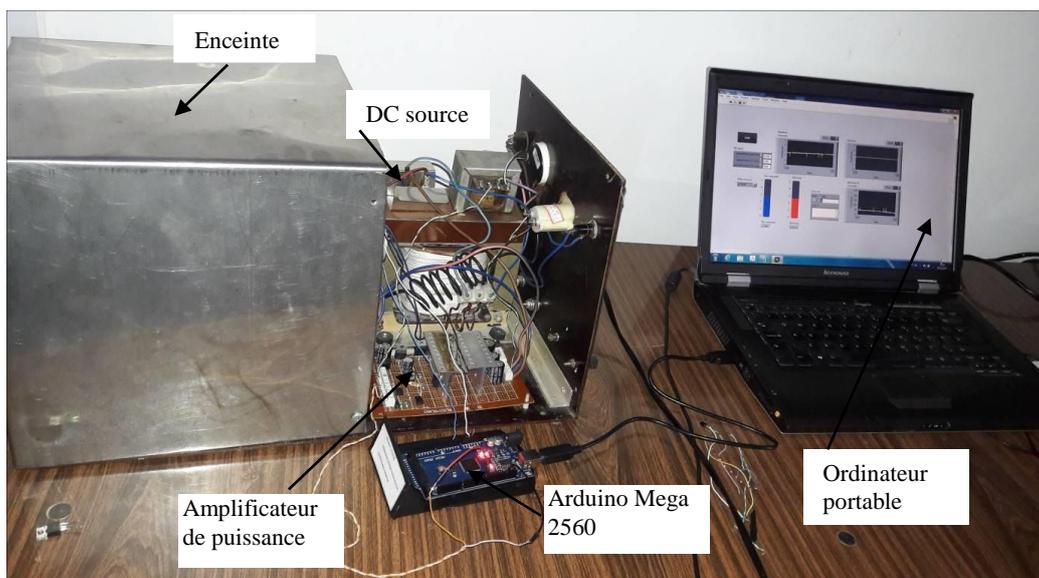


Fig. 4. Stand expérimental pour le contrôle de la température dans une enceinte avec la carte de développement Arduino Mega 2560

- On ouvre le programme réalisée dans LabVIEW 2015 " *Mesure de la température_Arduino_2015.vi* ”.
- Réglez la valeur du facteur de remplissage du signal PWM pour la commande de l'amplificateur de puissance par l'intermédiaire du contrôleur de température bi positionnelle.
- Lancer le programme avec le bouton de START situe sur le panneau avant.
- Différentes valeurs de température d'enceinte sont données à partir du bouton de référence dans l'ordre croissant. Il est prévu de stabiliser la température dans l'enceinte. Après avoir exécuté le programme " *Mesure de la température_Arduino_2015.vi*" les résultats suivants sont obtenus.

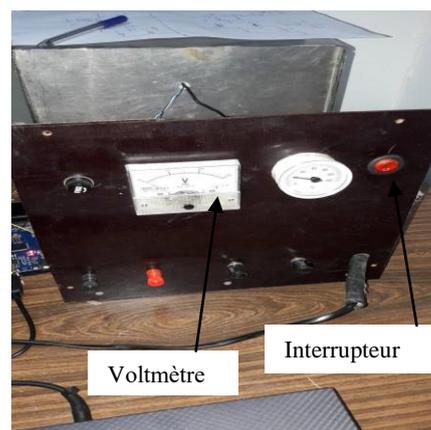
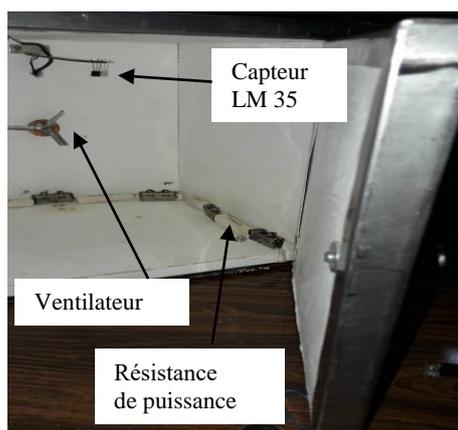


Fig. 5 Vue d'arrière d'enceinte avec la porte d'accès

Fig.6 Panneau de commande de l'installation thermostatique



Fig. 7. Le panneau d'avant du programme fait dans LabVIEW 2015 pour $U_{mas} = 3,18 \text{ Vc.c.}$, $U_{ref} = 2,99 \text{ Vc.c.}$

Dans le premier cas, a été vérifié le mode de fonctionnement du régulateur bi positionnelle pour trois valeurs différentes de la taille de référence, à savoir, Table 1:

Table 1

Nr. crt.	Valeur de la taille de référence	Valeur de la taille mesurée	Valeur d'erreur	Valeur de la taille de la commande
1	2,5	2,9	- 0,30	0
2	3,5	3	0,50	1
3	2,99	3,19	- 0,20	0

Ou : Valeur d'erreur = Valeur de la taille de référence - Valeur de la taille mesurée. Pour le signal de sortie égal à 1, le signal PWM aura un facteur de remplissage égal à 100/255.

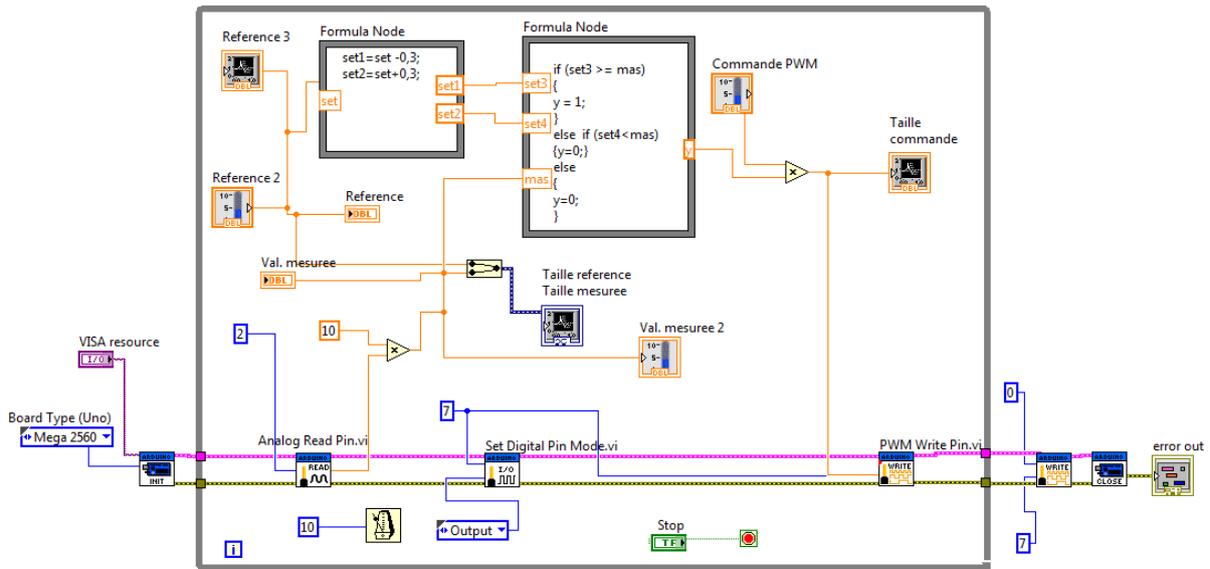


Fig. 8. Le diagramme bloc du programme réalisé dans LabVIEW 2015

Dans le second cas, la variation de la température dans l'enceinte est déterminée pour un intervalle de temps de 100 secondes lorsque le signal d'erreur a une valeur de 0,4 au début (figure 9) et la variation de température dans l'enceinte pendant un intervalle de temps de 1000s lorsque le signal d'erreur tend vers zéro (Figure 10) pour la même valeur du facteur de remplissage du signal PWM. D'après l'analyse des graphiques de la Fig. 9 et 10 résulte que ce régulateur fournit une température dans l'enceinte avec une précision de 1 °C.

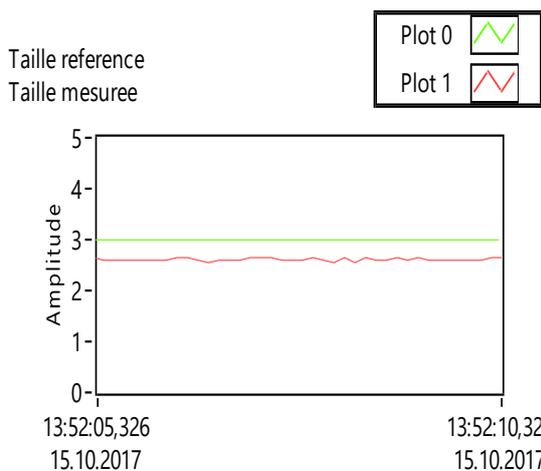


Fig. 9 Variation de la taille de référence et de la taille mesurée pour le signal d'erreur 0,5 au début

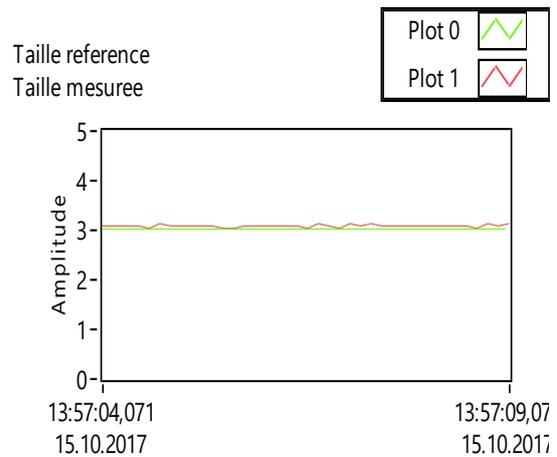


Fig. 10 Variation de la taille de référence et de la de taille mesurée pour le signal d'erreur tend vers zéro

4. CONCLUSIONS

Dans cet article, nous avons présenté un système de contrôle de la température dans une enceinte réalisée à l'aide de la carte de développement Arduino Mega 2560. La température dans l'enceinte a été mesurée avec un capteur de température LM 35. Pour implémenter l'algorithme de contrôle de la température en temps réel dans l'enceinte a été développé un programme dans l'environnement de programmation LabVIEW 2015. D'après l'analyse des graphiques de la Fig. 9 et 10 résulte que ce régulateur fournit une température dans l'enceinte avec une précision de 1 °C. En utilisant ce système de contrôle de température, on obtiendra une réduction de la quantité d'électricité nécessaire pour chauffer l'enceinte. Dans la perspective, nous pouvons créer un programme C ++ pour la programmation de la carte de développement Arduino Mega 2560, qui comprendra l'algorithme de contrôle développé dans LabVIEW 2015. De cette façon, nous n'avons plus besoin d'ordinateur et on va réduire le coût de stand expérimental.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Adhi Ksatria Theppaga, Achmad Rizal, Erwin Susanto: *DESIGN AND IMPLEMENTATION OF PID CONTROL BASED BABY INCUBATOR*, Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 10th December 2014. Vol.70 No.1, ISSN: 1992-8645, pp.19-24.
- [2] Hitu Bansal, Dr. Lini Mathew, Ashish Gupta: *Controlling of Temperature and Humidity for an Infant Incubator Using Microcontroller*, International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, Vol. 4, Issue 6, June 2015, ISSN 2320 – 3765, pp. 4975-4982
- [3] José Amadeo Dávalos Pinto, Edwin Ávila Córdova. and Claudio Bruno Castellón Lévano: *Design and Implementation of a Digital PID Temperature Controller for Neonatal Incubator ESVIN*: Journal of Mechanics Engineering and Automation 5 (2015) 167-172, pp. 167-172
- [4] Muthuvignesh M, Karthick.M, Nallakaruppan.M, Jagadeshkumar S, Sathishkumar R: *Temperature Control of Steam Using Microcontroller Arduino MEGA 2560*, International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 6, Issue 3, March 2017, ISSN: 2347-6710, pp. 3504-3511
- [5] Livinti P.: *Electric Drive System Equipped with Static Frequency Converter Controlled with CompactRIO 9074*, Proceedings of Francophone Multidisciplinary Colloquium on Materials, Environment and Electronics, 2015, ISSN 2343-9092, Vol. 5, Issue no. 1 pp. 72-77
- [6] Dinesh Bista: *Understanding and Design of an Arduino-based PID Controller*, Theses and Dissertations, 2016, Virginia Commonwealth University, VCU Scholars Compass.