

SISTEMA DE AQUISIÇÃO, ARMAZENAMENTO E GERAÇÃO DE SINAL PWM DE TEMPERATURA USANDO COMUNICAÇÃO I²C (MASTER-SLAVE) ENTRE MICROCONTROLADORES ADUC842

VANESSA DE OLIVEIRA SILVA*; GERONIMO BARBOSA ALEXANDRE²; RAPHAEL M. S. M. BALTAR³; JORDÂNIO INÁCIO MARQUES⁴; ANDERSON NUNES DA SILVA⁵

- ¹ Discente de Engenharia Elétrica, IFPE, Garanhuns - PE, oliveiravanessa284@yahoo.com
² M.Sc. Engenharia Elétrica, Professor EBTT, IFPE, Garanhuns - PE, geronimo.alexandre@ee.ufcg.edu.br
³ M.Sc. Engenharia Elétrica, Professor EBTT, IFPE, Garanhuns - PE, raphael.baltar@garanhuns.ifpe.edu.br
⁴ Doutorando em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande - PB, jordanioinacio@hotmail.com
⁵ Esp. Segurança do Trabalho, Professor EBTT, IFPE, Garanhuns - PE, anderson.silva@garanhuns.ifpe.edu.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017
8 a 11 de agosto de 2017 – Belém, Pará, Brasil

RESUMO: Nas atividades industriais o controle da temperatura de processo é de crucial importância para manter a produção eficiente e a qualidade do produto final. Neste contexto o objetivo deste trabalho é apresentar o sistema a baixo custo projetado para medir, armazenar e gerar um sinal de controle de temperatura usando da comunicação I²C modo mestre-escravo para comunicar um microcontrolador mestre (Este comanda a operação de leitura e escrita nos escravos pelo barramento de dados) e dois microcontroladores escravos (o escravo 01 realiza a tarefa de registrar e armazenar os dados de temperatura pelos diversos sensores e enviá-los para o microcontrolador mestre quando este solicitar, já o escravo 02 realiza a tarefa de receber os dados medidos e armazenados no mestre, a partir destes dados projeta um sinal de controle PWM de temperatura). A arquitetura de *hardware* e *software* foi montada no Laboratório de Construções Rurais da UFCG e aplicado na gestão da temperatura de uma câmara bioclimática contendo aves de corte confinadas.

PALAVRAS-CHAVE: Temperatura, câmara bioclimática e sistema de medição e controle.

ACQUISITION SYSTEM, STORAGE AND TEMPERATURE PWM SIGNAL GENERATION USING I²C COMMUNICATION (MASTER-SLAVE) BETWEEN MICROCONTROLLERS ADUC842

ABSTRACT: In the industrial activities process temperature control is of crucial importance to maintain efficient production and quality of the final product. In this context the objective of this paper is to present the system at low cost designed to measure, store and usually a temperature control signal using communication I²C master-slave mode to communicate a master microcontroller (This controls the read operation and writing slaves the data bus) and two slave microcontrollers (the slave 01 performs the task of recording and storing temperature data by the various sensors and upload them to the microcontroller master when this request, since the slave 02 performs the task of receiving the data measured and stored in the master data from these projects a control signal PWM temperature). The hardware and software architecture was mounted in Rural Buildings Laboratory of UFCG and applied in managing the temperature of a bioclimatic chamber containing confined Slaughter fowls.

KEYWORDS: Temperature, climate chamber and measurement and control system.

INTRODUÇÃO

A medição de temperatura possui grande destaque na indústria, tendo influência marcante em grande quantidade de processos industriais. O mercado mundial das indústrias produtoras de equipamento para medição de temperatura está avaliado em 1,3 bilhão de dólares, com um crescimento anual acima de 9% ao ano (Barp, 2003). Esse crescimento é marcado principalmente pela industrialização de países subdesenvolvidos, pela redução das barreiras comerciais e pelo avanço da tecnologia de sensores “inteligentes”. Na década de 90, em torno de 60% dos parâmetros controlados

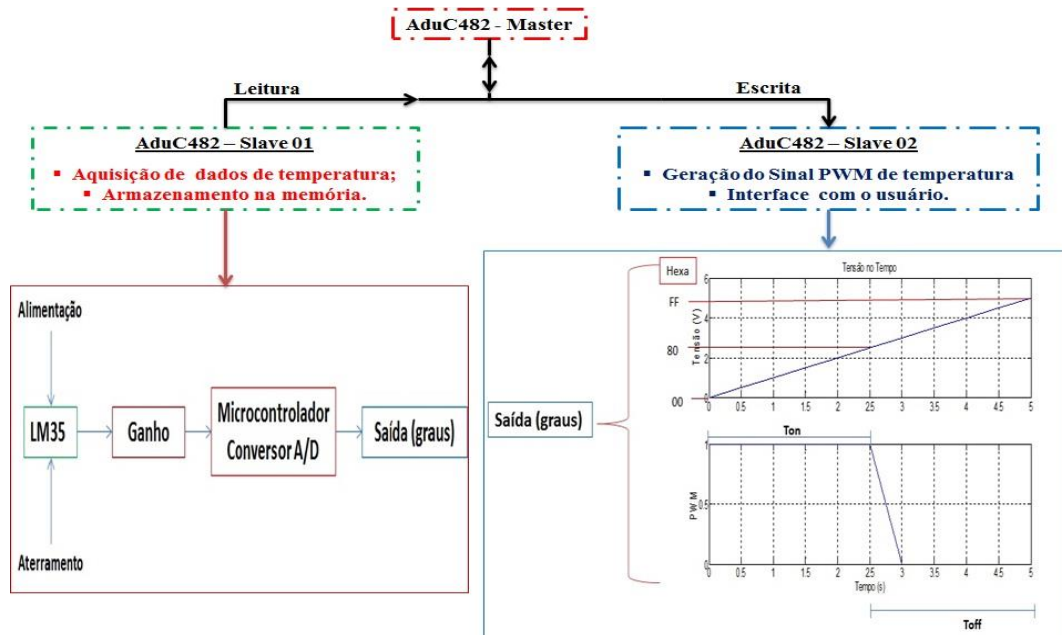
estavam associados à temperatura e na ordem de 15% dos transdutores em uso eram destinados à medição de temperatura, sendo que de 70% a 80% desse mercado dominado pelos termopares e termorresistores (Barp, 2003).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema de aquisição de dados de medições de temperatura e geração de um sinal PWM de temperatura utilizando ADUC482 e o protocolo de comunicação I²C operando no modo mestre-escravo. O procedimento de operação deste sistema é: o ADUC482 (Slave 01) recebe os dados de provenientes do circuito de medição de temperatura da sala (circuito de condicionamento e sensor LM35), armazena na sua memória EPROM (entrada A/D) os dados recebidos e mostra os dados medidos e armazenados (no Hyperterminal); ADUC482 (Master) envia o sinal de leitura de dados ao escravo 01(Slave 01) pelo barramento de dados, este por sua vez retorna ao Mestre os dados de temperatura medidos e sinal de confirmação de mensagem (ACK-Acknowledge), o ADUC mestre recebe os dados do escravo 01 armazena na memória (apresenta no Hyperterminal) e manda o sinal de escrita de dados e os dados de temperatura medidos ao escravo 02 (Slave 02); O ADUC escravo 02 recebe os dados de temperatura do mestre, envia sinal de recebimento (ACK -Acknowledge), armazena na memória e gera o sinal PWM (Pulse Width Modulation) de temperatura.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para consecução dos objetivos traçados para esta tarefa utilizou o seguinte material: sensor de temperatura LM35, Amplificador operacional – CI- TL084; Protoboard; Fios para ligação; Fontes de tensão; Osciloscópio; resistores (R1 de 10KΩ, R2 de 10KΩ, R3 de 1KΩ e R4 de 3,9KΩ), microcomputador (disponível os aplicativos para simular junto com o microcontrolador ADUC482, a exemplo, HyperTerminal, bloco de notas, *Software* μVision 3 da Analog Devices, entre outros) e três placas (módulos – Kit Analog Devices) cada um com um microcontrolador AduC482 da Analog Devices. O diagrama de blocos da Figura 1 ilustra o sistema de aquisição e armazenamento de temperatura no ADUC482, bem como a geração do sinal PWM de temperatura desenvolvido.

Figura 1 – Diagrama de Blocos do sistema de comunicação I²C para aquisição e geração do PWM.



A metodologia utilizada para consecução do projeto aquisição e geração do sinal PWM de temperatura usando comunicação I²C entre os microcontroladores ADUC482 consiste na sequência de etapas descritas no fluxograma da Figura 2.

A solução implementada foi executada conforme sequência de etapas (ver Figura 3): Etapa 01 - Operação Slave Transmit – Master Receive: Nesta etapa o mestre está fazendo a leitura de dados do escravo, no caso em estudo o escravo 01 está enviando os dados medidos de temperatura para o mestre; Etapa 02 - Operação de gravação: Gravar os dados recebidos do escravo 01 na memória do microcontrolador mestre; Etapa 03 - Operação Master Transmit – Slave Receive: Nesta etapa o mestre

está fazendo a escrita de dados no escravo, no caso em estudo o escravo 02 está recebendo os dados medidos de temperatura gravados no mestre, logo em seguida realiza a operação de gravação destes dados; Etapa 04 - Operação de visualização dos resultados: esta etapa é responsável por gerar o sinal PWM de temperatura com os dados gravados no escravo 02.

Figura 2 – Projeto do sistema de aquisição e geração do sinal PWM de temperatura.

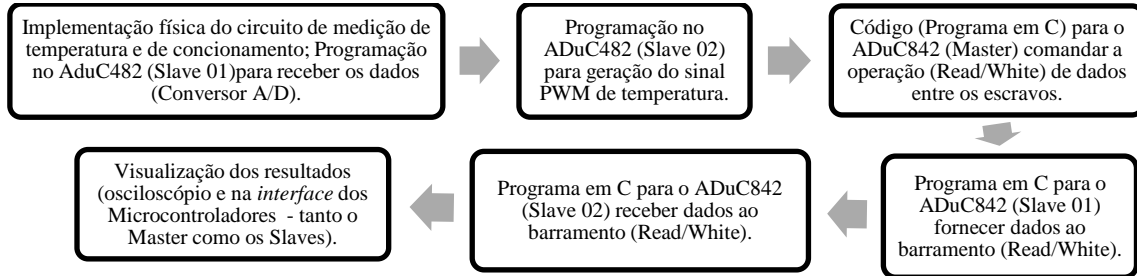
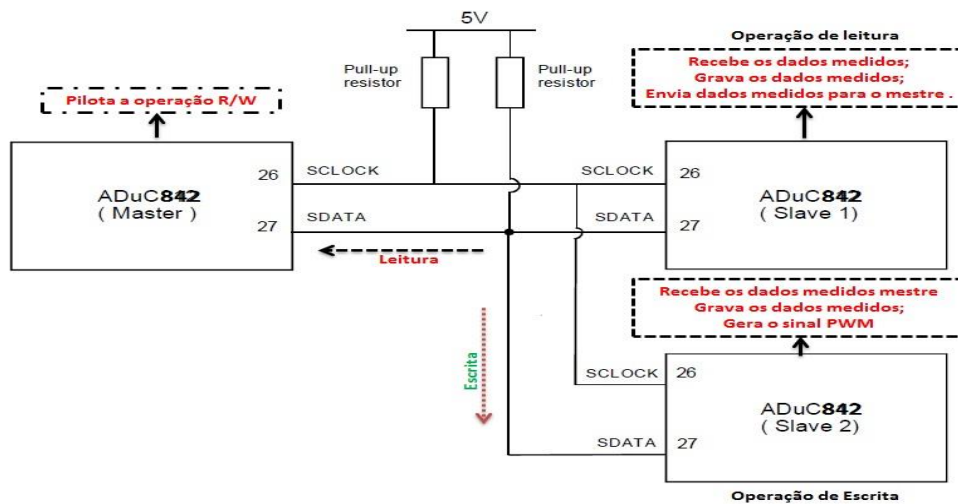
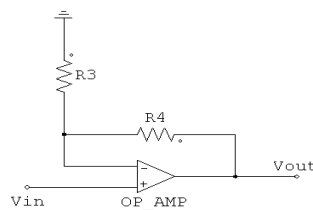


Figura 3 – Diagrama de blocos da comunicação I²C com um mestre e múltiplos escravos.



Fonte: Adaptado de ANALOG DEVICES, (a), (b) e (c).

Figura 43 – Circuito de condicionamento da leitura de temperatura do LM35 (ganho de 5,0).



Vale ressaltar que nas operações descritas optou-se pelo uso de interrupções para executar as funções auxiliares. Para a implantação do diagrama de blocos da Figura 03 é necessário projetar o circuito amplificador de ganho 5,0, visto que a leitura do LM35 é de $1\text{mV}/^\circ\text{C}$ e a entrada de tensão máxima no conversor A/D é de 5,0 volts, logo o circuito de condicionamento de sinal projetado é ilustrado na Figura 4.

Para um ganho do circuito amplificador de 5,0 unidades, $V_{in} = 1\text{mV}$, uma tensão de saída de $V_{out} = 5\text{V}$ e escolhendo o valor de $R_3 = 1\text{k}\Omega$, pode-se determinar o valor do outro resistor que leve a este ganho de tensão, conforme cálculos,

$$A = 5 = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 1 + \frac{R_4}{R_3} \therefore 5 = 1 + \frac{R_4}{1\text{k}\Omega} \therefore R_4 = 4\text{k}\Omega \quad (1)$$

Como não existe no mercado este valor de resistência, utilizou um resistor de 3,9 k Ω para o R_4 ($R_4 = 3,9k\Omega$).

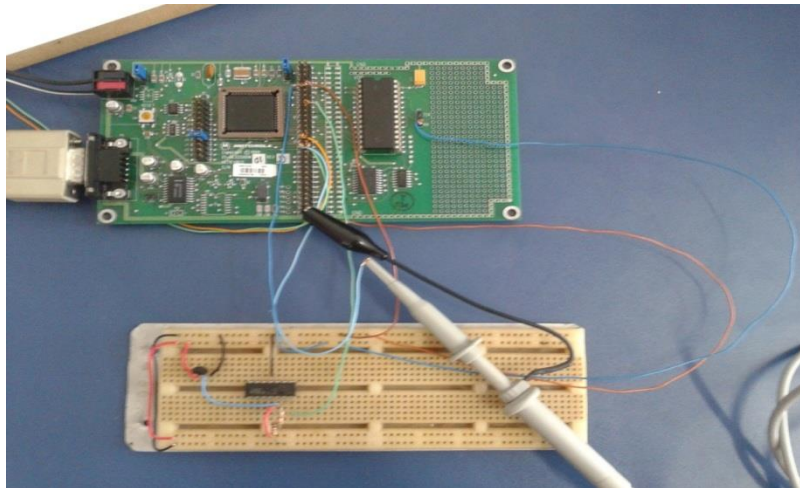
RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema de aquisição, armazenamento e geração do sinal PWM de temperatura com comunicação I²C entre os microcontroladores ADUC482, foi montado no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente da Universidade Federal de Campina Grande (LaCRA/UFCG) entre os dias 16 a 19 de Junho de 2016. Uma vista superior do sistema como um todo pode ser visualizado na Figura 5.

Continuamente o circuito de medição em operação interatua com o microcontrolador ADUC842 (*Slave 01*), suas variáveis são medidas (entrada e saída) e organizadas pelo sistema de aquisição de dados. O sistema de aquisição processa os dados e armazena na memória deste Microcontrolador que são variáveis de entrada para geração do sinal PWM, observado na tela do osciloscópio.

O mestre solicita os dados medidos e gravados no escravo 01, recebe e grava estes dados e logo em seguida envia estes dados para o escravo, onde é gerado o sinal PWM, observe que o mestre comanda as operações de leitura e escrita (leitura ao receber os dados do escravo 01 e escrita ao enviar os dados para o escravo 02). A Figura 19 ilustra sinal PWM produzido na medição da temperatura da sala 104 (instrumentação eletrônica do bloco LaCRA/UFCG - térreo). Os programas foram desenvolvidos e testados em ambiente μ Vision 3 (Keil™) usando linguagem C (linguagem de programação).

Figura 5 (a) – Vista panorâmica do sistema projetado– Escravo 01 (*Slave 01*).



O sinal PWM gerado nos dois casos encontra-se ruidoso devido às influências eletromagnéticas presentes e mau-contato no *protoboard* e na placa do 68HC11. Contudo o sistema projetado atende as metas e objetivos determinados: medir a temperatura do ambiente, ler e armazenar na memória do dispositivo de controle e gerar o sinal PWM de temperatura variante com o valor de temperatura medido pelo sensor (LM35).

Figura 5 (b) – Vista panorâmica do sistema de geração do sinal PWM de temperatura – Escravo 02.



Figura 6 (a) – Geração do sinal PWM de Temperatura – 40% em nível alto e 60% nível baixo.

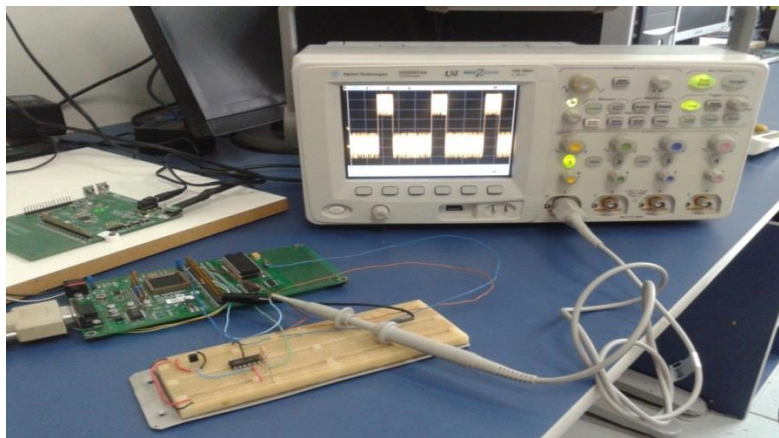
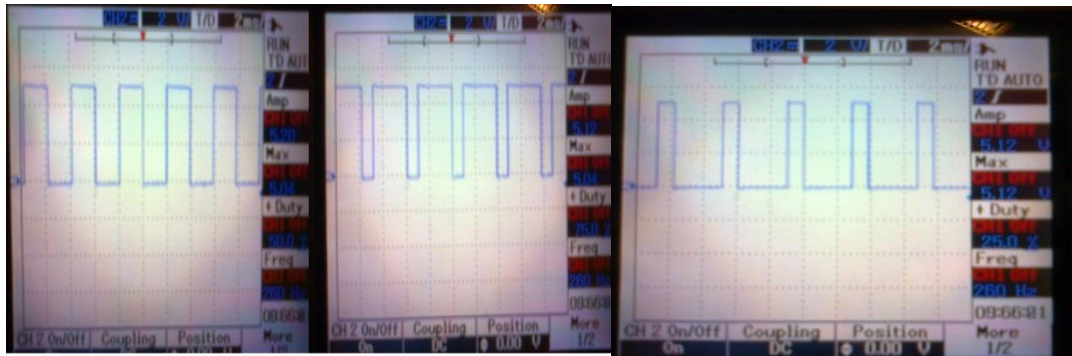


Figura 6 (b) – Sinal PWM de Temperatura – 50% em nível alto e 50% nível baixo; 75% em nível alto e 25% nível baixo e 25% em nível alto e 75% nível baixo.



CONCLUSÃO

O desenvolvimento do sistema de medição, aquisição, armazenamento e geração de sinal PWM com comunicação I²C entre os microcontroladores ADUC842, possibilitou o desenvolvimento de uma aplicação industrial didática (embrião), que permite o melhoramento do ensino de instrumentação industrial no âmbito da graduação em engenharia elétrica. Como trabalhos futuros sugere-se utilizar o sistema projetado para controle de temperatura em estufas (ou câmeras frigoríficas) ou em galpões de criação de galinhas, visto que é importante manter a temperatura sobre ação de controle (monitoramento) neste ambiente, visto que a temperatura exerce influência no regime de alimentação dos frangos, tendo como consequência o emagrecimento do animal. Nesta aplicação real o sinal PWM de temperatura seria usado para acionar os turbo-ventiladores, e estes vão resfriar ou esquentar o ambiente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Analog Devices (a) User Guide ADuC841/ ADuC842/ ADuC843. MicroConverter® 12-Bit ADCs and DACs with Embedded High Speed 62-kB Flash MCU.
- Analog Devices (b) I²C-Compatible Interface on Cortex-M3 Based Precision Analog Microcontroller (ADuCxxx Family). AN-1159 Application Note.
- Analog Devices (c) SPI and I²C Communication Module. MicroConverter® Technical Note uC001 MicroConverter® I²C® Compatible Interface, Version 2, November 2002.
- Barp, A. M. Metodologia de avaliação e de gerenciamento da incerteza de sistemas de medição de temperatura. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Metrologia Científica e Industrial, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 2003.