

## Desenvolvimento de um sistema eletrônico de controle de válvulas controladoras de fluxo de gases

## Development of an electronic gas flow control valve control system

### RESUMO

**André Henrique Waldow  
Guilherme**  
[andre.1998@alunos.utfpr.edu.br](mailto:andre.1998@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

**Euclides Alexandre Bernardelli**  
[ebarnardelli@utfpr.edu.br](mailto:ebarnardelli@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

O projeto homologado refere-se ao desenvolvimento de um sistema eletrônico automático para um controle mais preciso dos pulsos de fluxo dos gases no tratamento térmico de superfície por plasma de aços carbono e aços inoxidáveis. O sistema foi criado a partir de um Arduino Mega e alguns módulos para o Arduino. O trabalho se deu no estudo do Arduino, posteriormente estudo de um código pré-existente de controle de fluxos. Posteriormente foram feitos os ajustes e correções necessárias nesse código, além de implementos. Por fim foi realizada a montagem do sistema, sendo realizados testes e ajustes tanto de programa como também da montagem. O sistema finalizado é funcional, mas ainda são possíveis melhorias estéticas e otimizações.

**PALAVRAS-CHAVE:** Arduino. Tratamento térmico. Plasma.

**Recebido:** 19 ago. 2019.

**Aprovado:** 01 out. 2019.

**Direito autoral:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



### ABSTRACT

The approved project refers to the development of an electronic automatic system for a more precise control of the gas flow pulses in the plasma heat treatment of carbon steels and stainless steels. The system was created from an Arduino Mega and some Arduino modules. The work took place in the study of Arduino, posteriorly a study of a preexistent code for flow control. Then the necessary adjustments and corrections were made in that code, besides improvements. Finally the system was assembled, being performed tests and adjustments both program and assembly. The finished system is functional, but aesthetics improvements and optimizations still can be done.

**KEYWORDS:** Arduino. Heat treatment. Plasm.

## INTRODUÇÃO

Os processos de tratamento de superfície a plasma são muito dependentes do controle dos processos, o controle do tempo ligado e desligado e da tensão da fonte de energia utilizada para gerar o plasma, os gases utilizados, o tempo e a temperatura de tratamento. No trabalho de Sphair (2017) a autora realizou tratamentos de nitretação a plasma e observou que controlar o fluxo de gases por meio de pulsos, ou seja, ligar e desligar um determinado gás durante a nitretação permite controlar as fases, a espessura e a dureza da camada nitretada formada.

No trabalho de Sphair, o controle do tempo ligado e desligado do fluxo de gás foi realizado ligando e desligando manualmente a válvula de controle de fluxo de gás, o que pode acarretar erros visto que os tratamentos são realizados durante um grande período de tempo. Com isto, o objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de um sistema eletrônico, utilizando arduíno, para automatização do controle do fluxo de pulsos, visando tornar tal processo mais preciso.

## MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento do projeto foi dividido em três etapas: a primeira etapa consistiu em determinar os requisitos mínimos necessários do sistema eletrônico para controlar o fluxo de gases; a segunda etapa foi desenvolver a programação em arduíno e montagem dos componentes eletrônicos e; a terceira foi a realização de testes no reator de plasma.

O sistema foi desenvolvido para um reator de plasma o qual possui controladores de fluxo de gás do tipo fluxímetros (Figura 1). Estes fluxímetros possuem fundo de escala programável podendo ser de 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 2500, 10000, 20000  $\text{cm}^3/\text{min}$ , sendo controlados por uma fonte de corrente contínua que fornece 24 V para alimentação dos fluxímetros, e 5V para controlar o fluxo de gás, sendo que os 5 V podem ser variados com incrementos de 0,01 V. Com isto, cada 0,01 V equivale, se o fluxímetro estiver programado para 500  $\text{cm}^3/\text{min}$ , a um fluxo de 1  $\text{cm}^3/\text{min}$ .

Na Tabela abaixo são apresentados os materiais utilizados para o desenvolvimento do sistema eletrônico. Observa-se que os componentes necessários para a construção do dispositivo eletrônico são simples, podendo ser encontrados em lojas de eletrônica.

Após a montagem do sistema, foram realizados testes de funcionamento. Estes foram realizados inserindo um determinado valor de tensão de controle dos fluxímetros (0-5 V) e analisando utilizando um osciloscópio. Outra análise realizada foi inserir um determinado valor de tensão e avaliar a variação de pressão dentro do reator de plasma.

Figura 1. Fluxímetro MKS.



Fonte: Autoria própria (2019)

Tabela 1 – Materiais utilizados no sistema eletrônico.

Componentes eletrônicos	
Quantidade	Descrição
1	Placa Arduino Mega 2560 R3 + Cabo USB para Arduino
1	Display LCD 20x4 I2C Backlight Azul
1	Teclado Matricial de membrana 16 teclas
1	Módulo Relé 5V 4 Canais
1	Regulador de tensão 7805
1	Regulador de tensão 7809
1	Regulador de tensão 7815
1	Regulador de tensão 7915
10	Dissipadores de calor
1	Fonte chaveada 30 V
4	Potenciômetros de 1 K $\Omega$ multivoltas

Fonte: Autoria própria (2019)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 é apresentado o sistema eletrônico desenvolvido. O teclado é utilizado para a seleção do fluxímetro a ser controlado e o modo de controle (contínuo ou pulsado), bem como para inserir o valor dos tempos ligados e desligados dos fluxímetros. No LCD são mostrados os parâmetros de controle e o valor do fluxo de gás, o qual é controlado pelos potenciômetros, como podemos ver na Figura 3. Na Figura 4 é apresentado a parte interna desse sistema.

Na Figura 5 e na Tabela 2 são apresentados os resultados de controle de pulso de tensão de 5 V utilizados para controlar os fluxímetros, os quais foram obtidos utilizando um osciloscópio. Observa-se que para manter um valor de tensão de retorno, ou seja, o fluxo real de gás que está sendo controlado pelo fluxímetro, o valor de tensão fornecida pode ter uma variação.

A resolução do dispositivo é de 0,1V e ele consegue pulsar de um em um minuto, sendo que o tempo em que permanece ligado e o tempo em que permanece desligado são controlados de maneira independente.

Figura 2 – Dispositivo eletrônico desenvolvido para controle de fluxímetros (externo)



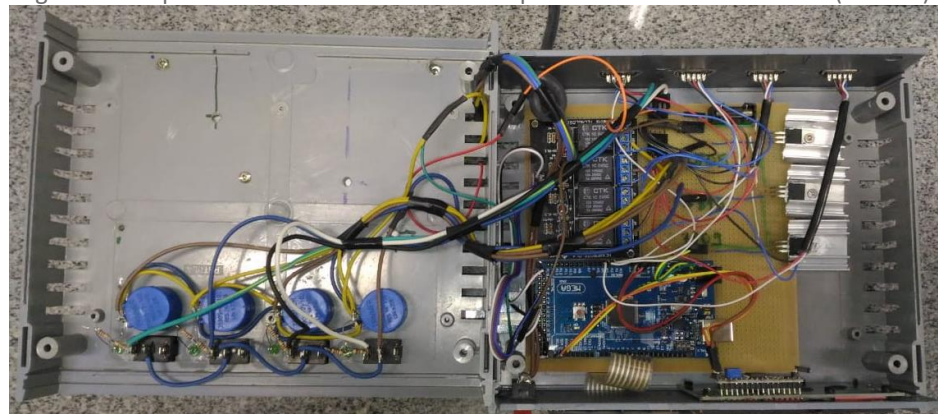
Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 3 – Display LCD



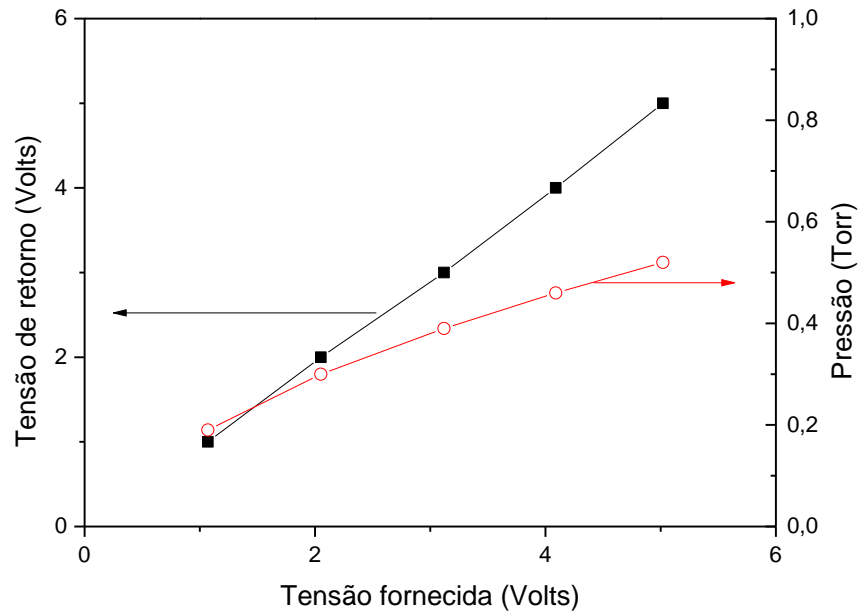
Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 4 – Dispositivo eletrônico desenvolvido para controle de fluxímetros (interno)



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 5 – Relação entre a tensão fornecida pelo dispositivo eletrônico e a tensão de retorno do fluxímetro e a pressão dentro do reator de plasma.



Fonte: Autoria própria (2019)

Tabela 2 – Relação entre a tensão fornecida pelo dispositivo eletrônico e a tensão de retorno do fluxímetro e a pressão dentro do reator de plasma.

Tensão Fornecida	Tensão de Retorno	Pressão
1,07	1	0,19
2,05	2	0,3
3,12	3	0,39
4,09	4	0,46
5,02	5	0,52

Fonte: Autoria própria (2019)

## CONCLUSÃO

Após a montagem, testes e ajustes do projeto, o sistema funcionou como esperado, possuindo apenas pequenos problemas com a tela LCD, mas nenhum problema funcional, apenas estético. Ainda é possível fazer melhorias no sistema, como substituir os potenciômetros analógicos por potenciômetros digitais, e usar o teclado matricial para a escolha da voltagem. Outras melhorias também podem ser realizadas na montagem.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq pelo apoio a pesquisa, projeto universal CNPq 43008/2016-7, a Fundação Araucária pela bolsa de iniciação científica e à UTFPR por disponibilizar o laboratório de plasma para desenvolvimento dessa pesquisa.

## REFERÊNCIAS

SPHAIR, A. C. **Nitretação por plasma de aço inoxidável austenítico com fluxo pulsado de nitrogênio**. 2017. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/2970>. Acesso em: 19 ago. 2019.

GUIMARÃES, F. **Aplicações para Arduino**. E-Book gratuito. Disponível em: <https://cursodearduino.net/ebook-aplicacoes-para-arduino/>. Acesso em: 19 ago. 2019.