

**INSTITUTO MAUÁ DE TECNOLOGIA**



EDUARDO ROMANOV JUNIOR - **R.A.:** 14.01160-3

HENRIQUE PEREIRA ROSA - **R.A.:** 11.02741-0

MATHEUS ANTUNES DE JESUS - **R.A.:** 14.03521-9

LUCA AVANCINI SIQUEIRA - **R.A.:** 14.04079-4

CAROLINA STIVALLI - **R.A.:** 13.00054-3

**PROJETO:** BOLA NO BURACO

São Caetano do Sul

2017

**<https://github.com/eduromanov/EEN-251-D-2017-BolaNoBuraco>**

**CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA ELÉTRONICA**

**4º ANO - DIURNO - TURMA ÚNICA**

**EDUARDO ROMANOV JUNIOR - R.A.: 14.01160-3**

**HENRIQUE PEREIRA ROSA - R.A.: 11.02741-0**

**MATHEUS ANTUNES DE JESUS - R.A.: 14.03521-9**

**LUCA AVANCINI SIQUEIRA - R.A.: 14.04079-4**

**CAROLINA STIVALLI - R.A.: 13.00054-3**

**PROJETO: BOLA NO BURACO**

**ECA411 – SISTEMAS DE CONTROLE I**

**PROF. VANDERLEI CUNHA PARRO**

**EEN251 – MICRO CONTROLADORES E SISTEMAS EMBARCADOS**

**PROF. ALESSANDRO DE OLIVEIRA SANTOS**

São Caetano do Sul

2017

## LISTA DE FIGURAS

|   |   |
|---|---|
| <b>FIGURA 1</b> _MODELO APROXIMADO DO SISTEMA_____  | 4 |
| <b>FIGURA 2</b> _CONTROLADOR APROXIMADO UTILIZANDO O MATLAB_____  | 4 |
| <b>FIGURA 3</b> _MODELO DE CONTROLADOR APROXIMADO_____  | 5 |
| <b>Figura 4</b> <u>VIDEOS</u> : <a href="https://github.com/eduromanov/EEN-251-D-2017-BolaNoBuraco">https://github.com/eduromanov/EEN-251-D-2017-BolaNoBuraco</a> |   |

## Sumario

|  |          |
|--|----------|
| <b>1.INTRODUÇÃO</b>                          | <b>1</b> |
| <b>2. OBJETIVOS</b>                          | <b>1</b> |
| <b>3. MATERIAIS</b>                          | <b>1</b> |
| <b>4. PREMISSAS PARA EXECUÇÃO DO PROJETO</b> | <b>3</b> |
| <b>5. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO</b>         | <b>3</b> |
| <b>5.1 Estrutura do sistema</b>              | <b>3</b> |
| <b>5.2 Identificação do sistema</b>          | <b>3</b> |
| <b>5.3 Implementação do controlador</b>      | <b>5</b> |
| <b>6. RESULTADOS</b>                         | <b>6</b> |
| <b>7. CONCLUSÃO</b>                          | <b>6</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

Foi proposto a elaboração e execução de um projeto abrangendo a matéria de Micro controladores e sistemas embarcados com a matéria de Sistemas de controle I. A matéria de Sistemas de controle I é voltada para modelagem do sistema e projeto do controlador, já a matéria de Micro controladores e sistema embarcados é voltada para o desenvolvimento do software de controle e comunicação entre os sensores e atuadores.

Este projeto consiste em controlar a posição de uma bolinha de ping-pong dentro de um tubo que será suspensa no ar pela força do vento deslocado por uma ventoinha.

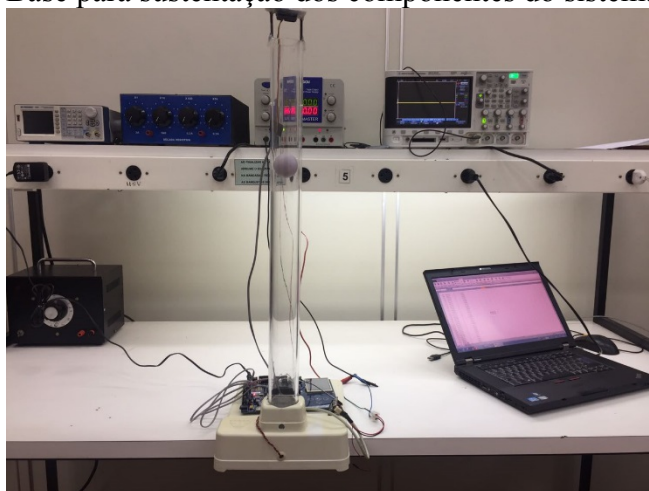
## 2. OBJETIVOS

- Objetivo desejado: Controlar a posição da bolinha por toda a extensão do tubo.
- Objetivo atingido: Controlar a posição da bolinha para um ponto específico no tubo com uma precisão de 1.5 [cm].

## 3. MATERIAIS

Foram utilizados os seguintes materiais para a confecção do sistema:

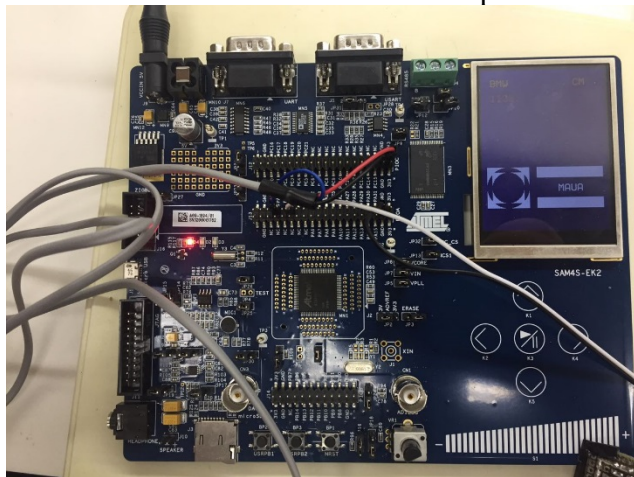
- Tubo de acrílico com 50 [cm].
- Bolinha de ping-pong.
- Ventoinha 12V/0.4A.
- Base para sustentação dos componentes do sistema.



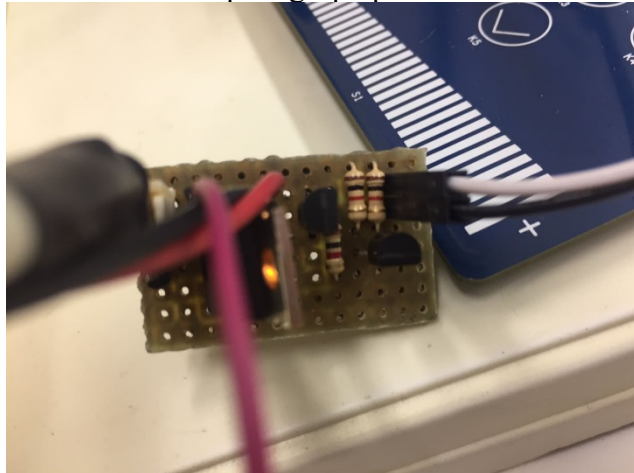
- Sensor de distância Sharp (10 a 80 cm).



- Kit SAM4S-ek2 da Atmel fornecido pelo Instituto Mauá de Tecnologia.



- Driver fabricado pelo grupo para controle da ventoinha



- Fonte de tensão externa (14V)

#### 4. PREMISSAS PARA EXECUÇÃO DO PROJETO

O sistema cujo controle foi proposto apresenta modelagem extremamente complexa, tendo isto em mente foi decidido fazer a identificação do sistema por “caixa preta” onde obtém-se um modelo aproximado baseado nos dados de entrada e saída do seu sistema.

Os materiais utilizados seriam os de menor custo possível e tentariamos obter o melhor resultado possível com eles.

## 5. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

### 5.1 Estrutura do sistema

Após todas as ideias formuladas e o plano de ação pronto demos início ao projeto com a confecção da base que iria sustentar o sistema, a base foi reciclada de um abajur antigo encontrado no lixo foi adaptada para receber a ventoinha e o tubo de acrílico, que foi encontrado jogado pela fábrica do pai de um dos integrantes do grupo e adicionado ao projeto. A ventoinha, kit Atmel sam4s-ek2, fonte de tensão e sala de laboratório foram fornecidos pelo Instituto Mauá de Tecnologia.

Os únicos materiais comprados foram os componentes para o driver de controle da ventoinha e o sensor de distância infravermelho.

### 5.2 Identificação do sistema

O processo de identificar o sistema pelo método caixa preta exigia que o sistema físico estivesse montado e um software que atuasse sobre o sistema registrando as entradas e saídas, foi então desenvolvido um software utilizando o Atmel Studio 7 onde a velocidade da ventoinha é controlada por um PWM (Modulação por largura de pulso) amplificado de 3.3V para 13.7V utilizando o driver e as entradas e saídas do sistema registradas e enviadas via seriais pela UART do kit.

Tendo em mão os dados obtidos demos início a identificação de um modelo aproximado para o nosso sistema utilizando um script para o MATLAB, o modelo obtido **figura 1** foi então transferido do domínio S para o domínio Z onde um controlador inicial foi projetado utilizando a ferramenta Sisotool **figura 2** adicionando um polo e um zero ao sistema e com base nos conceitos adquiridos durante o ano na matéria de sistemas de controle foi possível sintonizar um controlador que tornasse o sistema estável.

*Figura 1 Modelo aproximado do sistema*

```

>> Gs

Gs =

          251.4
-----
0.4032 s^2 + 0.0001102 s + 0.0003302

Continuous-time transfer function.

>> Gz

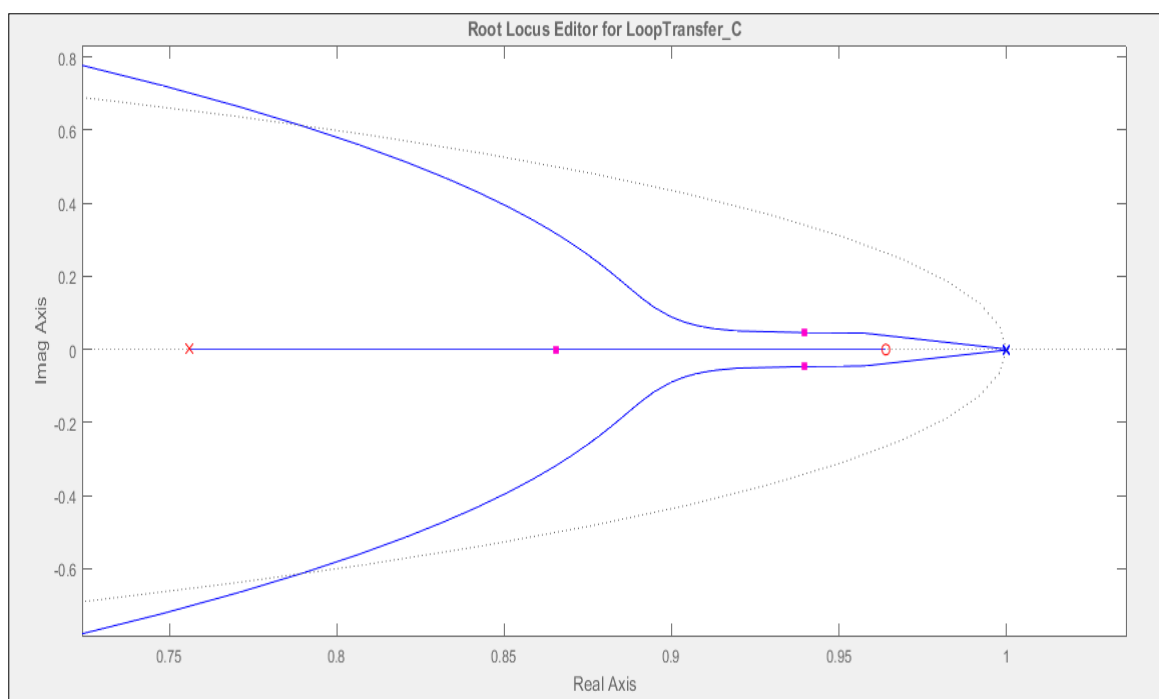
Gz =

0.7793 z + 0.7793
-----
z^2 - 2 z + 1

Sample time: 0.05 seconds
Discrete-time transfer function.

```

**Figura 2** Controlador aproximado utilizando o MATLAB

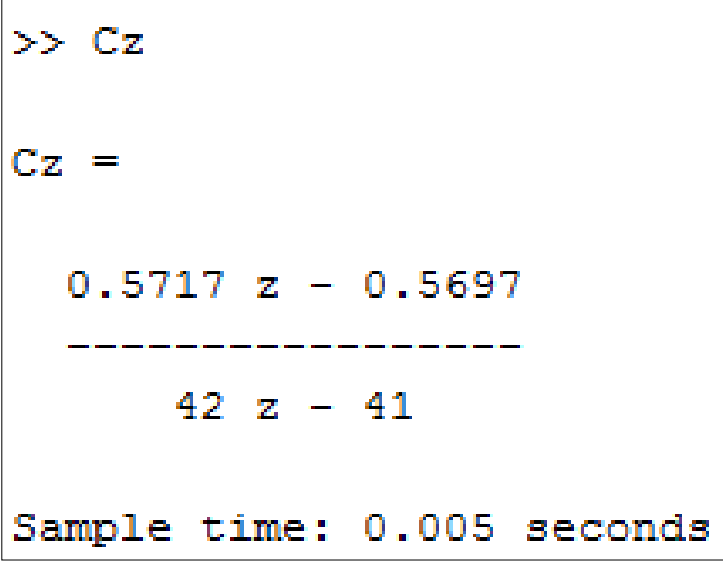




### 5.3 Implementação do controlador

Com o modelo do controlador **figura 3** foi então obtida a equação de diferenças para implementar o controlador.

*Figura 3 Modelo de Controlador Aproximado*



```
>> Cz

Cz =

    0.5717 z - 0.5697
    -----
    42 z - 41

Sample time: 0.005 seconds
```

The image shows a MATLAB command window where the variable 'Cz' is assigned a discrete transfer function. The numerator is '0.5717 z - 0.5697' and the denominator is '42 z - 41'. A dashed line separates the numerator and denominator. Below the denominator, the sample time is specified as '0.005 seconds'.

Durante a implementação tivemos alguns problemas, o primeiro foi o fato de a leitura do sensor e a força do vento atuando na bolinha não apresentarem características lineares sendo assim necessário alterações no controlador para cada altura no tubo. O segundo problema enfrentado foi a característica do sistema que possui comportamento diferente para fazer a bolinha subir ou descer sendo assim necessário a implementação de dois controladores para um melhor controle da posição, entretanto foi utilizado apenas um controlados com algumas adaptações no software para minimizar as oscilações.

## 6. RESULTADOS

O objetivo de realizar o controle da posição da bolinha ao longo de todo o tubo não foi atingido, entretanto conseguimos fazer com que a posição ficasse constante (variação de aproximadamente 1.5cm) todo o tempo para uma referência fixa.

O processo para fazer com que fosse possível controlar a bolinha para diversas posições do tubo seria apenas trabalhoso e não achamos interessante que fosse abordado.

## 7. CONCLUSÃO

O objetivo foi considerado atingido por todos os integrantes do grupo pelo fato de a otimização ser apenas trabalhosa e não apresentar desafios para nos.

Todo o processo de desenvolvimento do projeto foi interessante, tanto a parte conceitual quanto a parte de construção da estrutura.

O software utilizado foi tranquilamente desenvolvido tendo em vista que utilizamos TODOS os módulos anteriormente desenvolvidos durante o curso de Micro controladores e sistemas embarcados.

O reconhecimento do sistema e de um controlador aproximado foi realizado tranquilamente com a utilização do conteúdo aprendido durante o ano letivo e auxílio do professor com o uso do MATLAB para facilitar a aquisição do modelo do sistema.