



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE
COMPUTAÇÃO**



Geovana Camardelli Milhomens Azeredo
José Eustáquio Do Carmo Junior
Marcos Caíque De Deus Almeida
Matheus Matos Vasconcelos

**TRABALHO FINAL: MICROCONTROLADORES E
MICROPROCESSADORES – GRUPO 5**

Goiânia
2016



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE
COMPUTAÇÃO



Geovana Camardelli Milhomens Azeredo
José Eustáquio Do Carmo Junior
Marcos Caíque De Deus Almeida
Matheus Matos Vasconcelos

TRABALHO FINAL: MICROCONTROLADORES E
MICROPROCESSADORES – GRUPO 5

Trabalho final apresentado à matéria de
Microcontroladores e Microprocessadores, como
requisito parcial para a integralização da nota.

Goiânia
2016

Resumo

Propõe-se um programa implementado na Arduino. Esse programa é responsável automatizar a processo de coleta de dados (posição e instante de tempo) em um experimento de Eletromagnetismo e ainda direcionar o desenho de gráficos com interpolação linear. O código escrito é explicado em detalhes, assim como o experimento e sua natureza científica.

I. INTRODUÇÃO

1.1.A QUEDA LIVRE DE UM ÍMÃ ATRAVÉS DE UM TUBO DE ALUMÍNIO

Dentre os diversos experimentos em Eletromagnetismo, destaca-se a queda de um ímã ao longo de um tubo feito de material condutor não magnético. Esse problema já foi abordado em diversas publicações em experimentos didáticos de Física e ainda é usado em exposições científicas em escolas. [8] Em resumo propõe-se o movimento de um ímã em queda livre dentro de um tubo constituído por material condutor não magnético, como é o caso do alumínio ou cobre. Após ser solto do alto do tubo, observa-se que a queda do ímã ocorre lentamente ao longo de extensão do corpo não magnético. Para corpos com comprimento de 1,7 m, foi relatado que o ímã pode demorar até 20 s para percorrer todo o tubo, ao passo que a queda de um objeto não magnético durou apenas 0,5 s. [6,7] A expressiva diferença entre os dois intervalos de tempo pode ser explicada através dos fundamentos do Eletromagnetismo, em especial as Leis de Faraday e Lenz.

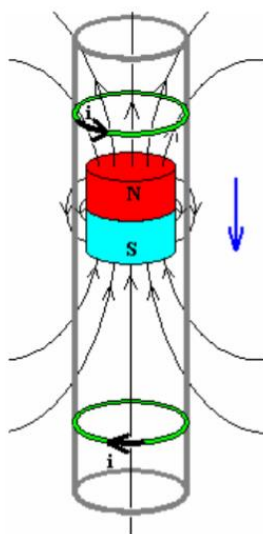


Figure 1 – Ímã percorrendo um tubo não condutor. Disponível em:

<https://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=23>

Inicialmente, pode-se pensar no tubo como sendo formado por infinitas espiras metálicas justapostas e associadas em série. [6,7]. Essa configuração favorece a análise da variação do fluxo de campo dentro tubo não condutor. Durante a queda do ímã, o fluxo de campo magnético aumenta ao aproximar-se de uma das espiras infinitesimais, o que induz, de acordo com a Lei de Faraday, a ação de uma força eletromotriz. A espira metálica, por

sua vez, experimenta uma corrente elétrica decorrente da força eletromotriz. A circulação da corrente elétrica gera outro campo magnético que tem sentido oposto à variação do campo magnético do ímã que atravessa a espira, ou seja, a corrente elétrica induzida ocorre no sentido de resistir à queda do ímã. (Fig. 3).

O primeiro campo magnético gerado originalmente pelo ímã e aquele gerado pela corrente induzida na espira infinitesimal serão de sentidos opostos. Em outras palavras, a espira pode ser modelada como outro ímã. [6,7]. Dessa maneira, a interação da espira com o ímã em queda é equivalente à interação entre dois ímãs com polaridades iguais voltados um para o outro (norte-norte ou sul-sul). Portanto, a força magnética resultante das inúmeras espiras que compõem o tubo metálico provocará no ímã em queda será de repulsão, com sentido oposto à força peso do ímã. Como resultado, a queda do ímã é desacelerada ele descende seguindo um movimento retilíneo uniforme. O tempo para atravessar o tudo será, então, muito superior ao tempo que gastam outros objetos não magnéticos. Do ponto de vista da Teoria de Conservação de Energia e Potência, tem-se que a potência desenvolvida através da força peso será a mesma, em módulo, a potência induzida nas espiras e também aquela dissipada por efeito joule. [7]

Com a finalidade de estudar o fenômeno descrito anteriormente, é necessário realizar estudos de cinemática no sentido de caracterizar o movimento do ímã em de queda livre. Para a aquisição dos dados necessários, isto é, posição do ímã ao longo do tubo e os respectivos instantes de tempo, é proposto o uso de um sistema microcontrolado de sensores através da plataforma Arduino Mega 2650.

1.2 ARDUINO

Dentre as diversas plataformas disponíveis de microcontroladores, o Arduino certamente tem recebido bastante atenção nos últimos tempos. O Arduino é uma plataforma de protótipos eletrônicos em código aberto (*open-source*), ou seja, qualquer pessoa pode ter acesso a seu código e esquemáticos dos circuitos que o integram e adaptá-lo para as suas necessidades. [1] Em termos gerais, é baseada em uma simples placa com pinos de entrada, saída, um microcontrolador e um ambiente integrado de desenvolvimento (*Integrated Development Environment* - IDE) com linguagem de programação baseada em C/C++. Como foi idealizado para ser um meio simples e prático para montagem de protótipos eletrônicos e realização de projetos, pode ser usado estudantes, “hobbistas” e qualquer pessoa interessada em criar projetos ou ambientes interativos. [1,2]

O microcontrolador na placa de Arduino (normalmente um modelo ATmega, da montadora Atmel) é programado com a linguagem de programação Arduino, baseada na linguagem Wiring, e a IDE, baseada no ambiente Processing. Os projetos desenvolvidos com o Arduino podem ser autônomos ou podem comunicar-se com um computador para a realização de alguma tarefa, com uso de software específico, como o Flash, Processing, MaxMSP. [1] Além disso, o Arduino foi projetado com a finalidade de ser multiplataforma, ou seja, é possível programá-lo em ambientes Windows, Linux ou Mac.

1.3 ARDUINO MEGA 2560

O Arduino Mega2560, mostrado na figura 2, pode ser energizado através de conexão USB ou com uma fonte externa, sendo o tipo de alimentação selecionada automaticamente. Cada um dos 54 pinos digitais do Mega2560 pode ser usado como entrada ou saída, usando as funções de `pinMode()`, `digitalWrite()`, `digitalRead()`, entre outras mais, sendo que os pinos operam a 5A. [1,2,3,5] A corrente máxima que cada pino pode fornecer ou receber é 40 mA e cada um possui resistor interno de 20-50 k Ω . Logo, para acionamentos em automação residencial, por exemplo, faz-se necessário o uso de outros acionadores (*drivers*). Abaixo, há uma tabela que sumariza as principais características do Arduino Mega 2560. [5]

Microcontrolador	ATMega 2560
Voltagem de alimentação	5V
Voltagem de entrada (recomendada)	7-12V
Voltagem de entrada (limites)	6-20V
Pinos digitais I/O	54 (14 podem ser saídas PWM)
Pinos de entrada analógica	16
Corrente contínua por pino I/O	40 mA
Corrente contínua para o pino 3.3V	50 mA
Memória Flash	256 KB, 4 KB usado pelo bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidade de Clock	16 MHz

Tabela 1 – Especificações do Arduino Mega 2560

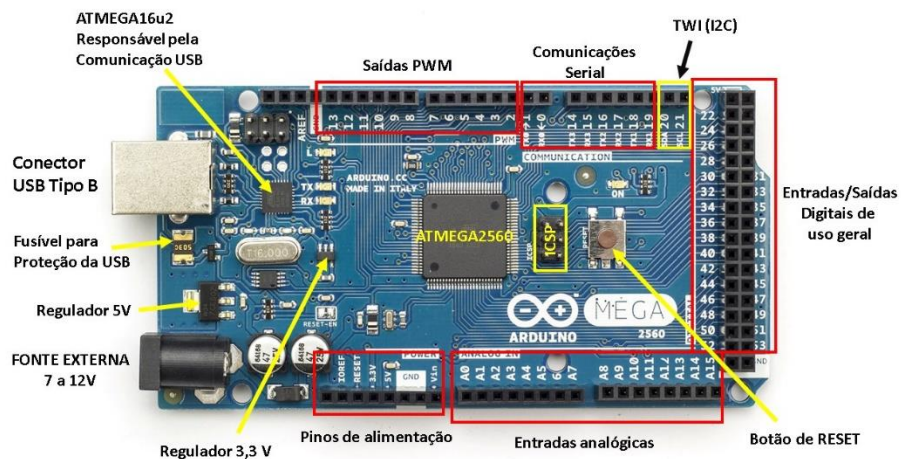


Figura 2 – Arduino Mega 2560. Disponível em:

<https://www.embarcados.com.br/wp-content/uploads/2014/04/Arduino-Mega-2560-recursos.jpg>

II. DESENVOLVIMENTO

2.1 PREPARAÇÃO PARA O EXPERIMENTO

Para adquirir as posições do ímã ao do movimento de queda livre, um projeto foi implementado. Ao longo da extensão de 1m do tubo, foram adicionados 5 conjuntos de sensores distantes 20cm entre si. Cada conjunto de sensores é formado por um diodo infravermelho disposto “na frente” de um fototransistor. Assim, à medida que o ímã passa pelos sensores, a luminosidade é alterada, o que gera o sinal que é recebido pelo Arduino. Por conveniência, os sensores permanecem normalmente em ativo baixo (entre 0 e 0,3 V) e o sinal é enviado ao Arduino quando o nível passa a ser alto (entre 5-5,2 V). O protótipo montado é mostrado na figura abaixo.



Figura 3 – Plataforma de para o experimento

2.2 PROGRAMA PARA AQUISIÇÃO E MANIPULAÇÃO DE DADOS

A seguir, o programa desenvolvido para o Arduino:


```
unsigned long t0;
unsigned long t1;
unsigned long t2;
unsigned long t3;
unsigned long t4;
unsigned long t5;
unsigned long aux;
int p0 = 22;
int p1 = 24;
int p2 = 26;
int p3 = 28;
int p4 = 30;
int p5 = 32;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  while (digitalRead(p0) == LOW){
    //Serial.println("AGUARDANDO OBJETO EM QUEDA");
  }
  aux = millis();
  t0 = aux-millis();
  Serial.println(t0);
  while (digitalRead(p1) == LOW){
    //Serial.println("ja vai ler t1");
  }
  t1 = millis()-aux;
  Serial.println(t1);
  while (digitalRead(p2) == LOW){
    //Serial.println("ja vai ler t2");
  }
  t2 = millis()-aux;
```

```
Serial.println(t2);
while (digitalRead(p3) == LOW){
  //Serial.println("ja vai ler t3");
}
t3 = millis()-aux;
Serial.println(t3);
while (digitalRead(p4) == LOW){
  //Serial.println("ja vai ler t4");
}
t4 = millis()-aux;
Serial.println(t4);
while (digitalRead(p5) == LOW){
  //Serial.println("ja vai ler t5");
}
t5 = millis()-aux;
Serial.println(t5);
}
```

A seguir, a comunicação com a porta do Serial do Arduino usando o Matlab:

```
clear all %limpa todas as variaveis
clc
close all % limpa a tela de comandos

arduino = serial('COM3','BaudRate',9600); %configura a conexao serial do
Arduino

fopen(arduino); %abre a comunicacao serial
y = [0:20:100]; % alocao do vetor tempo
x = zeros(1,6);

for i=1:length(x)
    x(1,i) = fscanf(arduino,'%f'); % armazena os valores que passam pela
serial
end

fclose(arduino); % fecha a comunicacao serial
```

```

disp('Desenhando o grafico ...') % mensagem
plot(x,y,'*','MarkerSize',20); % plota o grafico
hold on
p = polyfit(x,y,1)
poly = polyval(p,[0:1:2500])
plot([0:1:2500],poly,'Color','r')
xlabel('Tempo (ms)');
ylabel('Posição (cm)');
title('Resultados do Experimento');

texto = sprintf('y = %fx - %f ',p(1,1), -p(1,2));
text(100,90,texto,'FontSize',16);

grid on

```

2.3 RESULTADOS

A figura 4 abaixo apresenta quatro gráficos gerados na elaboração deste trabalho. Pela imagem pode-se observar que a interpolação linear dos pontos medidos pelos sensores no tubo de alumínio gera equações bastante próximas com declividade de aproximadamente 0,04 cm/ms

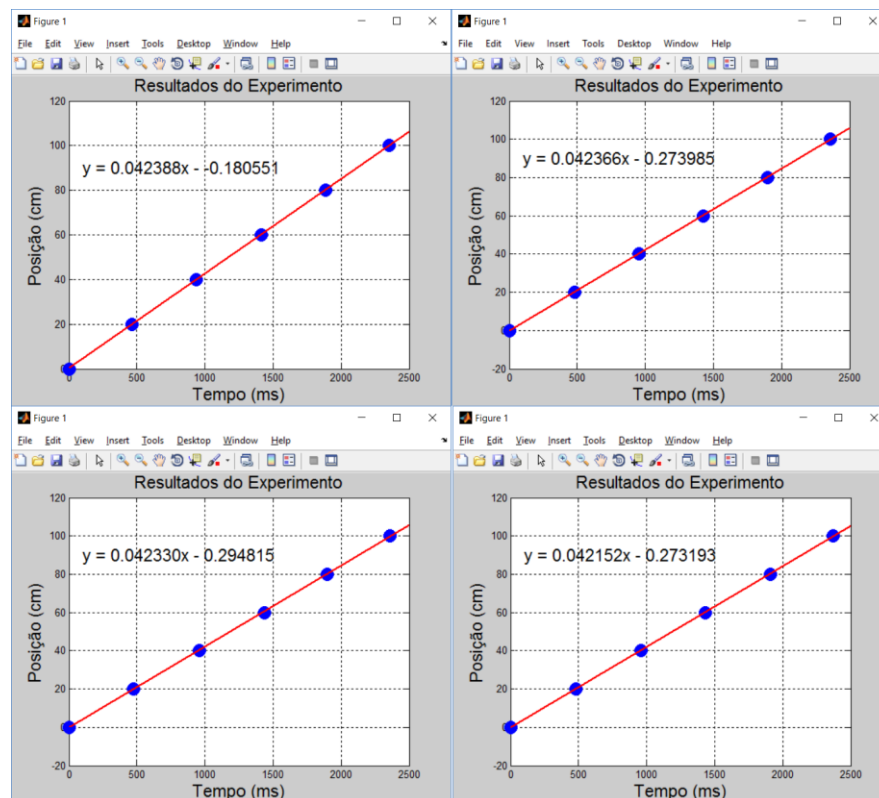


Figura 4 – Gráficos de deslocamento

III. CONCLUSÃO

Esse experimento mostrou que trabalhar com o Arduino é mais simples em relação aos outros microcontroladores estudados ao longo do curso, uma vez que o Arduino usa uma linguagem de maior alto nível e possui uma comunidade de usuários bem mais ativa.

Foi observado a Lei de Faraday ao soltar um material magnético num tubo de material condutor e não magnético, no qual o ímã em queda livre induz corrente no tubo de alumínio. A Lei de Lenz define o sentido dessa corrente induzida, de tal forma que gere uma força magnética que tenta se opor à variação de campo magnético do ímã em movimento, no caso o próprio deslocamento de queda livre.

Esse efeito foi constatado pela linearidade do gráfico de deslocamento do ímã ao longo do tubo de alumínio no qual a força magnética se opõe e praticamente anula a força gravitacional.

Conclui-se que os objetivos do experimento proposto para a composição da nota final da matéria de Microcontroladores e Microprocessadores foram alcançados com sucesso.

REFERÊNCIAS

- [1] Arduino MEGA 2560. Portal Embarcados. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/arduino-mega-2560/>. Acesso em: 28 de novembro de 2016
- [2] Arduino Products. Arduino. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Main/Products>. Acesso em: 28 de novembro de 2016
- [3] What is Arduino. Arduino. Disponível em: <http://www.arduino.org/learning/getting-started/what-is-arduino> Acesso em: 28 de novembro de 2016
- [4] André F. Núñez. Uma Introdução ao ARDUINO e suas Aplicações na Robótica. Universidade Federal de Pelotaas. Disponível em: http://pet.inf.ufpel.edu.br/sacomp/2012/palestras/SACOMP2012-29_05-4.Arduino.pdf Acesso em: 28 de novembro de 2016
- [5] ATmega640/V-1280/V-1281/V-2560/V-2561. ATMEL. Disponível em: http://www.atmel.com/Images/Atmel-2549-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega640-1280-1281-2560-2561_datasheet.pdf. Acesso em: 28 de novembro de 2016
- [6] Felipe Barbedo Rizzato. Yan Levin. Fernando Lang da Silveira. A frenagem eletromagnética de um ímã que cai Instituto de Física – UFRGS. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Queda_freada_magneto.pdf . Acesso em: 28 de novembro de 2016.
- [7] Danilo Claro. Zanardi Diogo. Soga Mikiya Muramatsu. Medindo A Massa De Um Ímã Durante Sua Queda. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. 2: p. 289-312, ago. 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/2175-7941.2012v29n2p289/22919>. Acesso em: 28 de novembro de 2016.
- [8] Física Para Todos. Experimentos Interativos de Física. Disponível em: <http://www.fisicaparatodos.com.br/projeto/eletromagnetismo/>. Acesso em: 28 de novembro de 2016