

DIFERENÇA NO TEMPO DE QUEDA ENTRE DOIS OBJETOS DE MASSA DIFERENTE EM QUEDA LIVRE

Eliézer Sobrinho Ferreira¹, Helio Lourenço Esperidião Ferreira¹, Reginaldo de Oliveira¹, Paulo Roxo Barja²

¹ Alunos, FCC, Universidade do Vale do Paraíba. Av. Shishima Hifumi, 2.911 – Urbanova, CEP 12244-000 - São José dos Campos – SP email: regikg@terra.com.br

² Professor Orientador, FCC, Universidade do Vale do Paraíba. Av. Shishima Hifumi, 2.911 – Urbanova, CEP 12244-000 - São José dos Campos – SP email: barja@univap.br

Palavra chave: queda livre

Área de Conhecimento: I – Ciências Exatas e da Terra

Resumo - O objetivo do nosso experimento é medir a diferença de tempo na queda de dois objetos. Para isso, os dois objetos foram soltos simultaneamente de uma altura inicial de 1m, caindo sobre um sensor capaz de medir a diferença de tempo na queda dos dois objetos. O sensor foi construído de maneira que o primeiro objeto, ao atingi-lo, inicia o carregamento de um capacitor; com a chegada do segundo objeto, o sensor bloqueia o carregamento deste capacitor. Desta forma, a tensão no capacitor é proporcional à diferença de tempo entre a queda dos dois objetos.

Introdução

Todos os corpos caem quando abandonados a certa altura do solo, devido à força aplicada sobre eles pelo campo gravitacional da Terra. Chamamos esta força de gravitacional.

Quando desprezamos a resistência do ar, ou seja, quando desprezamos a força de atrito causada pelo ar nos objetos em queda, todos os corpos, independente da sua massa ou forma, realizam o movimento de queda com a mesma aceleração. O valor desta aceleração é de aproximadamente $9,8\text{m/s}^2$.

Este valor da aceleração varia um pouco com a altura em que o corpo se encontra, mas como esta variação é muito pequena, acabamos desprezando-a aqui.

Veja na tabela abaixo como a aceleração da gravidade muda muito pouco com a altura. Só para se ter uma idéia das alturas, os aviões costumam voar a 10km de altitude, e a órbita do ônibus espacial fica mais ou menos a 300km de altitude.

Localização	g aproximado (m/s^2)
Equador	9,78
Pólos	9,83
10km de altitude	9,78
100km de altitude	9,57
300km de altitude	8,80
1 000km de altitude	7,75
5 000km de altitude	3,71
10 000km de altitude	1,94

Queda livre é então o nome que damos ao movimento de queda dos corpos quando desprezamos a resistência do ar. Se a

resistência do ar não for desprezada, o movimento não será de queda livre.

A resistência do ar

Os corpos caindo de maneiras diferentes. Uma maneira bem simples de se observar é realizar a seguinte experiência. Pegue duas folhas de papel sulfite de tamanhos iguais; com isso elas terão a mesma massa. Agora amassamos uma das folhas de modo a formar uma bolinha com ela, e soltando ambas simultaneamente de uma mesma altura, pode-se reparar qual chegará ao solo primeiro.

Será observado que a bolinha chegará antes ao solo, apesar de ter a mesma massa da outra folha que não foi amassada. Isso mostra que a forma do papel influenciou o movimento de queda.

O que acontece é que todos os corpos em queda sofrem a influência da força de atrito entre o ar e a superfície dos mesmos. Então, sempre que um corpo estiver caindo, pelo menos duas forças estarão agindo sobre ele: a força da gravidade (apontando para o centro da Terra) e a força de atrito com o ar (apontando para o sentido contrário ao da queda).

Materiais e Métodos

Um sensor de toque (S1) foi construído de maneira que ao ser atingido por um objeto inicia o carregamento de um capacitor (C1), com a chegada de um outro objeto o sensor de toque (S2) bloqueia o carregamento deste capacitor (C1). Desta forma, a tensão no capacitor é proporcional a diferença de tempo entre a queda dos dois objetos.

O projeto conta com os seguintes componentes:

Componentes Eletrônicos:

- 01 placa universal
- 01 capacitor de 100µF
- 01 resistor de 10kΩ
- 01 resistor variável de 10kΩ
- 01 CI 555
- 2m de fio
- 01 Fonte de 9v (FT- 1462P- UNIVERSAL)

Componentes mecânicos:

- 01 compensado de madeira (40cm x 8 cm x 1,5cm)
- 02 placas de cobre (20,8cm)
- 04 parafusos metálicos para contato (3cm de comprimento)
- 02 parafusos para fixação das placas de cobre
- 01 estrutura plástica de 1m de altura, 30cm de largura, 42cm comprimento.
- 01 caixa de madeira com tampa estilo gaveta

Custo estimado do projeto

Todos os componentes eletrônicos foram adquiridos na loja “Tarzan”, de São José dos Campos. A madeira, o cobre para contato e a estante foram providenciados através da reciclagem de objetos domésticos. O custo estimado para montagem do projeto (final de maio de 2004) é de R\$ 15,70.

A Figura-1 mostra o circuito elétrico utilizado pelo sensor de queda livre. Nesse circuito, podemos observar a chave S1, que dispara o carregamento do capacitor C1, e a chave S2, que bloqueia este carregamento. O circuito possui uma terceira chave S3, para descarregar o capacitor, possibilitando realizar um novo teste.

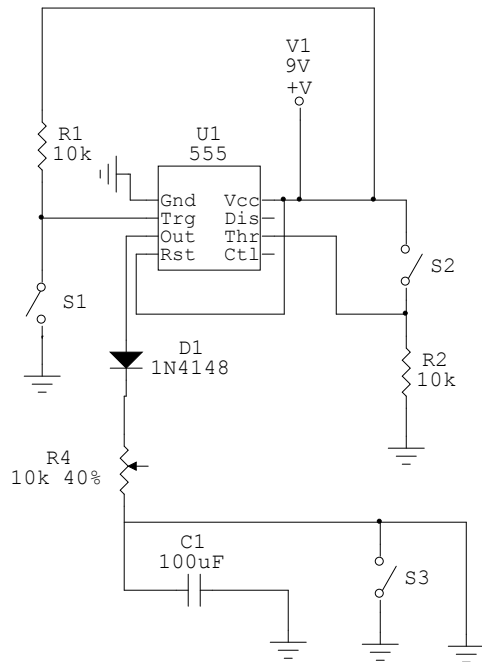


Figura 1 - Esquema elétrico do Sensor de Queda Livre

Calibração do circuito

O circuito foi calibrado para carregar o capacitor com 1V a cada 100ms de diferença de tempo entre a queda de dois objetos. Abaixo mostramos os cálculos para determinar o valor do resistor R4 para obtermos esta calibração.

Se as tensões forem pequenas no capacitor C1 do circuito (ou seja $V_c < 9V$), pode-se considerá-lo como um capacitor sendo carregado com corrente constante. Assim:

$$V = \frac{I \times C}{T}$$

$$V = \frac{I \times t}{C} \quad \frac{V}{T} = \frac{I}{C}$$

$$I = \frac{V_{CC} - V_{diodo}}{R} = \frac{9v - 0,6}{R_{total}}$$

$$\frac{V}{T} = \frac{8,4}{RC} \quad \text{adotando } C = 100\mu F \quad \frac{v}{t} = \frac{10v}{1s}$$

$$R = \frac{8,4 \times T}{V \times C} = \frac{8,4 \times 1}{10 \times 100\mu F} = 8,4K\Omega$$

O resistor variável foi regulado para 8,4 KΩ.

Montagem do circuito

Para que os objetos sejam soltos ao mesmo tempo, projetamos uma caixa com dois canos plásticos embutidos, e ao colocarmos os objetos e puxar a tampa eles serão soltos. A Figura-2 mostra a estrutura de apoio da caixa dos objetos e o sensor de queda livre, já colocado na estrutura.

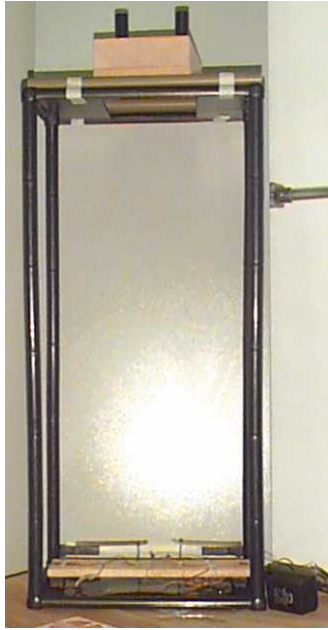


Figura 2 - Estrutura, caixa de objetos e Sensor de Queda livre na base.

Funcionamento

Os objetos são colocados na caixa, um dos pesquisadores fica posicionado para soltar os objetos e outro fica na parte da leitura do sinal do sensor, que é medido utilizando um multímetro digital (Minipa ET 2060), colocando-se as pontas do multímetro entre o capacitor. Assim que eles são soltos, o primeiro objeto com massa maior toca o sensor S1 carregando o capacitor, logo depois o segundo objeto cai tipicamente com diferença de alguns mili segundos tocando o sensor S2, bloqueando esse carregamento, assim sendo possível a leitura da voltagem em cima do capacitor, medindo a diferença de queda dos objetos.

Testes realizados

Foram realizados testes com vários objetos diferentes, porém podemos observar que, objetos com forma parecida, fica mais fácil de se soltar em queda livre ao mesmo tempo, diminuindo assim o erro na hora de soltar os objetos. Abaixo mostraremos os testes feitos com os seguintes objetos:

- Bolinha de papel alumínio amassada (*papel alumínio de uso doméstico*).

- Bolinha do mouse de um computador.
- Bolinha feita com estanho (*estanho para solda de componentes eletrônicos*)

Os testes foram realizados e calculados descontando-se 3ms do tempo final, que é a estimativa da diferença de tempo entre a liberação dos dois objetos. Essa estimativa foi obtida considerando a diferença de diâmetro entre os objetos dividido pela velocidade com que a tampa é puxada, foi estimada em 3ms. Um método mais preciso para se obter esta diferença de tempo será discutido adiante. A Figura-3 seguir mostra os objetos utilizados para o teste do circuito.



Figura 3 - Bolinha de alumínio, bolinha do mouse e bolinha de estanho

1º Teste

Objetos: Bolinha de estanho (*diâmetro 11mm*) e bolinha de alumínio (*diâmetro 21mm*)

- Obtivemos:

Tensão medida: 0,1V

Como o circuito está calibrado para 1v para cada 100ms temos

$$\begin{aligned} 1V & \text{---} 100\text{ms} \\ 0,1V & \text{---} t \end{aligned}$$

Aplicando a regra de três temos:

$$\begin{aligned} 1v \times t &= 0,1v \times 100 \cdot 10^{-3} \\ t &= \frac{0,1v \times 100 \cdot 10^{-3} \text{ s}}{1v} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 10\text{ms} \end{aligned}$$

Descontando 0,3ms do tempo final, devido à liberação dos dois objetos ter diferença:

$$\begin{aligned} t &= 10\text{ms} - 3 \text{ ms} \\ t &= 7\text{ms} \end{aligned}$$

2º Teste

Objetos: bolinha de alumínio (*diâmetro 21mm*) e bolinha do mouse (*diâmetro 21mm*) .

- Obtivemos:

Tensão medida = 0,25V

Como o circuito está calibrado para 1v para cada 100ms temos

$$\begin{array}{l} 1V \text{ --- } 100\text{ms} \\ 0,25V \text{ --- } t \end{array}$$

Aplicando a regra de três temos:

$$1v \times t = 0,25v \times 100 \cdot 10^{-3}$$
$$t = \frac{0,25v \times 100 \cdot 10^{-3} \text{ s}}{1v} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 25\text{ms}$$

Descontando 3ms do tempo final, devido à liberação dos dois objetos ter diferença:

$$t = 25\text{ms} - 3 \text{ ms}$$
$$t = 22\text{ms}$$

Dificuldades encontradas

Projetar um circuito que coloque dois objetos em queda livre ao mesmo tempo.

Projetar um circuito para o envio de dados para o computador.

Calibrar o circuito para 1v a cada 100ms

Aperfeiçoamento do projeto

Para uma estimativa mais precisa da diferença de tempo inicial na queda dos objetos, quando a tampa é puxada, podemos aproximar a caixa a mais próxima possível do sensor, que fornece a diferença de tempo entre os dois objetos que o atingem, podendo assim obter a diferença de tempo em que os objetos são soltos inicialmente.

Para compararmos os resultados com o circuito medidor, utilizamos uma interface paralela do computador ligado a um conversor ADC0804, que tem a finalidade de converter binário para decimal podendo assim enviar as medidas obtidas e o tempo que cada objeto demorou a tocar o sensor, podendo assim obter o tempo de queda do objeto 1 e do objeto 2, que serão enviados para o computador e convertidos, mostrando o resultado na tela. A Figura-4 mostra o circuito montado em placa de circuito impresso.

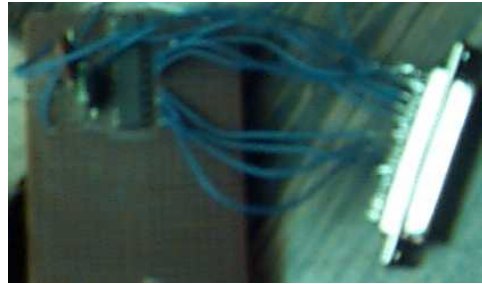


Figura 4 - Circuito conversor

Aquisição de dados byte -a-byte através da porta paralela

O objetivo do aperfeiçoamento é enviar, para a Porta Paralela, 8 bits (1 byte) de cada vez usando o modo EPP (*vide referência sobre portas paralelas*). Utilizaremos o Conversor Analógico Digital ADC0804, com a intenção de criarmos um voltímetro digital. O Conversor Analógico Digital ADC0804 converte uma tensão elétrica entre 0 e 5V, com passos de 0,0196V, em um número de 8 bits. Criaremos um software para ler os 8 bits, através da Porta Paralela, no modo EPP convertendo-os em valores decimais, e exibindo-os no visor em escala de tensão elétrica.

Chamamos a atenção para o fato de que este circuito é um dos mais críticos em termos de proteção à Porta Paralela, e só poderá ser usado para medir tensões elétricas contínuas entre 0 e 5V. Não se deve tentar, de forma alguma, ultrapassar esse limite, podendo danificar tanto o ADC0804 como a Porta Paralela.

Para proteger a Porta Paralela, pode-se utilizar um *buffer* ou acopladores ópticos. Também é necessário se certificar de que a Porta Paralela esteja configurada para trabalhar no modo EPP.

Conclusão

Observamos que dois objetos soltos simultaneamente e da mesma altura atingem o solo com uma diferença de tempo muito pequena, imperceptível a olho nu.

Se os testes fossem realizados em vácuo, não haveria resistência do ar e, portanto qualquer objeto com massa diferente chegaria ao solo ao mesmo tempo.

O projeto foi realizado com sucesso e a baixo custo, mas necessita de aperfeiçoamentos na parte elétrica, desenvolvendo um novo sensor para medir a diferença do tempo inicial na queda dos objetos, obtendo assim um melhor resultado com uma margem de erro menor.

Referências Bibliográficas

Apostilas (Referência sobre o CI 555)

Apostila do Trabalho de Graduação sobre Transmissor FM estéreo realizado no Instituto de Tecnologia de Jacareí (ITJ) Organizada por Reginaldo de Oliveira (1996)

Páginas da Internet

- http://geocities.yahoo.com.br/galileon/1/queda/queda_livre.htm (data da consulta: 20/05/2004, às 13h)
- <http://www.fsc.ufsc.br/pesqpeduzzi/images-new4.htm> (data da consulta: 21/05/2004, às 14h)
- <http://www.rogercom.com> (data da consulta: 22/05/2004, às 10h)
- <http://www.rogercom.com/pparalela/ModoEpp.htm> - Página referente ao modo EPP de portas paralelas (data da consulta: 22/05/2004, às 10h)