

F530 - Instrumentação

Universidade estadual de Campinas



UNICAMP

Aluno: André Luiz Pereira, RA:058974

E-mail: anluper_1@yahoo.com.br

Orientador: Varlei Rodrigues - IFGW

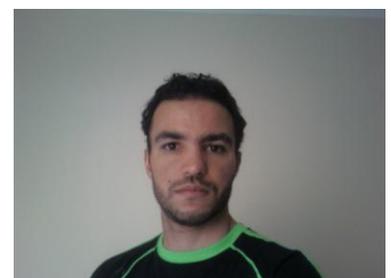
E-mail: varlei@ifi.unicamp.br

Coorientador: Jose Guilherme Ribas Sophia Franco - LNLS

E-mail: gfranco@lnls.br

Coordenador do curso: José Joaquín Lunazzi - IFGW

E-mail: lunazzi@ifi.unicamp.br



Índice

Resumo.....	02
Introdução.....	02
Importância.....	02
Desenvolvimento.....	03
Trabalho realizado.....	04
Desenho do sensor de velocidade.....	05
Fotos (Sensor de velocidade).....	06
Gráfico de conversão (Velocidade X Pulsos).....	08
Velocidade Calculada por equações de cinemática.....	09
Tabela de dados (Sensor de velocidade).....	12
Desenho do sensor de temperatura.....	14
Foto (Sensor de temperatura).....	15
Gráfico de conversão (Temperatura X Pulsos).....	16
Tabela de dados (Sensor de temperatura).....	16
Conclusão.....	17
Referências.....	17
Opinião do Orientador / Coorientador.....	18

Sensores com Saída em Frequência

Resumo:

O atual projeto propõe o desenvolvimento de dois sensores com saída em frequência, proporcional à grandeza física sob medida. Os tipos abordados serão um com geração de janelas de contagem de pulsos, com a finalidade de medir o número de revoluções por minuto de motores a combustão interna, e outro com frequência de saída proporcional à temperatura amostrada. Por se tratar de instrumentação para o ensino, no presente projeto construiremos um medidor de velocidade utilizando a tecnologia do sensor de rotação para motor a combustão.

Introdução:

Sendo a natureza analógica e sistemas computacionais em geral digitais, a interpretação e tratamento de grandezas passam necessariamente por conversores analógicos-digitais para que possam ser computadas. Sistemas científicos fazem uso de diversos tipos de conversores, em geral de preço elevado e difícil aquisição. Em sistemas onde essa precisão não é requerida e podemos contar com equipamentos convencionais, até mesmo sem interfaces dedicadas, podemos fazer uso de sensores que irão converter as grandezas observadas em janelas de tempo ou variação de frequência, sempre proporcionais à variação do objeto ou sistema em observação. Esse trabalho abordará o desenvolvimento de dois sensores que irão atuar da maneira descrita acima.

Importância:

Esse trabalho será importante na nossa formação, pois possibilita o contato com o desenvolvimento de instrumentação que garanta precisão dos dados levantados. É uma maneira de aplicar os conhecimentos teóricos principalmente na área de eletrônica e informática, através de circuitos eletrônicos de baixa complexidade e grande integração, agregado à modularidade de circuitos micro controlados, possíveis de rápida adaptação por software a diversas configurações.

Desenvolvimento:

O primeiro sensor a ser construído irá detectar o número de pulsos durante um espaço percorrido num determinado tempo, onde esses pulsos serão inversamente proporcionais à velocidade do corpo, ou seja, quanto maior o número de pulsos, menor a velocidade. Esse pulso irá, em seguida, disparar um circuito digital do tipo Flip-Flop, cuja função será a troca do estado de saída a cada pulso recebido, criando, dessa maneira, janelas de tempo com níveis lógicos um e zero. Esse sinal, somado a uma frequência base, pré estabelecida no valor de 9,76KHz, por meio de uma porta lógica “E”, irá gerar trens de pulsos modulados pela janela e envolvendo a frequência base. Tomando algum equipamento com a capacidade de gerar a frequência base de 10KHz e medir o número de pulsos dessa frequência contidos em cada janela de tempo, podemos determinar a velocidade média de um corpo do sistema sob observação. Alguns cálculos matemáticos serão necessários para melhor interpretação dessa medida.

Na figura 1 podemos observar o primeiro circuito gerador de janelas de modulação utilizado.

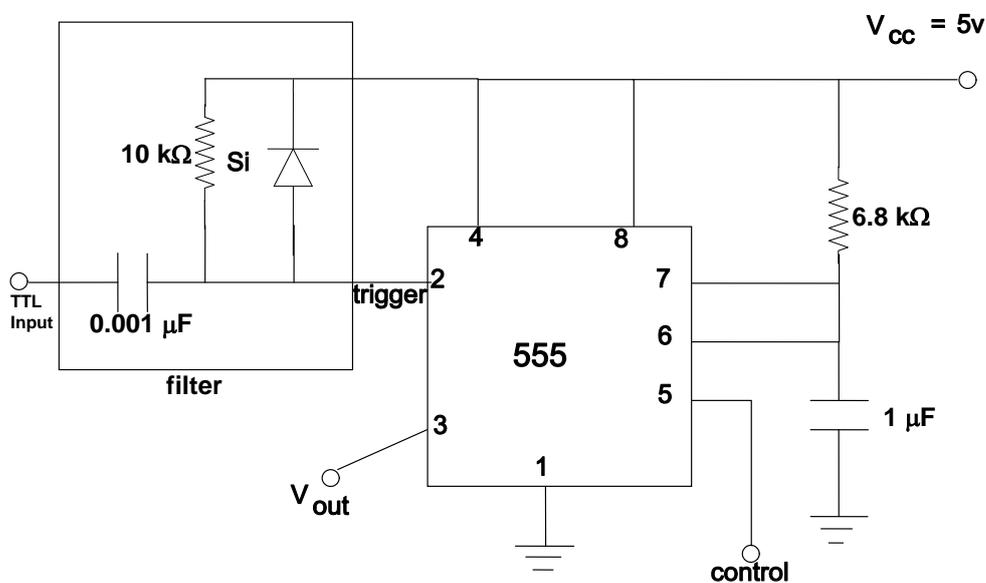


Figura 1 – 555 em configuração para disparo por pulsos

Trabalho realizado

Foi feito a montagem acima do sensor de rotação por disparo de pulsos. Utilizamos o CI Timer 555 para a contagem de tempo que teoricamente nos forneceria uma onda quadrada na saída com apenas 1 pulso sobre a mesma.

O 555 teve um problema de redisparo, ou seja, os pulsos gerados na bobina foram muito largos, fazendo com que o 555 redisparasse e formasse vários picos de ondas quadradas dentro da onda final, fazendo com que a leitura das rotações fosse erradas. Esse problema também pode estar associado ao recálculo da circuito de temporização do pulso, formado pelo resistor de 6,8K e 1,0uF, cujos novos valores selecionados foram de 5,0K e 220,0pF aproximadamente, para gerar pulsos com duração de 1,0us.

O esquema abaixo, mostra o que deveria acontecer com os pulsos, e o que aconteceu com o integrado 555.

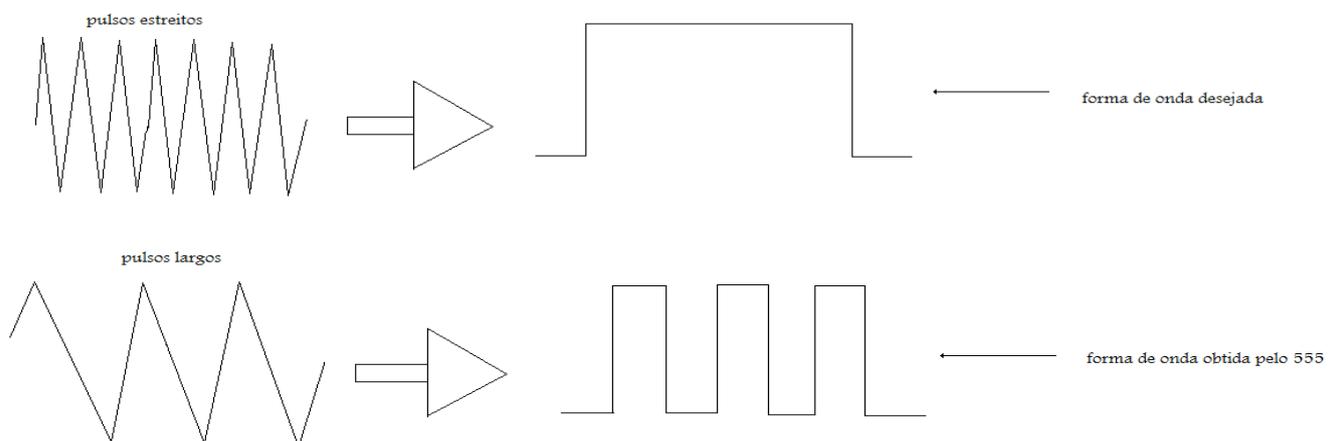
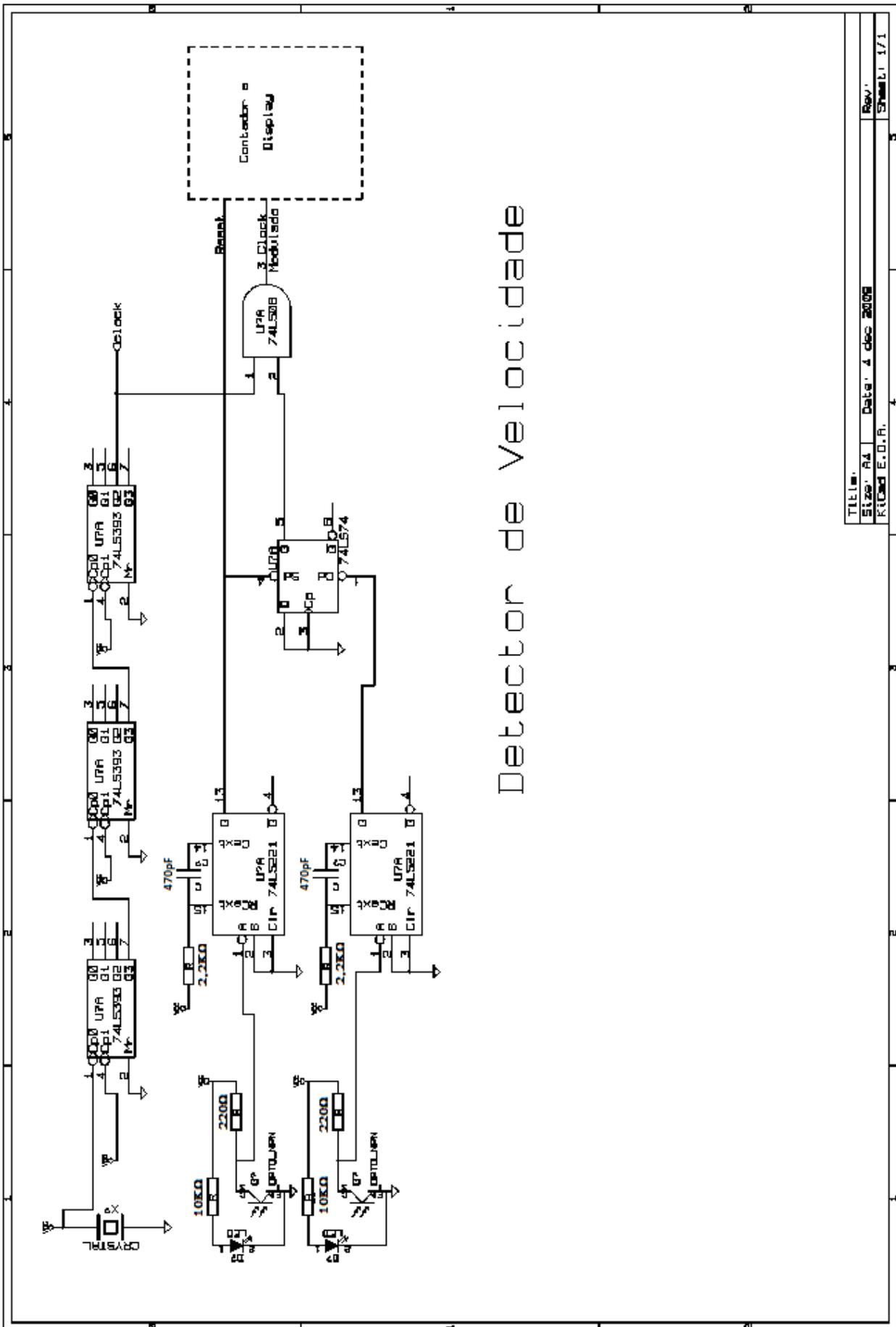


Figura 2 – forma de onda desejada e forma de onda obtida pelo 555 respectivamente.

Com esse problema tivemos que usar um CI especial 74LS221 para geração de pulsos, onde a configuração se encontra no esquema abaixo. Essa configuração é a final do sensor de velocidade.



Detector de Velocidade

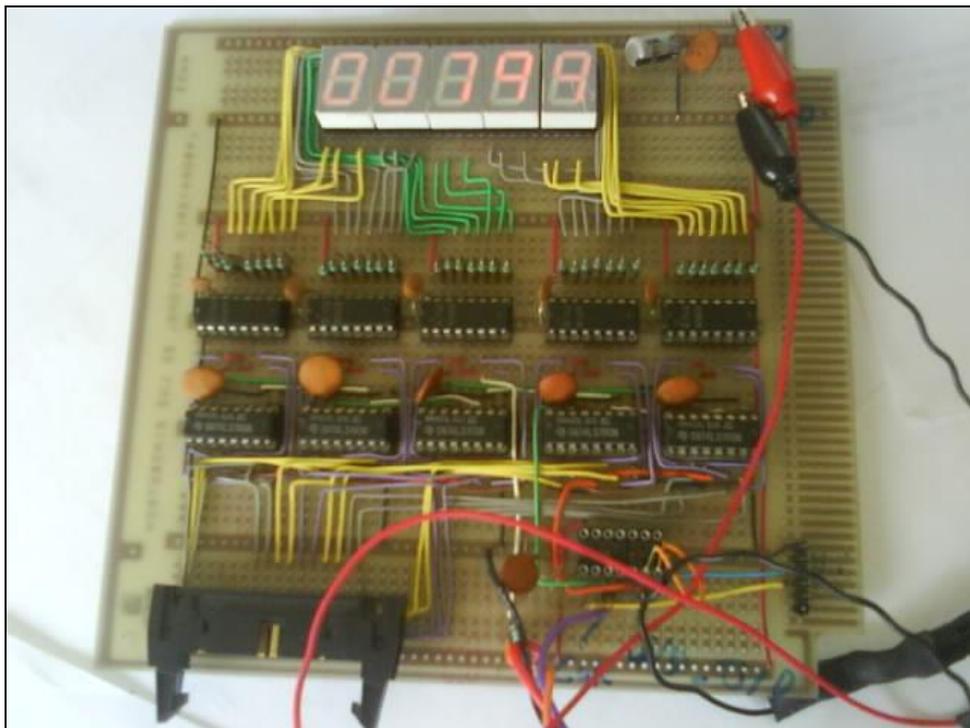
Titulo:	Rev:
Size: A4	Sheet: 1/1
Rev: 1	
Date: 4 dec 2008	
Author: E.O.R.	

Figura 3 – 54221 em configuração para disparo de pulsos.

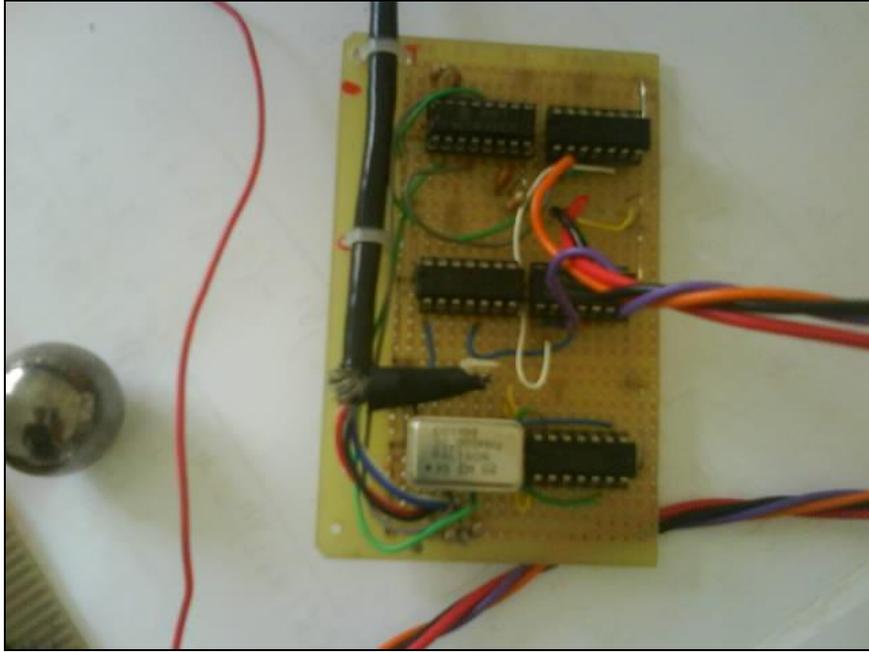
Fotos (Sensor de velocidade):



Fonte de 5v para alimentação do ci



Leitor digital dos pulsos.



Placa do circuito do sensor de velocidade



Sensores

A seguir temos o gráfico teórico em escala logarítmica de conversão de números de pulsos para velocidade média e m/s e Km/h.

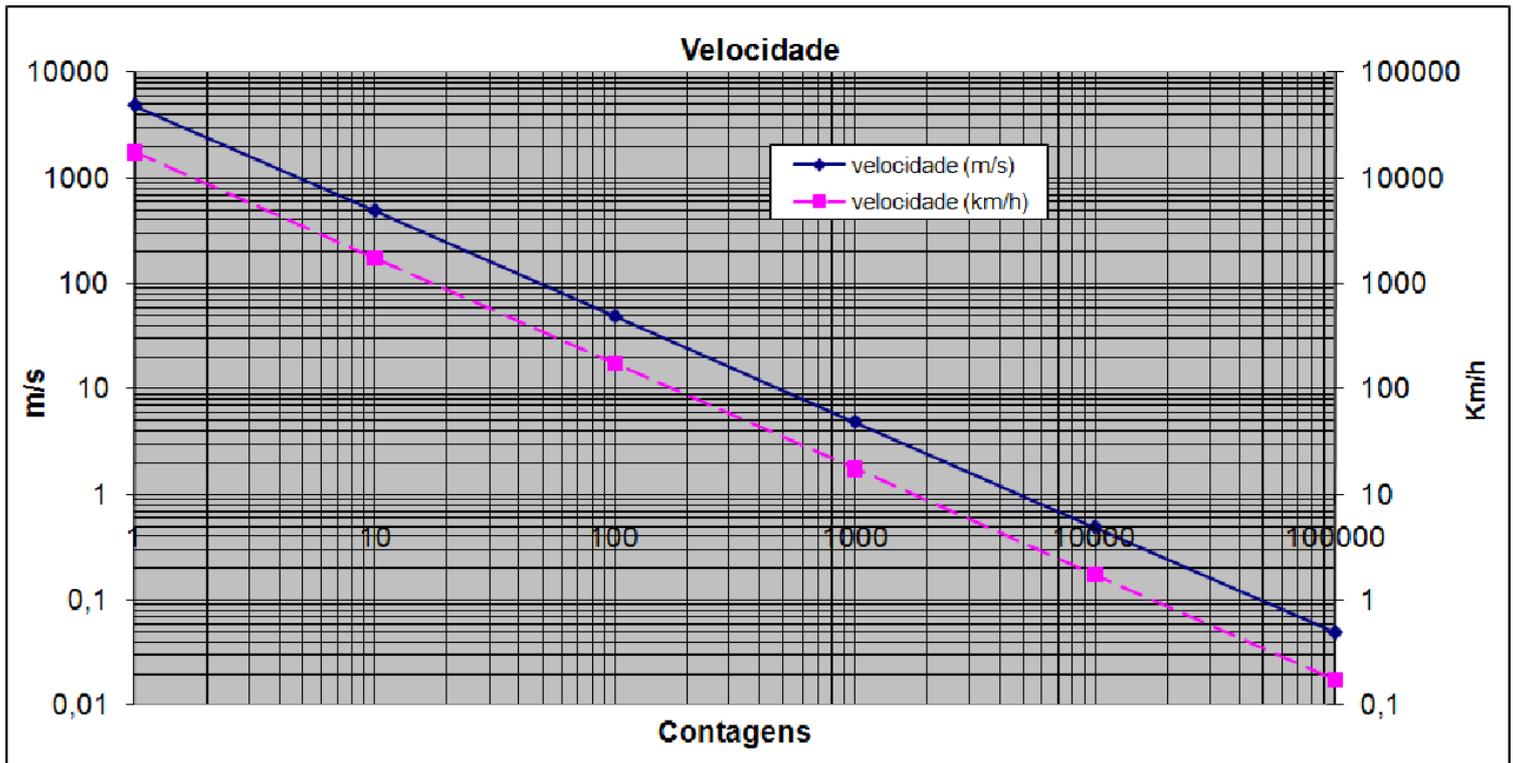


Gráfico 1 – Conversão de número de pulsos para velocidade média.

Para provar que o sistema por contagem de pulsos é eficiente, fizemos uma comparação entre a velocidade obtida através do sensor e a velocidade calculada pelas equações regidas pela física na cinemática, de acordo com o esquema abaixo.

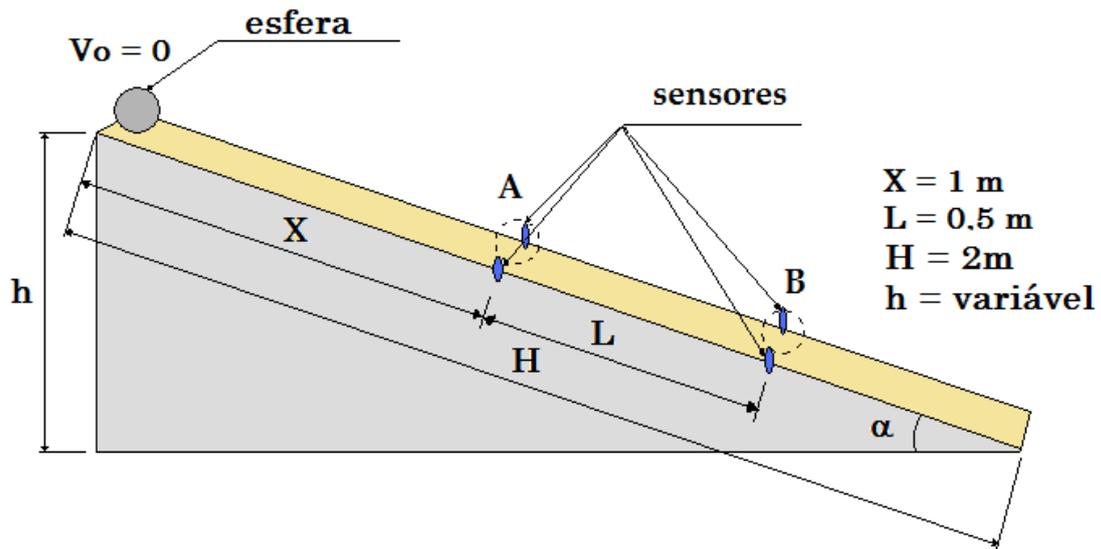


Fig. 4 - Esquema de funcionamento dos sensores

Sendo $a = g.\text{sen}\alpha$, temos para o valor da velocidade em A:

$$V_f^2 = V_i^2 + 2.a.\Delta S$$

$$V_A^2 = V_o^2 + 2.g.X.\text{sen}\alpha$$

$$V_A^2 = 2.g.X.\text{sen}\alpha$$

$$V_A = \sqrt{2.g.X.\text{sen}\alpha}$$

Do mesmo modo podemos calcular o valor da velocidade em B:

$$V_f^2 = V_i^2 + 2.a.\Delta S$$

$$V_B^2 = V_A^2 + 2.g.\text{sen}\alpha.L$$

$$V_B^2 = (2.g.X.\text{sen}\alpha) + (2.g.L.\text{sen}\alpha)$$

$$V_B^2 = 2.g.\text{sen}\alpha.(X + L)$$

$$V_B = \sqrt{2.g.\text{sen}\alpha.(X + L)}$$

Tendo os valores de V_A e V_B , podemos calcular o tempo que a esfera leva para percorrer o espaço L , da seguinte maneira:

$$V_A = V_B + a.t$$

$$\sqrt{2.g.sen\alpha.(X + L)} = \sqrt{2.g.X.sen\alpha} + g.sen\alpha.t$$

$$t.g.sen\alpha = \sqrt{2.g.sen\alpha.(X + L)} - \sqrt{2.g.X.sen\alpha}$$

$$t = \frac{\sqrt{2.g.sen\alpha.(X + L)} - \sqrt{2.g.X.sen\alpha}}{g.sen\alpha}$$

Os pulsos que o sensor capta são transformados e velocidade média da esfera que é calculado da seguinte maneira:

$$V_m = \frac{\Delta S}{t}$$

$$V_m = \frac{L.g.sen\alpha}{\sqrt{2.g.sen\alpha.(X + L)} - \sqrt{2.g.X.sen\alpha}}$$

Podemos calcular a velocidade média através da variação de h onde a equação ficará da seguinte maneira:

$$V_m = \frac{L.g.h.\sqrt{H}}{H.(\sqrt{2.g.h.(X + L)} - \sqrt{2.g.h.X})}$$

Utilizaremos a equação de velocidade média em função de L, H, X e h para podermos calcular o erro da velocidade através de propagação de erros por derivada parcial, assim o erro será:

$$\sigma V_m = \left[\left(\frac{\partial V_m}{\partial X} \right)^2 . \sigma X^2 + \left(\frac{\partial V_m}{\partial L} \right)^2 . \sigma L^2 + \left(\frac{\partial V_m}{\partial h} \right)^2 . \sigma h^2 + \left(\frac{\partial V_m}{\partial H} \right)^2 . \sigma H^2 \right]^{1/2}$$

Onde,

$$\left(\frac{\partial V_m}{\partial X}\right) = \frac{L \cdot g^2 \cdot h^2 \cdot \sqrt{H} \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{2 \cdot g \cdot X \cdot h}} - \frac{1}{\sqrt{2 \cdot g \cdot h \cdot (X + L)}} \right)}{H \cdot (\sqrt{2 \cdot g \cdot h \cdot (X + L)} - \sqrt{2 \cdot g \cdot X \cdot h})^2}$$

$$\left(\frac{\partial V_m}{\partial L}\right) = \frac{\left[g \cdot h \cdot \sqrt{H} \cdot (\sqrt{2 \cdot g \cdot h \cdot (X + L)} - \sqrt{2 \cdot g \cdot X \cdot h}) \right] - \left[\frac{L \cdot g^2 \cdot h^2 \cdot \sqrt{H}}{\sqrt{2 \cdot g \cdot h \cdot (X + L)}} \right]}{H \cdot (\sqrt{2 \cdot g \cdot h \cdot (X + L)} - \sqrt{2 \cdot g \cdot X \cdot h})^2}$$

$$\left(\frac{\partial V_m}{\partial h}\right) = \frac{\left[g \cdot L \cdot \sqrt{H} \cdot (\sqrt{2 \cdot g \cdot h \cdot (X + L)} - \sqrt{2 \cdot g \cdot X \cdot h}) \right] - \left[g \cdot L \cdot h \cdot \sqrt{H} \cdot \left(\frac{g \cdot (X + L)}{\sqrt{2 \cdot g \cdot h \cdot (X + L)}} - \frac{g \cdot X}{\sqrt{2 \cdot g \cdot X \cdot h}} \right) \right]}{H \cdot (\sqrt{2 \cdot g \cdot h \cdot (X + L)} - \sqrt{2 \cdot g \cdot X \cdot h})^2}$$

$$\left(\frac{\partial V_m}{\partial H}\right) = \frac{\left[\frac{H \cdot L \cdot g \cdot h}{2 \cdot \sqrt{H}} \cdot (\sqrt{2 \cdot g \cdot h \cdot (X + L)} - \sqrt{2 \cdot g \cdot X \cdot h}) \right] - \left[L \cdot g \cdot h \cdot \sqrt{H} \cdot (\sqrt{2 \cdot g \cdot h \cdot (X + L)} - \sqrt{2 \cdot g \cdot X \cdot h}) \right]}{H^2 \cdot (\sqrt{2 \cdot g \cdot h \cdot (X + L)} - \sqrt{2 \cdot g \cdot X \cdot h})^2}$$

A partir dos dados da tabela abaixo calculamos a velocidade pelas equações demonstradas acima e comparamos com a velocidade tirada do gráfico.

Ângulo α (°)	Erro de α (°)	h (m)	Erro de h (m)	N° de pulsos	Velocidade Gráf. (m/s)	Erro de Velocidade Gráf. (m/s)	Velocidade Eq. (m/s)	Erro de Velocidade Eq. (m/s)
30	0,5	1	0,0005	1662	3,25	0,3	3,4823	0,00231
30	0,5	1	0,0005	1672	3,2	0,3	3,4823	0,00231
30	0,5	1	0,0005	1668	3,24	0,3	3,4823	0,00231
30	0,5	1	0,0005	1631	3,4	0,3	3,4823	0,00231
30	0,5	1	0,0005	1650	3,27	0,3	3,4823	0,00231
30	0,5	1	0,0005	1690	3,11	0,3	3,4823	0,00231
30	0,5	1	0,0005	1652	3,27	0,3	3,4823	0,00231
30	0,5	1	0,0005	1658	3,26	0,3	3,4823	0,00231
30	0,5	1	0,0005	1662	3,25	0,3	3,4823	0,00231
30	0,5	1	0,0005	1662	3,25	0,3	3,4823	0,00231
45	0,5	1,41	0,0005	1322	4,1	0,2	4,1412	0,00129
45	0,5	1,41	0,0005	1318	4	0,2	4,1412	0,00129
45	0,5	1,41	0,0005	1335	3,9	0,2	4,1412	0,00129
45	0,5	1,41	0,0005	1365	3,6	0,2	4,1412	0,00129
45	0,5	1,41	0,0005	1354	3,7	0,2	4,1412	0,00129
45	0,5	1,41	0,0005	1356	3,7	0,2	4,1412	0,00129
45	0,5	1,41	0,0005	1353	3,8	0,2	4,1412	0,00129
45	0,5	1,41	0,0005	1361	3,6	0,2	4,1412	0,00129
45	0,5	1,41	0,0005	1351	3,8	0,2	4,1412	0,00129
45	0,5	1,41	0,0005	1358	3,7	0,2	4,1412	0,00129
60	0,5	1,73	0,0005	1125	4,6	0,1	4,5829	0,00135
60	0,5	1,73	0,0005	1145	4,5	0,1	4,5829	0,00135
60	0,5	1,73	0,0005	1145	4,5	0,1	4,5829	0,00135
60	0,5	1,73	0,0005	1142	4,5	0,1	4,5829	0,00135
60	0,5	1,73	0,0005	1142	4,5	0,1	4,5829	0,00135
60	0,5	1,73	0,0005	1101	4,7	0,1	4,5829	0,00135
60	0,5	1,73	0,0005	1126	4,6	0,1	4,5829	0,00135
60	0,5	1,73	0,0005	1126	4,6	0,1	4,5829	0,00135
60	0,5	1,73	0,0005	1131	4,6	0,1	4,5829	0,00135
60	0,5	1,73	0,0005	1136	4,6	0,1	4,5829	0,00135

Tabela 1 – Velocidades a partir do gráfico e a partir das equações.

Se tirarmos uma média dos resultados acima vemos que:

Método Gráfico:

Para 30° ou h= 1m, temos $V_m = (3,25 \pm 0,3) m/s$

Para 45° ou h= 1,41m, temos $V_m = (3,8 \pm 0,2) m/s$

Para 60° ou h= 1,73m, temos $V_m = (4,6 \pm 0,1) m/s$

Método Equação:

Para 30° ou h= 1m, temos

$$V_m = (3,482 \pm 0,002) m/s$$

Para 45° ou h= 1,41m, temos

$$V_m = (4,141 \pm 0,001) m/s$$

Para 60° ou h= 1,73m, temos

$$V_m = (4,583 \pm 0,001) m/s$$

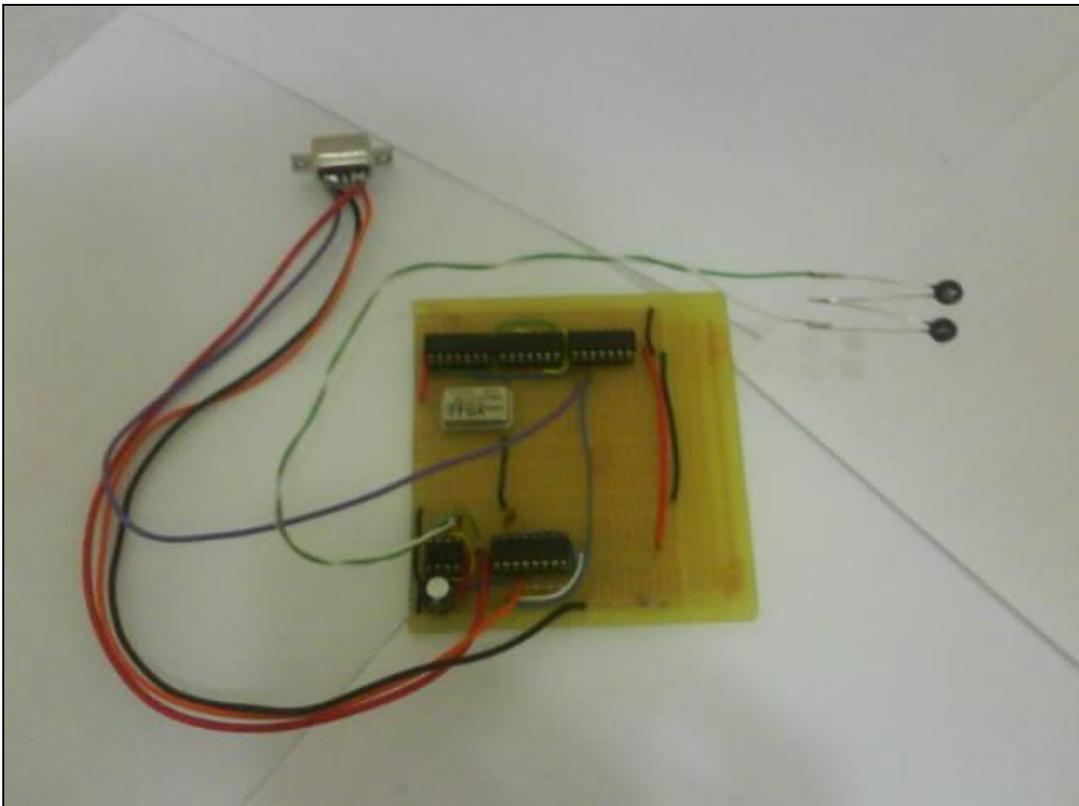
De maneira semelhante, podemos tomar um sensor de temperatura analógico, cuja resistência será inversamente proporcional à temperatura observada, isso é, quanto maior a temperatura, menor a resistência. Utilizando esse sensor em um divisor resistivo e modulando um oscilador, podemos obter um sinal de frequência proporcional à temperatura. Tendo um frequencímetro à disposição, ou mesmo um computador pessoal com alguma interface do tipo serial ou paralela disponível, somos capazes de medir essa frequência e calcular a temperatura, mediante calibração prévia. Testes deverão ser realizados para não só confirmar a idéia, como também as características básicas necessárias.

O sensor de temperatura, assim como o sensor de velocidade, nos fornece um trem de pulsos que neste caso terá que ser convertida em temperatura através de um gráfico, processo semelhante ao sensor de velocidade.

Nesse sensor, o número de pulsos é inversamente proporcional à temperatura, ou seja, quanto maior a quantidade de pulsos, menor a temperatura e vice-versa.

O sensor funciona com 2 NTCs de 1KΩ em série, o que nos dá uma resistência de 2KΩ.

Foto (Sensor de Temperatura):



Sensor de Temperatura

A seguir temos o gráfico de conversão de número de pulsos para temperatura, cuja função está no mesmo.

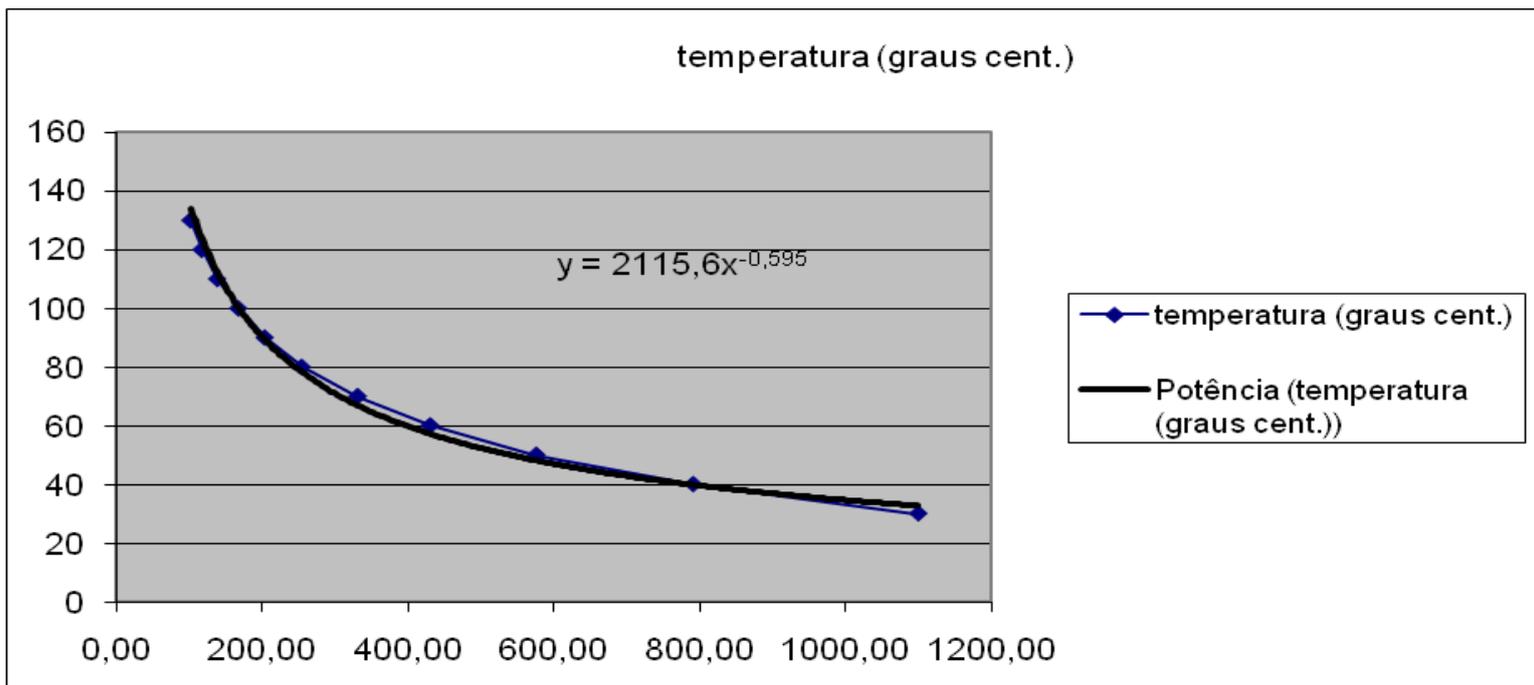


Gráfico 2 – Conversão de número de pulsos em temperatura.

Na tabela abaixo temos alguns exemplos de temperatura em função do número de pulsos.

temperatura (°C)	Nº de Pulsos
150	65,9
140	131,52
130	168,68
120	186,98
110	196,02
100	205,4
90	224,72
80	263,58
70	331,58
60	438,32
50	593,4
40	806,42
30	1086,98
20	1444,68
10	1889,12
0	2429,9

Tabela 2 – Temperatura X Nº de pulsos

Conclusão:

O projeto foi bem desenvolvido como esperávamos, mesmo tendo que fazer algumas modificações em relação ao projeto inicial. As modificações foram feitas para que os sensores se tornassem o mais prático possível em relação ao ensino de física.

O objetivo do meu projeto foi desenvolver os sensores sem me preocupar com o valor numérico de saída no display, ou seja, os valores mostrados no display não precisavam ser necessariamente os valores da velocidade e da temperatura medida, por isso foi feito as tabelas teóricas de conversão de unidades que convertiam número de pulsos para velocidade e temperatura respectivamente.

Acredito ter melhorado meus conhecimentos na área de eletrônica, pois não conhecia praticamente nada, o que fez com que muitas dificuldades surgissem durante o trabalho.

Os sensores funcionaram de maneira muito eficiente alcançando os resultados que esperávamos, concretizando o sucesso do projeto.

Referências:

http://pt.wikipedia.org/wiki/CI_555

http://en.wikipedia.org/wiki/555_timer_IC

<HTTP://ivairijs.vilabol.uol.com.br/ci-555.html>

<http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/sn74121.pdf>

<http://www.chipcatalog.com/TI/SN54121.htm>

http://pt.wikipedia.org/wiki/Negative_Temperature_Coefficient

<http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cd74hct393.pdf>

<http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/sn74ls08.pdf>

<http://www.national.com/ds/LM/LM555.pdf>

Opinião do Orientador:

“O projeto envolve a conversão de medidas analógicas em pulsos elétricos para serem tratados eletronicamente. Este tipo de projeto pode ser empregado no desenvolvimento de instrumentação para o ensino de física, oferecendo uma opção de baixo custo para a aquisição de dados. O aluno se dedicou com disciplina, seriedade e entusiasmo ao projeto, por isso ele chegou a um bom termo.”

Opinião do Coorientador:

“O trabalho foi desenvolvido como esperado, sendo que algumas adaptações foram necessárias em relação ao projeto original, principalmente para demonstrar a aplicabilidade prática do trabalho realizado, em especial o sensor de velocidade.

O estudante demonstrou bom aproveitamento, tendo aparentemente enriquecido seu conhecimento no tocante a eletrônica e processos físicos.

Melhorias futuras podem ser implementadas, como por exemplo, o uso de microprocessadores para converter as leituras digitais e resultados de mais fácil e rápida compreensão humana.”