

# Sensores em Robótica Móvel

*Prof. Carlos Carreto*



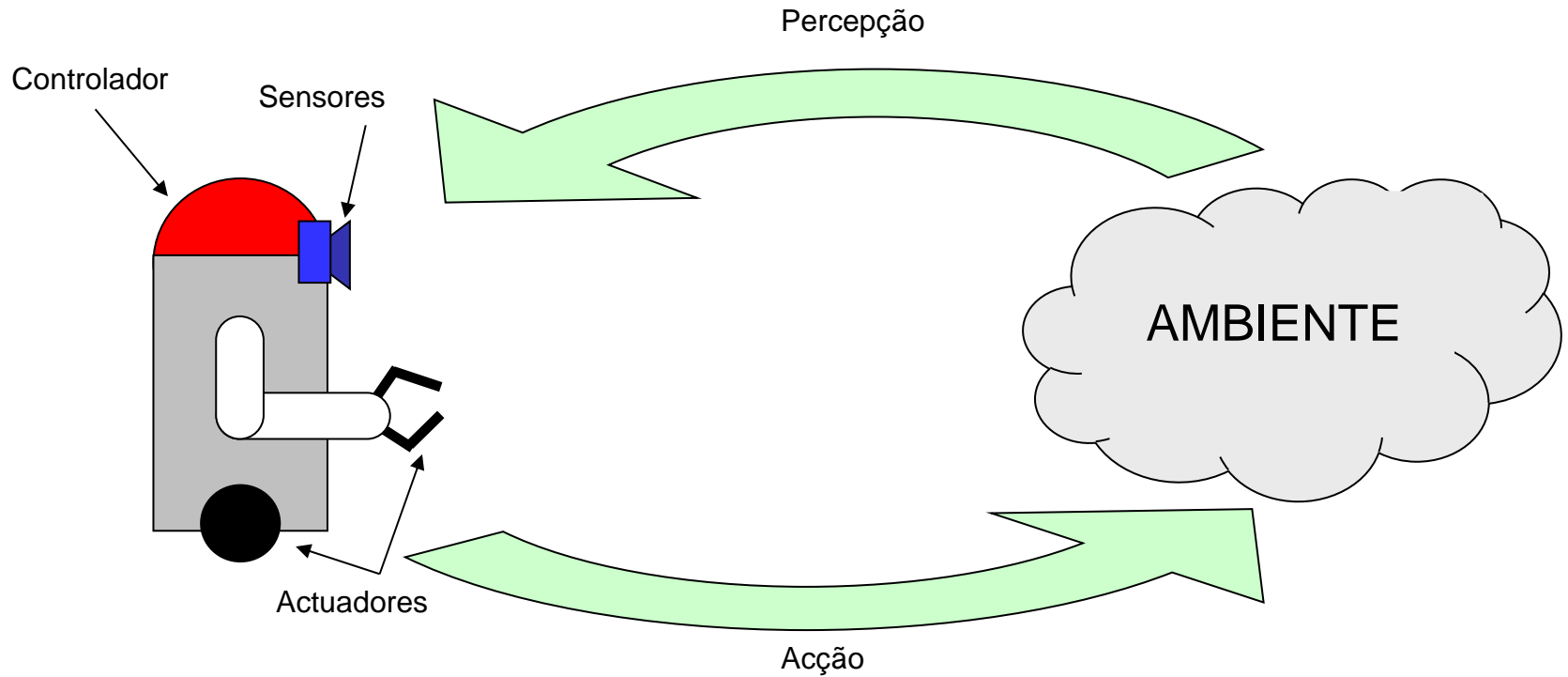
**Robótica**  
**Curso de Engenharia Informática**  
Instituto Politécnico da Guarda

# Sumário

- ▶ Introdução
- ▶ Caracterização dos Sensores
- ▶ Classificação dos Sensores
- ▶ Exemplos de Sensores



# Sistema Autónomo



# Definição de Sensor

- ▶ Os sensores são os dispositivos que permitem ao robô ter percepção do meio ambiente e de si próprio.
  - ▶ Tipicamente convertem a energia recebida num sinal eléctrico (**transdutores**).
  - ▶ São necessários para estimar o estado do ambiente e do próprio sistema, permitindo assim lidar com a incerteza do meio e dos próprios actuadores.



# Caracterização (parcial)

- ▶ Sensibilidade
- ▶ Linearidade
- ▶ Intervalo de Medida
- ▶ Tempo de Resposta
- ▶ Precisão
- ▶ Repetibilidade
- ▶ Resolução



# Caracterização

## Sensibilidade

- ▶ É a razão entre a taxa de variação dos valores de saída pela variação dos valores de entrada.
  - ▶ Por vezes a sensibilidades é afectada por outros factores (Ex.: temperatura).
- ▶ Exemplo:

Se num dado sensor de movimento, uma variação de **0,001 mm** na entrada provoca uma variação de **0,02V** na sua saída, esse sensor tem uma sensibilidade de

$$0.02V / 0.001 mm = 20V/mm$$

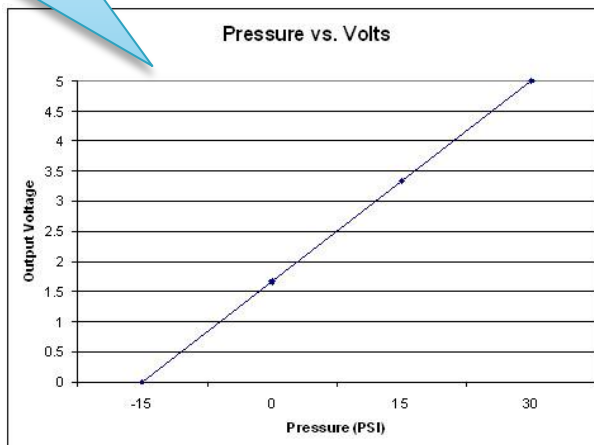


# Caracterização

## Linearidade

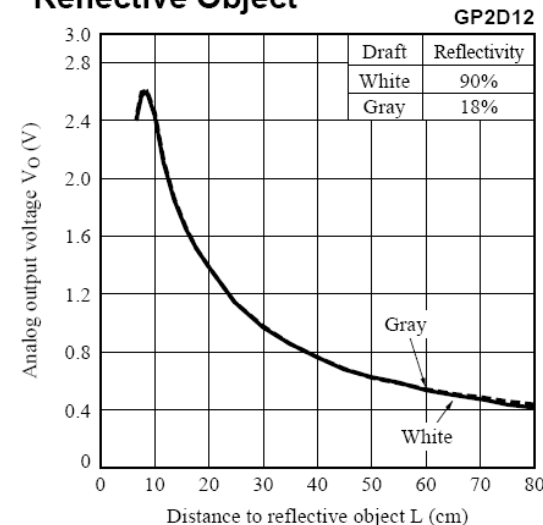
- ▶ Indica se a função de transferência do sensor é linear ou não linear.
- ▶ Um sensor é dito linear se a função de transferência for uma recta e é dito não linear em caso contrário.

Exemplo da saída de um sensor linear (sensor de pressão)



Exemplo da saída de um sensor não linear (Sensor Sharp GP2D12)

Analog Output Voltage vs. Distance to Reflective Object

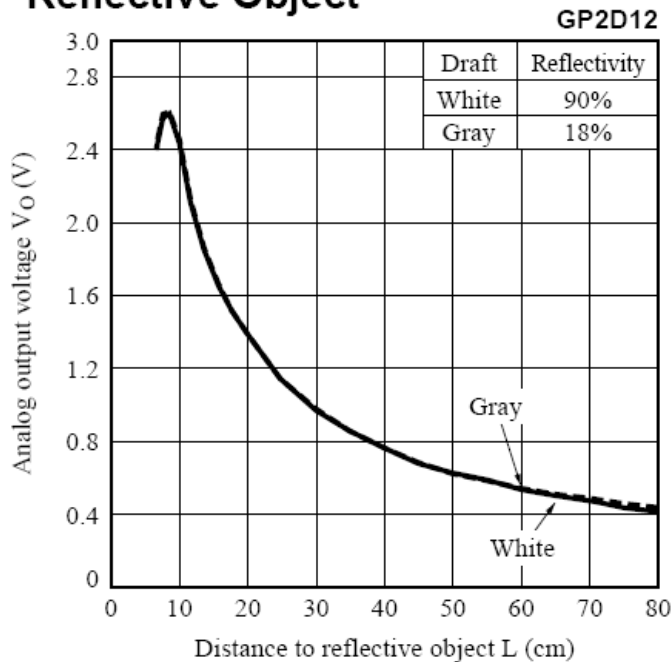


# Caracterização

## Intervalo de Medida

- ▶ Diferença entre os valores máximo e mínimo que o sensor consegue medir

**Analog Output Voltage vs. Distance to Reflective Object**



O sensor Sharp GP2D12 mede distancias entre os 8 e os 80 cm.





# Caracterização

## Tempo de Resposta

- ▶ Tempo necessário para uma variação na entrada ser observada na saída.
  - ▶ Em alguns sensores a saída oscila por um certo tempo antes de alcançar um valor estável.
  - ▶ O tempo de resposta é medido desde o início da variação na entrada até a estabilização da saída.
  - ▶ Normalmente indicado em Hz (frequência).



# Caracterização

## Precisão

- ▶ É uma medida de erro dada pela diferença entre o valor verdadeiro  $v$  e o valor medido  $m$ .

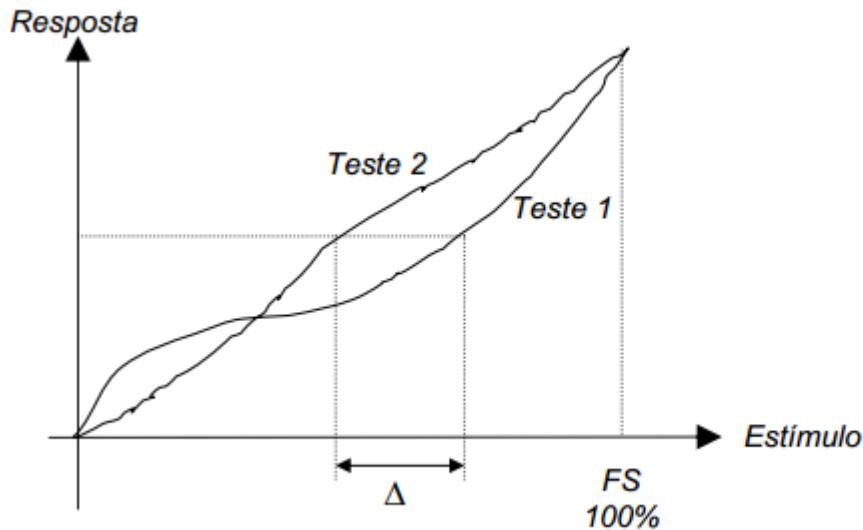
$$precisão = 1 - \frac{|m - v|}{|v|}$$



# Caracterização

## Repetibilidade

- ▶ É a diferença entre duas leituras sucessivas sob as mesmas condições.
- ▶ Os sensores estão sujeitos a ruído sistemático e aleatório que alteram a repetibilidade das leituras



Retirado dos slides "Sistemas Sensoriais", José Manuel Fonseca

$$\delta_r = \frac{\Delta}{FS} 100\%$$

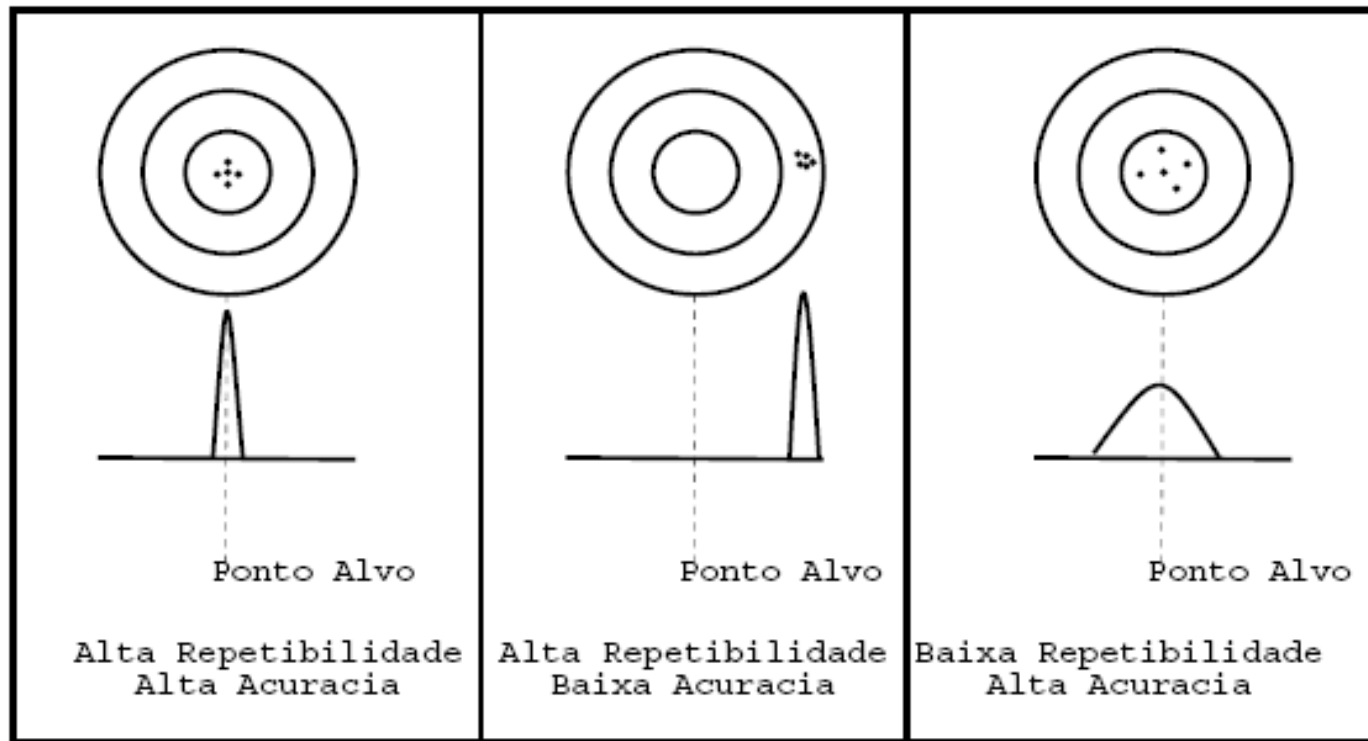
É normalmente especificado como uma percentagem da gama de valores de saída (FS).



# Caracterização

## Repetibilidade

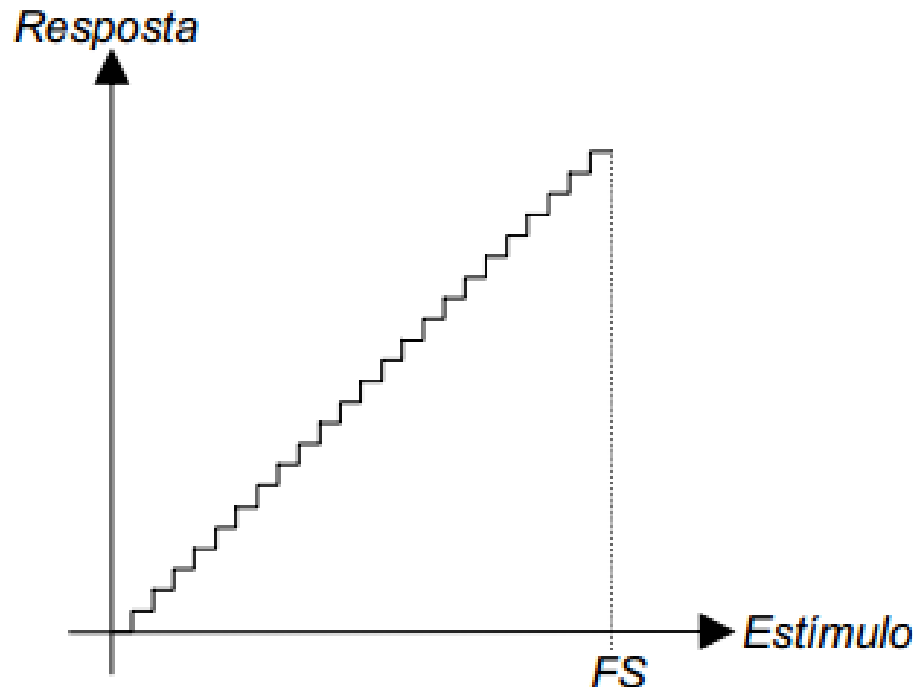
- ▶ Os sensores podem ter alta repetibilidade, mas pouca precisão



# Caracterização

## Resolução

- ▶ Número de medidas de valores diferentes possíveis dentro de uma faixa de mínimo e máximo
  - ▶ No caso de sensores com interface analógica, é dada pela resolução do CAD (ex.: 5V/256 para 8-bit CAD)



# Características da aplicação

- ▶ A escolha dos sensores está muitas vezes condicionada pelas características da aplicação e é influenciada por factores como:
  - ▶ Desenho
  - ▶ Peso
  - ▶ Dimensões
  - ▶ Preço



# Factores Ambientais

- ▶ Condições de armazenamento
- ▶ Estabilidade a curto e a longo prazo
- ▶ Temperatura ambiente
- ▶ Erro de auto-aquecimento
- ▶ Erro de corrente insuficiente



# Erros

- ▶ Erros sistemáticos (Determinísticos)
  - ▶ Causados por factores que podem, em teoria, ser modelados (predição).
- ▶ Erros não sistemáticos (Não Determinísticos)
  - ▶ Causados por factores aleatórios em relação aos quais não é possível realizar predição (podem no entanto ser descritos probabilisticamente).

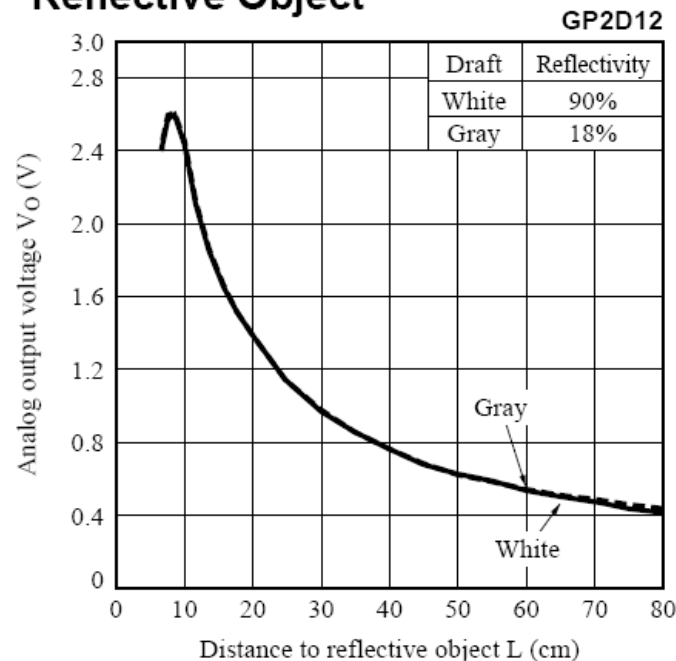




# Interfaces

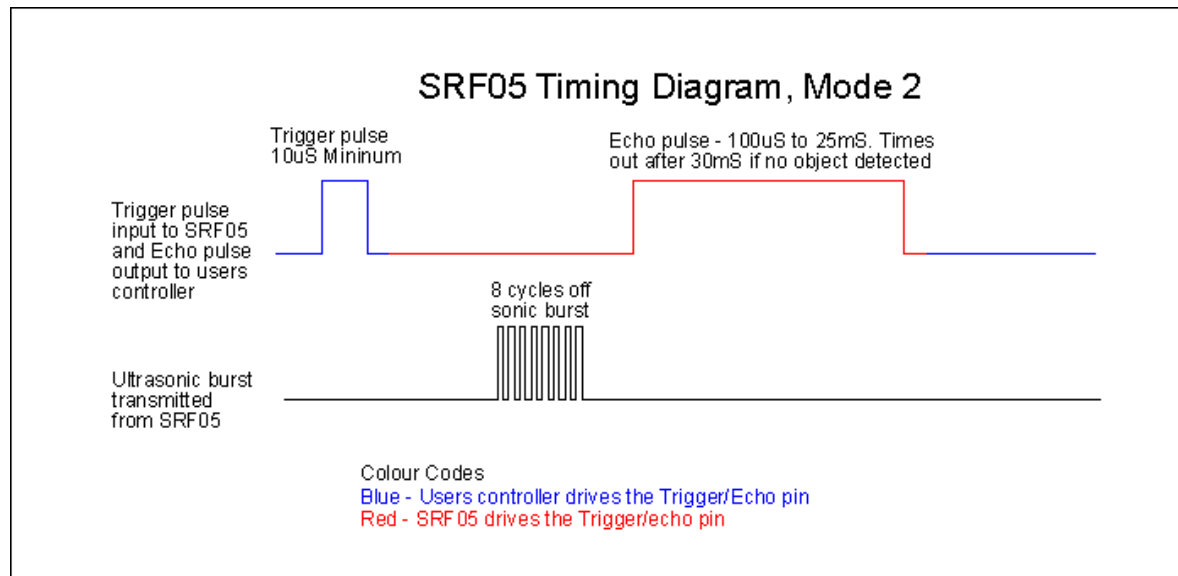
- ▶ Saída analógica
  - ▶ Produzem uma voltagem que é proporcional à grandeza medida.
  - ▶ É a interface mais fácil de usar, uma vez que a grande maioria dos microcontroladores possui um conversor analógico-digital (CAD).

**Analog Output Voltage vs. Distance to Reflective Object**



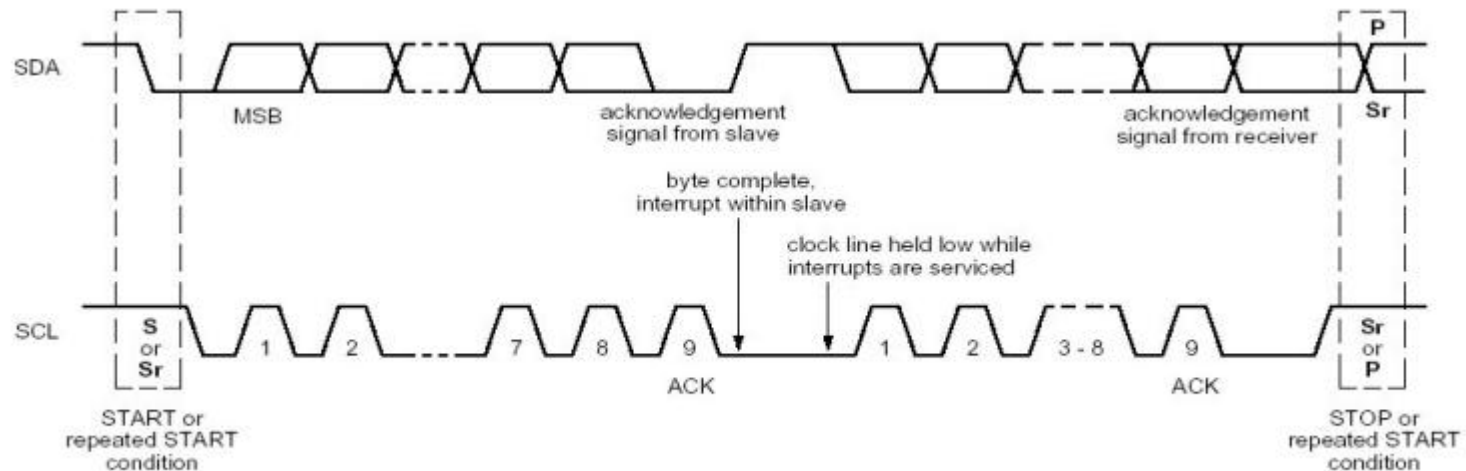
# Interfaces

- ▶ Saída PWM
  - ▶ Produzem uma onda quadrada com uma frequência fixa, mas com amplitude de pulsos proporcional à grandeza medida.
  - ▶ Fácil de usar, pois o sinal é normalmente medido através de uma porta digital.



# Interfaces

- ▶ Saída Digital
  - ▶ Usam uma interface série (SPI, I<sup>2</sup>C, etc.) para receber e enviar comandos e dados.
  - ▶ É a interface mais sofisticada, mas nem todos os controladores possuem este tipo de interface.



# Classificação

- ▶ Quanto ao tipo de informação que obtêm
- ▶ Quanto à utilização de energia
- ▶ Quanto à função



# Classificação

## Quanto ao tipo de informação que obtêm

- ▶ Sensores Internos – Proprioceptive (PC) sensors:
  - ▶ Medem valores internos do sistema.
  - ▶ Exemplos: velocidade do motor, direcção do robô, carga da bateria, etc.
- ▶ Sensores Externos – Exteroceptive (EC) sensors
  - ▶ Adquirem informação sobre o ambiente do sistema
  - ▶ Exemplos: distância de objectos, intensidade da luz do ambiente, temperatura, etc.



# Classificação

## Quanto à utilização de energia

### ▶ Sensores passivos

- ▶ Medem energia vinda do ambiente.
- ▶ Exemplos: câmara, microfone, célula fotoelétrica, etc.

### ▶ Sensores activos

- ▶ Emitem a sua própria energia e medem a reacção desta
- ▶ No geral têm melhor desempenho que os sensores passivos, mas afectam o ambiente.
- ▶ Exemplos: SONAR, scanner laser, etc.



# Classificação

## Quanto à função

General classification (typical use)	Sensor Sensor System	PC or EC	A or P
Tactile sensors (detection of physical contact or closeness; security switches)	Contact switches, bumpers	EC	P
	Optical barriers	EC	A
	Noncontact proximity sensors	EC	A
Wheel/motor sensors (wheel/motor speed and position)	Brush encoders	PC	P
	Potentiometers	PC	P
	Synchros, resolvers	PC	A
	Optical encoders	PC	A
	Magnetic encoders	PC	A
	Inductive encoders	PC	A
	Capacitive encoders	PC	A
Heading sensors (orientation of the robot in relation to a fixed reference frame)	Compass	EC	P
	Gyroscopes	PC	P
	Inclinometers	EC	A/P

A, active; P, passive; P/A, passive/active; PC, proprioceptive; EC, exteroceptive.



# Classificação

## Quanto à função

General classification (typical use)	Sensor Sensor System	PC or EC	A or P
Ground-based beacons (localization in a fixed reference frame)	GPS	EC	A
	Active optical or RF beacons	EC	A
	Active ultrasonic beacons	EC	A
	Reflective beacons	EC	A
Active ranging (reflectivity, time-of-flight, and geo- metric triangulation)	Reflectivity sensors	EC	A
	Ultrasonic sensor	EC	A
	Laser rangefinder	EC	A
	Optical triangulation (1D)	EC	A
	Structured light (2D)	EC	A
Motion/speed sensors (speed relative to fixed or moving objects)	Doppler radar	EC	A
	Doppler sound	EC	A
Vision-based sensors (visual ranging, whole-image analy- sis, segmentation, object recognition)	CCD/CMOS camera(s)	EC	P
	Visual ranging packages		
	Object tracking packages		





# Classificação

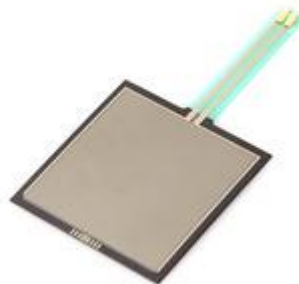
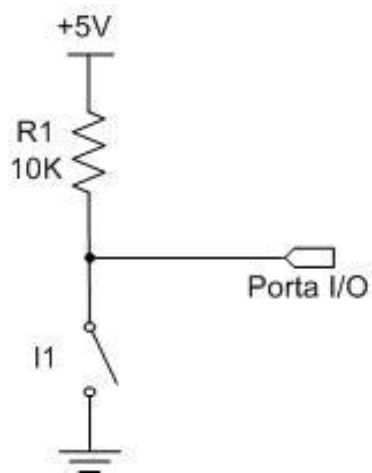
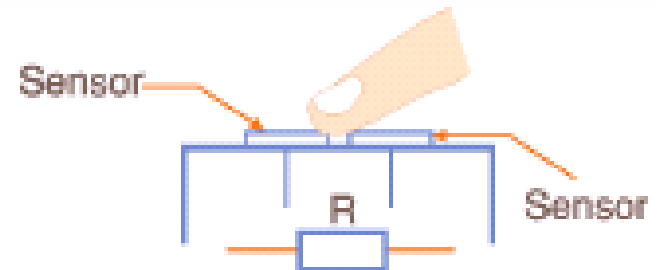
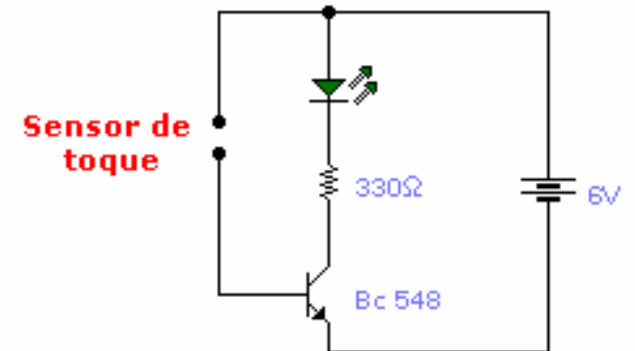
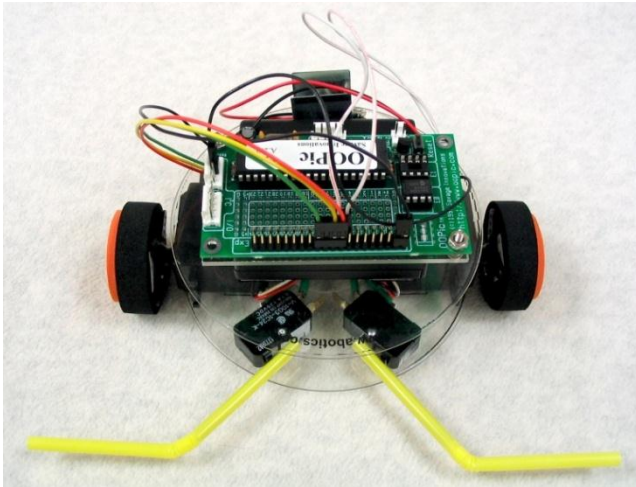
## Quanto à função

- ▶ Sensores tácteis
- ▶ Shaft Encoders (sensores de eixo)
- ▶ Sensores de orientação
- ▶ Sensores de posição
- ▶ Sensores de distâncias
- ▶ Sensores de visão
- ▶ Sensores de proximidade (opto-reflectivos)



# Exemplos

## Sensores tácteis

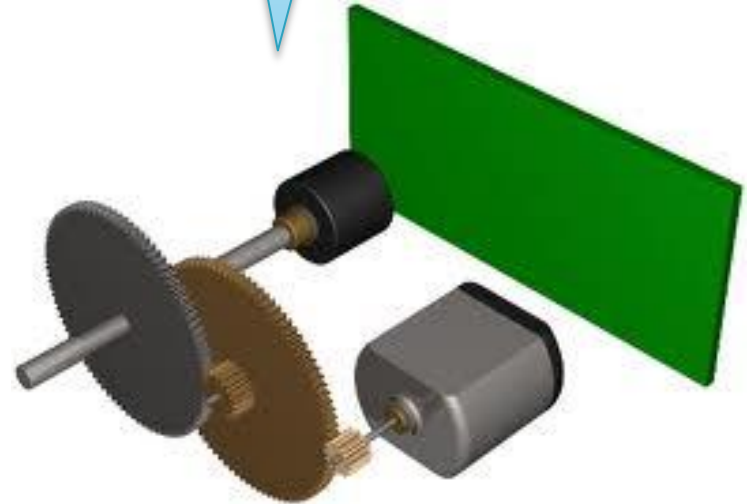
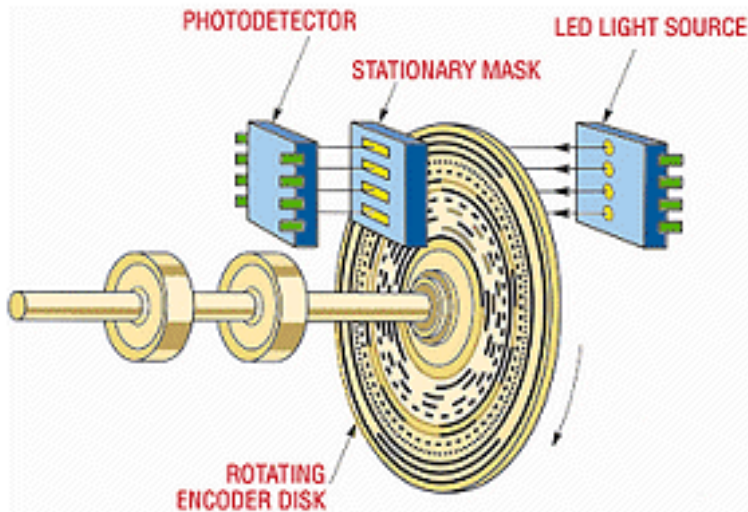


# Exemplos

## Shaft Encoders Absolutos

**Ópticos:** Geram um padrão linear de bits representativo da posição angular do eixo.

**Resistivos:** Geram uma tensão proporcional à posição angular do eixo (ex.: potenciômetros).



# Exemplos

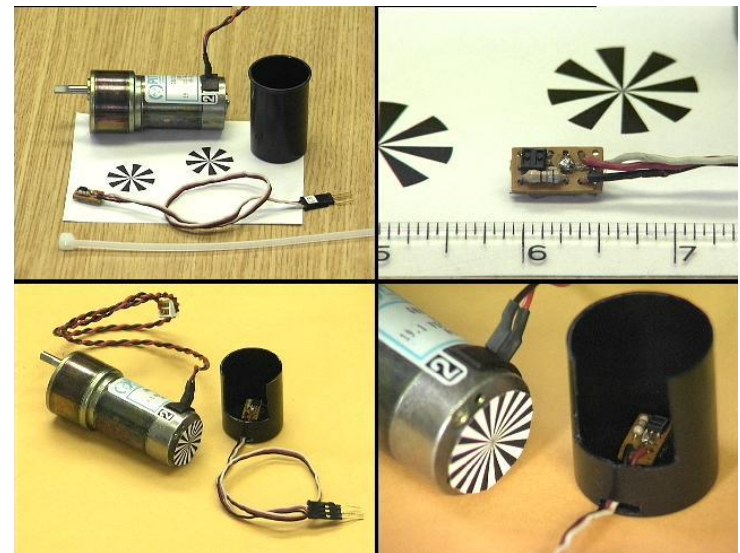
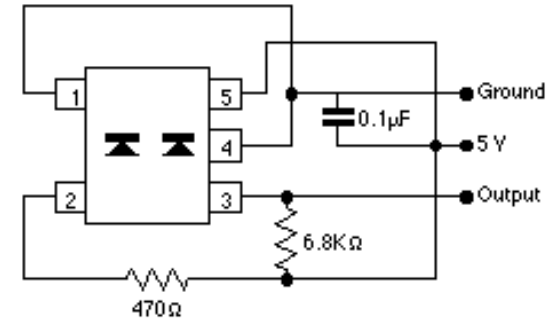
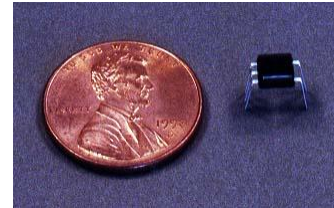
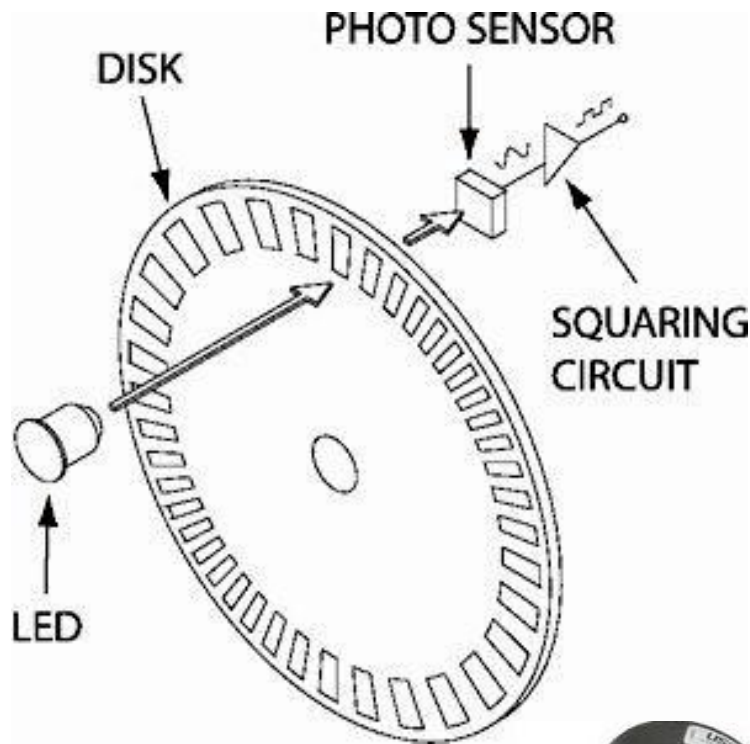
## Shaft Encoders Incrementais

- ▶ Geram um pulso por cada incremento fixo de deslocamento angular de um eixo.
- ▶ Podem ser usados para determinar a posição e/ou a velocidade de eixos.
- ▶ Usados também para indicar o número total de voltas de eixos (odômetros).
- ▶ Podem ter resoluções muito altas (+10.000).
- ▶ São relativamente fáceis de construir de forma caseira (para baixas resoluções).



# Exemplos

## Shaft Encoders Incrementais



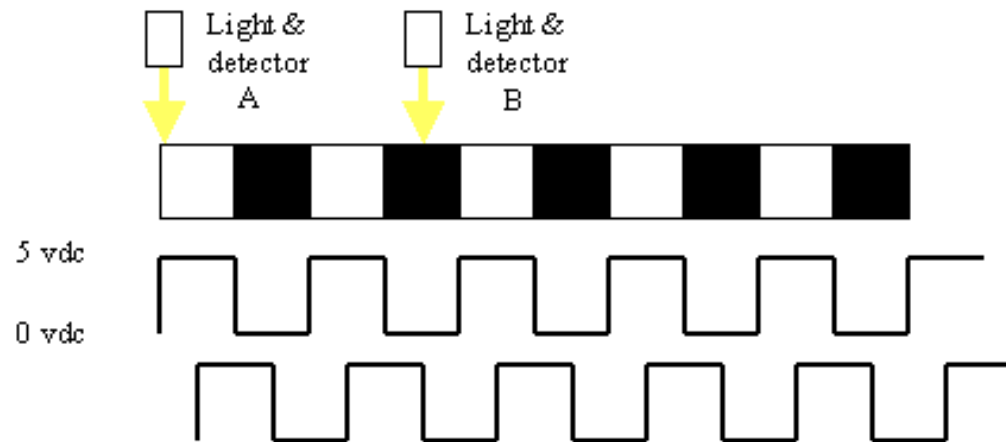
[www.seattlerobotics.org/encoder/200109/dpa.html](http://www.seattlerobotics.org/encoder/200109/dpa.html)



# Exemplos

## Shaft Encoders Incrementais

- ▶ Shaft Encoders Incrementais de Fase-Quadratura
  - ▶ Usam dois sensores de modo a obter dois trens de pulsos desfasados de  $90^\circ$ .
  - ▶ Isto permite determinar qual o trem que está a conduzir o outro e em consequência determinar o sentido de rotação do eixo.



# Exemplos

## Sensores de Orientação

- ▶ **Bússola Electrónica (magnetómetro)**
  - ▶ Mede a orientação absoluta em relação ao campo magnético terrestre.

### CMPS03 Magnetic Compass

<http://www.robot-electronics.co.uk/htm/cms3tech.htm>



Pin 9 - 0v Ground  
Pin 8 - No Connect  
Pin 7 - No Connect  
Pin 6 - Calibrate  
Pin 5 - Calibrating  
Pin 4 - PWM  
Pin 3 - SDA  
Pin 2 - SCL  
Pin 1 - +5v

#### Características

**Voltage** – 5v only required

**Current** – 20mA Typ.

**Resolution** – 0.1 Degree

**Accuracy** – 3– 4 degrees approx. after calibration

**Output 1** – Timing Pulse 1mS to 37mS in 0.1mS increments

**Output 2** – I2C Interface

**Size** – 32mm x 35mm



# Exemplos

## Sensores de Orientação

### ► Acelerómetro

- Mede aceleração linear (sem rotação).
- Na presença de rotação, a aceleração da gravidade confunde-se com a aceleração linear.
- Pode ser usado como sensor de inclinação num dado eixo, ao detectar a aceleração da gravidade, mas não consegue medir a rotação fora desse eixo.
- Não consegue distinguir entre gravidade e movimento linear.





# Exemplos

## Sensores de Orientação

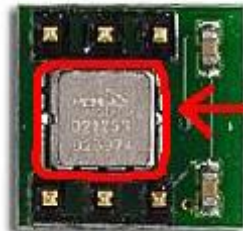
### ► Acelerómetro

#### Memsic 2125

<http://www.parallax.com/dl/docs/prod/compshop/SICMemsicTut.pdf>



Accelerometer Module



Accelerometer Chip

#### Características

Medições de 0 a  $\pm 2$  g nos eixos X e Y

Resolução inferior a 1 mg

Saída simples de pulso da força-g para eixos X e Y

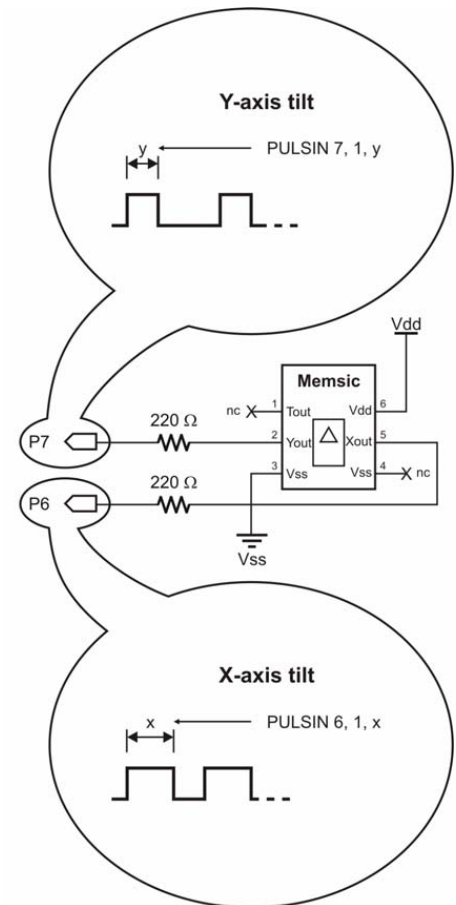
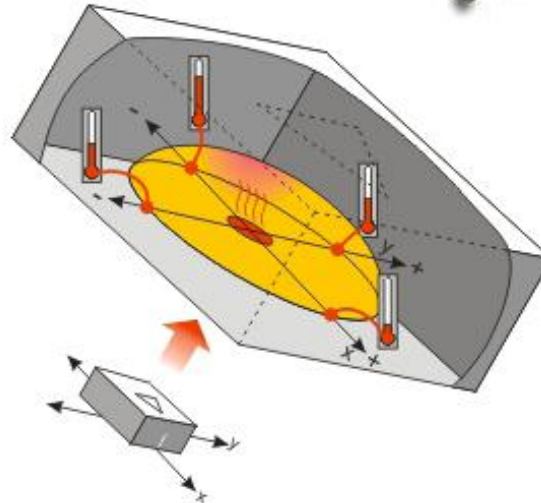
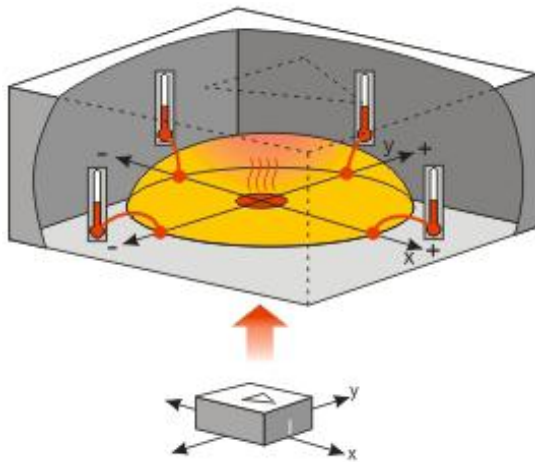
Saída analógica de temperatura (pino TOut)

Baixo consumo de corrente, menos de 4mA a 5Vdc

# Exemplos

## Sensores de Orientação

### ► Acelerómetro

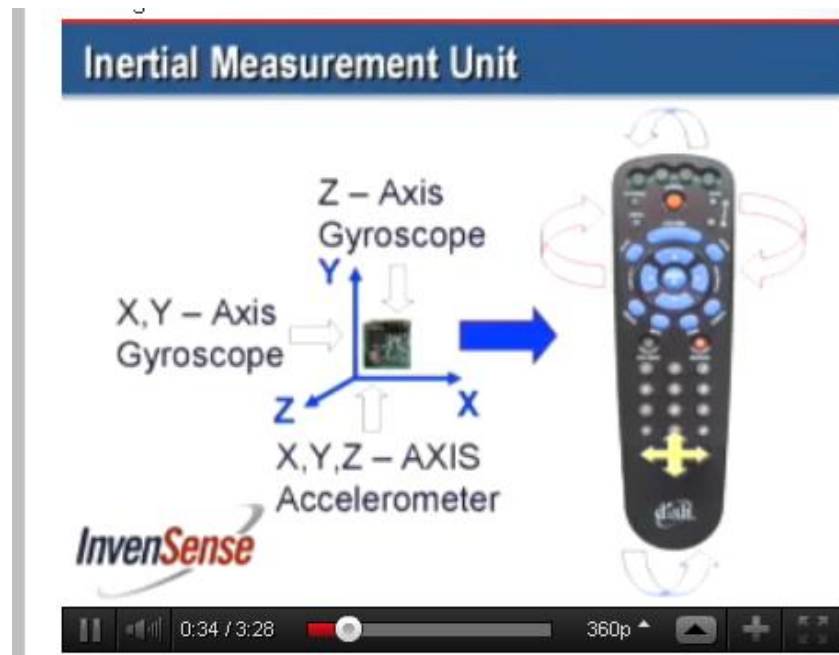


# Exemplos

## Sensores de Orientação

### ► Giroscópio

- Medem a rotação em torno de um dado eixo.
- Não medem aceleração linear.



[http://www.youtube.com/watch?v=s19W-MG-whE&feature=player\\_embedded#!](http://www.youtube.com/watch?v=s19W-MG-whE&feature=player_embedded#!)



# Exemplos

## Sensores de Orientação

### ► Giroscópio

#### Triple-Axis Digital-Output Gyro ITG-3200

<http://www.sparkfun.com/products/9801>

#### Características

Baixo consumo de corrente, 6.5mA (5µA em standby)

Voltagem VDD entre 2.1V a 3.5V

Sensor de temperatura digital

Interface Fast I<sup>2</sup>C (400kHz)



# Exemplos

## Sensores de Posição

### ► GPS

#### Parallax GPS Receiver Module

<http://www.parallax.com/tabid/768/ProductID/396/Default.aspx>



#### Características

Raw NMEA0183 strings ou dados específicos via comandos

Alimentação: +5VDC @ 65 mA (típico)

Comunicação: Interface Single-wire serial TTL , 4800 bps

Dimensões: 49 x 36 x 15 mm

Temperatura: 0 a 70 °C



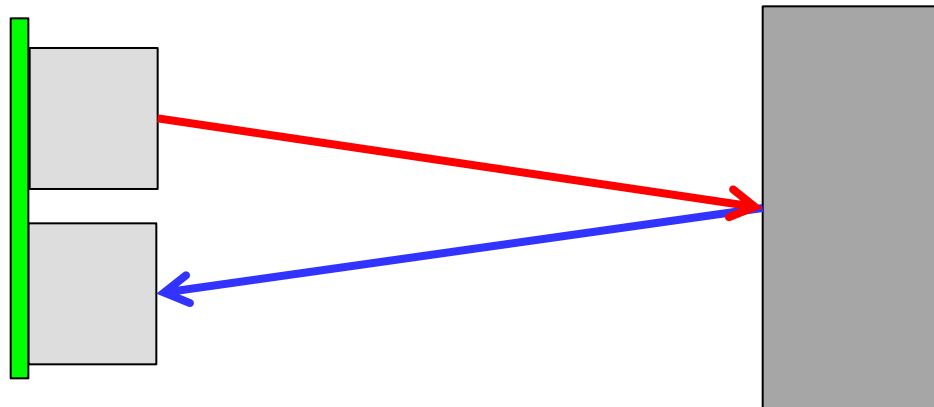
# Exemplos

## Sensores de Distância

### ► Tempo de Voo

- Conhecida a velocidade constante  $V_c$  de propagação de um feixe emitido pelo sensor e medido o tempo  $\Delta t$  que o eco deste leva a retornar ao sensor depois de embater num objecto, a distância do sensor ao objecto pode ser determinada pela expressão:

$$d = \frac{1}{2} V_c \times \Delta t$$



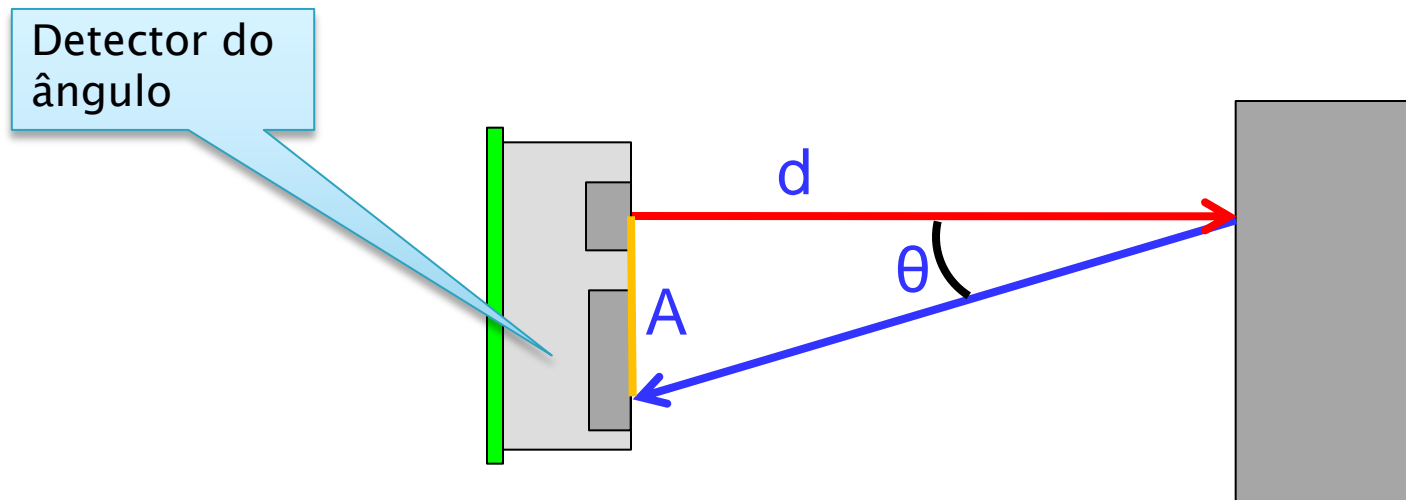
# Exemplos

## Sensores de Distância

### ► Triangulação

- Conhecido o ângulo  $\theta$  que um feixe emitido pelo sensor faz com o eco deste, que retorna ao sensor depois de embater num objecto, a distância do sensor ao objecto pode ser determinada pela expressão:

$$d = \tan \theta \times A$$



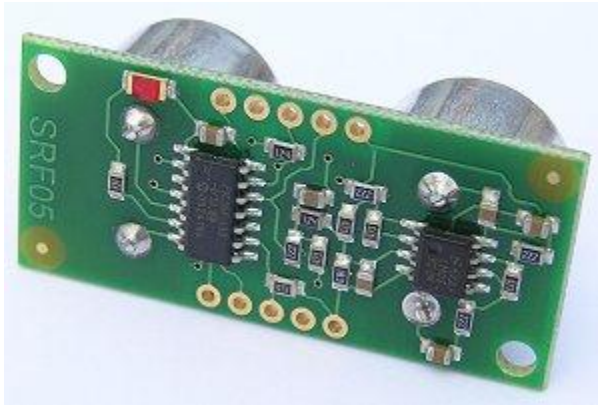
# Exemplos

## Sensores de Distância

### ► SONAR

#### Sonar SRF05

<http://www.robot-electronics.co.uk/htm/srf05tech.htm>



#### Características

**Voltage** - 5v only required

**Current** - 4mA Typ.

**Max.Frequency** - 40KHz

**Max Range** - 4 m

**Min Range** - 1 cm

**Input Trigger** - 10uS Min. TTL level pulse

**Echo Pulse** - Positive TTL level signal, width proportional to range.

**Small Size** - 43mm x 20mm x 17mm height

**Interface** - Sinal PWM

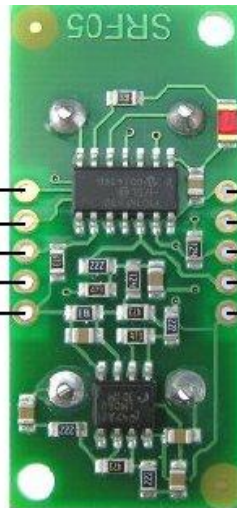




# Exemplos

## Sensores de Distância

### ► SONAR



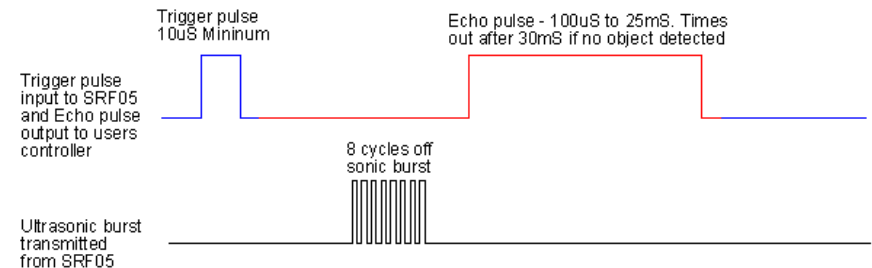
5v Supply  
No Connection  
Trigger Input, Echo Output  
Mode (Low - Connect to Ground)  
0v Ground

Programming pins.  
Used once only to  
program the PIC chip  
during manufacture.

Do not connect to  
these pins.

Connections for single pin Trigger/Echo Mode

#### SRF05 Timing Diagram, Mode 2



Colour Codes

Blue - Users controller drives the Trigger/Echo pin

Red - SRF05 drives the Trigger/echo pin

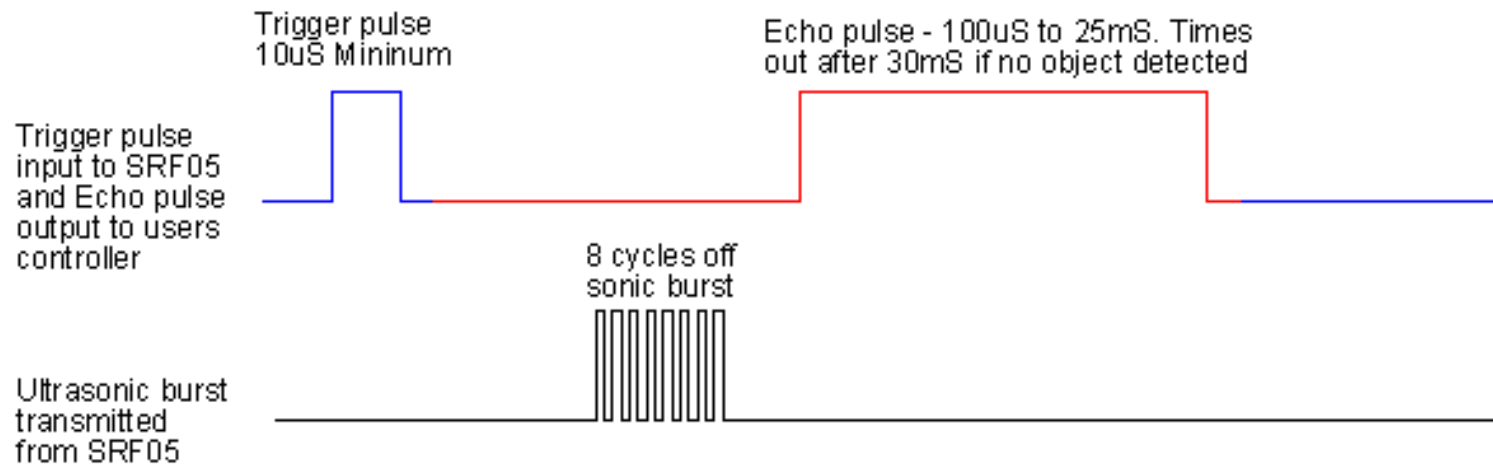


# Exemplos

## Sensores de Distância

### ► SONAR

#### SRF05 Timing Diagram, Mode 2



Colour Codes

Blue - Users controller drives the Trigger/Echo pin

Red - SRF 05 drives the Trigger/echo pin



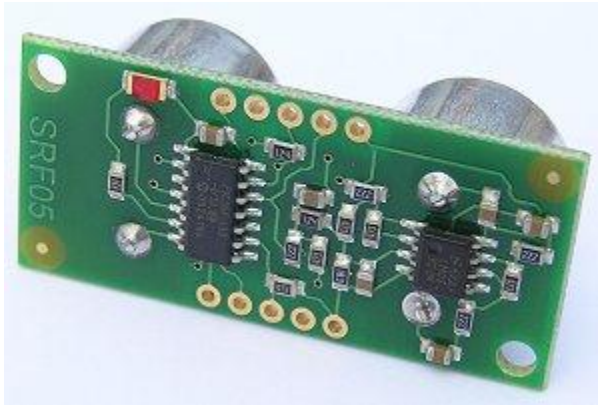
# Exemplos

## Sensores de Distância

### ► SONAR

#### Sonar SRF05

<http://www.robot-electronics.co.uk/htm/srf05tech.htm>



```
//IntelliBrain API
```

```
. . .  
RangeFinder rangeFinder =  
new ParallaxPing(IntelliBrain.getDigitalIO(3));  
. . .  
rangeFinder.ping();  
Thread.sleep(50);  
float distance = rangeFinder.getDistanceInches();
```



# Exemplos

## Sensores de Distância

### ► SONAR

#### Sonar SRF04

<http://www.robot-electronics.co.uk/htm/srf04tech.htm>



#### Características

**Voltage** – 5v only required

**Current** – 30mA Typ. 50mA

**Max.Frequency** – 40KHz

**Max Range** – 3 m

**Min Range** – 3 cm

**Sensitivity** – Detect 3cm diameter broom handle at > 2 m

**Input Trigger** – 10uS Min. TTL level pulse

**Echo Pulse** – Positive TTL level signal, width proportional to range.

**Small Size** – 43mm x 20mm x 17mm height

**Interface** – Sinal PWM

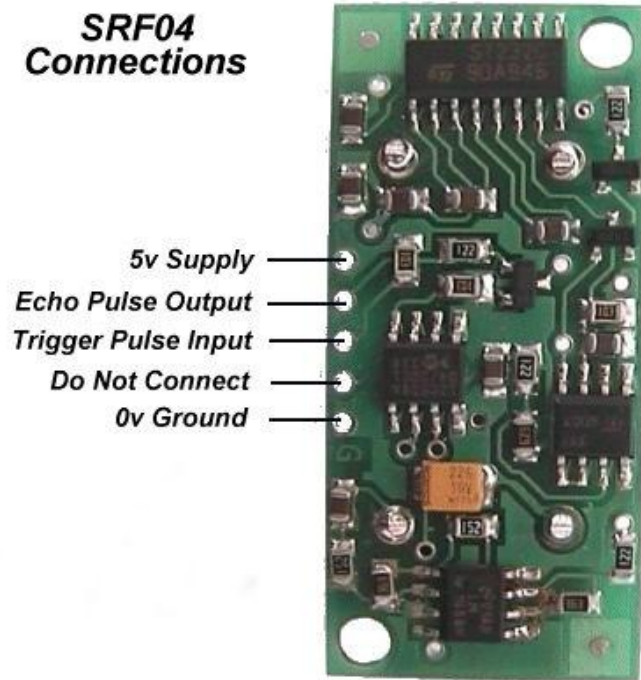


# Exemplos

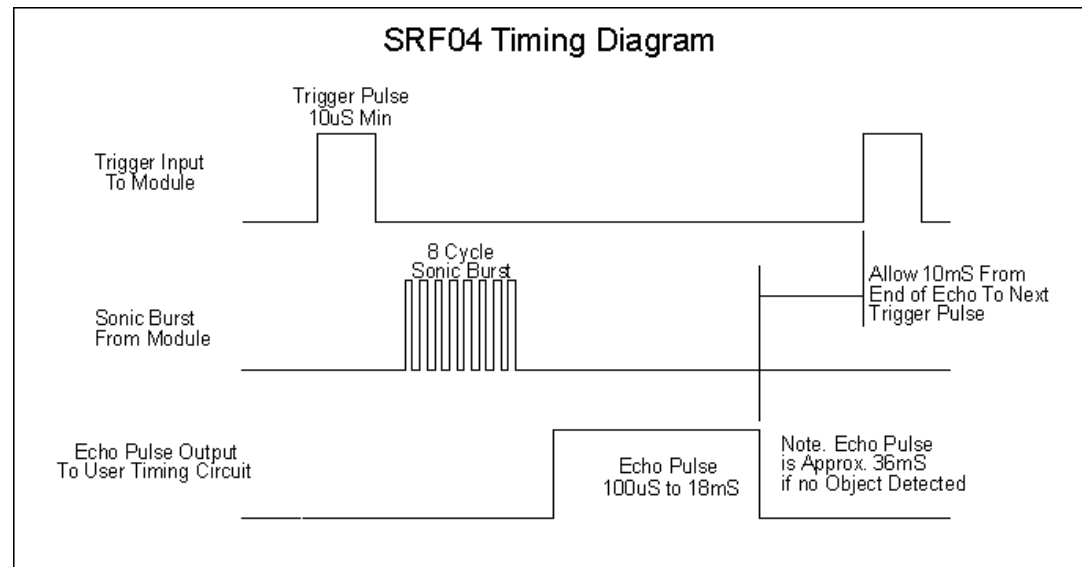
## Sensores de Distância

### ► SONAR

#### SRF04 Connections



#### SRF04 Timing Diagram



# Exemplos

## Sensores de Distância

### ► SONAR



<http://www.parallax.com/Store/Sensors/ObjectDetection/tabid/176/ProductID/92/List/1/Default.aspx?SortField=ProductName,ProductName>



<http://www.maxbotix.com/>

[http://www.robot-electronics.co.uk/acatalog/Ultrasonic\\_Rangers.html](http://www.robot-electronics.co.uk/acatalog/Ultrasonic_Rangers.html)



# Exemplos

## Sensores de Distância

### ► SONAR

#### Sonar SRF08

<http://www.robot-electronics.co.uk/htm/srf08tech.html>



```
//IntelliBrain API
. . .
DevantechSRF08 rangeFinder =
new DevantechSRF08(IntelliBrain.getI2CMaster());
. . .
rangeFinder.readLightSensor();
. . .
rangeFinder.ping();
Thread.sleep(100);
float distance = rangeFinder.getDistanceInches();
```



# Exemplos

## Sensores de Distância

### ▶ SONAR

#### Vantagens:

- ▶ Baixo custo
- ▶ Leves e pequenos
- ▶ Baixo consumo energético

#### Desvantagens:

- ▶ Atenuação do sinal
- ▶ Reflexão especular do sinal
- ▶ Cross talk
- ▶ Limites mínimos e máximos na medição
- ▶ Efeito das condições atmosféricas
- ▶ Baixa velocidade do som



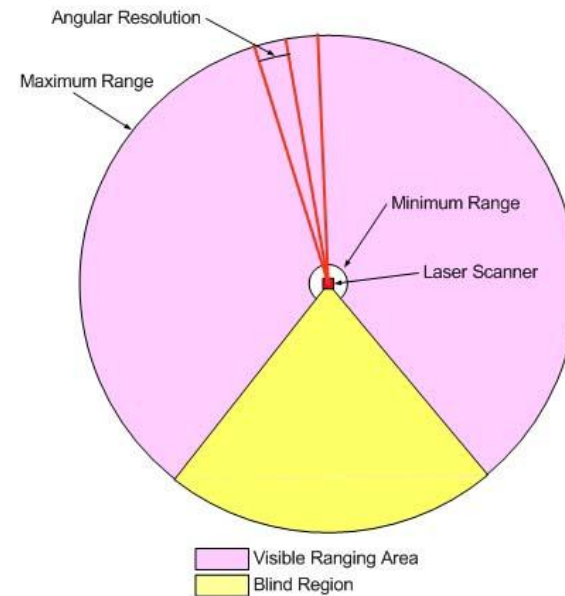
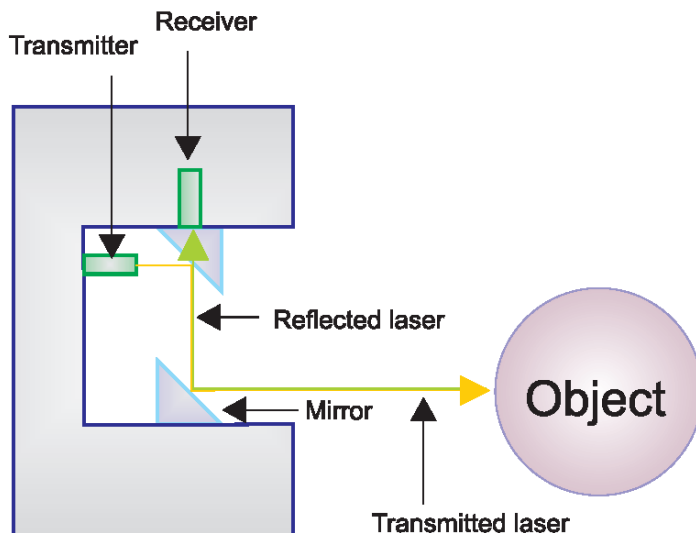


# Exemplos

## Sensores de Distância

### ▶ LASER

- ▶ Segue o mesmo princípio de funcionamento do SONAR, mas usa um feixe de luz laser em vez de som ultra-sônico.
- ▶ Tipicamente o feixe gira num plano horizontal permitindo obter uma fatia 2D do ambiente.



# Exemplos

## Sensores de Distância

### ► LASER



<http://www.sick.de>



Specifications	
Power source	5V +/-5%
Current consumption	0.5A (Rush current 0.8A)
Detection range	0.02 to approximately 4m
Laser wavelength	785nm, Class 1
Scan angle	240°
Scan time	100msec/scan (10.0Hz)
Resolution	1mm
Angular Resolution	0.36°
Interface	USB 2.0, RS232
Weight	5.0 oz (141 gm)

<http://www.hokuyo-aut.jp/>



# Exemplos

## Sensores de Distância

### ► LASER

#### Vantagens:

- Maior velocidade ( $3 \times 10^8$  m/s)
- Grande precisão (1 mm)
- Maior resolução angular ( $< 1^\circ$ )

#### Desvantagens:

- Limitado ao plano 2D
- Consumo de energia elevado
- Custo elevado
- Materiais indetectáveis

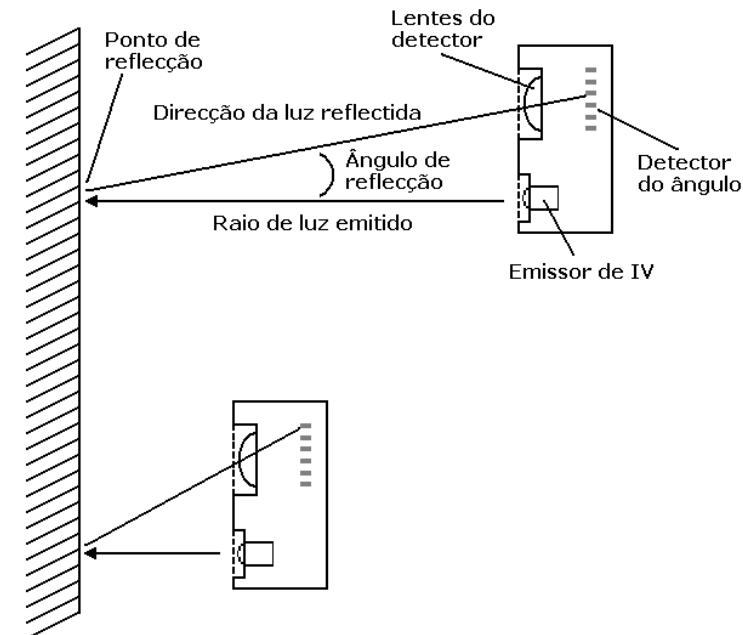


# Exemplos

## Sensores de Distância

### ▶ Infravermelhos

- ▶ Usam triangulação como princípio de funcionamento.
- ▶ Um circuito transmissor emite um feixe de infravermelhos que é reflectido por um objecto e um circuito receptor capta-o determinando o ângulo de reflexão.
- ▶ A distância a que se encontra o objecto é proporcional a este ângulo de reflexão.
- ▶ Existem no mercado vários modelos de diferentes marcas.

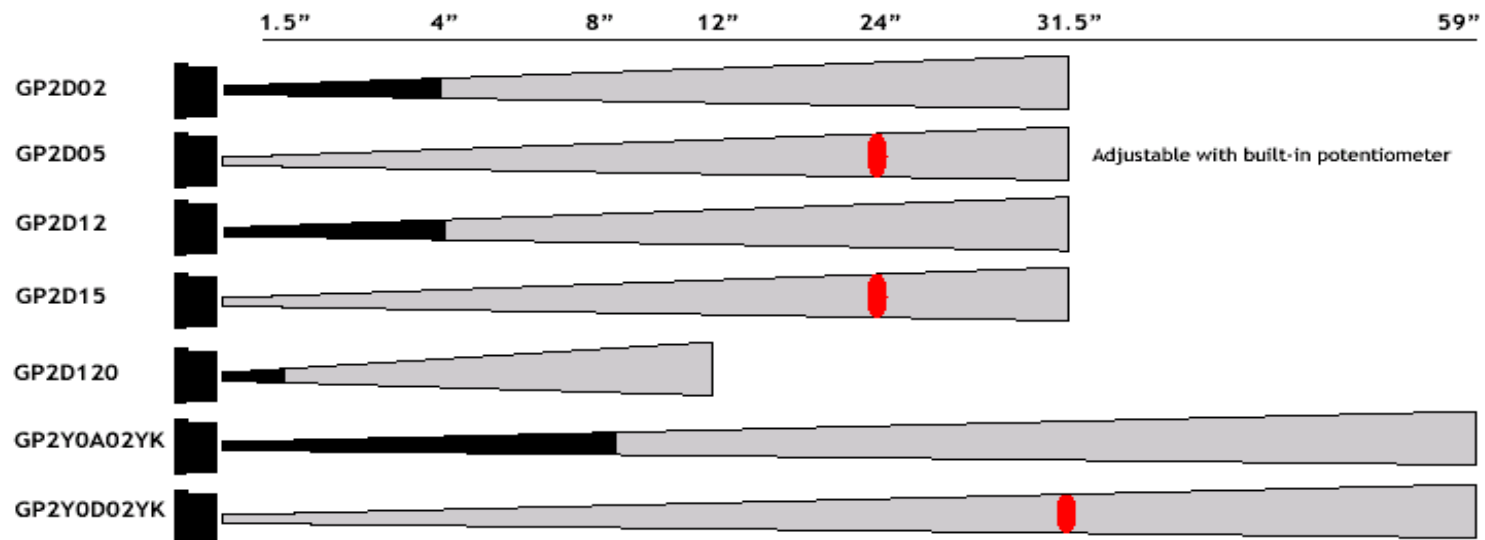


# Exemplos

## Sensores de Distância

### ► Infravermelhos (Sharp GP\*)

Ranger	Output	Minimum Distance	Maximum Distance	On Current	Off Current
GP2D02	Analog	10cm	80cm	~22mA	~3mA
GP2D05	Digital	-	fixed at 24cm	~10mA	~3mA
GP2D12	Analog	10cm	80cm	~33mA	always on
GP2D15	Digital	-	fixed at 24cm±3cm	~33mA	always on
GP2D120	Analog	4cm	30cm	~33mA	always on
GP2Y0A02YK	Analog	20cm	150cm	~33mA	always on
GP2Y0D02YK	Digital	-	fixed at 80cm	~33mA	always on



The end of the black notes the minimum detectable range. The end of the grey notes the maximum range. The red oval notes a fixed range. Objects closer than the noted minimum range will give incorrect readings. For more information please see the product page for each sensor, and checkout *Demystifying the Sharp IR Detectors* in our articles section.

© Acroname, Inc. 2002 [www.acroname.com](http://www.acroname.com)



# Exemplos

## Sensores de Distância

### ► Infravermelhos

#### Vantagens:

- Baixo custo
- Mais rápidos do que o SONAR

#### Desvantagens:

- Menos precisos que o SONAR
- Materiais indetectáveis
- Gama de distâncias limitadas



# Exemplos

## Sensores de Distância

### ► Infravermelhos

#### Sharp GP2D12

<http://www.acroname.com/robotics/parts/SharpGP2D12-15.pdf>



#### Características

**Voltage** – 4.5v – 5.5v

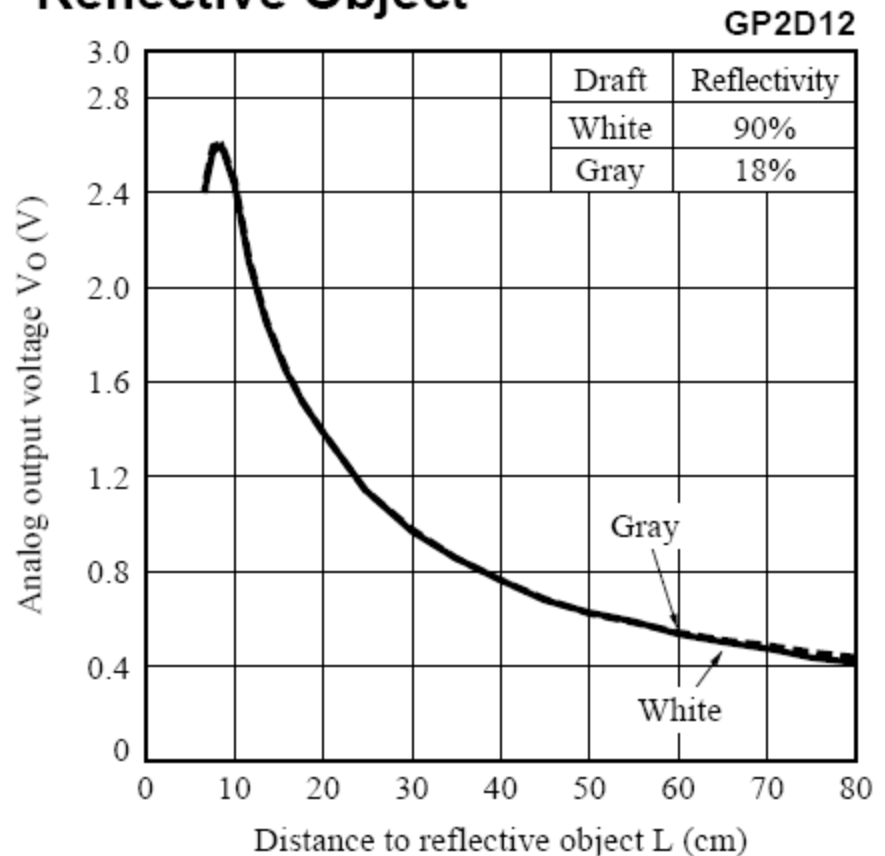
**Current** - 50mA Typ. 33mA

**Max Range** - 80 cm

**Min Range** - 10 cm

**Interface** – Sinal analógico

### Analog Output Voltage vs. Distance to Reflective Object



# Exemplos

## Sensores de Distância

### ► Infravermelhos

#### Sharp GP2D12

<http://www.acroname.com/robotics/parts/SharpGP2D12-15.pdf>



```
//IntelliBrain API
```

```
. . .  
RangeFinder rangeFinder =  
new SharpGP2D12(IntelliBrain.getAnalogInput(1), null);  
. . .  
rangeFinder.ping();  
float distance = rangeFinder.getDistanceInches();
```



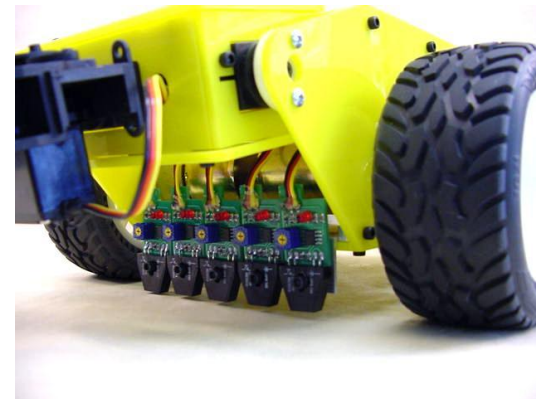
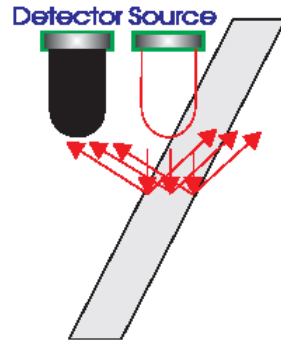
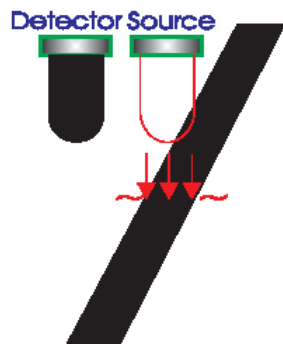
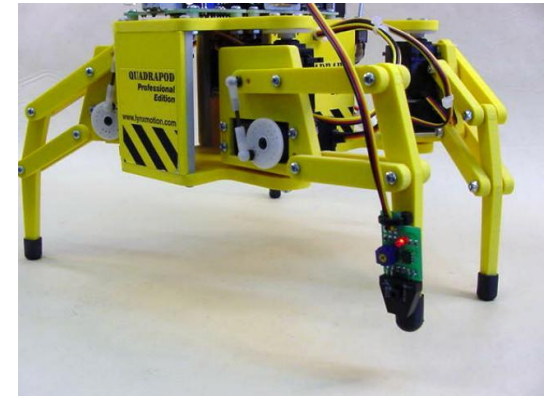
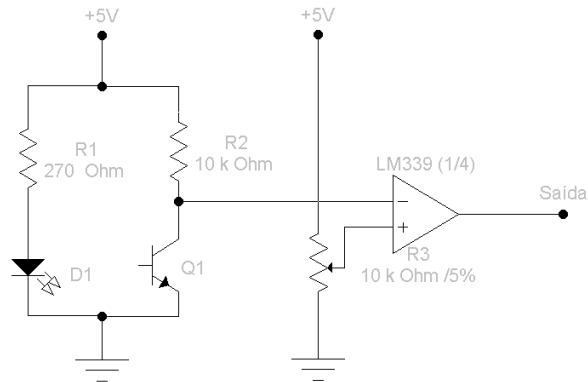


# Exemplos

## Sensores de Proximidade (opto-reflectivos)

### Sensor de linha branca

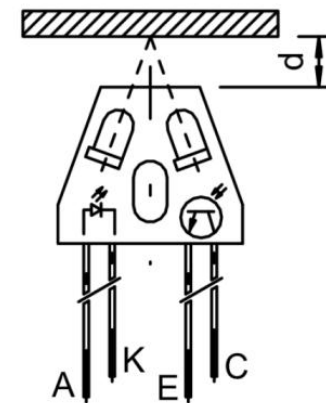
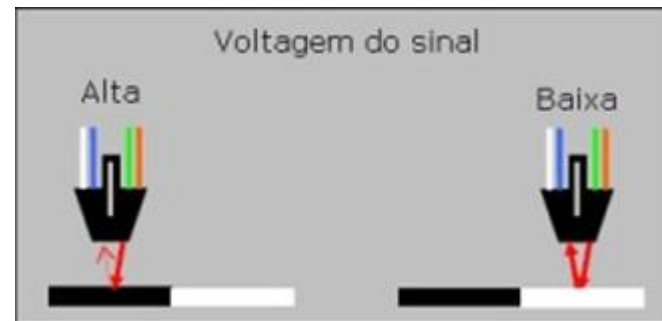
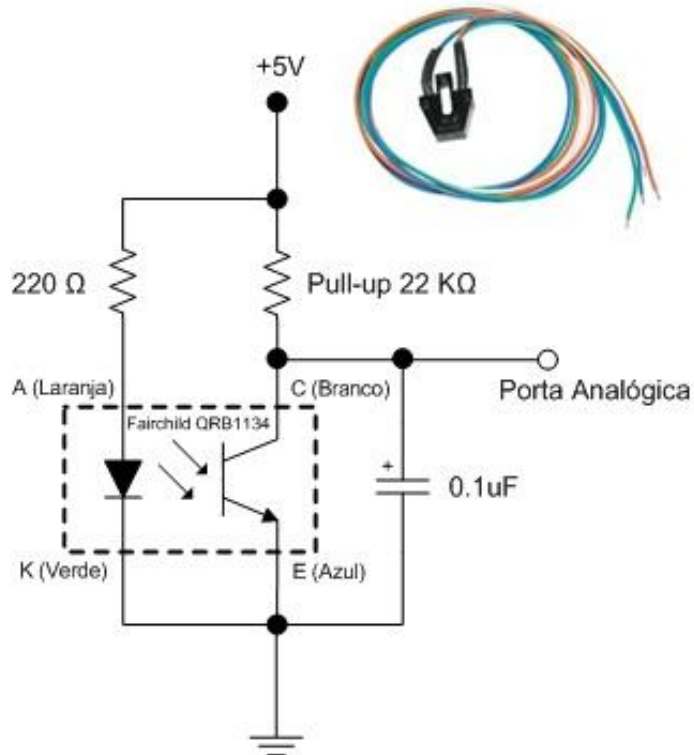
<http://www.lynxmotion.com/Product.aspx?productID=58&CategoryID=8>



# Exemplos

## Sensores de Proximidade (opto-reflectivos)

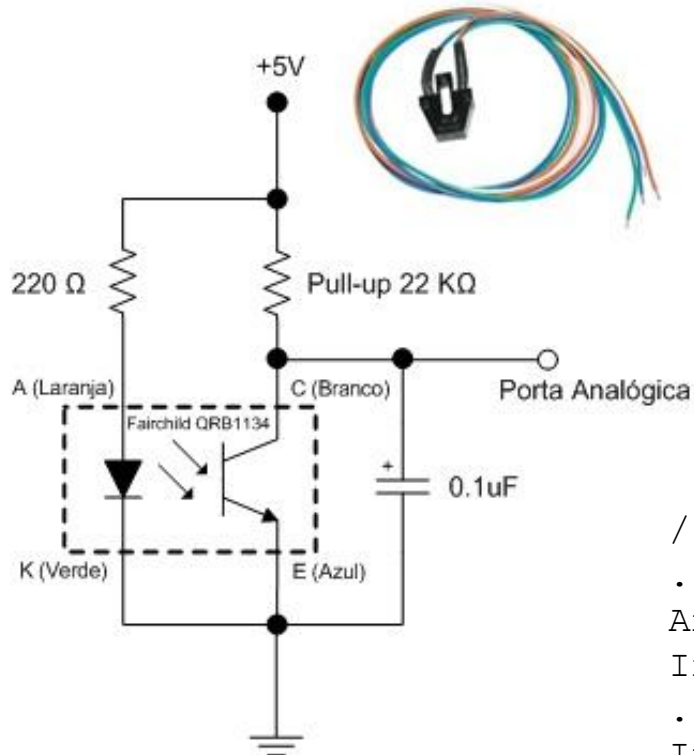
Sensor Fairchild QRB1134 usado no kit Intellibrain-Bot



# Exemplos

## Sensores de Proximidade (opto-reflexivos)

Sensor Fairchild QRB1134 usado no kit Intellibrain-Bot

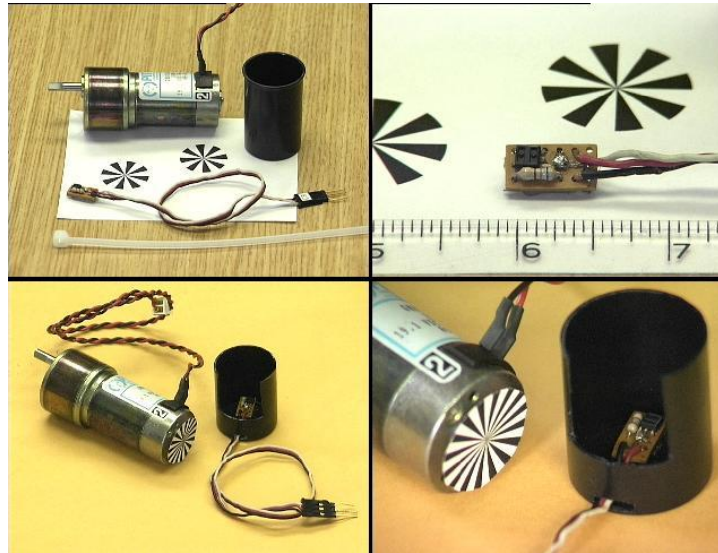
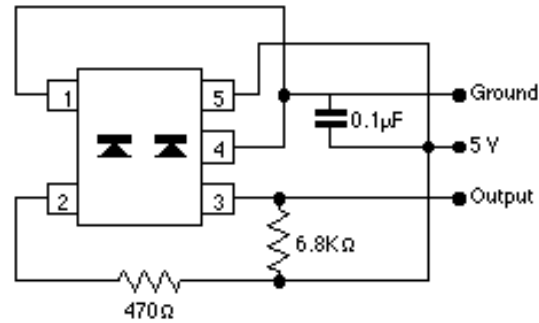


```
//IntelliBrain API  
.  
.  
.  
AnalogInput input =  
IntelliBrain.getAnalogInput(PORT_NUMBER);  
.  
.  
.  
Integer.toString(input.sample());
```



# Exemplos

## Sensores de Proximidade (opto-reflectivos)

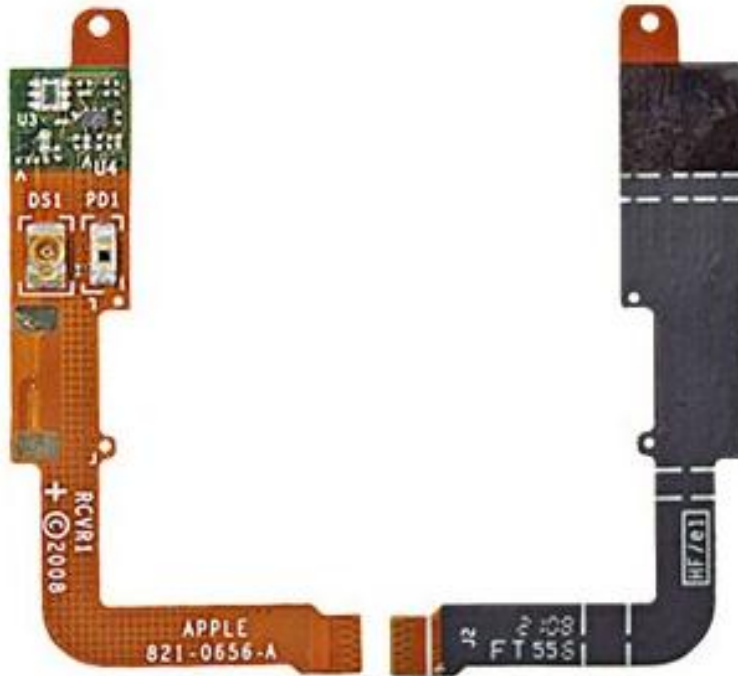


[www.seattlerobotics.org/encoder/200109/dpa.html](http://www.seattlerobotics.org/encoder/200109/dpa.html)



# Exemplos

## Sensores de Proximidade (opto-reflectivos)

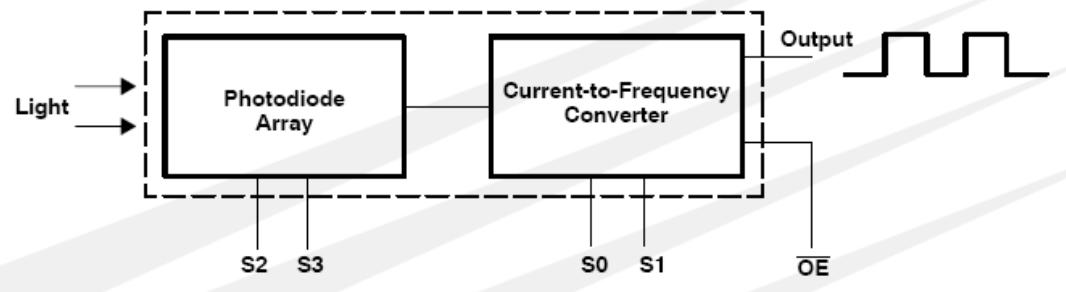
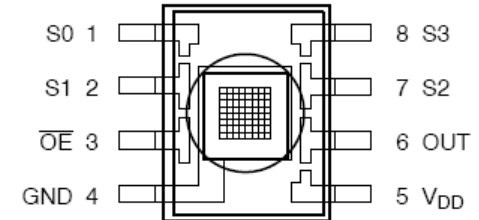
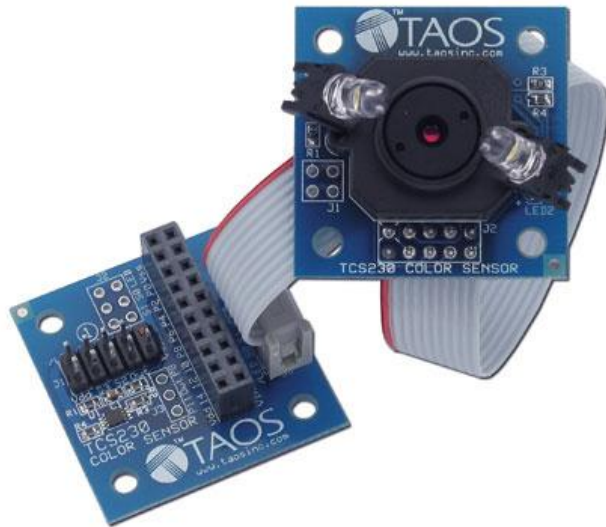


# Exemplos

## Sensores de Visão

### Sensor de cor TCS230

[http://www.parallax.com/Portals/0/Downloads/docs/prod/acc/TCS230-db\\_doc.pdf](http://www.parallax.com/Portals/0/Downloads/docs/prod/acc/TCS230-db_doc.pdf)



<u>S0</u>	<u>S1</u>	<u>Divide</u>	<u>S2</u>	<u>S3</u>	<u>Color</u>
0	0	<i>Pwr. Down</i>	0	0	Red
0	1	1:50	0	1	Blue
1	0	1:5	1	0	Clear
1	1	1:1	1	1	Green

# Exemplos

## Sensores de Visão

### CMUCam

<http://www-2.cs.cmu.edu/~cmucam/>



### Características

**A 17 frames por segundo, a CMUCam é capaz de:**

- Identificar a posição e tamanho de um objecto
- Medir o histograma RGB ou YUV de uma região da imagem
- Identificar e seguir automaticamente o primeiro objecto visível
- Seguir automaticamente um objecto através de um servomotor ligado directamente
- Enviar a imagem capturada através da porta série
- Enviar um bitmap com a forma do objecto detectado, através da porta série

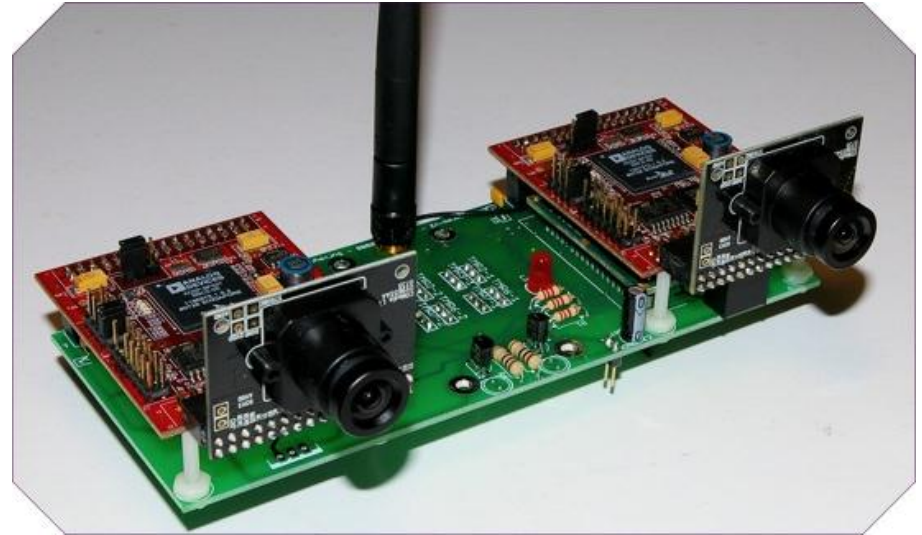


# Exemplos

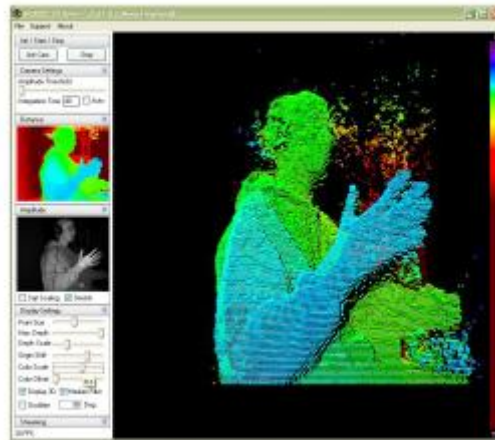
## Sensores de Visão



<http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/purchase/>



<http://www.surveyor.com/stereo/>



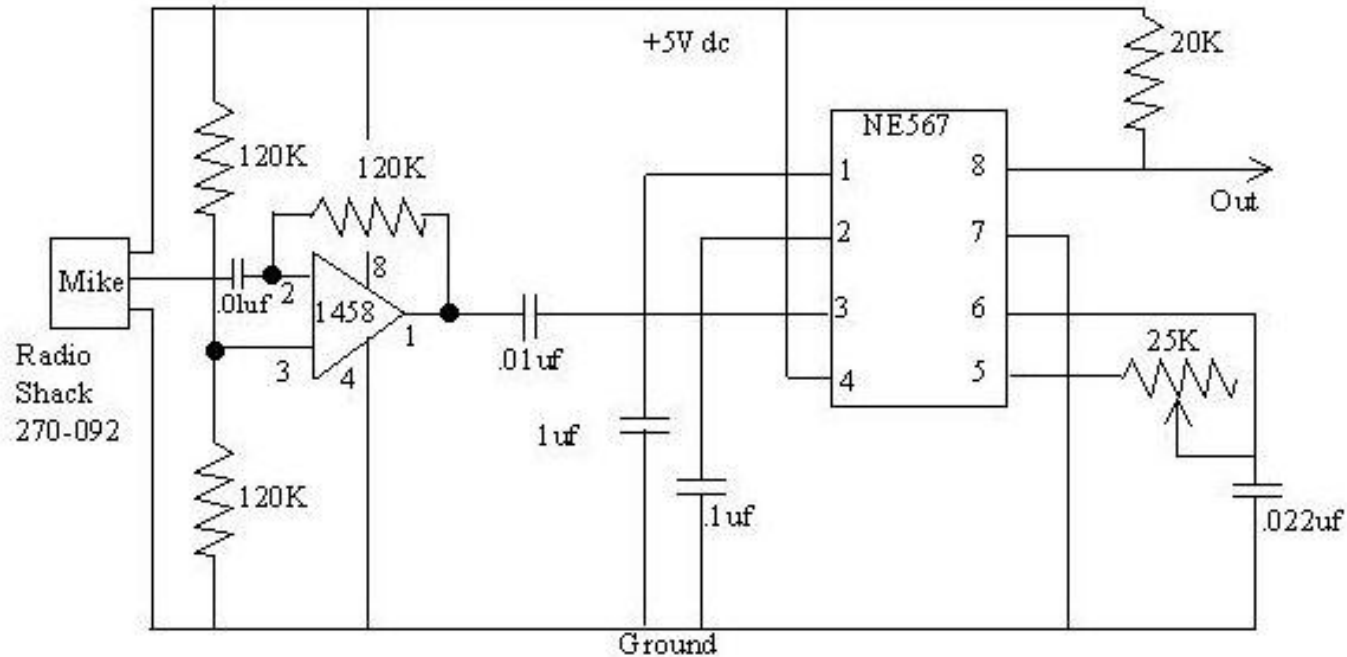
<http://www.mesa-imaging.ch/index.php>





# Exemplos

## Sensor de Tom

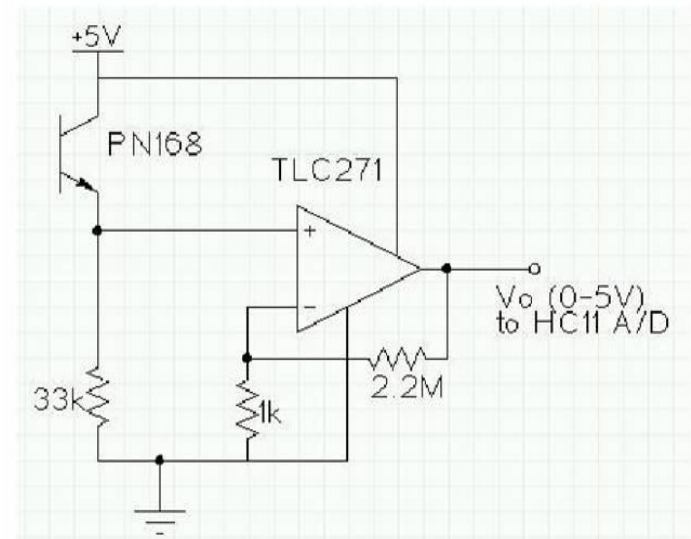
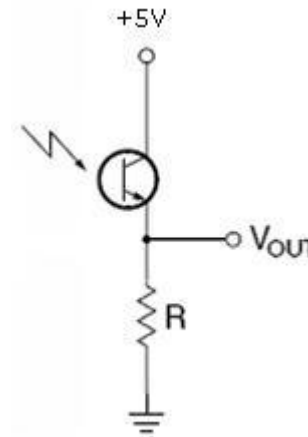
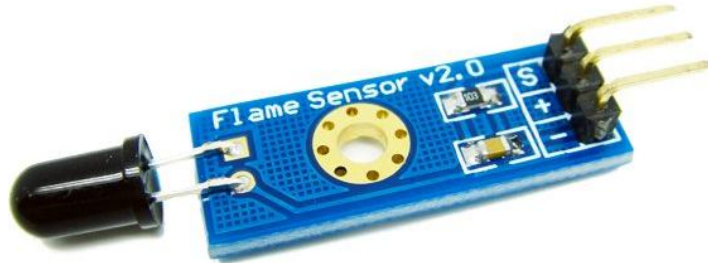


[http://members.cox.net/rbirac3/Snuffy/tone\\_detect.htm](http://members.cox.net/rbirac3/Snuffy/tone_detect.htm)



# Exemplos

## Sensor de Chama (deteção de radiação infravermelha)



# Exemplos

Sensor de Chama (deteção de radiação infravermelha)

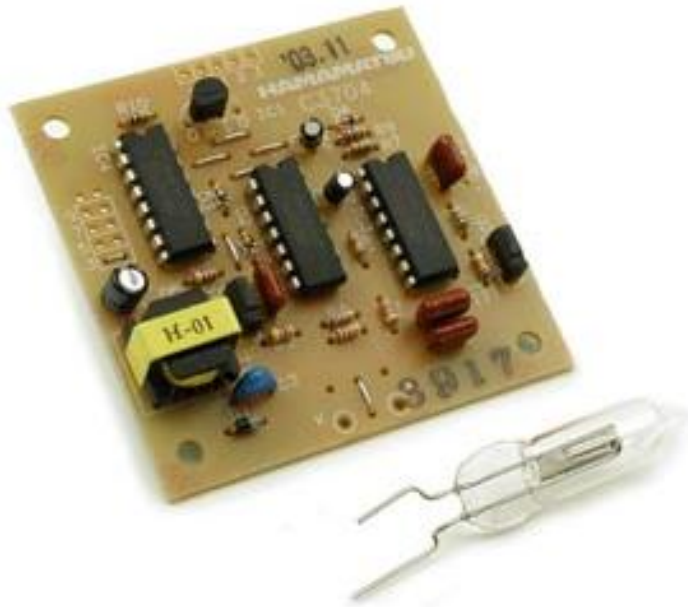


# Exemplos

## Sensor de Chama (deteção de radiação ultravioleta)

### UV-Tron

<http://www.acroname.com/robotics/parts/R67-UVTRON.html>



### Características

**Spectral Response** - 185 to 260 nm

**Recommended Operating Voltage** -  $325 \pm 25$  Vdc

**Peak Current** - 30 mA

**Operating Temperature** - -20 to +60 °C

**Sensibility** - Can detect a match lighting from 5 m in a sunny room

**Interface** – PWM

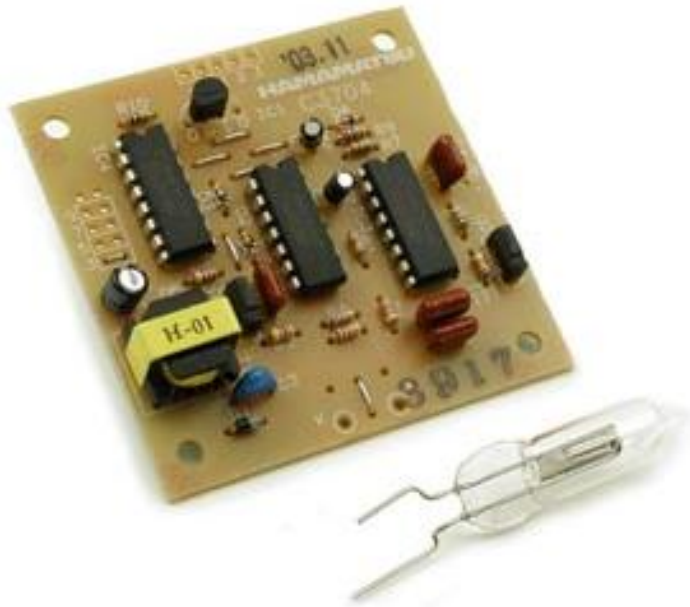


# Exemplos

## Sensor de Chama (deteção de radiação ultravioleta)

### UV-Tron

<http://www.acroname.com/robotics/parts/R67-UVTRON.html>



```
//IntelliBrain API
//PWM
. . .
IntelliBrainDigitalIO SUVTron =
IntelliBrain.getDigitalIO(6);
. . .
SUVTron.enablePulseMeasurement(true);
Thread.sleep(2000);
int count = SUVTron.readEdgeCount();
. . .

//Analog
. . .
AnalogInput SUVTron =
IntelliBrain.getAnalogInput(PORT_NUMBER);
. . .
int value = SUVTron.sample();
. . .
```

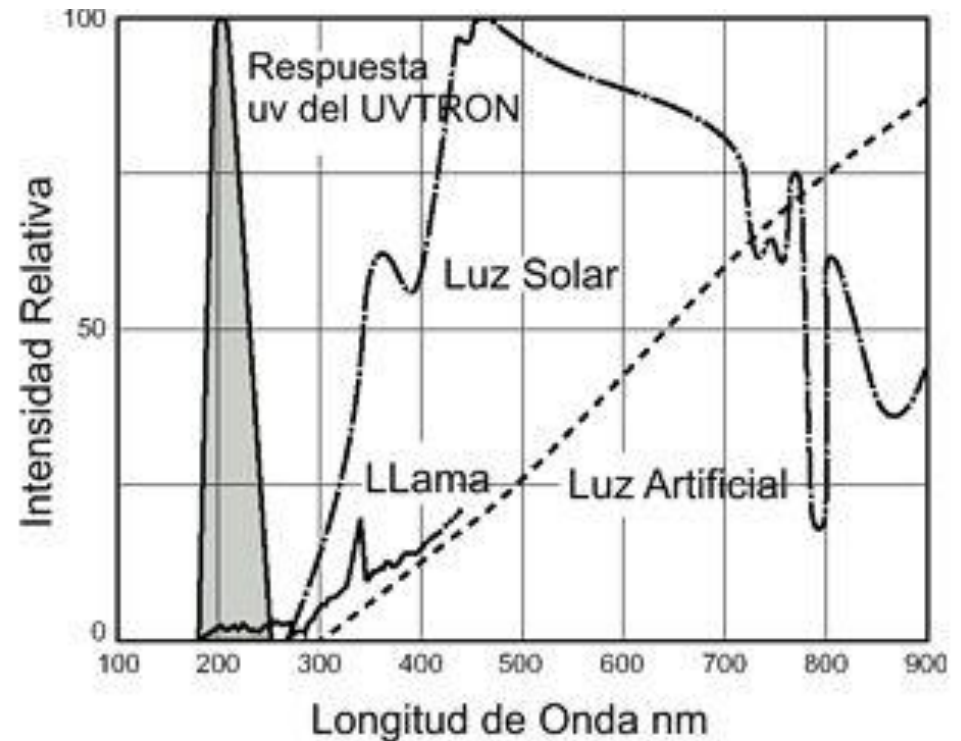
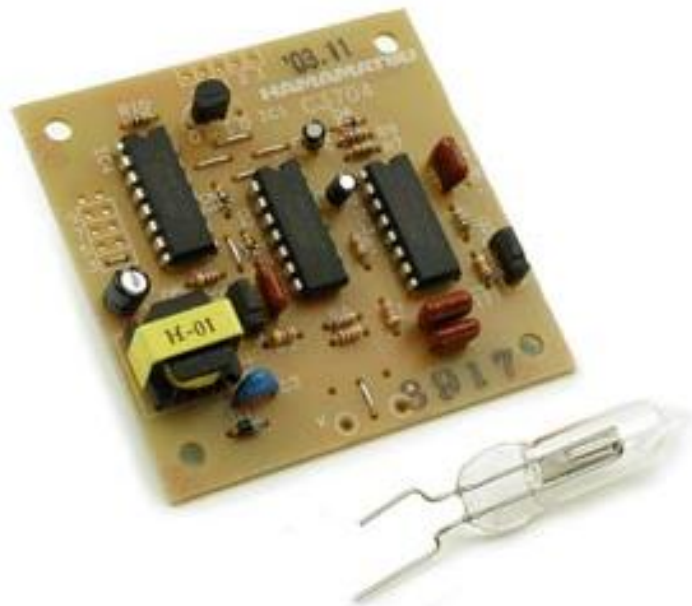


# Exemplos

## Sensor de Chama (deteção de radiação ultravioleta)

### UV-Tron

<http://www.acroname.com/robotics/parts/R67-UVTRON.html>



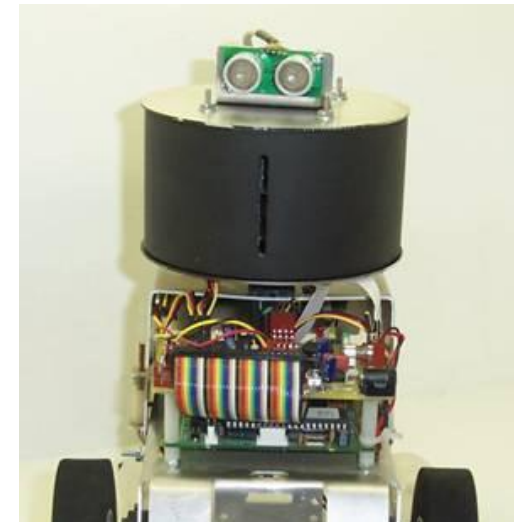
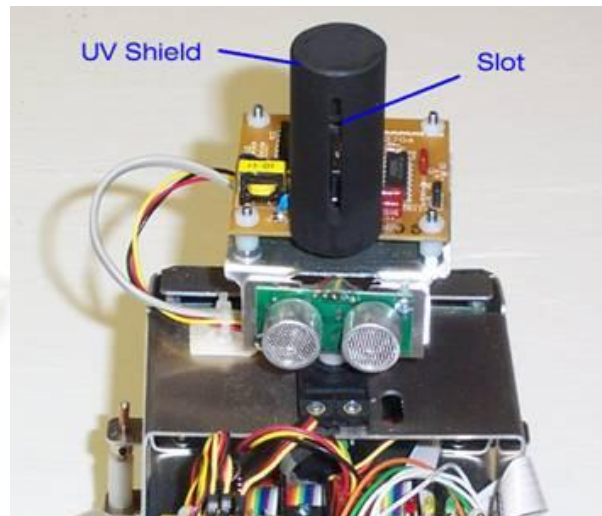
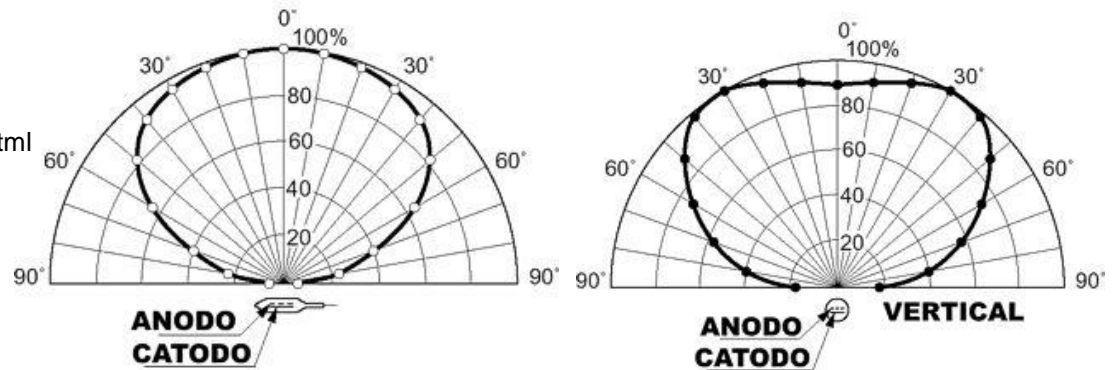


# Exemplos

## Sensor de Chama (deteção de radiação ultravioleta)

### UV-Tron

<http://www.acroname.com/robotics/parts/R67-UVTRON.html>

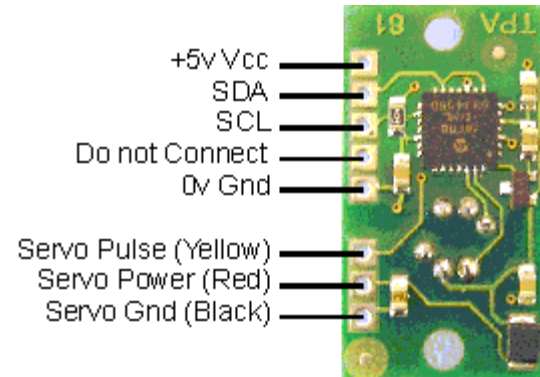


# Exemplos

## Sensor de Chama (deteção de radiação infravermelha)

### TPA81 Thermopile Array

<http://www.robot-electronics.co.uk/htm/tpa81tech.htm>



### Características

**Voltage** - 5v only required

**Current** - 5mA Typ. excluding servo

**Temperature Range** - 4°C - 100°C

**Accuracy (Full FOV)** - +/-2°C +/-2% from 10°C to 100°C,

**Accuracy (Full FOV)** - +/-3°C from 4°C to 10°C

**Field of View** - 41° x 6° (8 pixels of approx. 5° x 6°)

**Outputs** - 1 ambient + 8 pixel temperatures

**Servo** - Controls servo in 32 steps to 180° rotation

**Small Size** - 31mm x 18mm

**Interface** – Bus I2C



# Fabricantes e Fornecedores

- ▶ [www.robot-electronics.co.uk](http://www.robot-electronics.co.uk)
- ▶ [www.prallax.com](http://www.prallax.com)
- ▶ [www.sparkfun.com](http://www.sparkfun.com)
- ▶ [www.libelium.com](http://www.libelium.com)
- ▶ [www.ptrobotics.com/](http://www.ptrobotics.com/)
- ▶ [www.aliatron.com/](http://www.aliatron.com/)
- ▶ [inmotion.pt/store/](http://inmotion.pt/store/)
- ▶ [nxt4you.com/](http://nxt4you.com/)

