

UFMG
UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MINAS GERAIS

Introdução à Robótica Sensores

Prof. Douglas G. Macharet
douglas.macharet@dcc.ufmg.br

DCC
Departamento de
Ciência da Computação

Introdução

DCC M

Introdução à Robótica - Sensores

3

Introdução

Localização → Posição Mapa Global → Cognição Planejamento

Cognição Planejamento → Caminho → Controle

Percepção → Mundo Real → Controle

Modelo do ambiente Mapa Local

Localization → Position Global Map → Cognition Planning

Cognition Planning → Path → Control

Control → Real World → Perception

Perception → Environment Model Local Map → Localization

DCC M

Introdução à Robótica - Sensores

2

Introdução

Classificação

- Proprioceptivos (internos)
 - Mede valores internos aos sistema (robô)
 - Ex: Velocidade do motor, orientação, bateria, ...
- Exteroceptivos (externos)
 - Mede valores externos ao sistema (ambiente)
 - Ex: Distância de objetos, intensidade da luz, ...

DCC M

Introdução à Robótica - Sensores

5

Introdução

Classificação

- Passivos
 - Baseados em energia vinda do ambiente
 - Ex: Câmeras, bússolas, bumpers, ...
- Ativos
 - Eitem a própria energia e medem o resultado
 - Melhor desempenho, influenciam no ambiente
 - Ex: Lasers, radares, ...

DCC M

Introdução à Robótica - Sensores

6

Introdução

Classificação

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 Optical barriers Noncontact proximity sensors	EC EC EC	P A A
Wheel/motor sensors (wheel/motor speed and position)	Brush encoders Potentiometers Syncros, resolvers Optical encoders Magnetic encoders Inductive encoders Capacitive encoders	PC PC PC PC PC PC PC	P P A A A A A
Heading sensors (orientation of the robot in relation to a fixed reference frame)	Compass Gyroscopes Inclinometers	EC PC EC	P P A/P

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

Introdução

Classificação

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

Processamento Digital de Sinais

- Maioria dos fenômenos é contínuo
 - Geram sinais (medidas) contínuos
- Para utilizá-lo é necessário uma conversão
 - Analógico → Digital
- Principais características
 - Amostragem
 - Quantização

Processamento Digital de Sinais

- Conversão implica em perda de informação
 - Qual informação pode ser descartada?
-
- Sinal Analógico → Amostragem → Sinal Amostrado → Quantização → Sinal Digital
- Amostragem: Intervalo entre os valores
 - Quantização: Transformação do valor

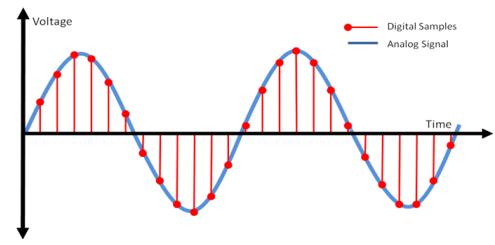
Processamento Digital de Sinais

Amostragem

- Processo no qual são armazenados alguns valores de um sinal contínuo em instantes discretos de tempo
 - Período de amostragem
- Similar ao que ocorre em um vídeo
 - Fotos das cenas em intervalos regulares
 - Sensação de movimento

Processamento Digital de Sinais

Amostragem



Processamento Digital de Sinais

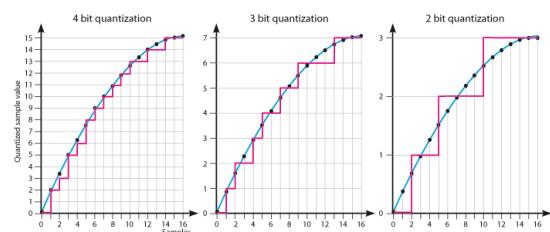
Quantização

- Valores da função também são contínuos
 - Apesar de amostrados de forma discreta
- Discretização do sinal na amplitude
 - Arredondamento → Perda de informação
- Processo realizado por um quantizador
 - Software/Hardware



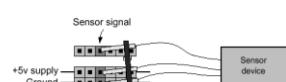
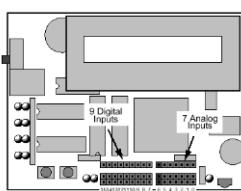
Processamento Digital de Sinais

Quantização



Interface de Sensoriamento

Handyboard



- Entradas analógicas
 - Portas 0 – 6
- Entradas digitais
 - Portas 7 – 15

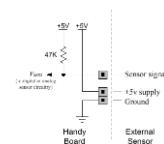
- Cada porta fornece 3 sinais
 - Sinal
 - Tensão de +5V
 - Terra
- OBS: Não é todo sensor que demanda +5V!



Interface de Sensoriamento

Handyboard – Circuito de entrada

- Linha de sinal em +5V
 - Utiliza um resistor de 47KΩ
 - Valor padrão sem sensores conectados
- Metade do divisor de tensão (com o sensor)

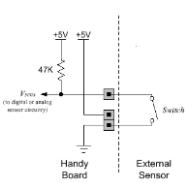


Interface de Sensoriamento

Handyboard – Entradas digitais

- Interpreta a tensão de cada sensor (V_{sens})
 - $V_{sens} > 2.5V \rightarrow$ Valor lógico 1 (true)
 - $V_{sens} < 2.5V \rightarrow$ Valor lógico 0 (false)
- Exemplo de um switch
 - Conexão entre LS e GND

switch state	V_{sens} voltage	hardware reading	digital() result
open – not pressed	5 volts	1	0 – false
closed – pressed	0 volts	0	1 – true



Interface de Sensoriamento

Handyboard – Entradas digitais

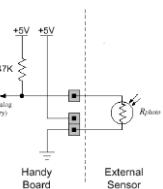
- Exemplo de um switch
 - Solto: Circuito aberto, não existe conexão entre LS e GND. Valor padrão de +5V ou lógico 1 (T).
 - Pressionado: Conexão do LS com o GND (0V). É feita uma leitura do valor lógico 0 (F).
- A leitura é invertida via software
 - `digital()`



Interface de Sensoriamento

Handyboard – Entradas analógicas

- Medem valores de variação contínua
 - O valor de V_{Sens} (0V-5V) é convertido (A/D) para um número de 8 bits (0-255)
- Exemplo de um LDR
 - Fotoresistor
 - Conexão entre LS e GND
 - Resistência variável
 - Balanceada com a fixa de $47\text{K}\Omega$



DCC 111

Introdução à Robótica - Sensores

19

Interface de Sensoriamento

Handyboard – Entradas analógicas

- Divisor de tensão (proporcional à razão)
 - $R = 47\text{K}\Omega$, $V_{Sens} = 2.5\text{V}$
 - $R \ll 47\text{K}\Omega$, $V_{Sens} \cong \text{GND}$
 - $R \gg 47\text{K}\Omega$, $V_{Sens} \cong +5\text{V}$

DCC 111

Introdução à Robótica - Sensores

20

Sensores

Toque (switch)

- Indicam se ocorreu um contato físico
 - Ex: O bumper pode ser utilizado para alterar a direção de movimento após uma colisão
- Sensoriamento limitado
 - Maior quantidade → Mais informações
 - É melhor prevenir do que remediar!
- Pode ser utilizado como odometria

DCC 111

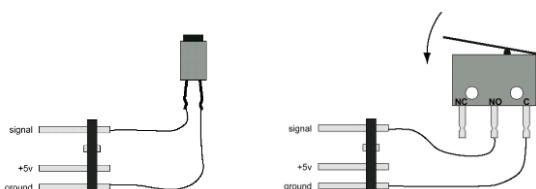
Introdução à Robótica - Sensores

21

Sensores

Toque (switch)

- Exemplos de conexão



DCC 111

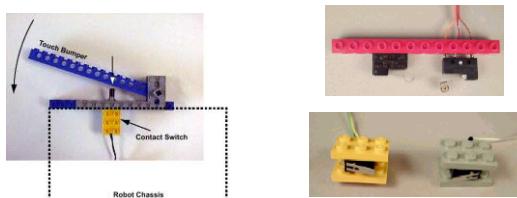
Introdução à Robótica - Sensores

22

Sensores

Toque (switch)

- Exemplos de utilização (Lego)



DCC 111

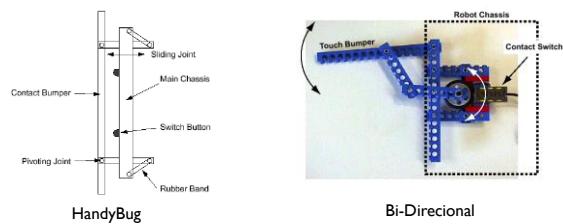
Introdução à Robótica - Sensores

23

Sensores

Toque (switch)

- Exemplos de utilização (Lego)



DCC 111

Introdução à Robótica - Sensores

24

Sensores

LDR (Light-Dependent Resistor)

- Mede a intensidade da luz no ambiente
 - Valores pequenos com muita luz
 - Resistência pequena ($V_{\text{sens}} \approx 0V$)
 - Valores grandes com pouca luz
 - Resistência grande ($V_{\text{sens}} \approx +5V$)



Introdução à Robótica - Sensores

25

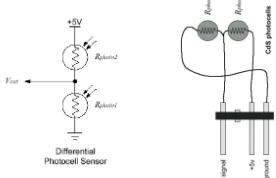


Sensores

LDR (Light-Dependent Resistor)

- LDR Diferencial
 - Permite fazer uma interpretação de qual lado está recebendo mais luz, e de quanto mais

$$V_{\text{out}} = \frac{5R_1}{R_1 + R_2}$$



Introdução à Robótica - Sensores

27



Sensores

LDR (Light-Dependent Resistor)

```
int LEFT_MOTOR= 0;
int RIGHT_MOTOR= 3;
int DIFF_EYE= 0;

void main()
{
    while (1) {
        if (analog(DIFF_EYE) < 128) {
            /* turn to left */
            motor(RIGHT_MOTOR, 100); sleep(0.1); off(RIGHT_MOTOR);
        } else {
            /* turn to right */
            motor(LEFT_MOTOR, 100); sleep(0.1); off(LEFT_MOTOR);
        }
    }
}
```

Introdução à Robótica - Sensores

29



Sensores

LDR (Light-Dependent Resistor)

- Utilizando o sensor
 - Proteção permite uma detecção direcionada



```
while (1) {
    printf("%d\n", analog(0));
    msleep(100L);
}
```

```
int light(int port) {
    return 255 - analog(port);
}
```

Introdução à Robótica - Sensores

26



Sensores

LDR (Light-Dependent Resistor)

LDR Diferencial

- $R_2 = R_1, V_{\text{out}} = 2.5V$
- $R_2 \ll R_1, V_{\text{out}} \approx +5V$
 - Mais luz em R_2
- $R_2 \gg R_1, V_{\text{out}} \approx \text{gnd}$



Considerações

- Utilizar LDRs com $R \approx 10K\Omega$
- Barreira: Projetar sombra na direção contrária

Introdução à Robótica - Sensores

28



Sensores

LDR (Light-Dependent Resistor)

Luz polarizada

- Possui apenas uma “direção de movimento”
- Geralmente é obtida utilizando-se um filtro

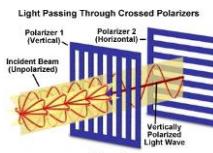


Figure 1

Introdução à Robótica - Sensores

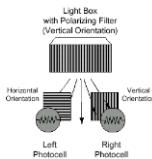
30



Sensores

LDR (Light-Dependent Resistor)

- LDR Diferencial Polarizado
 - Pode ser utilizado para localização
- Considerando fontes polarizadas
 - Valores acima do valor médio representam uma fonte, abaixo representam outra fonte



DCC M

Introdução à Robótica - Sensores

31

Sensores

Óptico-Reflexivo

- Sensor ativo
- Feixe de luz emitido pelo sensor é refletido no ambiente e captado por um receptor
- De acordo com a reflectância da superfície, mais ou menos luz é refletida de volta
- Essa quantidade de luz é medida e informada

DCC M

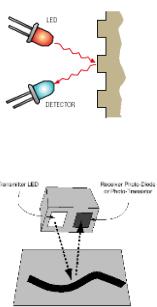
Introdução à Robótica - Sensores

32

Sensores

Óptico-Reflexivo

- Emissor
 - LED infravermelho
- Receptor
 - Fotodiodo
 - Fototransistor



DCC M

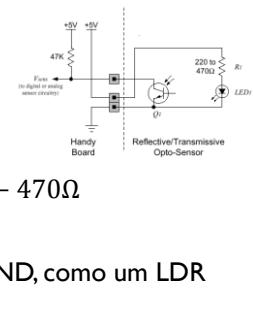
Introdução à Robótica - Sensores

33

Sensores

Óptico-Reflexivo

- Circuitos separados
 - Emissor/Receptor
- Emissor
 - Conectado a +5V
 - Resistor entre 220Ω – 470Ω
- Receptor
 - Conectado ao LS e GND, como um LDR



DCC M

Introdução à Robótica - Sensores

34

Sensores

Óptico-Reflexivo

- Principais aplicações
 - Detecção de objetos
 - Ex: Distância para uma parede
 - Detecção de características
 - Ex: Uma parte que difere do restante da superfície

DCC M

Introdução à Robótica - Sensores

35

Sensores

Óptico-Reflexivo vs. LDR

- LDR
 - Fáceis de trabalhar (resistor)
 - Tempo de resposta mais lento
- Óptico-Reflexivo
 - Mais sensível a pequenas variações
 - Tempo de resposta mais rápido

DCC M

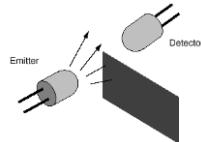
Introdução à Robótica - Sensores

36

Sensores

Break-Beam

- Sensor ativo
- Emissor/Receptor direcionados um ao outro
 - Detecta se o feixe de luz foi interrompido



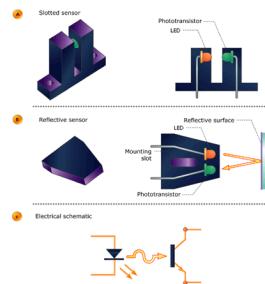
DCC 111

Introdução à Robótica - Sensores

37

Sensores

Break-Beam



DCC 111

Introdução à Robótica - Sensores

38

Sensores

Break-Beam

- Não necessariamente um sensor fechado
- Qualquer par de Emissor/Receptor
- Ex: LED e Fotodiodo/Fototransistor



DCC 111

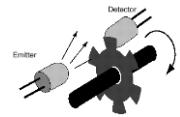
Introdução à Robótica - Sensores

39

Sensores

Break-Beam

- *Shaft-Encoding*
 - Medir a variação (rotação) do eixo da roda
- Velocidade
 - Quão rápido as rodas estão girando
- Odômetro
 - Número total de rotações



DCC 111

Introdução à Robótica - Sensores

40