

**UFMG**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE MINEIROS

## Introdução à Robótica

### Sensores (odometria)

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

DCC  
VERlab  
DEPARTAMENTO DE  
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

## Introdução

### ■ Encoder

- Medir a variação (rotação) do eixo da roda
  - Velocidade
  - Taxa de rotação
- Posição
  - Número de giros



## Introdução

### ■ Tipos de encoder

- Absolutos
  - Fornecem a posição atual do eixo
- Incrementais
  - Fornecem valores relativos ao movimento do eixo

Absolute Encoders: Coded Wheels

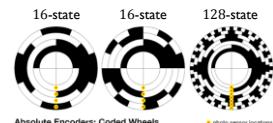
photo sensor locations

■ Introdução à Robótica - Sensores (Odometria)

3

## Encoder absoluto

- Um feixe de luz é emitido sobre um disco especial, produzindo um código binário
- O código é observado por um conjunto de sensores ópticos e traduzido na posição



## Encoder absoluto

■ Introdução à Robótica - Sensores (Odometria)

5

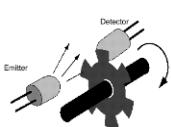
## Encoder incremental

- Sensores Break-Beam
  - Shaft-Encoding
- Medir a variação (rotação) do eixo da roda
  - Quão rápido as rodas estão girando
  - Número total de rotações
- Odômetro/Velocímetro dos carros



## Shaft Encoding

- Um disco perfurado é montado sobre o eixo, entre o par de emissor-detector
- À medida que o eixo gira, os furos no disco cortam o feixe de luz na velocidade do giro



Introdução à Robótica - Sensores (Odometria)

7

## Shaft Encoding

- Exemplo de montagem com LEGO

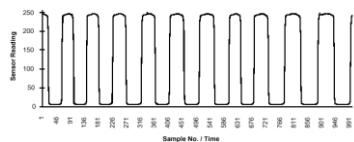


Introdução à Robótica - Sensores (Odometria)

8

## Shaft Encoding

- Exemplo de dados coletados (MOV70VI)
  - Rotação contínua em uma direção
  - Próximo de uma onda quadrada ideal



Introdução à Robótica - Sensores (Odometria)

9

## Shaft Encoding

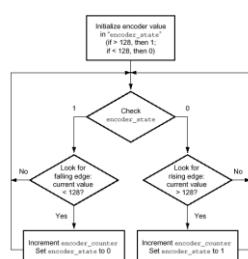
- Como contar as rotações?
  - Subidas/Descidas
  - Threshold (e.g. valor intermediário)
  - Autômato
- Rotina para verificar repetidamente o valor
  - E se o eixo girar mais rápido que a checagem?

Introdução à Robótica - Sensores (Odometria)

10

## Shaft Encoding

- encoder\_state**
  - Guarda a última leitura
  - 1(alto, > 128)
  - 0 (baixo, < 128)
- encoder\_counter**
  - Guarda a contagem total



Introdução à Robótica - Sensores (Odometria)

11

## Shaft Encoding

### Hysteresis

- Utilizar dois *thresholds* para identificar o click
  - Leitura deve ser maior que um limiar superior
  - Leitura deve ser menor que um limiar inferior
  - No intervalo de leitura entre esses valores, o algoritmo espera um threshold ser alcançado

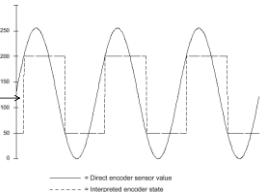
Introdução à Robótica - Sensores (Odometria)

12

## Shaft Encoding

### Hysteresis

Cada transição sobre a onda quadrada corresponde a um incremento do contador.



## Shaft Encoding

### Como definir a velocidade?

- Calcular a diferença dos valores obtidos de posição após um intervalo definido de tempo
- Informação importante para o controle
- Ex: Andar em linha reta, girar corretamente, ...
- O Interactive C fornece algumas rotinas



## Shaft Encoding

### Interactive C

- Rotinas para cada entrada analógica
  - Contagem dos *clicks* (`encoderX_counts`)
  - Velocidade (`encoderX_velocity`)
- `sencdrX.icb` ou `fencdrX.icb`
  - S: slow, realiza a medição a 250 Hz
  - F: fast, realiza a medição a 1000 Hz
  - X: Número da entrada analógica (0 - 6)



## Shaft Encoding

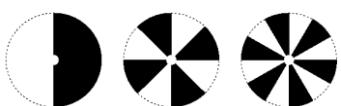
### Interactive C

- `encoderX_counts`
  - Contador dos clicks do encoder
- `encoderX_velocity`
  - Medida da diferença da velocidade (64 ms)
- `encoderX_low_threshold`
  - Threshold do limite inferior (50)
- `encoderX_high_threshold`
  - Threshold do limite superior (200)



## Shaft Encoding

- Utilizando sensores óptico-reflexivos
  - Utilizar discos com faixas de cores diferentes
  - Número de marcas → qualidade na estimativa



## Shaft Encoding

- Como saber a direção de movimento?
- É importante saber isso?
- É possível fazer isso com apenas um sensor?
  - Quantos são necessários?



## Quadrature Shaft Encoding

- **Shaft encoding (básico)**
  - Mede a velocidade de rotação (contagem)
  - Não diferencia mudanças na direção de giro
- **Quadrature Shaft Encoding**
  - Mantém uma contagem precisa dos giros do eixo mesmo que a direção de movimento mude



Introdução à Robótica - Sensores (Odometria)

19

## Quadrature Shaft Encoding

- **Aplicações**
  - Monitoração de posição (direção)
    - Ex: Manipuladores (juntas)
  - Sistemas de *dead-reckoning*
    - Ex: Odometria de um robô móvel

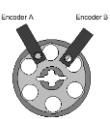


Introdução à Robótica - Sensores (Odometria)

20

## Quadrature Shaft Encoding

- Utilizar 2 sensores *break-beam* com uma diferença de fase de 90° entre as leituras
  - Encoder A bloqueado, enquanto o Encoder B está na transição de bloqueado para aberto

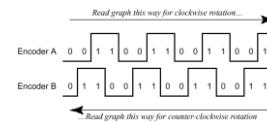


Introdução à Robótica - Sensores (Odometria)

21

## Quadrature Shaft Encoding

- Leituras com 1/4 de ciclo fora de fase (90°)
- Apenas um dos encoders muda de estado
  - O encoder alterado determina a direção



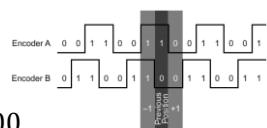
Introdução à Robótica - Sensores (Odometria)

22

## Quadrature Shaft Encoding

Determinando a direção de movimento

- Considerando
  - Encoder A: 1
  - Encoder B: 0
- Rotação para AB=00
  - Incremento
- Rotação para AB=11
  - Decremento



Introdução à Robótica - Sensores (Odometria)

23

## Quadrature Shaft Encoding

Determinando a direção de movimento

- Alteração de um único bit
  - Incrementar/Decrementar a contagem
- Alteração de dois bits
  - Erro na leitura (desalinhamento, muito rápido)

Current State			
Previous State	00	01	10
00	0	+1	-1
01	-1	0	X
10	+1	X	0
11	X	-1	+1

0 = no change  
-1 = decrement count  
+1 = increment count  
X = illegal transition  
"01" = encoder A is 0, encoder B is 1



Introdução à Robótica - Sensores (Odometria)

24

## Quadrature Shaft Encoding

- Mouse “de bolinha”
  - Par de encoders com quadratura

