UFMG
UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MINAS GERAIS

# Introdução à Robótica
## Sensores (Odometria)

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

VERLab Visão e Robótica  DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

## Introdução

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

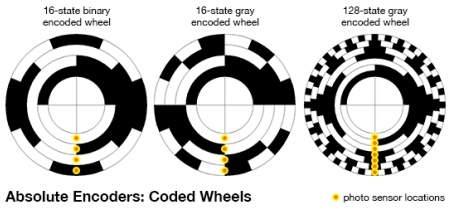
# Introdução

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



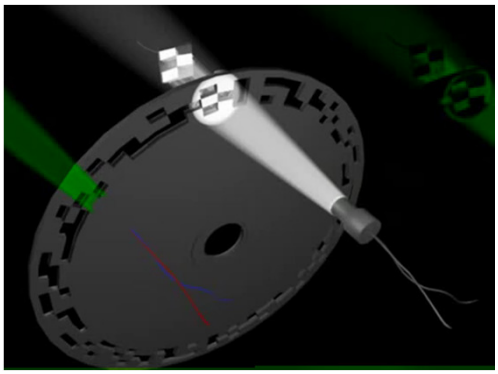
# Encoder absoluto

- 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




Absolute Encoders: Coded Wheels

# Encoder absoluto



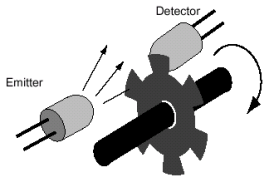


# Encoder incremental

- 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

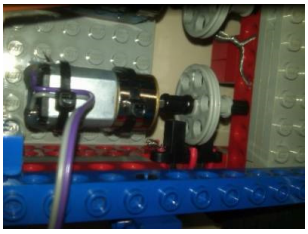
- Um disco perfurado é montado sobre o eixo, entre o par de emissor-detector
- À medida que o eixo gira, os furos no disco cortam o feixe de luz

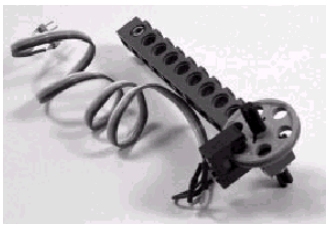





## Shaft Encoding

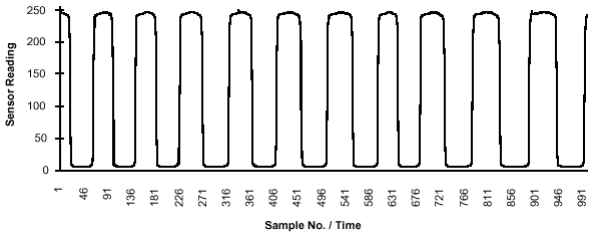
- Exemplo de montagem com LEGO





## *Shaft Encoding*

- Exemplo de dados coletados (MOV70V1)
  - Rotação contínua em uma direção
  - Próxima de uma onda quadrada ideal



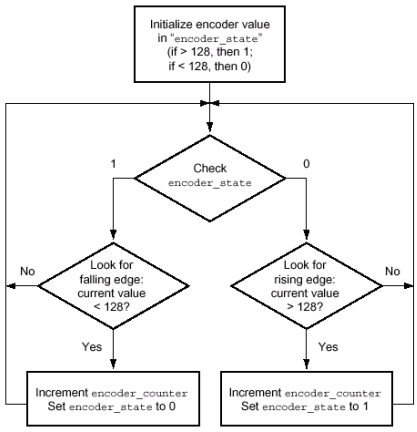



## *Shaft Encoding*

- 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?

# Shaft Encoding

- encoder_state
  - Guarda a última leitura
  - 1 (alto, > 128)
  - 0 (baixo, < 128)
- encoder_counter
  - Guarda a contagem total






# Shaft Encoding

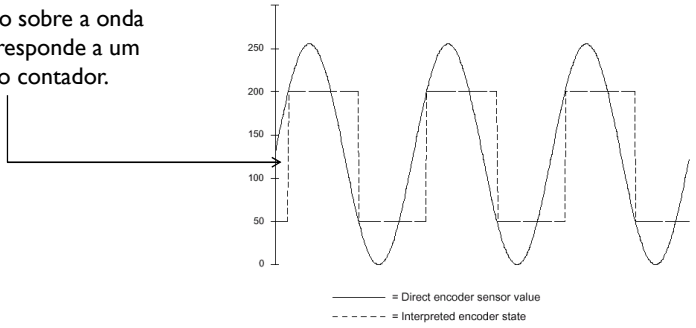
## *Hysteresis*

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

# 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)

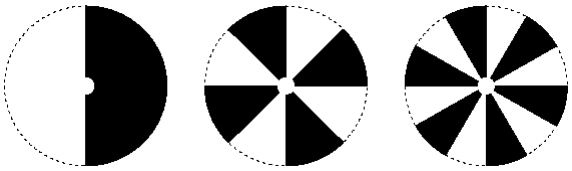


## *Shaft Encoding*
### Interactive C

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

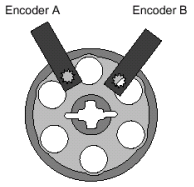


## *Quadrature Shaft Encoding*

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

# Quadrature Shaft Encoding

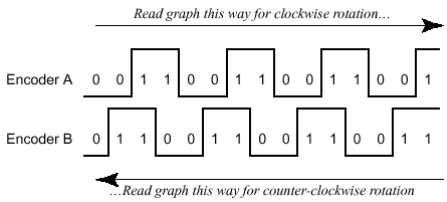
- Utilizar 2 sensores *break-beam*, com uma diferença de fase de $90°$ entre as leituras
  - Encoder A bloqueado, enquanto o Encoder B está na transição de bloqueado para aberto






# Quadrature Shaft Encoding

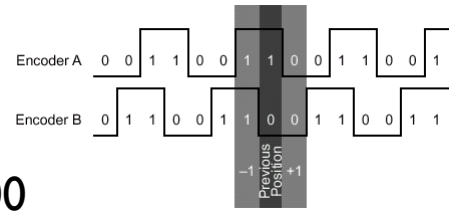
- Leituras com ¼ de ciclo fora de fase ($90°$)
- Apenas um dos *encoders* muda de estado
  - O *encoder* alterado determina a direção



# *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






# *Quadrature Shaft Encoding*

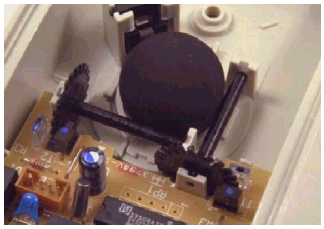
## Determinando a direção de movimento

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

| Previous State \ Current State | 00 | 01 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|
| 00 | 0 | +1 | –1 | × |
| 01 | –1 | 0 | × | +1 |
| 10 | +1 | × | 0 | –1 |
| 11 | × | –1 | +1 | 0 |

0 = no change
–1 = decrement count
+1 = increment count
× = illegal transition

"01" = encoder A is 0, encoder B is 1

# *Quadrature Shaft Encoding*

- Mouse "de bolinha"
  - Par de *encoders* com quadratura