

Diadur/Divulgação

# Como Funcionam OS ENCODERS

Um tipo de sensor de grande importância na automação, tanto industrial quanto de qualquer outro equipamento, é o que dá informações sobre a velocidade ou posição de uma peça que gira ou se desloca linearmente. O ângulo exato em que ela pára, ou ainda a velocidade em qualquer sentido de rotação ou movimento, podem ser fundamentais para o tipo de controle que se deseja. Para sensoriar posições e velocidade, um sensor muito usado é o **encoder**. Trata-se de um tipo de sensor que se enquadra na categoria dos CDTs e de que trataremos neste artigo.

Newton C. Braga

**O controle de** muitos equipamentos automatizados depende do conhecimento da posição de peças móveis com precisão. Para essa finalidade são usados diversos tipos de transdutores, cuja finalidade é fornecer, na forma de sinais elétricos, informações sobre a posição, velocidade de deslocamento e sentido de deslocamento de peças giratórias ou que se movem em linha reta. Um dos dispositivos mais usados para essa finalidade é o *encoder óptico* ou simplesmente *encoder*, que se enquadra na categoria dos transdutores codificados.

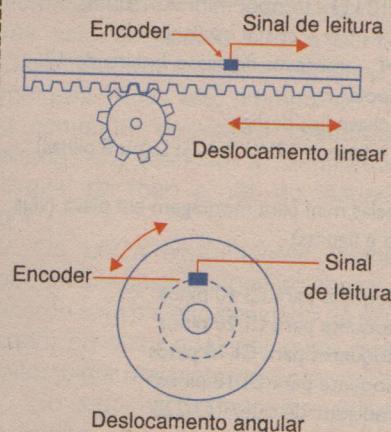
## TRANSDUTORES CODIFICADOS (CDTs)

Chamamos de transdutores codificados ou CDTs aos transdutores de posição ou sensores que fornecem informações para um circuito externo na forma de um código. Os transdutores codificados podem ser:

**Relativos:** Os transdutores relativos, como os *encoders*, indicam a mudança de posição e não a posição real.

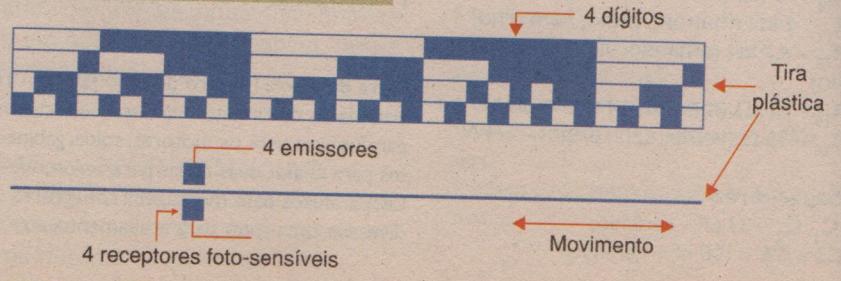
**Absolutos:** Indicam a posição real do objeto. Os sensores deste tipo podem ser usados para medir deslocamentos lineares ou angulares, conforme mostra a figura 1.

### 1 Transdutor absoluto.



Na figura 2 temos um transdutor linear em que existe uma tira de material plástico onde estão gravadas as posições do objeto, as quais são lidas

### 2 Transdutor linear.

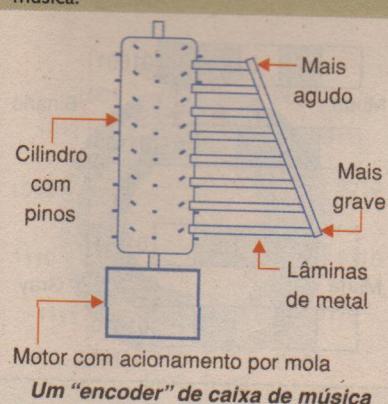


por outro transdutor quando ele se desloca.

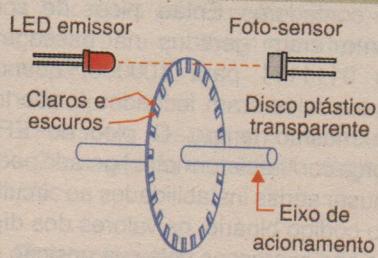
A idéia dos dispositivos denominados *encoders* é antiga. Os cilindros dos antigos pianos que “tocavam sozinhos”, ou ainda dos cilindros com pinos das caixinhas de música é o ponto de partida. Colocando-se os pinos de um cilindro em posições determinadas pelas notas musicais que deviam ser acionadas, ao girar esses pinos, acionavam-se lâminas de comprimentos diferentes, que então produziam as notas correspondentes, conforme ilustra a figura 3.

A idéia evoluiu para os dispositivos capazes de controlar as funções de uma máquina dependendo de sua posição, e hoje temos os CDTs. Um dos tipos mais populares de transdutor codificado ou CDT é o *encoder óptico* que tem a construção física mostrada na figura 4.

**3** Cilindros com pinos para caixinha de música.



**4** Encoder óptico.

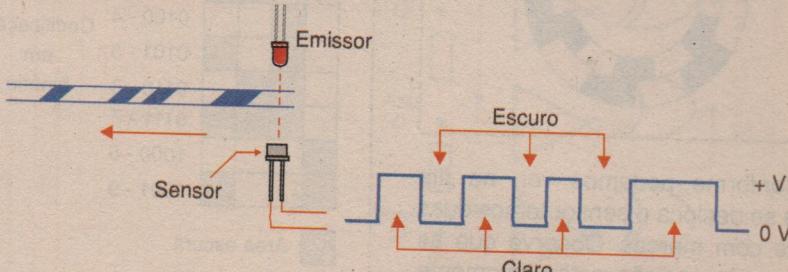


Esse transdutor é formado por um disco de plástico transparente onde estão gravadas tiras escuras que cor-

respondem à codificação digital de cada posição. A leitura é feita colocando-se um ou mais emissores infravermelhos de um lado e um ou mais sensores (fotodiodos ou fototransistores) do lado oposto. Dessa forma, os sinais obtidos são pulsos, conseguidos quando partes claras ou escuras do disco plástico passam diante dos sensores, observe a figura 5.

Na forma mais simples temos uma seqüência de claros e escuros que se movem diante de um único par de sensores, caso em que é produzido um trem de pulsos que pode ser contado tanto para monitorar a posição do objeto quanto sua velocidade. Esse tipo de sensor é denominado incremental.

**5** Pulso obtidos.



*Você já pensou sobre a importância do aterramento da sua máquina?*

*Assuntos como este você encontra na revista:*

*Buscando informações para seu aperfeiçoamento profissional em Automação Industrial?*

*Encontre-as na revista:*

**ELETROÔNICA**  
TECNOLOGIA - INFORMÁTICA - AUTOMAÇÃO

*Mensalmente nas bancas*

[www.sabereletronica.com.br](http://www.sabereletronica.com.br)

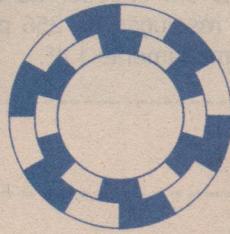
**MECATRÔNICA Atual**  
AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL DE PROCESSOS E MANUFATURA

*Bimestralmente nas bancas*

[www.mecatronicaatual.com.br](http://www.mecatronicaatual.com.br)

Uma das desvantagens deste tipo de sensor é que, na versão incremental, torna-se difícil detectar o sentido do movimento. Os pulsos gerados quando ele se desloca em um sentido são os mesmos quando ele se desloca no sentido oposto. Existem diversas técnicas que podem ser usadas para que os transdutores incrementais também detectem o sentido do movimento. Uma delas é mostrada na **figura 6**. Este sistema é usado quando o deslocamento se faz em passos iguais de ângulos nos dois sentidos.

**6** Técnica para detecção do sentido de movimento.



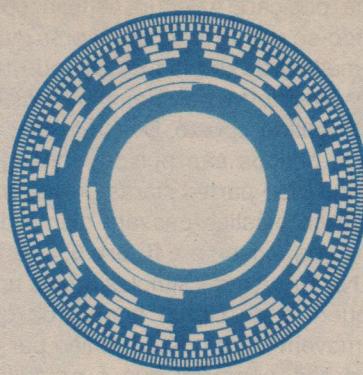
Conforme podemos ver, na fita onde se desloca o sensor temos duas faixas com marcas. Observe que as marcas de posição estão levemente deslocadas de modo que o circuito possa detectar isso, dando com precisão o sentido de rotação do sensor. Quando ele gira em um sentido, as marcas de uma faixa cortam o sensor um pouco antes do que as marcas do outro. Com a inversão do sentido de rotação, será a outra faixa que passará a detectar as marcas antes.

A codificação dos transdutores de deslocamento absolutos tem a aparência mostrada na **figura 7**. Note que neste caso temos 8 trilhas e, portanto, 8 bits, o que nos permite ler  $2^8$  posições diferentes ou uma definição de 256 posições.

Veja que neste tipo de sensor temos marcas de *clock*. Sua finalidade é muito importante. Sem as marcas de *clock*, na transição da leitura de uma posição para outra ocorrem estados intermediários dos níveis lógicos que podem causar erros. Por isso, é importante que a marca de *clock* diga ao circuito o momento exato em que deve ser feita a leitura.

Em muitos *encoders* desse tipo a codificação das posições é feita em binário, conforme ilustra a **figura 8**.

**7** Codificação.



**8** Codificação em binário.

	0000 - 0
	0001 - 1
	0010 - 2
	0011 - 3
	0100 - 4
	0101 - 5
	0110 - 6
	0111 - 7
	1000 - 8
	1001 - 9

Codificação em binário

Área escura  
Área clara

Trata-se de uma forma intuitiva de fazer a marcação de posições, porém existem alguns problemas a serem considerados na adoção desta forma de numeração das posições. Para evitá-los, muitos transdutores de deslocamento absolutos adotam uma codificação diferente, que é dada pelo denominado Código de Gray.

### O CÓDIGO DE GRAY

No código de Gray, a passagem de um valor numérico para outro sempre se faz com a mudança de valor de um único bit. Isso facilita a leitura. Por exemplo, para passar do 11 decimal para 12 decimal temos duas possibilidades:

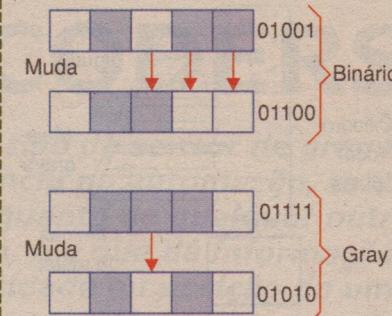
**Binário:** 01011 para 01100

**Gray:** 01110 para 01010

Observe que em binário tivemos 3 bits mudando e no código Gray apenas 1, veja a **figura 9**.

A idéia de usar esse tipo de codificação vem do tempo em que os circuitos digitais ainda usavam válvulas e

**9** Comparação entre binário e Gray.



contadores eletromagnéticos. As válvulas consumiam uma grande quantidade de energia, assim como a comutação de contadores. Então, picos de consumo eram gerados na passagem de 0111111 para 100000, quando vários relés eram fechados e abertos ao mesmo tempo. O pico de EFM (força contra-eletromotriz) gerado podia causar sérias instabilidades ao circuito. No código binário, os valores dos dígitos são expressos pela sua posição no número como potências de 2. Dessa forma, para a numeração de 0 a 7 em binário temos:

0 - 000  
1 - 001  
2 - 010  
3 - 011  
4 - 100  
5 - 101  
6 - 110  
7 - 111

Veja que, para a passagem de 011 (3) para 100 (4) todos os dígitos mudam! No código Gray representamos os números de 0 a 7 uma forma deferente:

1 - 000  
2 - 001  
3 - 010  
4 - 110  
5 - 111  
6 - 101  
7 - 100

Na **figura 10** mostramos um disco sensor de *encoder* programado em código Gray.

Os transdutores de deslocamento codificados também apresentam suas vantagens e desvantagens:

**10** Disco pro-

- Vanta-
- São
  - gramado
  - resposta
  - São
  - Pos
  - O c
  - simples.

Desv-

- É
- mecânic

### ENCODER

Pode

especial

tipos e

nos que

com dis

de divers

ção pod

de puls

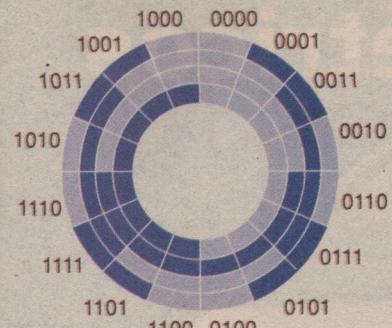
tais mai

cada pa

RS-232

o enco

**11** Aspecto

**10** Disco programado em código Gray.**Vantagens:**

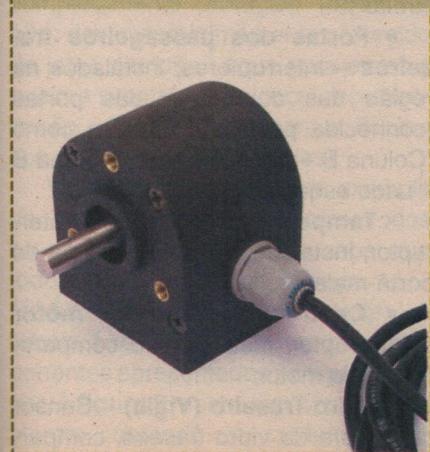
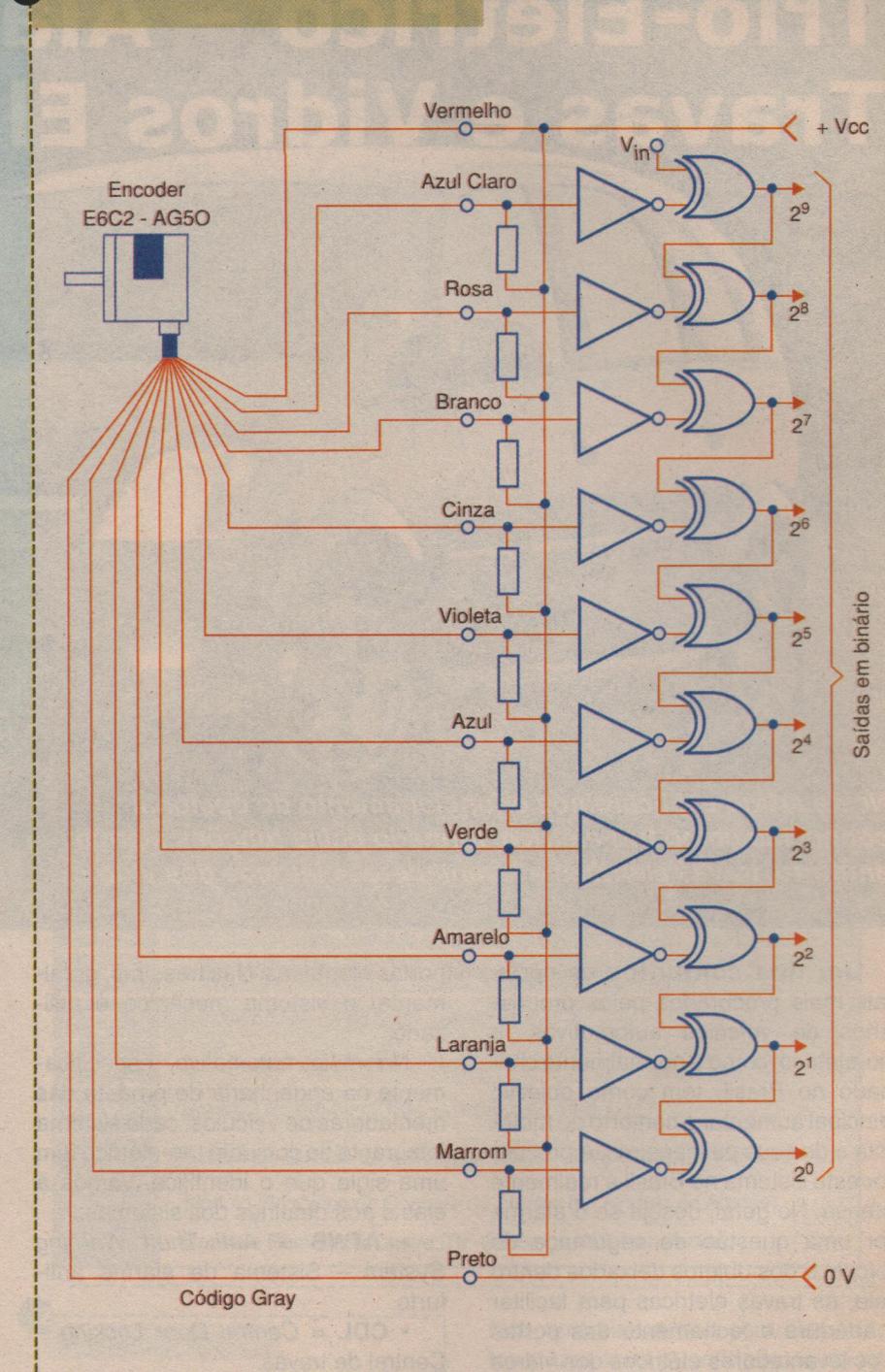
- São lineares ou podem ser programados para qualquer outro tipo de resposta;
- São precisos;
- Possuem desgaste muito baixo;
- O circuito de condicionamento é simples.

**Desvantagem:**

- É preciso ter um acoplamento mecânico com o objeto.

**ENCODERS, NA PRÁTICA**

Podemos encontrar no comércio especializado *encoders* de diversos tipos e formatos, com circuitos internos que podem fazer a comunicação com dispositivos de controle externo de diversas maneiras. Essa comunicação pode ser uma simples seqüência de pulsos, como nos tipos incrementais mais simples, ou pode ser codificada para transmissão serial por linha RS-232 ou RS-485. Nesse último caso, o *encoder* pode se comunicar direta-

**11** Aspecto físico de um encoder.**12** Conversor de 4 bits.

mente com microprocessadores, computadores, CLPs e outros dispositivos de controle. Na **figura 11** temos o aspecto de um *encoder* encontrado em aplicações práticas.

Na **figura 12** damos um circuito simples TTL que converte entradas em código Gray para Binário, acionando um conjunto de LEDs. É, na verdade, um conversor de 4 bits. Esse circuito deve ser alimentado com tensão de 5 V, pois se trata de lógica TTL.

**CONCLUSÃO**

Os *encoders* consistem em transistores precisos para o monitoramento e medida de velocidade de partes móveis de uma máquina, principalmente partes que giram.

Existem diversos tipos cuja aplicação depende simplesmente dos objetivos, ou seja, da definição na medida da posição e da velocidade e ainda do tipo de comunicação que deve ser feita com o circuito de controle. **F**