

(c)

0001	0110		16
+ 0001	0101		+ 15
0010	1011		31

+ 0110

0011	0001	
↓	↓	
3	1	

O grupo da direita é inválido (>9) e o grupo da esquerda é válido. Some 6 ao código inválido. Some o carry, 0001, ao próximo grupo. Número BCD válido

(d)

0110	0111		67
+ 0101	+ 0011		+ 53
1011	1010		120
+ 0110	0110		
0001	0010	0000	
↓	↓	↓	
1	2	0	

Ambos os grupos são inválidos (>9) Some 6 aos dois grupos Número BCD válido

Problema relacionado Some os seguintes números BCD: 01001000 + 00110100.

SEÇÃO 2-10 REVISÃO

1. Qual é o peso binário de cada bit 1 nos números BCD a seguir?
(a) 0010 (b) 1000 (c) 0001 (d) 0100
2. Converta os seguintes números decimais em números BCD:
(a) 6 (b) 15 (c) 273 (d) 849
3. Quais números decimais são representados por cada código BCD?
(a) 10001001 (b) 001001111000 (c) 000101010111
4. Na adição BCD, quando um resultado de 4 bits é inválido?

2-11 CÓDIGOS DIGITAIS

Muitos códigos específicos são usados em sistemas digitais. Acabamos de estudar o código BCD; agora vamos analisar outros códigos. Alguns códigos são estritamente numéricos, como o BCD, e outros são alfanuméricos; ou seja, são usados para representar números, letras, símbolos e instruções. Os códigos apresentados nesta seção são o Gray e o ASCII.

Ao final do estudo desta seção você deverá ser capaz de:

- Explicar a vantagem do código Gray ■ Converter o código Gray em binário ■ Usar o código ASCII

O Código Gray

Os bits do **código Gray** não têm peso e ele não é um código aritmético; ou seja, não existem pesos associados às posições dos bits. A característica importante do código Gray é que *ele apresenta uma mudança de um único bit quando se passa de uma palavra do código para a seguinte na sequência*. Essa propriedade é importante em muitas aplicações, como em codificadores de posição de eixo, onde a suscetibilidade a erros aumenta com o número de mudanças de bits entre números adjacentes em uma sequência.

A alteração de um único bit, característica do código Gray, minimiza a chance de erro.

A Tabela 2–6 apresenta uma lista de um código Gray de 4 bits para os números decimais de 0 a 15. Os números binários são mostrados na tabela para referência. Assim como os números binários, o código Gray pode ter qualquer número de bits. Observe a mudança de apenas um bit entre as palavras do código Gray. Por exemplo, quando se passa do decimal 3 para o 4, o código Gray muda de 0010 para 0110, enquanto que o código binário muda de 0011 para 0100, uma mudança de três bits. Neste exemplo de código Gray, o único bit que muda é o terceiro bit da esquerda para a direita; os outros permanecem inalterados.

► TABELA 2–6
Código Gray de 4 bits

DECIMAL	BINÁRIO	CÓDIGO GRAY	DECIMAL	BINÁRIO	CÓDIGO GRAY
0	0000	0000	8	1000	1100
1	0001	0001	9	1001	1101
2	0010	0011	10	1010	1111
3	0011	0010	11	1011	1110
4	0100	0110	12	1100	1010
5	0101	0111	13	1101	1011
6	0110	0101	14	1110	1001
7	0111	0100	15	1111	1000

Conversão de Binário para Código Gray Às vezes é útil fazer conversões entre o código binário e o código Gray. As regras a seguir explicam como converter de um número binário para uma palavra em código Gray.

1. O bit mais significativo (mais à esquerda) no código Gray é o mesmo que o correspondente MSB no número binário.
2. Da esquerda para a direita, some cada par de bits adjacentes no código binário para obter o próximo bit do código Gray. Descarte os carries.

Por exemplo, a conversão do número binário 10110 para o código Gray é a seguinte:

1 - + → 0 - + → 1 - + → 1 - + → 0

↓ ↓ ↓ ↓ ↓

1 1 1 0 1

Binário

Gray

O código Gray é 11101.

Conversão de Código Gray para Binário Para converter de código Gray para binário, usamos um método similar que, entretanto, apresenta algumas diferenças. As seguintes regras são aplicadas:

1. O bit mais significativo (mais à esquerda) no código binário é o mesmo que o correspondente bit no código Gray.
2. Some cada bit do código binário gerado ao bit do código Gray na próxima posição adjacente. Descarte os carries.

Por exemplo, a conversão do código Gray 11011 para binário é a seguinte:

1 1 0 1 1

↓ ↓ ↓ ↓ ↓

1 0 0 1 0

Gray

Binário

O número binário é 10010.

EXEMPLO 2-37

- (a) Converta o número binário 11000110 para código Gray.
 (b) Converta o código Gray 10101111 para binário.

Solução (a) De binário para código Gray:

1 - + → 1 - + → 0 - + → 0 - + → 0 - + → 1 - + → 1 - + → 0
 ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓
 1 0 1 0 0 1 0 1

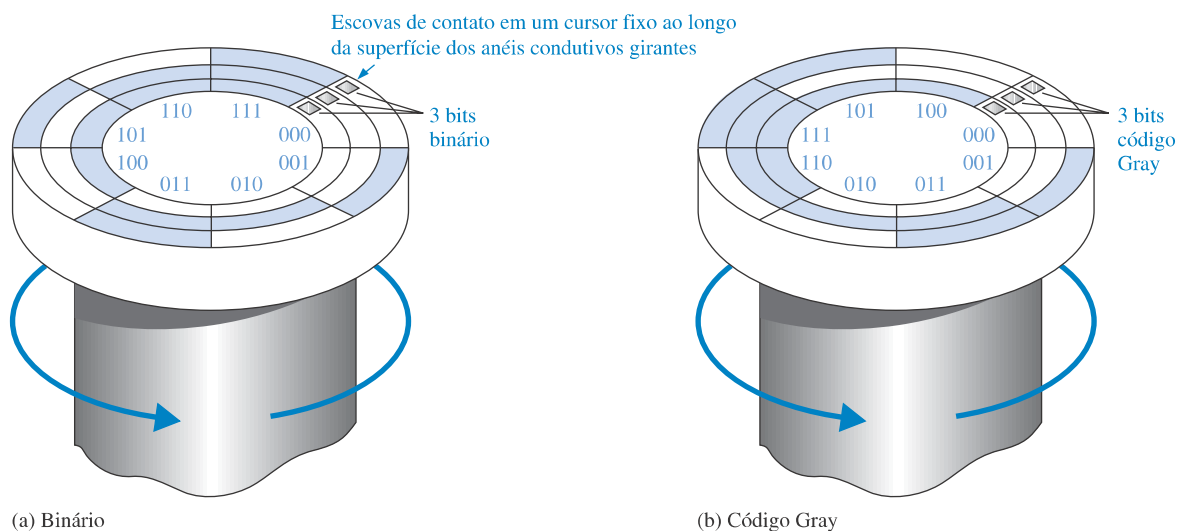
(b) De código Gray para binário:

1 ↓ + 0 ↓ + 1 ↓ + 0 ↓ + 1 ↓ + 1 ↓ + 1 ↓ + 1 ↓
 1 1 0 0 1 0 1 0

- Problema relacionado** (a) Converta o binário 101101 para código Gray.
 (b) Converta o código Gray 100111 para binário.

Uma Aplicação

Um diagrama simplificado de um mecanismo codificador de posição de eixo de três bits é mostrado na Figura 2-7. Basicamente, existem três anéis que são segmentados em oito setores. Quanto mais setores existirem, maior será a precisão do posicionamento que pode ser representada, porém estamos usando neste exemplo apenas oito para fins de ilustração. Cada setor de cada anel é fixado a uma tensão de nível alto ou a uma tensão de nível baixo para representar 1s e 0s. Um 1 é indicado por um setor colorido e um 0 por um setor branco. À medida que o eixo gira no sentido anti-horário ao longo dos 360°, os oito setores se movem sob três escovas produzindo uma saída binária de 3 bits que indicam a posição do eixo.



▲ **FIGURA 2-7**

Uma ilustração simplificada de como o código Gray resolve o problema de erro em codificadores da posição de eixo.