

**TERMOS IMPORTANTES**

Os termos importantes e outros termos em **negrito** destacados no capítulo são definidos no glossário que se encontra no final do livro.

**Alfanumérico** Consiste de numerais, letras e outros caracteres.

**ASCII** Código Padrão Americano para Troca de Informações; o código alfanumérico mais amplamente usado.

**BCD** Decimal codificado em binário; um código digital no qual cada um dos dígitos decimais, de 0 a 9, é representado por um grupo de quatro bits.

**Byte** Um grupo de oito bits.

**Código Hamming** Um tipo de código de correção de erro.

**Hexadecimal** Descreve um sistema de numeração com base 16.

**LSB** Bit menos significativo; o bit mais à direita num código ou número inteiro binário.

**MSB** Bit mais significativo; o bit mais à esquerda num código ou número inteiro binário.

**Número em ponto flutuante** Uma representação numérica baseada em notação científica na qual o número consiste de um expoente e uma mantissa.

**Octal** Descreve um sistema de numeração com base oito.

**Paridade** Em relação aos códigos binários, a condição de paridade par ou ímpar do número de 1s num grupo de código.

**AUTOTESTE**

As respostas estão no final do capítulo.

- $2 \times 10^1 + 8 \times 10^0$  é igual a  
(a) 10 (b) 280 (c) 2,8 (d) 28
- O número binário 1101 é igual ao número decimal  
(a) 13 (b) 49 (c) 11 (d) 3
- O número binário 1101101 é igual ao número decimal  
(a) 121 (b) 221 (c) 441 (d) 256
- O número decimal 17 é igual ao número binário  
(a) 10010 (b) 11000 (c) 10001 (d) 01001
- O número decimal 175 é igual ao número binário  
(a) 11001111 (b) 10101110 (c) 10101111 (d) 11101111
- O resultado da soma de 11010 + 01111 é igual a  
(a) 101001 (b) 101010 (c) 110101 (d) 101000
- A diferença de 110 – 010 é igual a  
(a) 001 (b) 010 (c) 101 (d) 100
- O complemento de 1 de 10111001 é  
(a) 01000111 (b) 01000110 (c) 11000110 (d) 10101010
- O complemento de 2 de 11001000 é  
(a) 00110111 (b) 00110001 (c) 01001000 (d) 00111000
- O número decimal +122 é expresso na forma do complemento de 2 como  
(a) 01111010 (b) 11111010 (c) 01000101 (d) 10000101
- O número decimal –34 é expresso na forma do complemento de 2 como  
(a) 01011110 (b) 10100010 (c) 11011110 (d) 01011101
- Um número binário de ponto flutuante de precisão simples tem um total de  
(a) 8 bits (b) 16 bits (c) 24 bits (d) 32 bits
- Na forma do complemento de 2, o número binário 10010011 é igual ao número decimal  
(a) –19 (b) +109 (c) +91 (d) –109
- O número binário 101100111001010100001 pode ser escrito em octal como  
(a) 5471230<sub>8</sub> (b) 5471241<sub>8</sub> (c) 2634521<sub>8</sub> (d) 23162501<sub>8</sub>

15. O número binário 10001101010001101111 pode ser escrito em hexadecimal como  
 (a) AD467<sub>16</sub> (b) 8C46F<sub>16</sub> (c) 8D46F<sub>16</sub> (d) AE46F<sub>16</sub>
16. O número binário equivalente a F7A9<sub>16</sub> é  
 (a) 1111011110101001 (b) 1110111110101001  
 (c) 1111111010110001 (d) 1111011010101001
17. O número BCD para o decimal 473 é  
 (a) 111011010 (b) 110001110011 (c) 010001110011 (d) 010011110011
18. Consulte a Tabela 2-7. O comando STOP em ASCII é  
 (a) 1010011101010010011111010000 (b) 1010010100110010011101010000  
 (c) 1001010110110110011101010001 (d) 1010011101010010011101100100
19. O código que tem erro de paridade par é  
 (a) 1010011 (b) 1101000 (c) 1001000 (d) 1110111

## PROBLEMAS

As respostas para os problemas de número ímpar estão no final do livro.

### SEÇÃO 2-1 Números Decimais

- Qual é o peso do dígito 6 em cada um dos seguintes números decimais?  
 (a) 1386 (b) 54.692 (c) 671.920
- Expresse cada um dos seguintes números decimais como uma potência de dez:  
 (a) 10 (b) 100 (c) 10.000 (d) 1.000.000
- Determine o valor de cada dígito nos números decimais a seguir:  
 (a) 471 (b) 9356 (c) 125.000
- Até que valor é possível contar com números decimais de 4 dígitos?

### SEÇÃO 2-2 Números Binários

- Converta para decimal os números binários a seguir:  
 (a) 11 (b) 100 (c) 111 (d) 1000  
 (e) 1001 (f) 1100 (g) 1011 (h) 1111
- Converta os seguintes números binários para decimal:  
 (a) 1110 (b) 1010 (c) 11100 (d) 10000  
 (e) 10101 (f) 11101 (g) 10111 (h) 11111
- Converta cada número binário a seguir para decimal:  
 (a) 110011,11 (b) 101010,01 (c) 1000001,111  
 (d) 1111000,101 (e) 1011100,10101 (f) 1110001,0001  
 (g) 1011010,1010 (h) 1111111,1111
- Qual o maior número decimal que pode ser representado pelas seguintes quantidades de dígitos binários (bits)?  
 (a) dois (b) três (c) quatro (d) cinco (e) seis  
 (f) sete (g) oito (h) nove (i) dez (j) onze
- Quantos bits são necessários para representar os seguintes números decimais?  
 (a) 17 (b) 35 (c) 49 (d) 68  
 (e) 81 (f) 114 (g) 132 (h) 205
- Determine a sequência binária para cada sequência decimal a seguir:  
 (a) 0 a 7 (b) 8 a 15 (c) 16 a 31  
 (d) 32 a 63 (e) 64 a 75

**SEÇÃO 2-3 Conversão de Decimal para Binário**

11. Converta cada número decimal a seguir para binário usando o método da soma dos pesos:  
 (a) 10    (b) 17    (c) 24    (d) 48  
 (e) 61    (f) 93    (g) 125    (h) 186
12. Converta cada fração decimal para binário usando o método da soma dos pesos:  
 (a) 0,32    (b) 0,246    (c) 0,0981
13. Converta cada número decimal para binário usando o método da divisão sucessiva por 2.  
 (a) 15    (b) 21    (c) 28    (d) 34  
 (e) 40    (f) 59    (g) 65    (h) 73
14. Converta cada fração decimal para binário usando o método da multiplicação sucessiva por 2:  
 (a) 0,98    (b) 0,347    (c) 0,9028

**SEÇÃO 2-4 Aritmética Binária**

15. Some os seguintes números binários:  
 (a)  $11 + 01$     (b)  $10 + 10$     (c)  $101 + 11$   
 (d)  $111 + 110$     (e)  $1001 + 101$     (f)  $1101 + 1011$
16. Use a subtração direta para os seguintes números binários:  
 (a)  $11 - 1$     (b)  $101 - 100$     (c)  $110 - 101$   
 (d)  $1110 - 11$     (e)  $1100 - 1001$     (f)  $11010 - 10111$
17. Realize as seguintes multiplicações binárias:  
 (a)  $11 \times 11$     (b)  $100 \times 10$     (c)  $111 \times 101$   
 (d)  $1001 \times 110$     (e)  $1101 \times 1101$     (f)  $1110 \times 1101$
18. Faça a operação de divisão binária conforme indicado:  
 (a)  $100 \div 10$     (b)  $1001 \div 11$     (c)  $1100 \div 100$

**SEÇÃO 2-5 Complementos de 1 e de 2 de Números Binários**

19. Determine o complemento de 1 de cada número binário:  
 (a) 101    (b) 110    (c) 1010  
 (d) 11010111    (e) 1110101    (f) 00001
20. Determine o complemento de 2 de cada número binário a seguir usando qualquer método:  
 (a) 10    (b) 111    (c) 1001    (d) 1101  
 (e) 11100    (f) 10011    (g) 10110000    (h) 00111101

**SEÇÃO 2-6 Números Sinalizados**

21. Expresse cada número decimal a seguir em um número binário do tipo sinal-magnitude de 8 bits:  
 (a) +29    (b) -85    (c) +100    (d) -123
22. Expresse cada número decimal a seguir como um número de 8 bits na forma do complemento de 1:  
 (a) -34    (b) +57    (c) -99    (d) +115
23. Expresse cada número decimal a seguir como um número de 8 bits na forma do complemento de 2:  
 (a) +12    (b) -68    (c) +101    (d) -125
24. Determine o valor decimal de cada número binário sinalizado a seguir na forma sinal-magnitude:  
 (a) 10011001    (b) 01110100    (c) 10111111
25. Determine o valor decimal de cada número binário sinalizado a seguir na forma do complemento de 1:  
 (a) 10011001    (b) 01110100    (c) 10111111

26. Determine o valor decimal de cada número binário sinalizado a seguir na forma do complemento de 2:
- (a) 10011001    (b) 01110100    (c) 10111111
27. Expresse cada um dos seguintes números binários no formato de ponto flutuante de precisão simples:
- (a) 0111110000101011    (b) 100110000011000
28. Determine os valores dos números em ponto flutuante de precisão simples a seguir:
- (a) 1 10000001 010010011100010000000000
- (b) 0 11001100 100001111101001000000000

### SEÇÃO 2-7 Operações Aritméticas com Números Sinalizados

29. Converta cada par de números decimais para binário e some-os usando a forma do complemento de 2.
- (a) 33 e 15    (b) 56 e -27    (c) -46 e 25    (d) -110 e -84
30. Realize cada adição a seguir na forma do complemento de 2:
- (a) 00010110 + 00110011    (b) 01110000 + 10101111
31. Realize cada adição a seguir na forma do complemento de 2:
- (a) 10001100 + 00111001    (b) 11011001 + 11100111
32. Realize cada subtração a seguir na forma do complemento de 2:
- (a) 00110011 - 00010000    (b) 01100101 - 11101000
33. Multiplique 01101010 por 11110001 na forma do complemento de 2.
34. Divida 01000100 por 00011001 na forma do complemento de 2:

### SEÇÃO 2-8 Números Hexadecimais

35. Converta para binário cada número hexadecimal a seguir:
- (a)  $38_{16}$     (b)  $59_{16}$     (c)  $A14_{16}$     (d)  $5C8_{16}$
- (e)  $4100_{16}$     (f)  $FB17_{16}$     (g)  $8A9D_{16}$
36. Converta para hexadecimal cada número binário a seguir:
- (a) 1110    (b) 10    (c) 10111
- (d) 10100110    (e) 1111110000    (f) 100110000010
37. Converta para decimal cada número hexadecimal a seguir:
- (a)  $23_{16}$     (b)  $92_{16}$     (c)  $1A_{16}$     (d)  $8D_{16}$
- (e)  $F3_{16}$     (f)  $EB_{16}$     (g)  $5C2_{16}$     (h)  $700_{16}$
38. Converta para hexadecimal cada número decimal a seguir:
- (a) 8    (b) 14    (c) 33    (d) 52
- (e) 284    (f) 2890    (g) 4019    (h) 6500
39. Realize as seguintes adições:
- (a)  $37_{16} + 29_{16}$     (b)  $A0_{16} + 6B_{16}$     (c)  $FF_{16} + BB_{16}$
40. Realize as seguintes subtrações:
- (a)  $51_{16} - 40_{16}$     (b)  $C8_{16} - 3A_{16}$     (c)  $FD_{16} - 88_{16}$

### SEÇÃO 2-9 Números Octais

41. Converta para decimal cada número octal a seguir:
- (a)  $12_8$     (b)  $27_8$     (c)  $56_8$     (d)  $64_8$     (e)  $103_8$
- (f)  $557_8$     (g)  $163_8$     (h)  $1024_8$     (i)  $7765_8$
42. Converta para octal cada número decimal a seguir fazendo divisões sucessivas por 8:
- (a) 15    (b) 27    (c) 46    (d) 70
- (e) 100    (f) 142    (g) 219    (h) 435

43. Converta para binário cada número octal a seguir:
- (a)  $13_8$       (b)  $57_8$       (c)  $101_8$       (d)  $321_8$       (e)  $540_8$   
 (f)  $4653_8$       (g)  $13271_8$       (h)  $45600_8$       (i)  $100213_8$
44. Converta para octal cada número binário a seguir:
- (a) 111      (b) 10      (c) 110111  
 (d) 101010      (e) 1100      (f) 1011110  
 (g) 101100011001      (h) 10110000011      (i) 111111101111000

### SEÇÃO 2-10 Decimal Codificado em Binário (BCD)

45. Converta para BCD 8421 cada um dos seguintes números decimais:
- (a) 10      (b) 13      (c) 18      (d) 21      (e) 25      (f) 36  
 (g) 44      (h) 57      (i) 69      (j) 98      (k) 125      (l) 156
46. Converta para binário direto cada um dos números do Problema 45 e compare o número de bits necessários nesses dois problemas.
47. Converta para BCD os seguintes números decimais:
- (a) 104      (b) 128      (c) 132      (d) 150      (e) 186  
 (f) 210      (g) 359      (h) 547      (i) 1051
48. Converta para decimal os números BCD a seguir:
- (a) 0001      (b) 0110      (c) 1001  
 (d) 00011000      (e) 00011001      (f) 00110010  
 (g) 01000101      (h) 10011000      (i) 100001110000
49. Converta para decimal cada um dos números BCD a seguir:
- (a) 10000000      (b) 001000110111  
 (c) 001101000110      (d) 010000100001  
 (e) 011101010100      (f) 100000000000  
 (g) 100101111000      (h) 0001011010000011  
 (i) 1001000000011000      (j) 0110011001100111
50. Some os seguintes números BCD:
- (a)  $0010 + 0001$       (b)  $0101 + 0011$   
 (c)  $0111 + 0010$       (d)  $1000 + 0001$   
 (e)  $00011000 + 00010001$       (f)  $01100100 + 00110011$   
 (g)  $01000000 + 01000111$       (h)  $10000101 + 00010011$
51. Some os seguintes números BCD:
- (a)  $1000 + 0110$       (b)  $0111 + 0101$   
 (c)  $1001 + 1000$       (d)  $1001 + 0111$   
 (e)  $00100101 + 00100111$       (f)  $01010001 + 01011000$   
 (g)  $10011000 + 10010111$       (h)  $010101100001 + 011100001000$
52. Converta para BCD cada par de números decimais e faça a soma conforme indicado:
- (a)  $4 + 3$       (b)  $5 + 2$       (c)  $6 + 4$       (d)  $17 + 12$   
 (e)  $28 + 23$       (f)  $65 + 58$       (g)  $113 + 101$       (h)  $295 + 157$

### SEÇÃO 2-11 Códigos Digitais

53. Numa determinada aplicação, uma sequência de 4 bits varia ciclicamente de 1111 a 0000. Existe uma alteração de 4 bits, e em função de atrasos no circuito, essas alterações podem não ocorrer no mesmo instante. Por exemplo, se o LSB mudar primeiro, o número aparecerá como 1110 durante a transição de 1111 para 0000 podendo ser interpretado erroneamente pelo sistema. Ilustre como o código Gray evita esse problema.

54. Converta para código Gray cada número binário a seguir:  
 (a) 11011 (b) 1001010 (c) 1111011101110
55. Converta para binário cada código Gray a seguir:  
 (a) 1010 (b) 00010 (c) 11000010001
56. Converta para ASCII cada um dos seguintes números decimais. Consulte a Tabela 2–7.  
 (a) 1 (b) 3 (c) 6 (d) 10 (e) 18  
 (f) 29 (g) 56 (h) 75 (i) 107
57. Determine cada caractere codificado a seguir em ASCII. Consulte a Tabela 2–7.  
 (a) 0011000 (b) 1001010 (c) 0111101  
 (d) 0100011 (e) 0111110 (f) 1000010
58. Decodifique a seguinte mensagem codificada em ASCII:  
 1001000 1100101 1101100 1101100 1101111 0101110  
 0100000 1001000 1101111 1110111 0100000 1100001  
 1110010 1100101 0100000 1111001 1101111 1110101  
 0111111
59. Escreva em hexadecimal a mensagem apresentada no Problema 58.
60. Converta para ASCII a seguinte linha comando de um programa de computador:  
 30 INPUT A,B

## SEÇÃO 2–12 Códigos de Detecção e Correção de Erro

61. Determine qual dos seguintes códigos com paridade par apresenta erro:  
 (a) 100110010 (b) 011101010 (c) 10111111010001010
62. Determine qual dos seguintes códigos com paridade ímpar apresenta erro:  
 (a) 11110110 (b) 00110001 (c) 01010101010101010
63. Acrescente um bit de paridade par aos seguintes bytes de dados:  
 (a) 10100100 (b) 00001001 (c) 11111110
64. Determine o código de Hamming com paridade par para os bits de dados 1100.
65. Determine o código de Hamming com paridade ímpar para os bits de dados 1101.
66. Corrija qualquer erro em cada um dos seguintes códigos de Hamming com paridade par.  
 (a) 1110100 (b) 1000111
67. Corrija qualquer erro em cada um dos seguintes códigos de Hamming com paridade ímpar.  
 (a) 110100011 (b) 100001101

## RESPOSTAS

### SEÇÕES DE REVISÃO

#### SEÇÃO 2–1 Números Decimais

1. (a) 1370: 10 (b) 6725: 100 (c) 7051: 1000 (d) 58,72: 0,1
2. (a)  $51 = (5 \times 10) + (1 \times 1)$  (b)  $137 = (1 \times 100) + (3 \times 10) + (7 \times 1)$  (c)  $1492 = (1 \times 1000) + (4 \times 100) + (9 \times 10) + (2 \times 1)$  (d)  $106,58 = (1 \times 100) + (0 \times 10) + (6 \times 1) + (5 \times 0,1) + (8 \times 0,01)$

#### SEÇÃO 2–2 Números Binários

1.  $2^8 - 1 = 255$
2. O peso é 16.
3.  $10111101,011 = 189,375$

**SEÇÃO 2-3 Conversão de Decimal para Binário**

1. (a)  $23 = 10111$       (b)  $57 = 111001$       (c)  $45,5 = 101101,1$
2. (a)  $14 = 1110$       (b)  $21 = 10101$       (c)  $0,375 = 0,011$

**SEÇÃO 2-4 Aritmética Binária**

1. (a)  $1101 + 1010 = 10111$       (b)  $10111 + 01101 = 100100$
2. (a)  $1101 - 0100 = 1001$       (b)  $1001 - 0111 = 0010$
3. (a)  $110 \times 111 = 101010$       (b)  $1100 \div 011 = 100$

**SEÇÃO 2-5 Complementos de 1 e de 2 de Números Binários**

1. (a) Compl. de 1 de  $00011010 = 11100101$       (b) Compl. de 1 de  $11110111 = 0000100$   
(c) Compl. de 1 de  $10001101 = 01110010$
2. (a) Compl. de 2 de  $00010110 = 11101010$       (b) Compl. de 2 de  $11111100 = 0000010$   
(c) Compl. de 2 de  $10010001 = 01101111$

**SEÇÃO 2-6 Números Sinalizados**

1. Sinal-magnitude:  $+9 = 00001001$
2. Complemento de 1:  $-33 = 11011110$
3. Complemento de 2:  $-46 = 11010010$
4. Bit de sinal, expoente e mantissa.

**SEÇÃO 2-7 Operações Aritméticas com Números Sinalizados**

1. Casos da adição: o número positivo é maior, o número negativo é maior, ambos são positivos, ambos são negativos.
2.  $00100001 + 10111100 = 11011101$
3.  $01110111 - 00110010 = 01000101$
4. O sinal do produto é positivo.
5.  $00000101 \times 01111111 = 0100111011$
6. O sinal do quociente é negativo.
7.  $00110000 \div 00001100 = 00000100$

**SEÇÃO 2-8 Números Hexadecimais**

1. (a)  $10110011 = B3_{16}$       (b)  $110011101000 = CE8_{16}$
2. (a)  $57_{16} = 01010111$       (b)  $3A5_{16} = 001110100101$   
(c)  $F80B_{16} = 1111100000001011$
3.  $9B30_{16} = 39.728_{10}$
4.  $573_{10} = 23D_{16}$
5. (a)  $18_{16} + 34_{16} = 4C_{16}$       (b)  $3F_{16} + 2A_{16} = 69_{16}$
6. (a)  $75_{16} - 21_{16} = 54_{16}$       (b)  $94_{16} - 5C_{16} = 38_{16}$

**SEÇÃO 2-9 Números Octais**

1. (a)  $73_8 = 59_{10}$       (b)  $125_8 = 85_{10}$
2. (a)  $98_{10} = 142_8$       (b)  $163_{10} = 243_8$
3. (a)  $46_8 = 100110$       (b)  $723_8 = 111010011$       (c)  $5624_8 = 101110010100$
4. (a)  $110101111 = 657_8$       (b)  $1001100010 = 1142_8$       (c)  $1011111001 = 2771_8$

**SEÇÃO 2-10 Decimal Codificado em Binário (BCD)**

1. (a)  $0010: 2$       (b)  $1000: 8$       (c)  $0001: 1$       (d)  $0100: 4$

2. (a)  $6_{10} = 0110$  (b)  $15_{10} = 00010101$  (c)  $273_{10} = 001001110011$   
 (d)  $849_{10} = 100001001001$   
 3. (a)  $10001001 = 89_{10}$  (b)  $001001111000 = 278_{10}$  (c)  $000101010111 = 157_{10}$   
 4. Um resultado de 4 bits é inválido quando ele for maior que  $9_{10}$ .

### SEÇÃO 2-11 Códigos Digitais

1. (a)  $1100_2 = 1010$  Gray (b)  $1010_2 = 1111$  Gray (c)  $11010_2 = 10111$  Gray  
 2. (a)  $1000$  Gray =  $1111_2$  (b)  $1010$  Gray =  $1100_2$  (c)  $11101$  Gray =  $10110_2$   
 3. (a) K:  $1001011 \rightarrow 4B_{16}$  (b) r:  $1110010 \rightarrow 72_{16}$   
 (c) S:  $0100100 \rightarrow 24_{16}$  (d) +:  $0101011 \rightarrow 2B_{16}$

### SEÇÃO 2-12 Códigos de Detecção e Correção de Erro

1. (c) 0101 tem um erro.  
 2. (d) 11111011 tem um erro.  
 3. (a) 10101001 (b) 01000001 (c) 11101110 (d) 10001101  
 4. Quatro bits de paridade.  
 5. 1000011 (os bits de paridade estão em cor)

### PROBLEMAS RELACIONADOS APRESENTADOS NOS EXEMPLOS

- 2-1. 9 tem um valor de 900, 3 tem um valor de 30, 9 tem um valor de 9.  
 2-2. 6 tem um valor de 60, 7 tem um valor de 7, 9 tem um valor de 9/10 (0,9), 2 tem um valor de 2/100 (0,02), 4 tem um valor de 4/1000 (0,004).  
 2-3.  $10010001 = 128 + 16 + 1 = 145$  2-4.  $10,111 = 2 + 0,5 + 0,25 + 0,125 = 2,875$   
 2-5.  $125 = 64 + 32 + 16 + 8 + 4 + 1 = 1111101$  2-6.  $39 = 100111$   
 2-7.  $1111 + 1100 = 11011$  2-8.  $111 - 100 = 011$  2-9.  $110 - 101 = 001$   
 2-10.  $1101 \times 1010 = 10000010$  2-11.  $1100 \div 100 = 11$  2-12. 00110101  
 2-13. 01000000 2-14. Veja a Tabela 2-16. 2-15.  $01110111 = +119_{10}$

► TABELA 2-16

	SINAL - MAGNITUDE	COMPL. DE 1	COMPL. DE 2
+19	00010011	00010011	00010011
-19	10010011	11101100	11101101

- 2-16.  $11101011 = -20_{10}$  2-17.  $11010111 = -41_{10}$   
 2-18.  $11000010001010011000000000$  2-19. 01010101 2-20. 00010001  
 2-21. 1001000110 2-22.  $(83)(-59) = -4897$  (10110011011111 em complemento de 2)  
 2-23.  $100 \div 25 = 4$  (0100) 2-24.  $4F79C_{16}$  2-25.  $0110101111010011_2$   
 2-26.  $6BD_{16} = 011010111101 = 2^{10} + 2^9 + 2^7 + 2^5 + 2^4 + 2^3 + 2^2 + 2^0$   
 $= 1024 + 512 + 128 + 32 + 16 + 8 + 4 + 1 = 1725_{10}$   
 2-27.  $60A_{16} = (6 \times 256) + (0 \times 16) + (10 \times 1) = 1546_{10}$   
 2-28.  $2591_{10} = A1F_{16}$  2-29.  $4C_{16} + 3A_{16} = 86_{16}$   
 2-30.  $BCD_{16} - 173_{16} = A5A_{16}$   
 2-31. (a)  $001011_2 = 11_{10} = 13_8$  (b)  $010101_2 = 21_{10} = 25_8$   
 (c)  $001100000_2 = 96_{10} = 140_8$  (d)  $11110101110_2 = 3926_{10} = 7526_8$



- 2-32.  $1250762_8$       2-33.  $1001011001110011$       2-34.  $82,276_{10}$   
 2-35.  $1001100101101000$       2-36.  $10000010$       2-37. (a)  $111011$  (Gray)      (b)  $111010_2$   
 2-38. A sequência de códigos para 80 INPUT Y é  $38_{16}30_{16}20_{16}49_{16}4E_{16}50_{16}55_{16}54_{16}20_{16}59_{16}$   
 2-39.  $01001011$       2-40. Sim      2-41.  $1110000$       2-42.  $001010001$   
 2-43. O bit na posição 010 (2) está errado. O correto é 0011001.  
 2-44. O bit na posição 0010 (2) está errado. O correto é 111111000.

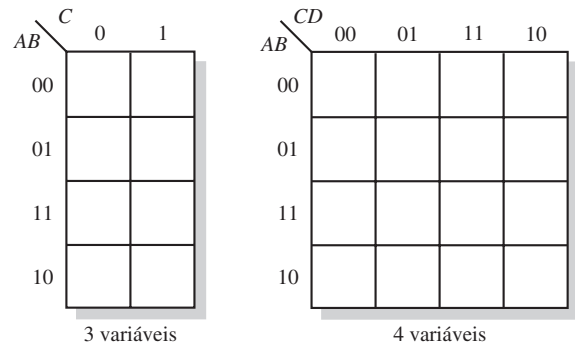
#### AUTOTESTE

1. (d)      2. (a)      3. (b)      4. (c)      5. (c)      6. (a)      7. (d)      8. (b)  
 9. (d)      10. (a)      11. (c)      12. (d)      13. (d)      14. (b)      15. (c)      16. (a)  
 17. (c)      18. (a)      19. (b)

2. O complemento de uma soma é igual ao produto dos complementos dos termos da soma.

$$\overline{X + Y} = \overline{X} \overline{Y}$$

- Os mapas de Karnaugh de 3 e 4 variáveis são mostrados na Figura 4–54. Um mapa de 5 variáveis é formado a partir de dois mapas de 4 variáveis.



► FIGURA 4–54

- O elemento básico de projeto em VHDL é o par entidade/arquitetura.

## TERMOS IMPORTANTES

Os termos importantes e outros termos em **negrito** destacados no capítulo são definidos no glossário que se encontra no final do livro.

**Complemento** O inverso ou o oposto de um número. Em álgebra Booleana, a função inversa é expressa com uma barra sobre a variável.

**“Don’t care”** Uma combinação de literais que não podem ocorrer e podem ser usadas como um 1 ou um 0 no mapa de Karnaugh para simplificação.

**Mapa de Karnaugh** Um arranjo de células que representam as combinações de literais numa expressão Booleana e usado para uma simplificação sistemática dessa expressão.

**Minimização** O processo que resulta numa expressão Booleana de soma-de-produtos ou num produto-de-somas que contém o menor número de literais por termo.

**Produto-de-somas** Uma forma de expressão Booleana que é basicamente a operação AND de termo OR.

**Soma-de-produtos** Uma forma de expressão Booleana que é basicamente a operação OR de termos AND.

**Termo-produto** O produto Booleano de dois ou mais literais equivalente a uma operação AND.

**Termo-soma** A soma Booleana de dois ou mais literais equivalentes a uma operação OR.

**Variável** Um símbolo usado para representar uma grandeza lógica que pode ter um valor 1 ou 0, geralmente designada por uma letra em *itálico*.

**VHDL** Uma linguagem de descrição de hardware padrão. Padrão 1076-1993 da IEEE.

## AUTOTESTE

As respostas estão no final do capítulo.

- O complemento de uma variável é sempre  
(a) 0    (b) 1    (c) igual à variável    (d) o inverso da variável
- A expressão Booleana  $A + \overline{B} + C$  é  
(a) um termo-soma    (b) um termo literal    (c) um termo-produto    (d) um termo complementado
- A expressão Booleana  $\overline{A}\overline{B}\overline{C}\overline{D}$  é  
(a) um termo-soma    (b) um termo literal    (c) um termo-produto    (d) sempre 1

4. O domínio da expressão  $\overline{A}BCD + \overline{A}\overline{B} + \overline{C}D + B$  é  
 (a)  $A$  e  $D$     (b) apenas  $B$     (c)  $A, B, C$  e  $D$     (d) nenhuma das alternativas anteriores
5. De acordo com a lei comutativa da adição,  
 (a)  $AB = BA$     (b)  $A = A + A$   
 (c)  $A + (B + C) = (A + B) + C$     (d)  $A + B = B + A$
6. De acordo com a lei associativa da multiplicação,  
 (a)  $B = BB$     (b)  $A(BC) = (AB)C$     (c)  $A + B = B + A$     (d)  $B + B(B + 0)$
7. De acordo com a lei distributiva,  
 (a)  $A(B + C) = AB + AC$     (b)  $A(BC) = ABC$     (c)  $A(A + 1) = A$     (d)  $A + AB = A$
8. Qual das seguintes alternativas não é uma regra válida da álgebra Booleana?  
 (a)  $A + 1 = 1$     (b)  $A = \overline{A}$     (c)  $AA = A$     (d)  $A + 0 = A$
9. Qual das seguintes regras diz que se uma entrada de uma porta AND for sempre 1, a saída é igual a outra entrada?  
 (a)  $A + 1 = 1$     (b)  $A + A = A$     (c)  $A \cdot A = A$     (d)  $A \cdot 1 = A$
10. De acordo com os teoremas de DeMorgan, a(s) seguinte(s) igualdade(s) está(ão) correta(s):  
 (a)  $\overline{AB} = \overline{A} + \overline{B}$     (b)  $\overline{XYZ} = \overline{X} + \overline{Y} + \overline{Z}$   
 (c)  $\overline{A + B + C} = \overline{A}\overline{B}\overline{C}$     (d) todos os itens estão corretos
11. A expressão Booleana  $X = AB + CD$  representa  
 (a) uma AND entre as saídas de duas portas OR.    (b) uma porta AND de 4 entradas.  
 (c) uma OR entre as saídas de duas portas AND.    (d) uma EX-OR.
12. Um exemplo de uma expressão de soma-de-produtos é  
 (a)  $A + B(C + D)$     (b)  $\overline{A}B + A\overline{C} + \overline{A}B\overline{C}$   
 (c)  $(\overline{A} + B + C)(A + \overline{B} + C)$     (d) as alternativas (a) e (b) estão corretas.
13. Um exemplo de uma expressão de produto-de-somas é  
 (a)  $A(B + C) + A\overline{C}$     (b)  $(A + B)(\overline{A} + B + \overline{C})$   
 (c)  $\overline{A} + \overline{B} + BC$     (d) os itens (a) e (b) estão corretos
14. Um exemplo de uma expressão de soma-de-produtos padrão é  
 (a)  $\overline{A}B + \overline{A}BC + AB\overline{D}$     (b)  $\overline{A}BC + A\overline{C}D$   
 (c)  $\overline{A}B + \overline{A}B + AB$     (d)  $\overline{A}BCD + \overline{A}B + \overline{A}$
15. Um mapa de Karnaugh de 3 variáveis tem  
 (a) oito células    (b) três células  
 (c) dezesseis células    (d) quatro células
16. Em um mapa de Karnaugh de 4 variáveis, um termo-produto de 2 variáveis é produzido por  
 (a) um grupo de 2 células de 1s    (b) um grupo e 8 células de 1s  
 (c) um grupo de 4 células de 1s    (d) um grupo de 4 células de 0s
17. Em um mapa de Karnaugh, o agrupamento de 0s produz  
 (a) uma expressão de produto-de-somas.    (b) uma expressão de soma-de-produtos.  
 (c) uma condição “don’t care”.    (d) uma lógica AND-OR.
18. Um mapa de Karnaugh de 5 variáveis tem  
 (a) dezesseis células    (b) trinta e duas células    (c) sessenta e quatro células
19. Um SPLD que tem um arranjo AND programável e um arranjo OR fixo é um dispositivo  
 (a) PROM    (b) PLA    (c) PAL    (d) GAL
20. VHDL é um tipo de  
 (a) lógica programável    (b) linguagem de descrição de hardware  
 (c) arranjo programável    (d) matemática lógica
21. Em VHDL, um port é  
 (a) um tipo de entidade    (b) um tipo de arquitetura  
 (c) uma entrada ou saída    (d) um tipo de variável

## PROBLEMAS

As respostas para os problemas de número ímpar estão no final do livro.

## SEÇÃO 4-1 Operações e Expressões Booleanas

- Usando a notação Booleana, escreva uma expressão que seja 1 sempre que uma ou mais de suas variáveis ( $A$ ,  $B$ ,  $C$  e  $D$ ) sejam 1s.
- Escreva uma expressão que seja 1 apenas se todas as suas variáveis ( $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  e  $E$ ) forem 1s.
- Escreva uma expressão que seja 1 apenas quando uma ou mais de suas variáveis ( $A$ ,  $B$  e  $C$ ) forem 0.
- Avalie as seguintes operações:
 

(a) $0 + 0 + 1$	(b) $1 + 1 + 1$	(c) $1 \cdot 0 \cdot 0$
(d) $1 \cdot 1 \cdot 1$	(e) $1 \cdot 0 \cdot 1$	(f) $1 \cdot 1 + 0 \cdot 1 \cdot 1$
- Determine os valores das variáveis que tornam cada termo-produto 1 e cada termo-soma 0.
 

(a) $AB$	(b) $\overline{A}BC$	(c) $A + B$	(d) $\overline{A} + B + \overline{C}$
(e) $\overline{A} + \overline{B} + C$	(f) $\overline{A} + B$	(g) $\overline{A}B\overline{C}$	
- Determine o valor de  $X$  para todos os valores possíveis das variáveis.
 

(a) $X = (A + B)C + B$	(b) $X = (\overline{A} + \overline{B})C$	(c) $X = \overline{A}BC + AB$
(d) $X = (A + B)(\overline{A} + B)$	(e) $X = (A + BC)(\overline{B} + \overline{C})$	

## SEÇÃO 4-2 Leis e Regras da Álgebra Booleana

- Identifique a lei da álgebra Booleana na qual cada uma das seguintes equações se baseia:
 

(a) $\overline{A}B + CD + A\overline{C}D + B = B + \overline{A}B + A\overline{C}D + CD$
(b) $\overline{A}BCD + \overline{A}BC = D\overline{C}BA + \overline{C}BA$
(c) $AB(CD + \overline{E}F + GH) = ABCD + ABEF + ABGH$
- Identifique a(s) regra(s) Booleana(s) na(s) qual(is) cada uma das igualdades se baseia:
 

(a) $\overline{\overline{A}B + \overline{C}D + \overline{E}F} = AB + CD + \overline{E}F$	(b) $\overline{A}AB + \overline{A}BC + \overline{A}BB = \overline{A}BC$
(c) $A(\overline{B}C + BC) + AC = A(\overline{B}C) + AC$	(d) $AB(C + \overline{C}) + AC = AB + AC$
(e) $\overline{A}B + \overline{A}BC = \overline{A}B$	(f) $ABC + \overline{A}B + \overline{A}BCD = ABC + \overline{A}B + D$

## SEÇÃO 4-3 Teoremas de DeMorgan

- Aplique os teoremas de DeMorgan em cada expressão a seguir:
 

(a) $\overline{A + B}$	(b) $\overline{\overline{A}B}$	(c) $\overline{A + B + C}$	(d) $\overline{ABC}$
(e) $\overline{A(B + C)}$	(f) $\overline{\overline{A}B + \overline{C}D}$	(g) $\overline{\overline{A}B + \overline{C}D}$	(h) $\overline{(A + B)(\overline{C} + D)}$
- Aplique os teoremas de DeMorgan em cada expressão a seguir:
 

(a) $\overline{\overline{A}B(C + \overline{D})}$	(b) $\overline{\overline{A}B(CD + \overline{E}F)}$
(c) $\overline{(A + \overline{B} + C + \overline{D}) + \overline{A}BCD}$	(d) $\overline{(\overline{A} + B + C + D)(\overline{A}B\overline{C}D)}$
(e) $\overline{\overline{A}B(CD + \overline{E}F)(\overline{A}B + \overline{C}D)}$	
- Aplique os teoremas de DeMorgan nas seguintes expressões:
 

(a) $\overline{(\overline{A}BC)(\overline{E}FG) + (\overline{H}IJ)(\overline{K}LM)}$	(b) $\overline{(A + \overline{B}C + CD) + \overline{B}C}$
(c) $\overline{(A + B)(C + D)(E + F)(G + H)}$	

## SEÇÃO 4-4 Análise Booleana de Circuitos Lógicos

- Escreva a expressão Booleana para cada uma das portas lógicas mostradas na Figura 4-55.

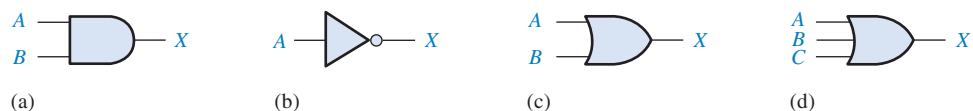
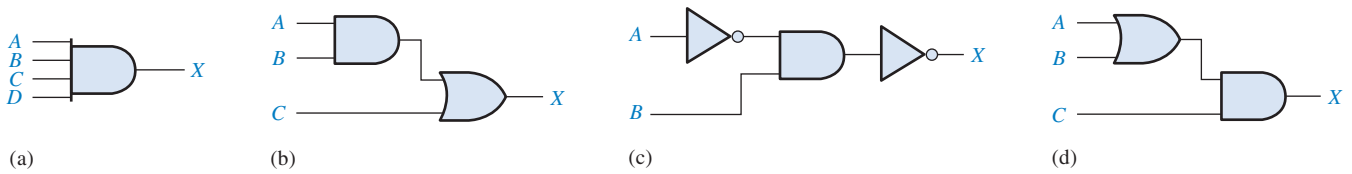


FIGURA 4-55

13. Escreva as expressões Booleanas para cada um dos circuitos lógicos dados na Figura 4–56.



▲ FIGURA 4–56

14. Desenhe o circuito lógico representado por cada uma das seguintes expressões:

- (a)  $A + B + C$       (b)  $ABC$       (c)  $AB + C$       (d)  $AB + CD$

15. Desenhe o circuito lógico representado por cada expressão a seguir:

- (a)  $\overline{AB} + \overline{AB}$       (b)  $AB + \overline{A}\overline{B} + \overline{A}BC$   
 (c)  $\overline{AB}(C + \overline{D})$       (d)  $A + B[C + D(B + \overline{C})]$

16. Construa uma tabela-verdade para cada uma das seguintes expressões Booleanas:

- (a)  $A + B$       (b)  $AB$       (c)  $AB + BC$   
 (d)  $(A + B)C$       (e)  $(A + B)(\overline{B} + C)$

#### SEÇÃO 4–5 Simplificação Usando a Álgebra Booleana

17. Usando técnicas da álgebra Booleana, simplifique as seguintes expressões tanto quanto possível:

- (a)  $A(A + B)$       (b)  $A(\overline{A} + AB)$       (c)  $BC + \overline{B}C$   
 (d)  $A(A + \overline{A}B)$       (e)  $\overline{A}BC + \overline{A}BC + \overline{A}BC$

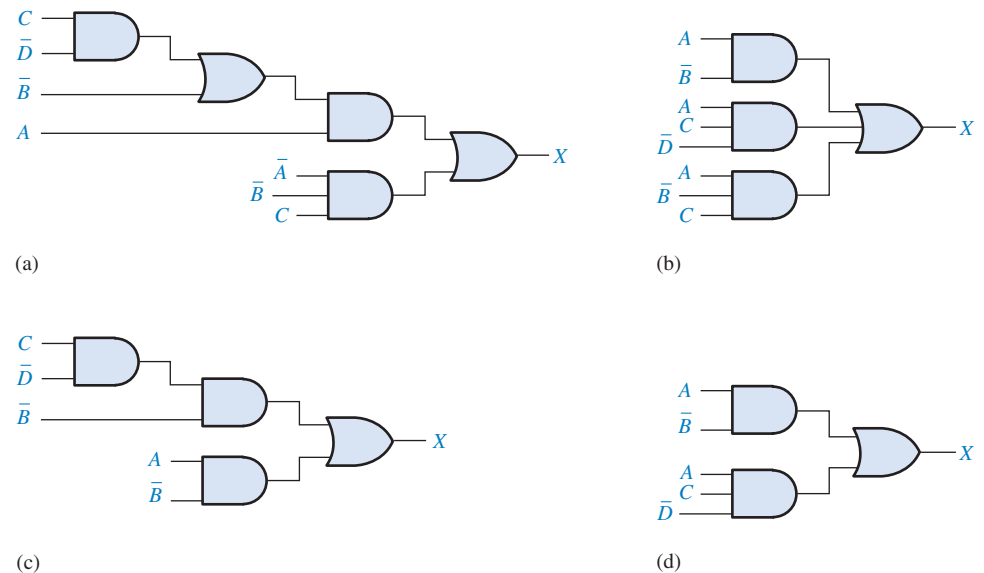
18. Usando a álgebra Booleana, simplifique as seguintes expressões:

- (a)  $(A + \overline{B})(A + C)$       (b)  $\overline{A}B + \overline{A}BC + \overline{A}BCD + \overline{A}BC\overline{D}E$   
 (c)  $AB + \overline{A}BC + A$       (d)  $(A + \overline{A})(AB + \overline{A}B)$   
 (e)  $AB + (\overline{A} + \overline{B})C + AB$

19. Usando a álgebra Booleana, simplifique cada expressão a seguir:

- (a)  $BD + B(D + E) + \overline{D}(D + F)$       (b)  $\overline{A}BC + \overline{(A + B + C)} + \overline{A}B\overline{C}D$   
 (c)  $(B + BC)(B + \overline{B}C)(B + D)$       (d)  $ABCD + AB(\overline{C}D) + (\overline{A}B)CD$   
 (e)  $ABC[AB + \overline{C}(BC + AC)]$

20. Determine quais dos circuitos lógicos mostrados na Figura 4–57 são equivalentes:



► FIGURA 4–57

**SEÇÃO 4-6 Formas Padronizadas de Expressões Booleanas**

21. Converta as seguintes expressões para a forma de soma-de-produtos:  
 (a)  $(A + B)(C + \bar{B})$     (b)  $(A + \bar{B}C)C$     (c)  $(A + C)(AB + AC)$
22. Converta as seguintes expressões para a forma de soma-de-produtos:  
 (a)  $AB + CD(\bar{A}\bar{B} + CD)$     (b)  $AB(\bar{B}\bar{C} + BD)$     (c)  $A + B[AC + (B + \bar{C})D]$
23. Defina o domínio de cada expressão de soma-de-produtos dada no Problema 21 e converta as expressões para a forma de soma-de-produtos padrão.
24. Converta cada expressão de soma-de-produtos dada no Problema 22 para a forma de soma-de-produtos padrão.
25. Determine o valor binário de cada termo nas expressões de soma-de-produtos padrão a partir do Problema 23.
26. Determine o valor binário de cada termo nas expressões de soma-de-produtos padrão a partir do Problema 24.
27. Converta cada expressão de soma-de-produtos no Problema 23 para a forma de produto-de-somas padrão.
28. Converta cada expressão de soma-de-produtos no Problema 24 para a forma de produto-de-somas padrão.

**SEÇÃO 4-7 Expressões Booleanas e Tabelas-Verdade**

29. Desenvolva uma tabela-verdade para cada uma das seguintes expressões de soma-de-produtos padrão:  
 (a)  $\bar{A}\bar{B}C + \bar{A}B\bar{C} + ABC$     (b)  $\bar{X}\bar{Y}\bar{Z} + \bar{X}\bar{Y}Z + X\bar{Y}\bar{Z} + X\bar{Y}Z + \bar{X}YZ$
30. Desenvolva uma tabela-verdade para cada uma das seguintes expressões de soma-de-produtos padrão:  
 (a)  $\bar{A}\bar{B}\bar{C}D + \bar{A}B\bar{C}D + \bar{A}\bar{B}C\bar{D} + \bar{A}B\bar{C}\bar{D}$   
 (b)  $WXYZ + W\bar{X}\bar{Y}\bar{Z} + \bar{W}XYZ + W\bar{X}YZ + W\bar{X}\bar{Y}Z$
31. Desenvolva uma tabela-verdade para cada uma das seguintes expressões de soma-de-produtos:  
 (a)  $\bar{A}B + A\bar{B}\bar{C} + \bar{A}\bar{C} + A\bar{B}C$     (b)  $\bar{X} + \bar{Y}Z + WZ + \bar{X}\bar{Y}Z$
32. Desenvolva uma tabela-verdade para cada uma das seguintes expressões de produto-de-somas padrão:  
 (a)  $(\bar{A} + \bar{B} + \bar{C})(A + B + C)(A + \bar{B} + C)$   
 (b)  $(\bar{A} + B + \bar{C} + D)(A + \bar{B} + C + \bar{D})(A + \bar{B} + \bar{C} + D)(\bar{A} + B + C + \bar{D})$
33. Desenvolva uma tabela-verdade para cada uma das seguintes expressões de produto-de-somas padrão:  
 (a)  $(A + B)(A + C)(A + B + C)$   
 (b)  $(A + \bar{B})(A + \bar{B} + \bar{C})(B + C + \bar{D})(\bar{A} + B + \bar{C} + D)$
34. Para cada tabela-verdade na Figura 4-58, desenvolva uma expressão de soma-de-produtos padrão e outra de produto-de-somas padrão.

ABC	X
000	0
001	1
010	0
011	0
100	1
101	1
110	0
111	1

(a)

ABC	X
000	0
001	0
010	0
011	0
100	0
101	1
110	1
111	1

(b)

ABCD	X
0000	1
0001	1
0010	0
0011	1
0100	0
0101	1
0110	1
0111	0
1000	0
1001	1
1010	0
1011	0
1100	1
1101	0
1110	0
1111	0

(c)

ABCD	X
0000	0
0001	0
0010	1
0011	0
0100	1
0101	1
0110	0
0111	1
1000	0
1001	0
1010	0
1011	1
1100	1
1101	0
1110	0
1111	1

(d)

► FIGURA 4-58

**SEÇÃO 4-8 O Mapa de Karnaugh**

35. Desenhe um mapa de Karnaugh de 3 variáveis e rotule cada célula de acordo com o valor binário de cada uma.
36. Desenhe um mapa de Karnaugh de 4 variáveis e rotule cada célula de acordo com o valor binário de cada uma.
37. Escreva o termo-produto padrão para cada célula num mapa de Karnaugh de 3 variáveis.

**SEÇÃO 4-9 Minimização de Soma-de-Produtos Usando o Mapa de Karnaugh**

38. Use um mapa de Karnaugh para determinar a forma de soma-de-produtos para cada expressão a seguir:
- (a)  $\overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}\overline{B}C + \overline{A}BC$       (b)  $AC(\overline{B} + C)$   
 (c)  $\overline{A}(BC + \overline{B}\overline{C}) + A(BC + \overline{B}\overline{C})$       (d)  $\overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}\overline{B}C + \overline{A}BC + ABC$
39. Use um mapa de Karnaugh para simplificar cada expressão a seguir para a forma de soma-de-produtos mínima:
- (a)  $\overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}BC + \overline{A}BC + ABC$       (b)  $AC[\overline{B} + B(B + \overline{C})]$   
 (c)  $DE\overline{F} + \overline{D}E\overline{F} + \overline{D}E\overline{F}$
40. Faça a expansão de cada expressão para a forma de soma-de-produtos mínima:
- (a)  $AB + \overline{A}\overline{B}C + ABC$       (b)  $A + BC$   
 (c)  $\overline{A}\overline{B}\overline{C}D + A\overline{C}\overline{D} + \overline{B}\overline{C}D + \overline{A}BC\overline{D}$       (d)  $\overline{A}\overline{B} + \overline{A}\overline{B}\overline{C}D + CD + \overline{B}\overline{C}D + ABCD$
41. Minimize cada expressão dada no Problema 40 usando um mapa de Karnaugh.
42. Use um mapa de Karnaugh para reduzir cada expressão para a forma de soma-de-produtos mínima:
- (a)  $A + \overline{B}\overline{C} + CD$   
 (b)  $\overline{A}\overline{B}\overline{C}\overline{D} + \overline{A}\overline{B}\overline{C}D + ABCD + ABC\overline{D}$   
 (c)  $\overline{A}B(\overline{C}\overline{D} + \overline{C}D) + AB(\overline{C}\overline{D} + \overline{C}D) + \overline{A}\overline{B}\overline{C}D$   
 (d)  $(\overline{A}\overline{B} + \overline{A}\overline{B})(CD + \overline{C}\overline{D})$   
 (e)  $\overline{A}\overline{B} + \overline{A}\overline{B} + \overline{C}\overline{D} + \overline{C}\overline{D}$
43. Reduza a função especificada na tabela-verdade dada na Figura 4-59 para a forma de soma-de-produtos mínima usando um mapa de Karnaugh.
44. Use o método do mapa de Karnaugh para implementar a expressão de soma-de-produtos mínima para a função lógica especificada na tabela-verdade mostrada na Figura 4-60.

Entradas			Saída
A	B	C	X
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

▲ FIGURA 4-59

Entradas				Saída
A	B	C	D	X
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

▲ FIGURA 4-60

45. Resolva o Problema 44 para uma situação na qual as últimas seis combinações binárias não são permitidas (não acontecem).

**SEÇÃO 4-10 Minimização de Produto-de-Somas Usando o Mapa de Karnaugh**

46. Use um mapa de Karnaugh para determinar o produto-de-somas mínimo para cada expressão:
- $(A + B + C)(\bar{A} + \bar{B} + \bar{C})(A + \bar{B} + C)$
  - $(X + \bar{Y})(\bar{X} + Z)(X + \bar{Y} + \bar{Z})(\bar{X} + \bar{Y} + Z)$
  - $A(B + \bar{C})(\bar{A} + C)(A + \bar{B} + C)(\bar{A} + B + \bar{C})$
47. Use o mapa de Karnaugh para simplificar cada expressão para a forma de produto-de-somas mínimo.
- $(A + \bar{B} + C + \bar{D})(\bar{A} + B + \bar{C} + D)(\bar{A} + \bar{B} + \bar{C} + \bar{D})$
  - $(X + \bar{Y})(W + \bar{Z})(\bar{X} + \bar{Y} + \bar{Z})(W + X + Y + Z)$
48. Para a função especificada na tabela-verdade da Figura 4-59, determine a expressão de produto-de-somas mínima usando um mapa de Karnaugh.
49. Determine a expressão de produto-de-somas mínima para a função na tabela-verdade da Figura 4-60.
50. Converta cada uma das seguintes expressões de produto-de-somas em expressões de soma-de-produtos mínimas usando um mapa de Karnaugh:
- $(A + \bar{B})(A + \bar{C})(\bar{A} + \bar{B} + C)$
  - $(\bar{A} + B)(\bar{A} + \bar{B} + \bar{C})(B + \bar{C} + D)(A + \bar{B} + C + \bar{D})$

**SEÇÃO 4-11 Mapas de Karnaugh de Cinco Variáveis**

51. Minimize a seguinte expressão de soma-de-produtos usando um mapa de Karnaugh:

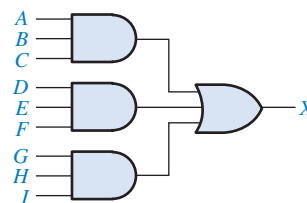
$$X = \bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D}\bar{E} + \bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D}E + \bar{A}\bar{B}\bar{C}D\bar{E} + \bar{A}\bar{B}\bar{C}DE + \bar{A}B\bar{C}\bar{D}\bar{E} + \bar{A}B\bar{C}\bar{D}E + \bar{A}B\bar{C}D\bar{E} + \bar{A}B\bar{C}DE + \bar{A}B\bar{C}\bar{D}\bar{E} + \bar{A}B\bar{C}\bar{D}E + \bar{A}B\bar{C}D\bar{E} + \bar{A}B\bar{C}DE + \bar{A}B\bar{C}\bar{D}\bar{E} + \bar{A}B\bar{C}\bar{D}E + \bar{A}B\bar{C}D\bar{E} + \bar{A}B\bar{C}DE$$

52. Aplique o método do mapa de Karnaugh para minimizar a seguinte expressão de soma-de-produtos:

$$A = \bar{V}WXYZ + \bar{V}\bar{W}XYZ + \bar{V}W\bar{X}YZ + \bar{V}WXY\bar{Z} + \bar{V}WXYZ + \bar{V}\bar{W}\bar{X}\bar{Y}\bar{Z} + \bar{V}\bar{W}\bar{X}YZ + \bar{V}\bar{W}XY\bar{Z} + \bar{V}\bar{W}XYZ$$

**SEÇÃO 4-12 VHDL (Opcional)**

53. Escreva um programa VHDL para o circuito lógico dado na Figura 4-61.

► **FIGURA 4-61**

54. Escreva um programa em VHDL para a expressão

$$Y = \bar{A}\bar{B}C + \bar{A}B\bar{C} + A\bar{B}\bar{C} + \bar{A}BC$$

**Aplicações em Sistemas Digitais**

55. Se um técnico é solicitado para escolher um tipo de display digital para um ambiente de baixa luminosidade, ele deve selecionar um display de LEDs ou um LCD de 7 segmentos? Por quê?
56. Explique porque os códigos 1010, 1011, 1100, 1101, 1110 e 1111 se enquadram na categoria de “don’t care” em aplicações de displays de 7 segmentos?
57. Para o segmento *b*, qual a quantidade de portas e inversores a menos são necessários para implementar a expressão de soma-de-produtos mínima em relação à expressão de soma-de-produtos padrão.
58. Repita o Problema 57 para a lógica dos segmentos de *c* até *g*.

**Problemas Especiais de Projeto**

59. A lógica para o segmento *a* na Figura 4-52 produz uma saída de nível ALTO para ativar o segmento assim como os circuitos para cada um dos outros segmentos. Se um tipo de display de 7 segmentos que for usado necessitar de um nível BAIXO para ativar cada segmento, modifique a lógica de segmento para ficar de acordo.



60. Reprojete a lógica para o segmento  $a$  usando uma expressão de produto-de-somas mínima. Qual das expressões é mais simples, a de produto-de-somas mínima ou a de soma-de-produtos mínima?
61. Repita o Problema 60 para os segmentos de  $b$  até  $g$ .
62. Sintetize os resultados dos seus esforços de reprojeto despendidos nos Problemas 60 e 61 e recomende o melhor projeto baseado num menor número de CIs. Especifique os tipos de CIs.



### Prática de Análise de Defeito Usando o Multisim

63. Abra o arquivo P04-63, aplique os sinais de entrada e observe a operação do circuito lógico. Determine se existe ou não um defeito.
64. Abra o arquivo P04-64, aplique os sinais de entrada e observe a operação do circuito lógico. Determine se existe ou não um defeito.
65. Abra o arquivo P04-65, aplique os sinais de entrada e observe a operação do circuito lógico. Determine se existe ou não um defeito.

## RESPOSTAS

### SEÇÕES DE REVISÃO

#### SEÇÃO 4-1 Operações e Expressões Booleanas

1.  $\bar{A} = \bar{0} = 1$     2.  $A = 1, B = 1, C = 0; \bar{A} + \bar{B} + C = \bar{1} + \bar{1} + 0 = 0 + 0 + 0 = 0$   
 3.  $A = 1, B = 0, C = 1; \bar{A}\bar{B}C = 1 \cdot 0 \cdot \bar{1} = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$

#### SEÇÃO 4-2 Leis e Regras da Álgebra Booleana

1.  $A + (B + C + D) = (A + B + C) + D$     2.  $A(B + C + D) = AB + AC + AD$

#### SEÇÃO 4-3 Teoremas de DeMorgan

1. (a)  $\overline{ABC} + \overline{(D + E)} = \bar{A} + \bar{B} + \bar{C} + \bar{D}\bar{E}$     (b)  $\overline{(A + B)C} = \bar{A}\bar{B} + \bar{C}$   
 (c)  $\overline{A + B + C} + \bar{D}\bar{E} = \bar{A}\bar{B}\bar{C} + D + \bar{E}$

#### SEÇÃO 4-4 Análise Booleana de Circuitos Lógicos

1.  $(C + D)B + A$   
 2. Tabela-verdade abreviada: a expressão é 1 quando  $A$  é 1 ou quando  $B$  e  $C$  são 1s ou quando  $B$  e  $D$  são 1s. A expressão é 0 para todas as outras combinações das variáveis.

#### SEÇÃO 4-5 Simplificação Usando a Álgebra Booleana

1. (a)  $A + AB + \bar{A}\bar{B}C = A$     (b)  $(\bar{A} + B)C + ABC = C(\bar{A} + B)$   
 (c)  $\bar{A}\bar{B}C(BD + CDE) + A\bar{C} = A(\bar{C} + \bar{B}DE)$   
 2. (a) *Original*: 2 portas AND, 1 porta OR, 1 inversor; *Simplificado*: nenhuma porta (conexão direta).  
 (b) *Original*: 2 portas OR, 2 portas AND, 1 inversor; *Simplificado*: 1 porta OR, 1 porta AND, 1 inversor.  
 (c) *Original*: 5 portas AND, 2 portas OR, 2 inversores; *Simplificado*: 2 portas AND, 1 porta OR, 2 inversores.

#### SEÇÃO 4-6 Formas Padronizadas de Expressões Booleanas

1. (a) soma-de-produtos    (b) produto-de-somas padrão    (c) soma-de-produtos padrão  
 (d) produto-de-somas  
 2. (a)  $\bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D} + \bar{A}\bar{B}\bar{C}D + \bar{A}\bar{B}C\bar{D} + \bar{A}\bar{B}CD + \bar{A}B\bar{C}\bar{D} + \bar{A}B\bar{C}D + \bar{A}BC\bar{D} + \bar{A}BCD$   
 (c) Já está na forma padrão  
 3. (b) Já está na forma padrão  
 (d)  $(A + \bar{B} + \bar{C})(A + \bar{B} + C)(A + B + \bar{C})(A + B + C)$

**SEÇÃO 4-7 Expressões Booleanas e Tabelas-verdade**

1.  $2^5 = 32$       2.  $0110 \longrightarrow \overline{W}XYZ$       3.  $1100 \longrightarrow \overline{W} + \overline{X} + Y + Z$

**SEÇÃO 4-8 O Mapa de Karnaugh**

1. (a) célula superior esquerda: 000      (b) célula inferior direita: 101  
     (c) célula inferior esquerda: 100      (d) célula superior direita: 001
2. (a) célula superior esquerda:  $\overline{X}\overline{Y}\overline{Z}$       (b) célula inferior direita:  $X\overline{Y}\overline{Z}$   
     (c) célula inferior esquerda:  $X\overline{Y}Z$       (d) célula superior direita:  $\overline{X}\overline{Y}Z$
3. (a) célula superior esquerda: 0000      (b) célula inferior direita: 1010  
     (c) célula inferior esquerda: 1000      (d) célula superior direita: 0010
4. (a) célula superior esquerda:  $\overline{W}\overline{X}\overline{Y}\overline{Z}$       (b) célula inferior direita:  $W\overline{X}\overline{Y}\overline{Z}$   
     (c) célula inferior esquerda:  $W\overline{X}\overline{Y}Z$       (d) célula superior direita:  $W\overline{X}\overline{Y}Z$

**SEÇÃO 4-9 Minimização de Soma-de-Produtos Usando o Mapa de Karnaugh**

1. Mapa de 8 células para 3 variáveis; mapa de 16 células para 4 variáveis
2.  $AB + \overline{B}\overline{C} + \overline{A}\overline{B}\overline{C}$
3. (a)  $\overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}BC + ABC + AB\overline{C}$   
     (b)  $\overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}\overline{B}C + \overline{A}BC + ABC + A\overline{B}\overline{C} + A\overline{B}C$   
     (c)  $\overline{A}\overline{B}\overline{C}\overline{D} + \overline{A}\overline{B}\overline{C}D + \overline{A}\overline{B}C\overline{D} + \overline{A}\overline{B}CD + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD + A\overline{B}\overline{C}\overline{D} + A\overline{B}\overline{C}D$   
     (d)  $\overline{A}\overline{B}\overline{C}\overline{D} + \overline{A}\overline{B}\overline{C}D + \overline{A}\overline{B}C\overline{D} + \overline{A}\overline{B}CD + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD + A\overline{B}\overline{C}\overline{D} + A\overline{B}\overline{C}D$   
      $ABC\overline{D} + ABCD + A\overline{B}\overline{C}\overline{D}$

**SEÇÃO 4-10 Minimização de Produto-de-Somas Usando o Mapa de Karnaugh**

1. Inserindo uma expressão de produto-de-somas num mapa, os 0s são colocados em células cujos valores tornam o termo-soma padrão zero; e na inserção de uma expressão de soma-de-produtos num mapa, os 1s são colocados nas células que possuem os mesmos valores que os termos-produto.
2. 0 na célula 1011:  $\overline{A} + B + \overline{C} + \overline{D}$       3. 1 na célula 0010:  $\overline{A}\overline{B}CD$

**SEÇÃO 4-11 Mapas de Karnaugh de Cinco Variáveis**

1. Existem 32 combinações de 5 variáveis ( $2^5 = 32$ )
2.  $X = 1$  porque a função é 1 para todas as combinações possíveis de 5 variáveis.

**SEÇÃO 4-12 VHDL (Opcional)**

1. Um HDL é uma linguagem de descrição de hardware para lógica de programação.
2. Entidade e arquitetura
3. A entidade especifica as entradas e saídas de uma função lógica.
4. A arquitetura especifica a operação de uma função lógica.

**PROBLEMAS RELACIONADOS APRESENTADOS NOS EXEMPLOS**

- 4-1.  $\overline{A} + B = 0$  quando  $A = 1$  e  $B = 0$ .
- 4-2.  $\overline{A}\overline{B} = 1$  quando  $A = 0$  e  $B = 0$ .      4-3.  $XYZ$
- 4-4.  $W + X + Y + Z$       4-5.  $AB\overline{C}\overline{D}\overline{E}$       4-6.  $(A + \overline{B} + \overline{C}D)\overline{E}$
- 4-7.  $\overline{A}BCD = \overline{A} + \overline{B} + \overline{C} + \overline{D}$       4-8.  $\overline{A}\overline{B}$       4-9.  $CD$
- 4-10.  $AB\overline{C} + \overline{A}C + \overline{A}\overline{B}$
- 4-11.  $\overline{A} + \overline{B} + \overline{C}$       4-12.  $\overline{A}\overline{B}\overline{C} + AB + A\overline{C} + \overline{A}\overline{B} + \overline{B}\overline{C}$
- 4-13.  $W\overline{X}YZ + W\overline{X}\overline{Y}Z + W\overline{X}YZ + \overline{W}\overline{X}\overline{Y}Z + W\overline{X}YZ + W\overline{X}\overline{Y}Z$
- 4-14. 011, 101, 110, 010, 111. Sim.

**4-15.**  $(A + \bar{B} + C)(A + \bar{B} + \bar{C})(A + B + C)(\bar{A} + B + C)$

**4-16.** 010, 100, 001, 111, 011. Sim

**4-17.** Expressões de soma-de-produtos e produto-de-somas são equivalentes

**4-18.** Veja a Tabela 4-11.      **4-19.** Veja a Tabela 4-12.

▼ TABELA 4-11

A	B	C	X
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	0

▼ TABELA 4-12

A	B	C	X
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

**4-20.** As expressões de soma-de-produtos e produto-de-somas são equivalentes.

**4-21.** Veja a Figura 4-62.

**4-22.** Veja a Figura 4-63.

**4-23.** Veja a Figura 4-64.

**4-24.** Veja a Figura 4-65.

**4-25.** Não existe nenhuma outra forma.

**4-26.**  $X = B + \bar{A}C + A\bar{C}D + C\bar{D}$

**4-27.**  $X = \bar{D} + A\bar{B}C + B\bar{C} + \bar{A}B$

**4-28.**  $Q = X + Y$

**4-29.**  $Q = \bar{X}\bar{Y}\bar{Z} + W\bar{X}Z + \bar{W}YZ$

**4-30.** Veja a Figura 4-66.

AB \ C	0	1
00		
01		1
11		
10	1	1

▲ FIGURA 4-62

AB \ CD	00	01	11	10
00				
01				1
11	1		1	1
10				

▲ FIGURA 4-63

AB \ C	0	1
00	1	
01	1	1
11		1
10		

▲ FIGURA 4-64

AB \ CD	00	01	11	10
00		1		
01		1		1
11	1	1	1	1
10	1	1	1	1

▲ FIGURA 4-65

AB \ CD	00	01	11	10
00	0	0		
01				0
11				
10				0

▲ FIGURA 4-66

**4-31.**  $Q = (X + \bar{Y})(X + \bar{Z})(\bar{X} + Y + Z)$

**4-32.**  $Q = (\bar{X} + \bar{Y} + Z)(\bar{W} + \bar{X} + Z)(W + X + Y + Z)(W + \bar{X} + Y + \bar{Z})$

**4-33.**  $Q = \bar{Y}\bar{Z} + \bar{X}\bar{Z} + \bar{W}Y + \bar{X}\bar{Y}Z$

**4-34.**  $Y = \bar{D}\bar{E} + \bar{A}\bar{E} + \bar{B}\bar{C}\bar{E}$

**4-35.**  $X \Leftarrow (A \text{ and } B) \text{ nor } (C \text{ and } D)$

#### AUTOTESTE

1. (d)    2. (a)    3. (b)    4. (c)    5. (d)    6. (b)    7. (a)    8. (b)  
 9. (d)    10. (d)    11. (c)    12. (b)    13. (b)    14. (c)    15. (a)    16. (c)  
 17. (a)    18. (b)    19. (c)    20. (b)    21. (c)