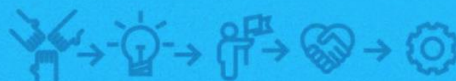




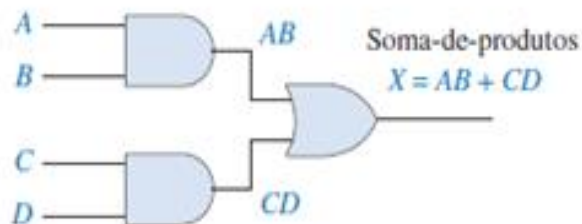
**#SOMOS
MAIS
UNIFG**



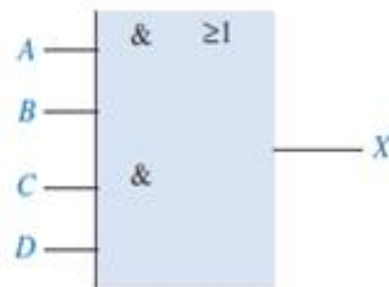
Lógica AND-OR

A Figura 5–1(a) mostra um circuito AND-OR que consiste em duas portas AND de 2 entradas e uma porta OR de 2 entradas; a Figura 5–1(b) é o símbolo retangular padrão ANSI. As expressões Booleanas para as saídas das portas AND e a expressão de soma-de-produtos resultante para a saída X são mostradas no diagrama. Em geral, um circuito AND-OR pode ter qualquer número de portas AND, cada uma com um número qualquer de entradas.

A tabela-verdade para um circuito lógico AND-OR de 4 entradas é mostrada na Tabela 5–1. A saída da porta AND intermediária (as colunas AB e CD) também são mostradas na tabela.



(a) Diagrama lógico (símbolos característicos padrão ANSI)



(b) Símbolo retangular (padrão ANSI)



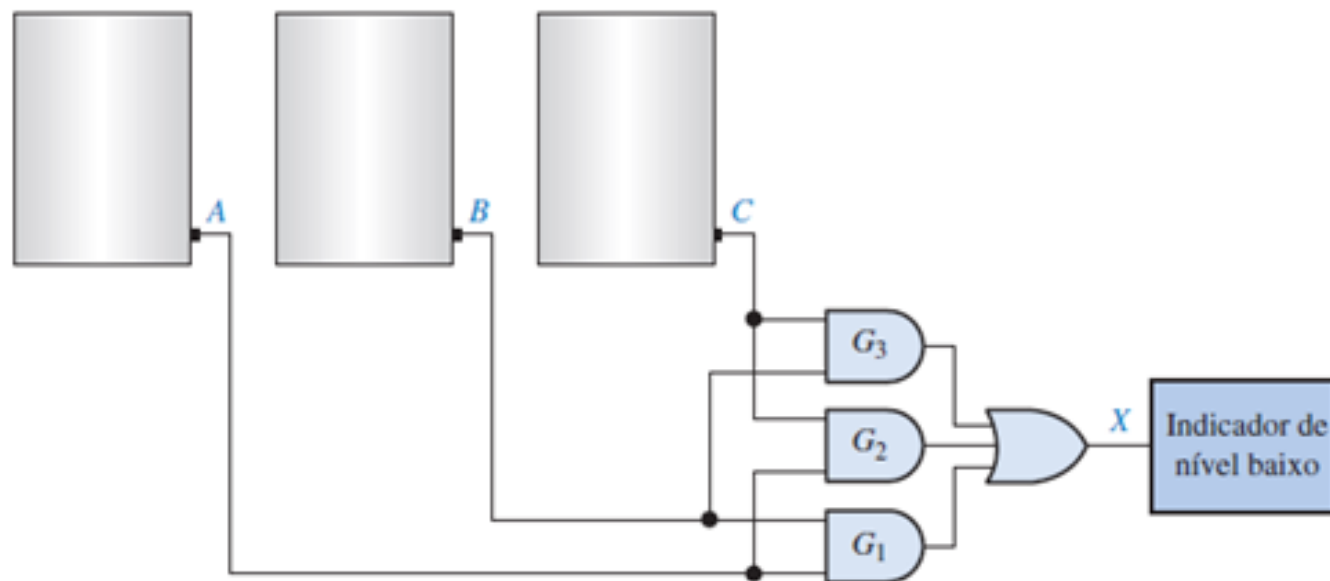
ENTRADAS				SAÍDA		
A	B	C	D	AB	CD	X
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1
0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0
0	1	1	1	0	1	1
1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0
1	0	1	1	0	1	1
1	1	0	0	1	0	1
1	1	0	1	1	0	1
1	1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1

Um circuito AND-OR implementa diretamente uma expressão de soma-de-produtos, considerando que o complemento (se houver) das variáveis estejam disponíveis. A operação do circuito AND-OR

Em uma certa planta de um processo químico, uma substância química na forma líquida é usada num processo industrial. O líquido é armazenado em três tanques diferentes. Um sensor de nível em cada tanque produz uma tensão de nível ALTO quando o nível do líquido no tanque cai abaixo de um ponto especificado.

Projete um circuito que monitore o nível do líquido em cada tanque e indique quando o nível em dois tanques quaisquer cai abaixo do ponto especificado.

O circuito AND-OR mostrado na Figura 1 em entradas a partir de sensores nos tanques A , B e C conforme mostrado. A porta AND G_1 monitora os níveis nos tanques A e B , a porta G_2 monitora os tanques A e C e a porta G_3 monitora os tanques B e C . Quando o nível do líquido em dois tanques quaisquer se torna baixo, uma das portas AND terá níveis ALTOS em suas duas entradas, fazendo com que a saída seja nível ALTO; assim a saída final X a partir da porta OR é nível ALTO. Essa entrada de nível ALTO é então usada para ativar um indicador tal como uma lâmpada ou um alarme audível, conforme mostra a figura.



Lógica AND-OR-Inversor

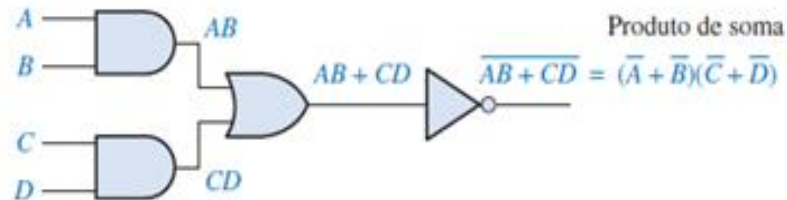
Quando a saída de um circuito AND-OR é complementada (invertida), resulta num circuito AND-OR-Inversor. Lembre-se que as expressões de soma-de-produtos implementam diretamente uma lógica AND-OR. Expressões de produto-de-somas podem ser implementadas com lógica AND-OR-Inversor. Isso está ilustrado a seguir, começando com uma expressão de produto-de-somas e desenvolvendo a correspondente expressão AND-OR-Inversor.

$$X = (\bar{A} + \bar{B})(\bar{C} + \bar{D}) = (\overline{AB})(\overline{CD}) = \overline{\overline{\overline{AB}}(\overline{CD})} = \overline{\overline{AB} + \overline{CD}} = \overline{AB} + \overline{CD}$$

Um circuito AND-OR-Inversor produz uma saída de produto-de-somas. Abra o arquivo F05-03 para verificar a operação.



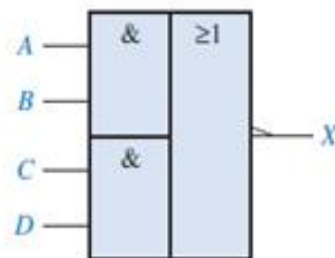
O diagrama lógico mostrado na Figura mostra um circuito AND-OR-Inversor e o desenvolvimento da expressão de saída de produto-de-somas. O símbolo retangular padrão ANSI é mostrado na parte (b). Em geral, um circuito AND-OR-Inversor pode ter um número qualquer de portas AND tendo cada uma um número qualquer de entradas.



(a)

Produto de soma

$$\overline{AB + CD} = (\overline{A} + \overline{B})(\overline{C} + \overline{D})$$



(b)

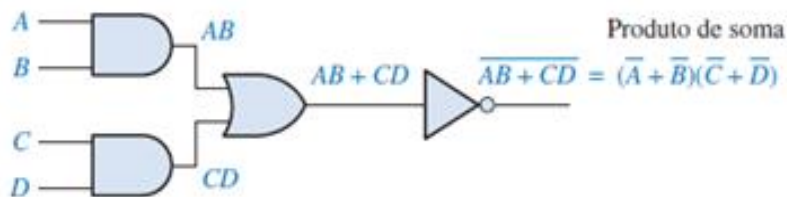
A operação do circuito AND-OR-Inversor mostrado na Figura 5-3 é expressa como a seguir:

Para um circuito lógico AND-OR-Inversor de 4 entradas, a saída X é nível BAIXO (0) se as entradas A e B estiverem em nível ALTO (1) ou as entradas C e D estiverem em nível ALTO (1).

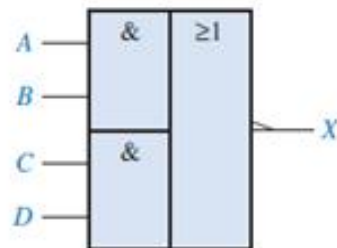
Uma tabela-verdade pode ser desenvolvida a partir da tabela-verdade AND-OR dada na Tabela: simplesmente trocando todos os 1s por 0s e todos os 0s por 1s na coluna de saída.

O diagrama lógico mostrado na Figura 5-3 mostra um circuito AND-OR-Inversor e o desenvolvimento da expressão de saída de produto-de-somas. O símbolo retangular padrão ANSI é mostrado na parte (b). Em geral, um circuito AND-OR-Inversor pode ter um número qualquer de portas AND tendo cada uma um número qualquer de entradas.

Um circuito AND-OR-Inversor produz uma saída de produto-de-somas. Abra o arquivo F05-03 para verificar a operação.



(a)



(b)

A operação do circuito AND-OR-Inversor mostrado na Figura 5-3 é expressa como a seguir:

Para um circuito lógico AND-OR-Inversor de 4 entradas, a saída X é nível BAIXO (0) se as entradas A e B estiverem em nível ALTO (1) ou as entradas C e D estiverem em nível ALTO (1).

Uma tabela-verdade pode ser desenvolvida a partir da tabela-verdade AND-OR dada na Tabela 5-1 simplesmente trocando todos os 1s por 0s e todos os 0s por 1s na coluna de saída.

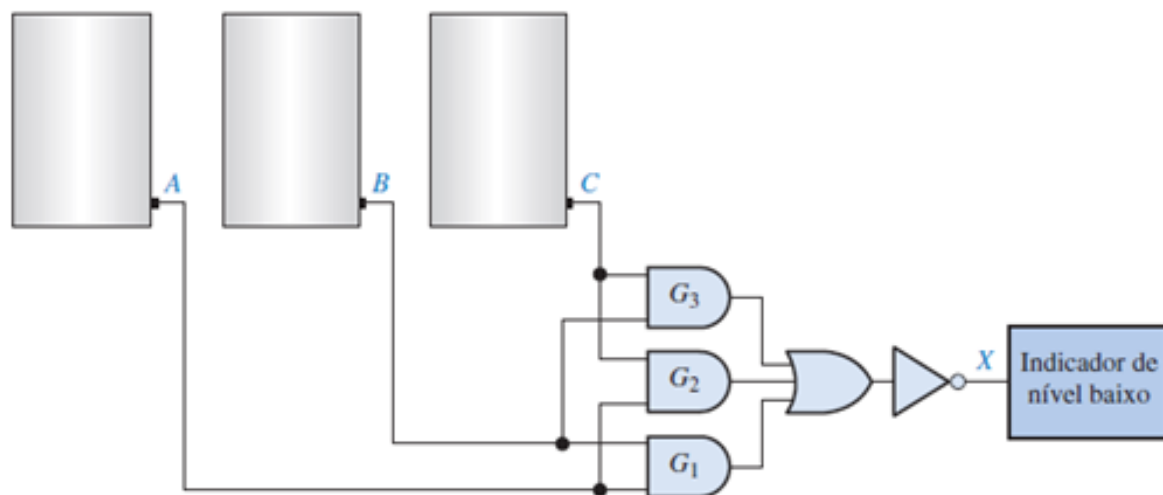
Os sensores nos tanques que contêm um produto químico na forma líquida conforme mostra a Figura 1 são substituídos por um novo modelo que produz uma tensão de nível BAIXO em vez de uma tensão de nível ALTO quando o nível do líquido no tanque cai abaixo de um ponto crítico.

Modifique o circuito dado na Figura 2 para operar com níveis lógicos de entrada diferentes e ainda produzir uma saída de nível ALTO para ativar o indicador quando os níveis em dois tanques quaisquer caírem abaixo do ponto crítico. Mostre o diagrama lógico.

Os sensores nos tanques que contêm um produto químico na forma líquida conforme mostra a Figura 1 são substituídos por um novo modelo que produz uma tensão de nível BAIXO em vez de uma tensão de nível ALTO quando o nível do líquido no tanque cai abaixo de um ponto crítico.

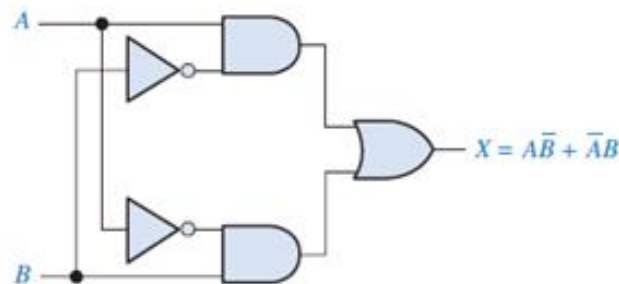
Modifique o circuito dado na Figura 2 para operar com níveis lógicos de entrada diferentes e ainda produzir uma saída de nível ALTO para ativar o indicador quando os níveis em dois tanques quaisquer caírem abaixo do ponto crítico. Mostre o diagrama lógico.

O circuito AND-OR-Inversor visto na Figura tem entradas a partir de sensores nos tanques A , B e C como mostrado. A porta AND G_1 monitora os níveis nos tanques A e B , a porta G_2 monitora os tanques A e C e a porta G_3 monitora os tanques B e C . Quando os níveis dos líquidos em dois tanques quaisquer estiverem muito baixos, cada porta AND terá um nível BAIXO em pelo menos uma entrada fazendo com que sua saída tenha um nível BAIXO, assim a saída final X a partir do inversor é nível ALTO. Essa saída de nível ALTO é então usada para ativar um indicador.



Lógica EX-OR

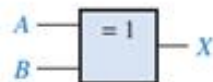
A porta EX-OR foi introduzida no Capítulo 3. Embora, devido à sua importância, esse circuito seja considerado um tipo de porta lógica com o seu próprio símbolo, ele é na realidade uma combinação de duas portas AND, uma porta OR e dois inversores, conforme mostrado na Figura 5-5(a). Os dois símbolos lógicos são mostrados nas partes (b) e (c).



(a) Diagrama lógico



(b) Símbolo característico ANSI



(c) Símbolo retangular ANSI

A expressão de saída para o circuito mostrado na Figura 5-5 é

$$X = A\bar{B} + \bar{A}B$$

A avaliação dessa expressão resulta na tabela-verdade vista na Tabela 5-2. Observe que a saída é nível ALTO apenas quando as duas entradas estão em níveis opostos. Um operador EX-OR especial \oplus é usado sempre, assim a expressão $X = A\bar{B} + \bar{A}B$ pode ser lida como “X é igual a A EX-OR B” e pode ser escrita como:

$$X = A \oplus B$$

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

◀ TABELA 5-2

Tabela-verdade para uma EX-OR

Lógica EX-NOR

Como já sabemos, o complemento de uma função EX-OR é a EX-NOR, deduzida como:

$$X = \overline{AB} + \overline{A\overline{B}} = \overline{(AB)} \overline{(\overline{A\overline{B}})} = (\overline{A} + B)(A + \overline{B}) = \overline{A}\overline{B} + AB$$

Observe que a saída X é nível ALTO apenas quando as duas entradas A e B estão no mesmo nível lógico.

A EX-NOR pode ser implementada simplesmente invertendo a saída de uma EX-OR, conforme mostra a Figura 5-6(a), ou diretamente implementando a expressão $\overline{A}\overline{B} + AB$, como mostrado na parte (b).

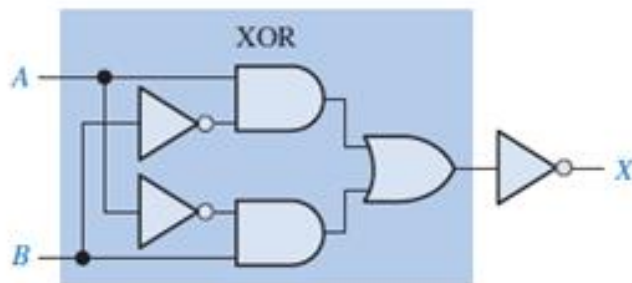
Lógica EX-NOR

Como já sabemos, o complemento de uma função EX-OR é a EX-NOR, deduzida como:

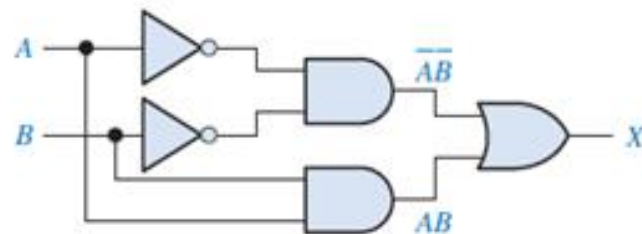
$$X = \overline{AB} + \overline{\overline{A}\overline{B}} = \overline{(AB)} (\overline{\overline{A}\overline{B}}) = (\overline{A} + \overline{B})(A + \overline{B}) = \overline{A}\overline{B} + AB$$

Observe que a saída X é nível ALTO apenas quando as duas entradas A e B estão no mesmo nível lógico.

A EX-NOR pode ser implementada simplesmente invertendo a saída de uma EX-OR, conforme mostra a Figura 5-6(a), ou diretamente implementando a expressão $\overline{A}\overline{B} + AB$, como mostrado na parte (b).



(a) $X = \overline{AB} + \overline{\overline{A}\overline{B}}$



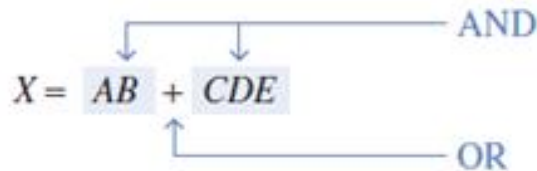
(b) $X = \overline{A}\overline{B} + AB$

De uma Expressão Booleana para um Circuito lógico

Vamos examinar a seguinte expressão Booleana:

$$X = AB + CDE$$

Uma breve inspeção mostra que essa expressão é composta de dois termos, AB e CDE , com um domínio de cinco variáveis. O primeiro termo é formado por uma AND entre A e B e o segundo termo é formado por uma AND entre C , D e E . Os dois termos passam então por uma função OR para formar a saída X . Essas operações são indicadas na estrutura da expressão como mostrado a seguir:



Observe que nessa expressão particular, as operações AND formam os dois termos individuais, AB e CDE , os quais têm que ser formados *antes* de submetê-los a uma operação OR.

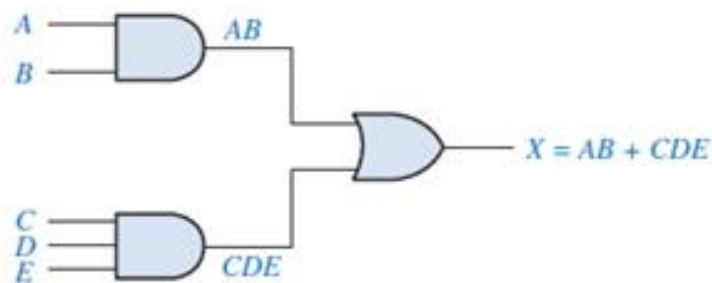
Para implementar essa expressão Booleana, uma porta AND de 2 entradas é necessária para formar o termo AB e uma porta AND de três entradas é usada para formar o termo CDE . Em seguida, é necessário uma porta OR para combinar os dois termos AND. O circuito lógico resultante é mostrado na Figura

$$X = AB + CDE$$

↓ AND
↑ OR

Observe que nessa expressão particular, as operações AND formam os dois termos individuais, AB e CDE , os quais têm que ser formados *antes* de submetê-los a uma operação OR.

Para implementar essa expressão Booleana, uma porta AND de 2 entradas é necessária para formar o termo AB e uma porta AND de três entradas é usada para formar o termo CDE . Em seguida, é necessário uma porta OR para combinar os dois termos AND. O circuito lógico resultante é mostrado na Figura 5-7.

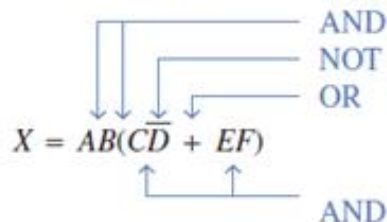


Circuito lógico para $X = AB + CDE$.

Como um outro exemplo, vamos implementar a seguinte expressão:

$$X = AB(\overline{CD} + EF)$$

Observando essa expressão, vemos que existe uma operação AND entre os termos AB e $(\overline{CD} + EF)$. O termo $\overline{CD} + EF$ é formado pela operação OR entre os resultados das operações AND entre C e \overline{D} e entre E e F . Essa estrutura é indicada a seguir:



Antes de podermos implementar a expressão final, temos que criar o termo-soma $\overline{CD} + EF$; mas antes disso precisamos criar os termos-produto \overline{CD} e EF ; mas antes de obtermos o termo \overline{CD} , temos que criar \overline{D} . Portanto, como podemos ver, as operações lógicas têm que ser feitas na ordem adequada.

As portas lógicas necessárias para implementar $X = AB(\overline{CD} + EF)$ são as seguintes:

1. Um inversor para se obter \overline{D}
2. Duas portas AND de duas entradas para se obter \overline{CD} e EF
3. Uma porta OR de duas entradas para se obter $\overline{CD} + EF$
4. Uma porta AND de três entradas para se obter X

Antes de podermos implementar a expressão final, temos que criar o termo-soma $C\bar{D} + EF$; mas antes disso precisamos criar os termos-produto $C\bar{D}$ e EF ; mas antes de obtermos o termo $C\bar{D}$, temos que criar \bar{D} . Portanto, como podemos ver, as operações lógicas têm que ser feitas na ordem adequada.

As portas lógicas necessárias para implementar $X = AB(C\bar{D} + EF)$ são as seguintes:

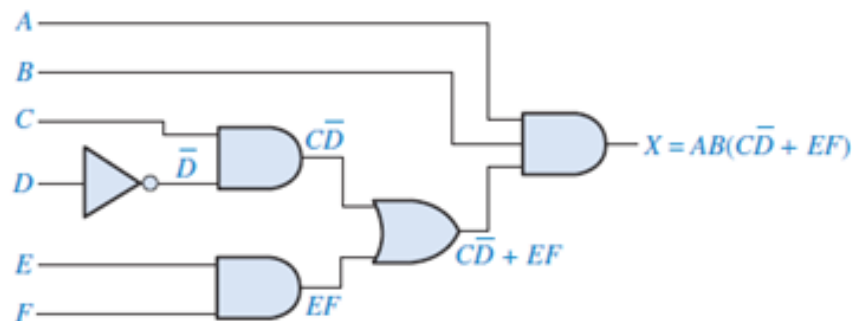
1. Um inversor para se obter \bar{D}
2. Duas portas AND de duas entradas para se obter $C\bar{D}$ e EF
3. Uma porta OR de duas entradas para se obter $C\bar{D} + EF$
4. Uma porta AND de três entradas para se obter X

O circuito lógico para essa expressão é mostrado na Figura 5–8(a). Observe que existe um máximo de quatro portas e um inversor entre uma entrada e uma saída no circuito (da entrada D para a saída). Frequentemente o atraso de propagação total através do circuito lógico é uma consideração importante. Os atrasos de propagação são aditivos, de forma que quanto mais portas ou inversores entre entrada e saída, maior o tempo de atraso de propagação.

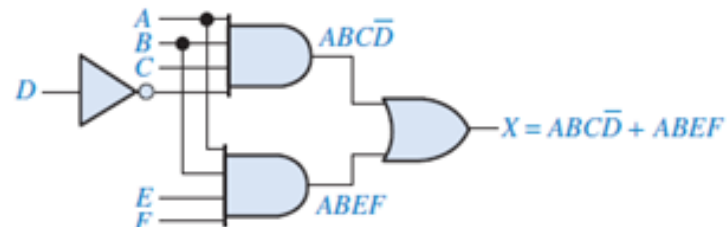
A menos que um termo intermediário, tal como $C\bar{D} + EF$ na Figura 5–8(a), seja necessário como uma saída para alguma outra finalidade, normalmente é melhor reduzir um circuito para a sua forma de soma-de-produtos para reduzir o tempo total de atraso de propagação. A expressão é convertida para soma-de-produtos como a seguir, e o circuito resultante é mostrado na Figura 5–8(b).

$$AB(C\bar{D} + EF) = ABC\bar{D} + ABEF$$

$$AB(\overline{CD} + EF) = ABC\overline{D} + ABEF$$



(a)



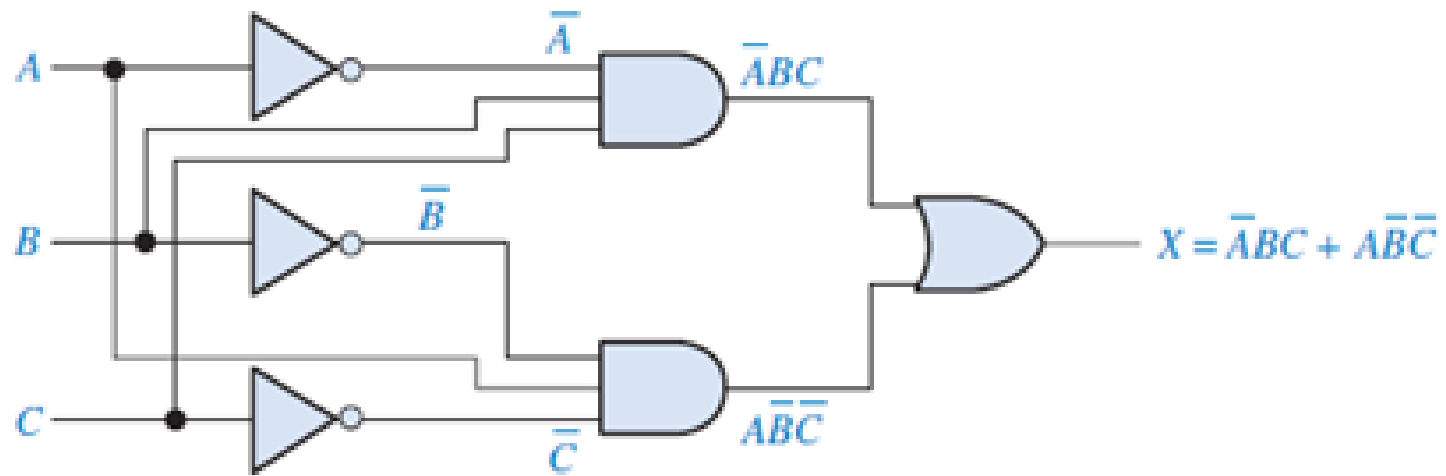
(b) Implementação com soma-de-produtos do circuito da parte (a)

▲ FIGURA 5-8

Circuitos lógicos para $AB(\overline{CD} + EF) = ABC\overline{D} + ABEF$

De uma Tabela-Verdade para um Circuito Lógico

Se começarmos com uma tabela-verdade em vez de uma expressão, podemos escrever a expressão de soma-de-produtos a partir da tabela-verdade e então implementar o circuito lógico. A Tabela especifica uma função lógica.



Projete um circuito lógico para implementar a operação especificada na tabela-verdade mostrada na Tabela

▼ TABELA

ENTRADAS			SAÍDA	TERMO PRODUTO
A	B	C	X	
0	0	0	0	
0	0	1	0	
0	1	0	0	
0	1	1	1	$\bar{A}BC$
1	0	0	0	
1	0	1	1	$A\bar{B}C$
1	1	0	1	$AB\bar{C}$
1	1	1	0	

Desenvolva um circuito lógico com quatro variáveis de entrada que apenas produzirá uma saída 1 quando as três variáveis de entradas forem exatamente 1s.

Dentre as dezesseis combinações possíveis com quatro variáveis, as combinações nas quais existem exatamente três 1s são apresentadas na Tabela juntamente com o correspondente termo-produto para cada uma.

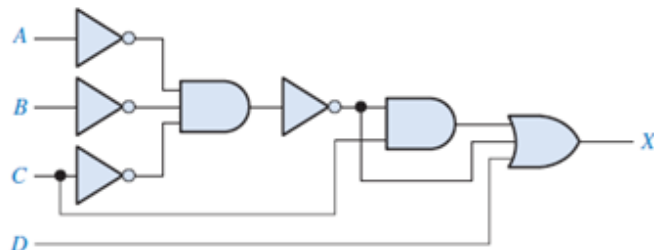
A	B	C	D	TERMO PRODUTO
0	1	1	1	$\bar{A}BCD$
1	0	1	1	$A\bar{B}CD$
1	1	0	1	$AB\bar{C}D$
1	1	1	0	$ABC\bar{D}$

Fazendo uma operação OR entre os termos-produto obtemos a seguinte expressão:

$$X = \bar{A}BCD + A\bar{B}CD + AB\bar{C}D + ABC\bar{D}$$

Essa expressão é implementada na Figura 5-11 com uma lógica AND-OR.

Reduza o circuito lógico combinacional mostrado na Figura 5-12 para uma forma mínima.



Determine se o circuito lógico mostrado na Figura 5-11 pode ser simplificado.

$$X = (\overline{\overline{A}\overline{B}\overline{C}})C + \overline{\overline{A}\overline{B}\overline{C}} + D$$

Aplicando o teorema de DeMorgan e a álgebra Booleana,

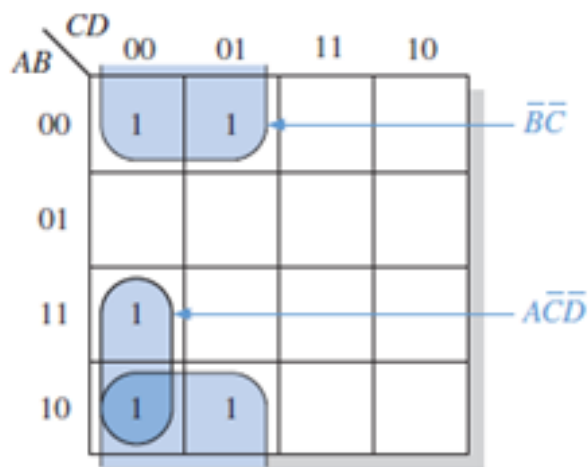
$$\begin{aligned} X &= (\overline{\overline{A} + \overline{B} + \overline{C}})C + \overline{\overline{A} + \overline{B} + \overline{C}} + D \\ &= AC + BC + CC + A + B + C + D \\ &= AC + BC + C + A + B + \cancel{C} + D \\ &= C(A + B + 1) + A + B + D \\ X &= A + B + C + D \end{aligned}$$

O circuito simplificado é uma porta OR de 4 entradas como mostra a Figura

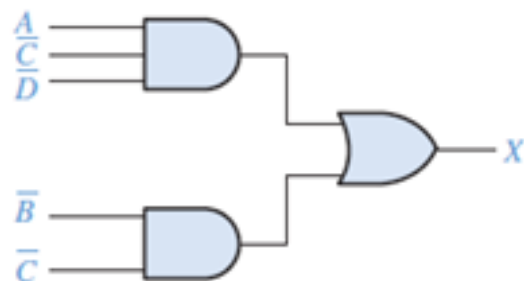
Expandindo o primeiro termo para incluir as variáveis D e \bar{D} que não aparecem.

$$\begin{aligned} X &= \overline{A}\overline{B}\overline{C}(D + \bar{D}) + \overline{A}B\overline{C}\bar{D} + \overline{A}\overline{B}C\bar{D} + \overline{A}\overline{B}C\bar{D} \\ &= \overline{A}\overline{B}\overline{C}D + \overline{A}\overline{B}\overline{C}\bar{D} + \overline{A}B\overline{C}\bar{D} + \overline{A}\overline{B}C\bar{D} + \overline{A}\overline{B}C\bar{D} \end{aligned}$$

Essa expressão de soma-de-produtos expandida é inserida no mapa de Karnaugh e simplificada conforme a Figura 5–15(a). A implementação simplificada é mostrada na parte (b). Os inversores não são mostrados.



(a)



(b)

A Porta NAND como um Elemento Lógico Universal

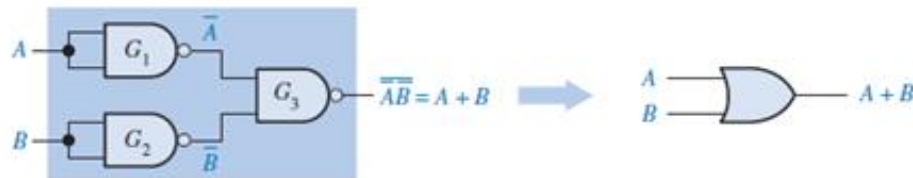
A porta NAND é uma **porta universal** porque ela pode ser usada para produzir as funções NOT, AND, OR e NOR. Um inversor pode ser construído a partir de uma porta NAND interconectando todas as entradas e criando, de fato, uma única entrada, como mostra a Figura 5-16(a) para uma porta de 2 entradas. Uma função AND pode ser gerada a partir do uso de apenas portas NAND, como mostra a Figura 5-16(b). Uma função OR pode ser produzida com portas NAND apenas, conforme ilustra a parte (c). Finalmente, uma função NOR é produzida na parte (d).



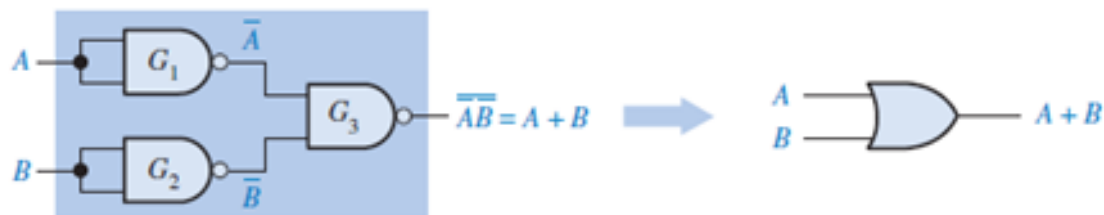
(a) Uma porta NAND usada como um inversor.



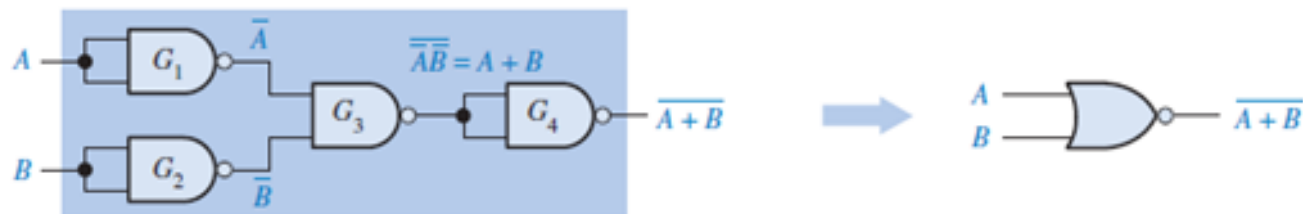
(b) Duas portas NAND usadas como uma porta AND.



(c) Três portas NAND usadas como uma porta OR.



(c) Três portas NAND usadas como uma porta OR.



(d) Quatro portas NAND usadas como uma porta NOR.

Na Figura : uma porta NAND é usada para inverter (complementar) a saída de uma NAND para se obter uma função AND, conforme indicado na equação a seguir:

$$X = \overline{\overline{AB}} = AB$$

Na Figura 5-17(a) as portas NAND G_1 e G_2 são usadas para inverter as duas variáveis de entrada antes que elas sejam aplicadas na porta NAND G_3 . A saída final da OR é obtida com a aplicação do teorema de DeMorgan:

$$X = \overline{\overline{A} \overline{B}} = A + B$$

Na Figura 5-17(b) a porta NAND G_4 é usada como um inversor conectado ao circuito da parte (c) para produzir a operação NOR $\overline{A + B}$.

A Porta NOR como um Elemento Lógico Universal

Assim como a porta NAND, a porta NOR pode ser usada para produzir as funções NOT, AND, OR e NAND. Um circuito NOT, ou inversor, pode ser feito a partir de uma porta NOR interconectando todas as entradas para criar efetivamente uma única entrada, como mostra a Figura 5-17(a) com um exemplo de 2 entradas. Além disso, uma porta OR pode ser produzida a partir de portas NOR, como ilustrado na Figura 5-17(b). Uma porta AND pode ser construída usando portas NOR, como mostra a Figura 5-17(c). Nesse caso as portas NOR G_1 e G_2 são usadas como inversores e a saída final é obtida a partir do uso do teorema de DeMorgan da seguinte forma:

$$X = \overline{\overline{A} + \overline{B}} = AB$$

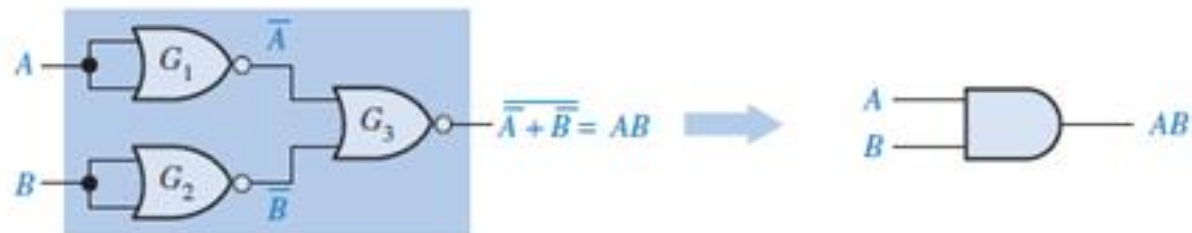
mostra como portas NOR são usadas para se obter uma função NAND.



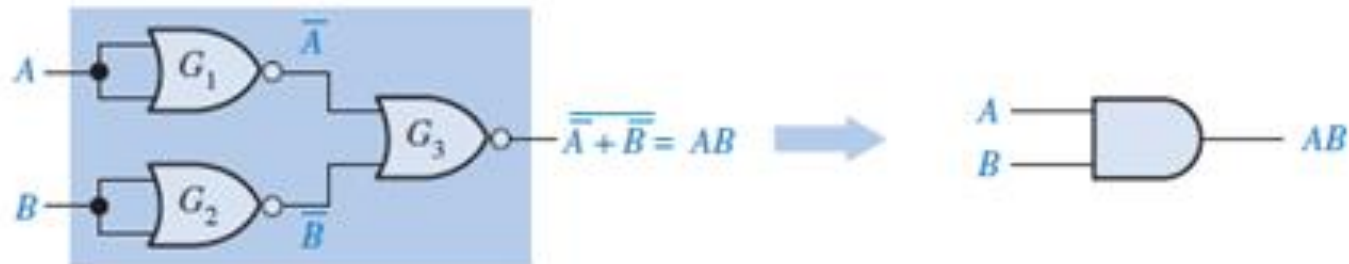
(a) Uma porta NOR usada como um inversor.



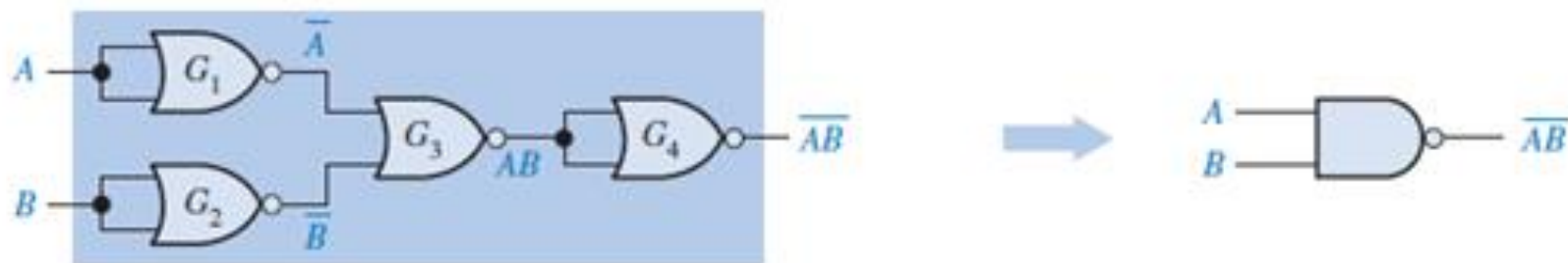
(b) Duas portas NOR usadas como uma porta OR.



(c) Três portas NOR usadas como uma porta AND.



(c) Três portas NOR usadas como uma porta AND.



(d) Quatro portas NOR usadas como uma porta NAND.



#**SOMOS
MAIS
UNIFG**