

3. Portas Lógicas

Objetivos

- Descrever a operação do inversor, da porta AND e da porta OR
- Descrever a operação da porta NAND e da porta NOR
- Expressar a operação da função NOT e das portas AND, OR, NAND e NOR usando a álgebra Booleana
- Descrever a operação das portas EX-OR e EX-NOR
- Reconhecer e usar tanto os símbolos característicos de portas lógicas quanto os símbolos retangulares do padrão da 91-1984 ANSI/IEEE

Objetivos

- Construir diagramas de temporização mostrando as relações de tempo entre as entradas e saídas de diversas portas lógicas
- Usar cada uma das portas lógicas em aplicações simples

Introdução

- Será dada ênfase na operação, aplicação e análise de defeito de portas lógicas
- As formas de onda que relacionam as entradas com a saída de uma porta lógica usando diagrama de temporização serão abordadas
- Os símbolos lógicos usados para representar as portas lógicas estão de acordo com o padrão 91-1984 da ANSI/IEEE
- Esse padrão foi adotado pela indústria privada e militar para uso em documentações internas bem como na literatura publicada

3. Portas Lógicas

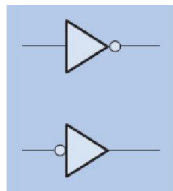
1. O Inversor

Introdução

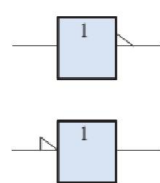
- O inversor (circuito NOT) realiza a operação denominada *inversão* ou *complementação*
- O inversor troca um nível lógico para o nível lógico oposto
- Em termos de bit, ele troca 1 por 0 e 0 por 1

Introdução

- Os símbolos lógicos padronizados para um **inversor** são mostrados abaixo
 - A parte (a) mostra os símbolos *característicos* e a parte (b) mostra os símbolos *retangulares*



(a) Símbolos característicos com indicadores de negação



(b) Símbolos retangulares com indicadores de polaridade

Os Indicadores de Negação e Polaridade

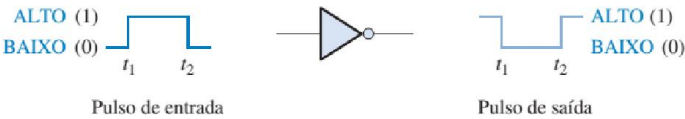
- O indicador de negação é um pequeno círculo (O) que indica a **inversão** ou complementação quando ele aparece na entrada ou saída de qualquer elemento lógico (Figura a)
 - Geralmente, as entradas estão à esquerda do símbolo lógico e a saída à direita
- O indicador de polaridade ou nível é um triângulo (∇) que indica a inversão quando aparece na entrada ou saída de um elemento lógico (Figura b)

Tabela-Verdade do Inversor

ENTRADA	SAÍDA
BAIXO (0)	ALTO (1)
ALTO (1)	BAIXO (0)

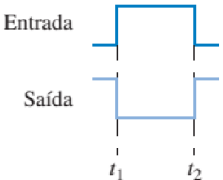
Operação do Inversor

- A figura abaixo mostra a saída de um inversor para um pulso de entrada, onde t_1 e t_2 indicam os pontos correspondentes nas formas de onda de entrada e saída
- Quando a entrada for nível BAIXO, a saída será nível ALTO; quando a entrada for nível ALTO, a saída será nível BAIXO, gerando então um pulso de saída invertido




Diagramas de Temporização

- Um diagrama de temporização mostra a relação temporal de duas ou mais formas de onda
 - Por exemplo, a relação temporal entre o pulso de saída e o de entrada
- Os diagramas de temporização são especialmente úteis para ilustrar a relação temporal de formas de onda digital com múltiplos pulsos

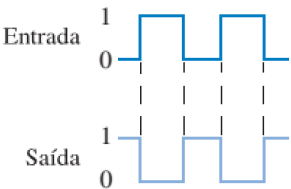


Exemplo

- Uma forma de onda é aplicada no inversor da figura abaixo
- 
- Determine a forma de onda de saída correspondente à entrada e mostre o diagrama de temporização
 - De acordo com o posicionamento do pequeno círculo, qual é o estado ativo da saída?

Exemplo

- Resposta:
 - A forma de onda de saída é exatamente oposta à de entrada (invertida), conforme mostra a figura abaixo, que é um diagrama de temporização
 - O estado ativo ou acionado da saída é 0

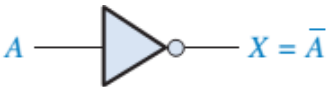


Expressão Lógica para um Inversor

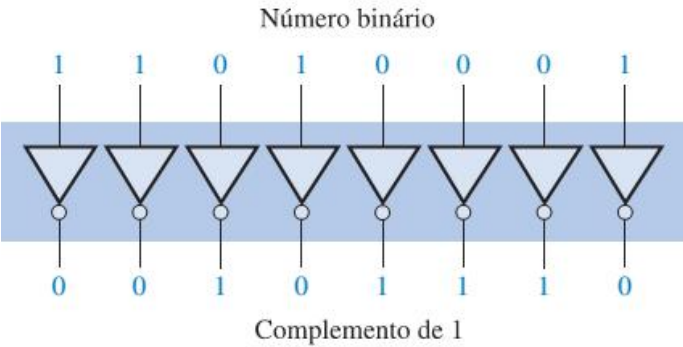
- Na **álgebra Booleana**, uma variável é representada por uma letra
 - O **complemento** de uma variável é representado por uma barra sobre a letra
 - Uma variável pode assumir um valor 1 ou 0
 - Se uma determinada variável for 1, o complemento dela será 0 e vice-versa
- A operação de um inversor (circuito NOT) pode ser expressa como a seguir
 - se a variável de entrada é denominada A e a variável de saída é denominada X, então

Expressão Lógica para um Inversor

• $X = \bar{A}$



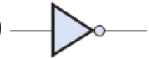
Uma Aplicação



Revisão

- 1. Quando um 1 está na entrada de um inversor, qual é a saída?
- 2. Um pulso ativo em nível ALTO (nível ALTO quando acionado, e nível BAIXO em caso contrário) faz-se necessário na entrada de um inversor.
 - (a) Desenhe o símbolo lógico apropriado, usando a forma característica e o indicador de negação, para o inversor dessa aplicação.
 - (b) Descreva a saída quando um pulso positivo é aplicado na entrada do inversor.

Respostas

- 1. Quando a entrada do inversor é 1 a saída é 0.
- 2.
 - (a) 
 - (b) Um pulso negativo aparece na saída (de nível ALTO para BAIXO retornando para ALTO)

3. Portas Lógicas

2. A porta AND

Introdução

- O termo *porta* é usado para descrever um circuito que realiza uma operação lógica básica
- A porta AND é composta de duas ou mais entradas e uma única saída, realizando uma operação conhecida como multiplicação lógica
- A porta AND é uma das portas básicas que pode ser combinada para formar qualquer função lógica



(a) Formato característico



(b) Formato retangular com o símbolo de qualificação AND (&)

Operação de uma Porta AND

- Uma porta AND produz uma saída de nível ALTO *apenas* quando *todas* as entradas forem nível ALTO
 - Quando *qualquer* uma das entradas for nível BAIXO, a saída será nível BAIXO
 - O propósito básico da porta AND é determinar quando certas condições são simultaneamente verdadeiras, para indicar que todas essas condições são verdadeiras

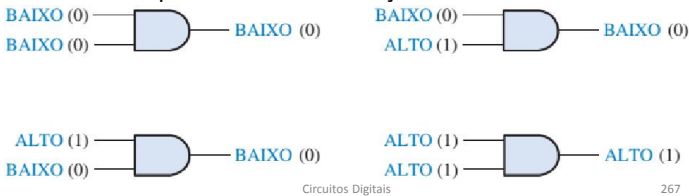


Tabela-Verdade da Porta AND

ENTRADAS		SAÍDA
A	B	X
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

1 = ALTO, 0 = BAIXO

Exemplo

- (a) Desenvolva a tabela-verdade para uma porta AND de 3 entradas.
- (b) Determine o número total de combinações de entrada possíveis para uma porta AND de 4 entradas.

Resposta

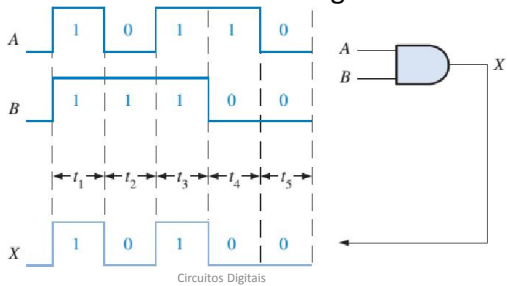
- (a)

ENTRADAS			SAÍDA
A	B	C	X
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

- (b) $N=2^4=16$. Existem 16 combinações binárias possíveis de entrada para uma porta AND de 4 entradas.

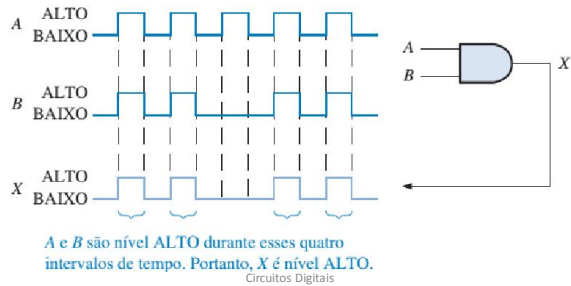
Operação com Formas de Onda nas Entradas

- Na maioria das aplicações, as entradas de uma porta não apresentam níveis estacionários mas são formas de onda de tensão que variam frequentemente entre os níveis lógicos ALTO e BAIXO



Exemplo

- Se duas formas de onda, A e B, são aplicadas nas entradas de uma porta AND conforme mostrado na figura abaixo, qual é a forma de onda de saída resultante?

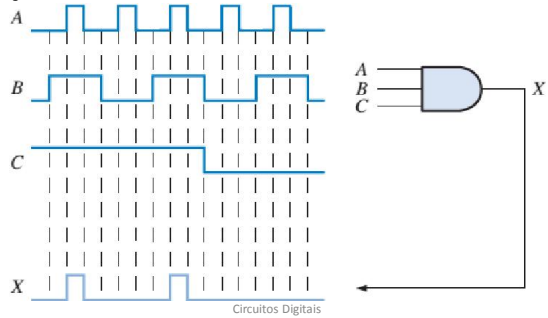


Resposta

- A forma de onda na saída X é nível ALTO apenas quando as formas de onda em A e B forem nível ALTO conforme o diagrama de temporização

Exemplo

- Para a porta AND de 3 entradas mostrada na figura abaixo, determine a forma de onda de saída em relação às entradas



Resposta

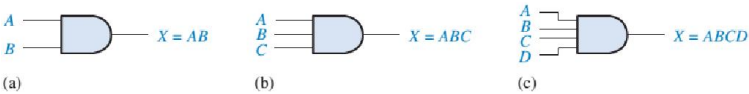
- A forma de onda da saída X da porta AND de 3 entradas é nível ALTO apenas quando todas as três formas de onda de entrada (A , B e C) estiverem em nível ALTO

Expressões Lógicas para uma Porta AND

- A função lógica AND de duas variáveis é representada matematicamente tanto colocando um ponto entre as duas variáveis, como $A \cdot B$, quanto simplesmente escrevendo as letras adjacentes sem o ponto, como AB
- A **multiplicação Booleana** segue as mesmas regras básicas que regem a multiplicação binária

$$\begin{array}{l} 0 \cdot 0 = 0 \\ 0 \cdot 1 = 0 \\ 1 \cdot 0 = 0 \\ 1 \cdot 1 = 1 \end{array}$$

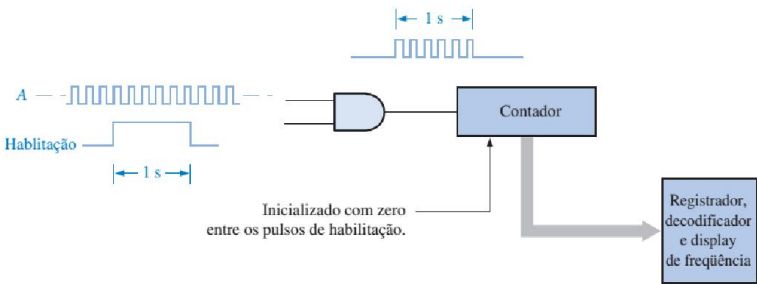
Expressões Lógicas para uma Porta AND



A	B	$AB = X$
0	0	$0 \cdot 0 = 0$
0	1	$0 \cdot 1 = 0$
1	0	$1 \cdot 0 = 0$
1	1	$1 \cdot 1 = 1$

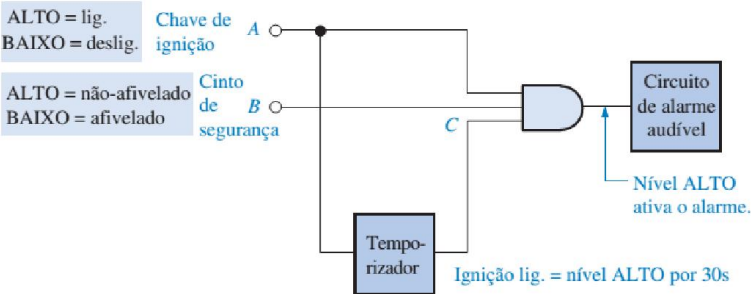
Aplicações

- A Porta AND e um Dispositivo de Habilitação/Desabilitação



Aplicações

- Um Sistema de Alarme para Cinto de Segurança



Revisão

- 1. Em que situação a saída de uma porta AND é nível ALTO?
- 2. Em que situação a saída de uma porta AND é nível BAIXO?
- 3. Descreva a tabela-verdade para uma porta AND de 5 entradas.

Respostas

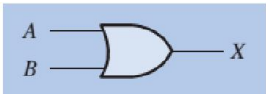
- 1. A saída de uma porta AND é nível ALTO apenas quando todas as entradas estiverem em nível ALTO.
- 2. A saída de uma porta AND é nível BAIXO quando uma ou mais entradas estiverem em nível BAIXO.
- 3. AND de cinco entradas: $X=1$ quando $ABCDE=11111$ e $X=0$ para todas as outras combinações de $ABCDE$.

3. Portas Lógicas

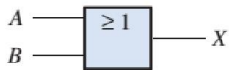
3. A porta OR

Introdução

- A porta OR é uma das portas básicas a partir das quais todas as funções lógicas são construídas
- Uma porta OR pode ter duas ou mais entradas e realiza o que conhecemos como adição lógica



(a) Formato característico



(b) Forma retangular com o símbolo de qualificação OR (≥ 1)

Operação de uma Porta OR

- Uma porta OR produz um nível ALTO na saída quando *qualquer* das entradas for nível ALTO
- A saída será nível BAIXO apenas quando todas as entradas estiverem em nível BAIXO

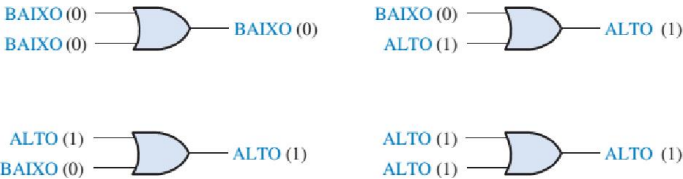
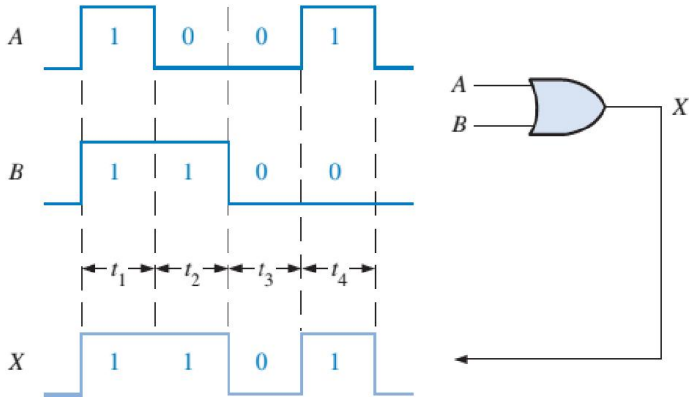


Tabela-Verdade da Porta OR

ENTRADAS		SAÍDA
A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

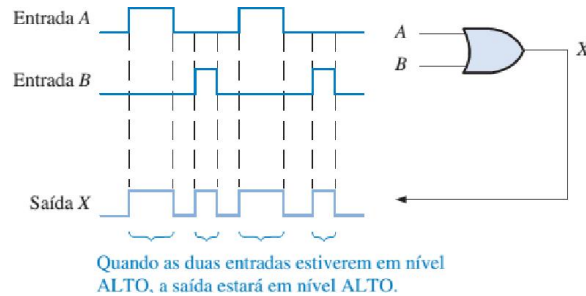
1 = ALTO, 0 = BAIXO

Operação com Formas de Onda nas Entradas



Exemplo

- Se as duas formas de onda de entrada, *A* e *B*, forem aplicadas na porta OR mostrada, qual é a forma de onda resultante na saída?



Circuitos Digitais

287

Resposta

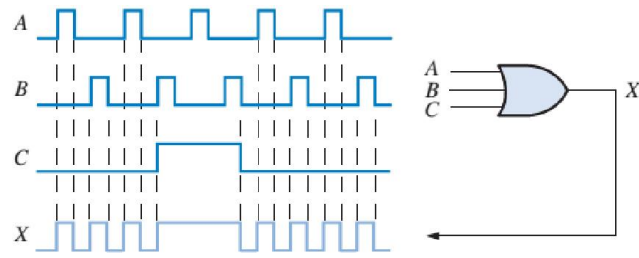
- A forma de onda na saída *X* de uma porta OR de 2 entradas é nível ALTO quando uma das entradas, ou ainda ambas, estiverem em nível ALTO conforme mostra o diagrama de temporização
- Nesse caso, as formas de onda das duas entradas nunca estão em nível ALTO simultaneamente

Circuitos Digitais

288

Exemplo

- Para a porta OR de 3 entradas mostrada na figura abaixo, determine a forma de onda de saída relacionando-a adequadamente com as formas de onda das entradas



Circuitos Digitais

289

Resposta

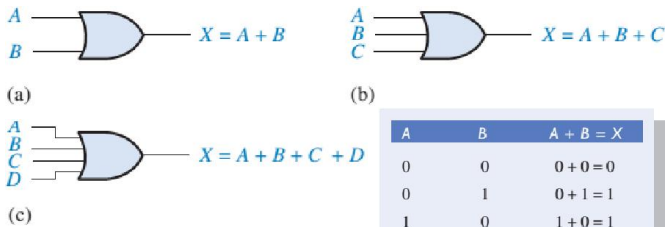
- A saída será nível ALTO quando uma ou mais formas de onda nas entradas estiverem em nível ALTO conforme indicado pela forma de onda da saída *X* no diagrama de temporização

Circuitos Digitais

290

Expressões Lógicas para uma Porta OR

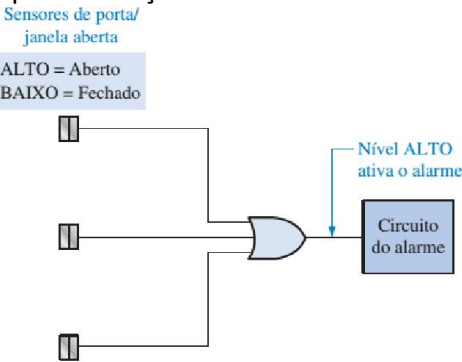
- Observe que a adição Booleana difere da adição binária no caso em que dois 1s são somados
- Não existe *carry* na adição Booleana



A	B	A + B = X
0	0	0 + 0 = 0
0	1	0 + 1 = 1
1	0	1 + 0 = 1
1	1	1 + 1 = 1

Uma Aplicação

- Alarme para detecção de intrusão



Revisão

1. Em que situação a saída de uma porta OR é nível ALTO?
2. Em que situação a saída de uma porta OR é nível BAIXO?
3. Descreva a tabela-verdade de uma porta OR de 3 entradas.

Respostas

- 1. A saída de uma porta OR é nível ALTO quando uma ou mais entradas estiverem em nível ALTO.
- 2. A saída de uma porta OR é nível BAIXO apenas quando todas as entradas estiverem em nível BAIXO.
- 3. OR de três entradas: $X=0$ quando $ABC=000$ e $X=1$ para todas as outras combinações de ABC .

Expressões Lógicas para uma Porta OR

- A função lógica OR de duas variáveis é representada matematicamente por um sinal “+” entre as duas variáveis, por exemplo, $A+B$
- A adição na álgebra Booleana envolve variáveis cujos valores são o binário 1 ou o binário 0
- As regras básicas para a **adição Booleana** são

$$\begin{array}{l} 0 + 0 = 0 \\ 0 + 1 = 0 \\ 1 + 0 = 0 \\ 1 + 1 = 1 \end{array}$$

Circuitos Digitais

295

3. Portas Lógicas

4. A porta NAND

Circuitos Digitais

296

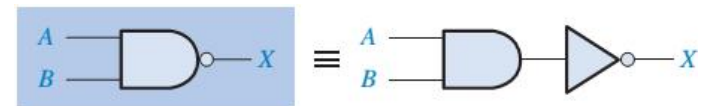
Introdução

- A porta NAND é um elemento lógico popular porque ela pode ser usada como uma porta universal
- As portas NAND podem ser usadas em combinação para realizarem operações AND, OR e inversão
- O termo NAND é uma contração de NOT-AND e implica numa função AND com uma saída complementada (invertida)

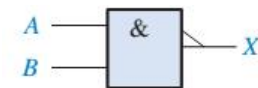
Circuitos Digitais

297

Introdução



(a) Formato característico de uma porta NAND de 2 entradas e o seu equivalente NOT/AND



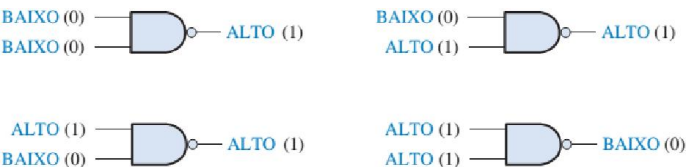
(b) Formato retangular de uma porta NAND de 2 entradas com o indicador de polaridade

Circuitos Digitais

298

Operação de uma Porta NAND

- Uma porta NAND produz uma saída de nível BAIXO apenas quando todas as entradas estiverem em nível ALTO
- Quando qualquer uma das entradas for nível BAIXO, a saída será nível ALTO



Operação de uma Porta NAND

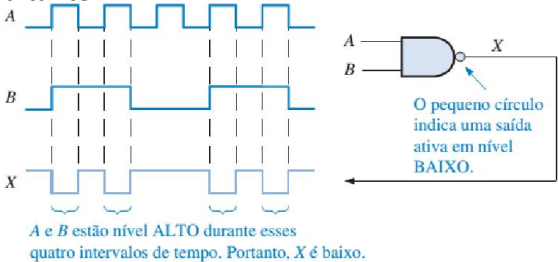
- Tabela-verdade

ENTRADAS		SAÍDA
A	B	X
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

1 = ALTO, 0 = BAIXO

Operação com Formas de Onda nas Entradas

- Se as duas formas de onda A e B mostradas na figura abaixo forem aplicadas nas entradas de uma porta NAND, determine a forma de onda de saída resultante

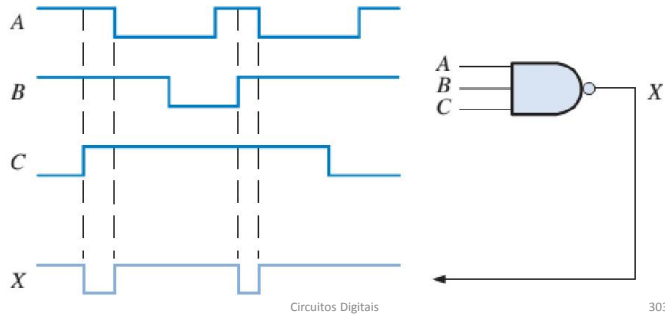


Operação com Formas de Onda nas Entradas

- Resposta
 - A forma de onda na saída X é nível BAIXO apenas durante os quatro intervalos de tempo em que as duas formas de onda A e B estão em nível ALTO conforme mostra o diagrama de temporização

Operação com Formas de Onda nas Entradas

- Mostre a forma de onda de saída para uma porta NAND de 3 entradas, conforme a figura abaixo, estabelecendo a relação temporal com as entradas.

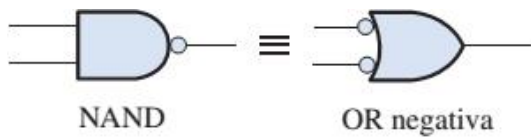


Operação com Formas de Onda nas Entradas

- Resposta
 - A forma de onda da saída X é nível BAIXO apenas quando todas as três formas de onda das entradas estiverem em nível ALTO como mostra o diagrama de temporização

Operação com Formas de Onda nas Entradas

- Operação Equivalente OR Negativa de uma Porta NAND



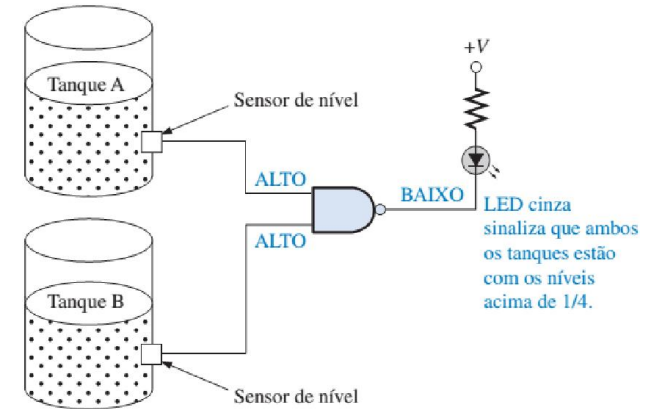
Exemplo

- Uma planta de fabricação usa dois tanques para armazenar certos produtos químicos líquidos necessários num processo de fabricação. Cada tanque tem um sensor que detecta quando o nível do produto cai para 25% do nível máximo. Os sensores produzem um nível ALTO de 5 V quando os tanques estão com mais que 1/4 da capacidade. Quando o volume do produto no tanque cai para 1/4 do máximo, o sensor gera um nível BAIXO de 0 V.
- É necessário que um diodo emissor de luz (LED – *light emitting diode*) cinza num painel indicador mostre quando ambos os tanques estão acima de 1/4 da capacidade. Mostre como uma porta NAND pode ser usada para implementar essa função.

Resposta

- A figura a seguir mostra uma porta NAND com as suas duas entradas conectadas aos sensores de nível do tanque e a sua saída conectada a um painel indicador. A operação pode ser descrita como a seguir: Se o tanque A e o tanque B estão com os níveis acima de 1/4, o LED está ligado.
- Enquanto as saídas dos dois sensores estão em nível ALTO (5 V), indicando que os dois tanques estão com mais que 1/4 da capacidade, a saída da porta NAND estará em nível BAIXO (0 V). O circuito do LED cinza está configurado de forma que uma tensão de nível BAIXO ative-o.

Resposta



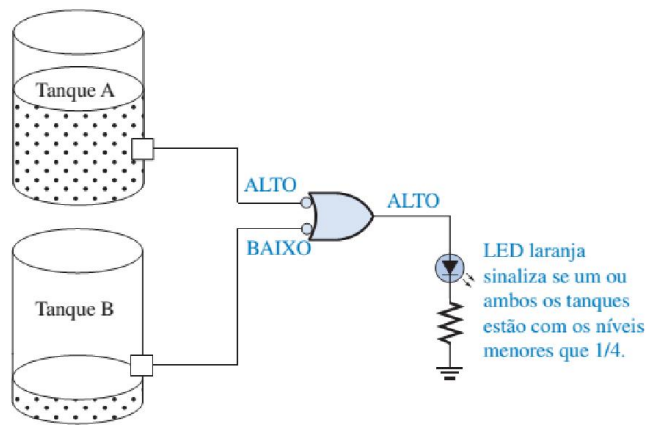
Exemplo

- O supervisor do processo produtivo descrito no Exemplo anterior preferiria ter um LED laranja para indicar quando pelo menos um dos tanques estiver abaixo de 1/4 da capacidade em vez de usar um LED cinza para indicar quando os dois tanques estão acima de 1/4 da capacidade. Mostre como essa solicitação pode ser implementada.

Resposta

- A figura a seguir mostra uma porta NAND operando como uma porta OR negativa para detectar a ocorrência de pelo menos um nível BAIXO nas entradas. O sensor produz uma tensão de nível BAIXO se o volume do tanque, ao qual está conectado, for igual ou menor que 1/4 da capacidade. Quando isso acontece, a saída da porta vai para nível ALTO. O circuito do LED laranja no painel está configurado de forma que uma tensão de nível ALTO liga o LED. A operação pode ser descrita da seguinte forma: Se o tanque A ou o tanque B, ou ainda ambos, estiverem abaixo de 1/4 da capacidade, o LED ligará.

Resposta

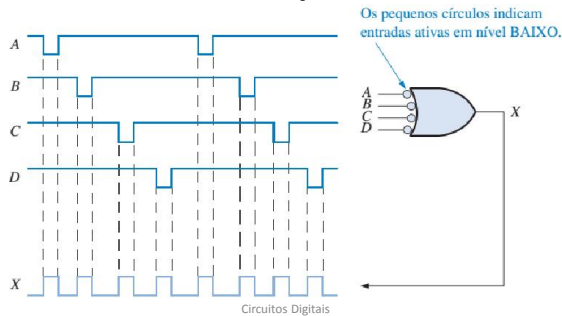


Resposta

- Observe que, aqui e no Exemplo anterior, a mesma porta NAND de 2 entradas é utilizada, porém, é usado no diagrama um símbolo de porta diferente, ilustrando as formas nas quais as operações NAND e OR negativa equivalente são usadas.

Exemplo

- Para a porta NAND de 4 entradas vista na figura abaixo, operando como uma OR negativa, determine a saída em relação às entradas dadas.



Resposta

- A forma de onda na saída X será nível ALTO em qualquer momento que a forma de onda numa entrada for nível BAIXO conforme mostra o diagrama de temporização.

Expressões Lógicas para uma Porta NAND

- A expressão Booleana para a saída de uma porta NAND de 2 entradas é
 - $X = \overline{AB}$

A	B	$\overline{AB}=X$
0	0	$\overline{0 \cdot 0} = \overline{0} = 1$
0	1	$\overline{0 \cdot 1} = \overline{0} = 1$
1	0	$\overline{1 \cdot 0} = \overline{0} = 1$
1	1	$\overline{1 \cdot 1} = \overline{1} = 0$

Revisão

- 1. Quando uma saída de uma porta NAND é nível BAIXO?
- 2. Quando uma saída de uma porta NAND é nível ALTO?
- 3. Descreva as diferenças funcionais entre uma porta NAND e uma porta OR negativa. Elas têm a mesma tabela-verdade?
- 4. Escreva a expressão de saída para uma porta NAND com entradas A, B e C.

Respostas

- 1. A saída de uma porta NAND é nível BAIXO apenas quando todas as entradas estiverem em nível ALTO.
- 2. A saída de uma porta NAND é nível ALTO quando uma ou mais entradas estiverem em nível BAIXO.
- 3. NAND: saída ativa em nível BAIXO para todas as entradas em nível ALTO; OR negativa: saída ativa em nível ALTO para uma ou mais entradas em nível BAIXO. Elas têm a mesmas tabelas verdade.
- 4. $X = \overline{ABC}$

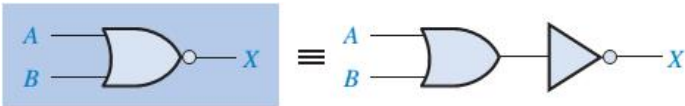
3. Portas Lógicas

5. A porta NOR

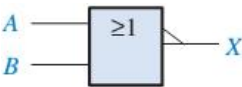
Introdução

- A porta NOR, assim como a porta NAND, é um elemento lógico útil porque ela também pode ser usada como uma porta universal
- As portas NOR podem ser usadas em combinação para realizarem as operações AND, OR e inversão
- O termo NOR é a contração de NOT-OR e implica numa função OR com a saída invertida (complementada)

Introdução



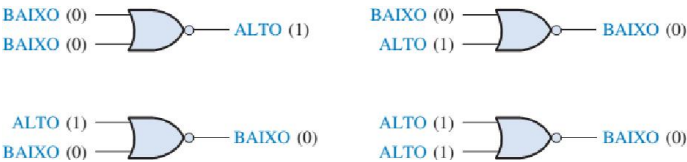
(a) Formato característico de uma porta NOR de 2 entradas e o seu equivalente NOT/OR



(b) Formato retangular de uma porta NOR de 2 entradas com indicador de polaridade

Operação de uma Porta NOR

- Uma porta NOR produz uma saída de nível BAIXO quando qualquer uma de suas entradas for nível ALTO
- Apenas quando todas as suas entradas estiverem em nível BAIXO é que a saída será nível ALTO



Operação de uma Porta NOR

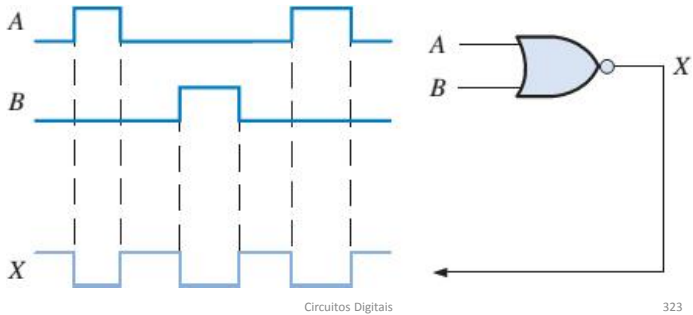
- Tabela-verdade

ENTRADAS		SAÍDAS
A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

1 = nível ALTO, 0 = nível BAIXO

Operação com Formas de Onda nas Entradas

• **Exemplo:** Se as duas formas de onda mostradas na figura abaixo são aplicadas em uma porta NOR, qual é a forma de onda de saída resultante?

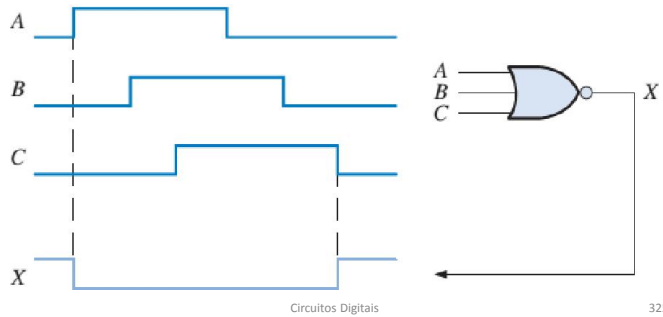


Operação com Formas de Onda nas Entradas

• **Resposta:** Todas as vezes que qualquer entrada de uma porta NOR for nível ALTO, a saída será nível BAIXO, conforme mostra a forma de onda da saída X no diagrama de temporização.

Operação com Formas de Onda nas Entradas

• **Exemplo:** Mostre a forma de onda de saída para a porta NOR de 3 entradas vista na figura abaixo com a relação temporal adequada com as entradas.

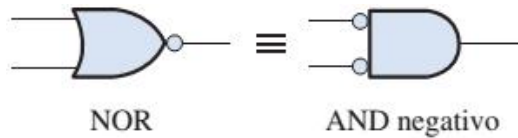


Operação com Formas de Onda nas Entradas

• **Resposta:** A saída X é nível BAIXO quando qualquer entrada for nível ALTO, conforme mostra a forma de onda da saída X no diagrama de temporização.

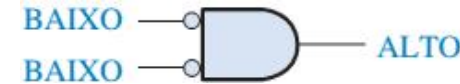
Operação com Formas de Onda nas Entradas

- Operação Equivalente AND Negativa de uma Porta NOR



Operação com Formas de Onda nas Entradas

- **Exemplo:** Um dispositivo é necessário para indicar quando dois níveis BAIXOs ocorrem simultaneamente nas entradas para produzir uma saída de nível ALTO como uma indicação. Especifique o dispositivo.



Operação com Formas de Onda nas Entradas

- **Resposta:** Uma porta NOR de 2 entradas operando como uma porta AND negativa faz-se necessária para produzir uma saída de nível ALTO quando as duas entradas estiverem em nível BAIXO.

Operação com Formas de Onda nas Entradas

- **Exemplo:** Como parte de um sistema de monitoramento funcional de aeronaves, é necessário um circuito para indicar o estado do trem de aterrissagem antes da aterrissagem. Um LED cinza liga se os três trens de aterrissagem estiverem adequadamente estendidos quando a chave de redução de velocidade for ativada em preparação para a aterrissagem

Operação com Formas de Onda nas Entradas

- **Exemplo:** Um LED laranja liga se algum dos trens de aterrissagem não for adequadamente estendido antes da aterrissagem. Quando o trem de aterrissagem está estendido, o seu sensor produz uma tensão de nível BAIXO. Quando o trem de aterrissagem está retraído, o seu sensor produz uma tensão de nível ALTO. Implemente um circuito que atenda a esse requisito.

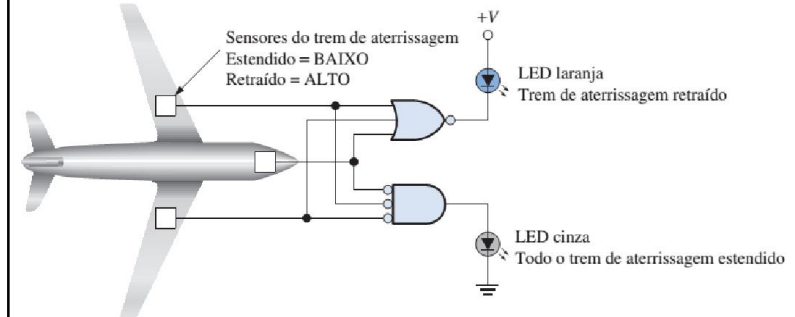
Operação com Formas de Onda nas Entradas

- **Resposta:** O circuito é energizado apenas quando a chave de acionamento do trem de aterrissagem for ativada. Use uma porta NOR para cada um dos dois requisitos conforme mostra a figura a seguir. Uma porta NOR opera como uma AND negativa para detectar um nível BAIXO a partir de cada um dos três sensores situados nos três trens de aterrissagem. Quando as três entradas da porta estiverem em nível BAIXO, os três trens de aterrissagem estão adequadamente estendidos resultando numa saída de nível ALTO a partir da porta AND negativa ligando o LED cinza.

Operação com Formas de Onda nas Entradas

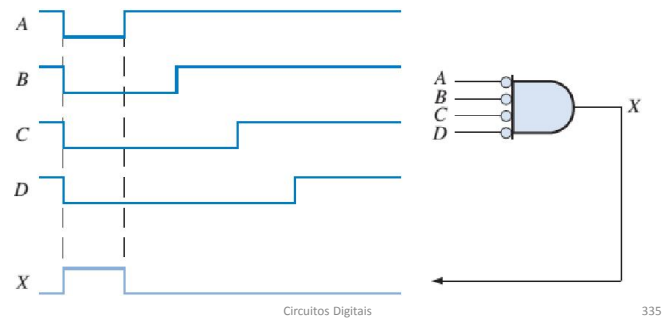
- **Resposta:** A outra porta NOR opera como uma NOR para detectar se um ou mais trens de aterrissagem permanecem retraídos quando a chave de acionamento do trem de aterrissagem estiver ativada. Quando um ou mais trens de aterrissagem permanecerem retraídos, o nível ALTO resultante a partir do sensor é detectado pela porta NOR, a qual produz uma saída de nível BAIXO para ligar o LED laranja de advertência.

Operação com Formas de Onda nas Entradas



Operação com Formas de Onda nas Entradas

- **Exemplo:** Para a porta NOR de 4 entradas operando como uma AND negativa, determine a saída relacionando-a às entradas.



Operação com Formas de Onda nas Entradas

- **Resposta:** Todas as vezes que todas as entradas estiverem em nível BAIXO, a saída estará em nível ALTO como podemos ver na forma de onda da saída X no diagrama de temporização.

Expressões Lógicas para uma Porta NOR

- A expressão Booleana para a saída de uma porta NOR de 2 entradas pode ser escrita como a seguir
 - $X = \overline{A + B}$

A	B	$\overline{A + B} = X$
0	0	$\overline{0 + 0} = \overline{0} = 1$
0	1	$\overline{0 + 1} = \overline{1} = 0$
1	0	$\overline{1 + 0} = \overline{1} = 0$
1	1	$\overline{1 + 1} = \overline{1} = 0$

Revisão

- 1. Quando a saída de uma porta NOR é nível ALTO?
- 2. Quando a saída de uma porta NOR é nível BAIXO?
- 3. Descreva a diferença funcional entre uma porta NOR e uma porta AND negativa. Ambas têm a mesma tabela-verdade?
- 4. Escreva a expressão de saída para uma porta NOR de 3 entradas sendo as variáveis de entrada A, B e C.

Respostas

- 1. A saída de uma porta NOR é nível ALTO apenas quando todas as entradas estiverem em nível BAIXO.
- 2. A saída de uma porta NOR é nível BAIXO quando uma ou mais entradas estiverem em nível ALTO.
- 3. NOR: saída ativa em nível BAIXO para uma ou mais entradas em nível ALTO; AND negativa: saída ativa em nível ALTO para todas as entradas em nível BAIXO. Elas têm as mesmas tabelas verdade.
- 4. $X = \overline{A + B + C}$

3. Portas Lógicas

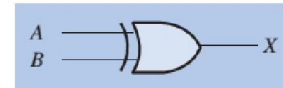
6. As portas OR Exclusivo e NOR Exclusivo

Introdução

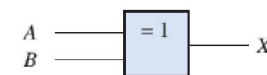
- As portas OR exclusivo (EX-OR) e NOR exclusivo (EX-NOR) são formadas pela combinação de outras portas
- Devido à importância fundamental dessas portas em muitas aplicações, elas são tratadas como elementos lógicos básicos tendo seus próprios símbolos lógicos

A Porta EX-OR

- As portas EX-OR conectadas para formar um circuito somador permite um computador realizar adição, subtração, multiplicação e divisão numa unidade lógica e aritmética (ALU – *arithmetic logic unit*)
- Uma porta EX-OR combina as lógicas básicas AND, OR e NOT



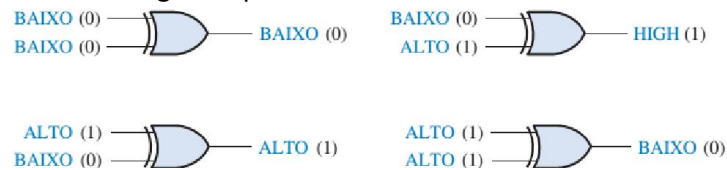
(a) Formato característico



(b) Formato retangular com a EX-OR

A Porta EX-OR

- A saída de uma porta OR exclusivo(EX-OR) é nível ALTO *apenas* quando as duas entradas estão em níveis lógicos opostos



A Porta EX-OR

- Tabela-verdade

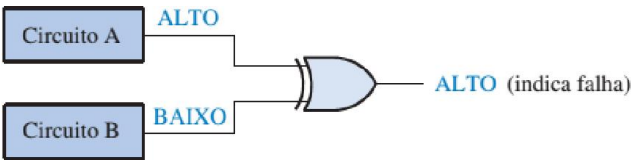
ENTRADAS		SAÍDA
A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

A Porta EX-OR

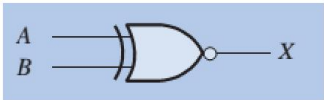
- Exemplo:** Um certo sistema contém dois circuitos idênticos operando em paralelo. Enquanto operam adequadamente, as saídas de ambos os circuitos são sempre as mesmas. Caso um dos circuitos tenha algum problema, as saídas terão níveis opostos em algum momento. Projete um sistema para detectar que uma falha ocorreu em um dos circuitos.

A Porta EX-OR

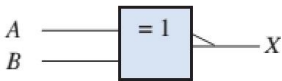
- Resposta:** As saídas dos circuitos são conectadas às entradas de uma porta EX-OR, conforme mostra a figura a seguir. Uma falha em qualquer um dos circuitos produz saídas diferentes, fazendo com que as entradas da EX-OR tenham níveis opostos. Essa condição produz um nível ALTO na saída da porta EX-OR, indicando uma falha num dos circuitos.



A Porta EX-NOR



(a) Formato característico



(b) Formato retangular

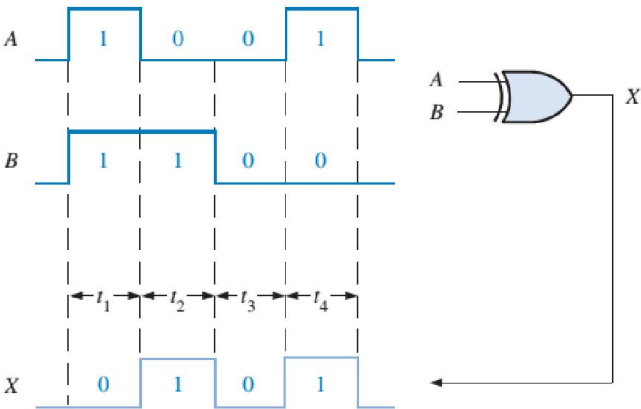


A Porta EX-NOR

- Tabela-verdade

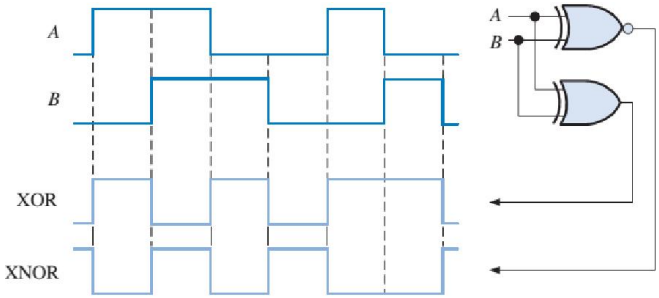
ENTRADAS		SAÍDA
A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Operação com Formas de Ondas nas Entradas



Operação com Formas de Ondas nas Entradas

- **Exemplo:** Determine as formas de onda das saídas das portas EX-OR e EX-NOR, a partir das formas de onda nas entradas (A e B), conforme a figura abaixo

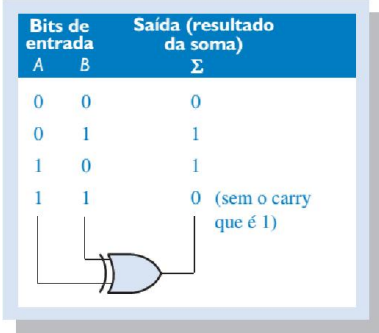


Operação com Formas de Ondas nas Entradas

- **Resposta:** As formas de onda nas saídas são mostradas na figura anterior. Observe que a saída da EX-OR está nível ALTO apenas quando as duas entradas estão em níveis opostos. Observe também que a saída da EX-NOR está em nível ALTO apenas quando as duas entradas estão no mesmo nível lógico.

Uma Aplicação

- Uma porta EX-OR pode ser usada como um somador de dois bits.



Revisão

- 1. Quando a saída de uma porta EX-OR é nível ALTO?
- 2. Quando a saída de uma porta EX-OR é nível BAIXO?
- 3. Como uma porta EX-OR pode ser usada para detectar quando dois bits são diferentes?

Respostas

- 1. A saída de uma porta EX-OR é nível ALTO quando as entradas estão em níveis opostos.
- 2. A saída de uma EX-NOR é nível ALTO quando as entradas estão no mesmo nível lógico.
- 3. Aplique os bits nas entradas da porta EX-OR; quando a saída é nível ALTO, os bits são diferentes.

3. Portas Lógicas

Resumo

Resumo

- A saída de um inversor é o complemento da entrada.
- A saída de uma porta AND é nível ALTO apenas quando todas as entradas são nível ALTO.
- A saída de uma porta OR é nível ALTO quando qualquer uma das entradas for nível ALTO.
- A saída de uma porta NAND é nível BAIXO apenas quando todas as entradas estiverem em nível ALTO.

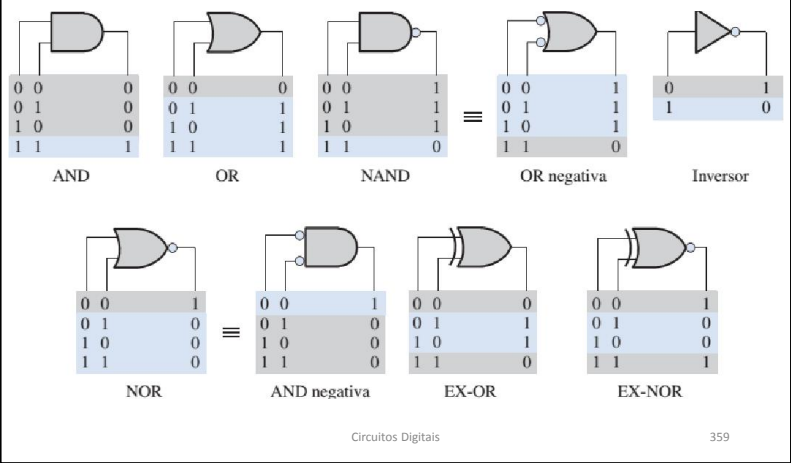
Resumo

- Uma NAND pode ser vista como uma OR negativa cuja saída é nível ALTO quando qualquer entrada for nível BAIXO.
- A saída de uma porta NOR é nível BAIXO quando qualquer uma das entradas for nível ALTO.
- Uma NOR pode ser vista como uma AND negativa cuja saída é nível ALTO apenas quando todas as entradas estiverem em nível BAIXO.
- A saída de uma porta EX-OR é nível ALTO quando as entradas estão em níveis diferentes.

Resumo

- A saída de uma porta EX-NOR é nível BAIXO quando as entradas estão em níveis diferentes.
- Os símbolos característicos e as tabelas-verdade para várias portas lógicas (limitada a 2 entradas) são mostradas na figura a seguir

Resumo



3. Portas Lógicas

Exercícios de Fixação

Exercícios de Fixação

- 1. Quando a entrada de um inversor é nível ALTO (1) a saída é
 - (a) nível ALTO ou 1
 - (b) nível BAIXO ou 1
 - (c) nível ALTO ou 0
 - (d) nível BAIXO ou 0
- 2. Um inversor realiza uma operação conhecida como
 - (a) complementação
 - (b) acionamento
 - (c) inversão
 - (d) as opções (a) e (c) estão corretas.

Exercícios de Fixação

- 3. A saída de uma porta AND com entradas A, B e C é 1 (ALTO) quando
 - (a) A=1, B=1, C=1
 - (b) A=1, B=0, C=1
 - (c) A=0, B=0, C=0
- 4. A saída de uma porta OR com entradas A, B e C é 1 (ALTO) quando
 - (a) A=1, B=1, C=1
 - (b) A=0, B=0, C=1
 - (c) A=0, B=0, C=0
 - (d) as opções (a), (b) e (c) estão corretas.
 - (e) apenas as opções (a) e (b) estão corretas.

Exercícios de Fixação

- 5. Cada uma das entradas de uma porta NAND de 2 entradas recebe pulso. Um pulso vai para nível ALTO em $t=0$ e retorna para nível BAIXO em $t=1$ ms. O outro pulso vai para nível ALTO em $t=0,8$ ms e retorna para nível BAIXO em $t=3$ ms. O pulso de saída pode ser descrito como:
 - (a) Ele vai para nível BAIXO em $t=0$ e retorna para nível ALTO em $t=3$ ms.
 - (b) Ele vai para nível BAIXO em $t=0,8$ ms e retorna para nível ALTO em $t=3$ ms.
 - (c) Ele vai para nível BAIXO em $t=0,8$ ms e retorna para nível ALTO em $t=1$ ms.
 - (d) Ele vai para nível BAIXO em $t=0,8$ ms e retorna para nível BAIXO em $t=1$ ms.

Exercícios de Fixação

- 6. Cada uma das entradas de uma porta NOR de 2 entradas recebe pulso. Um pulso vai para nível ALTO em $t=0$ e retorna para nível BAIXO em $t=1$ ms. O outro pulso vai para nível ALTO em $t=0,8$ ms e retorna para nível BAIXO em $t=3$ ms. O pulso de saída pode ser descrito como:
 - (a) Ele vai para nível BAIXO em $t=0$ e retorna para nível ALTO em $t=3$ ms.
 - (b) Ele vai para nível BAIXO em $t=0,8$ ms e retorna para nível ALTO em $t=3$ ms.
 - (c) Ele vai para nível BAIXO em $t=0,8$ ms e retorna para nível ALTO em $t=1$ ms.
 - (d) Ele vai para nível ALTO em $t=0,8$ ms e retorna para nível BAIXO em $t=1$ ms.

Exercícios de Fixação

- 7. Cada uma das entradas de uma porta EX-OR recebe pulso. Um pulso vai para nível ALTO em $t=0$ e retorna para nível BAIXO em $t=1$ ms. O outro pulso vai para nível ALTO em $t=0,8$ ms e retorna para nível BAIXO em $t=3$ ms. O pulso de saída pode ser descrito como:
 - (a) Ele vai para nível ALTO em $t=0$ e retorna para nível BAIXO em $t=3$ ms.
 - (b) Ele vai para nível ALTO em $t=0$ e retorna para nível BAIXO em $t=0,8$ ms.
 - (c) Ele vai para nível ALTO em $t=1$ ms e retorna para nível BAIXO em $t=3$ ms.
 - (d) As opções (b) e (c) estão corretas.

Gabarito

- 1. (d) 2.(d) 3.(a) 4.(e) 5.(c) 6.(a) 7.(d)

3. Portas Lógicas

Exercícios para Entregar na Próxima Aula
(Manuscrito, Individual)

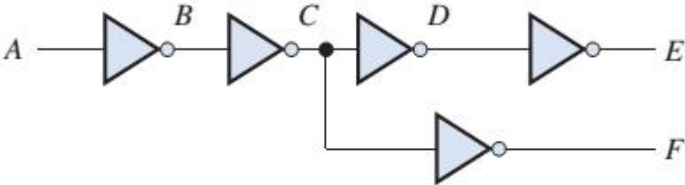
Exercícios para Entregar na Próxima Aula

- 1. A forma de onda de entrada mostrada na figura abaixo é aplicada num inversor. Desenhe o diagrama de temporização da forma e onda de saída devidamente relacionada com a entrada.



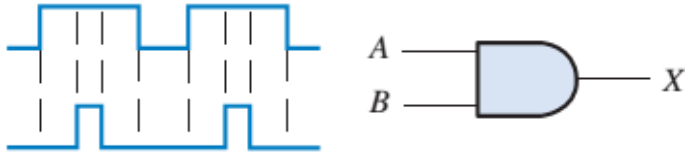
Exercícios para Entregar na Próxima Aula

- 2. Um circuito de inversores em cascata é mostrado na figura abaixo. Se um nível ALTO for aplicado no ponto A, determine os níveis lógicos nos pontos de B até F.



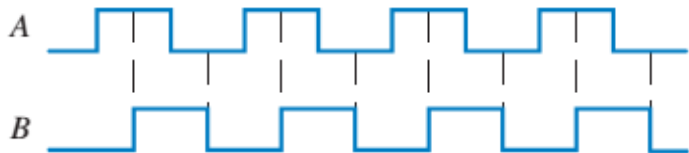
Exercícios para Entregar na Próxima Aula

- 3. Determine a saída, X, para uma porta AND de 2 entradas com as formas de onda de entrada mostradas na figura a seguir. Mostre, através de um diagrama de temporização, a relação entre a saída e as entradas.



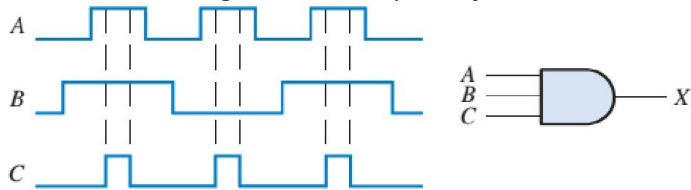
Exercícios para Entregar na Próxima Aula

- 4. Repita o Exercício 3 considerando o diagrama de temporização mostrado na figura abaixo.



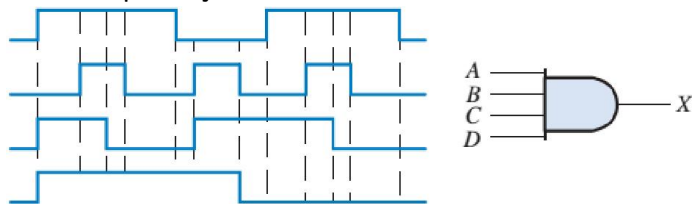
Exercícios para Entregar na Próxima Aula

- 5. As formas de onda de entrada aplicada numa porta AND de 3 entradas são mostradas na figura abaixo. Mostre a forma de onda de saída relacionando-a adequadamente às entradas usando um diagrama de temporização.



Exercícios para Entregar na Próxima Aula

- 6. As formas de onda de entrada de uma porta AND de 4 entradas são vistas na figura abaixo. Mostre a forma de onda de saída relacionando-a adequadamente às entradas usando um diagrama de temporização.

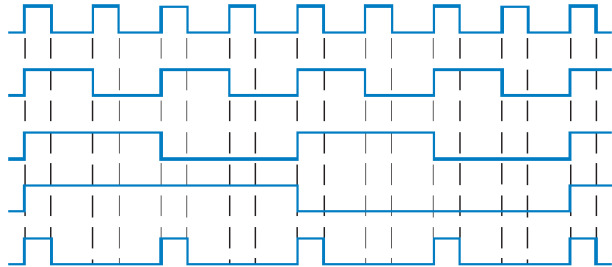


Exercícios para Entregar na Próxima Aula

- 7. Determine a saída de uma porta OR de 2 entradas quando as formas de onda de entrada forem as da figura do Exercício 4 e desenhe um diagrama de temporização.
- 8. Repita o Exercício 5 para uma porta OR de 3 entradas.
- 9. Repita o Exercício 6 para uma porta OR de 4 entradas.

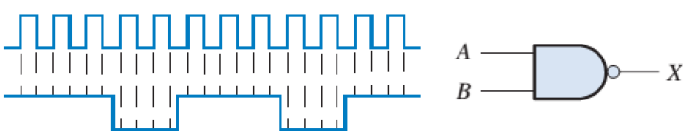
Exercícios para Entregar na Próxima Aula

- 10. Para as cinco formas de onda de entrada vistas na figura abaixo, determine a saída de uma porta AND de 5 entradas e a saída de uma porta OR de 5 entradas. Desenhe o diagrama de temporização.



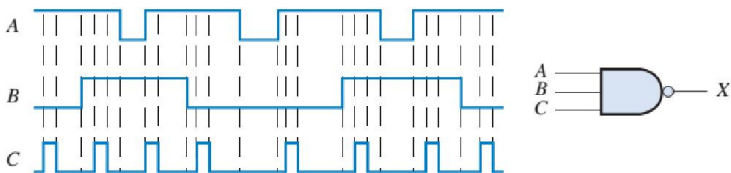
Exercícios para Entregar na Próxima Aula

- 11. Para o conjunto de formas de onda de entrada vistas na figura abaixo, determine a saída para a porta mostrada e desenhe o diagrama de temporização.



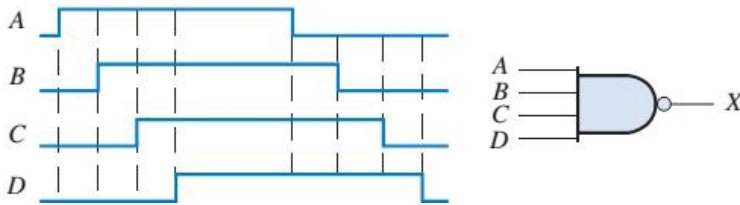
Exercícios para Entregar na Próxima Aula

- 12. Determine a saída da porta lógica (figura abaixo) a partir das formas de onda de entrada vistas na mesma figura e desenhe o diagrama de temporização.



Exercícios para Entregar na Próxima Aula

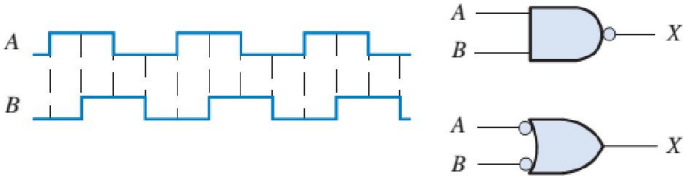
- 13. Determine a forma de onda de saída para a porta e as formas de onda mostradas na figura abaixo.



Exercícios para Entregar na Próxima Aula

- 14. Conforme aprendemos, os dois símbolos lógicos mostrados na figura a seguir representam operações equivalentes. A diferença entre os dois reside no ponto de vista funcional. Para o símbolo NAND, procuramos por dois níveis ALTOS nas entradas para termos um nível BAIXO na saída. Para a OR negativa, buscamos por pelo menos um nível BAIXO nas entradas para termos um nível ALTO na saída. Usando esses dois pontos de vista funcionais, mostre que cada porta produz a mesma saída para as entradas dadas.

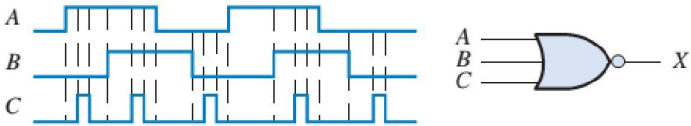
Exercícios para Entregar na Próxima Aula



- 15. Repita o Exercício 11 para uma porta NOR de 2 entradas.

Exercícios para Entregar na Próxima Aula

- 16. Determine a forma de onda de saída na figura abaixo e desenhe o diagrama de temporização.

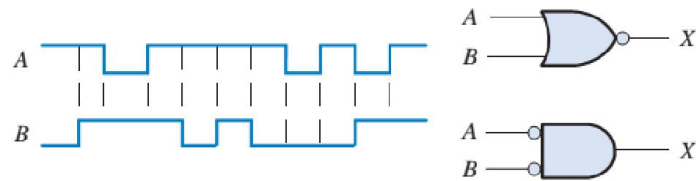


- 17. Repita o Exercício 13 para uma porta NOR de 4 entradas

Exercícios para Entregar na Próxima Aula

- 18. Os símbolos da NAND e da OR negativa representam operações equivalentes, porém elas são portas diferentes funcionalmente. Para o símbolo da NOR, buscamos pelo menos um nível ALTO nas entradas para termos um nível BAIXO na saída. Para a AND negativa, buscamos dois níveis BAIXOS nas entradas para termos uma saída de nível ALTO. Usando esses dois pontos de vista funcionais, mostre que as portas vistas na figura a seguir produzem a mesma saída para as entradas dadas.

Exercícios para Entregar na Próxima Aula



- 19. Em que uma porta EX-OR difere de uma porta OR na sua operação lógica?
- 20. Repita o Exercício 11 para uma porta EX-OR.
- 21. Repita o Exercício 11 para uma porta EX-NOR.

Exercícios para Entregar na Próxima Aula

- 22. Determine a saída de uma porta EX-NOR para as entradas mostradas na figura do Exercício 4 e desenhe um diagrama de temporização.