

Sistemas Digitais

Aula 02 - Circuitos Digitais: Introdução

Apresentação

Nesta aula, você vai estudar os circuitos lógicos mais básicos, as portas lógicas, que são blocos fundamentais a partir dos quais podemos implementar circuitos lógicos, e sistemas digitais mais complexos. Por isso, é importante entendermos bem as portas lógicas, pois serão fundamentais para um amplo entendimento de como os circuitos lógicos operam.



Vídeo 01 - Apresentação

Objetivos

Ao final desta aula, você será capaz de:

- Realizar operações lógicas básicas.
- Descrever as operações OR ("ou"), AND ("e") e NOT ("não").
- Construir tabelas verdade para as portas AND, OR e NOT.

Circuitos Lógicos

Em 1854, um matemático chamado **George Boole (Figura 1)** escreveu “Uma investigação das leis de pensamento”, em que descrevia o modo que tomamos decisões lógicas com base em circunstâncias falsas ou verdadeiras. O método descrito por ele é hoje conhecido como lógica booleana. Vale a pena você visitar este site e saber um pouco mais sobre esse famoso pesquisador e cientista: <http://algol.dcc.ufla.br/~giacomini/Com164/George_Boole.htm>

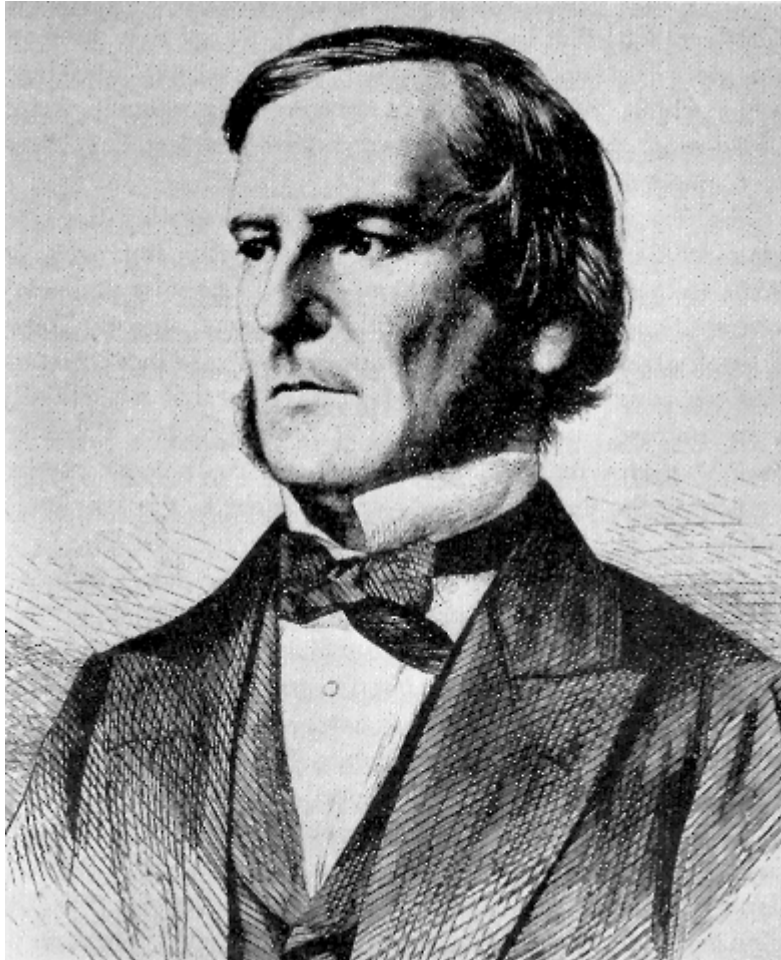
Da mesma forma que usamos símbolos x e y para representar valores desconhecidos na álgebra comum, a álgebra booleana usa símbolos para representar uma expressão lógica que representa um dos dois valores possíveis: **falso** e **verdadeiro**. A expressão pode ser, por exemplo:

- a porta está fechada
- o botão está pressionado
- a luz está apagada
- a água está quente

Assim, como é muito cansativo ficar escrevendo essas expressões, podemos representá-las por letras, como: A, B, C etc.

A principal utilidade dessas expressões lógicas é descrever o relacionamento entre as saídas e as entradas de um circuito lógico.

Figura 01 - George Boole



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/George_Boole>. Acesso em: 16 Jun. 2015.

Constantes e Variáveis Booleanas

Você já conheceu um pouco sobre o modelo booleano. Agora, vamos entender um pouco sobre suas constantes e variáveis. A álgebra booleana é um modo de expressar a relação entre as entradas e saídas de um circuito lógico.

As entradas são consideradas variáveis lógicas, "0" ou "1", representando um nível lógico. Usamos letras para representar as variáveis lógicas. Por exemplo, a letra A pode representar uma entrada do nosso circuito lógico, pode representar em um momento "0" e em outro momento "1", determinando estados diferentes da variável.

Em lógica booleana, como podemos perceber, teremos dois níveis apenas, "0" ou "1".

No Quadro 1, representamos termos que são sinônimos para os dois níveis.

Quadro 1 - Lógica de representação dos valores "0" e "1"

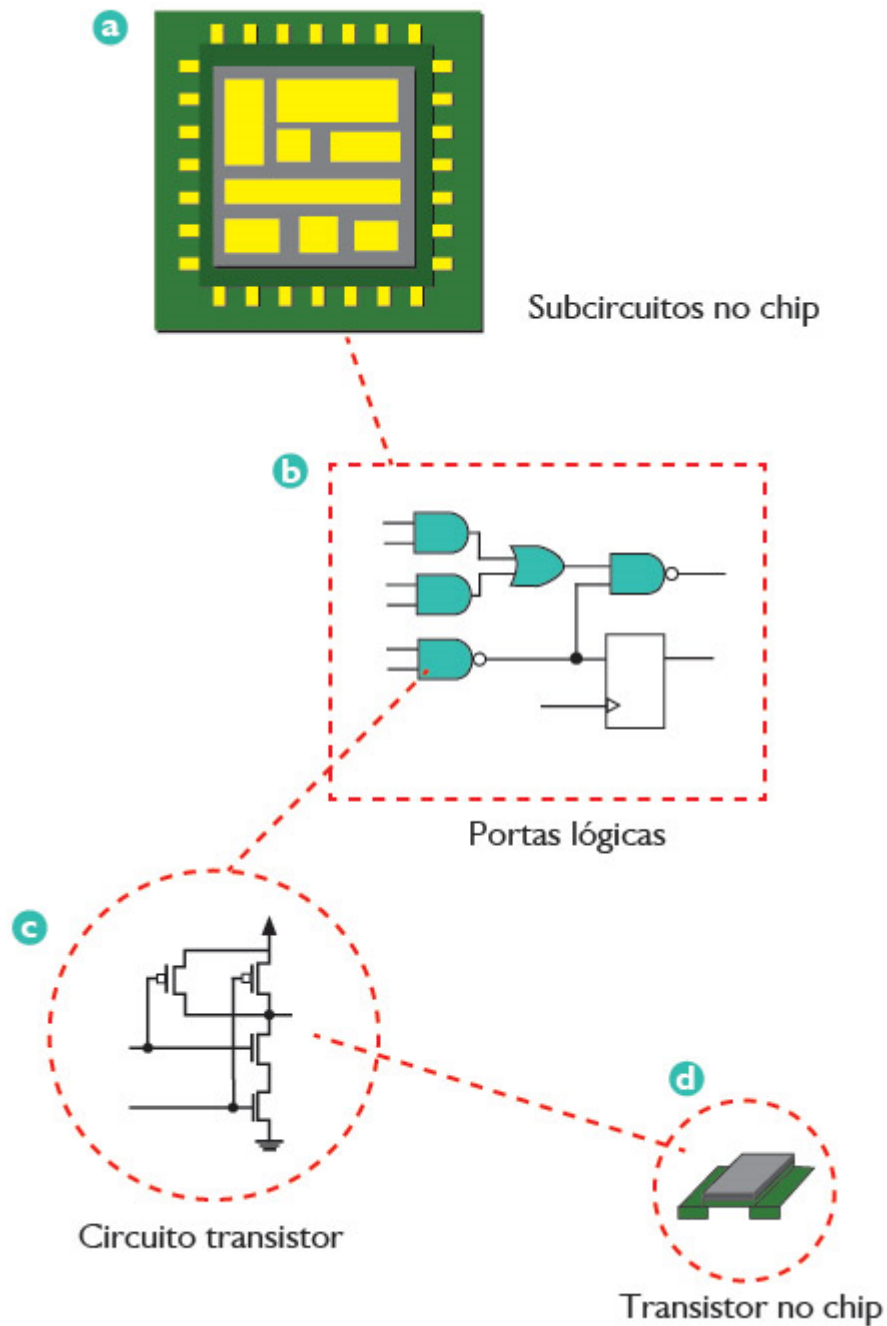
Lógico 0	Lógico 1
Falso	Verdadeiro
Desligado	Ligado
Baixo	Alto
Não	Sim
Aberto	Fechado

Na álgebra booleana não existem frações, decimais, números negativos, raízes quadradas ou cúbicas, logaritmos; ou seja, é um mundo mais restrito do que a álgebra convencional. Isto é, você passa de um mundo colorido para um mundo em que só são possíveis apenas duas cores, **branco** e **preto**.

É muito importante ressaltar e sempre lembrarmos que uma porta lógica é construída por transistores e que chegamos a um circuito mais complexo, ou mesmo a um processador como aquele que está dentro do seu computador a partir da integração de portas lógicas.

Essas portas lógicas são constituídas por transistores conectados (**Figura 2c**). Já as portas lógicas conectadas (**Figura 2b**) vão formar subcircuitos (**Figura 2a**) que farão parte de um circuito maior, conforme mostrado na **Figura 2a**.

Figura 02 - Os circuitos são formados por sub circuitos (a), esses sub circuitos são formados por um conjunto de portas lógicas conectadas (b), que, por sua vez, são constituídas internamente por um conjunto de transistores (d) interligados (c) em cada uma delas.



>>>>>> f7b089f3bc907875ed98f8b3bbc20b06c3ffb427

Atividade 01

1. Quem foi o inventor da lógica booleana?
2. Na lógica booleana, apenas duas situações podem ocorrer. Quais são?

Tabela verdade

Vimos a existência de uma lógica booleana e a importância do uso dessa lógica para descrevermos o comportamento dos circuitos e para podermos projetá-los. A tabela verdade é uma técnica importante para nos ajudar nessa tarefa.

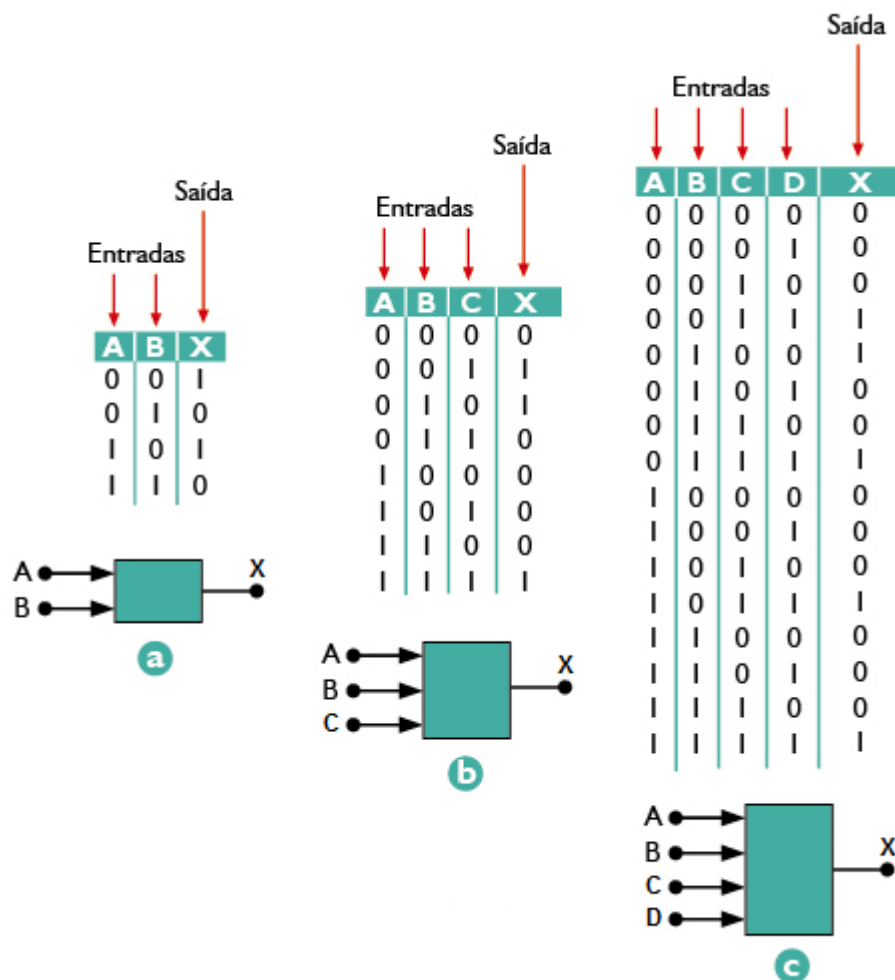
A tabela verdade é uma técnica para descrever como a saída de um circuito lógico depende das suas entradas.

A **Figura 3(a)** ilustra um circuito lógico de duas entradas (A e B). A tabela tem a função de relacionar todas as combinações possíveis das entradas (A e B) com a sua correspondente saída (X).

Se olharmos atentamente para a primeira linha da tabela (**Figura 3(a)**), veremos duas entradas, A e B, em nível lógico "0"; e a saída (X), em nível lógico "1". Já na segunda linha, temos A em nível lógico "0" e B em nível lógico "1" e a saída X em nível lógico "0". Da mesma forma, acontece com as linhas 3 e 4.

Apresentamos ainda tabelas verdade de 3 e 4 entradas na **Figura 3(b)** e **3(c)**. Podemos perceber que na tabela verdade de 2 entradas, temos 4 linhas; enquanto que, na tabela verdade de 3 entradas, temos 8 linhas e na tabela verdade de 4 entradas temos 16 linhas, sugerindo que o total de combinações (ou seja, número de linhas) será 2^N , onde N é o número de entradas.

Figura 03 - Tabela verdade de 2 entradas (a), de 3 entradas (b) e de 4 entradas (c)



Fonte: Fonte: Tocci e Widmer (2007).



Vídeo 02 - Portas Lógicas e Tabela Verdade

Atividade 02

Com base no que você estudou até o momento, responda:

1. Quantas combinações, ou seja, quantas linhas terá uma tabela verdade de cinco entradas?

Operação OR (“OU”) e a porta OR

Agora, vamos aprender sobre as operações lógicas.

Você já sabe a necessidade de utilizar e escrever uma tabela verdade, vamos agora conhecer portas lógicas básicas muito importantes. Você verá que cada porta lógica tem a sua tabela verdade.

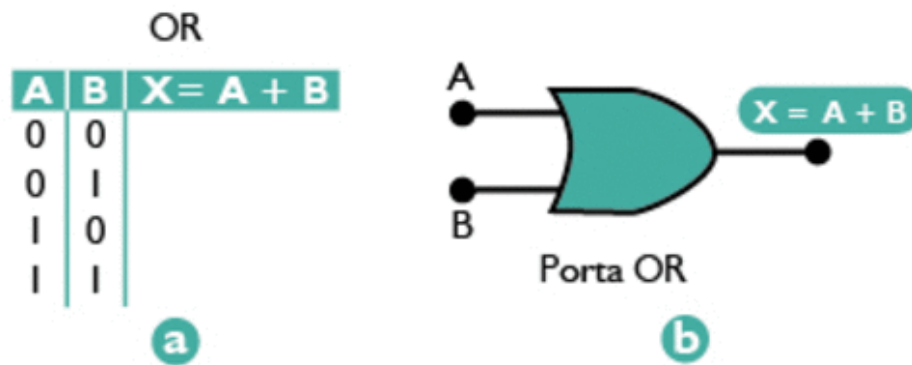
Uma porta lógica OR realiza uma operação lógica OR (“OU”). Para você poder entender essa operação, reflita sobre a seguinte pergunta: a luz do forno de um fogão acende quando você abre a porta do fogão **ou** quando você aperta o interruptor para ligá-la?

Isso mesmo. A luz acenderá se você abrir a porta do fogão bem como se você ligar o interruptor. Em outras palavras, qualquer uma das ações resulta no acendimento da luz. Não é necessário que as duas ações aconteçam ao mesmo tempo para que a luz acenda.

Essa operação é uma operação de adição. Porém, vale ressaltar que essa adição não é como a adição da álgebra convencional, pois a OR é: $1 + 1 = 1$ (ou seja, '(1 **ou** 1) = 1') e não $1 + 1 = 2$. A porta possui pelo menos duas entradas, podendo apresentar mais entradas.

Por isso, se A e B são suas entradas, na saída teremos o resultado de $A + B$. Uma porta lógica OR pode ser resumida através da fórmula $X = A + B$ (Você pode ler como **A ou B**). O seu símbolo e a tabela verdade são apresentados na Figura 4.

Figura 04 - Tabela verdade de 2 entradas da porta OR (a) e o símbolo da porta OR (b)



Fonte: Tocci e Widmer (2007)

Para saber mais...

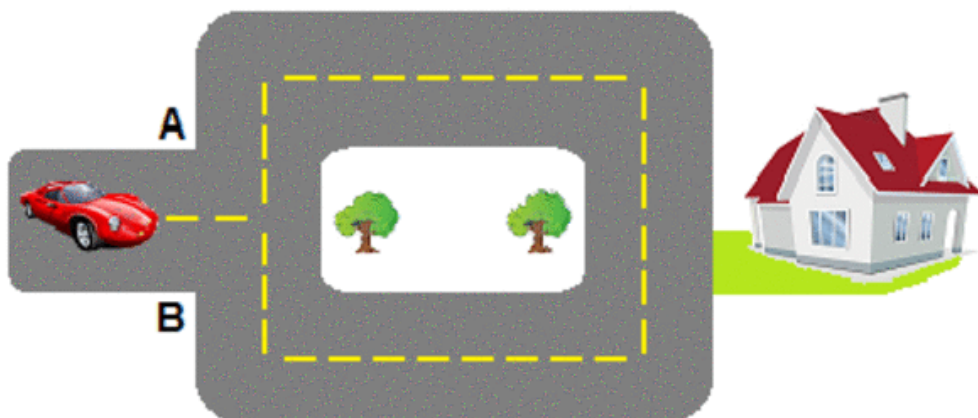
Você pode saber mais sobre o 7432, pesquisando em: http://pt.wikipedia.org/wiki/TTL_7432.

A operação da porta OR resulta em "0" apenas no caso das duas entradas estarem em nível lógico "0", caso contrário temos o nível lógico "1" na saída.

Podemos também pensar na porta OR como uma rota que possui duas estradas em paralelo (estrada A e B) pela qual queremos atravessar para alcançar o outro lado.

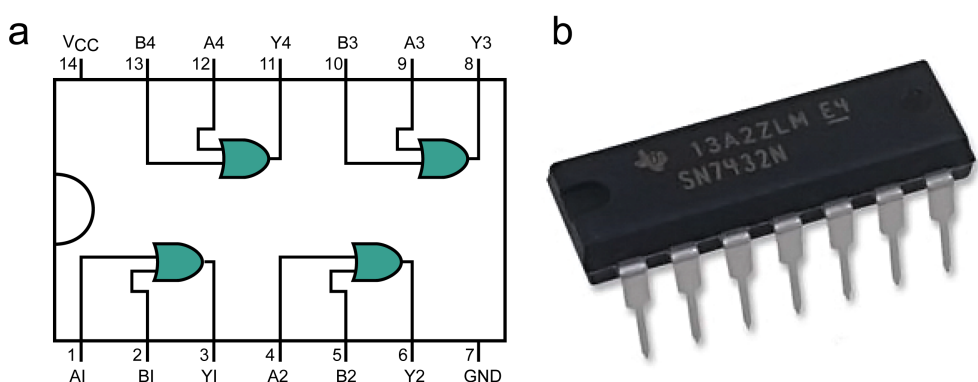
Só não conseguimos chegar no destino no caso do duplo bloqueio: nível lógico "0" (**Figura 5 (I)**). Em todas as outras situações (**Figuras 5(i), 5(ii) e 5(iii)**), conseguimos passar, resultando em nível lógico "1".

Figura 05 - Comportamento da porta OR



O circuito integrado com portas OR mais famoso é chamado de 7432, o qual tem a posição dos seus pinos como mostrada na **Figura 6**.

Figura 06 - Circuito integrado 7432



Fonte: <<http://sigma.octopart.com/21610016/image/Texas-Instruments-SN7432N.jpg>> Acesso em: 16 Jun. 2015.

No circuito integrado 7432 existem 4 portas OR com duas entradas e uma saída, o pino 14 representa o Vcc, onde colocamos uma tensão de 5 Volts para ligar o circuito e temos que aterrar (ligar em 0 Volts) o pino 7, chamado de GND (GROUND), que é o pino terra.

Existem outros circuitos integrados que possuem portas OR com mais entradas, como, por exemplo, o 74405, que possui três portas OR com três entradas cada.

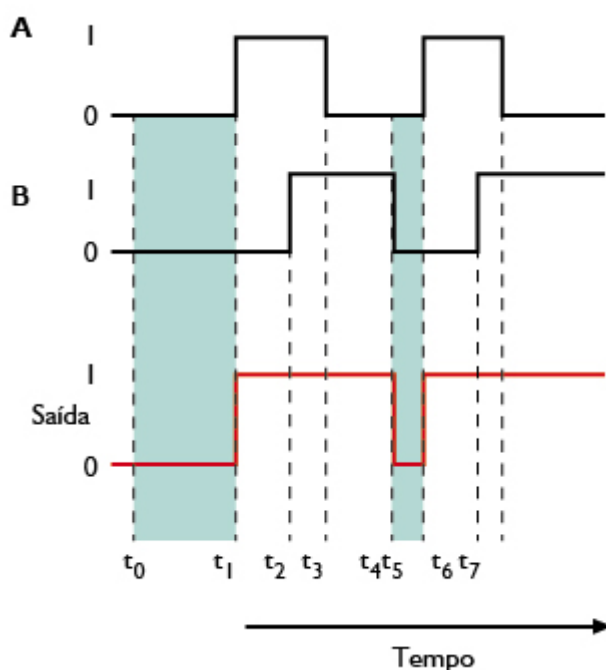
Na **Figura 7**, vemos o diagrama de tempo com duas entradas (A, B) e uma saída.

Entre o tempo t_0 e t_1 , podemos observar $A = 0$ e $B = 0$; então, a saída também é zero (verifique pela tabela verdade da **Figura 4(a)**).

Entre o tempo t_1 e t_2 , $A = 1$ e $B = 0$, assim a saída é 1. Logo depois, entre t_2 e t_3 , A continua em nível lógico 1 e B passa de 0 para 1, e assim a saída se mantém em 1, pois $A = B = 1$.

Verificando o nível lógico de cada entrada em cada período de tempo, você poderá calcular a saída. Como exercício, pratique e veja se você compreende o tempo de t_3 até t_7 .

Figura 07 - Diagrama de tempo da porta OR com 2 entradas (A, B)



Fonte: Tocci e Widmer (2007)

Atividade 03

1. Escreva a expressão lógica para uma porta OR com quatro entradas.
2. Qual é a única condição para que a saída fique em nível lógico baixo ("0") nesta porta OR com 4 entradas?

Operação AND (“E”) e porta AND

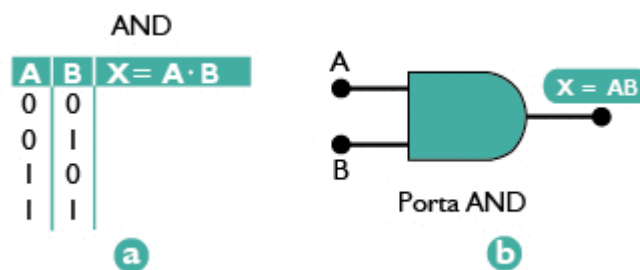
A operação AND é a segunda operação booleana básica. Para termos uma situação satisfeita (resposta positiva) nessa operação, é necessário que todas as condições de entrada sejam verdadeiras.

Por exemplo, para um aluno ser aprovado em uma disciplina ele precisa: (i) obter a média necessária nas avaliações e (ii) ter a frequência mínima exigida nas aulas e atividades. Ou seja, para satisfazer a condição de ser aprovado na disciplina, o aluno precisará satisfazer as duas condições: média e frequência. Se uma das condições não for verdade, o aluno será reprovado.

Outro exemplo, uma máquina de lavar para ser ligada deve estar com a tampa fechada e o botão de ligar apertado. Essa operação é uma operação de AND, ou seja, necessita que ambas as situações sejam satisfeitas. A operação AND também é conhecida como multiplicação. Isso porque precisamos que todas as entradas sejam verdadeiras para que a saída seja verdadeira. Porém, essa multiplicação é diferente da multiplicação que conhecemos. Apenas representamos da mesma maneira (A.B).

Uma porta lógica AND pode ser resumida através da fórmula $X = A \cdot B$ (você pode ler como A **and** B). O seu símbolo e sua tabela verdade são apresentados na **Figura 8**. Essa figura mostra uma porta AND com apenas 2 entradas, mas podemos ter portas com mais entradas, como o 7411.

Figura 08 - Tabela verdade de 2 entradas da porta AND (a) e o símbolo da porta AND (b)

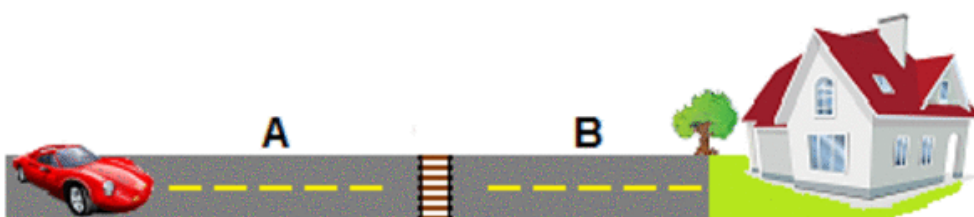


Fonte: Tocci e Widmer (2007)

A operação da porta AND resulta em "1", apenas no caso de todas as duas entradas estiverem em nível lógico "1"; caso contrário teremos o nível lógico "0" na saída.

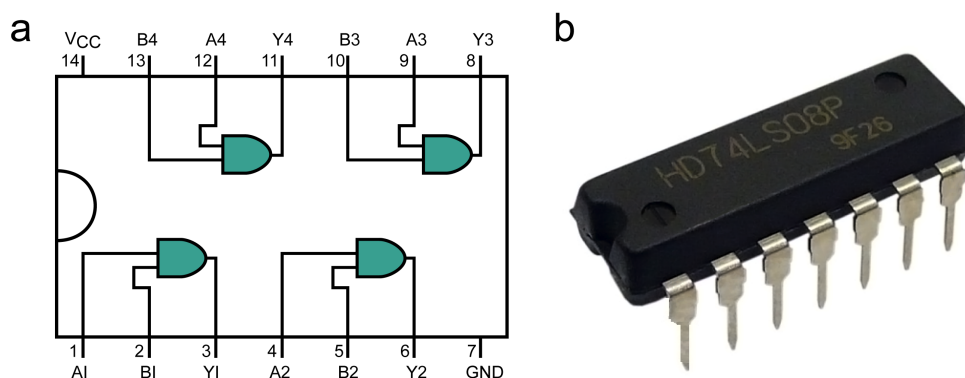
Podemos pensar na porta AND como uma rota única: se houver um bloqueio, como temos apenas uma passagem, ficará impedido o trânsito (**Figuras 9(i) e 9(ii)**). No caso de duplo bloqueio (**Figura 9(iii)**), é obvio que também o trânsito fica impedido. Assim, apenas teremos trânsito livre quando não existe bloqueio nenhum (**Figura 9(vi)**).

Figura 09 - Comportamento da porta AND



Um circuito integrado com portas AND muito conhecido é o 7408, que tem a sua pinagem mostrada na Figura 10. Existem vários outros circuitos integrados que possuem portas AND com mais entradas. Por exemplo, o 7411 possui três portas AND de três entradas cada.

Figura 10 - Circuito integrado 7408



Fonte: <<http://wikisistemasweb.wikispaces.com/file/view/74LS08%20CHIP.JPG/418P.JPG>>
Acesso em: 16 Jun. 2015

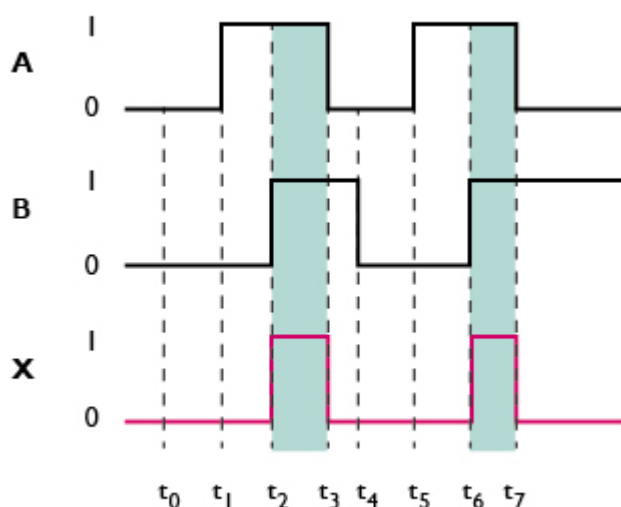
O circuito integrado 7408 possui 4 portas AND com 2 entradas e uma saída. O pino 14 representa o Vcc, onde colocamos uma tensão de 5 Volts para ligar o circuito. Temos que aterrar o pino 7, chamado de GND (GROUND), que é o pino terra.

Na **Figura 11**, você vê o diagrama de tempo com 2 entradas (A, B) e uma saída. Entre o tempo t_0 e t_1 , podemos observar $A = 0$ e $B = 0$, então, a saída também é zero (verifique pela tabela verdade da **Figura 8(a)**)

Entre o tempo t_1 e t_2 , $A = 1$ e $B = 0$, assim, a saída é 0, pois $B = 0$. Logo depois, entre t_2 e t_3 , A continua em nível lógico 1 e B passa de 0 para 1, e assim a saída mudou para nível lógico 1, pois $A = B = 1$.

Verificando o nível lógico de cada faixa de tempo do formato de onda das entradas, você poderá calcular a saída. Como exercício, pratique e veja se você entende os tempos de t_3 até t_7 .

Figura 11 - Diagrama de tempo da porta AND com duas entradas (A, B)



Fonte: Tocci e Widmer (2007)

Atividade 04

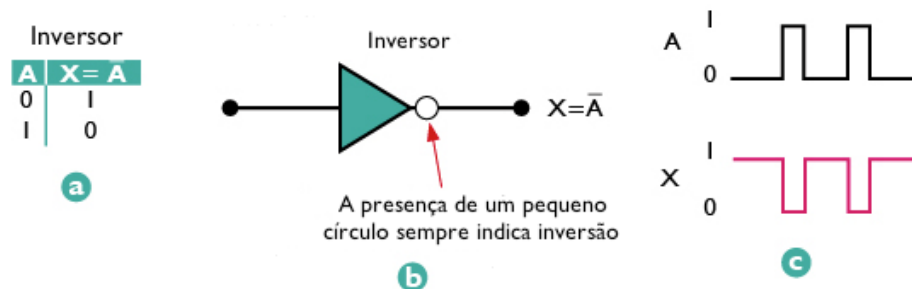
1. Qual é a única condição para nível lógico alto ("1") na saída para uma porta AND de cinco entradas?

2. Escreva a tabela verdade de uma porta AND com 4 entradas e uma saída.

Operação NOT (“NÃO”): inversor e a porta inversora

Como o próprio nome já sugere, o inversor irá inverter o nível lógico da entrada. Se você entrar com o nível lógico “0” em um circuito inversor, obterá na saída o nível lógico “1”, da mesma forma que se você entrar com o nível lógico “1”, obterá o nível lógico “0” na saída. O símbolo do inversor pode ser visto na **Figura 12**. Na Figura 12 (b), em especial, é possível ver como escrever a saída X em função da negação da entrada A. Neste caso é comum dizer “Não A” ou “A barrado”.

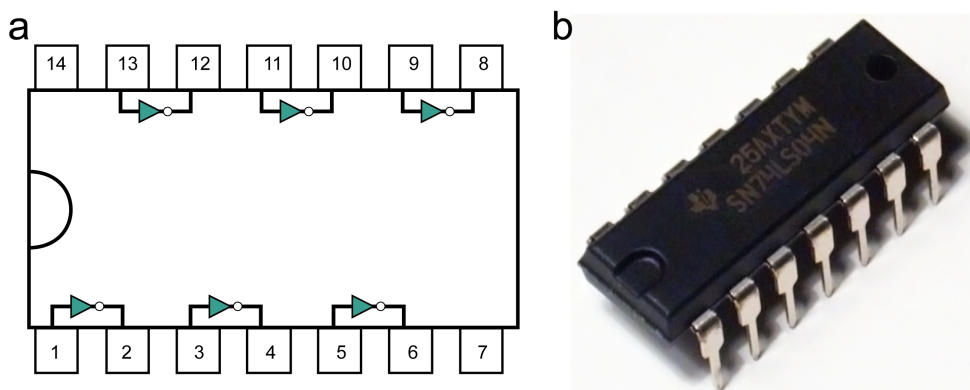
Figura 12 - (a) Tabela verdade da porta INVERSORA, (b) Símbolo da porta NOT e (c) Formato de onda.



Fonte: Tocci e Widmer (2007)

O circuito integrado com inversores mais conhecido é o 7404, que tem a pinagem mostrada na **Figura 13**. O 7404 possui seis inversores internos. Para fazer esse circuito integrado funcionar, você precisa conectá-lo em uma fonte de alimentação de 5V no pino 14.

Figura 13 - Circuito integrado com inversores 7404



Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/TTL_7404> Acesso em: 17 abr. 2012

No circuito integrado 7404, o pino 14 representa o Vcc, onde colocamos uma tensão de 5 volts para ligar o circuito e temos que aterrar no pino 7, chamado de GND (GROUND), que é o pino terra.



Vídeo 03 - Preenchimento da Tabela Verdade

Atividade 05

1. Como você definiria a função de uma porta inversora?
2. Se um inversor (uma entrada) é conectado a um segundo inversor, responda quais serão os níveis lógicos de saída para uma entrada "0" e para uma entrada "1". O que você conclui desses valores obtidos?

Resumo Operações

Na **Figura 14**, vemos um resumo das operações booleanas que estudamos até agora: as portas NOT, AND e OR.

Figura 14 - Operações das portas NOT, OR e AND

NOT	OR	AND
$\overline{0} = 1$	$0 + 0 = 0$	$0 \cdot 0 = 0$
$\overline{1} = 0$	$0 + 1 = 1$	$0 \cdot 1 = 0$
	$1 + 0 = 1$	$1 \cdot 0 = 0$
	$1 + 1 = 1$	$1 \cdot 1 = 1$

Na próxima aula, continuaremos a estudar um pouco mais sobre os circuitos lógicos, conhecendo outras portas (NOR e NAND) e aprendendo a descrever esses circuitos algebricamente.



Vídeo 04 - Aplicação da Tabela Verdade

Leitura complementar

[1] WAGNER, Flávio R.; REIS, André I.; RIBAS, Renato P. **Fundamentos de Circuitos Digitais**. Bookman, 2008.

[2] PEDRONI, Volnei. **Eletrônica Digital Moderna e VHDL**. Campus, 2010.

Resumo

Nesta aula, você estudou as operações booleanas básicas AND, OR e NOT, nas quais a porta NOT funciona como inversor. Além disso, você viu que uma porta OR gera um nível lógico alto ("1") quando **qualquer uma** de suas entradas estiver em nível lógico alto ("1"). Você estudou a porta AND e viu que, para gerar um nível lógico alto na saída, é necessário que **todas** as entradas estejam em nível lógico alto ("1"). O inversor apenas inverte o nível lógico da entrada. Por fim, você viu o quanto é importante conhecer os símbolos e a tabela verdade de cada porta lógica.

Autoavaliação

1. Escreva as tabelas verdade para as portas AND e OR com três entradas. (exercício interativo)

Entradas			AND	OR
A	B	C	<u>RESPOSTA</u>	<u>RESPOSTA</u>
0	0	0	—	—

Entradas			AND	OR
0	0	1	—	—
0	1	0	—	—
0	1	1	—	—
1	0	0	—	—
1	0	1	—	—
1	1	0	—	—
1	1	1	—	—

2. Complete cada expressão

a. $0 + 1 =$

b. $1 \cdot 1 =$

c. $0 \cdot 1 =$

d. $1 + 0 =$

e. $1 \cdot 0 =$

f. $1 + 1 =$

3. Se tivermos as entradas A=1, B=0 e C=1, qual será o valor da saída Y do circuito da Figura 15?

Figura 15 - Circuito para a questão 3 da autoavaliação



Referências

PORTAS LÓGICAS. Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/ine5365/portlog.html>>. Acesso em: 17 abr. 2012.

RAFAEL, Igo. **Circuitos analógicos:** blog. Disponível em: <<http://circuitosanalogicos.blogspot.com>>. Acesso em: 17 abr. 2012.

TOCCI, Ronald; WIDMER, Neal S.; MOSS, Gregory L. **Sistemas digitais: princípios e aplicações**. 10. ed. Prentice Hall, 2007.

WIKIPÉDIA. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki>>. Acesso em: 17 abr. 2012a.

_____. **George Boole**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/George_Boole>. Acesso em: 17 abr. 2012b.

_____. **Circuito Integrado**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Circuito_integrado>. Acesso em: 17 abr. 2012c.

_____. **TTL 7404**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/TTL_7404>. Acesso em: 17 abr. 2012f.

_____. **TTL 7408**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/TTL_7408>. Acesso em: 17 abr. 2012e.

_____. **TTL 7432**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/TTL_7432>. Acesso em: 17 abr. 2012d.