DHD – Desenvolvimento em Hardware

Caio S.V. Batista e Francisco Fechine

quinta-feira, 24 de agosto de 2006

5

Circuitos Combinacionais

Prof. Caio Sérgio de Vasconcelos Batista
Prof. Francisco Fechine Borges

Circuitos Combinacionais

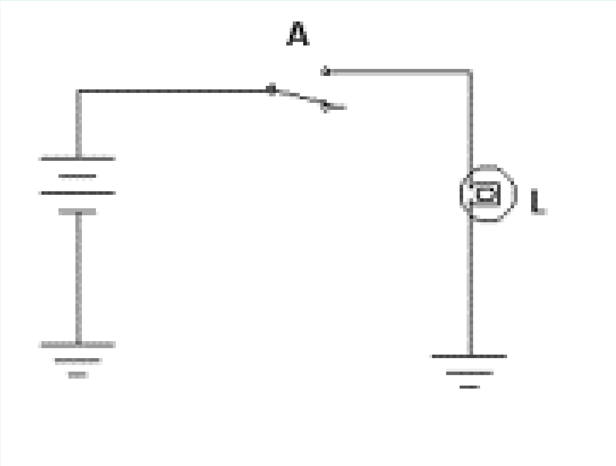
- Variável Booleana
  - Variável que pode assumir só duas condições (dois valores). Associamos os símbolos “ 0 “ e “1 “aos estados que a variável pode assumir.
  - Usa-se **letras maiúsculas** para representar uma **Variável Booleana**.
  - Exemplos de variáveis booleanas:
    - chave (aberta ou fechada)
    - lâmpada (acesa ou apagada)
  - Lâmpada acesa poderia ser “1 “, logo, apagada seria “ 0 “, podendo ser o contrário, dependendo da convenção adotada.

UNIBRATEC Ensino Superior e Técnico em Informática

Circuitos Combinacionais

- Uma variável booleana pode ser dependente de outras variáveis booleanas.

- Por exemplo, em resposta à **condição de uma chave** (variável **A**), que pode estar aberta ou fechada, podemos ter a **condição de uma lâmpada** (variável **L**), acesa ou apagada.



FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

UNIBRATEC Ensino Superior e Técnico em Informática

Circuitos Combinacionais

- Expressão Booleana: L=A (onde "=" significa "é equivalente a")

Tabela da Verdade do circuito

A	L
Aberta (0)	Apagada (0)
Fechada (1)	Acesa (1)

A	L
0	0
1	1

FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

UNIBRATEC Ensino Superior e Técnico em Informática

Circuitos Combinacionais

- Barra acima da variável significa negação ou complemento da variável.
- $\overline{A}$ é lido como “não-A”, “A-negado” ou “A-barrado”.
  - (Se A é 1, $\overline{A}$ é 0;
  - Se A é zero, então $\overline{A}$ é 1)
- $\overline{\overline{A}}$ representa não-não A; Assim, $\overline{\overline{A}}$ = A

FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

UNiBRATEC Ensino Superior e Técnico em Informática

Circuitos Combinacionais

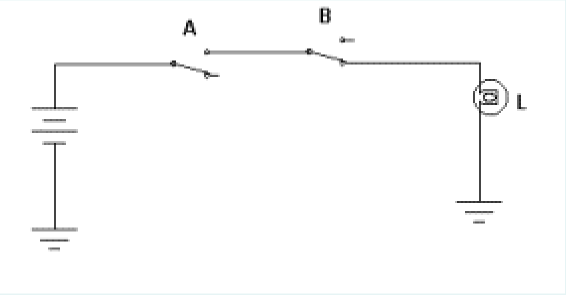
❖ Uma função booleana relaciona duas ou mais variáveis booleanas entre si através de uma expressão chamada de *expressão booleana*.

- Antigamente, os circuitos lógicos eram feitos (implementados) com relés.
- Hoje usa-se portas lógicas em CIs (Circuitos Integrados) para realizar uma determinada lógica (determinada função).
- Mostraremos as principais funções lógicas e as portas lógicas que realizam estas funções.

FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

➢ Função E (AND) - Porta E (AND)

➢ As duas chaves, A e B estão ligadas em série para ligar a lâmpada L. A lâmpada acenderá se A **e** B estiverem fechadas. Expressão Booleana: **L = A.B**



Símbolo da porta AND

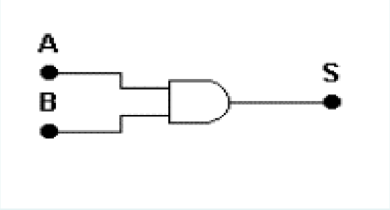


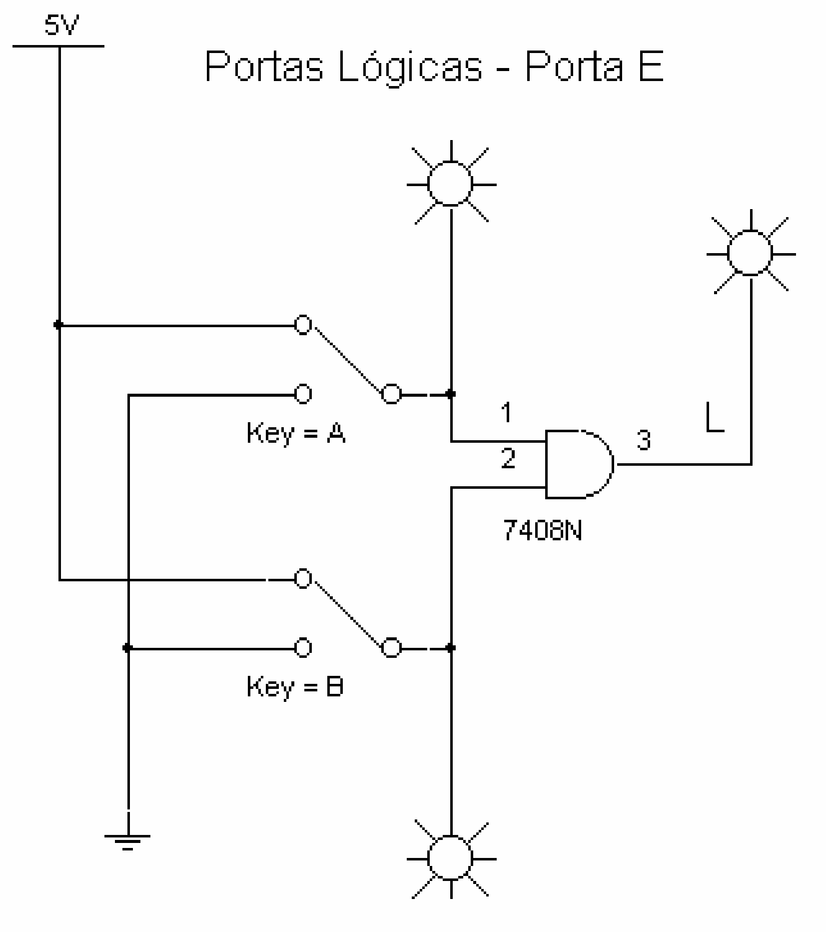
TABELA DA VERDADE

A	B	L = A . B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

Circuitos Combinacionais

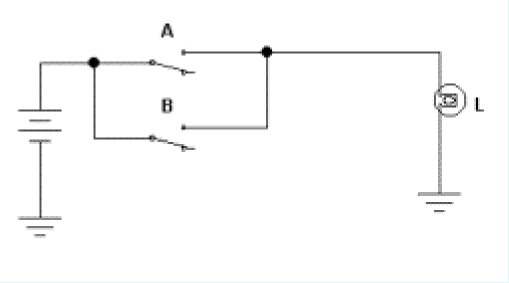
- As lâmpadas no circuito ao lado indicam o estado lógico das entradas e da saída. Faça a tabela da verdade e verifique que lâmpadas estarão acesas em cada caso



FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

Porta OU (OR)

- As duas chaves, A e B estão ligadas em paralelo para ligar a lâmpada L. A lâmpada acenderá se A **ou** B estiverem fechadas. Expressão Booleana: **L = A+B**



Símbolo da porta OR

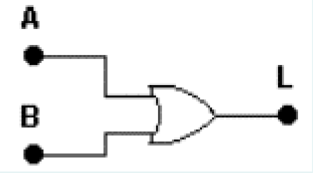


TABELA DA VERDADE

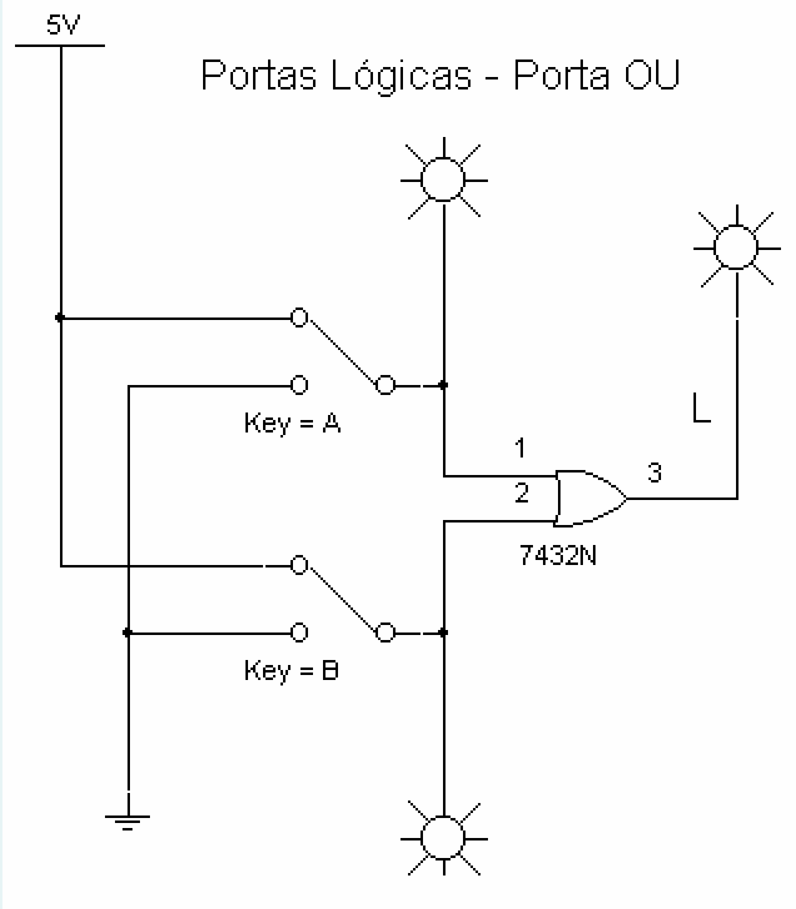
A	B	L = A + B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

UNIBRATEC Ensino Superior e Técnico em Informática

Circuitos Combinacionais

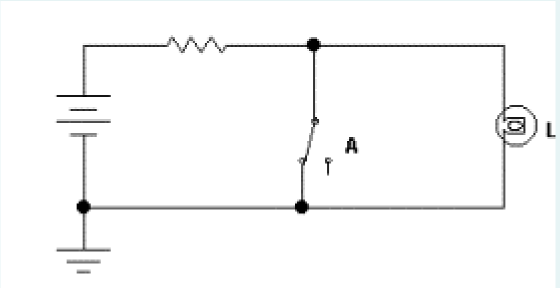
- As lâmpadas no circuito ao lado indicam o estado lógico das entradas e da saída. Faça a tabela da verdade e verifique que lâmpadas estarão acesas em cada caso



FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

➢ Porta NÃO (NOT) - Inversora

➢ Dá uma saída que é o inverso da entrada. Expressão Booleana: L = $\overline{A}$



Símbolo da porta NOT

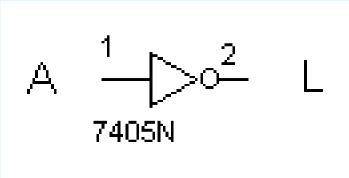


TABELA DA VERDADE

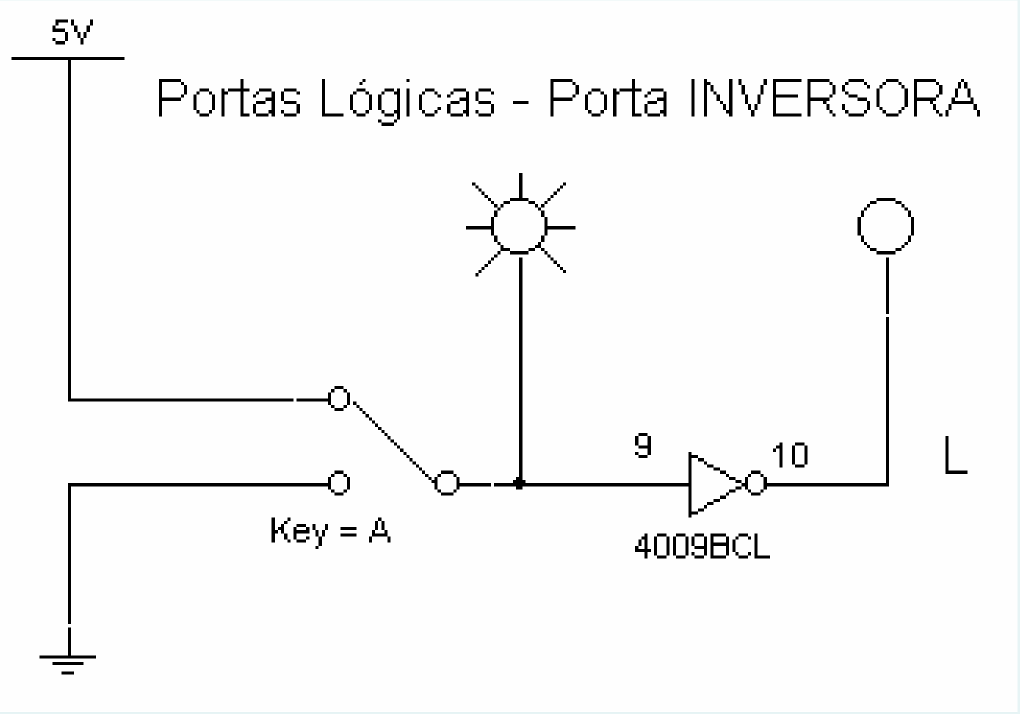
A	L = $\overline{A}$
0	1
1	0

FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

UNIBRATEC Ensino Superior e Técnico em Informática

Circuitos Combinacionais

➢ As lâmpadas no circuito abaixo indicam o estado lógico das entradas e da saída. Faça a tabela da verdade e verifique que lâmpadas estarão acesas em cada caso



FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

UNIBRATEC Ensino Superior e Técnico em Informática

Circuitos Combinacionais

- A partir das funções E, OU e Inversora resultam algumas relações importantes:

$A.A=A$	$A+A=A$	$A.\overline{A}=0$	$A+\overline{A}=1$
$A.1=A$	$A+1=1$	$A.0=0$	$A+0=A$
$0.0=0$	$0+0=0$	$1.1=1$	$0+1=1$
$0.1=0$	$1+1=1$		

FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

Circuitos Combinacionais

Podemos usar algumas propriedades da álgebra ordinária na álgebra booleana:

Comutativa : A.B = B.A; A+B = B+A

Distributiva : A.(B+C)=A.B+A.C

Associativa : (A.B).C = A.(B.C) ; (A+B)+C=A+(B+C)

FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

- **Porta NE (NAND)**
- Negação da função E (AND). Expressão Booleana:

$$L = \overline{A\,B}$$

Símbolo da porta NAND

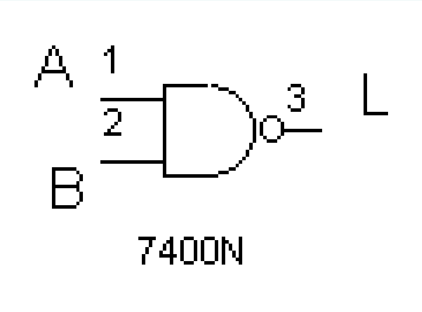


TABELA DA VERDADE

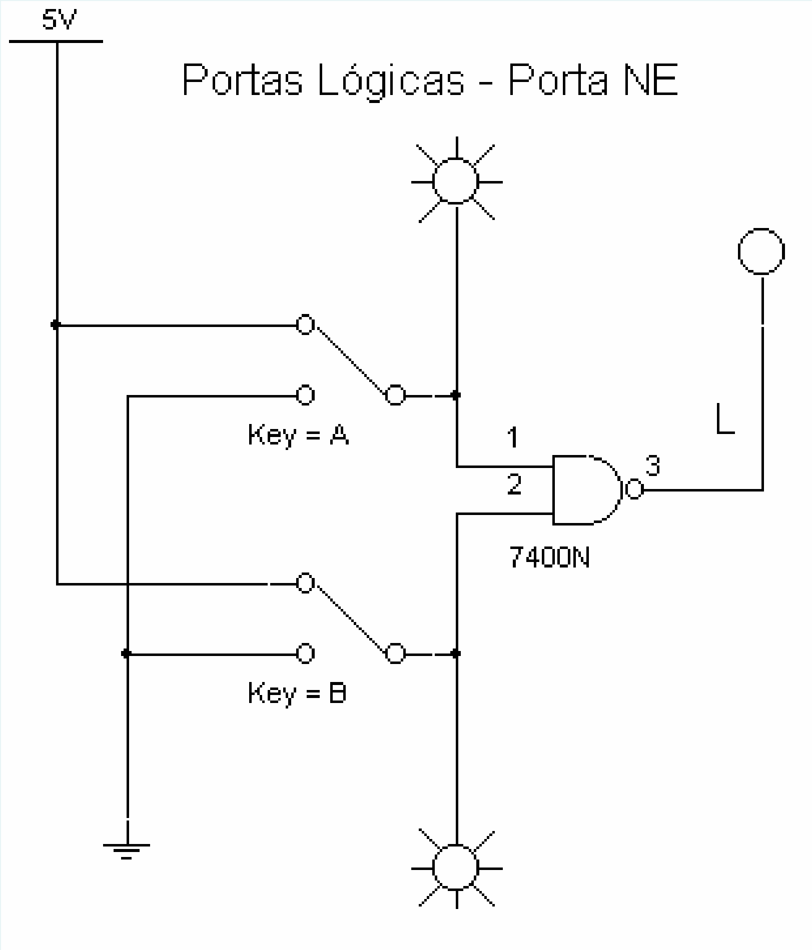
A	B	$L = \overline{A\,B}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

UNIBRATEC Ensino Superior e Técnico em Informática

Circuitos Combinacionais

- As lâmpadas no circuito ao lado indicam o estado lógico das entradas e da saída. Faça a tabela da verdade e verifique que lâmpadas estarão acesas em cada caso



FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

- **Porta NOU (NOR)**
- Negação da função OU (OR). Expressão Booleana:

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

Símbolo da porta NOR

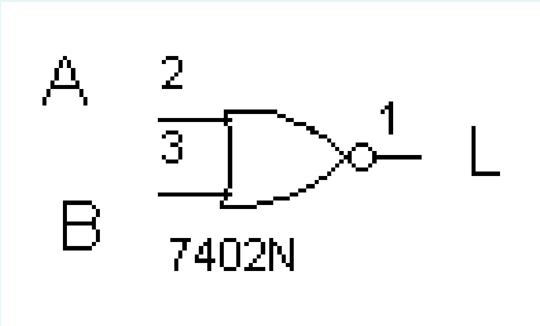


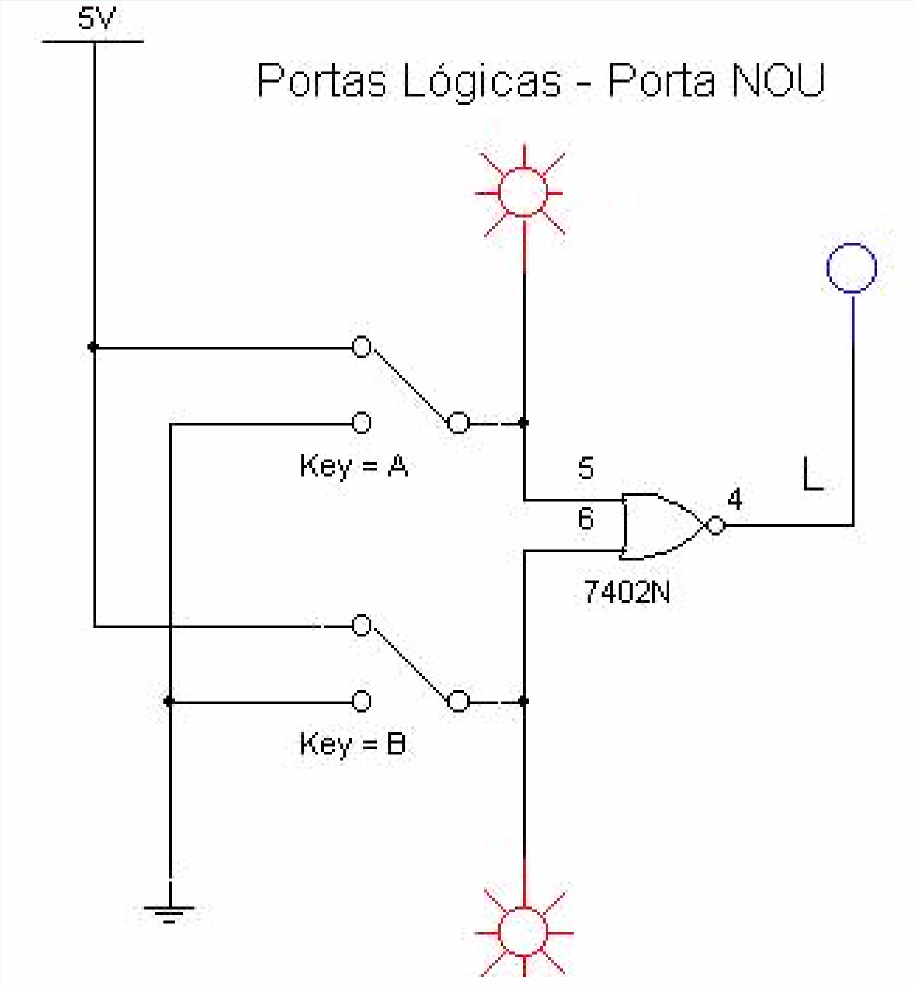
TABELA DA VERDADE

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

FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

Circuitos Combinacionais

- As lâmpadas no circuito ao lado indicam o estado lógico das entradas e da saída. Faça a tabela da verdade e verifique que lâmpadas estarão acesas em cada caso



FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

UNIBRATEC Ensino Superior e Técnico em Informática

Circuitos Combinacionais

- TEOREMA de DE MORGAN

  - É uma ferramenta usada para simplificar circuitos lógicos e tem como objetivo transformar um produto em uma operação de soma e vice-versa.

  - $\overline{A.B} = \overline{A} + \overline{B}$

A	B	A.B	$L = \overline{A.B}$	$\overline{A} + \overline{B}$
0	0	0	1	1
0	1	0	1	1
1	0	0	1	1
1	1	1	0	0

FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

Circuitos Combinacionais

- $\overline{A+B} = \overline{A}.\overline{B}$

A	B	A+B	$L = \overline{A+B}$	$\overline{A}.\overline{B}$
0	0	0	1	1
0	1	1	0	0
1	0	1	0	0
1	1	1	0	0

FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

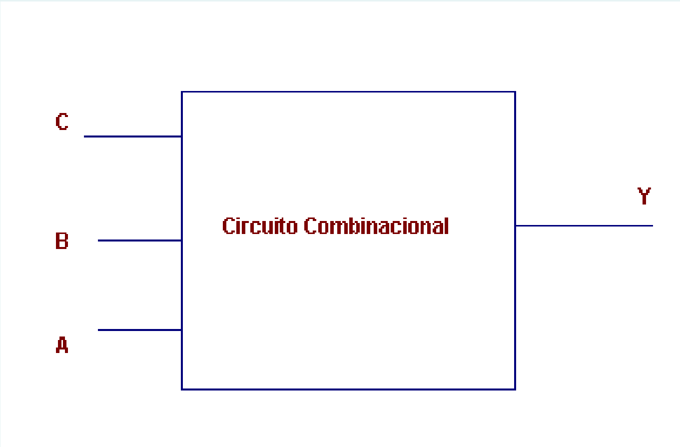
Circuitos Combinacionais

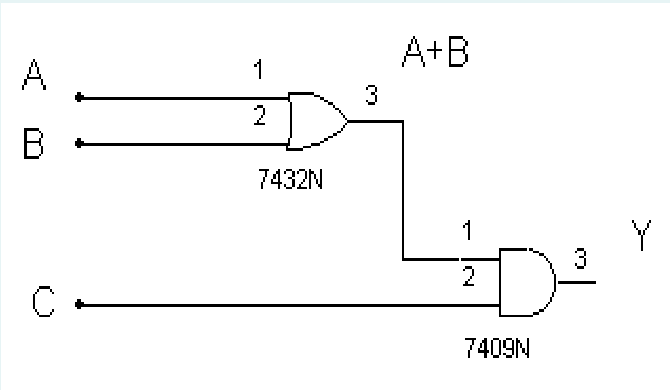
- CIRCUITO LÓGICO COMBINACIONAL
  - Circuitos lógicos, em geral, são obtidos através da associação de duas ou mais portas lógicas básicas, para executar uma determinada função.
  - Consideremos, no slide seguinte, um circuito lógico com três variáveis de entrada (ABC) e uma de saída (Y), cuja tabela verdade (TV) é conhecida.

FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

UNIBRATEC Ensino Superior e Técnico em Informática

Circuitos Combinacionais





LINHA	A	B	C	Y
1	0	0	0	0
2	0	0	1	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	1
5	1	0	0	0
6	1	0	1	1
7	1	1	0	0
8	1	1	1	1

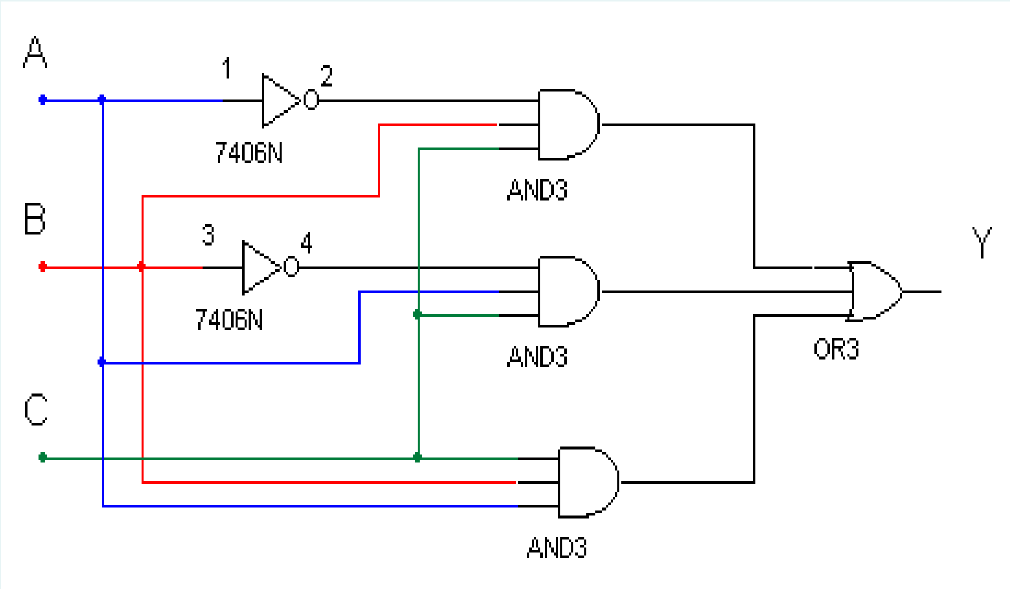
Y=(A+B).C é a expressão simplificada (mínima).

FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

Obtendo a Expressão Lógica a partir da Tabela da Verdade - Soma de Produtos

- A expressão máxima (soma de produtos) é obtida através da regra : Onde a função for "1", podemos escrever um produto das variáveis de tal forma que esse produto deva ser igual a "1".
- Linha 4: $\overline{A}.B.C$
- Linha 6: $A.\overline{B}.C$
- Linha 8: **A.B.C**

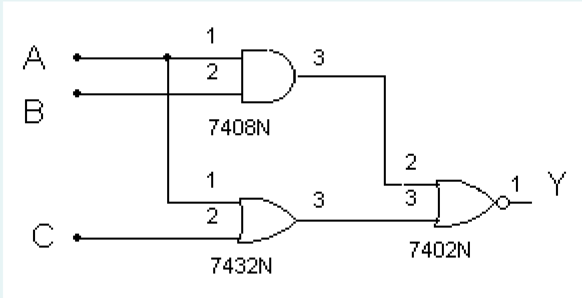
$$Y=\overline{A}.B.C + A.\overline{B}.C + A.B.C$$



- Expressão simplificada mínima (figura do slide anterior) : Mapa de Karnaugh.

FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

- OBTENDO A EXPRESSÃO DO CIRCUITO
  - Especificado o circuito, obter a tabela da verdade e a Expressão Booleana.



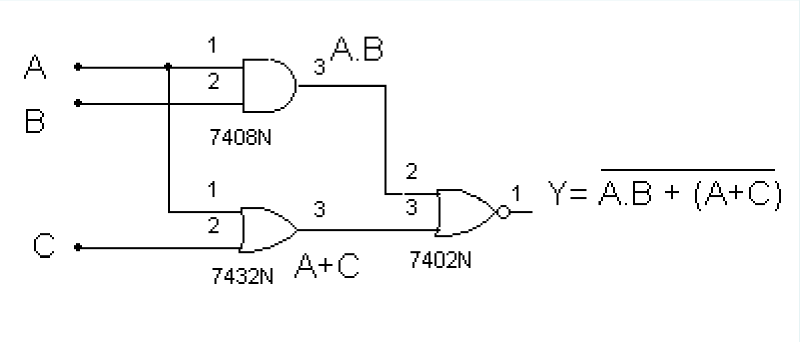
  - Escrever a expressão da saída de cada porta lógica básica encontrada até chegar na saída.
  - No exemplo: na saída da porta AND temos A.B = X.
  - Na saída da porta OU temos A+C =Z.
    - Portanto: $Y = \overline{Z + X}$ $Y = \overline{A+C+A.B}$

FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

UNIBRATEC Ensino Superior e Técnico em Informática

Circuitos Combinacionais

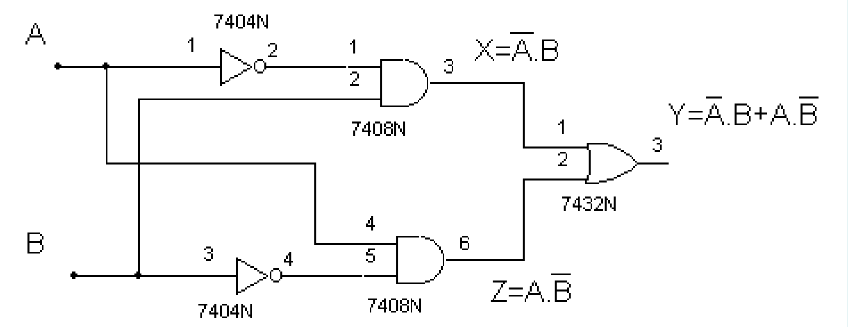
- Exercício: Obtenha a tabela da verdade do circuito abaixo



C	B	A	Y
0	0	0	1
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	0

- Exercício: Dada a expressão booleana $\mathbf{Y = \overline{A}.B + A.\overline{B}}$ obtenha o circuito e a TV.

B	A	Y
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	



FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

❖ PORTAS LÓGICAS EM CIRCUITOS INTEGRADOS

- Na prática, as portas lógicas são circuitos com transistores, diodos e resistores.
- Esses circuitos são implementados em circuitos integrados, usando basicamente as tecnologias:
  - TTL – Transistor-Transistor Logic;
  - CMOS - Complementary - Metal - Oxide – Semiconductors

  (a maioria dos circuitos atuais são CMOS).

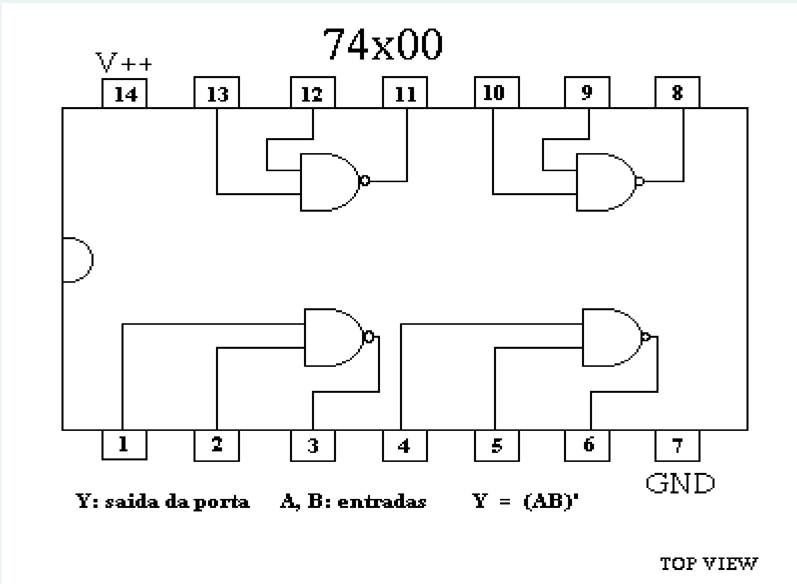
- As figuras a seguir ilustram um exemplo de CI que contém portas lógicas.

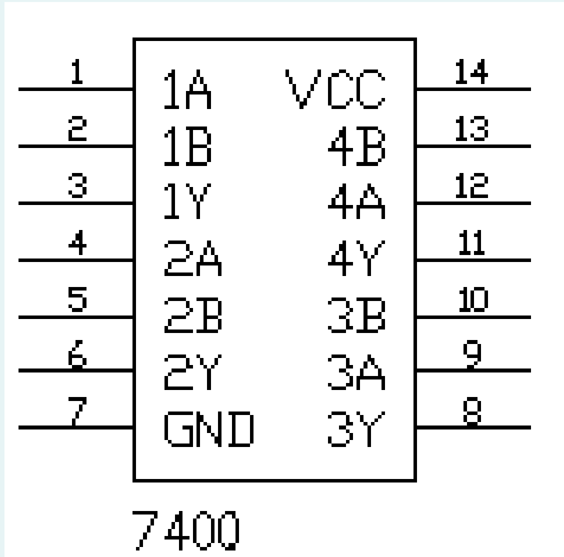
FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

UNIBRATEC Ensino Superior e Técnico em Informática

Circuitos Combinacionais

- O CI 7400 tem 14 pinos, 4 portas NAND de duas entradas (as entradas são sempre especificadas pelas letras A, B, C, D, E , etc., enquanto as saídas são especificadas por Y). Assim a primeira porta tem as entradas 1A e 1B e a saída 1Y. O CI necessita de tensão de alimentação entre os pinos 14 (VCC) e 7 (GND) de +5VDC.





FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

Circuitos Combinacionais

- **Porta OU EXCLUSIVO**
- Expressão booleana: $Y = A \oplus B = \overline{A}.B + A.\overline{B}$

Símbolo da porta OU EXCLUSIVO

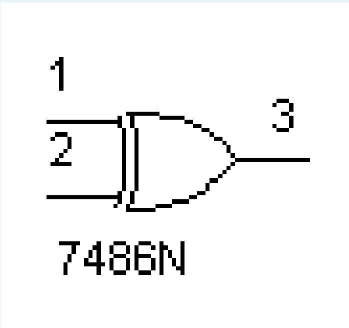


TABELA DA VERDADE

A	**B**	$Y = A \oplus B = \overline{A}.B + A.\overline{B}$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

- **Porta COINCIDÊNCIA**
- Expressão booleana: $Y = A \odot B = \overline{A}.\overline{B} + A.B$
- As funções OU Exclusivo e a COINCIDÊNCIA são complementares, ou seja: $\overline{A \odot B} = A \oplus B$

.

Símbolo da porta

COINCIDÊNCIA

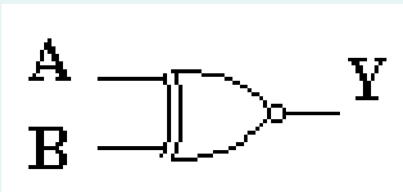


TABELA DA VERDADE

A	B	$Y = A \odot B = \overline{A}.\overline{B} + A.B$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

Circuitos Combinacionais

- PRODUTOS CANÔNICOS
  - Com n variáveis Booleanas obtem-se 2^n combinações possíveis.
  - Exemplo de produto canônico para 3 variáveis ($2^3 = 8$ combinações).

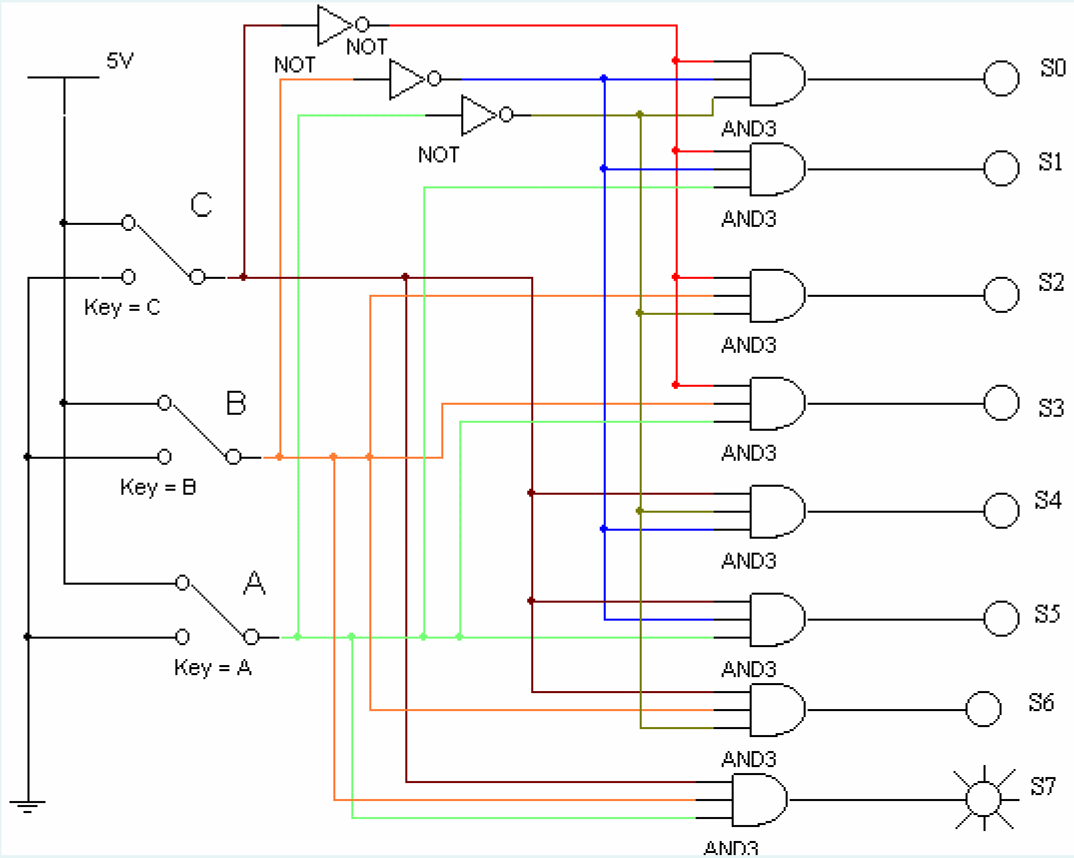
C	B	A	PRODUTO CANÔNICO
0	0	0	$\overline{C}.\overline{B}.\overline{A}$
0	0	1	$\overline{C}.\overline{B}.A$
0	1	0	$\overline{C}.B.\overline{A}$
0	1	1	$\overline{C}.B.A$
1	0	0	$C.\overline{B}.\overline{A}$
1	0	1	$C.\overline{B}.A$
1	1	0	$C.B.\overline{A}$
1	1	1	**C.B.A**

FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

UNIBRATEC Ensino Superior e Técnico em Informática

Circuitos Combinacionais

CIRCUITO QUE GERA O PRODUTO CANÔNICO DO SLIDE ANTERIOR



FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

UNIBRATEC Ensino Superior e Técnico em Informática

Circuitos Combinacionais

- Para especificar os valores de entrada, mudamos a posição das chaves C, B ou A.
- **Exercício**: No circuito da figura anterior, verifique as saídas do circuito para todas as combinações de entrada da tabela a seguir.
- **Observe que somente uma das saídas será alta para uma dada combinação das entradas (conforme mostra o próximo exercício).**

FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

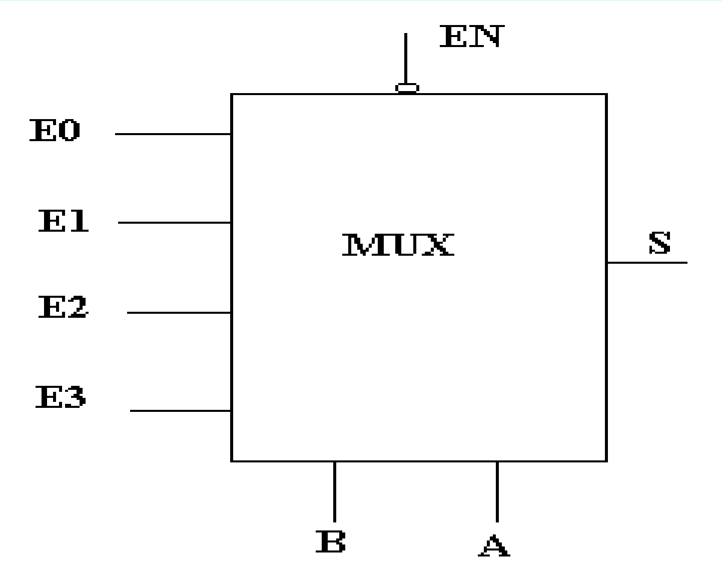
UNIBRATEC Ensino Superior e Técnico em Informática

Circuitos Combinacionais

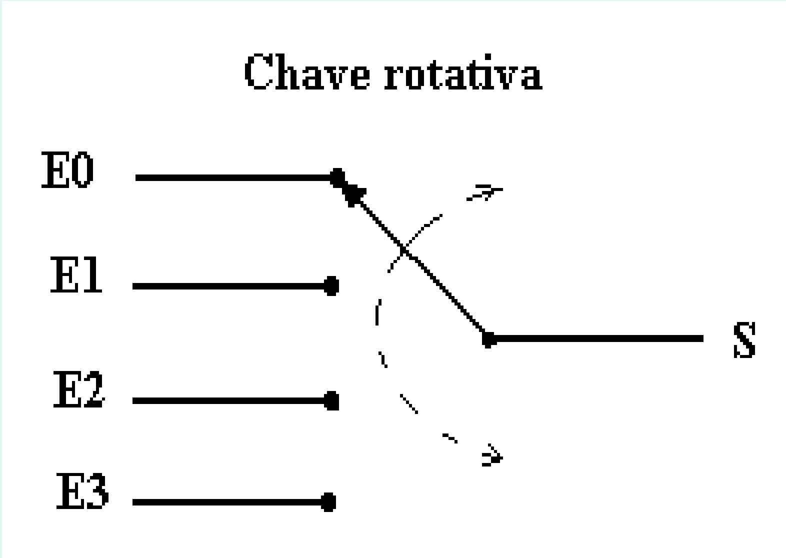
C	B	A	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
0	0	0	**1**	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	**1**	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	**1**	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	**1**	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	**1**	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	**1**

FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

- MULTIPLEX DIGITAL (MUX)
  - Um MUX é um circuito combinacional usado para enviar várias informações usando uma única linha física.
  - Ex: MUX de 4 canais (entradas) e equivalente mecânico através de uma chave rotativa



C



FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

Circuitos Combinacionais

- Somente uma entrada é conectada à saída num determinado instante.
- A seleção de qual entrada se conecta com a saída é feita eletronicamente através das variáveis B e A.
- A entrada EN (*Enable*=Habilita) permite habilitar ou não o funcionamento do circuito.
  - Se EN=0 o circuito funcionará de acordo com o explicado.
  - Se EN=1 a saída permanecerá sempre em 0 (por exemplo) independentemente de B e A.
  - A figura seguinte mostra a tabela da verdade do circuito.

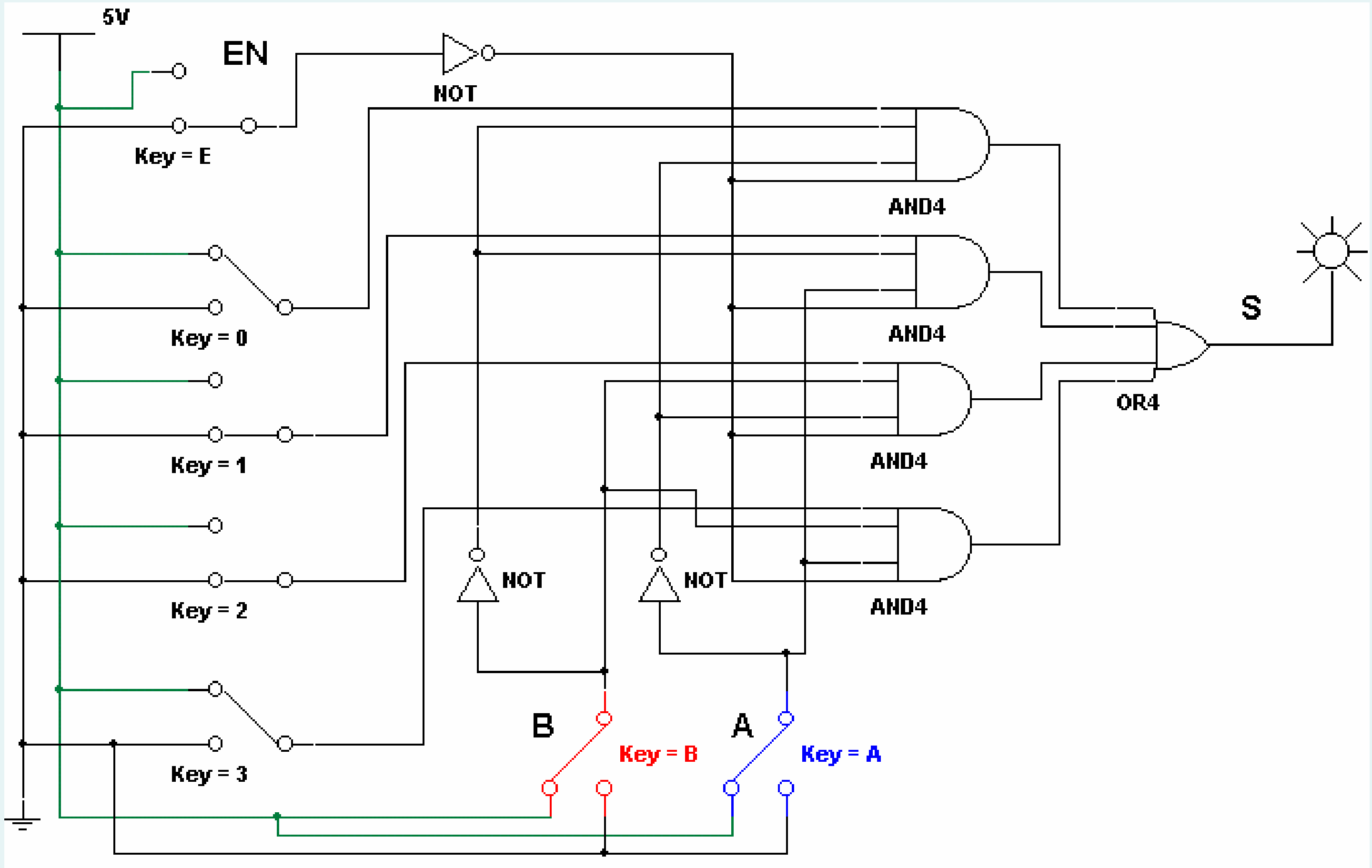
FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

Circuitos Combinacionais

EN	B	A	S
1	X	X	0
0	0	0	E0
0	0	1	E1
0	1	0	E2
0	1	1	E3

FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

Circuito MUX de 4 entradas implementado com portas lógicas

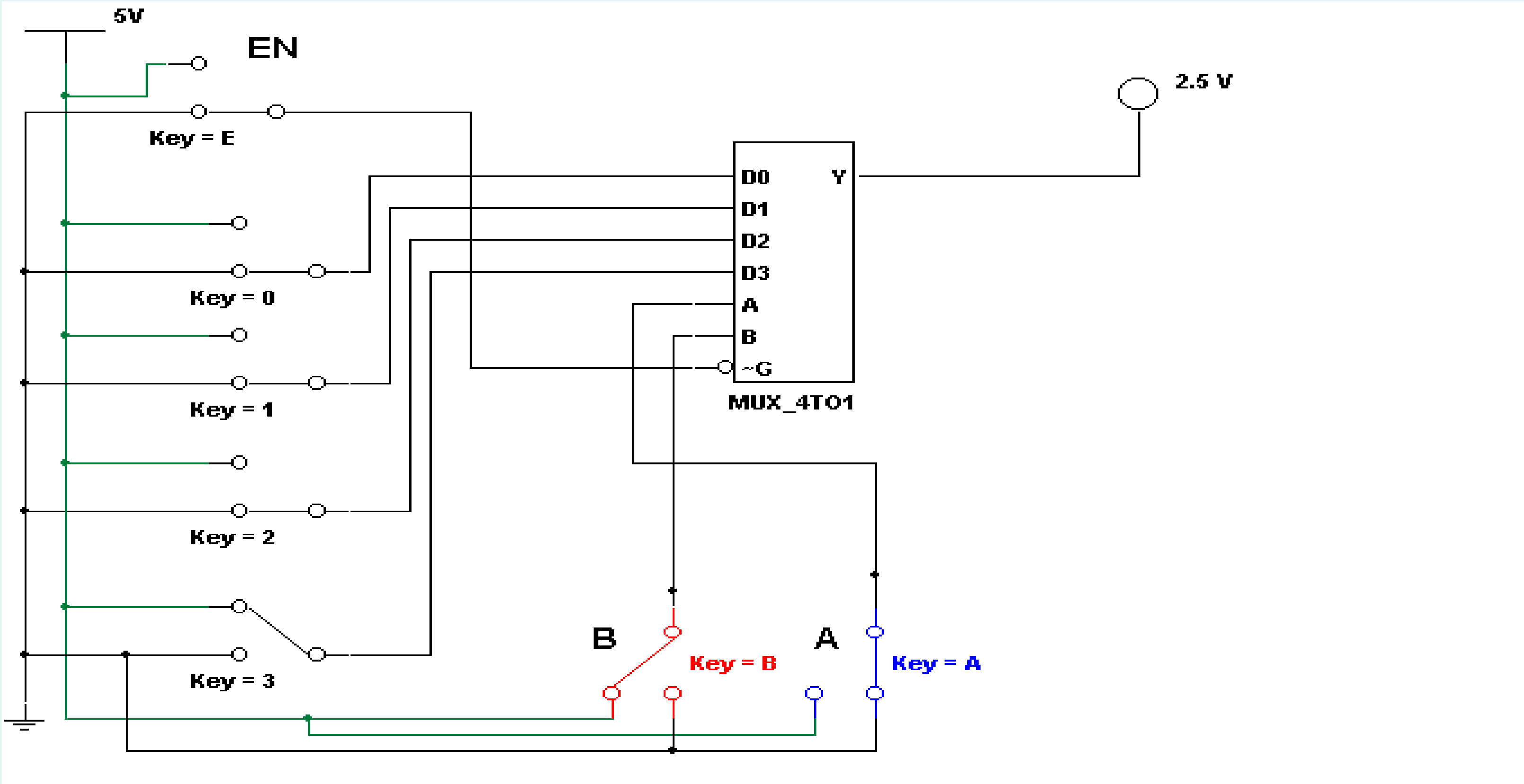


FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

UNIBRATEC Ensino Superior e Técnico em Informática

Circuitos Combinacionais

- Bloco multiplexador de 4 entradas construído em CI. Exemplos de CIs multiplexadores: 74150,74151, 74152, 74153, 74154



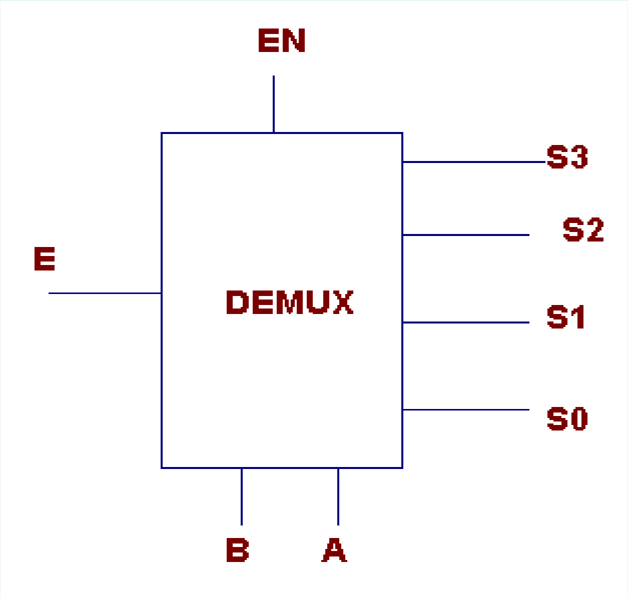
FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

UNIBRATEC Ensino Superior e Técnico em Informática

Circuitos Combinacionais

❖ DEMULTIPLEXADOR (DEMUX)

- O circuito demultiplexador (DEMUX) converte uma informação serial em uma informação paralela.
- A sua operação é inversa do MUX, portanto ele tem varias saídas e uma única entrada.



E: Entrada de dados.
S3,S2,S1,S0: saídas de dados.
EN: entrada de habilitar.
B, A : Variáveis de seleção (**selecionam qual das saídas será conectada à entrada**)

FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

UNIBRATEC
Ensino Superior e Técnico em Informática

Circuitos Combinacionais

- Tabela Verdade do DEMUX de 4 canais

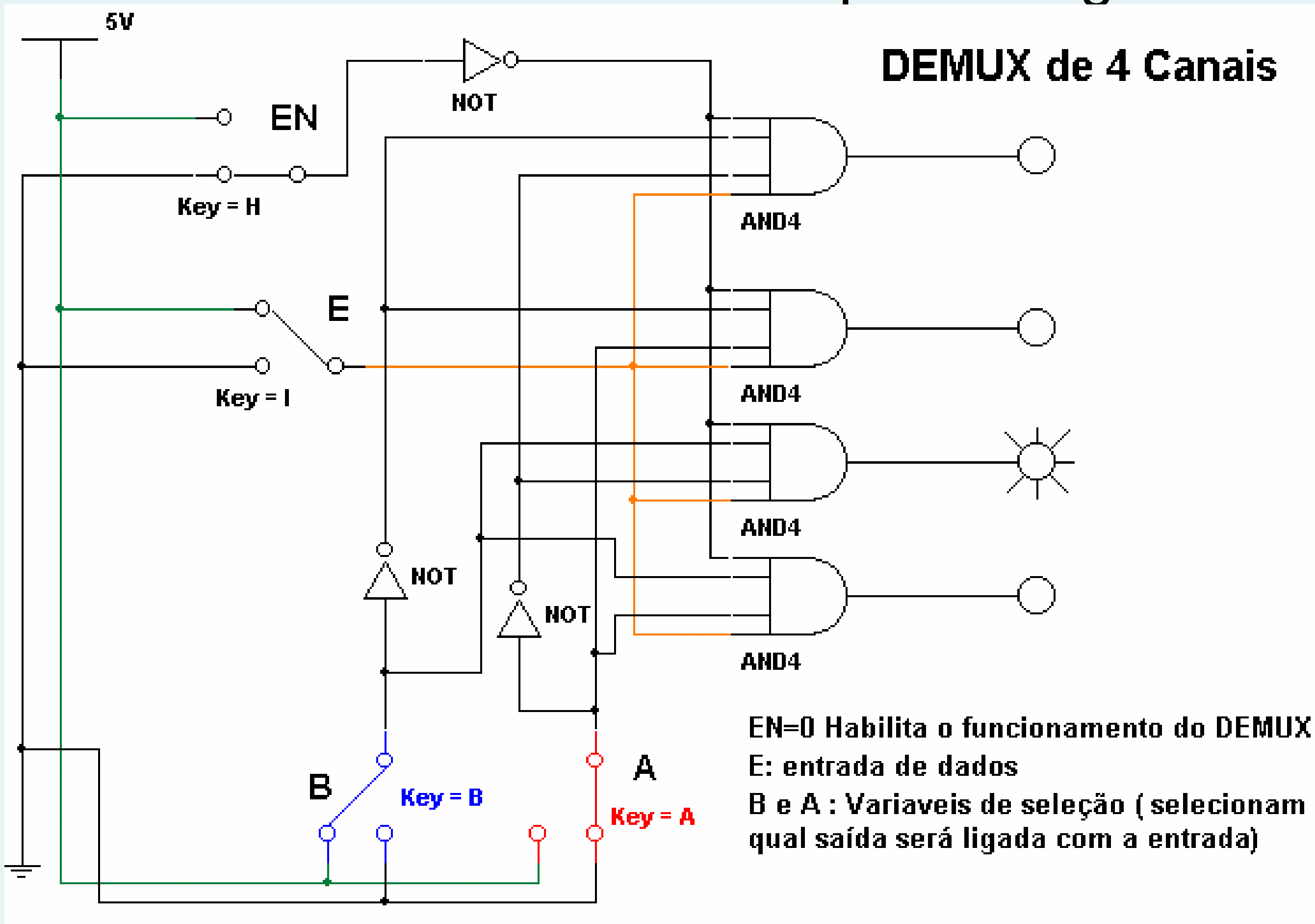
EN	B	A	S3	S2	S1	S0
1	X	X	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	**E**
0	0	1	0	0	**E**	0
0	1	0	0	**E**	0	0
0	1	1	**E**	0	0	0

FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

UNIBRATEC Ensino Superior e Técnico em Informática

Circuitos Combinacionais

- DEMUX de 4 canais construído com portas lógicas

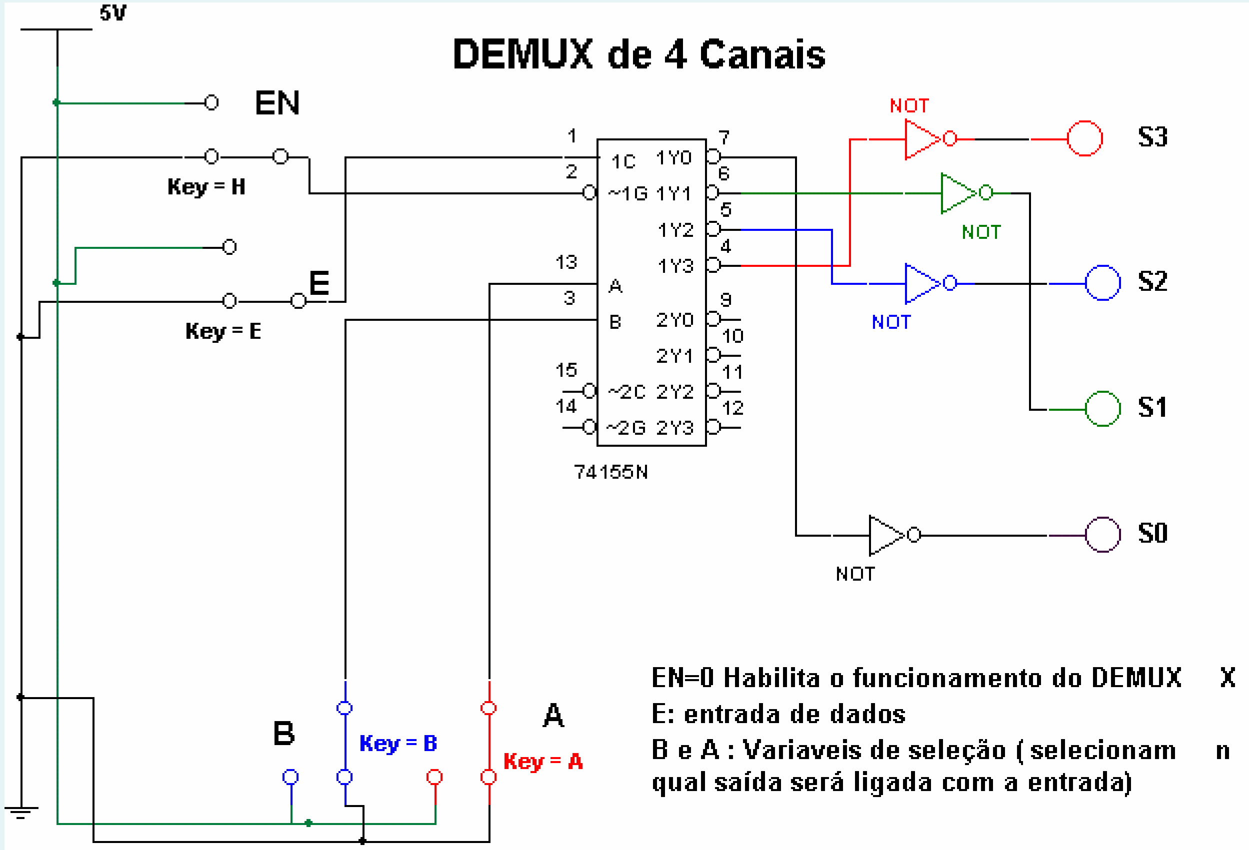


FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque

UNIBRATEC Ensino Superior e Técnico em Informática

Circuitos Combinacionais

❖ CI comercial (74155) contendo dois DEMUX de 4 canais. Observar que as saídas estão invertidas.



FONTE: SLIDES PROF. Rômulo O. Albuquerque