

AULA 9: ANÁLISE E SÍNTESE DE CIRCUITOS DIGITAIS COMBINACIONAIS

CIRCUITOS DIGITAIS

Rodrigo Hausen

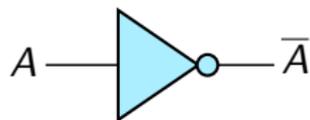
CMCC – UFABC

25 de fevereiro de 2013

<http://compscinet.org/circuitos>

PORTAS LÓGICAS

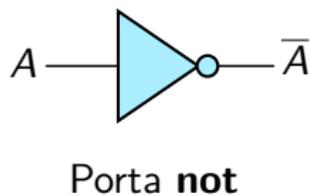
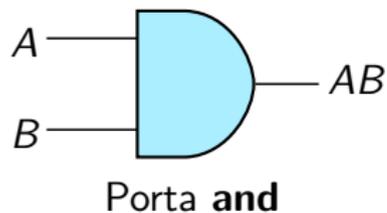
- circuitos que efetuam operações básicas da álgebra booleana



Porta **not**

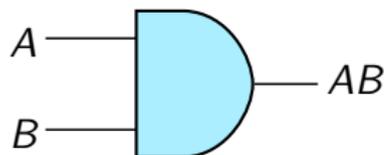
PORTAS LÓGICAS

- circuitos que efetuam operações básicas da álgebra booleana

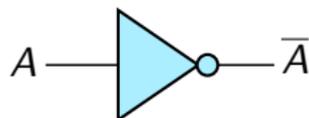


PORTAS LÓGICAS

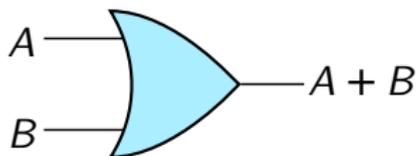
- circuitos que efetuam operações básicas da álgebra booleana



Porta **and**



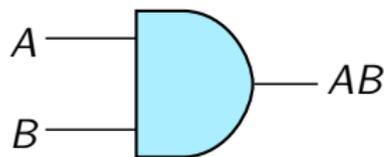
Porta **not**



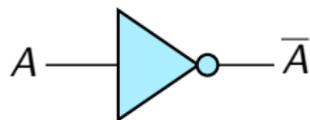
Porta **or**

PORTAS LÓGICAS

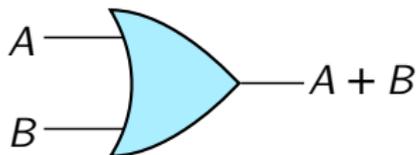
- circuitos que efetuam operações básicas da álgebra booleana



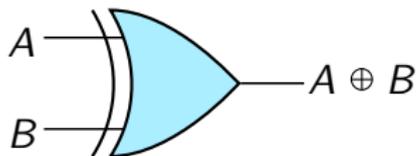
Porta **and**



Porta **not**



Porta **or**



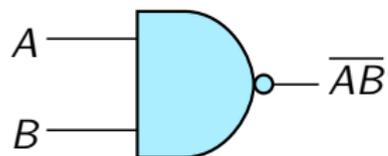
Porta **xor**

PORTAS LÓGICAS COM SAÍDA INVERTIDA

- também existem as seguintes portas com saída invertida (negada)

PORTAS LÓGICAS COM SAÍDA INVERTIDA

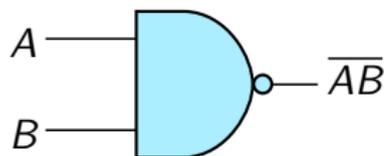
- também existem as seguintes portas com saída invertida (negada)



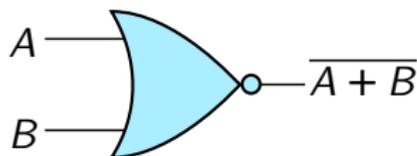
Porta **nand**

PORTAS LÓGICAS COM SAÍDA INVERTIDA

- também existem as seguintes portas com saída invertida (negada)



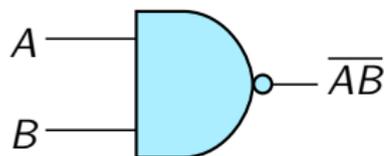
Porta **nand**



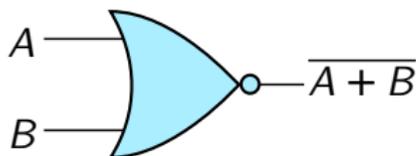
Porta **nor**

PORTAS LÓGICAS COM SAÍDA INVERTIDA

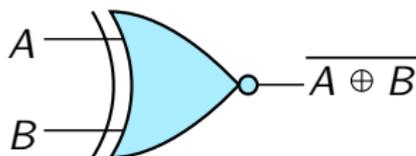
- também existem as seguintes portas com saída invertida (negada)



Porta **nand**



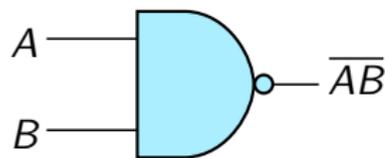
Porta **nor**



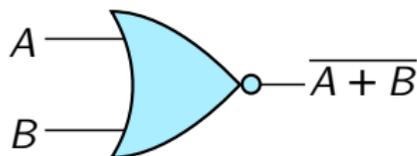
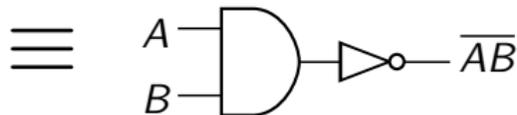
Porta **xnor**

PORTAS LÓGICAS COM SAÍDA INVERTIDA

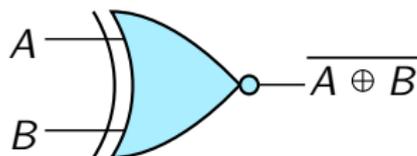
- também existem as seguintes portas com saída invertida (negada)



Porta **nand**



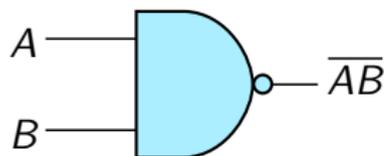
Porta **nor**



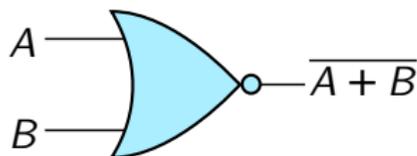
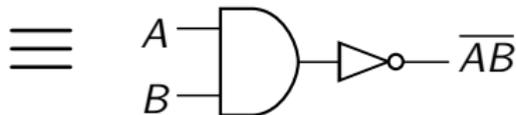
Porta **xnor**

PORTAS LÓGICAS COM SAÍDA INVERTIDA

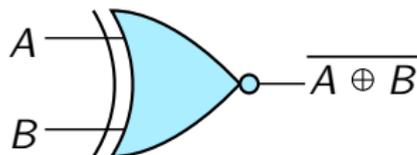
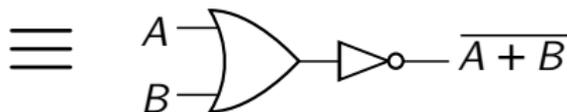
- também existem as seguintes portas com saída invertida (negada)



Porta **nand**



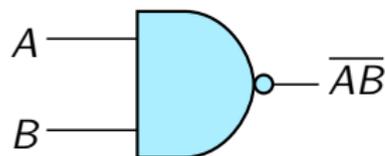
Porta **nor**



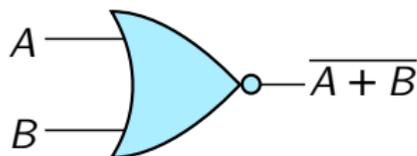
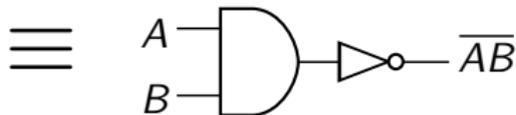
Porta **xnor**

PORTAS LÓGICAS COM SAÍDA INVERTIDA

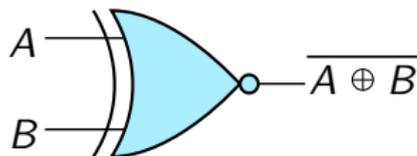
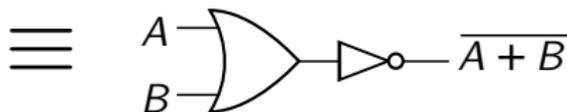
- também existem as seguintes portas com saída invertida (negada)



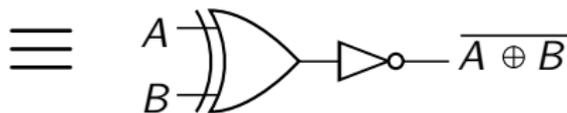
Porta **nand**



Porta **nor**



Porta **xnor**

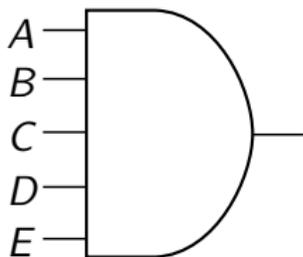


OBSERVAÇÕES SOBRE PORTAS LÓGICAS

- Quaisquer portas lógicas podem ser construídas usando-se apenas as portas básicas **not**, **and** com duas entradas e **or** com duas entradas.

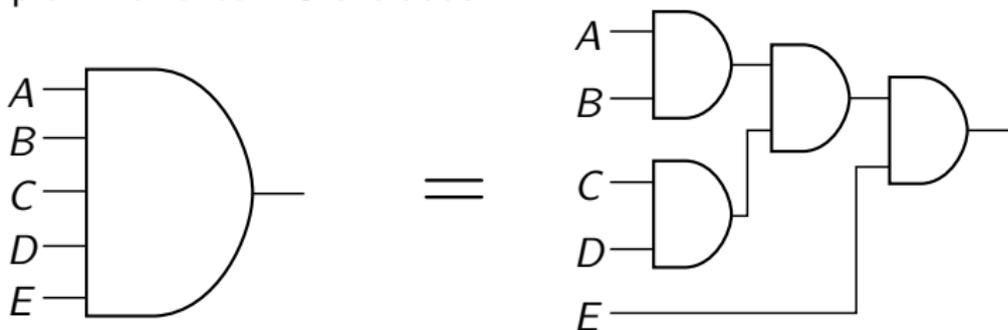
OBSERVAÇÕES SOBRE PORTAS LÓGICAS

- Quaisquer portas lógicas podem ser construídas usando-se apenas as portas básicas **not**, **and** com duas entradas e **or** com duas entradas.
- Exemplo A: **and** com 5 entradas



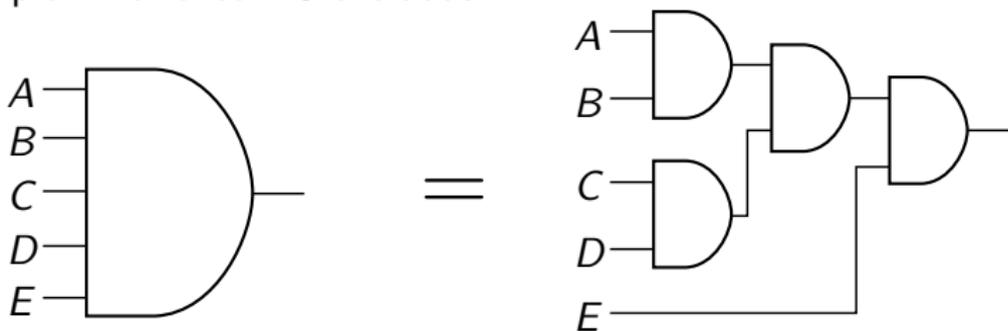
OBSERVAÇÕES SOBRE PORTAS LÓGICAS

- Quaisquer portas lógicas podem ser construídas usando-se apenas as portas básicas **not**, **and** com duas entradas e **or** com duas entradas.
- Exemplo A: **and** com 5 entradas



OBSERVAÇÕES SOBRE PORTAS LÓGICAS

- Quaisquer portas lógicas podem ser construídas usando-se apenas as portas básicas **not**, **and** com duas entradas e **or** com duas entradas.
- Exemplo A: **and** com 5 entradas



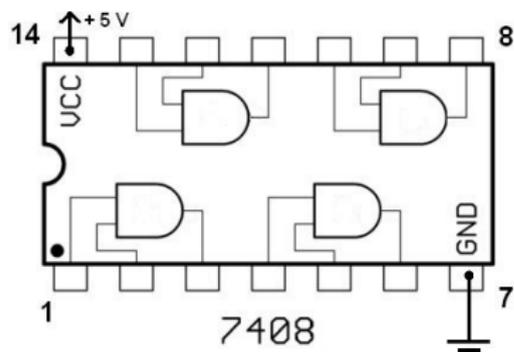
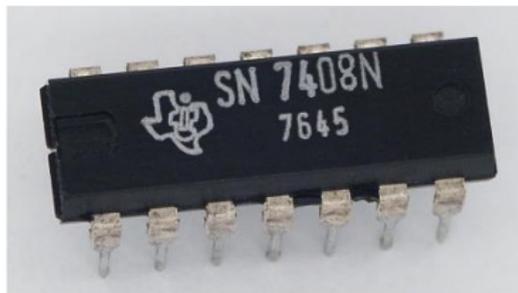
- Exemplo B: **xor** com 2 entradas (na lousa)

OBSERVAÇÕES SOBRE PORTAS LÓGICAS

- Geralmente, usamos portas lógicas encontradas em circuitos integrados.

OBSERVAÇÕES SOBRE PORTAS LÓGICAS

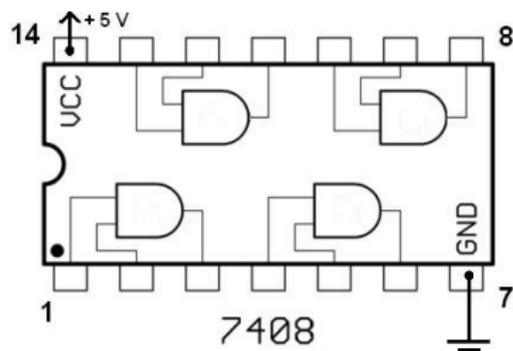
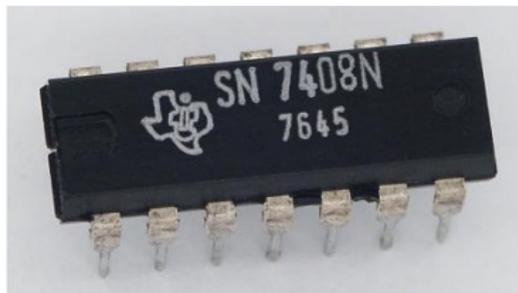
- Geralmente, usamos portas lógicas encontradas em circuitos integrados. Por exemplo: 7408 (4 portas **and** com 2 entradas)



Fonte da imagem: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:7400.jpg> (imagem alterada)

OBSERVAÇÕES SOBRE PORTAS LÓGICAS

- Geralmente, usamos portas lógicas encontradas em circuitos integrados. Por exemplo: 7408 (4 portas **and** com 2 entradas)

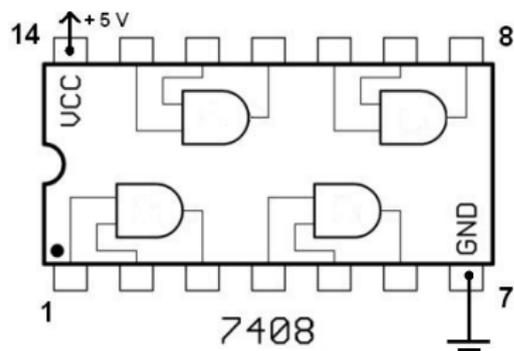
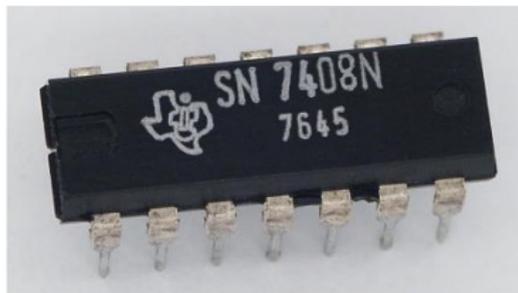


Fonte da imagem: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:7400.jpg> (imagem alterada)

- Encontram-se circuitos integrados para o inversor (7404 / CD4049) e para as portas de 2 entradas: **and** (7408 / CD4081), **or** (7432 / CD4071), **xor** (7486), **nand** (7400 / CD4012) e **nor** (7402 / CD4001) e **xnor** (CD4077).

OBSERVAÇÕES SOBRE PORTAS LÓGICAS

- Geralmente, usamos portas lógicas encontradas em circuitos integrados. Por exemplo: 7408 (4 portas **and** com 2 entradas)

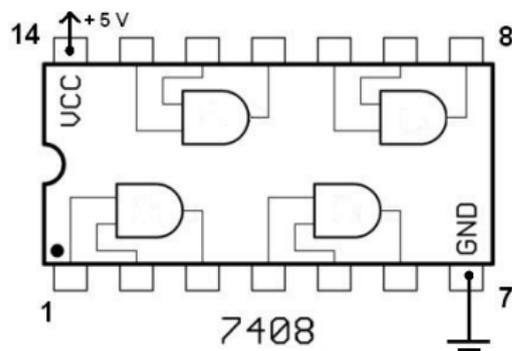
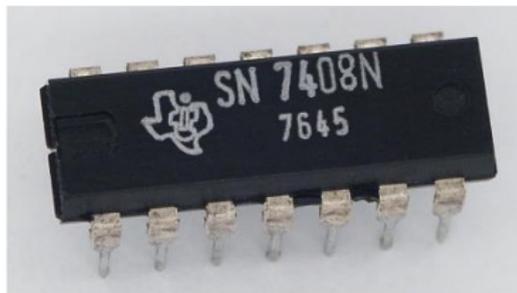


Fonte da imagem: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:7400.jpg> (imagem alterada)

- Encontram-se circuitos integrados para o inversor (7404 / CD4049) e para as portas de 2 entradas: **and** (7408 / CD4081), **or** (7432 / CD4071), **xor** (7486), **nand** (7400 / CD4012) e **nor** (7402 / CD4001) e **xnor** (CD4077).
 - ▶ 74xx – tradicionalmente de tecnologia TTL (74LSxx)
 - ▶ CD40xx – tecnologia CMOS

OBSERVAÇÕES SOBRE PORTAS LÓGICAS

- Geralmente, usamos portas lógicas encontradas em circuitos integrados. Por exemplo: 7408 (4 portas **and** com 2 entradas)

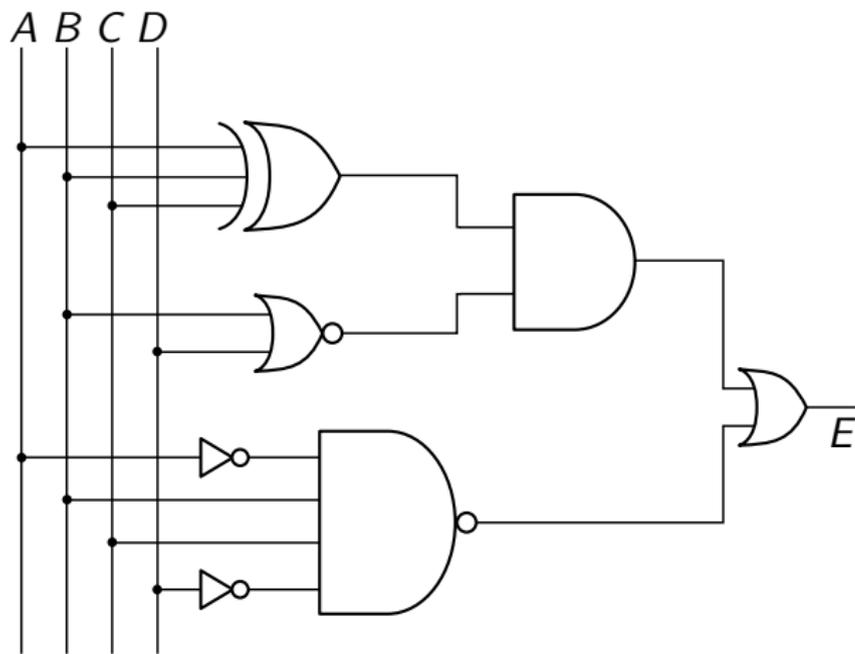


Fonte da imagem: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:7400.jpg> (imagem alterada)

- Encontram-se circuitos integrados para o inversor (7404 / CD4049) e para as portas de 2 entradas: **and** (7408 / CD4081), **or** (7432 / CD4071), **xor** (7486), **nand** (7400 / CD4012) e **nor** (7402 / CD4001) e **xnor** (CD4077).
 - ▶ 74xx – tradicionalmente de tecnologia TTL (74LSxx)
 - ▶ CD40xx – tecnologia CMOS
- Também encontram-se portas lógicas com até 8 entradas

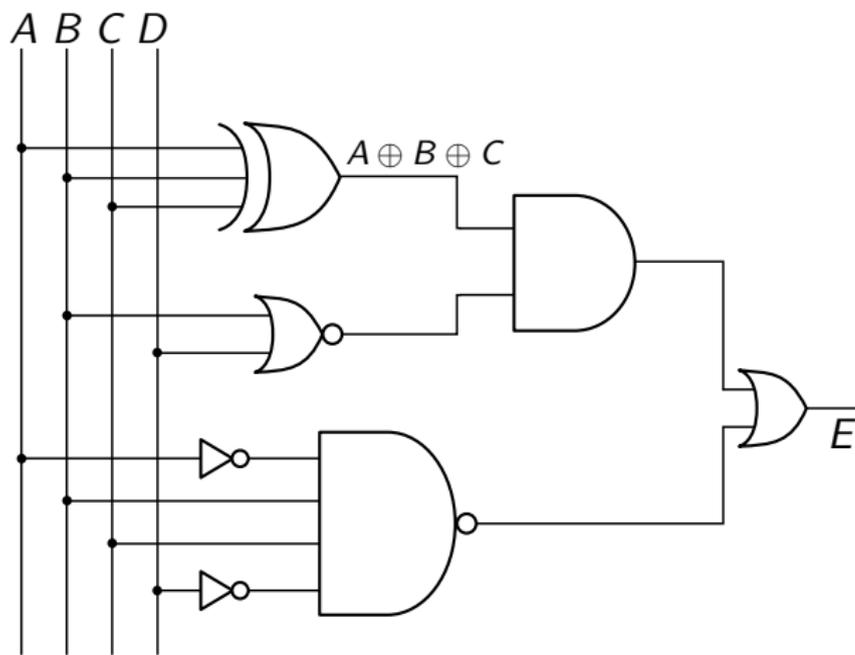
ANÁLISE DE CIRCUITOS DIGITAIS

- **Exemplo 1:** Dado o circuito abaixo, encontre uma expressão lógica para E em função de A , B , C e D .



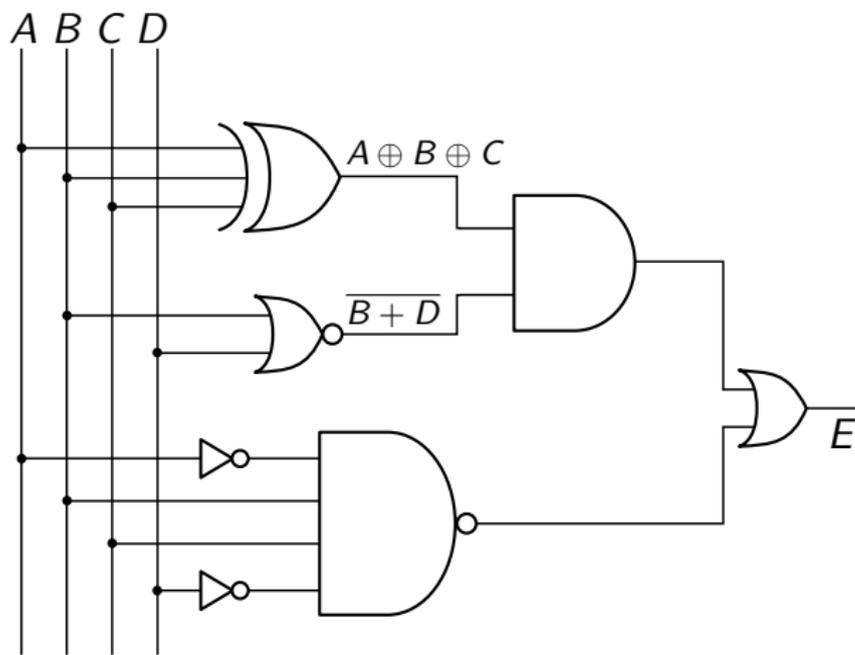
ANÁLISE DE CIRCUITOS DIGITAIS

- **Exemplo 1:** Dado o circuito abaixo, encontre uma expressão lógica para E em função de A , B , C e D .



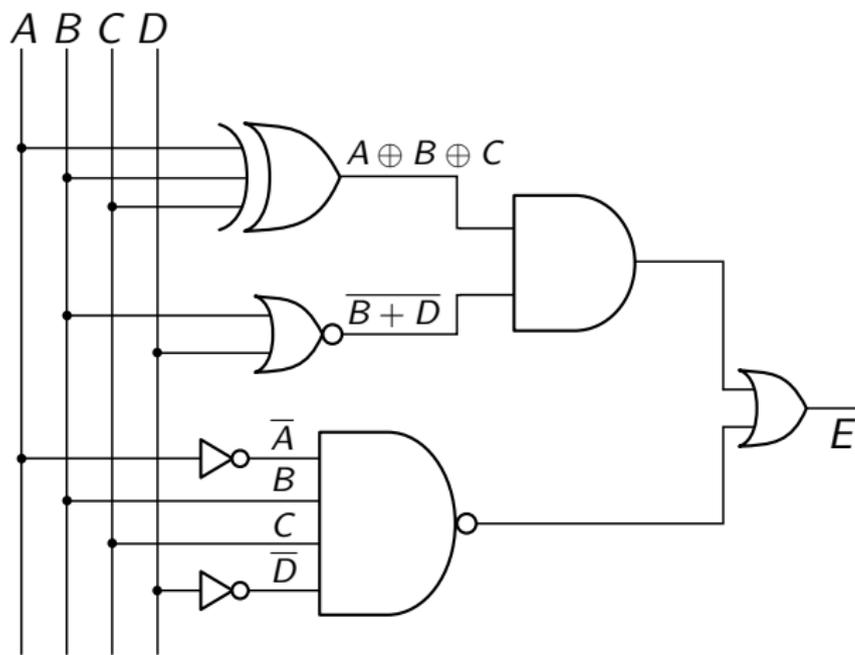
ANÁLISE DE CIRCUITOS DIGITAIS

- **Exemplo 1:** Dado o circuito abaixo, encontre uma expressão lógica para E em função de A , B , C e D .



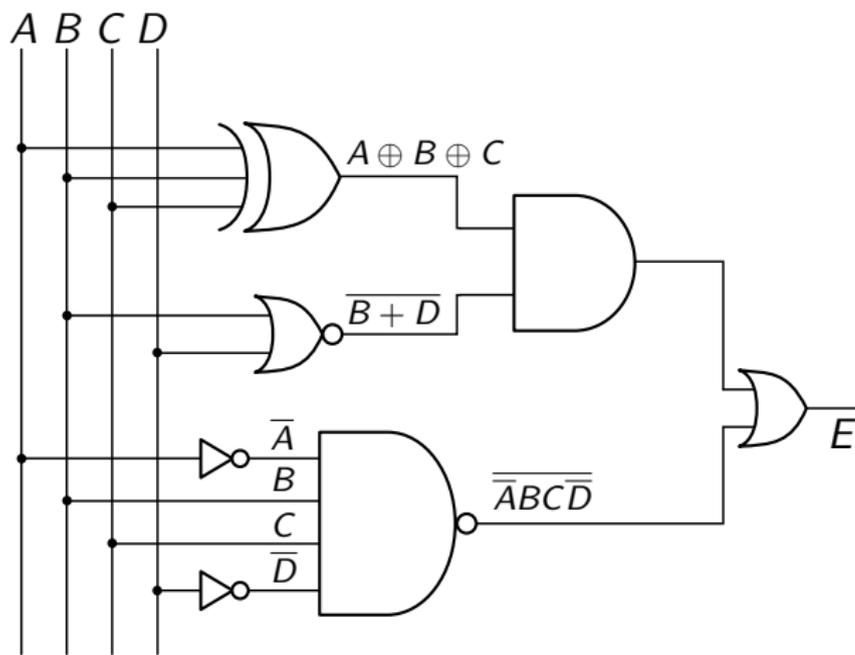
ANÁLISE DE CIRCUITOS DIGITAIS

- **Exemplo 1:** Dado o circuito abaixo, encontre uma expressão lógica para E em função de A , B , C e D .



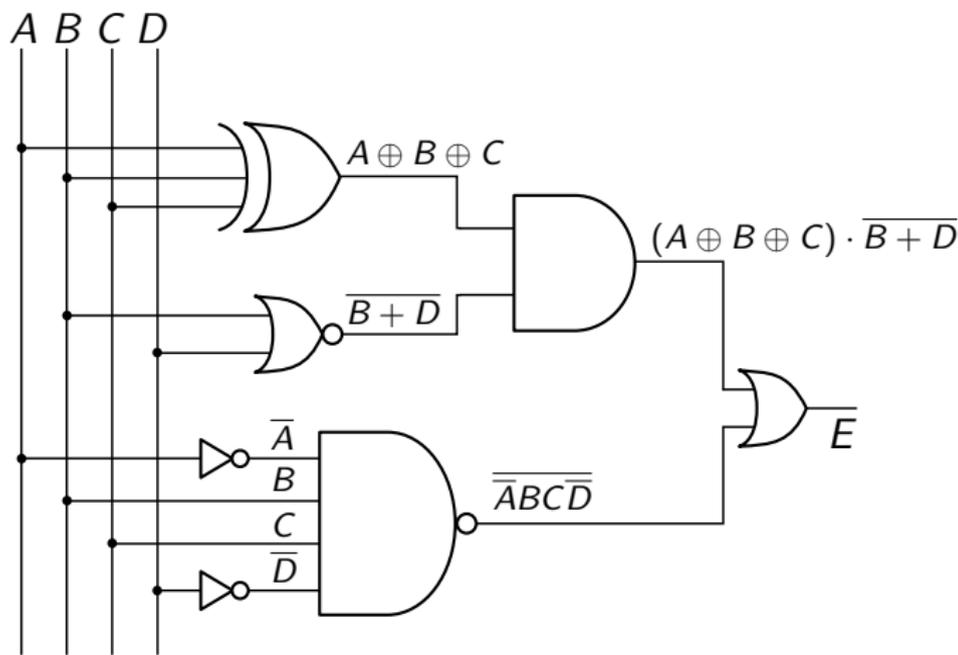
ANÁLISE DE CIRCUITOS DIGITAIS

- **Exemplo 1:** Dado o circuito abaixo, encontre uma expressão lógica para E em função de A , B , C e D .



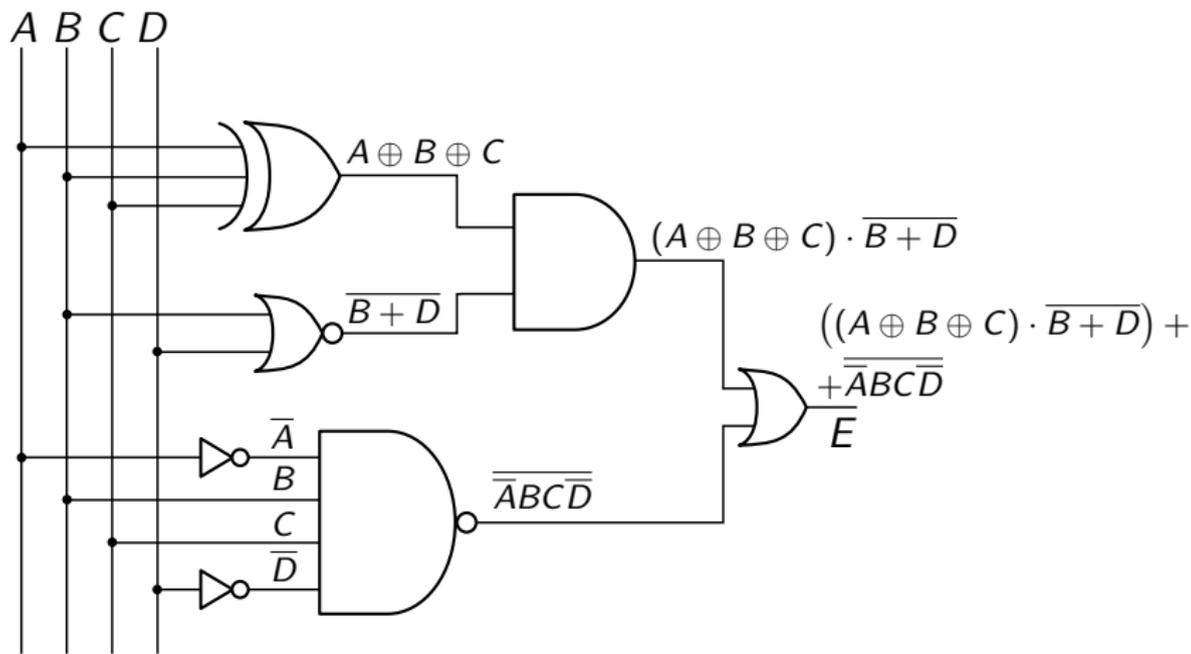
ANÁLISE DE CIRCUITOS DIGITAIS

- **Exemplo 1:** Dado o circuito abaixo, encontre uma expressão lógica para E em função de A , B , C e D .



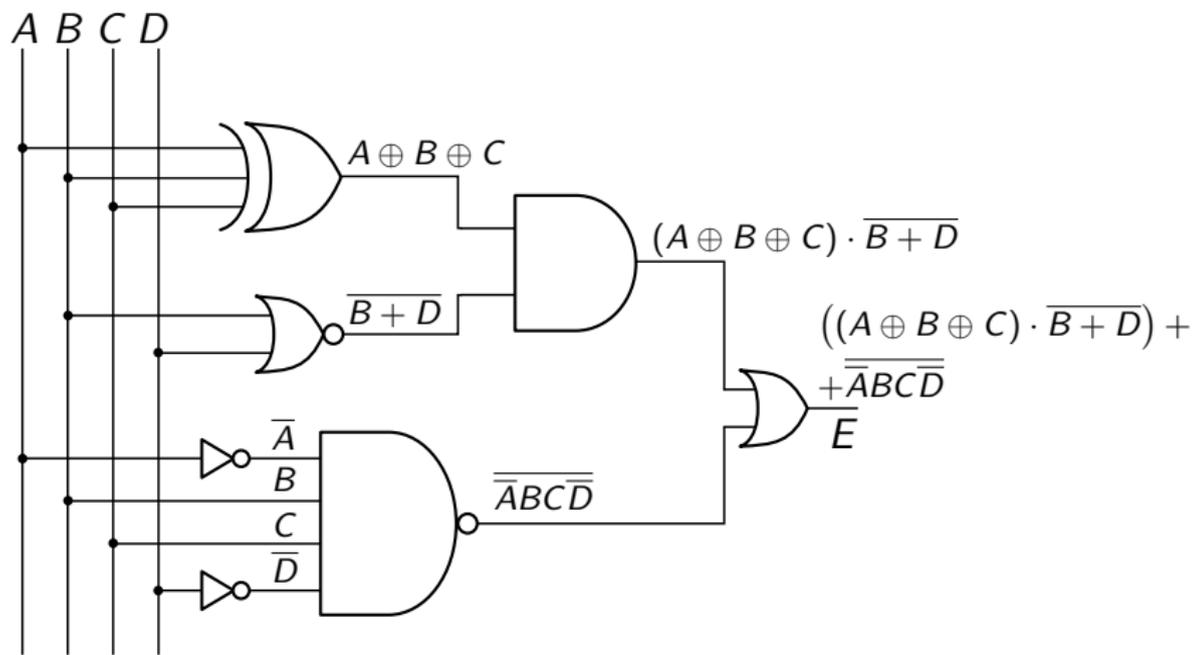
ANÁLISE DE CIRCUITOS DIGITAIS

- **Exemplo 1:** Dado o circuito abaixo, encontre uma expressão lógica para E em função de A , B , C e D .



ANÁLISE DE CIRCUITOS DIGITAIS

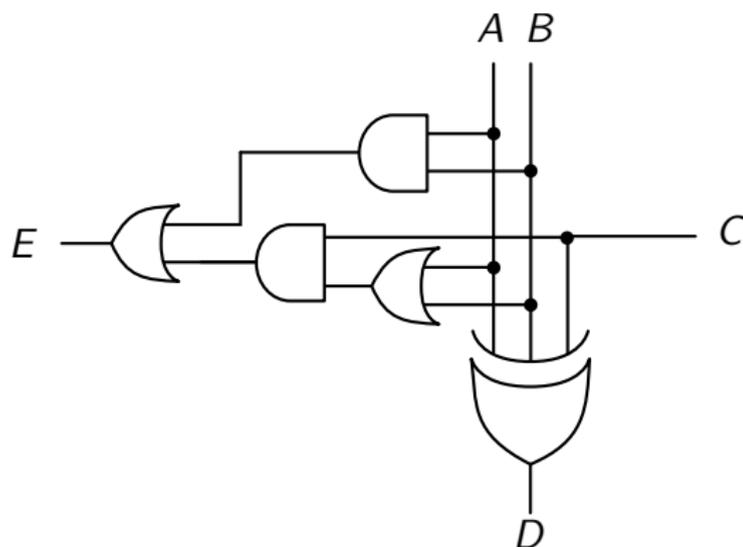
- **Exemplo 1:** Dado o circuito abaixo, encontre uma expressão lógica para E em função de A , B , C e D .



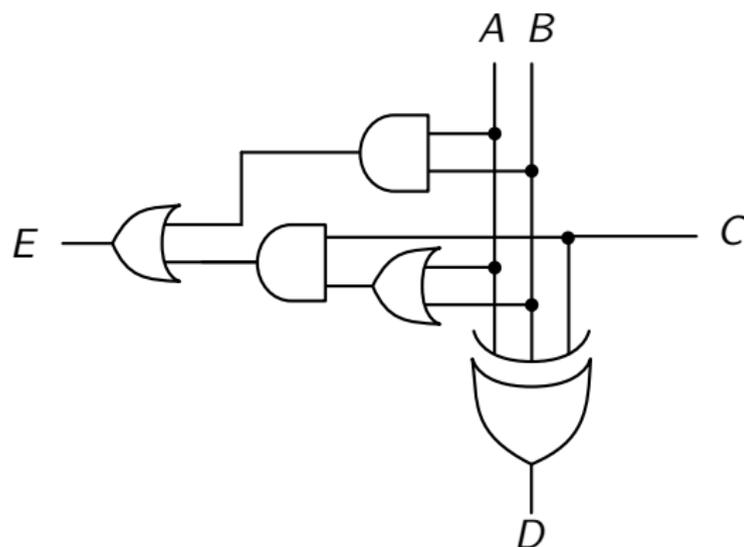
Resp.: $E = ((A \oplus B \oplus C) \cdot \overline{B + D}) + \overline{\overline{A}BC\overline{D}}$

ANÁLISE DE CIRCUITOS DIGITAIS

- **Exemplo 2:** Encontre uma expressão lógica para cada saída.



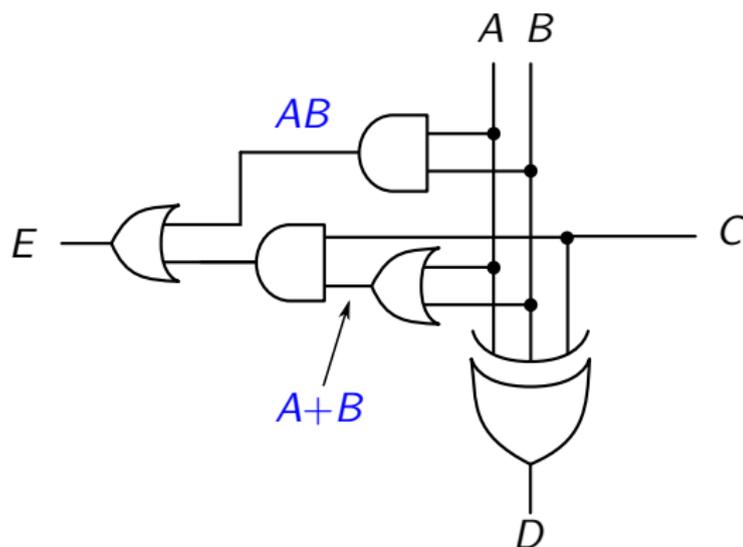
- **Exemplo 2:** Encontre uma expressão lógica para cada saída.



Resposta: $D = A \oplus B \oplus C$

ANÁLISE DE CIRCUITOS DIGITAIS

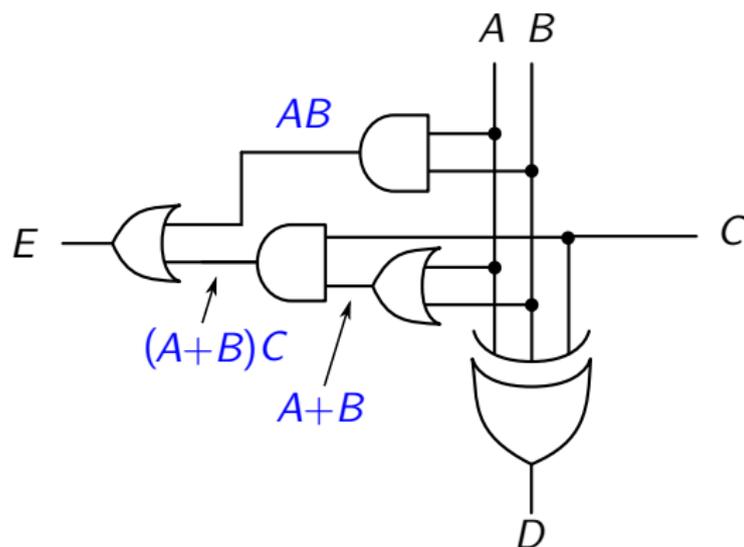
- **Exemplo 2:** Encontre uma expressão lógica para cada saída.



Resposta: $D = A \oplus B \oplus C$

ANÁLISE DE CIRCUITOS DIGITAIS

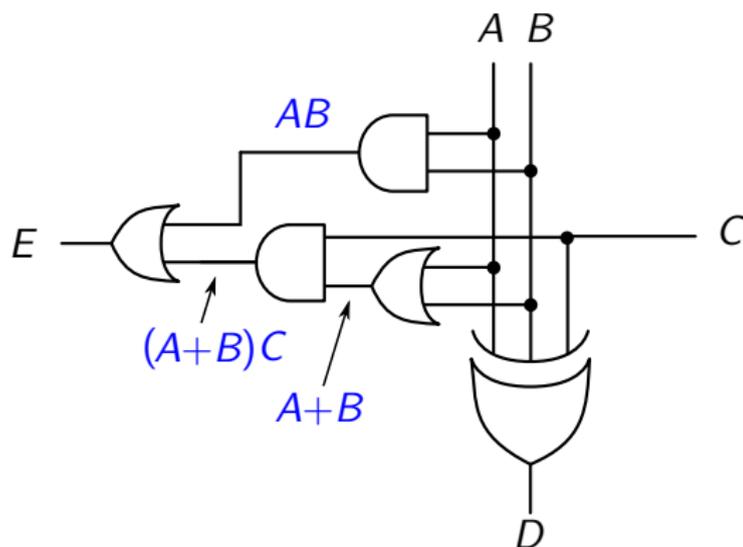
- **Exemplo 2:** Encontre uma expressão lógica para cada saída.



Resposta: $D = A \oplus B \oplus C$

ANÁLISE DE CIRCUITOS DIGITAIS

- **Exemplo 2:** Encontre uma expressão lógica para cada saída.



Resposta: $D = A \oplus B \oplus C$
 $E = AB + (A + B)C$

- **Tenha sempre em mente:**

para obter a expressão lógica nas saídas de um circuito digital, vá “caminhando” das entradas em direção às saídas, escrevendo na saída de cada porta lógica a expressão equivalente.

ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

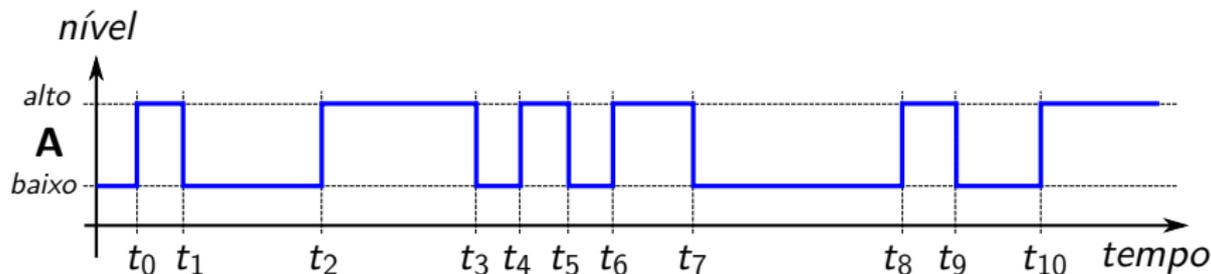
- Em um determinado instante, um sinal digital está em *apenas um* dos seguintes estados:
 - ▶ nível **baixo** = 0; ou
 - ▶ nível **alto** = 1

ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- Em um determinado instante, um sinal digital está em *apenas um* dos seguintes estados:
 - ▶ nível **baixo** = 0; ou
 - ▶ nível **alto** = 1
- Porém, o estado de um sinal digital **pode variar com o tempo**.
Demonstramos essa variação por meio de **diagramas de forma de onda**:

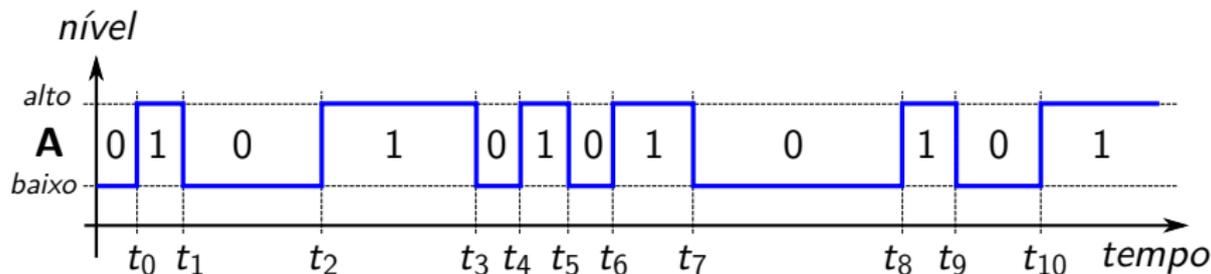
ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- Em um determinado instante, um sinal digital está em *apenas um* dos seguintes estados:
 - ▶ nível **baixo** = 0; ou
 - ▶ nível **alto** = 1
- Porém, o estado de um sinal digital **pode variar com o tempo**. Demonstramos essa variação por meio de **diagramas de forma de onda**:



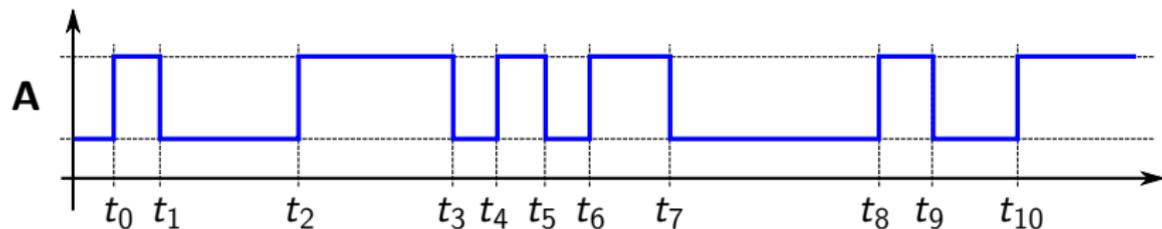
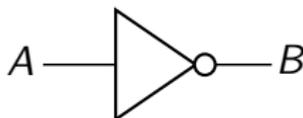
ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- Em um determinado instante, um sinal digital está em *apenas um* dos seguintes estados:
 - ▶ nível **baixo** = 0; ou
 - ▶ nível **alto** = 1
- Porém, o estado de um sinal digital **pode variar com o tempo**. Demonstramos essa variação por meio de **diagramas de forma de onda**:



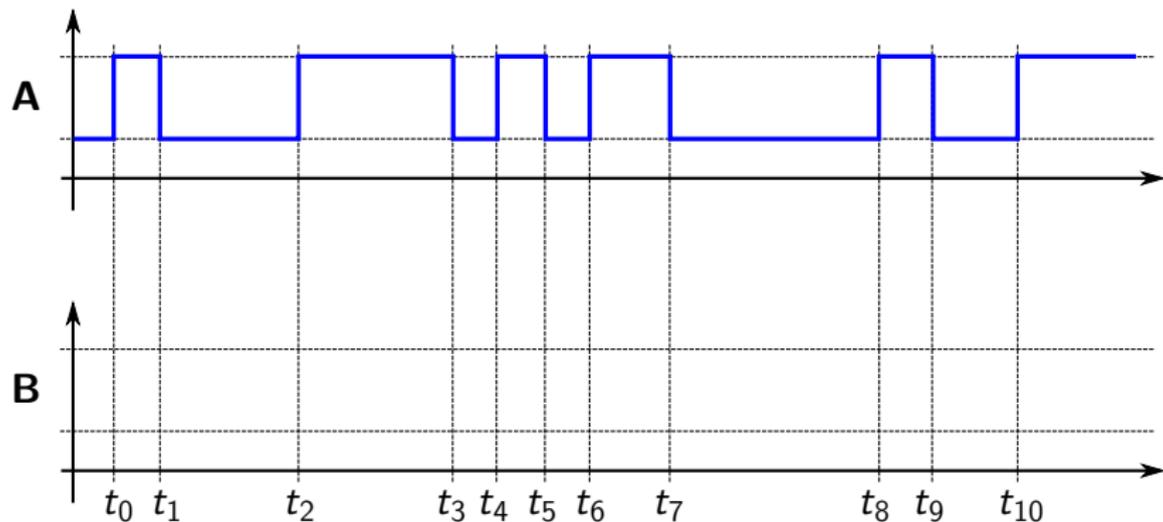
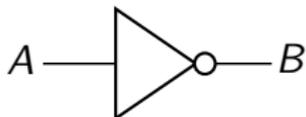
ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- **Exemplo 3:** Esboce o diagrama de forma de onda para a saída B , considerando a forma de onda de entrada.



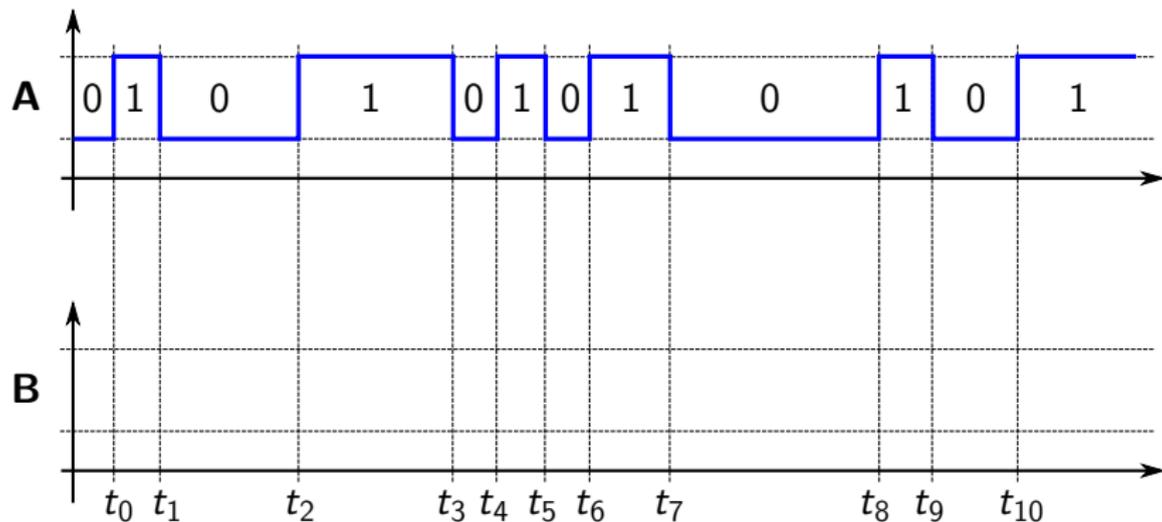
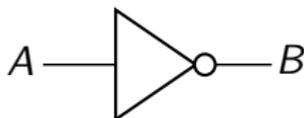
ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- **Exemplo 3:** Esboce o diagrama de forma de onda para a saída B , considerando a forma de onda de entrada.



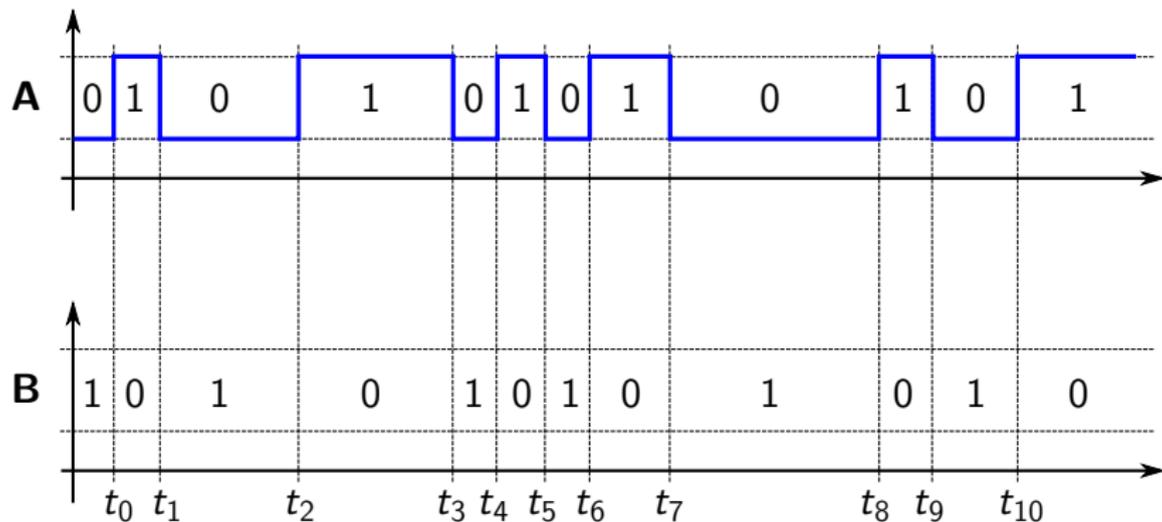
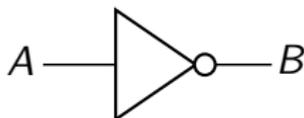
ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- **Exemplo 3:** Esboce o diagrama de forma de onda para a saída B , considerando a forma de onda de entrada.



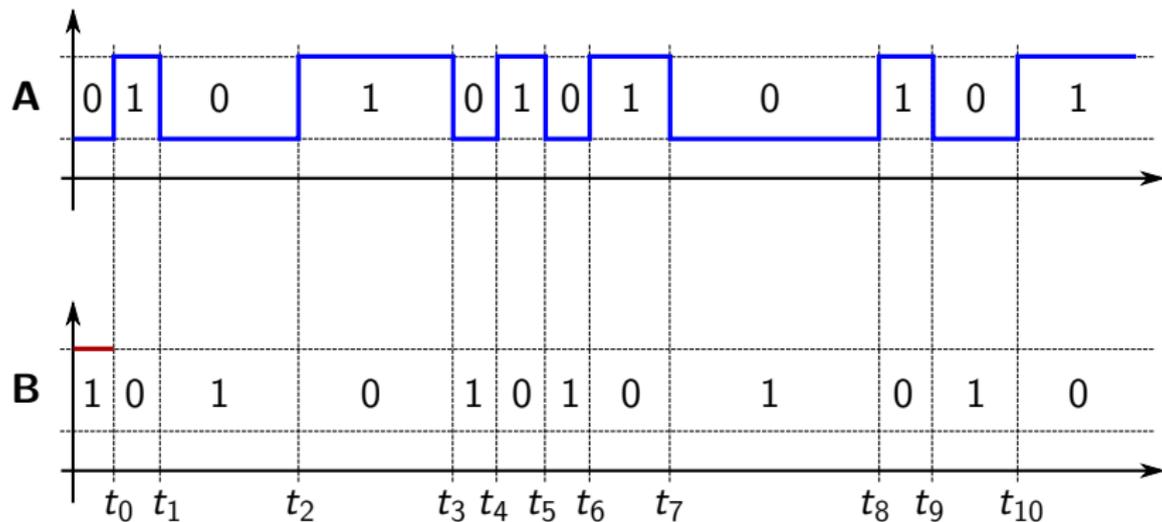
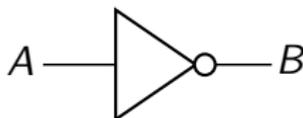
ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- **Exemplo 3:** Esboce o diagrama de forma de onda para a saída B , considerando a forma de onda de entrada.



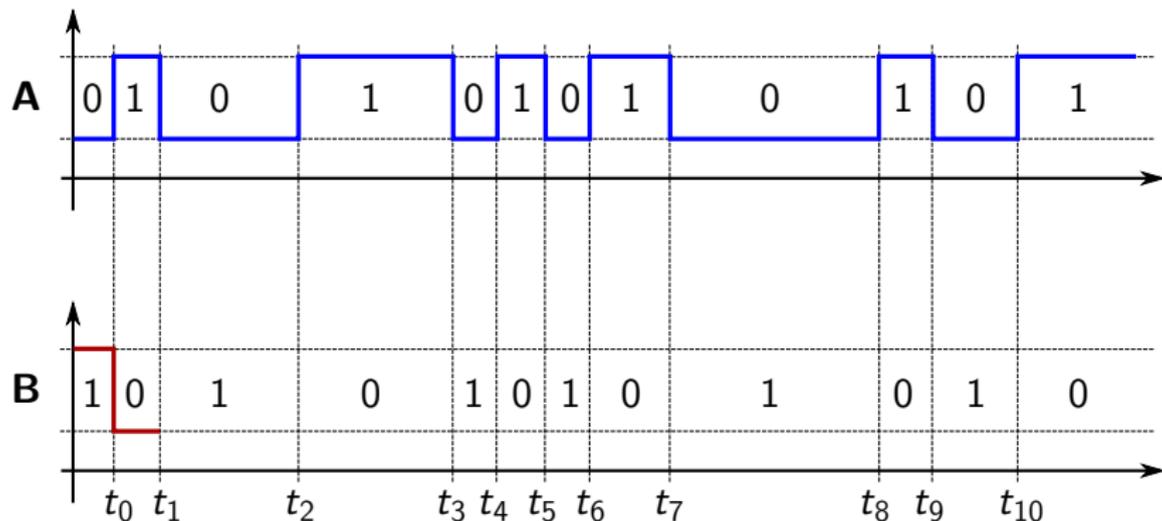
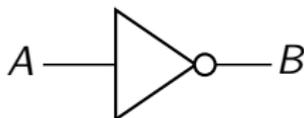
ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- **Exemplo 3:** Esboce o diagrama de forma de onda para a saída B , considerando a forma de onda de entrada.



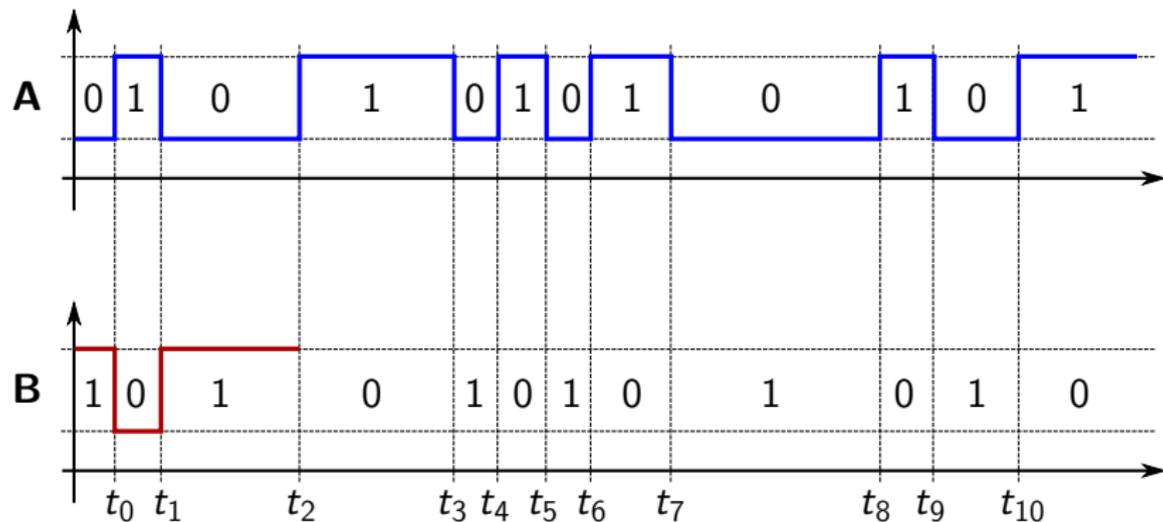
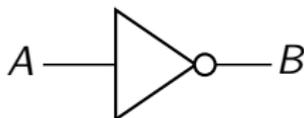
ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- **Exemplo 3:** Esboce o diagrama de forma de onda para a saída B , considerando a forma de onda de entrada.



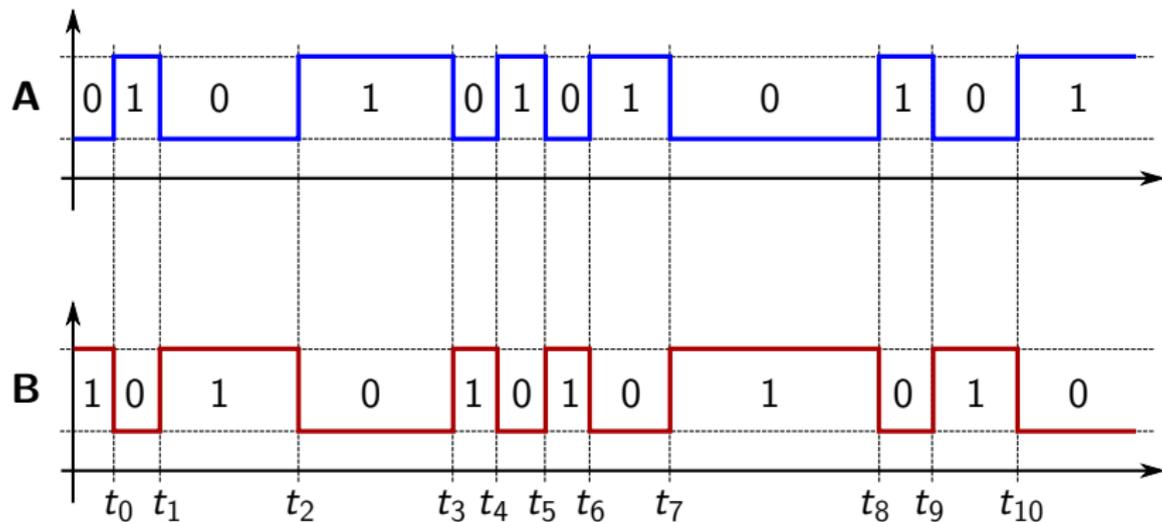
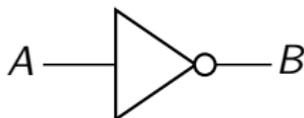
ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- **Exemplo 3:** Esboce o diagrama de forma de onda para a saída B , considerando a forma de onda de entrada.



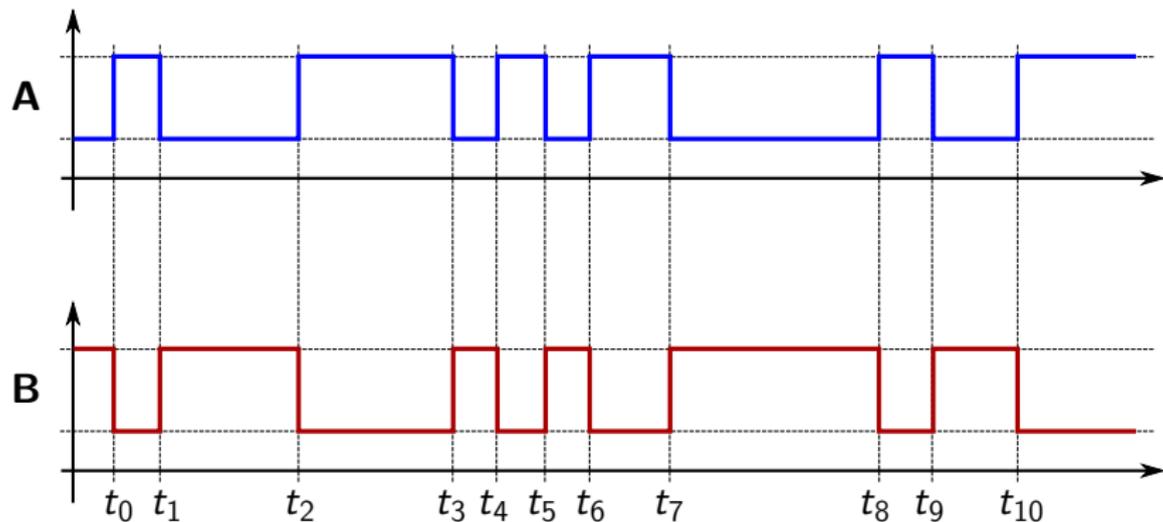
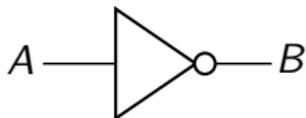
ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- **Exemplo 3:** Esboce o diagrama de forma de onda para a saída B , considerando a forma de onda de entrada.



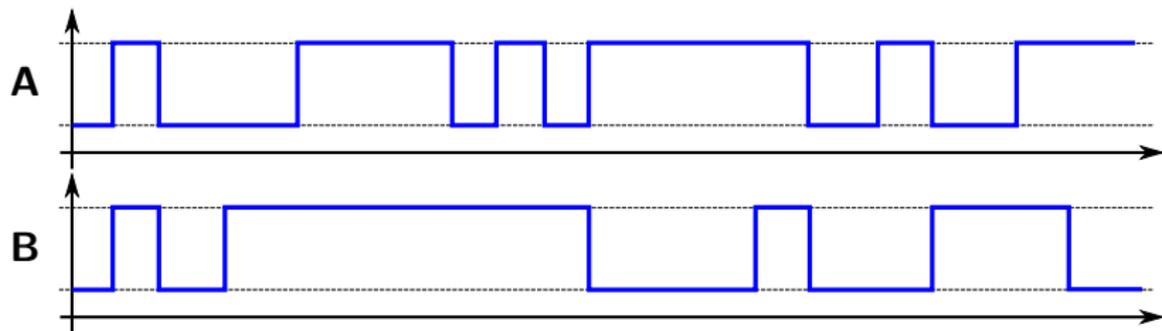
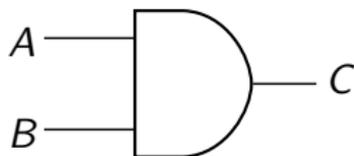
ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- **Exemplo 3:** Esboce o diagrama de forma de onda para a saída B , considerando a forma de onda de entrada.



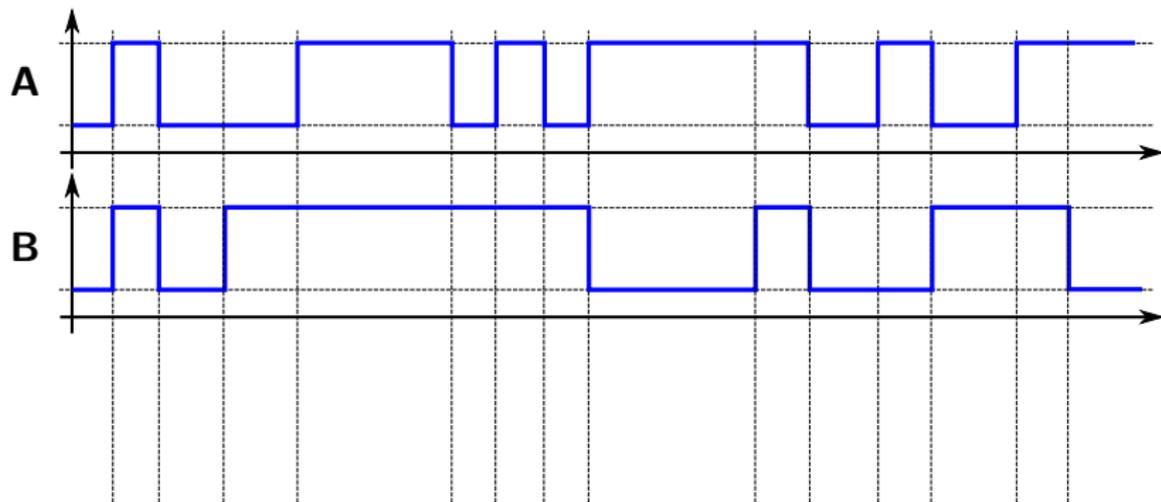
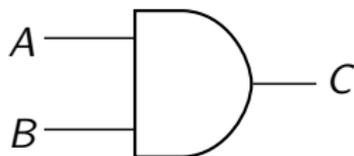
ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- **Exemplo 4:** Esboce o diagrama de forma de onda para a saída C , considerando as formas de onda das entradas A, B .



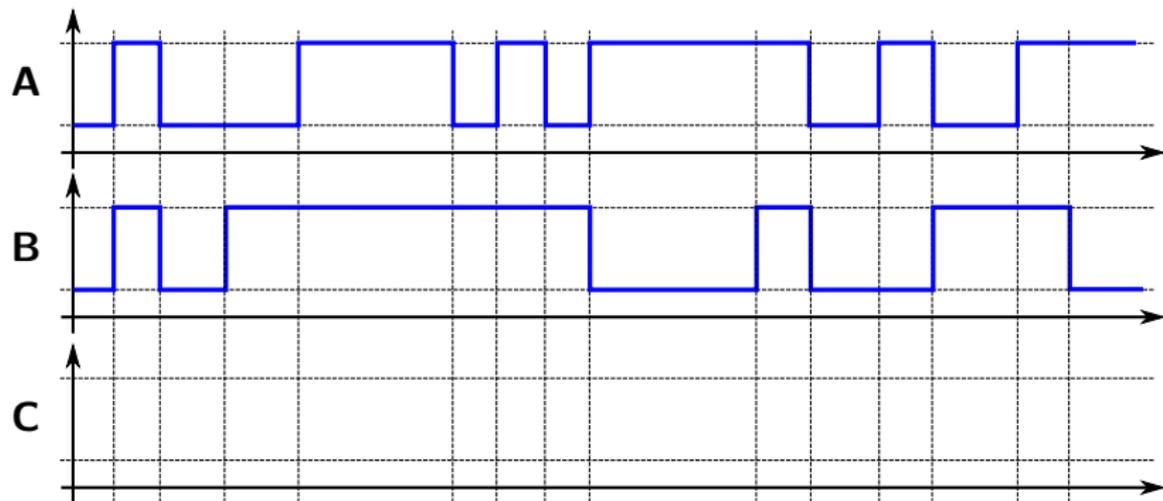
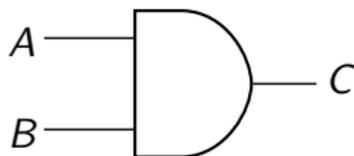
ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- **Exemplo 4:** Esboce o diagrama de forma de onda para a saída C , considerando as formas de onda das entradas A , B .



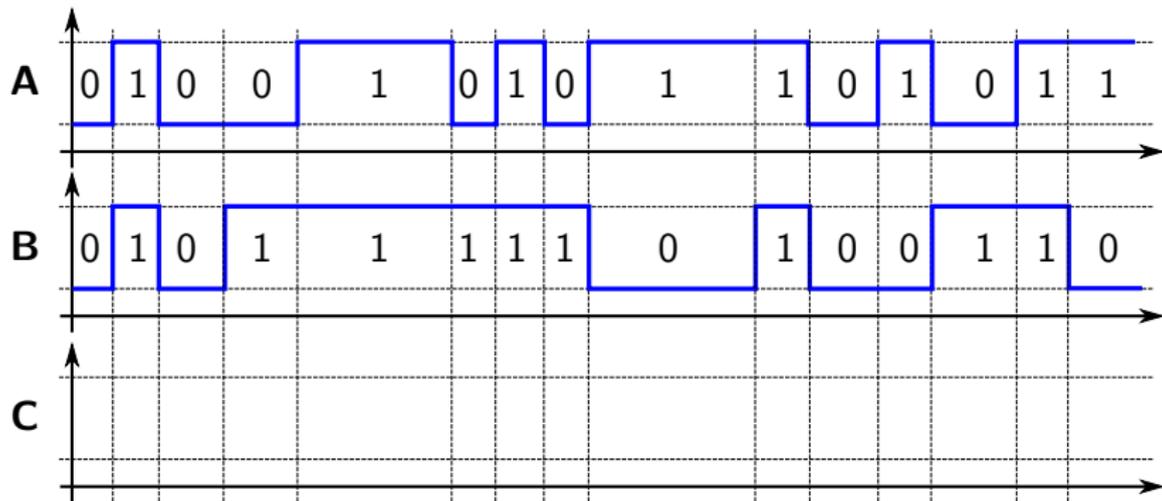
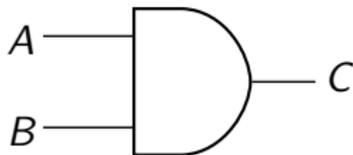
ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- **Exemplo 4:** Esboce o diagrama de forma de onda para a saída C , considerando as formas de onda das entradas A, B .



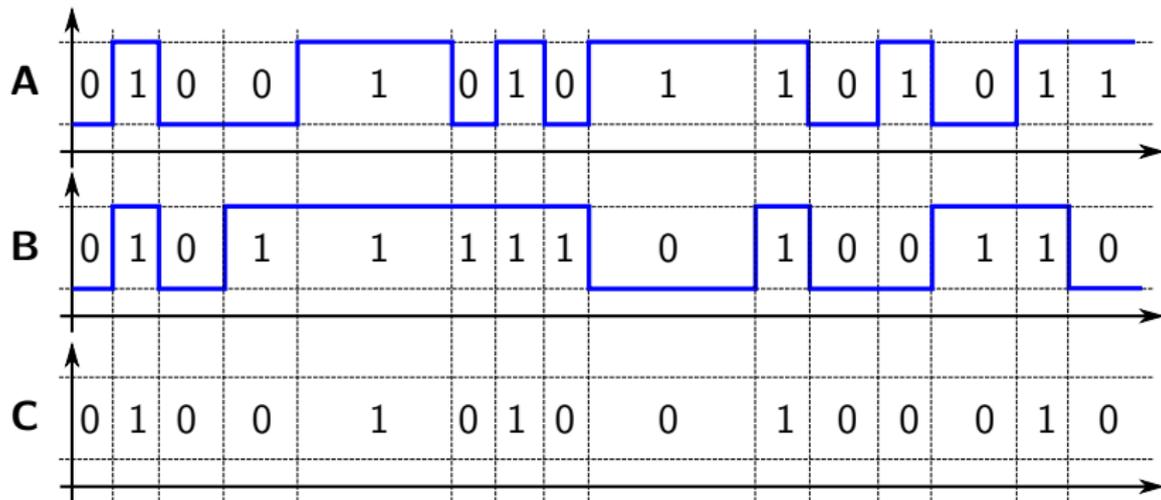
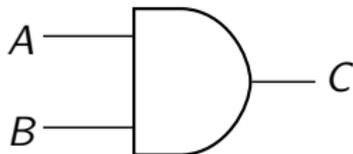
ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- **Exemplo 4:** Esboce o diagrama de forma de onda para a saída C , considerando as formas de onda das entradas A, B .



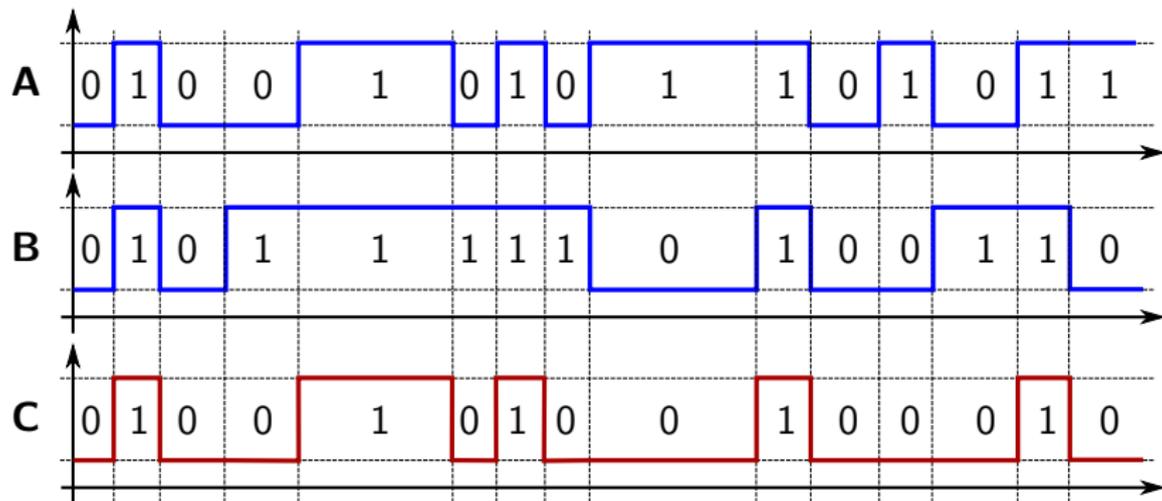
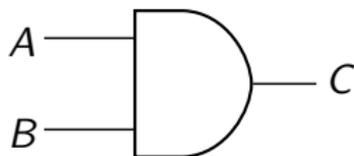
ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- **Exemplo 4:** Esboce o diagrama de forma de onda para a saída C , considerando as formas de onda das entradas A , B .



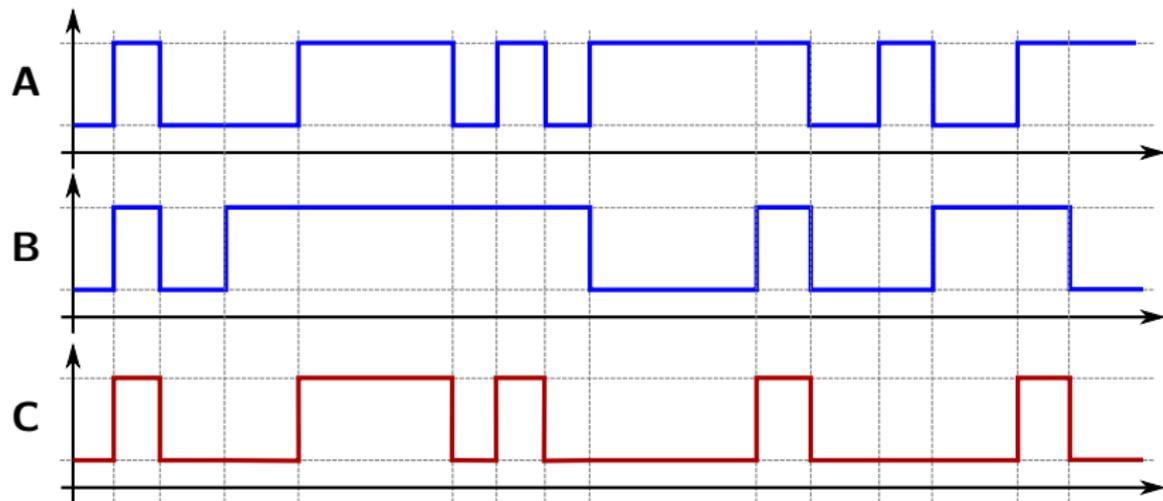
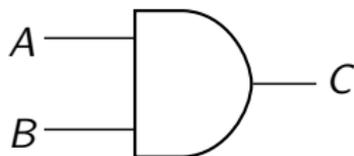
ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- **Exemplo 4:** Esboce o diagrama de forma de onda para a saída C , considerando as formas de onda das entradas A , B .



ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- **Exemplo 4:** Esboce o diagrama de forma de onda para a saída C , considerando as formas de onda das entradas A, B .

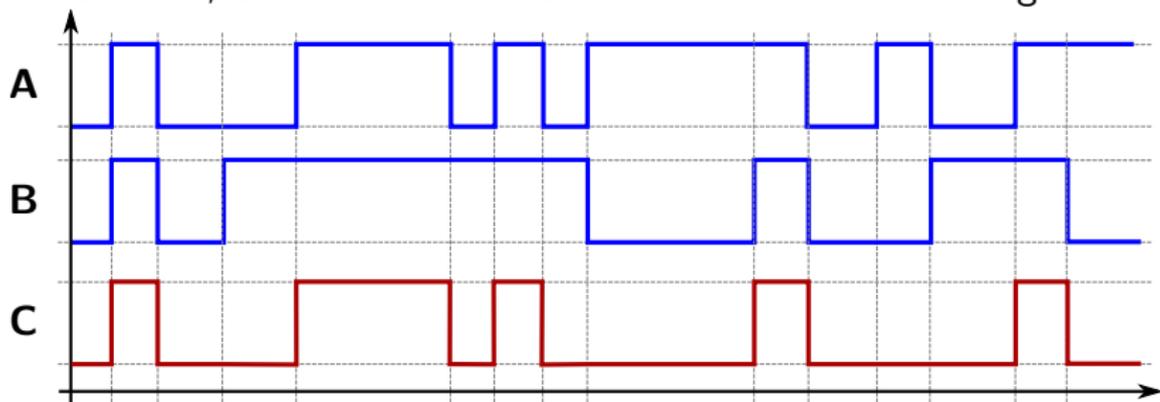


ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA: OBSERVAÇÕES

- O eixo horizontal será sempre o tempo, o eixo vertical será o nível de cada sinal.

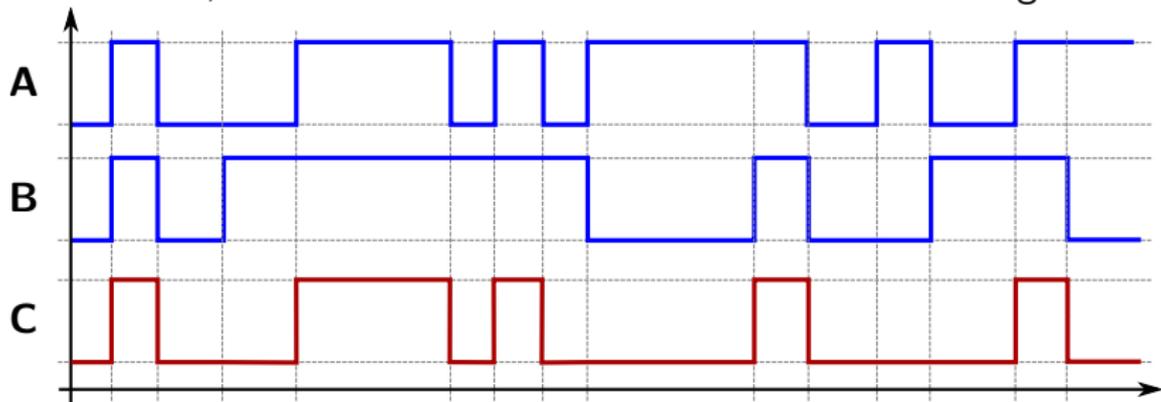
ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA: OBSERVAÇÕES

- O eixo horizontal será sempre o tempo, o eixo vertical será o nível de cada sinal.
- Geralmente, as entradas e saídas são colocadas no mesmo gráfico. Ex:



ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA: OBSERVAÇÕES

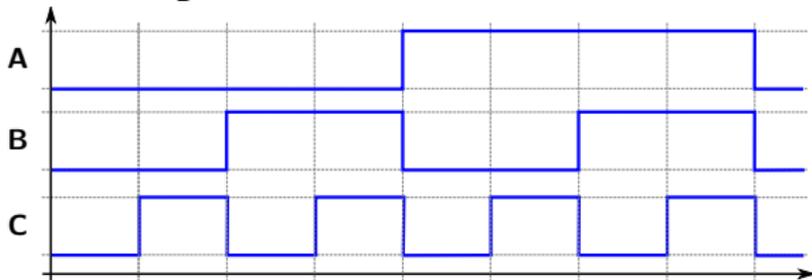
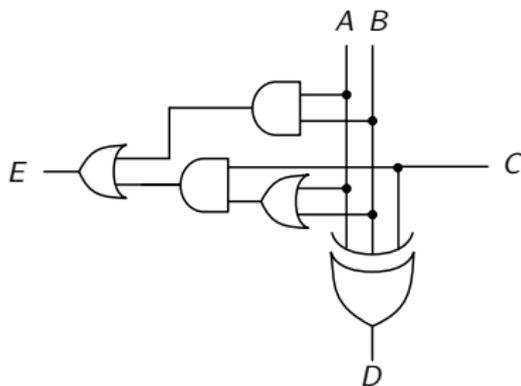
- O eixo horizontal será sempre o tempo, o eixo vertical será o nível de cada sinal.
- Geralmente, as entradas e saídas são colocadas no mesmo gráfico. Ex:



- Neste curso, assumiremos sempre circuitos ideais: forma de onda ideal (sem distorções), transições instantâneas entre estados, nenhum atraso entre entradas e saídas.
 - ▶ em outras palavras: V_{high} e V_{low} sempre constantes distintas, $slew\ rate = \infty$, $delay = 0$ para qualquer porta lógica ou fio.

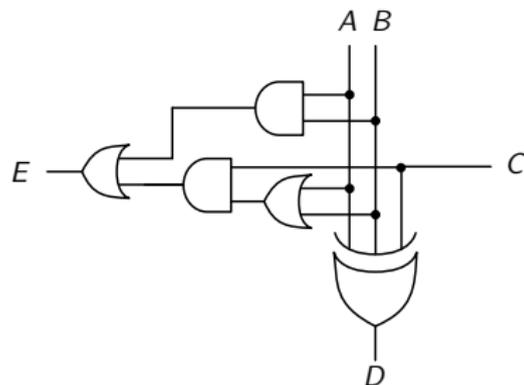
ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- **Exemplo 5:** Esboce o diagrama de forma de onda das saídas, considerando o diagrama de forma de onda das entradas.



ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- **Exemplo 5:** Esboce o diagrama de forma de onda das saídas, considerando o diagrama de forma de onda das entradas.

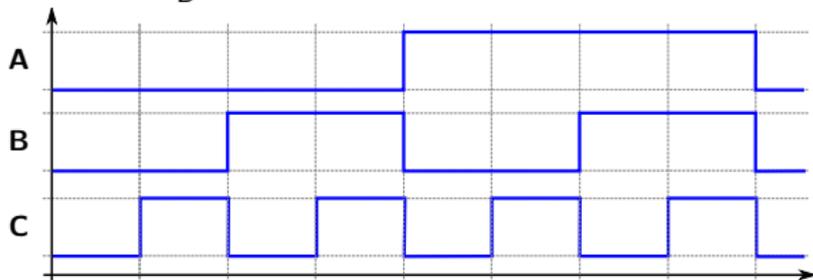


Primeiro passo: obter uma expressão para cada saída.

Já fizemos antes:

$$D = A \oplus B \oplus C$$

$$E = AB + (A + B)C$$



- **Segundo passo (opcional):** obter tabela verdade para cada saída.

- **Segundo passo (opcional):** obter tabela verdade para cada saída.
 - ▶ $D = A \oplus B \oplus C$ será 1 apenas se número ímpar de entradas é 1

- **Segundo passo (opcional):** obter tabela verdade para cada saída.
 - ▶ $D = A \oplus B \oplus C$ será 1 apenas se número ímpar de entradas é 1
 - ▶ $E = AB + (A + B)C$

- **Segundo passo (opcional):** obter tabela verdade para cada saída.
 - ▶ $D = A \oplus B \oplus C$ será 1 apenas se número ímpar de entradas é 1
 - ▶ $E = AB + (A + B)C$

A	B	C	E
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

- **Segundo passo (opcional):** obter tabela verdade para cada saída.

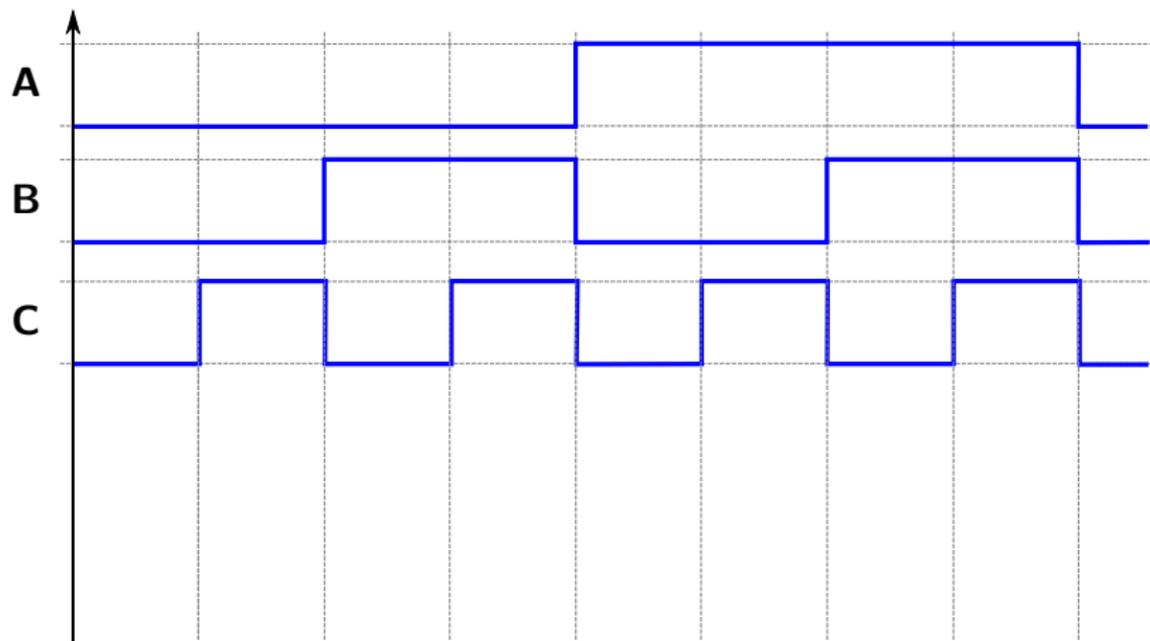
- ▶ $D = A \oplus B \oplus C$ será 1 apenas se número ímpar de entradas é 1
- ▶ $E = AB + (A + B)C$

A	B	C	E
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

- **Terceiro passo:** esboçar os diagramas de formas de onda das saídas, com o auxílio das tabelas verdade obtidas no passo anterior, se necessário.

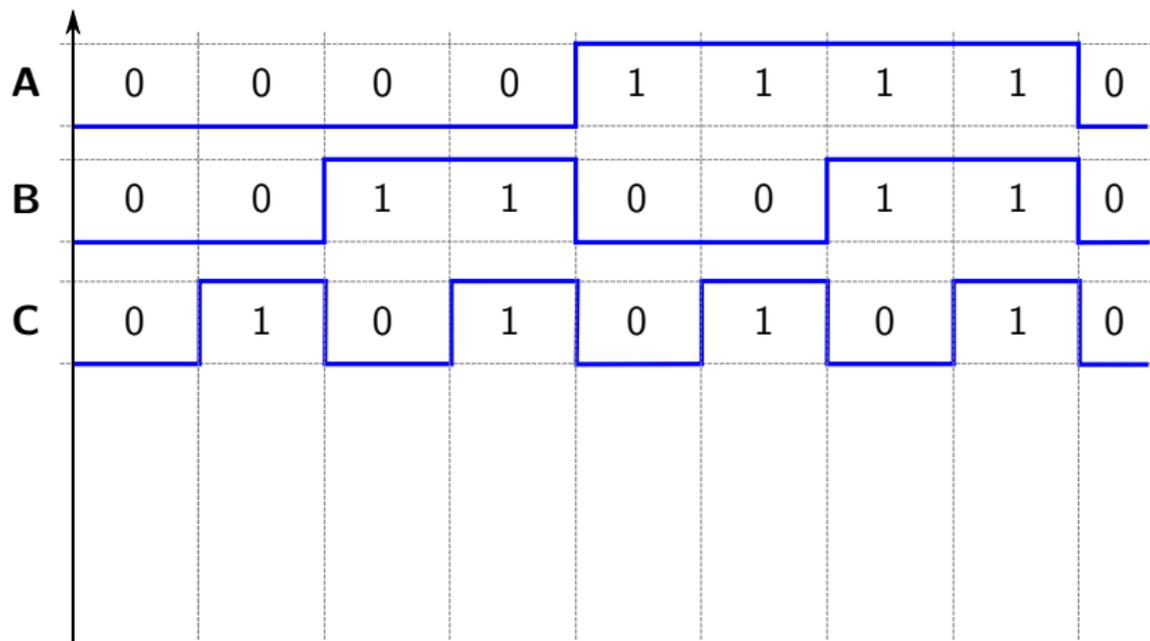
ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- **Terceiro passo:** esboçar os diagramas de formas de onda das saídas, com o auxílio das tabelas verdade obtidas no passo anterior, se necessário.



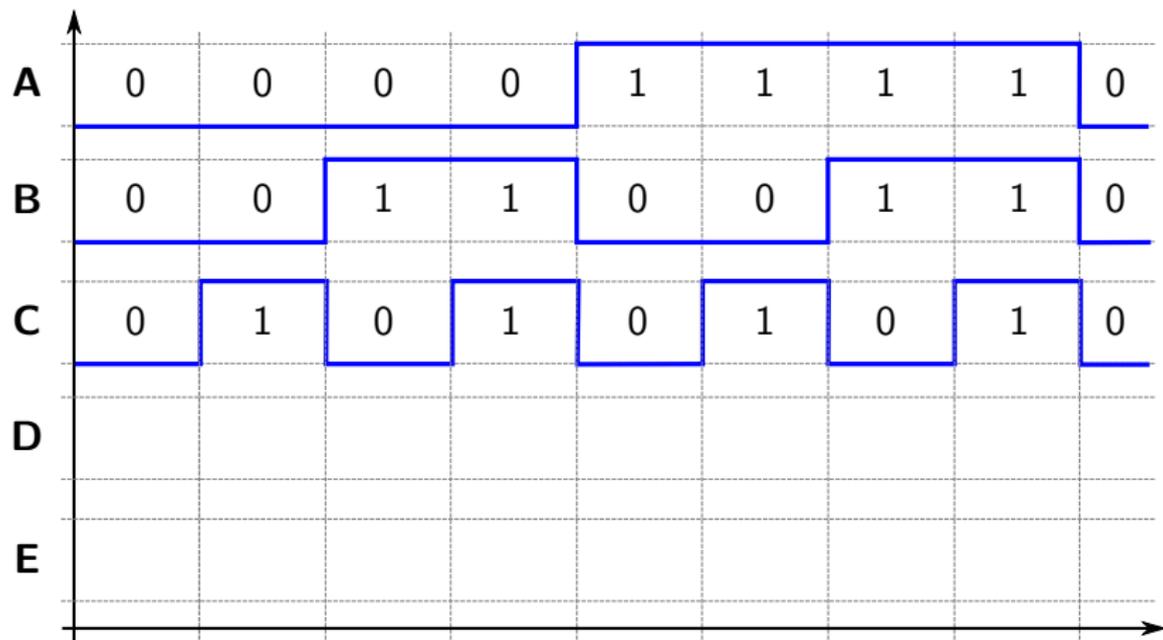
ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- **Terceiro passo:** esboçar os diagramas de formas de onda das saídas, com o auxílio das tabelas verdade obtidas no passo anterior, se necessário.



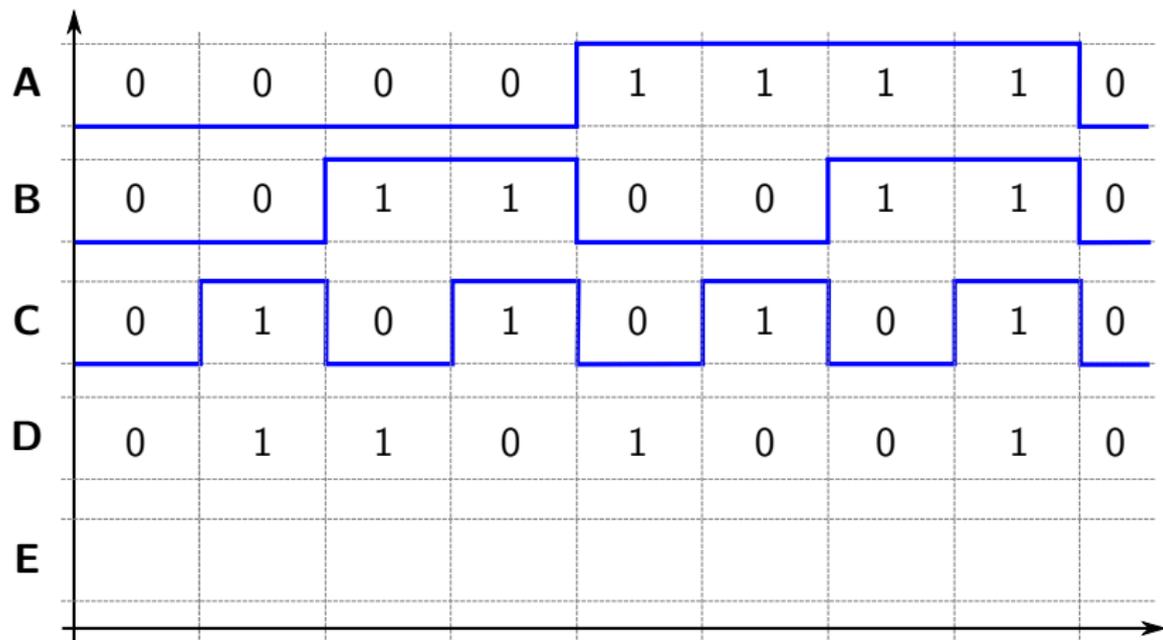
ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- **Terceiro passo:** esboçar os diagramas de formas de onda das saídas, com o auxílio das tabelas verdade obtidas no passo anterior, se necessário.



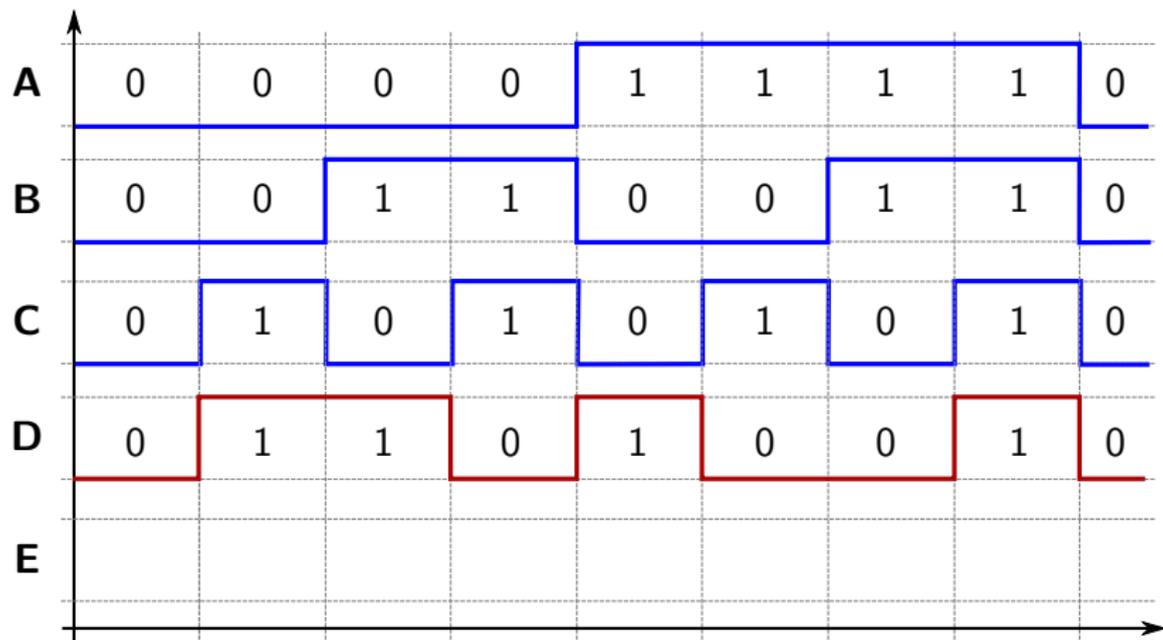
ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- **Terceiro passo:** esboçar os diagramas de formas de onda das saídas, com o auxílio das tabelas verdade obtidas no passo anterior, se necessário.



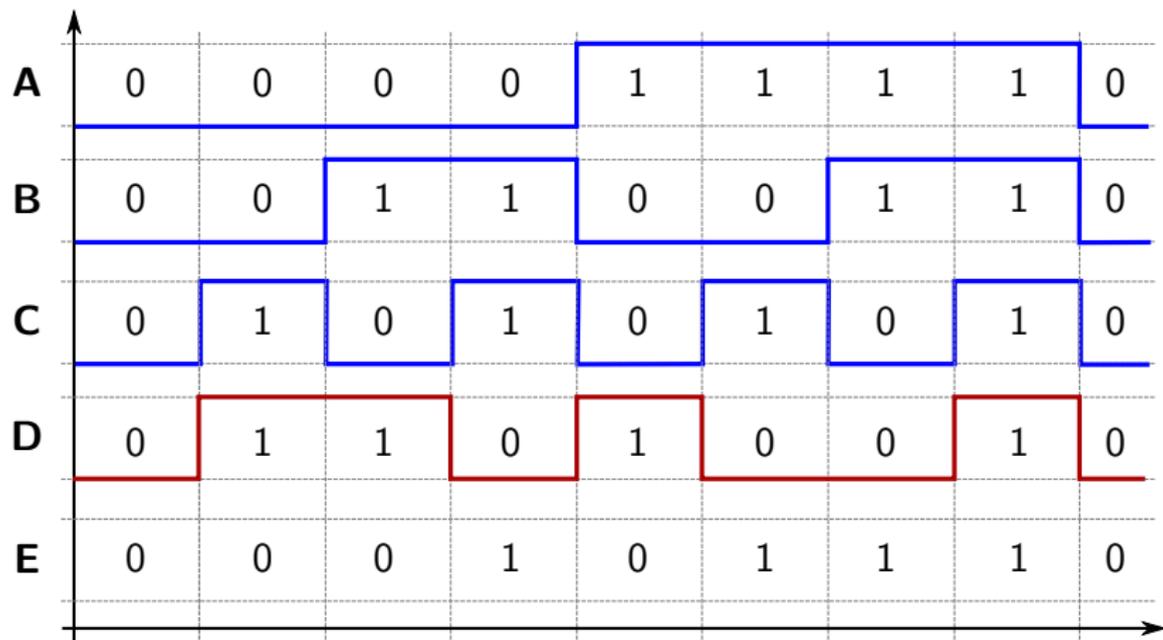
ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- **Terceiro passo:** esboçar os diagramas de formas de onda das saídas, com o auxílio das tabelas verdade obtidas no passo anterior, se necessário.



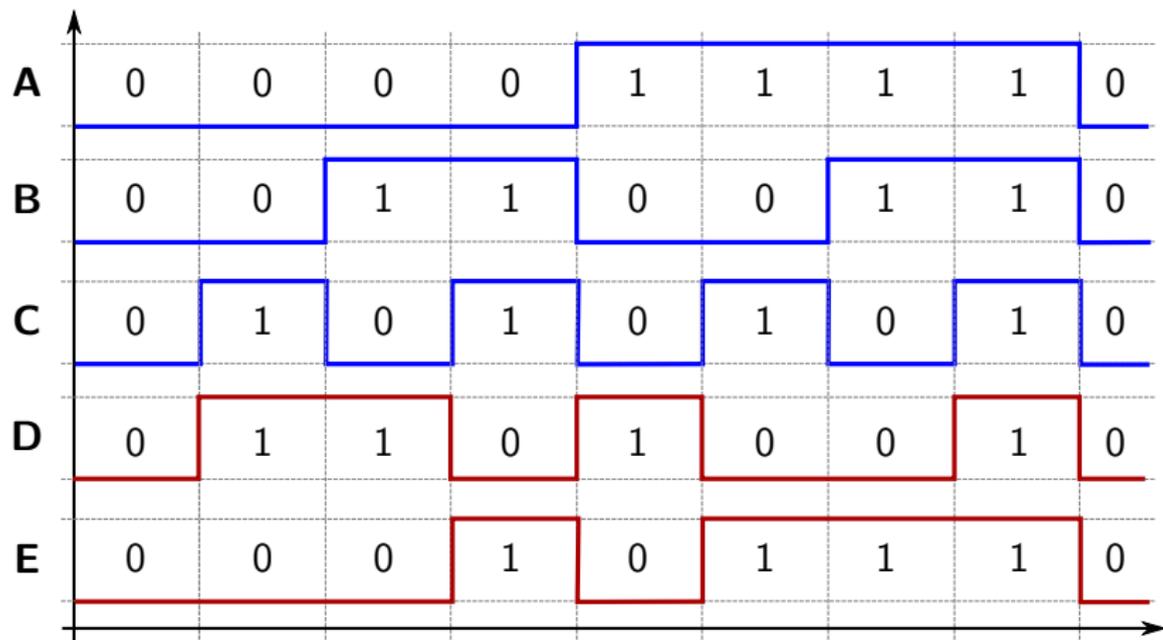
ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- **Terceiro passo:** esboçar os diagramas de formas de onda das saídas, com o auxílio das tabelas verdade obtidas no passo anterior, se necessário.



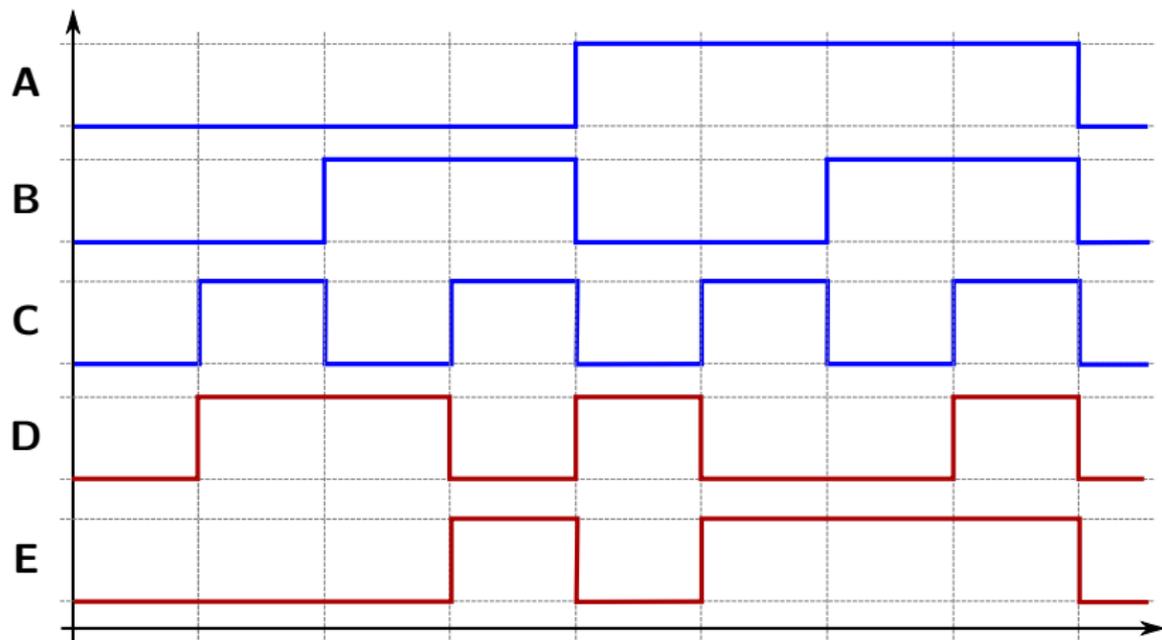
ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- **Terceiro passo:** esboçar os diagramas de formas de onda das saídas, com o auxílio das tabelas verdade obtidas no passo anterior, se necessário.



ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

- **Terceiro passo:** esboçar os diagramas de formas de onda das saídas, com o auxílio das tabelas verdade obtidas no passo anterior, se necessário.



- **Exemplo 6:** Elabore um circuito com portas lógicas **not**, **and** e **or** cuja saída corresponda à expressão $A \oplus B$ (**A xor B**).

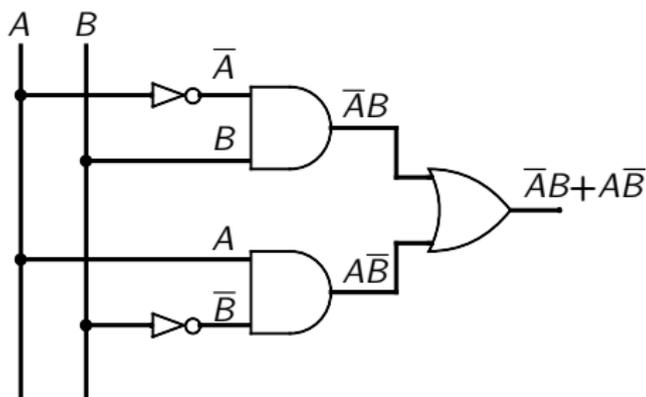
- **Exemplo 6:** Elabore um circuito com portas lógicas **not**, **and** e **or** cuja saída corresponda à expressão $A \oplus B$ (**A xor B**).

Sabemos que $A \oplus B = \overline{A}B + A\overline{B}$

SÍNTESE DE CIRCUITOS DIGITAIS

- **Exemplo 6:** Elabore um circuito com portas lógicas **not**, **and** e **or** cuja saída corresponda à expressão $A \oplus B$ (**A xor B**).

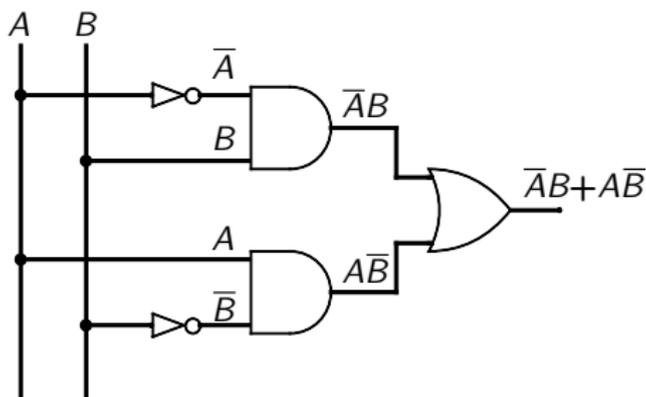
Sabemos que $A \oplus B = \bar{A}B + A\bar{B}$



SÍNTESE DE CIRCUITOS DIGITAIS

- **Exemplo 6:** Elabore um circuito com portas lógicas **not**, **and** e **or** cuja saída corresponda à expressão $A \oplus B$ (**A xor B**).

Sabemos que $A \oplus B = \bar{A}B + A\bar{B}$

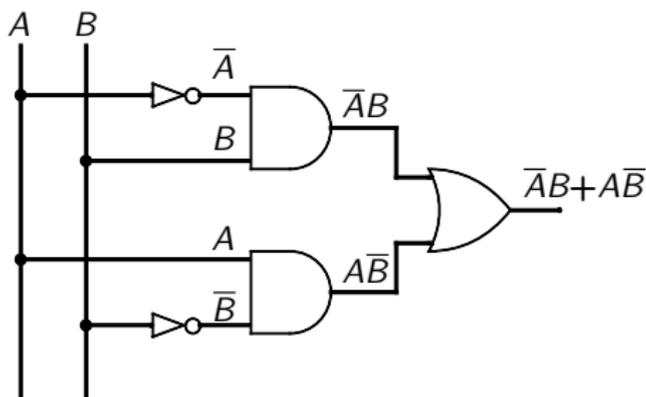


- geralmente não representamos, em um circuito digital, onde está a fonte de tensão/bateria

SÍNTESE DE CIRCUITOS DIGITAIS

- **Exemplo 6:** Elabore um circuito com portas lógicas **not**, **and** e **or** cuja saída corresponda à expressão $A \oplus B$ (**A xor B**).

Sabemos que $A \oplus B = \bar{A}B + A\bar{B}$



- geralmente não representamos, em um circuito digital, onde está a fonte de tensão/bateria
- recomenda-se colocar as entradas “na vertical” e desenvolver as saídas “na horizontal, para a direita”

- **Exemplo 7:** Elabore um circuito com portas lógicas **not**, **and** e **or** cuja saída corresponda à função lógica $C(V, F, U, N)$, onde

V	F	U	N	C	V	F	U	N	C
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
0	0	1	0	0	1	0	1	0	1
0	0	1	1	1	1	0	1	1	0
0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
0	1	0	1	1	1	1	0	1	0
0	1	1	0	1	1	1	1	0	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1

- **Exemplo 7:** Elabore um circuito com portas lógicas **not**, **and** e **or** cuja saída corresponda à função lógica $C(V, F, U, N)$, onde

V	F	U	N	C	V	F	U	N	C
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
0	0	1	0	0	1	0	1	0	1
0	0	1	1	1	1	0	1	1	0
0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
0	1	0	1	1	1	1	0	1	0
0	1	1	0	1	1	1	1	0	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1

- **Primeiro passo:** obtenha e simplifique a expressão lógica para as saídas.

- **Primeiro passo:** obtenha e simplifique a expressão lógica para as saídas.

Mapa de Karnaugh para a tabela verdade dada:

<i>UN</i> \ <i>VF</i>	00	01	11	10
00	0	0	1	0
01	0	1	1	1
11	0	0	1	1
10	0	1	0	1

- **Primeiro passo:** obtenha e simplifique a expressão lógica para as saídas.

Mapa de Karnaugh para a tabela verdade dada:

<i>UN</i> \ <i>VF</i>	00	01	11	10
00	0	0	1	0
01	0	1	1	1
11	0	0	1	1
10	0	1	0	1

- **Primeiro passo:** obtenha e simplifique a expressão lógica para as saídas.

Mapa de Karnaugh para a tabela verdade dada:

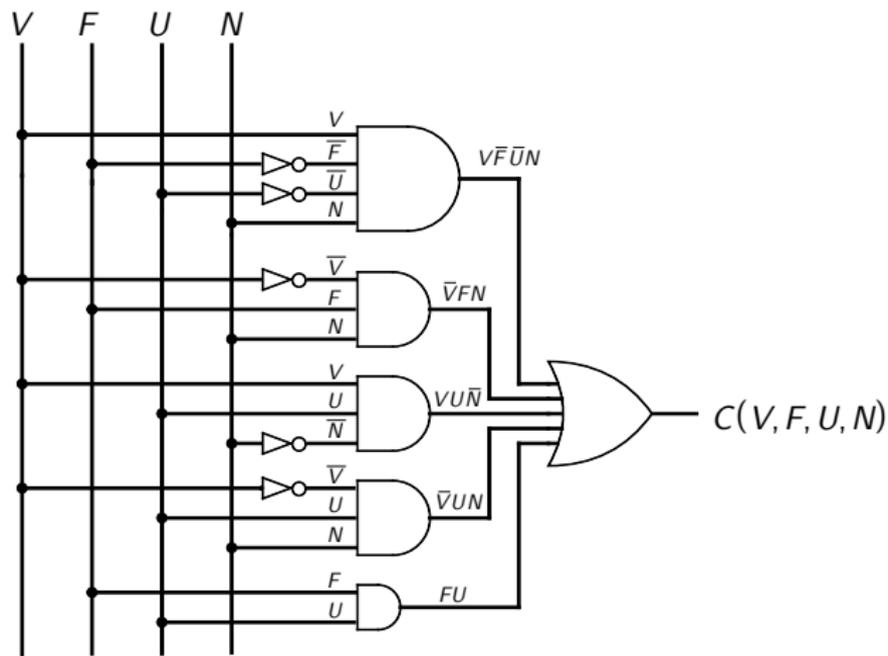
UN VF	00	01	11	10
00	0	0	1	0
01	0	1	1	1
11	0	0	1	1
10	0	1	0	1

$$C = V\bar{F}\bar{U}N + VU\bar{N} + \bar{V}UN + \bar{V}FN + FU$$

- **Segundo passo:** desenhar o diagrama do circuito.

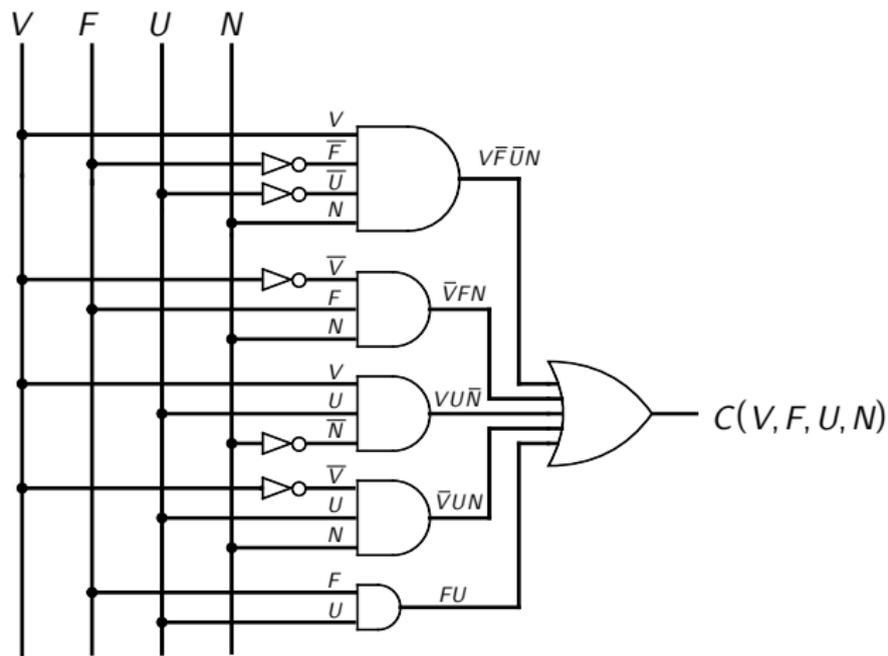
SÍNTESE DE CIRCUITOS DIGITAIS

- **Segundo passo:** desenhar o diagrama do circuito.



SÍNTESE DE CIRCUITOS DIGITAIS

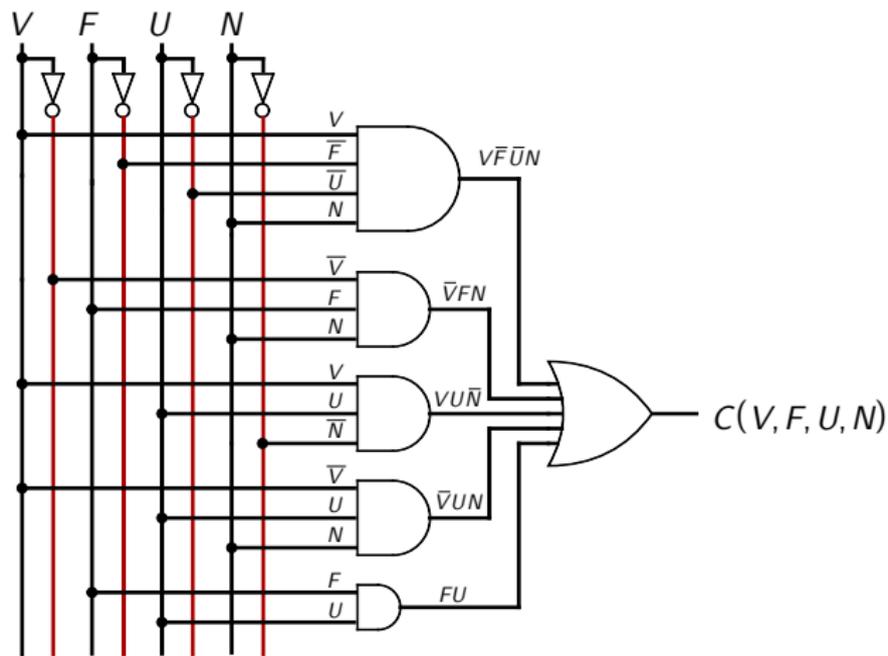
- **Segundo passo:** desenhar o diagrama do circuito.



note que estamos sendo pouco econômicos com as portas not

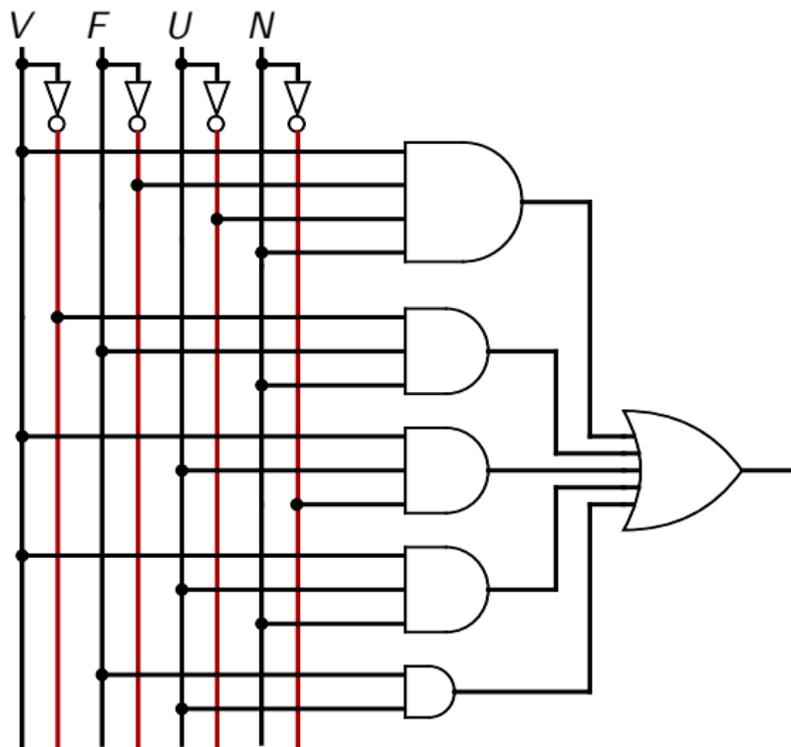
SÍNTESE DE CIRCUITOS DIGITAIS

- **Segundo passo:** desenhar o diagrama do circuito.

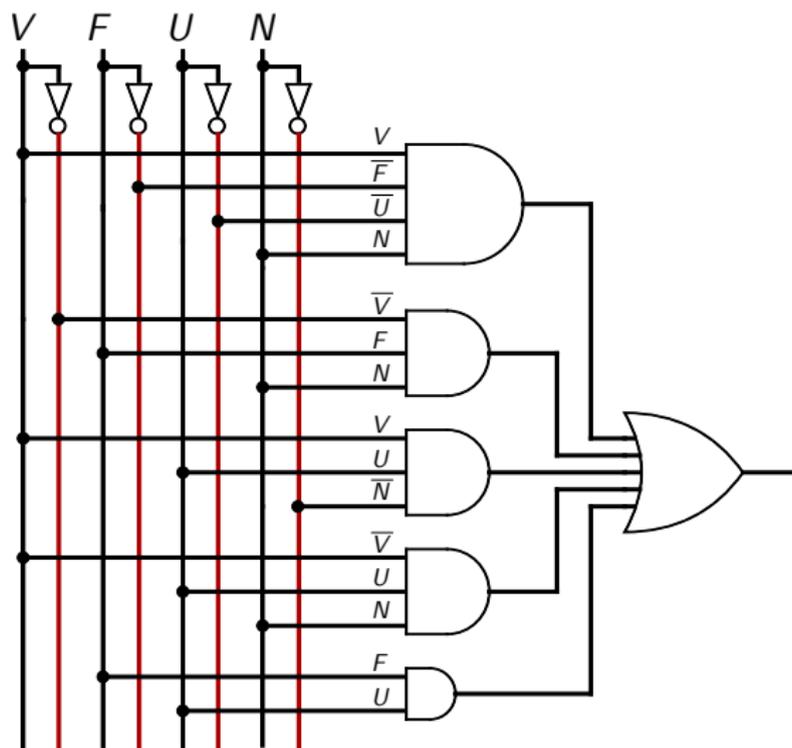


economizamos uma porta not

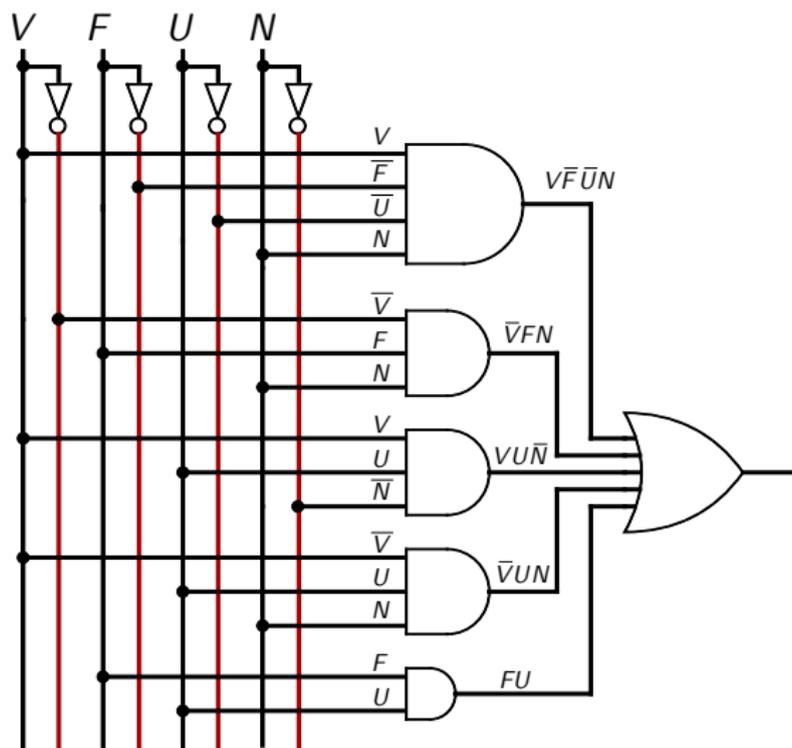
- **Terceiro passo:** analisar o circuito e verificar as saídas



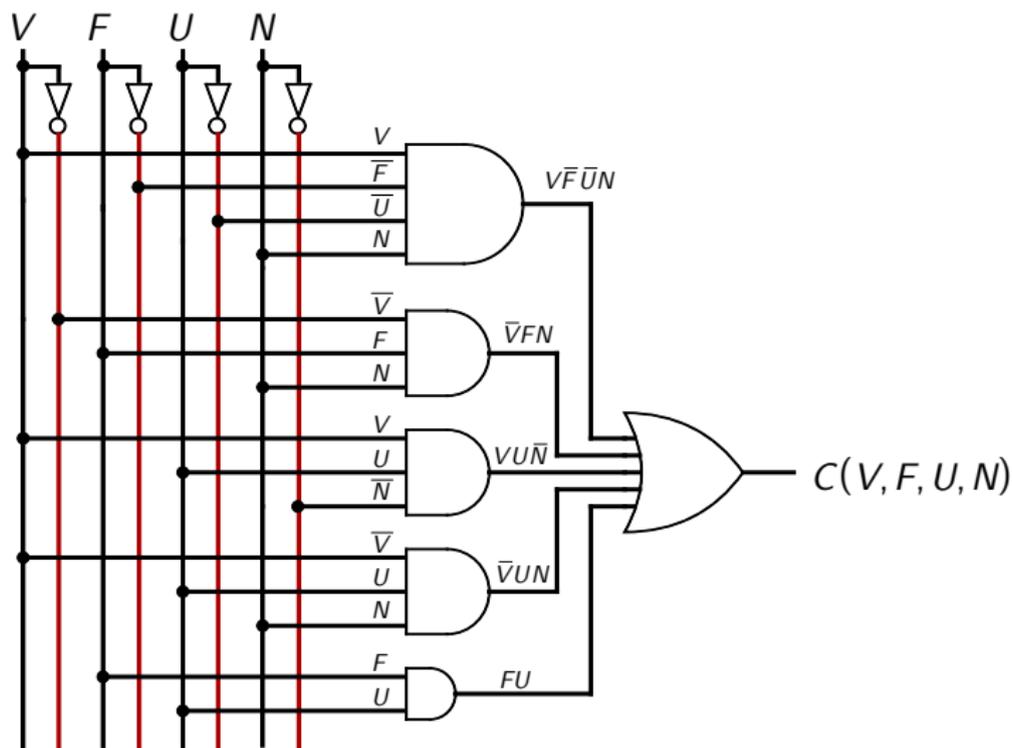
- **Terceiro passo:** analisar o circuito e verificar as saídas



- **Terceiro passo:** analisar o circuito e verificar as saídas



- **Terceiro passo:** analisar o circuito e verificar as saídas

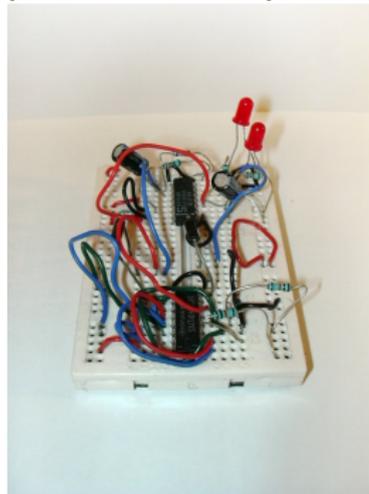


- **Quarto passo:** montar o circuito e fazer a sua tabela verdade.

- **Quarto passo:** montar o circuito e fazer a sua tabela verdade.
- A partir de agora, usaremos o simulador de circuitos Logisim:
<http://ozark.hendrix.edu/~burch/logisim/pt/index.html>

SÍNTESE DE CIRCUITOS DIGITAIS

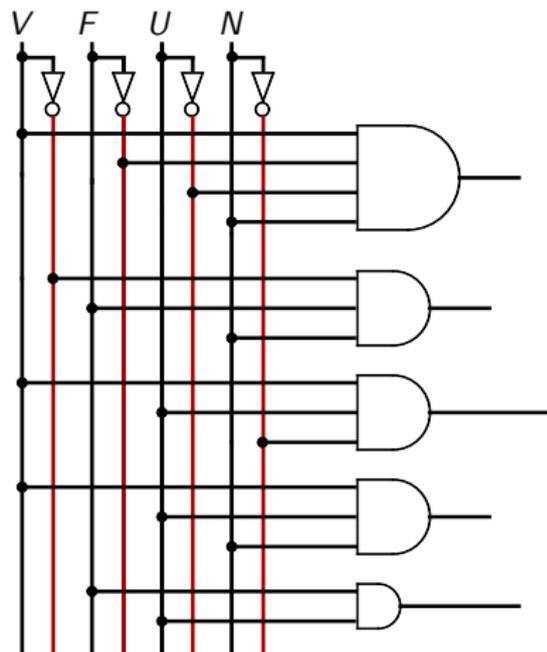
- **Quarto passo:** montar o circuito e fazer a sua tabela verdade.
- A partir de agora, usaremos o simulador de circuitos Logisim:
<http://ozark.hendrix.edu/~burch/logisim/pt/index.html>
- Na prática, além de simular, você irá montar o seu circuito em um protoboard ou placa padrão:



<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Breadboard.JPG>

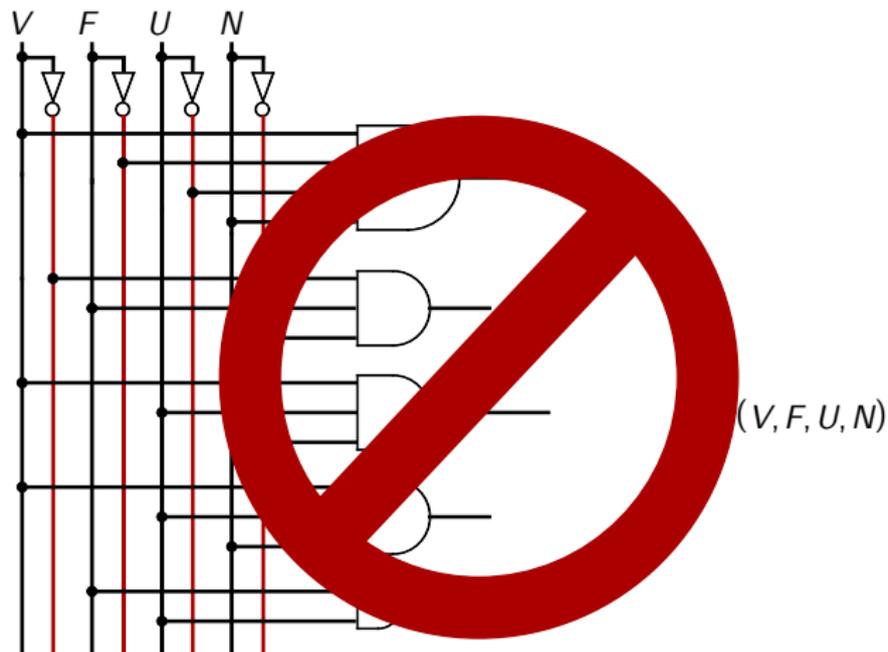
SÍNTESE DE CIRCUITOS DIGITAIS

- **Erros comuns:** (1) esquecer de fazer a soma dos produtos (ou seja, omitir a porta or)



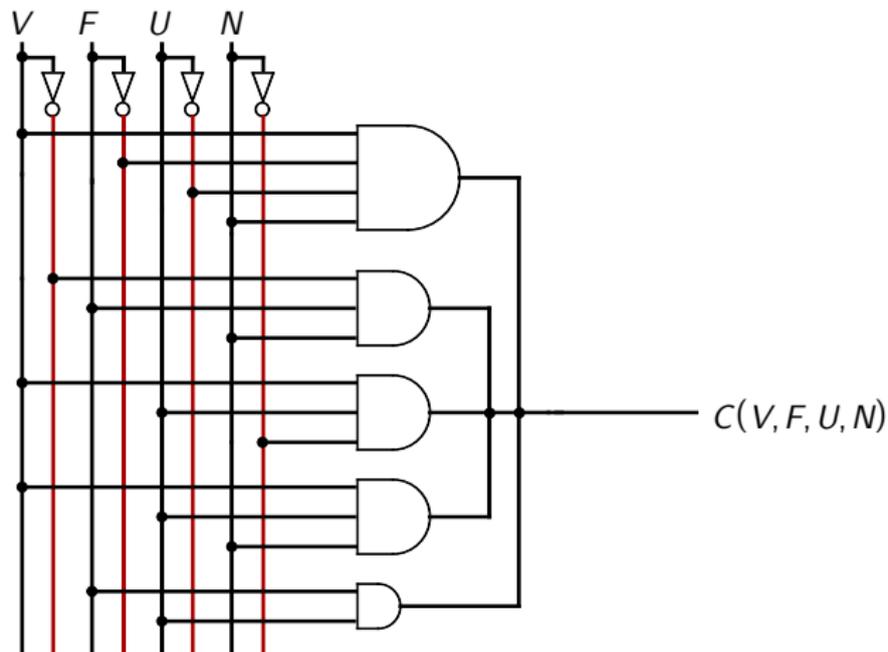
$C(V, F, U, N)$

- **Erros comuns:** (1) esquecer de fazer a soma dos produtos (ou seja, omitir a porta or)



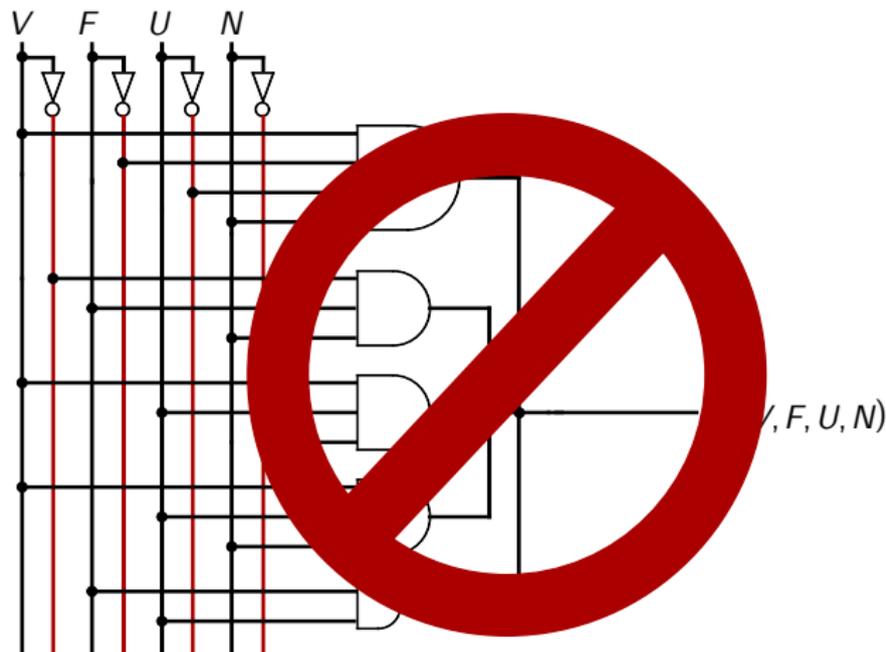
SÍNTESE DE CIRCUITOS DIGITAIS

- **Erros comuns:** (2) juntar as saídas sem colocar porta or (queima as portas lógicas, ou resultado indeterminado!)



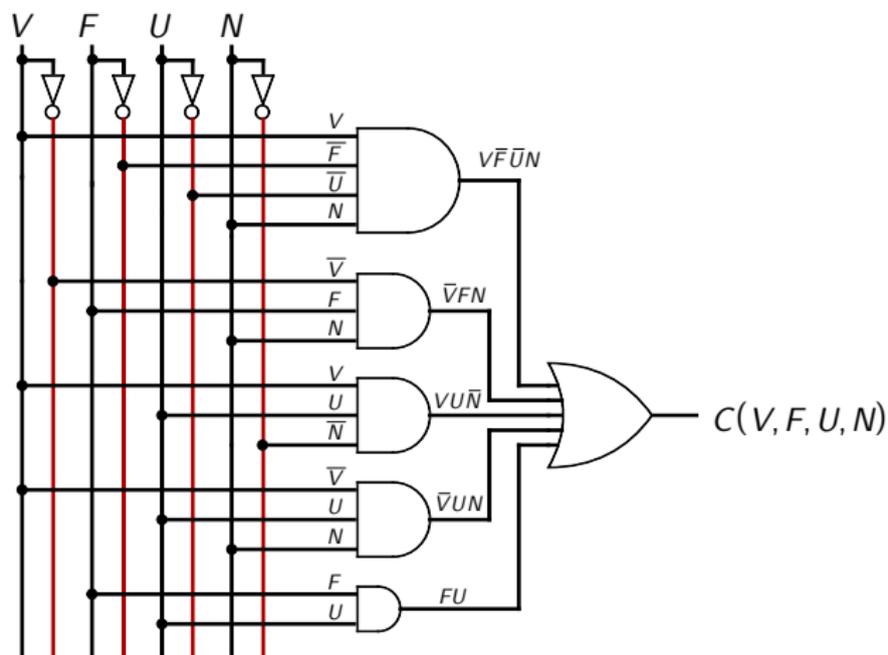
SÍNTESE DE CIRCUITOS DIGITAIS

- **Erros comuns:** (2) juntar as saídas sem colocar porta or (queima as portas lógicas, ou resultado indeterminado!)



SÍNTESE DE CIRCUITOS DIGITAIS

- **Correto:** verifique sempre o seu circuito.



Resumo: Os quatro passos para um circuito digital feliz.

- **Primeiro passo:** obtenha e simplifique a expressão lógica para cada saída.

Resumo: Os quatro passos para um circuito digital feliz.

- **Primeiro passo:** obtenha e simplifique a expressão lógica para cada saída.
- **Segundo passo:** desenhe o diagrama do circuito.

Resumo: Os quatro passos para um circuito digital feliz.

- **Primeiro passo:** obtenha e simplifique a expressão lógica para cada saída.
- **Segundo passo:** desenhe o diagrama do circuito.
 - ▶ cuidado com os erros comuns: esquecer portas lógicas, juntar saídas sem usar porta lógica, etc.

Resumo: Os quatro passos para um circuito digital feliz.

- **Primeiro passo:** obtenha e simplifique a expressão lógica para cada saída.
- **Segundo passo:** desenhe o diagrama do circuito.
 - ▶ cuidado com os erros comuns: esquecer portas lógicas, juntar saídas sem usar porta lógica, etc.
- **Terceiro passo:** analize o circuito e verifique as saídas.

Resumo: Os quatro passos para um circuito digital feliz.

- **Primeiro passo:** obtenha e simplifique a expressão lógica para cada saída.
- **Segundo passo:** desenhe o diagrama do circuito.
 - ▶ cuidado com os erros comuns: esquecer portas lógicas, juntar saídas sem usar porta lógica, etc.
- **Terceiro passo:** analize o circuito e verifique as saídas.
 - ▶ vá “caminhando” das entradas em direção às saídas, escrevendo na saída de cada porta lógica a expressão equivalente.

Resumo: Os quatro passos para um circuito digital feliz.

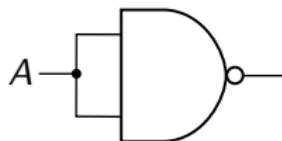
- **Primeiro passo:** obtenha e simplifique a expressão lógica para cada saída.
- **Segundo passo:** desenhe o diagrama do circuito.
 - ▶ cuidado com os erros comuns: esquecer portas lógicas, juntar saídas sem usar porta lógica, etc.
- **Terceiro passo:** analize o circuito e verifique as saídas.
 - ▶ vá “caminhando” das entradas em direção às saídas, escrevendo na saída de cada porta lógica a expressão equivalente.
- **Quarto passo:** monte o circuito, faça a sua tabela verdade e verifique se ela coincide com as tabelas verdade das expressões obtidas no primeiro passo.

Resumo: Os quatro passos para um circuito digital feliz.

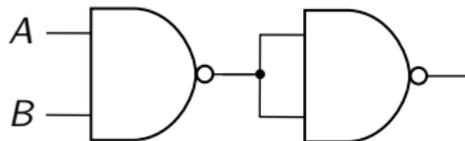
- **Primeiro passo:** obtenha e simplifique a expressão lógica para cada saída.
- **Segundo passo:** desenhe o diagrama do circuito.
 - ▶ cuidado com os erros comuns: esquecer portas lógicas, juntar saídas sem usar porta lógica, etc.
- **Terceiro passo:** analize o circuito e verifique as saídas.
 - ▶ vá “caminhando” das entradas em direção às saídas, escrevendo na saída de cada porta lógica a expressão equivalente.
- **Quarto passo:** monte o circuito, faça a sua tabela verdade e verifique se ela coincide com as tabelas verdade das expressões obtidas no primeiro passo.
 - ▶ primeiro simule, depois monte o circuito em uma placa padrão

PARA CASA:

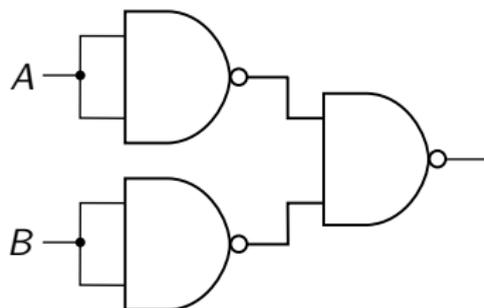
- Determine a expressão lógica mais simples para a saída de cada um dos circuitos abaixo (os circuitos usam apenas portas **nand**)



Circuito 1



Circuito 2



Circuito 3

- O que você pode concluir deste exercício?

PARA CASA:

- Se você ainda não fez, faça **imediatamente** a leitura recomendada e os exercícios da aula passada. Refaça os exercícios 13 a 16 da aula passada usando o Logisim.
- Ler seções 1-2 e 1-3. Ler 1-5 apenas como cultura geral.
- Exercícios do cap. 1: autoteste 3 a 8, problemas 3, 4, 10, 12, 13, 14.
- Ler seções 3-1 a 3-6.
- Exercícios do cap. 3: autoteste 1 a 7, problemas 1 a 22.
- Ler seção 4-4.
- Exercícios do cap. 4: problemas 12 a 15, 20, 34 e 44 (nestes dois últimos, minimizar a expressão e fazer o diagrama do circuito digital).
- Ler seções 5-1, 5-2 e 5-5.
- Exercícios do cap. 5: autoteste 1 a 6, problemas 1 a 17, 26 a 29.