

Curso: Engenharia de Computação

Sistemas Digitais

Prof. Clayton J A Silva, MSc
clayton.silva@professores.ibmec.edu.br



Ferramentas

- Logisim: [Logisim download | SourceForge.net](#)
- EasyEDA – [Download Center – EasyEDA](#)
- Atmel Studio 7.0 – [Atmel Studio 7.0 Download \(Free\) – atmelstudio.exe \(informer.com\)](#)
- Arduíno 1.8.15 – [Software | Arduino](#)

Sistemas digitais e analógicos

The background of the slide is a close-up, slightly blurred photograph of a server rack. Several vertical server units are visible, each with multiple indicator lights. Some lights are glowing a bright green, while others are glowing a reddish-pink. The overall color palette is dominated by deep blues and purples, with the light colors providing a high-contrast, futuristic feel.

Dimensão

Fenômenos físicos, químicos, sociais (e outros...) se manifestam em **quantidades** que podem ser medidas, registradas e processadas.

Variável física usada para **descrever ou especificar** a natureza de uma **quantidade** mensurável.

Contém: o valor **numérico** e a **unidade** de comparação.

Contexto

Avaliação de desempenho: o sistema estará ou está funcionando de acordo com o esperado?

Controle de processos: operações de realimentação nas quais uma medida é usada para manter o processo dentro de condições específicas

Contagem: manter um registro do uso ou fluxo de uma determinada quantidade

Pesquisa: experimentos e realizadas medições pra sustentar hipóteses teóricas.

Projeto: testar novos produtos e processos.

Grandezas e unidades de base

Grandeza de base	Símbolo	Unidade de base	Símbolo
comprimento	l, h, r, x	metro	m
massa	m	quilograma	kg
tempo, duração	t	segundo	s
corrente elétrica	I, i	ampere	A
temperatura termodinâmica	T	kelvin	K
quantidade de substância	n	mol	mol
intensidade luminosa	I_v	candela	cd

Sinais analógicos, discretos e digitais

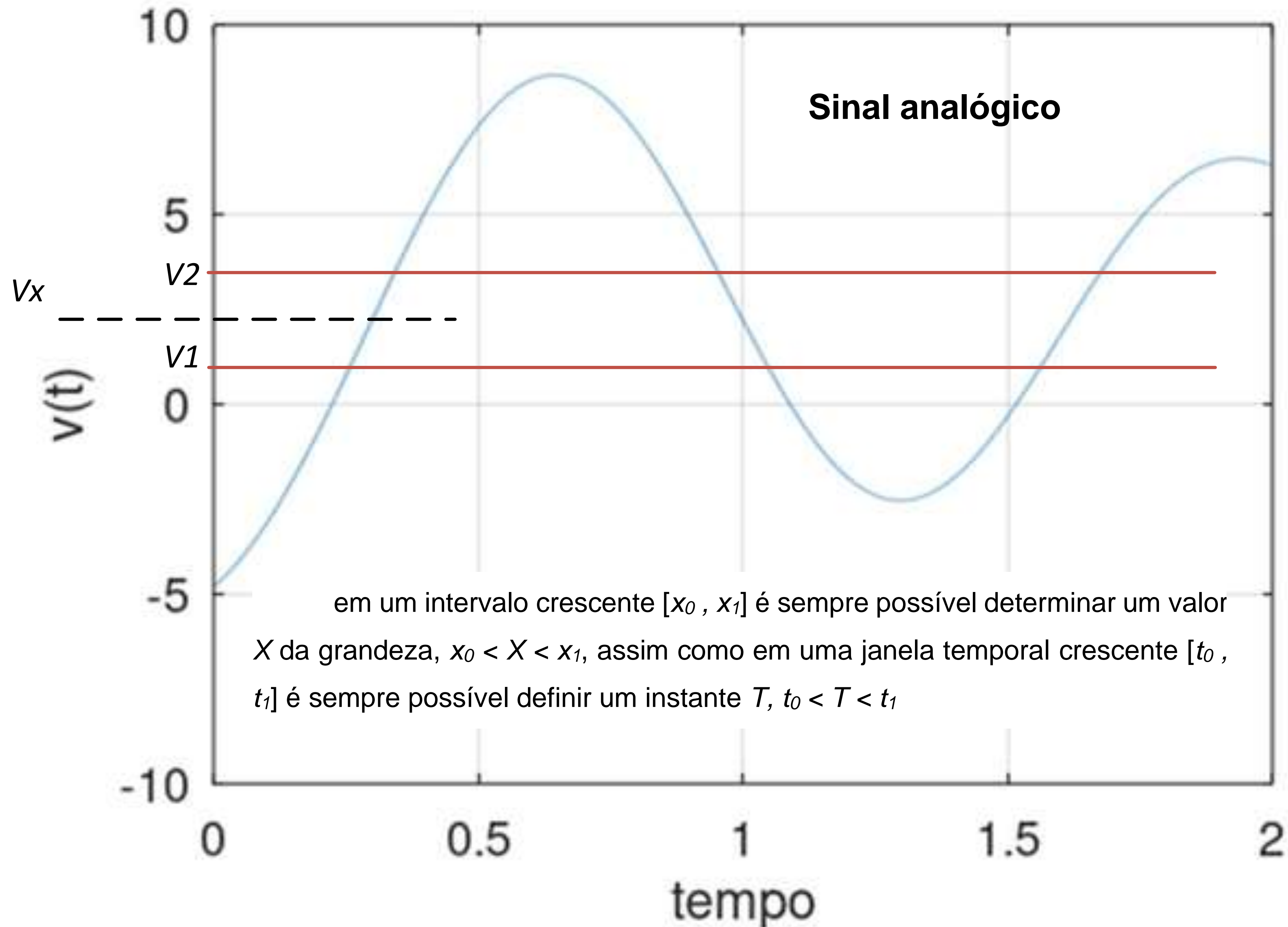
- Sinais analógicos...

comportam-se com uma variação contínua de valores, além de ser definida em qualquer instante do tempo, em uma janela temporal de observação

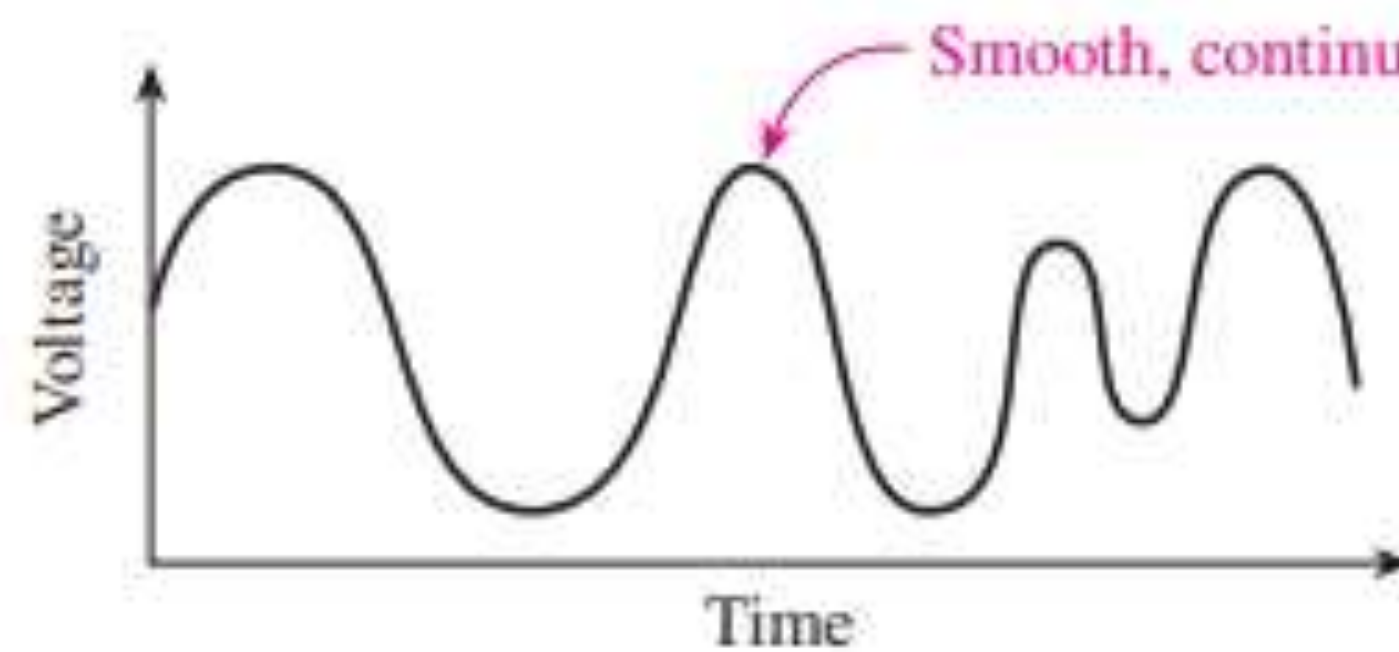
A grandeza (x) é uma função do tempo (t) , tal que

$$x = f(t)$$

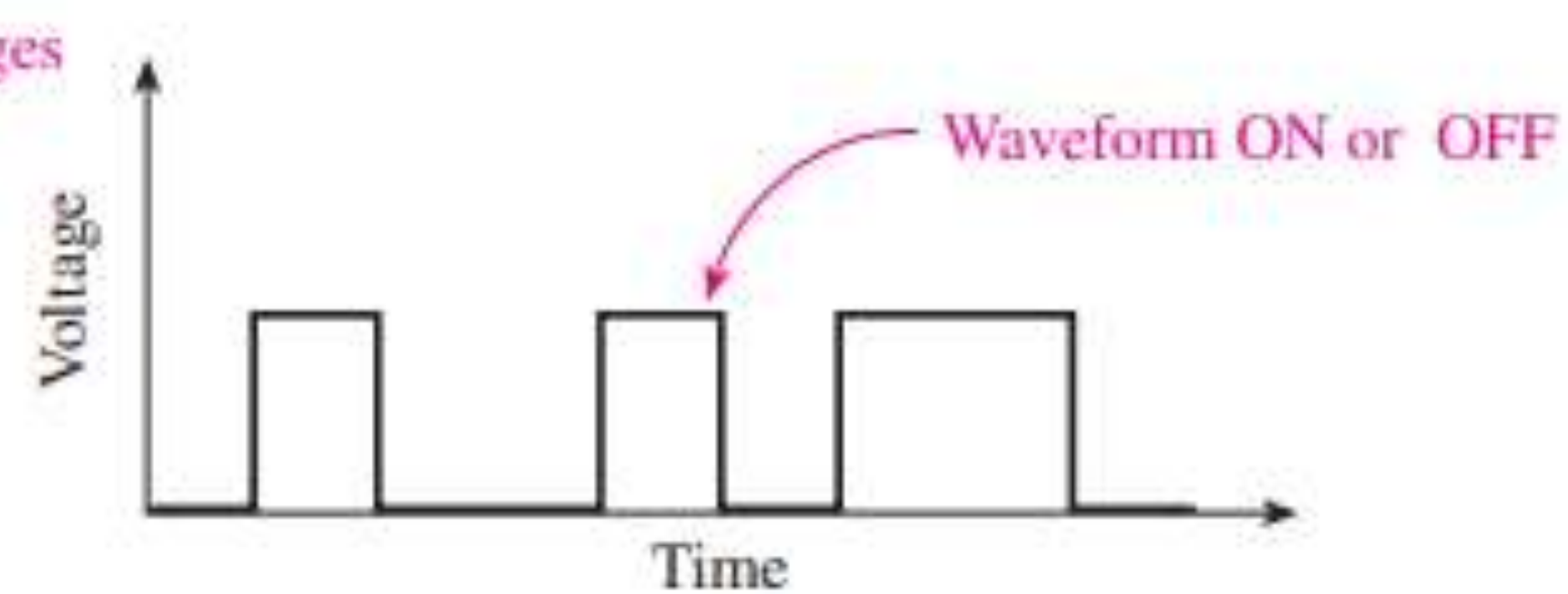
Sinal em funcao do tempo



Representações digitais e analógicas



(a)



(b)

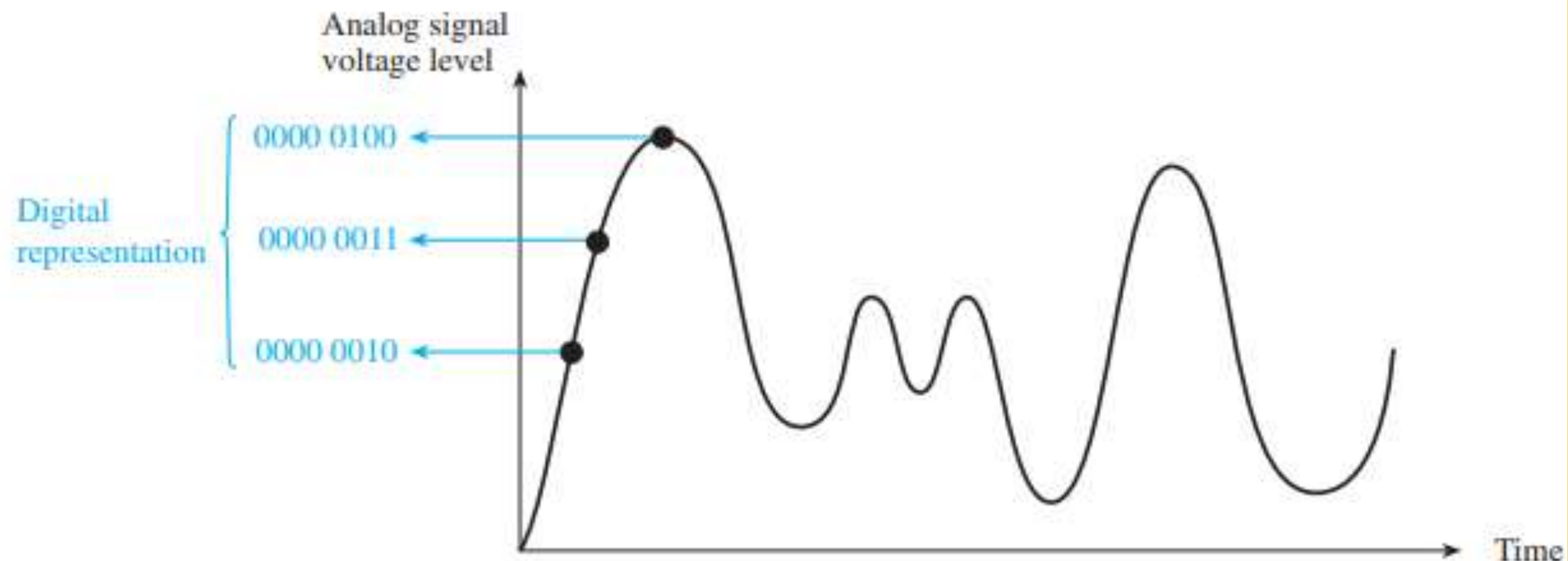


(c)

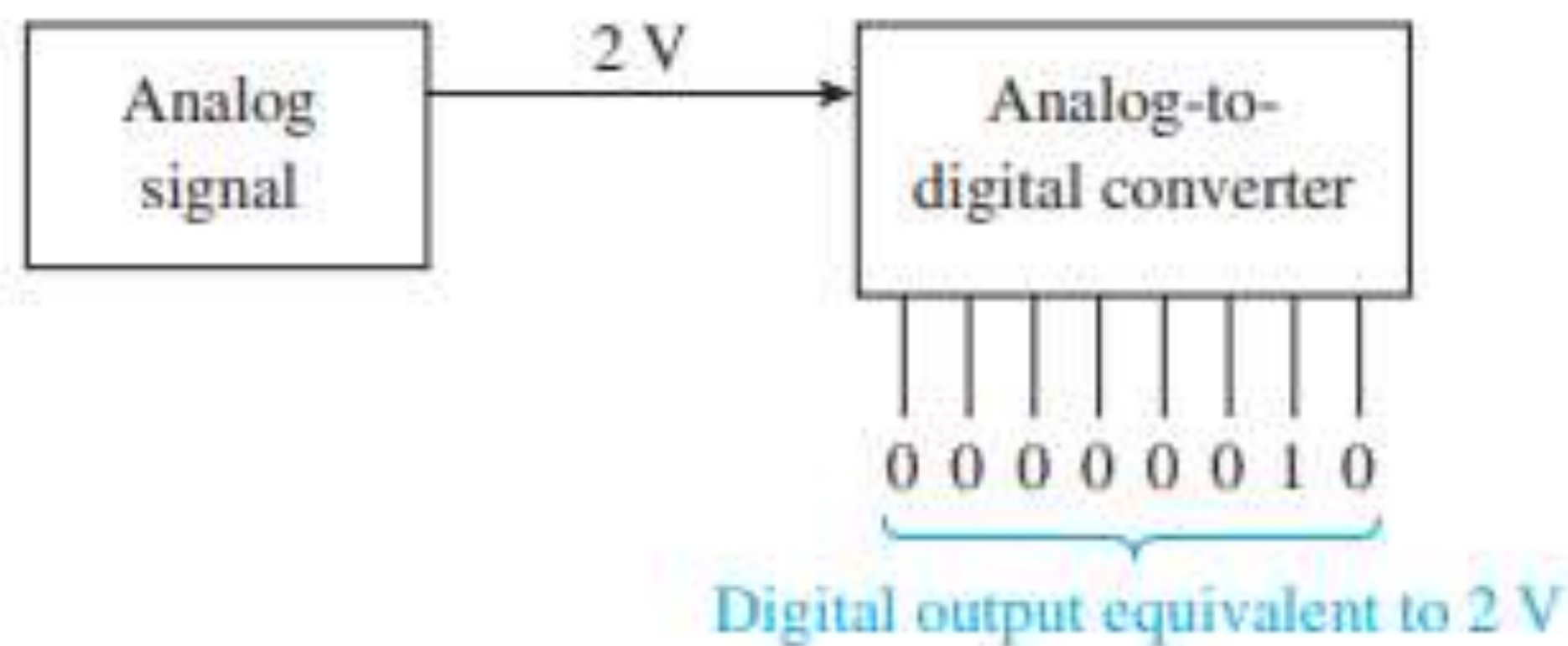


(d)

Representações digitais e analógicas

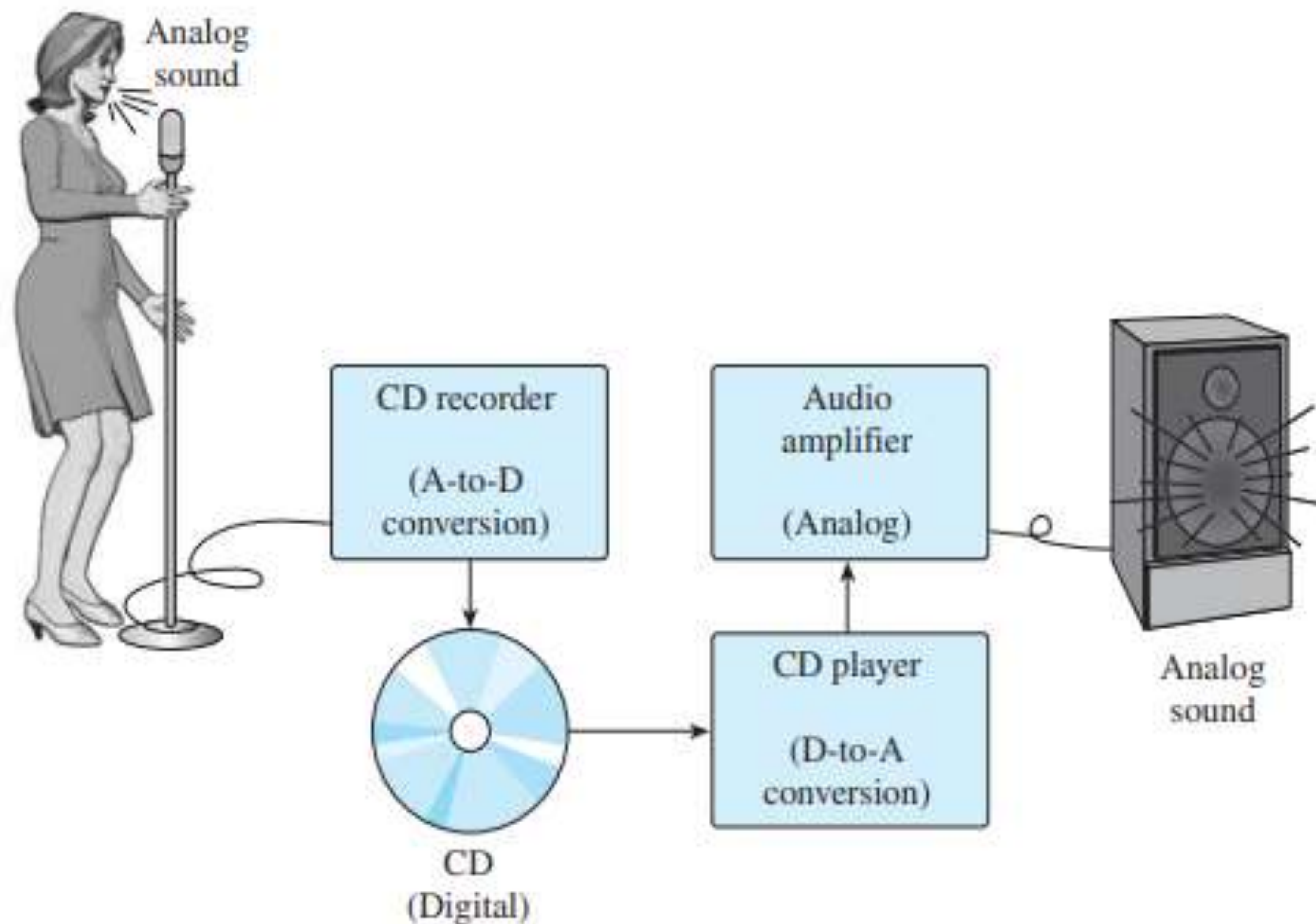


(a)

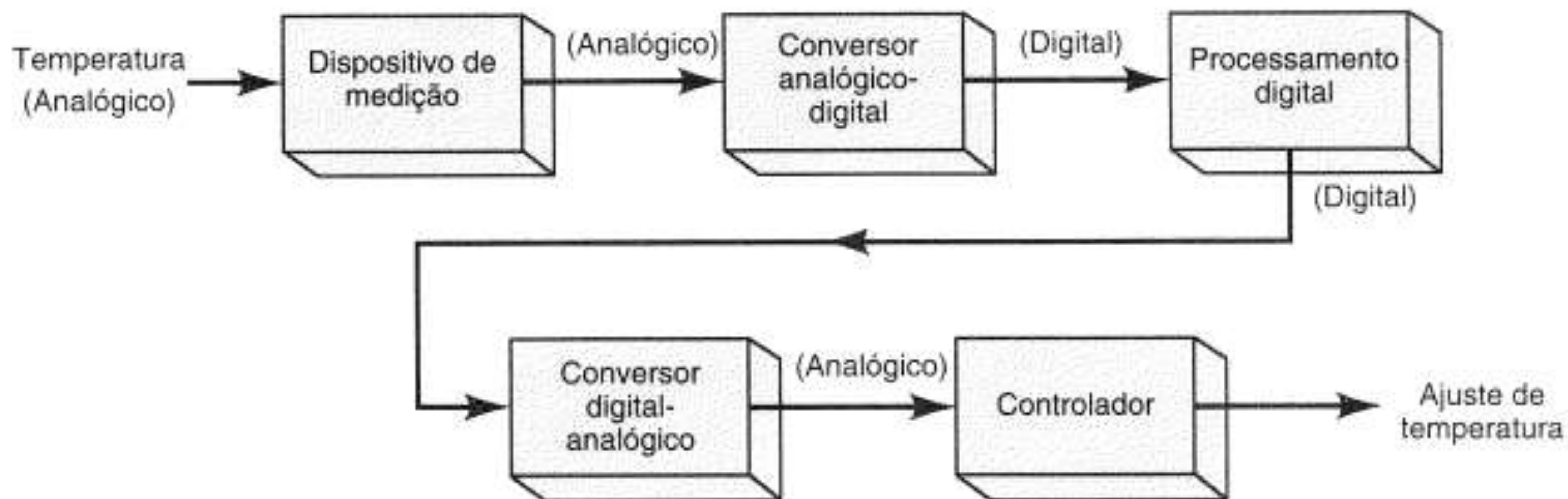


(b)

Conversão A/D (analógico-digital) e D/A (digital-analógico)



Conversão A/D (analógico-digital) e D/A (digital-analógico)

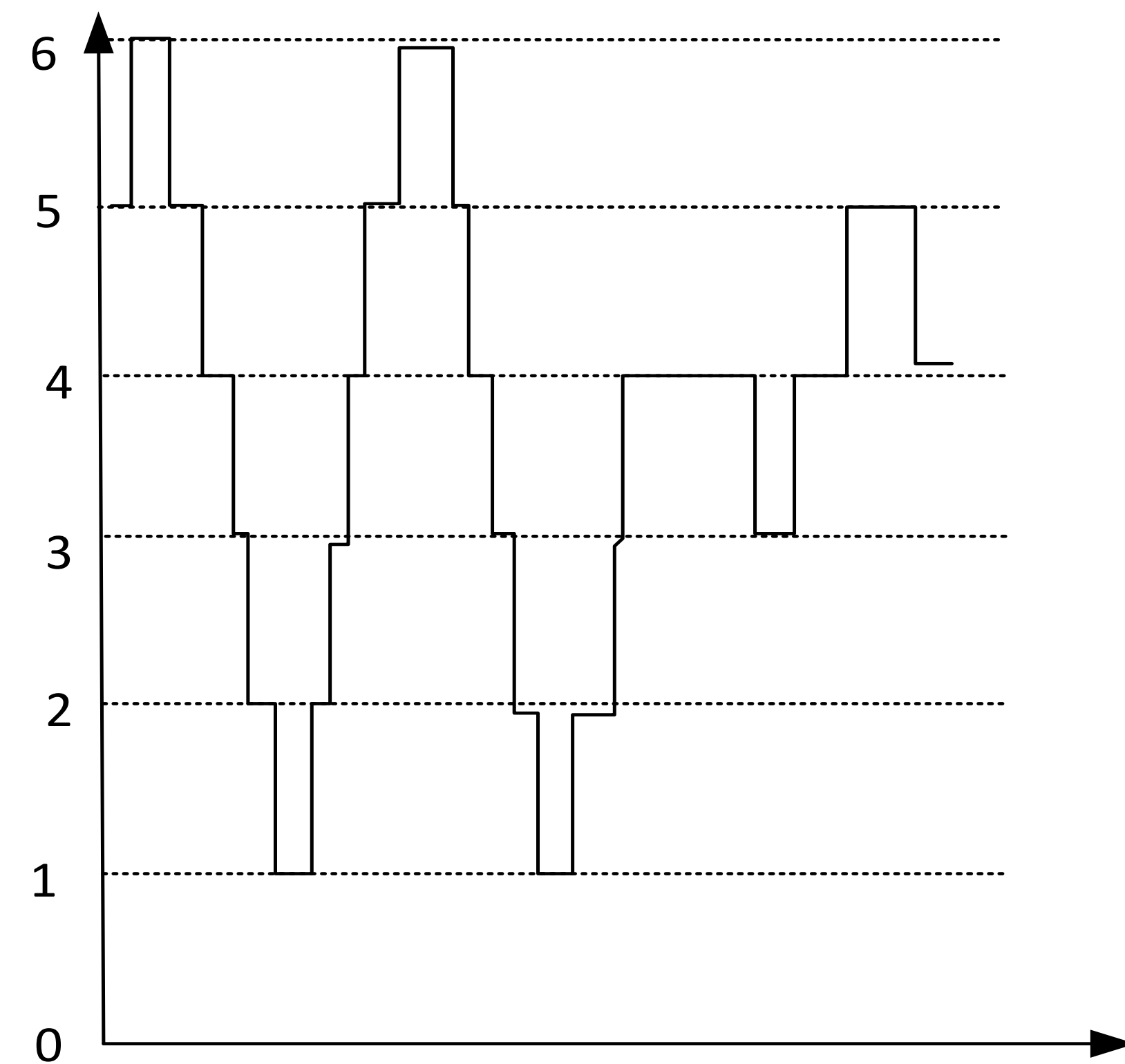
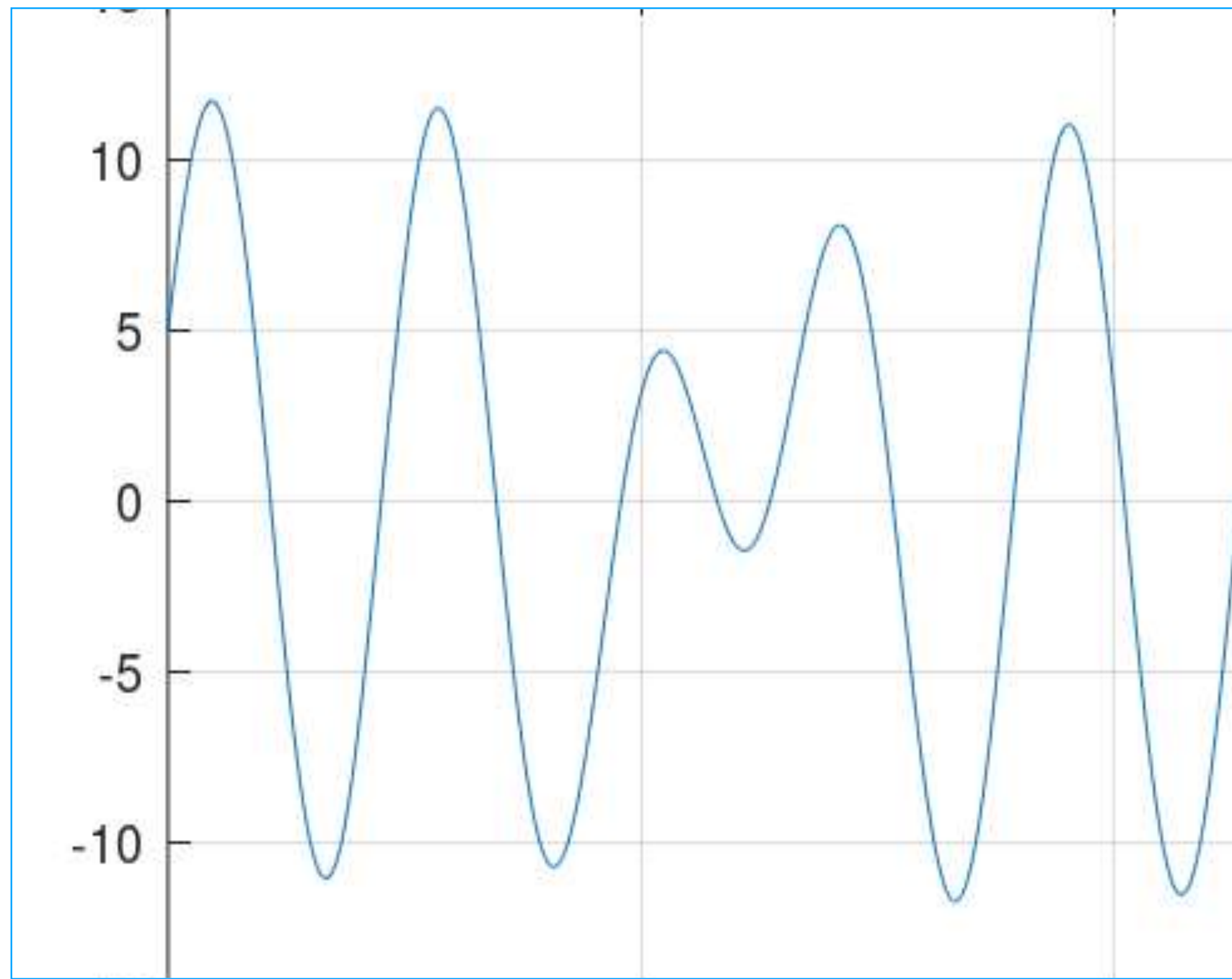


Sinais analógicos, discretos e digitais

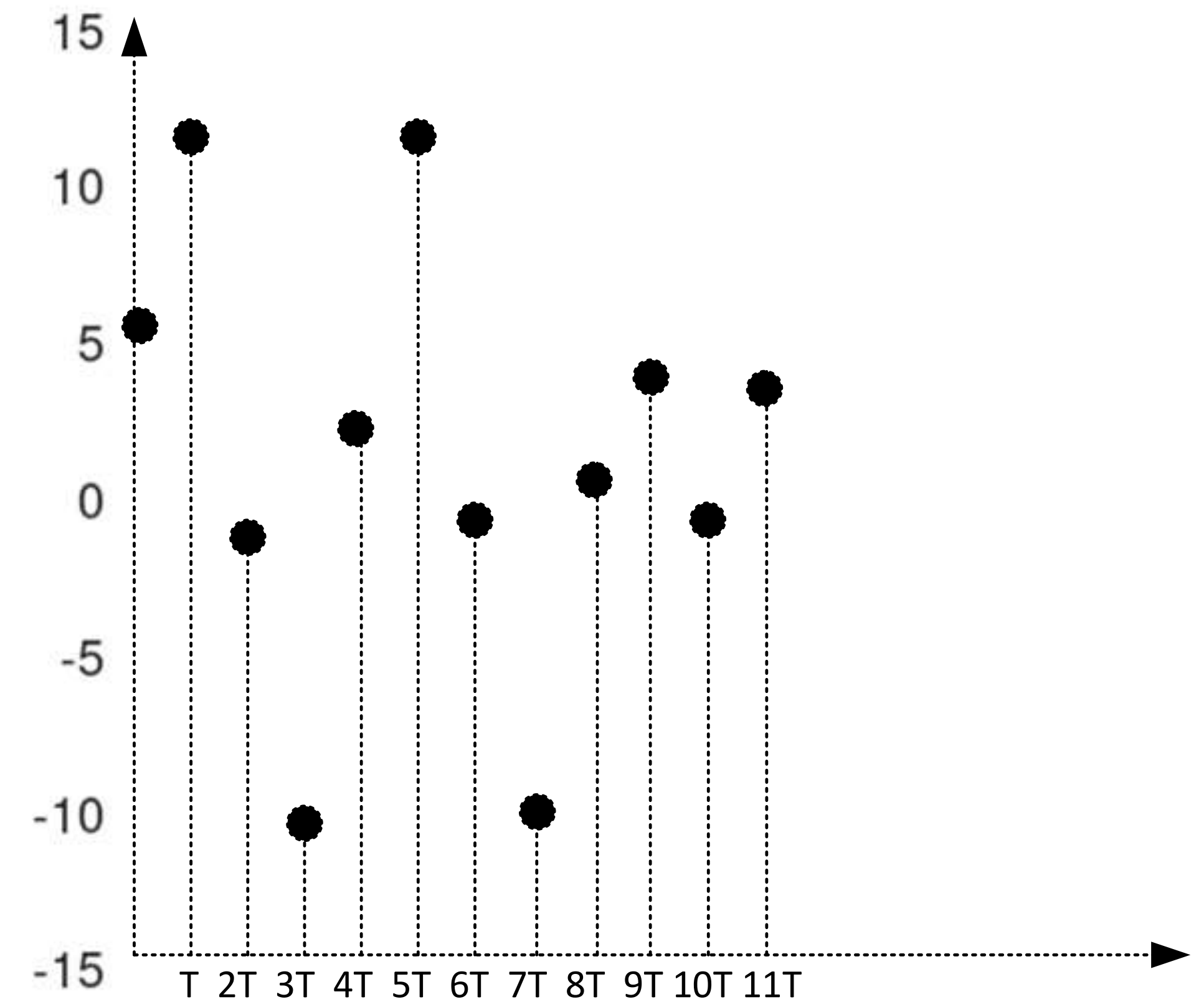
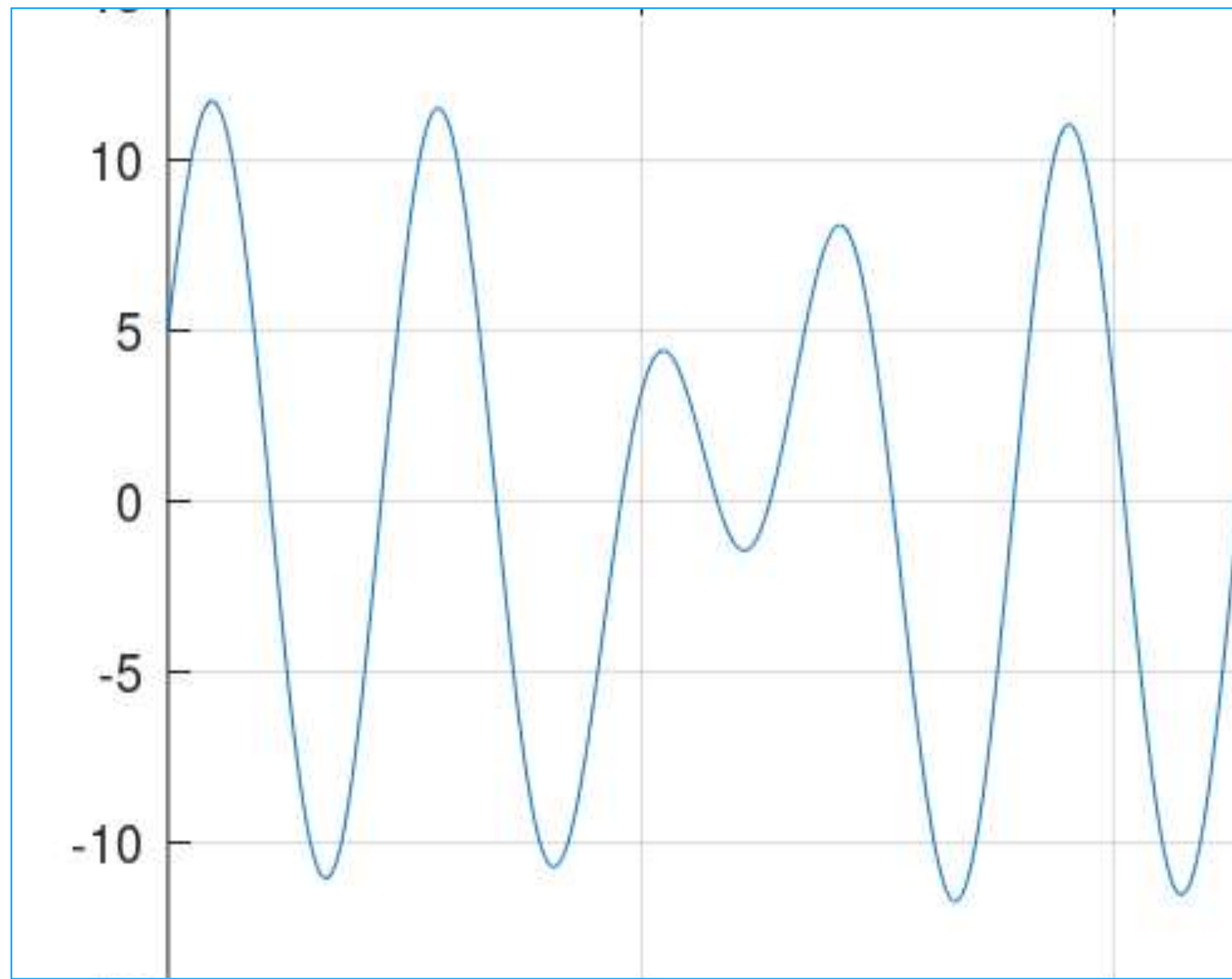
- Sinais discretos...

apresentam descontinuidade do valor da medida de grandeza ou do instante de tempo em função da qual são observados

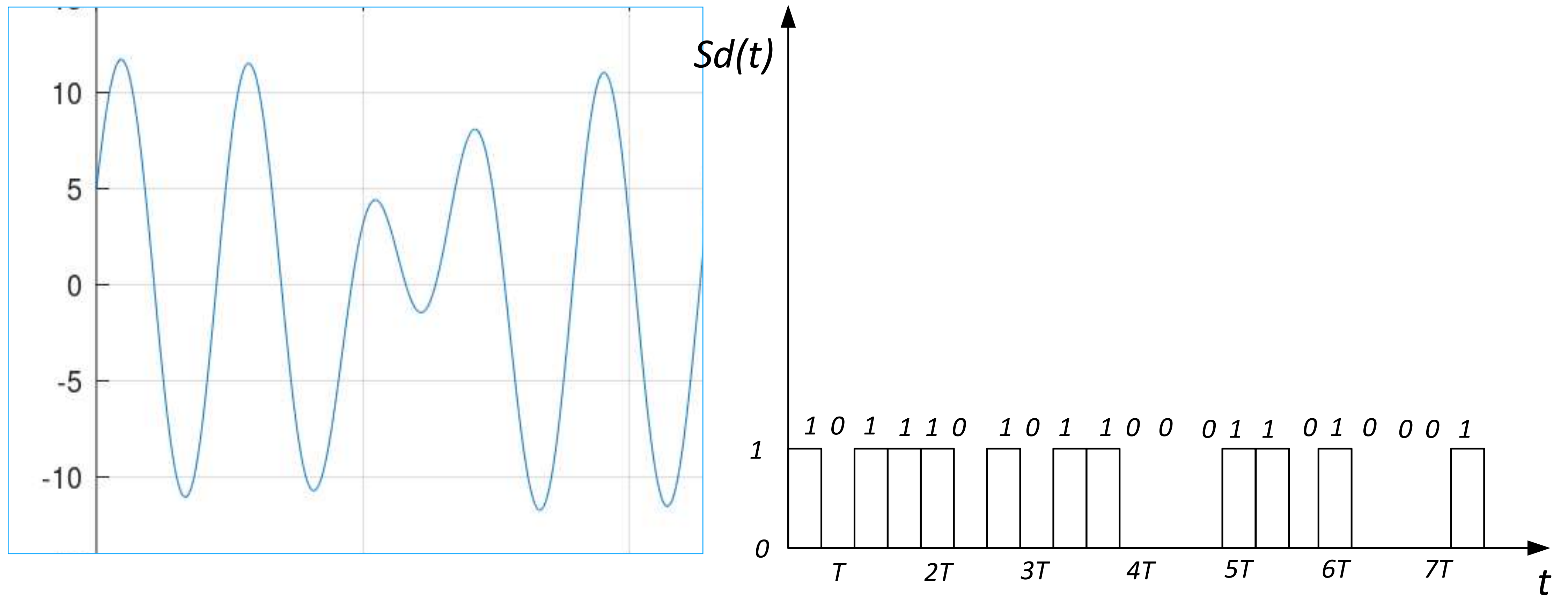
Sinal quantizado



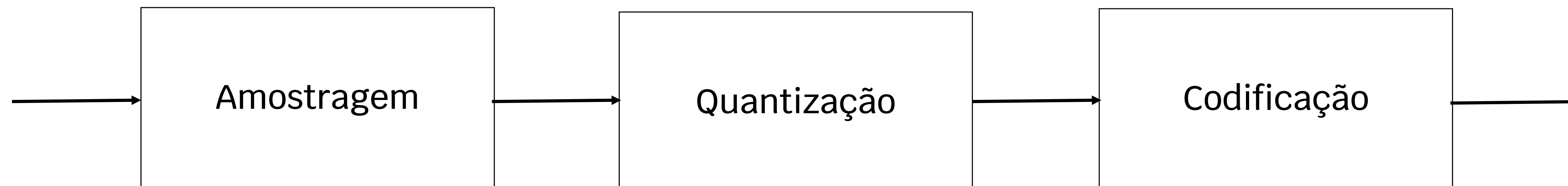
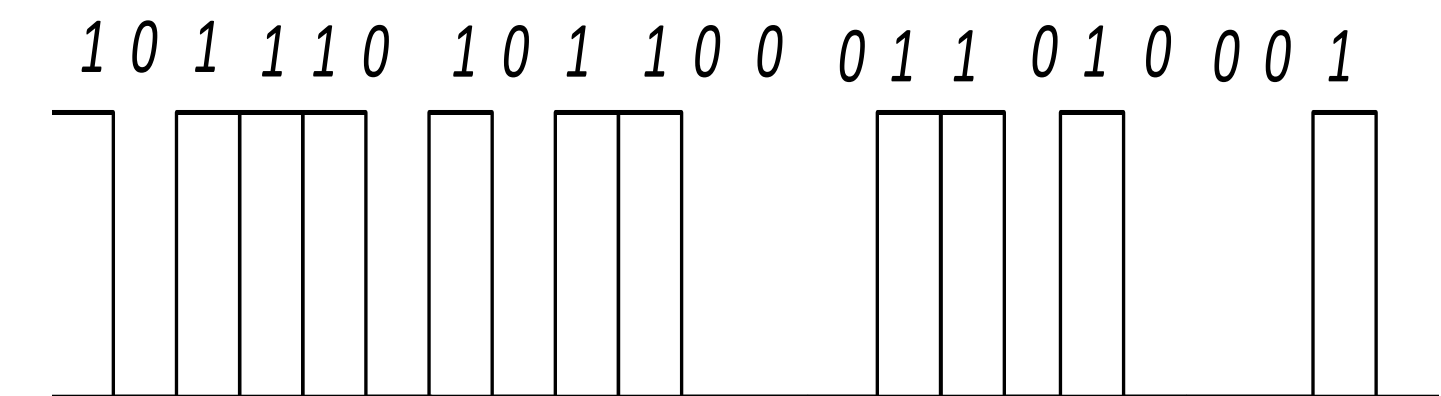
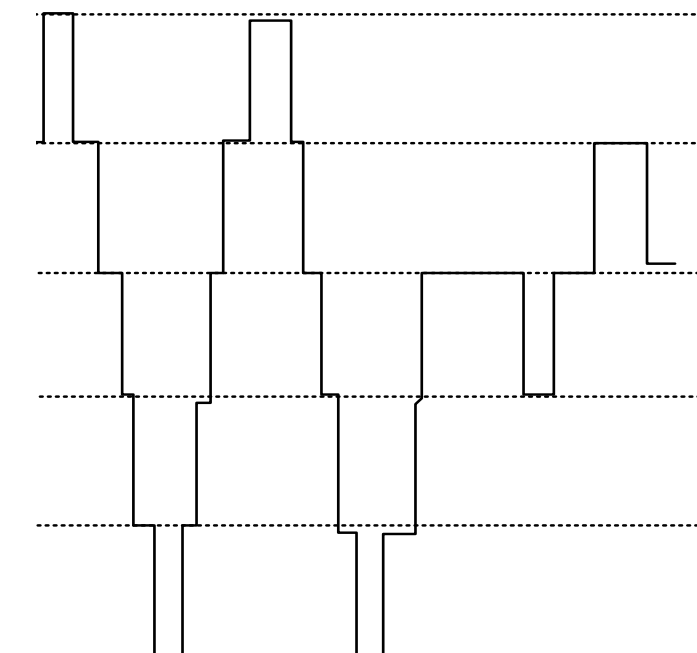
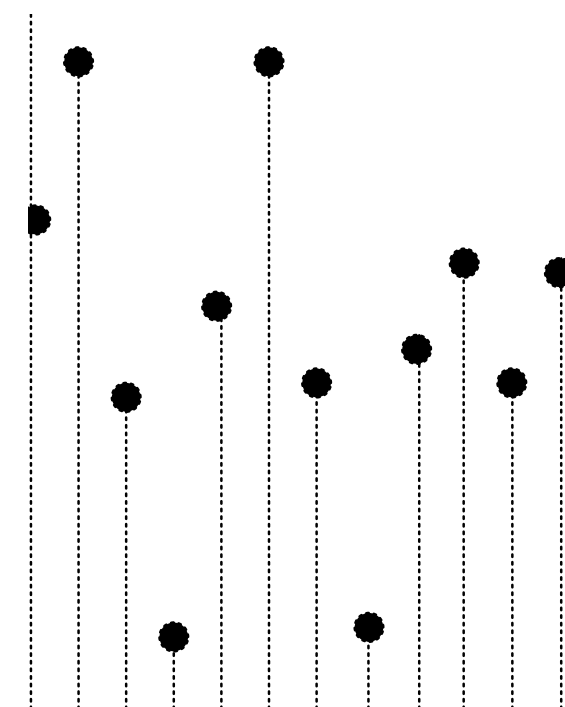
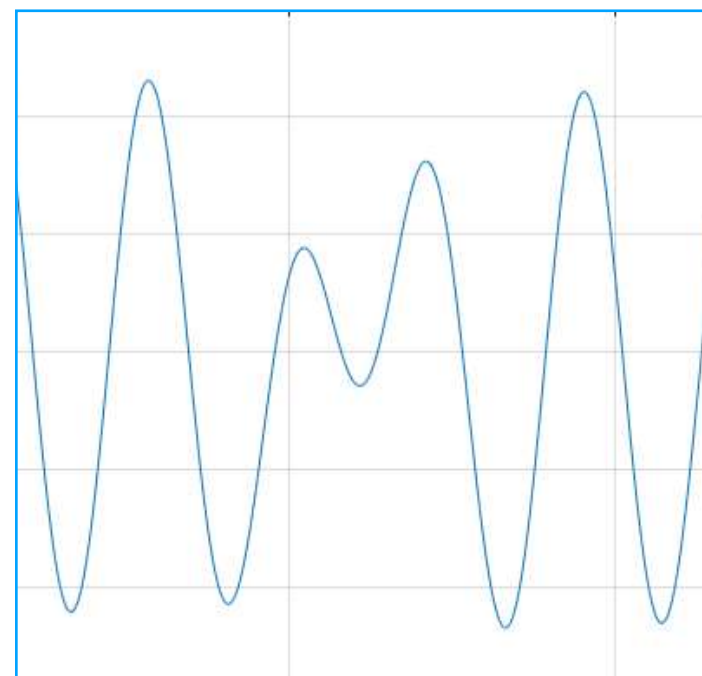
Sinal amostrado



Sinal digital

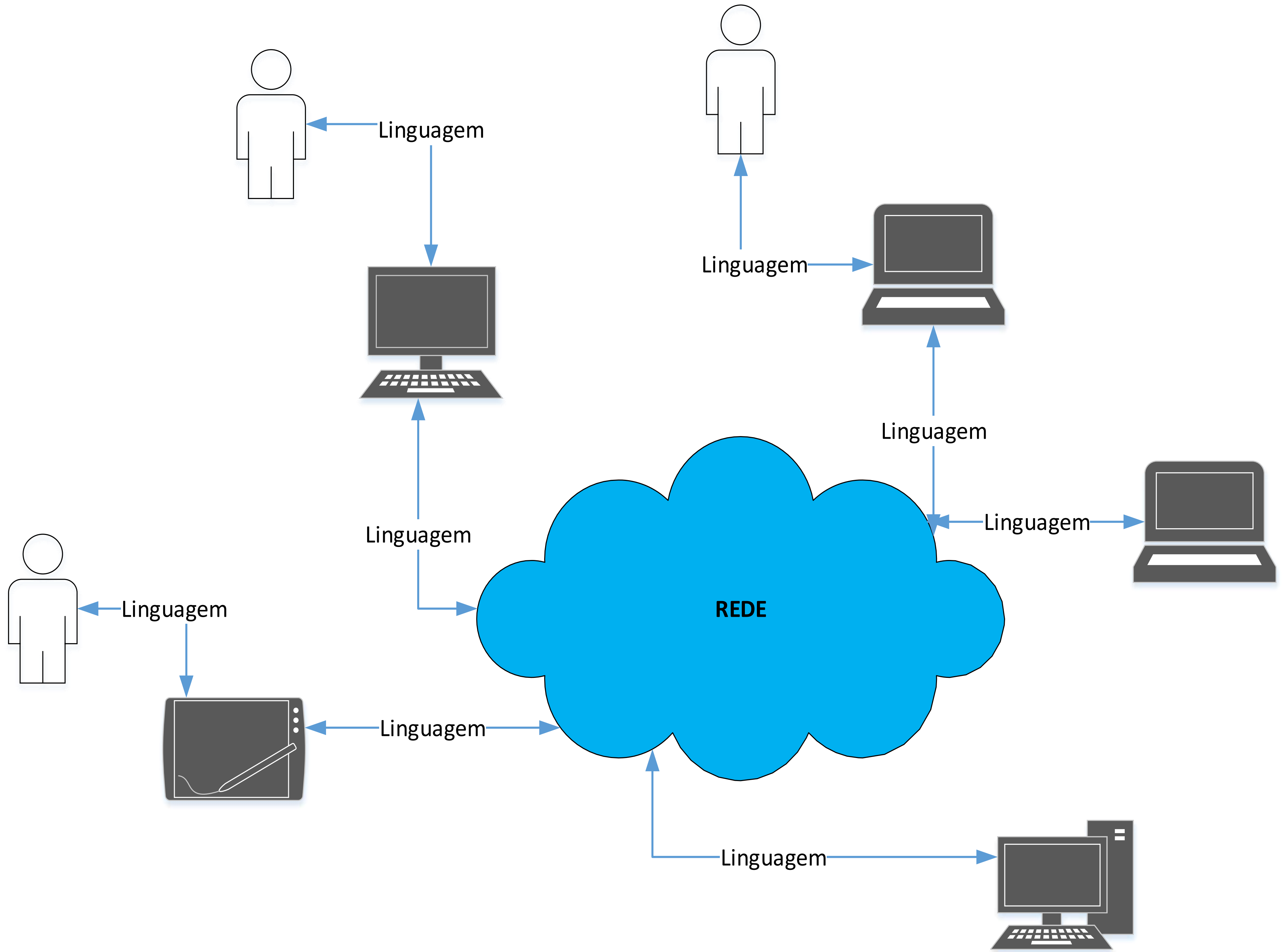


Conversão A/D



Por que usar representações digitais?

- O mundo real é quase totalmente analógico
 - Facilidade de projeto
 - Facilidade de armazenamento
 - Precisão suficiente para a aplicação
 - Facilidade de processamento
 - Robustez a ruído
 - Facilidade de integração



Modelo de máquina de seis níveis

Nível 0 – nível de lógica digital. Mais elementar. portas lógicas (*gates*), que podem ser combinadas em série e em paralelo. Os dados são sinais elétricos, abstrações dos bits (*binary digits*).

Nível 1 – nível de microarquitetura. Circuitos especializados: registradores; Unidade Lógica e Aritmética; barramentos internos – caminho de dados; Unidade de Controle, constituída de microprogramas ou de circuitos eletrônicos.

Nível 2 – nível ISA (*Instructions Set Architecture*).

Modelo de máquina de seis níveis

Nível 3 – nível de sistema operacional.

Nível 4 – nível de linguagem de montagem (*assembly*).

Nível 5 – nível de aplicações.

Álgebra Booleana e portas lógicas

Proposição lógica

- Oração declarativa afirmativa ou negativa, sobre a qual se pode atribuir um e somente um **valor lógico: falso ou verdadeiro**. Também conhecida como sentença fechada.
- Sentenças interrogativas, exclamativas e imperativas não são proposições.

Álgebra booleana

- Os circuitos eletrônicos digitais realizam funções que podem ser definidas por expressões da álgebra ou lógica booleana.
- Expressões booleanas
 - Variáveis
 - Constantes
 - Operações e seus respectivos operadores

Expressões booleanas

- Variáveis e constantes
 - ✓ variáveis – representação simbólica de elementos que podem assumir somente dois valores da lógica em uma expressão booleana
 - ✓ constantes – um dos dois valores do conjunto da lógica (Falso/Verdadeiro)

Nível lógico 0	Nível lógico 1
Falso	Verdadeiro
Desligado	Ligado
Baixo	Alto
Não	Sim
Chave aberta	Chave fechada

Expressões booleanas

- Operações

- ✓ conjunção – *and* que usa um dos operadores

e	\cdot	\wedge
-----	---------	----------

- ✓ disjunção – *or* que usa um dos operadores

ou	$+$	\vee
------	-----	--------

- ✓ negação – *not* que usa um dos operadores

\sim	\bar{x}
--------	-----------

Expressões booleanas

- Operações

✓ conjunção – *and* que usa um dos operadores

e	\cdot	\wedge
-----	---------	----------

A	B	$x = A \cdot B$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Expressões booleanas

- Operações

✓ disjunção – *or* que usa um dos operadores

<i>ou</i>	+	✓
-----------	---	---

A	B	$x = A + B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Expressões booleanas

- Operações

✓ *negação* – *not* que usa um dos operadores

\sim	\bar{x}
--------	-----------

A	$x = \bar{A}$
0	1
1	0

Expressões booleanas

- Exemplos

$$(x.y) + (x.z) + \bar{y}$$

$$[(x.y.z) + \bar{y}]. \bar{x}$$

$$1 + \{x.[y + z.(y + w)]\}$$

...

- Equações

$$w = (x.y) + (x.z) + \bar{y}$$

Calculando o resultado de expressões booleanas

1. Substituindo em cada variável o seu valor lógico correspondente
 2. Aplicar as operações obedecendo a **precedência** entre elas
 3. Precedência: $()$, $[]$, $\{\}$, \sim , $.$, $+$
 4. O resultado deverá ter valor lógico 0 ou valor lógico 1
- => Se uma expressão booleana utiliza n variáveis, quantas combinações possíveis podem existir para determinar o valor da expressão?

Tabelas-verdade

Entradas		Saída
A	B	x
0	0	1
0	1	0
1	0	1
1	1	0

A	B	C	x
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

A	B	C	D	x
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

Às vezes pode ser conveniente usar **colunas intermediárias**

Portas lógicas

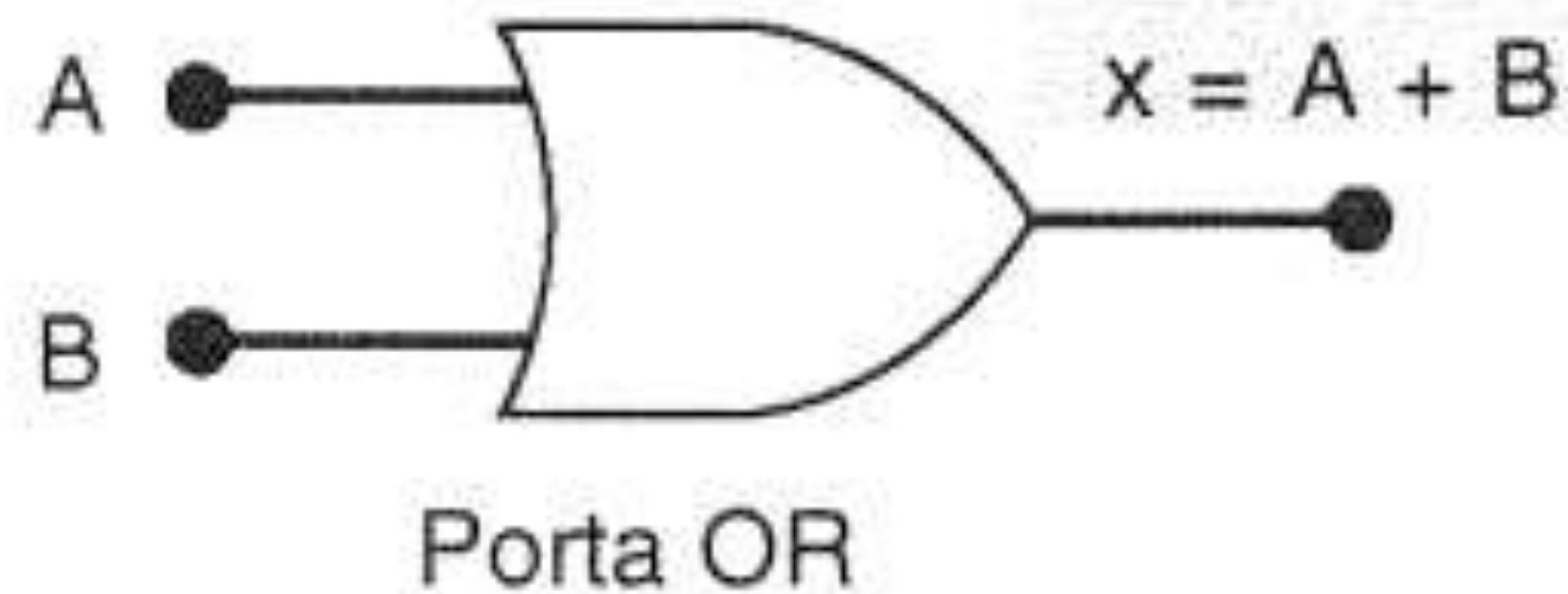
- São dispositivos eletrônicos com duas ou mais entradas que apresentam uma saída resultante da operação lógica das entradas.
- Portas básicas: AND, OR e inversores

Porta OR

- Implementa a operação de disjunção

OR

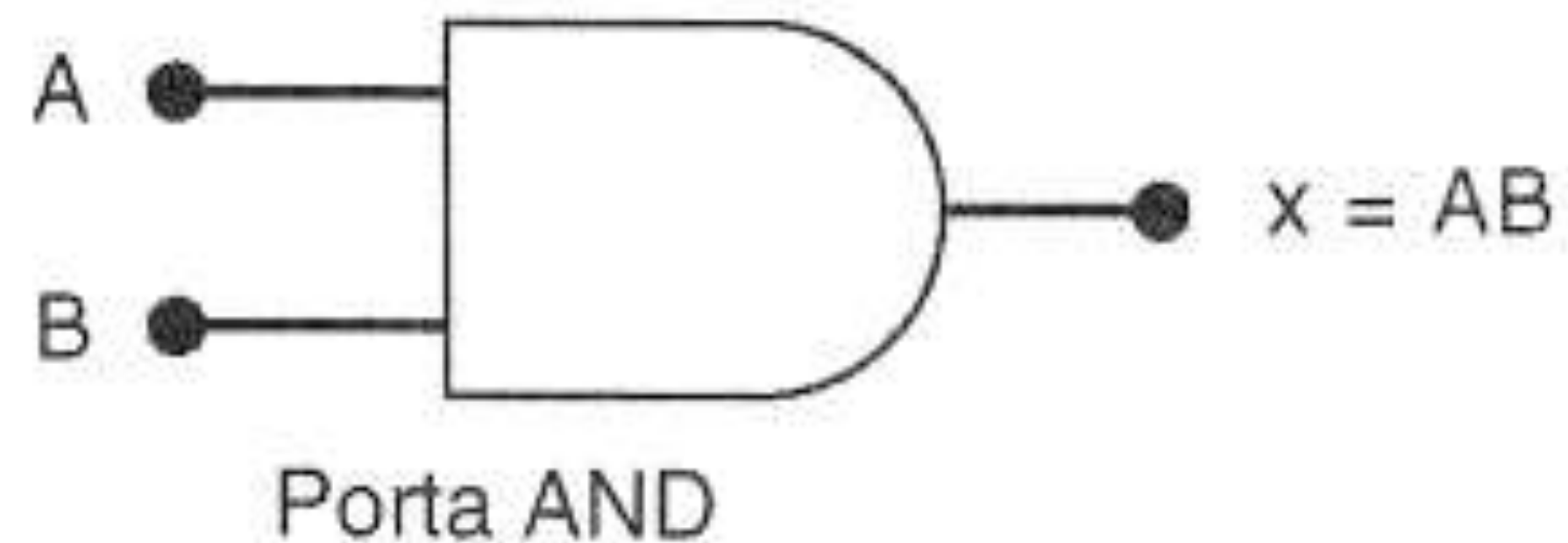
A	B	$x = A + B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



Porta AND

- Implementa a operação de conjunção

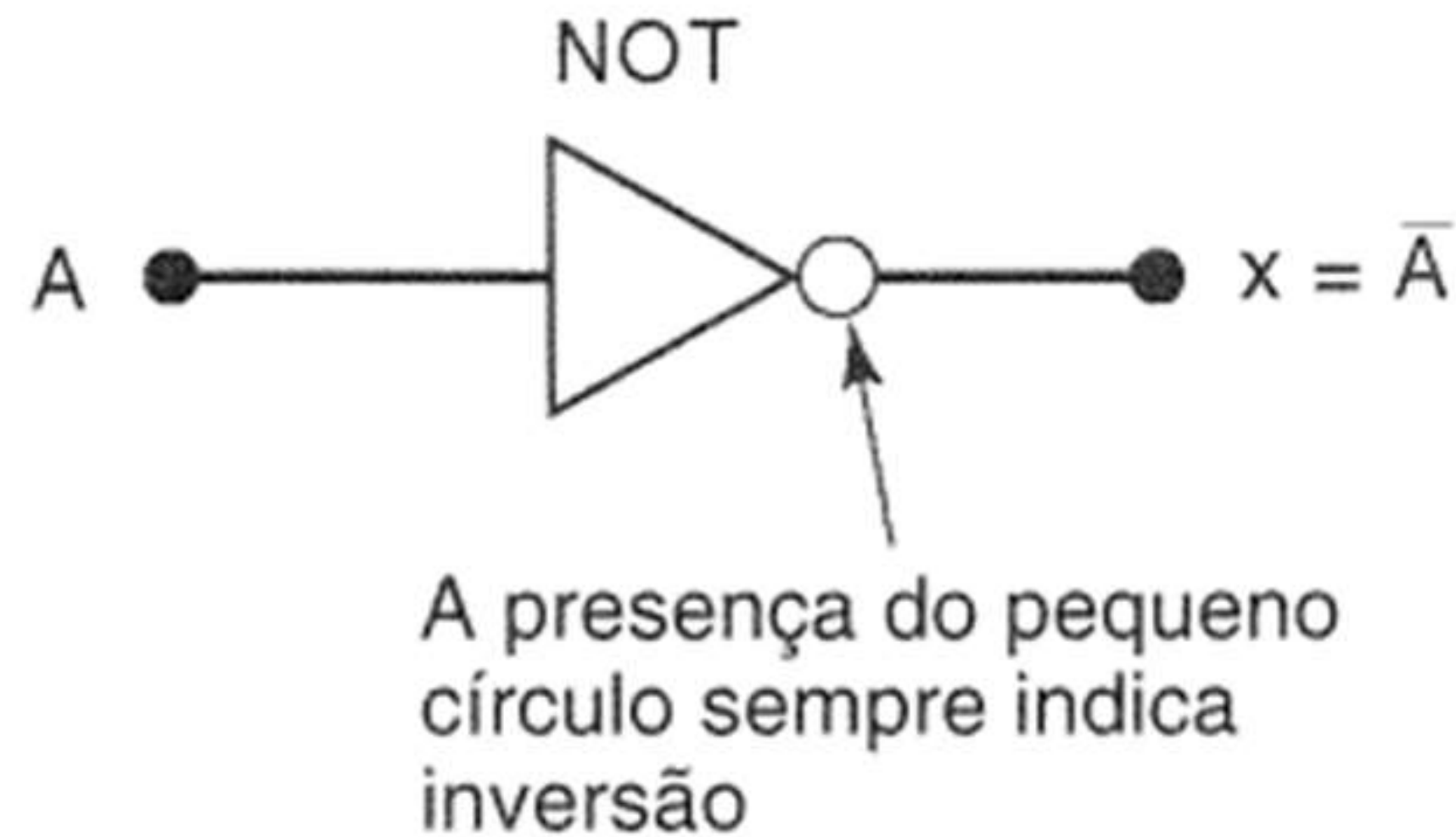
AND		
A	B	$x = A \cdot B$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



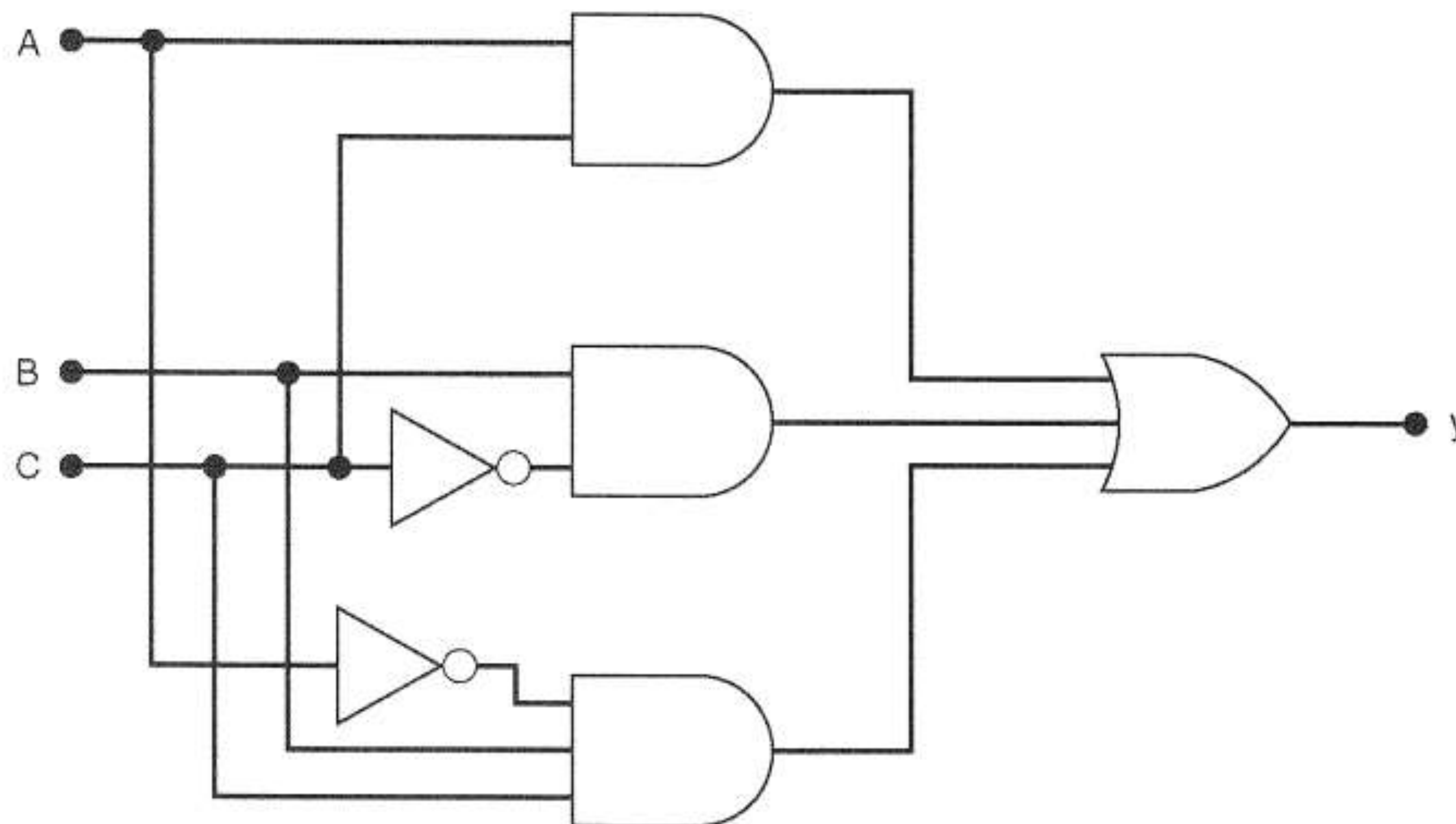
INVERSOR

- Implementa a operação de negação

NOT		
A		$x = \bar{A}$
0		1
1		0

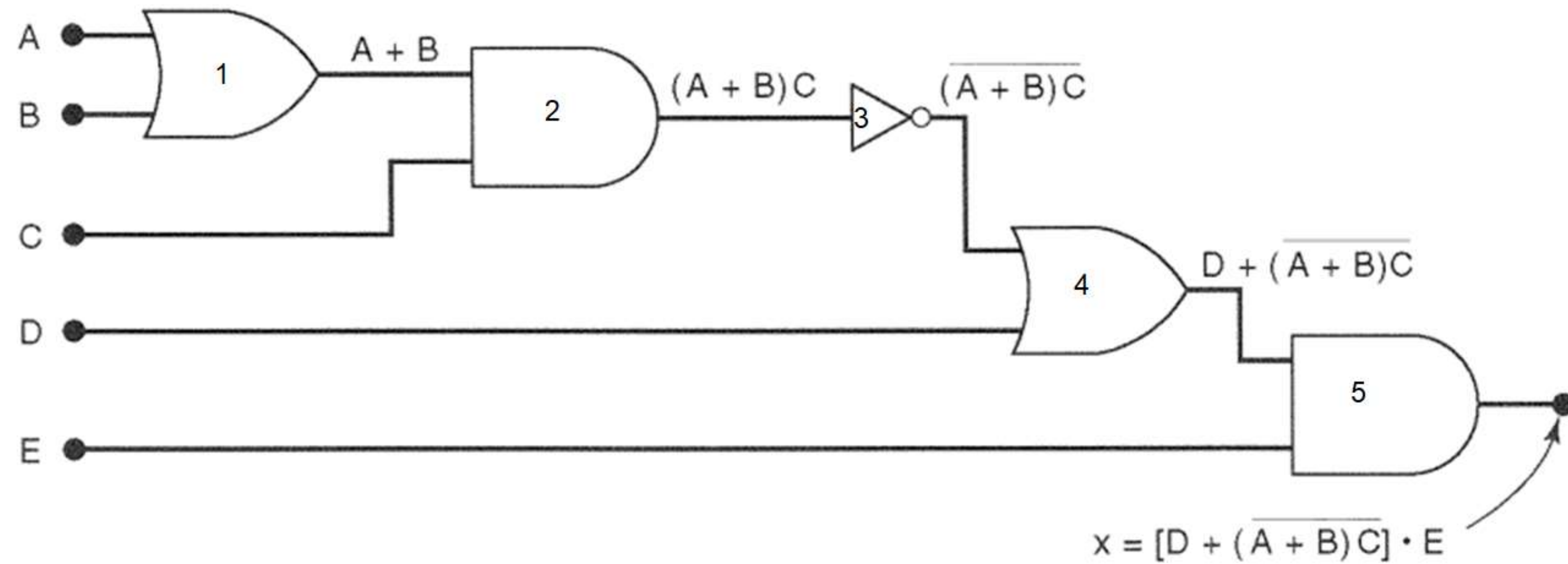
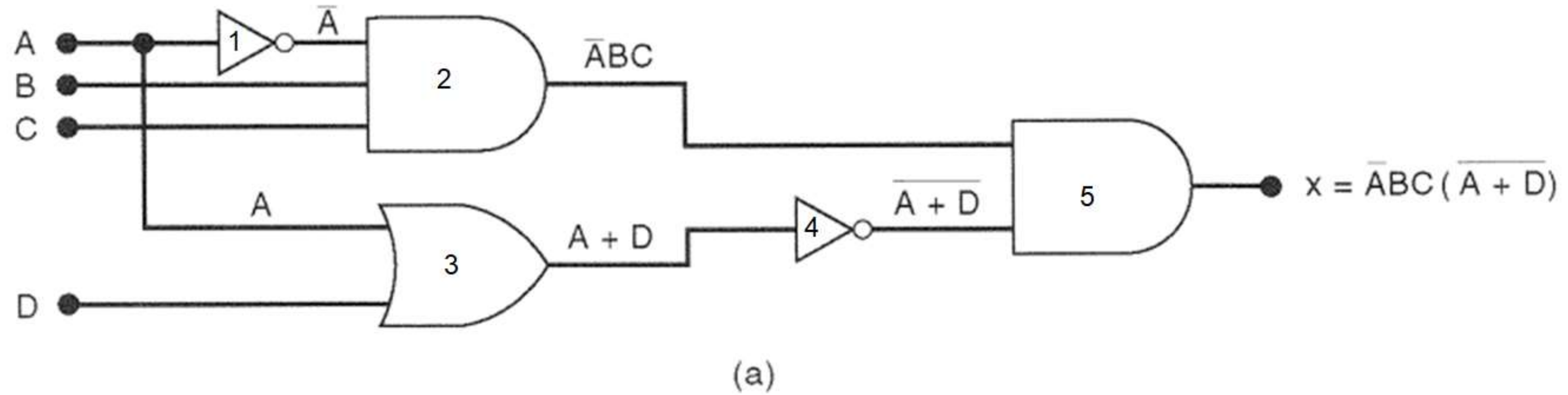


O diagrama do circuito digital

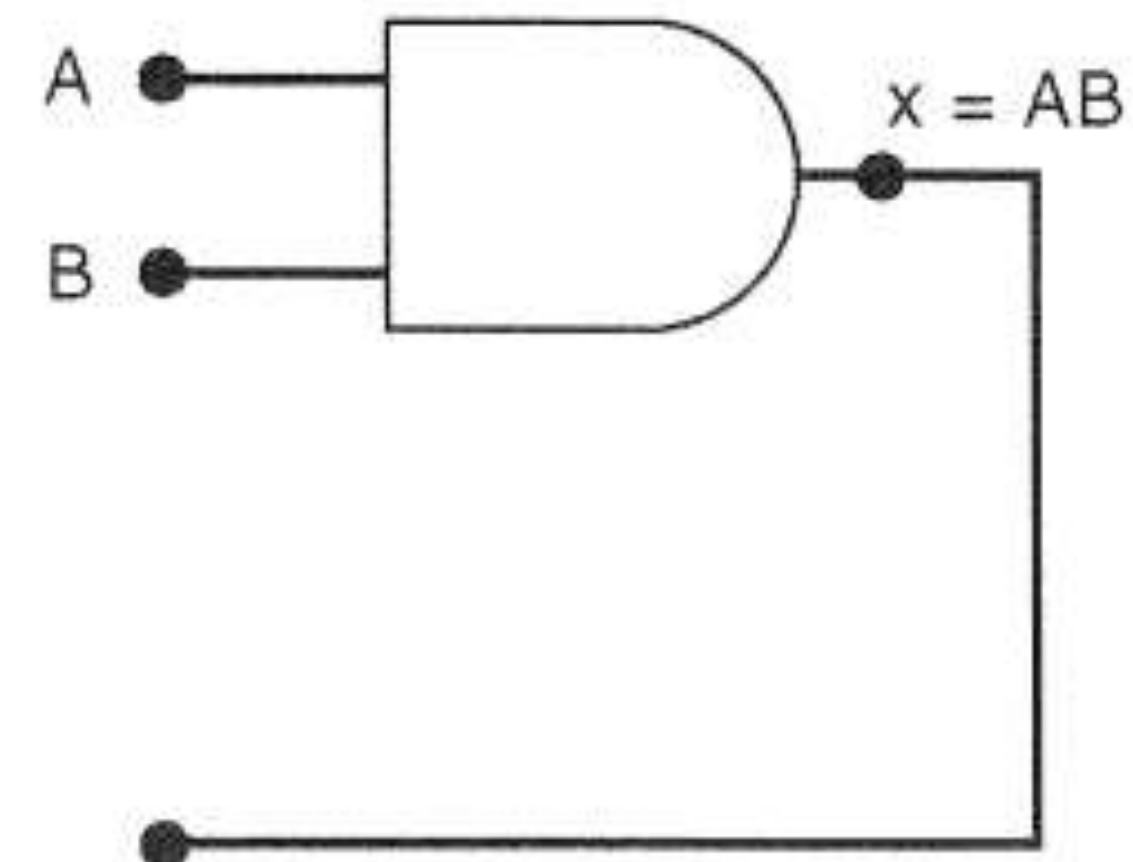
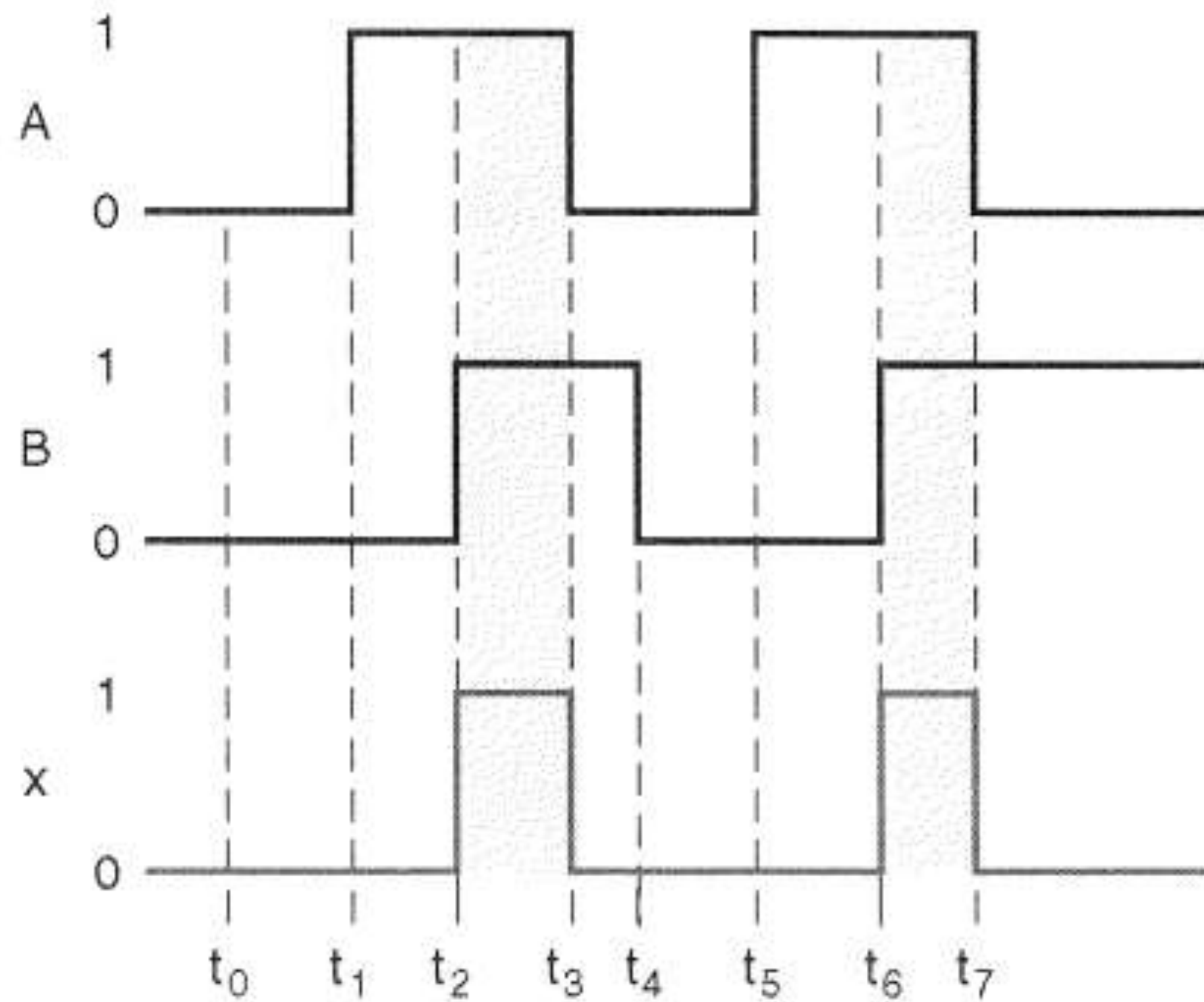


Descrevendo os circuitos lógicos algebricamente

1. Todo circuito lógico pode ser descrito algebricamente
2. Numerar todas as portas lógicas e inversores
3. Identificar todas as variáveis de entrada pela sua representação simbólica
4. Definir na saída de cada porta e inversor a sua expressão lógica em função das suas respectivas entradas – não esquecer de usar (), [] ou {} se necessário
5. Proceder da entrada do circuito até a saída



A resposta ao longo do tempo...



A resposta ao longo do tempo...

- Circuitos combinacionais: a saída nas portas de um circuito combinacional em um instante qualquer é o resultado da combinação das suas entradas naquele instante.
- Não existe memória!

Teoremas e axiomas da álgebra booleana

Comutatividade das operações de disjunção e conjunção

- Conjunção: $A \cdot B = B \cdot A$
- Disjunção: $A + B = B + A$

Distributividade das operações de disjunção e conjunção

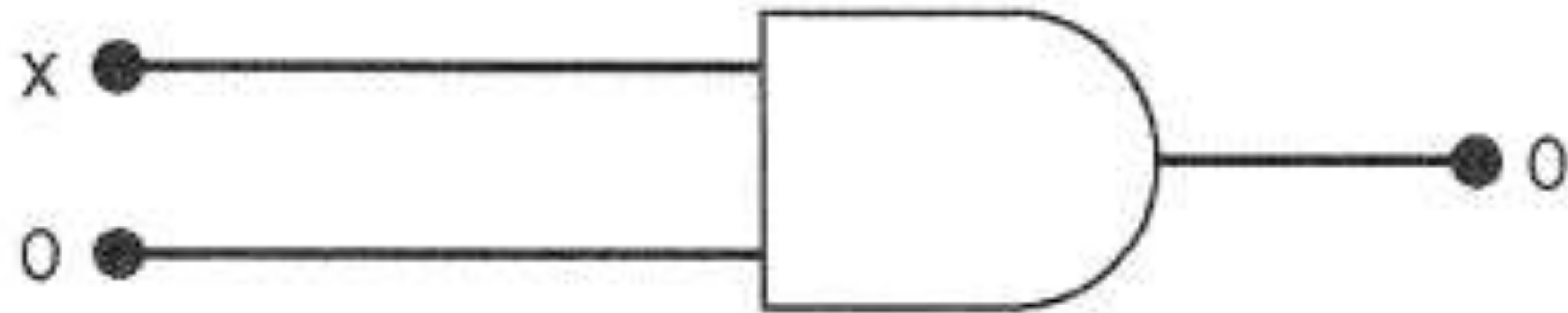
- Conjunção em relação à disjunção: $A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$
- Disjunção em relação à conjunção: $A + B \cdot C = (A + B) \cdot (A + C)$

Associatividade das operações de disjunção e conjunção

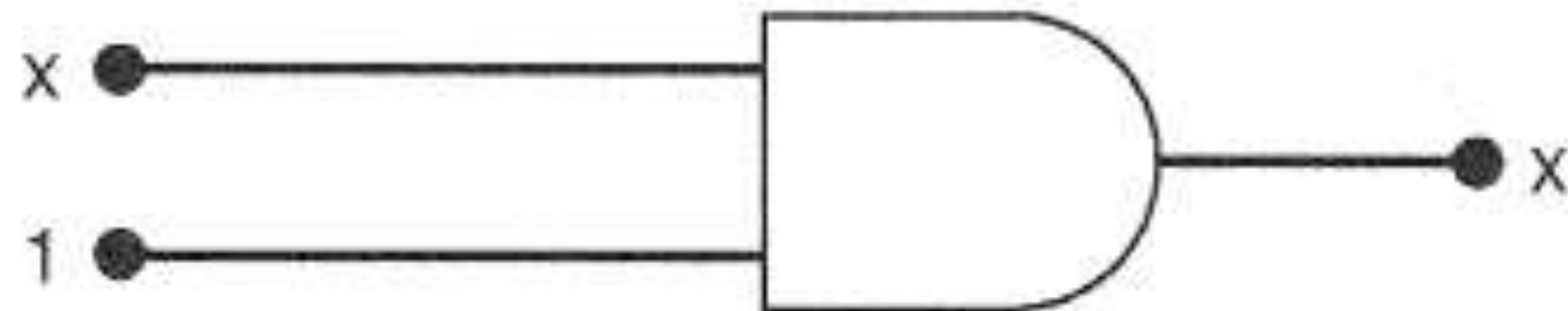
- Conjunção: $(A \cdot B) \cdot C = A \cdot (B \cdot C)$
- Disjunção: $(A + B) + C = A + (B + C)$

Elementos nulo e neutro

$$x \cdot 0 = 0$$

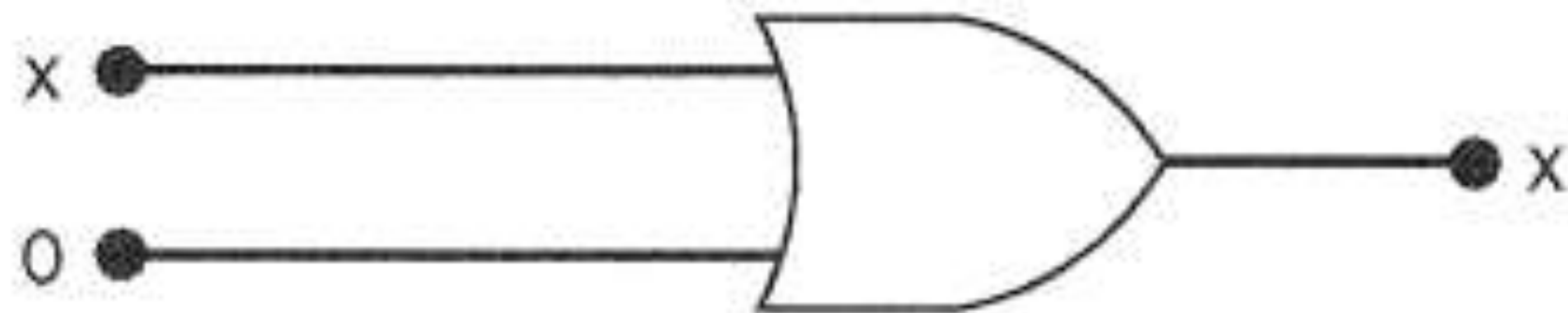


$$x \cdot 1 = x$$

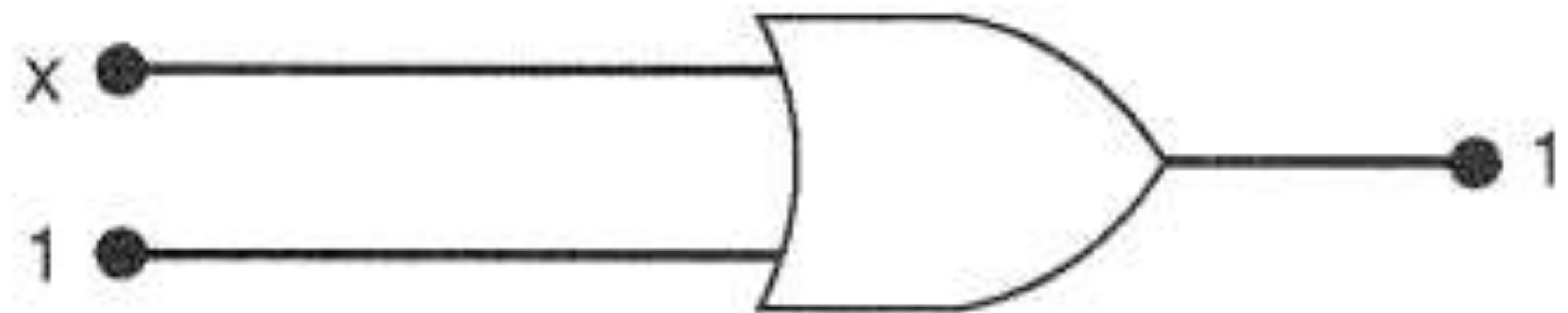


Elementos nulo e neutro

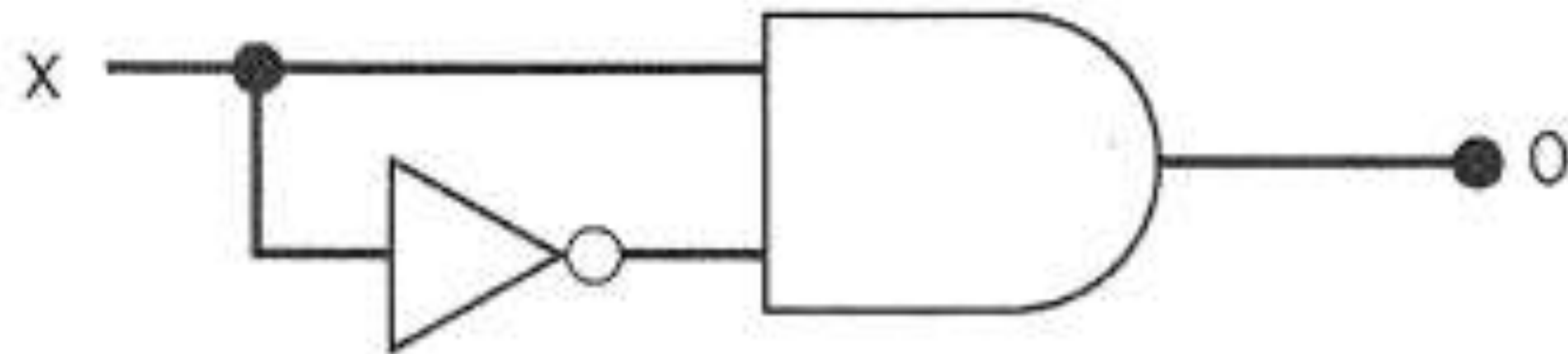
$$x + 0 = x$$



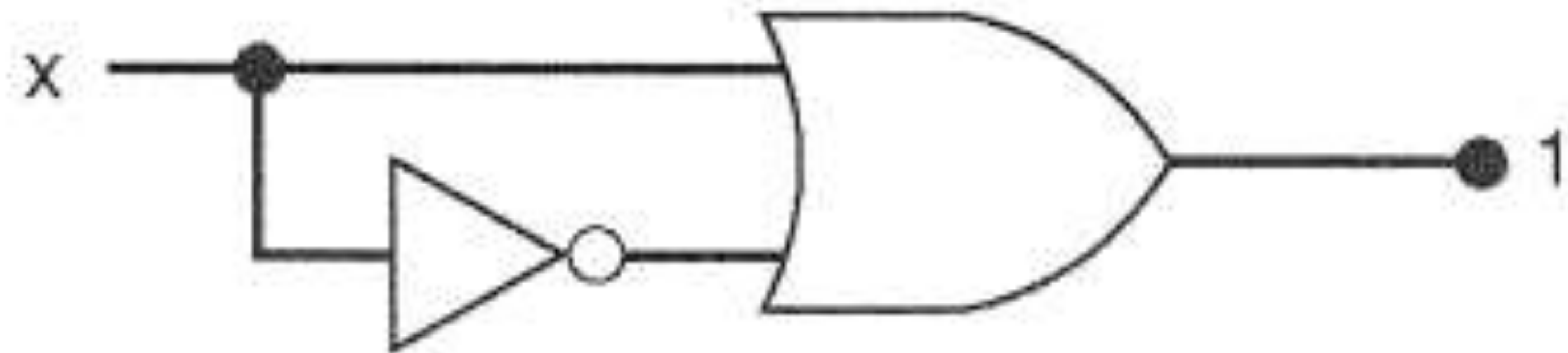
$$x + 1 = 1$$



$$x \cdot \bar{x} = 0$$

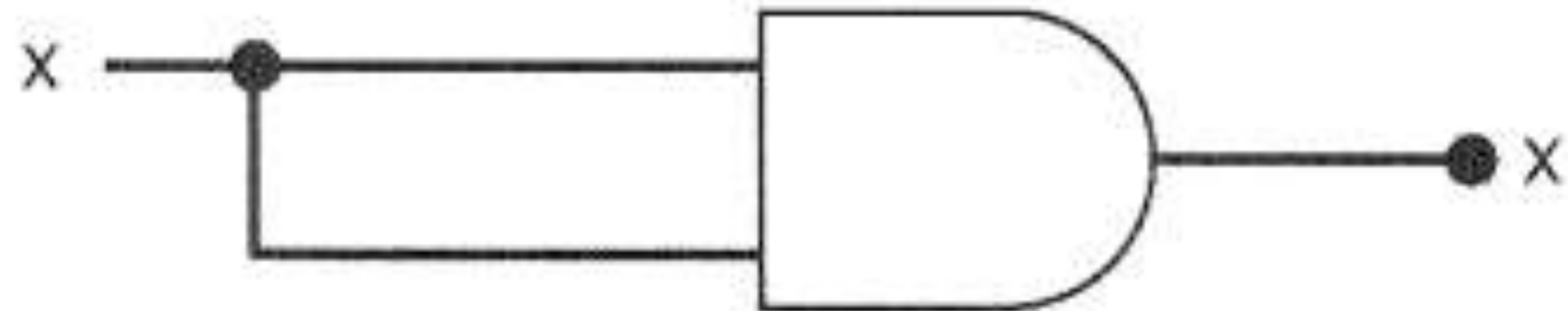


$$x + \bar{x} = 1$$

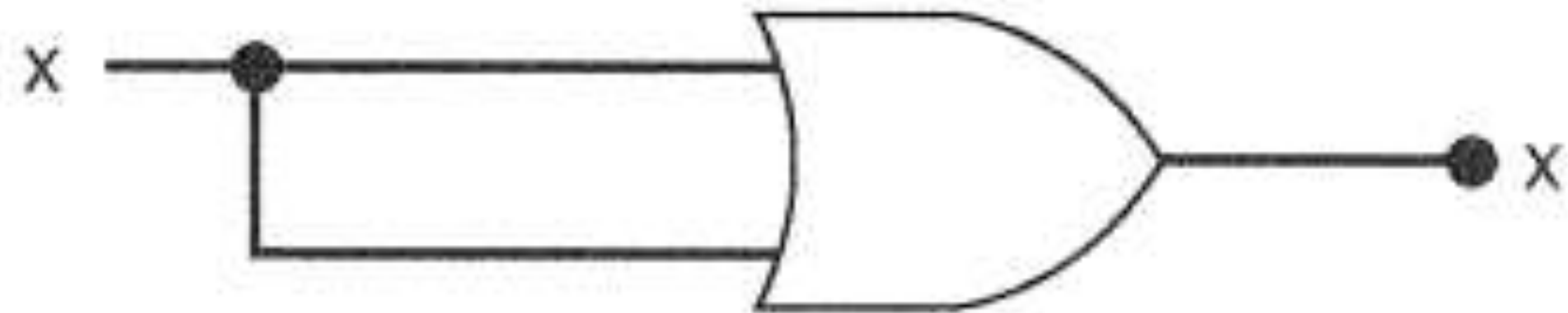


Idempotência

$$X \cdot X = X$$

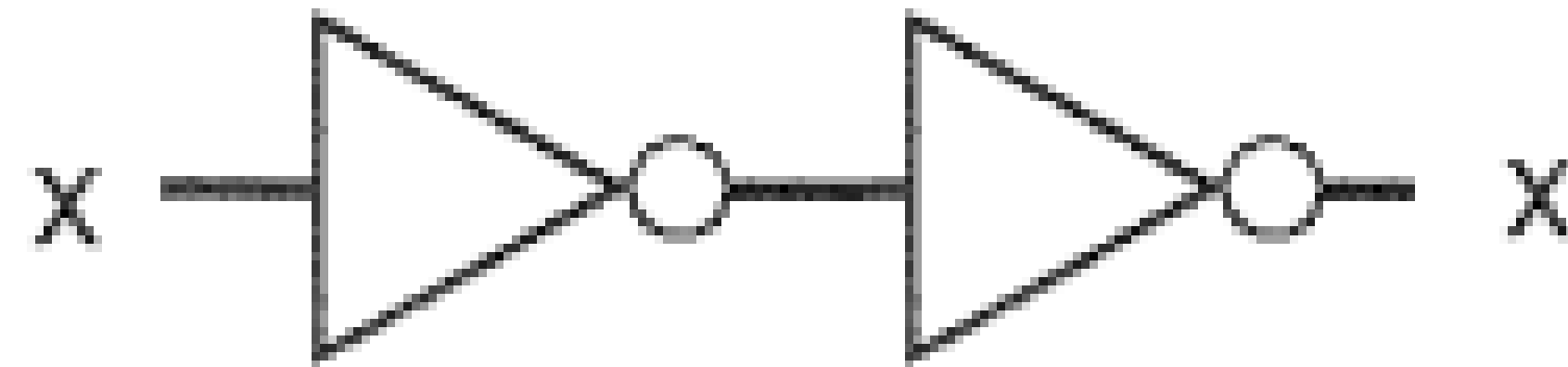


$$X + X = X$$



Dupla negação

$$\bar{\bar{x}} = x$$



Teorema de De Morgan

- A negação da conjunção de variáveis é igual a disjunção das variáveis negadas

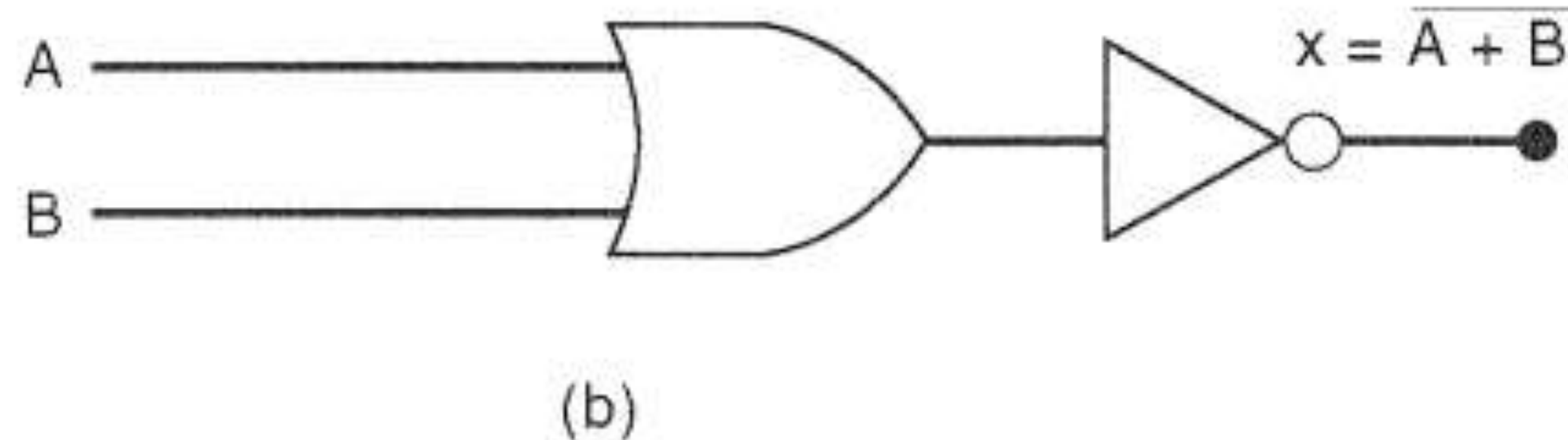
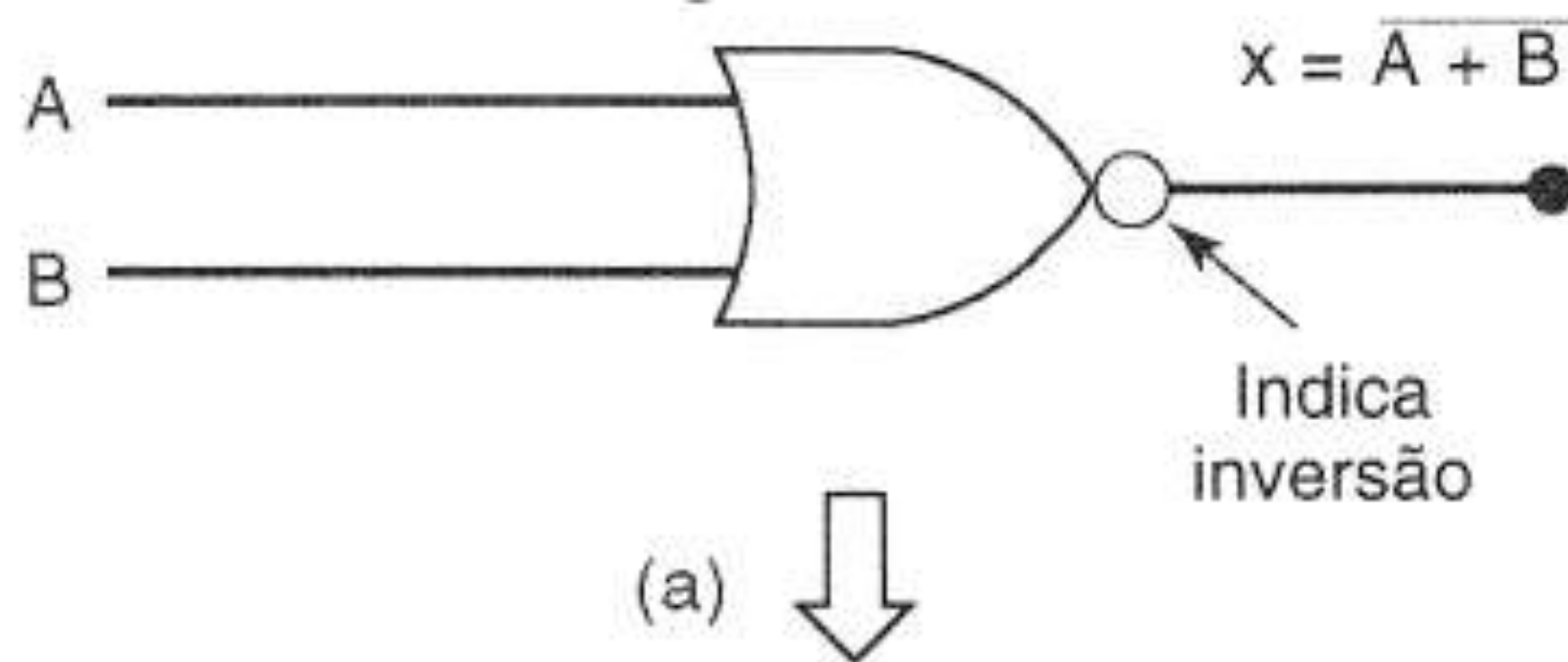
$$\overline{A \cdot B \dots C} = \bar{A} + \bar{B} + \dots + \bar{C}$$

- A negação da disjunção de variáveis é igual a conjunção das variáveis negadas

$$\overline{A + B + \dots + C} = \bar{A} \cdot \bar{B} \dots \bar{C}$$

Porta NOR

- Implementa a operação de negação da disjunção

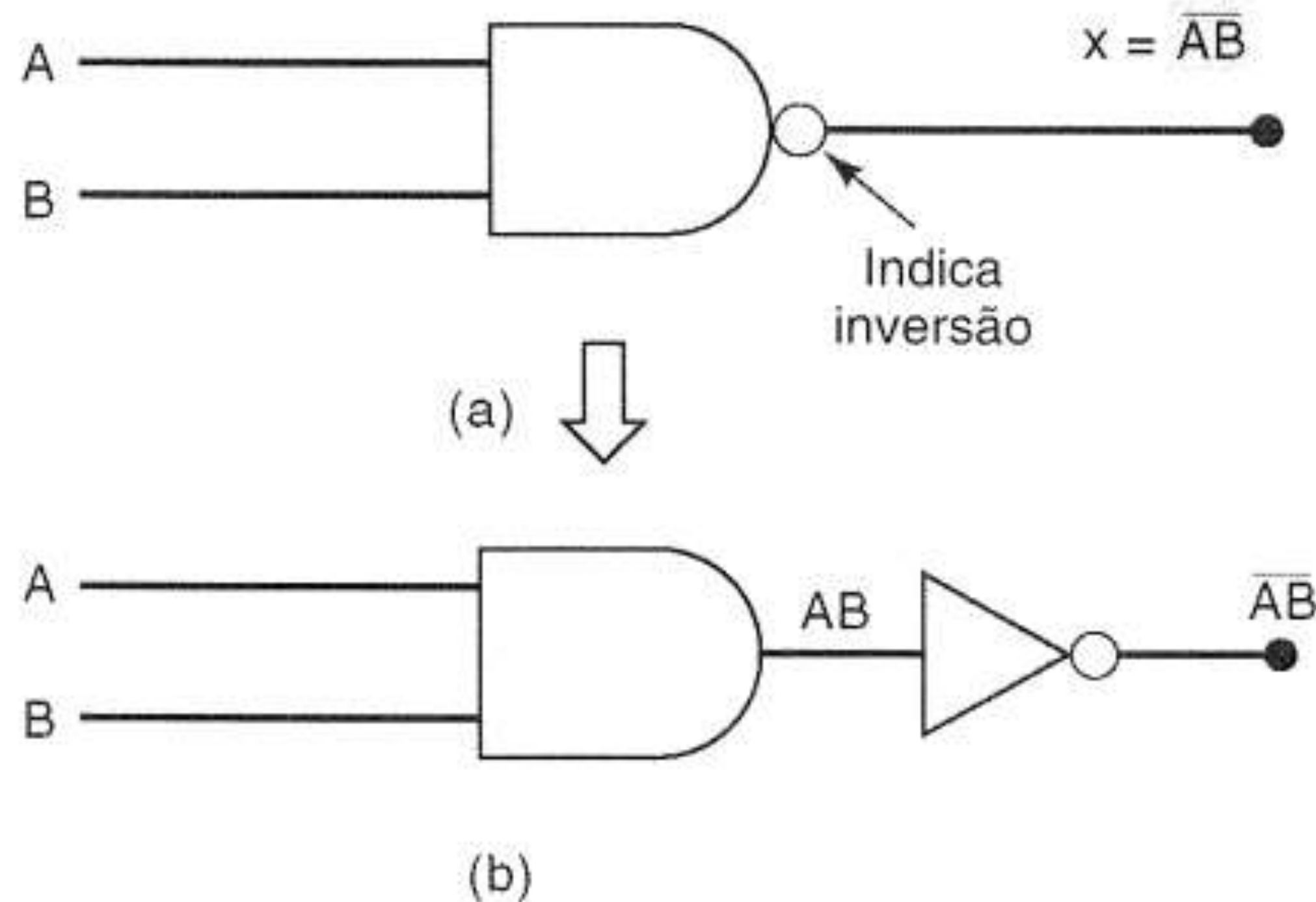


		OR		NOR	
A	B	A + B		$\overline{A + B}$	
0	0	0		1	
0	1	1		0	
1	0	1		0	
1	1	1		0	

(c)

Porta NAND

- Implementa a operação de negação da conjunção



		AND		NAND	
A	B	AB		\overline{AB}	
0	0	0		1	
0	1	0		1	
1	0	0		1	
1	1	1		0	

(c)

Universalidade das portas NAND e NOR

- Qual é a equivalência das portas NAND e NOR às portas AND, OR e INVERSORES?
- Como pode-se realizar uma negação usando portas NAND e NOR?

Outros teoremas importantes

- Adjacência lógica

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

- Absorção

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

Simplificação das expressões algébricas

- Aplicando-se sucessivamente os teoremas e axiomas da álgebra booleana é possível reduzir as expressões algébricas
- A expressão original e a expressão reduzida são logicamente equivalentes, isto é, para os mesmos valores das variáveis de entrada o resultado lógico das expressões sempre será o mesmo
- Quando uma expressão sempre resulta valor lógico 1 configura-se uma tautologia. Por outro lado, quando sempre resulta valor lógico 0 configura-se uma contradição. Quando a expressão pode assumir valor falso ou verdadeiro é chamada de contingência.



IBMEC.BR

 /IBMEC

 IBMEC

 @IBMEC_OFICIAL

 @IBMEC

 **ibmec**