

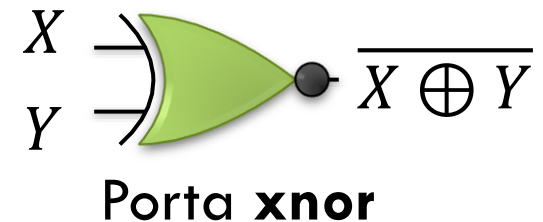
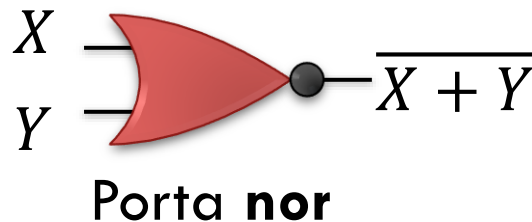
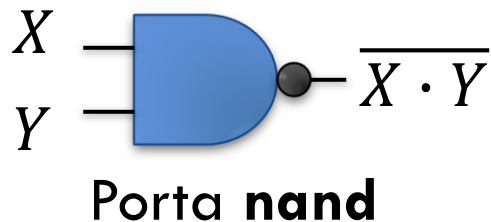
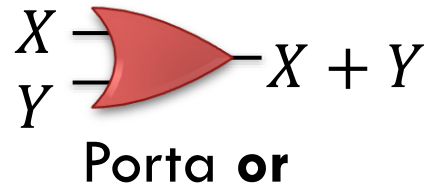
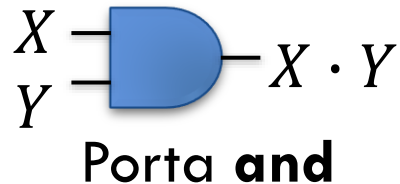
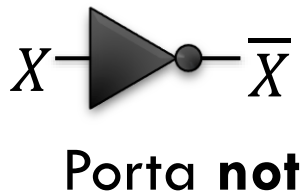
# CIRCUITOS DIGITAIS

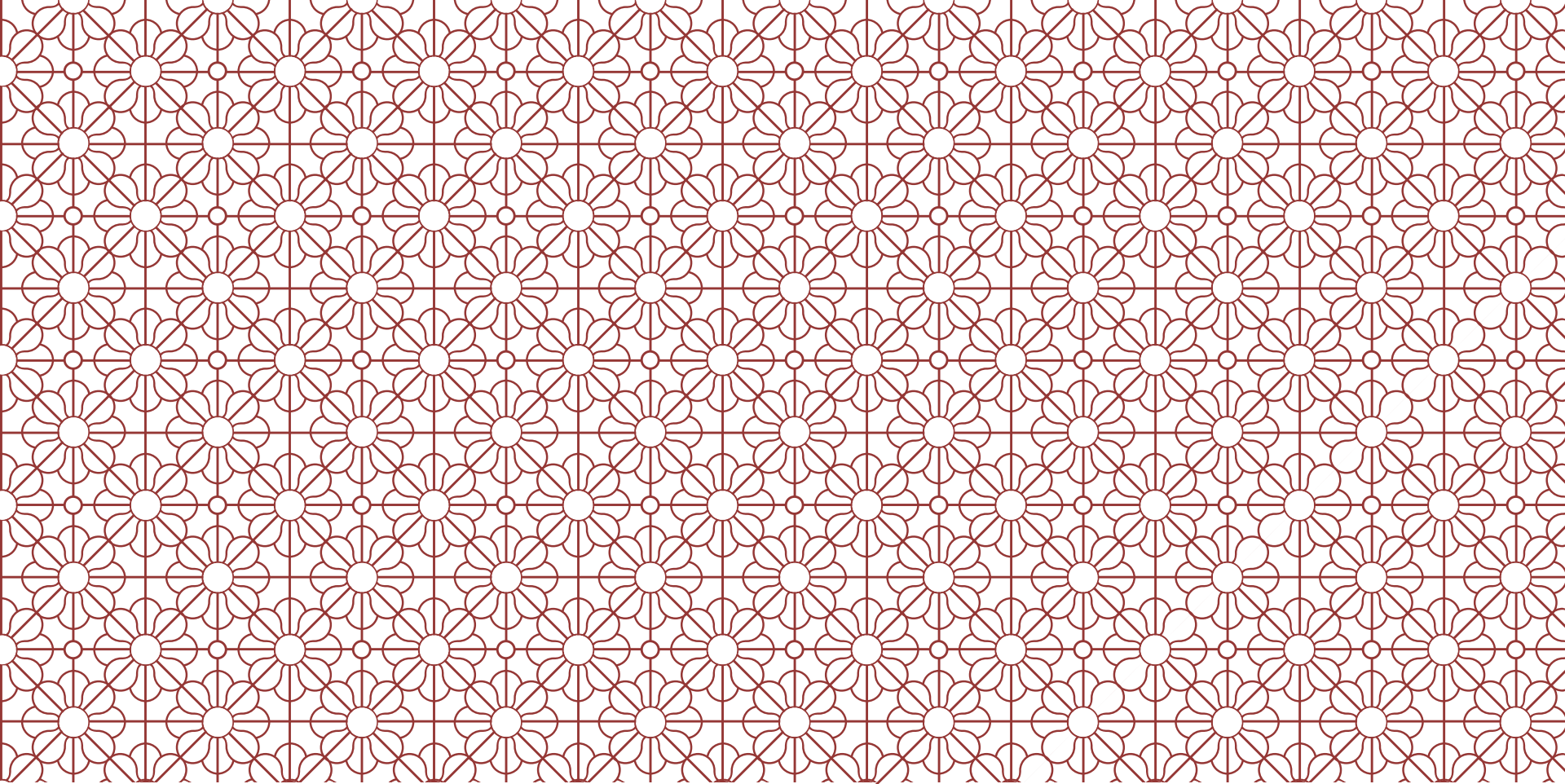
## FORMAS DE ONDA

Marco A. Zanata Alves

# AULA PASSADA: PORTAS LÓGICAS

Trata-se de circuitos que efetuam operações básicas da álgebra booleana





# NÍVEIS LÓGICOS

# NÍVEIS LÓGICOS

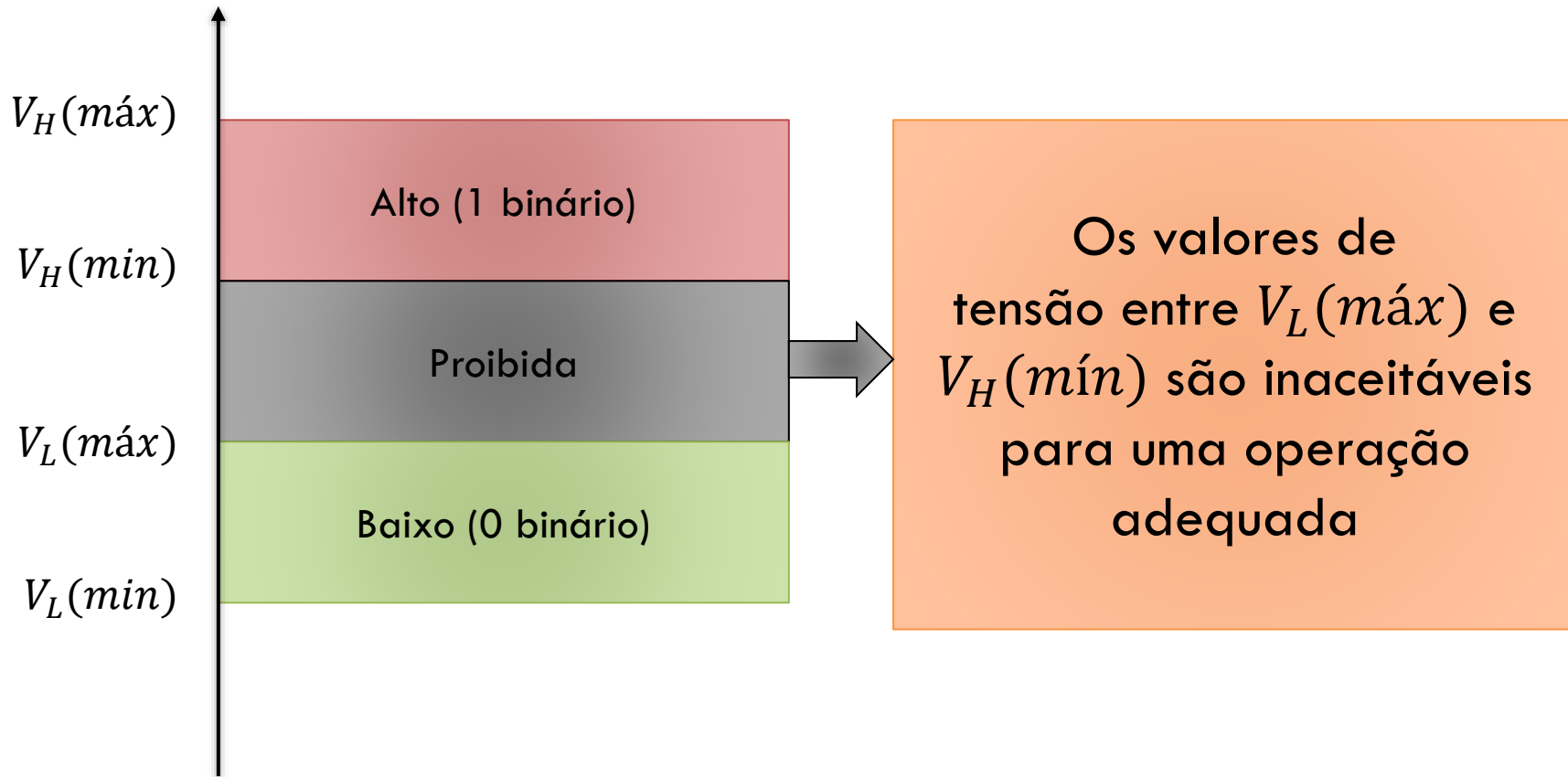
As tensões usadas para representar 1 e 0 são denominados níveis lógicos.

Teoricamente, um nível de tensão representa um nível ALTO e o outro representa um nível BAIXO. Entretanto, em um circuito digital prático, um nível ALTO pode ser qualquer tensão entre um valor mínimo e um valor máximo especificados.

Da mesma forma, um nível BAIXO pode ser qualquer valor de tensão entre um valor mínimo e máximo especificados.

Não existe sobreposição entre as faixas aceitáveis para os níveis ALTO e BAIXO.

# FAIXAS DE NÍVEIS LÓGICOS DE TENSÃO PARA UM CIRCUITO DIGITAL



# FAIXAS DE OPERAÇÃO EM TTL



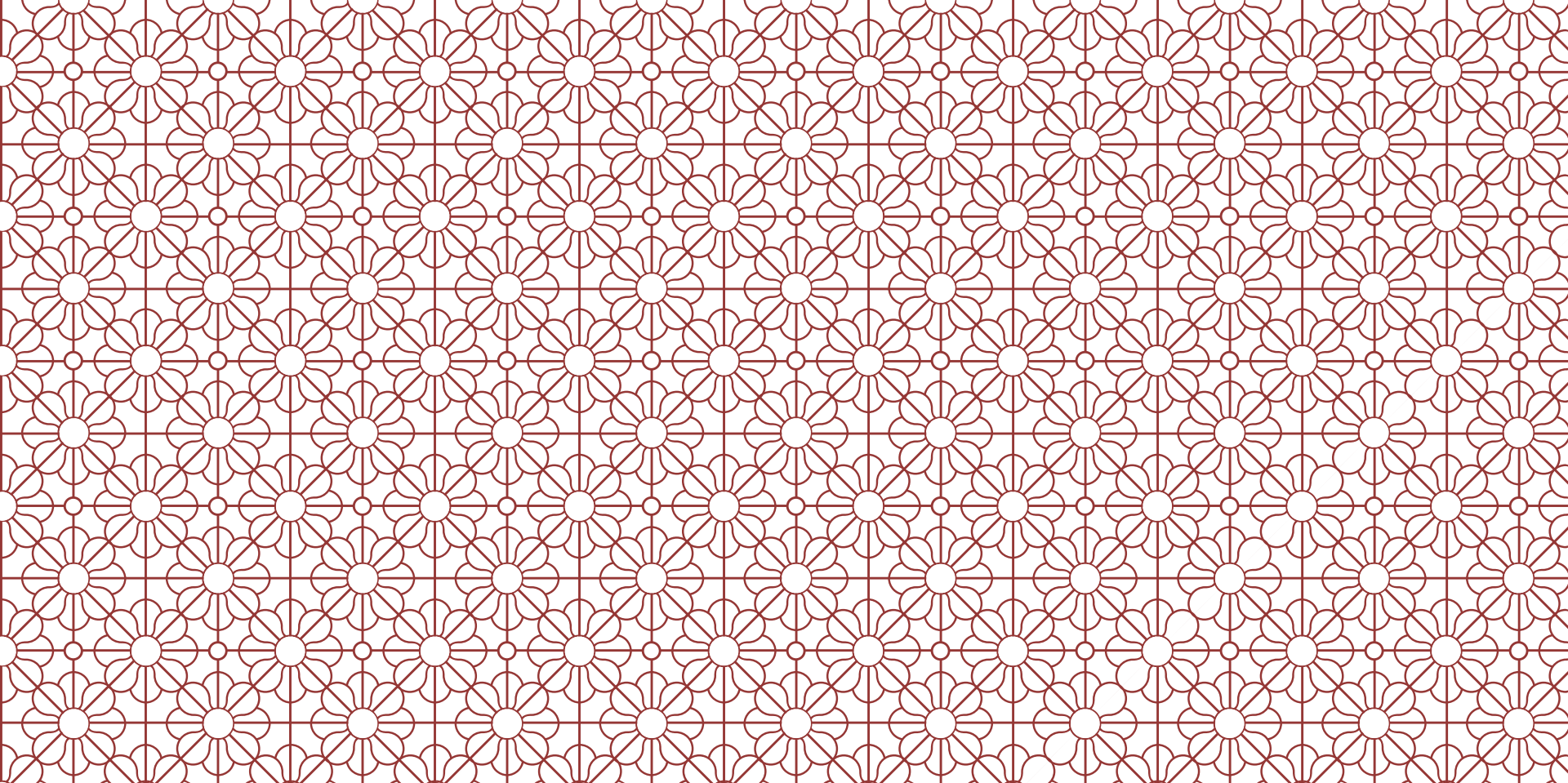
# FAIXAS DE OPERAÇÃO EM CMOS

Níveis de Tensão Elétrica  
CMOS



Esses valores podem mudar, por isso devemos ler a especificação de cada componente.





# FORMAS DE ONDA



# FORMAS DE ONDA DIGITAIS

Formas de onda digitais consistem em níveis de tensão que comutam entre os níveis, ou estados, lógicos ALTO e BAIXO.

Uma **forma de onda** digital é constituída de uma série de **pulsos**.

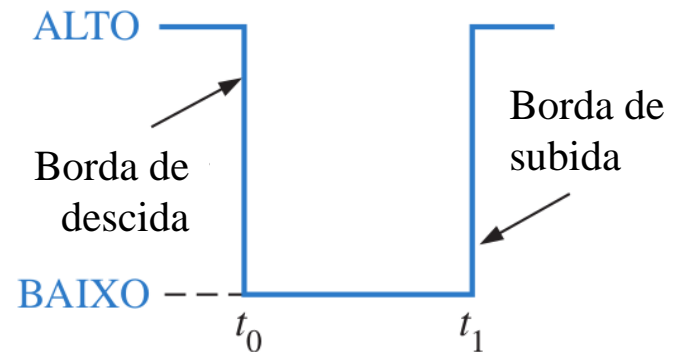
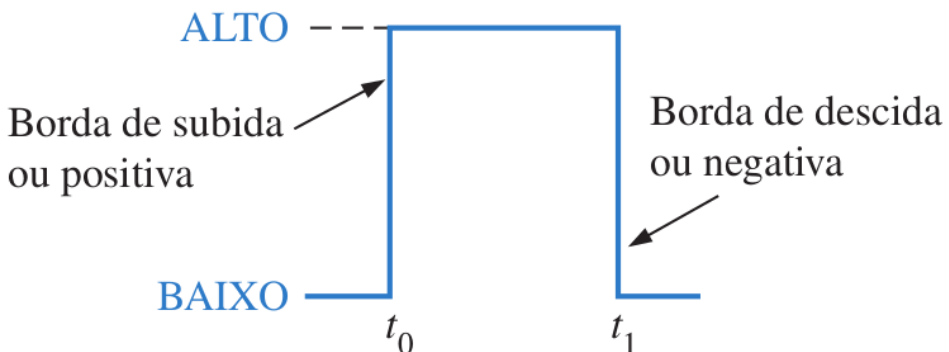


# FORMAS DE ONDA DIGITAIS

Formas de onda digitais consistem em níveis de tensão que comutam entre os níveis, ou estados, lógicos ALTO e BAIXO.

Uma **forma de onda** digital é constituída de uma série de **pulsos**.

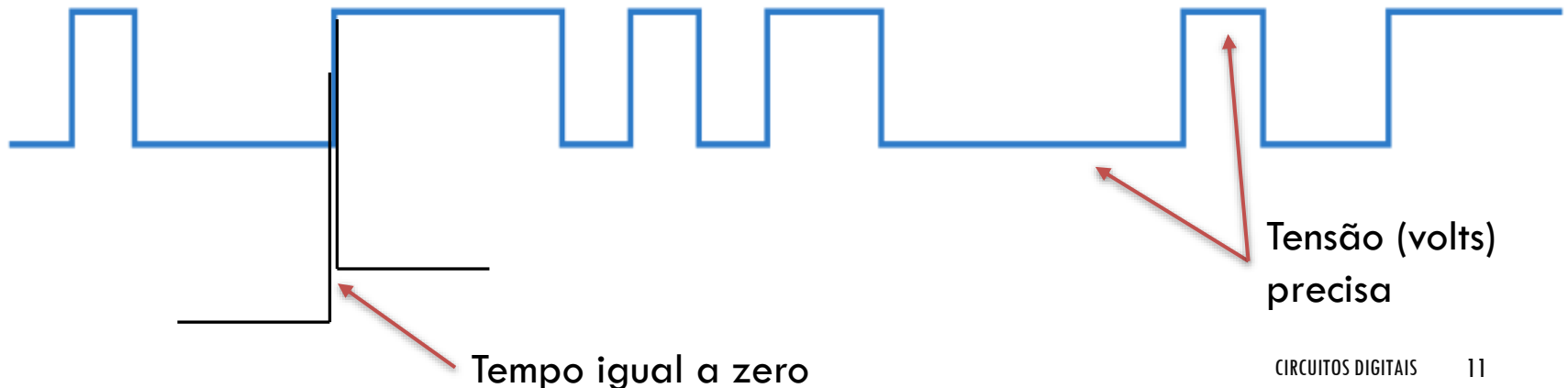
**Um pulso** tem duas bordas: a borda de subida (positiva) e uma borda de descida (negativa).



# PULSOS IDEAIS

Os pulsos apresentados são **ideais** porque se considera que as bordas de subida e descida comutam num tempo zero (instantaneamente).

Na prática, essas transições **nunca ocorrem instantaneamente**, embora para a maioria dos circuitos digitais funcionarem consideramos pulsos ideais.

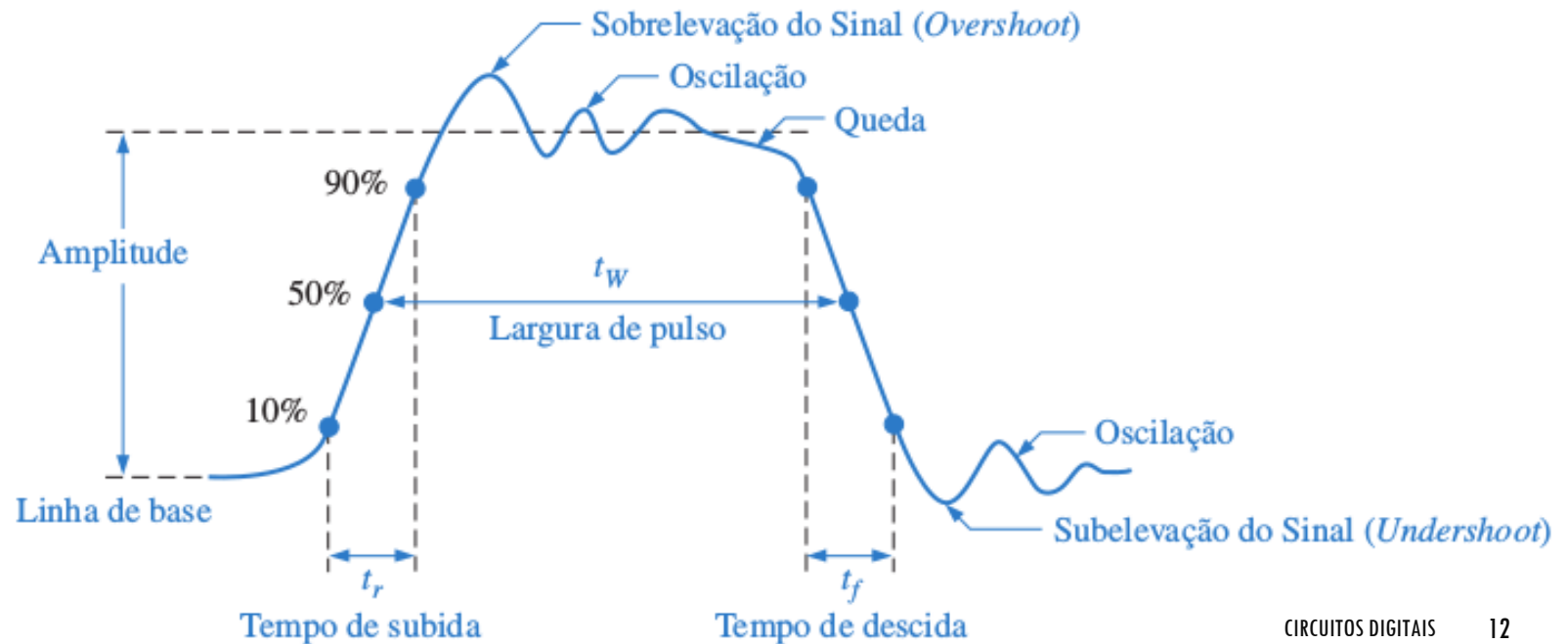


# PULSO NÃO IDEAL

No mundo real os pulsos não são ideais.

Um pulso não ideal tem diversos detalhes que não iremos abordar nessa disciplina.

Para esse curso vamos nos ater em um pulso ideal.



# CARACTERÍSTICAS DE UMA FORMA DE ONDA

A maioria das formas de onda encontradas em sistemas digitais são compostas de uma série de pulsos, podendo ser classificadas como periódicas ou não-periódicas

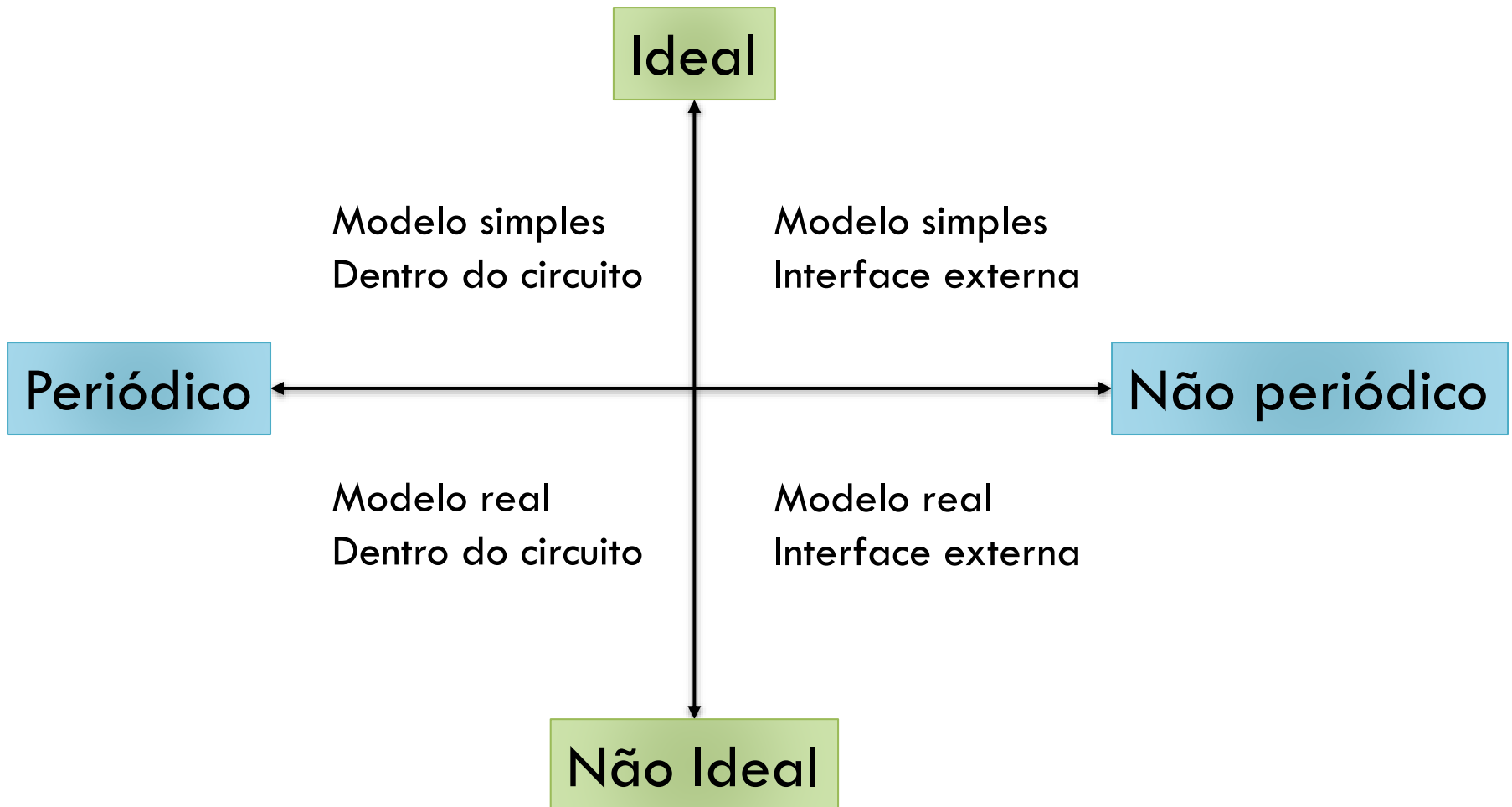
## Não periódica

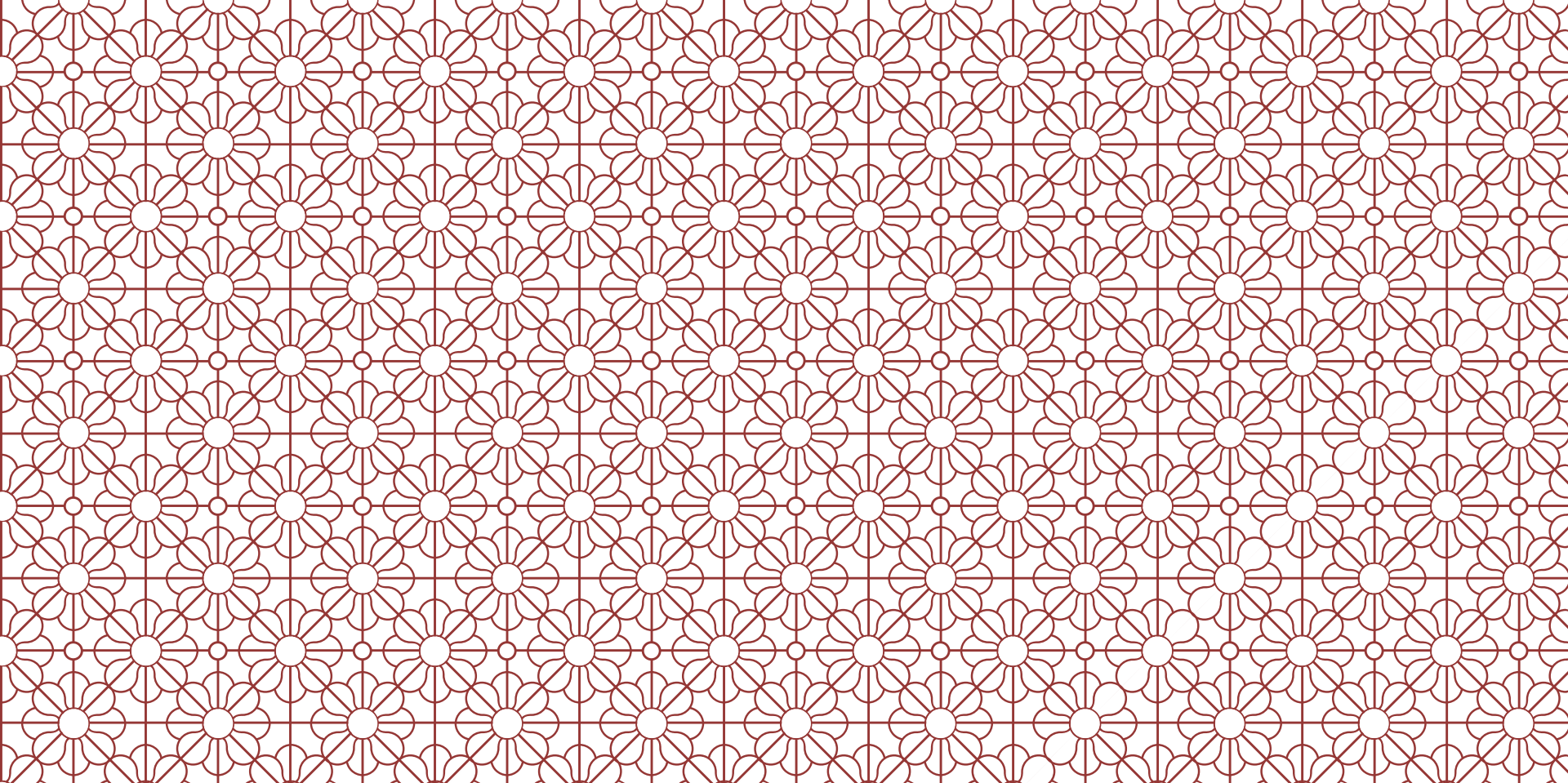


## Periódica (onda quadrada)



# VISÃO GERAL: FORMA DE ONDA





# O CLOCK RELÓGIO

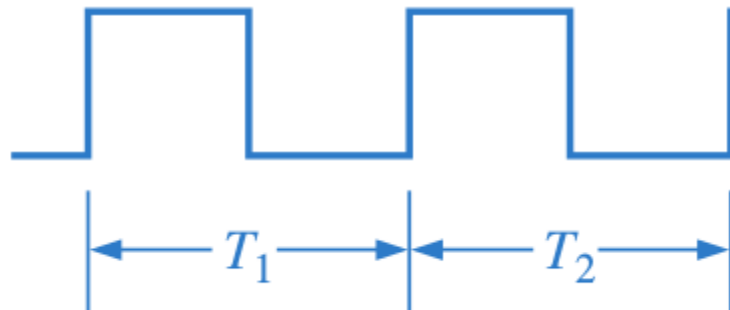


# O CLOCK/RELÓGIO

Em sistemas digitais, todas as formas de onda tendem a ser sincronizadas com uma forma de onda de **temporização de referência** denominada clock.

O clock é uma forma de onda periódica na qual cada intervalo entre os pulsos (período) é igual.

O período do clock é o tempo entre a borda duas bordas de subida.

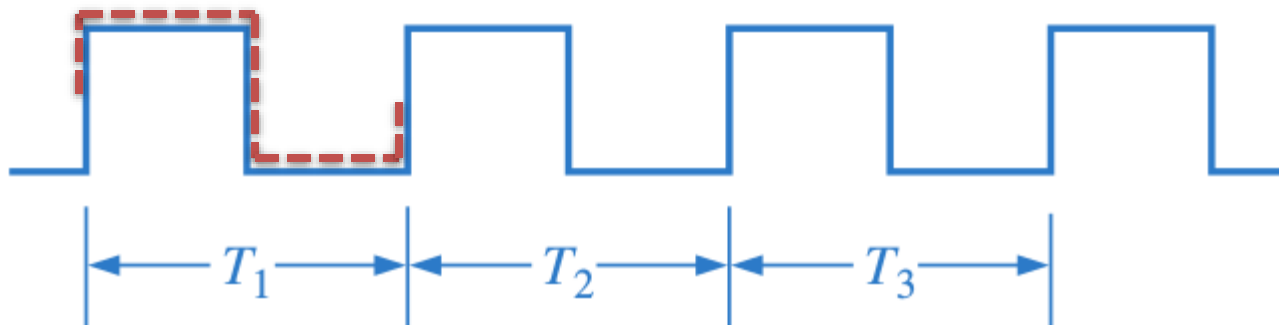


# FORMA DE ONDA PERIÓDICA

Uma forma de onda periódica é aquela que se repete num intervalo fixo, denominado de período (T).

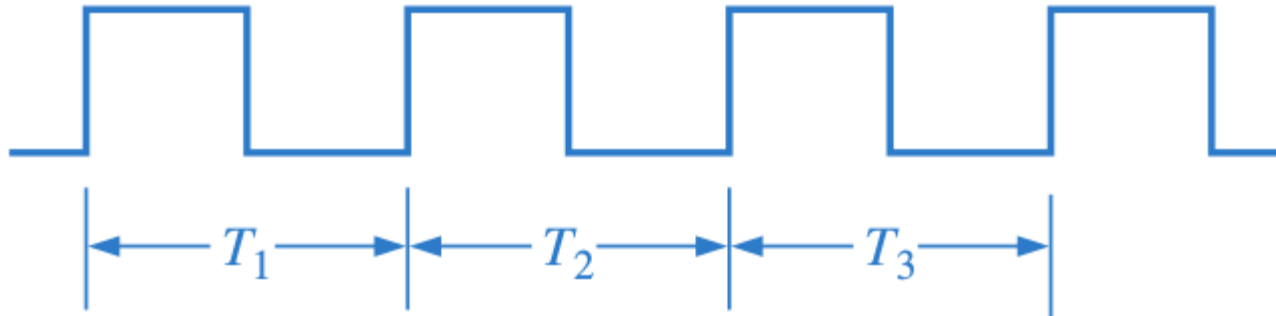
A frequência (f) é a taxa com que ela se repete por segundo e é medida em hertz (Hz).

**1 Hz = 1 oscilação por segundo**



# FORMA DE ONDA PERIÓDICA

$1 \text{ Hz} = 1 \text{ oscilação por segundo}$



$$\text{Período (seg)} = T_1 = T_2 = \dots = T_n$$

$$\text{Frequência (Hz)} = \frac{1}{T}$$

$$\text{Tempo (Seg)} = \frac{1}{F}$$



# FORMA DE ONDA PERIÓDICA

**1 Hz = 1 oscilação por segundo**

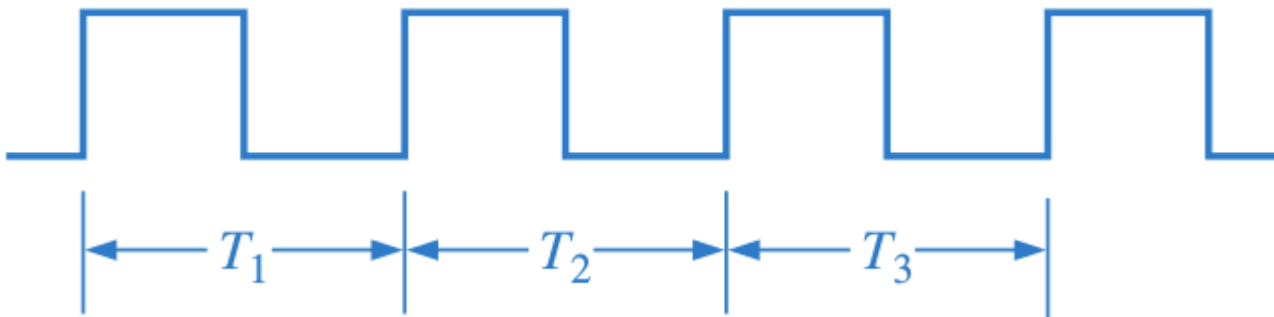
$$\text{Frequência (Hz)} = \frac{1}{T}$$

$$\text{Tempo (Seg)} = \frac{1}{F}$$

Qual a frequência se  
 $t = 0,5 \text{ seg}$  ?

Quantas oscilações  
teremos em 1 segundo?

Quantas vezes 0,5s  
cabe em 1 segundo?

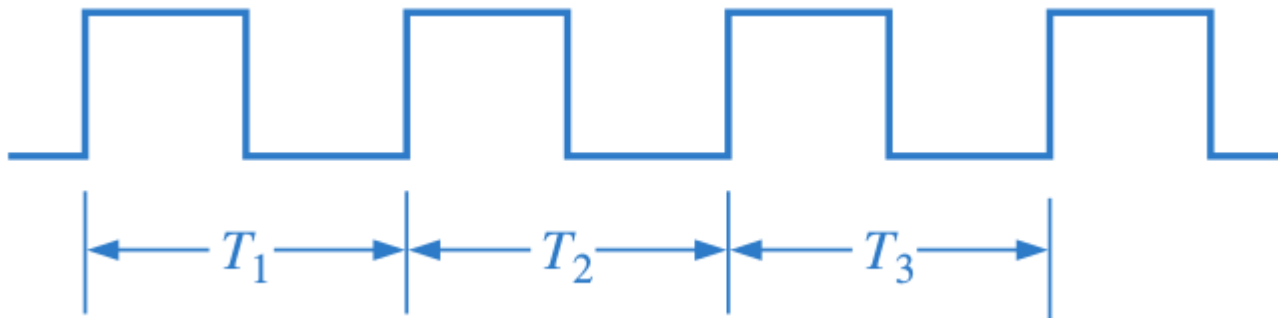


# FORMA DE ONDA PERIÓDICA

**1 Hz = 1 oscilação por segundo**

$$\text{Frequência (Hz)} = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,5} = 2\text{Hz}$$

$$\text{Tempo (Seg)} = \frac{1}{F}$$



Qual a frequência  
se  $t = 0,5$  seg ?

Quantas oscilações  
teremos em 1 segundo?

Quantas vezes 0,5s  
cabe em 1 segundo?



# FORMA DE ONDA PERIÓDICA

**1 Hz = 1 oscilação por segundo**

Quantas oscilações e qual o tempo de relógio de um processador a 2GHz?

$$\text{Frequência (Hz)} = \frac{1}{T}$$

$$\text{Tempo (Seg)} = \frac{1}{F}$$

Símbolo	Prefixo	Fator Multiplicativo	
<i>T</i>	Tera	$10^{12}$	• 1.000.000.000.000
<i>G</i>	Giga	$10^9$	• 1.000.000.000
<i>M</i>	Mega	$10^6$	• 1.000.000
<i>k</i>	Kilo	$10^3$	• 1.000
<i>m</i>	Mili	$10^{-3}$	• 0,001
$\mu$	Micro	$10^{-6}$	• 0,000.001
<i>n</i>	Nano	$10^{-9}$	• 0,000.000.001
<i>p</i>	Pico	$10^{-12}$	• 0,000.000.000.001

# FORMA DE ONDA PERIÓDICA

1 *Hz* = 1 oscilação por segundo

Quantas oscilações e qual o tempo de relógio de um processador a 2GHz?

$$\text{Frequência (Hz)} = \frac{1}{T} =$$

$$2\text{GHz} = 2 \cdot 10^9$$

*oscilações por segundo*

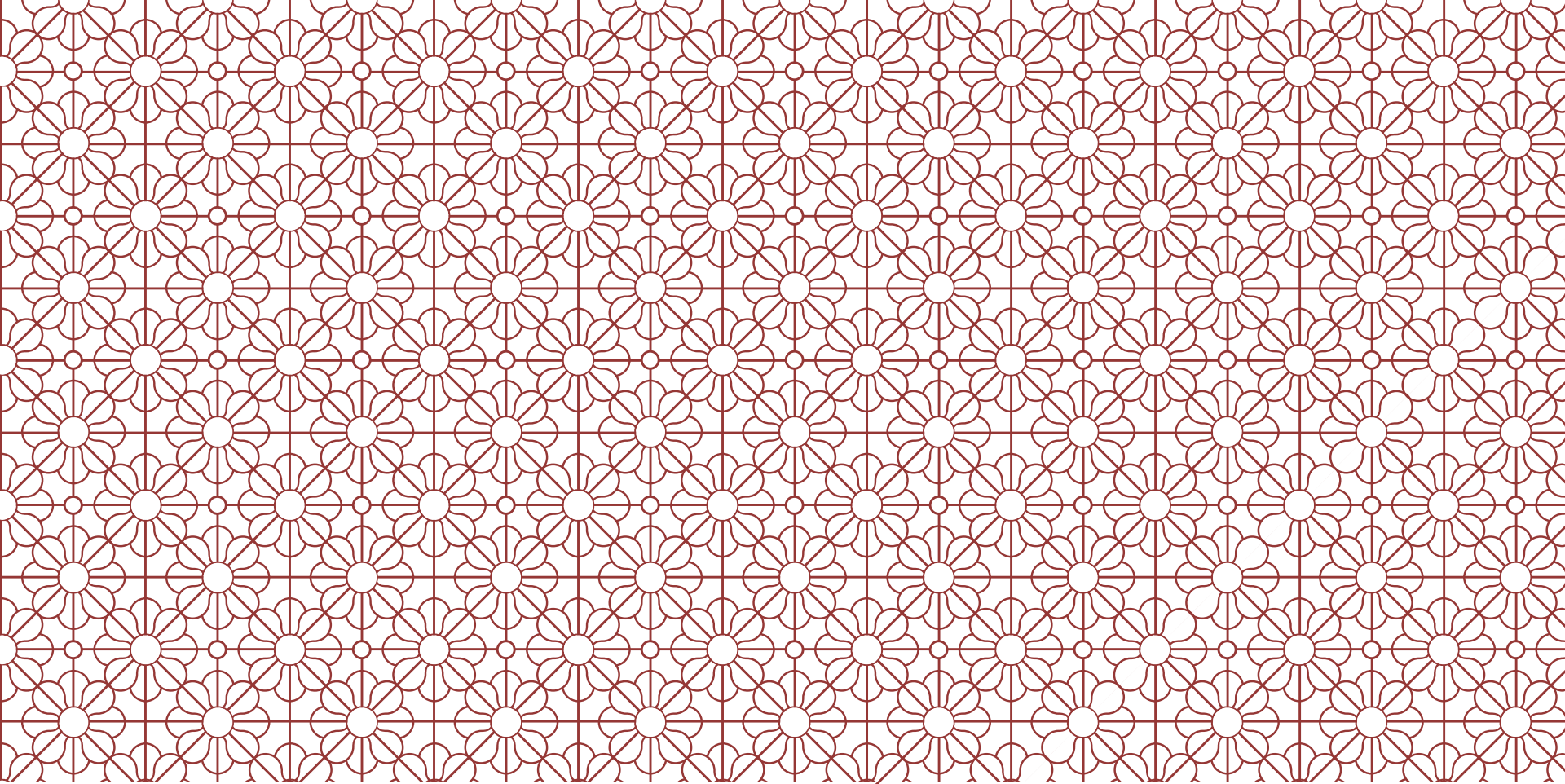
$$\text{Tempo (Seg)} = \frac{1}{F} =$$

$$\frac{1}{2 \cdot 10^9} = 0,5 \cdot 10^{-9} =$$

$$= 0,5\text{ns}$$

Símbolo	Prefixo	Fator Multiplicativo	
<i>T</i>	Tera	$10^{12}$	• 1.000.000.000.000
<i>G</i>	Giga	$10^9$	• 1.000.000.000
<i>M</i>	Mega	$10^6$	• 1.000.000
<i>k</i>	Kilo	$10^3$	• 1.000
<i>m</i>	Mili	$10^{-3}$	• 0,001
$\mu$	Micro	$10^{-6}$	• 0,000.001
<i>n</i>	Nano	$10^{-9}$	• 0,000.000.001
<i>p</i>	Pico	$10^{-12}$	• 0,000.000.000.001





# ANÁLISE VIA FORMA DE ONDA

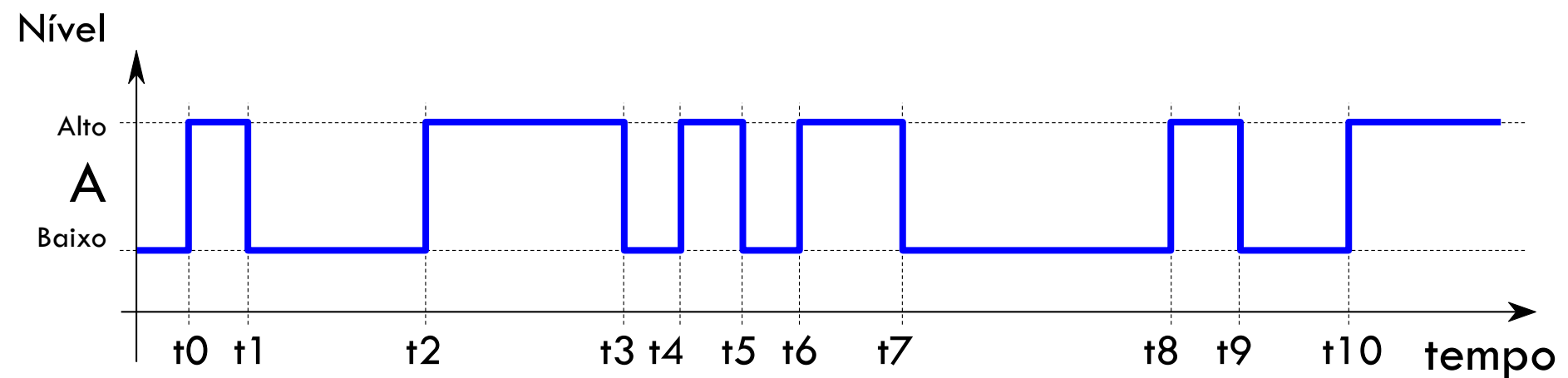
# ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

Em um determinado instante, um sinal digital está em apenas um dos seguintes estados:

- Nível baixo = 0;
- 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:



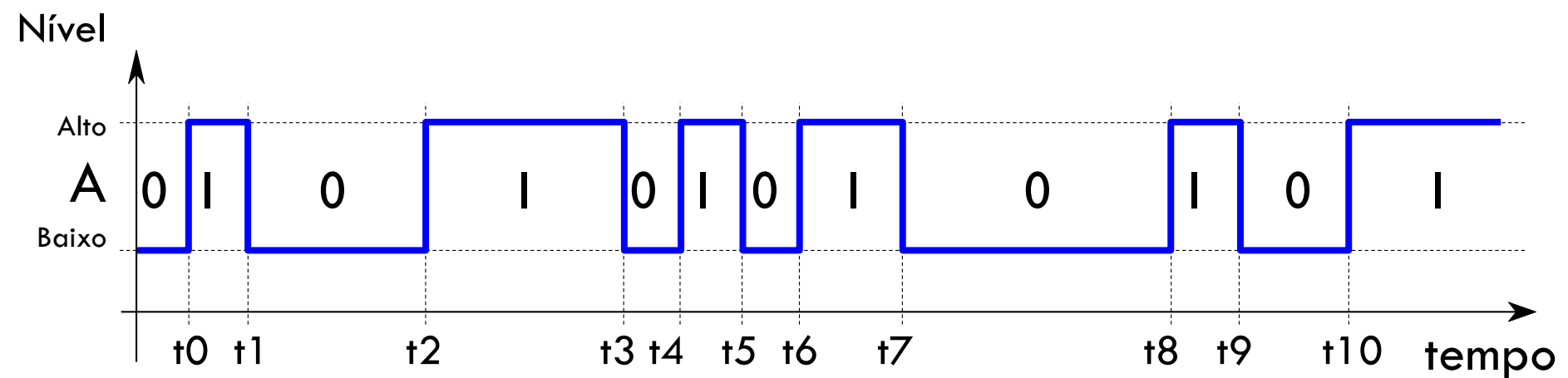
# ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

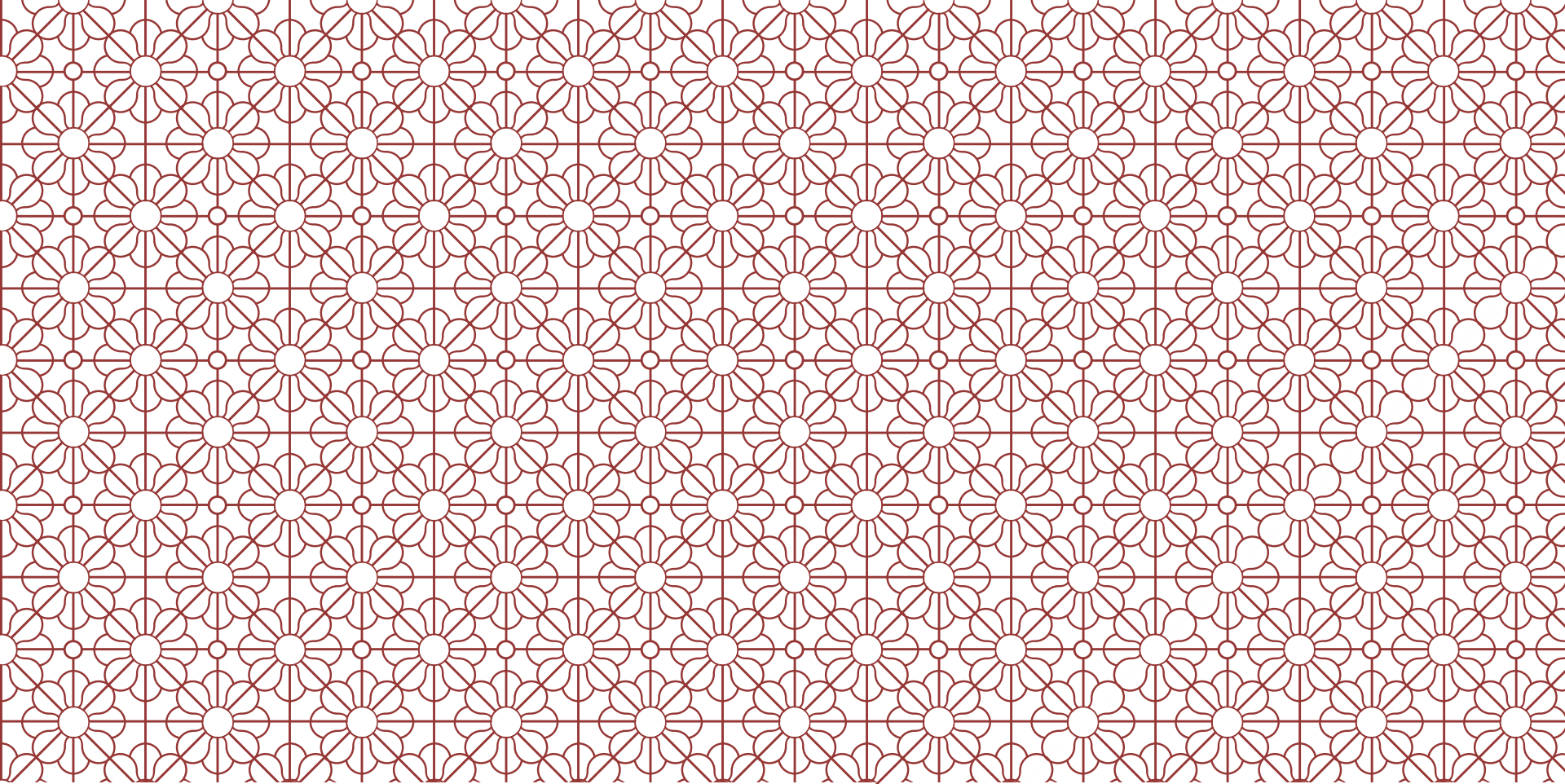
Em um determinado instante, um sinal digital está em apenas um dos seguintes estados:

- Nível baixo = 0;
- 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:

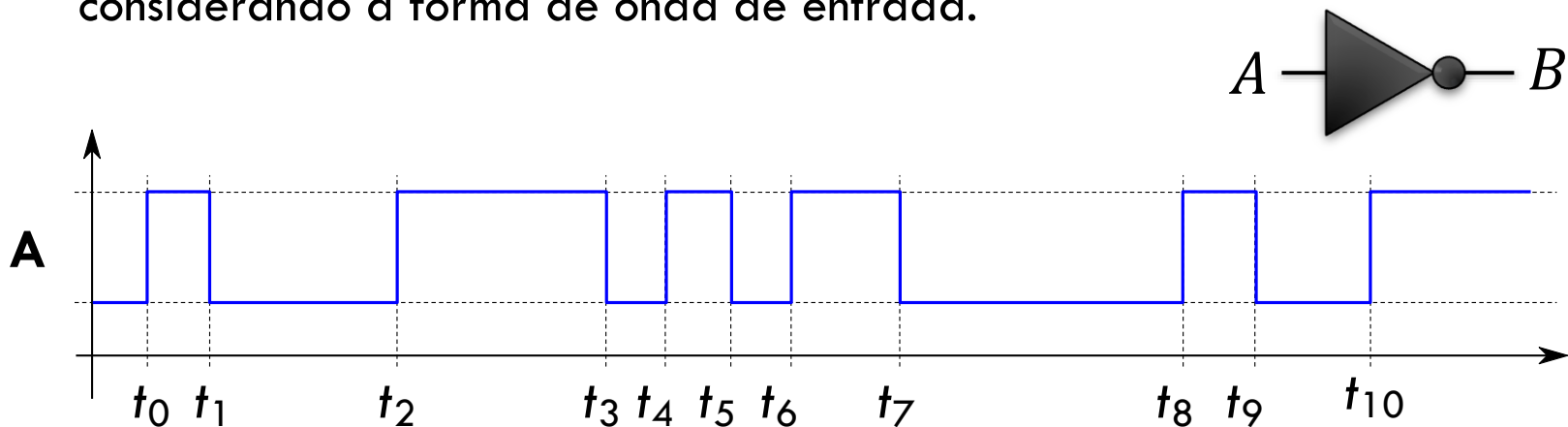




## EXEMPLO 3

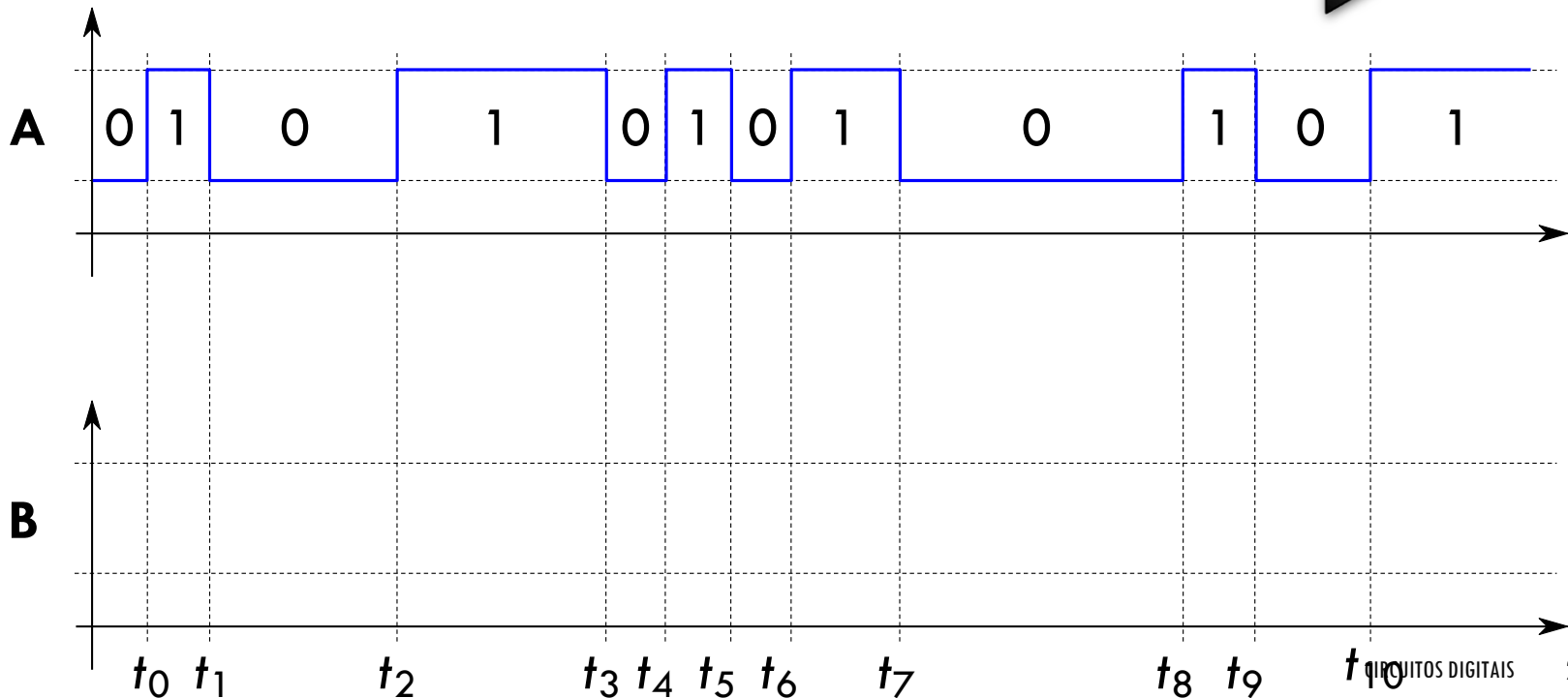
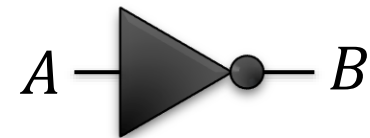
# ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

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



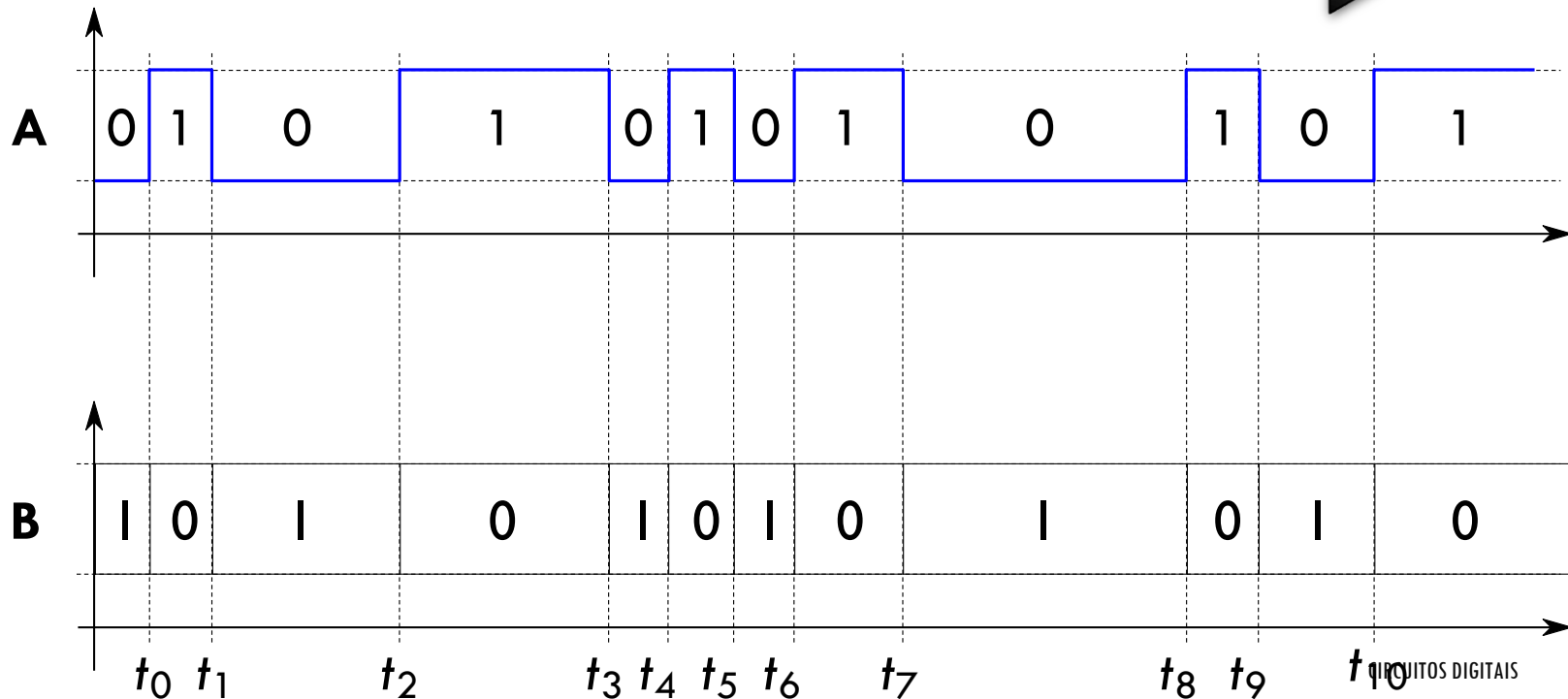
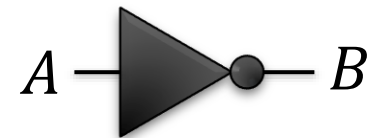
# ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

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

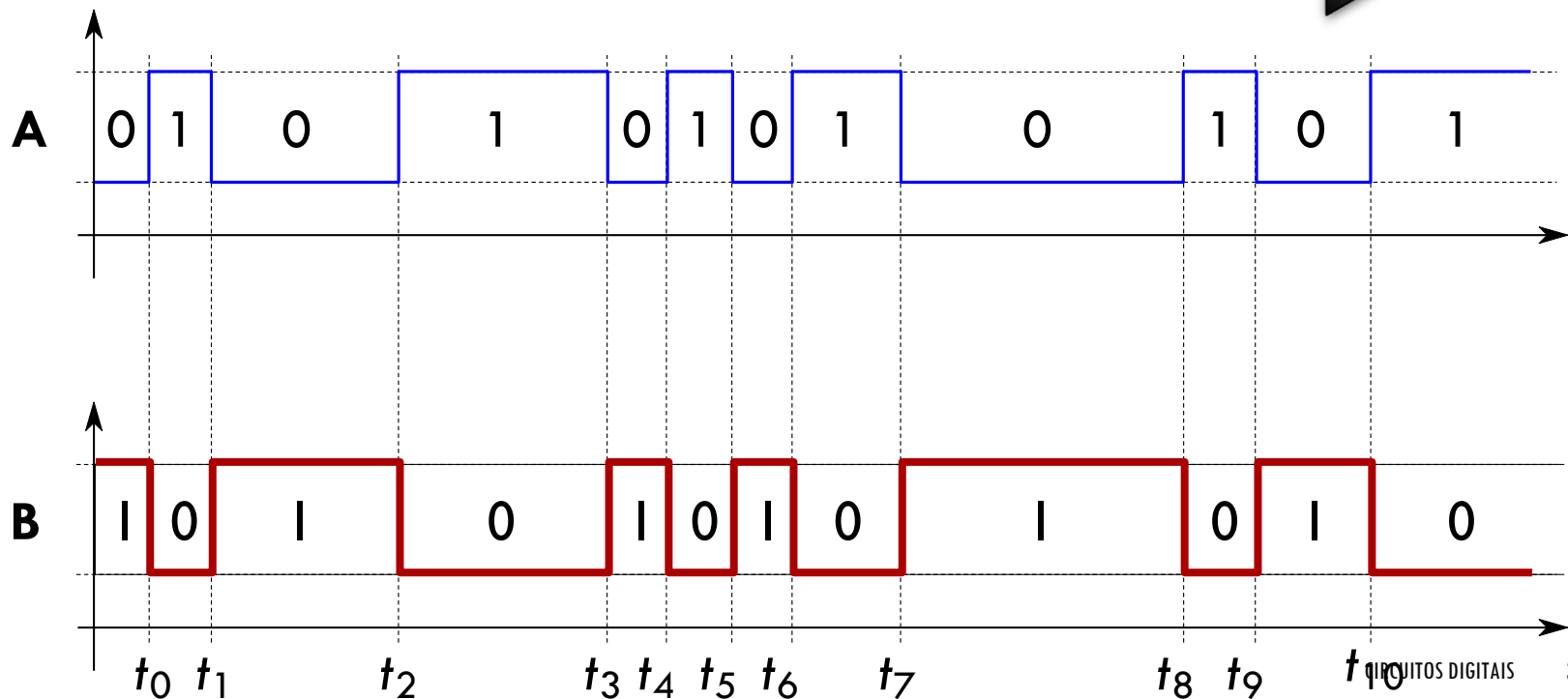
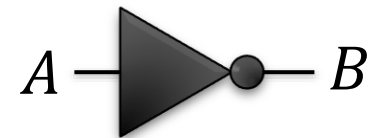
Exemplo 3: Esboce o diagrama de forma de onda para a saída B, considerando a forma de onda de entrada.

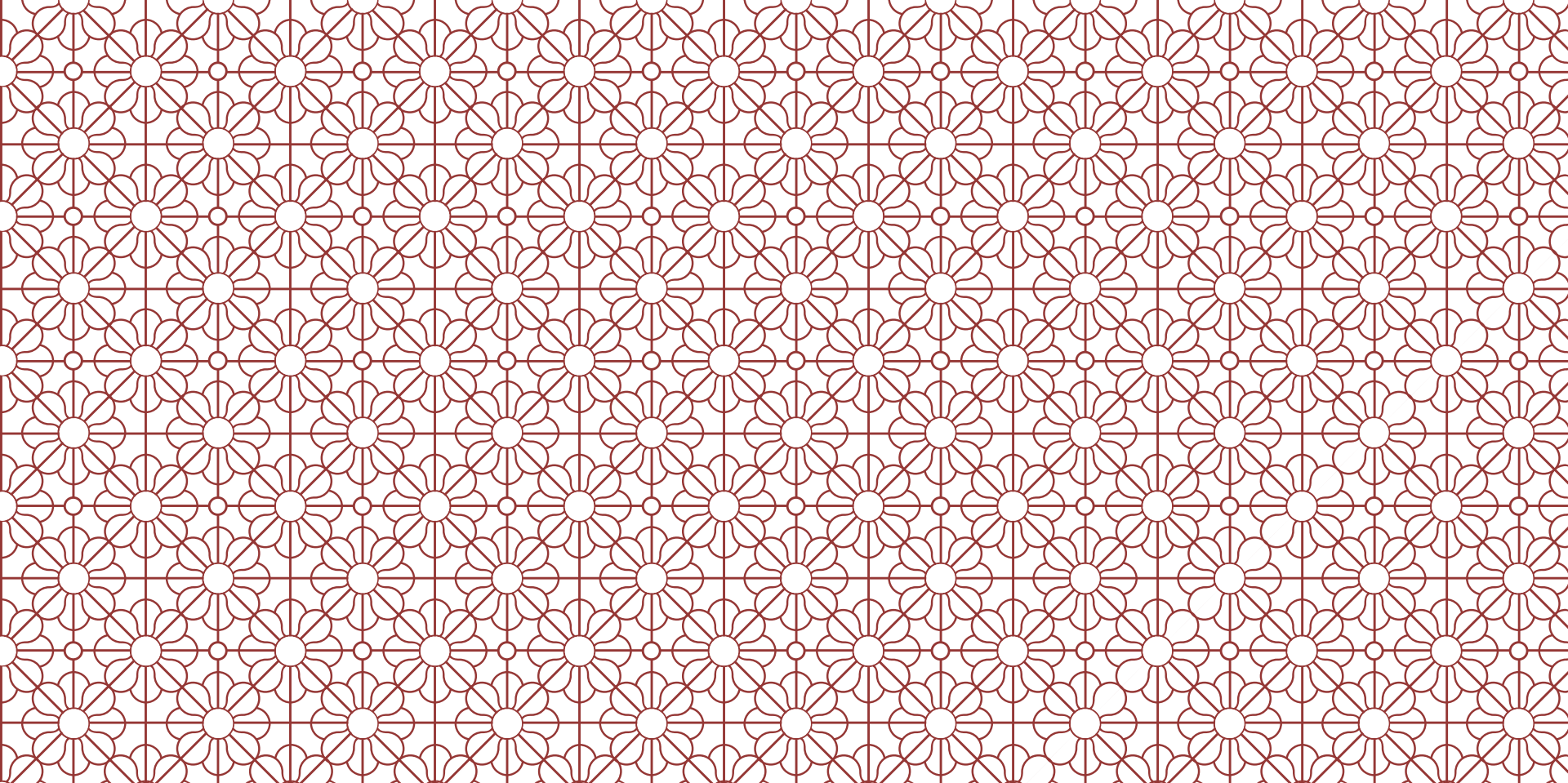




# ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

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

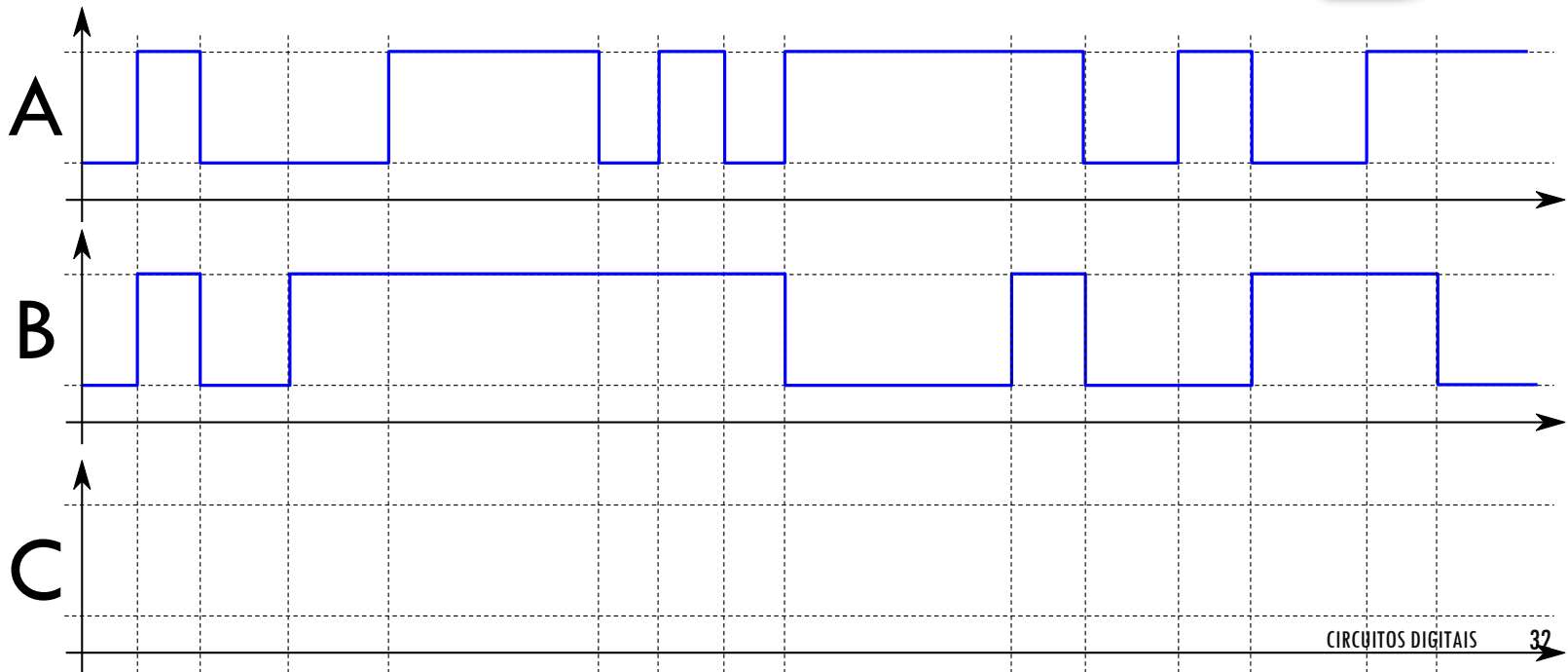
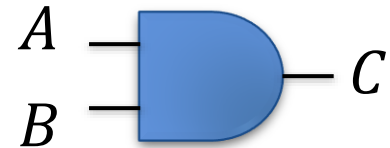




## EXEMPLO 4

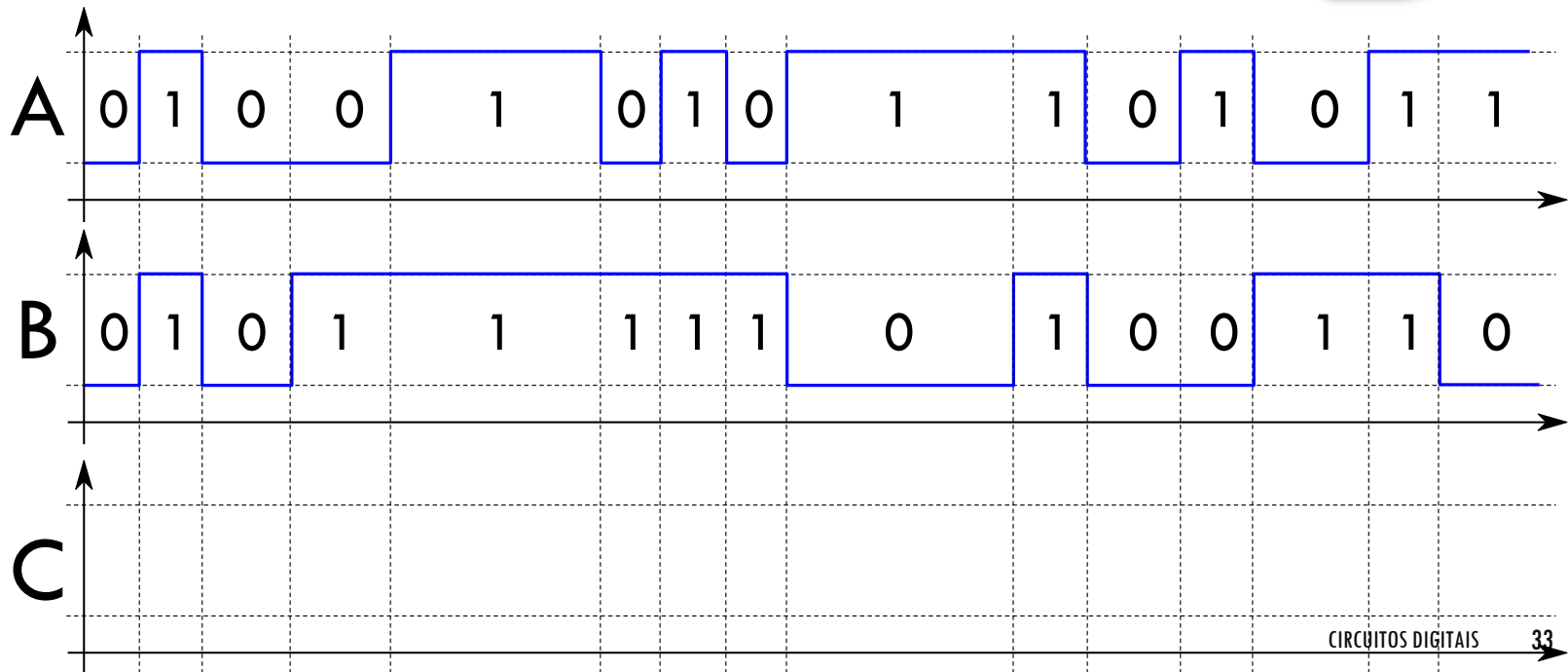
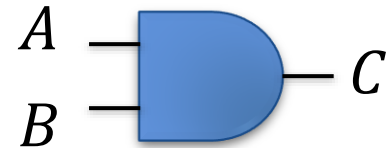
# ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

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



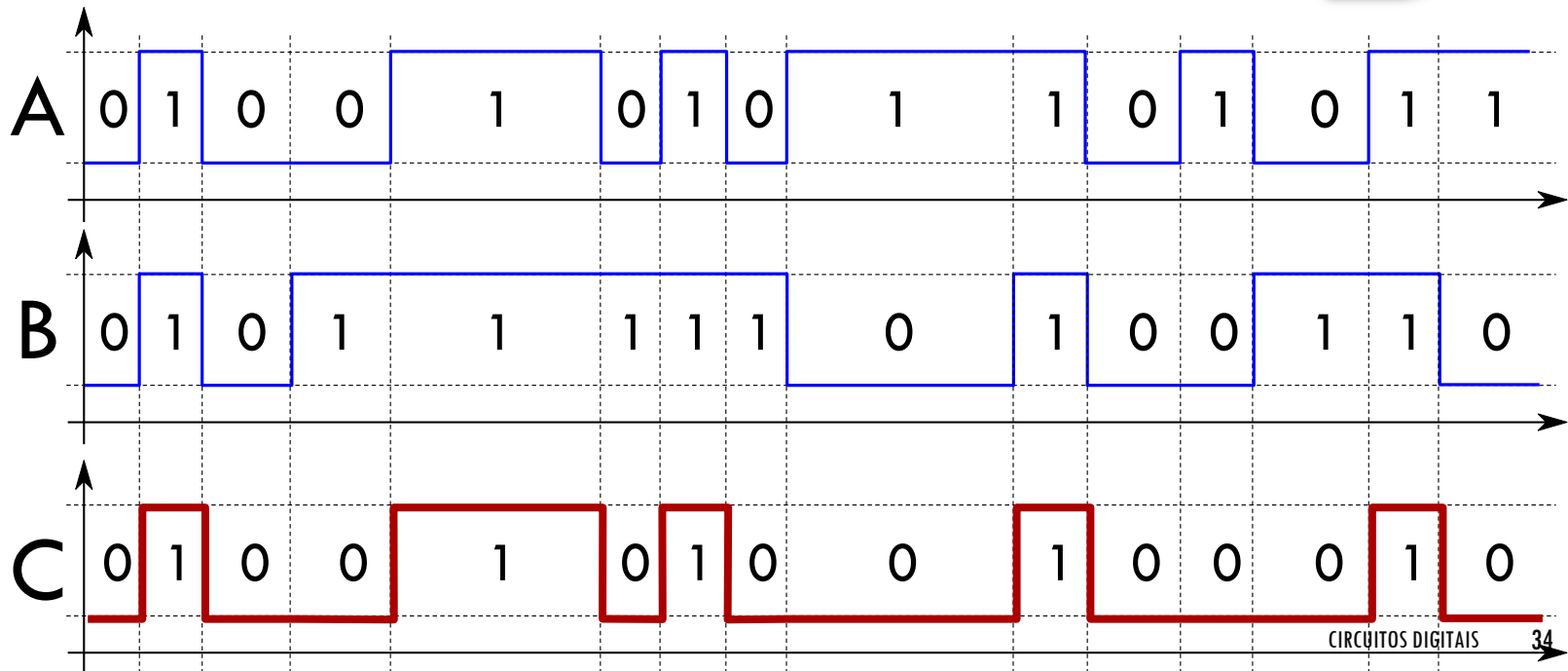
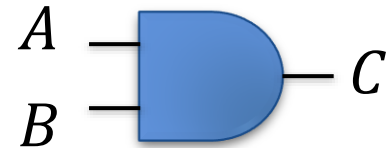
# ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

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

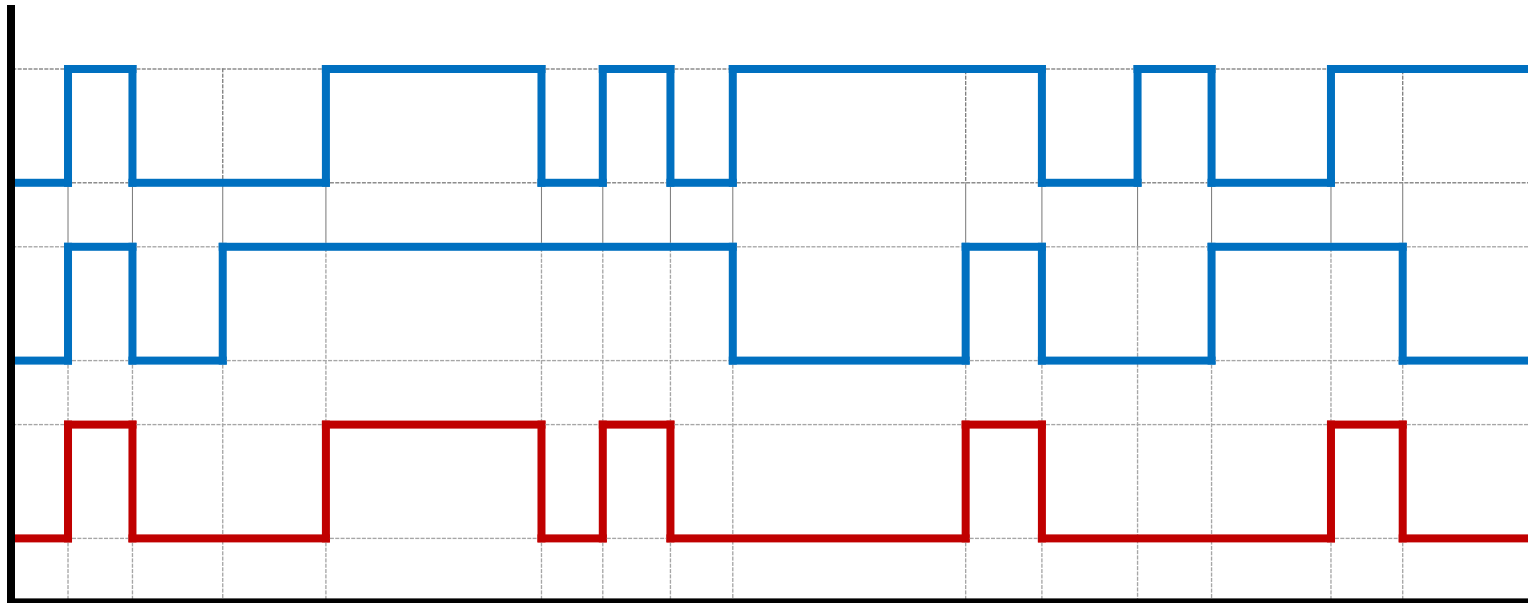
Exemplo 4: Esboce o diagrama de forma de onda para a saída  $C$ , considerando as formas de onda das entradas  $A$ ,  $B$ .



# ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA: OBSERVAÇÕES

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

Geralmente, as entradas e saídas são colocadas no mesmo gráfico.



# ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA: OBSERVAÇÕES

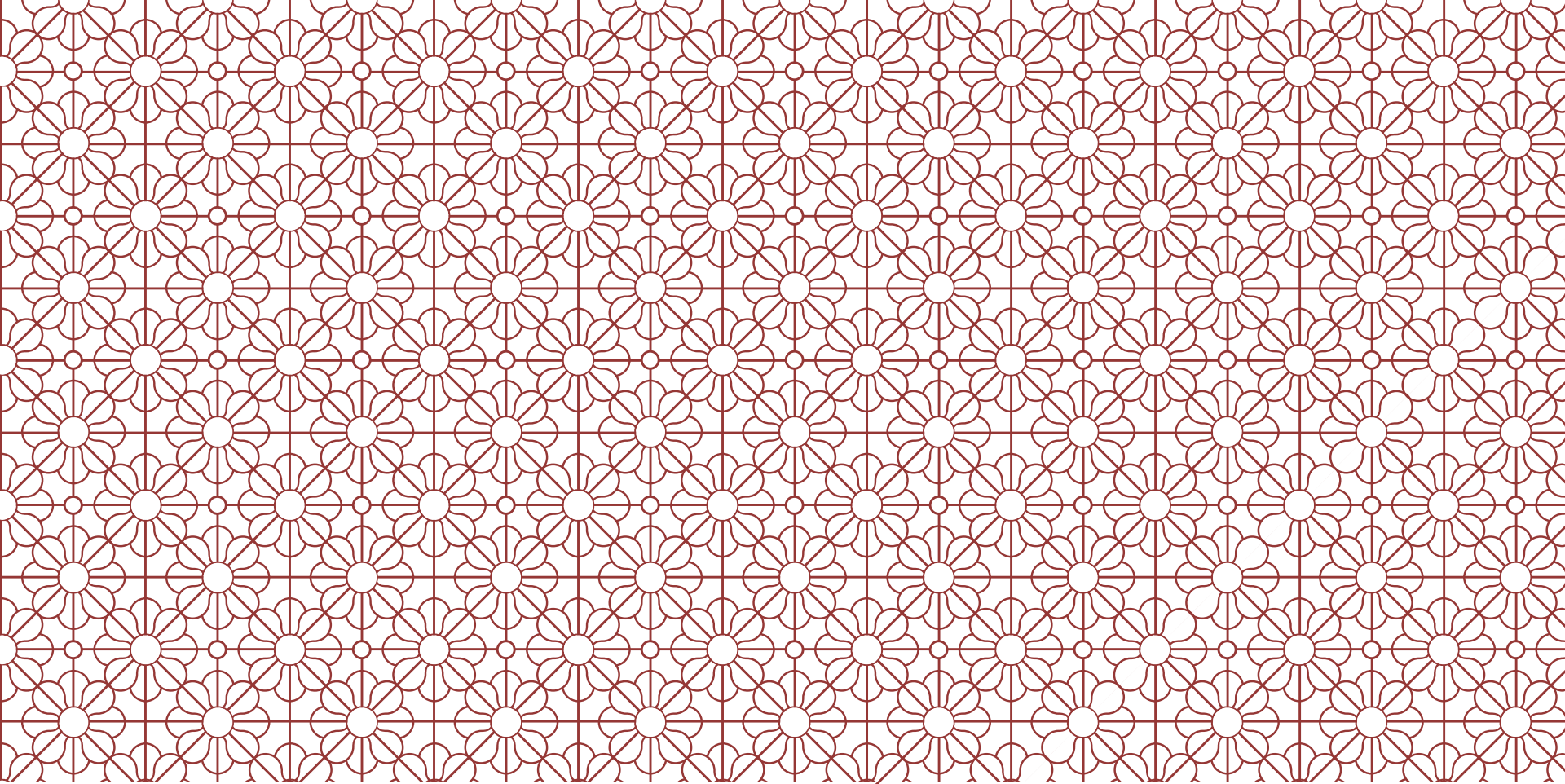
Neste momento, assumiremos sempre circuitos ideais:

- 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.

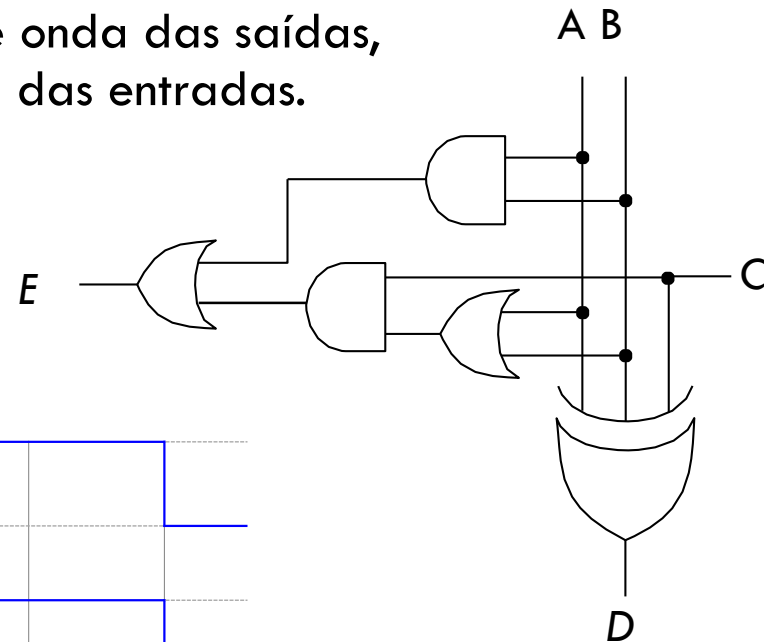
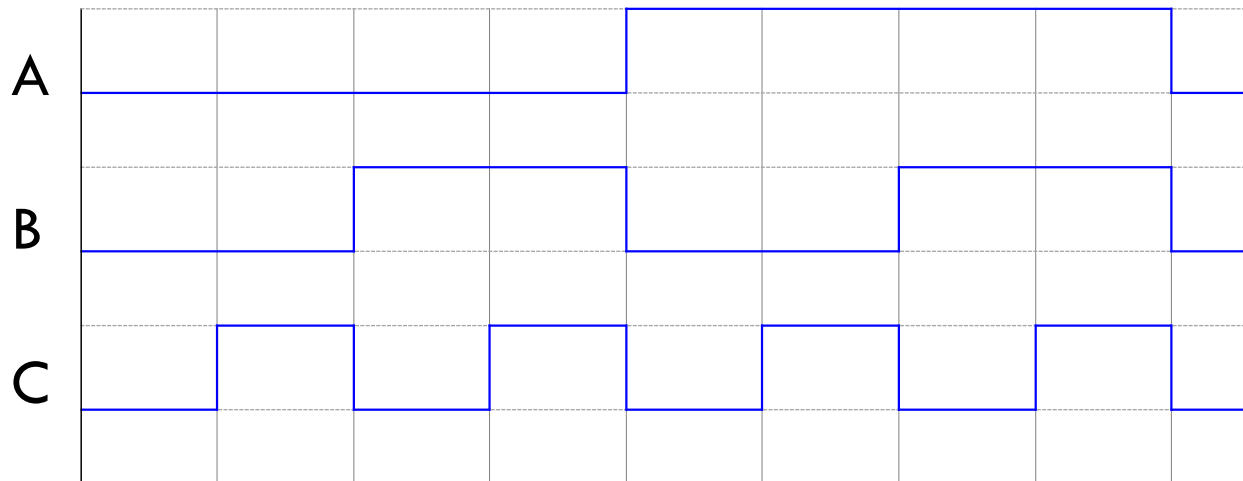




## EXEMPLO 5

# 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.



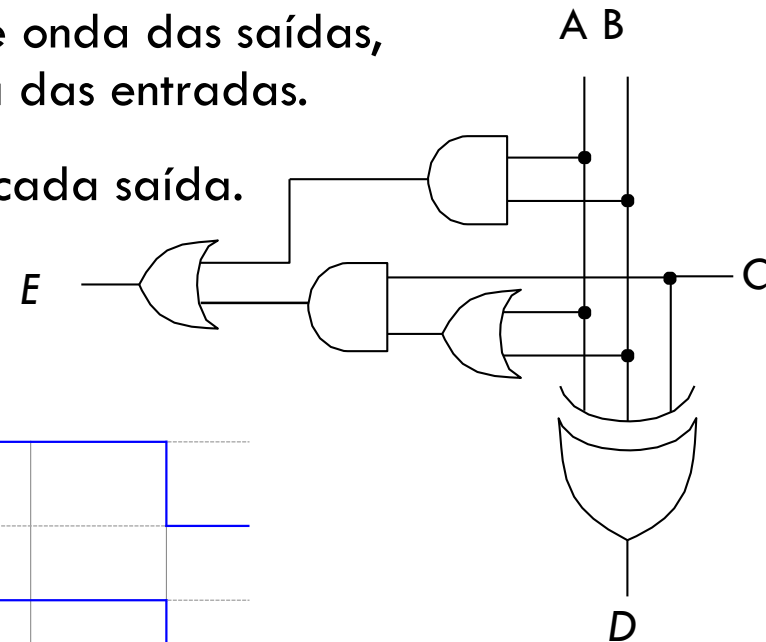
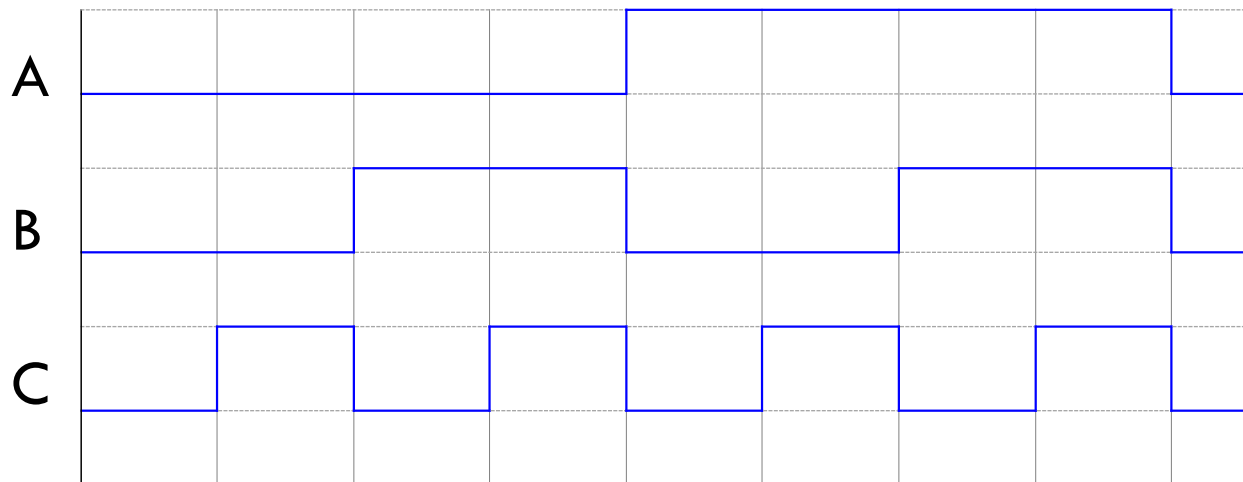
# ANÁLISE VIA FORMAS DE ONDA

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.

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

$$E = A \cdot B + (A + B) \cdot C$$



# 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.

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

$D = A \oplus B \oplus C$  = A saída será 1 apenas se houver um número ímpar de entradas igual a 1

$$E = A \cdot B + (A + B) \cdot C$$

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

# 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.

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

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

$$E = A \cdot B + (A + B) \cdot C$$

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

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

# 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.

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

$$E = A \cdot B + (A + B) \cdot C$$

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

# 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.

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

$$E = A \cdot B + (A + B) \cdot C$$

