

**Notas de Aula**

**Lógica Digital**

**Profa Míriam**

## SINAL DIGITAL

Diferente dos sinais analógicos, onde o sinal pode ter uma infinidade de valores, o sinal digital apresenta-se apenas em dois estados. Isto possibilita que os circuitos sejam mais simples, e evita que ocorram problemas de perdas de sinal (atenuação). Também permite a utilização da álgebra de Boole para a implementação dos circuitos lógicos. Ver figura 1 abaixo:

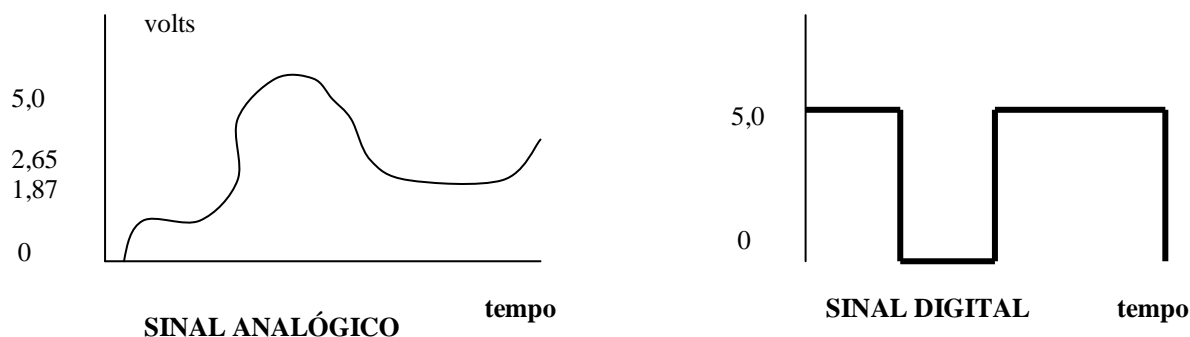


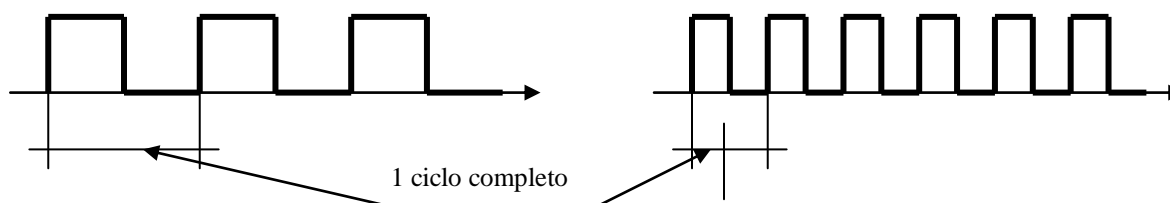
Figura 1

### Frequência de um sinal

A frequência de um sinal é definida pelo número de vezes que um ciclo completo se repete na unidade de tempo.

SINAL DIGITAL DE BAIXA FREQUÊNCIA

SINAL DIGITAL DE ALTA FREQUÊNCIA

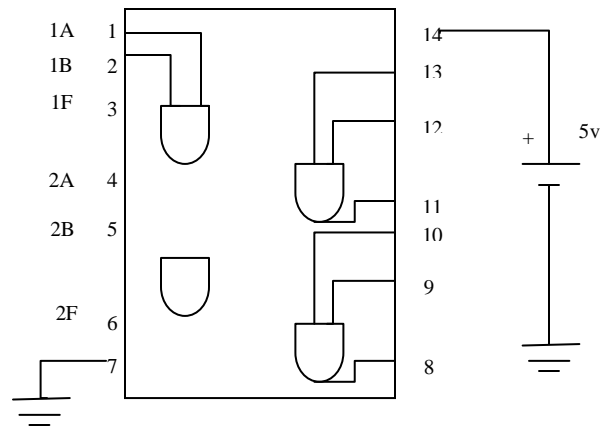


## CIRCUITOS INTEGRADOS

As portas lógicas vistas anteriormente são disponíveis comercialmente em circuitos integrados (CI's), sendo que um único CI contém várias portas do mesmo tipo. As duas principais famílias lógicas de CI são definidas pelo tipo de tecnologia empregada em sua construção: **TTL** e **C-MOS**.

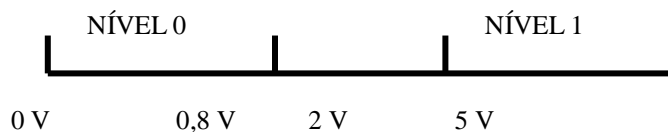
### 1. Família TTL

Essa é a família mais comumente encontrada na prática. A grande maioria dos circuitos digitais é construída com CI's da família TTL. Os CI's são identificados pelo código 74XX, onde XX determina o tipo de CI, e 74 determina a família. Por exemplo, um CI 7400 é um CI que contém quatro portas NAND. Já o CI 7406 possui seis portas inversoras (NOT). A figura 2. Ilustra o aspecto de um CI e como estão dispostas as portas AND em CI 7408.



**Figura 2**

Os CI's TTL necessitam de uma fonte de alimentação de 5 Volts. O nível lógico 1 para uma porta TTL é entendido como uma tensão maior que 2 Volts e menor que 5 Volts. O nível lógico 0 é uma tensão menor que 0,8 Volts. A figura 3 ilustra os níveis de tensão reconhecidos por essa família.



**Figura 3**

Note que a região de tensão entre 0,8 Volts e 2 Volts é indefinida para essa família, ou seja, aplicado à entrada do circuito uma tensão de 1,5 Volts, por exemplo, ele ficará indeciso quanto a reconhecer nível 1 ou 0. Deve-se evitar tais condições num circuito lógico, pois elas podem prejudicar seu funcionamento.

## 2. Família C-MOS

Essa família caracteriza-se por seu baixíssimo consumo de energia, baixo custo e alta confiabilidade. Além disso uma flexibilidade quanto ao nível de tensão de alimentação, não ficando limitado aos 5 Volts requeridos pela família TTL. Tipicamente, pode-se ligá-los a fontes de 5 a 15 Volts, sendo que o nível 1 é o valor de tensão da fonte.

Devido a essas características, é especialmente indicada para uso em equipamentos alimentados por baterias, como calculadoras portáteis.

## 3. Aplicações das Portas Lógicas

As portas lógicas podem ser combinadas para construir circuitos mais complexos. Por essa característica, são amplamente utilizadas nos circuitos dos computadores. Um outro campo de utilização das portas lógicas é um controle industrial. Imagine por exemplo uma prensa. A mesma só deve funcionar se a peça estiver posicionada corretamente e se outras condições de segurança forem satisfeitas. Claramente esse circuito necessita de portas AND para fazer a liberação da prensa, pois a

peça tem que estar posicionada e a prensa tem que estar ligada à rede elétrica e a porta de segurança tem que estar fechada e etc. Note que todas as condições necessitam estarem satisfeitas para que o equipamento funcione. Assim, liga-se portas AND a sensores que traduzem em sinais elétricos cada situação e estas irão liberar o funcionamento do equipamento somente quando todos sensores **ao mesmo tempo** sinalizarem que a situação está OK.

#### 4. Circuito Somador

Os circuitos somadores são fundamentais para a construção de unidades lógicas (ULA's). A figura abaixo mostra o circuito de um meio-somador (Half-Adders) de um bit. Trata-se de um circuito que adiciona 2 bits, e a tabela resume a operação do mesmo.

A figura 4 mostra um somador total (Full-Adder), um circuito lógico que pode somar três bits.

A	B	C	SUM	CARRY
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

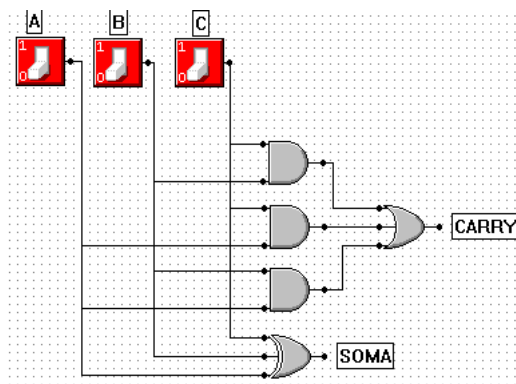


Figura 4

#### 4.1 Somadores Binários

A figura 5 mostra um somador binário de 4 bits. Trata-se de um circuito lógico, obtido através da ligação de alguns circuitos somadores totais e também de um meio-somador.

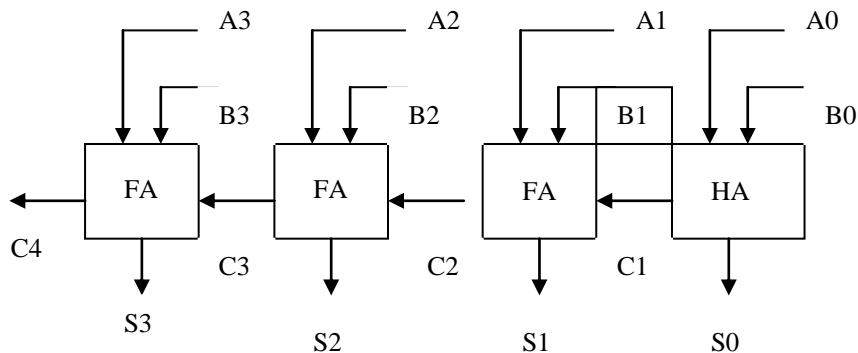
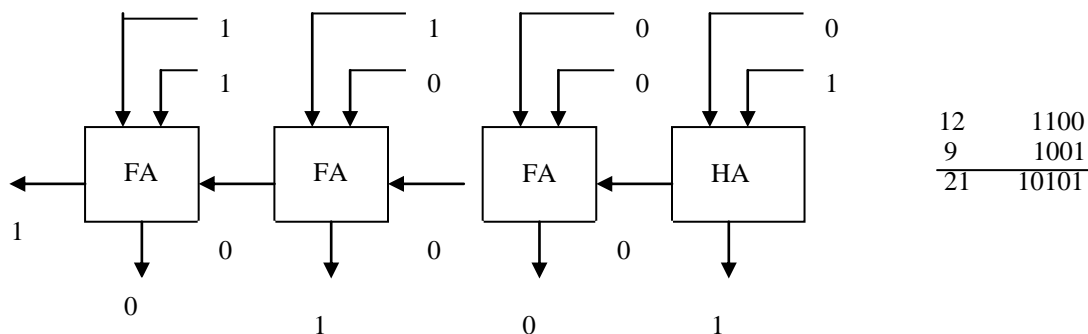


Figura 5

Exemplo de cálculo utilizando o somador binário para somar dois valores de 4 bits (12 e 9).



## 4.2 Subtração Binária

A subtração pode ser executada através de circuitos somadores, utilizando-se para isto o seguinte esquema:

$$\text{Resultado} = \text{valor}_1 - \text{valor}_2$$

Pode ser escrito da seguinte forma:

$$\text{Resultado} = \text{valor}_1 + \text{complemento}(\text{valor}_2) + 1$$

e desta forma pode ser utilizado o somador para obter o resultado desejado.

## 4.3 Multiplicadores e divisores

Assim como o subtrator, os multiplicadores e divisores são obtidos através de somas binárias, e tais circuitos não estavam disponíveis na maioria das cpu's de 8 bits, vindo a aparecer nas cpu's de 16 bits.

## 5. Decodificadores

Trata-se de um circuito lógico com um certo número de entradas (no caso duas), que para cada entrada A1, A0, somente uma das quatro saídas (O0, O1, O2, O3) tem nível lógico 1. Tal circuito é extensamente utilizado na construção de computadores, atuando principalmente como decodificadores de endereços.

A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	O <sub>0</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>
0	0	<b>1</b>	0	0	0
0	1	0	<b>1</b>	0	0
1	0	0	0	<b>1</b>	0
1	1	0	0	0	<b>1</b>

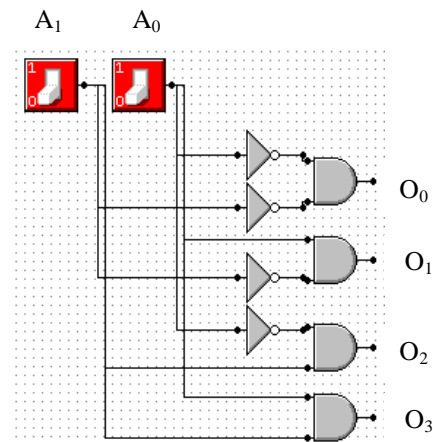
Solução:

$$S0 = A' \cdot B'$$

$$S1 = A' \cdot B$$

$$S2 = A \cdot B'$$

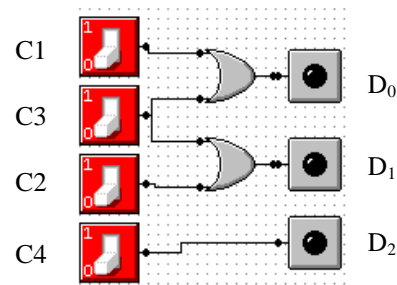
$$S3 = A \cdot B$$



## 6. Codificadores

O circuito codificador executa a função inversa ao circuito decodificador, ou seja, para cada linha da entrada, uma palavra de código correspondente com bits A0, A1, A2,... aparece na saída. O circuito abaixo é um codificador comercial 74147 (TTL).

C4	C3	C2	C1	D2	D1	D0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	1
1	0	0	0	1	0	0



Solução:

$$D_0 = C_1 + C_3$$

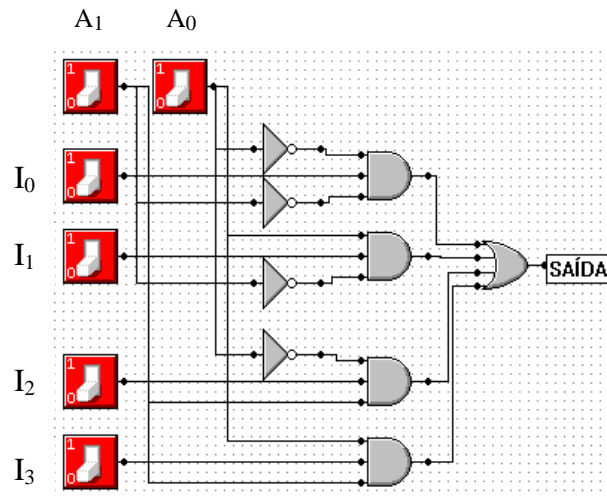
$$D_1 = C_2 + C_3$$

$$D_2 = C_4$$

## 7. Multiplexador

É um circuito que tem n entradas para dados, e apenas uma saída. Isso permite, por exemplo enviar uma série de informações diferentes por um único fio. O circuito multiplexador pode ser entendido como uma chave rotativa de um polo e n posições.

A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	Saída
0	0	I0
0	1	I1
1	0	I2
1	1	I3

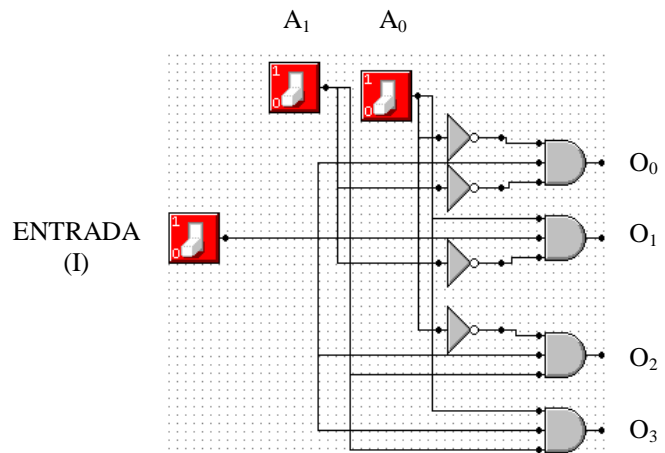


$$S = e_0C_1'C_0' + e_1C_1'C_0 + e_2C_1C_0' + e_3C_1C_0$$

## 8. Demultiplexador

Trata-se de um circuito lógico que faz exatamente o oposto que o multiplexador, ou seja, possui uma entrada e diversas saídas, o que possibilita que os diversos canais que foram multiplexados em um único pelo multiplexador, possam ser demultiplexados novamente em diversos canais.

A <sub>1</sub>	A <sub>0</sub>	O <sub>3</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>0</sub>
0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0



## 9. Clock

Os circuitos digitais necessitam de sincronismo em sua temporização para funcionarem. Quem provê esse sincronismo é o sinal de clock, que é um **trem de pulsos** digitais, ou seja, é um sinal digital com frequência fixa e estável. A figura abaixo ilustra um sinal desse tipo.



Os circuitos que geram o clock são chamados de **osciladores** e devem ter como principal característica a estabilidade térmica e elétrica, para que variações de temperatura ou distúrbios elétricos não afetem seu funcionamento, fazendo com que o sinal de clock varie de forma, tensão ou frequência.