



**Universidade Federal de Uberlândia
Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações**

- Eletrônica Digital -

Capítulo 1 – Introdução à representação numérica de dados

Prof. Alan Petrólio Pinheiro

O que veremos:

- Analógico x digital
- Sistemas de Numeração
 - Binário
- Portas lógicas
- Conversões entre bases
 - Binário, Hexadecimal
- Aritmética binária



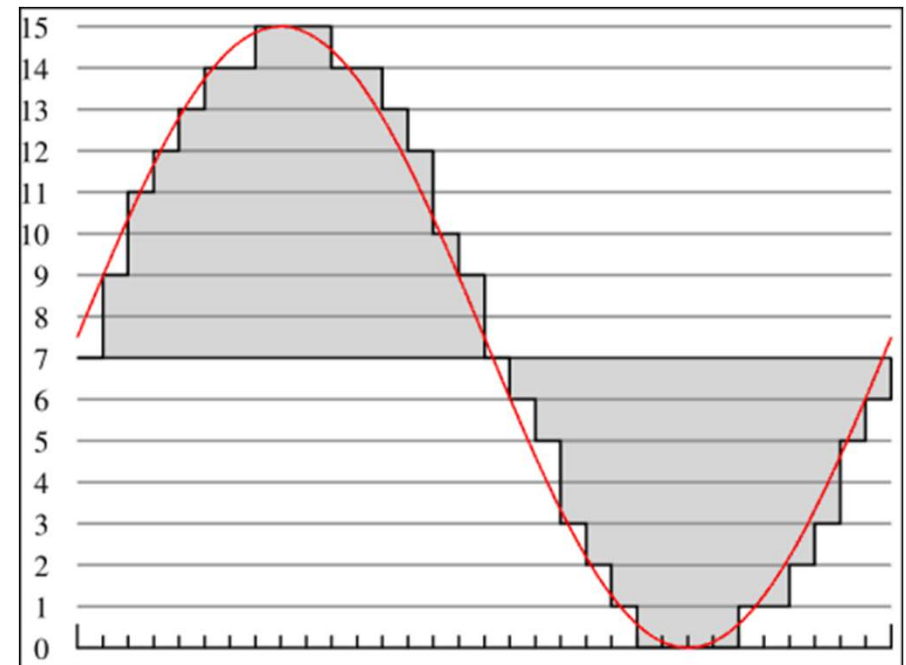
- Analógico x digital

- Analógico

- varia continuamente.

- Digital

- Variações de graus (**discreta**)



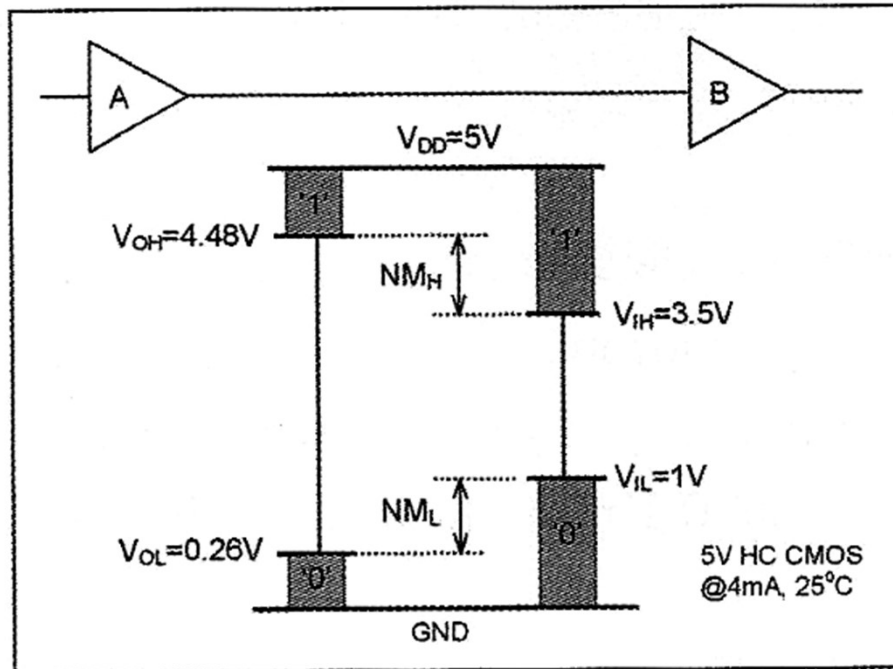
Sistemas de numeração

- Mais comuns: decimal, binário, hexadecimal.
 - *most significant digit* – **MSD**
 - *least significant digit* – **LSD**
- **Binário**
 - Exemplo: 1011,101₍₂₎
 - Dígito binário (binary digit) = **bit**
 - **Byte** e **Word**
- **Lógica binária usada para**
 - Representar um estado
 - Representar um número



• Valores lógicos x valores físicos

- Faixas de valores, não valores !
- Margens de ruído

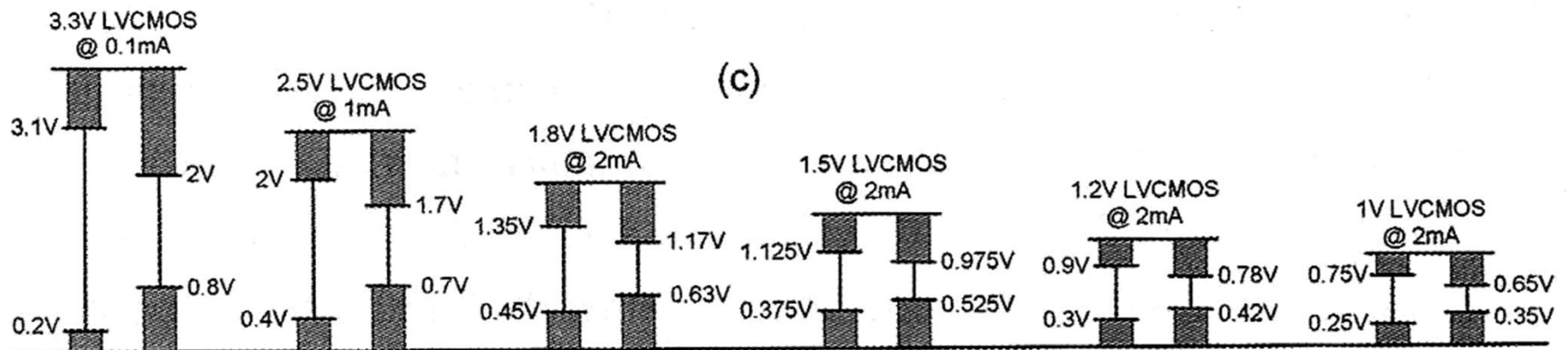


(a)

5V HC @ 4mA, 25°C		
Saída	V_{OL}	0.26V
	V_{OH}	4.48V
Entrada	V_{IL}	1V
	V_{IH}	3.5V

Margem de ruído	
NM_L	0.74V
NM_H	0.98V

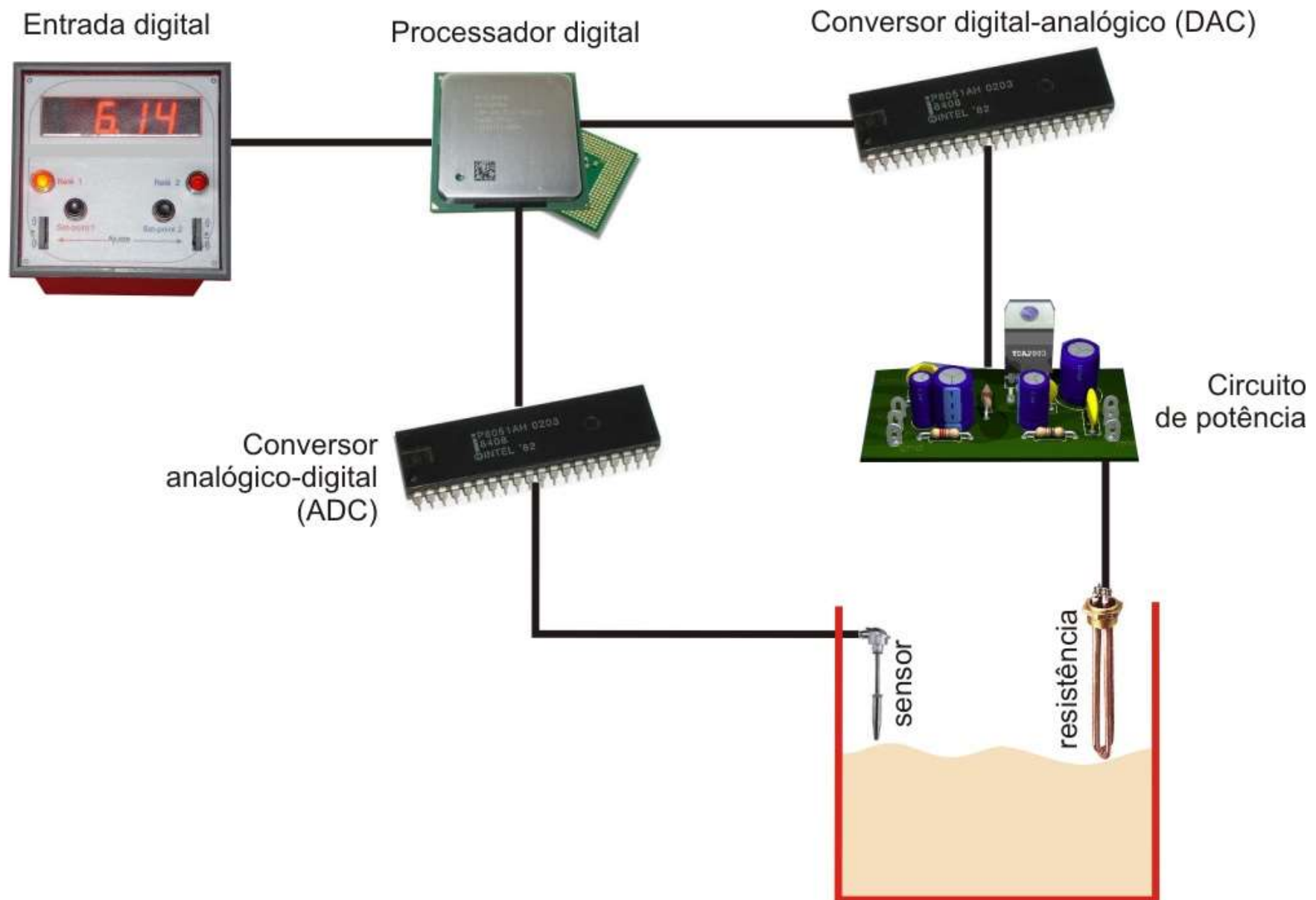
(b)



(c)

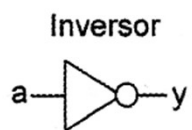


- Exemplo:

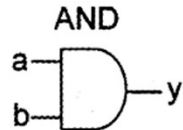


Circuitos digitais/lógicos

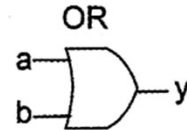
- Cada circuito digital realiza uma função binária



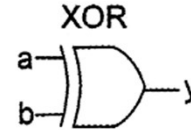
a	y
0	1
1	0



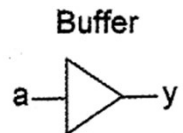
a	b	y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



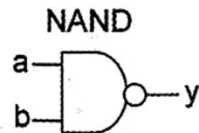
a	b	y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



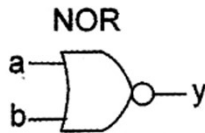
a	b	y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



a	y
0	0
1	1



a	b	y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

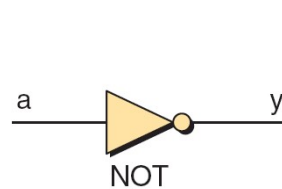


a	b	y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

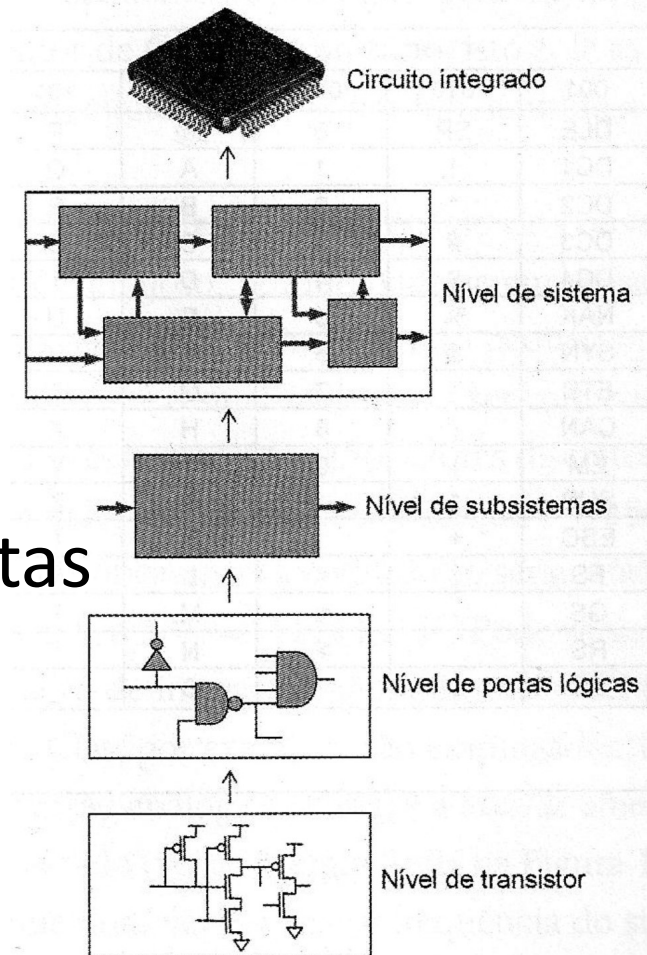
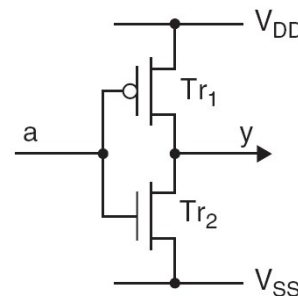


a	b	y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

- Usando transistores para construir portas

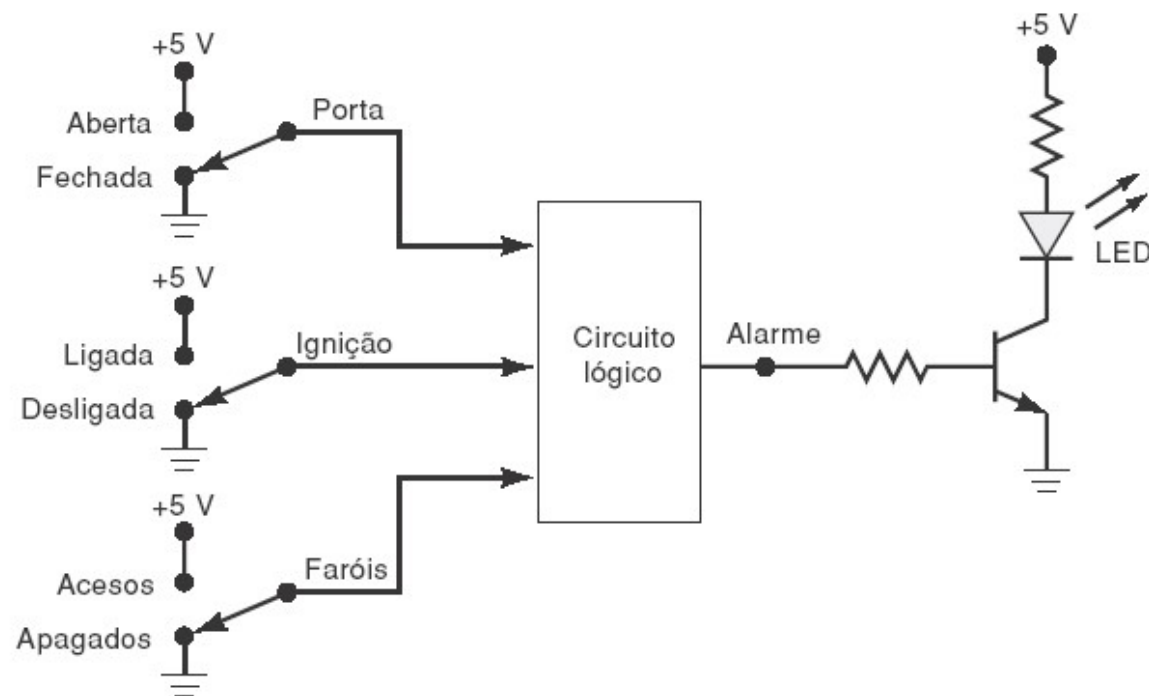


a	y
0	1
1	0



Exemplo: A Figura abaixo mostra um circuito de alarme de automóvel usado para detectar uma determinada condição indesejada. As três chaves são usadas para indicar, respectivamente, o estado da porta do motorista, o da ignição e ao estado dos faróis. Projete um circuito lógico com essas três chaves como entrada, de forma que o alarme seja ativado quando:

- Os faróis estão acessos e a ignição está desligada
- A porta está aberta e a ignição está ligada



Conversões binário/decimal

- Binário -> Decimal

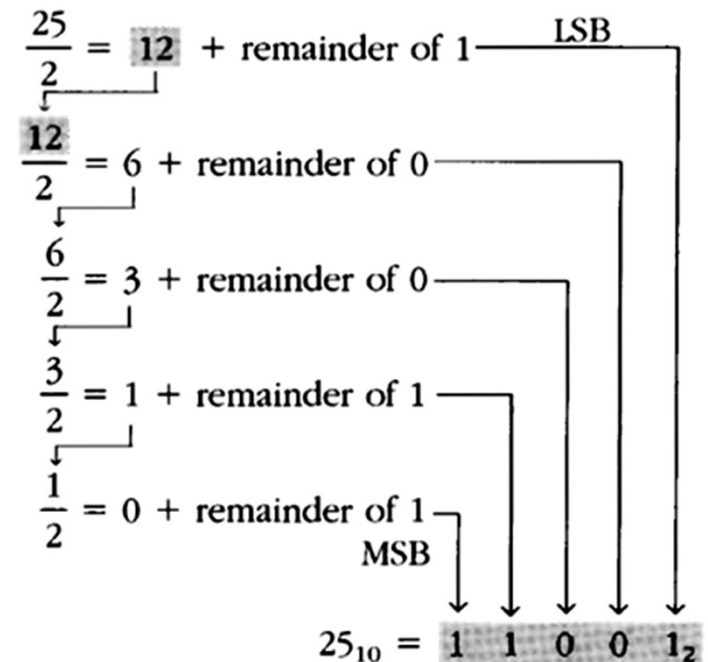
$$\begin{matrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 2^7 & + & 0 & + & 2^5 & + & 2^4 & + & 0 & + & 2^2 & + & 0 & + & 2^0 \end{matrix} = 181_{10}$$

- Decimal -> Binário

– Método 1

$$\begin{aligned} 45_{10} &= 32 + 8 + 4 + 1 = 2^5 + 0 + 2^3 + 2^2 + 0 + 2^0 \\ &= 1 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad 0 \quad 1_2 \end{aligned}$$

– Método 2 (*Divisões sucessivas*)



Sistema hexadecimal

- Representação mais compacta!
- Conversão hexa -> decimal

$$\begin{aligned} 356_{16} &= 3 \times 16^2 + 5 \times 16^1 + 6 \times 16^0 \\ &= 768 + 80 + 6 \\ &= 854_{10} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2AF_{16} &= 2 \times 16^2 + 10 \times 16^1 + 15 \times 16^0 \\ &= 512 + 160 + 15 \\ &= 687_{10} \end{aligned}$$

- Conversão decimal -> hexa

$$\begin{array}{l} \frac{423}{16} = 26 + \text{remainder of } 7 \\ \downarrow \\ \frac{26}{16} = 1 + \text{remainder of } 10 \\ \downarrow \\ \frac{1}{16} = 0 + \text{remainder of } 1 \end{array}$$

$423_{10} = 1A7_{16}$

Hexadecimal	Decimal	Binary
0	0	0000
1	1	0001
2	2	0010
3	3	0011
4	4	0100
5	5	0101
6	6	0110
7	7	0111
8	8	1000
9	9	1001
A	10	1010
B	11	1011
C	12	1100
D	13	1101
E	14	1110
F	15	1111



- Conversão hexa -> binário

$$\begin{aligned}
 9F2_{16} &= && 9 && F && 2 \\
 &&& \downarrow && \downarrow && \downarrow \\
 &= 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
 &= 100111110010_2
 \end{aligned}$$

- Conversão binário -> hexa

$$\begin{aligned}
 1110100110_2 &= \underbrace{00}_{3} \underbrace{1110100}_{A} \underbrace{110}_{6} \\
 &= 3A6_{16}
 \end{aligned}$$

- Contagem hexa

(a) 38, 39, 3A, 3B, 3C, 3D, 3E, 3F, 40, 41, 42

(b) 6F8, 6F9, 6FA, 6FB, 6FC, 6FD, 6FE, 6FF, 700

Aritmética digital

- Soma binária

- $0 + 0 = 0$

- $1 + 0 = 1$

- $1 + 1 = 10$ ou $0 + \text{carry}$

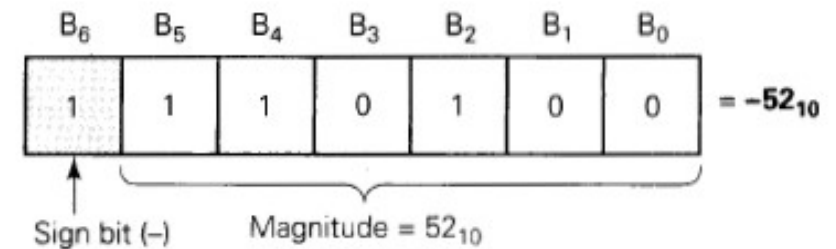
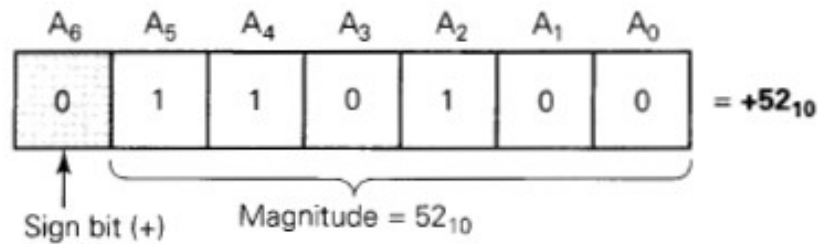
$$\begin{array}{r} 011 \text{ (3)} \\ + 110 \text{ (6)} \\ \hline 1001 \text{ (9)} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1001 \text{ (9)} \\ + 1111 \text{ (15)} \\ \hline 11000 \text{ (24)} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 11.011 \text{ (3.375)} \\ + 10.110 \text{ (2.750)} \\ \hline 110.001 \text{ (6.125)} \end{array}$$



- Representação de números com sinal



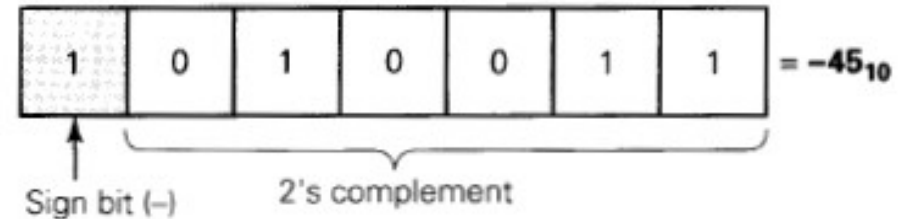
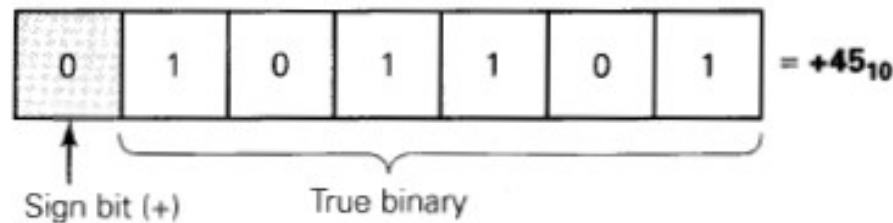
- Complemento de 2
 - Implementação “prática” da aritmética binária em hardware

$$\begin{array}{r}
 101101 \\
 010010 \\
 + \quad \quad 1 \\
 \hline
 010011
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 101100 \\
 010011 \\
 + \quad \quad 1 \\
 \hline
 010100
 \end{array}$$

- Representação de números com sinal usando complemento de 2

- Se nº “+” => 0 + forma direta binária
- Se nº “-” => 1 + forma complemento de 2



- Negação

- Converter nº “+” em seu equivalente “-” ou vice-versa
- Ex.:

00001001 => +9

11110111 (complemento 2) => -9

00001001 (negação - complemento 2) => +9

- Adição no sistema de complemento de 2

- Operação aplicada igualmente ao bit de sinal
- Mesma quantidade bits

– “+” e “+”

+9 →	0	1001	(augend)
+4 →	0	0100	(addend)
		0	1101
			(sum = +13)

↑
sign bits

– “+” > “-”

			sign bits	
+9 →	0	1001	(augend)	
-4 →	1	1100	(addend)	
		0	0101	

↑
This carry is disregarded; the result is 00101 (sum = +5).



– “-” > “+”

$$\begin{array}{r} -9 \rightarrow 10111 \\ +4 \rightarrow 00100 \\ \hline 11011 \quad (\text{sum} = -5) \\ \uparrow \text{negative sign bit} \end{array}$$

– “-” e “-”

$$\begin{array}{r} -9 \rightarrow 10111 \\ -4 \rightarrow 11100 \\ \hline 10011 \\ \uparrow \text{sign bit} \\ \uparrow \text{This carry is disregarded; the result is 10011 (sum} = -13\text{).} \end{array}$$

– *Iguais e sinais opostos*

$$\begin{array}{r} -9 \rightarrow 10111 \\ +9 \rightarrow 01001 \\ \hline 0 \quad 10000 \\ \uparrow \text{Disregard; the result is 00000 (sum} = +0\text{).} \end{array}$$



• Overflow aritmético

- Soma ou subtração de 2 n^o de mesmo sinal
- Circuito próprio para detecção

$$\begin{array}{rcl} +9 \rightarrow & \boxed{0} & 1001 \\ +8 \rightarrow & \boxed{0} & 1000 \\ \hline & \boxed{1} & \underbrace{0001} \end{array}$$

incorrect sign $\uparrow$ $\uparrow$ incorrect magnitude