

# ELETRÔNICA DIGITAL – SISTEMAS NUMÉRICOS

## Distinção entre o sistema digital e analógico:

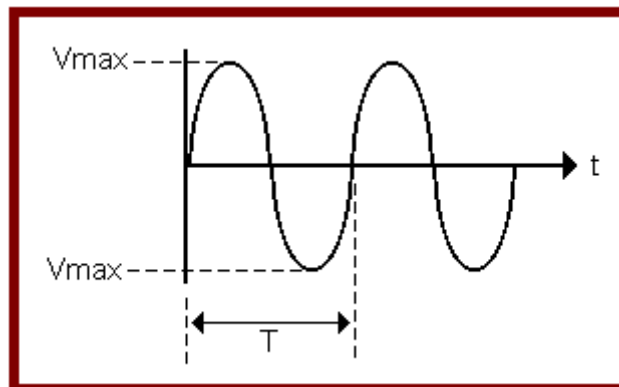
As técnicas e os sinais eletrônicos são divididos em dois ramos:

1. sinais analógicos
2. sinais digitais

### Sinal analógico:

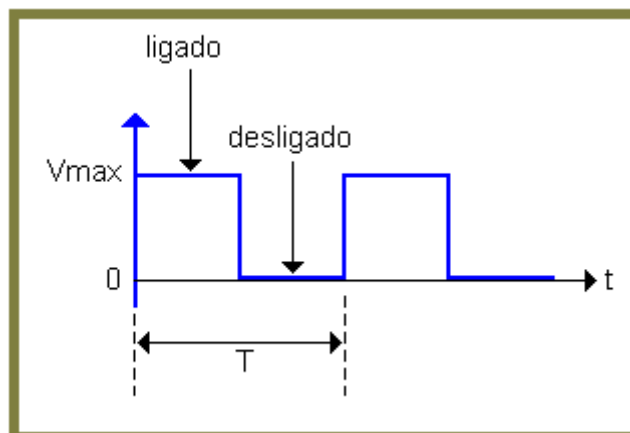
O sinal analógico varia de forma contínua em função do tempo, como por exemplo, uma tensão alternada, representada por uma onda senoidal, cuja variação é sempre contínua, variando do zero até um valor máximo positivo, retornando ao zero e variando a partir daí a um valor máximo negativo, retornando novamente ao zero.

Tudo isso ocorre durante um período, o qual denominamos "T". Veja a figura a seguir:



### Sinal digital:

O sinal digital varia através de passos distintos em função do tempo, como por exemplo, a saída de um manipulador de Código Morse, ou qualquer outro sistema que possui apenas duas condições distintas: LIGADO e DESLIGADO.



### RESUMINDO:

Quando nos referimos a um sinal analógico, podemos comparar com a tensão elétrica residencial, cuja frequência é de 60Hz. Isto significa que a variação dessa forma de onda é sempre contínua na unidade de tempo.

Quando nos referimos a um sinal digital, podemos estabelecer uma analogia a um determinado ambiente com uma lâmpada e um interruptor.

Acionando o interruptor podemos determinar as duas condições do ambiente: "iluminado" ou "não iluminado". Isto significa que o interruptor apresenta apenas duas condições: *ligado ou desligado*.

Veremos mais adiante, que na lógica binária a condição "ligado" é referida como nível lógico 1 e a condição "desligado" como nível lógico 0.

## SISTEMAS NÚMERICOS

### Sistema digital:

O sistema numérico que o ser humano entende é o "sistema decimal", que é composto de 10 dígitos que compreendem 0 a 9. Por isso é o sistema mais usado.

Esse sistema é chamado de sistema "base 10", baseando-se nas potências de 10, podendo dessa forma representar qualquer número ou quantidade.

Em Eletrônica Digital vamos estudar os sistemas de base 2, base 8 e base 16 respectivamente: sistema binário, sistema octal e sistema hexadecimal.

No entanto, para entender esses sistemas é necessário entender como podemos manipular o sistema decimal, que é o sistema nativo da linguagem humana.

Tomemos como exemplo o número decimal 5.716.

O dígito 5 é o mais significativo (MSD) e o dígito 6 o menos significativo (LSD).

*MSD = Most Significant Digit*

*LSD = Least Significant Digit*

5.716

MSD LSD

A maneira mais comum de representar um número decimal é multiplicar cada dígito ou algarismo pela base, elevando-a a uma determinada potência. No sistema decimal, como já vimos é base 10.

Basta aplicar uma fórmula bem simples, associando-a ao MSD:

$$X^{n-1}$$

Onde:

$X$  é a base do sistema

$n$  é a quantidade de dígitos do número

Teremos então associado ao MSD:  $10^{4-1} \rightarrow 10^3$

Na medida em que os dígitos forem se tornando menos significativos, o índice da potência de 10 vai diminuindo, até terminar em  $10^0$ .

Veja como fica a decomposição do número 5.716

$$5 \times 10^3 = 5 \times 1.000 = \mathbf{5.000}$$

$$7 \times 10^2 = 7 \times 100 = \mathbf{700}$$

$$1 \times 10^1 = 1 \times 10 = \mathbf{10}$$

$$6 \times 10^0 = 6 \times 1 = \mathbf{6}$$

Somando  $5.000 + 700 + 10 + 6$ , teremos 5.716

*OBS: Qualquer número elevado à potência "0" é sempre igual a "1"*

Podemos também ao decompor o número 5.716, associar o LSD à potência de 10 elevada a "zero" ( $10^0$ ).

Neste caso, na medida em que os dígitos forem se tornando mais significativos, o índice da potência de 10 vai aumentando, porém, não deve ultrapassar  $10^{n-1}$ .

### Decompondo um número decimal fracionário:

Tomemos como exemplo o número decimal 268,24.

268 é a parte inteira do número e 24 é a parte decimal desse número.

$$\begin{array}{ccc} \mathbf{268,24} & & \\ \hline \downarrow & & \downarrow \\ \text{parte inteira} & & \text{parte fracionária} \end{array}$$

A novidade é que para a parte fracionária, ao primeiro dígito à direita da vírgula devemos associar em potência de 10 com índice negativo, começando a partir de -1 e incrementando sucessivamente até a quantidade dos dígitos fracionários.

Então, a parte inteira ficará assim:

$$2 \times 10^2 = 2 \times 100 = \mathbf{200}$$

$$6 \times 10^1 = 6 \times 10 = \mathbf{60}$$

$$8 \times 10^0 = 8 \times 1 = \mathbf{8}$$

Decompondo a parte fracionária:

$$2 \times 10^{-1} = 2 \times 1/10 = 2 \times 0,1 = \mathbf{0,2}$$

$$4 \times 10^{-2} = 2 \times 1/100 = 4 \times 0,01 = \mathbf{0,04}$$

Somando:  $200 + 60 + 8 + 0,2 + 0,04$ , teremos: **268,24**

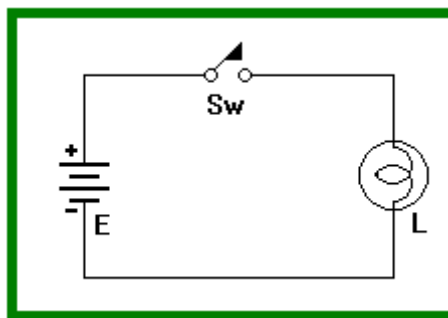
### Sistema binário:

Em virtude de sua extraordinária simplicidade, o sistema binário é muito utilizado no processamento de informações em computadores, equipamentos digitais de transmissão e recepção, vídeo games, seletores de canais de TV, enfim, inúmeras aplicações.

É um sistema que possui apenas 2 estados, 0 ou 1.

Enquanto que no sistema decimal temos que representar 10 estados (0 a 9) no sistema binário é muito mais simples, pois esses estados podem ser representados por qualquer componente ou circuito eletrônico do tipo "liga-desliga".

Se considerarmos um circuito eletrônico bem simples, composto de uma chave (interruptor) e uma lâmpada, conforme ilustra a figura abaixo, teremos;



Chave aberta = NL 0	Lâmpada apagada = NL 0
Chave fechada = NL 1	Lâmpada acesa = NL 1

O sistema binário deve ter muito bem caracterizado o seu dígito mais significativo e o menos significativo, que passaremos a denominar "bit". Assim teremos: LSB (Least Significant Bit) e MSB (Most Significant Bit).

101101

↓

**MSB**

↓

**LSB**

No entanto, o ser humano não entende a linguagem binária, a não ser que a mesma seja convertida em linguagem decimal.

Da mesma forma um computador não entende a linguagem decimal, ou seja, só opera com linguagem binária. Assim, é preciso fazer as conversões *binário-decimal* e *decimal-binário* para que ocorra um processo operacional.

Este processo denomina-se conversão entre bases.

### **Conversão do sistema binário para o sistema decimal (base 2 para base 10)**

A menos que no enunciado seja especificada a base de um sistema, o mesmo deve ser identificado por um subíndice e isto vale para qualquer base.

**11011**<sub>2</sub> ← Base do sistema

**11011**<sub>16</sub> ← Base do sistema

#### **Exemplo 1: Converter para base 10 o binário 110101**

O binário 110101 possui 6 dígitos (6 bits). O bit da extrema esquerda é o mais significativo (MSB) e o da extrema direita o menos significativo (LSB), como acontece no sistema de numeração decimal.

Devemos então associar ao MSB →  $X^{n-1}$

$$X = 2 \text{ (base do sistema)}$$
$$n = 6 \text{ (quantidade de bits)}$$

teremos então:  $2^5$

$$\begin{aligned} 1 \times 2^5 &= 1 \times 32 = 32 \\ 1 \times 2^4 &= 1 \times 16 = 16 \\ 0 \times 2^3 &= 0 \times 8 = 0 \\ 1 \times 2^2 &= 1 \times 4 = 4 \\ 0 \times 2^1 &= 0 \times 2 = 0 \\ 1 \times 2^0 &= 1 \times 1 = 1 \end{aligned}$$

$$\text{Somando: } 32 + 16 + 4 + 1 = 53$$

$$110101_2 = 53_{10}$$

Podemos também associar ao LSB a base do sistema elevada a zero ( $2^0$ ).

Para facilitar a conversão, apresentamos a seguir uma tabela de potência de 2.

$2^0 = 1$	$2^{11} = 2.048$
$2^1 = 2$	$2^{12} = 4.096$
$2^2 = 4$	$2^{13} = 8.192$
$2^3 = 8$	$2^{14} = 16.384$
$2^4 = 16$	$2^{15} = 32.768$
$2^5 = 32$	$2^{16} = 65.536$
$2^6 = 64$	$2^{17} = 131.072$
$2^7 = 128$	$2^{18} = 262.144$
$2^8 = 256$	$2^{19} = 524.288$
$2^9 = 512$	$2^{20} = 1.048.576$
$2^{10} = 1.024$	

Observe que à medida que a potência é incrementada em 1, o resultado dobra.

### Bit, nibble e byte

**Bit = a menor unidade de informação binária**

**Nibble = conjunto de 4 bits**

**Byte = conjunto de 8 bits**

Na tabela mostrada acima,  $2^{10}$  = corresponde a 1 kilobit (quilobit) e  $2^{20}$  corresponde a 1 megabit.

### Exemplo 2: Converter para base 10 o binário 100000001

O binário em questão possui 9 bits. Logo, ao MSB associa-se  $2^{9-1} = 2^8$   
Ao LSB associa-se então  $2^0 = 1$

Consultando a tabela,  $2^8 = 256$

Logo o resultado da conversão corresponde ao decimal **257** ( $256 + 1$ )

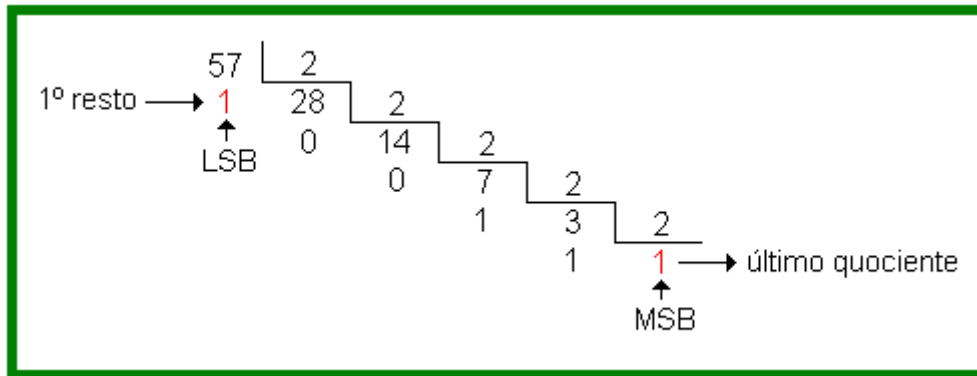
### Conversão do sistema decimal para o sistema binário (base 10 para base 2)

Consideremos como exemplo o número decimal 57.

Para a conversão para a base 2, o mesmo deve ser dividido sucessivamente por 2, de tal forma que o resto de cada divisão não deve ser maior do que 1 (o resto só pode assumir valores 0 ou 1).

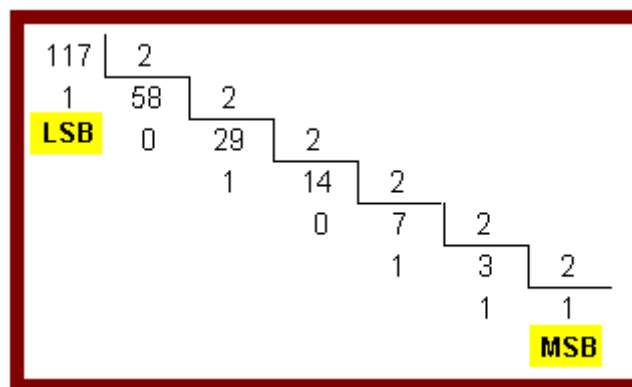
A leitura é feita a partir do último quociente que é o bit mais significativo (MSB) e o bit menos significativo (LSB) é o primeiro resto.

Veja a seguir o diagrama do processo de divisão, onde o primeiro resto é o LSB e o último quociente é o MSB.



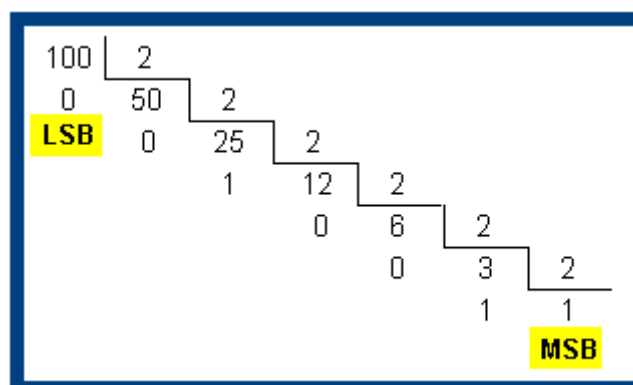
Assim,  $57_{10}$  equivale a  $111001_2$

### Exemplo 1: Converter para base 2 o decimal 117



$$117_{10} = 1110101_2$$

### Exemplo 2: Converter para base 2 o decimal 100



$$100_{10} = 1100100_2$$

## Números binários fracionários:

A exemplo de um número decimal, a decomposição de um número binário fracionário é feita de forma idêntica, ou seja, acrescenta-se à direita da vírgula potência negativa de 10, a partir do índice -1.

Supondo: o número binário 11,11

Convertendo para decimal, temos:

$$\begin{array}{c} \mathbf{11,11} \\ \hline \text{parte} \quad \text{parte} \\ \text{inteira} \quad \text{fracionária} \end{array}$$

Parte inteira:

$$\mathbf{1} \times 2^1 = 1 \times 2 = \mathbf{2}$$

$$\mathbf{1} \times 2^0 = 1 \times 1 = \mathbf{1}$$

Parte fracionária:

$$\mathbf{1} \times 2^{-1} = 1/2 = \mathbf{0,5}$$

$$\mathbf{1} \times 2^{-2} = 1/4 = \mathbf{0,25}$$

Parte inteira:  $2 + 1 = 3$

Parte fracionária:  $0,5 + 0,25 = 0,75$

$$11,11_2 = 3,75_{10}$$

### Exemplo: Converter para decimal o binário 10111,011

A parte inteira do binário possui 5 dígitos, logo, associaremos ao MSB  $2^{n-1} = 2^4$

A parte fracionária possui 3 bits, logo, associaremos imediatamente após a vírgula  $2^{-1}$ ,  $2^{-2}$  e  $2^{-3}$

Convertendo:

$$\mathbf{1} \times 2^4 = 1 \times 16 = \mathbf{16}$$

$$\mathbf{0} \times 2^3 = 0 \times 8 = \mathbf{0}$$

$$\mathbf{1} \times 2^2 = 1 \times 4 = \mathbf{4}$$

$$\mathbf{1} \times 2^1 = 1 \times 2 = \mathbf{2}$$

$$\mathbf{1} \times 2^0 = 1 \times 1 = \mathbf{1}$$

$$\mathbf{0} \times 2^{-1} = \mathbf{0}$$

$$\mathbf{1} \times 2^{-2} = 1/4 = \mathbf{0,25}$$

$$\mathbf{1} \times 2^{-3} = 1/8 = \mathbf{0,125}$$

Parte inteira = **23**; parte fracionária = **0,375**

$$\text{Assim: } 10111,011_2 = 23,375_{10}$$

OBS: para resolver um número com expoente negativo, basta invertê-lo e trocar a polaridade do expoente. Por exemplo:

$$2^{-3} = 1/2^3 = 1/8 = 0,125$$

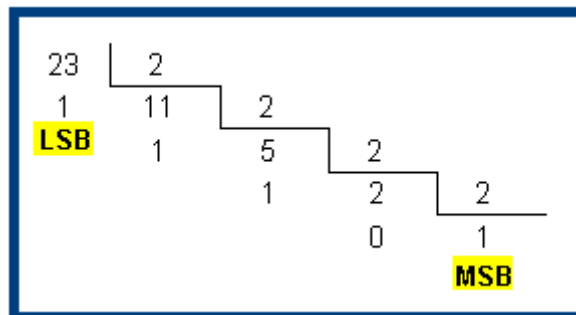
Veja a seguir uma tabela com expoentes negativos de -1 até -10, na base 2.



$2^{-1}$	0,5
$2^{-2}$	0,25
$2^{-3}$	0,125
$2^{-4}$	0,0625
$2^{-5}$	0,03125
$2^{-6}$	0,015625
$2^{-7}$	0,0078125
$2^{-8}$	0,00390625
$2^{-9}$	0,001953125
$2^{-10}$	0,0009765625

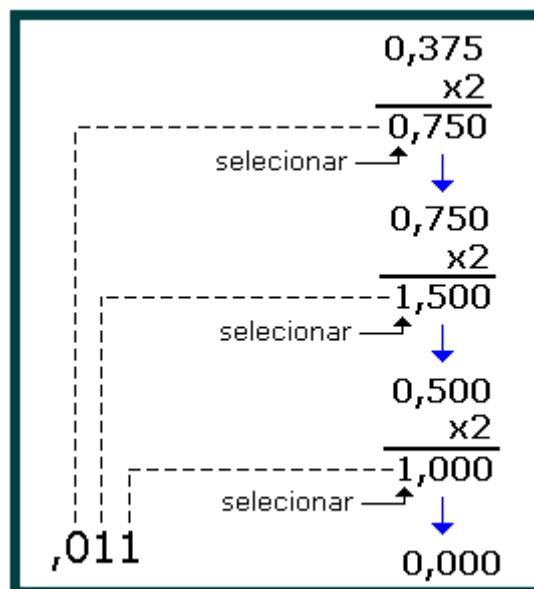
## Conversão do decimal fracionário para o binário:

Supondo o decimal 23,375. Para convertê-lo para binário, devemos primeiramente converter a parte inteira, no caso, 23.



$$23_{10} = 10111_2$$

Convertendo a parte fracionária 0,375:

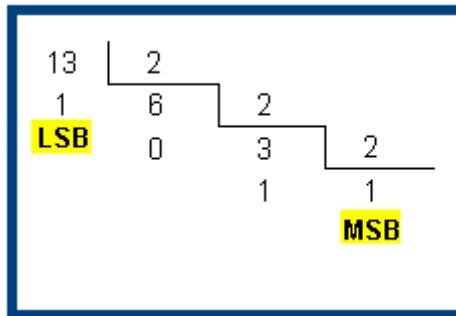


$$0,375_{10} = 0,011_2$$

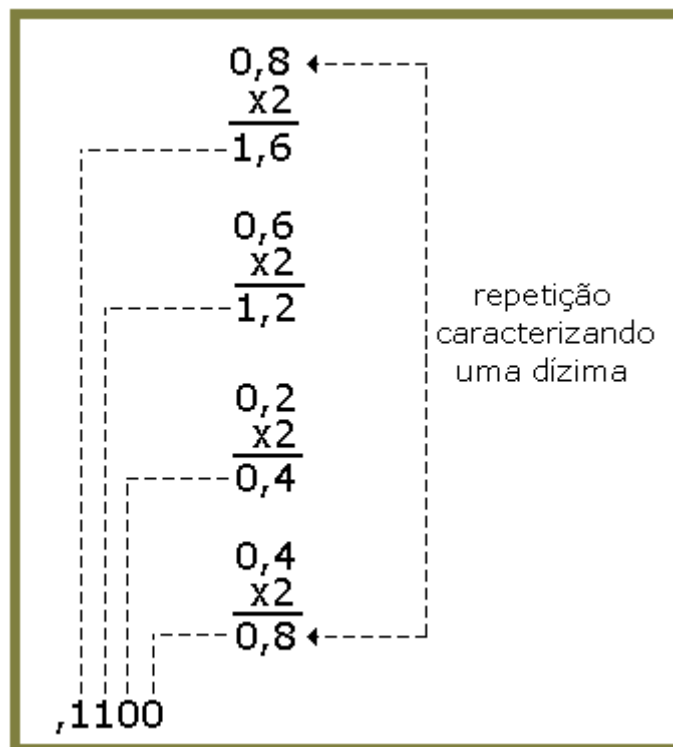
$$\text{Portanto: } 23,375_{10} = 10111,011_2$$

**Exemplo: Converter em binário o número decimal 13,04**

Convertendo a parte inteira do número:



Convertendo a parte fracionária



Portanto:  $14,8_{10} = 1110,1100110011001100..._2$

## SISTEMA OCTAL

O sistema octal possui 8 dígitos, de 0 a 7. Assim, qualquer número cuja base é 8, pode ser expresso em potência de 8.

O processo para a conversão de bases é idêntico ao que foi visto anteriormente, exceto que neste caso utilizaremos potências de 8, por ser sistema de base 8 (octal).

Tomemos como exemplo o número 231 na base octal ( $231_8$ )

Para converter para base 10, basta associar ao MSB,  $X^{n-1}$  neste caso,  $8^2$ .

Convertendo:

$$2 \times 8^2 = 2 \times 64 = 128$$

$$3 \times 8^1 = 3 \times 8 = 24$$

$$1 \times 8^0 = 1 \times 1 = 1$$

$$\text{Portanto: } 231_8 = 153_{10}$$

Para facilitar o cálculo das conversões, podemos construir uma tabela com potências de 8, conforme mostrado abaixo de  $8^1$  até  $8^8$ , lembrando que qualquer número elevado à potência 0 é igual a 1.

$$8^1 = 8$$

$$8^2 = 64$$

$$8^3 = 512$$

$$8^4 = 4.096$$

$$8^5 = 32.768$$

$$8^6 = 262.144$$

$$8^7 = 2.097.152$$

$$8^8 = 16.777.216$$

### Exemplo: Converter para o sistema decimal o número na base octal 1.130

Tendo o número 4 dígitos, então associaremos ao MSB,  $8^3$ .

$$1 \times 8^3 = 1 \times 512 = 512$$

$$1 \times 8^2 = 1 \times 64 = 64$$

$$3 \times 8^1 = 3 \times 8 = 24$$

$$0 \times 8^0 = 0 \times 1 = 0$$

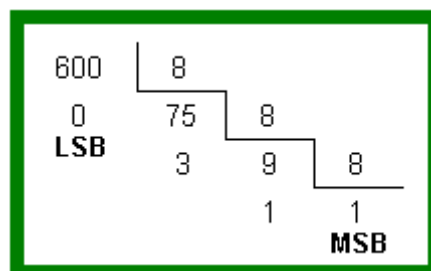
$$\text{Portanto: } 1.130_8 = 600_{10}$$

### Fazendo a conversão do sistema decimal para o sistema octal:

Seguindo os métodos anteriores, basta dividir o número decimal sucessivamente por 8, que é o base do sistema.

Os restos e o último quociente não podem ser maiores do que 7.

Vamos então inverter o processo de conversão do último exercício, convertendo 600 base decimal ( $600_{10}$ ) para base octal.



$$600_{10} = 1.130_8$$

# SISTEMA HEXADECIMAL

É atualmente o sistema mais utilizado em computação. É formado por 16 dígitos alfanuméricos, conhecido como sistema de base 16. Veja a equivalência entre o sistema decimal e hexadecimal:

DECIMAL	HEXADECIMAL
0	0
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	A
11	B
12	C
13	D
14	E
15	F

O processo de conversão é análogo ao visto anteriormente, porém a base é 16.

Por exemplo: Converter para o sistema decimal o número hexadecimal 118.

O número possui 3 dígitos, logo, associaremos ao MSB:  $X^{n-1} = 16^2$

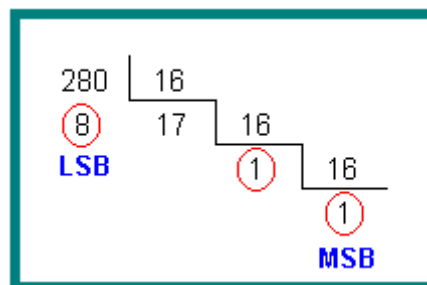
$$1 \times 16^2 = 1 \times 256 = 256$$

$$1 \times 16^1 = 1 \times 16 = 16$$

$$8 \times 16^0 = 8 \times 1 = 8$$

$$118_{16} = 280_{10}$$

Invertendo o processo, ou seja, convertendo 280 decimal para base 16, basta dividir sucessivamente por 16.



O primeiro resto é o LSB ou LSD e o último quociente é o MSB. Ambos não podem ser maiores do que 15.

$$\text{Portanto: } 280_{10} = 118_{16}$$

$$\begin{aligned}
16^1 &= 16 \\
16^2 &= 256 \\
16^3 &= 4.096 \\
16^4 &= 65.536 \\
16^5 &= 1.048.576 \\
16^6 &= 16.777.216 \\
16^7 &= 268.435.456 \\
16^8 &= 4.294.967.296
\end{aligned}$$

**Exemplo: Converter para o sistema decimal o número hexadecimal 2FC7**

No sistema hexadecimal temos:

$$\begin{aligned}
F &= 15 \\
C &= 12
\end{aligned}$$

$$\begin{array}{c}
2 \ (15)(12)7 \\
\uparrow \quad \uparrow \\
F \quad C
\end{array}$$

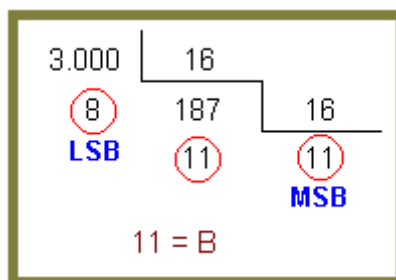
O número possui 4 bits ou dígitos, logo, associaremos ao MSB:  $16^3$

Convertendo:

$$\begin{aligned}
2 \times 16^3 &= 2 \times 4.096 = 8.192 \\
15 \times 16^2 &= 15 \times 256 = 3.840 \\
12 \times 16^1 &= 12 \times 16 = 192 \\
7 \times 16^0 &= 7 \times 1 = 7
\end{aligned}$$

$$\text{Portanto: } 2FC7_{16} = 12.231_{10}$$

**Converter o número decimal 3.000 para base hexadecimal**



$$3.000_{10} = BB8_{16}$$