Sistemas Digitais

Aula 01 - Conceitos introdutórios e sistema de numeração

Apresentação

Nesta aula, você terá a oportunidade de entender o que é um sistema digital, suas vantagens, como trabalhar com esse tipo de sistema, bem como as diferenças existentes entre esses sistemas digitais e os sistemas analógicos. Também vai entender como trabalhamos com o sistema de numeração, binário, hexadecimal, ASCII e muito mais. Esses conceitos serão fundamentais para o andamento da nossa disciplina.

Vídeo 01 - Apresentação

Objetivos

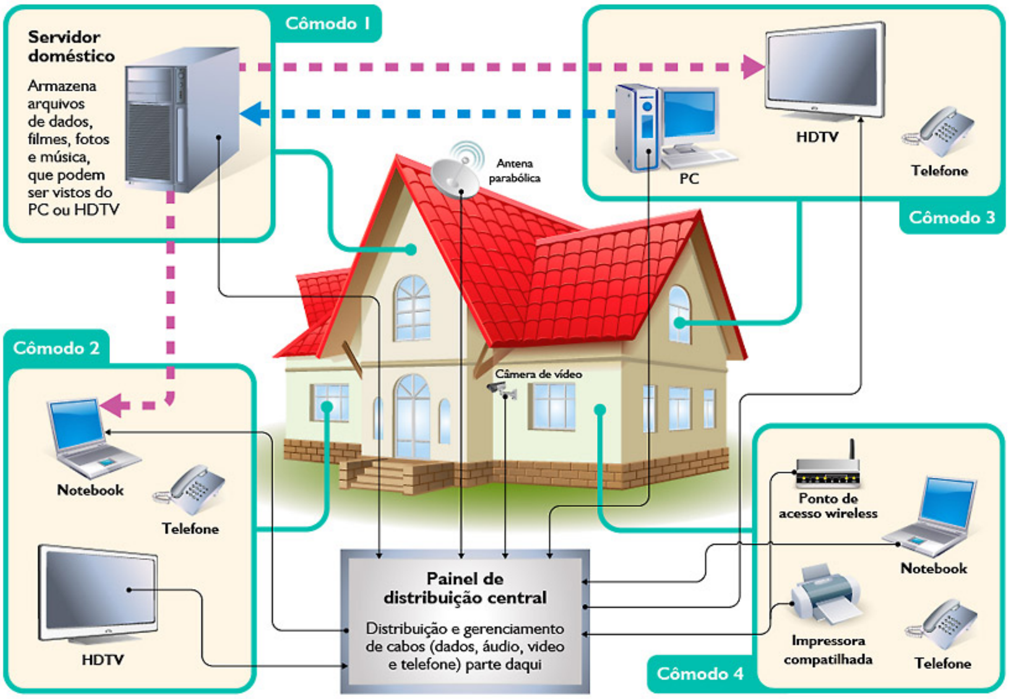
Após estudar esta aula, você será capaz de:

- Fazer distinção entre os sistemas analógicos e digitais e citar vantagens e desvantagens dos sistemas;
- Reconhecer as características básicas do sistema de numeração decimal, binário e hexadecimal;
- Converter um número em um sistema de numeração no seu equivalente em qualquer outro sistema de numeração;
- Representar números decimais usando código BCD;
- Compreender o propósito dos códigos alfanuméricos, como código ASCII.

Ponto de partida

Antes de iniciarmos a nossa aula, observe a figura a seguir:

Figura 01 - Os aparelhos digitais e a possibilidade da interconexão entre eles



Fonte: Fonte: <http://www.designwiring.com/>. Acesso em: 8 jul. 2010.

A Figura 1 mostra alguns dos dispositivos eletrônicos que estão em uma casa. Esses dispositivos são todos digitais e podem estar todos interligados. Hoje, podemos ter internet na nossa televisão. Podemos ter uma rede de comunicação em casa onde interligamos impressoras, notebooks, segurança eletrônica, telefone. Podemos ainda, navegando pela internet, acessar as câmeras de segurança e ver a situação da nossa casa.

Circuitos Digitais

Para chegarmos ao assunto propriamente dito da nossa primeira aula, precisamos entender a diferença entre uma quantidade analógica e uma quantidade digital. Sabemos que é muito importante representarmos uma quantidade, assim veremos a importância dos números, que nada mais são do que os símbolos de uma linguagem, chamada matemática, que nos ajuda a representar essas quantidades. A necessidade de contar fez com que construíssemos uma linguagem, representada por padrões: os números. Podemos representar de várias maneiras, mas podemos citar essas quantidades ou esses números de duas formas: analógica ou digital.

Representação Analógica

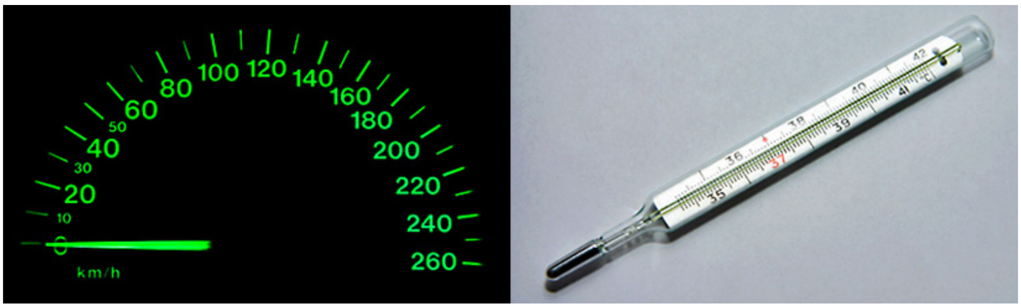
A representação analógica é uma quantidade representada por um indicador proporcional continuamente variável. Existem dois exemplos que vão ilustrar para você esse conceito facilmente (**Figura 2**).

Pense no velocímetro do carro, no qual a posição do ponteiro representa a velocidade, seguindo com alterações quando diminuímos ou aumentamos a velocidade do carro.

Outro exemplo seria o termômetro de mercúrio. Esse é o termômetro que mais usamos quando estamos com febre, constituído de uma coluna de mercúrio, cuja altura varia de acordo com o corpo do paciente ou ambiente onde é inserido.

Nos dois exemplos, podemos notar que as quantidades físicas (velocidade e temperatura) estão sendo associadas a um indicador puramente mecânico. Essas quantidades têm uma importante característica, pois variam ao longo de uma faixa contínua de valores.

Figura 02 - Velocímetro e Termômetro de mercúrio

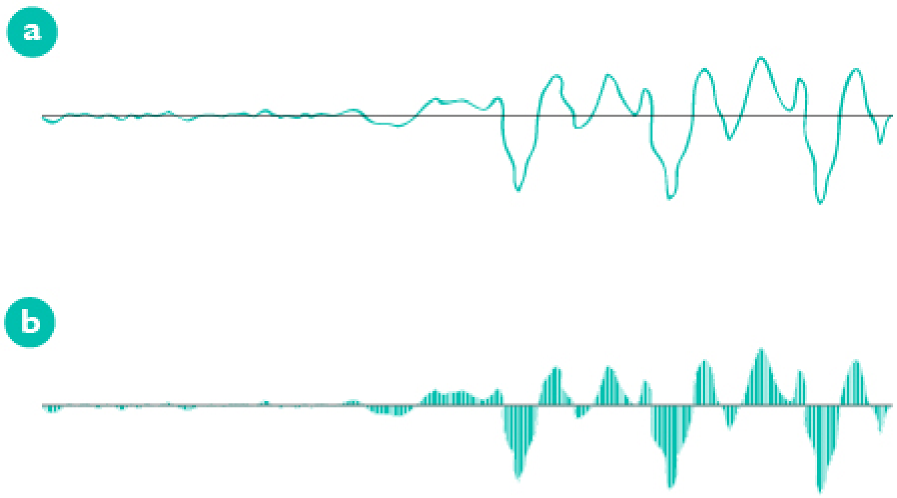


Fonte: <http://static.hsw.com.br/gif/speedometer-1.jpg/>; <http://kostadealhabaite.blogspot.com/2007/07/era-uma-vez-um-termmetro-de-mercrio.html>. Acesso em: 27 abr. 2012.

Representação Digital

Na representação digital, as quantidades não são representadas por quantidades proporcionais, mas por símbolos denominados dígitos. Ou seja, o tempo em um relógio analógico varia de forma contínua, enquanto em um relógio digital, os números variam em saltos ou degraus, ou seja, de uma maneira discreta. Assim, podemos dizer que a maior diferença entre analógico e digital é o sinal. A representação do analógico é contínua, enquanto que a representação digital é por amostragem ou por pontos discretos no tempo com amplitude também discreta. Veja uma ilustração dessas representações na Figura 3.

Figura 03 - (a) Sinal sonoro contínuo e (b) Sinal sonoro representado por amostras ou pontos discretos



Fonte: Oppenhein e Shafer (1998)

Como você já sabe, é cada vez maior o interesse por aplicações em eletrônica de natureza digital, ou seja, utilizar técnicas digitais para aprimorar funções que antes eram realizadas por sistemas analógicos. Vamos ver a seguir alguns dos motivos que fazem isso acontecer:

1. Os sistemas digitais são, geralmente, mais fáceis de serem implementados. Isso porque os circuitos trabalham com circuitos de chaveamento. O controle remoto da sua TV, por exemplo, internamente, tem um circuito digital. Os circuitos digitais trabalham apenas com dois valores (‘0’ — nível baixo = 0 Volts) ou (‘1’ — nível alto = 5 Volts), e não com valores exatos

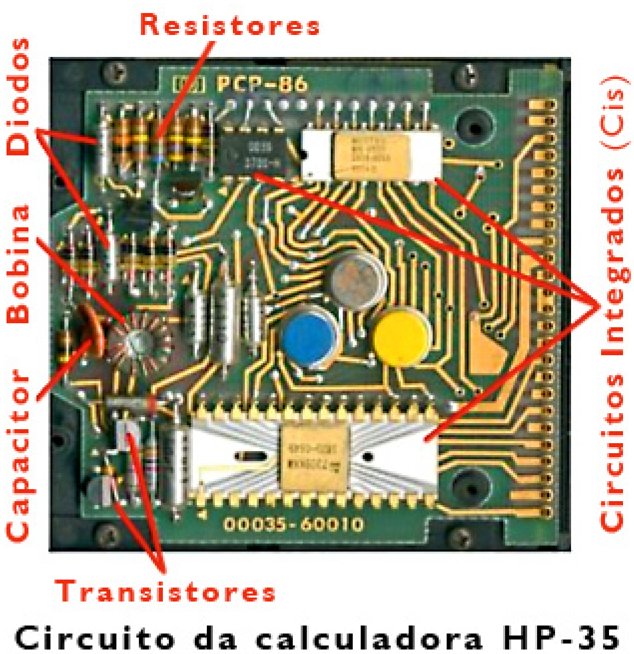
de voltagem ou tensão como operam os circuitos analógicos, e por isso mesmo também são menos suscetíveis a ruídos.

2. Armazenamento da informação é mais fácil, porque as técnicas digitais podem armazenar uma quantidade muito grande de bits por longos períodos de tempo.

3. Maior precisão e exatidão do sistema. Depois que o valor é convertido para binário ou bits, dificilmente essa informação se perderá ou sofrerá deteriorização, diferente das tensões ou correntes que podem ser distorcidas devido à variação de temperatura ou, por exemplo, umidade.

4. As operações podem ser programadas e os circuitos integrados podem ser fabricados replicando exatamente o mesmo circuito sem ocorrer variações no projeto. Os circuitos analógicos têm dispositivos como capacitores de alto valor, resistores de precisão, indutores e transformadores (Figura 4) que não podem ser integrados em um único chip. Olhando a Figura 4, você pode perceber que temos circuitos integrados, ou seja, circuitos dentro de um mesmo chip, e temos os capacitores, os resistores, os diodos que não podem ser colocados em uma mesma pastilha de silício ou chip.

Figura 04 - Exemplo de circuito da calculadora HP-35, onde temos capacitor, indutores (bobina), diodos, resistores



Fonte: <http://circuitosanalogicos.blogspot.com/>. Acesso em: 17 ago. 2010.

Agora é óbvio que, apesar de muitas vantagens, existem também as desvantagens que podemos concentrar em duas razões.

Em primeiro lugar, o nosso mundo na verdade é analógico, pois quando, por exemplo, você fala e grava a sua voz, o gráfico resultante terá valores de tons e de altura que não são apenas “0” ou “1“, mas teremos vários valores para a altura da voz. E isso se repete no controle de temperatura do ar condicionado, em que temos valores de 0 até 30 graus, por exemplo. Assim, temos que sempre realizar a conversão de analógico para digital e depois devemos devolver ao meio o sinal analógico, realizando a conversão então de digital para analógico.

Isso implica em mais tempo de processamento e na inserção de módulos adicionais que adicionam custo ao projeto. Como no nosso mundo atual os sistemas são cada vez mais digitais, temos que estudar como essa tecnologia influencia os nossos projetos e como na realidade podemos trabalhar com componentes e circuitos digitais no ambiente analógico que vivemos. O primeiro passo será entendermos o sistema de numeração digital.

Vídeo 02 - Representação Numérica

Atividade 01

1. Cite alguns objetos digitais e analógicos que você conhece.
2. Depois disso, compare os objetos digitais dos analógicos. Quais são as principais diferenças de um em relação ao outro?
3. Para você, por que as pessoas estão preferindo usar objetos com representação digital? Quais são as facilidades? Você também consegue ver alguma desvantagem?

Sistema de Numeração Digital

Existem muitos sistemas de numeração em tecnologia digital. Os mais comuns são os sistemas binário, octal, decimal e hexadecimal. O decimal é o mais conhecido, pois é uma ferramenta que usamos todos os dias. Você vai entender agora cada um deles.

Sistema Decimal

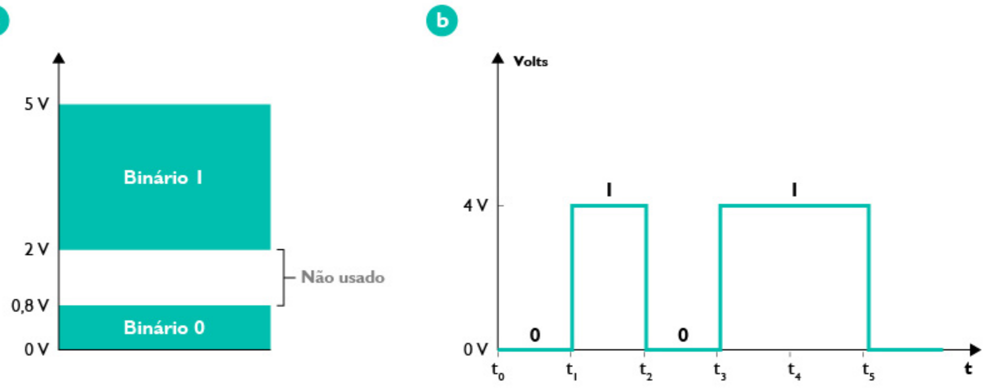
O sistema decimal é composto por 10 numerais ou símbolos. Esses 10 símbolos são $0,\ 1,\ 2,\ 3,\ 4,\ 5,\ 6,\ 7,\ 8,\ 9$. Utilizando esses números como dígitos, podemos formar qualquer quantidade. O sistema decimal é posicional, no qual o valor do dígito depende da posição que ocupa. Por exemplo: considere o número $24,35$. Esse número é na realidade igual a 2 dezenas mais 4 unidades mais 3 décimos e cinco centésimos, ou $(2 \times 10) + (4 \times 1) + (3 \times 0,1) + (5 \times 0,01)$. A vírgula decimal é utilizada para separar a parte inteira da parte fracionária. Podemos dizer que o número 2 é o dígito mais significativo (usamos a notação MSB que em inglês significa **Most Significant Bit** — Dígito Mais Significativo) e o número 5 é o dígito menos significativo (usamos a notação do inglês LSB — **Least Significant Bit** — Dígito Menos Significativo).

Ou seja, podemos dizer que qualquer número é simplesmente uma soma de produtos do valor de cada dígito pelo seu valor posicional (peso).

O sistema decimal não é conveniente para implementarmos um sistema digital, pois seria muito difícil projetar um equipamento eletrônico que operasse com dez níveis diferentes de tensão (cada um representando um caractere decimal, 0 a 9). Por outro lado, se pensarmos em um sistema com dois níveis de tensão, o sistema digital operará com um sistema de numeração de binário, ou seja, de base 2 (**Figura 5**)

Sistema Binário

Figura 05 - (a) Valores típicos em um sistema digital e (b) Diagrama de tempo de um sinal digital



Fonte: Tocci, Widmer e Moss (2007).

No sistema binário, há apenas dois símbolos ou valores possíveis para os dígitos: 0 e 1. Esse sistema pode ser usado para representar qualquer quantidade que possa ser representada em decimal ou em qualquer outro sistema. Alguns sistemas digitais manipulam e armazenam informações em binários, em grupo de 8 bits, a que chamamos de byte.

Tudo o que foi mencionado para o sistema decimal também é válido para o sistema binário. Também é um sistema de valor posicional, em que cada dígito tem um valor que depende de sua posição, expresso em potência de dois. Conforme podemos notar no exemplo a seguir:

$$1011,101 \text{ (base 2)} \ = \ 1011,101_2$$

$$= (1 \ \times 2^3) + (0 \times 2^2) + (1 \times 2^1) + (1 \times 2^0)$$
$$+ (1 \times 2^{-1}) + (0 \times 2^{-2}) + (1 \times 2^{-3})$$

No sistema binário, o termo *dígito binário* é quase sempre abreviado com o uso do termo bit, que usaremos deste ponto em diante. Da mesma maneira que o sistema digital, no sistema binário temos o bit mais significativo que, neste caso, é o 1, localizado na primeira posição da esquerda para direita ($1011,101$), e o menos significativo, também representado por 1, localizado na última posição da esquerda para a direita ($1011,101$).

Vídeo 03 - Sistema de Numeração Digital I

Conversão Binário para Decimal

É muito importante fazermos a conversão de binário para decimal, pois, por exemplo, em uma calculadora, os números usados para fazer os cálculos são binários, mas enviamos um número decimal e depois recebemos também um número decimal como resposta. Assim, existe a necessidade de sabermos como essa conversão se processa. Para ilustrar, vamos realizar o seguinte exemplo:

$$(1 \quad 0 \;\; 0 \;\; 1 \;\; 1)_2$$

$$(1 \times 2^4) + (0 \times 2^3) + (0 \times 2^2) + (1 \times 2^1) +$$
$$(1 \times 2^0) = 16 + 0 + 0 + 2 + 1 = 19_{10}$$

Conversão Decimal para Binário

Existem duas maneiras de converter um número decimal inteiro para binário. O primeiro método é o inverso do que realizamos anteriormente. Assim, o número decimal é expresso por uma soma de potência de dois, e o número 1 e 0 são colocados nas posições correlatas dos bits. Vamos observar este exemplo:

$$(45)_{10} = 32 + 8 + 4 + 1$$

$$= 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 +$$
$$0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = (1\,0\,1\,1\,0\,1)_2$$

Atividade 02

---

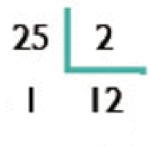
1. Converta $(10110101)_2$ em sua representação decimal.
2. Converta $(76)_{10}$ em sua representação binária:

Conversão Decimal para Binário

O segundo método se baseia em divisões sucessivas por 2. O número será escrito de modo inverso, considerando o resto das divisões que será 1 ou zero. Observe que o primeiro resto será o número menos significativo (LSB) e o último será o número será o número mais significativo (MSB). Temos um exemplo na Figura 6, que demonstra com clareza esse método.

O número 25 está na base 10. Vamos converter para a base, dividindo por 2 cinco vezes até obtermos zero no final. O resto de cada divisão formará o número binário, do qual o bit mais significativo (MSB) será o resto da última divisão ('1') e o bit menos significativo (LSB) será o resto da primeira divisão (25/12) que você realizou.

Figura 06 - Conversão de decimal para binário



É muito importante fazer a seguinte observação: se usarmos N bits, podemos contar 2^N diferentes números em decimal (0 até $2^N - 1$). Por exemplo, para N = 4, podemos contar de $(0000)_2$ até $(1111)_2$, que corresponde aos decimais de $(0)_{10}$ a $(15)_{10}$, em um total de 16 números diferentes. Neste caso, o valor maior que o número decimal pode assumir é $2^4 - 1 = 15$ e existem 2^4 números diferentes.

Sistema de Numeração Hexadecimal

O sistema de numeração hexadecimal usa a base 16. Assim, ele tem 16 símbolos possíveis para os dígitos. Ele utiliza os dígitos de 0 até 9 e as letras A, B, C, D, EeF. As posições recebem potências de 16, assim como o decimal recebe potência de 10 e o binário recebe potência de 2.

Esse sistema é muito utilizado para a comunicação dos valores numéricos, ou seja, geraria muita confusão se quiséssemos nos comunicar com outra pessoa informando os números em binário. Por exemplo: é mais difícil de entender vários zeros e uns (01110) do que a letra "E", que é o "01110" em hexadecimal, que corresponde a "01110", em binário.

Assim, os números hexadecimais são utilizados devido à facilidade de conversão entre binário e hexadecimal e vice e versa (Figura 7).

Figura 7 — Conversão entre hexadecimal e binário

$$(9F2)_{16} = \overbrace{1001}^{9}\ \overbrace{1111}^{F}\ \overbrace{0010}^{2}$$

$$= (100111110010)_2$$

Lembre-se que representamos os números de 0 até 9 e depois as letras representando de 10 até 15 ($A,\ B,\ C,\ D,\ E$ e F).

Conversão de Hexadecimal para Decimal

Primeiro, vamos trabalhar a conversão hexadecimal para decimal. Vamos pegar como exemplo o número $(356)_{16}$. Cada posição do número será multiplicado por 16 elevado ao número da posição do mesmo número (3 vezes 16 elevado a dois (posição do 3), mais 5 vezes 16 elevado a um (posição do 5), mais 6 vezes 16 elevado a zero(posição do 6)).

$$(356)_{16} = 3 \times 16^2 + 5 \times 16^1 + 6 \times 16^0$$

$$= 768 + 80 + 6 = (854)_{10}$$

Agora, pratique: $(2AF)_{16} = (687)_{10}$

Conversão de Decimal para Hexadecimal

A conversão de decimal para hexadecimal também se dará por divisões sucessivas, mas agora divisões por 16 e o resto constituirá o novo número da base 16 (hexa). Veja o exemplo da Figura 8. Utilize a Tabela 1 para saber o valor dos decimais em hexadecimal.

Figura 08 - Conversão de decimal para hexadecimal

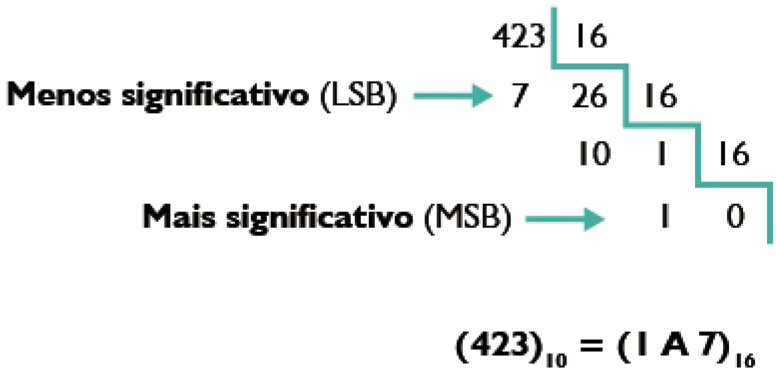


Tabela 1 - Números em decimal e seu equivalente em hexadecimal

Decimal	Hexadecimal
0	0
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6

Decimal	Hexadecimal
7	7
8	8
9	9
10	A
11	B
12	C
13	D
14	E
15	F

Atividade 03

1. Converta os seguintes números para suas respectivas representações em hexadecimal:
    a. $(21419)_{10}$
    b. $(253)_{10}$
    c. $(175048)_{10}$
    d. $(22222)_{10}$

Conversão de hexadecimal para binário

A conversão de hexadecimal para binário é relativamente simples porque basta converter cada dígito em hexadecimal ao seu correspondente em binário utilizando, obrigatoriamente, 4 bits. Mesmo que o número não precise de 4 bits, utiliza-se os 4 bits. Veja a Tabela 2 para realizar a conversão. Vamos a um exemplo prático.

Para converter $\mathrm{F7}A_{16}$ para binário, basta converter separadamente "F" para binário, depois "7" para binário e "A" para binário. Lembre-se de sempre utilizar 4 bits para cada dígito. Após a conversão, basta juntá-los mantendo a ordem original. Ou seja, pela Tabela 2 sabemos que:

$$F_{16} = 1111_2$$

$$7_{16} = 0111_2$$

$$A_{16} = 1010_2$$

Tabela 2 — Representação dos números em hexadecimal para a conversão em binário

Binário	Hexadecimal
0000	0
0001	1
0010	2'
0011	3
0100	4
0101	5

Binário	Hexadecimal
0110	6
0111	7
1000	8
1001	9
1010	A
1011	B
1100	C
1101	D
1110	E
1111	F

Atividade 04

1. Converta os seguintes números para suas respectivas representações em binário:
    1. $(BA6)_{16}$
    2. $(FFFF)_{16}$
    3. $(ABCDE)_{16}$
    4. $(23FD)_{16}$

Conversão de Binário para Hexadecimal

Na conversão de binário para hexadecimal fazemos de maneira inversa a anterior. Lembrando-se de primeiro separar o número em grupos de quatro, começando da direita para a esquerda e, se necessário, completar o último grupo com zeros, se não estiver o grupo completo com quatro números.

Para realizar a conversão, é indicado conhecer as conversões dos números binários de 4 bits (0000 a 1111) e seus dígitos hexadecimais equivalentes (olhe a **tabela 3**). Uma vez que isso esteja fluindo facilmente, você fará as conversões bem rapidamente. Você pode perceber que é muito mais conveniente trabalharmos com hexadecimal, pois se tivermos, por exemplo, que realizar uma conferência entre duas listas de memória, será muito melhor compararmos 60 números do tipo $6E67$ do que do tipo 0110111001100111. Assim, mostramos a vantagem de trabalhar com o número hexadecimal, mas não podemos esquecer que os circuitos digitais trabalham com 0s e 1s.

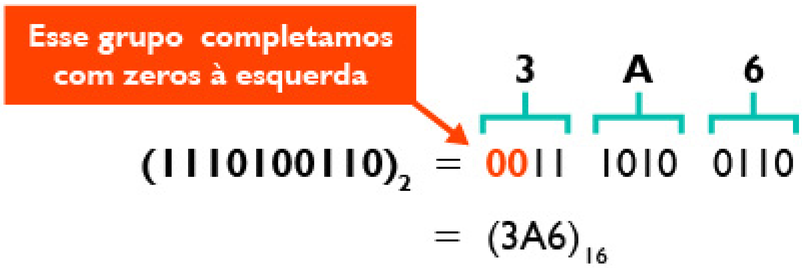


Tabela 3 — Representação dos números binários para a conversão em hexadecimal.

Decimal	Binário	Hexadecimal
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2

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

Atividade 05

1. Converta os seguintes números para suas respectivas representações em hexadecimal:
    1. $(101011111)_2$

2. $(11111111)_2$
3. $(01010101)_2$
4. $(1100110011)_2$

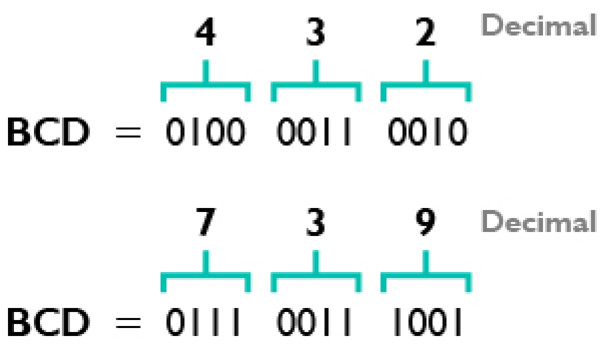
Código BCD

O mundo trabalha basicamente com números decimais e com os circuitos digitais de dois bits (0 e 1). Assim, vemos que constantemente temos que ficar realizando as conversões entre essas medidas, o que pode torná-las longas e complicadas. Para facilitar essa situação, foi desenvolvido o código Decimal Codificado em Binário (**Binary Coded Decimal** — BCD) que estabelece uma relação entre o número binário e o número decimal.

Cada dígito de um número decimal será representado pelo seu equivalente binário. Como o dígito decimal pode ter no máximo o valor 9, são necessários 4 bits para codificar cada palavra, como vemos nos dois exemplos da Figura 9, onde cada dígito é convertido em binário utilizando, obrigatoriamente, 4 bits.

Seguem dois exemplos. Cada dígito é convertido em binário, como é mostrado a seguir:

Figura 09 - Representação de decimais em BCD



Como podemos observar na Tabela 2, são apenas utilizados os números de 4 bits de 0000 até 1001, que representam de 0 até 9 e não utilizamos os números de 10 até 15, que são: 1010, 1011, 1100, 1101, 1110 e 1111, respectivamente. Se por acaso algum desses números proibidos aparecer, teremos um erro. É importante ressaltar que um número em código BCD não é igual a um número em binário. Quer uma prova? Se convertemos 12_{10} para binário temos 1100_2, enquanto que em BCD é 00010010_{BCD}.

Tabela 4 — Representação dos números decimais adicionando o código BCD

Decimal	Binário	Hexadecimal	BCD
0	0000	0	0000
1	0001	1	0001
2	0010	2'	0010
3	0011	3	00011
4	0100	4	00100
5	0101	5	0101
6	0110	6	0110
7	0111	7	0111
8	1000	8	1000
9	1001	9	1001
10	1010	A	0001 0000
11	1011	B	0001 0001
12	1100	C	0001 0010
13	1101	D	0001 0011

Decimal	Binário	Hexadecimal	BCD
14	1110	E	0001 1011
15	1111	F	0001 0101

Vídeo 04 - Sistema de Numeração Digital II

Código Alfanumérico – ASCII

Antes de maio de 1961, a maioria dos sistemas de computadores tinha uma maneira particular de representar os caracteres alfanuméricos. Foi proposto o uso de um código comum, a fim de possibilitar a comunicação entre os computadores e objetivando permitir a troca de dados entre máquinas de diferentes tipos e fabricantes. Assim, foi desenvolvido o "**American Standard Code for Information Interchange**" (Código Padrão Norte Americano para Intercâmbio de Informações), hoje conhecido como código ASCII.

O ASCII é um código numérico usado para representar os caracteres, entendido por quase todos os computadores, impressoras e programas de edição de texto, que usam a escala do decimal 0 a 127.

O código permite a utilização de caracteres, cujos símbolos não aparecem no teclado. É importante notar que há apenas 95 caracteres que podem ser impressos. E eles são numerados de 32 a 126, pois os primeiros códigos (de 0 a 31) foram reservados para caracteres de controle, ou seja, para controlar funções ou equipamentos. Como, por exemplo, o número 24 representa a função "cancel", e o número 27 representa a função "escape" determinada pela tecla <ESC>, encontrada no canto superior esquerdo nos teclados.

A Tabela 3 representa uma parte da tabela ASCII. Existem vários sites com a descrição da tabela, como exemplo <http://www.asciitable.com/.>

Tabela 5 - Parte de uma tabela ASCII

Decimal	**Binário**	**Hexadecimal**	**Caractere**
97	0110 0001	61	a
98	0110 0010	62	b
99	0110 0011	63	c
100	0110 0100	64	d
101	0110 0101	65	e
102	0110 0110	66	f
103	0110 0111	67	g
104	0110 1000	68	h
91	0101 1011	5B	[
92	0101 1100	5C	\
93	0101 1101	5D	]
94	0101 1110	5E	^
95	0101 1111	5F	-
126	0111 1110	7E	~

Fonte: Tocci, Widmer e Moss (2007).

Na próxima aula, vamos ver como são constituídos os circuitos digitais, quais são as componentes básicas de um circuito digital, que são chamados de portas lógicas. Quais são as funções dessas portas e como elas trabalham.

Resumo

Nesta aula, você começou o seu estudo sobre os sistemas digitais. Começou também a ver a representação analógica e digital, como o mundo digital está presente em nosso cotidiano e a sua importância. Em seguida, viu que a natureza de um número digital é representada apenas por “0s” e “1s” e na nossa vida real trabalhamos com números decimais que têm uma infinidade de valores.

Um exemplo disso é o controle remoto do ar condicionado, que internamente é um circuito digital, ou seja, trabalha com ‘0’ e ‘1’, mas, quando colocamos no controle a temperatura desejada, digitamos, por exemplo, 18, que não é um número digital. Assim, aprendemos que temos que converter o nosso mundo analógico para o digital. Por essa razão, vimos os sistemas de numeração digital, que são o decimal, binário e hexadecimal, e aprendemos como se faz a conversão de um sistema para o outro. Além disso, também foram apresentados os códigos BCD e alfanumérico.

Autoavaliação

1. Converta os seguintes números binários para decimal:
    a. 10110_2
    b. 10010101_2
2. Converta os seguintes números decimais para binários:
    a. 37_{10}
    b. 14_{10}
3. Converta hexadecimal em seu equivalente decimal:
    a. 743_{16}
    b. 165_{16}
4. Converta de decimal para hexadecimal:

a. 59_{10}

b. 919_{10}

5. Codifique os números decimais para BCD:

a. 47_{10}

b. 187_{10}

6. Converta os números a seguir que estão em BCD para decimal:

a. 00010011_{BCD}

7. Quantos bits estão contidos em 8 bytes?
8. Qual é o maior número hexa que pode ser representado com quatro bits?
9. Quantos bytes são necessários para formar uma palavra de 24 bits?
10. Quantos bits são necessários para representar, em BCD, um número decimal de 8 dígitos?

Referências

CIRCUITOS analógicos: blog. Circuitos impressos e integrados em computadores. 29 ago. 2009. Disponível em: <http://circuitosanalogicos.blogspot.com/>. Acesso em: 27 abr. 2012.

DESIGN WIRING. Disponível em: <http://www.designwiring.com>. Acesso em: 27 abr. 2012.

O CÓDIGO ASCII. Disponível em: <http://pt.kioskea.net/contents/base/ascii.php3>. Acesso em: 27 abr. 2012.

OPPENHEIN, Alan; SHAFER. Discrete-time signal processing. New York: Prentice Hall, 1998.

TOCCI, Ronald; WIDMER, Neal S.; MOSS, Gregory L. Sistemas digitais: princípios e aplicações. 10. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2007.

WIKIPÉDIA. ASCII. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/ASCII>. Acesso em: 27 abr. 2012.