

Capítulo I–Introdução

Profa. Eliete Caldeira

Conceitos básicos

- ▶ Sinal analógico ou contínuo: pode assumir um de um número infinito de valores possíveis
 - Ex: A temperatura ambiente é um sinal contínuo
- ▶ Sinal digital ou discreto: em cada momento pode assumir apenas um de uma série finita de valores possíveis.
 - Ex: O número de dedos que alguém mostra com suas mãos é discreto

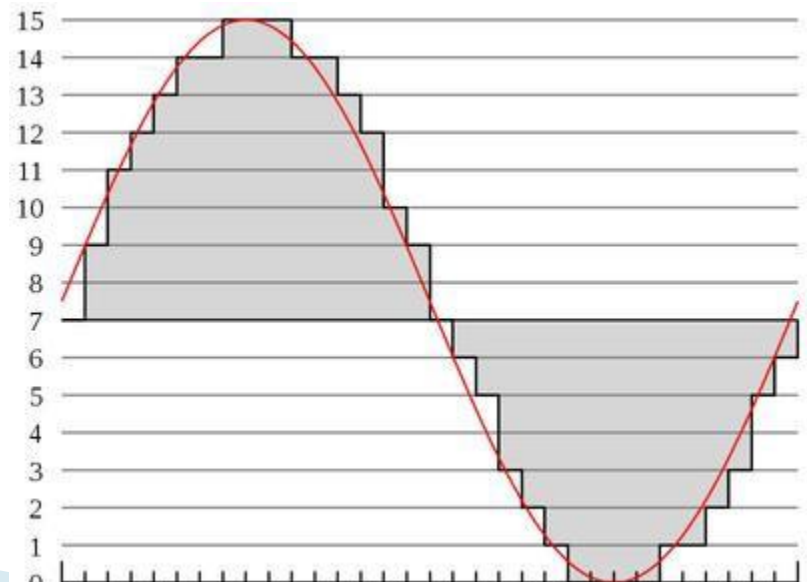


Conceitos básicos

- ▶ Em eletrônica digital usamos sinais que podem assumir apenas dois valores possíveis, como ON ou OFF, 1 ou 0

Conceitos básicos

- ▶ Sinal digital elimina problemas com variações nos valores analógicos
- ▶ A precisão depende do número de níveis (resolução) e da frequência de amostragem do sinal analógico
- ▶ Maior ou menor resolução resulta em maior ou menor número de dígitos na quantização



Conceitos básicos

► Sinais analógicos e digitais

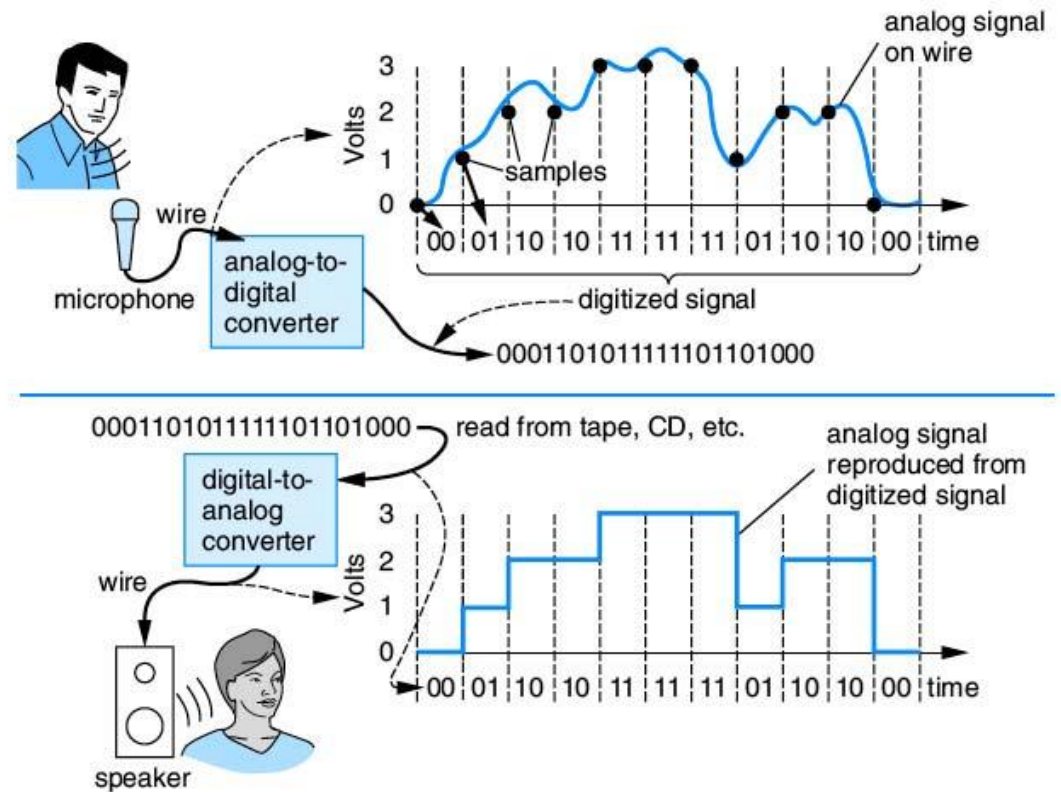
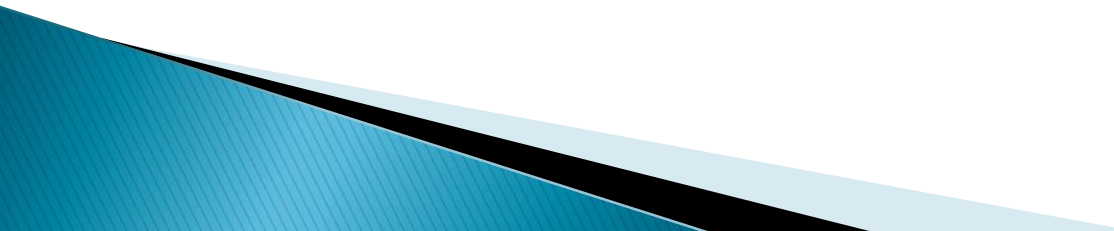


Figure 1.1 Converting an analog signal to a digital signal (top), and vice versa (bottom). Notice some quality loss in the reproduced signal.

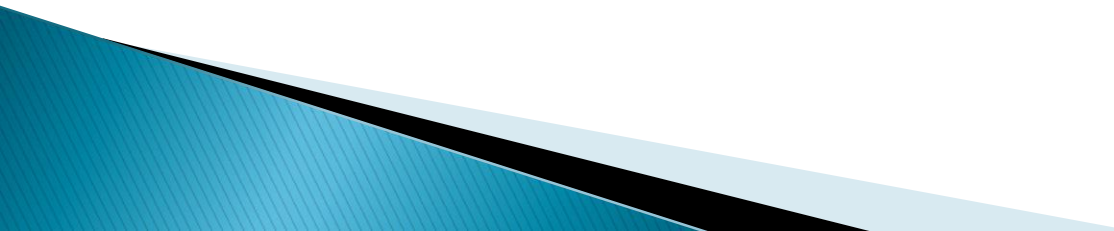
Conceitos básicos

- ▶ Os sinais com apenas dois valores são ditos binários
 - ▶ Um sistema digital recebe sinais digitais na entrada e gera sinais digitais na saída
 - ▶ Um circuito digital conecta componentes que juntos formam um sistema digital
 - ▶ Um único sinal binário é conhecido como dígito binário ou apenas *bit* (*binary digit*)
- 

Conceitos básicos

- ▶ Circuitos digitais são a base para computadores
 - As entradas digitais neste caso são letras e números recebidos de arquivos ou teclados, e a saída pode ser letras ou números para serem armazenados em arquivos ou mostrados no monitor.
- ▶ Circuitos digitais são a base para muito mais:
 - Celulares, controladores de automóveis, câmeras fotográficas e de vídeo, TVs, vídeo games, instrumentos musicais, etc.

Conceitos básicos

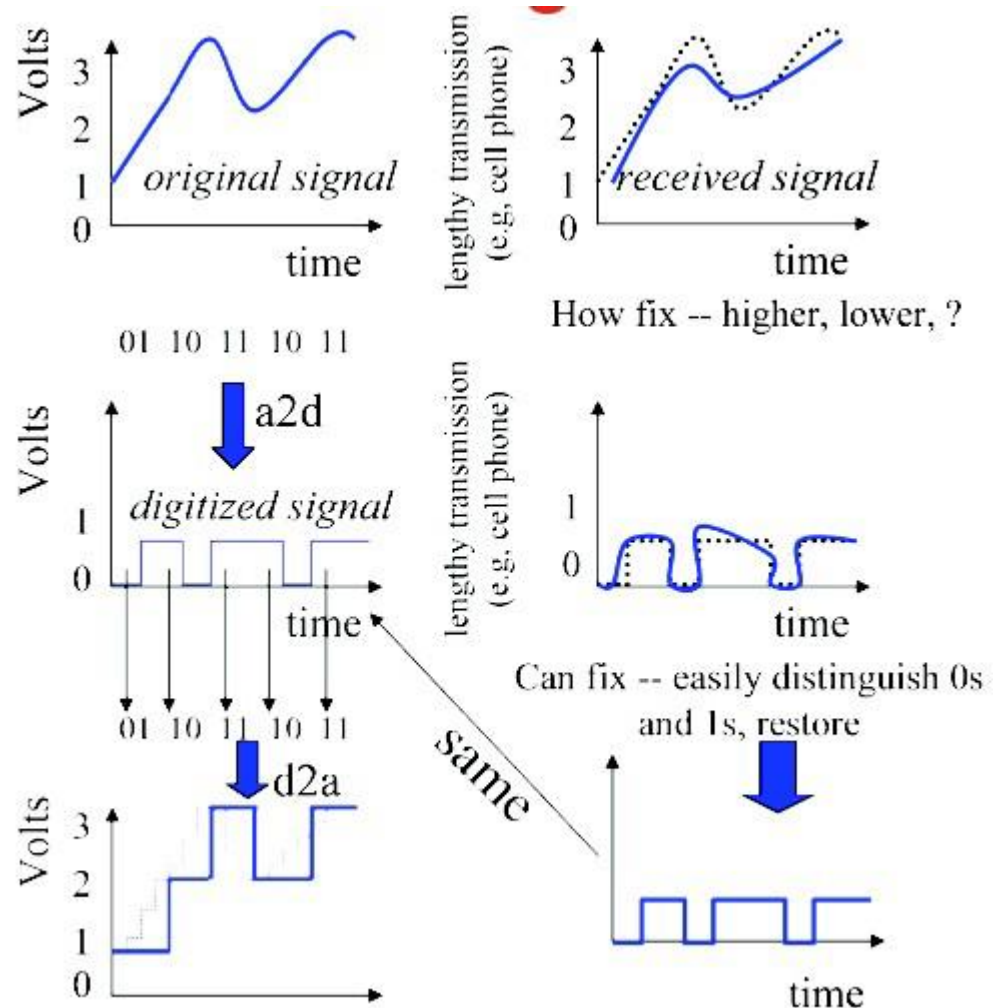
- ▶ Em muitos destes sistemas, o sistema digital está embarcado ou embutido (*embedded system*) dentro de outro dispositivo eletrônico
 - ▶ O mundo é em grande parte analógico, assim os sinais precisam ser convertidos de analógico para digital, processados no sistema digital e convertidos de volta para analógico para atuar no mundo
- 

Conceitos básicos

- ▶ Vantagens da digitalização
 - Os sinais digitais são facilmente gerados, manipulados e armazenados
 - Podem ser transmitidos sem perda de informação
 - Os sinais armazenados em forma digital não se deterioram ao longo do tempo como os sinais analógicos
 - Os sinais digitalizados podem ser armazenados de forma comprimida

Conceitos básicos

- ▶ Detalhes da transmissão de sinais analógicos e digitais
- ▶ Os sinais digitais podem ser restaurados após a recepção, os analógicos não



Especificação de um sistema combinacional

- ▶ Sistema combinacional pode ser representado por uma função:

$$z = F(x)$$

- ▶ Especificação de um sistema combinacional
 - Entradas – x ;
 - Saídas – z ;
 - F – função que relaciona entradas e saídas.
- ▶ É necessário codificar as entradas para que o sistema digital possa processar as informações. E depois decodificar a saída.

Códigos digitais e números binários

- ▶ Como codificar fenômenos analógicos?

Códigos digitais e números binários

- ▶ Sensores ou transdutores geram sinal elétrico análogo ao sinal físico
- ▶ Conversor Analógico/Digital (A2D) gera código digital a partir de um sinal elétrico analógico
- ▶ Sistema Digital processa o sinal digital gerando uma saída também digital
- ▶ Conversor Digital/Analógico (D2A) gera um sinal (pseudo) analógico a partir do código
- ▶ Atuadores convertem sinal analógico de saída em fenômeno físico
 - Alguns sensores geram saída digital diretamente

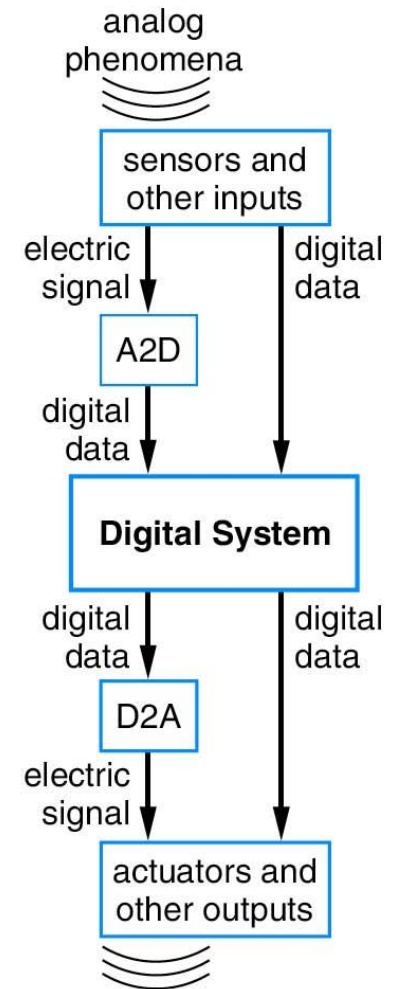


Figure 1.3 A typical digital system.

Códigos digitais e números binários

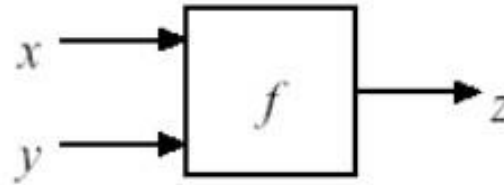
- ▶ Como codificar fenômenos digitais?

Códigos digitais e números binários

- ▶ Sensor de movimento: gera saída de V_{DD} V se houver movimento e 0 V caso contrário
- ▶ Sensor de luz: gera saída 0 V quando está escuro e V_{DD} caso contrário
- ▶ Botão: gera uma saída V_{DD} quando o botão é pressionado e 0 V caso contrário
- ▶ Usando lógica positiva:
 - V_{DD} V corresponde ao nível lógico 1
 - 0 V corresponde ao nível lógico 0

Códigos digitais e números binários

- ▶ Lógica positiva e negativa



POSITIVE LOGIC

$V_H \longleftrightarrow 1$

$V_L \longleftrightarrow 0$

NEGATIVE LOGIC

$V_H \longleftrightarrow 0$

$V_L \longleftrightarrow 1$

Input voltages		Output voltage	Positive logic		Negative logic	
x	y	z	x	y	z	z
V_L	V_L	V_L	0	0	0	1
V_L	V_H	V_L	0	1	0	1
V_H	V_L	V_L	1	0	0	1
V_H	V_H	V_H	1	1	1	0
			$f = \text{AND}$		$f = \text{OR}$	

Códigos digitais e números binários

- ▶ Codificação do botão
 - Pressionado $\Rightarrow 1$
 - Não-pressionado $\Rightarrow 0$
- ▶ Código do teclado
 - Nenhuma tecla $\Rightarrow 000$
 - Red $\Rightarrow 001$
 - Blue $\Rightarrow 010$
 - Green $\Rightarrow 011$
 - Black $\Rightarrow 100$
 - Este código supõe que os botões não podem ser pressionados simultaneamente

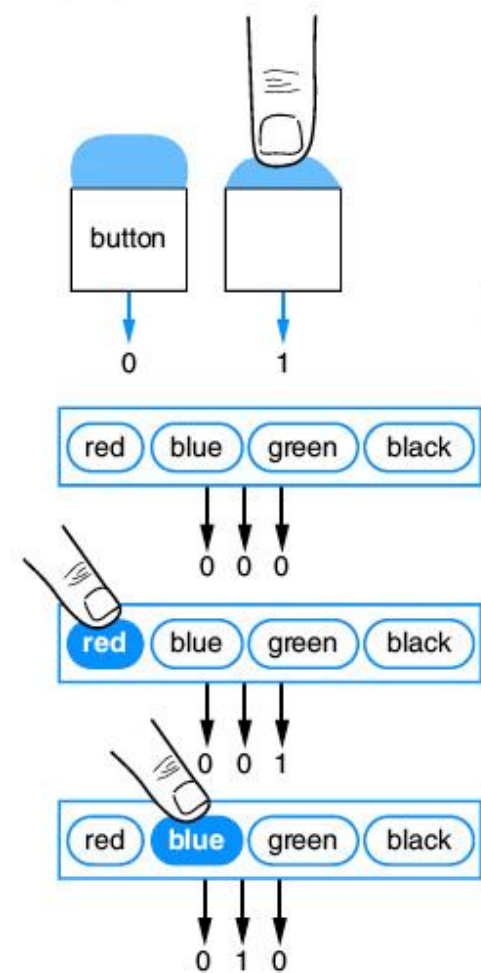


Figure 1.4 Keypad encodings.

Códigos digitais e números binários

- ▶ Codificação de letras e caracteres:
 - ASCII – *American Standard Coding for Information Interchange*
 - EBCDIC, Unicode e outros

Symbol	Encoding
R	1010010
S	1010011
T	1010100
L	1001100
N	1001110
E	1000101
0	0110000
.	0101110
<tab>	0001001

Symbol	Encoding
r	1110010
s	1110011
t	1110100
l	1101100
n	1101110
e	1100101
9	0111001
!	0100001
<space>	0100000

Figure 1.5 Sample ASCII encodings.

Códigos digitais e números binários

- ▶ Como codificar números inteiros positivos?

$$\begin{array}{ccccc} & & 5 & 2 & 3 \\ \hline & & 10^2 & 10^1 & 10^0 \\ 10^4 & 10^3 & & & \end{array}$$

Figure 1.6 Base ten number system.

- ▶ $5 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 3 \times 10^0 = 523_{10}$
- ▶ $1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 5_{10}$

$$\begin{array}{ccccc} & & 1 & 0 & 1 \\ \hline & & 2^2 & 2^1 & 2^0 \\ 2^4 & 2^3 & & & \end{array}$$

Figure 1.7 Base two number system.

$$\begin{array}{ccccc} & & 1 & 0 & 1 \\ \hline & & 4 & 2 & 1 \\ 16 & 8 & & & \end{array}$$

Figure 1.8 Base two number system.

Códigos digitais e números binários

- Conversão de decimal para binário método de subtração:

	<u>Decimal</u>	<u>Binary</u>	
1. Put 1 in highest place Try place 16, too big (16>12) Next place, 8, is highest (8<12)	12	X $\frac{1}{16}$ $\frac{0}{8}$ $\frac{0}{4}$ $\frac{0}{2}$ $\frac{0}{1}$	(current value is 8)
2. Update decimal number Decimal not zero, return to Step 1	$\frac{-8}{4}$		
1. Put 1 highest place Next place, 4, is highest (4=4)		$\frac{1}{16}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{0}{2}$ $\frac{0}{1}$	(current value is 12)
2. Update decimal number Decimal number is zero, done.	$\frac{-4}{0}$		

Figure 1.9 Converting the decimal number 12 to binary using the subtraction method.

Códigos digitais e números binários

	<u>Decimal</u>	<u>Binary</u>	
1. Put 1 in highest place Place 32 too big, but 16 works.	23	$\frac{1}{16}$ $\frac{0}{8}$ $\frac{0}{4}$ $\frac{0}{2}$ $\frac{0}{1}$	(current value is 16)
2. Update decimal number Decimal not zero, return to Step 1	$\frac{-16}{7}$		
1. Put 1 in highest place Next place is 8, too big (8>7) 4 works (4<7)		$\frac{1}{16}$ $\frac{0}{8}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{0}{2}$ $\frac{0}{1}$	(current value is 20)
2. Update decimal number Decimal number not zero, return to Step 1	$\frac{-4}{3}$		
1. Put 1 in highest place Next place is 2, works (2<3)		$\frac{1}{16}$ $\frac{0}{8}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{0}{1}$	(current value is 22)
2. Update decimal number Decimal not zero, return to Step 1	$\frac{-2}{1}$		
1. Put 1 in highest place Next place is 1, works (1=1)		$\frac{1}{16}$ $\frac{0}{8}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{1}$	(current value is 23)
2. Update decimal number Decimal number is zero, done	$\frac{-1}{0}$		

Figure 1.10 Converting the decimal number 23 to binary using the subtraction method.

Códigos digitais e números binários

- Conversão de decimal para binário método de divisões sucessivas por 2:

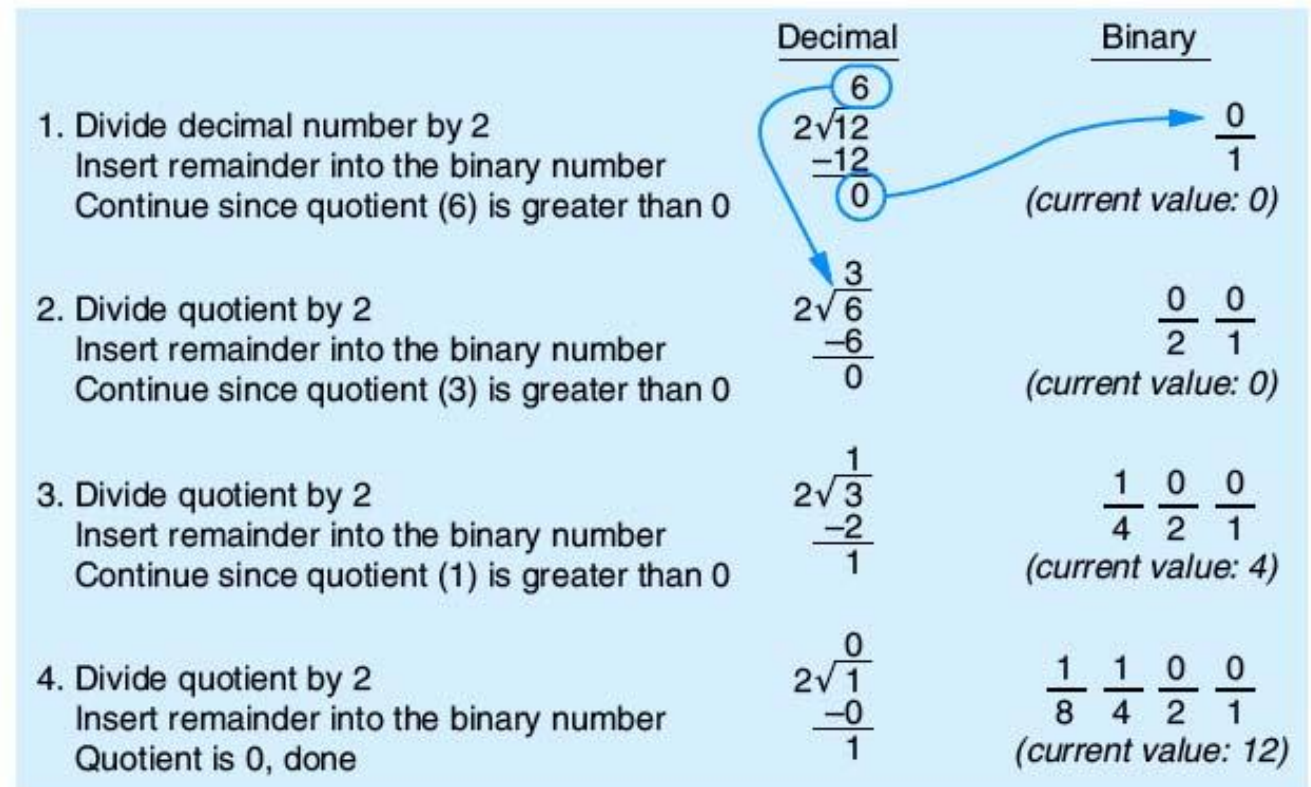


Figure 1.11 Converting the decimal number 12 to binary using the divide-by-2 method.

Códigos digitais e números binários

- ▶ Sistemas de base r

$$\underline{x} = (x_{n-1}, x_{n-2}, \dots, x_1, x_0)$$

$$x = \sum x_i \cdot r^i$$

$$x_i \in (0, 1, \dots, r-1) \text{ onde } r \text{ é a base}$$

Códigos digitais e números binários

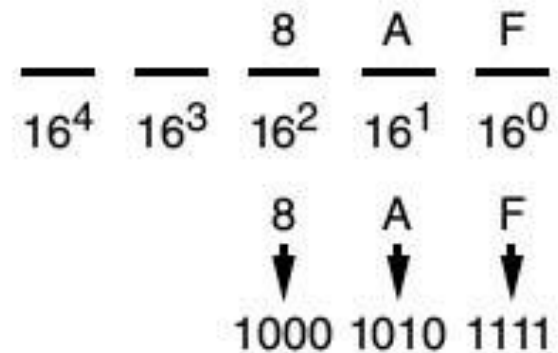
- ▶ Sistema decimal: $r = 10$
 - – Dígitos (0,1,2,...,8,9)
 - – $845_{10} = 8 \times 10^2 + 4 \times 10^1 + 5 \times 10^0$
- ▶ Sistema binário: $r = 2$
 - – Dígitos (0,1)
 - – $100110_2 = 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = (38)_{10}$
- ▶ Sistema hexadecimal: $r = 16$
 - – Dígitos (0, 1, 2, ..., 9, A, B, C, D, E, F)
 - – $9CE5_{16} = 9 \times 16^3 + 12 \times 16^2 + 14 \times 16^1 + 5 \times 16^0 = (40165)_{10}$
- ▶ Podem haver outras bases: $r = 4$ (radix4) ou $r = 8$ (octal).

Códigos digitais e números binários

- ▶ Números octais (base 8) e hexadecimais (base 16):
- ▶ Um dígito na base 8 corresponde a 3 dígitos binários e um dígito na base 16 corresponde a 4 dígitos na base 2
- ▶ $\underline{100} \ \underline{111} \ \underline{101}_2 = 475_8$
- ▶ $\underline{0001} \ \underline{0011} \ \underline{1101}_2 = 13D_{16}$

Códigos digitais e números binários

- Conversão de hexa para decimal e para binário



hex	binary	hex	binary
0	0000	8	1000
1	0001	9	1001
2	0010	A	1010
3	0011	B	1011
4	0100	C	1100
5	0101	D	1101
6	0110	E	1110
7	0111	F	1111

Figure 1.12 Base sixteen number system.

Códigos digitais e números binários

<i>Binary</i>	<i>Decimal</i>	<i>Octal</i>	<i>3-Bit String</i>	<i>Hexadecimal</i>	<i>4-Bit String</i>
0	0	0	000	0	0000
1	1	1	001	1	0001
10	2	2	010	2	0010
11	3	3	011	3	0011
100	4	4	100	4	0100
101	5	5	101	5	0101
110	6	6	110	6	0110
111	7	7	111	7	0111
1000	8	10	—	8	1000
1001	9	11	—	9	1001
1010	10	12	—	A	1010
1011	11	13	—	B	1011
1100	12	14	—	C	1100
1101	13	15	—	D	1101
1110	14	16	—	E	1110
1111	15	17	—	F	1111

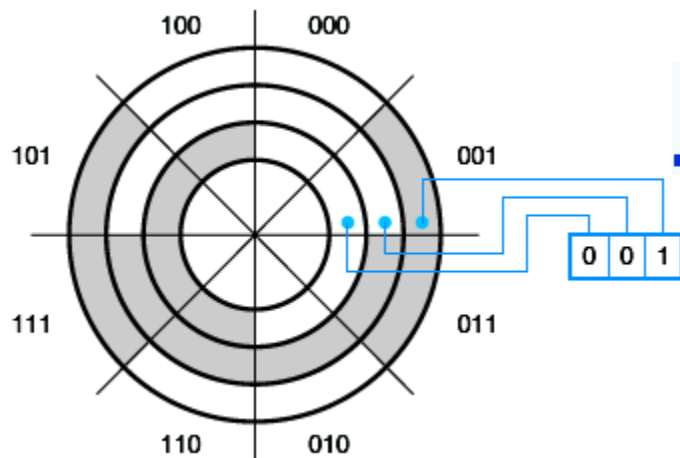
Códigos digitais e números binários

<i>Decimal digit</i>	<i>BCD (8421)</i>	<i>2421</i>	<i>Excess-3</i>	<i>Biquinary</i>	<i>1-out-of-10</i>
0	0000	0000	0011	0100001	1000000000
1	0001	0001	0100	0100010	0100000000
2	0010	0010	0101	0100100	0010000000
3	0011	0011	0110	0101000	0001000000
4	0100	0100	0111	0110000	0000100000
5	0101	1011	1000	1000001	0000010000
6	0110	1100	1001	1000010	0000001000
7	0111	1101	1010	1000100	0000000100
8	1000	1110	1011	1001000	0000000010
9	1001	1111	1100	1010000	0000000001
<i>Unused code words</i>					
	1010	0101	0000	0000000	0000000000
	1011	0110	0001	0000001	0000000011
	1100	0111	0010	0000010	0000000101
	1101	1000	1101	0000011	0000000110
	1110	1001	1110	0000101	0000000111
	1111	1010	1111

BCD = binary coded decimal

Códigos digitais e números binários

- ▶ Código Gray
- ▶ Usado em *encoders*



Decimal number	Binary code	Gray code
0	000	000
1	001	001
2	010	011
3	011	010
4	100	110
5	101	111
6	110	101
7	111	100

Gray de 1 bit

- 0
- 1

Gray de 2 bits

- 0 0
 - 0 1
 - 1 1
 - 1 0
- Gray de 1 bit
- Gray de 1 bit invertido

Programação de computador versus projeto digital

- Qual a melhor opção?

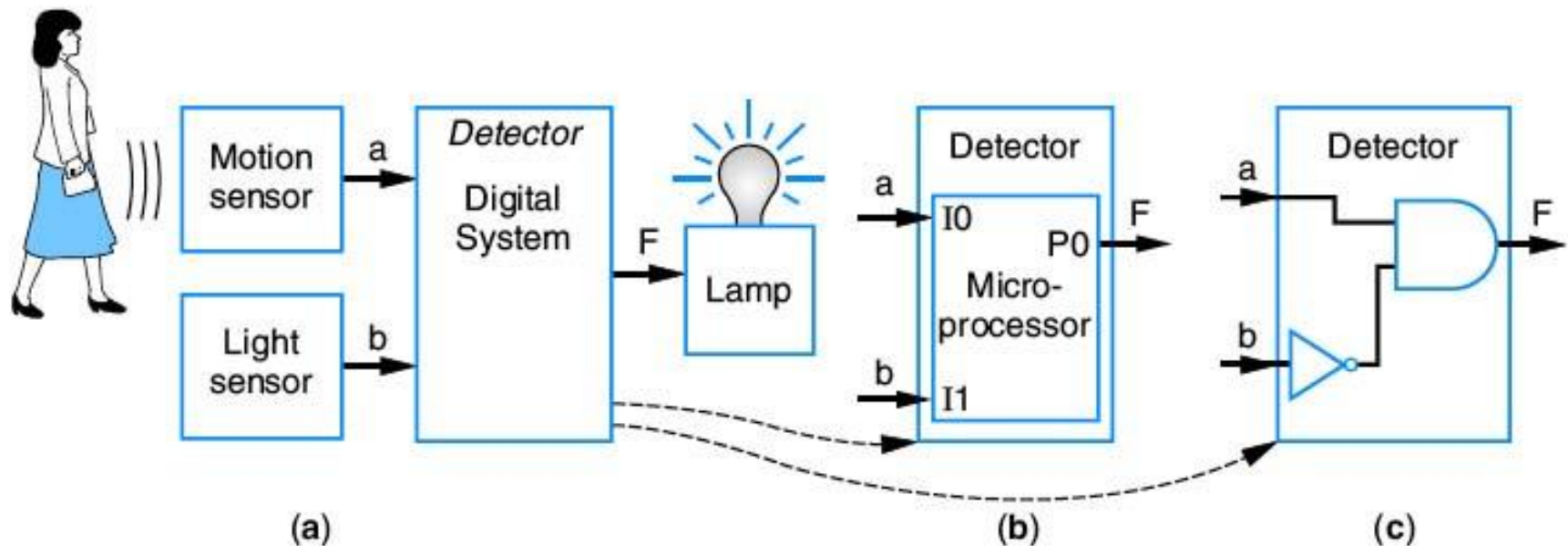


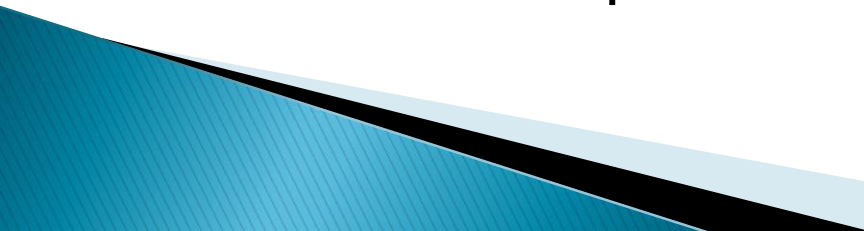
Figure 1.13 Motion-in-the-dark-detector system: (a) system block diagram, (b) implementation using a microprocessor, (c) implementation using a custom digital circuit.

Programação de computador versus projeto digital

▶ Microprocessadores:

- Fáceis de programar
- Baratos
- Disponíveis imediatamente
- Lentos (poucas instruções de cada vez)
- Alto consumo
- “Ampos” demais

▶ Circuitos Digitais:

- Necessidade de projeto
 - Muito mais rápidos (milhares de instruções de cada vez)
 - Totalmente personalizável e adaptado à aplicação
- 

Programação de computador versus projeto digital

- ▶ Um microprocessor é um dispositivo programável que executa uma sequência de instruções especificada pelo usuário, conhecida como programa ou como *software*

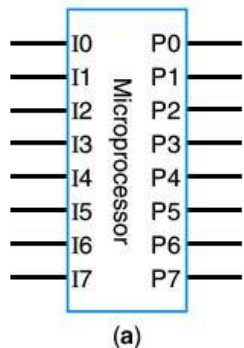


Figure 1.14 Basic microprocessor's input and output pins.

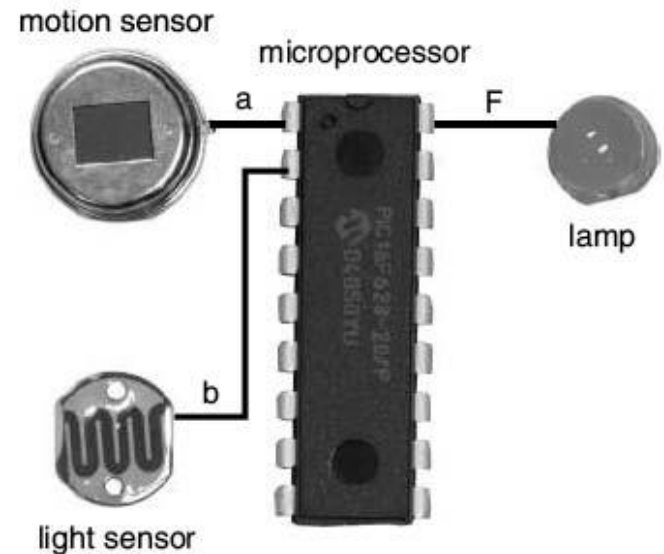
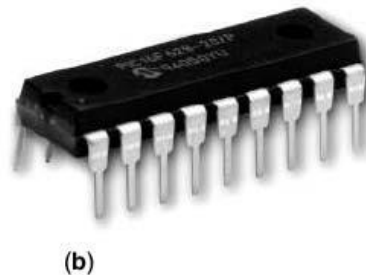


Figure 1.15 Physical motion-in-the-dark detector implementation using a microprocessor.

Programação de computador versus projeto digital

▶ Circuitos Digitais

- Combinacionais: saídas dependem apenas das entradas no instante atual
- Sequenciais: saídas dependem de entradas atuais e anteriores – memória

▶ Circuitos Digitais Sequenciais podem ser:

- Síncronos: tempo é discretizado e mudanças só ocorrem em instantes discretos – clock
- Assíncronos: mudanças ocorrem a qualquer instante