

# Introdução ao Processamento Digital de Sinais

## **Processamento Digital de Sinais:**

Refere-se a um grande número de técnicas, com aplicação em praticamente todas as áreas da Engenharia.

## **Objetivo:**

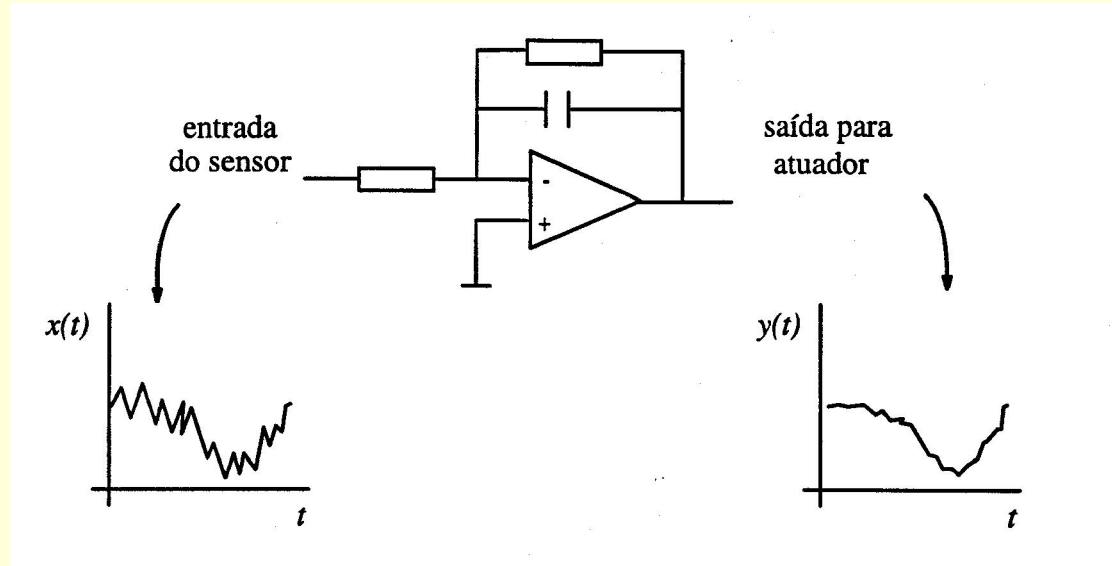
Realçar alguma característica, ou extrair alguma informação contida em um sinal.

Os sinais podem ser de áudio, voz, imagem, vídeo, de sistemas de comunicação, médicos, etc, e podem ser de tempo contínuo ou de **tempo discreto**.

Por que trabalhar em tempo discreto se um dado sinal ou um dado sistema é de tempo contínuo?

Possibilidade da implementação ou do processamento ser feito por computadores digitais, microcontroladores e/ou processadores digitais de sinais (*DSP- Digital Signal Processor*).

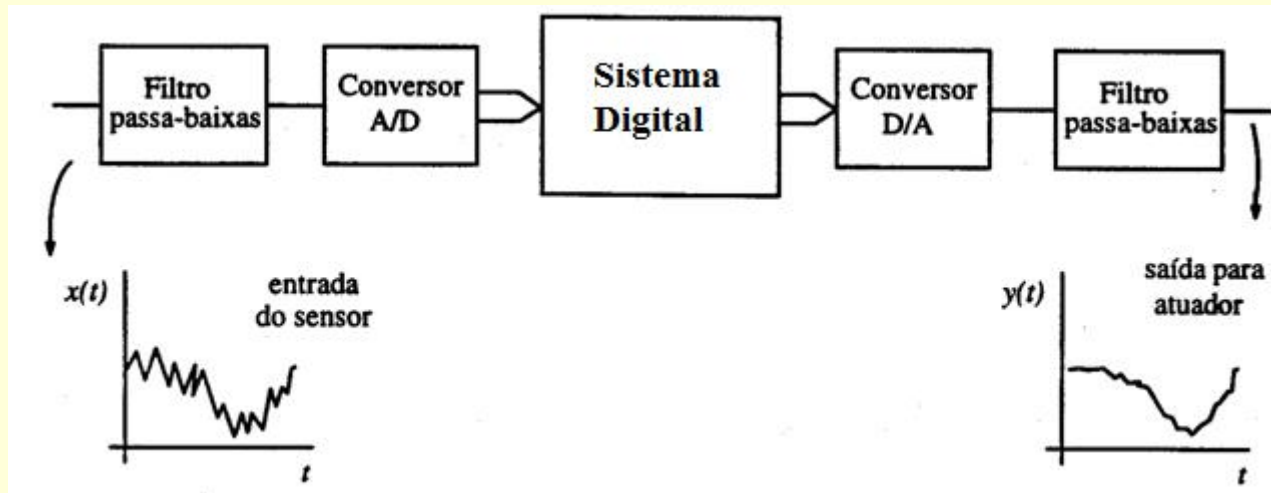
# Implementação ou processamento analógico



## Possíveis problemas:

- projeto: pequena flexibilidade, componentes de precisão elevada.
- produção: necessidade de ajustes
- envelhecimento e interferências.

## Implementação equivalente em tempo discreto



- FPBs: anti-aliasing; reconstrução
- flexibilidade (alteração do algoritmo)
- não exige ajustes
- sem problemas de envelhecimento
- robustez contra interferências

# Sinais de tempo discreto

Alguns sinais são naturalmente definidos para tempo discreto, como por exemplo, os indicadores econômicos (cotação do dólar, índice IGP-M, etc) e o tacograma que indica a variabilidade da frequência cardíaca.

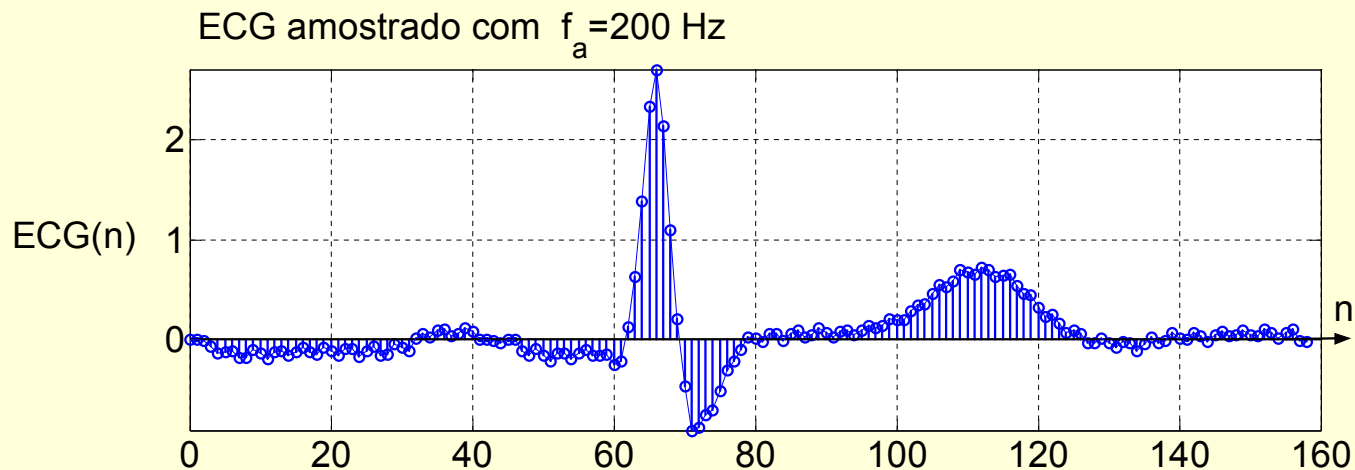
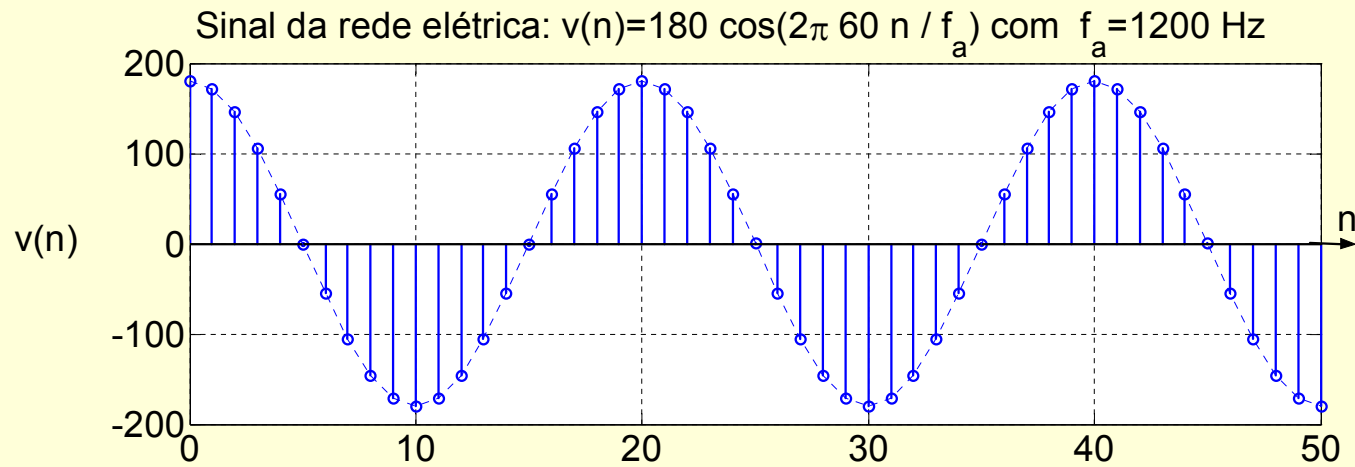
n	Dia útil	Compra
1	3	1.8632
2	4	1.8531
3	5	1.8392
4	6	1.8536
5	10	1.8641
6	11	1.8540
7	12	1.8450
8	13	1.8485
9	14	1.8357
10	17	1.8378

n	Dia útil	Compra
11	18	1.8366
12	19	1.8404
13	20	1.8512
14	21	1.8646
15	24	1.8880
16	25	1.8579
17	26	1.8558
18	27	1.8412
19	28	1.8350

Cotação de uma dada moeda

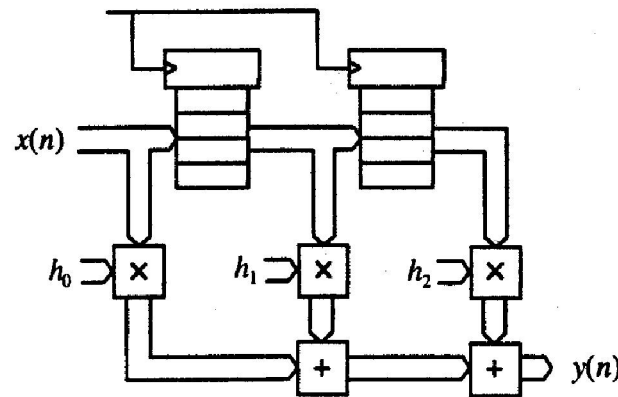
# Sinais de tempo discreto

Muitas sequências de tempo discreto são obtidas a partir da amostragem de sinais de tempo contínuo.



# 1. Introdução

## Implementação digital:



a) CIs dedicados ou semi-dedicados

```
repeat
begin
  x3 = xn;
  yn = x3 * h0;
  yn = yn + x2 * h1;
  yn = yn + x1 * h2;
  x1 = x2;
  x2 = x3;
end;
```

b) programa de CI de DSP

$$y(n) = x(n)h_0 + x(n-1)h_1 + x(n-2)h_2$$

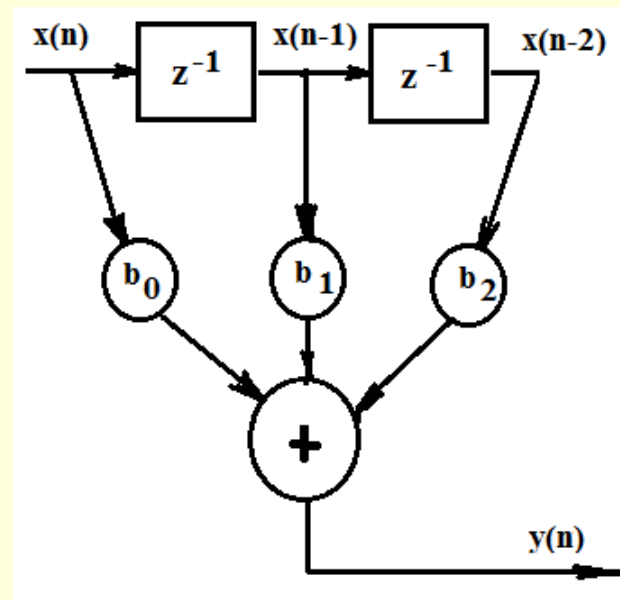
**O processamento pode ser feito por meio de circuitos dedicados ou semidedicados: resume a registradores, somadores e multiplicadores.**

# Sistemas de tempo discreto

São descritos por equações de diferenças.

P.ex.:  $y(n) = (1/3).[x(n)+x(n-1)+x(n-2)]$  para  $n = \dots -1, 0, 1, \dots$

Sua implementação (ou seus diagramas de simulação) contém atrasadores ao invés de integradores, além de somadores, multiplicadores por constante e etc. Para o exemplo acima, os valores de  $b_i$  seriam 1/3 no diagrama ao lado.



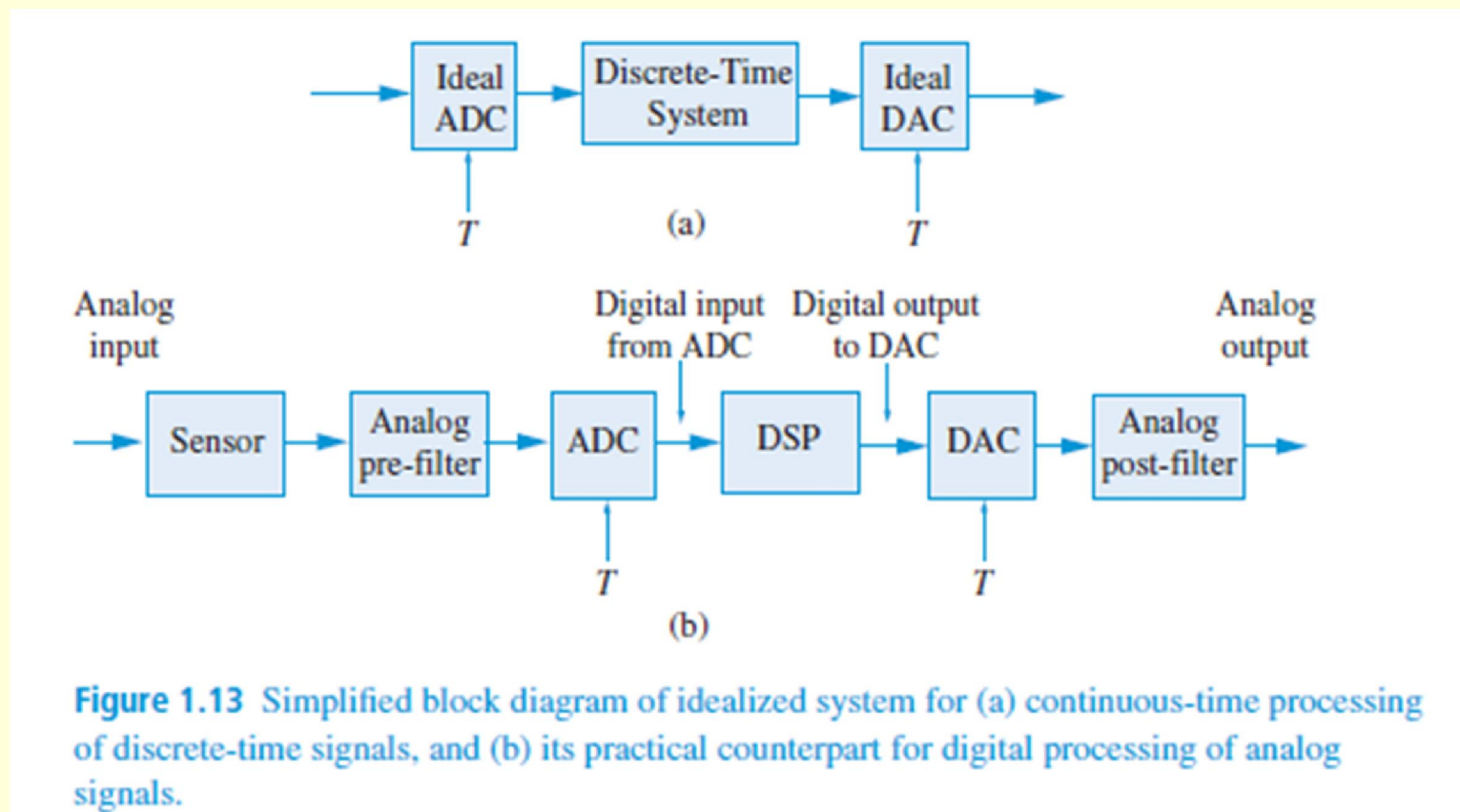


# Exemplos de aplicação

- Processamento de voz
- Processamento de imagem
- Telecomunicações
- Mercado financeiro
- Controle e automação industrial
- Sistemas de entretenimento (p.ex., Wii)
- Robótica
- Medicina
- etc, etc

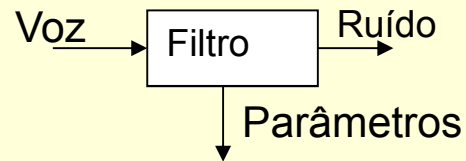
# Diagrams

(fonte: D.G. Manolakis; V.K. Ingle. Applied Digital Signal Processing: Theory and Practice; Cambridge University Press; 1 ed 2011)

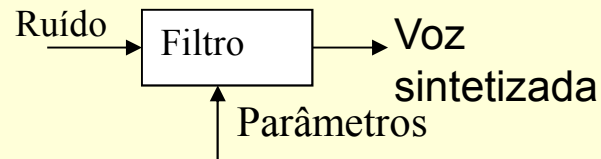


# Processamento de voz

## Análise



## Síntese:

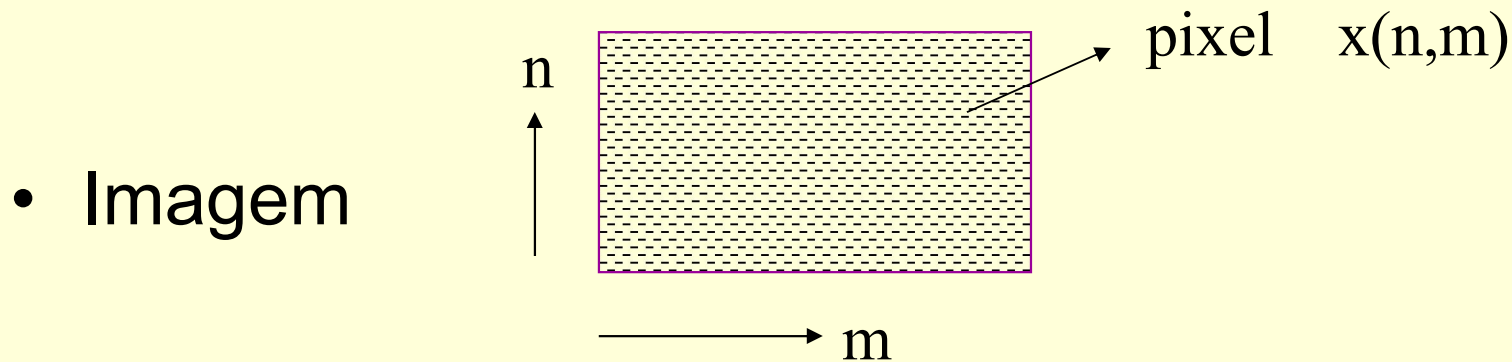


Codificação a baixas taxas

Reconhecimento: palavras e locutor

Síntese de voz a partir de texto

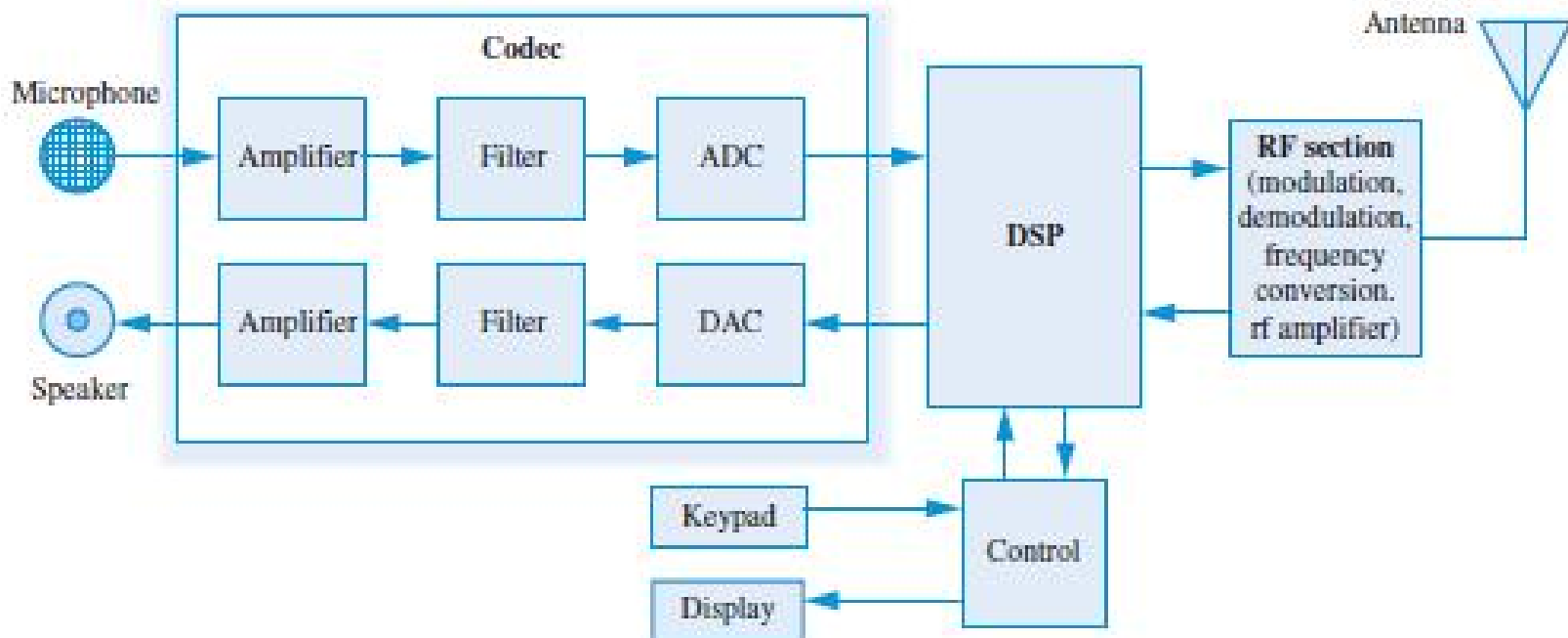
# Processamento de Imagens



- Pode ser vista como um sinal discreto a duas dimensões:  $n$  e  $m$  são índices espaciais
- codificação a baixas taxas
- imagens lentas – videofone
- imagens rápidas – televisão
- Compressão de imagens: armazenamento
- TV de alta definição: HDTV

# Diagrama Telefone celular

(D.G. Manolakis; V.K. Ingle.  
Applied Digital Signal Processing: Theory and Practice; Cambridge University  
Press; 1 ed 2011)

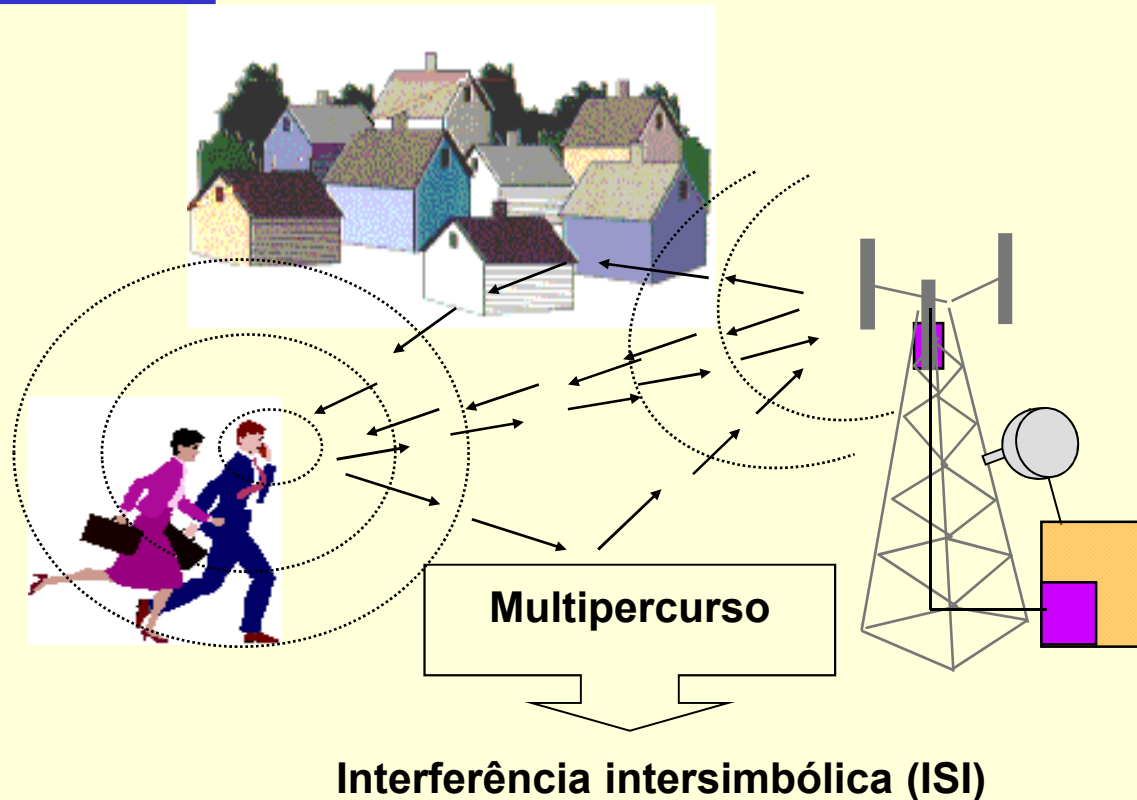


**Figure 1.14** Simplified block diagram of a digital cellular phone.

# Filtragem adaptativa

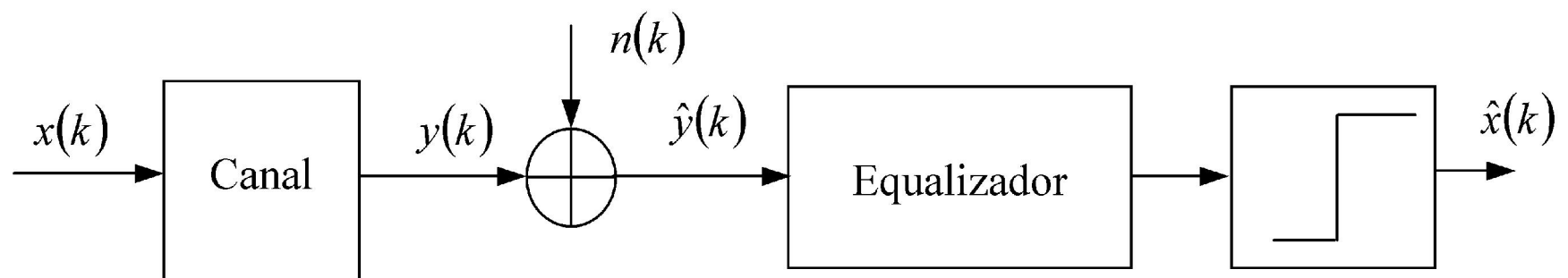
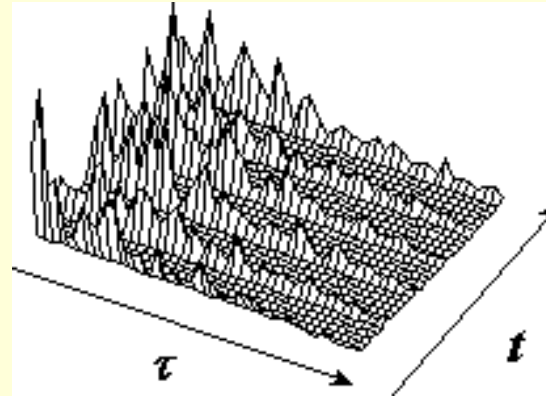
**Aplicações:** telecomunicações, controle, processamento de voz e imagem, engenharia biomédica, etc

## Telecomunicações



# Filtragem adaptativa

- Equalizador de canal



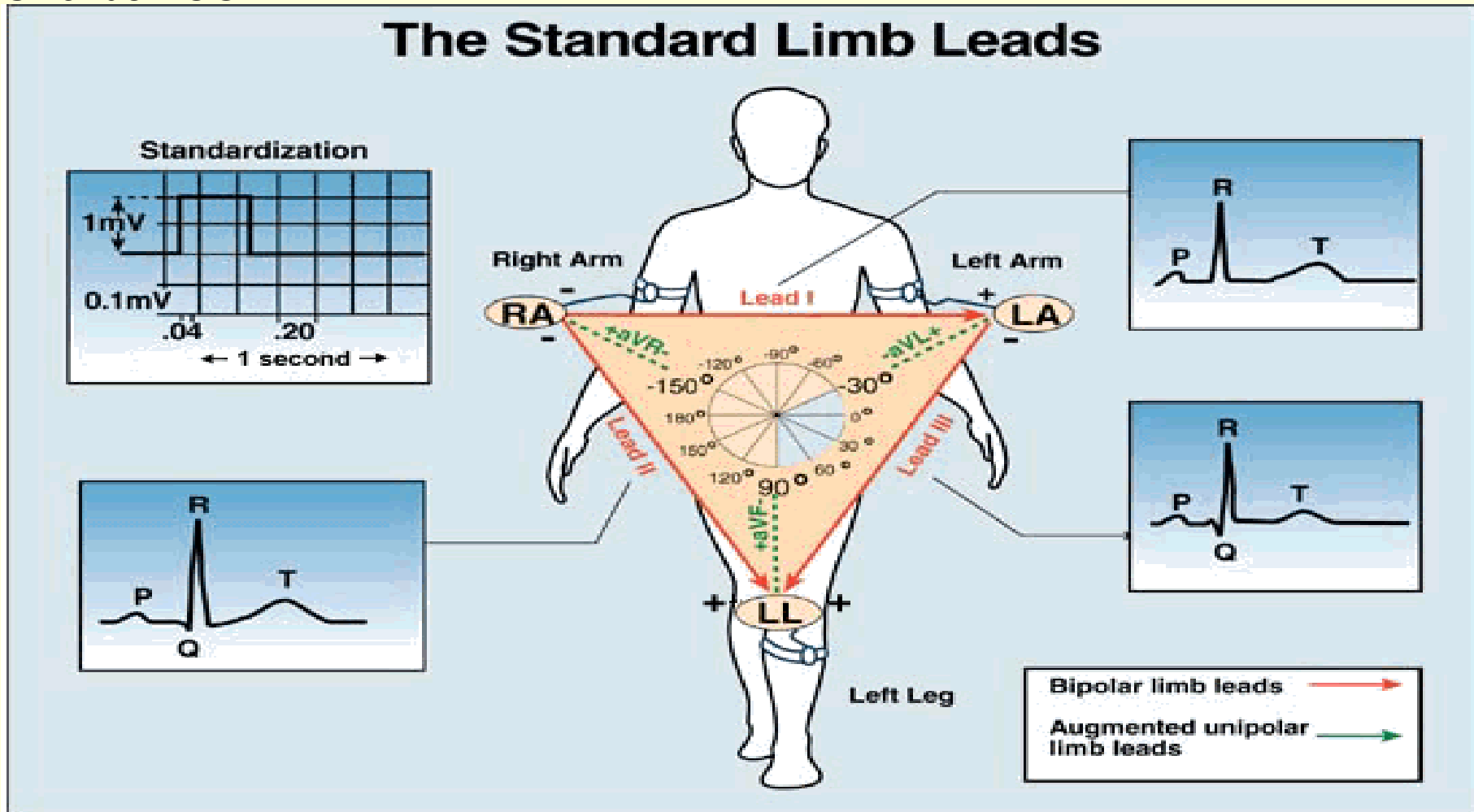
# Engenharia Biomédica

- Técnicas de processamento de imagens para diagnósticos:
  - tomografia por ultra som
  - imagem por ressonância magnética
  - reconstituição 3D a partir de um conjunto de radiografias
- Técnicas adaptativas para modelagem tempo real de sinais biomédicos
- Técnicas de análise temporal-espectral: ECG e EEG



# Engenharia Biomédica

Sinal de ECG



- **Processamento digital de sinais : Representação e manipulação de sinais usando técnicas numéricas em circuitos digitais**
- Base necessária: sistemas lineares, álgebra linear, análise de Fourier. Além disso, teoria da probabilidade e processos estocásticos.
- As técnicas de processamento digital de sinais podem ser estendidas a qualquer que permita um modelo discreto.
- Por exemplo:
  - meteorologia e astrofísica;
- Aplicações em empresas de telecomunicações (multiplexação e modulação), instrumentação eletrônica e biomédica (filtragem para eliminar ruído e interferências), informática (controle e gerenciamento).
- **Multidisciplinar.**

## Dispositivos usados para processar sinais

- PC: *General purpose personal computer*.
- FPGA: *Field programmable gate array*; dispositivo lógico programável. Intermediário entre *hardware* discreto e CI totalmente dedicado. Exemplo:  
<http://www.xilinx.com/products/boards-and-kits/ek-z7-zc702-g.html>
- CI: circuitos integrados; *hardware dedicado*. Operações de multiplicação e soma de forma eficiente. (i) **MC**: microcontrolador; memória e recursos limitados. Usados em máquina de lavar e brinquedos. (ii) **DSP**: *Digital Signal Processing* - processador digital de sinais. Desenvolvidos para processar aplicações “sofisticadas” de sinais. Exemplo:  
<http://www.commagility.com/products/hardware/dsp>