

O SISTEMA

■ Introdução

- ... sistemas eletrónicos ... trata-se dum conjunto de componentes (a maior parte dos quais eletrónicos) ligados de forma a funcionar como um todo, que desempenham uma determinada função, solicitados por sinais de controlo específicos ...

■ Caixa preta



O Sistema

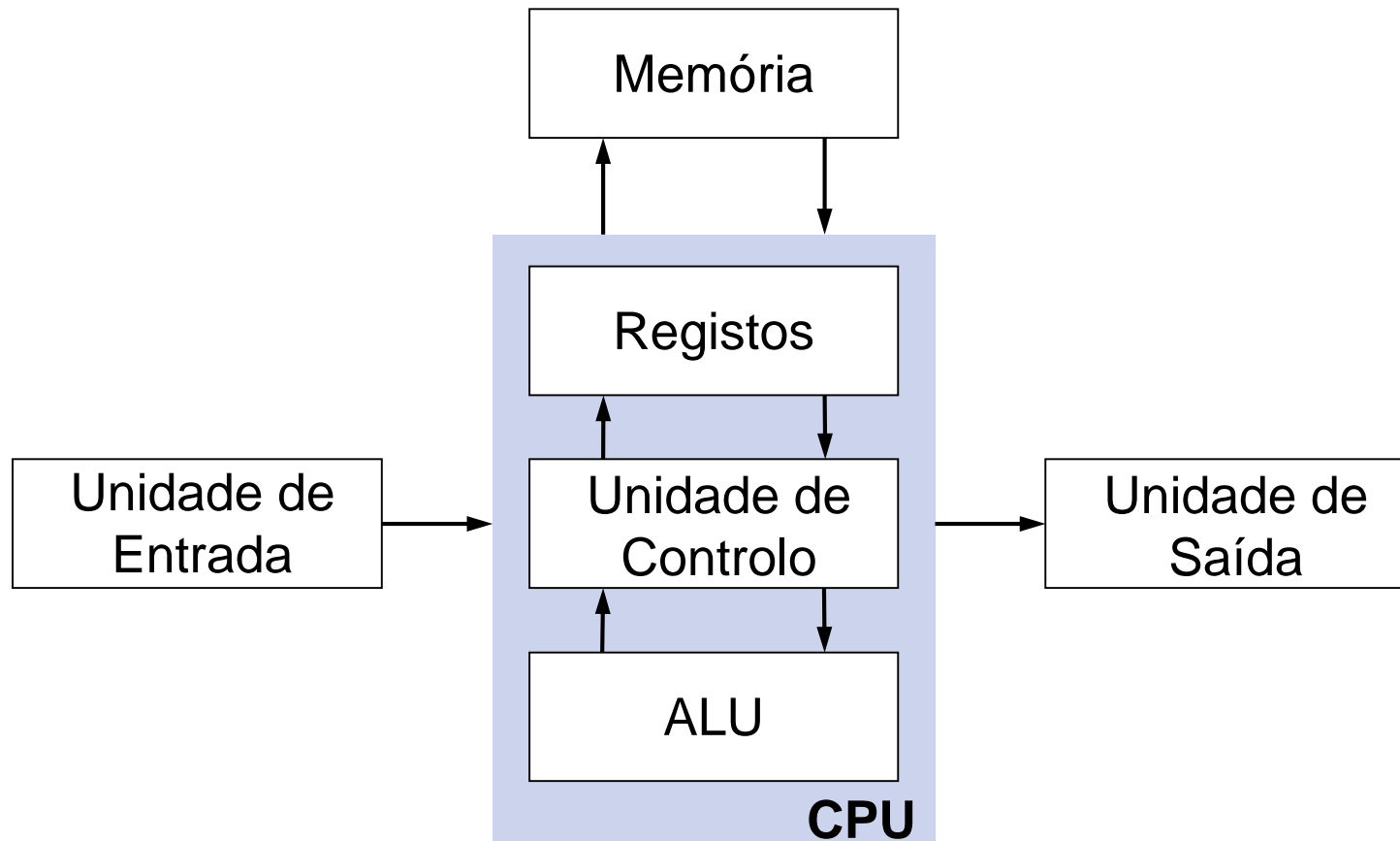
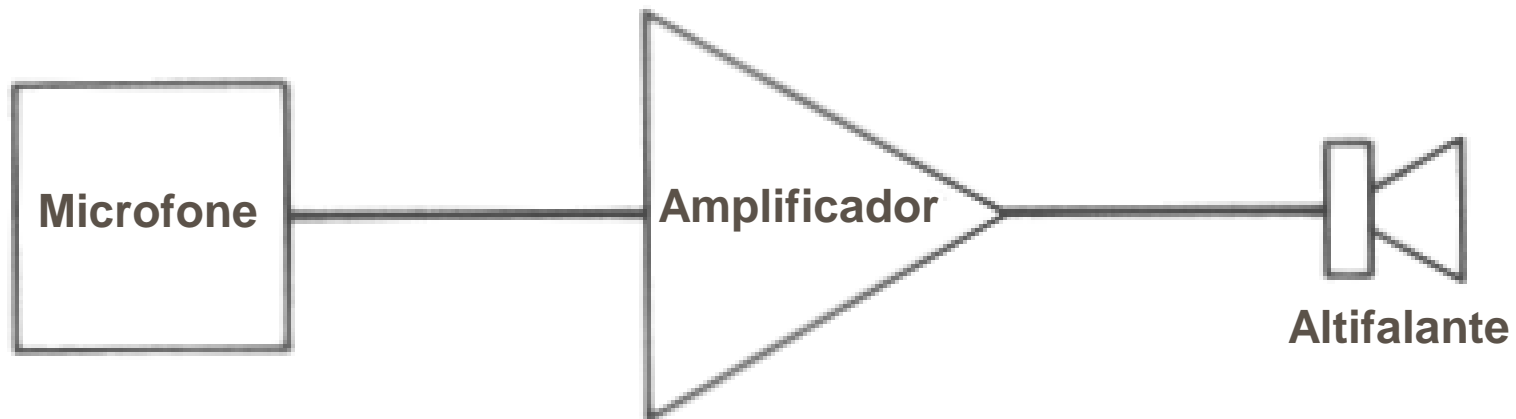
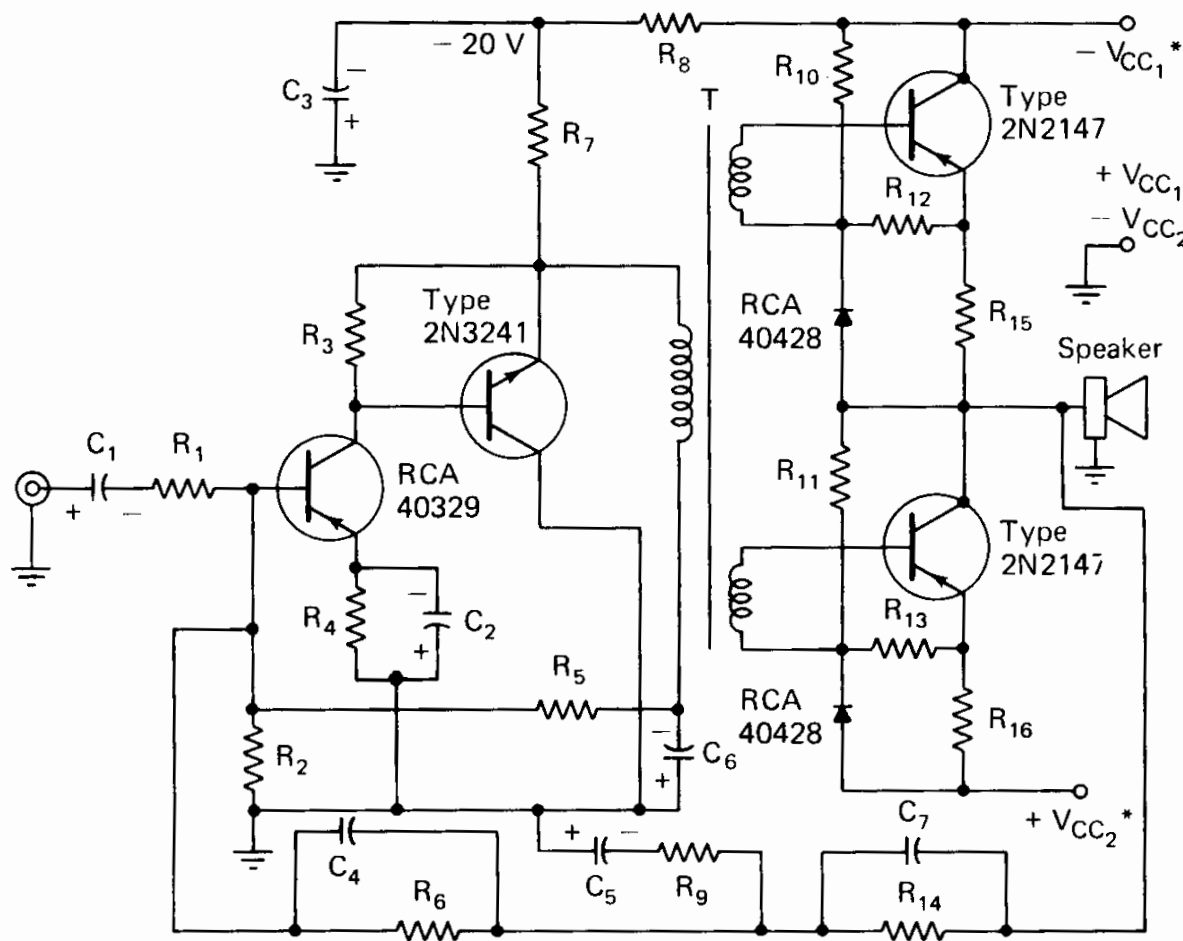


Diagrama de blocos de um computador

O Sistema



O Sistema

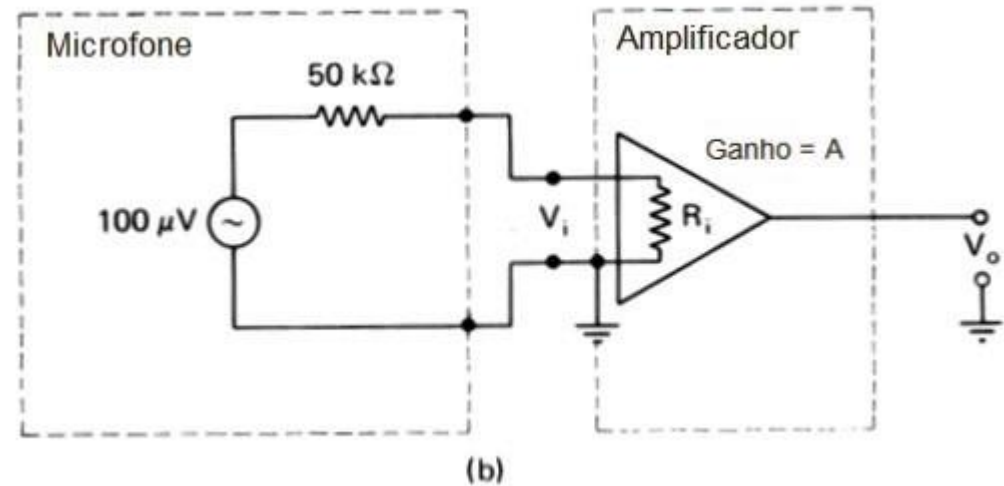
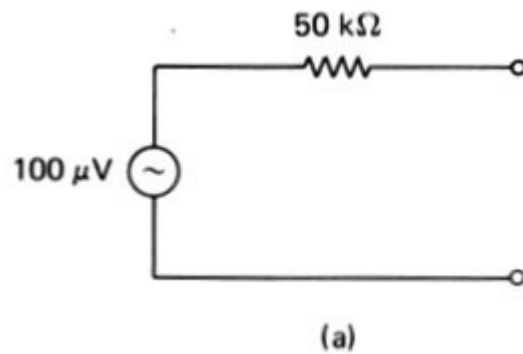


O Sistema

<i>Parâmetro</i>	<i>Microfone</i>	<i>Amplificador</i>	<i>Altifalante</i>	<i>Sistema</i>
Impedância	50k Ω	Entrada: 10M Ω Saída: 8 Ω	8 Ω	—
Resposta em frequência (± 3 dB)	40–9000Hz	20–15000Hz	30–12000Hz	—
Potência	—	30W (max.)	30W	30W
Tensão de saída	100 μ V	15,5V max	—	—
Ganho de tensão	—	10000	—	—
Distorção harmónica	—	1%	—	—
Alimentação	—	~230V, 50Hz	—	~230V, 50Hz

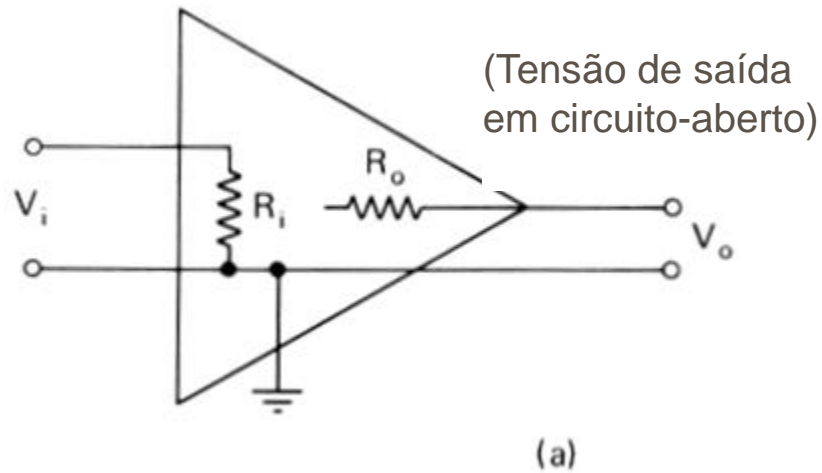
Especificações do sistema PA e seus componentes

O Sistema

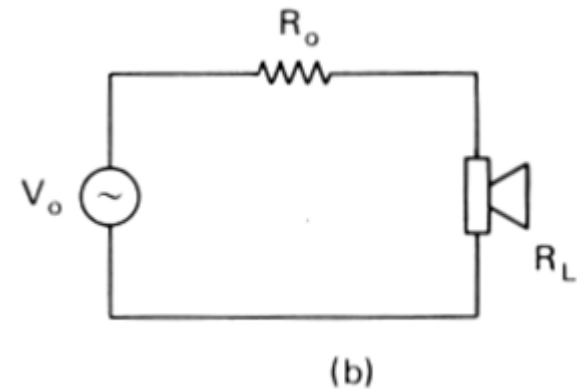


- (a) Equivalente de Thevenin do microfone
- (b) Circuito equivalente da ligação microfone amplificador

O Sistema



Amplificador



Altifalante

- (a) Diagrama de blocos do amplificador
- (b) Ligação do amplificador ao altifalante

Microfone

Impedância: 50 k Ω

Tensão de saída: 100 μ V (em circuito-aberto, para um nível médio de voz)

Amplificador

Impedância de entrada: 1M Ω

Ganho: 10000 (em circuito aberto)

$$V_o = (10.000)(V_i)$$

$$V_i = 100 \times 10^{-6} \frac{10^6 \Omega}{10^6 \Omega + 50 \times 10^3 \Omega} = 0,95 \times 10^{-4} V$$

$$\rightarrow V_o = (10.000)(0,95 \times 10^{-4}) = 0.95V$$

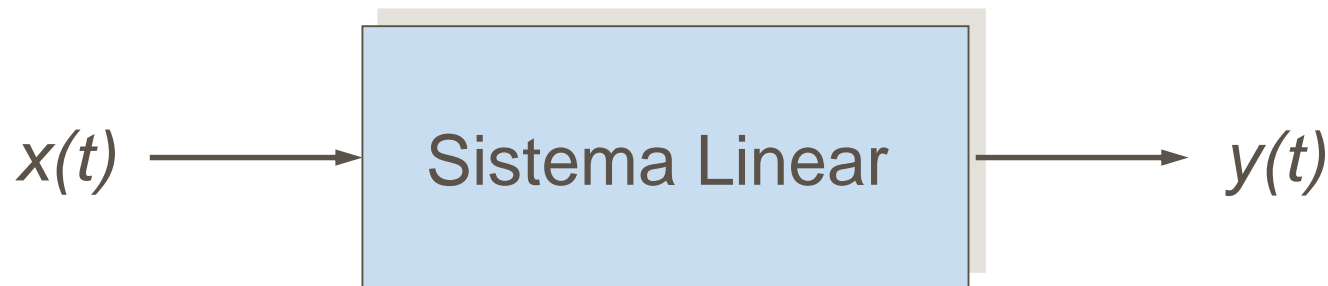
Para um amplificador com uma impedância de $10\text{ k}\Omega$ em vez de $1\text{ M}\Omega$:

$$\begin{aligned} V_o &= (10.000)(V_i) = (10.000)(100 \times 10^{-6}) \frac{10 \times 10^3 \Omega}{10 \times 10^3 \Omega + 50 \times 10^3 \Omega} \\ &= 0,167V \end{aligned}$$

■ Tipos de Sistemas

... é a natureza da relação entre a entrada e a saída que determina a classificação de qualquer sistema ...

■ Lineares, Não Lineares



$$\frac{d^n y}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 = b_m \frac{d^m x}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} x}{dt^{m-1}} + \dots + b_1 \frac{dx}{dt} + b_0$$

O Sistema

Características de Sistemas Lineares:

- É válido o princípio da sobreposição
- Não produzem novas frequências ...

a) $A = E_o/E_i$

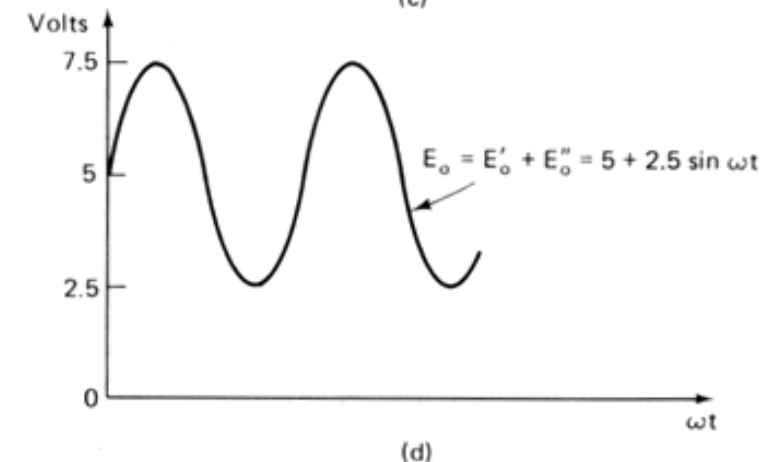
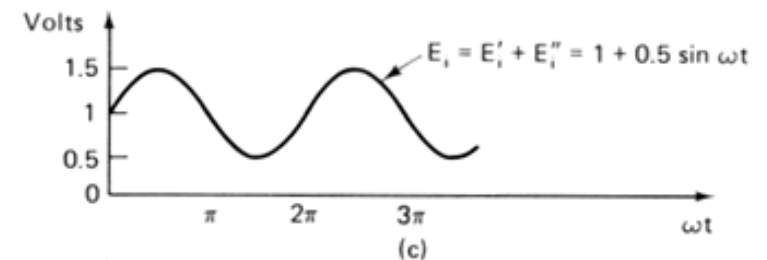
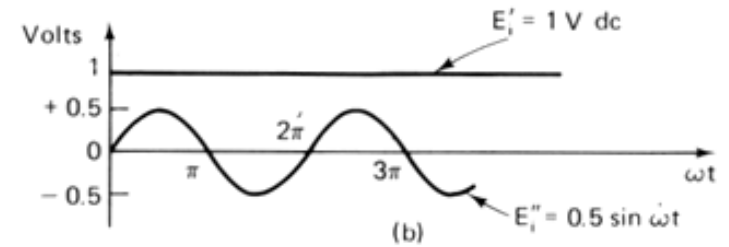


b) Linha recta $E'_i = 1V$

Sinusóide $E''_i = 0.5 \sin(\omega t)$

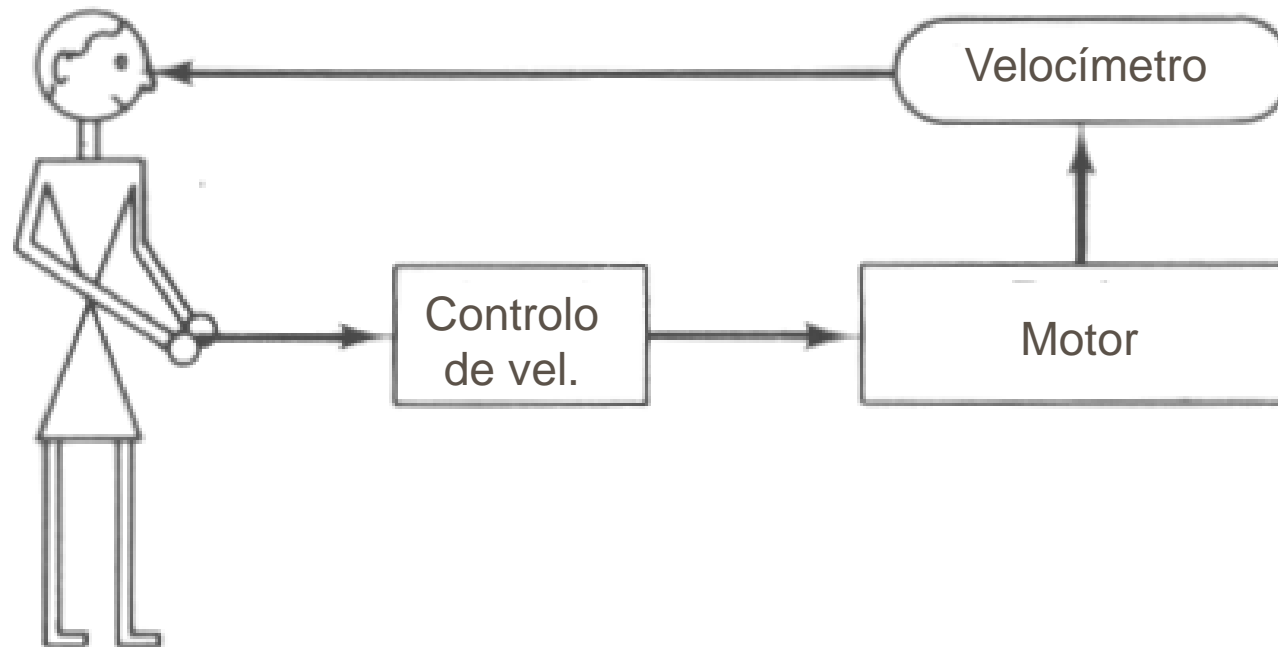
c) $E_i = E'_i + E''_i = 1 + 0.5 \sin(\omega t)$

d) $E_o = E'_o + E''_o = 5 + 2.5 \sin(\omega t)$



■ Malha Aberta, Malha Fechada

... Um sistema em malha-fechada é aquele onde a saída depende não só da entrada, mas também de uma medida da sua própria saída ...



Sistema em malha fechada: automóvel e condutor

O Sistema

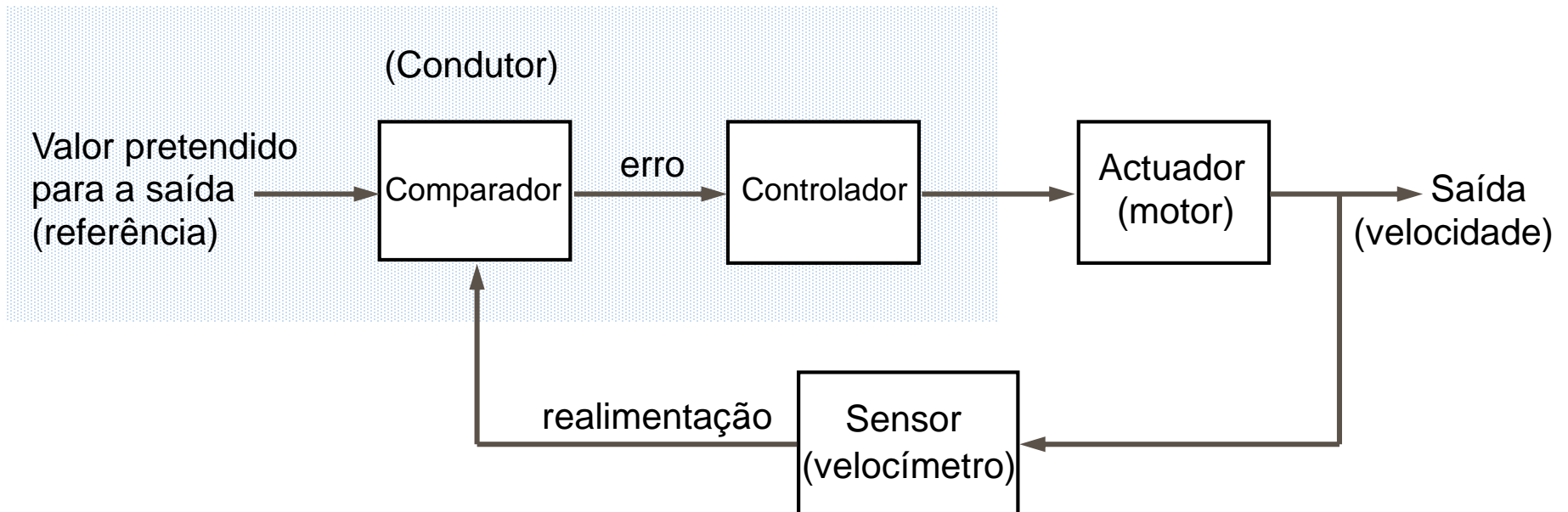


Diagrama de blocos de um sistema em malha-fechada

O Sistema (caraterísticas dos sistemas)

■ Repetibilidade/Precisão

A precisão de um sistema é definida pela quantidade de medidas repetidas nas mesmas condições que dão o mesmo resultado. É uma medida da repetibilidade ou da dispersão de um conjunto de medidas.

■ Exatidão

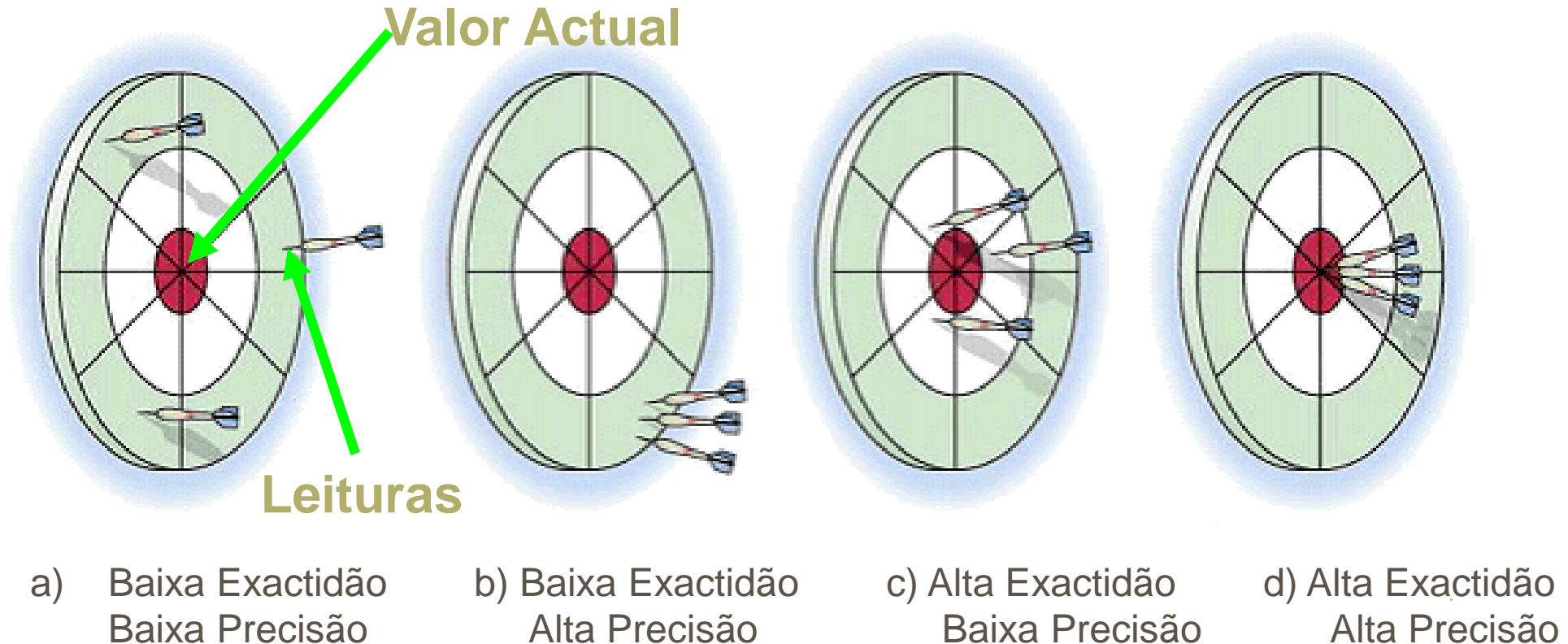
- É o desvio entre o valor medido e o valor real.

$$Exactidão(\%) = \frac{Valor\ real - Valor\ Medido}{Valor\ de\ referência} \times 100$$

Valor de referência – É um valor real definido previamente, frequentemente é o valor de fim de escala

O Sistema (caraterísticas dos sistemas)

■ Relação entre Repetibilidade/precisão e exatidão



O Sistema (caraterísticas dos sistemas)

■ Exemplo

- A especificação da exatidão de grande parte dos aparelhos de medida – de um voltímetro, p. ex. –, faz-se normalmente nestes termos, isto é, em termos do valor máximo de funcionamento ou *fim de escala*. Dizer que a *classe de exatidão* dum voltímetro é 0.1, por exemplo, quer dizer que o maior erro que é possível cometer numa medida (tendo em conta todas as fontes de imprecisão), é 0.1% do valor máximo da escala em que se está a trabalhar. Assim, quando trabalhamos na escala de 20V, o maior erro absoluto que cometemos é:

$$Erro\ abs = \frac{Exatidão}{100} * 20 = 0.02V$$

- Quando medimos nesta escala, uma tensão de 5V, o erro relativo cometido é de:

$$Erro\ relativo = \frac{0.02}{5} * 100 = 0.4\%$$

O Sistema (caraterísticas dos sistemas)

- Dizemos que uma medição é feita com elevada precisão se os erros acidentais são pequenos quando comparados com o valor da grandeza medida;
- Dizemos que uma medição é feita com elevado rigor ou exatidão se os erros sistemáticos são pequenos (quando comparados com o valor da grandeza medida);
- O termo precisão é usado para caracterizar a repetibilidade dos resultados, indicando o desvio em relação ao valor médio;
- A exatidão é o termo que se utiliza para exprimir o afastamento do valor médio relativamente ao verdadeiro valor da grandeza;
- A precisão é tanto maior quanto mais próxima do valor médio estiver a medida;

O Sistema (caraterísticas dos sistemas)

Qual a escala para medir com maior exatidão 1,1A:



Errado

Certo

O Sistema (caraterísticas dos sistemas)

■ Sensibilidade

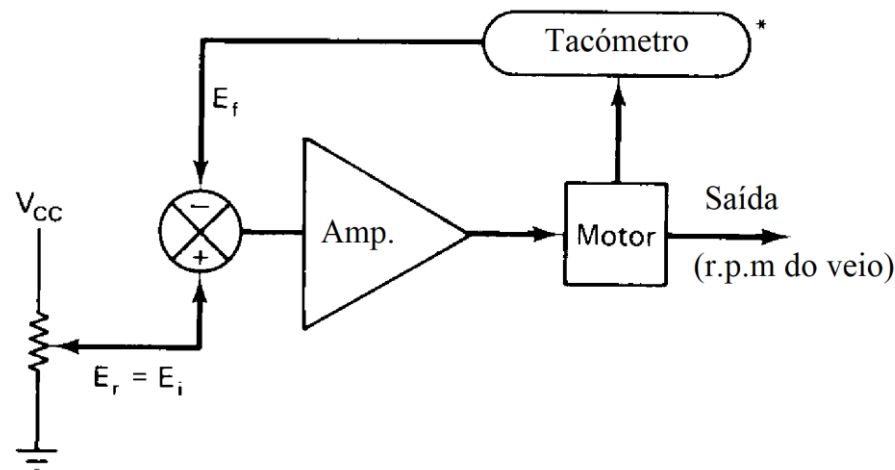
... A sensibilidade dum sistema é uma indicação de qual a variação de entrada que é necessária para produzir a variação de saída desejada ...

$$\text{sensibilidade} = \frac{\Delta \textit{saída}}{\Delta \textit{entrada}}$$

O Sistema (caraterísticas dos sistemas)

■ Exemplo:

- Considere-se o sistema de controlo de velocidade eletrónico da fig. Neste caso a referência de velocidade é determinada pela tensão no ponto médio do potenciómetro, E_r . Vamos admitir que quando $E_r = 5V$, a velocidade é 3000rpm (rotações-por-minuto). Para $E_r = 6V$, a velocidade é 4000rpm. A sensibilidade é então de $(6 - 5)V$ para a variação correspondente de $(4000 - 3000)$ rpm, ou seja, **1000rpm/V**.



O Sistema (caraterísticas dos sistemas)

- No exemplo anterior se quisermos provocar uma alteração de 4000rpm na velocidade, devemos variar a entrada de (4000 a dividir pela sensibilidade):

$$\Delta E_r = \frac{4000rpm}{1000rpm/V} = 4V$$

Ou seja, é necessário variar a tensão E_r de 5V para 9V. É possível traçar um gráfico com os pontos acima obtidos:

E_r	Velocidade (rpm)
5	3000
6	4000
9	7000

O Sistema (caraterísticas dos sistemas)

■ Resolução

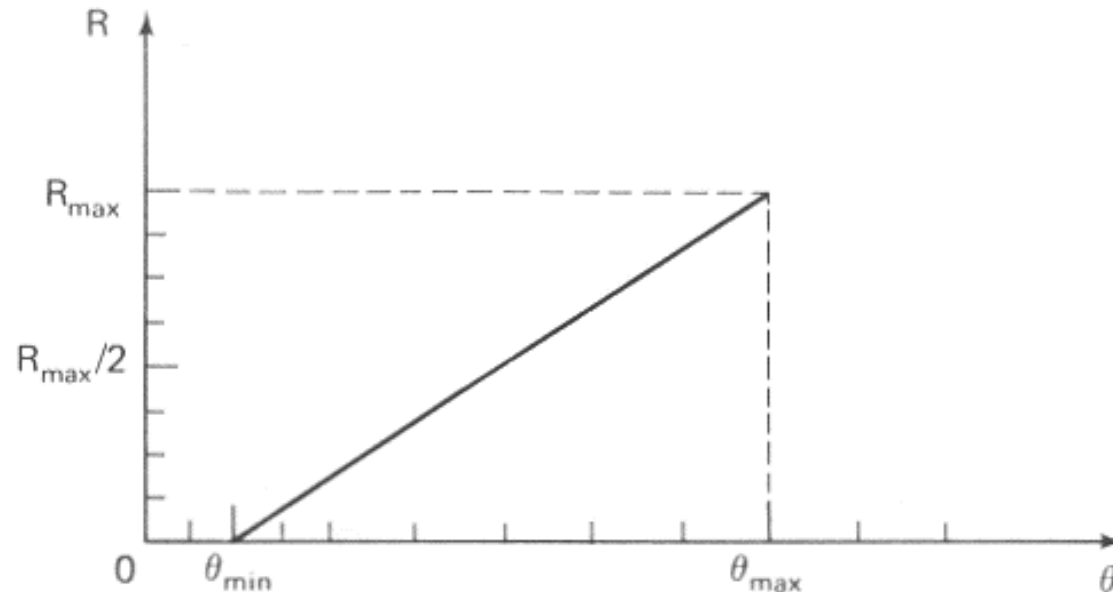
- A resolução define-se como a quantidade mais pequena que um sistema é capaz de distinguir.

Exemplo : Considere-se o caso duma resistência variável de 100Ω com uma resolução de 1% do seu valor máximo, ou seja : A resistência pode assim ser ajustada para 1Ω , 2Ω , 3Ω , etc., mas não pode fixar-se em 2.2Ω ou 4.5Ω (admitindo que se começa em 0Ω).

O Sistema (caraterísticas dos sistemas)

■ Linearidade

... pode definir-se como o desvio da relação entre a entrada e a saída de uma linha recta ...

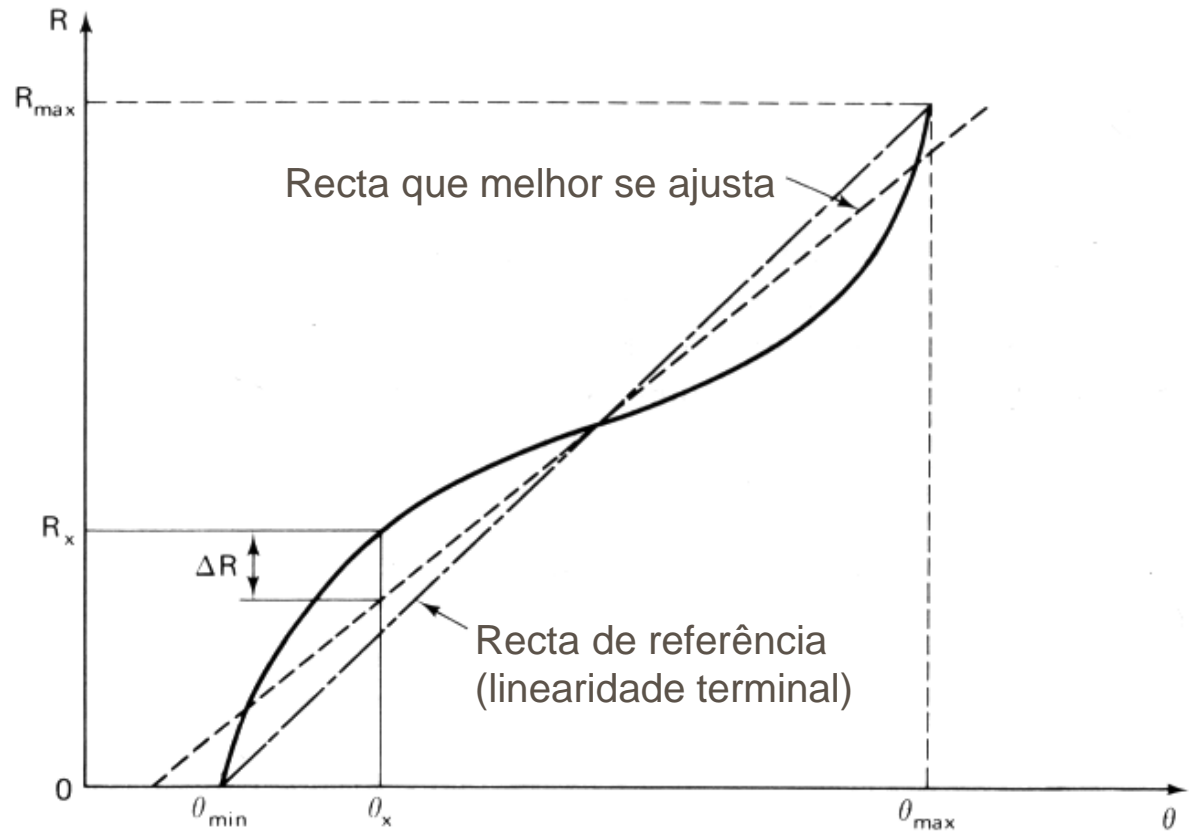


Resistência *versus* posição angular do veio para uma resistência variável - relação linear

O Sistema (caraterísticas dos sistemas)

$$\%linearidade = \frac{\Delta R}{R_{\max}} \times 100$$

$$\%linearidade = \frac{\Delta R}{R_x} \times 100$$

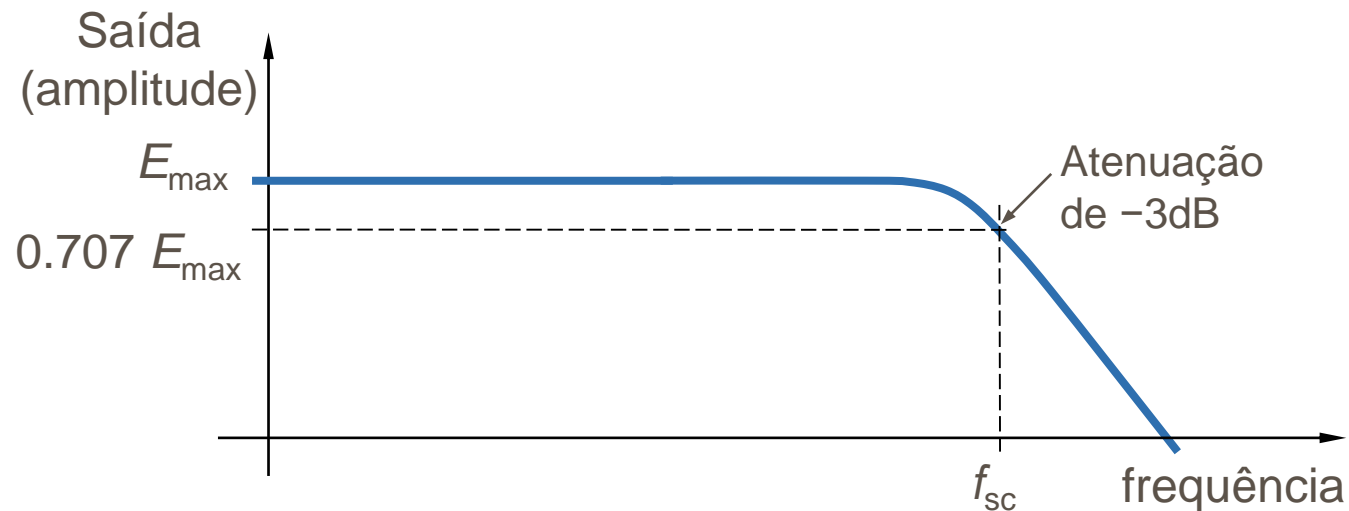


Resistência *versus* posição angular do veio para uma resistência variável - relação não-linear

O Sistema (caraterísticas dos sistemas)

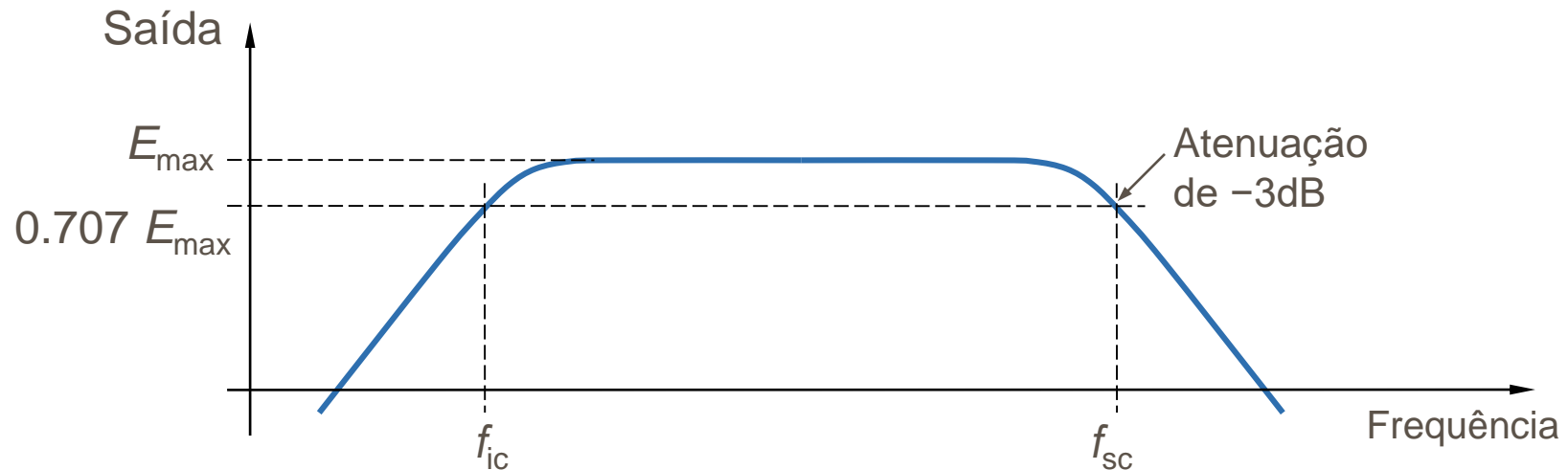
■ Resposta em Frequência

... tem a ver com o comportamento do sistema perante estímulos (entradas) sinusoidais de diferentes frequências ...



Curva de resposta em frequência

O Sistema (caraterísticas dos sistemas)



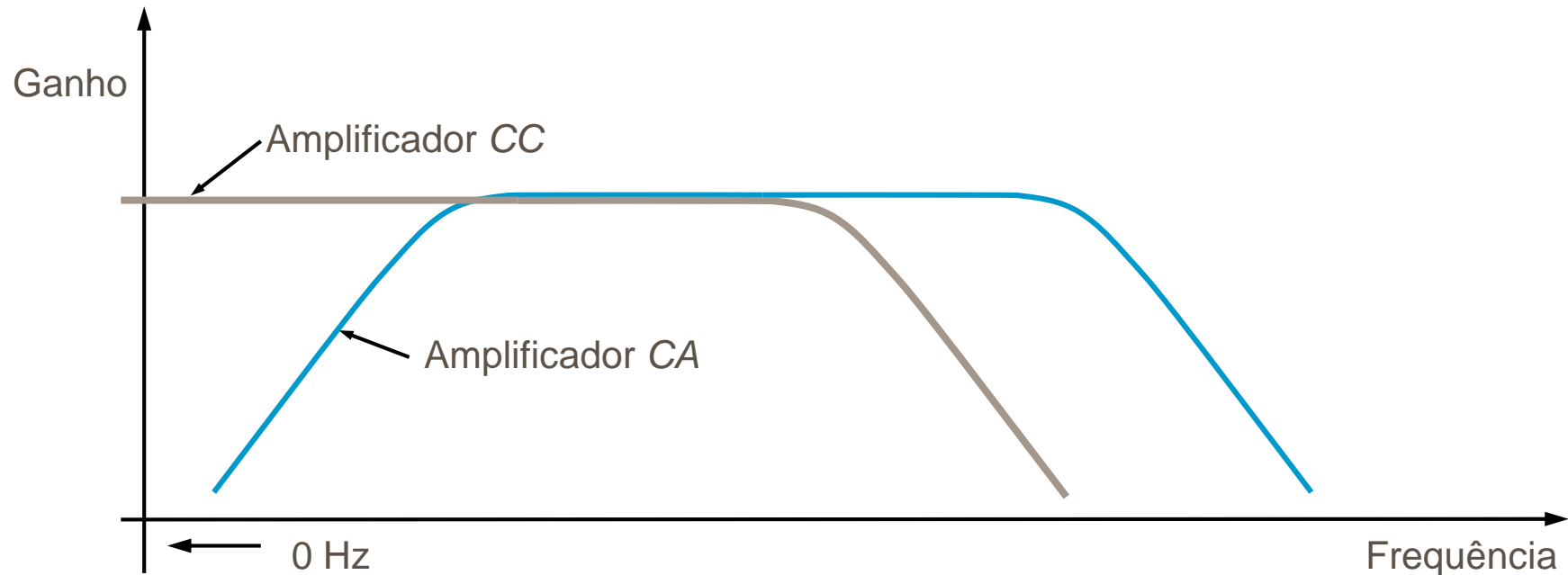
Curva de resposta em frequência (limitada a altas e baixas frequências)

$$\text{largura de banda} = f_{sc} - f_{ic} \text{ (Hz)}$$

$$X_{DB} = 20 \times \log_{10}(X)$$

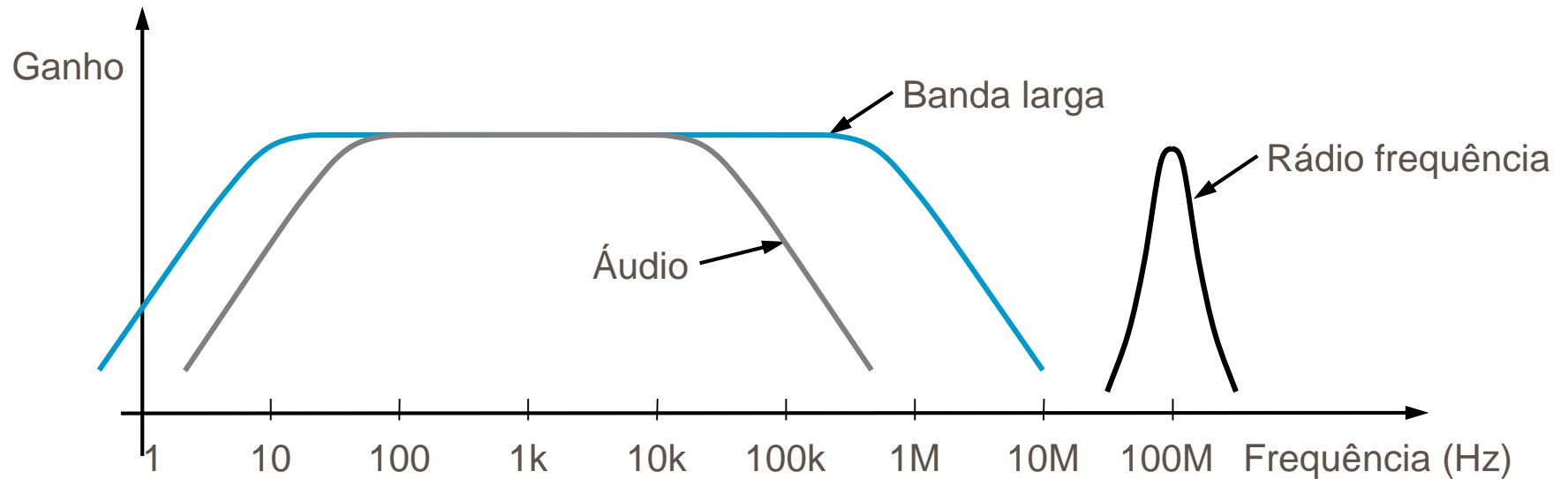
O Sistema (caraterísticas dos sistemas)

■ Resposta em Frequência (exemplos)



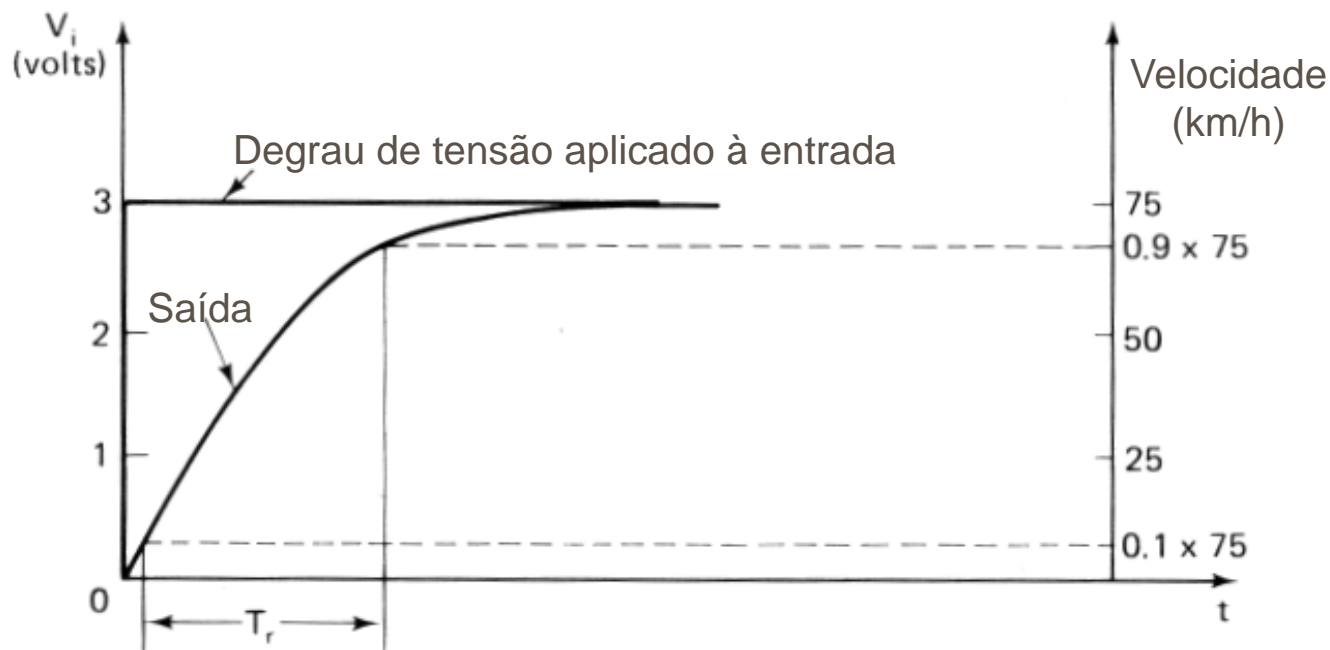
O Sistema (caraterísticas dos sistemas)

■ Resposta em Frequência (exemplos)



■ Tempo de resposta

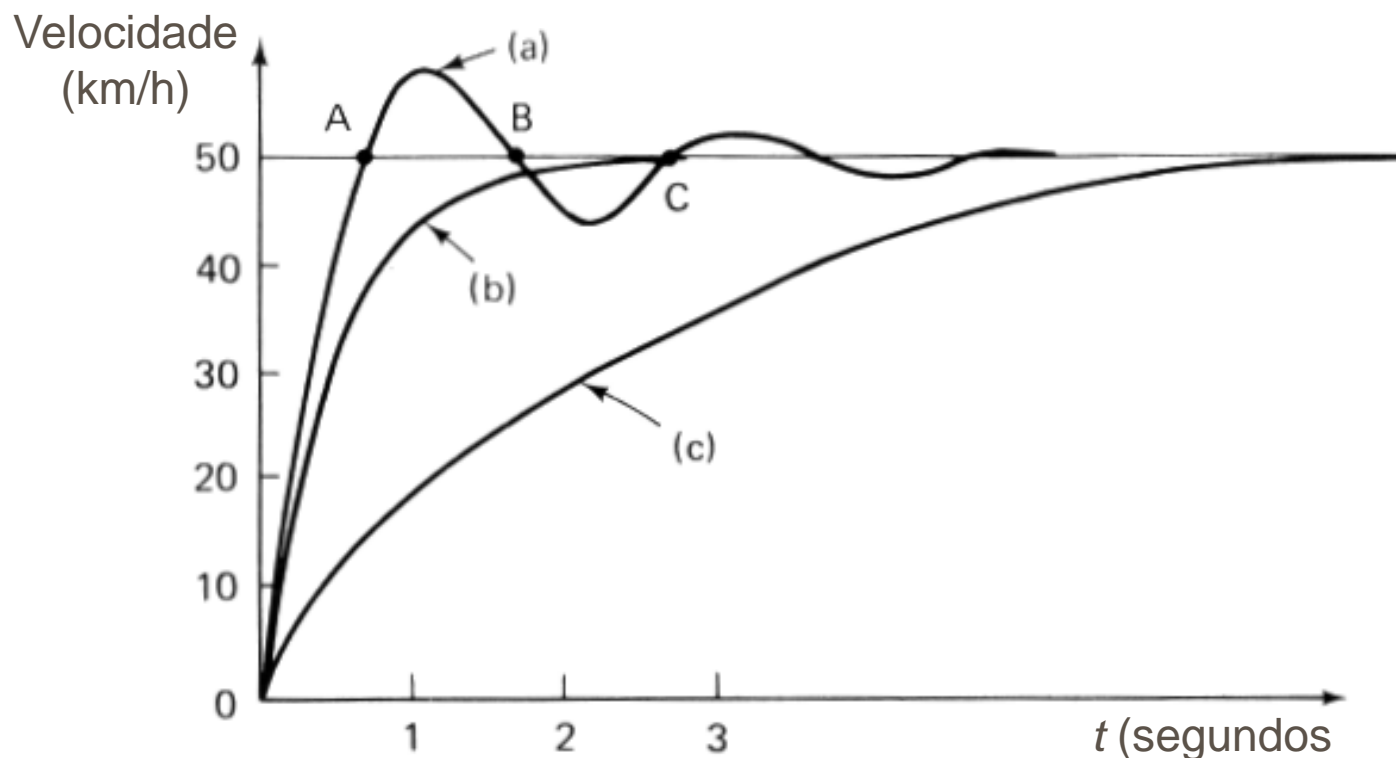
... tem a ver com a rapidez com que um sistema responde a variações do sinal de entrada ...



Resposta do sistema para uma entrada em degrau

$$T_r = \frac{0.35}{f_{sc}}$$

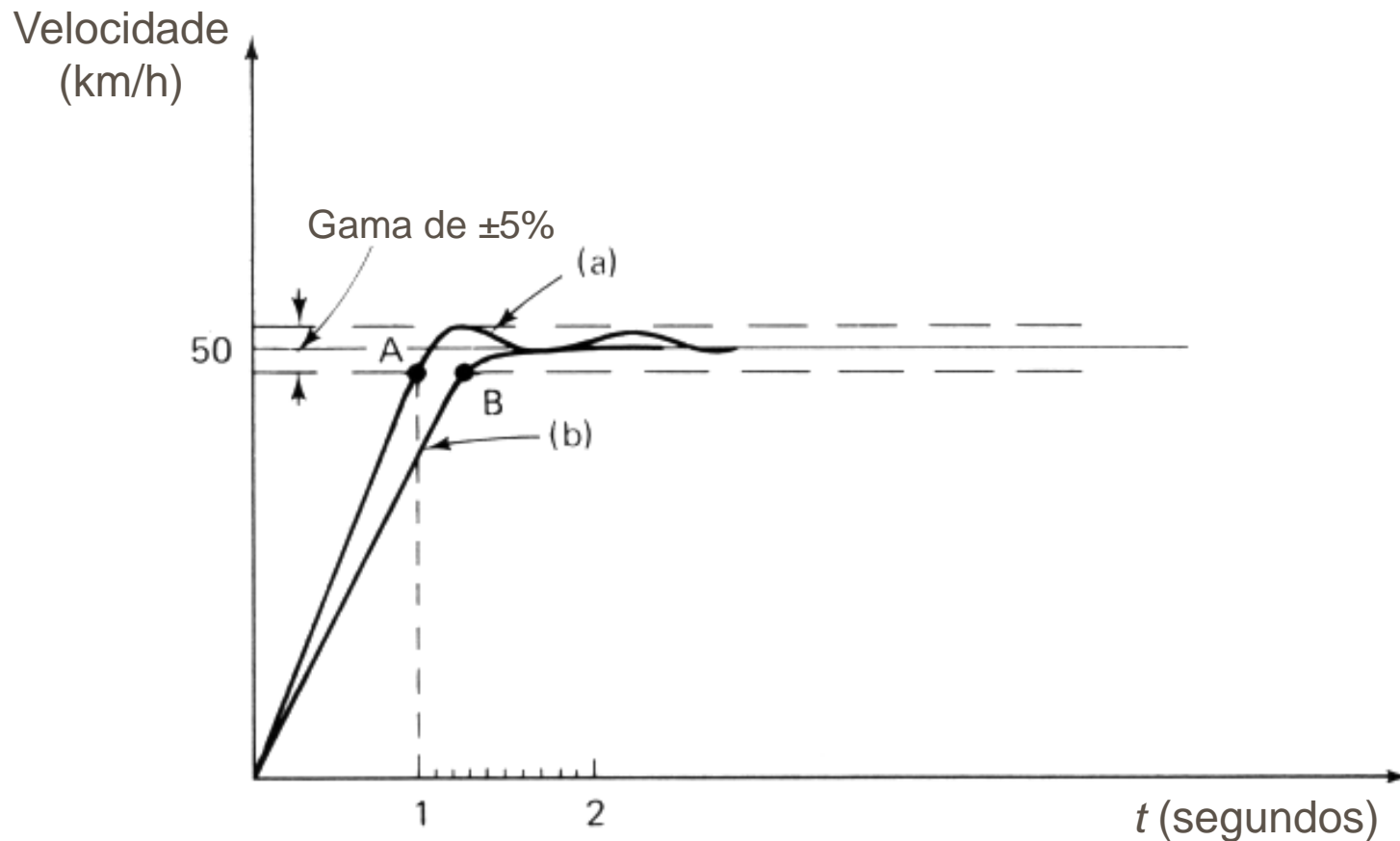
■ Características Dinâmicas



Respostas em regime transitório:

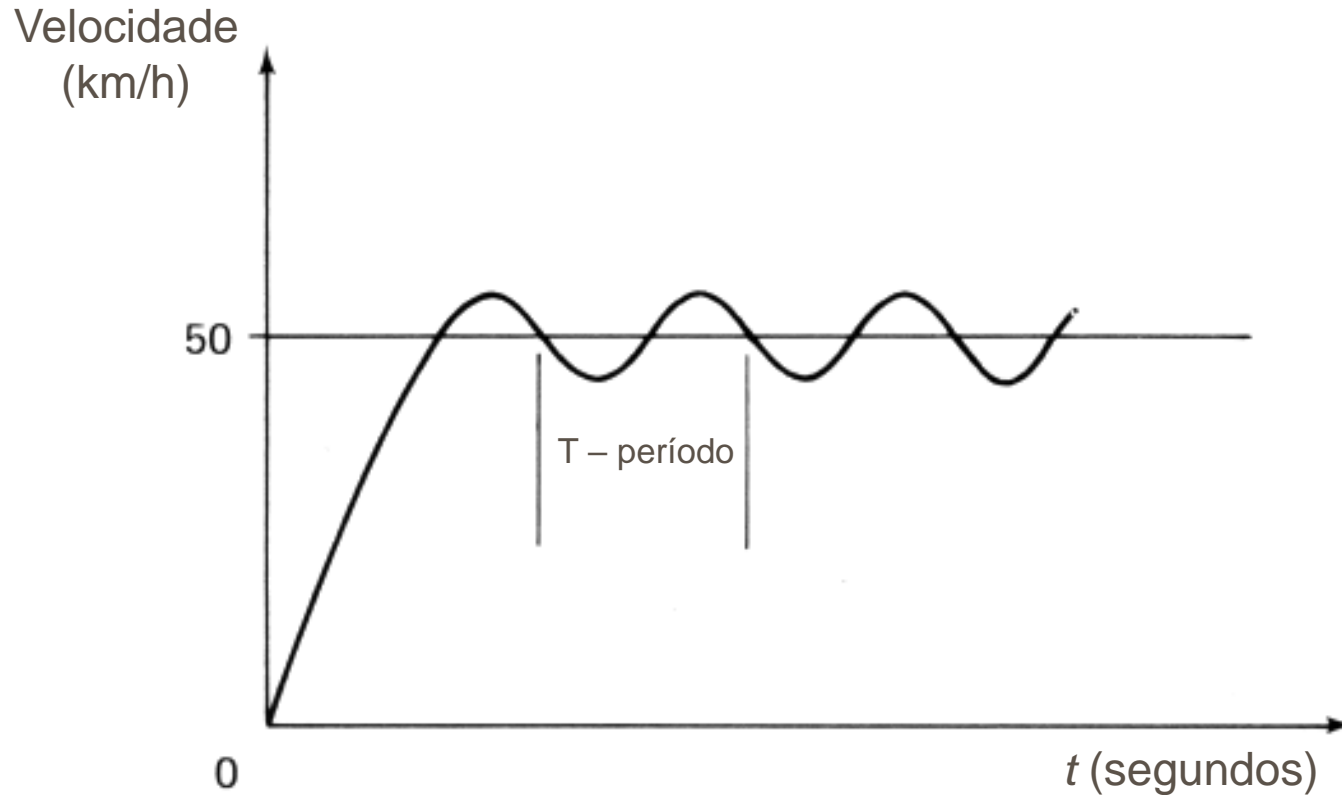
(a) sub-amortecida; (b) criticamente amortecida; (c) sobre-amortecida

O Sistema



Tempo de resposta e gama de erro

O Sistema



Oscilações não-amortecidas (sistema instável)