



**DEEC**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA  
ELECTROTÉCNICA E DE COMPUTADORES

TÉCNICO LISBOA

# Electrónica Geral

**Docente Responsável:** José A. B. Gerald

**E-mail:** [jabg@tecnico.ulisboa.pt](mailto:jabg@tecnico.ulisboa.pt)

[jabg@inesc-id.pt](mailto:jabg@inesc-id.pt)

**Tel:** 213100368

**Local:** INESC-ID, 2º andar

## Capítulo 1

## Introdução



**DEEC**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA  
ELECTROTÉCNICA E DE COMPUTADORES

TÉCNICO LISBOA

# Electrónica Geral

José Gerald

Mestrado em Engenharia Aeroespacial  
Licenciatura em Engenharia Física Tecnológica  
Licenciatura em Engenharia Aeroespacial

MEAer: 1º ano, 1º semestre

LEFT: 3º ano, 1º semestre

LEAer: 3º ano, 1º semestre

2021/2022

## Capítulo 1

## Introdução



# Electrónica Geral

- **Objectivos**

Desenvolver a capacidade de resolução de problemas de análise e síntese de circuitos simples. Verificação experimental dos principais conceitos apreendidos.

- **Programa**

- Amplificadores Operacionais
- Filtros Ativos
- Osciladores
- Conversores de Sinal
- Conversores Eletrónicos de Potência
- Filtros Digitais
- Circuitos Digitais



**DEEC**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA  
ELECTROTÉCNICA E DE COMPUTADORES

TÉCNICO LISBOA

# Electrónica Geral

Esquema/Plano das Aulas → **fénix**

Semana: 4TP+3L

Avaliação → **fénix**

$NF=0,5(0,5L1+0,25L2+0,25L3)+0,5MAX(E,ER)$

2 Exames (nota mínima 9,5)

Laboratório (nota mínima 9,5)

Estrutura da matéria → **fénix**

Bibliografia → **fénix**

Adel S. **Sedra** e Kenneth C. Smith, Microelectronic Circuits, Oxford University Press. (7ª Edição)

Alan V. **Oppenheim**, Ronald W. Schafer, *Discrete-Time Signal Processing*, 3/E, Prentice Hall, 2013. (3ª Edição)

Cópia dos slides da matéria teórica → **fénix**

Enunciados dos problemas → **fénix**

Enunciados dos laboratórios → **fénix**

**DEEC**

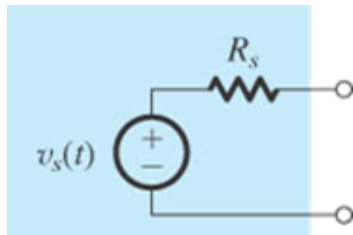
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA  
ELECTROTÉCNICA E DE COMPUTADORES  
TÉCNICO LISBOA

# Electrónica Geral

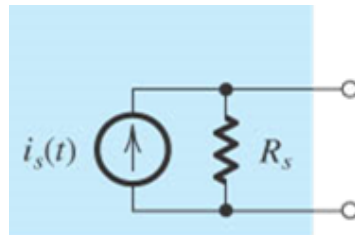
Electrónica Geral - Planeamento 2021-22 Semestre 1 Quarter 1									
		TEÓRICO-PRÁTICAS					LABORATÓRIOS		
Sem.		Nº	Cap				Nº	Cap	
	20/09/2021								
	21/09/2021								
	22/09/2021								
	23/09/2021								
	24/09/2021								
	25/09/2021								
	26/09/2021								
	27/09/2021								
	28/09/2021								
1	29/09/2021	1	1+2	Apresentação da cadeira. Introdução à electrónica. Amplificadores operacionais					
	30/09/2021								Inscrições
	01/10/2021	2	3	Filtros activos					Problemas 4.6 e 3.13 (Rectificador precisão + AMPOPs não ideais)
	02/10/2021								
	03/10/2021								
	04/10/2021								
	05/10/2021						1	3+4	Filtros Activos e osciladores
2	06/10/2021	3	3	Filtros activos					
	07/10/2021						1	3+4	Filtros Activos e osciladores
	08/10/2021	4	3	Filtros activos. Problema de filtros 1 e 2			2	3+4	Filtros Activos e osciladores
	09/10/2021								
	10/10/2021								
	11/10/2021								
	12/10/2021						3	3+4	Filtros Activos e osciladores
3	13/10/2021	5	4	Osciladores					
	14/10/2021						3	3+4	Filtros Activos e osciladores
	15/10/2021	6	4	Osciladores + Prob. Osciladores 3			4	3+4	Filtros Activos e osciladores ----AVALIAÇÃO CONTÍNUA
	16/10/2021								
	17/10/2021								
	18/10/2021								
	19/10/2021								
4	20/10/2021	7	5	Conversores A/D e D/A			3+4		Filtros Activos e osciladores. Compensação do feriado

# 1. Sinais analógicos e digitais

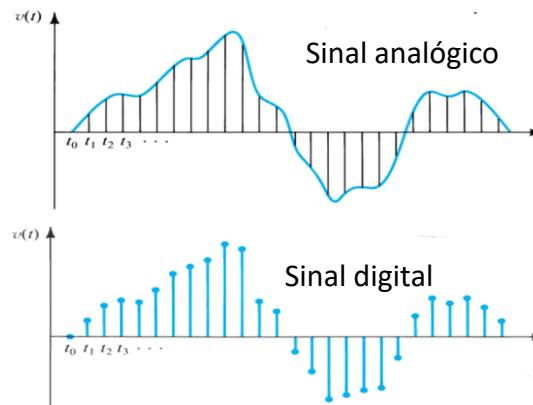
Representações de uma fonte de sinal:



a) Thevenin



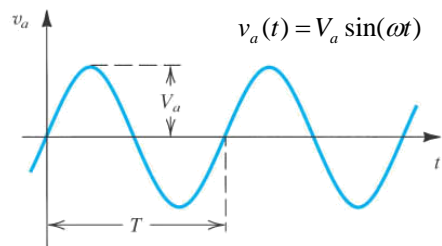
b) Norton



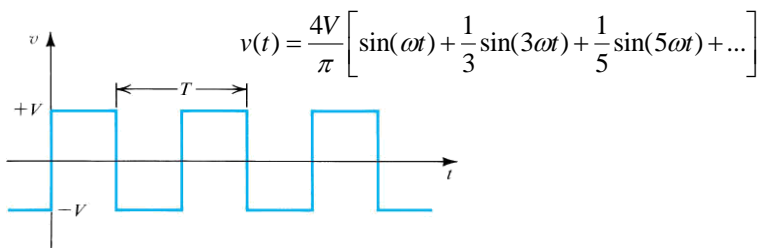
# 2. Espectro de sinais

Domínio do tempo:

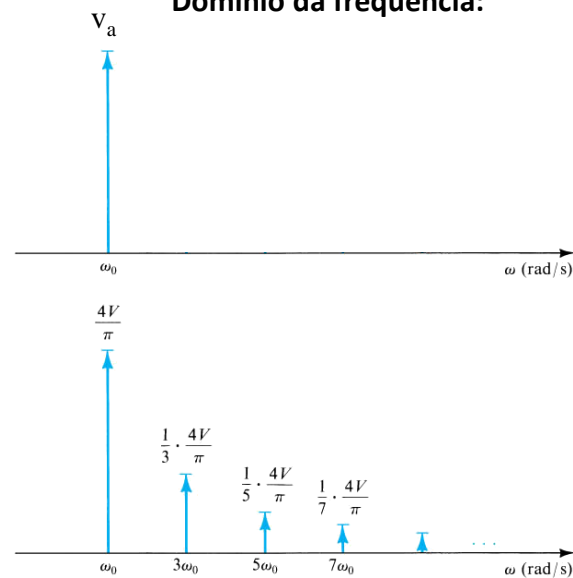
Onda sinusoidal



Onda Quadrada



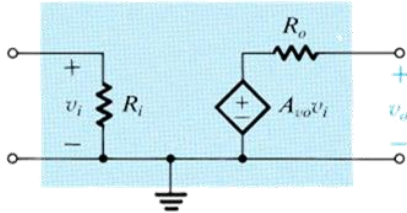
Domínio da frequência:



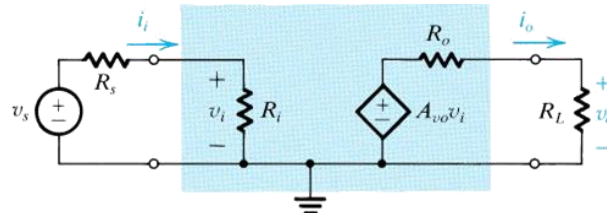
## 3. Amplificadores

### 3.1. Amplificador de tensão

Modelo de um amplificador de tensão



Gerador e carga ligados a um amplificador de tensão



Fonte de **tensão**  
dependente de **tensão**

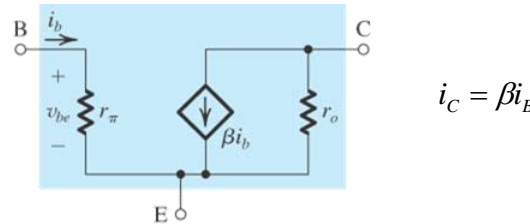
$$v_o = A_{vo} v_i \frac{R_L}{R_L + R_o} \quad A_v = \frac{v_o}{v_i} = A_{vo} \frac{R_L}{R_L + R_o}$$

$$\frac{v_o}{v_s} = \frac{v_o}{v_i} \frac{v_i}{v_s} = A_{vo} \frac{R_L}{R_L + R_o} \frac{R_i}{R_i + R_s}$$

Os divisores de resistência na entrada e na saída provocam redução do ganho

### 3.2. Amplificador de corrente

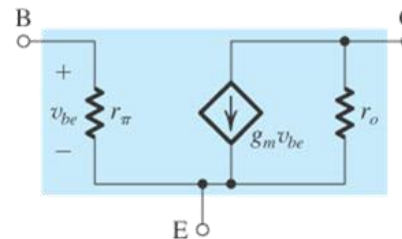
Modelo de um amplificador de corrente  
(Ex. Transístor bipolar)



Fonte de **corrente**  
dependente de **corrente**

### 3.3. Amplificador de transcondutância

Modelo de um amplificador de transcondutância

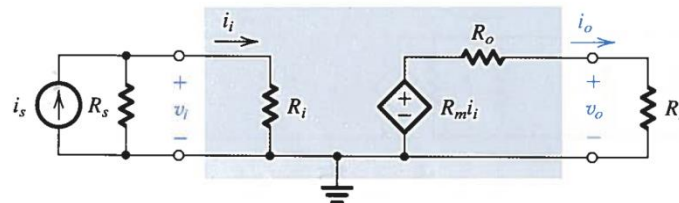


Fonte de **corrente**  
dependente de **tensão**

TJB:  $i_C = g_m v_{BE}$

MOSFET:  $i_D = g_m v_{GS}$

### 3.4. Amplificador de transresistência



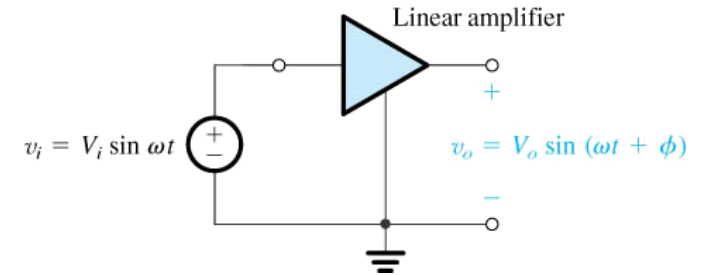
Fonte de **tensão**  
dependente de **corrente**

## 4. Resposta em frequência de amplificadores

### 4.1. Definições

Função de transferência:

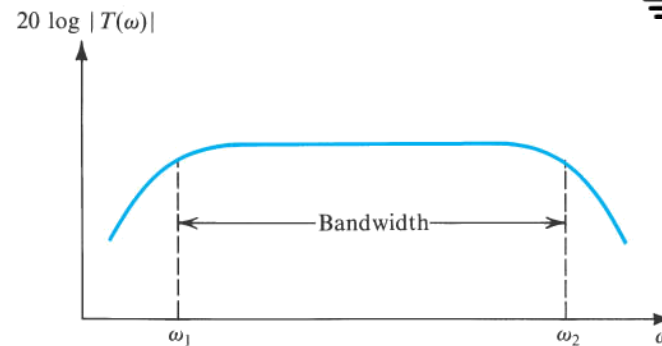
$$T(\omega) = \frac{v_o(\omega)}{v_i(\omega)} \Rightarrow \begin{cases} |T(\omega)| & \text{Módulo} \\ \arg\{T(\omega)\} & \text{Fase} \end{cases}$$



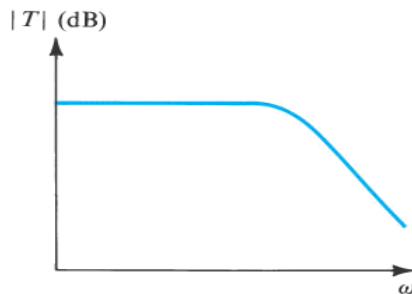
### 4.2. Largura de banda

Largura de banda: -3 dB do patamar (banda de passagem)

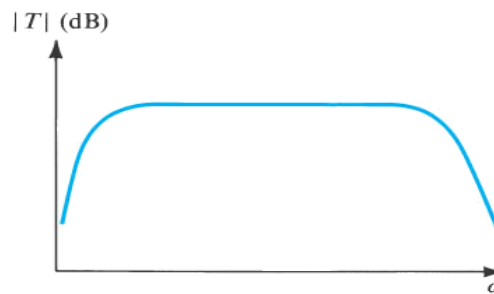
$$LB = \omega_2 - \omega_1$$



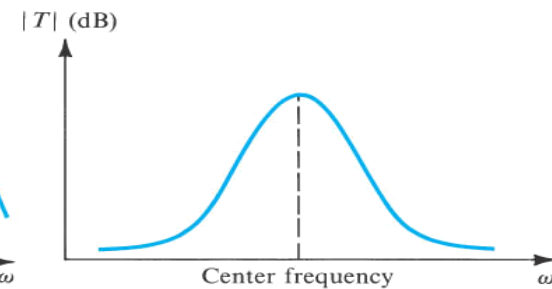
Passa-Baixo:



Passa-Banda



Sintonizado

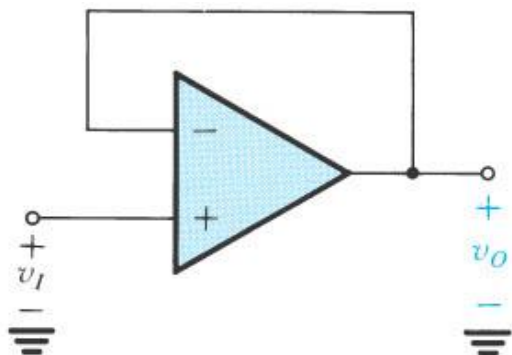




## 4. Resposta em frequência de amplificadores (cont.)

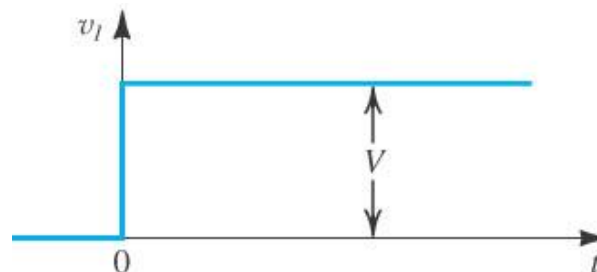
### 4.2. Largura de banda (cont.)

Seguidor de tensão



(a)

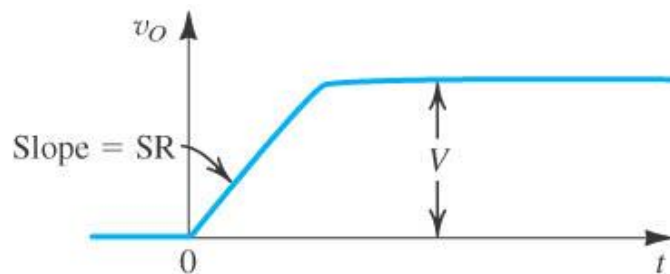
Sinal de Entrada:



(b)

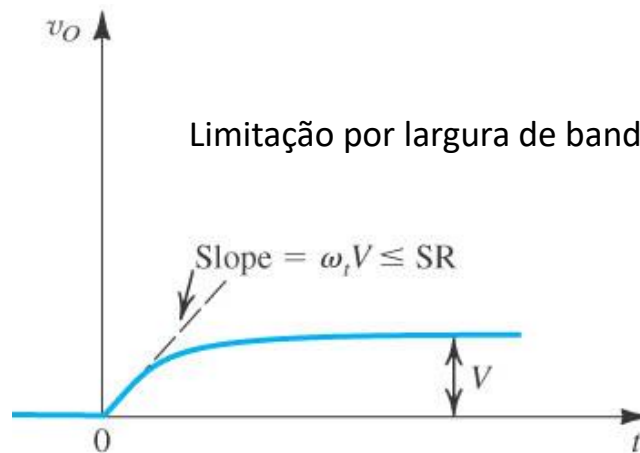
Sinal de Saída:

Limitação por slew-rate



(c)

Limitação por largura de banda



(d)