



Serviço Público Federal  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense  
Pró-Reitoria de Ensino  
Campus Pelotas  
Curso de Engenharia Elétrica

<b>DISCIPLINA: Eletrônica II</b>	
<b>Vigência:</b> a partir de 2007/1	<b>Período Letivo:</b> 7º semestre
<b>Carga Horária Total:</b> 60h	<b>Código:</b> EE.761
<b>Ementa:</b> Amplificadores diferenciais e de múltiplos estágios, circuitos eletrônicos realimentados, conversores de dados, geradores de sinais e circuitos formadores de onda, amplificadores de potência lineares.	

## Conteúdos

UNIDADE I – Amplificadores básicos.

- 1.1 Configurações
- 1.2 Ganho e impedância

UNIDADE II – Resposta em frequência de amplificadores

- 2.1 Faixa de Passagem
- 2.2 Diagramas de Bode.
- 2.3 Resposta em frequência de filtros RC.
- 2.4 Resposta em baixas frequências de amplificadores transistorizados.
  - 2.4.1 Análise aproximada.
  - 2.4.2 Análise completa.
- 2.5 Resposta em alta frequência de circuitos com Transistor de Junção Bipolar (TJB)
  - 2.5.1 Modelo pi-híbrido do TJB.
  - 2.5.2 Determinação dos parâmetros do TJB.
  - 2.5.3 Resposta em alta frequência do circuito emissor comum.
- 2.6 O Transistor de Efeito de Campo (TEC) em altas frequências.
  - 2.6.1 Conversão do parâmetro Y em parâmetros pi-híbridos
  - 2.6.2 O TEC na configuração fonte comum
- 2.7 Amplificadores em cascata.
- 2.8 Resposta transitória de amplificadores.
- 2.9 Amplificador cascode.
  - 2.9.1 Resposta em baixas frequências.
  - 2.9.2 Resposta em altas frequências.
  - 2.9.3 Exemplo de análise por polos dominantes do cascode.
- 2.10 Métodos de determinação de polos e zeros.
  - 2.10.1 Método da função de transferência.
  - 2.10.2 Método das constantes de tempo e uso do teorema de Miller de determinação de polos.
  - 2.10.3 Método de Cochrun-Grabel de determinação dos polos.
  - 2.10.4 Determinação de zeros.



Serviço Público Federal  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense  
Pró-Reitoria de Ensino  
*Campus Pelotas*  
Curso de Engenharia Elétrica

### UNIDADE III – Realimentação

- 3.1 Conceitos básicos de realimentação.
- 3.2 Método de análise de um amplificador realimentado.
- 3.3 Efeito da realimentação na banda passante.
  - 3.3.1 Função de transferência com um polo.
    - 3.3.1.1 Em baixas frequências.
    - 3.3.1.2 Em altas frequências.
  - 3.3.2 Produto ganho-faixa.
  - 3.3.3 Função de transferência com dois polos.
    - 3.3.3.1 Em baixas frequências.
    - 3.3.3.2 Em altas frequências.
- 3.4 Resposta transitória dos amplificadores realimentados.
  - 3.4.1 Função de transferência com um polo em altas frequências.
  - 3.4.2 Função de transferência com dois polos em altas frequências.
- 3.5 Análise aproximada de um amplificador realimentado com múltiplos polos.
- 3.6 Estabilidade do amplificador realimentado.
  - 3.6.1 Critério de Routh-Hurwitz.
  - 3.6.2 Margem de ganho e margem de fase.
  - 3.6.3 Diagrama de Nichols.
- 3.7 Exemplo de análise de um amplificador realimentado.
  - 3.7.1 Função de transferência e curva de Bode do ganho.
  - 3.7.2 Cálculo da margem de pico e frequência de ressonância.
  - 3.7.3 Resposta à onda quadrada.
  - 3.7.4 Estabilidade por Routh-Hurwitz.
  - 3.7.5 Margem de ganho e margem de fase.
  - 3.7.6 Diagrama de Nichols.
- 3.8 Compensação.
  - 3.8.1 Compensação por polo dominante.
  - 3.8.2 Compensação por polo-zero.
  - 3.8.3 Compensação por avanço.
- 3.9 Alteração da resposta pela realimentação.

### UNIDADE IV – Osciladores.

- 4.1 Condições de Barkhausen.
- 4.2 Oscilador de deslocamento de fase.
- 4.3 Passos na análise de um oscilador.
  - 4.3.1 Critérios de Routh-Hurwitz.
  - 4.3.2 Critérios de Barkhausen.
- 4.4 Oscilador em Ponte de Wien.
- 4.5 Oscilador de circuito ressonante.
- 4.6 Forma geral de um circuito oscilador.



Serviço Público Federal  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense  
Pró-Reitoria de Ensino  
*Campus Pelotas*  
Curso de Engenharia Elétrica

- 4.6.1 Oscilador Hartley.
- 4.6.2 Oscilador Colpitts.
- 4.7 Oscilador a cristal.
  - 4.7.1 Oscilador Colpitts a cristal.

#### UNIDADE V – Circuitos digitais.

- 5.1 O transistor como chave.
  - 5.1.1 Circuitos de comutação não regenerativos.
- 5.2 Circuitos regenerativos.
  - 5.2.1 Schmitt-Trigger.
  - 5.2.2 Biestável.
  - 5.2.3 Monoestável.
  - 5.2.4 Astável.
    - 5.2.4.1 Astável com amplificador operacional.
- 5.3 O temporizador integrado 555.
  - 5.3.1 Operação como monoestável.
  - 5.3.2 Operação como astável.
  - 5.3.3 Modulador por largura de pulso.
  - 5.3.4 Modulador por posição de pulso.
- 5.4 O oscilador com transistor unijunção.

#### UNIDADE VI – O amplificador operacional.

- 6.1 O amplificador operacional ideal.
- 6.2 Configurações amplificadoras.
  - 6.2.1 Amplificador inversor.
  - 6.2.2 Amplificador não-inversor.
  - 6.2.3 Amplificador somador.
  - 6.2.4 Amplificador subtrator.
- 6.3 O amplificador operacional real.
  - 6.3.1 Estágios internos.
  - 6.3.2 Limitações estáticas.
    - 6.3.2.1 Tensão de offset e deriva térmica.
    - 6.3.2.2 Correntes de polarização, offset e deriva térmica.
    - 6.3.2.3 Impedância de entrada.
    - 6.3.2.4 Ganhos a laço aberto.
    - 6.3.2.5 Impedância de saída.
    - 6.3.2.6 Limitação da saída e rejeição à fonte de alimentação.
  - 6.3.3 Limitações dinâmicas.
    - 6.3.3.1 Resposta em frequência sem compensação.
    - 6.3.3.2 Resposta em frequência com compensação.
    - 6.3.3.3 Slew-rate.
    - 6.3.3.4 Settling-time.
- 6.4 Tipos de amplificadores operacionais.
- 6.5 Integradores e diferenciadores.



Serviço Público Federal  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense  
Pró-Reitoria de Ensino  
*Campus Pelotas*  
Curso de Engenharia Elétrica

- 6.5.1 Comportamento em corrente contínua.
- 6.5.2 Comportamento em altas frequências.
- 6.6 Amplificadores para instrumentação.
- 6.7 Reforçadores de corrente e de tensão.
- 6.8 Comparadores de tensão.
  - 6.8.1 Detector de cruzamento por zero.
  - 6.8.2 Detector de nível.
  - 6.8.3 Comparador de janela.
  - 6.8.4 Comparador de declividade.
  - 6.8.5 Comparador com histerese.
  - 6.8.6 O circuito integrado comparador de tensão.
- 6.9 Amostradores e retificadores.
- 6.10 Geradores de função.
  - 6.10.1 Osciladores harmônicos.
  - 6.10.2 Osciladores não-harmônicos.
    - 6.10.2.1 Onda retangular.
    - 6.10.2.2 Onda triangular.
    - 6.10.2.3 Onda senoidal.
- 6.11 Conversores tensão-frequência.
- 6.12 Conversores logarítmicos e antilogarítmicos.
- 6.13 Conversores multifunção.
- 6.14 Operações matemáticas usando circuitos analógicos.
- 6.15 Conversor D/A e A/D.

UNIDADE VII – Estágios de saída e amplificadores de potência.

#### **Bibliografia básica:**

FRANCO, Sérgio. **Design with operational amplifiers and analog integrated circuits**. 3. ed. Boston: McGraw-Hill, 2001.  
GRAY, Paul R. et al. **Analysis and design of analog integrated circuits**. 5. ed. New York: John Wiley & Sons, 2009.  
SEDRA, Adel S; SMITH, Kenneth C. **Microeletrônica**. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

#### **Bibliografia complementar:**

KESTER, Walt. (editor) **Data conversion handbook**. Burlington, MA: Newnes, 2004.  
JUNG, Walter G. **Op amp applications handbook**. Burlington. MA: Newnes, 2005.  
ZUMBAHLEN, Hank. (editor) **Linear circuit design handbook**. Burlington, MA: Newnes, 2008.  
MALVINO, Albert Paul. **Eletrônica**. 4. ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 1997. v. 2.



Serviço Público Federal  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense  
Pró-Reitoria de Ensino  
*Campus Pelotas*

Curso de Engenharia Elétrica

PALUMBO, Gaetano; PENNISI, Salvatore. **Feedback amplifiers: theory and design.** Springer, 2011.