



Plano de Ensino

Identificação

- Código: EEL 7303
- Nome: Circuitos Eletrônicos Analógicos (teoria e laboratório)
- Turmas: 06235
- Carga horária: 72 h.a. (60 -teoria, 12 -prática)
- Período: 2019-2
- Cursos: Engenharia Elétrica, Engenharia Eletrônica
- Prof. Jader A. De Lima (jader.lima@eel.ufsc.br)
- Atendimento presencial: 3ª feiras, 10:00h – 11:15h 6ª feiras, 8:45h – 10:00h
- Monitoria: Não haverá nesse semestre.

Ementa:

Amplificadores multi-estágios; ruído em circuitos analógicos; amplificadores diferenciais; espelhos de corrente; estágios de saída e amplificadores de potência; resposta em frequência de amplificadores; referências de corrente e tensão; circuitos com amplificadores operacionais; circuitos realimentados; osciladores.

Objetivos:

- Geral: Desenvolver habilidades de análise e de síntese de circuitos eletrônicos analógicos
- Específicos:
 - Introduzir noções elementares sobre o tratamento de sinais em circuitos eletrônicos, tais como distorção harmônica e ruído intrínseco.
 - Familiarizar o aluno com blocos elementares que compõem circuitos para processamento da informação analógica, tais como espelhos de corrente, amplificadores diferenciais, amplificadores operacionais, referências de tensão tipo bandgap e osciladores.
 - Introduzir modelos de componentes dependentes da frequência e seus efeitos em amplificadores.
 - Relacionar a importância da polarização dos componentes não-lineares no desempenho do circuito, com ênfase na largura de banda, no consumo, na linearidade e na robustez ao ruído e interferência.
 - Revisar e aplicar os conceitos de realimentação negativa na análise e no projeto de amplificadores.
 - Aplicar os conceitos de realimentação



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
CAMPUS UNIVERSITÁRIO REITOR JOÃO DAVID FERREIRA LIMA - TRINDADE
CEP: 88040-900 - FLORIANÓPOLIS - SC
TELEFONE (048) 3721-2262 - FAX (048) 3721-9280

Conteúdo programático:

Amplificador a BJT/MOS (estágios simples)
Distorção e Ruído Intrínseco em Amplificadores
Amplificador BJT/MOS Diferencial
Amplificadores de Potência (classe A/B/AB)
Espelhos de Corrente BJT/MOS
Referência de Tensão/Corrente
Resposta em Frequência de Amplificadores
Amplificador Operacional
Sistemas Realimentados
Osciladores



Metodologia:

Instrumentos metodológicos:

A disciplina compreende aulas teóricas e atividades em laboratório. O conteúdo teórico será desenvolvido por meio de aulas expositivas e seminários, com auxílio de recursos multimídia, vídeo-aulas realizadas pelo professor e notas de aula em repositório de acesso geral.

As atividades de laboratório compreenderão sessões experimentais onde o aluno será confrontado com problemas práticos e deverá buscar soluções no contexto da disciplina. Deve-se observar a integração que deverá haver por parte dos alunos entre as atividades em sala de aula e no laboratório.

Pressupostos da metodologia:

Assiduidade: é obrigatória a presença do aluno em pelo menos 75% das atividades da disciplina (teoria e laboratório). As aulas terão início nos referidos horários, **pontualmente**.

Fórum da Disciplina: Extremamente recomendado que os alunos utilizem essa ferramenta para a colocação de dúvidas técnicas, permitindo uma maior disseminação das respostas e comentários.

Avaliação:

Instrumentos de avaliação:

O desempenho do estudante será avaliado através de provas e tarefas teóricas e experimentais.

A nota final do semestre será composta pela média ponderada das notas das avaliações parciais (A1 e A2) e das tarefas de laboratório (L1), calculadas a partir da seguinte fórmula: $NF (nota final) = (0.35 \times A1) + (0.40 \times A2) + (0.25 \times L1)$.

Avaliação A1 corresponde a uma prova individual. Avaliação A2 será composta por uma nota de prova individual P2 (peso 50%) e uma nota de projeto NP (peso 50%), sendo esse último realizado em grupo de 2 alunos (número máximo), sobre os temas apresentados no Anexo I. No caso de uma turma com número ímpar de alunos, será permitido um único grupo de 3 alunos para a realização do projeto. Quando da apresentação do projeto, o professor poderá arguir os alunos individualmente, razão pela qual a nota NP poderá ser atribuída diferentemente aos membros da equipe.

Os experimentos de laboratório – e respectivos relatórios - serão realizados em grupos de 2 alunos (número máximo). Cada aluno deverá entregar ao professor o Pré-Laboratório individual devidamente realizado, no início da aula de laboratório, como condição necessária para a realização da parte experimental, o qual comporá em 15% a nota final do relatório, constatando-se que o aluno tenha terminado o experimento. A folha com os dados experimentais coletados deverá ser apresentada pela equipe ao final de cada experimento para visto do professor, e deverá estar contida no relatório, como apêndice. O relatório de cada experimento, por equipe, deverá ser entregue na aula do experimento seguinte, **impreterivelmente**; caso contrário, não será considerado.

A prova de recuperação abrange a matéria total do semestre.



Cronograma:

Previsão de aulas teóricas

Data		Assunto
05/08	seg	Amplificador a BJT/MOSFET- Distorção Harmônica.
12/08	seg	Amplificador a BJT/MOSFET(multi-estágios)
19/08	seg	Referência de Tensão/Corrente
26/08	seg	Amplificador a BJT/MOSFET (ruído intrínseco)
02/09	seg	Entrega Documental Inicial do projeto. Amplificador Diferencial.
09/09	seg	Amplificador Diferencial. Exercícios.
16/09	seg	Amplificadores de Potência (classe A)
23/09	seg	Prova 1
30/09	seg	Amplificadores de Potência (classe B e classe AB).
07/10	seg	Entrega Documental Intermediária do projeto. Espelhos/Fontes de Corrente.
14/10	seg	Resposta em Frequência
21/10	seg	Sistemas Realimentados
28/10	seg	Dia não letivo
04/11	seg	Sistemas Realimentados (Exercícios)
11/11	seg	Amplificador Operacional (projeto e utilização).
18/11	seg	Osciladores
25/11	seg	Prova 2
27/11	qua	Apresentação dos Projetos (Seminários) Parte 1
29/11	sex	Apresentação dos Projetos (Seminários) Parte 2
02/12	seg	Prova de Recuperação

Previsão de aulas laboratoriais

Data		Assunto
09/08	sex	Não haverá aula
16/08	sex	Lab 1: Amplificador a 2 estágios
23/08	sex	Lab 2: Referência de Tensão (bandgap)
30/08	sex	Lab 3: Amplificador Diferencial
06/09	sex	Lab 4: Estágios de Saída
13/09	sex	Lab 5: Amplificador de Potência
20/09	sex	Lab 6: Resposta em frequência de um amplificador (I)
27/09	sex	Lab 7: Resposta em frequência de um filtro passa-faixas a opamp (II)
04/10	sex	Lab 8 : Espelhos de Corrente
11/10	sex	Lab 9: Amplificador operacional CMOS (parte 1)
18/10	sex	Lab 9: Amplificador operacional CMOS (parte 2)
25/10	sex	Não haverá aula
01/11	sex	Lab 10: Oscilador a Deslocamento de Fase
08/11	sex	Lab 11: Filtro Ativo
15/11	sex	Dia não letivo
22/11	sex	Recuperação de um (1) experimento de laboratório



Bibliografia:

- **B. Razavi, Fundamentals of Microelectronics, J. Wiley, 2006**
- **A. S. Sedra and K. C. Smith, Microelectronic Circuits, 6th ed., Oxford, 2009.**
- **R. Boylestad e L. Nashlky, Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos, 11ª Edição, Pearson**
- P.R. Gray, P. J. Hurst, S. H. Lewis and R. G. Meyer, "Analysis and Design of Analog Integrated Circuits", Fourth Edition, J. Wiley and Sons, 2001.
- D. A. Johns and K. Martin, Analog Integrated Circuit Design, J. Wiley and Sons, 1997.

NOTAS DE AULAS (Módulos):

https://drive.google.com/open?id=0B5OZPh4KR_74YjJwRXFreFVOQW8

LISTAS DE EXERCÍCIOS:

https://drive.google.com/folderview?id=0B5OZPh4KR_74flnV2ZLU3p0YVNoTjhRZWttWVFM OE9OdWNIQTJHblJPVUF4YkdBaTNtcjg&usp=sharing

ROTEIROS DE LABORATÓRIO (+ Procedimentos de Laboratório):

<https://drive.google.com/drive/folders/1yUhWlooEcJRZlvpZFmWyJ9rQdzdiDRaR>

VÍDEO-AULAS

http://youtu.be/NB-Kb_ZxVEQ

<https://www.youtube.com/watch?v=F3Y6Urntvxg>

<https://youtu.be/SaaOotil-TY>

https://youtu.be/crz1_6wmXRk

<http://youtu.be/yRc5Ks4skwl>

<http://youtu.be/AAA8hswed1k>

https://youtu.be/he26uhlrX_o

<http://youtu.be/p8tkvG9KqHE>

http://youtu.be/6ioQ8r_1aqo

<http://youtu.be/XjBq4-Be0t4>

http://youtu.be/_IO_ECNjE3A

<http://youtu.be/AIUJ6pIKedE>

<http://youtu.be/2h1Hzeg0XNs>

http://youtu.be/Ow1m_Js-r_c



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
CAMPUS UNIVERSITÁRIO REITOR JOÃO DAVID FERREIRA LIMA - TRINDADE
CEP: 88040-900 - FLORIANÓPOLIS - SC
TELEFONE (048) 3721-2262 - FAX (048) 3721-9280

SIMULADOR ELÉTRICO (versões gratuitas): *Altamente recomendado que o mesmo seja utilizado, como ferramenta de aprendizado do curso.*

LTspice

<http://www.linear.com/designtools/software>

Pspice:

<http://pspice.softonic.com.br/download>



ANEXO I

TEMAS DE PROJETO

1. Oscilador a Cristal de Micropotência
2. Oscilador linear (senoidal) controlado por tensão (VCO)
3. Regulador linear de tensão *Low-Dropout* (LDO)
4. Conversor DC-DC chaveado abaixador de tensão tipo “buck” (com feedback)
5. Amplificador com controle de ganho automático (com detector de amplitude)
6. Conversor DC-DC chaveado elevador de tensão tipo “booster” (com indutor e feedback)
7. Conversor DC/DC a capacitores chaveados (*charge-pump*)
8. Conversor A/D tipo “pipeline”
9. Conversor A/D tipo “dual-slope” (com interface digital)
10. Conversor A/D tipo “flash”
11. Conversor D/A tipo “segmentado”
12. Amplificador de sinais biomédicos EEG
13. Estetoscópio eletrônico
14. Controle de velocidade motores CC via modulação PWM
15. Medidor eletrônico de energia elétrica
16. Amplificador de Áudio Classe-D em Ponte-H
17. Amplificador de Isolamento
18. Amplificador de Áudio Valvulado
19. Sensor de Temperatura Integrado
20. Fonte de Corrente Ajustável (0 - 20A)
21. Gerador de Formas de Onda (Senoidal, Triangular, Quadrada)
22. Proteção/Controle para Iluminação Pública LED
23. Amplificador Operacional MOS Integrado
24. Afinador de Violão
25. Circuito de detecção de infravermelho
26. Circuito de detecção de nível de água

Quanto aos tópicos de projeto, não será possível que dois ou mais grupos escolham o mesmo tema. Assim, o procedimento para a definição do tópico será “first-come, first-served”. No caso, o grupo (já previamente constituído) deverá enviar sua opção preferencial (mais duas opções secundárias) de tema através de email ao endereço jader.lima@eel.ufsc.br, necessariamente, a partir de 10:00h de 13/08/2019. Apenas uma mensagem por grupo será aceita; caso contrário, mensagens de diferentes membros do mesmo grupo serão sumariamente desconsideradas. O limite para escolha do tema é 26/08/2019, às 18:00h, após o qual os temas serão sorteados e as equipes definidas aleatoriamente.

Obs: Alunos que já cursaram a disciplina não poderão repetir temas anteriormente por eles escolhidos.



Cronograma do Projeto:

- 1) Para a Entrega da Documentação Inicial do projeto, o grupo deverá identificar uma aplicação específica para o projeto a ser desenvolvido. Deverá propor especificações elétricas preliminares, definindo parâmetros como tensão de alimentação, frequência de operação, tensão/corrente/potência de entrada/saída, consumo máximo de potência, eficiência, linearidade (THD), precisão, intervalo de temperatura, etc. Ainda, propor uma arquitetura inicial do circuito, assim como o simulador a ser utilizado. O arquivo a ser entregue será composto no máximo por 6 slides técnicos, e enviado por email até 10h de 02/09. Uma análise do material será feita pelo professor e comunicada à equipe.

- 2) Para a Entrega da Documentação Intermediária, o grupo deverá apresentar os cálculos básicos de projeto, incluindo o dimensionamento dos componentes a serem utilizados. Resultados iniciais de simulação, mostrando a funcionalidade do circuito em condições nominais de parâmetros, são esperados. O arquivo a ser entregue será enviado por email até 10h de 07/10. Uma análise do material será feita pelo professor e comunicada à equipe.

- 3) Para a Apresentação do Projeto, o grupo deverá apresentar os resultados finais de dimensionamento do projeto e resultados de simulação que efetivamente comprovem a funcionalidade do circuito em situação nominal, assim como em condições de descasamento de componentes críticos, variações de temperatura, ruídos na alimentação, etc., ou seja, cenários que possam afetar o desempenho do circuito “no campo” devem ser explorados. Um confronto entre a tabela de especificações iniciais e os valores obtidos por simulação (consumo máximo de potência, eficiência, linearidade (THD), precisão, intervalos de utilização, etc...), deve ser apresentado, calculando os erros relativos e os pontos mais sensíveis de projeto. Analisar o que poderia ser melhorado ou re-proposto no caso de um re-projeto. Como relatório, o grupo deverá preparar um arquivo Power Point com o conteúdo acima, de maneira detalhada, e disponibilizado ao professor até 10:00h do dia 27/11, **impreterivelmente**. Um material resumido, a partir do arquivo PPT descrito, deverá ser utilizado para a apresentação final, que terá uma duração máxima de 20 minutos, sem limitação de slides.

Convém salientar que a pontualidade na apresentação final é também critério de avaliação. Portanto, é sugerido ao grupo um ensaio antes da apresentação do seminário.