

PLANO DE ENSINO

Carga horária

Teoria: 60 horas Prática: 30 horas Créditos: 5

Objetivo

Capacitar o aluno a analisar e projetar amplificadores realimentados, atendendo a especificações diversas, bem como, estudar as condições de estabilidade e aplicar técnicas de compensação.

Projetar osciladores senoidais.

Ementa

Resposta em frequência; Realimentação; Amplificadores operacionais; Osciladores e Compensação.

Bibliografia básica

Microelectronic Circuits – Sedra & Smith

Integrated Electronics – Millman & Halkias

Introduction to Operational Amplifier Theory and Applications – Wait, Huelsman & Korn

The Art of Electronics – Horowitz & Hill

Bipolar.and.MOS.Analog.Integrated.Circuit.Design - Grebene

Critério de avaliação

- Teoria

Provas regulares: P1 e P2 (provas parciais) e PF (prova final)

MP – média parcial

$$MP = (P1 + P2) / 2$$

$$\left\{ \begin{array}{ll} MP < 3,0 & \Rightarrow \text{reprovado} \\ MP \geq 7,0 & \Rightarrow \text{dispensado da PF} \\ 3,0 \leq MP < 7,0 & \Rightarrow \text{PF} \end{array} \right.$$

P2CH – prova de 2ª chamada

Será oferecida uma única prova de 2ª chamada (P2CH) com conteúdo integral aos alunos que faltarem a uma das provas regulares (P1, P2 ou PF). O grau da P2CH será lançado no lugar da nota ausente. O grau da PF será, obrigatoriamente, considerado no cálculo da média final (MF).

Os alunos que realizarem todas as provas regulares e obtiverem $4,5 \leq MF < 5,0$ poderão fazer a P2CH. O grau da PF será substituído pela média das notas obtidas na PF e na P2CH sendo realizado um novo cálculo da média final.

- **Prática**

LAB – Média final de aula prática LAB < 5,0 $\Rightarrow$ reprovado

- **Média final**

$$\text{MF – média final} \quad \left\{ \begin{array}{ll} \text{LAB} < 5,0 & \Rightarrow \text{MF} = \text{MIN} \left[\text{LAB} ; 0,8 \times \left(\frac{\text{MP} + \text{PF}}{2} \right) + 0,2 \times \text{LAB} \right] \\ \text{MP} < 3,0 & \Rightarrow \text{MF} = \text{MP} \\ \text{MP} \geq 7,0 & \Rightarrow \text{MF} = 0,8 \times \text{MP} + 0,2 \times \text{LAB} \\ 3,0 \leq \text{MP} < 7,0 & \Rightarrow \text{MF} = 0,8 \times \left(\frac{\text{MP} + \text{PF}}{2} \right) + 0,2 \times \text{LAB} \end{array} \right.$$

- **Aprovação**

Para aprovação na disciplina o aluno deverá ter $\text{MF} \geq 5,0$ e índice de frequência $\geq 75\%$ nas aulas teóricas e práticas.

Programa do curso de Eletrônica III (EEL- 515)

1. Resposta em frequência de amplificadores

- 1.1. Tipos de resposta em frequência
 - 1.1.1. Amplificador DC
 - 1.1.2. Amplificador AC.
- 1.2. Função de transferência
 - 1.2.1. Zeros e pólos da função de transferência
- 1.3. Resposta em baixas frequências
- 1.4. Resposta em altas frequências
 - 1.4.1. Teorema de Miller
- 1.5. Exemplo
- 1.6. Amplificador Cascode
- 1.7. Impedância vista no coletor de um BJT com resistor de emissor

2. Realimentação Negativa

- 2.1. Introdução
- 2.2. Estrutura básica
- 2.3. Propriedades básicas da realimentação negativa
 - 2.3.1. Efeito sobre o ganho
 - 2.3.2. Efeito sobre a banda passante
 - 2.3.3. Efeito sobre a distorção
 - 2.3.4. Redução de ruído ou sinais espúrios
- 2.4. Topologias básicas da realimentação
 - 2.4.1. Amostragem de tensão, comparação de tensão - (ganho de tensão AV)
 - 2.4.2. Amostragem de tensão, comparação de corrente - (ganho de transresistência AR)
 - 2.4.3. Amostragem de corrente, comparação de tensão - (ganho de transcondutância AG)
 - 2.4.4. Amostragem de corrente, comparação de corrente - (ganho de corrente AI)
- 2.5. Análise de amplificadores realimentados utilizando modelagem por quadripólos.
- 2.6. Efeito sobre as impedâncias de entrada e saída nas quatro configurações
- 2.7. Resumo
- 2.8. Como identificar o tipo de realimentação?
 - 2.8.1. Tipo de amostragem
 - 2.8.2. Tipo de comparação
 - 2.8.3. Identificação da rede de realimentação
- 2.9. Conclusão

3. Amplificadores Operacionais

- 3.1. Amp-op ideal
- 3.2. Amplificador inversor

- 3.3. Amplificador não-inversor
- 3.4. Amp-op real
- 3.5. Análise, compensação e ajuste de "off-set"
- 3.6. Principais parâmetros do amp-op
- 3.7. Máxima excursão de sinal
- 3.8. Produto ganho/banda (GB)
- 3.9. "Slew-rate" (SR)
- 3.10. Somador
- 3.11. Conversor digital / analógico
- 3.12. Amplificador diferencial
- 3.13. Amplificador de instrumentação
- 3.14. Conversor de impedância Negativa (NIC)
- 3.15. Conversor tensão – corrente
- 3.16. Indutor simulado
- 3.17. Integrador
- 3.18. Diferenciador
- 3.19. Amplificadores com acoplamento AC
- 3.20. Reguladores de tensão
- 3.21. Circuitos não lineares

4. Osciladores Senoidais

- 4.1. Técnicas principais
 - 4.1.1. Osciladores lineares
 - 4.1.2. Conformadores de senóide
- 4.2. Critério de Barkhausen
- 4.3. Considerações práticas
- 4.4. Oscilador em ponte de Wien
 - 4.4.1. Controle de amplitude
 - 4.4.2. Controle de frequência
- 4.5. Oscilador por desvio de fase ("phase shift oscillator")
- 4.6. Osciladores LC
 - 4.6.1. Oscilador Colpitts
 - 4.6.2. Oscilador Hartley
- 4.7. Oscilador a cristal

5. Compensação

- 5.1. Estabilidade de amplificadores
- 5.2. Estudo de amplificadores realimentados com 1, 2 e 3 pólos
- 5.3. Margem de fase e margem de ganho
- 5.4. Compensação por pólo dominante ("LAG")
 - 5.4.1. Introdução de pólo
 - 5.4.2. Deslocamento do primeiro pólo
- 5.5. Compensação Miller ou "pole-splitting"
- 5.6. Compensação pólo-zero ("LAG-LEAD")
- 5.7. Compensação por introdução de zero ("LEAD")

mês	dia		teoria			programação	prática	
março							3ª	
	13	ter	aula no.	1	Resposta em frequência	apresentação do curso; Introdução: sinal, transdutor; importância do sinal senoidal;	1	
	15	qui	aula no.	2		1.1. Tipos de resposta em frequência; 1.2. Função de transferência; zeros e pólos; 1.3. Resposta em baixas frequências;		
	16	sex						
	20	ter	aula no.	3		1.4. Resposta em altas frequências; Teorema de Miller; 1.5. Exemplo	1	
	22	qui	aula no.	4	Realimentação Negativa	1.5. Exemplo; 1.6. Amplificador Cascode; 1.7. Impedância vista no coletor de um BJT com resistor de emissor		
	23	sex						
	27	ter	aula no.	5		2.1. Introdução; 2.2. Estrutura básica; 2.3. Propriedades básicas da realimentação negativa; 2.4. Topologias básicas da realimentação;	1	
abril	29	qui	aula no.	6		2.5. Análise de amplificadores realimentados utilizando modelagem por quadripólos; 2.6. Efeito sobre as impedâncias de entrada e saída nas quatro configurações; 2.7. Resumo	1	
	30	sex				FERIADO: Paixão de Cristo		
	03	ter	aula no.	7		2.8. Como identificar o tipo de realimentação: tipo de amostragem e tipo de comparação; Identificação da rede de realimentação; 2.9. Conclusão;	2	
	05	qui	aula no.	8		Exercício 1: amostragem de tensão (V), comparação de tensão (V);		
	06	sex						
	10	ter	aula no.	9		Exercício 2 (resolver com aluno voluntário)	2	
	12	qui	aula no.	10		Exercício 3		
	13	sex						
maio	17	ter	aula no.	11	Amplificador Operacional	3.1. Amp-op ideal; 3.2. Amplificador inversor; 3.3. Amplificador não-inversor;	3	
	19	qui	aula no.	12		3.4. Amp-op real; 3.5. Análise, compensação e ajuste de "off-set"; 3.6. Principais parâmetros do ampop; 3.7. Máxima excursão de sinal; 3.8. Produto ganho/banda (GB);		
	20	sex						
	24	ter	aula no.	13		3.9. "Slew-rate" (SR); 3.10. Somador;	3	
	26	qui	aula no.	14		3.11. Conversor digital / analógico; 3.12. Amplificador diferencial; 3.13. Amplificador de instrumentação;	3	
	27	sex						
	01	ter	aula no.			FERIADO: Dia do Trabalho		
	03	qui	aula no.	15	Osciladores Senoidais	3.14. Conversor de impedância Negativa (NIC);	3	
junho	04	sex						
	08	ter	aula no.	16		3.15. Conversor tensão – corrente; 3.16. Indutor simulado;	4	
	10	qui	aula no.	17		P1		
	11	sex						
	15	ter	aula no.	18		3.17. Integrador; 3.18. Diferenciador; 3.19. Amplificadores com acoplamento AC;	4	
	17	qui	aula no.	19		3.20. Reguladores de tensão;		
	18	sex						
	22	ter	aula no.	20		3.21. Circuitos não lineares	5	
julho	24	qui	aula no.	21	Compensação	4.1. Técnicas principais: osciladores lineares, conformadores de senóide; 3.2. Critério de Barkhausen; 3.3. Considerações práticas		
	25	sex						
	29	ter	aula no.	22		4.4. Oscilador em ponte de Wien: controle de amplitude; controle de frequência	5	
	31	qui	aula no.					
	01	sex				FERIADO: Corpus Christi		
	05	ter	aula no.	23		RECESSO		
	07	qui	aula no.	24		4.5. Oscilador por desvio de fase ("phase shift oscillator")		
	08	sex				4.6. Osciladores LC: oscilador Colpitts, oscilador Hartley; 4.9. Oscilador a cristal;	5	
agosto						RECESSO		
	12	ter	aula no.	25		5.1. Estabilidade de amplificadores; 5.2. Estudo de amplificadores realimentados com 1, 2 e 3 pólos	6	
	14	qui	aula no.	26		5.2. Estudo de amplificadores realimentados com 1, 2 e 3 pólos; 5.3. Margem de fase e margem de		
	15	sex						
	19	ter	aula no.	27		5.4. Compensação por pólo dominante ("LAG"); 5.5. Compensação Miller ou "pole-splitting";	6	
	21	qui	aula no.	28		5.6. Compensação pólo-zero ("LAG-LEAD"); 5.7. Compensação por introdução de zero ("LEAD")		
	22	sex						
	26	ter	aula no.	29		Exercício		
setembro	28	qui	aula no.	30		P2		
	29	sex						
	03	ter	aula no.	31				
	05	qui	aula no.	32		PF		
	06	sex						
	10	ter	aula no.	33		P2CH		
	12	qui	aula no.	34				
	13	sex				encerramento do período (14/7)		
outubro	17	ter	aula no.	35				
	19	qui	aula no.	36				
	20	sex						
	24	ter	aula no.	37				
	26	qui	aula no.	38				
	27	sex						
	31	ter		39				
	02	qui		40				
novembro	03	sex						
	07	ter		41				
	09	qui		42				
	10	sex						