

GRADUAÇÃO PRESENCIAL
2º semestre- 2015

Instrumentação Eletroeletrônica
Engª Elétrica – 7º/ 8º semestres

Profº. Ms.Cristiano Malheiro

cmalheiro@aedu.com

<http://cristianotm.wix.com/notasdeaula>

1



Aula 5

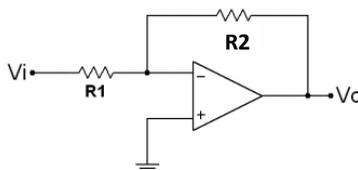
Amplificador Operacional

Modos de Operação

c) Malha Fechada – Realimentação Negativa

1. Amplificador Inversor

O amplificador de ganho constante mais amplamente utilizado é o amplificador inversor, mostrado abaixo. A saída é obtida pela multiplicação da entrada por um ganho (fator A) constante, fixado pelo resistor de entrada R_1 e o resistor de realimentação R_f . Essa saída também é invertida em relação à entrada.



$$V_o = -\frac{R_2}{R_1} V_i$$

$$G = \frac{-R_2}{R_1}$$

2



Aula 5

Amplificador Operacional

Exercícios:

- 1) Considere um amplificador inversor. Calcule o ganho de tensão para cada um dos conjuntos de resistores abaixo:
 - a. $R_1=1k\Omega$; $R_f=1,2k\Omega$;
 - b. $R_1=1k\Omega$; $R_f=4,7k\Omega$;
 - c. $R_1=2,4k\Omega$; $R_f=4,7k\Omega$;
 - d. $R_1=2,7k\Omega$; $R_f=8,2k\Omega$;
 - e. $R_1=1,2k\Omega$; $R_f=2,3k\Omega$;

- 2) Escolha um item e recalcule o ganho, bem como desenhe se fosse um amplificador não-inversor.

3



Aula 5

Amplificador Operacional

Exercícios:

- 3), 4), 5) lousa- notas do professor!

4





Aula 5

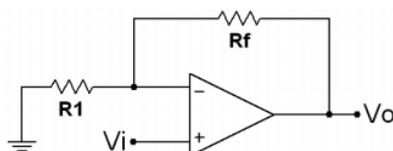
Amplificador Operacional

Modos de Operação

c) Malha Fechada – Realimentação Negativa

1. Amplificador Não- Inversor

A figura abaixo mostra um circuito com AOP que trabalha como um amplificador não-inversor ou multiplicador de ganho constante. Observe que a conexão do amplificador inversor é mais utilizada por ser mais estável entre as duas.



$$V_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) V_i$$

5



Aula 5

Amplificador Operacional

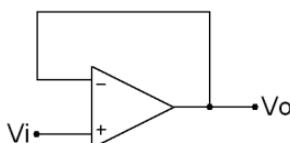
Modos de Operação

c) Malha Fechada – Realimentação Negativa

2. Amplificador Não- Inversor – Seguidor unitário ou buffer de tensão

O seguidor unitário, mostrado abaixo, fornece um ganho unitário (1) sem inversão de polaridade ou fase. Portanto a saída possui mesma amplitude, polaridade e fase da entrada.

O circuito atua como isolador (*buffer*) de estágios, reforçador de correntes e casador de impedâncias.



$$V_o = V_i$$

u



Aula 5

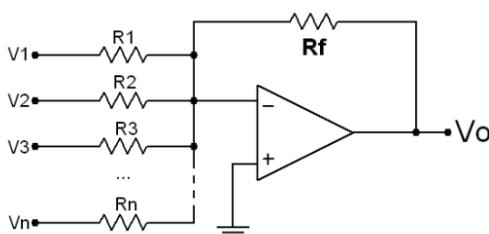
Amplificador Operacional

Modos de Operação

c) Malha Fechada – Realimentação Negativa

2. Amplificador Somador Inversor

O circuito abaixo mostra um circuito amplificador somador de n entradas que fornece um meio de somar algebricamente (adicionando) n tensões, cada uma multiplicada por um fator de ganho constante. Em outras palavras, cada entrada adiciona uma tensão à saída, multiplicada pelo seu correspondente fator de ganho.

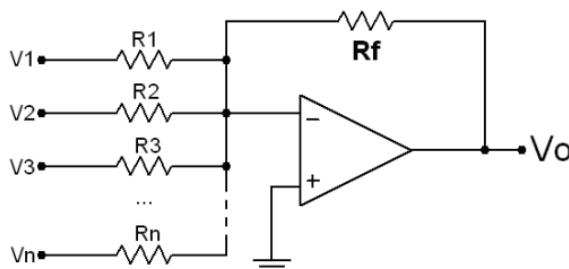


7



Aula 5

Amplificador Operacional



A saída V_o é determinada por:

$$V_o = -\sum_{i=1}^n \left(\frac{R_f}{R_i} V_i \right) = -\left(\frac{R_f}{R_1} V_1 + \frac{R_f}{R_2} V_2 + \frac{R_f}{R_3} V_3 + \dots + \frac{R_f}{R_n} V_n \right)$$

8



Aula 5

Amplificador Operacional

Exercício:

6) Construa a tabela verdade do Somador de 3 bits e 4 bits.

9



Aula 5

Osciloscópios (Balbinot, pág. 259)

São instrumentos que além de medir grandezas elétricas, ainda mostram a forma do sinal de grandeza.

Foi inventado por Ferdinand Brown em 1897.

Os osciloscópios analógicos são chamados assim por apresentarem um tubo de raios catódicos (TRC), não podem armazenar dados, ou fazer ajustes que necessitem de algum recurso mais avançado

10





Aula 5

Osciloscópios Analógicos(Balbinot, pág. 259)

Princípio de funcionamento: o canhão de elétrons (raios catódicos), emite elétrons em forma de feixe, consistindo em um filamento aquecido, um catodo, uma grade de controle, um anodo de foco e um anodo para acelerar os elétrons.

O filamento aquecido é na maioria dos casos, energizado com corrente alternada.

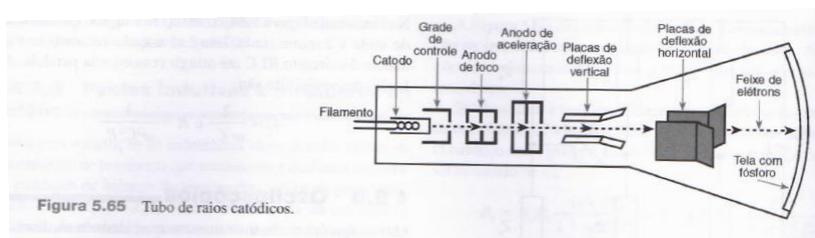


Figura 5.65 Tubo de raios catódicos.

11

kroton
paixão por educar



Aula 5

Osciloscópios Analógicos(Balbinot, pág. 259)

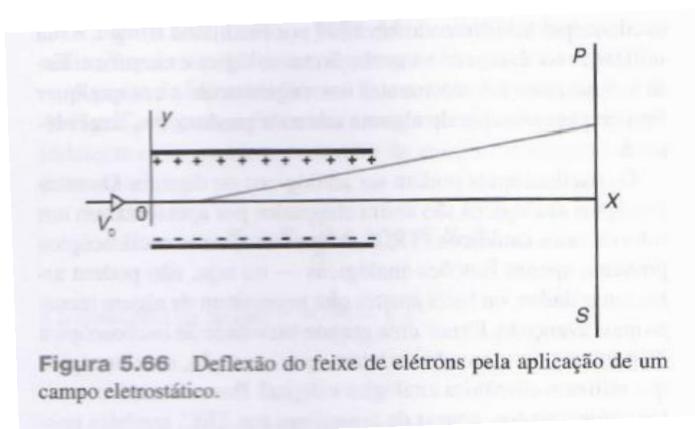


Figura 5.66 Deflexão do feixe de elétrons pela aplicação de um campo eletrostático.

12

kroton
paixão por educar



Aula 5

Osciloscópios Analógicos(Balbinot, pág. 259)

- **Filamento:** resistência elétrica, alimentada com AC baixo, responsável pelo aquecimento do catodo que encobre;
- **Catodo:** responsável pela emissão de elétrons. Formado por um cilindro metálico recoberto com óxidos, que aquecido e excitado por uma ddp torna-se a fonte de elétrons que formarão o feixe;

13



Aula 5

Osciloscópios Analógicos(Balbinot, pág. 259)

- **Grade de Controle:** regula a passagem de elétrons do catodo para o anodo. É um cilindro circular com um orifício circular, quando controlado ocorre uma variação do brilho no feixe visto na tela
- **Anodo de foco e anodo de aceleração:** elementos em forma cilíndrica com pequenos orifícios que têm alto potencial positivo em relação ao catodo, faz o papel de uma lente eletrônica, por aplicar ao feixe de elétrons um processamento semelhante ao fenômeno que ocorre em lente óptica.

14





Aula 5

Osciloscópios Analógicos(Balbinot, pág. 259)

- **Placa de deflexão horizontal e vertical:** dispositivos responsáveis pela movimentação do feixe de elétrons. Essas placas tornam possível a excursão de um (ou mais, dependendo do tipo de osciloscópio) sinal por qualquer ponto da tela. Baseia-se na aplicação de campo eletrostático.

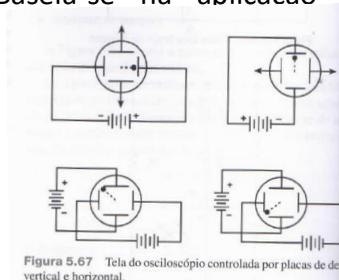


Figura 5.67 Tela do osciloscópio controlada por placas de deflexão vertical e horizontal.

15

kroton
paixão por educar



Aula 5

Osciloscópios Analógicos(Balbinot, pág. 259)

- **Tela fosforescente:** dispositivo em que o feixe de elétrons choca-se e tem como resultado a liberação de energia em forma de luz.

No painel do osciloscópio encontra-se um controle de brilho (intensidade do feixe, controle de foco, controle de deslocamento de rotação dos feixes, entre outros.

16

kroton
paixão por educar



Aula 5

Osciloscópios Analógicos(Balbinot, pág. 259)

- **Controle da base de tempo:** circuito apto a executar a excursão do feixe de elétrons da borda esquerda da tela a borda direita em um tempo precisamente constante.

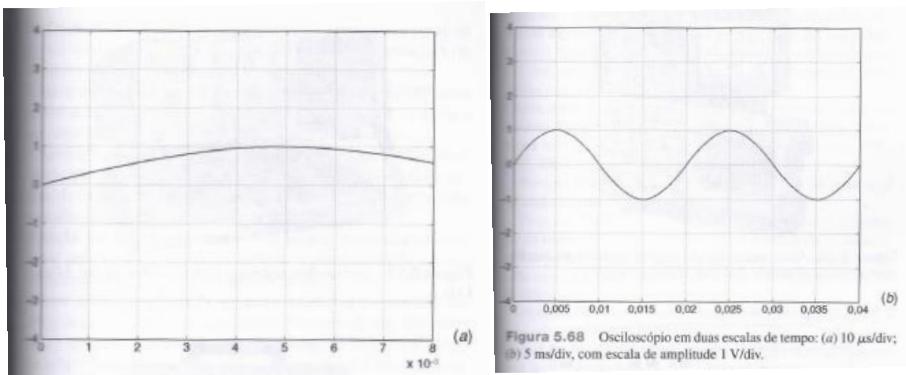
17



Aula 5

Osciloscópios Analógicos(Balbinot, pág. 259)

- **Exemplo:**



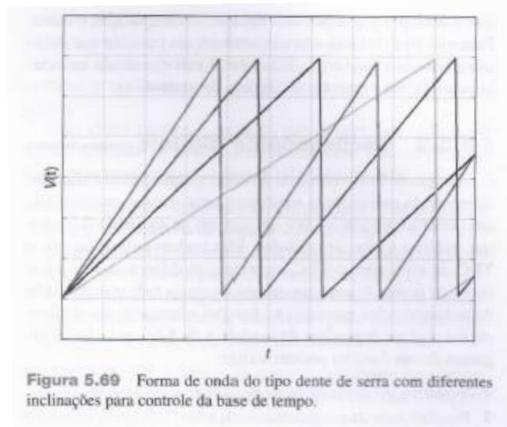
18



Aula 5

Osciloscópios Analógicos(Balbinot, pág. 259)

- Exemplo:



19



Aula 5

Osciloscópios Analógicos(Balbinot, pág. 259)

- **Controle de amplitude:** circuito eletrônico que tem a função de adequar as intensidades dos sinais de entrada.

20



Aula 5

Exemplos:

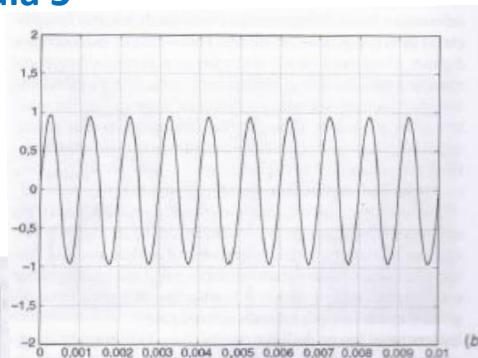
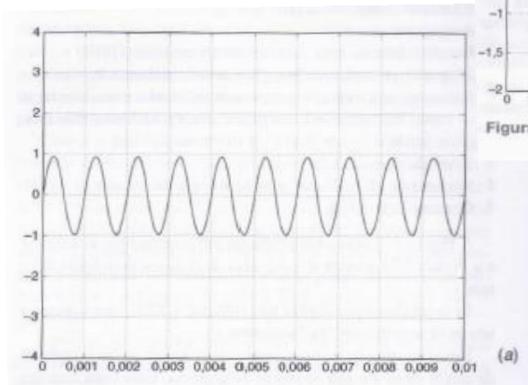


Figura 5.70 Escala de amplitude em (a) 1 V/div e (b) 0,5 V/div.

21

kroton
paixão por educar



Aula 5

Osciloscópio Digital (página 262 e 263)- Ler!!

22

kroton
paixão por educar



Aula 5

Exercícios. Pág. 277

36. Considere a tela do osciloscópio na Figura 5.107. Desenhe nessa tela um sinal de 100 kHz e $0,5 V_{pp}$ de amplitude e indique quais escalas de tempo em Tempo/Div e amplitude em Tensão/Div você utilizou. Justifique sua escolha de escala. Desenhe agora um sinal de frequência e amplitude iguais defasado de 45° .

23



Exercícios. Pág. 277

Aula 5

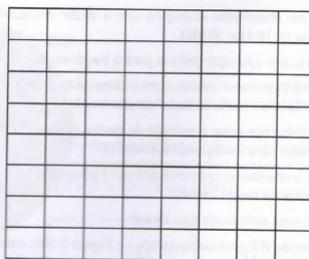


Figura 5.107 Tela do osciloscópio referente ao Exercício 35.

37. Desenhe na tela da Figura 5.107 um sinal de 10 kHz e $4 V_{pp}$ de amplitude e indique quais escalas de tempo em Tempo/Div e amplitude em Tensão/Div você utilizou. Desenhe agora um sinal de 20 kHz e $1 V_{pp}$ na mesma tela.
38. Por que o controle da base de tempo do osciloscópio é feito com uma onda do tipo dente de serra?
39. Em um osciloscópio digital, explique a diferença entre frequência de amostragem (*sampling*) e frequência de medida.
40. Qual a função do controle de sincronismo (*trigger*) no osciloscópio?
41. É possível medir tensões altas (entre 350 e 1 000 V) com um osciloscópio convencional?

24



kroton 
paixão por educar

Bibliografia desta aula:

1. -BALBINOT, Alexandre;
BRUSAMARELLO, Valner J.
**Instrumentação e Fundamentos de
Medidas**. 2ª edição. Rio de Janeiro:
LTC- Livros Técnicos e Científicos,
2010, v. 1.
2. SMITH, Kenneth C.; SEDRA, Adel S.
Microeletrônica. 5ª ed. São Paulo:
Pearson- Prentice Hall, 2007, v. 1.
3. <http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/3--amplificadores-operacionais-v2.0.pdf>

25



26