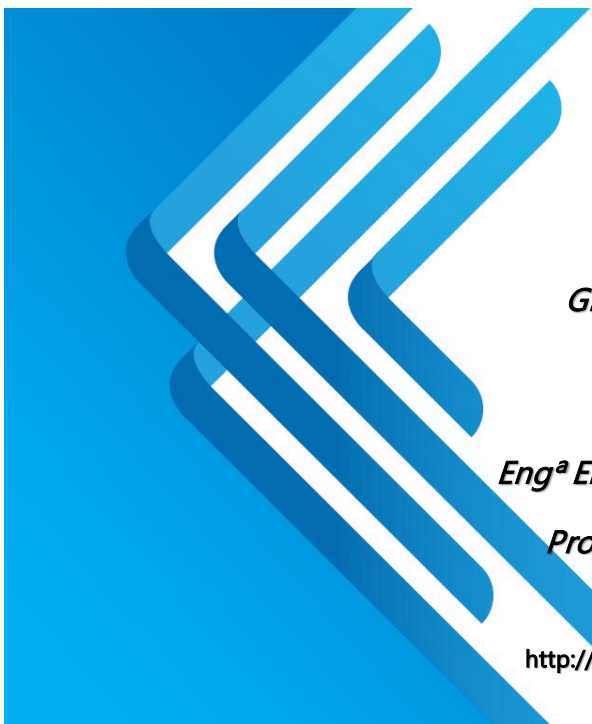




kroton
paixão por educar

GRADUAÇÃO PRESENCIAL
2º semestre- 2015

Eletrônica II
Eng^a Elétrica – 5º/6º semestres

Prof^o. Ms.Cristiano Malheiro

cmalheiro@aedu.com

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

1

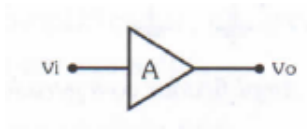


Aula 7

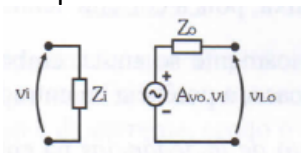
Análise de Amplificadores– pág. 159

1. Modelo de um Amplificador Genérico

Um amplificador pode ser representado genericamente pelo símbolo:



A representa a *amplificação ou ganho* do circuito podendo ser A_v , A_i e A_p . Modelo de um amplificador.

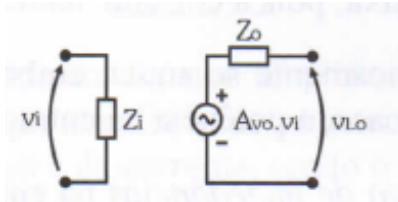




Aula 7

Análise de Amplificadores– pág. 159

1. Modelo de um Amplificador Genérico



Z_i - impedância de entrada;

A_{vo} - ganho de tensão sem carga;

Z_o - impedância de saída.

V_{Lo} - tensão na saída do amp.op sem carga;

$A_{vo}.v_i$ - produto da tensão do gerador interno;

3

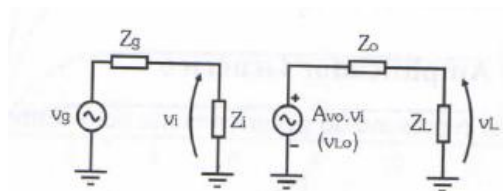
kroton
paixão por educar



Aula 7

Análise de Amplificadores– pág. 159

2. Comportamento do Amplificador



Gerador AC genérico possui impedância interna Z_g e produz uma tensão v_g .

Ao ser ligado apenas a tensão v_i é amplificada, pois Z_g e Z_i formam um divisor de tensão:

$$v_i = \frac{Z_i}{Z_g + Z_i} \cdot v_g$$

4

kroton
paixão por educar

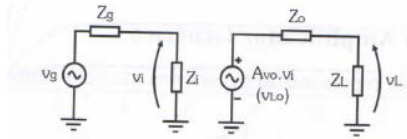


Aula 7

Análise de Amplificadores– pág. 160

2. Comportamento do Amplificador

$$v_i = \frac{Z_i}{Z_g + Z_i} \cdot v_g$$



- Se $Z_i \gg Z_g$, praticamente toda a tensão do gerador é amplificada ($v_i = v_g$), mas a potência de entrada é muito baixa pois tende a zero;
- Se $Z_i \ll Z_g$, a tensão v_i é praticamente nula, embora a corrente de entrada atinja quase o valor máximo. Nesse caso P baixa;
- Se $Z_i = Z_g$, ocorre o casamento de impedâncias na entrada. Nesse caso, v_i é metade de v_g , e a corrente de entrada é metade da corrente máxima, nesse caso temos a potência no seu valor máximo, ou máxima transferência de potência.

5



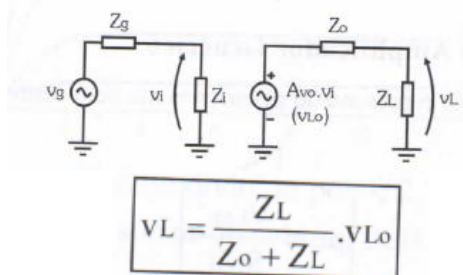
 paixão por educar


Aula 7

Análise de Amplificadores– pág. 160

2. Comportamento do Amplificador

Analisando a saída do amplificador, caso nenhuma carga seja ligada, a tensão é $v_{Lo} = A_{vo} \cdot v_i$. Porém, ao ligar uma carga Z_L , ela forma um divisor de tensão com a impedância de saída Z_o do amplificador, de modo que a tensão v_L na carga é uma parcela de v_{Lo} .



6



 paixão por educar

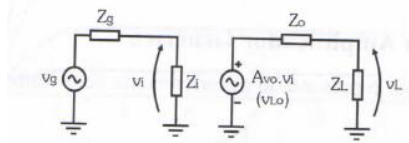


Aula 7

Análise de Amplificadores– pág. 160

2. Comportamento do Amplificador

$$v_L = \frac{Z_L}{Z_o + Z_L} \cdot v_{Lo}$$



- Se $Z_L \gg Z_o$, praticamente toda a tensão do gerador é transferida a carga ($v_L = v_{Lo}$), mas a potência nela muito baixa pois tende a zero;
- Se $Z_L \ll Z_o$, a tensão transferida a carga é praticamente nula, embora a corrente de entrada atinja quase o valor máximo. Nesse caso P baixa;
- Se $Z_L = Z_o$, ocorre um casamento de impedâncias na saída, o que garante a máxima transferência de potência do amplificador à carga, mas com v_L sendo metade do valor máximo (v_{Lo}), o mesmo acontece com a corrente.

7

kroton
paixão por educar



Aula 7

Análise de Amplificadores– pág. 160

3. Ganho de tensão

- Ganho do amplificador sem carga, dado por:

$$A_{vo} = \frac{v_{Lo}}{v_i}$$

- Ganho do amplificador com carga:

$$A_v = \frac{v_L}{v_i}$$

8

kroton
paixão por educar



Aula 7

Análise de Amplificadores– pág. 160

3. Potências envolvidas

- Para analisarmos o comportamento de um amplificador por meio das potências envolvidas, temos de lembrar que o cálculo de potência para sinais AC é feito por valores eficazes (RMS) da tensão e da corrente
- Com osciloscópio obtemos o valor de pico a pico de tensão, assim podemos obter o valor da potência de entrada (p_i) da seguinte forma:

$$p_i = \frac{v_i^2}{Z_i} \Rightarrow \left(\frac{V_{ipp}}{2\sqrt{2}} \right)^2 \cdot \frac{1}{Z_i} \Rightarrow \boxed{p_i = \frac{V_{ipp}^2}{8 \cdot Z_i}}$$

9

kroton
 paixão por educar


Aula 7

Análise de Amplificadores– pág. 160

3. Potências envolvidas

- Potência na carga do amplificador (p_L) é dada por:

$$\boxed{p_L = \frac{V_{Lpp}^2}{8 \cdot Z_L}}$$

- Finalmente, o ganho de potência do amplificador (A_p) pode ser calculado por:

$$\boxed{A_p = \frac{p_L}{p_i}}$$

10

kroton
 paixão por educar



Aula 7

Análise de Amplificadores– pág. 160

4. Ganhos em Decibel

- Os ganhos de tensão e potência são comumente dados em *decibel* (dB), isto é em décimos de Bel, que é a unidade de medida do logaritmo da relação entre duas grandezas iguais. Matematicamente:

$$A_v(\text{dB}) = 20 \cdot \log A_v \quad \text{e} \quad A_p(\text{dB}) = 10 \cdot \log A_p$$

- Características próprias:
 - Ganho unitário: 0dB;
 - Amplificação (ganho maior que 1): positivo;
 - Atenuação (ganho menor que 1): negativo.

11



Aula 7

Análise de Amplificadores– pág. 160

4. Ganhos em Decibel

- Características próprias:
 - Ganhos muito elevados são representados por valores bem menores em decibel

Exemplo: $A_p = 200000$ $A_p(\text{dB}) = 10 \cdot \log 200000$ $A_p(\text{dB}) = 53\text{dB}$

- Quando um ganho de potência dobra ou cai pela metade, em decibel corresponde, respectivamente, a somar ou subtrair 3db.

Exemplos

$A_p = 400000 \Rightarrow A_p(\text{dB}) = 56\text{dB}$ (o ganho é o dobro de 200000 $\equiv 53\text{dB}$)

$A_p = 100000 \Rightarrow A_p(\text{dB}) = 50\text{dB}$ (o ganho é a metade de 200000 $\equiv 53\text{dB}$)

12





Aula 7

Análise de Amplificadores– pág. 160

4. Ganhos em Decibel

- O valor de 3dB é muito importante em áudio, pois o ouvido humano, que tem característica logarítmica só percebe variação de volume quando a potência do sinal do áudio dobra (+3dB) ou cai pela metade (-3dB).
- Quando um ganho de potência dobra ou cai pela metade, o A_v é respectivamente multiplicado por $\sqrt{2}$, o que em decibel, corresponde também, respectivamente, a somar ou subtrair 3dB.

Veja a dedução dessas informações na partir da análise da tensão e da potência em uma resistência R genérica.

13



Aula 7

Análise de Amplificadores– pág. 160

4. Ganhos em Decibel

I - Se a potência dobra, isto é, se $p_2 = 2.p_1$:

Então:

$$A_p = \frac{p_2}{p_1} = 2 \Rightarrow A_p(\text{dB}) = 10 \cdot \log A_p \Rightarrow A_p(\text{dB}) = 10 \cdot \log 2 \Rightarrow A_p(\text{dB}) = +3\text{dB}$$

Assim:

$$\frac{v_2^2}{R} = 2 \cdot \frac{v_1^2}{R} \Rightarrow v_2^2 = 2 \cdot v_1^2 \Rightarrow \frac{v_2^2}{v_1^2} = 2 \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{2} \Rightarrow A_v = \sqrt{2}$$

Em decibel:

$$A_v(\text{dB}) = 20 \cdot \log A_v \Rightarrow A_v(\text{dB}) = 20 \cdot \log \sqrt{2} \Rightarrow A_v(\text{dB}) = +3\text{dB}$$

14





Aula 7

Análise de Amplificadores– pág. 160

4. Ganhos em Decibel

II - Se a potência cai pela metade, isto é, se $p_2 = p_1 / 2$:

Então:

$$A_p = \frac{p_2}{p_1} = \frac{1}{2} \Rightarrow A_p(\text{dB}) = 10 \cdot \log A_p \Rightarrow A_p(\text{dB}) = 10 \cdot \log \frac{1}{2} \Rightarrow A_p(\text{dB}) = -3\text{dB}$$

Assim:

$$\frac{v_2^2}{R} = \frac{v_1^2}{2R} \Rightarrow v_2^2 = \frac{v_1^2}{2} \Rightarrow \frac{v_2^2}{v_1^2} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow A_v = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Em decibel:

$$A_v(\text{dB}) = 20 \cdot \log A_v \Rightarrow A_v(\text{dB}) = 20 \cdot \log \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow A_v(\text{dB}) = -3\text{dB}$$

15



Aula 7

Análise de Amplificadores– pág. 160

4. Ganhos em Decibel

- O produto entre ganhos, em decibel corresponde à soma entre eles.

Exemplos

$$A_{v1} = 100 \Rightarrow A_{v1}(\text{dB}) = 20 \cdot \log 100 \Rightarrow A_{v1}(\text{dB}) = 40\text{dB} \quad \text{e}$$

$$A_{v2} = 200 \Rightarrow A_{v2}(\text{dB}) = 20 \cdot \log 200 \Rightarrow A_{v2}(\text{dB}) = 46\text{dB}$$

$$A_v = A_{v1} \cdot A_{v2} = 100 \cdot 200 = 20000 \Rightarrow A_v(\text{dB}) = 20 \cdot \log 20000 \Rightarrow A_v(\text{dB}) = 86\text{dB} \quad \text{ou}$$

$$A_v(\text{dB}) = A_{v1}(\text{dB}) + A_{v2}(\text{dB}) = 40 + 46 = 86\text{dB}$$

16





Aula 7

Exercícios

1. Considere um sistema de áudio composto por um pré-amplificador, um microfone e um alto-falante com as especificações seguintes e ligados conforme o esquema:

Amplificador:	$Z_i = 5k\Omega$ $Z_o = 2k\Omega$ $A_{vo} = 100$
Microfone:	$Z_g = 600\Omega$ $v_g = 1mV_{pp}$ (aberto)
Alto-falante:	$Z_L = 8\Omega$

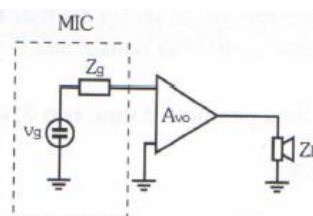


Figura 7.4 - Pré-amplificador com microfone e alto-falante.

17

kroton
paixão por educar



Aula 7

Exercício 1

Amplificador:	$Z_i = 5k\Omega$ $Z_o = 2k\Omega$ $A_{vo} = 100$
Microfone:	$Z_g = 600\Omega$ $v_g = 1mV_{pp}$ (aberto)
Alto-falante:	$Z_L = 8\Omega$

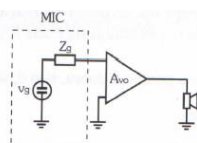


Figura 7.4 - Pré-amplificador com microfone e alto-falante.

- Represente esse sistema substituindo o pré-amplificador por seu modelo.
- Determine a tensão V_{ipp} e a potência p_i presentes na entrada do amplificador.
- Determine a tensão V_{Lopp} na saída do amplificador sem o alto-falante.
- Determine a tensão V_{Lpp} e a potência p_L que o amplificador fornece ao alto-falante.
- Determine os ganhos de tensão A_v e de potência A_p do amplificador com o alto-falante.

18

kroton
paixão por educar



Aula 7

Análise - Exercício 1.

Amplificador:	$Z_i = 5k\Omega$ $Z_o = 2k\Omega$ $A_{vo} = 100$
Microfone:	$Z_g = 600\Omega$ $v_g = 1mV_{pp}$ (aberto)
Alto-falante:	$Z_L = 8\Omega$

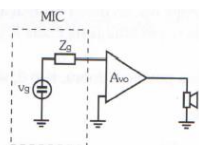


Figura 7.4 - Pré-amplificador com microfone e alto-falante.

Como vimos, o pré-amplificador tem uma impedância de entrada adequada ao microfone, pois de 1mV que ele produz, 0,89mV é efetivamente amplificado. No entanto, a impedância de saída do pré-amplificador é completamente incompatível com a impedância do alto-falante, pois sem o alto-falante a tensão de saída é de 89mV, mas com o alto-falante ela cai para 0,35mV, ficando menor do que a tensão de entrada. Em relação à tensão, o sistema comportou-se como um atenuador, pois $A_v = 0,39$ ou $A_v(dB) = -8,2dB$. Já, em relação à potência, o sistema comportou-se como amplificador, embora seu ganho de potência não tenha sido elevado, pois $A_p = 95$ ou $A_p(dB) = 20dB$.

19

KROTON
paixão por educar



Aula 7

Exercícios

2. Considere o amplificador de potência de áudio com as especificações seguintes:

$$Z_i = 8k\Omega; \quad Z_o = 8\Omega; \quad A_{vo} = 200$$

- Acrescente ao sistema do exercício anterior o amplificador de potência entre o pré-amplificador e o alto-falante e represente essa conexão em cascata pelos modelos dos amplificadores envolvidos.
- Determine a tensão V_{i2pp} e a potência P_{i2} presentes na entrada do amplificador de potência.
- Determine os novos ganhos de tensão A_{v1} e de potência A_{p1} do pré-amplificador conectado ao amplificador de potência.

20

kroton
paixão por educar



Aula 7

Exercícios

2. Considere o amplificador de potência de áudio com as especificações seguintes:

$$Z_i = 8k\Omega; \quad Z_o = 8\Omega; \quad A_{vo} = 200$$

- d) Indique a tensão V_{Lo2pp} na saída do amplificador de potência sem o alto-falante.
- e) Determine a tensão V_{Lpp} e a potência p_L que o amplificador de potência fornece o alto-falante.
- f) Determine os ganhos de tensão A_{v2} e de potência A_{p2} apenas do amplificador de potência com o alto-falante.

21



Aula 7

Exercícios

2. Considere o amplificador de potência de áudio com as especificações seguintes:

$$Z_i = 8k\Omega; \quad Z_o = 8\Omega; \quad A_{vo} = 200$$

- g) Encontre o ganho total de tensão A_v do sistema de áudio completo.
- h) Calcule o ganho total de potência A_p do sistema de áudio completo.

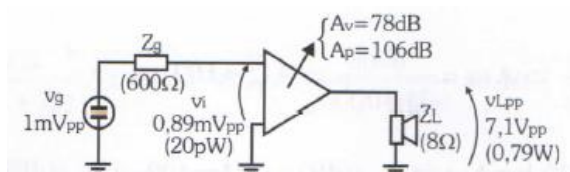
22





Aula 7

Análise Exercício 2.



Comentários

Nessa nova configuração houve casamento de impedância entre gerador e pré-amplificador, entre pré-amplificador e amplificador de potência e entre amplificador de potência e carga. Assim, a tensão de saída do pré-amplificador transferida para a entrada do amplificador de potência foi de 71mV, garantido um ganho de tensão $A_{v1} = 80$ ou $A_{v1}(\text{dB}) = 38\text{dB}$, que é bem maior do que no sistema anterior. Essa boa performance repetiu-se no estágio de saída, com $A_{v2} = 100$ ou $A_{v2}(\text{dB}) = 40\text{dB}$, transferindo para a carga uma tensão de 7,1V. Com isso, o sistema passou a ter um ganho de tensão total $A_v = 7978$ ou $A_v(\text{dB}) = 78\text{dB}$ e um ganho de potência total $A_p = 39,6 \cdot 10^9$ ou $A_p(\text{dB}) = 106\text{dB}$.

23



 paixão por educar



 paixão por educar

Bibliografia desta aula:

CRUZ, Eduardo Cesar Alves; CHOUERI, Salomão. **Eletrônica Aplicada**, 2ª edição. São Paulo: Editora Erica, 2013.

24

