

# Lab2

September 14, 2017

## 1 Lab de circuitos elétricos e eletrônicos - Preparatório 2 - PUC-Rio

### 1.1 Rafael Rubim Cabral - 1511068

#### 2 1)

##### 2.0.1 a)

A tensão no terminal não inversor do AmpOp é a tensão no nó entre  $R_1$  e  $R_2$ . No buffer, ela é a tensão de saída, por causa da realimentação. Podemos calculá-la pela fórmula do divisor de tensões:

$$V_{out} = V_{in} \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$$

##### 2.0.2 b)

Deseja-se obter por  $V_{out}$  a tensão de divisão no nó entre  $R_1$  e  $R_2$  para utilizá-la em uma configuração diferente do circuito de divisão, sem alterar o circuito em si. Isso será possível pois idealmente nenhuma corrente entra no AmpOp do buffer.

##### 2.0.3 c)

Nesse caso,  $V_{out}$  saturaria ao atingir valores superiores a  $V^+$  ou inferiores a  $V^-$ . Isso significa que  $V_{out}$  terá seu valor como calculado na letra (a), exceto em faixas acima de  $V^+$  ou abaixo de  $V^-$ , caso em que  $V_{out}$  será constante nos valores respectivos.

#### 3 2)

Considere o nó na entrada não inversora do AmpOp  $N^+$  e o nó na entrada inversora  $N^-$ . Como  $V_{N^-} = V_{N^+}$  por realimentação e  $N^+$  está conectado ao terra, tem-se:

$$V_{N^-} = V_{N^+} = 0$$

A corrente em  $R_1$  deve ser:

$$i_{R_1} = (V_{in} - V_{N^-}) / R_1 = V_{in} / R_1$$

Essa corrente deve corresponder à corrente em  $R_2$ , pois idealmente não há corrente na entrada inversora do AmpOp. Temos:

$$i_{R_2} = (V_{N^-} - V_{out}) / R_2 = i_{R_1}$$

Portanto:

$$-V_{out} / R_2 = V_{in} / R_1$$

$$V_{out} = -V_{in} \cdot R_2 / R_1$$

Estendendo o resultado para a saturação, tem-se:

- No limite  $V^+$ :

$$V_{out} \geq V^+ \Rightarrow -V_{in} \cdot R_2/R_1 \geq V^+ \\ \Rightarrow V_{in} \leq -V^+ \cdot R_1/R_2$$

- No limite  $V^-$ :

$$V_{out} \leq V^- \Rightarrow -V_{in} \cdot R_2/R_1 \leq V^- \\ \Rightarrow V_{in} \geq -V^- \cdot R_1/R_2$$

Logo, obteve-se os limites de saturação:

### 3.0.1 $V_{out} =$

$$V^+, \text{ se } V_{in} \leq -V^+ \cdot R_1/R_2 \\ V^-, \text{ se } V_{in} \geq -V^- \cdot R_1/R_2 \\ -V_{in} \cdot R_2/R_1, \text{ se } -V^+ \cdot R_1/R_2 < V_{in} < -V^- \cdot R_1/R_2$$

## 4 3)

Considere o nó na entrada não inversora do AmpOp  $N^+$  e o nó na entrada inversora  $N^-$ . Como  $V_{N^-} = V_{N^+}$  por realimentação e  $N^+$  está conectado à uma fonte de tensão conectada à terra, tem-se:

$$V_{N^-} = V_{N^+} = V_{in}$$

A corrente em  $R_1$  deve ser (em direção à conexão terra):

$$i_{R_1} = (V_{N^-} - 0)/R_1 = V_{in}/R_1$$

Essa corrente deve corresponder à corrente em  $R_2$ , pois idealmente não há corrente na entrada inversora do AmpOp. Temos:

$$i_{R_2} = (V_{out} - V_{N^-})/R_2 = i_{R_1}$$

Portanto:

$$(V_{out} - V_{in})/R_2 = V_{in}/R_1$$

$$V_{out} = V_{in} \cdot [1 + (R_2/R_1)]$$

Estendendo o resultado para a saturação, tem-se:

- No limite  $V^+$ :

$$V_{out} \geq V^+ \Rightarrow V_{in} \cdot [1 + (R_2/R_1)] \geq V^+ \\ \Rightarrow V_{in} \geq V^+ / [1 + (R_2/R_1)]$$

- No limite  $V^-$ :

$$V_{out} \leq V^- \Rightarrow V_{in} \cdot [1 + (R_2/R_1)] \leq V^- \\ \Rightarrow V_{in} \leq V^- / [1 + (R_2/R_1)]$$

Logo, obteve-se os limites de saturação:

### 4.0.1 $V_{out} =$

$$V^+, \text{ se } V_{in} \geq V^+ / [1 + (R_2/R_1)] \\ V^-, \text{ se } V_{in} \leq V^- / [1 + (R_2/R_1)] \\ V_{in} \cdot [1 + (R_2/R_1)], \text{ se } V^- / [1 + (R_2/R_1)] < V_{in} < V^+ / [1 + (R_2/R_1)]$$

## 5 4)

Os circuitos e gráficos estão apresentados mais a frente.

### 5.0.1 Comentários:

Como esperado do amplificador inversor, o sinal de  $V_{out}$  é contrário ao de  $V_{in}$ . Como em ambos os casos a fonte senóide utilizada para  $V_{in}$  tinha amplitude de  $5V$ , pode-se verificar que a equação encontrada na questão (2) confere com o resultado encontrado: para  $R_2 = 3.3k\Omega$ ,  $V_{out} = -V_{in} \cdot 0.33$ , que gerou um pico de  $V_{out} = 1.65V$ . Para  $R_2 = 6.8k\Omega$ ,  $V_{out} = -V_{in} \cdot 0.68$ , que gerou um pico de  $V_{out} = 3.4V$ .

## 6 5)

Os circuitos e gráficos estão apresentados mais a frente.

### 6.0.1 Comentários:

Como esperado do amplificador não-inversor, o sinal de  $V_{out}$  é igual ao de  $V_{in}$ . Como em ambos os casos a fonte senóide utilizada para  $V_{in}$  tinha amplitude de  $5V$ , pode-se verificar que a equação encontrada na questão (3) confere com o resultado encontrado: para  $R_2 = 3.3k\Omega$ ,  $V_{out} = -V_{in} \cdot 1.33$ , que gerou um pico ligeiramente inferior a  $V_{out} = 6.65V$ . Para  $R_2 = 6.8k\Omega$ ,  $V_{out} = -V_{in} \cdot 1.68$ , que gerou um pico ligeiramente inferior a  $V_{out} = 8.4V$ . Os valores não foram tão próximos quanto o experimento feito na questão (4), mas as imprecisões devem se dever ao fato de que o AmpOp simulado não é ideal.