Lab3

September 19, 2017

1 Lab de circuitos elétricos e eletrônicos - Preparatório 3 - PUC-Rio

1.1 Rafael Rubim Cabral - 1511068

2 1)

Sejam v^+ e v^- as tensões nas entradas não-inversora e inversora do AmpOp, respectivamente. Idealmente não há corrente na entrada não-inversora, portanto não há corrente na resistência e $v^+ = 0$. Por realimentação, $v^- = v^+ = 0$. Logo as correntes em R_1 e R_2 serão:

$i_{R_1} = (IN1 - 0)/R_1 = IN1/R_1$

$i_{R_2} = (IN2 - 0)/R_2 = IN2/R_2$

Idealmente não há corrente na entrada inversora, portanto a corrente i_{R_f} na resistência R_f da realimentação é a soma de i_{R_1} e i_{R_2}. Assim temos:

$0 - V_{out} = R_f \cdot (i_{R_1} + i_{R_2})$

$V_{out} = -R_f \cdot (IN1 \cdot R_2 + IN2 \cdot R_1)/(R_1 \cdot R_2)$

Para a saturação temos $V_{out} \geq V^+$:

$-R_f \cdot (IN1 \cdot R_2 + IN2 \cdot R_1)/(R_1 \cdot R_2) \geq V^+$

$IN1 \cdot R_2 + IN2 \cdot R_1 \leq -V^+ \cdot (R_1 \cdot R_2)/R_f$

$IN1 \leq -V^+ \cdot R_1/R_f - IN2 \cdot R_1/R_2$

Similarmente, quando $V_{out} \leq V^-$:

$IN1 \geq -V^- \cdot R_1/R_f - IN2 \cdot R_1/R_2$

Finalmente, obteve-se a função composta:

$V_{out} =$

V^+, se $IN1 \leq -V^+ \cdot R_1/R_f - IN2 \cdot R_1/R_2$

V^-, se $IN1 \geq -V^- \cdot R_1/R_f - IN2 \cdot R_1/R_2$

$-R_f \cdot (IN1 \cdot R_2 + IN2 \cdot R_1)/(R_1 \cdot R_2)$, se $-V^+ \cdot R_1/R_f - IN2 \cdot R_1/R_2 < IN1 < -V^- \cdot R_1/R_f - IN2 \cdot R_1/R_2$

3 2)

Pelo resultado da questão anterior, obtivemos que para não haver distorções, quer-se:

$-V^+ \cdot R_1/R_f - IN2 \cdot R_1/R_2 < IN1 < -V^- \cdot R_1/R_f - IN2 \cdot R_1/R_2$

Para um $X(t)$ variante no tempo qualquer, denote $min(X)$ o menor valor que X assume e $max(X)$ o maior valor que X assume. Como $IN1$ é constante (B) no tempo, para que a inequação $IN1 < X$ seja válida em todo instante de tempo, a única condição a ser satisfeita é $IN1 < min(X)$. Similarmente, para $IN1 > X$, tem-se $IN1 > max(X)$. Em seu valor mais baixo, a tensão da onda triangular IN2 será $-AV$. Seu valor mais alto será AV. Logo, para que não haja distorções em qualquer instante de tempo, deve-se satizfazer:

$max[-V^+ \cdot R_1/R_f - IN2 \cdot R_1/R_2] < B < min[-V^- \cdot R_1/R_f - IN2 \cdot R_1/R_2]$

Assumindo que V^+ e V^- são constantes no tempo:

$-V^+ \cdot R_1/R_f - min(IN2) \cdot R_1/R_2 < B < -V^- \cdot R_1/R_f - max(IN2) \cdot R_1/R_2$

A condição então que deve ser satisfeita entre A, B, V^+ e V^- para que não exista distorção em V_{out} em nenhum instante de tempo é:

$-V^+ \cdot R_1/R_f + A \cdot R_1/R_2 < B < -V^- \cdot R_1/R_f - A \cdot R_1/R_2$

4 3)

As imagens estão no final do documento.

4.0.1 Comentários:

Utilizou-se todas as resistências com o mesmo valor ($100k\Omega$). Assim, pelo resultado obtido na questão (1):

$V_{out} = -R_f \cdot (IN1 \cdot R_2 + IN2 \cdot R_1)/(R_1 \cdot R_2)$

$V_{out} = -IN1 - IN2$

Os resultados dos circuitos simulados são tais como o esperado. No primeiro circuito, ainda, ocorre o caso de saturação previsto na questão (2), com IN1 constante e IN2 onda triangular:

$B < -V^- \cdot R_1/R_f - max(IN2) \cdot R_1/R_2$

$B < -V^- - max(IN2)$

$10 < 15 - max(IN2)$

Note que como $max(IN2)$ é $AV = 10V$, a inequação é inválida, o que significa que houve a distorção da saturação. Mais especificamente, isso ocorre a partir de $IN2 \geq 5V$, como se confere no gráfico da simulação no domínio de tempo do circuito.

5 4)

As imagens estão no final do documento.

5.0.1 Demonstração do funcionamento:

Sejam v^+ e v^- as tensões nas entradas não-inversora e inversora do AmpOp, respectivamente. As correntes em R_1 e R_2 são:

$i_{R_1} = (IN1 - v^+)/R_1$

$i_{R_2} = (v^+ - IN2)/R_2$

Idealmente não há corrente na entrada não-inversora, portanto R_1 e R_2 estão em série. Temos então:

$i_{R_1} = i_{R_2}$

$(IN1 - v^+)/R_1 = (v^+ - IN2)/R_2$

$v^+ = (IN2 - v^+) \cdot R_1/R_2 + IN1$

$v^+ \cdot (R_2 + R_1)/R_2 = IN2 \cdot R_1/R_2 + IN1$

$v^+ = IN2 \cdot R_1/(R_1 + R_2) + IN1 \cdot R_2/(R_1 + R_2)$

Por realimentação, $v^- = v^+$. Idealmente não há corrente na entrada inversora, portanto R_5 e R_{f2} estão em série. Logo:

$i_{R_5} = (0 - v^-)/R_5$
$i_{R_{f2}} = (v^- - V_{out})/R_{f2}$
$i_{R_5} = i_{R_{f2}}$
$(0 - v^-)/R_5 = (v^- - V_{out})/R_{f2}$
$V_{out} = v^-(1 + R_{f2}/R_5)$
$V_{out} = [IN2 \cdot R_1/(R_1 + R_2) + IN1 \cdot R_2/(R_1 + R_2)](R_5 + R_{f2})/R_5$
$V_{out} = IN2 \cdot R_1 \cdot (R_5 + R_{f2})/[R_5 \cdot (R_1 + R_2)] + IN1 \cdot R_2 \cdot (R_5 + R_{f2})/[R_5 \cdot (R_1 + R_2)]$
Considerando $V_{out} = A \cdot IN1 + B \cdot IN2$, tem-se pela fórmula valores positivos de A e B:
$A = R_2 \cdot (R_5 + R_{f2})/[R_5 \cdot (R_1 + R_2)]$
$B = R_1 \cdot (R_5 + R_{f2})/[R_5 \cdot (R_1 + R_2)]$

No caso específico da imagem do circuito apresentada, onde se adotou toda resistência com valor $100k\Omega$, obteve-se o esperado: $V_{out} = IN1 + IN2$