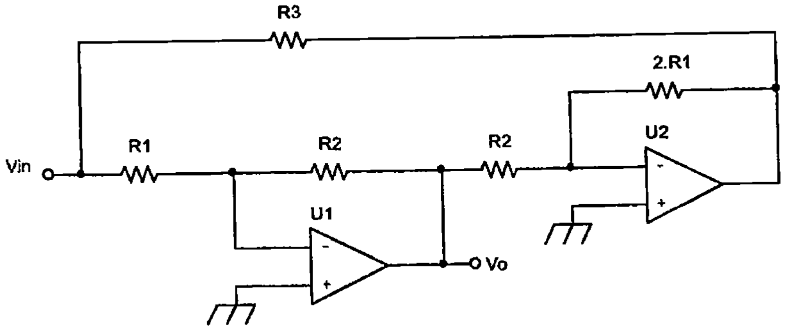
1er PARCIAL DE ELECTRONICA 1
09/05/05

Resolver cada problema en hojas separadas.
Duración de la prueba: 3 horas 30 minutos.
La prueba es sin material.
Los puntajes de los problemas se indican sobre un total de 100 puntos.

PROBLEMA 1 (27 pts.)

En el circuito de la Figura R2=100R1 y los amplificadores son idénticos e ideales.

a) Determine la condición que debe cumplir R3 para que la impedancia vista a la entrada Zin sea infinita.
b) Considere ahora que R3 cumple la condición hallada en a) y que los amplificadores tienen una ganancia en DC finita A0>>100 y un producto ganancia por ancho de banda fT.
   i. Determine el ancho de banda del circuito, considerando la salida en la salida de U1, tal como se indica en la figura.
   ii. ¿Hasta que frecuencia sigue valiendo que Zin es infinita?
c) Repita la parte b) considerando ahora que R2=R1



PROBLEMA 2 (23 pts.)

a) En el circuito de la Fig. 1 V1 y R2 son tales que el diodo Z1 opera en zona Zenner y Vin es mayor que V_{Z1}, siendo V_{Z1} la tensión Zener de Z1.
   i. Obtener la ecuación que relaciona Vout en función de Vin. Considerar que el amplificador es ideal, y los valores de los componentes son tales que el diodo D1 esta funcionando fuertemente en inverso.
   ii. ¿Qué función cumple el diodo D1 en el circuito?
b) El subcircuito de la Fig.1 (compuesto por V1, R2 y Z1) se sustituye por el circuito mostrado en la Fig.2. Calcular RE para que la corriente por el diodo Zener IZ1 sea 1mA, si VZ1=5V, VEE=15V, |VEB|=0.7V, β=100, Ra= 33kΩ y Rb=47 kΩ

Datos: D1 y D2 son idénticos. En todos los casos se despreciará en la corriente inversa la componente debida a fugas.

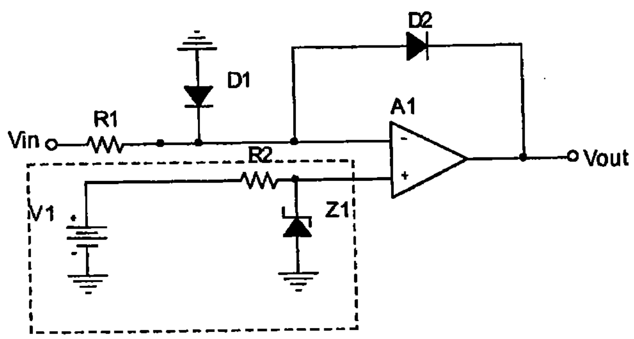


Fig.1

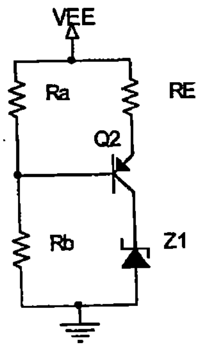


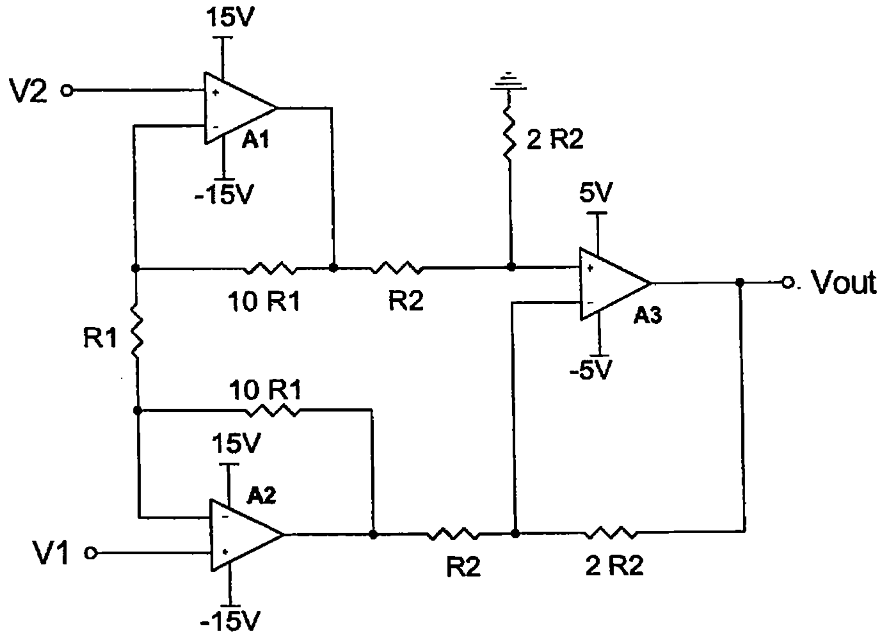
Fig.2

PROBLEMA 3 (27 pts.)

En el circuito de la figura los amplificadores A1 y A2 están alimentados entre +15V y -15V, mientras que A3 está alimentado entre +5V y -5V. Llamaremos Vdi y VCMi las tensiones diferenciales y en modo común respectivamente existentes en las entradas V1, V2, tomando, para la señal diferencial Vdi, al terminal V2 como positivo.

a) Calcular la salida Vo en función de Vdi y VCMi.
b) Calcular el rango de tensiones VCMi en que el circuito funciona correctamente, considerando que Vdi es suficientemente pequeño para despreciar su efecto en todas las etapas del circuito.
c) Si se tiene VCMi igual a 0, calcular cuál es la máxima tensión Vdi de entrada con que el circuito puede funcionar correctamente
d) Calcular nuevamente el rango de tensiones VCMi en que el circuito funciona correctamente, hallado en b), si ahora se tiene a la entrada la señal diferencial Vdi determinada en c).
e) Determinar, en el peor caso, cuál es la máxima tensión de continua que aparece a la salida debido a la tensión de offset de los amplificadores operacionales.

DATOS:
* Los amplificadores tienen rango de entrada en modo común y excursión de salida mínimas entre las tensiones de alimentación menos 1V, es decir [+14V, -14V] para A1 y A2 y [+4V, -4V] para A3.
* Todos los amplificadores operacionales tienen una tensión máxima de offset especificada de 4mV.



PREGUNTA (23 pts.)

a) Se considera la conmutación de un diodo pn de operación en directa a inversa, como se muestra en la figura. Graficar la evolución en función del tiempo de los concentración de portadores minoritarios en exceso a uno de los lados de la unión (pn – pno), la corriente por el diodo iD, y la tensión en el diodo vD. Explicar la razón física por la que se tiene el comportamiento graficado. Indicar en las gráficas cuál es el tiempo de recuperación inversa (trr) del diodo.

b) Si se tiene el circuito de la Fig. 2, en que la llave SW1, abre y cierra periódicamente, indicar cómo se conecta al mismo un diodo de protección de "rueda libre", cómo actúa el mismo cómo protección y por qué puede ser necesario que su tiempo de recuperación inversa sea bajo.

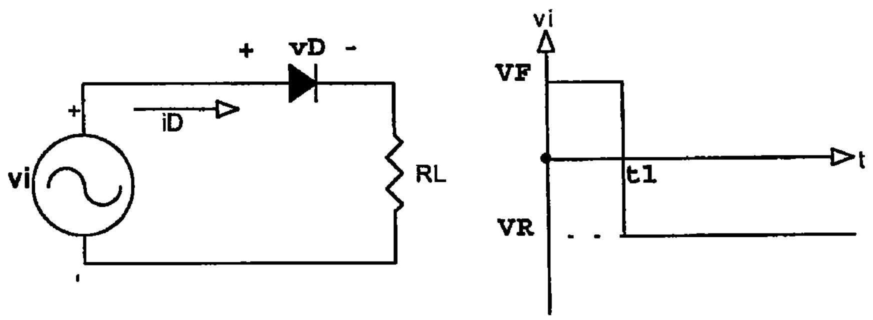


Fig. 1

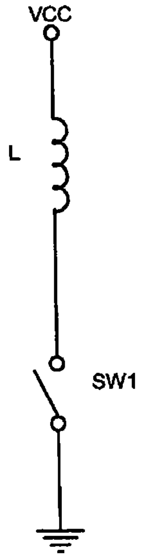
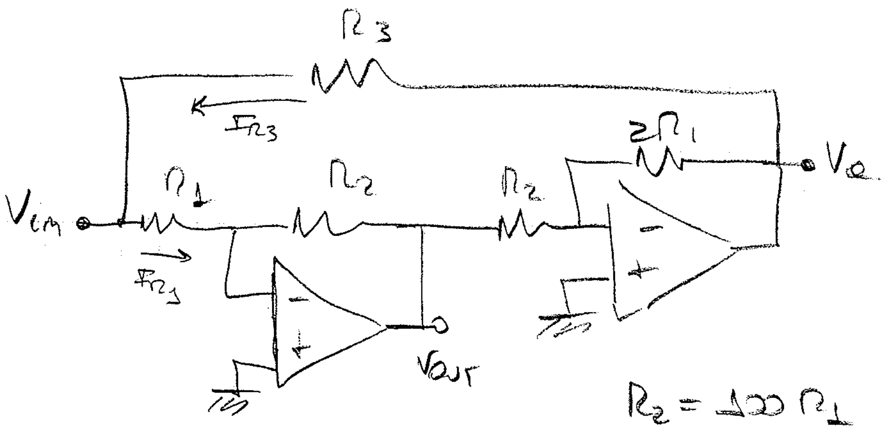


Fig. 2

1º PARCIAL 2005 ELECTRÓNICA 1

Ej 1



$R_2 = 100\, R_1$

(a)

$$\frac{V_{in}}{R_1} = -\frac{V_{OUT}}{R_2}$$

$$\Rightarrow \frac{V_{OUT}}{V_{in}} = -\frac{R_2}{R_1}$$

ANALOGAMENTE $\dfrac{V_o}{V_{OUT}} = -\dfrac{2R_1}{R_2}$

$$\Rightarrow V_o = \left(-\frac{R_2}{R_1}\right) \times \left(\frac{2R_1}{R_2}\right) V_{in}$$

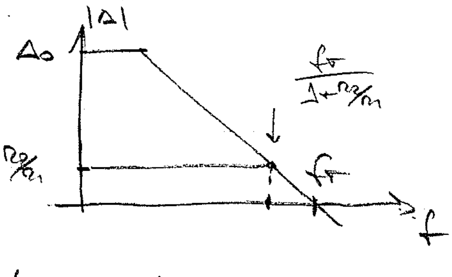
$$\Rightarrow \boxed{V_o = 2\, V_{in}}$$

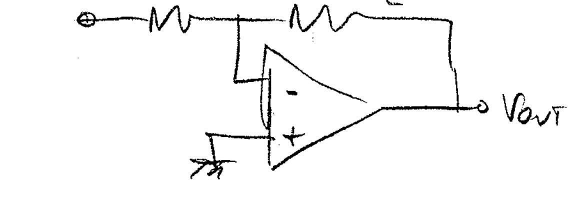
Para $\frac{V_{in}}{I_{in}} = Z_{in} = \infty \Rightarrow I_{in} = 0 \rightarrow I_{R3} = I_{R1}$

$$\Rightarrow \frac{V_{in}}{R_1} = \frac{V_o - V_{in}}{R_3} \Rightarrow R_3 = \frac{V_o - V_{in}}{V_{in}} R_1$$

$$\Rightarrow R_3 = (2-1)\, R_1 \Rightarrow \boxed{R_3 = R_1}$$

(b) Ahora $A(s) = \dfrac{A_o}{1 + j\frac{\omega A_o}{\omega_T}}$





Config. INVERSORA

$$\frac{V_{OUT}}{V_{in}} = \frac{-R_2/R_1}{1 + j\frac{\omega}{\omega_T}\left(1 + R_2/R_1\right)}$$

$$R_2 = 100\, R_1 \Rightarrow \frac{V_{OUT}}{V_{in}} \cong \frac{-100}{1 + j\frac{\omega}{\omega_T} 100}$$

ANALOGAMENTE $\quad \dfrac{V_o}{V_{out}} = \dfrac{-2R_1/R_2}{1 + j\dfrac{\omega}{\omega_T}\left(1+\dfrac{2R_1}{R_2}\right)}$

$R_2 = 100\,R_1 \Rightarrow \dfrac{2R_1}{R_2} \ll 1 \Rightarrow \dfrac{V_o}{V_{out}} = \dfrac{-1/50}{1 + j\dfrac{\omega}{\omega_T}}$

(i) El ancho de banda del circuito está determinado x' U_1 (U_2 no afecta la transferencia) $\Rightarrow \boxed{BW_{3dB} = \dfrac{\omega_T}{100}}$

(ii) Cuando afecta la respuesta en frecuencia del amp. ya no podemos considerar como circuito virtual

$$\Rightarrow I_{R_1} = \frac{V_{in} - e^-}{R_1} = \frac{V_{in} + \frac{V_{out}}{A(s)}}{R_1}$$

$$I_{R_3} = \frac{V_o - V_{in}}{R_3} \underset{(R_3 = R_1)}{=} \frac{V_o - V_{in}}{R_1}$$

$$I_{R_1} = I_{R_3} \Leftrightarrow V_{in}\left(1 + \cancel{\frac{R_1}{R_3}}^{\,1}\right) + \frac{V_{out}}{A(s)} = V_o$$

$$\Rightarrow 2\cancel{V_{in}} - \frac{R_2/R_1\, \cancel{V_{in}}}{1 + j\frac{\omega}{\omega_T}\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)} \, \frac{\left(1 + j\frac{\omega}{\omega_T}\right)}{A_0} = \frac{V_o}{V_{out}}\,\frac{V_{out}}{V_{in}}\,\cancel{V_{in}}$$

$$2 - \frac{\frac{R_2}{R_1}\left(1 + j\frac{\omega}{\omega_T}\right)}{A_0\left(1 + j\frac{\omega}{\omega_T}\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\right)} = \frac{\frac{2\cancel{R_1}}{\cancel{R_2}}\,\frac{R_2}{R_1}}{\left(1 + j\frac{\omega}{\omega_T}\left(1+\frac{2R_1}{R_2}\right)\right)\left(1 + j\frac{\omega}{\omega_T}\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\right)}$$

$$\Rightarrow 2 = \frac{1}{\left(1+j\frac{\omega}{\omega_T}\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\right)}\left(\frac{2}{1+j\frac{\omega}{\omega_T}\left(1+\frac{2R_1}{R_2}\right)} + \frac{R_2/R_1}{A_0}\left(1+j\frac{\omega}{\omega_T}\right)\right)$$

$$\left.\begin{array}{l}\frac{2R_1}{R_2} << 1 \\ R_2/R_1 = 100\end{array}\right\} \Rightarrow 2 = \frac{1}{1+j\frac{\omega}{\omega_T/100}}\underbrace{\left(\frac{2}{1+j\frac{\omega}{\omega_T}} + \frac{100}{A_0}\left(1+j\frac{\omega}{\omega_T}\right)\right)}^{*}$$

PARA QUE $*$ SEA REAL

$\omega << \omega_T/100 \; (<< \omega_T)$ $\quad \Rightarrow 2 = \frac{1}{1+j\frac{\omega}{\omega_T/100}}\left(2 + \frac{100}{A_0}\right)$

$\left(\frac{A_0}{100} >> 2\right)$ $\quad \Rightarrow 2 \cong \frac{2}{1+j\frac{\omega}{\omega_T/100}}$

$$\Rightarrow Z_{in} = \infty \iff \omega << \omega_T/100 \Rightarrow \boxed{f_{max_{Z_{in}\,\infty}} = \frac{f_T}{1000}}$$

(c) $R_2 = R_1$

(i) EL ANCHO DE BANDA SIGUE SIENDO DETERMINADO X' O_1 $\Rightarrow \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{1}{1+j\frac{\omega}{\omega_T/2}}$

$$\Rightarrow \boxed{BW_{3dB} = \omega_T/2}$$

(ii)

$$\left.\begin{array}{l}\frac{2R_1}{R_2} = 2 \\ R_2/R_1 = 1 << A_0\end{array}\right\} \Rightarrow 2 = \frac{1}{1+j\frac{\omega}{\omega_T/2}}\underbrace{\left(\frac{2}{1+j\frac{\omega}{\omega_T/3}} + \frac{1}{A_0}\left(1+j\frac{\omega}{\omega_T}\right)\right)}^{*}$$

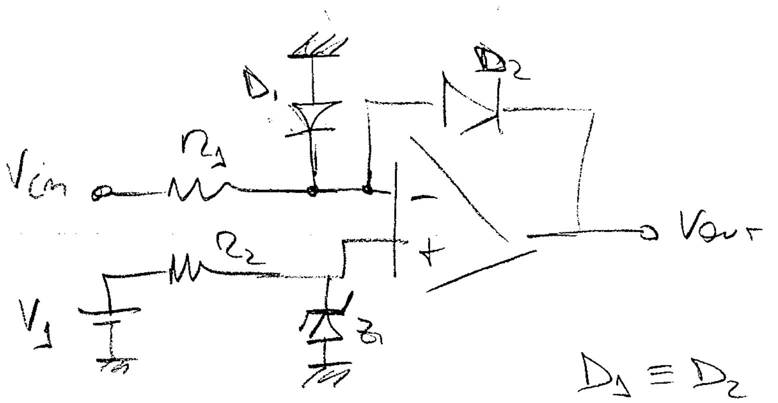
→ PARA Q' $*$ SEA REAL

$\omega << \omega_T/3 \left(< \frac{\omega_T}{2} < \omega_T\right)$ $\quad \Rightarrow \boxed{f_{max_{Z_{in}\,\infty}} = f_T/30}$

→ ADEMAS $1/A_0 << 2$

1ª PARCIAL 2005 ELECTRÓNICA 1

Ej 2



$D_1 \equiv D_2$

(a)

(i) $e^+ = V_Z \Rightarrow e^- = V_Z$

$$\Rightarrow I_{R1} = \frac{V_{in} - V_Z}{R_1} = -I_{D1} + I_{D2}$$

$I_{D1} = I_S\left(e^{V_{D1}/\eta V_T} - 1\right)$ $V_{D1} = -V_Z$

$I_{D2} = I_S\left(e^{V_{D2}/\eta V_T} - 1\right)$ $V_{D2} = V_Z - V_{OUT}$

$V_Z = 5V \gg \eta V_T \Rightarrow I_{D1} \simeq -I_S$

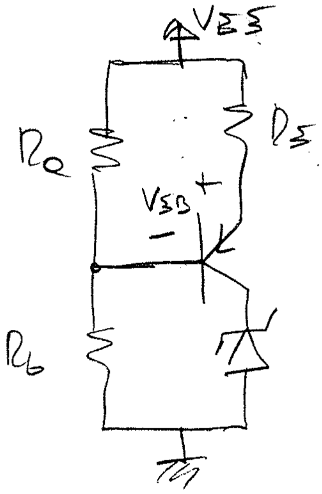
$$\Rightarrow I_{R1} = \cancel{+I_S} + I_S e^{\frac{V_Z - V_{OUT}}{\eta V_T}} - \cancel{I_S}$$

$$\Rightarrow V_Z - V_{OUT} = \eta V_T L\left(\frac{V_{in} - V_Z}{R_1 I_S}\right)$$

$$\Rightarrow \boxed{V_{OUT} = V_Z - \eta V_T L\left(\frac{V_{in} - V_Z}{R_1 I_S}\right)}$$

(ii) D_1 COMPENSA LA CORRIENTE EN REVERSO DEL DIODO D2

(b)



supongo $I_{Ra} \gg I_B$

$$\Rightarrow V_B = V_{EE}\,\frac{R_b}{R_a+R_b} = 8{,}8\ V$$

$$\Rightarrow V_E = V_B + V_{EB} = 9{,}5\ V$$

$$\Rightarrow I_E = \frac{V_{EE}-V_E}{R_E} \underset{(\beta\gg 1)}{\simeq} I_C = I_Z$$

$$\Rightarrow R_E = \frac{V_{EE}-V_E}{I_Z} = 5{,}5\ k\Omega$$

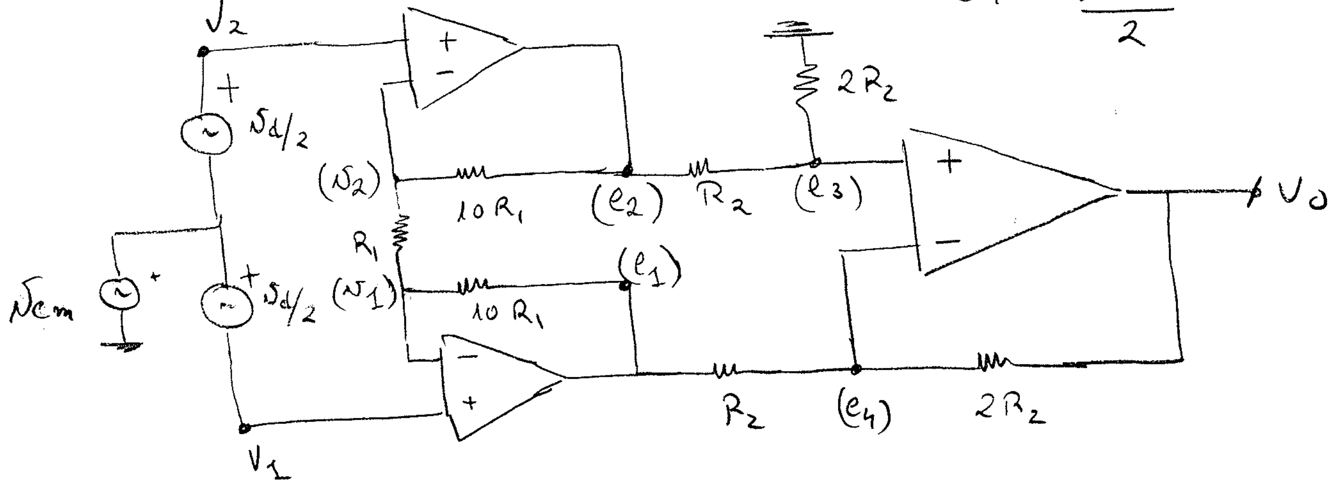
Verifico $I_{Ra} \gg I_B$

$$I_{Ra} = \frac{V_{EE}}{R_a+R_b} = 188\ \mu A \gg \frac{I_C}{\beta} = 10\ \mu A$$

PROBLEMA (3)

$v_d = V_2 - V_1$

$v_{cm} = \dfrac{V_2 + V_1}{2}$



ⓐ Primero calculamos las tensiones en todos los puntos

$v_2 = v_{cm} + v_d/2 \longrightarrow e_2 = v_2 + 10R_1 \cdot \dfrac{(v_2 - v_1)}{R_1} \Rightarrow \underline{\underline{e_2 = v_{cm} + 10{,}5\, v_d}}$

$v_1 = v_{cm} - v_d/2 \longrightarrow \underline{\underline{e_1 = v_{cm} - 10{,}5\, v_d}}$

(el calculo es similar a e_2)

Por otro lado : $e_3 = \dfrac{2R_2}{2R_2 + R_2} e_2 \Rightarrow \underline{\underline{e_3 = e_4 = \dfrac{2}{3} v_{cm} + 7 v_d}}$

Finalmente calculamos V_o $\quad \dfrac{e_1 - e_4}{R_2} = \dfrac{e_4 - v_o}{2R_2} \Rightarrow v_o = 3e_4 - 2e_1$

$\Rightarrow v_o = 2v_{cm} + 21 v_d - 2v_{cm} + 21 v_d$

$\Rightarrow \boxed{v_o = 42\, v_d}$

notacion : indice valor max

ⓑ
① $v_1 \simeq v_2 \simeq v_{cm} \rightarrow (v_{cm})^{max} < 14V$

② $e_1 \simeq e_2 \simeq v_{cm} \rightarrow (v_{cm})^{max} < 14V$

③ $e_3 \simeq e_4 = \frac{2}{3} v_{cm} \Rightarrow \frac{2}{3}(v_{cm})^{max} < 4V \rightarrow (v_{cm})^{max} < 6V$

→ $\boxed{(v_{cm})^{max} < 6V}$ impuesto por A_3

(c) El peor caso está impuesto por A_3 porque en su salida tenemos la máxima amplificación de v_d de todo el circuito → $(42 v_d = v_o)^{max} < 4V$ → $\boxed{(v_d)^{max} < 95,24 mV}$

(d) Asumiendo $\hat{v}_d = 95,24 mV$ buscamos el peor caso que se pueda presentar

⇒ para e_1 // $(v_{cm} + 10,5 v_d)^{max} < 14V$ → $(v_{cm})^{max} < 13V$

⇒ para e_4 // $\left(\frac{2}{3} v_{cm} + 7 v_d\right)^{max} < 4V$ → $\boxed{(v_{cm})^{max} < 5V}$

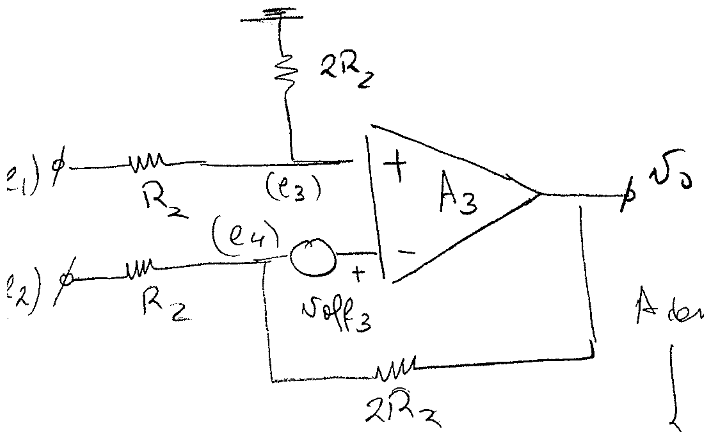
impuesto por A_3

(e) Asumimos superposición → $V_1 = V_2 = \phi$

solo calculamos el efecto de la tensión de offset de los operacionales.

$v_1 = v_{off_1}$, del operacional A_1

$v_2 = v_{off_2}$, del operacional A_2



$e_1 - e_2 = \frac{v_{off_1} - v_{off_2}}{R_1} \cdot 21 R_1$

→ $e_1 - e_2 = 21(v_{off_1} - v_{off_2})$

Además

$$\begin{cases} e_3 = \frac{2}{3} e_1 = e_4 + v_{off3} \\ e_4 = \frac{v_o}{3} + \frac{2}{3} e_2 \end{cases}$$

Con unas cuentas $e_3 - e_4 = v_{off_3} = \frac{2}{3}(e_1 - e_2) - \frac{v_o}{3}$

→ $\boxed{v_o = 42(v_{off_1} - v_{off_2}) - 3 v_{off_3}}$

peor caso
$v_{off2} = -V_{off}$ ó V_{off}
$v_{off3} = -V_{off}$ ó V_{off}
$v_{off1} = V_{off}$ ó $-V_{off}$

→ 4 mV

$\boxed{V_o^{max,\ por\ offset} = \pm 87 V_{off} \approx \pm 0,348 V}$

$V_{off} = 4mV$, tensión máxima de offset de los operacionales ;