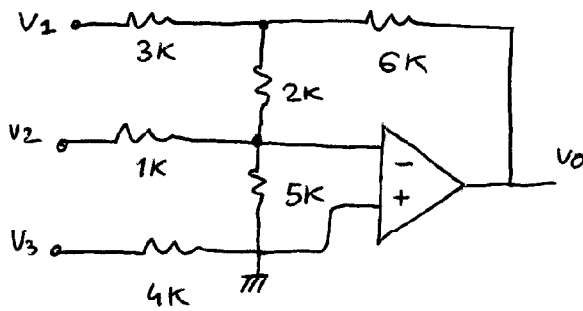
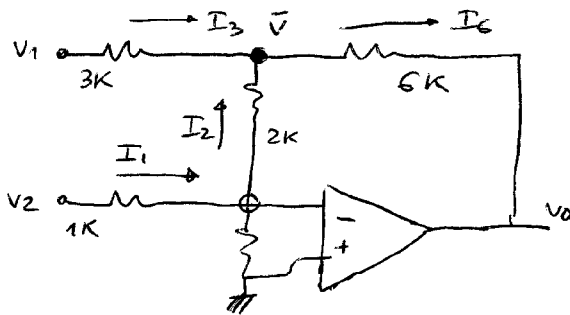


CALCULAR V_0



— EL AMP. OP. ESTÁ REALIMENTADO NEGATIVAMENTE. SU SALIDA, QUE COINCIDE CON LA SALIDA DEL CIRCUITO INFLUYE EN V_- , POR TANTO SI V_0 CRECE, $(V_+ - V_-)$ DECRECE Y V_0 DISMINUIRÍA COMPENSANDO (AMORTIGUANDO) EL CRECIMIENTO INICIAL DE V_0

— REALIMENTACION NEGATIVA \Rightarrow NORMALMENTE (SALVO QUE V_0 SUPERE LAS ALIMENTACIONES $\pm V_{CC}$) EL Amp Op ESTARÁ EN ZONA LINEAL \Rightarrow RESOLVER USANDO TIERRA VIRTUAL.
 $V_+ = V_-$ (EN ESTE CASO $V_+ = 0$)



— SIEMPRE, LAS INTENSIDADES QUE ENTRAN POR LOS TERMINALES DE ENTRADA ($-$ y $+$) DEL Amp Op SON \emptyset
 $I_+ = I_- = \emptyset$

1ª Ec de NODO : $I_1 = I_2$

$(I_{5K} = 0 \text{ pues } V_- = V_+ = 0V)$

$$\frac{V_2 - 0}{1K} = \frac{0 - \bar{V}}{2K} \rightarrow \bar{V} = -2V_2$$

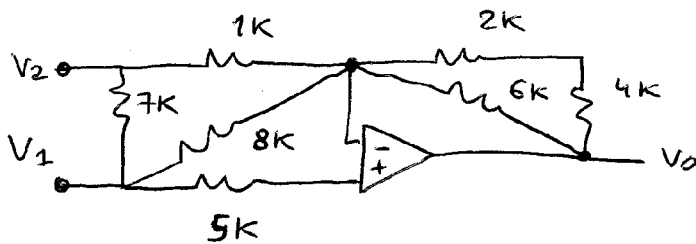
2ª Ec de Nodo : $I_3 + I_2 = I_6$

$$\frac{V_1 - \bar{V}}{3K} + \frac{0 - \bar{V}}{2K} = \frac{\bar{V} - V_0}{6K} \rightarrow 2V_1 + 4V_2 + 6V_2 = -2V_2 - V_0$$

$$V_0 = -(2V_1 + 12V_2)$$

CALCULAR V_0

($V_{CC} = \pm 12V$)



— EL AMP OP. TIENE REALIM. NEGATIVA, UN AUMENTO DE V_0 HACE SUBIR V_- , Y POR TANTO ($V_+ - V_-$) DECRECE, LO QUE HARÍA DISMINUIR V_0

SIMPLIFICAR:

→ 2K SERIE CON 4K
⇒ 6K

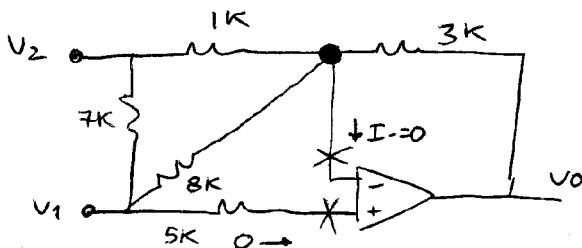
→ 6K NUEVA EN PARALELO CON LA ORIGINAL ⇒
⇒ 3K

— SI EL AMP OP TIENE REALIM. NEGATIVA SE PUEDE USAR QUE $V_0 = A_0 (V_+ - V_-)$, $A_0 \rightarrow \infty$

PERO SE PREFIERE USAR TIERRA VIRTUAL, ES DECIR QUE ($V_+ = V_-$)

— SIEMPRE, LAS INTENSIDADES QUE ENTRAN POR LOS TERMINALES DE ENTRADA SON CERO ($I_+ = 0$; $I_- = 0$)

(EN NUESTRO CASO $I_+ = I_{5K} = 0$)



— REALIM. NEGATIVA ⇒ Amp Op. TRABAJA EN ZONA LINEAL ⇒ APLICO TIERRA VIRTUAL ⇒

($V_+ = V_-$) ↓

$I_{5K} = 0 \Rightarrow V_+ = V_1 \longrightarrow V_+ = V_1 = V_-$

— PLANTEO EC de NODO



$$I_{1K} + I_{8K} = I_{3K}$$

$$\frac{V_2 - V_1}{1K} + \frac{V_1 - V_1}{8K} = \frac{V_1 - V_0}{3K}$$

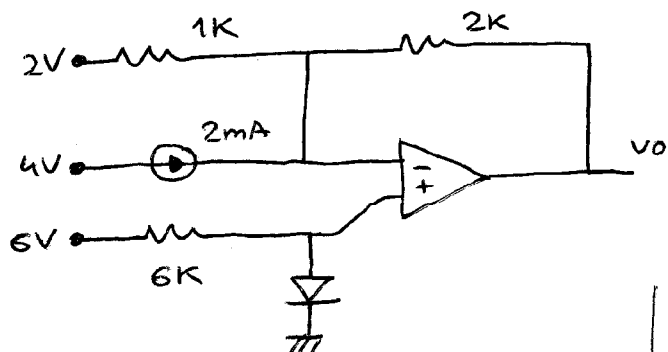
$$3V_2 - 4V_1 = -V_0$$

$$V_0 = 4V_1 - 3V_2$$

¡OJO! $V_0 = 4V_1 - 3V_2$, SIEMPRE QUE V_0 NO SUPERE A LAS ALIMENTACIONES $V_{CC} = \pm 12V$ SI DESBORDA EL RANGO DE LAS ALIMENTACIONES, EL OPERACIONAL QUEDARÍA EN SATURACION.

CALCULAR V_O

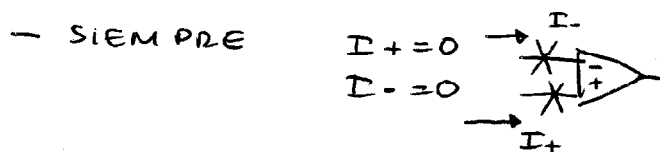
$$\begin{pmatrix} V_{CC} = \pm 12V \\ V_{\gamma} = 0.6V \end{pmatrix}$$



SUPONGO DIODO ON

$$\text{Diodo ON} \Rightarrow \frac{1}{\downarrow I_D} \approx 0.6V \quad ? I_D > 0?$$

— EL Amp Op ESTÁ REALIMENTADO NEGATIVAMENTE, YA QUE UN AUMENTO DE SU SALIDA (V_O) AUMENTA V_- , Y POR TANTO BAJA ($V_+ - V_-$) QUE HARÍA BAJAR V_O

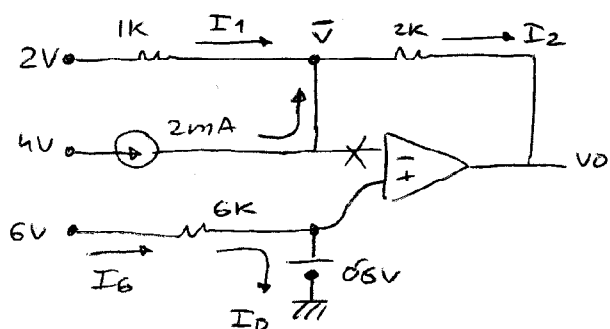


— EL DIODO PROBABLEMENTE ESTÉ EN ON YA QUE "VE" $6V > V_{\gamma}$

Amp Op con REALIM. NEGATIVA

⇒ TRABAJA EN ZONA LINEAL (SALVO QUE V_O SUPERE A $\pm V_{CC}$)

⇒ USAR TIERRA VIRTUAL ($V_+ = V_-$)



$$V_+ = 0.6V \xrightarrow{T.V.} V_- = 0.6V$$

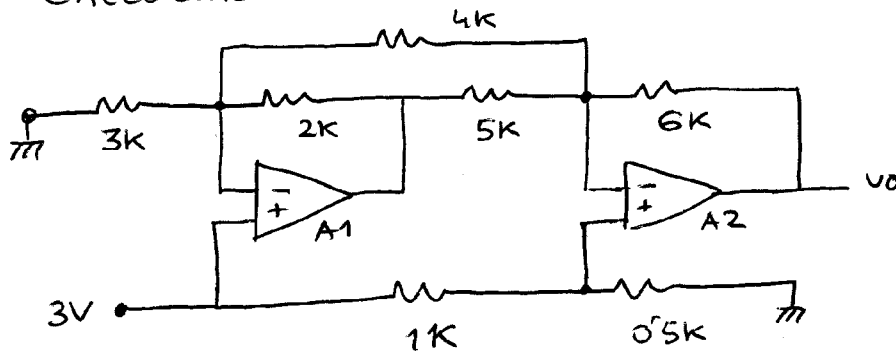
$$I_G = I_D = \frac{6V - 0.6V}{6K} = 0.9mA$$

$$I_D = 0.9mA > 0$$

RENOMBRO a V_- como \bar{V} y PLANEO EC de NODO: $I_1 + 2mA = I_2$

$$\frac{2V - \bar{V}}{1K} + 2mA = \frac{\bar{V} - V_O}{2K} \rightarrow \underline{\underline{V_O = -6.2V}}$$

CALCULAR V_O

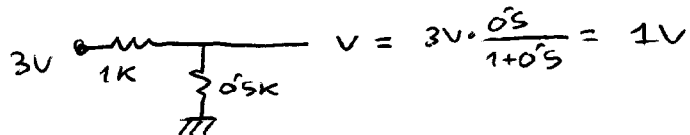


— A1 y A2 TIENEN REALIMENTACION NEGATIVA \Rightarrow TRABAJAN EN ZONA LINEAL \Rightarrow APLICO TIERRA VIRTUAL

$$V_+ = V_-$$

— SIEMPRE ;
 $I_+ = 0 \quad I_- = 0$

— COMO I_+ de A2 ES $\phi \Rightarrow$ TENGO UN PARTIDOR DE TENSION

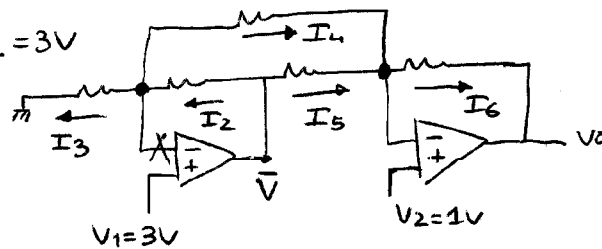


$\Rightarrow V_+$ de A2 = 1V = V_- de A2 QUE LLAMARE V_2

— COMO V_+ de A1 = 3V \Rightarrow (TIERRA VIRTUAL de A1) V_- de A1 = 3V = V_1
LA RENOMBRO

— EC de NODO en $V_1 = 3V$

$$I_2 = I_3 + I_4$$



$$\frac{\bar{V} - V_1}{2K} = \frac{V_1 - 0}{3K} + \frac{V_1 - V_2}{4K}$$

$$\frac{\bar{V} - 3V}{2K} = 1mA + 0.5mA$$

$$\bar{V} = 6V$$

— EC de NODO en $V_2 = 1V$

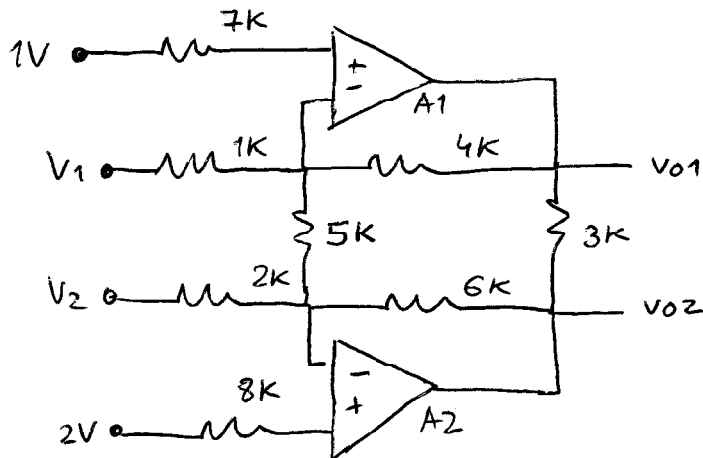
$$I_4 + I_5 = I_6$$

$$\frac{3V - 1V}{4K} + \frac{\bar{V} - 1V}{5K} = \frac{1V - V_O}{6K}$$

$$0.5mA + 1mA = \frac{1V - V_O}{6K}$$

$$V_O = -8V$$

CALCULAR V_{O1} y V_{O2}



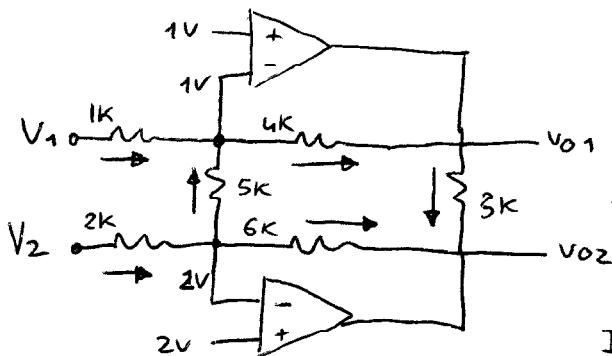
— A1 y A2 ESTAN REALIMENTADOS NEGATIVAMENTE, YA QUE UN AUMENTO DE SUS SALIDAS AUMENTA LAS V_- RESPECTIVAS $\Rightarrow (V_+ - V_-)$ DECRECEN Y LAS SALIDAS BAJARIAN.

— SIEMPRE $I_+ = 0$ $I_- = 0$ EN AMP OP, POR TANTO I_+ de A1 (que pasa por 7K) ES $\phi \Rightarrow V_{+A1} = 1V$
 I_+ de A2 (que pasa por 8K) ES $\phi \Rightarrow V_{+A2} = 2V$

— A1 REALIM. NEGATIVA \Rightarrow TRABADA EN ZONA LINEAL (SALVO SI SU SALIDA V_{O1} SUPERA LAS ALIMENTACIONES) \Rightarrow APLICO TIERRA VIRTUAL $\rightarrow V_{+A1} = 1V = V_{-A1}$

— A2 REALIM. NEGATIVA \Rightarrow IDEM \Rightarrow TIERRA VIRTUAL $\rightarrow V_{+A2} = 2V = V_{-A2}$

— REDIBUJANDO PARTE INTERESANTE DEL CIRCUITO.



NOTACION $I_5 = I_{5K} = I$ que pasa por 5K en el sentido de la flecha

ECs de NODO

$$I_1 + I_5 = I_4$$

$$I_2 = I_5 + I_6$$

$$\frac{V_1 - 1}{1K} + \frac{2 - 1}{5K} = \frac{1V - V_{O1}}{4K}$$

0.2mA

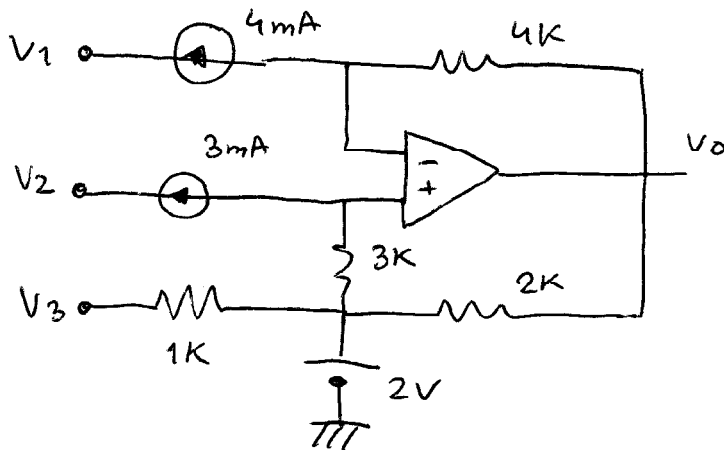
$$\frac{V_2 - 2}{2K} = \frac{2 - 1}{5K} + \frac{2 - V_{O2}}{6K}$$

0.2mA

$$V_{O1} = 4.2V - 4V_1$$

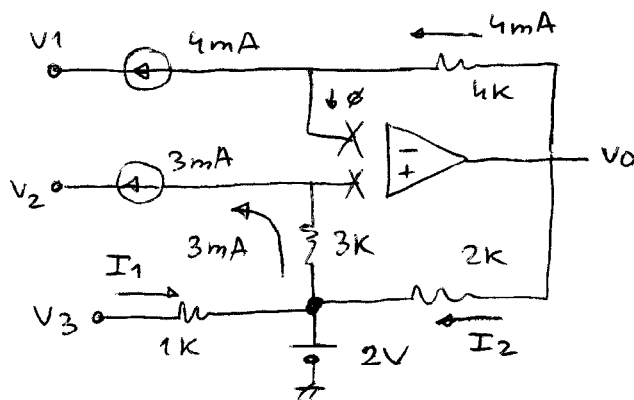
$$V_{O2} = +9.2V - 3V_2$$

CALCULAR V_0



- EL AMP. OP. TIENE REALIMENTACION NEGATIVA POR 4K.
- A PESAR DE LAS APARIENCIAS, NO HAY REALIMENTACION POR LA RESISTENCIA DE 2K. SE OBSERVA QUE LA TENSION EN LA PATA + DEL A.O. ES FIDA A -7V

Amp Op. CON REALIMENTACION NEGATIVA \Rightarrow TRABAJA EN ZONA LINEAL, SALVO QUE V_0 SOBREPASE LAS ALIMENTACIONES \Rightarrow PUEDO APLICAR TIERRA VIRTUAL ($V_+ = V_-$)



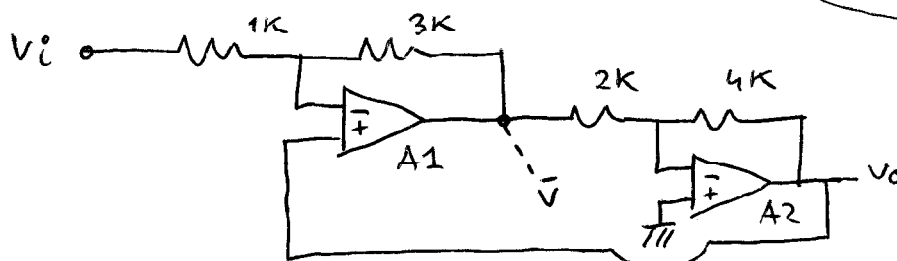
SIEMPRE $I_+ = 0$
 $I_- = 0$

$$V_+ = 2V - 3mA \cdot 3K = -7V$$

$$V_+ = V_- = -7V$$

$$\text{COMO } \frac{V_0 - (V_-)}{4K} = 4mA \Rightarrow V_- = -7V$$

CALCULAR V_0



$$\underline{V_0 = 9V}$$

A1 y A2 TIENEN REALIM. NEGATIVA \Rightarrow 2. LINEAL y PUEDO APLICAR TIERRA VIRTUAL:

$$\frac{V_i - V_0}{1K} = \frac{V_0 - \bar{V}}{3K}$$

$$\downarrow$$

$$3V_i + \bar{V} = 4V_0$$

$$\frac{\bar{V} - 0}{2K} = \frac{0 - V_0}{4K}$$

$$\downarrow$$

$$V_0 = -2\bar{V}$$

$$\Rightarrow 3V_i + \bar{V} = -8\bar{V} \rightarrow \bar{V} = -V_i/3$$

$V_0 = 2/3 V_i$

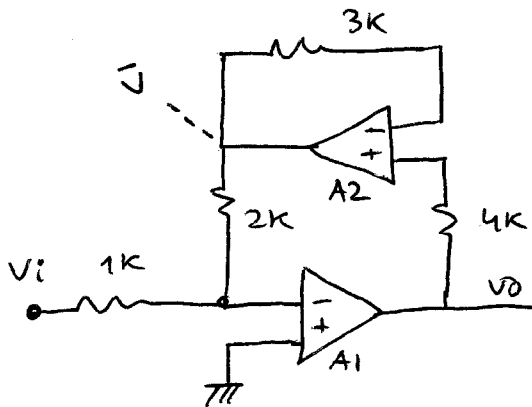
$$A2: V_+ = 0V = V_-$$

$$A1: V_+ = V_0 = V_-$$

AHORA PLANTEARÉ ECS DE NODO EN LOS TERMINALES INVERSO-RES de A1 y A2

CALCULAR V_O si $V_i = 4V$ y $V_i = 8V$

$$(V_{CC} = \pm 12V)$$



$$\frac{V_i - 0}{1K} = \frac{0 - \bar{V}}{2K} \quad (\bar{V} = V_O)$$

$$\bar{V} = V_O = -2V_i$$

$$\text{si } V_i = 4V \Rightarrow \underline{V_O = -8V}$$

$$\text{si } V_i = 8V \Rightarrow \underline{V_O = -16V?}$$

NO V_O HA SUPERADO A

$-V_{CC} = -12V \Rightarrow A1$ HA ENTRADO EN SATURACION, Y POR TANTO NO SE CUMPLE TIERRA VIRTUAL.

V_O QUEDARIA A. $-12V$

Y V_- de $A1$ YA NO SERIA $0V$.

CALCULEMOS V_- de $A1 = V'$

$$\frac{V_i - V'}{1K} = \frac{V' - \bar{V}}{2K}$$

$$3V' = +\bar{V} + 2V_i \Rightarrow V' = \frac{-12V + 2V_i}{3} = \frac{4}{3}V$$

A2 CON REALIMENTACION \ominus YA QUE SI SU SALIDA AUMENTA, CRECE $V_- \Rightarrow (V_+ - V_-)$ BAJA \Rightarrow SU SALIDA BAJARIA.

- COMO $I_- = 0$ EN $A2 \Rightarrow I_{3K} = I_- = 0$

$$\Rightarrow \bar{V} = V_- \text{ de } A2$$

- SI $A2$ TIENE REALIMENTACION NEGATIVA. $A2$ ESTA EN ZONA LINEAL Y PUEDO APLICAR TIERRA VIRTUAL $V_+ = V_-$

- POR TANTO $\bar{V} = V_- \text{ de } A2 = V_+ \text{ de } A2$

- PERO $I_{1K} = I_+ \text{ de } A2 = 0 \Rightarrow V_O = V_+ \text{ de } A2 = \bar{V} \Rightarrow \underline{\underline{\bar{V} = V_O}}$

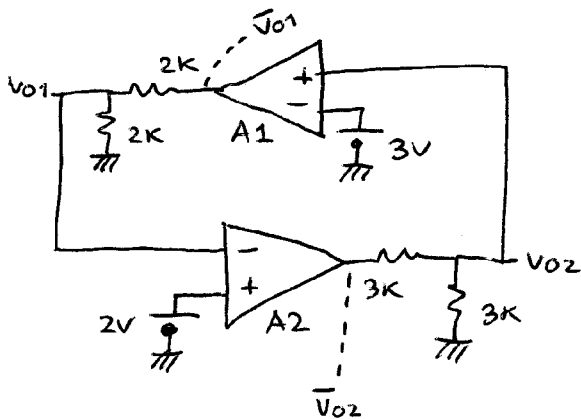
A1 SI SU SALIDA (V_O) CRECE \Rightarrow

\bar{V} CRECE $\Rightarrow V_-$ de $A1$ CRECE \Rightarrow

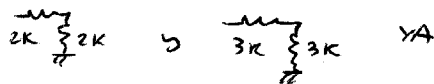
$(V_+ - V_-)_{A1}$ DISMINUYE $\Rightarrow A1$ TIENE REALIMENTACION NEGATIVA \Rightarrow ESTÁ EN Z. LINEAL Y PUEDO APLICAR TIERRA VIRTUAL $\underline{\underline{V_+ = V_- = 0}}$

AHORA PLANTEO EC de NODO (ver arriba)

CALCULAR V_{O1} y V_{O2}
 $(V_{CC} = \pm 12V)$



TENEMOS REALMENTE 2
 PARTIDORES DE TENSION



QUE NO SE ESCAPA
 CORRIENTE A LAS ENTRADAS
 DE LOS Amp Op.

$(I_+ = 0 \quad I_- = 0 \text{ SIEMPRE})$

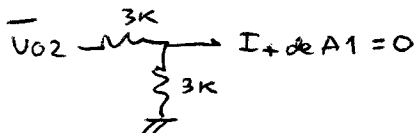
A1 CON REALUM. NEGATIVA \Rightarrow

APLICO TIERRA VIRTUAL \Rightarrow

$$V_+ = V_{O2} = V_- = 3V \Rightarrow$$

$$\underline{V_{O2} = 3V}$$

- APLICO PARTIDOR DE TENSION



$$V_{O2} = \bar{V}_{O2} \cdot \frac{3K}{3K+3K} \Rightarrow$$

$$\underline{\bar{V}_{O2} = 6V}$$

A1 y A2 TIENEN REALIMENTACION
 NEGATIVA,

SI LA SALIDA DE A1 (LE LLAMO \bar{V}_{O1})
 AUMENTA $\Rightarrow V_{O1}$ AUMENTA (ES LA
 SALIDA DE UN PARTIDOR DE TENSION
 CON ENTRADA \bar{V}_{O1}) $\Rightarrow V_-$ de A2
 AUMENTA $\Rightarrow (V_+ - V_-)_{A2}$ DISMINUYE
 $\Rightarrow \bar{V}_{O2}$ BAJA $\Rightarrow V_{O2}$ BAJA \Rightarrow
 V_+ de A1 ($= V_{O2}$) BAJA \Rightarrow
 $(V_+ - V_-)_{A2}$ DECEDE, Y HACE BAJAR
 LA SALIDA de A1.

(IDEM con A2)

A2 CON REALIMENTACION \ominus

\Rightarrow APLICO TIERRA VIRTUAL \Rightarrow

$$V_+ = 2V = V_- = V_{O1} \Rightarrow$$

$$\underline{V_{O1} = 2V}$$

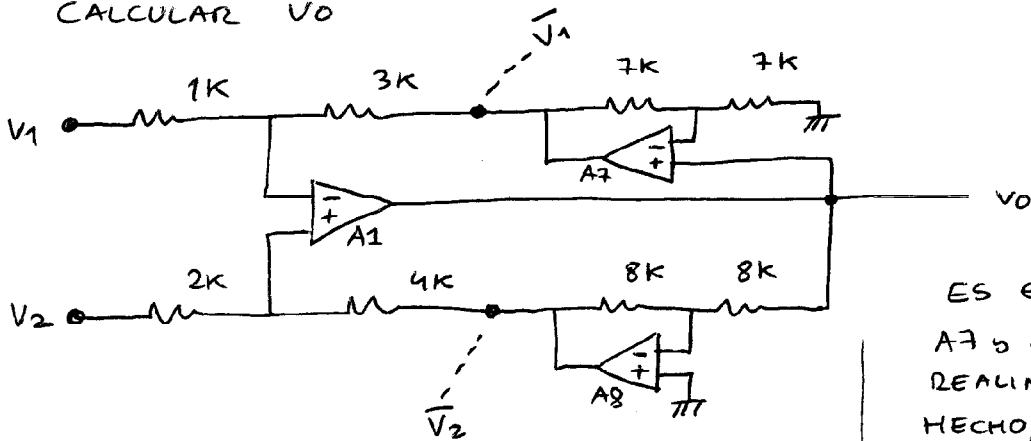
- APLICO PARTIDOR DE TENSION



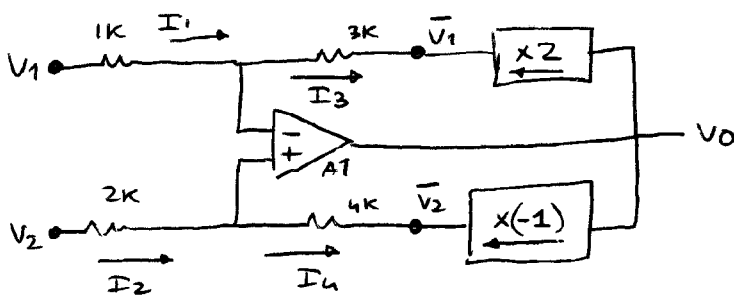
$$V_{O1} = \bar{V}_{O1} \cdot \frac{2K}{2K+2K} \Rightarrow$$

$$\underline{\bar{V}_{O1} = 4V}$$

CALCULAR V_O



REDIBUJO ---



SI LA SALIDA DE A1 (QUE ES V_O) AUMENTA,

$\Rightarrow \bar{V}_1 = 2 \times V_O$ AUMENTA $\Rightarrow V_-$ CRECE \Rightarrow

$(V_+ - V_-)$ BAJA $\Rightarrow V_O$ BAJA \Rightarrow
REALIMENTACION NEGATIVA

$\Rightarrow \bar{V}_2 = -1 \times V_O$ BAJA $\Rightarrow V_+$ DECRECE \Rightarrow

$(V_+ - V_-)$ BAJA $\Rightarrow V_O$ BAJA \Rightarrow
REALIMENTACION NEGATIVA.

\Rightarrow A1 REALIMENTACION NEGATIVA DOBLE \Rightarrow TRABAJA EN ZONA LINEAL Y USARE TIERRA VIRTUAL ($V_+ = V_-$).

ECs de NODO :

$$- I_1 = I_3$$

$$- I_2 = I_4$$

$$\frac{V_1 - \bar{V}}{1K} = \frac{\bar{V} - \bar{V}_1}{3K}$$

$$\frac{V_2 - \bar{V}}{2K} = \frac{\bar{V} - \bar{V}_2}{4K}$$

$$\frac{V_1 - \bar{V}}{1K} = \frac{\bar{V} - 2V_O}{3K}$$

$$\frac{V_2 - \bar{V}}{2K} = \frac{\bar{V} + V_O}{4K}$$

$$3V_1 - 4\bar{V} = -2V_O$$

$$2V_2 - 3\bar{V} = V_O$$

$$V_O = \frac{8V_2 - 9V_1}{10}$$

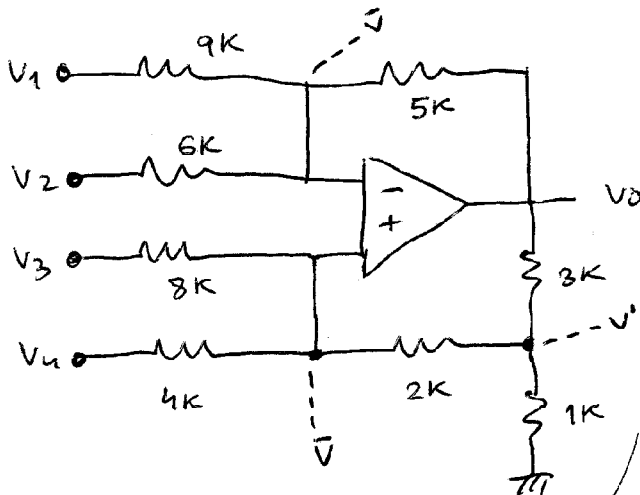
ES EVIDENTE QUE A7 y A8 TIENEN REALIM. NEGATIVA. DE HECHO, SE PUEDEN RECONOCER COMO UNA CONFIGURACION INVERSORA (A8 CON 8K y 8K) DE ENTRADA V_O Y SALIDA \bar{V}_2 . A7 CON 7K y 7K ES UNA CONFIGURACION NO INVERSORA CON ENTRADA V_O Y SALIDA \bar{V}_1

$$\bar{V}_1 = \left(1 + \frac{7K}{7K}\right) V_O = 2V_O$$

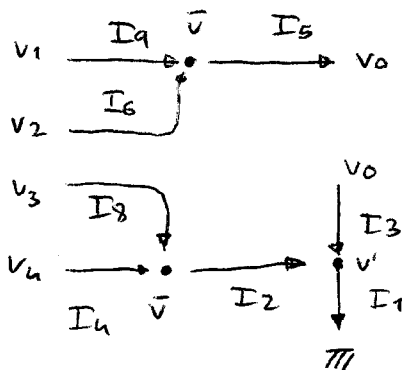
$$\bar{V}_2 = -\frac{8K}{8K} V_O = -V_O$$

REDIBUJO EL CIRCUITO ---

CALCULAR V_0



ESCOJO INTENSIDADES



$$\blacktriangleright \frac{\bar{V} - V'}{2K} + \frac{V_0 - V'}{3K} = \frac{V' - 0}{1K}$$

$$\Rightarrow V' = (3\bar{V} + 2V_0)/11$$

$$\blacktriangleright \frac{V_3 - \bar{V}}{8K} + \frac{V_4 - \bar{V}}{4K} = \frac{\bar{V} - V'}{2K}$$

$$\Rightarrow V_3 + 2V_4 = 7\bar{V} - 4V'$$

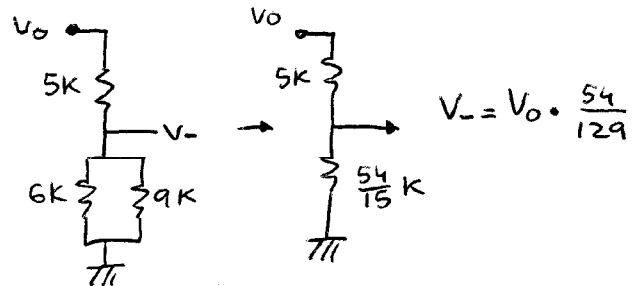
$$\blacktriangleright \frac{V_1 - \bar{V}}{9K} + \frac{V_2 - \bar{V}}{6K} = \frac{\bar{V} - V_0}{5K}$$

$$\Rightarrow \bar{V} = (10V_1 + 15V_2 + 18V_0)/43$$

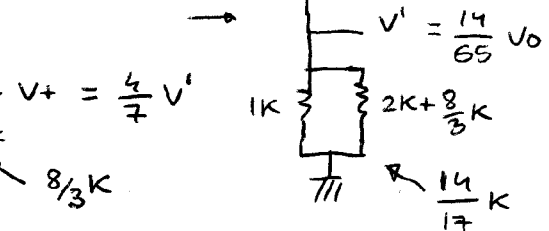
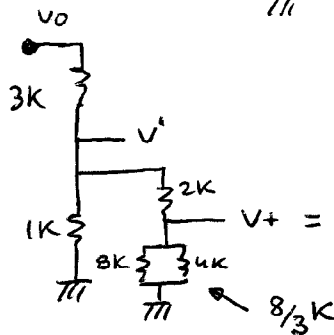
DESPEJANDO V_0 QUEDA:

$$V_0 = (473V_3 + 946V_4 - 650V_1 - 975V_2)/826$$

EL AMP OP TIENE REALIMENTACION NEGATIVA POR LA RESISTENCIA DE $5K$. TAMBIEN TIENE REALIMENTACION POSITIVA POR LAS RESISTENCIAS DE $3K$ Y $2K$. ¿CUAL PREDOMINA? HACEMOS ϕ LAS ENTRADAS Y TENEMOS



$$V_- = V_0 \cdot \frac{54}{129}$$



PORTANTO

$$V_- = V_0 \cdot \frac{54}{129} \quad \text{y} \quad V_+ = V_0 \cdot \frac{14}{65} \cdot \frac{4}{7} = \frac{56}{455}$$

ES DECIR QUE PARA CUALQUIER CAMBIO DE V_0 V_- CAMBIA APROXIMADAMENTE 3 VECES MAS QUE $V_+ \Rightarrow$ REALIM. \ominus

\Rightarrow A.O. EN 2.LINEAL Y APLICO TIERRA VIRTUAL $V_+ = V_- = \bar{V}$

TENGO 3 NODOS DONDE APLICAR ECUACIONES (ver arriba)