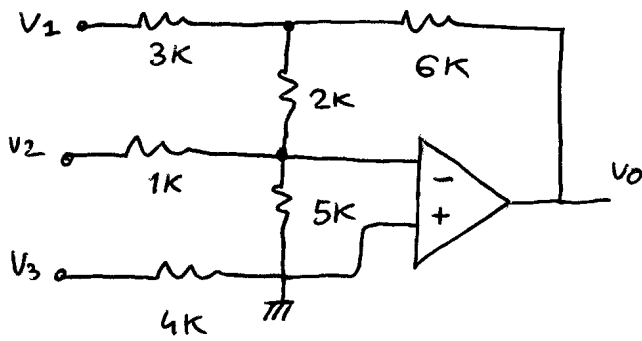


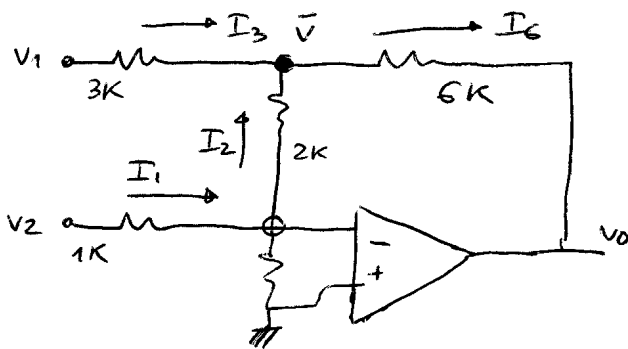
CALCULAR V_O



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

— REALIMENTACIÓN NEGATIVA \Rightarrow NORMALMENTE (SALVO QUE V_O SUPERE LAS ALIMENTACIONES $\pm V_{CC}$) EL AMP OP ESTARÁ EN ZONA LINEAL \Rightarrow RESOLVER USANDO TIERRA VIRTUAL.

$$V_+ = V_- \quad (\text{EN ESTE CASO } V_+ = 0)$$



— SIEMPRE, LAS INTENSIDADES QUE ENTRAN POR LOS TERMINALES DE ENTRADA $(- \text{ y } +)$ DEL AMP OP SON \emptyset

$$I_+ = I_- = \emptyset$$

$$1^a \text{ Ec de NODO : } I_1 = I_2$$

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

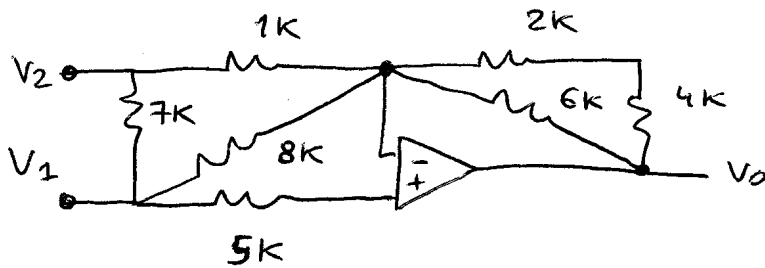
$$2^a \text{ Ec de NODO : } I_3 + I_2 = I_6$$

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

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

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

— 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 $(V_+ = V_-)$

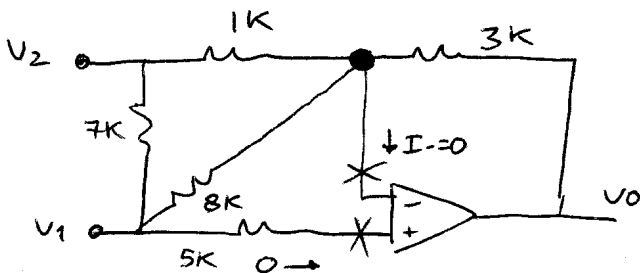
— SIEMPRE, LAS INTENSIDADES QUE ENTAN POR LOS TERMINALES DE ENTRADA SON CERO ($I_+ = 0$; $I_- = 0$)

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

SIMPLIFICAR:

→ 2K SERIE CON 4K
⇒ 6K

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



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

$$(V_+ = V_-) \downarrow$$

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

— PLANTEO EC de NODO



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

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

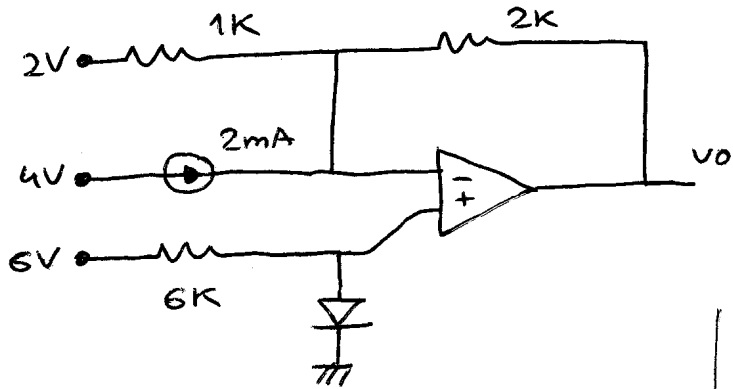
$$3V_2 - 4V_1 = -V_0$$

$$V_0 = 4V_1 - 3V_2$$

¡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,

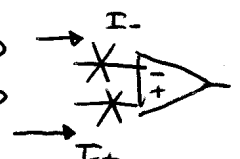
CALCULAR V_O

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



— 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

— SIEMPRE $I_+ = 0$
 $I_- = 0$



— EL DIODO PROBABLEMENTE ESTÉ EN ON YA QUE "VE" $6V > V_D$

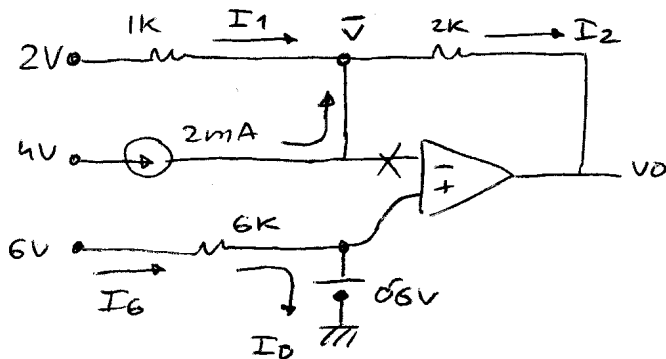
SUPONGO DIODO ON

$$\text{Diodo ON} \Rightarrow \downarrow I_D \quad ? I_D > 0?$$

Amp Op con REALIM. NEGATIVA

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

⇒ USAR TIERRA VIRTUAL ($V_+ = V_-$)



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

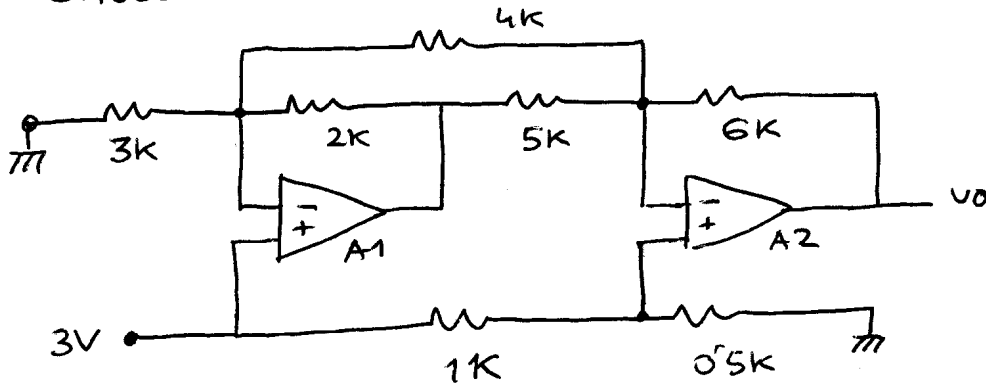
$$I_6 = I_D = \frac{6V - 0.6V}{6K} = 0.9mA$$

$$I_D = 0.9mA > 0$$

RENOMBRO a V_- COMO \bar{V} y PLANTEO 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

$$V_+ = V_-$$

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

$$V = 3V \cdot \frac{0.5}{1+0.5} = 1V$$

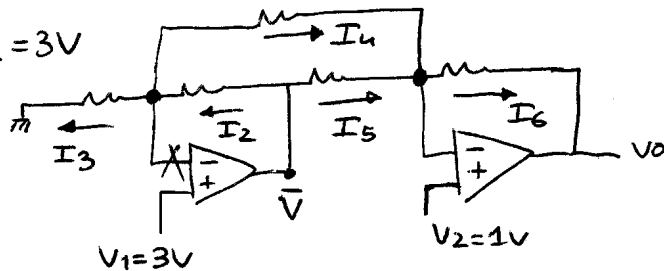
$\Rightarrow V_+$ de A2 = 1V = V_- de A2 QUE LLAMARE V2

— COMO V_+ de A1 = 3V \Rightarrow (TIERRA VIRTUAL de A1) V_- de A1 = 3V = V1

LA RENOMBRO

— EC de NODO en $V_1 = 3V$

$$I_2 = I_3 + I_4$$



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

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

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

— EC de NODO en $V_2 = 1V$

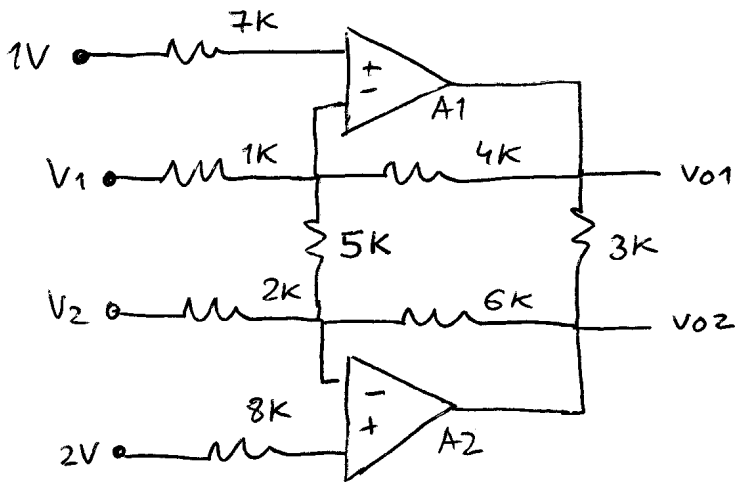
$$I_4 + I_5 = I_6$$

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

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

$$\underline{\underline{V_O = -8V}}$$

CALCULAR V_{O1} y V_{O2}



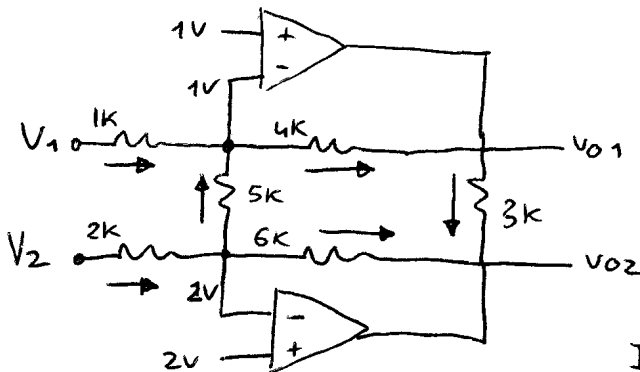
— A1 y A2 ESTAN REALIMENTADOS NEGATIVAMENTE, YA QUE UN AUMENTO DE SUS SALIDAS AUMENTA LAS V_- RESPECTIVAS $\Rightarrow (V_+ - V_-)$ DECRECEN Y LAS SALIDAS BAJARIAN.

— 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 $\rightarrow V_{+A2} = 2V = V_{-A2}$

— REDIBUJO PARTE INTERESANTE DEL CIRCUITO.



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

ECs de NODO

$$I_1 + I_5 = I_4$$

$$I_2 = I_5 + I_6$$

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

\searrow
0.2mA

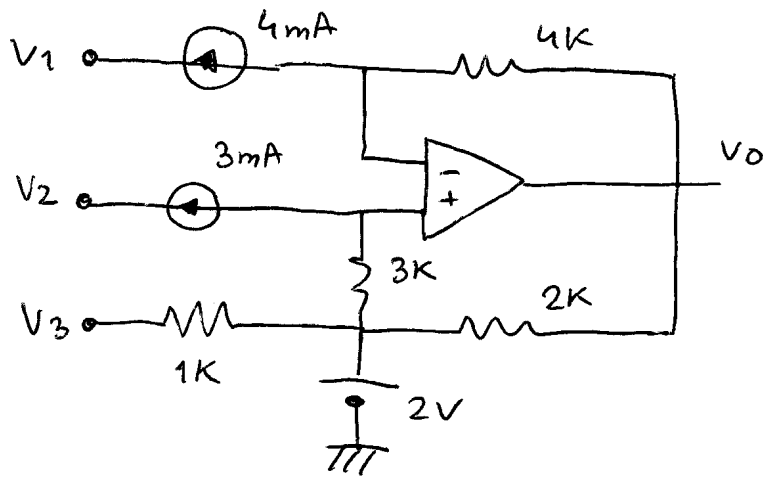
$$\frac{V_2 - 2}{2K} = \frac{2 - 1}{5K} + \frac{2 - V_{O2}}{6K}$$

\searrow
0.2mA

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

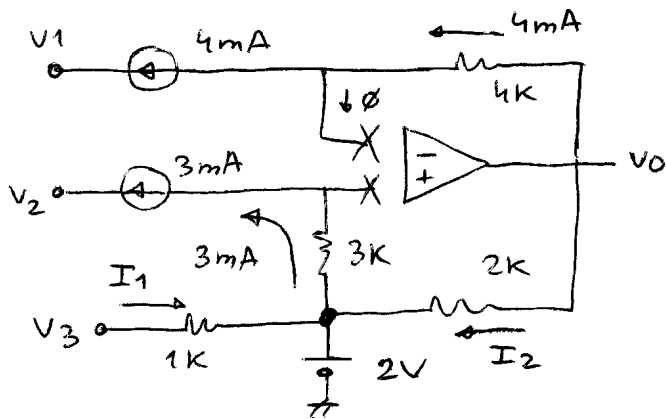
$$V_{O2} = +9.2V - 3V_2$$

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

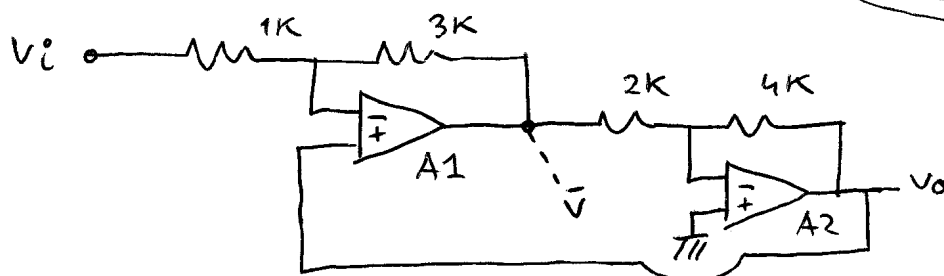
$$V_+ = 2V - 3mA \cdot 3K = -7V$$

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

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

$V_0 = 9V$

CALCULAR V_0



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

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

A1: $V_+ = V_0 = V_-$

AHORA PLANTEARE ECUACIONES DE NODO EN LOS TERMINALES INVERSO-RES de A1 y A2

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

$$\downarrow$$

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

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

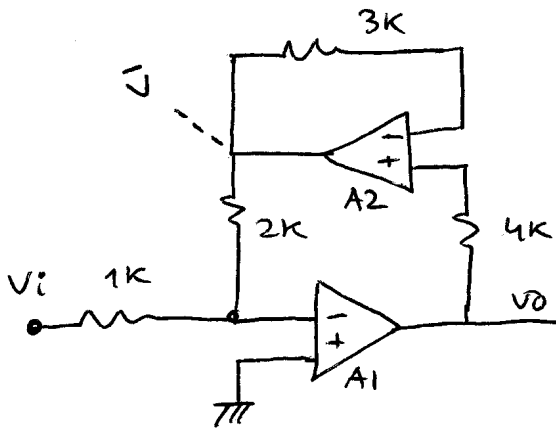
$$\downarrow$$

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

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

$V_0 = 2/3 V_i$

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.

$$\text{— COMO } I_- = 0 \text{ EN } A2 \Rightarrow I_{3K} = I_- = 0 \Rightarrow \bar{V} = V_- \text{ de } A2$$

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

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

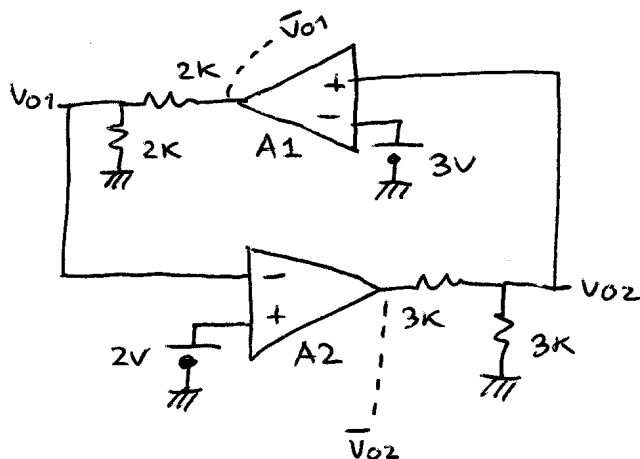
$$\text{— PERO } I_{4K} = I_+ \text{ de } A2 = 0 \Rightarrow V_O = V_+ \text{ de } A2 = \bar{V} \Rightarrow \underline{\underline{\bar{V} = V_O}}$$

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 $\underline{\underline{V_+ = V_- = \phi}}$

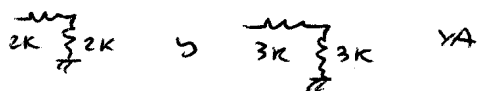
AHORA PLANTEO EC de NODO (ver arriba)

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.

($I_+ = 0$ $I_- = 0$ SIEMPRE)

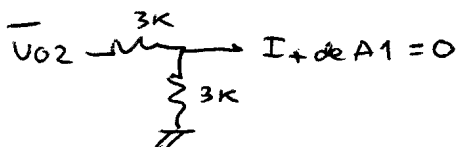
A1 CON REALIM. NEGATIVA \Rightarrow

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
 $(V_+ - V_-)_{A2}$ DECRECE, Y HACE BAJAR
LA SALIDA de A1.

(IDEM con A2)

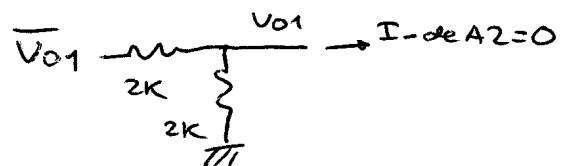
A2 CON REALIMENTACION \ominus

\Rightarrow APLICO TIERRA VIRTUAL \Rightarrow

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

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

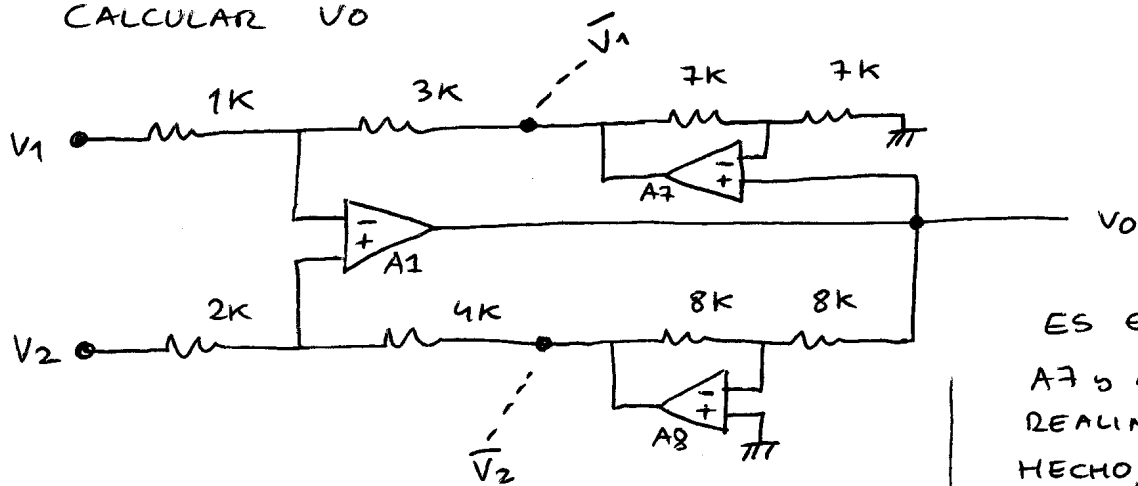
- APLICO PARTIDOR DE TENSION



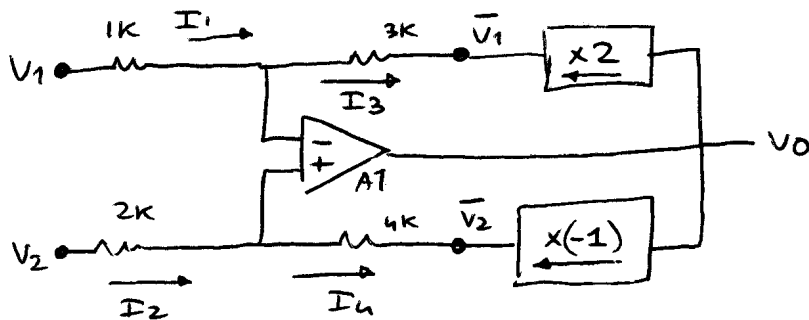
$$V_{O1} = \bar{V}_{O1} \cdot \frac{2k}{2k+2k} \Rightarrow$$

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

CALCULAR V_O



REDIBUJO ---



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

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

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

REDIBUJO EL CIRCUITO ---

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 :

$$-I_1 = I_3$$

$$-I_2 = I_4$$

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

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

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

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

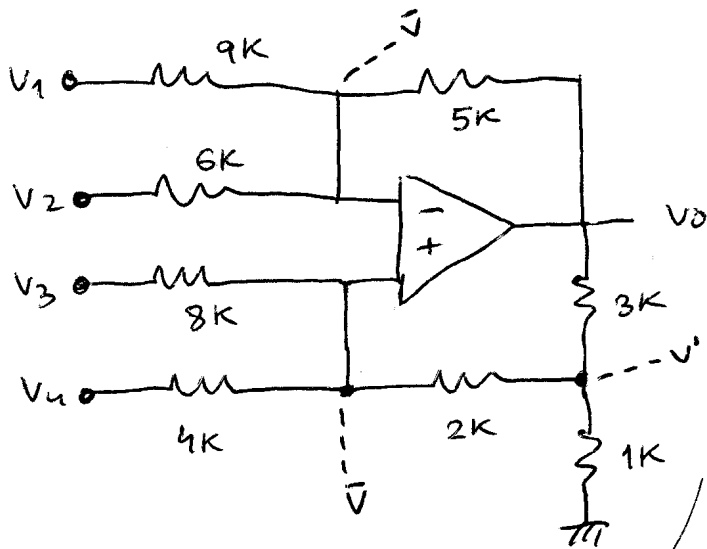
$$3V_1 - 4\bar{V} = -2V_O$$

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

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

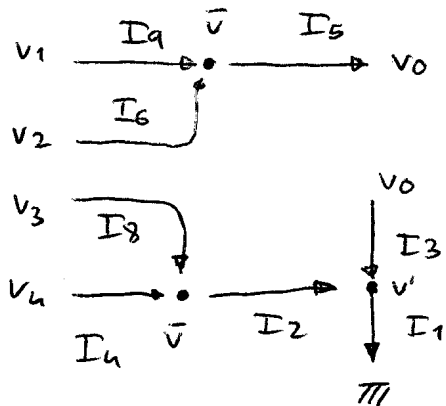
$$\left(\begin{array}{l} \text{a } V_+ \text{ LA RENOMBRO :} \\ V_+ = V_- = \bar{V} \end{array} \right)$$

CALCULAR V_0



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

ESCOJO INTENSIDADES



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

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

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

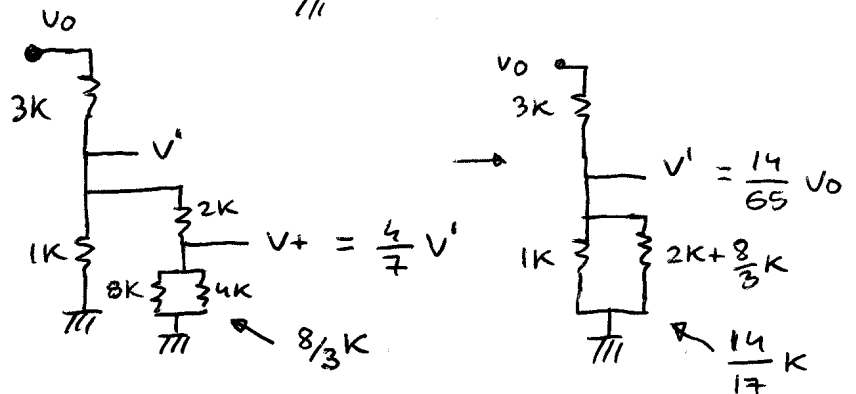
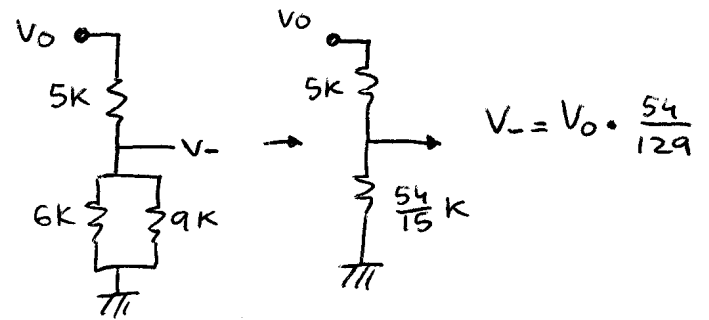
$$\Rightarrow V_3 + 2V_4 = 7\bar{V} - 4V'$$

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

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

DESPEJANDO V_0 QUEDA:

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



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)