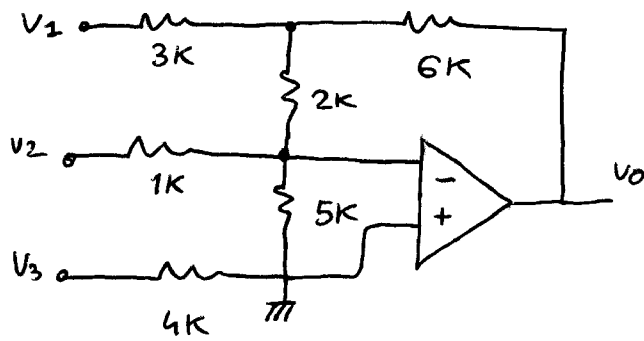


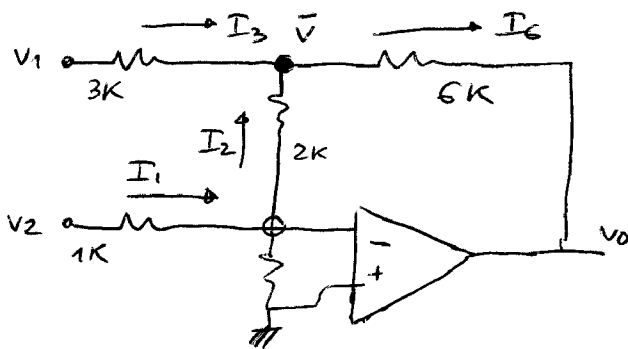
## CALCULAR $V_0$



— 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.

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



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

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

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

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

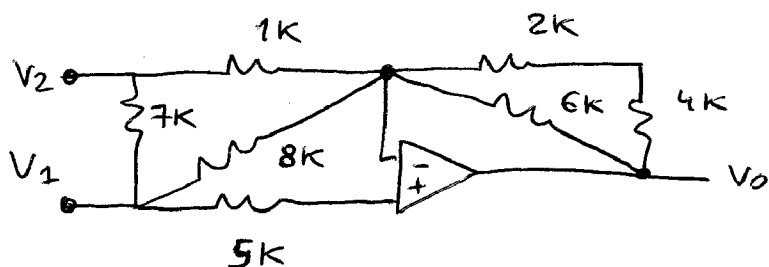
$$2^a \text{ Ec de NODO : } I_3 + I_2 = I_6$$

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

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

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 ⇒

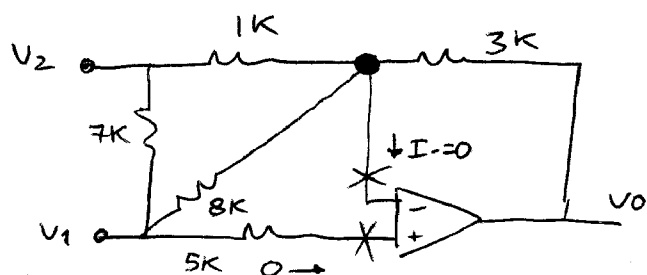
⇒ 3K

— 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 ENTAN POR LOS TERMINALES DE ENTRADA SON CERO ( $I_+ = 0$  ;  $I_- = 0$ )

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

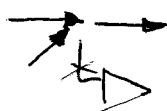


— REALIM. NEGATIVA ⇒ Amp Op. TRABAJA EN ZONA LINEAL ⇒ APLICO TIERRA VIRTUAL ⇒

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

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

— PLANTEO EC de NODO



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

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

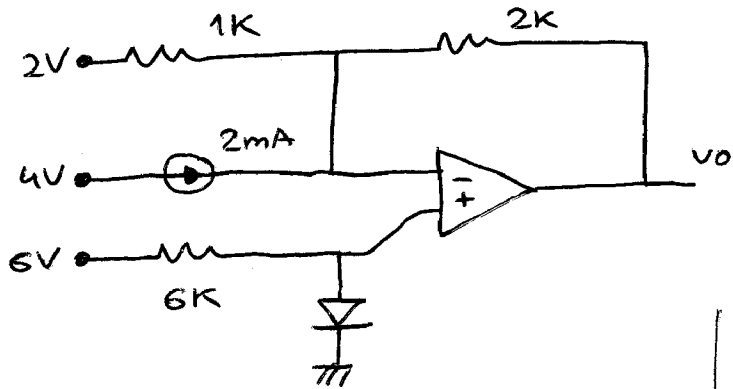
$$3V_2 - 4V_1 = -V_0$$

$$V_0 = 4V_1 - 3V_2$$

¡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,

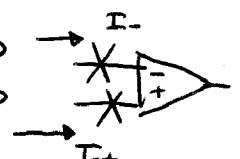
CALCULAR  $V_O$

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



— 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"  $6V > V_D$

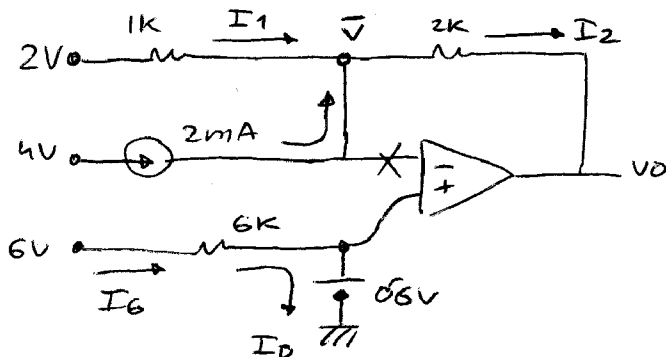
SUPONGO DIODO ON

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

Amp Op con REALIM. NEGATIVA

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

⇒ USAR TIERRA VIRTUAL ( $V_+ = V_-$ )



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

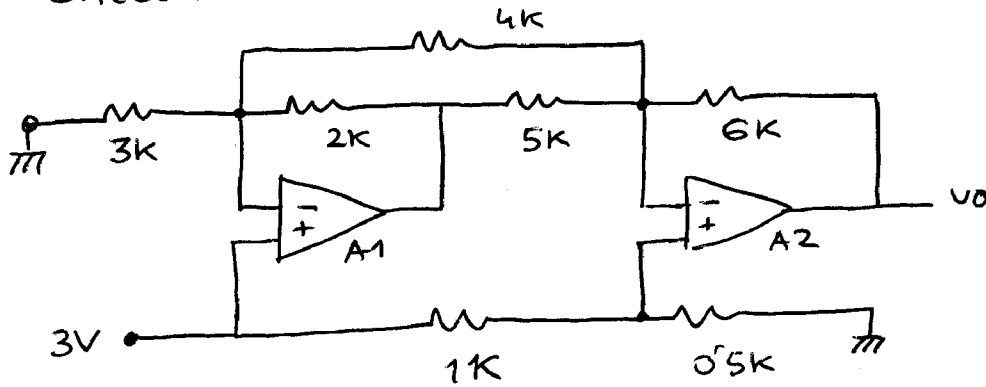
$$I_G = I_D = \frac{6V - 0.6V}{6K} = 0.9mA$$

$$I_D = 0.9mA > 0$$

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

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

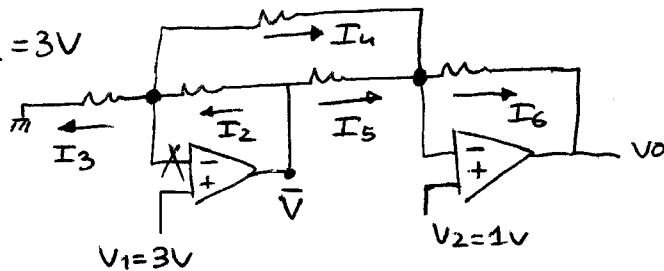
$\Rightarrow V_+$  de A2 = 1V =  $V_-$  de A2 QUE LLAMARE  $V_2$

— 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  $V_2 = 1V$

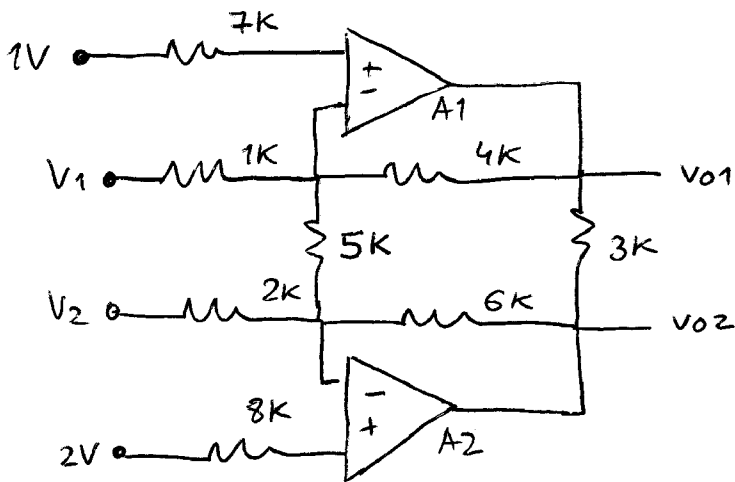
$$I_4 + I_5 = I_6$$

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

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

$$V_O = -8V$$

# CALCULAR $V_{O1}$ y $V_{O2}$



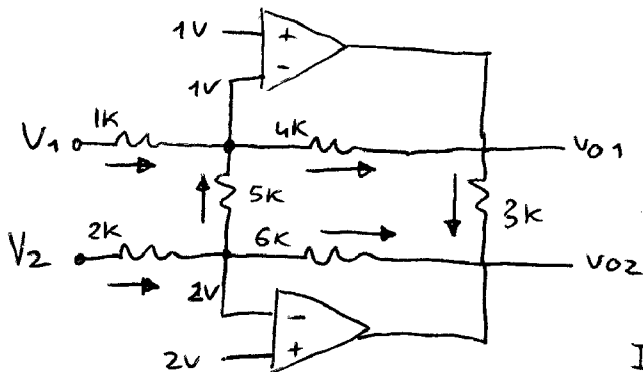
— A1 y A2 ESTAN REALIMENTADOS NEGATIVAMENTE, YA QUE UN AUMENTO DE SUS SALIDAS AUMENTA LAS  $V_-$  RESPECTIVAS  $\Rightarrow (V_+ - V_-)$  DECRECEN Y LAS SALIDAS BAJARIAN.

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

— 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

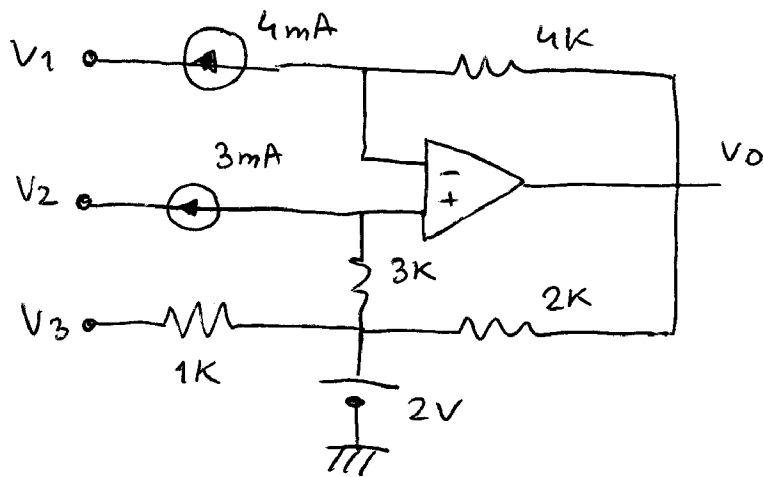
$$\frac{V_2 - 2}{2K} = \frac{2 - 1}{5K} + \frac{2 - V_{O2}}{6K}$$

$\searrow$   
0.2mA

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

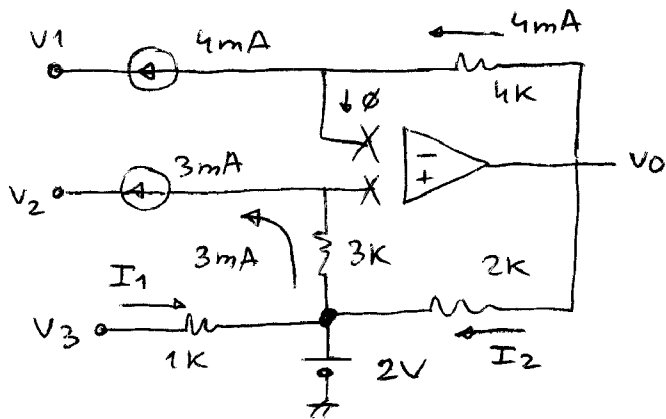
$$V_{O2} = +9.2V - 3V_2$$

CALCULAR  $V_O$



- 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  $V_O$  SOBREPASE LAS ALIMENTACIONES  $\Rightarrow$  PUEDO APLICAR TIERRA VIRTUAL ( $V_+ = V_-$ )



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

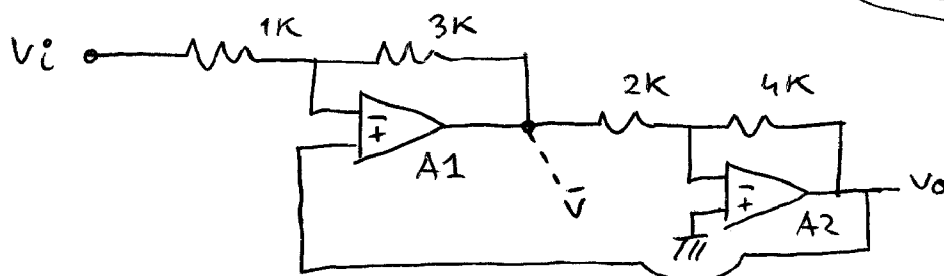
$$V_+ = 2V - 3mA \cdot 3K = -7V$$

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

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

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

CALCULAR  $V_O$



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

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

$$A1: V_+ = V_O = V_-$$

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

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

$$\downarrow$$

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

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

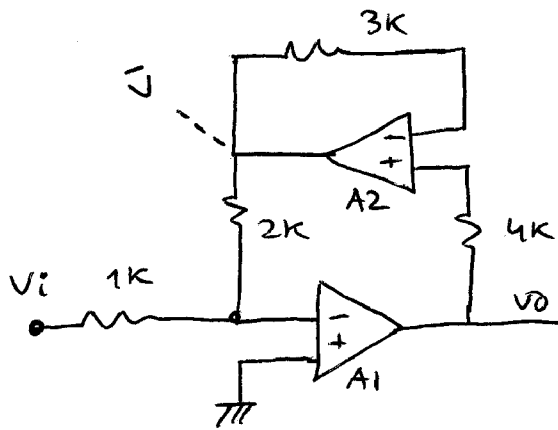
$$\downarrow$$

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

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

$$\Rightarrow \boxed{V_O = 2/3 V_i}$$

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  $V_+ = V_-$

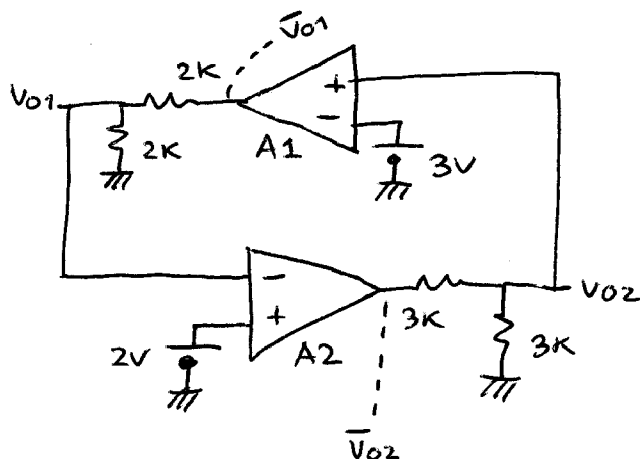
$$\text{— POR TANTO } \bar{V} = V_- \text{ de } A2 = V_+ \text{ de } A2$$

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

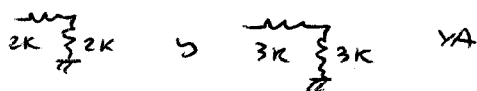
**A1** SI SU SALIDA ( $V_O$ ) CRECE  $\Rightarrow \bar{V}$  CRECE  $\Rightarrow V_-$  de  $A1$  CRECE  $\Rightarrow (V_+ - V_-)_{A1}$  DISMINUYE  $\Rightarrow A1$  TIENE REALIMENTACION NEGATIVA  $\Rightarrow$  ESTÁ EN Z. LINEAL Y PUEDO APLICAR TIERRA VIRTUAL  $\underline{\underline{V_+ = V_- = \phi}}$

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.

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

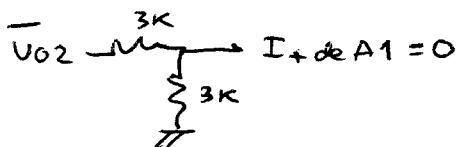
**A1** CON REALIM. NEGATIVA  $\Rightarrow$

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

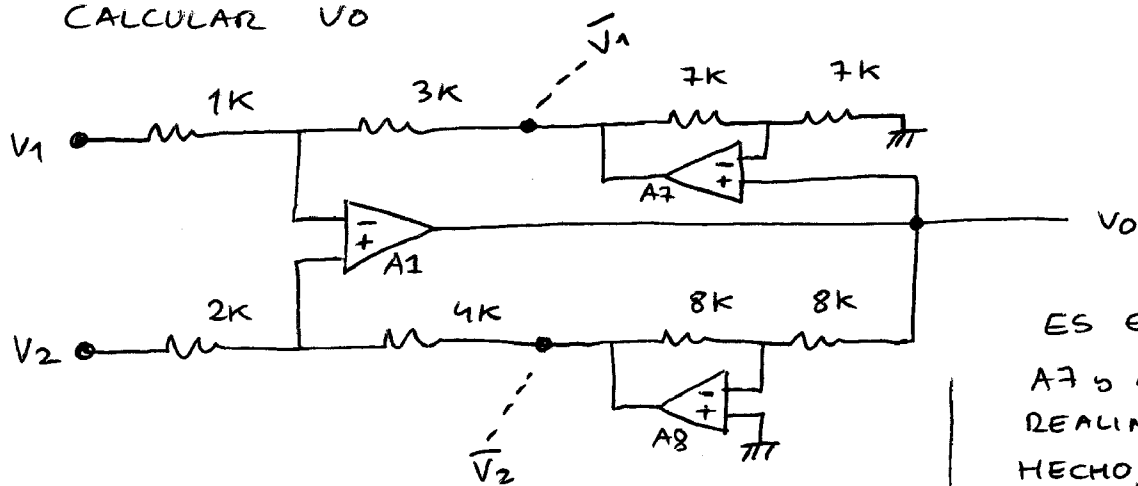


$$V_{O1} = \bar{V}_{O1} \cdot \frac{2k}{2k+2k} \Rightarrow$$

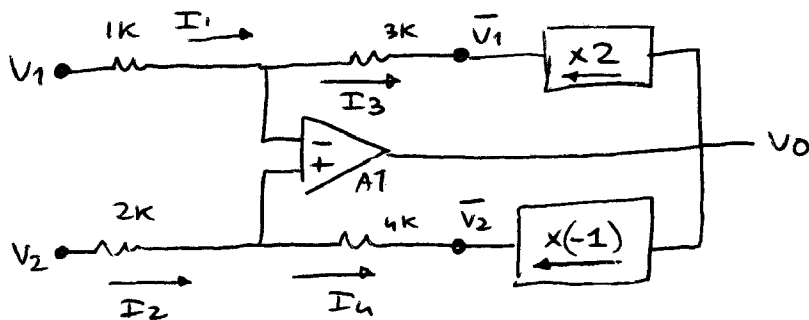
$$\underline{\bar{V}_{O1} = 4V}$$



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 :

$$-I_1 = I_3$$

$$-I_2 = I_4$$

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

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

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

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

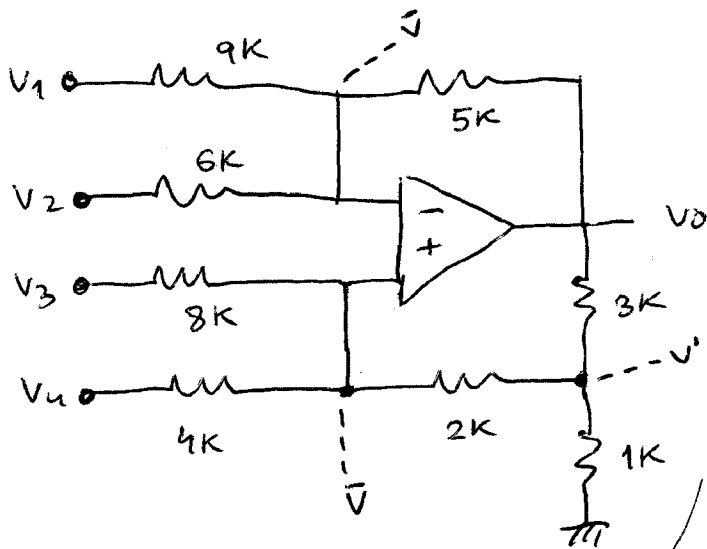
$$3V_1 - 4\bar{V} = -2V_O$$

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

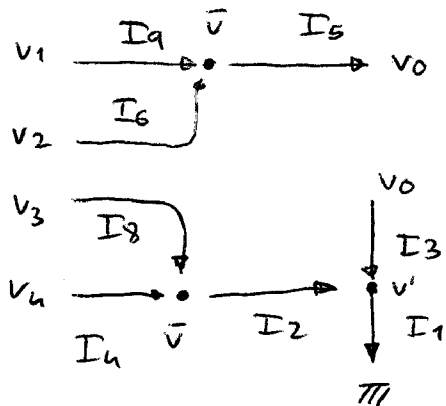
$$V_O = \frac{8V_2 - 9V_1}{10}$$

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

## CALCULAR $V_0$



### ESCOJO INTENSIDADES



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

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

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

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

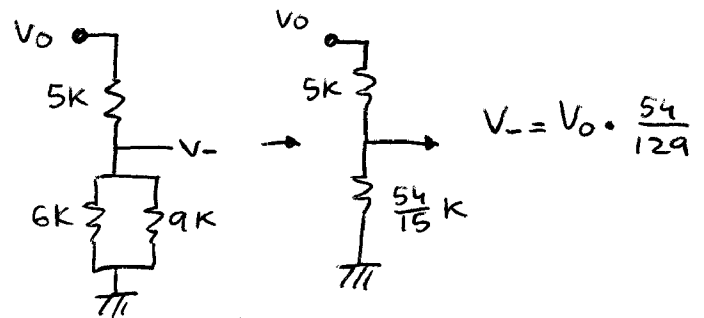
$$\frac{V_1 - \bar{V}}{9K} + \frac{V_2 - \bar{V}}{6K} = \frac{\bar{V} - V_0}{5K}$$

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

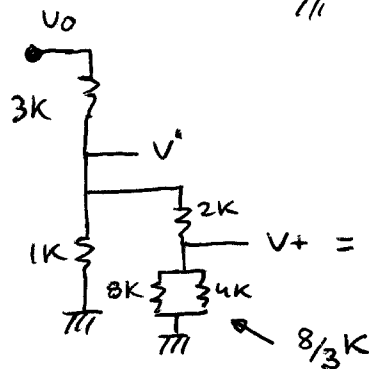
DESPEJANDO  $V_0$  QUEDA:

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

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  $\phi$  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)