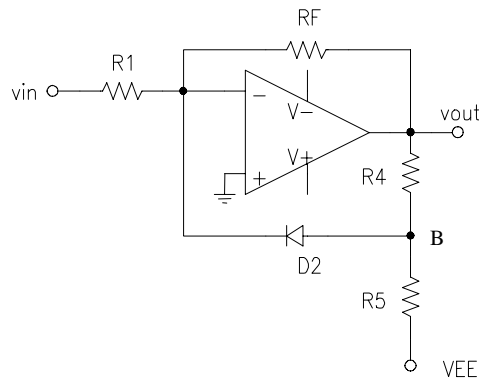


**Problema 7.5ver1**

En el circuito de la figura 7.5.1bis, dibuje la función de transferencia,  $v_{out} = f(v_{in})$ . Muestre con claridad los puntos más significativos de la gráfica e indique en cada intervalo el estado de funcionamiento del diodo.

Datos:  $R_F = 2R_1 = 10k\Omega$ ,  $R_5 = 2R_4 = 20k\Omega$ ,  $V_{AKon} = 0,7V$ ,  $V_{EE} = -15V$ .



**Figura 7.5.1bis**

a) Si  $v_{in} > 0V$ , el diodo  $D_2$  está cortado. El AO está realimentado negativamente a través de  $R_F$ , por lo tanto, opera en modo lineal y la tensión del terminal de entrada negativo es  $0V$ . La red  $R_4 - R_5 - V_{EE}$  actúa como una simple carga conectada a la salida del AO.

El circuito actúa como un simple inversor. La tensión de salida es:

$$v_{out} = -v_{in} \frac{R_F}{R_1} = -2v_{in}$$

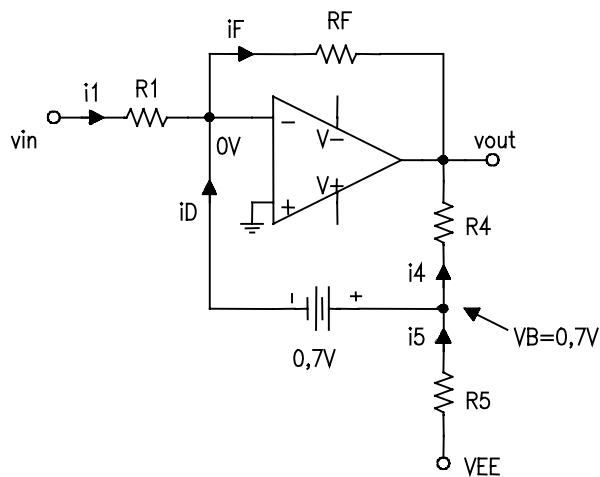
La tensión en el punto B se puede calcular por superposición, considerando la red  $V_{EE} - R_5 - R_4 - v_{out}$ :

$$v_B = V_{EE} \frac{R_4}{R_4 + R_5} + v_{out} \frac{R_5}{R_4 + R_5} = \frac{2}{3} v_{out} - 15$$

Cuando  $v_B \geq 0,7V$ , el diodo  $D_2$  se pone en marcha. La tensión de entrada para la cual ocurre esto,  $v_{in\ lim}$  se calcula igualando la expresión anterior a  $0,7V$  y sustituyendo el valor de  $v_{out}$ :

$$0,7 = \frac{2}{3}(-2v_{in\ lim}) - 5 \quad \Leftrightarrow \quad v_{in\ lim} = -4,275V$$

Cuando  $v_{in} < -4,275V$ , el diodo conduce y el circuito es el de la figura 7.5.2bis:



**Figura 7.5.2bis**

El balance de corrientes es:

$$i_1 + i_D = i_F \quad i_5 = i_D + i_4$$

Agrupando las dos ecuaciones anteriores:  $i_1 + i_5 = i_F + i_4$ ; y desarrollando:

$$\frac{v_{in}}{R_1} + \frac{V_{EE} - 0,7}{R_5} = \frac{-v_{out}}{R_F} + \frac{0,7 - v_{out}}{R_4}$$

Operando:

$$v_{out} = 0,7 \frac{R_F}{R_5} \cdot \frac{(R_5 + R_4)}{(R_F + R_4)} - \frac{R_4 R_F}{(R_F + R_4)} \cdot \left[ \frac{V_{EE}}{R_5} + \frac{v_{in}}{R_1} \right]$$

Con los datos del enunciado:

$$v_{out} = 4,275 - v_{in}$$

La curva de la figura 7.5.3bis muestra la función de transferencia.

En resumen el circuito es un limitador. La ganancia es  $-2$ , pero por debajo de  $-4,275\text{V}$ , la ganancia baja a  $-1$ .

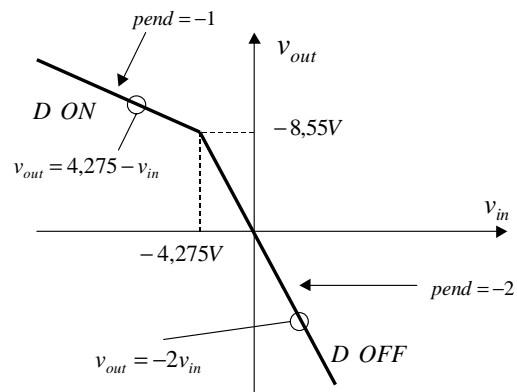
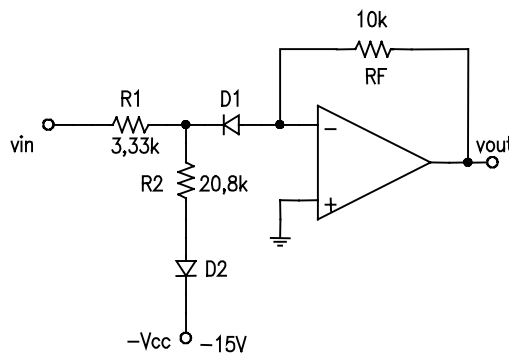


Figura 7.5.3bis

**Problema 7.7ver1**

En el circuito de la figura 7.7.1bis, a) Dibuje la función de transferencia  $v_{out} = f(v_{in})$ . Indique el estado de los diodos en cada región de funcionamiento del circuito. b) Cuando la tensión de salida es distinta de cero, ¿Con qué ganancia actúa el circuito?.

Nota: Suponga que en los diodos  $V_{AKon} = 0,7V$

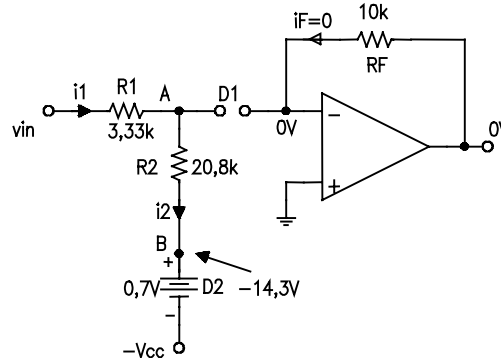


**Figura 7.7.1bis**

Solución:

El diodo  $D_1$  conducirá cuando la tensión en el punto A (ver figura 7.7.2bis) alcance los  $-0,7V$  ya que el AO siempre está realimentado negativamente a través de  $R_F$ , y por tanto:  $v^- = 0V$ .

Si  $v_{in} \gg 0V$  el punto A se mantiene a un valor positivo y el diodo  $D_1$  no conducirá. El circuito equivalente es el de la figura 7.7.2bis.



**Figura 7.7.2bis: condición:  $v_{in} \gg 0V$**

Observe que  $i_1 = i_2$  y la tensión de salida es nula porque no circula corriente por la resistencia de realimentación:

$$v_{out} = 0V$$

Averiguaremos para qué tensión de entrada  $v_A = -0,7V$  y el circuito de la figura 7.7.2bis deja de ser válido por que se pone en marcha  $D_1$ . Llamaremos a esta tensión  $v_{in(limiteD1)}$ .

La tensión en A se puede calcular por superposición en la figura 7.7.2bis:

$$v_A = v_{in} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + (-14,3) \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

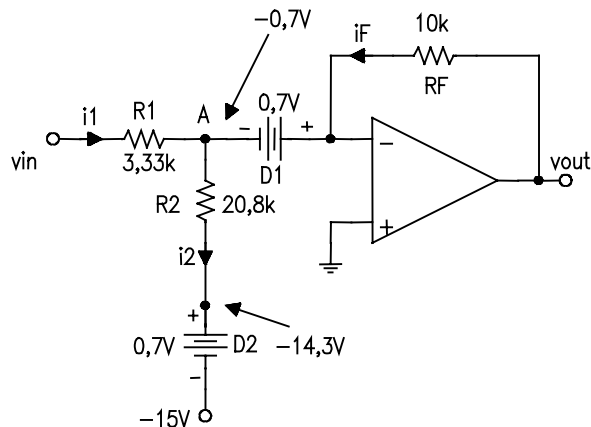
Particularizando en  $v_A = -0,7V$ , la ecuación anterior es:

$$-0,7 = v_{in(limiteD1)} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + (-14,3) \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Sustituyendo los valores de las resistencias y operando:

$$v_{in(limiteD1)} = 1,46V$$

Si la tensión de entrada es menor que este valor límite, el diodo  $D_1$  se pone en marcha y el circuito equivalente se muestra en la figura 7.7.3bis.



**Figura 7.7.3 bis: condición:  $v_{in} < 1,46V$**

En la figura 7.7.3bis la corriente en el diodo  $D_2$  es constante (no depende de la tensión de entrada), y vale:

$$i_2 = \frac{v_A - v_B}{R_2} = \frac{-0,7 - (-14,3)}{20,8k} = 0,654mA$$

Planteando el balance de corrientes del punto A:

$$i_1 + i_F = i_2 = 0,654mA$$

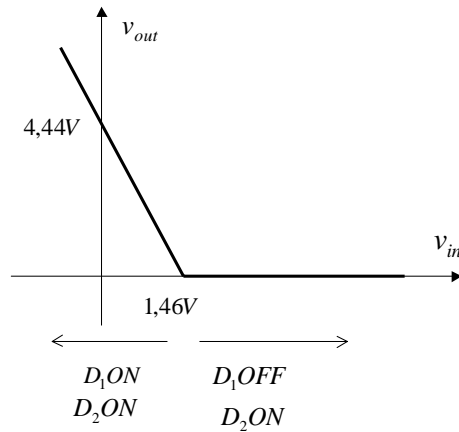
Desarrollando la expresión:

$$\frac{v_{in} - (-0,7)}{R_1} + i_F = 0,654mA \quad \Leftrightarrow \quad i_F = 0,654 - \frac{v_{in} + 0,7}{3,33}$$

La tensión de salida es:

$$v_{out} = R_F i_F = 4,44 - 3v_{in}$$

La figura 7.7.4bis muestra la función de transferencia del circuito y resume los resultados obtenidos.



**Figura 7.7.4bis**

b) La ganancia del circuito es la pendiente de la recta:  $v_{out} = 4,44 - 3v_{in}$ , es decir:

$$A_V = -3$$