

1.- Estudiar la etapa X1. Explicar su funcionamiento y dar la expresión de la variable de salida. Calcular la etapa para que

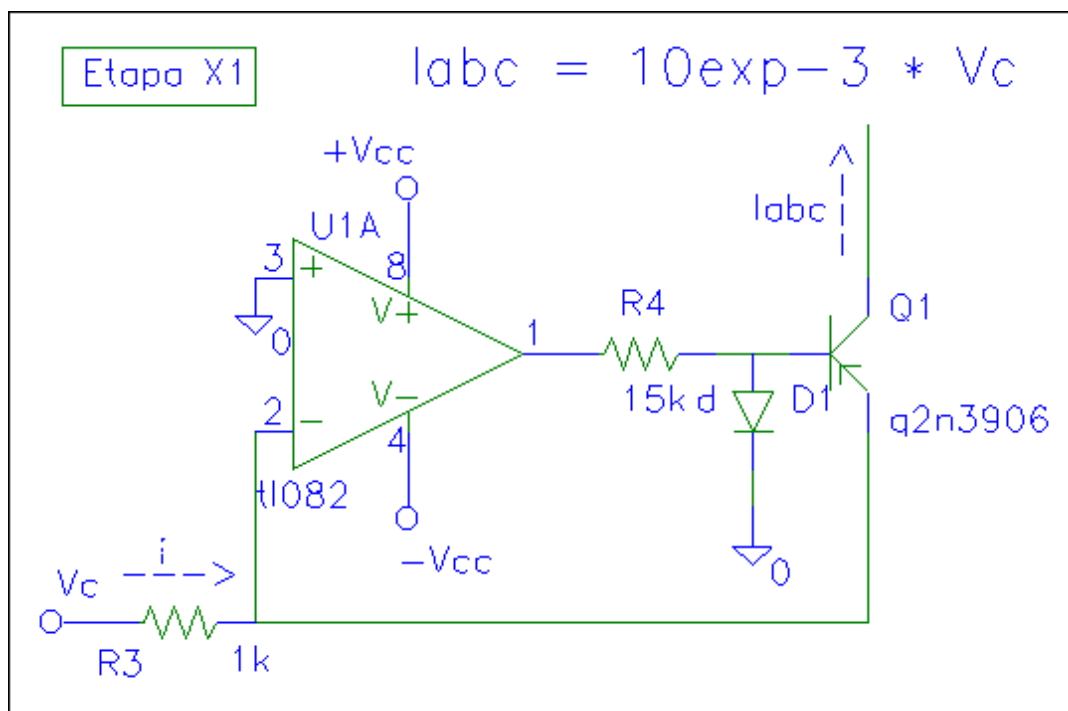
$$I_{abc} = 10^{-3} \cdot V_c \text{ (A)}.$$

La siguiente etapa nos proporciona una corriente estable (I_{abc}) controlada por la tensión V_c . Esta corriente será la que controlará la ganancia del OTA. El diodo D1 nos asegurará la conducción del transistor haciendo que la tensión V_{be} sea igual a 0.7V.

La función de esta resistencia R_4 es la de limitar la corriente de base tendremos que imponer un límite. En nuestro caso queremos una corriente máxima de 1mA, por tanto, considerando que la tensión máxima a la salida del amplificador operacional serán 15V, tendremos que:

$$R_4 = 15V / 1mA = 15k$$

Ahora calcularemos el valor de R_3 para la expresión de I_{abc} especificada.



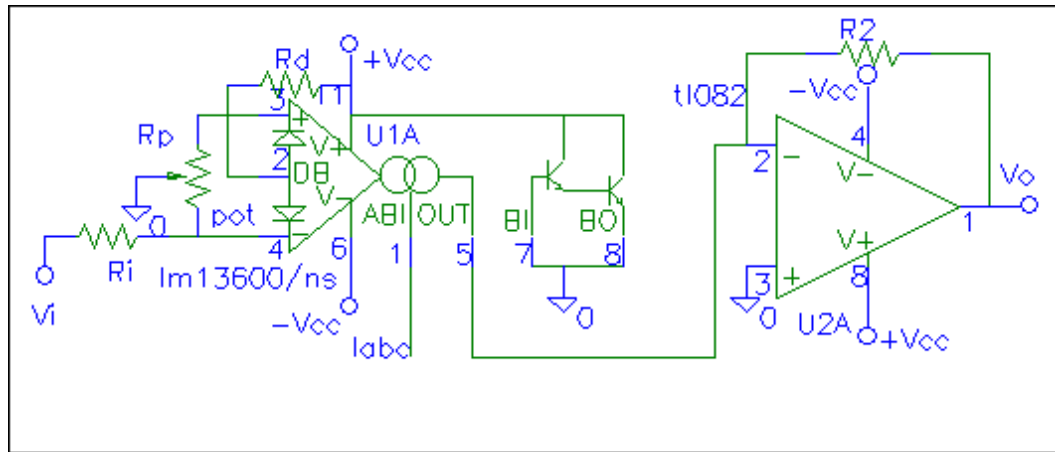
$$i = V_c / R_3 \quad R_3 = 1k \quad i = I_{abc} = 10^{-3} \cdot V_c \text{ (A)}$$

2.- Calcular la expresión para V_o . Calcular los componentes para que A varíe entre 0 y 10 cuando V_c varíe entre 0 y 1V.

En este diseño utilizaremos los diodos linealizantes, de este modo, en este apartado impondremos una serie de restricciones:

- 0 " V_c " 1V
- Máxima distorsión 0.1%
- Margen dinámico de entrada 20 Vpp
- $I_{abc}(\max) = 1mA$

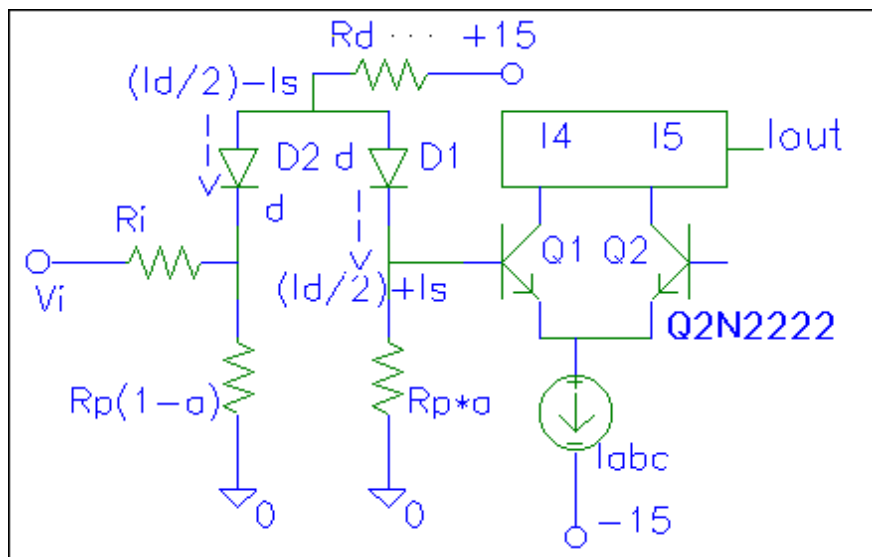
- $I_d(\max) = 1\text{mA}$



$I_d(\max) = 1\text{mA}$ Para cada diodo $I_{d1,2} = I_d / 2 = 0.5\text{ mA}$

$r_{d1,2} = V_t / I_{d1,2} = 25\text{mV} / 0.5\text{ mA} = 50$

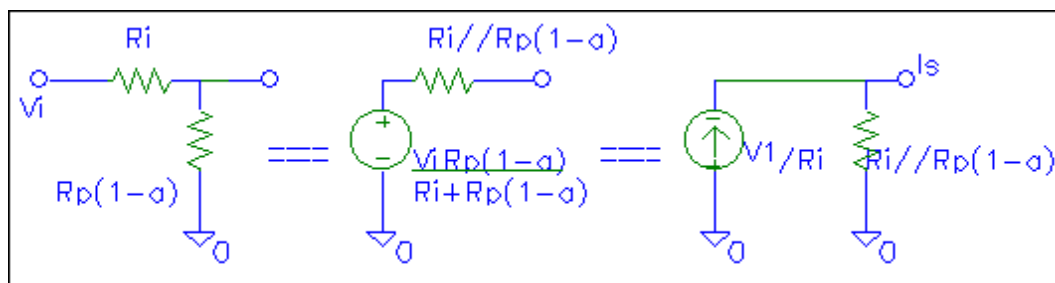
Elegiremos $R_p \gg r_{d1,2}$ $R_p = 1\text{k}$



El circuito equivalente del OTA será el siguiente:

Por utilizar los diodos linealizantes:

$I_{out} = I_s \cdot (2 \cdot I_{abc} / I_d)$ y considerando la siguiente simplificación



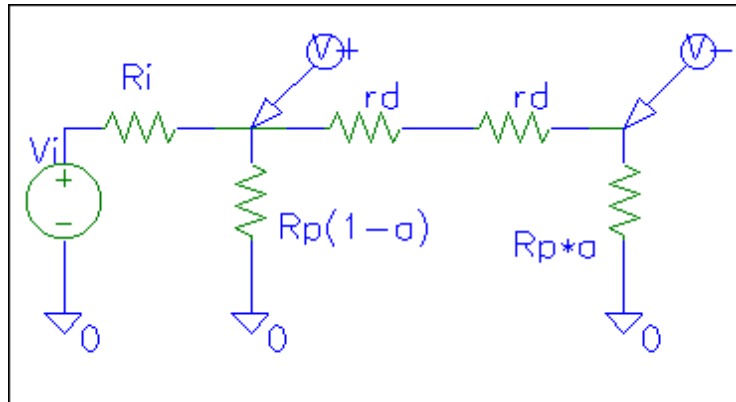
$$I_s = V_i / (2 \cdot R_i)$$

Ahora calculo R_d :

$$15 = I_d \cdot R_d + 0.7 + (I_d/2) \cdot R_p \cdot \text{ y considerando } R_p = R_p/2$$

$$R_d = 14.05k \text{ normalizando } R_d = 15k$$

$$\text{Distorsión máxima} = 0.1\% \text{ Voltaje de entrada diferencial} = 60mV_{pp}$$



Considerando una $V_i = 10V_p$ y $V_d = V_+ - V_- < 30mV$

$$V_d = I_s \cdot 2 \cdot R_d = (V_i/2 \cdot R_i) \cdot 2 \cdot r_d = V_i \cdot r_d / R_i > 30mV$$

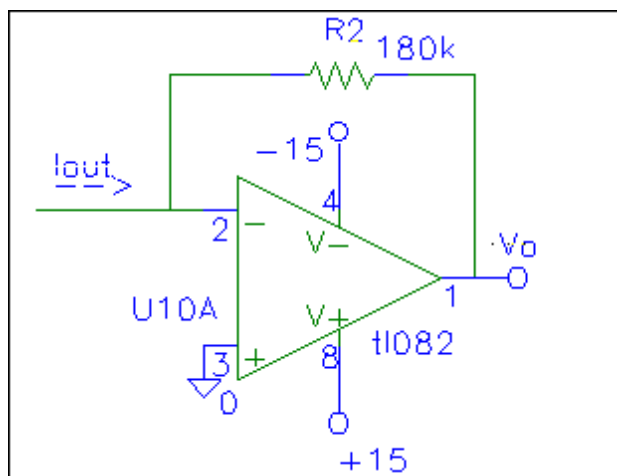
Haciendo operaciones: $R_i > 16.67k$ normalizando $R_i = 18k$

Para finalizar tan solo tendremos que resolver el siguiente sistema de ecuaciones para obtener la expresión de la transconductancia g_m y de la tensión de salida del OTA (V_o).

$$I_o = I_s \cdot (2 \cdot I_{abc} / I_d)$$

$$I_o = g_m \cdot V_{dif} = g_m \cdot V_i$$

$$\text{Igualando } g_m = I_{abc} / (I_d \cdot R_i) = 55.56 \cdot 10^{-3} \cdot I_{abc} \text{ (S)}$$



$$V_o = -I_o \cdot R_2 = -g_m \cdot V_i \cdot R_2 \text{ (V)}$$

$$A = g_m \cdot R_2 = 10 \text{ } R_2 = 180k$$

3.- Calcular el valor de R_p y la posición del cursor.

Tal como he hecho anteriormente, a partir de la corriente máxima de los diodos calcula R_p :

$$I_d(\max) = 1\text{mA} \text{ Para cada diodo } I_{d1,2} = I_d / 2 = 0.5 \text{ mA}$$

$$r_{d1,2} = V_t / I_{d1,2} = 25\text{mV} / 0.5 \text{ mA} = 50$$

$$\text{Elegiremos } R_p \gg r_{d1,2} \text{ } R_p = 1k$$

$$\text{Para que no exista offset } R_i // R_p \cdot (1 -) = R_p \cdot$$

Considerando $R_i=18k$ y $R_p=1k$, la posición del potenciómetro tendrá que ser:

$$= 0.49$$

5.- Montar el circuito.

Antes de montar el circuito hemos realizado una simulación con el programa Pspice para comprobar los cálculos teóricos. Como podemos observar en las gráficas los cálculos son correctos.

6.- Medidas para comprobar las especificaciones.

A la hora de realizar las medidas comprobamos que los cálculos son correctos, aunque no del todo exactos debido a la no idealidad de los componentes electrónicos.

Para obtener $V_i = 1V_p$ y $V_c = 1V$:

Medida esperada $V_o = 10V$

Medida obtenida $V_o = 1.2V$

De este modo, observamos como para $A=10$ tenemos que introducir una $V_c=0.75V$ es decir, como si la g_m del circuito fuera 38.9 S.

Ademas podemos comprobar como podemos aumentar V_c hasta 3.6V, donde V_o será igual a 12.5V. A partir de esta señal V_o se saturará.

