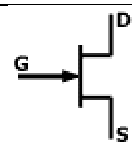
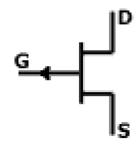
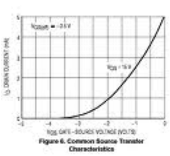
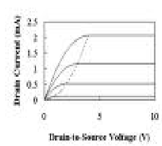
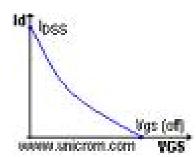
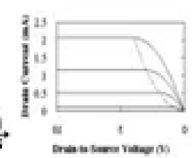
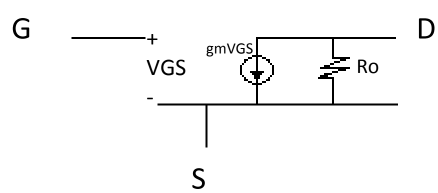
Universidad Simón Bolívar
Dto. De Electrónica y Circuitos
Realizada por: Gabriel Dominguez
Bajo la supervisión de: Prof. Mónica Huerta

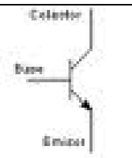
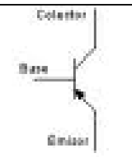
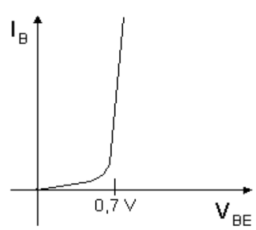
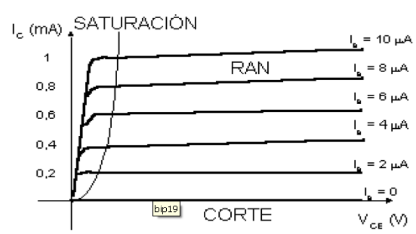
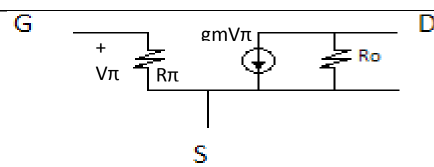
Guía de Electro I
Ec-1167

Formulas:

Mosfet

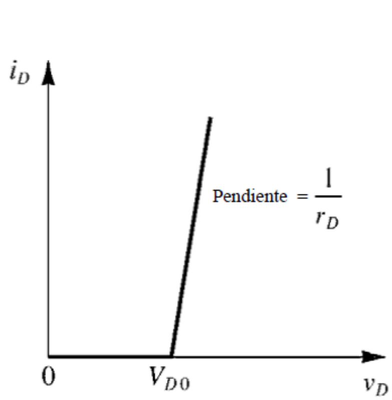
	Canal m	Canal P
Símbolo Circuital		
Vt	-	+
Encendido	Vgs > Vt	Vgs < Vt
VDS	+	-
Condición de Tríodo	$VDS \leq VGS - Vt$	$VDS \geq VGS - Vt$
Condición de Saturación	$VDS \geq VGS - Vt$	$VDS \leq VGS - Vt$
$\lambda = \frac{1}{VA}$	+	-
Curvas características	 	 
Ecuación en tríodo	$ID = K[2(VGS - Vt)VDS - Vds^2]$	
Ecuación en saturación	$ID = K(VGS - Vt)^2(1 + \lambda.VDS)$	
Ro	$Ro = \frac{\lvert VA \rvert}{ID} = (ID.\lambda)^{-1}$	
gm	$gm = \frac{K}{2}(VGS - Vt) = \sqrt{K.ID}$	
Modelo AC		

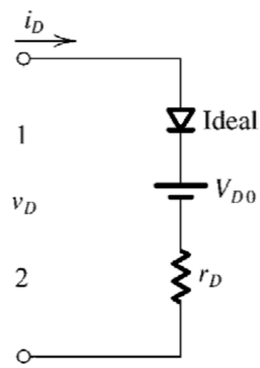
BJT

	MPM	PMP
Símbolo Circuital	 NPN	 PNP
VBE	+	-
VCE	>0,2	<0,2
β	$=[(\frac{De}{Dm}\frac{Na}{Ne}\frac{W}{Lp})+\frac{1}{2}\frac{W^2}{Dm\tau b}]^{-1}$	
Ecuaciones en modo activo directo	$Ic = Is.e^{\frac{VBE}{Vt}}$ $Ie = Ic + Ib$ $Ib = \frac{Ic}{\beta}$ $Ic = Is(1+\frac{Vce}{VA})e^{\frac{VBE}{Vt}}$ $\alpha = \frac{\beta}{\beta+1}$ $gm = \frac{hfe}{hie}$	
Gráficas características	 	
Modelo AC	 $R_\pi = \frac{\beta}{gm}$	

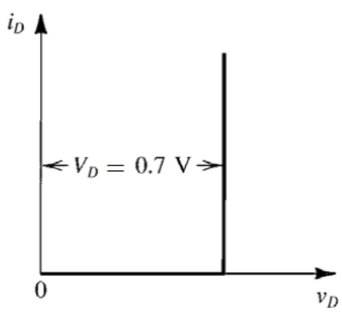
Diodos

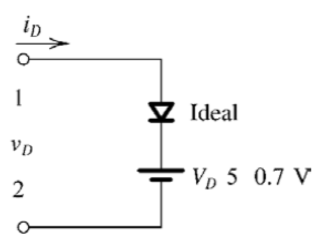
Modelo lineal por tramos de la característica directa del diodo y su circuito equivalente:



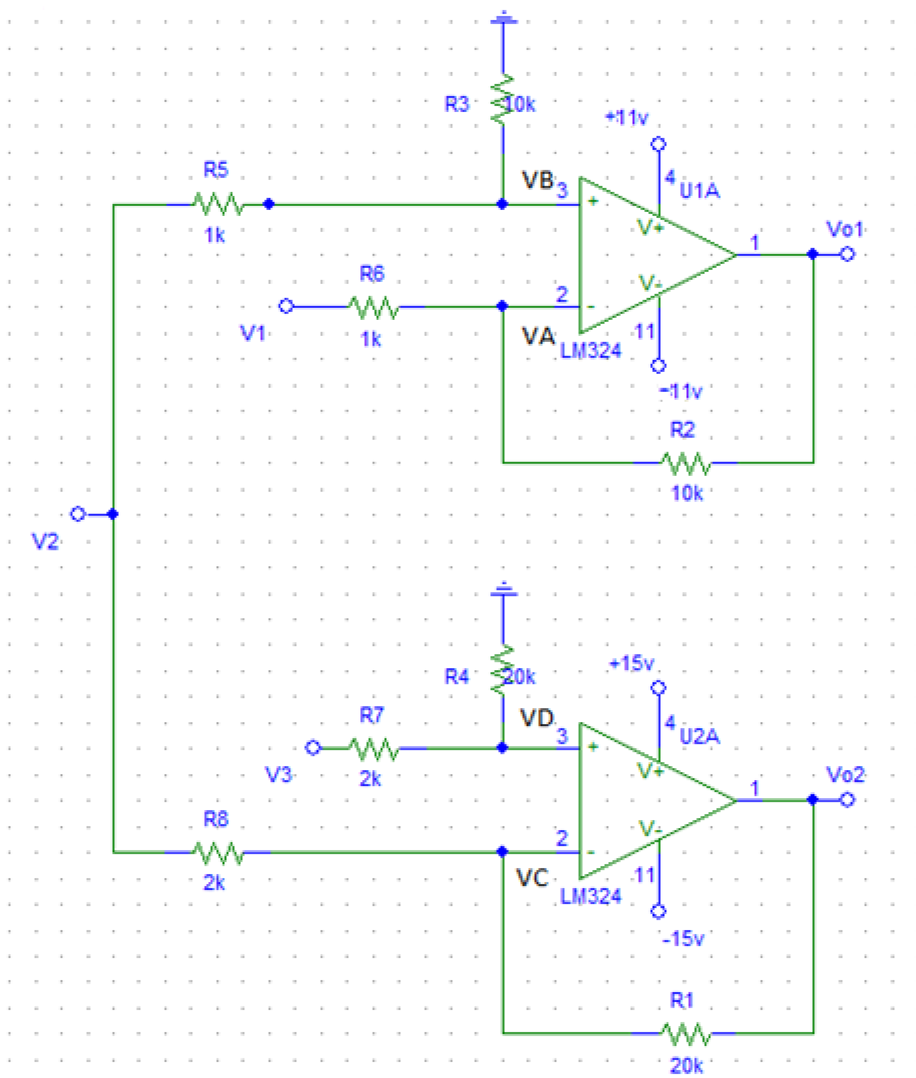


Modelo de caída de voltaje constante de la característica directa del diodo y la representación de su circuito equivalente:





1) **En el siguiente circuito dado que AVo1=10000 y AVo2=8000 determine: Vo en función de V1, V2 y V3 sabiendo que Vo=Vo1-Vo2. ¿Cuál es el valor máximo de voltaje de entrada para que no se sature Vo?**



Hacemos las ecuaciones de nodos para el primer OPAM

$$\frac{V1-VA}{1K}=\frac{VA-Vo1}{10K}\rightarrow(1)$$

$$\frac{V2-VB}{1K}=\frac{VB}{10K}\rightarrow(2)$$

$$Vo1=AVo1(VB-VA)\rightarrow(3)$$

Despejamos VA y VB de las ecuaciones 1 y 2 respectivamente. Luego sustituimos en 3

$$VA=\frac{10KV1+1KVo1}{10K+1K}$$
$$VB=\frac{10KV2}{10K+1K}$$
$$Vo1=10K(\frac{10KV2}{10K+1K}-\frac{10KV1+1KVo1}{10K+1K})$$
$$Vo1(1+\frac{1Kx10K}{11K})=10K(\frac{10KV2}{10K+1K}-\frac{10KV1}{10K+1K})$$
$$Vo1=9.989V2-9.989V1$$

Repetimos el procedimiento con el segundo OPAM

$$\frac{V2-VC}{2K}=\frac{VC-Vo2}{20K}\rightarrow(4)$$
$$\frac{V3-VD}{2K}=\frac{VD}{20K}\rightarrow(5)$$
$$Vo2=AVo2(VD-VC)\rightarrow(6)$$

Despejamos VC y VD de las ecuaciones 4 y 5 respectivamente. Luego sustituimos en 6

$$VC=\frac{20KV2+2KVo2}{2K+20K}$$
$$VD=\frac{20KV3}{20K+2K}$$
$$Vo2=AVo2(\frac{20KV3}{20K+2K}-\frac{20KV2+2KVo2}{2K+20K})$$
$$Vo2(1+\frac{8Kx2K}{20K+2K})=8K(\frac{20KV3}{20K+2K}-\frac{20KV2}{2K+20K})$$
$$Vo2=9.989V3-9.989V2$$

Ahora como sabemos que Vo=Vo1-Vo2

$$Vo=19.978V2-9.989V1-9.989V3$$

Para contestar a la segunda parte igualamos Vo1 a 11V

Recordamos los resultados obtenidos anteriormente

$$Vo1=9.989V2-9.989V1$$
$$Vo2=9.989V3-9.989V2$$

Colocamos Vo1=12V y Vo2=15V y despejamos las diferencias de voltaje

$$V2-V1=1.2V$$
$$V3-V2=1.5V$$

2) **Para el circuito de la figura 1, suponer Vzon = 0.7 y Vdon =0.7. Graficar Vo vs Vi, si Vi=10Sen(2π1000t). (5 Ptos).**

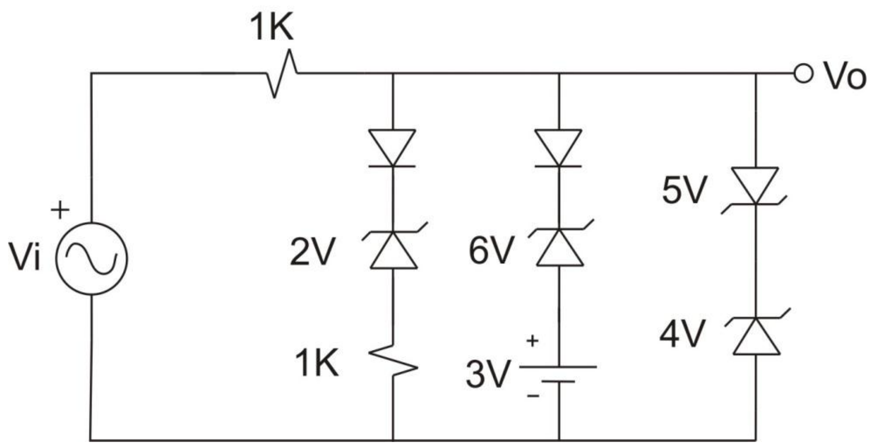
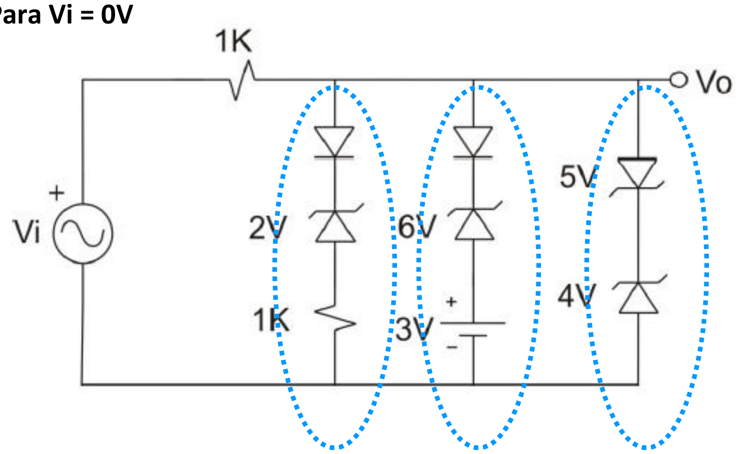


Figura 1

Para Vi = 0V



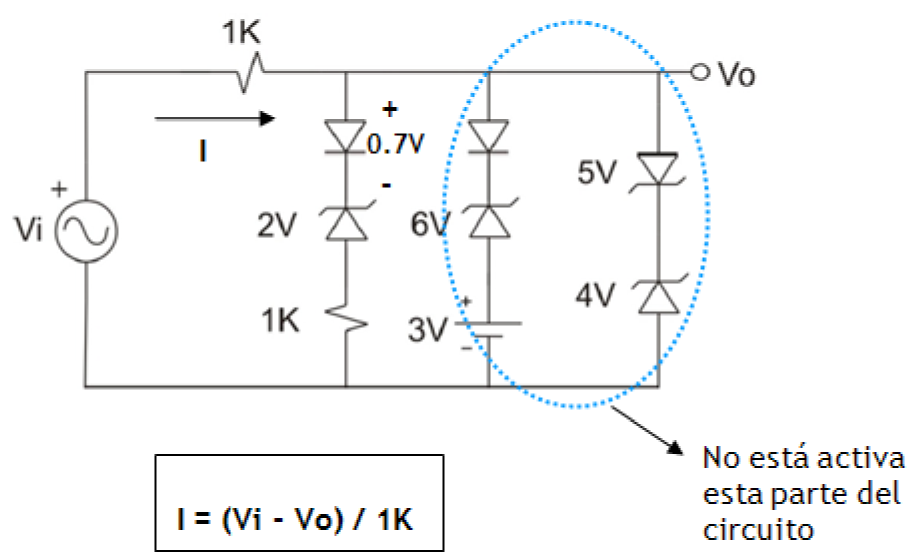
Ninguna de las tres ramas está activa. No alcanza el voltaje mínimo para que los diodos enciendan. **Vi = Vo**

Esta relación se mantiene hasta Vi ≤ 2.7V + V_{1k} y como no va a pasar corriente entonces V_{1k} = 0V.

Vi < 2.7V

Para Vi > 0V (Vi > 2.7V)

Es el voltaje mínimo que se necesita para que la primera rama esté activa.



Se tiene que: Vi = 2 (1K x I) + 2.7V

Sustituyendo la ecuación de la corriente en la ecuación de Vi queda que:

Vi = 2Vo - 2.7V ó Vo = (Vi + 2.7V) / 2

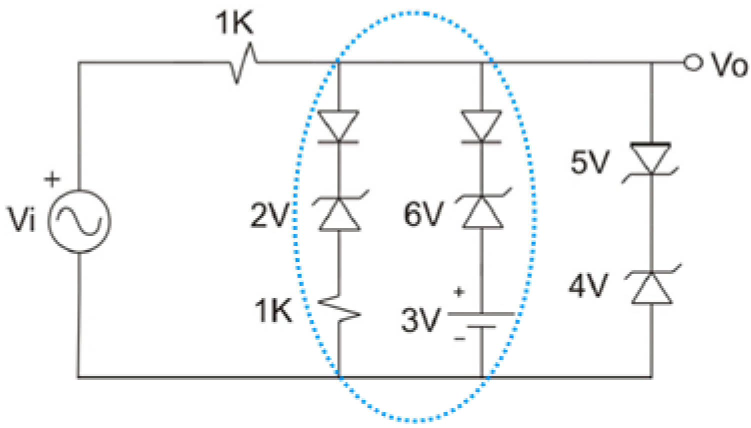
Esta relación se mantiene para 2.7V < Vi < 6.7V

Para Vi ≥ 6.7V

Se activa el diodo de la tercera rama que va a mantener regulado el voltaje Vo en 4.7V

Vo = 4.7V para Vi ≥ 6.7V

Para Vi < 0V (Vi > -5.7V)



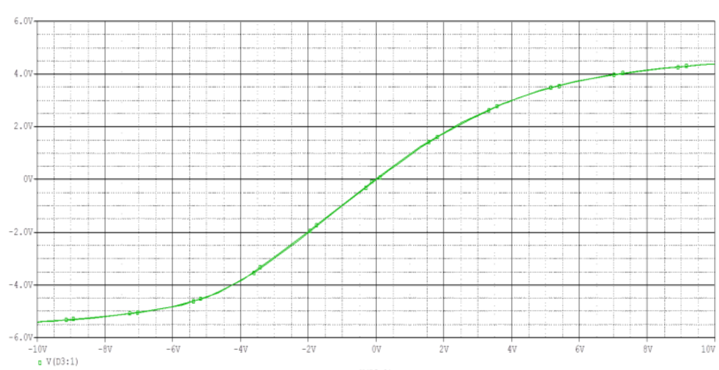
Estas dos ramas no funcionan debido a que el sentido de la circulación de la corriente polariza los diodos en inverso.

Mientras Vi < -5.7V no va a haber circulación de corriente.

Vi = Vo

Para Vi ≤ -5.7V

Justo cuando Vi = -5.7V = Vo va a encender la tercera rama que va a mantener el voltaje Vo constante en -5.7V



3) En el circuito de la figura 2

- **a) Calcule C, para que el Factor de Rizado sea del 9%.**
- **b) Si la carga varia de 0.5K a 2K. Calcular la regulación de carga.**
- **c) Cuál es la regulación de línea si la alimentación varía ±10% y la carga se mantiene en 0.5K.**

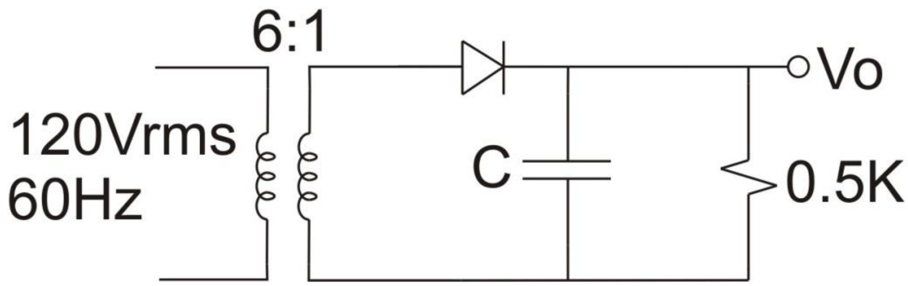


Figura 2

a) Cuando hacemos la transformación del voltaje en el transformador nos quedan 20 voltios a la salida. Ese voltaje cae en el rectificador de media onda el cual decae el voltaje en 0.7 voltios. Entonces el voltaje sobre el capacitor a hallar es 19.3 voltios.

$$Fr = \frac{Vr}{V\max} x100$$

Despejando el voltaje de rizado se obtiene:

$$Vr = 1.737V$$

$$Vr = \frac{V\max}{RfC}$$

Despejando la incógnita C obtenemos:

$$C = 370\mu F$$

b) La regulación de carga se consigue cuando hay alguna regulación, es decir, cuando se tiene un diodo zener. En este circuito no hay diodos zener por lo que la regulación de carga es igual a cero.

d) La regulación es igual a cero por las mismas razones anteriores.

4) Para el circuito de la figura 1, dibujar la gráfica Vo vs Vi, si el operacional se alimenta a ±20V.

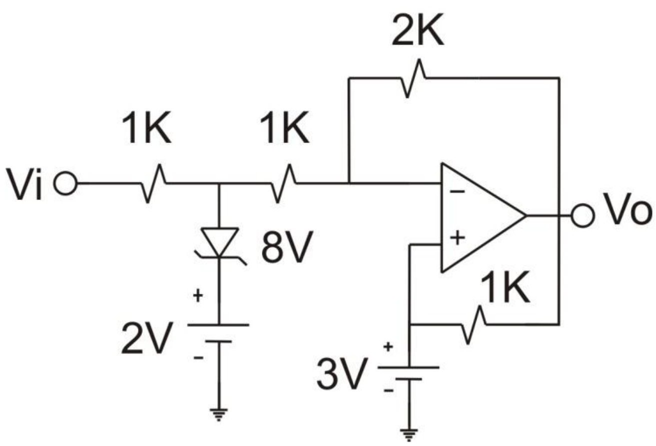
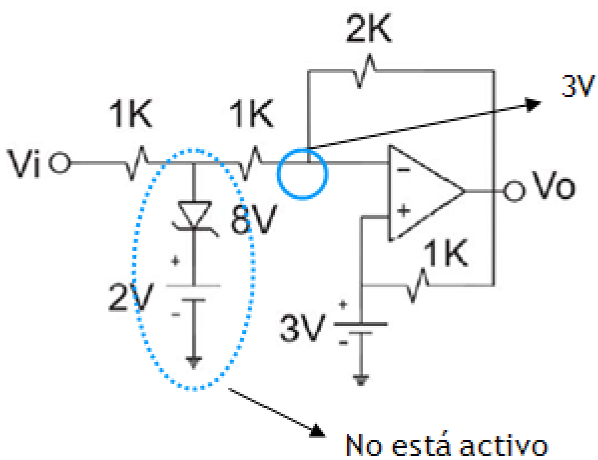


Figura 1

Para Vi = 0V



I = (3V - 0V) / 2K
I = 1.5 mA

$V^{+} = V^{-}$

Entonces queda que:

$$Vo-(2K1.5mA)=3V$$

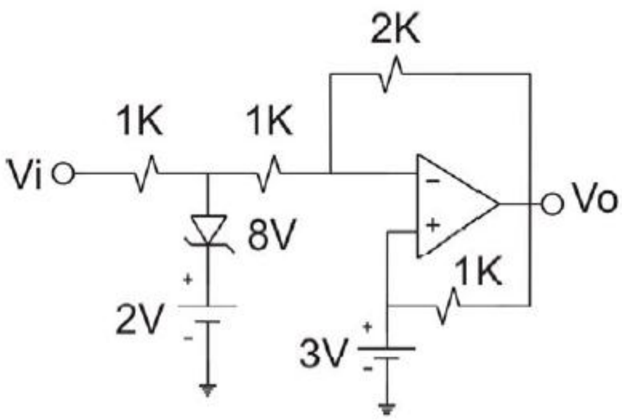
$$Vo=6V$$

$$\frac{3V-Vi}{2K}=\frac{Vo-3V}{2K}$$

$Vo = 6V - Vi$

Para Vi > 0V

Justo antes que el diodo zener entre en activo.



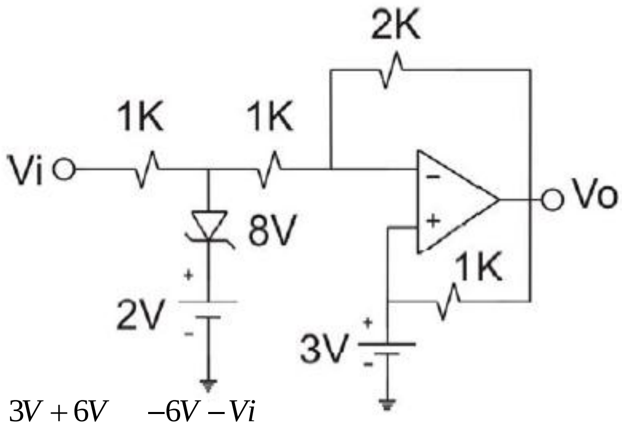
$$\frac{Vo - 3V}{2K} = \frac{3V - 2.7V}{1K}$$
$$Vo = 3.6V$$
$$\frac{3V - 2.7V}{1K} = \frac{2.7V - Vi}{1K}$$

Entonces de aquí se puede decir que para 0V < Vi < 2.4V se tiene que 0V < Vo < 3.6V

Para Vi ≥ 2.4V

Una vez que el diodo tener comienza a funcionar en activo va a mantener constante el voltaje en ese nodo. Es decir, Vo = 3.6V

Para Vi < 0V



$$\frac{3V+6V}{1K}=\frac{-6V-Vi}{1K}$$
$$Vi=-15V$$

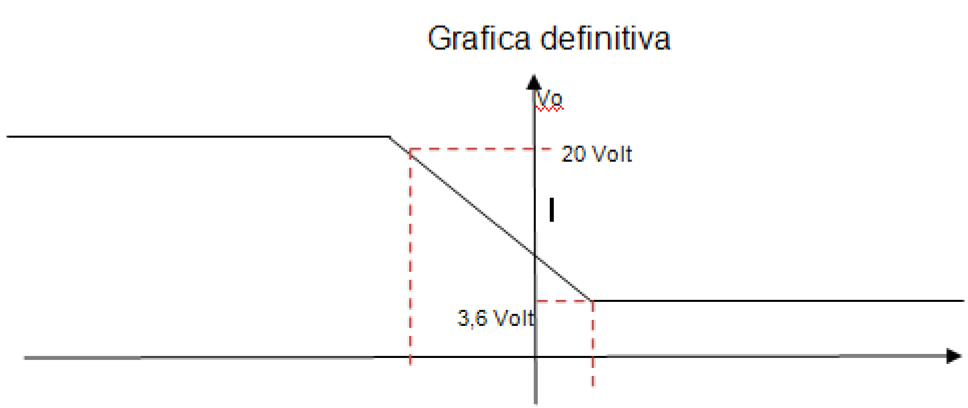
Justo antes que el diodo zener entre en regulación

Para -15V < Vi < 0V

El diodo zener sigue inactivo y por lo tanto Vo = 6V - Vi, igual que en la primera parte del semiciclo positivo.

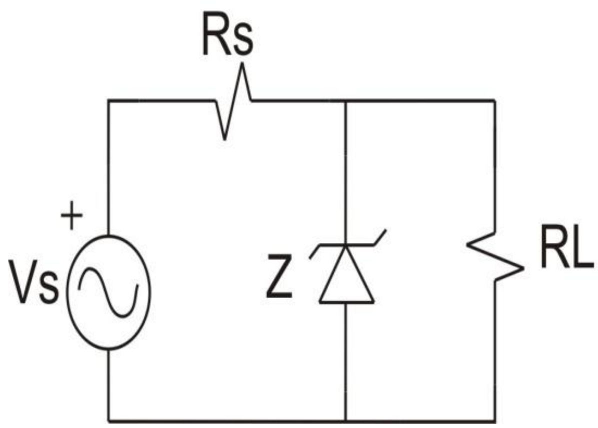
Para Vi ≤ -15V

El diodo zener entra en regulación haciendo que Vo = 21V, pero por datos del problema se sabe que el operacional entra en saturación a partir de los 20V. Esto quiere decir que el diodo zener no va a entrar en regulación debido a la saturación en la salida del operacional.



5) **En el circuito de la figura 2, Vs_{max} = 14V y Vs_{min} = 12V, Z: 9V@10mA, rz = 10Ω, Izk = 1mA.**

   e) **Calcule Rs, para que el valor mínimo de Vz sea de 9V, si RL = 5K.**
   f) **Cuál es la potencia que debe tener el diodo para soportar la condición de vacío.**
   g) **Cuál es el valor de RL mínimo que puede soportar el circuito para que se mantenga en regulación.**



$$Vs\ max = 14\ volt$$

$$Vs\ min = 12\ volt$$

$$Z: 9\ volt\ a\ 10\ mA, rz = 10\ \Omega, Izk = 1mA$$

Para calcular el valor de Rs, cuando $Vz\ min\ =\ 9\ Volt$ y $Rl\ =\ 5\ K$

$$i\ total = i\ zener + i\ Rl$$

$$i\ Rl = \frac{9\ volt}{5\ K} = 1{,}8\ mA$$

Y sé que $i\ Zener = 10\ mA$ (cuando $Vzener = 9\ volt$)

Entonces $i\ total = 1,8\ mA$

$$Rs = \frac{14\ volt - 9\ volt}{11{,}8\ mA} = 432\ \Omega$$

En condición de vacío ($Rz\ \rightarrow\ 0$), la potencia que el zener puede soportar es:

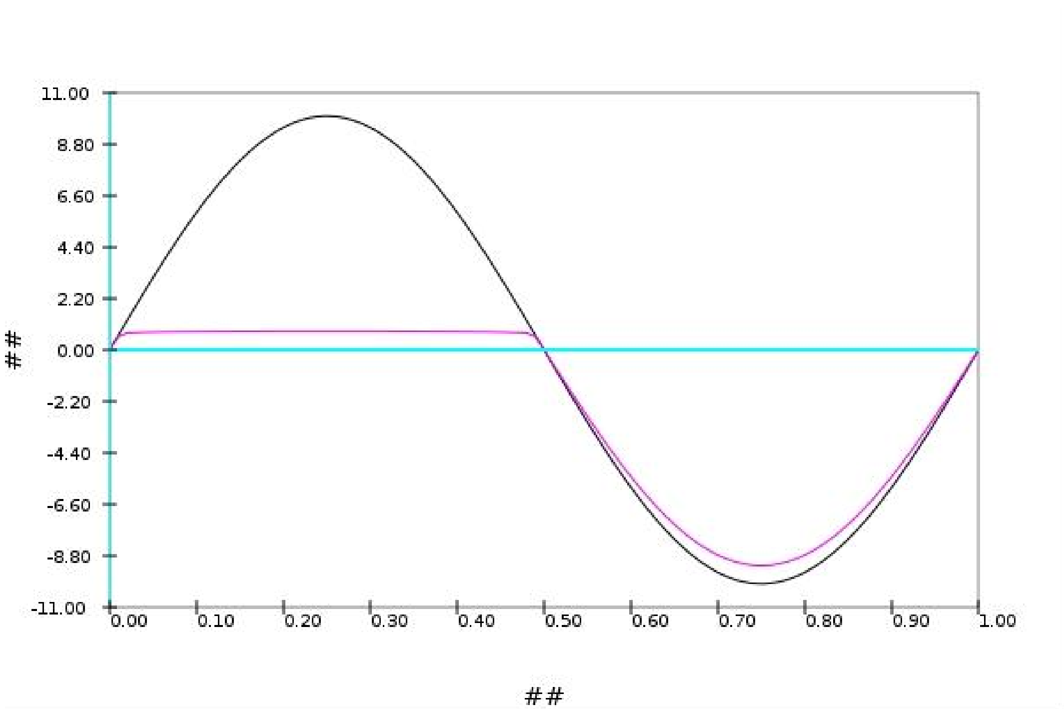
- $IRl\ \rightarrow 0$ Rl se va
- $P\ vacio = V \sin carga * I\ m$

$$I\ zener = I\ R = \frac{12\ volt - 8{,}91\ volt}{432\ \Omega} = 0{,}72\ \text{mA}$$

$P\ vacio = 0{,}9\ Watt$

Para que el circuito este en regulación Rl min es:

$Rl\ = \ Vz\ /\ Il\ max$



6) **En el circuito de la figura 1, V_z = 20V, r_z= 10Ω, Pzmax = 3W, I_{ZK}=2mA,Vd= 0,7V.**

   a. **Determinar el valor de RL y la potencia de la misma si se quiere una corriente de carga máxima de 50mA. (2 pts)**
   b. **Calcule C, para que el factor de rizado en el condensador sea del 20%. (6 pts)**
   c. **Calcule Rp que garantice la operación del zener como regulador. (3 pts)**

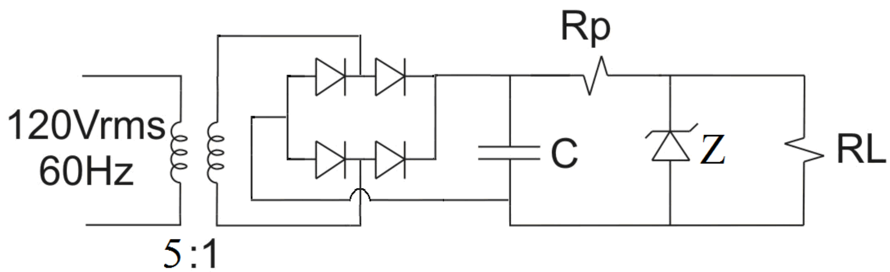


Figura 1

a) Hallar RL

V_{2do}=120/5=24Vrms

V_{2pico}=32.5V

Vz+Rz.Iz=RL.IL

$20+10x2x10^{-3}=50x10^{-3}xRL$

RL=400 Ω

b) Hallar C

$$Vr = \frac{V\max - V\min}{Vmaz} x100$$

Vmin=26.6V

26.6=32.5sen(2 Πx60xTo)

$To=2.54x10^{-3}s$

Ic=Cdv/dt

$$52ma = \frac{C(32.5-26.6)}{T/4-To}$$

C=58.9uf

c) Halle Rp

Rp=240Ω

7) **En el circuito de la figura 2, los OPAMS son Ideales, alimentados a ±15V, Von=0,7V, kn´(W/L)=2ma/V², Vt=1v, λ=0.obtenga la curva de transferencia Vo/Vi, (4ptos). Calcule el punto de operación del MOSFET.(8ptos)**

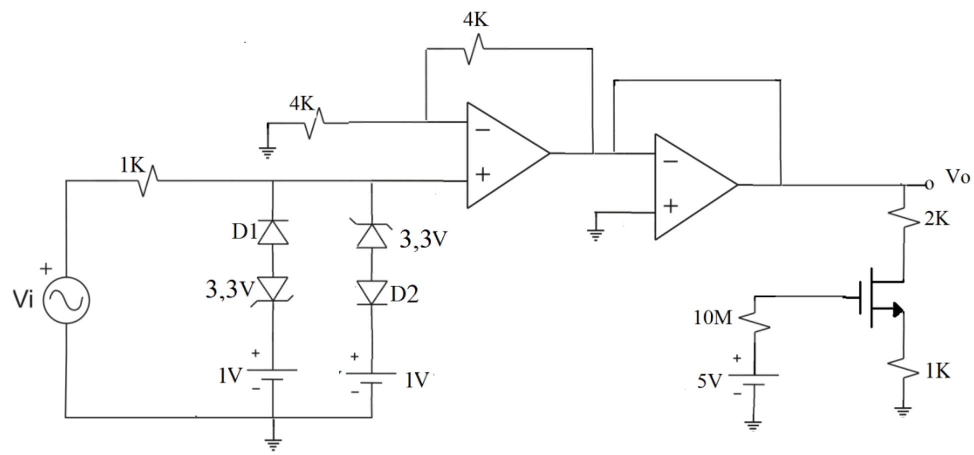


Figura 2

a) Graficar Vo/Vi

Para vi negativo

Si -3<vi<0

(Todos los diodos están apagados)

Ii=0

Vi=V+=V-

Vo+4I=Vi

Vi+4I=0

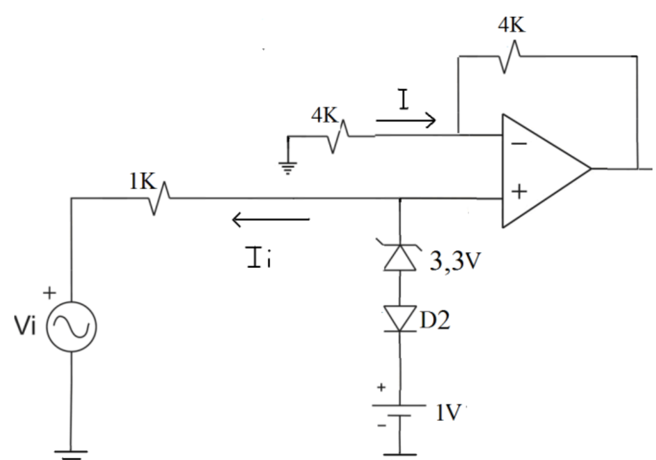
I=-Vi/4

Vo=2Vi

Si Vi<-3

V+=-3=V-

Vo=-6



Para vi positivo

Si 0<Vi<5

(Todos los diodos están apagados)

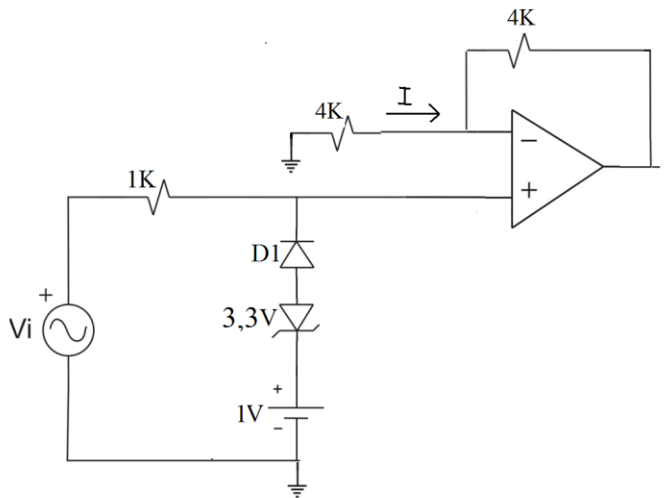
Vo=2Vi

Si Vi>5

(Se activan todos los diodos)

V+= 5=V-

Vo=2V+=10



b) Punto de operación del Mosfet.

VG-VGS-ID=0

VGS=VG-ID

VGS=5-ID

$ID=(1/2)\ kn'(W/L)(VGS-VT)^2$

$ID=(5-ID-1)^2$

$ID=(4-ID)^2$

$ID^2-9ID+16=0$

$ID_1=6.56ma$

$ID_2=2.43ma$

$VGS_1=5-6.56=-1.56$ NO

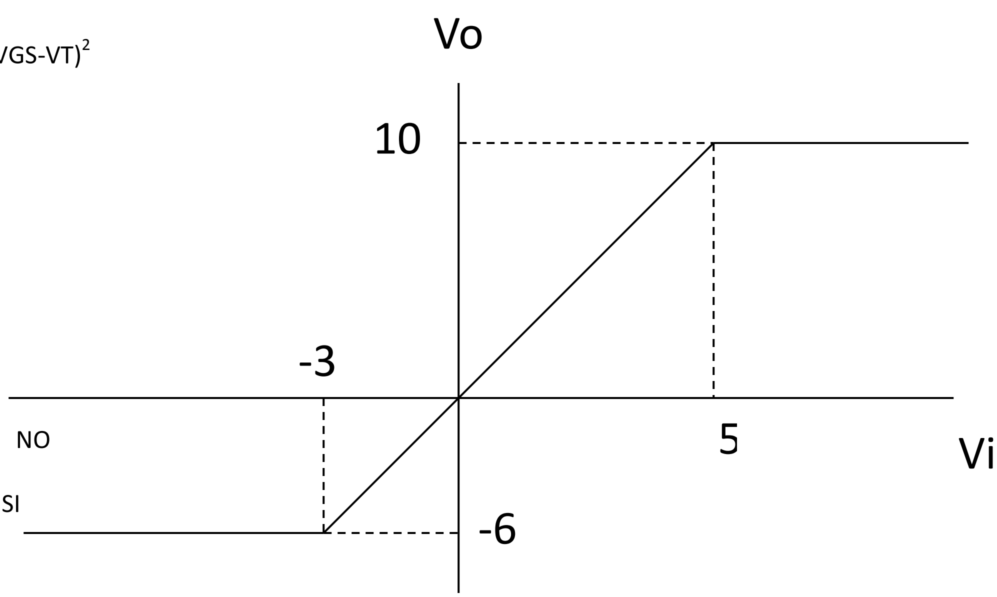
$VGS_2=5-2.43=2.57$ SI

Vo-2ID-VDS-ID=0

VDS=Vo-3ID

VDS>VGS-VT

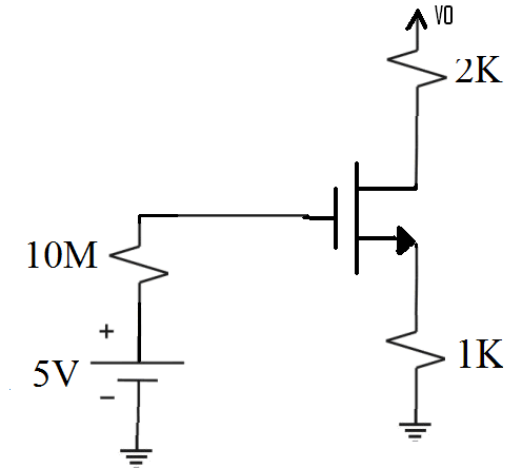
VDS>1.57



Caso 1 Vo=10

VDS=2.71

2.71>1.57   Saturación



Caso 2 Vo=-5

VDS=-2.71

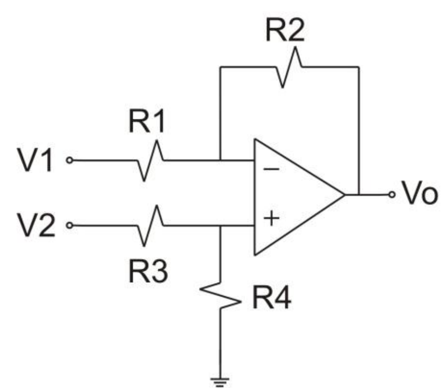
-2.71<1.57   Tríodo

8) Para el circuito de la figura, determinar Vo/Vi sabiendo que: (R1=R3=2K), (R2=R4=20K), y la ganancia de lazo abierto (Avo) es 9000. (10 Ptos)

V^{+}=(20/22)V2

10V1-10V^{-}=V^{-}-Vo

V^{-}=(10V1+Vo)/11



$$Vo = 9000(V^{+} - V^{-})$$

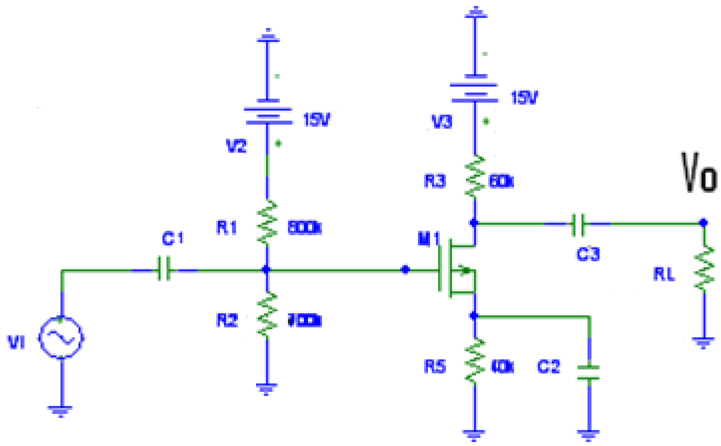
$$Vo = 9000(\frac{10}{11}(V1 - V2) - \frac{Vo}{11})$$

$$819.18Vo = 8181.81(V1 - V2)$$

$$Vo = 9.98(V1 - V2)$$

$$\frac{Vo}{V1 - V2} = 9.98$$

9) Determine Vo/Vi



$$VG = 7V$$

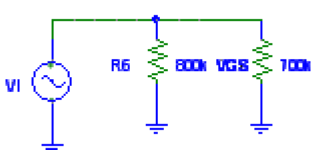
$$ID = \frac{1}{2}Kn'\frac{W}{L}(VGS - Vt)^2$$

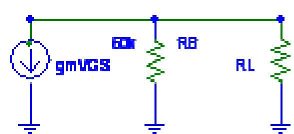
$$ID = \frac{Vs}{40}$$

$$\frac{Vs}{40} = 0.1(5 - Vs)^2$$

$$Vs_1 = 6.25 \rightarrow ID = 0.15mA \rightarrow VD = 6V \rightarrow VGS = 0.75V \rightarrow NO$$

$$Vs_2 = 4V \rightarrow ID = 0.1mA \rightarrow VD = 9V \rightarrow VGS = 3V \rightarrow SI$$





$$Zi = 373K\Omega$$

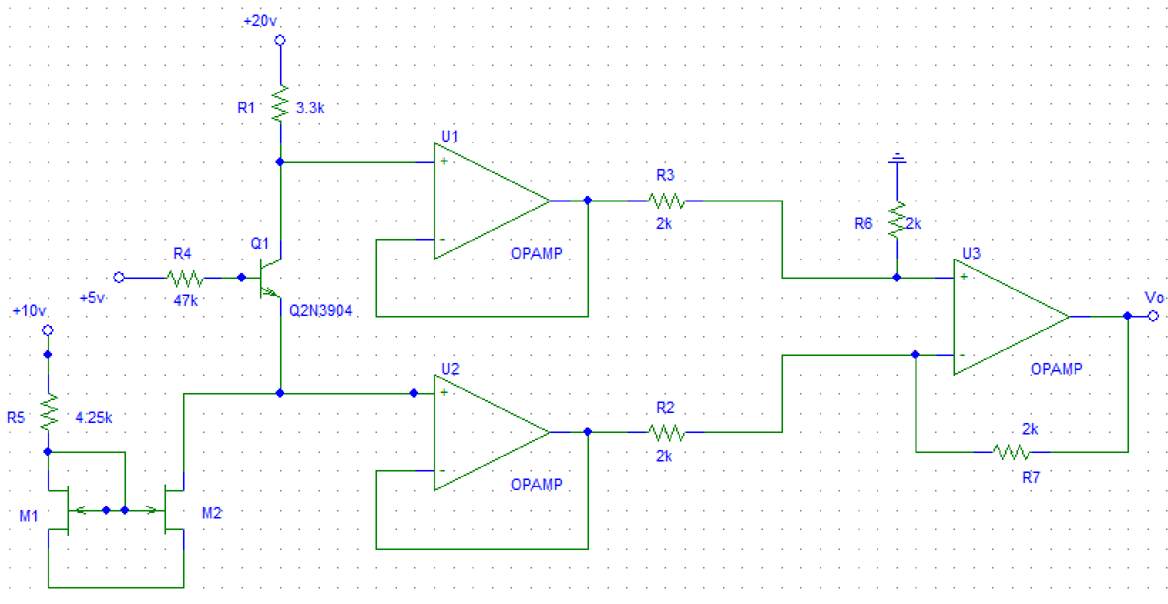
$$Zout = Rl \,||\, 60K$$

$$gm = Kn'(\frac{W}{L})(VGS - Vt) = 0.2m\Omega^{-1}$$

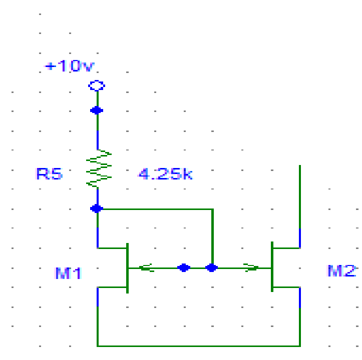
$$VGS = Vi$$

$$\frac{Vo}{Vi} = -0.2m.(60K \,||\, Rl)$$

10) **Hallar Vo si β=100, K1=K2=0.5mA/V² (K=1/2Kn`(W/L)), Vbe=0.7V, Vt=1V, Opams ideales.**



Analizamos primero el espejo de corriente.



$$VD = VG$$

$$\frac{10 - VD}{4.25K} = ID = \frac{10 - VG}{4.25K} \rightarrow (1)$$

$$ID = K(VGS - Vt)^2 \rightarrow (2)$$

Igualamos (1) y (2)

$$\frac{10 - VG}{4.25K} = 0.5m(VGS - 1)^2 \Rightarrow 10 - VG = 2.125(VG + 10 - 1)^2$$

$$10 - VG = 2.125(VG + 9)^2 \Rightarrow 10 - VG = 2.125(VG^2 + 18VG + 81)$$

$$10 - VG = 2.125VG^2 + 38.25VG + 172.125$$

$$2.125VG^2 + 39.25VG + 162.125 = 0$$

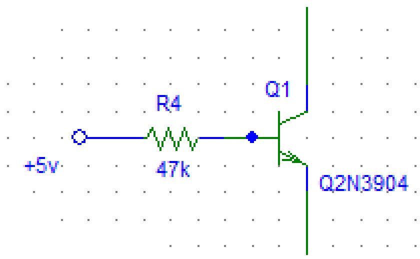
$$VG_1 = -6.23V \rightarrow SI$$

$$VG_2 = -12.23V \rightarrow NO$$

$$ID = \frac{10 - (-6.23V)}{4.25K} = 3.81mA$$

Por ser un espejo de corriente ID=IE

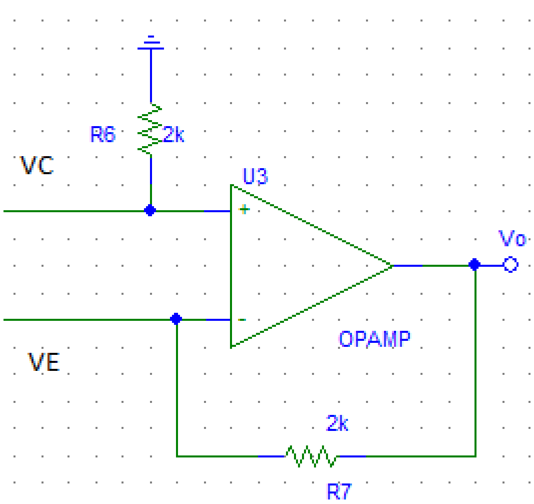
Ahora analizamos el BJT



$$IE = 3.81mA$$
$$IC = 3.77mA$$
$$IB = \frac{IE}{\beta + 1} = 37.7\mu A$$

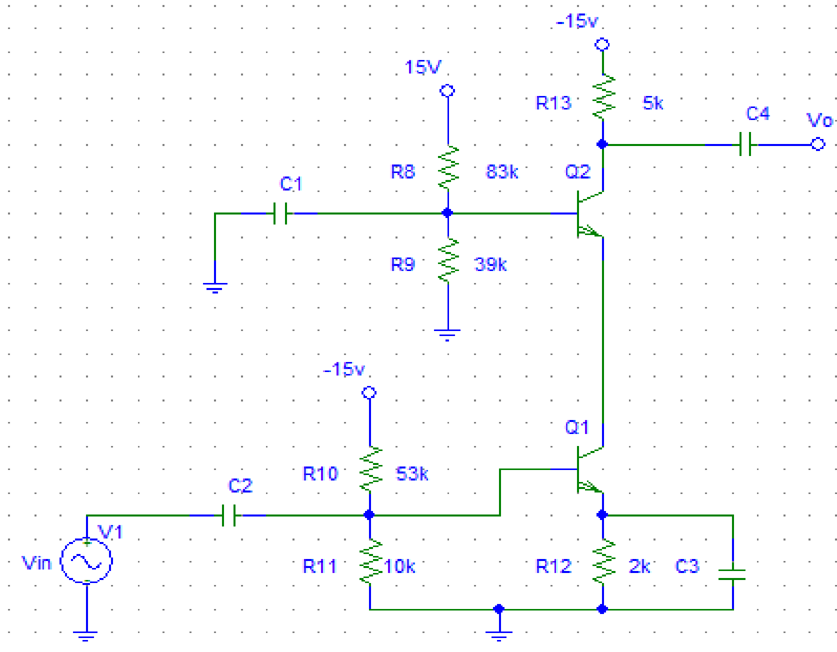
$$\frac{5V - VB}{47K} = 37.7\mu A \Rightarrow 5V - VB = 1.77V$$
$$VB = 3.22V$$
$$VBE = 0.7V \Rightarrow VB - VE = 0.7V \Rightarrow VE = 2.52V$$
$$\frac{20 - VC}{3.3K} = 3.77mA$$
$$20 - VC = 12.44V \Rightarrow VC = 7.55V$$
$$VCE = 5.03V$$
$$VBE = 0.7V$$

Tenemos dos seguidores de voltaje que llevan el VC y VE a una configuración diferencial de OPAM



$$V^{+} = \frac{2KxVE}{4K} = \frac{VE}{2}$$
$$\frac{VC - 0.5VE}{2K} = \frac{0.5VE - Vo}{2K} \Rightarrow VC - VE = -Vo$$
$$Vo = VE - VC = 2.52 - 7.55 = -5.03V$$

11) En el siguiente circuito β=100, Va=100 determinar: Punto de operación para Q1 y Q2, Vo/Vi y Rin.



Hacemos el análisis en DC, para ello abrimos todos los capacitores

Para el BJT 1 haciendo thevenin

$$15 - 53KI - 10KI = 0$$
$$15 - 63KI = 0$$
$$\frac{15}{63K} = I \rightarrow I = 0.238mA$$
$$\frac{15 - Vth}{53K} = 0.238$$
$$Vth = 2.39V$$
$$\mathrm{Re}\,q = (53K // 10K) = 8.4K\Omega$$

Ese voltaje de thevenin es el voltaje de la base del BJT1 y como se sabe que VBE=0.7V se obtiene que VE_1=1.69V

Con el voltaje del emisor puedo hallar la corriente del emisor

$$\frac{VE - 0}{2k} = IE_1 = 0.84mA$$

Ahora por relaciones de corriente

$$IE_1 = (1+\beta)IB_1$$

$$IB_1 = \frac{IE_1}{1+\beta} = 8.31\mu A$$

$$IC_1 = \beta IB_1 = 0.83mA$$

Para el BJT 2

$$IC_1 = IE_2 = 0.83mA$$

$$IE_2 = (1+\beta)IB_2 \rightarrow IB_2 = \frac{IE_2}{1+\beta} = 8.21\mu A$$

$$IC_2 = \beta IB_2 = 0.82mA$$

$$\frac{15 - VB_2}{83K} = IB_2 + \frac{VB_2}{38K} \rightarrow \frac{15}{83K} - IB_2 = VB_2\left(\frac{1}{83K} + \frac{1}{39K}\right)$$

$$\frac{0.18m - 8.21\mu}{0.0376m} = VB_2 = 4.66V$$

$$VB_2 - VE_2 = 0.7V$$

$$VB_2 - 0.7 = VE_2 \rightarrow VE_2 = 3.96V = VC_1$$

$$\frac{15 - VC_2}{5K} = IC_2 \rightarrow 15 - 5KIC_2 = VC_2$$

$$VC_2 = 10.9V$$

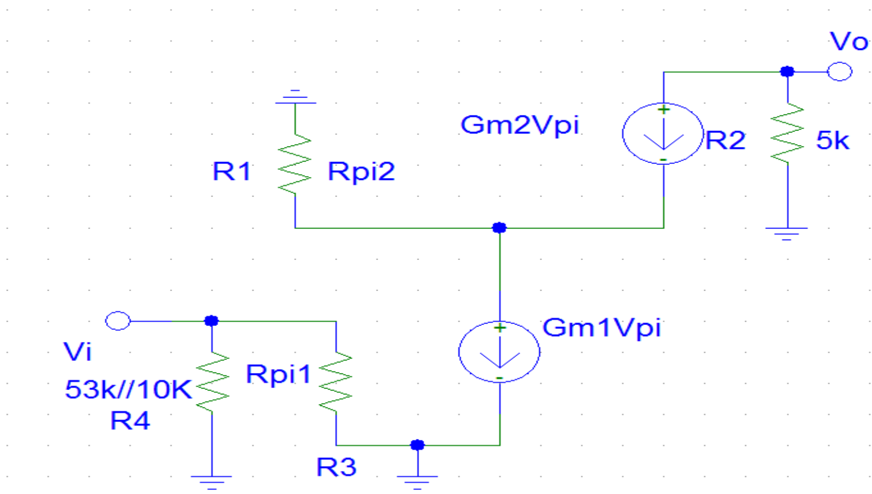
$$Gm_1 = \frac{IC_1}{Vt} = \frac{0.83mA}{25mV} = 33.2\frac{m}{\Omega}$$

$$Gm_2 = \frac{IC_2}{Vt} = \frac{0.82mA}{25mV} = 33.3\frac{m}{\Omega}$$

$$R\pi_1 = \frac{\beta}{Gm_1} = 3.01K\Omega$$

$$R\pi_2 = \frac{\beta}{Gm_2} = 3.05K\Omega$$

Ahora hacemos el análisis en pequeña señal



$$Vo = -Gm_2 V\pi_2 x5K \rightarrow (1)$$

Por corrientes de nodos

$$Gm_2 V\pi_2 = -\frac{V\pi_2}{R\pi_2} + Gm_1 V\pi_1$$

$$V\pi_2 (\frac{1}{R\pi_2} + Gm_2) = Gm_1 V\pi_1$$

$V\pi_1$=Vi por lo que queda directamente

$$V\pi_2 = \frac{Gm_1 Vi}{(Gm_2 + \frac{1}{R\pi_2})}$$

$$V\pi_2 = \frac{Gm_1 Vi}{Gm_2 R\pi_2 + 1} \rightarrow (2)$$

Sustituyendo (2) en (1)

$$Vo = -\frac{Gm_2 Gm_1 Vi R\pi_2 5K}{Gm_2 R\pi_2 + 1}$$

$$\frac{Vo}{Vi} = -\frac{Gm_1 Gm_2 R\pi_2 5K}{Gm_2 R\pi_2 + 1}$$

Sustituyendo

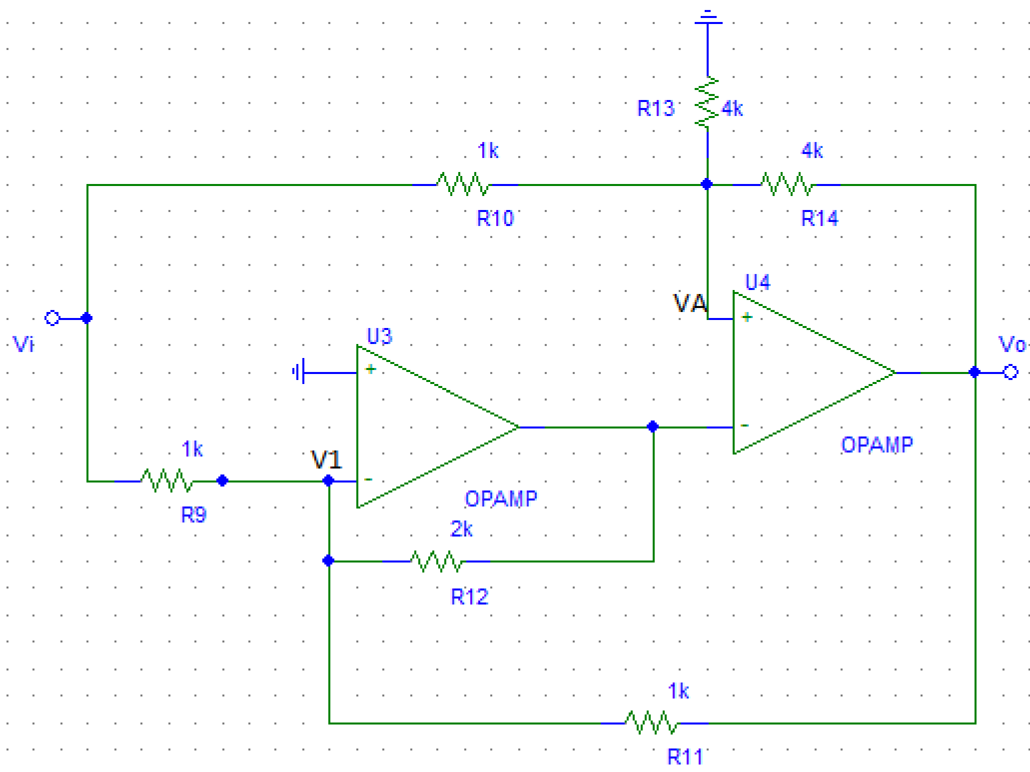
$$\frac{Vo}{Vi} = -\frac{16606.64}{101.04} = -164.35$$

Para calcular Rin me doy cuenta que está aislado el circuito por lo que Rin es directamente

$$Rin = 53K // 10K // R\pi_1$$

$$Rin = 2.21K\Omega$$

12) Hallar Vo en función de Vi



Realizamos las ecuaciones de nodos

$$\frac{V1}{1K} = -\frac{VA}{2K} - \frac{Vo}{1K} \rightarrow (1)$$

$$\frac{Vo - VA}{4K} = \frac{VA}{4K} + \frac{VA - Vi}{ik}$$

$$Vo - 2VA = 4VA - 4Vi$$

$$\frac{Vo + 4Vi}{6} = VA \rightarrow (2)$$

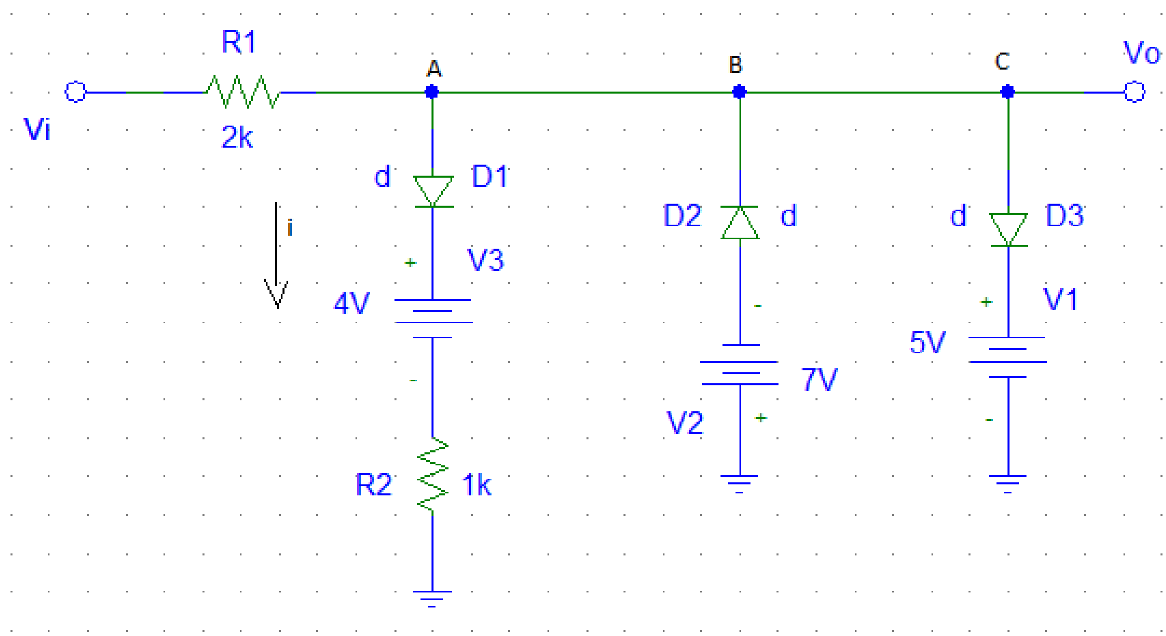
Sustituimos (2) en (1)

$$2Vi + (\frac{Vo + 4Vo}{6}) + 2Vo = 0$$

$$16Vi + 13Vo = 0$$

$$Vo = -\frac{16}{13}Vi$$

13) Para el siguiente circuito determine la corriente i cuando vi=5V y grafique Vo vs Vi



Si Vi=5V los diodos 2 y 3 se apagan y el diodo 1 se enciende y funciona como una fuente de 0.7V
Dado que solo funciona D1 la corriente va desde Vi hasta tierra únicamente pasando por la rama A

Haciendo una malla:

$$-5V + i.2K + 0.7V + 4V + i.1K = 0$$
$$i(1K + 2K) = 5V - 0.7V - 4V$$
$$i.3K = 0.3V$$
$$i = \frac{0.3V}{3K} = 0.1mA$$

Para graficar Vo vs Vi debemos suponer varios casos

Primero veamos que es imposible que los 3 diodos estén encendidos al mismo tiempo pues la rama B obligaría a un Vo de -7.7 y la rama C obligaría a un Vo de 5.7V

Suponemos que D3 está encendido y nos damos cuenta que para que eso ocurra D1 también debe estarlo y veremos que Vo=5.7V solo nos falta ver para que rango de valores de entrada ocurre esto

$$Vi - i.2K = Vo$$
$$Vo = 5.7V$$
$$\frac{5.7V - 4.7V}{1K} = i = 1mA$$
$$Vi = 5.7V + 2K.1mA$$
$$Vi = 7.7V$$

Esto es el caso frontera y vemos que para valores mayores de Vi siguen prendidos los mismos diodos y el Vo permanece igual

$$para \rightarrow Vi \geq 7.7V$$
$$Vo = 5.7V$$

Ahora veamos que cuando D3 está apagado y D1 encendido solo se conduce corriente por la rama A

$$\frac{Vo - Vi}{2K} = \frac{4.7V - Vo}{1K}$$
$$3Vo = 9.4V + Vi$$
$$Vo = \frac{9.4V + Vi}{3}$$

Nos falta obtener el rango de valores de vi para los cuales es válido este Vo, sabemos que el máximo valor es 7.7V nos falta el mínimo que puede ser hallado por simple inspección colocando que la corriente que circula por D1=0A.

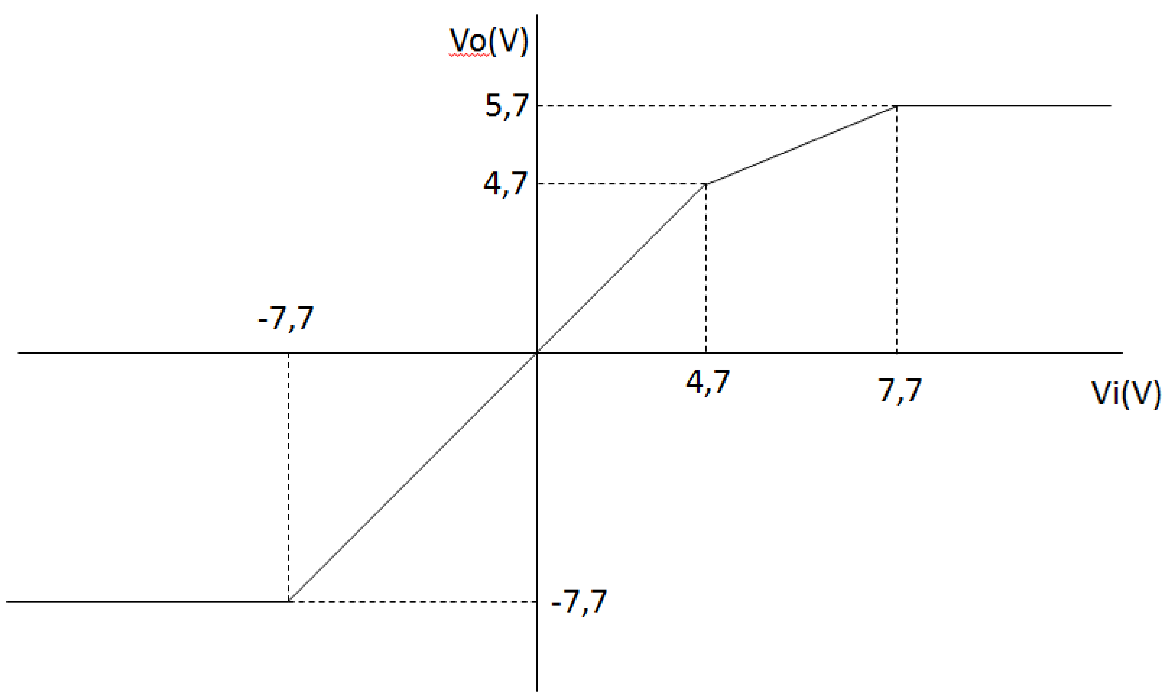
$$para \rightarrow 4.7V \leq Vi \leq 7.7V$$
$$Vo = \frac{9.4V + Vi}{3}$$

Procedemos a apagar todos los diodos y nos damos cuenta que Vo=Vi y esto va a ser válido para voltajes comprendidos entre un máximo de 4.7V y un mínimo de -7.7V que es cuando se enciende D2

$$para \rightarrow -7.7V \leq Vi \leq 4.7V$$
$$Vo = Vi$$

Por ultimo encendemos D2 y los otros 2 permanecen apagados, vemos simplemente que Vo=-7.7V para todos los valores de Vi menores a -7.7V

$$para \rightarrow Vi \leq -7.7V$$
$$Vo = -7.7V$$



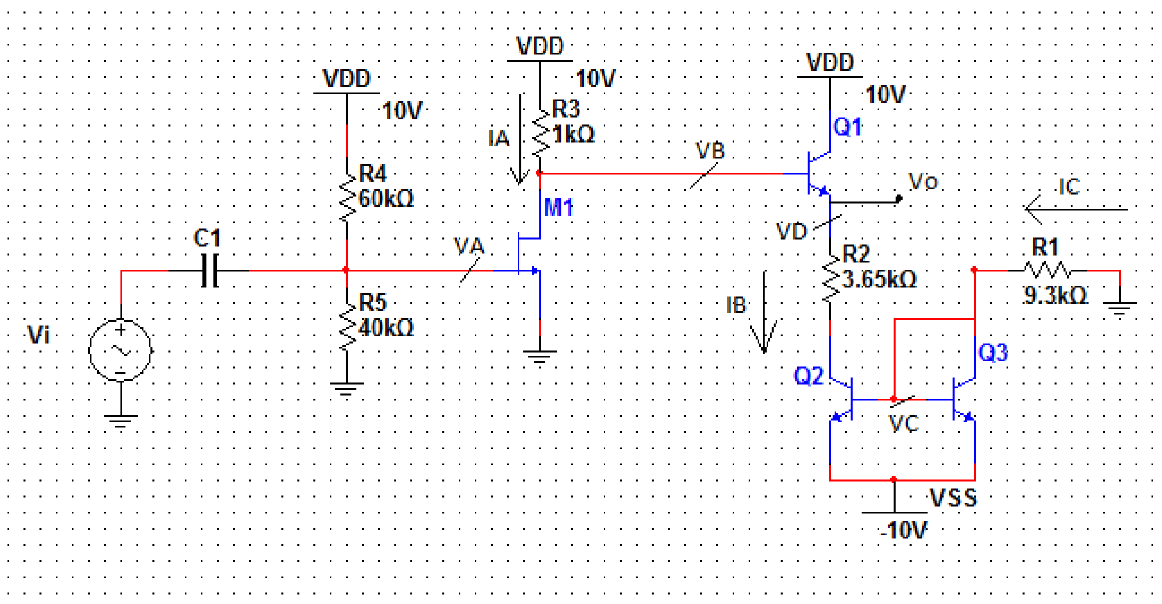
14) Halle Vo/Vi dado que:

$$kn'\frac{W}{L} = 1\frac{mA}{V^2}$$

$$Vt = 2V$$

$$\beta = 100$$

$$Ro3 = 100K\Omega$$



$$VA = \frac{10V.4K}{10K} = 4V = VG$$

$$ID = 0.5m(VGS - Vt)^2$$

$$ID = 0.5m(4-2)^2 = 2mA = IA$$

$$VB = 10 - 1K.IA = 8V$$

$$VC = -10 + 0.7 = -9.3V$$

$$IC = \frac{0+9.3}{9.3K} = 1mA$$

$$IB = IC = 1mA$$

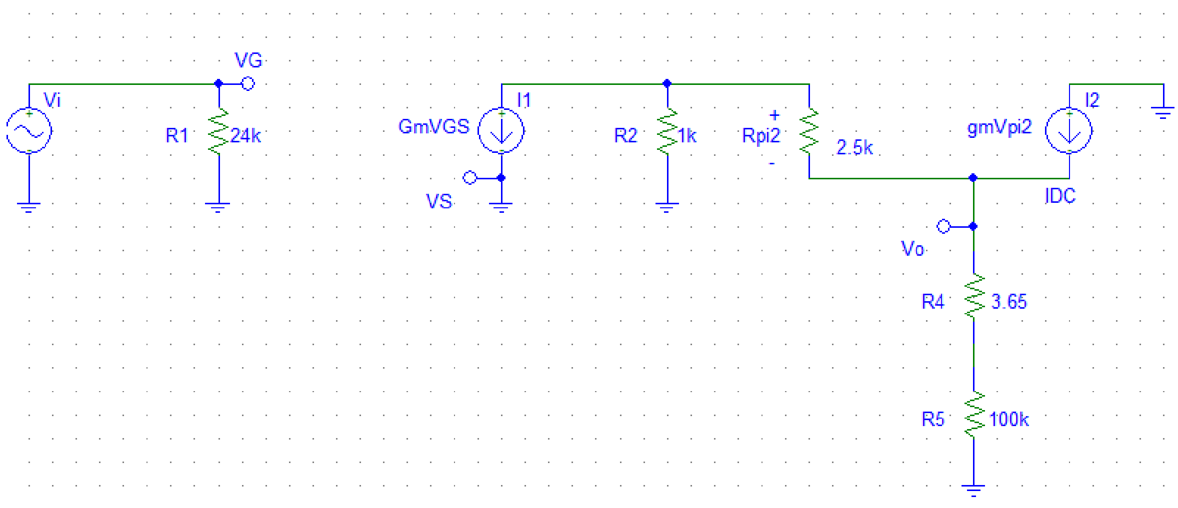
$$Ic_1 \approx IB$$

$$gm_1 = \frac{Ic_1}{Vt} = \frac{1mA}{2V} = 40\frac{m}{\Omega}$$

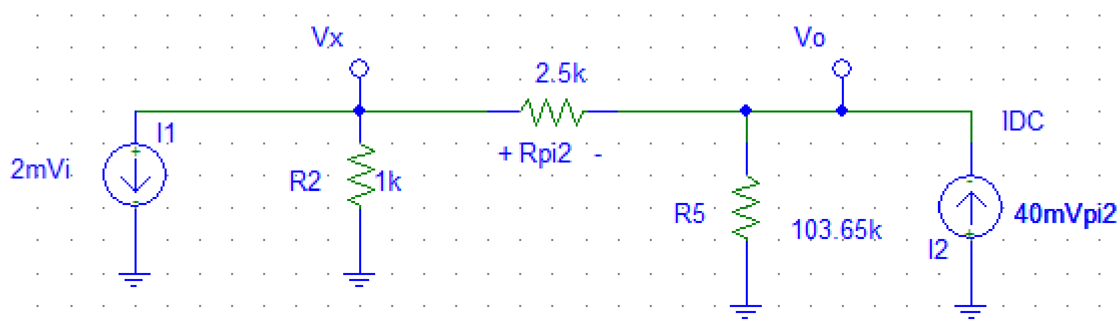
$$R_{\pi 1} = \frac{\beta}{gm_1} = 2.5K\Omega$$

$$VD = VB - 0.7 = 7.3V$$

$$gm_{mos} = kn'\frac{W}{L}(VGS - Vt) = 2\frac{m}{\Omega}$$



$Zin = 24K\Omega$ acomodando un poco el circuito



$$40mV_{\pi 2} = \frac{Vo}{103.65K} + \frac{V_{\pi 2}}{2.5K}$$

$$V_{\pi 2}(40 - \frac{1}{2.5}) = 9.64mVo$$

$$V_{\pi 2} = 0.24mVo$$

$$\frac{V_{\pi 2}}{2.5K} = \frac{Vo + V_{\pi 2}}{1K} + 2mVi$$

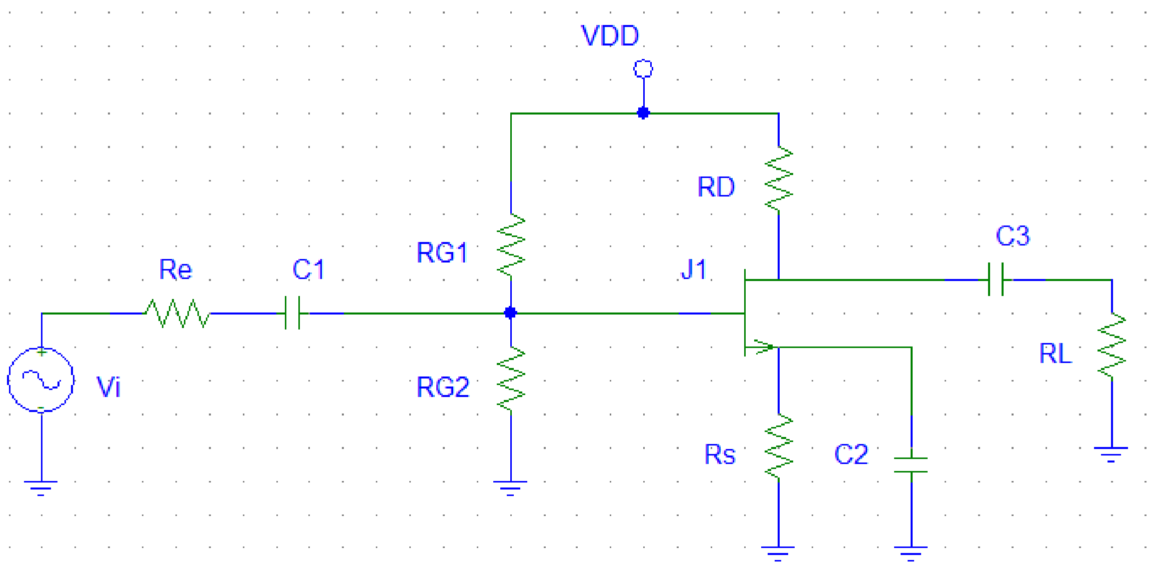
$$-0.6V_{\pi 2} = Vo + 2Vi$$

$$-0.6(0.24m)Vo - Vo = 2Vi$$

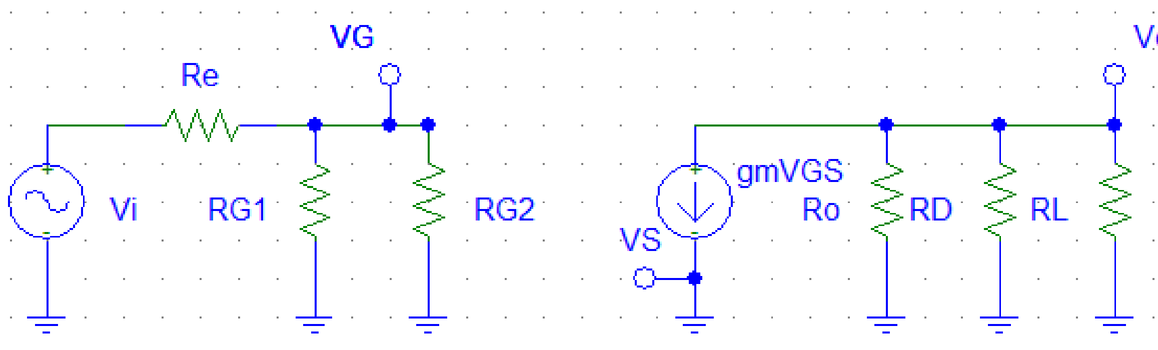
$$-1.000144Vo = 2Vi$$

$$\frac{Vo}{Vi} = -2$$

15) **Determine Rin, Rout y A (Vo/Vi) para la configuración de Source Común presentada a continuación, tome vo como el voltaje sobre RL.**



Dibujamos el circuito a pequeña señal



$$Zi = \mathrm{Re} + (RG1//RG2)$$

$$Zo = (Ro//RD//RL)$$

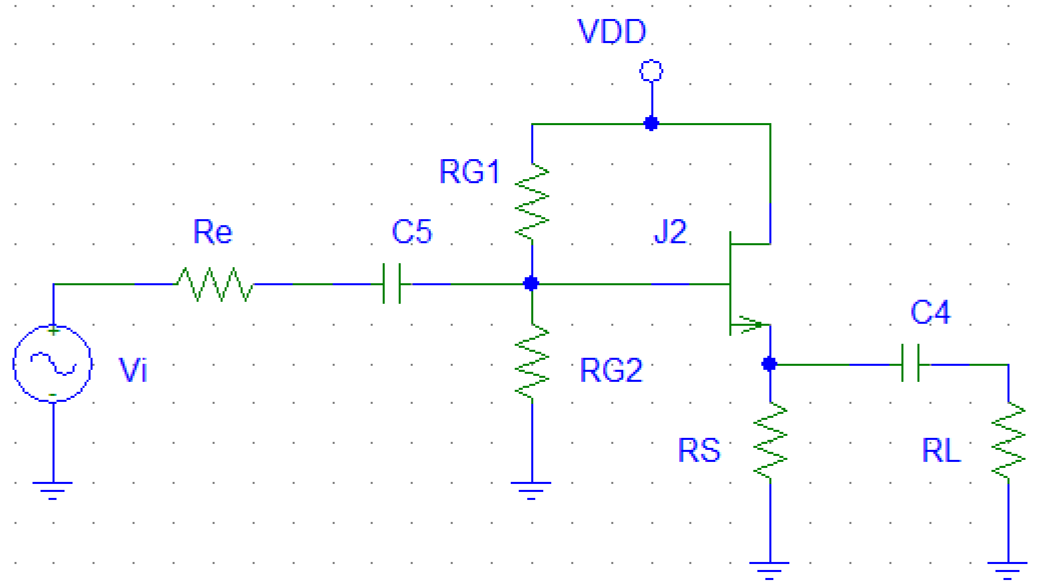
$$VGS = \frac{Vi(RG1//RG2)}{\mathrm{Re} + (RG1//RG2)}$$

$$Vo = -gmVGS(Ro//RD//RL)$$

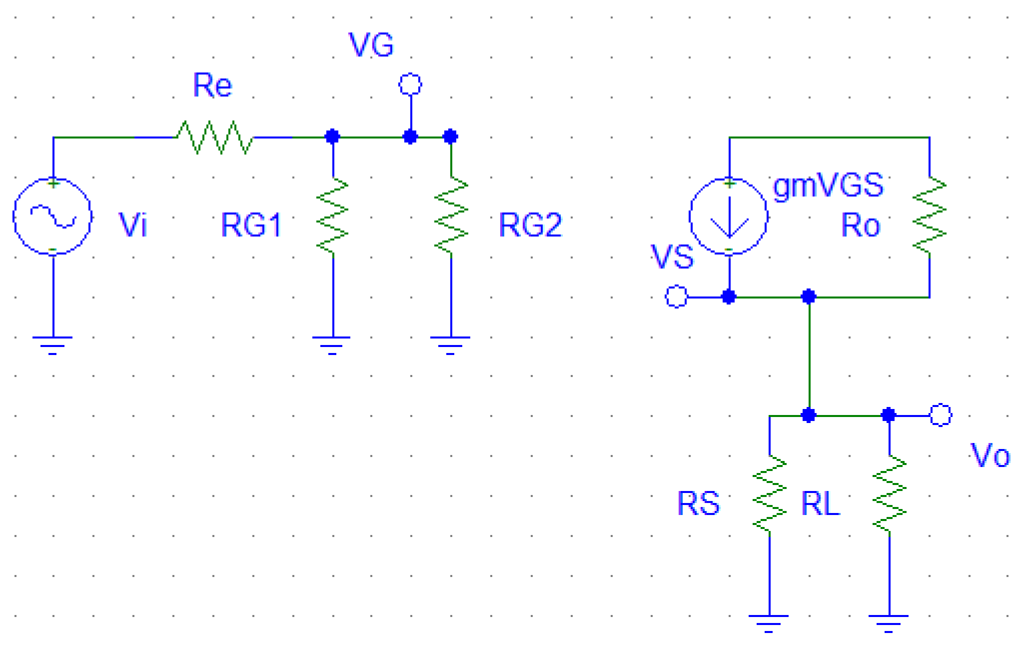
$$Vo = -gm\frac{Vi(RG1//RG2)}{\mathrm{Re} + (RG1//RG2)}(Ro//RD//RL)$$

$$\frac{Vo}{Vi} = A = -gm\frac{(RG1//RG2)}{\mathrm{Re} + (RG1//RG2)}(Ro//RD//RL)$$

16) **Determine Rin, Rout y A (Vo/Vi) para la configuración de Drain Común presentada a continuación, tome vo como el voltaje sobre RL.**



Dibujamos el circuito a pequeña señal



$$Zin = \mathrm{Re} + (RG1 // RG2)$$

$$VS = Vo$$

$$Vo = gmVGS(Ro//RL//RS)$$

$$VG = \frac{Vi(RG1//RG2)}{\mathrm{Re} + (RG1//RG2)}$$

$$Vo = gm(\frac{Vi(RG1//RG2)}{\mathrm{Re} + (RG1//RG2)} - Vo)(Ro//RL//RS)$$

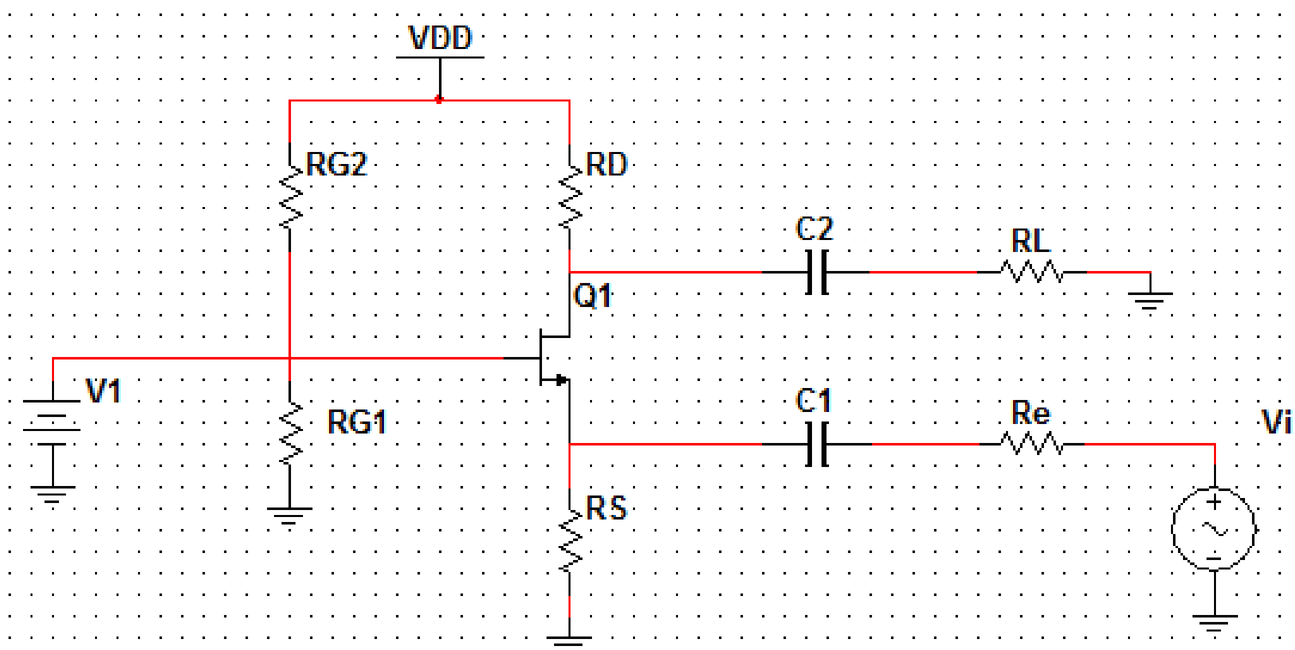
$$Vo(1 + gm(Ro//RL//RS)) = gm(\frac{Vi(RG1//RG2)}{\mathrm{Re} + (RG1//RG2)})(Ro//RL//RS)$$

$$\frac{Vo}{Vi} = \frac{gm(\frac{(RG1//RG2)}{\mathrm{Re} + (RG1//RG2)})(Ro//RL//RS)}{(1 + gm(Ro//RL//RS))}$$

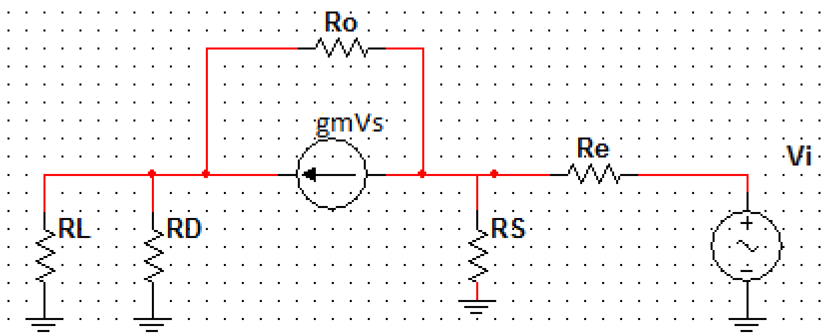
$$\frac{Vo}{Vi} \approx \frac{(RG1//RG2)}{(RG1//RG2) + \mathrm{Re}}$$

$$Zout = (Ro//RL//RS//\frac{1}{gm})$$

17) Determine Rin, Rout y A (Vo/Vi) para la configuración de Gate Común presentada a continuación, tome vo como el voltaje sobre RL.



Dibujamos el circuito a pequeña señal, y tendemos Ro a infinito para simplificar los calculos



$$gmVS+\frac{Vs}{Rs}=\frac{Vi-VS}{\mathrm{Re}}$$

$$VS=\frac{Vi}{(gm+\frac{1}{Rs}+\frac{1}{\mathrm{Re}})\mathrm{Re}}$$

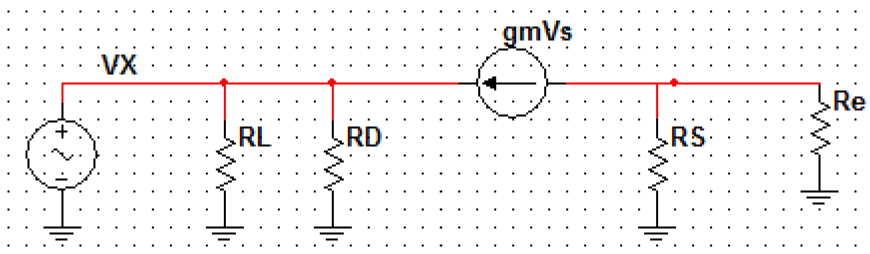
$$Vo=\frac{gmVi(Ro//Rl)}{(gm+\frac{1}{Rs}+\frac{1}{\mathrm{Re}})\mathrm{Re}}$$

$$\frac{Vo}{Vi}=\frac{gm(Ro//Rl)}{(gm+\frac{1}{Rs}+\frac{1}{\mathrm{Re}})\mathrm{Re}}$$

Ahora vamos a calcular Ii para hallar la resistencia de entrada

$$Ii=\frac{Vi}{\mathrm{Re}}-\frac{Vi}{\mathrm{Re}^2(\frac{1}{Rs}+\frac{1}{\mathrm{Re}}+gm)}$$

$$\frac{Vi}{Ri}=\frac{Rs}{1+Rsgm}+\mathrm{Re}$$



$$\frac{Vx}{Rd//Rl}=gmVs+Ix$$

$$VS=(\frac{Vx}{Rd//Rl}-Ix)\frac{1}{gm}$$

$$\frac{Vs}{Rs//\mathrm{Re}}+\frac{Vx}{Rd//Rl}=Ix$$

$$(\frac{Vx}{Rd//Rl}-Ix)\frac{1}{gm(\mathrm{Re}//Rs)}+\frac{Vx}{Rd//Rl}=Ix$$

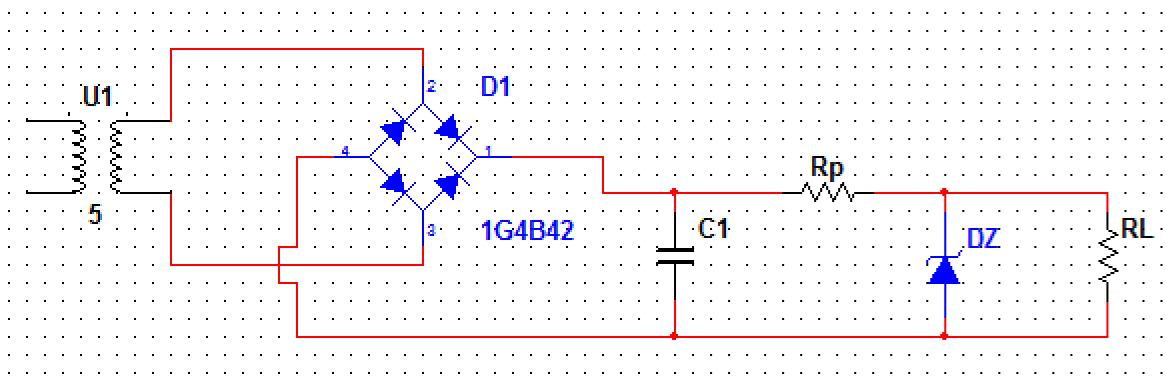
$$\frac{Vx}{Ix}=\frac{(1+\frac{1}{gm(\mathrm{Re}//Rs)})}{(1+\frac{1}{gm(\mathrm{Re}//Rs)})\frac{1}{Rd//Rl}}=Rd//Rl=Zout$$

18) **Dado que Vz=20V, Pz=3W, Rz=10 Ω, Iz(k)=2mA, iLmax=50mA y Vd=0.7 determine:**

a. **El valor de RL**

b. **El valor de C para que el factor de rizado en el capacitor sea del 20%.**

c. **Rp para asegurar el encendido del zener**



$$Rl = \frac{20V}{50mA} = 400\Omega$$

$$\Pr l = 50mAx20 = 1W$$

$$Fr = \frac{Vr}{V\max}x100$$

$$Vr = \frac{Vp}{2fRC}$$

$$C = \frac{Vp}{2fRVr}$$

$$Vpico_2 = \frac{N1}{N2}Vpico_1 = \frac{169.7}{5} = 33.94V$$

$$Vpicoc_1 = 33.94 - 1.4 = 32.54V$$

$$Vr = \frac{V\max Fr}{100} = 0.2Vpicoc_1$$

$$Vr = 0.2x32.54 = 6.51V$$

La R viene siendo la R de Thévenin vista desde el capacitor

$$Ith = Iz + Il = 2mA + 50mA = 52mA$$

$$Vth = Vp - \frac{Vr}{2}$$

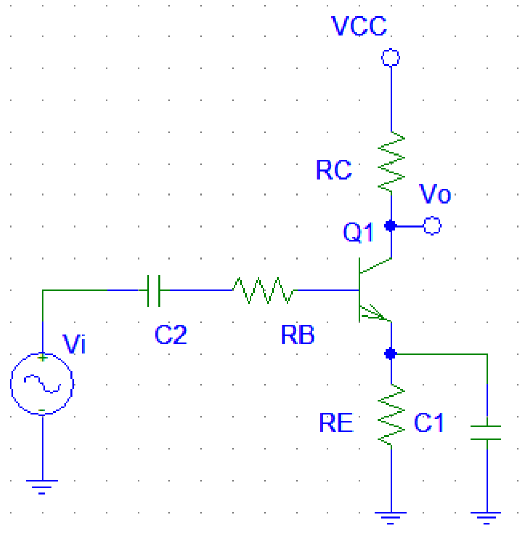
$$Vth = 32.4 - 0.5(6.51) = 29.28V$$

$$Rth = \frac{29.28V}{52mA} = 563.1\Omega$$

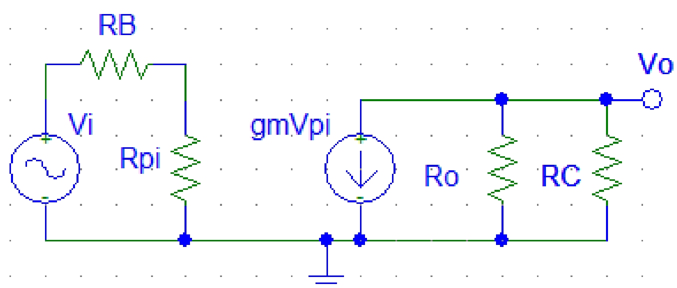
$$C = \frac{32.54}{2x60x6.51x563.1} = 74\mu F$$

$$Rp = \frac{26.03 - 20}{52mA} = 116\Omega$$

19) **Determine Rin, Rout y A (Vo/Vi) para la configuración de Emisor Común presentada a continuación, tome vo como el voltaje en el colector.**



Circuito en pequeña señal:



$$V\pi = \frac{R\pi Vi}{Rb + R\pi}$$

$$Vo = -(Ro//RC)gm\frac{R\pi Vi}{Rb + R\pi}$$

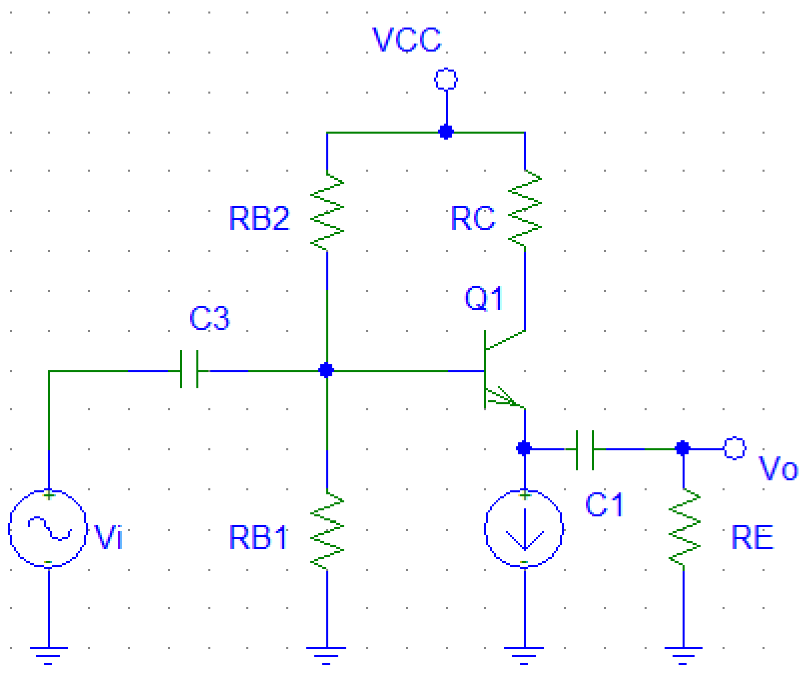
$$gm = \frac{\beta}{R\pi}$$

$$\frac{Vo}{Vi} = -\beta\frac{(Ro//RC)}{Rb + R\pi}$$

$$Zin = (R\pi + Rb)$$

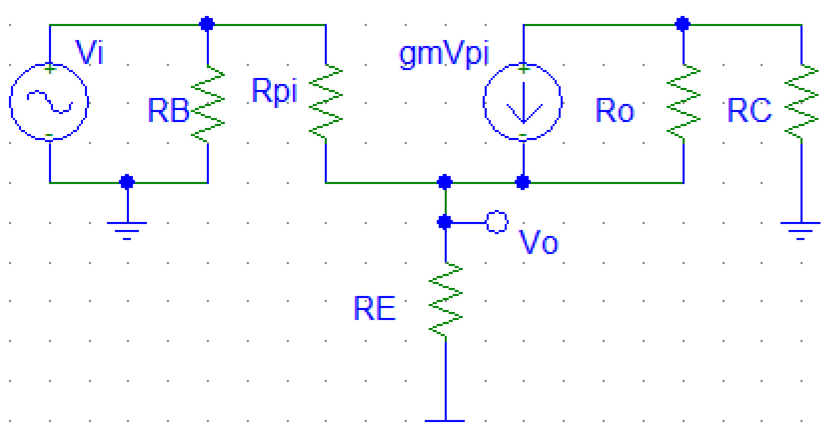
$$Zout = (Ro//RC)$$

20) Determine Rin, Rout y A (Vo/Vi) para la configuración de Colector Común presentada a continuación, tome vo como el voltaje en el emisor.



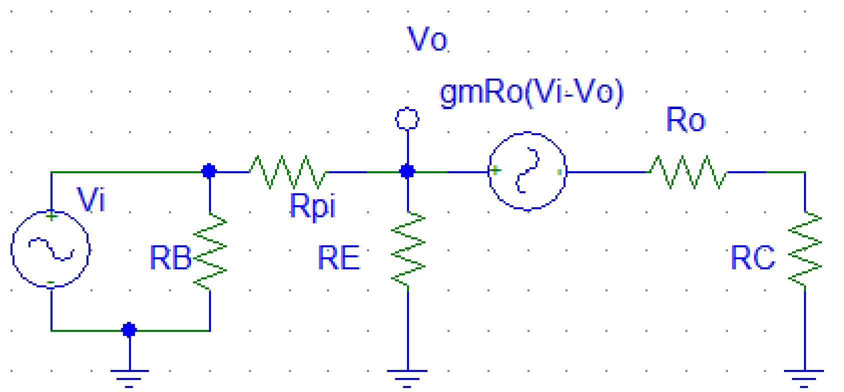
Circuito en pequeña señal

$RB = RB1//RB2$



$$V\pi = Vi - Vo$$

Aplicamos transformaciones de fuentes



$$\frac{Vo}{RE} = \frac{Vi - Vo}{R\pi} + \frac{gmRo(Vi - Vo) - Vo}{RC + Ro}$$

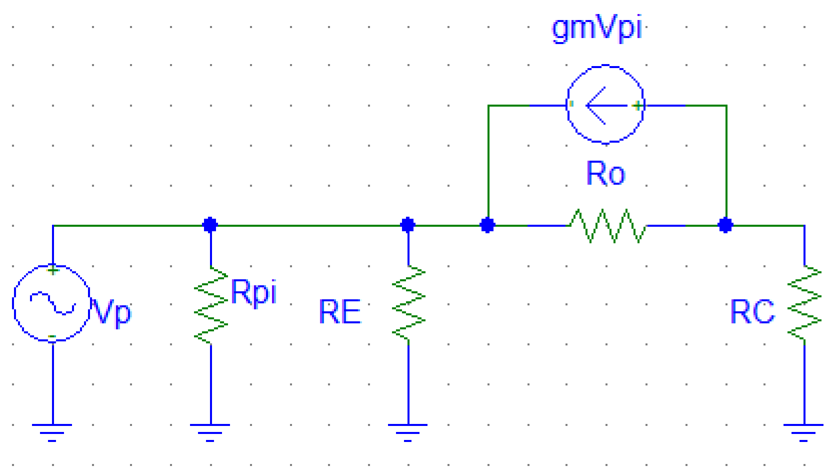
$$Vo\left(\frac{1}{RE} + \frac{1}{R\pi} + \frac{gmRo + 1}{RC + Ro}\right) = Vi\left(\frac{1}{R\pi} + \frac{gmRo}{RC + Ro}\right)$$

$$\frac{Vo}{Vi} = \frac{\frac{1}{R\pi} + \frac{gmRo}{RC + Ro}}{\frac{1}{\mathrm{Re}} + \frac{1}{R\pi} + \frac{gmRo}{RC + Ro}} = \frac{RE\left(\frac{1}{R\pi} + \frac{gmRo}{RC + Ro}\right)}{1 + RE\left(\frac{1}{R\pi} + \frac{gmRo}{RC + Ro}\right)}$$

$$Ii = \frac{Vi}{RB} + \frac{Vi - Vo}{R\pi}$$

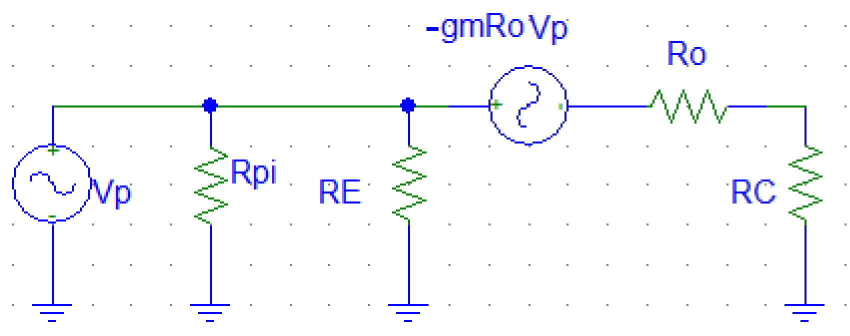
$$Ii = Vi\left(\frac{1}{RB} + \frac{1}{R\pi} - \frac{AV}{R\pi}\right)$$

$$\frac{Vi}{Ii} = Zin = \frac{1}{\frac{1}{(RB//R\pi)} - \frac{RE\left({}^{1}\!/_{R\pi} + {}^{gmRo}\!/_{(RC + Ro)}\right)}{R\pi + RE + {}^{RE.R\pi(gmRo + 1)}\!/_{(RC + Ro)}}}$$



$$V\pi = -Vp$$

Aplicamos transformaciones de fuentes



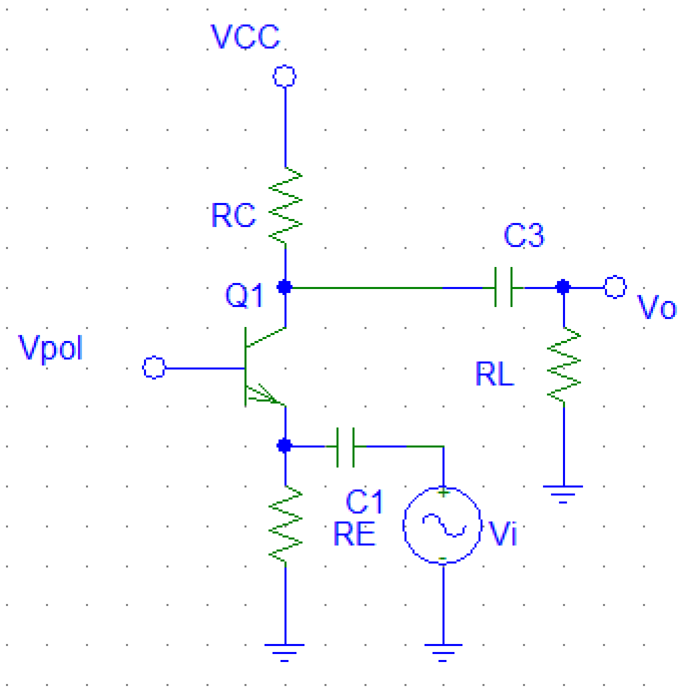
$$Ip = \frac{Vp}{R\pi} + \frac{Vp}{RE} + \frac{Vp(1+gmRo)}{Ro+RC}$$

$$Ip = Vp\left(\frac{1}{R\pi} + \frac{1}{RE} + \frac{(1+gmRo)}{Ro+RC}\right)$$

$$\frac{Vp}{Ip} = \frac{1}{\left(\frac{1}{R\pi} + \frac{1}{RE} + \frac{(1+gmRo)}{Ro+RC}\right)}$$

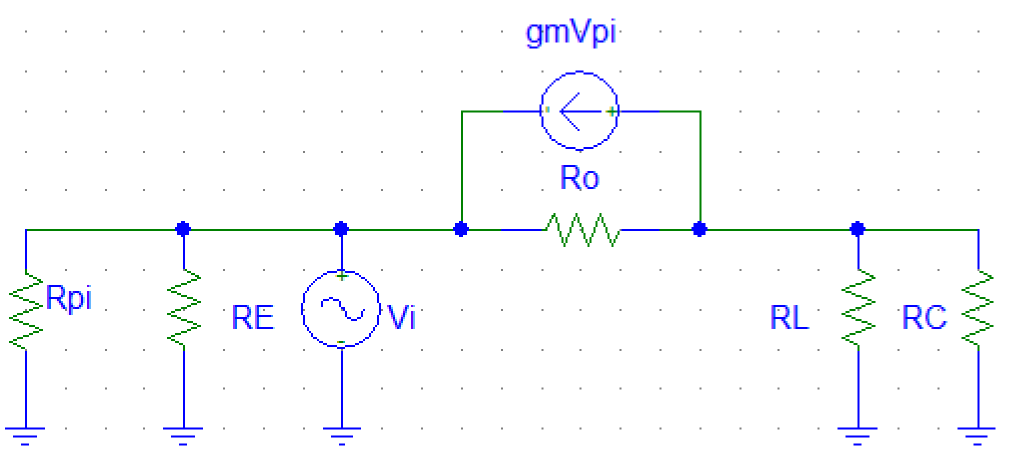
$$Zout = \frac{R\pi.RE.(Ro+RC)}{(Ro+RC)RE + (Ro+RC)R\pi + R\pi.RE(1+gmRo)}$$

21) **Determine Rin, Rout y A (Vo/Vi) para la configuración de Base Común presentada a continuación, tome vo como el voltaje sobre RL.**



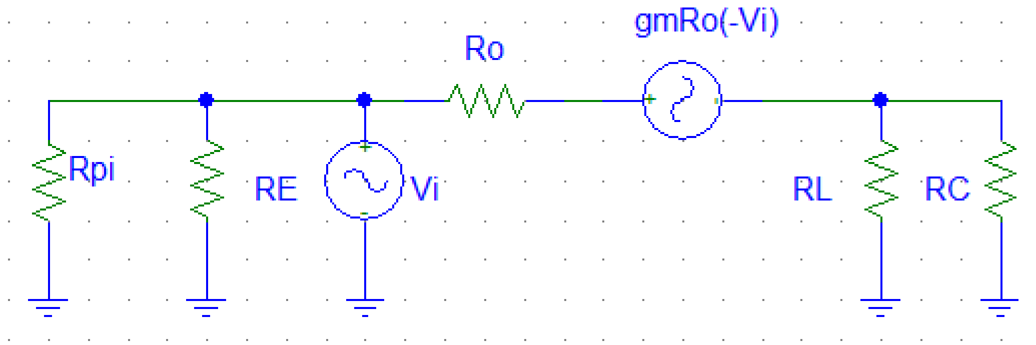
Circuito en pequeña señal

$$V\pi = -Vi$$



$$Zout = (Ro//RC//RL)$$

Aplicamos transformaciones de fuentes



$$Vi + gmViRo = Vo + \frac{VoRo}{RC//RL}$$

$$\frac{Vo}{Vi} = \frac{1 + gmRo}{1 + \dfrac{Ro}{RC//RL}}$$

$$Ii = \frac{Vi}{RE//R\pi} + Vigm$$

$$\frac{Vi}{Ii} = Zin = \frac{1}{\dfrac{1}{RE//R\pi} + gm}$$