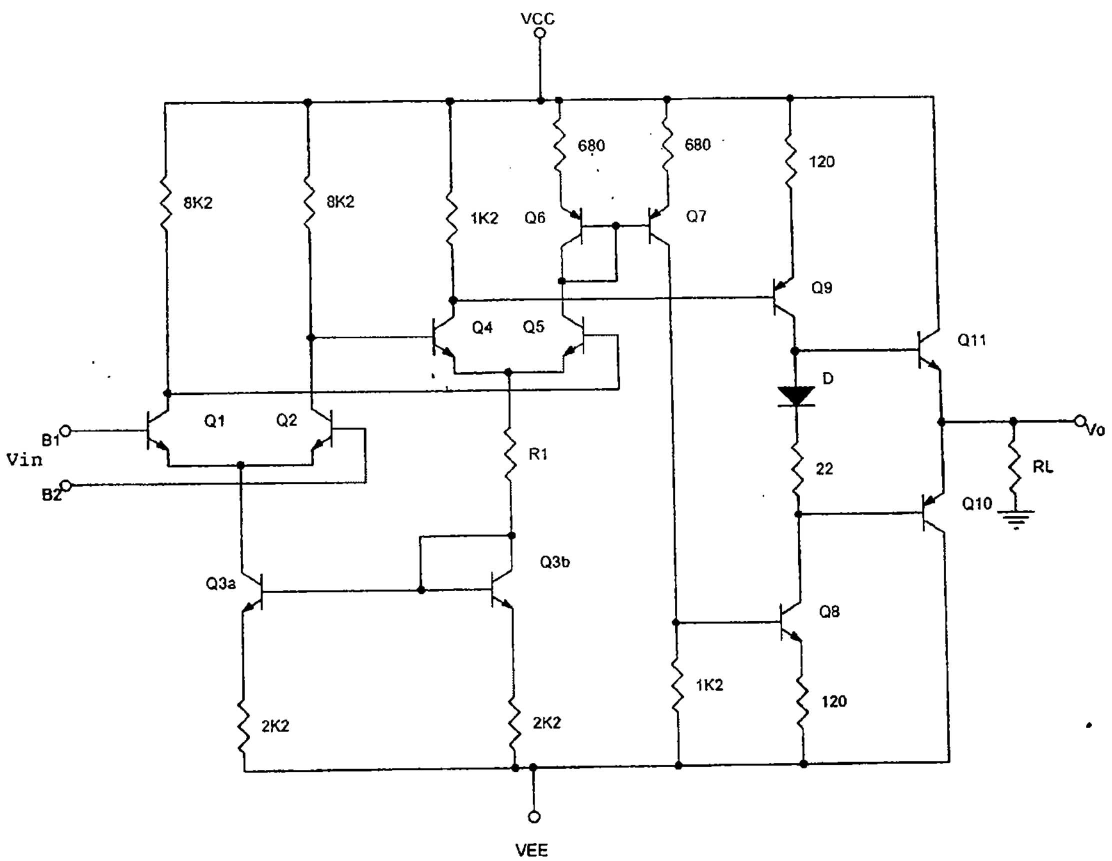
2do Parcial de Electrónica 2
3/12/2003

Resolver cada problema en hojas separadas.
Duración de la prueba: 3 horas 30 minutos.
La prueba es **sin** material.
Los puntajes de los problemas se indican sobre un total de 100 puntos.

Problema 1 : (25 puntos)

1) Indicar cuál es la entrada inversora y no inversora del amplificador. Fundamentar.
2) Determinar la mínima corriente de polarización por Q_8 y Q_9 que permita suministrar 50W a la carga sin distorsión. Calcular R1 para tener esta corriente de polarización.
3) Para el R1 calculado en 2), determinar la ganancia Vo/Vi. Dar además del resultado numérico la expresión literal de la ganancia.

Datos: $Q_1 - Q_9$ son iguales con $\beta=150$ y Q_{10} y Q_{11} tienen $\beta_{10,11}=50$
$V_{BE}=V_D=0.6V$
VCC=40V y VEE=-40V
RL=8Ω



Problema 2: (25 puntos)

En el circuito de la figura:

a) Determine R_2 y el mínimo I_{bias} que aseguren poder suministrar 4W de potencia a la carga y una tensión de 1.5V entre las bases de QN y QP.

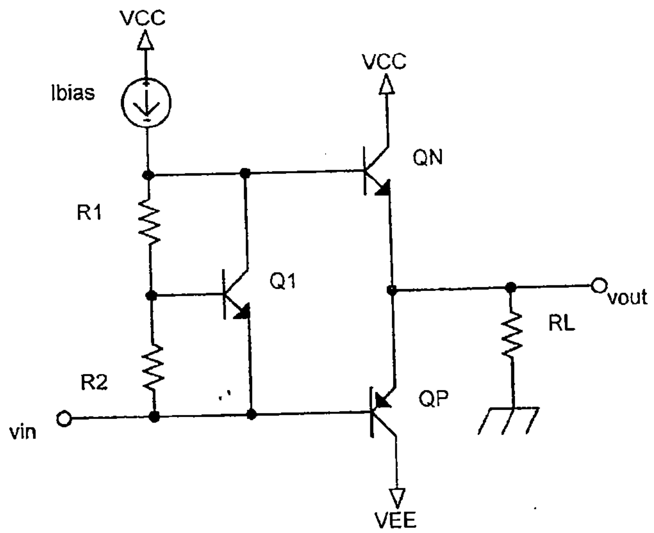
b) Determine la eficiencia de la etapa de salida cuando se suministran 4W a la carga.

c) Determine la máxima potencia que deben disipar los transistores Q_N y Q_P para cualquier potencia entregada entre 0 y 4W.

d) Determine cual es la máxima temperatura ambiente (T_{AMB}) a la que puede funcionar el circuito.

e) A cada transistor Q_N y Q_P se le coloca un disipador capaz de disipar 4mW/°C por cada cm^2 de superficie. El disipador se supondrá acoplado a través de una resistencia térmica Θ_{CS}=0.5°C/W. ¿Qué superficie debe tener cada disipador para que el circuito pueda funcionar a una temperatura ambiente máxima T_{AMB}=40°C ?.

Datos:
$V_{CC}=-V_{EE}=10V$
$R_L=8\Omega$
Q_1: $V_{BE}=0.6V$ si $I_C > 5mA$
$\beta \gg 100$
$R_1=180\Omega$
Q_N, Q_P: $V_{BE}=0.75V$, $\beta_{N,P}=50$
$T_{jMAX}=100°C$, $\Theta_{JC}=2°C/W$, $\Theta_{CA}=70°C/W$



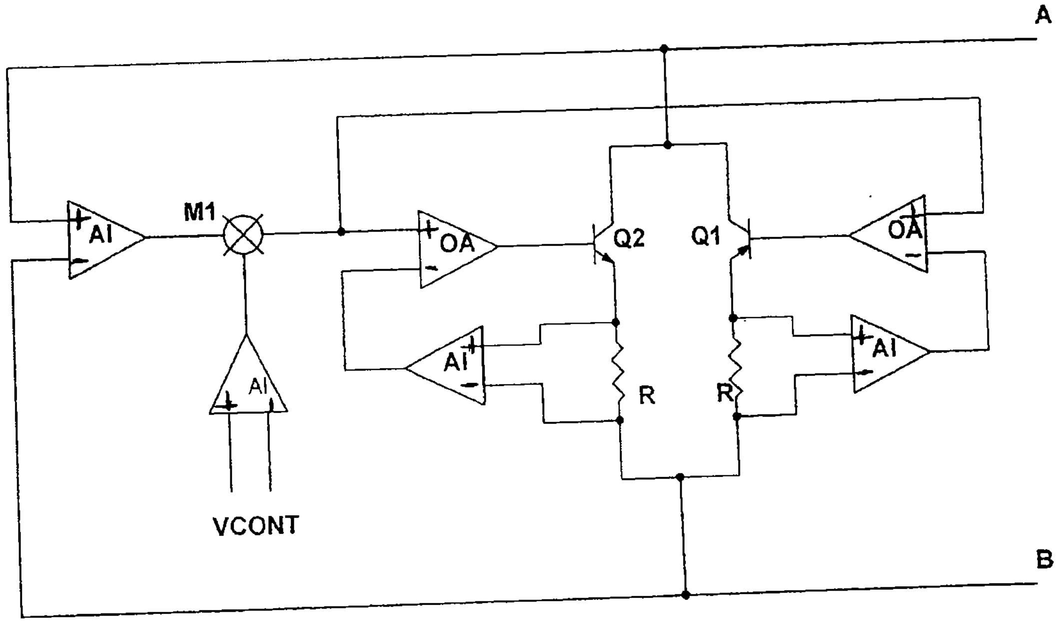
Problema 3: (30 puntos)

Se busca implementar el control de amplitud de un oscilador de puente de Wien empleando el circuito de la figura. El amplificador operacional del puente de Wien se considera ideal.

a) Analizar el funcionamiento del circuito de la figura y mostrar que el circuito se comporta como una resistencia entre los terminales A y B, controlada por la tensión Vcont. Indicar cómo es la variación de esta resistencia con Vcont. Los bloques indicados como OA son amplificadores operacionales ideales. Los bloques indicados como AI son amplificadores de instrumentación de ganancia unitaria que se considerarán ideales. El bloque M1 es un multiplicador cuya salida es una tensión igual al producto de las tensiones de entrada dividido por una tensión fija Vmult. Los transistores se supondrán tienen $V_{CESAT} \approx 0$ y $V_{BE} \approx 0$.

b) Indicar como se puede utilizar el circuito de la figura en el puente de Wien para fijar la amplitud de la oscilación , incluyendo:
   i. Una fundamentación clara de porqué la conexión elegida estabilizará la amplitud y
   ii. ¿ Cómo debe ser la dependencia de la señal de control Vcont con la señal de salida del oscilador ? ¿Con qué bloques implementaría esta dependencia ?

c) Para el circuito propuesto en la parte b) indicar cual es la amplitud de pico de la oscilación que se obtendrá.

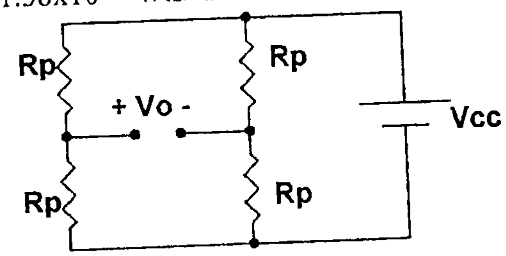


Problema 4 : (20 puntos)

Se tiene un sensor en puente resistivo como se muestra en la figura, en el que la magnitud a medir hará variar en una pequeña proporción las distintas resistencias del puente.

a) Si las resistencias Rp valen 100kΩ, ¿ cuál es la tensión de ruido eficaz a la salida Vo sobre un ancho de banda de 100kHz (considerado dado por un filtro ideal) ?
b) Si el filtrado se implementa conectando un condensador C a la salida Vo, tal que la caída de 3dB ocurra a 100kHz ¿Cuánto vale la tensión de ruido eficaz a la salida ?

k: Constante de Boltzmann = 1.38×10^{-23} W.s/°K



Problema 1

2do Parcial de El...

(1) (en señal)

si $B1>0 \Rightarrow i_{c_1}>0 \Rightarrow v_{c_1}<0 \Rightarrow i_{c_5}<0 \Rightarrow i_{c_8}<0 \Rightarrow v_o>0$ → pata no inversora.

(2) a) * $I_1 = I_2$ por el espejo

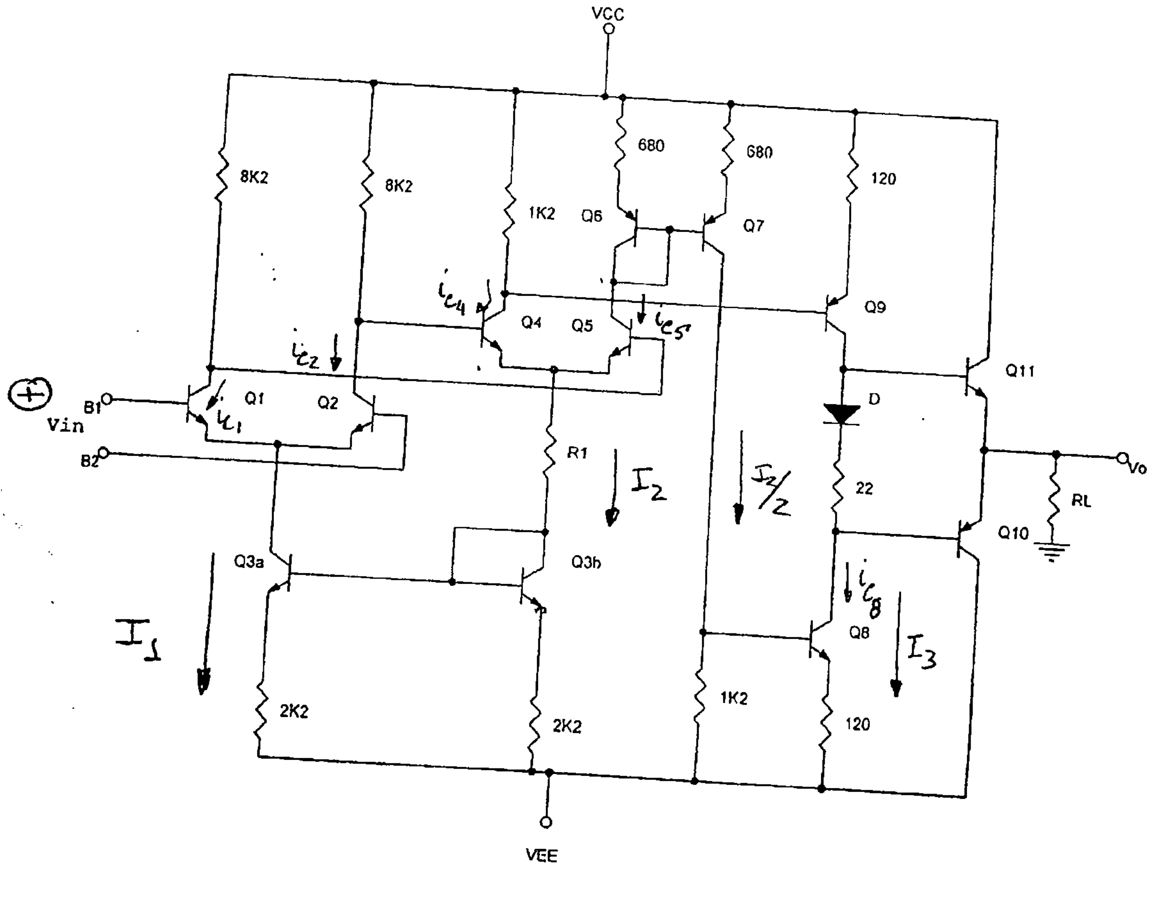
b) * $2k2\, I_2 + V_{be_{3b}} + R_1 I_2 + V_{be_4} + \frac{I_2}{2} 8k2 = V_{cc} - V_{EE} = 80V$

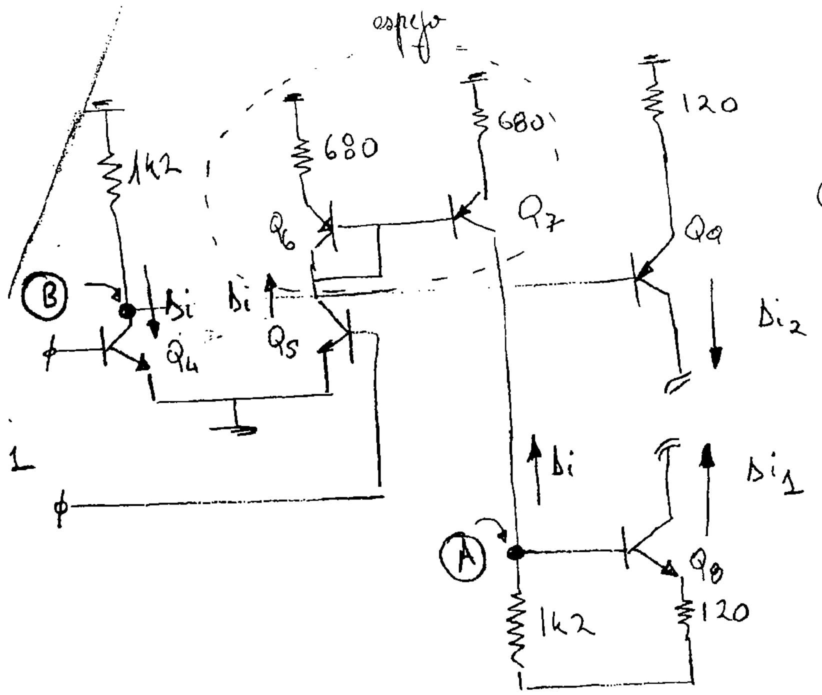
$$\Rightarrow \boxed{I_2 = \frac{78{,}8}{6k3 + R1}}$$

c) * $\frac{I_2}{2} 1k2 = I_3 120 + V_{be_8} \Rightarrow \boxed{I_3 = \frac{394}{6k3 + R1} - 5mA}$

$\frac{\hat{V}_o^2}{2R_L} = 50W \Rightarrow \hat{V}_o = 28{,}8V \Rightarrow \hat{i}_{R_L} = 3{,}5A \Rightarrow \hat{i}_{b_{Q_{11},Q_{10}}} = 70\,mA$

Hay que analizar que pasa con las corrientes.





$\underline{V_B \simeq V_A} \Rightarrow \Delta i_2 \simeq \Delta i_1$

(modulo y sentido como se muestra en la figura)

$V_A = -\Delta i \cdot 1k2 // (r_{\pi_8} + \beta 120) \simeq -\Delta i \, 1k2$

$\Rightarrow \Delta i_1 = \dfrac{-\Delta i \, 1k2}{r_{\pi_8} + \beta 120} \cdot \beta$

$\underline{' = \frac{1}{2} g_{m_4} v_1}$

Sobre la carga βR_L tenemos la suma de las dos corrientes Δi_1 y Δi_2

La minima corriente para que no corte Q_9 y Q_8 $\rightarrow$ $\dfrac{70\,mA}{2} = I_{8,9\,min} = 35\,mA$

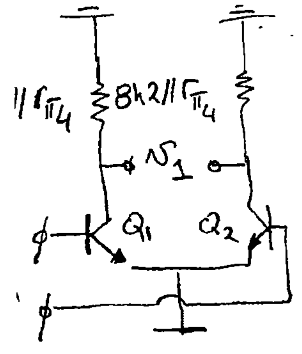
en esas condiciones $\dfrac{394}{6k3 + R1} - 5\,mA = 35\,mA \rightarrow \boxed{R1 = 3550\,\Omega}$

$I_1 = I_2 = 8\,mA \Rightarrow * \; g_{m_{1,2}} = \dfrac{I_1/2}{V_T} \simeq 153{,}8\,m\mho$

los valores de I_1, I_2 y I_3 $(R_1 = 3550\,\Omega)$ todas las corrientes de base estan correctamente despreciadas. $r_{\pi_{4,5}} = \dfrac{\beta}{g_{m_{4,5}}} = 975{,}29\,\Omega$

$* \; g_{m_{4,5}} = g_{m_{1,2}} \Rightarrow$

$* \; g_{m_{9,8}} = I_3/V_T = 1{,}35\,\mho \rightarrow r_{\pi_{8,9}} = 111{,}43\,\Omega$



$\Rightarrow \dfrac{v_1}{v_{iM}} = g_{m_1} \underbrace{(8k2 // r_{\pi_4})}_{871{,}62\,\Omega} \simeq \underline{134{,}06\ V/V}$ y $\underline{\Delta i_1 = -9{,}9\,\Delta i}$

despues $\rightarrow V_o = R_L(\Delta i_1 + \Delta i_2)\beta_{11} = 2R_L \Delta i_1 \beta_{11} = -2R_L \cdot \beta_{11} \cdot 9{,}9\,\Delta i = -2R_L \beta_{11}\, 9{,}9\, \frac{1}{2} g_{m_4} v_1$

$\Rightarrow \dfrac{v_o}{v_{iM}} = -R_L \beta_{11} \cdot 9{,}9\, g_{m_4} \cdot 134{,}06\ V/V \rightarrow \boxed{\dfrac{v_o}{v_{iM}} \simeq -81649\ V/V}$

Ejercicio 2

a) $V_{BB} = \left(1 + R_1/R_2\right) V_{BE}$

$\frac{R_1}{R_2} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{V_{BE}} = \frac{0,9}{0,6} = 1,5$

$R_2 = \frac{180\ \Omega}{1,5} = \underline{120\ \Omega}$ //

$I_{C_3}|_{min} = 5\,mA \quad , \quad I_{R_2} = \frac{0,6\,V}{120\ \Omega} = 5\,mA$

$P_L = \frac{1}{2}\hat{I}_L^2 R_L \rightarrow \hat{I}_L = \sqrt{\frac{2P_L}{R_L}} = 1\,A$

$\rightarrow I_{BN}|_{max} = \hat{I}_L/\beta_N = 20\,mA$

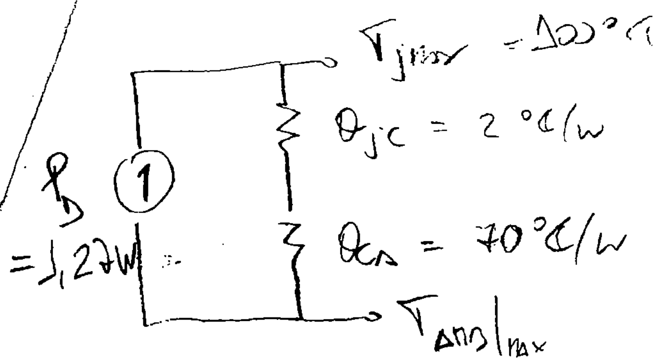
$\rightarrow I_{bias}|_{min} = I_{R_2} + I_{C_3}|_{min} + I_{BN}|_{max} = \underline{30\,mA}$ //

(b) $\eta = \frac{P_S}{P_L} \qquad P_{S+} = P_{S-} = \frac{1}{\pi}\hat{I}_L V_{CC} = 3,18\,W$

$\rightarrow P_S = 6,37\,W$

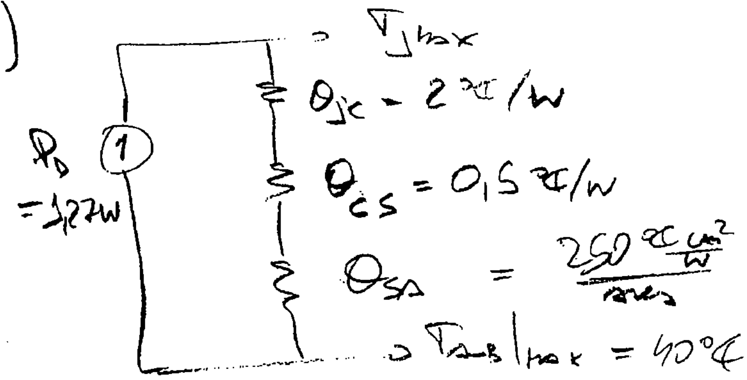
$\rightarrow \eta = \frac{P_L}{P_S} = \underline{62,8\,\%}$ //

$P_{D_N}|_{max} = P_{D_P}|_{max} = \frac{V_{CC}^2}{\pi^2 R_L} = 1,27\,W$



$$T_{amb}|_{max} = T_{jmax} - (\theta_{jc} + \theta_{cA})\, P_D = 8,56\ °C$$

(d)

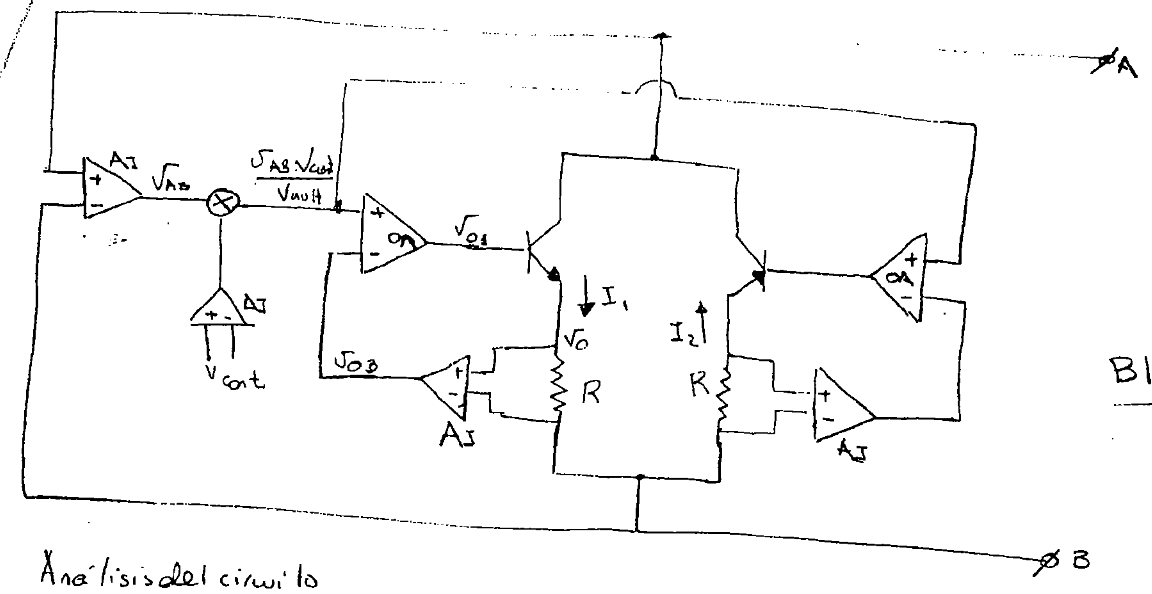


$$\Rightarrow T_{jmax} - T_{amb}|_{max} = \left(\theta_{jc} + \theta_{cs} + \frac{\theta_{SA}}{area}\right) P_D$$

$$\frac{T_j - T_a}{P_D} = \theta_{jc} + \theta_{cs} + \frac{\theta_{SA}}{area} \Rightarrow area = \frac{\overset{250\ °C\ cm^2/W}{\overset{\shortparallel}{\theta_{SA}}}}{\underbrace{\frac{T_j - T_a}{P_D} - \theta_{jc} - \theta_{cs}}_{44,7\ °C/W}}$$

$$\Rightarrow area = 5,59\ cm^2$$

blema 3



Bloque

Análisis del circuito

$$v_{oB} = v_{AB} \cdot \frac{V_{cont}}{V_{mult}} \quad \text{op ideal}$$

$$\frac{v_{oB}}{R} = I_1 \quad V_{BE} \approx 0$$

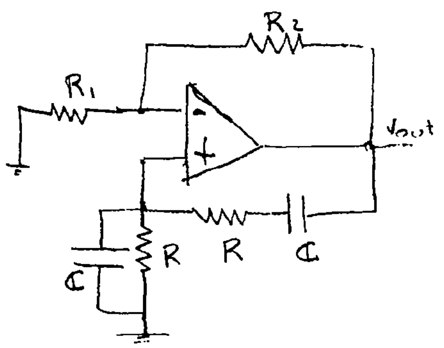
$$I_1 = \begin{cases} v_{AB} \dfrac{V_{cont}}{V_{mult}} \dfrac{1}{R} & \text{si } v_{AB} \geq 0 \quad (V_{CEsat} \approx 0) \\ 0 & \text{si } v_{AB} \leq 0 \end{cases}$$

Considerando que $\begin{vmatrix} V_{cont} > 0 \\ V_{mult} > 0 \end{vmatrix}$ siempre $\begin{cases} \text{si } v_{AB} > 0 \Rightarrow I_{AB} = I_1 \text{ e } I_2 = 0 \\ \text{si } v_{AB} < 0 \Rightarrow I_{AB} = I_2 \text{ e } I_1 = 0 \end{cases}$

$$\left(|I_2| = |v_{AB}| \frac{V_{cont}}{V_{mult}} \frac{1}{R} \right)$$

$$\Rightarrow \boxed{I_{AB} = v_{AB} \cdot \frac{V_{cont}}{V_{mult}} \frac{1}{R}} \Rightarrow R_{AB} = \frac{v_{AB}}{I_{AB}} = \frac{R \cdot V_{mult}}{V_{cont}} \quad (1)$$

b) Puente de Wien.



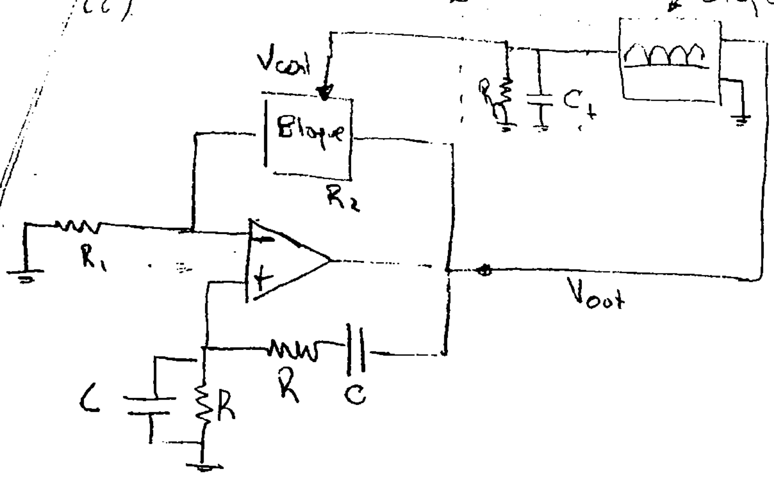
Para que el circuito oscile se debe cumplir que $\dfrac{R_2}{R_1} = 2$

Para que el circuito arranque $\dfrac{R_2}{R_1} > 2$ (2)

Se considera que V_{cont} es proporcional a $\hat{V_{out}}$. Además en este oscilador el voltaje $\hat{V_{out}}$ es muy pequeño en $t = 0$ y luego aumenta, entonces de (1) $R_{AB}(t=0) > R_{AB}(t)$. Además debe cumplirse (2). Entonces R_2 debe ser sustituida por el bloque.

ii)

Filtro pasabajos



$\Rightarrow V_{cont} \propto \hat{V_{out}} \Rightarrow V_{cont} = \frac{2}{\pi}\hat{V_{out}}$ (3)

c). Se debe cumplir que $\frac{R_2}{R_1} = 2$ en régimen (de (2)).

Entonces $\frac{R \cdot V_{mult}}{V_{cont}} \cdot \frac{1}{R_1} = 2$ (de (1))

De (3) $V_{cont} = \frac{2}{\pi} \cdot \hat{V_{out}} \Rightarrow \frac{R \cdot V_{mult}}{2R_1} = \frac{2}{\pi} \cdot \hat{V_{out}}$

$\Rightarrow \boxed{\hat{V_{out}} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{R_1}{R} \cdot V_{mult}}$

Rafaella Fiorella

2do parcial electrónica 2, 2005

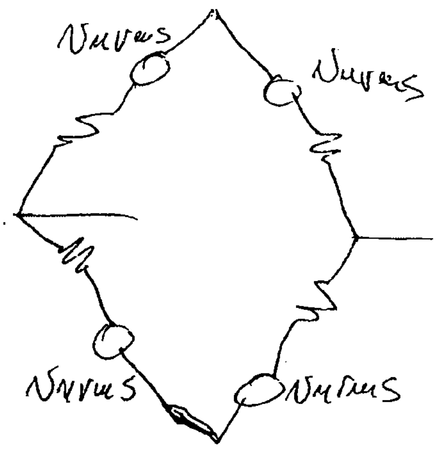
Problema 4:

a) El ruido rms aportado por una resistencia R_p es:

$$V_{nrms} = \sqrt{4kTR\Delta f} = \sqrt{4 \times 1.38e{-23} \times 300 \times 100e3 \times 100e3}$$
$$= 12.9\mu V_{rms}$$

Si se superponen las fuentes de ruido de las cuatro resistencias se tiene, teniendo en cuenta el efecto del divisor resistivo sobre 2 en cada rama:

$$V_{orms} = \sqrt{4\cdot\left(\frac{V_{nrms}}{2}\right)^2} = V_{nrms}$$



Este resultado se podía también obtener considerando el equivalente Thevenin del puente que da una resistencia de salida igual a R_p y por tanto el ruido debe ser igual al de una resistencia R_p.

b) Se puede calcular $V_{orms}^2 = \int_0^{+\infty} S_n(f)\cdot|H(f)|^2\,df$.

Pero más fácil, sabiendo que $V_{orms}^2 = \frac{kT}{C}$.

y $C = \frac{1}{2\pi \cdot 100k \cdot R} \rightarrow C = 15.9pF$

$$\Rightarrow V_{orms} = \sqrt{\frac{kT}{C}} = 16\mu V_{rms}$$