



50700338

1/10

**Examen de Electrónica 1**  
**23 de julio de 2002**

Resolver cada problema en hojas separadas.

Duración de la prueba: 3 horas 30 minutos.

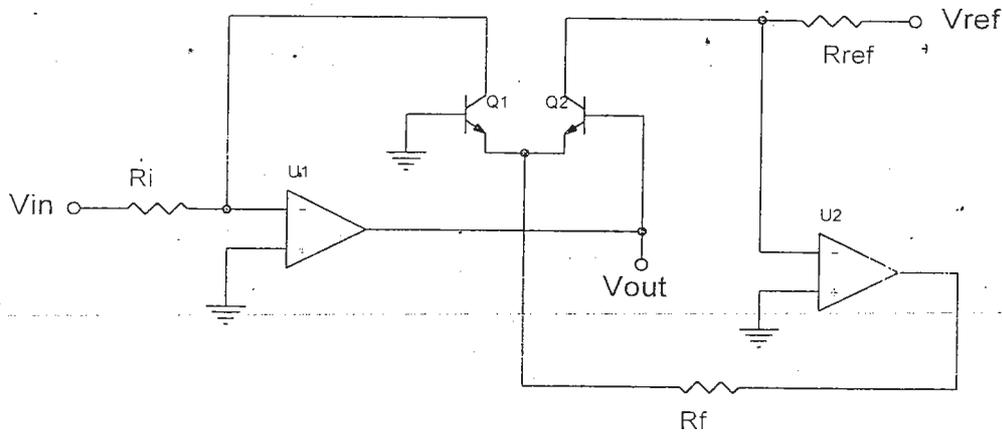
La prueba es sin material.

Los puntajes de los problemas se indican sobre un total de 100 puntos.

**Problema 1 (37 puntos):**

Para el circuito de la figura, considerando los operacionales ideales:

- Hallar que condición debe cumplir  $V_{in}$  para que  $Q1$  no corte.
- Hallar la expresión de la función  $V_{out}(V_{in})$  cuando ambos transistores operan en la zona activa.
- ¿Cómo cambia el resultado de b) si los operacionales tienen tensión de offset  $V_{off}$  y corrientes de polarización  $I_{bias}$ ?



**Problema 2 (37 puntos):**

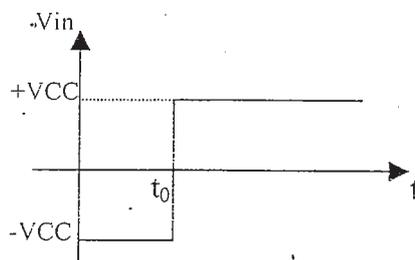
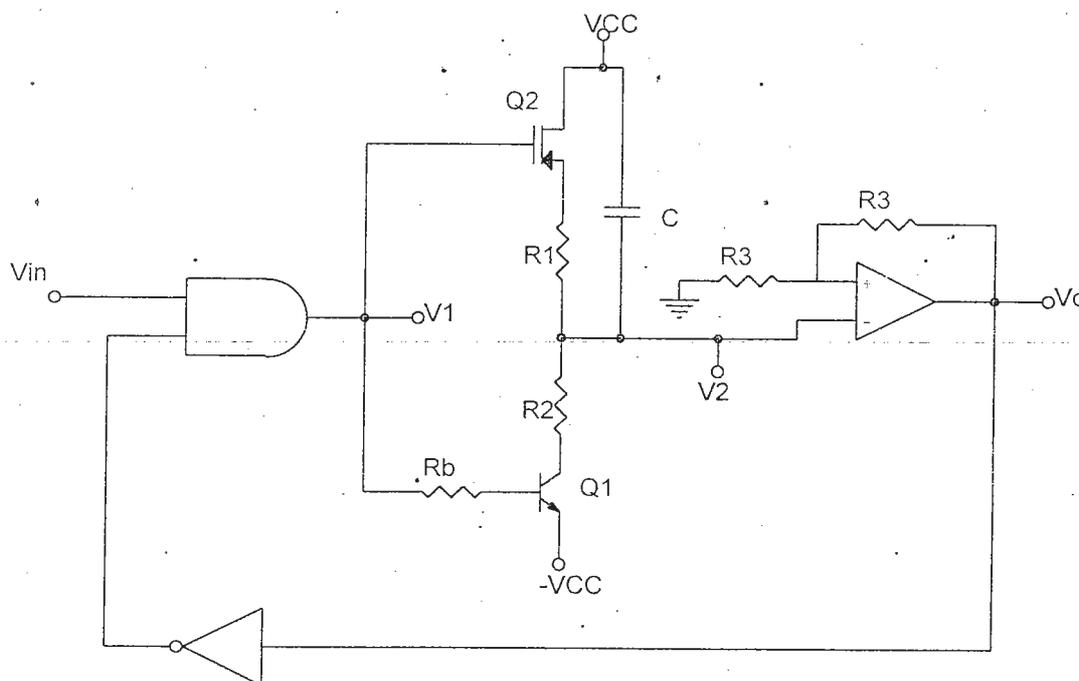
a) Graficar las formas de onda en V1, V2 y Vo si la entrada Vin varía como se indica en la figura. Indicar los valores de todas las tensiones y tiempos relevantes en la gráfica.

Se supondrá:

- que el transistor Q1 (bipolar) trabaja entre corte y saturación y que su tensión VCESAT es despreciable frente a las tensiones de alimentación.
- que el transistor Q2 (MOSFET) es tal que su Ron cuando VSG = 10V es despreciable frente a R1.

Todos los componentes están alimentados entre +Vcc y -Vcc. Las compuertas lógicas tienen VOH = Vcc y VOL = -Vcc.

b) Dar la condición que debe cumplir RB para que se cumpla la hipótesis hecha en la parte a) de que Q1 trabaja entre corte y saturación.



21

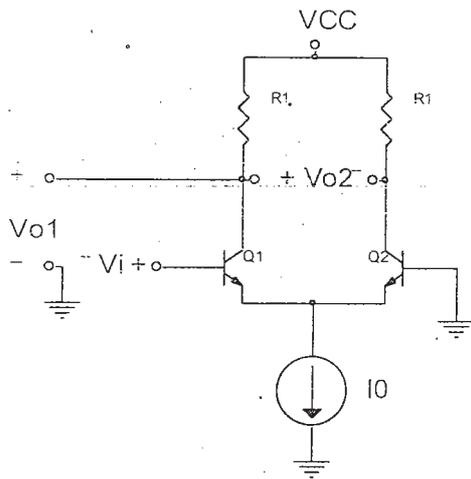
3/10

**Pregunta (26 puntos):**

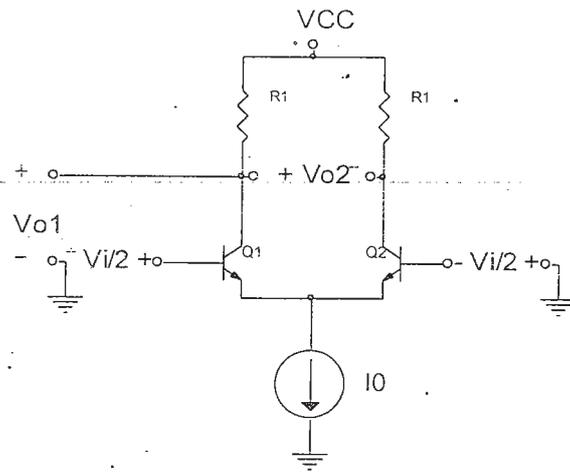
Para los pares diferenciales de la figura, denominaremos **Ase** a la ganancia cuando se toma la salida en forma "single ended" en  $V_{o1}$  y denominaremos **Adif** a la ganancia cuando se toma la salida en forma diferencial en  $V_{o2}$ . Se desea analizar la cuando ambas configuraciones son equivalentes a los efectos de calcular cada una de estas ganancias en función de si la fuente de corriente  $I_0$  es o no ideal. Se despreciará el efecto Early de los transistores  $Q_1$  y  $Q_2$ .

Se pide indicar en la tabla que se muestra, si la ganancia calculada con el circuito A coincide con la calculada con el circuito B en cada caso. Fundamentar claramente la respuesta (de completarse solamente la tabla sin fundamentación el problema no tendrá valor)

Circ. A equivalente a Circ. B ?	$I_0$ ideal ( $R_{out} = \infty$ )	$I_0$ no ideal ( $R_{out} \neq \infty$ )
Ase		
Adif		



**Circuito A**



**Circuito B**

Problems I

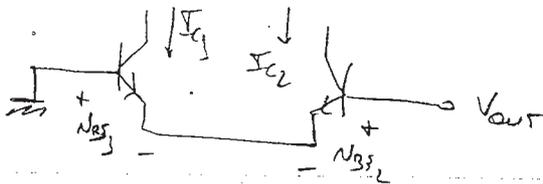
(a)  $Q_1$  no work  $\Rightarrow I_{C1} > 0$

sup- $\Rightarrow U_1$  e zero linear  $\Rightarrow I_{C1} = \frac{V_{in}}{R_i}$

$\Rightarrow \boxed{V_{in} \geq 0}$

(b) sup- $\Rightarrow U_2$  e 2. linear  $\Rightarrow I_{C2} = \frac{V_{out}}{R_{out}} = I_{ref}$

$I_C = I_S e^{\frac{N_{BE}}{2V_T}}$



$V_{out} = N_{BS2} - N_{BS1}$

$N_{BS1} = \eta V_T \ln\left(\frac{I_{C1}}{I_S}\right) = \eta V_T \ln\left(\frac{V_{in}}{I_S R_i}\right)$

$N_{BS2} = \eta V_T \ln\left(\frac{I_{ref}}{I_S}\right) = \eta V_T \ln\left(\frac{V_{ref}}{I_S R_{ref}}\right)$

$\Rightarrow \boxed{V_{out} = \eta V_T \ln\left(\frac{R_{ref} V_{in}}{R_i V_{ref}}\right)}$

Nota:  $U_1$  y  $U_2$  están e zona ACTIVA si  $V_{B1}(=V_{out}) < V_{B2}$

están entre  $+V_{cc}$  y  $-V_{cc}$ . En el problema se considera ese caso

$U_1$   $|V_{out}| < V_{cc}$

$\Rightarrow \left| \eta V_T \ln\left(\frac{R_{ref} V_{in}}{R_i V_{ref}}\right) \right| < V_{cc}$

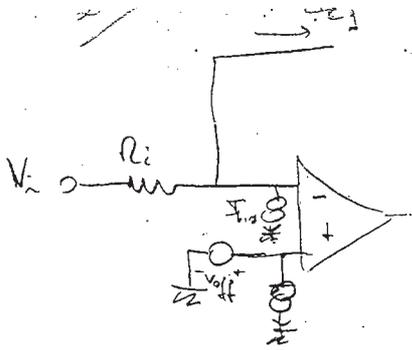
$\Rightarrow \frac{V_{ref}}{R_{ref}} e^{-\frac{V_{cc}}{\eta V_T}} < V_{in} < \frac{R_i V_{ref}}{R_{ref}} e^{\frac{V_{cc}}{\eta V_T}}$

$U_2$

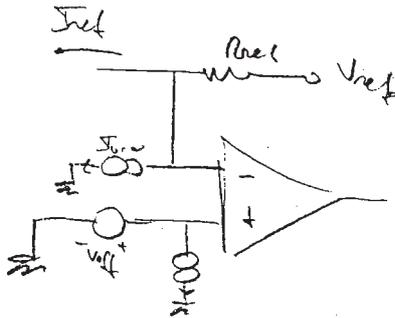
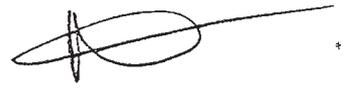
$V_{B2} < 0 \Rightarrow V_{B2} > -1.5$

$-N_{BS1} - R_{ref} \left( \frac{V_{ref}}{R_{ref}} + \frac{V_{in}}{R_i} \right) > -1.5$

$\Rightarrow \frac{V_{in}}{R_i} < +\frac{1.5}{R_{ref}} - \frac{V_{ref}}{R_{ref}}$



$$I_{D1} = \frac{V_{in} - V_{off}}{R_{in}} - I_{bias}$$



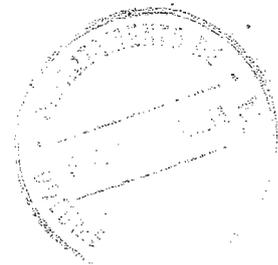
$$I_{ref} = \frac{V_{ref} - V_{off}}{R_{ref}} - I_{bias}$$

$$N_{BS1} = n V_T \ln \left( \frac{V_i - V_{off}}{R_{in} I_S} - \frac{I_{bias}}{I_S} \right)$$

$$N_{BS2} = n V_T \ln \left( \frac{V_{ref} - V_{off}}{R_{ref} I_S} - \frac{I_{bias}}{I_S} \right)$$

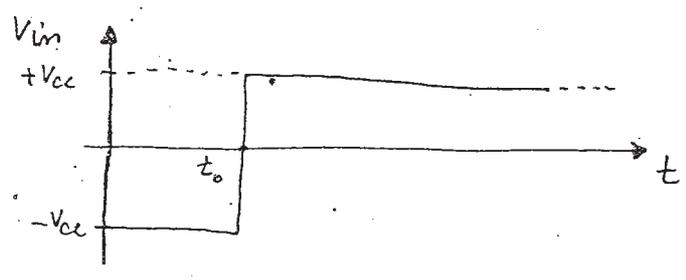
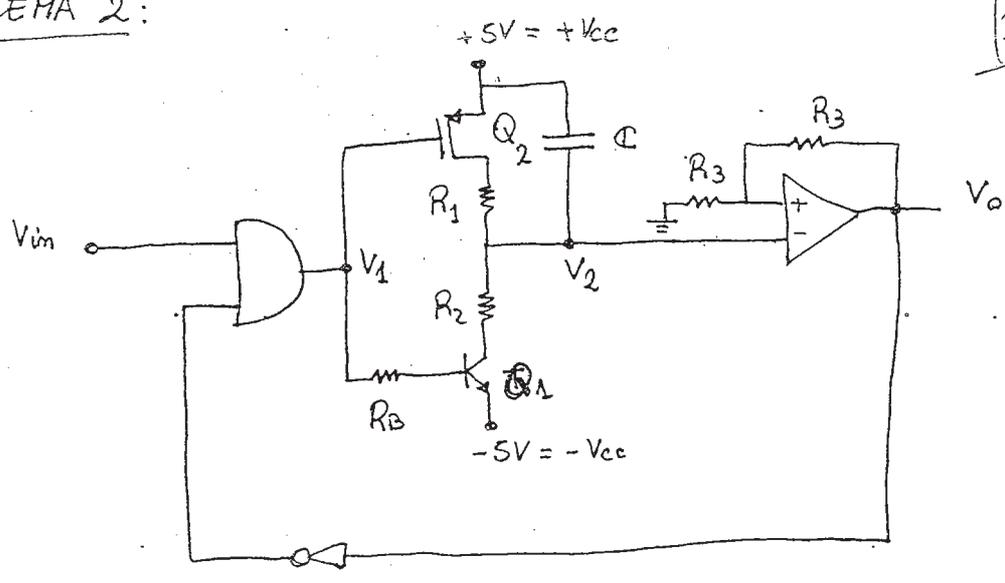
$$\Rightarrow V_{out} = n V_T \ln \left( \frac{R_{ref}}{R_i} \times \frac{V_i - V_{off} - I_{bias} R_i}{V_{ref} - V_{off} - I_{bias} R_{ref}} \right)$$

$$\left( V_{out} = n V_T \ln \left( \frac{R_{ref}}{R_i} \times \frac{V_{in} - V_{en1}}{V_{ref} - V_{en2}} \right) \right) \quad \left| \quad \begin{aligned} V_{en1} &= V_{off} + I_{bias} R_i \\ V_{en2} &= V_{off} + I_{bias} R_{ref} \end{aligned} \right.$$

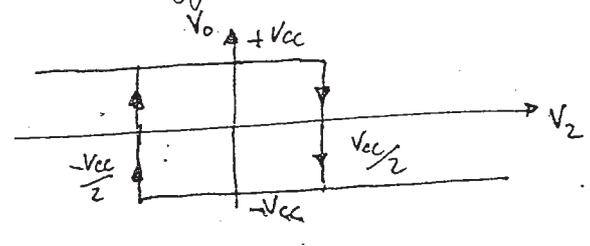


PROBLEMA 2:

Reservado



a) El circuito con el operacional realimentado positivamente es un trigger cuyo característica es:



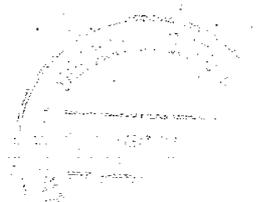
inicialmente  $V_{in} = -V_{cc} \Rightarrow V_1 = -V_{cc}$  impuesto por la compuerta AND.

$\Rightarrow Q_1$  cortado y  $Q_2$  conduce.  $\Rightarrow V_2 = +V_{cc} \Rightarrow V_o = -V_{cc}$

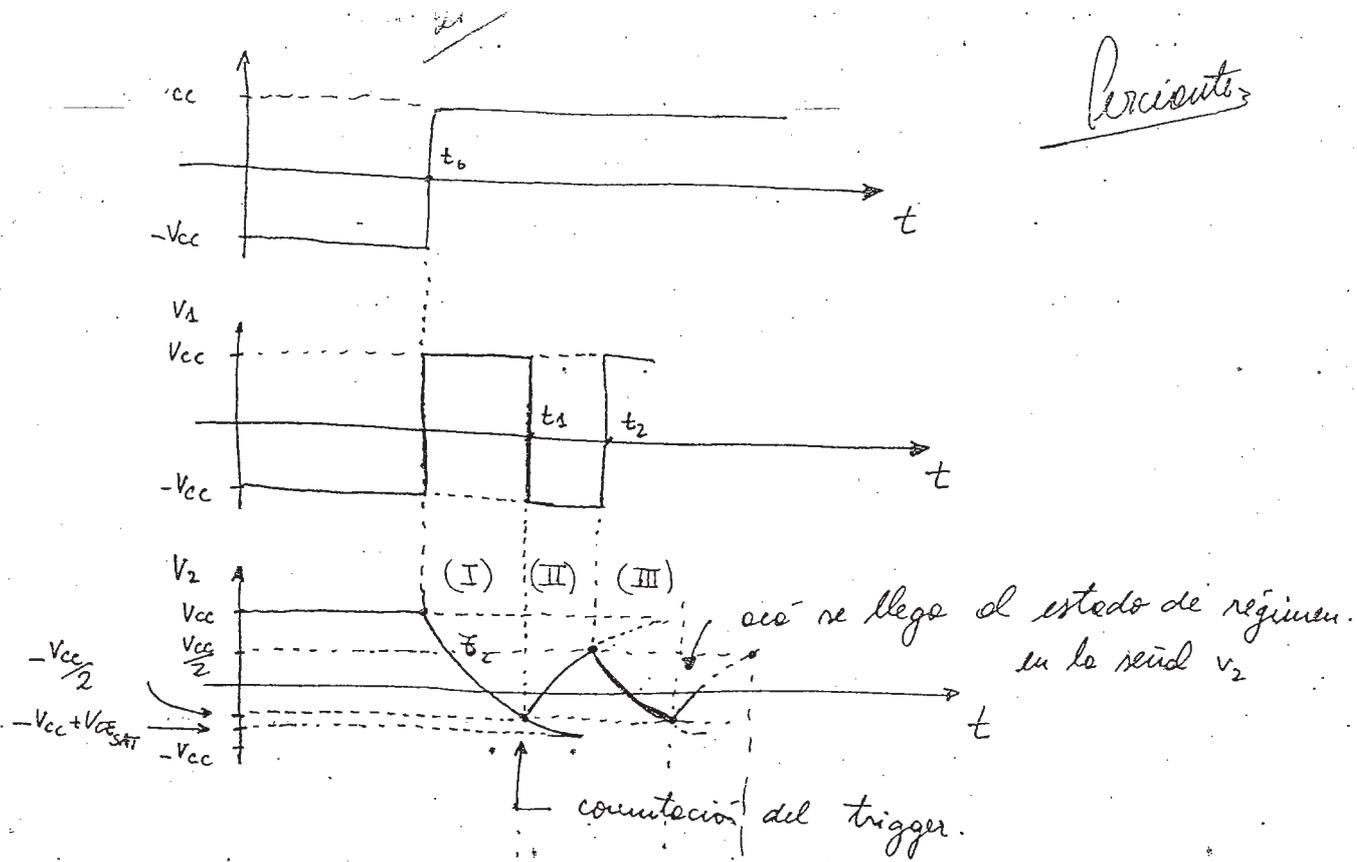
y la salida del inversor es  $+V_{cc}$ .

cuando cambia  $V_{in}$  en  $t_0$ ,  $V_1$  también cambia a  $+V_{cc}$

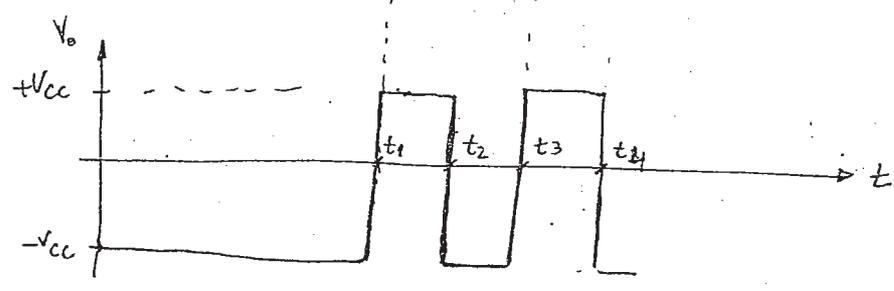
$\Rightarrow$  satura  $Q_1$  y corta  $Q_2 \Rightarrow C$  comienza a cargarse a través de  $R_2$



Pericicuto



- \*  $-V_{cc} + V_{CE_{SAT}}$  es la tension de regimen de  $V_2(t)$  cuando el condensador se carga.
- \* para la subida el valor de regimen es  $+V_{cc}$



en general, la carga de un condensador a través de una resistencia se puede expresar como  $V(t) = V_{final} + e^{-\frac{(t-t_0)}{\tau}} \cdot (V_{inicial} - V_{final})$

en (I)  $V_2(t) = V_{fI} + e^{-\frac{(t-t_0)}{\tau_2}} \cdot (V_{cc} - V_{fI}) \Rightarrow V_2(t_1) = -\frac{V_{cc}}{2}$

con  $V_{fI} = -V_{cc} + V_{CE_{SAT}}$  y  $\tau_2 = R_2 C$



$$V_{CC} + V_{CE_{SAT}} + e^{-\frac{U_{D0}}{\tau_2}} (2V_{CC} - V_{CE_{SAT}}) = -\frac{V_{CC}}{2}$$

procedente

en  $\Delta T_0 = t_1 - t_0$

$$\Rightarrow t_1 = t_0 + \tau_2 \ln \left( \frac{4V_{CC} - 2V_{CE_{SAT}}}{V_{CC} - 2V_{CE_{SAT}}} \right)$$

en (II)  $V_2(t) = V_{CC} + e^{-\left(\frac{t-t_1}{\tau_1}\right)} \left( -\frac{V_{CC}}{2} - V_{CC} \right) \Rightarrow V_2(t_2) = \frac{V_{CC}}{2}$

$$\Delta T_1 = t_2 - t_1 \Rightarrow -\frac{3}{2} V_{CC} e^{-\frac{\Delta T_1}{\tau_1}} = -\frac{V_{CC}}{2} \Rightarrow \Delta T_1 = \tau_1 \ln(3)$$

$$\tau_1 = R_1 C$$

$$t_2 = t_1 + \tau_1 \ln(3)$$

en (III)  $V_3(t) = -V_{CC} + V_{CE_{SAT}} + e^{-\frac{\Delta T_2}{\tau_2}} \left( \frac{V_{CC}}{2} + V_{CC} - V_{CE_{SAT}} \right) = -\frac{V_{CC}}{2}$

$$\Delta T_2 = t_3 - t_2$$

$$t_3 = t_2 + \tau_2 \ln \left( \frac{3V_{CC} - 2V_{CE_{SAT}}}{V_{CC} - 2V_{CE_{SAT}}} \right)$$

si se desprecia  $V_{CE_{SAT}} \Rightarrow t_{subida} = \tau_1 \ln(3)$

$$t_{bajada} = \tau_2 \ln(3)$$

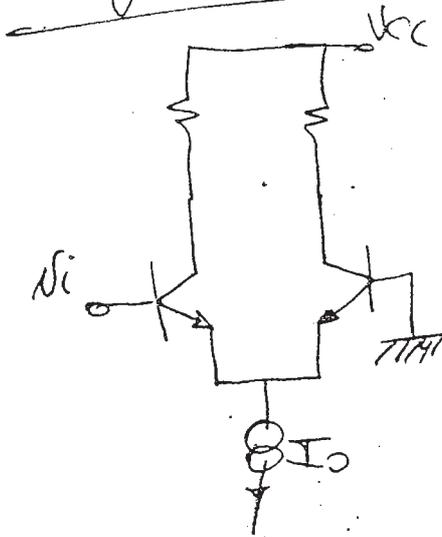
el período

$$T = (\tau_1 + \tau_2) \ln(3) = C(R_1 + R_2) \ln(3)$$

b) en régimen, la corriente máxima por  $Q_1$  será

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_2} - \frac{(-V_{CC} + V_{CE_{SAT}})}{R_2} \approx \frac{3V_{CC}}{2R_2} \Rightarrow I_B > \frac{3V_{CC}}{2\beta R_2} \Rightarrow R_B < \frac{2V_{CC} - V_{BE}}{I_{B_{min}}}$$

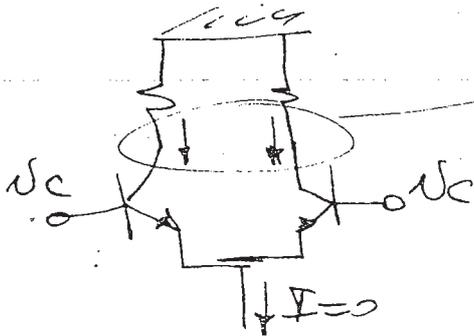
Pregunta:



Componente  
señal diferencial:  $\pm v_i/2$   
Componente  
modo común:  $v_i/2$

⇒ es equivalente al circuito con solo señal diferencial  $\pm v_i/2 \Leftrightarrow$  la ganancia en modo común es 0.

⇒ (I) si la fuente es ideal ⇒ AC: en señal:



corrientes en señal  
= 0

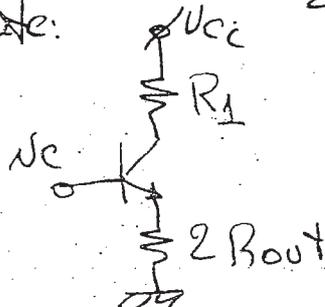
⇒ AC (ganancia en modo común)

es 0 tanto para salida

simple ended como diferencial → circ. A es equivalente a circ. B.

(II) si la fuente de corriente no es ideal  
⇒ AC se (ganancia modo común, salida simple ended)  $\approx \frac{-R_A}{2R_{out}}$

↳ circ. equivalente:



⇒ circ. A no es equivalente a circ. B

21

10/10  
②

Pregunta: Electrónica I, 7/2002

Gerencia en modo común, salida diferencial:

$$A_{cdif} = 0 \text{ (por simetría)}$$

$\Rightarrow$  circ. A equiv. a circ. B.

A equiv. a B!	$I_0$ ideal	$I_0$ no ideal
$A_{se}$	SI	NO
$A_{dif}$	SI	SI

*[Handwritten signature]*

