



1161

**EXAMEN DE ELECTRONICA 1**  
**02/08/06**

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 (40 ptos)**

- a) En el circuito de la Figura 1 determine la tensión  $V_P$ . Para ello suponga que los transistores están en zona activa.
- b) Determine la ganancia  $v_o/v_{in}$  del circuito de la Figura 2 en función de  $R$ ,  $R_C$  y  $n$
- c) Determine el rango de entrada en modo común del amplificador de la Figura 2.

Para todo el problema asuma conocidos los parámetros usuales de los transistores y  $\beta \gg n+1$ .

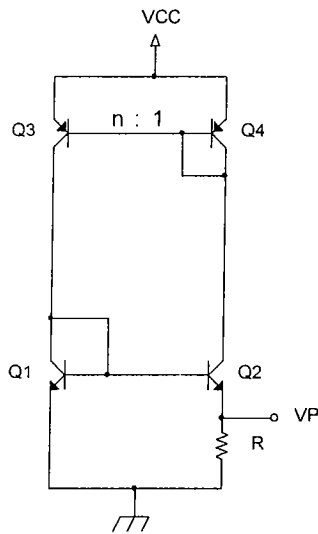


Figura 1

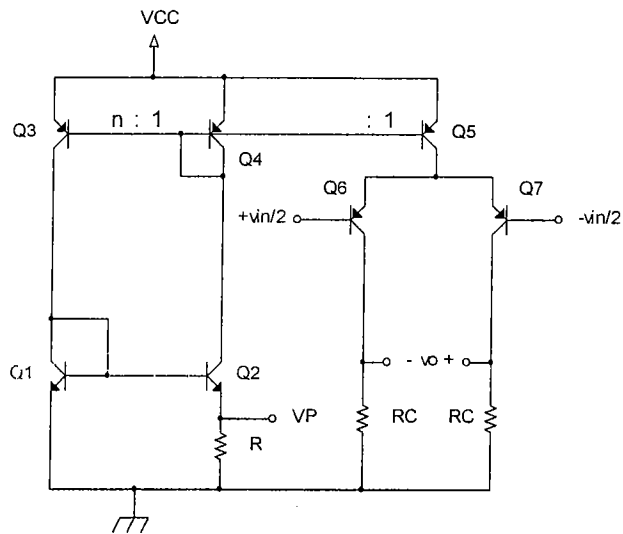


Figura 2

**PROBLEMA 2 (40 ptos)**

- a) Se implementa una llave con un transistor MOS como se muestra en la Fig. 1, la cuál se opera con una tensión entre 0 y  $V_{DD}$  en el gate. Deducir la máxima tensión  $V_{sw}$  que podemos tener a la entrada de la llave para que la misma opere correctamente. Dar el resultado analítico y el resultado numérico para los datos que se indican al final.
- b) Si se desea que la resistencia de la llave sea menor o igual a  $10\Omega$ , indicar cuál es la máxima tensión  $V_{sw}$  que podemos aplicar en este caso.
- c) Usando la llave de la Fig. 1 se implementa el integrador con reset de la Fig. 2. Si el amplificador operacional tiene los datos que se indican al final, se supone que la tensión de entrada a integrar  $V_i = V_{ref} - 1V$  y se desea que la llave opere en las condiciones de la parte b), determinar:
  - i) Si luego de descargar el condensador, el integrador integra durante 0.5miliseg., determinar en que rango puede estar  $V_{ref}$ .



- ii) Si  $V_{ref}$  vale 2V, calcular el máximo tiempo que puedo integrar luego de descargar el condensador con la llave.

$V_{DD} = 5V$

Transistor MOS:  $V_{t0} = 1V$ ,  $\delta = 0.3$ ,  $\beta = 100mA/V^2$

$R=1K$ ,  $C=1\mu F$ ,

Operacional: Rango de modo común de entrada: 1V a 4V, Excursión a la salida (output swing): 0.5V a 4.5V

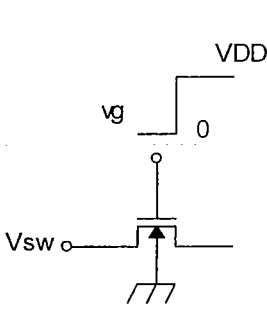


Figura 1

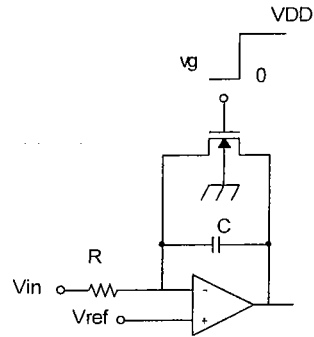


Figura 2

**PREGUNTA (20 ptos)**

El par diferencial de la Figura 1 amplifica la señal de salida de un sensor representada por  $V_{sensor}$ . Entre la tierra del par diferencial y la tierra del sensor hay un ruido representado en la Figura 1 como  $V_{ruido}$ . Para evitar amplificar la señal de ruido se utiliza la configuración que se muestra. Se desea analizar la influencia del apareo de los transistores  $Q1$  y  $Q2$  y de la resistencia de salida  $R_{out}$  de la fuente de corriente  $I_0$  en la anulación de la señal de ruido. La salida del par diferencial se puede ver en forma “single-ended” en  $V_{o1}$  o en forma diferencial en  $V_{o2}$ . Indique en las dos tablas que se muestran los casos en que la señal de ruido es anulada (con un “SI”) y los casos en que no lo es (con un “NO”). Fundamente claramente sus respuestas (de completarse solamente las tablas sin fundamentación el problema no tendrá valor). Se supondrá que la tensión de Early de  $Q1$  y  $Q2$  es  $\infty$ .

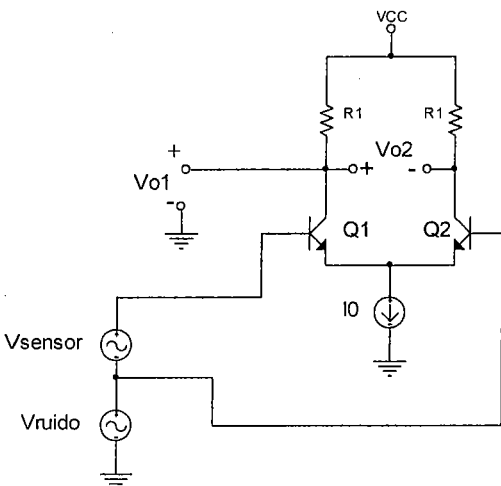


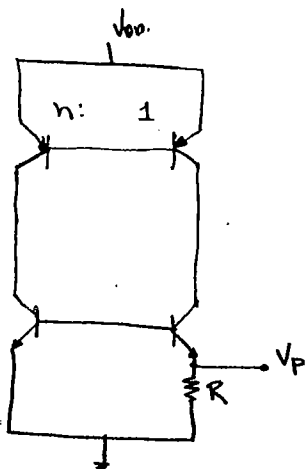
Figura 1

$V_{o1}$	$I_0$ ideal ( $R_{out} = \infty$ )	$I_0$ real ( $R_{out} \neq \infty$ )
$Q1 \equiv Q2$		
$Q1 \neq Q2$		

$V_{o2}$	$I_0$ ideal ( $R_{out} = \infty$ )	$I_0$ real ( $R_{out} \neq \infty$ )
$Q1 \equiv Q2$		
$Q1 \neq Q2$		

Problema 1

a)



$$V_{BE1} = V_{BE2} + V_P \rightarrow V_{BE1} - V_{BE2} = V_P$$

$$I_{Q3} = n I_{Q4}$$

$$I_{Q3} = I_{Q1}$$

$$I_{Q1} = I_{Q2}$$

$$I_{Q1} = n I_{Q2}$$

$$I_{Q1} = I_s \cdot e^{V_{BE1}/V_T}$$

$$\rightarrow V_{BE1} = V_T \cdot \ln(I_{Q1}/I_s)$$

$$I_{Q2} = I_s \cdot e^{V_{BE2}/V_T}$$

$$\rightarrow V_{BE2} = V_T \cdot \ln(I_{Q2}/I_s)$$

Entonces 
$$V_P = V_T \left[ \ln(I_{Q1}/I_s) - \ln(I_{Q2}/I_s) \right] = V_T \cdot \ln(I_{Q1}/I_{Q2})$$

Así 
$$V_P = V_T \cdot \ln(n)$$

b)

$$I_{Q1} = I_{Q3}$$

$$I_{Q1} = \frac{V_P}{R} = \frac{V_T \cdot \ln(n)}{R}$$

$$\frac{V_0}{V_{in}} = R_c \cdot g_m = R_c \cdot \frac{I_c}{V_T} = \frac{R_c}{V_T} \cdot \frac{I_{Q3}}{2}$$

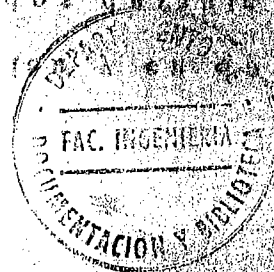
$$\frac{V_0}{V_{in}} = \frac{R_c \cdot \ln(n)}{2R}$$

c)

$$V_{cm} + V_{BE} - \frac{I_{Q3} \cdot R_c}{2} \geq V_{CEsat} \Rightarrow V_{cm} \geq V_{CEsat} + \frac{R_c \cdot V_T \cdot \ln(n)}{2R} - V_{BE}$$

$$V_{cc} - V_{cm} - V_{BE} \geq V_{CEsat}$$

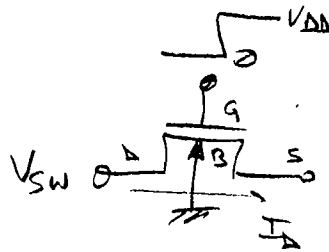
$$\Rightarrow V_{cm} \leq V_{cc} - V_{BE} - V_{CEsat}$$



Freddy

Problema (2)

(a)



Para que funcione, el MOS NO DEBE entrar en corte

→ COND. de corte:  $V_{GS} > V_t = V_{t0} + \delta V_s$

→  $V_G > V_{t0} + (\delta + 1)V_s$

em régimen:  $V_G = V_{DD}$   
 $V_s = V_D = V_{sw}$

→	$V_{sw} < \frac{V_{DD} - V_{t0}}{\delta + 1}$
	$V_{sw} < 3,08 V$

(b)

$$R_{mos} = \frac{1}{\beta(V_{GS} - V_t)} = \frac{1}{\beta(V_G - V_{t0} - (\delta + 1)V_s)} \leq 10 \Omega$$

→  $10 \Omega \times \beta \times (V_{DD} - V_{t0} - (\delta + 1)V_{sw}) \geq 1$

$$V_{DD} - V_{t0} \geq \frac{1}{10 \Omega \beta} + (\delta + 1)V_{sw}$$

$\frac{1}{10 \Omega \beta} = 1V$

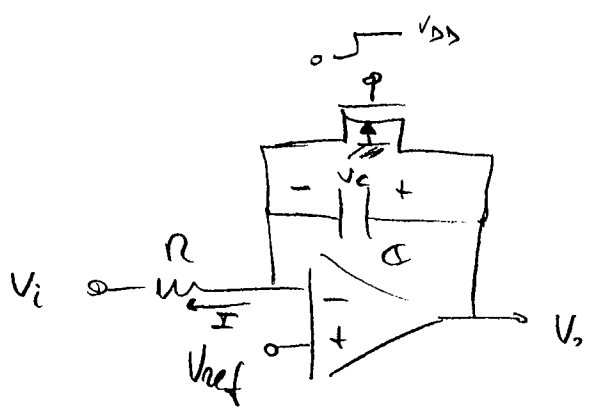
→  $V_{sw} \leq \frac{V_{DD} - V_{t0} - 1V}{\delta + 1}$

→	$V_{sw} \leq 2,31 V$
---	----------------------



EXAMEN  
ELECTRONICA I  
AGO / 2006

(c)



(i)  $T = 0,5 \text{ ms}$

$$I = \frac{V_{ref} - V_c}{R} = 1 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow V_c = \frac{I}{C} \times T = 0,5 \text{ V}$$

CONDICION x' el POS (p.(b))  
 $V_{ref} \leq 2,3 \text{ V}$   
+ restrictiva

OSW:  $V_o = V_{ref} + V_c \leq OSW_{max}$

$$\Rightarrow V_{ref} \leq 4,5 \text{ V} - 0,5 \text{ V} \Rightarrow V_{ref} \leq 4 \text{ V} \quad \times$$

$I_{CNR} : V_{ref} \leq I_{CNR_{max}} \Rightarrow V_{ref} \leq 4 \text{ V} \quad \times$

$V_{ref}$  minimo:

OSW:  $V_{ref} > OSW_{min} = 0,5 \text{ V}$

$I_{CNR} : V_{ref} > I_{CNR_{min}} = 1 \text{ V} \quad \leftarrow + \text{ restrictiva}$

(ii)  $V_{ref} = 2 \text{ V}$

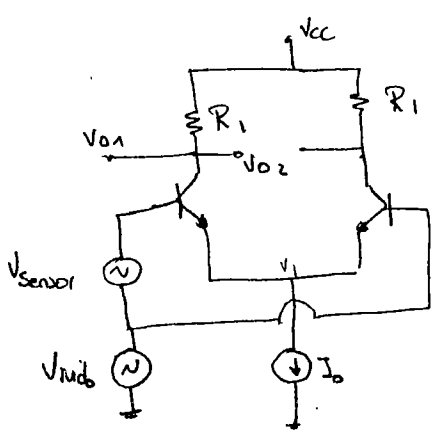
$$V_o = V_{ref} + \frac{I}{C} T \leq OSW_{max} = 4,5 \text{ V}$$

$$T_{max} = (OSW_{max} - V_{ref}) \frac{C}{I}$$

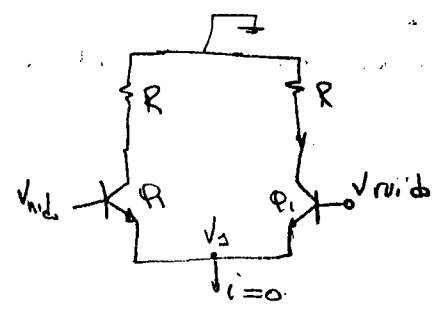
$$\Rightarrow T_{max} = 2,5 \text{ ms}$$



Pregunta

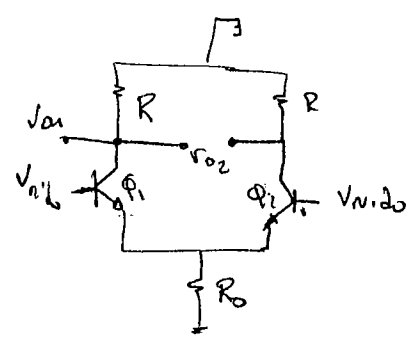


Io ideal:

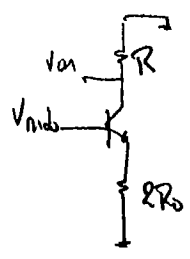


No hay conexión x los transistores  $Q_1, Q_2$   
 no importa si esta o parecidos o no  
 $\Rightarrow$  se cancela la señal de ruido tanto  
 en  $V_{oa1}$  como en  $V_{oa2}$

Io real:



Para  $V_{oa1}$ :



$$\rightarrow V_{oa1} = \frac{-R\beta_1 V_{nido}}{r_{\pi} + (\beta_1 + 1)2R_0}$$

Para  $V_{oa2}$ :

Si  $Q_1 = Q_2 \rightarrow \beta_1 = \beta_2, r_{\pi 1} = r_{\pi 2} \rightarrow$  la señal de ruido se cancela  
 Si  $Q_1 \neq Q_2 \rightarrow \beta_1 \neq \beta_2 \rightarrow$  la señal de ruido no se cancela

Enlaces:

$V_{oa1}$	Io ideal	Io real
$Q_1 = Q_2$	SI	NO
$Q_1 \neq Q_2$	SI	NO

$V_{oa2}$	Io ideal	Io real
$Q_1 = Q_2$	SI	SI
$Q_1 \neq Q_2$	SI	NO

*Fuelli*