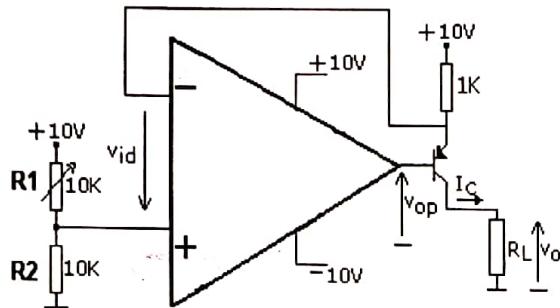


APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nro. de HOJAS	Corrección
			T N		

- ✓ 1. El OPAMP tiene una etapa de entrada diferencial MOS, con  $A_{vd} = v_{op}/v_{id} = 10^4$ .  $\beta = 100$ ;  $R_L = 100\Omega$



a) Obtener el valor de  $I_{cq}$ . ¿Qué función cumple el TBJ en este circuito? ¿Entre qué valores puede variar  $R_1$  manteniendo el TBJ en MAD?

b) Analizar el lazo de realimentación entre el TBJ y la entrada del OPAMP. ¿Es positiva o negativa?. Justificar. ¿Qué muestrea y qué suma?. Identificar los distintos bloques que conforman el sistema realimentado ( $A_0$ ,  $k_f$ , generador y carga).

✓ 2.- FES: Fuente Espejo Simple – PD: Par Diferencial.

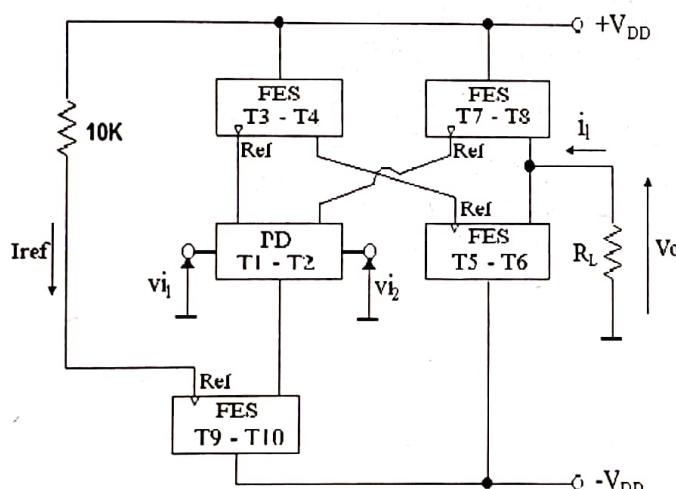
Todos TBJs.

$V_{DD} = 5 \text{ V}$ ;  $R_L = 10 \text{ K}\Omega$

NPN:  $V_A = 100 \text{ V}$ ;  $\beta = 200$ ;  $r_x = 100 \Omega$ ;  $f_T = 200 \text{ MHz}$ ;  $C_\mu = 2 \text{ pF}$

PNP:  $V_A = 50 \text{ V}$ ;  $\beta = 50$ ;  $r_x = 100 \Omega$ ;  $f_T = 200 \text{ MHz}$ ;  $C_\mu = 2 \text{ pF}$

- a) Para  $v_{i1} = v_{i2} = 0$ , hallar todas las tensiones y corrientes de reposo, incluyendo  $I_{LQ}$ . ¿Con qué error máximo se puede despreciar la corrección de las  $I_{cq}$  por efecto Early en este circuito?



- b) Hallar las expresiones y valor de:

$$b_1) Gm_d = i_1 / v_{id} \mid v_o=0$$

b<sub>2</sub>)  $Gm_c = i_1 / v_{ic} \mid v_o=0$ , teniendo en cuenta las corrientes de base en la copia de las FES.

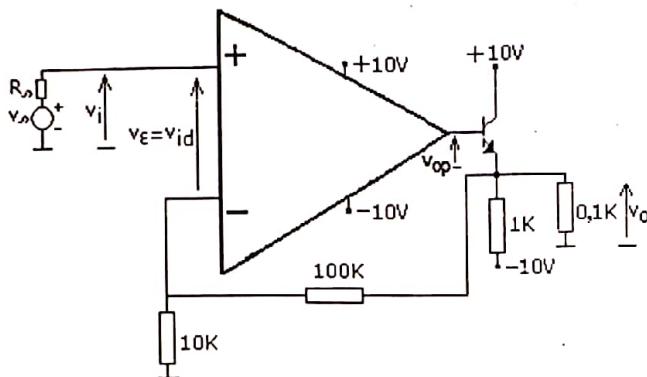
Definir y obtener la RRMC.

c) Definir y hallar el valor de la  $V_{offset}$  para un despareamiento entre  $I_{s1}$  e  $I_{s2}$  del 3%.

d) Justificar *cuantitativamente* cuál será el nodo potencialmente dominante en la respuesta en alta frecuencia para  $A_{vd}$  y  $A_{vc}$ .

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nro. de HOJAS	Corrección
			T	N	

1. El OPAMP tiene entrada diferencial MOSFET, con  $A_{vd} = v_{op}/v_{id} = 10^4$ .  $\beta = 100$



a) Obtener el valor de  $V_{oq}$ . ¿Qué función cumple el TBJ en este circuito?

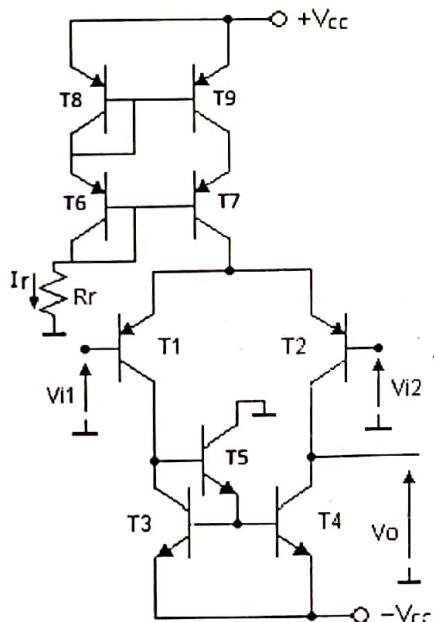
b) Analizar el lazo de realimentación entre la carga y la entrada del OPAMP. ¿Es positiva o negativa?. Justificar. ¿Qué muestrea y qué suma?. Identificar los distintos bloques que conforman el sistema realimentado ( $A_o$ ,  $k_f$ , generador y carga)

c) ¿Cuál es el valor de la ganancia de lazo  $A_{okf} = T$  para este circuito?

De acuerdo con esto, ¿cuál es el valor aproximado de  $A_v = v_o/v_i$ ?

✓ 2.- Los transistores se encuentran apareados

( $\beta = 100$  ;  $V_A = 100$  V ;  $f_T = 200$  MHz ;  $C_\mu = 1$  pF ;  $i_X \approx 0$  ;  $|V_{CC}| = 10$  V ;  $R_r = 10$  kΩ).



a) Justificar cualitativamente:

- El valor de la tensión de salida  $V_o$  del amplificador en reposo ( $V_{oq}$ ).
- ¿Cómo influye en el valor de la RRMC el polarizar con una fuente cascode en lugar de una espejo simple?.
- ¿Cómo influye en el balance de corrientes la carga T3-T4-T5, en lugar de una espejo simple?

b) Obtener el valor de la corriente de offset  $I_{off}$  si existe un despareamiento  $\delta < 5\%$  entre  $\beta_1$  y  $\beta_2$ .

c) Calcular el rango de tensión de modo común.

d) Obtener el valor de la constante de tiempo asociada al terminal de salida. Justificar cualitativamente si puede considerarse dominante para la respuesta en alta frecuencia de  $A_{vd}$  o debe analizarse otra constante de tiempo potencialmente importante.

# p/Fotocopia

66.08 - 86.06

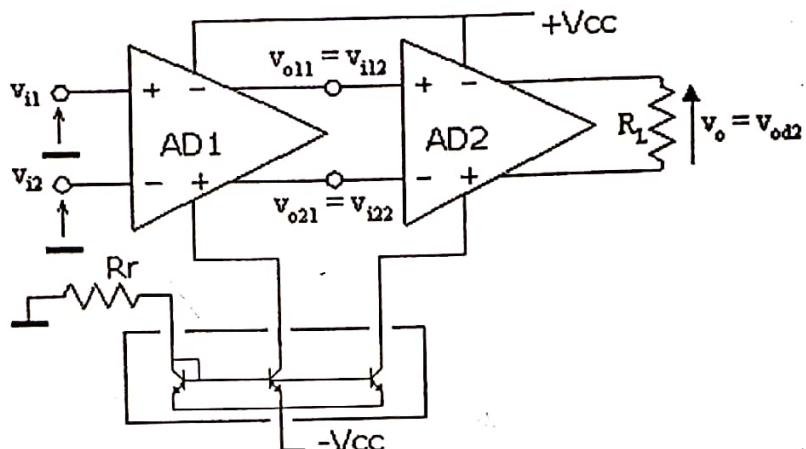
Evaluación Integradora 1/18- cuarta fecha - 25/7/18

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº de hojas	Corrección
			T	N	

$|V_{CC}| = 5V ; R_L = 100 K\Omega ; R_r = 4,3K\Omega$

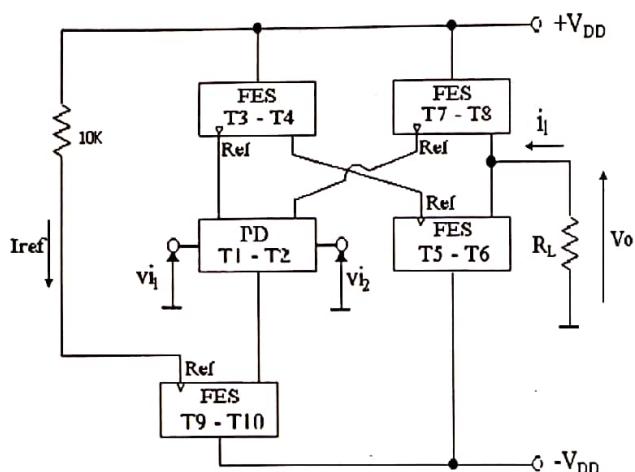
AD1: Par diferencial NPN  $T_1=T_2$  con  $R_{C1} = R_{C2} = 6K\Omega$

AD2: Par diferencial NPN  $T_3=T_4$  con  $R_{C3} = R_{C4} = 3K\Omega$



- Dibujar el circuito implementado con TBJs idénticos y obtener las tensiones y corrientes de reposo. ( $\beta = 400$ ;  $r_x = 100 \Omega$ ;  $f_T = 200 \text{ MHz}$ ;  $C_\mu = 1 \text{ pF}$ ;  $V_A = 120 \text{ V}$ )
- Calcular  $Av_{dd} = v_o/v_{id}$ . ¿Cómo influye AD2 en la carga de AD1 para la señal diferencial de entrada  $v_{id} = v_{i1} - v_{i2}$ ? Justificar el valor que tendría  $Av_{dc} = v_o/v_{id}$  y por qué dependerá fuertemente de los desapareamientos de los AD y de la  $R_o$  de la fuente de corriente.
- Justificar cualitativamente cuál o cuáles serán los nodos potencialmente dominantes en alta frecuencia y calcular  $f_h$ . Trazar el Bode aproximado de módulo y argumento.
- Si  $v_{id}$  corresponde a una señal cuadrada de  $\pm 0,1 \text{ mV}$  y frecuencia  $f_h/2$ , dibujar la correspondiente  $v_o = f(t)$  en régimen permanente, indicando valores extremos y medio.
- Si en ambos AD existe un desapareamiento entre las  $I_S$  del 2%, calcular la  $V_{offset}$  total.
- Analizar cualitativamente cómo variarán todos los valores calculados si el circuito se implementa con MOSFETs de canal inducido (admitir, si fuese necesario, valores típicos de sus parámetros para este análisis).

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nro. de HOJAS	Corrección
			T N		



**FES:** Fuente Espejo Simple – **PD:** Par Diferencial.

Todos TBJs.

$$V_{DD} = 5 \text{ V} ; R_L = 10 \text{ k}\Omega$$

$$\text{NPN: } V_A = 100 \text{ V} ; \beta = 200 ; r_x = 100 \text{ }\Omega$$

$$\text{PNP: } V_A = 50 \text{ V} ; \beta = 50 ; r_x = 100 \text{ }\Omega$$

**2.-** Dibujar el circuito de un par acoplado por source con PMOSFET inducidos ( $T_1-T_2$ ), polarizado mediante una fuente espejo simple con MOSFET ( $T_5-T_6$ ), de  $R_{ref}$  conocida y carga activa espejo simple, también con MOSFET ( $T_3-T_4$ ), alimentado todo entre  $\pm V_{DD}$  de valor conocido. **Los transistores se encuentran apareados** y se conocen todos sus parámetros.

**Justificar cualitativamente :**

**a)** La expresión de la tensión de salida simple  $V_{oQ}$  del amplificador, en función de  $V_{DD}$  y la corriente de reposo de los transistores del par diferencial.

**b)** ¿ $T_3-T_4$  pueden ser JFETs? ¿y  $T_5-T_6$ ?

**1. a)** Para  $v_{i1} = v_{i2} = 0$ , hallar todas las tensiones y corrientes de reposo, incluyendo  $I_{LQ}$ . ¿Con qué error máximo se puede despreciar la corrección de  $I_{CQ}$  por efecto Early en este circuito?

**b)** Hallar las expresiones y valor de:

$$b_1) Gm_d = i_1 / v_{id} |_{v_o=0}$$

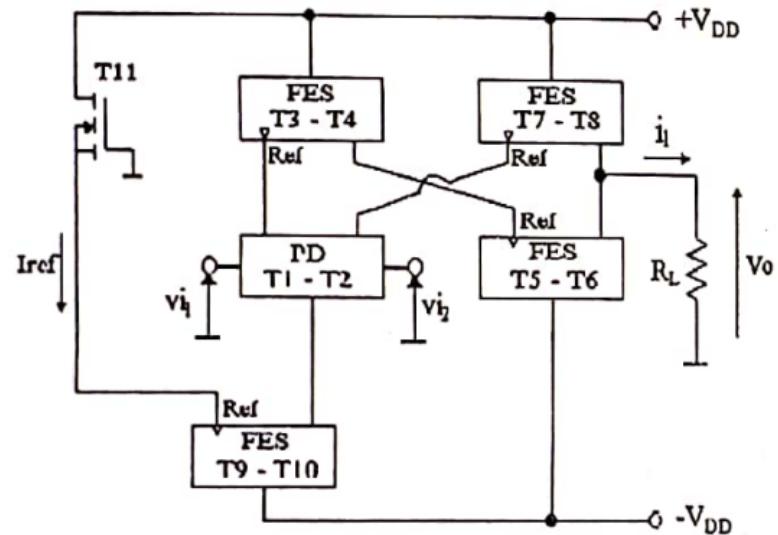
$$b_2) Gm_c = i_1 / v_{ic} |_{v_o=0}, \text{ teniendo en cuenta las corrientes de base en la copia de las FES.}$$

**Definir** y obtener la RRMC.

**c)** **Definir** y hallar el valor de la  $V_{offset}$  para un despareamiento entre  $I_{S1}$  e  $I_{S2}$  del 2%.

**d)** Justificar **cualitativamente** cuál será el nodo potencialmente dominante en la respuesta en alta frecuencia de  $A_{vd}$  y  $A_{vc}$ .

**2 - a)** Para  $v_{i1} = v_{i2} = 0$ , hallar todas las tensiones y corrientes de reposo del circuito, incluyendo  $I_{LQ}$ . Despreciar la corrección de  $I_{DQ}$  por el  $\lambda$ .



**b)** Hallar las expresiones y valor de:

$$Gm_d = i_l / v_{id} \mid_{v_o=0}$$

$$Gm_c = i_l / v_{ic} \mid_{v_o=0}.$$

Definir y hallar la expresión de la  $R_o$  vista por la carga. Obtener su valor. Definir y obtener  $A_{vd} = v_o / v_{id}$ .

**c)** Definir y hallar el rango de tensión de modo común.

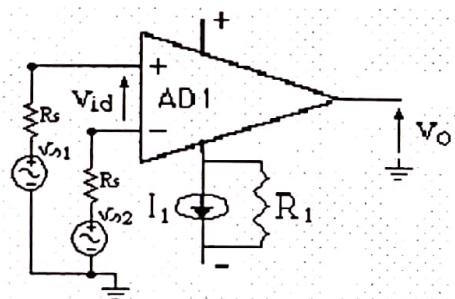
**FES:** Fuente Espejo Simple – **PD:** Par Diferencial. Todos los MOSFET son inducidos (canal N ó P según corresponda)

$$\pm V_{DD} = \pm 6V, |V_T| = 2V; |K'| = 100\mu A/V^2; W/L = 2; \lambda = 0,01 \text{ } 1/V;$$

$$\gamma \approx 0; R_L = 10K\Omega.$$

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº de hojas	Corrección
			T N		

1.- Se tiene el circuito de la figura formado por un par de NMOSFET inducidos  $T_1 - T_2$ , acoplado por source, con una fuente espejo como carga PMOSFET,  $T_3 - T_4$ , polarizado mediante fuentes de alimentación  $\pm V_{DD}$  y de corriente  $I_1 - R_1$  y excitado mediante dos señales cuyo equivalente Thévenin es el indicado en la figura ( $v_{s1}$  y  $v_{s2}$  e iguales resistencias equivalentes  $R_s$ ). Se admiten en principio transistores con características nominalmente similares ( $T_1 = T_2$  y  $T_3 = T_4$ ). *Definir y hallar la expresión de la tensión de offset,  $V_{off}$ , del circuito para los siguientes casos:*



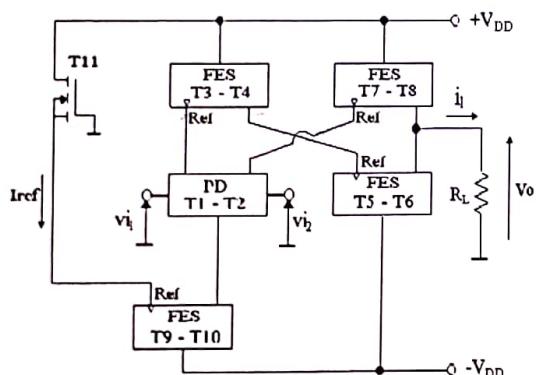
- a)  $100 \cdot |W_2 - W_1| / W_1 = \delta$ , donde  $0 < \delta < 3\%$ .
- b)  $100 \cdot |W_4 - W_3| / W_3 = \delta$ , donde  $0 < \delta < 3\%$ .
- c)  $100 \cdot |V_{T2} - V_{T1}| / V_{T1} = \delta$ , donde  $0 < \delta < 3\%$ .

Obtener la tensión de offset total, admitiendo que existen todos los desapareamientos a la vez y considerando el peor caso (Despreciar para este ítem, la influencia de  $R_1$ ).

Justificar por qué en señal los desapareamientos afectan en forma importante a  $A_{vd}$  y no a  $A_{vc}$ .

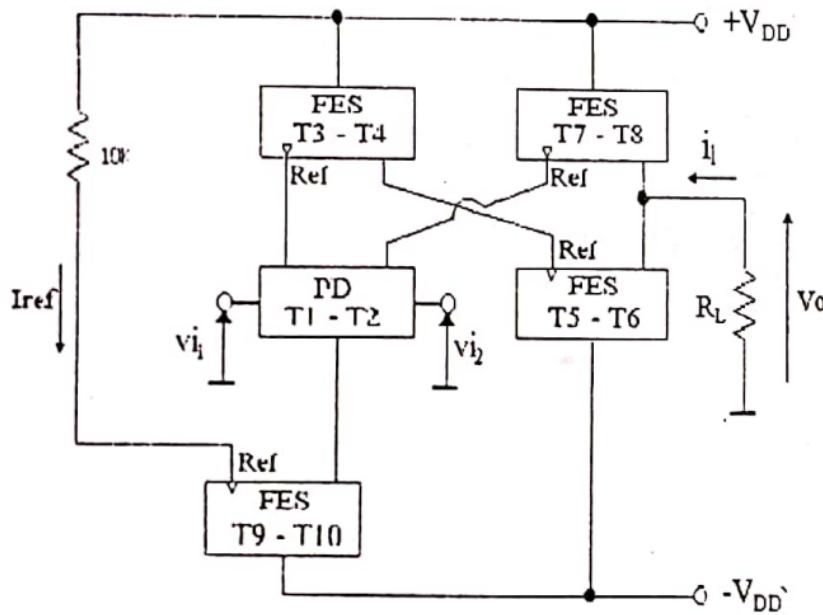
2 -

**FES:** Fuente Espejo Simple – **PD:** Par Diferencial. Todos los MOSFET son inducidos (canal **N** ó **P** según corresponda).  $\pm V_{DD} = \pm 6V$ ,  $|V_T| = 2V$ ;  $|K'| = 100\mu A/V^2$ ;  $W/L = 2$ ;  $\lambda = 0,01 1/V$ ;  $R_L = 10K\Omega$ .



- a) Para  $v_{i1} = v_{i2} = 0$ , hallar todas las tensiones y corrientes de reposo del circuito, incluyendo  $I_{LQ}$ . Despreciar la corrección de  $I_{DQ}$  por el  $\lambda$ .
- b) Hallar las expresiones y valor de:  
 $G_{md} = i_d / V_{id} \mid_{v_o=0}$   
 $G_{mc} = i_d / V_{ic} \mid_{v_o=0}$ .  
Definir y hallar la expresión de la  $R_o$  vista por la carga. Obtener su valor. Obtener  $A_{vd} = v_o / V_{id}$ .
- c) Definir y hallar el rango de tensión de modo común.

**2 - a)** Para  $v_{i1} = v_{i2} = 0$ , hallar todas las tensiones y corrientes de reposo del circuito, incluyendo  $I_{LQ}$ . ¿con qué error máximo se puede despreciar la corrección de  $I_{CQ}$  por efecto Early?



**b)** Hallar las expresiones y valor de:

$$b_1) Gm_d = i_l / v_{id} \mid v_o=0$$

$b_2) Gm_c = i_l / v_{ic} \mid v_o=0$ , teniendo en cuenta las corrientes de base en la copia de las FES.

**Definir** y obtener la RRMC.

**c)** Definir y hallar el rango de tensión de modo común.

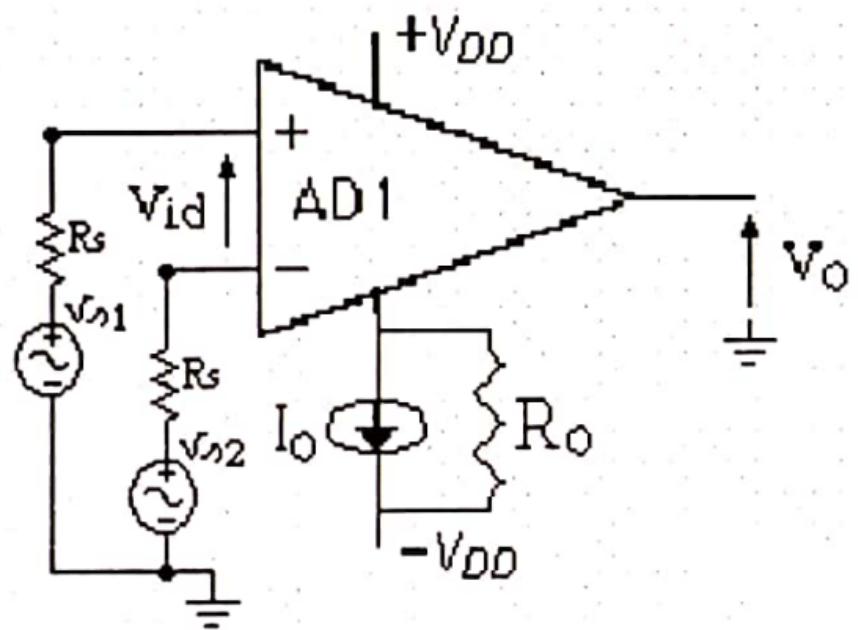
**FES:** Fuente Espejo Simple  
**PD:** Par Diferencial.

Todos TBJs.

$$V_{DD} = 5 \text{ V} ; R_L = 1 \text{ K}\Omega$$

$$\text{NPN: } V_A = 100\text{V}; \beta = 200$$

$$\text{PNP: } V_A = 50\text{V}; \beta = 50$$



**2.-** AD1 es un par acoplado por source de NMOSFETs de canal inducido ( $T_1 - T_2$ ), con una fuente espejo PMOSFET como carga ( $T_3 - T_4$ ). Se admiten transistores con características nominalmente similares ( $T_1 = T_2$  y  $T_3 = T_4$ ). Definir y hallar la expresión de la tensión de offset,  $V_{off}$ , para los siguientes casos:

- a)**  $|V_{T2} - V_{T1}| / V_{T1} = \delta$ , donde  $\delta \ll 1$ .
- b)**  $|W_2 - W_1| / W_1 = \delta$ , donde  $\delta \ll 1$ .
- c)**  $|W_4 - W_3| / W_3 = \delta$ , donde  $\delta \ll 1$ .

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº de HOJAS	Corrección
			T	N	

1.-  $V_{CC} = 6V$ ;  $R_{C1} = R_{C2} = 30\text{ k}\Omega$ ;  $R_{S1} = R_{S2} = 500\text{ }\Omega$ ;  $R_L = 10\text{ k}\Omega$

TBJs:

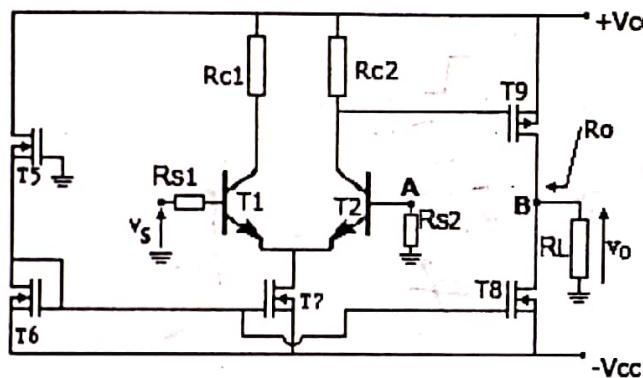
$\beta = 400$ ;  $r_x \approx 0$ ;  $V_A = 100V$ ;  $f_T = 300\text{ MHz}$ ;  $C_{\mu} = 2\text{ pF}$

MOSFETs de canal inducido:

$V_T = \pm 2V$ ;  $k' = 1\text{ mA/V}^2$ ;  $\lambda = 0,01\text{ V}^{-1}$ ;  $(W/L)_{5,6,8} = 1$ ;  $(W/L)_7 = 0,2$ ;  $C_{gs} = 5\text{ pF}$ ;  $C_{gd} = 2\text{ pF}$

a) Hallar el valor de  $(W/L)_9$  para  $V_{OQ} = 0V$ .

b) Obtener  $v_{ids}$  y  $v_{ics}$  en función de  $v_s$ . Dibujar el circuito de señal en bajas frecuencias. ¿Por qué es lo mismo en este caso bajas frecuencias que frecuencias medias?. Definir y calcular  $Av_{ds}$ ,  $Av_{cs}$  y  $R_o$  del circuito y la RRMC en dB. Justificar que  $Av_s = v_o/v_s \approx Av_{ds}$ .



c) Calcular el valor de la frecuencia de corte superior aproximada,  $f_h$ , para  $Av_{ds}$ . Trazar el respectivo diagrama de Bode de módulo y argumento.

d) Se conecta entre A y B una  $R_f = 1M\Omega$ . Justificar si dicha realimentación estabiliza o no el punto de reposo ante la dispersión de algún parámetro de  $T_1$  ó  $T_2$ .

e) Obtener el valor de la tensión de offset para un desapareamiento entre  $R_{S1}$  y  $R_{S2}$  del 5%.

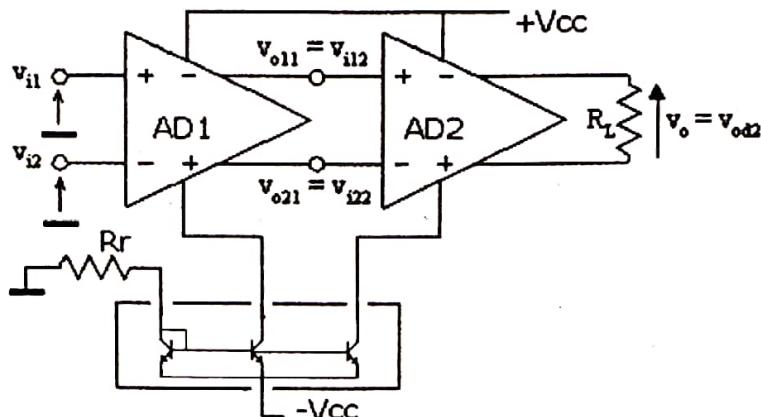
f) Analizar cualitativamente cómo se modifican los valores de reposo calculados en a), si se reemplazan los resistores  $R_{C1}$  y  $R_{C2}$  por un espejo de corriente  $T_3-T_4$  con TBJs PNP (datos de los PNP:  $\beta = 100$ ;  $V_A = 50V$ ).

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº de hojas	Corrección
			T	N	

$V_{CC} = 10V$ ;  $R_L = 100 K\Omega$ ;  $R_r = 10 K\Omega$

AD1: Par diferencial NMOSFET  $T_1=T_2$  con  $R_{D1} = R_{D2} = 15 K\Omega$

AD2: Par diferencial NMOSFET  $T_3=T_4$  con  $R_{D3} = R_{D4} = 10 K\Omega$



- a) Dibujar el circuito reemplazando los AD por los MOSFETs y sus  $R_D$  y obtener las tensiones y corrientes de reposo.  
 $(\beta = 100; V_A = 100V; k' = 1mA/V^2; W/L = 10; V_T = 1V; C_{gs} = 5pF; C_{gd} = 1pF; \lambda = 0,01V^{-1})$
- b) Calcular  $AV_{dd} = v_o/v_{id}$  ( $v_{id} = v_{i1} - v_{i2}$ ). Justificar el valor que se tendría en  $AV_{dc} = v_o/v_{ic}$  y por qué dependerá fuertemente de los desapareamientos y de la  $R_o$  de la fuente de corriente. Si existen desapareamientos y se quisiera una RRMC lo más elevada posible, justificar cuál de los dos AD debería tener desapareamientos más bajos.
- c) Obtener la frecuencia de corte superior aproximada  $f_h$  para  $AV_{dd}$ . Trazar el diagrama de Bode aproximado de módulo y argumento.
- d) Si  $v_{id} = v_{i1} - v_{i2}$  corresponde a una señal cuadrada de  $\pm 1mV$  y frecuencia  $f_h/2$ , dibujar la correspondiente  $v_o = f(t)$ , indicando valores extremos y medio.
- e) Calcular la  $V_{offset}$  total si en ambos pares existe un desapareamiento entre las W del 2%.
- f) Analizar cualitativamente cómo varían los valores calculados de reposo y  $AV_{dd}$ , si se reemplaza AD2 por un par diferencial con TBJs NPN.

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº de HOJAS	Corrección
		T	N		

1.-  $V_{CC} = 6V$ ;  $R_{C1} = R_{C2} = 30 \text{ k}\Omega$ ;  $R_L = 10 \text{ k}\Omega$

TBJs:

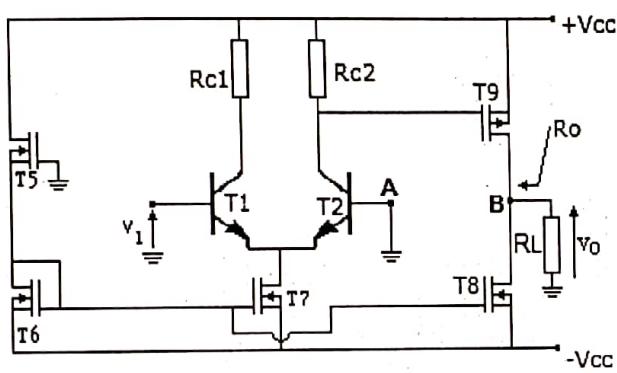
$$\beta = 400; r_x \approx 200 \Omega; V_A = 100V; f_T = 200 \text{ MHz}; C_\mu = 1 \text{ pF}$$

MOSFETs de canal inducido:

$$V_T = \pm 2V; k' = 1 \text{ mA/V}^2; \lambda = 0,01 \text{ V}^{-1}; (W/L)_{5,6,8} = 1; (W/L)_7 = 0,2; C_{GS} = 5 \text{ pF}; C_{GD} = 2 \text{ pF}$$

a) Hallar el valor de  $(W/L)_9$  para  $V_{OQ} = 0V$ .

b) Obtener  $v_{id}$  y  $v_{ic}$  en función de  $v_1$ . Dibujar el circuito de señal en bajas frecuencias. ¿Por qué es lo mismo en este caso bajas frecuencias que frecuencias medias?. Definir y calcular  $R_{id}$ ,  $R_{ic}$ ,  $R_o$  y  $A_{vd}$  y  $A_{vc}$  totales del circuito. Calcular la RRMC en dB. Justificar que  $A_v = v_o/v_1 \approx A_{vd}$ .



c) Calcular el valor de la frecuencia de corte superior aproximada,  $f_h$ , para  $A_{vd}$ . Trazar el respectivo diagrama de Bode de módulo y argumento.

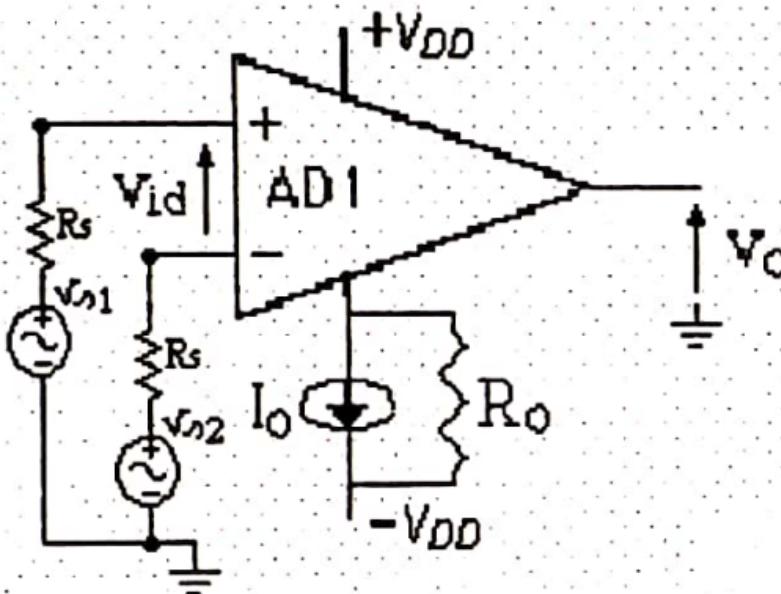
d) Definir y obtener el valor de la  $V_{offset}$  total si existen los siguientes desapareamientos:

$$\alpha_S = (I_{S1} - I_{S2})/I_{S1} \leq 0,02$$

$$\alpha_R = (R_{C1} - R_{C2})/R_{C1} \leq 0,02$$

e) Analizar cualitativamente qué valores de reposo y señal calculados se modificarán y cómo, si se reemplaza el par diferencial T1-T2 por un par diferencial Darlington.

f) Del circuito de la figura se desconecta el terminal A de común y se lo conecta al nodo B. Justificar si dicha realimentación estabiliza o no el punto de reposo ante la dispersión de algún parámetro de cualquiera de los transistores.



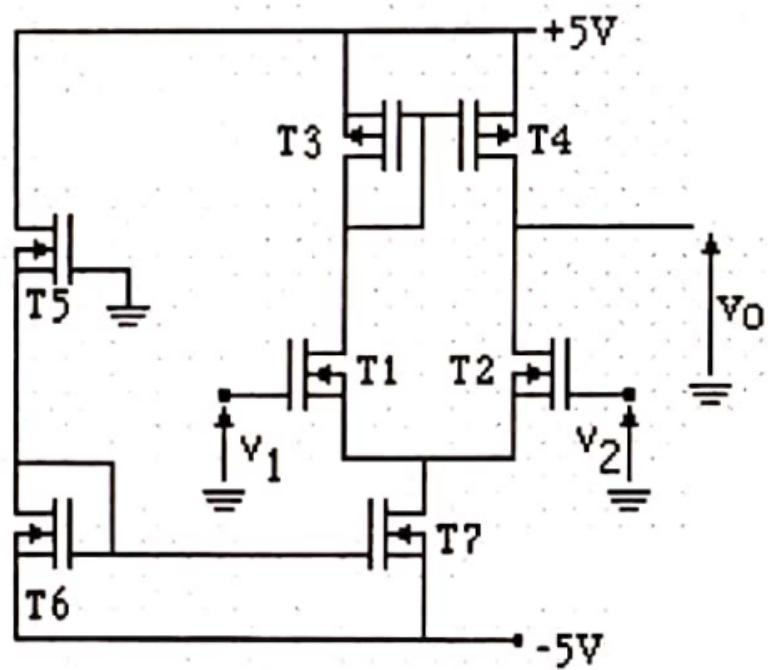
2. AD1 es un par acoplado por emisor de TBJs ( $T_1 - T_2$ ), con una fuente espejo PMOSFET como carga ( $T_3 - T_4$ ).

Se admiten transistores con características nominalmente similares ( $T_1 = T_2$  y  $T_3 = T_4$ ).

$$I_o = 200 \text{ uA} ; k' = 100 \text{ uA/V}^2 ; W/L = 1$$

Definir y hallar el valor de la tensión de offset total, si  $|I_{S2} - I_{S1}|/I_{S1} < \delta$  y  $|W_4 - W_3|/W_3 < \delta$ , donde  $\delta = 0,02$ .

**a)** Obtener las corrientes de reposo. Justificar *cuantitativamente* el valor de  $V_{OQ}$ .



**b)** Dibujar el circuito de señal, sin reemplazar los transistores por su modelo. Indicar en el circuito todos los sentidos de referencia de tensiones y corrientes adoptados para los cálculos siguientes. Definir y obtener por inspección el valor de la amplificación de tensión para entrada diferencial y común ( $A_{vd}$  y  $A_{vc}$ ). Definir y obtener la RRMC en dB.

**c)** Definir y obtener el valor de la tensión de offset para un desapareamiento entre  $V_T(T_1)$  y  $V_T(T_2)$  del 1%.

**d)** Graficar en forma aproximada la característica de gran señal  $V_o = f(V_{id})$  para  $V_{ic} = 0$ . Justificar su forma e indicar su pendiente en el origen y valores extremos.

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº de HOJAS	Corrección
			M T N		

1.-

$$\beta = 100 ; f_T = 300 \text{ MHz} ; C_\mu = 2 \text{ pF} ; r_x = 100 \Omega ; V_A = 100V$$

$$(W/L)_{1,2} = 1 ; k' = 0,1 \text{ mA/V}^2 ; V_{Th} = 1 \text{ V} ; \lambda = 0,01 \text{ V}^{-1} ; C_{gs} = 5 \text{ pF} ; C_{gd} = 2 \text{ pF}$$

$$V_{CC} = 5V ; R_{ref} = 1 \text{ K}\Omega ; R_E = 470 \Omega ; R_L = 1 \text{ K}\Omega$$

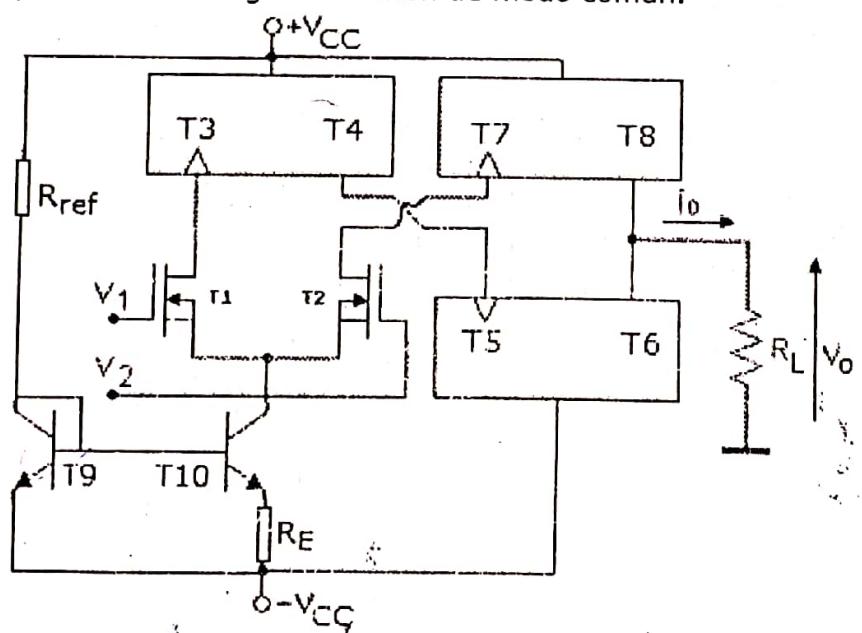
- a) Obtener los puntos de reposo, implementando los bloques de fuentes espejo con MOSFETs de canal inducido cuyas características son:

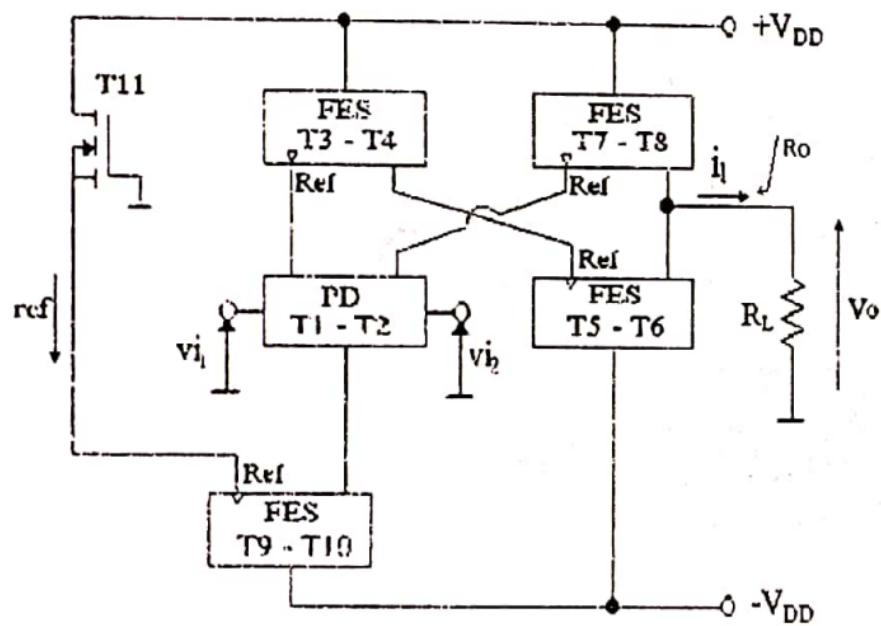
$$(W/L)_{3,4,5,7} = 1; (W/L)_{6,8} = 50$$

$$|k'| = 0,1 \text{ mA/V}^2 ; |V_{Th}| = 1V ; \lambda = 0,01 \text{ V}^{-1}; C_{gs} = 5\text{pF} ; C_{gd} = 1\text{pF}$$

¿Qué utilidad y características posee la fuente T9-T10 frente a una espejo?

- b) Dibujar el circuito de señal, sin reemplazar los transistores por su modelo. Definir y obtener el valor de  $R_{ld}$ ,  $R_o$  y la transconductancia del circuito para modo diferencial. Obtener  $A_{vd}$ . (¿Cuál es el valor aproximado de la transconductancia de modo común? ¿Por qué su valor depende fuertemente de los desapareamientos existentes en cada bloque (par diferencial o fuente espejo)?)
- c) Obtener el valor aproximado de  $f_h$  para  $A_{vd}$ .
- d) Obtener la frecuencia del cero impuesto por la fuente T9-T10 para modo común. ¿Cuál es la importancia de esta frecuencia?
- e) Obtener el valor de la tensión de offset si:  $(W/L)_1 = 0,98.(W/L)_2$
- f) Definir y obtener el rango de tensión de modo común.





2 - Hallar los valores de:

$$Gm_d = i_l / V_{id}$$

$$Gm_c = i_l / V_{ic}$$

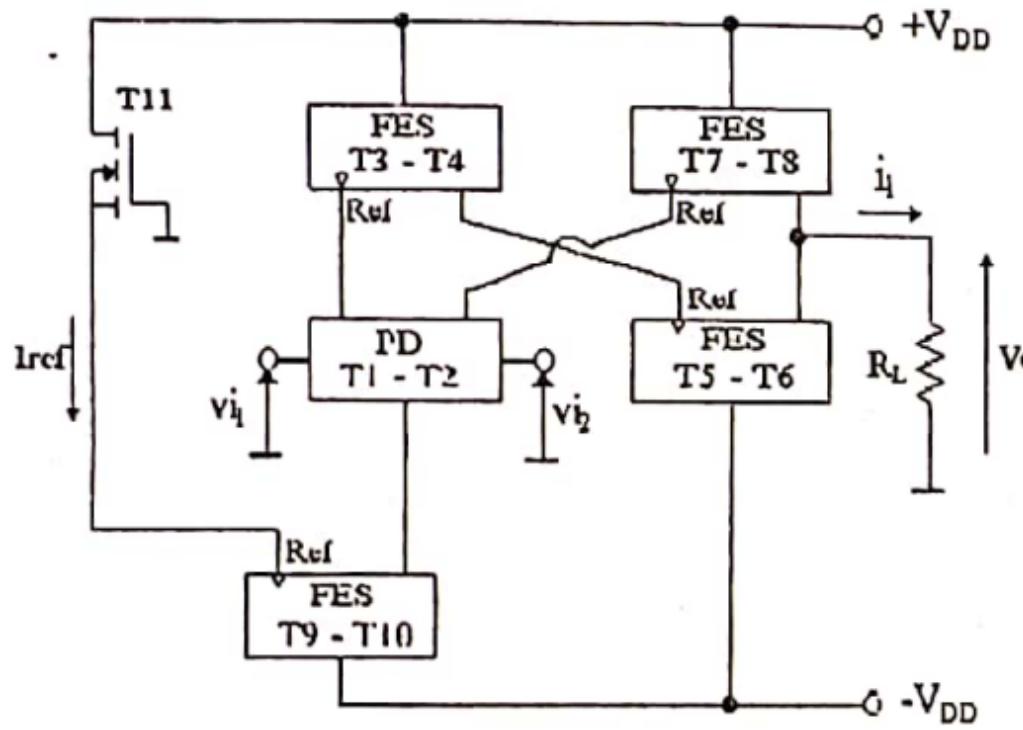
(considerar la copia de las fuentes espejo)  
*real*

**FES:** Fuente Espejo Simple - **PD:** Pár Diferencial. Todos TBJs (NPN ó PNP, según corresponda)

$$\pm V_{DD} = \pm 6V ; R_L = 1K\Omega ; \beta = 100 ; V_A = 100V$$

$$V_T = 2V ; k' = 100\mu A/V^2 ; W/L = 1$$

2 - a) Para  $v_{i1} = v_{i2} = 0$ , hallar todas las tensiones y corrientes de reposo del circuito, incluyendo  $I_{LQ}$ . Despreciar la corrección de  $I_{DQ}$  por el  $\lambda$ .



b) Hallar las expresiones y valor de:

$$Gm_d = i_d / v_{id} \mid_{v_o=0}$$

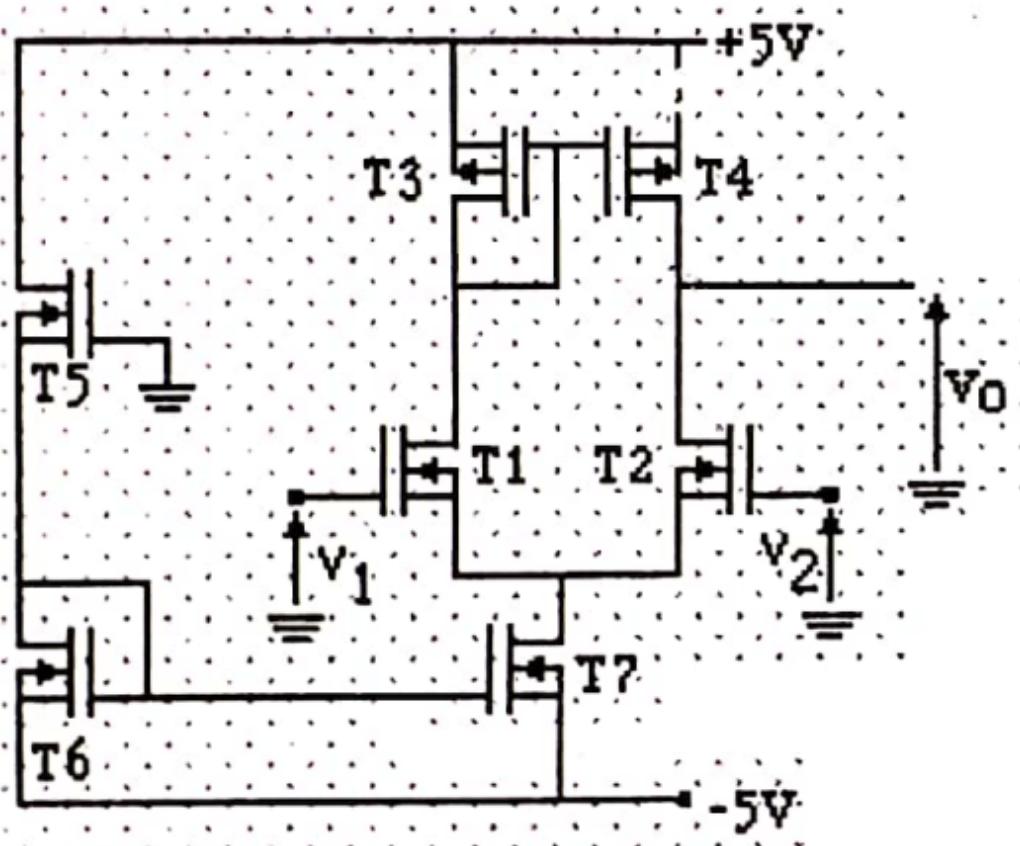
$$Gm_c = i_d / v_{ic} \mid_{v_o=0}.$$

Definir y hallar la expresión de la  $R_o$  vista por la carga. Obtener su valor. Definir y obtener  $A_{vd} = v_o / v_{id}$ .

c) Definir y hallar el rango de tensión de modo común.

**FES:** Fuente Espejo Simple – **PD:** Par Diferencial. Todos los MOSFET son inducidos (canal **N** ó **P** según corresponda)

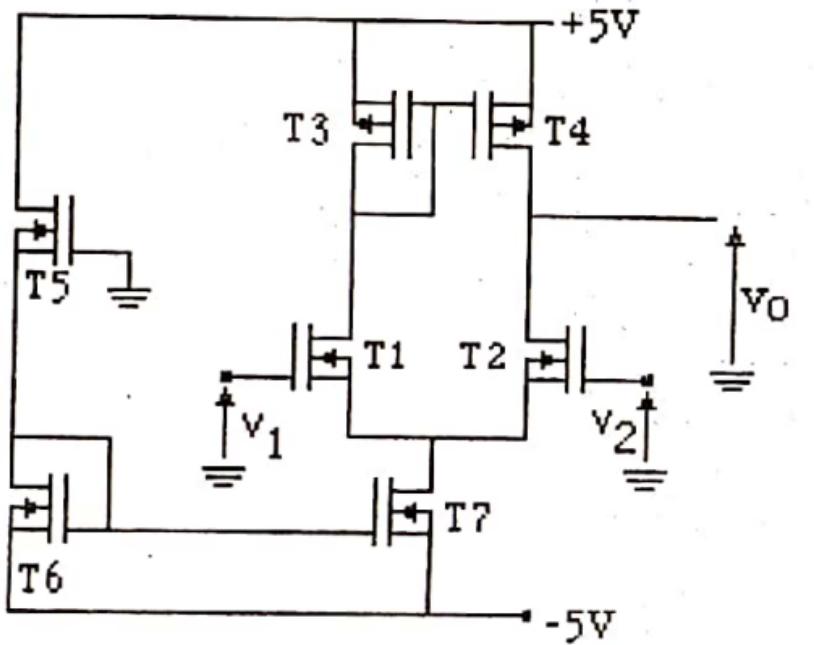
$$\pm V_{DD} = \pm 6V, |V_T| = 2V; |K'| = 100\mu A/V^2; W/L = 2; \lambda = 0,01 1/V; \gamma \approx 0; R_L = 10K\Omega.$$



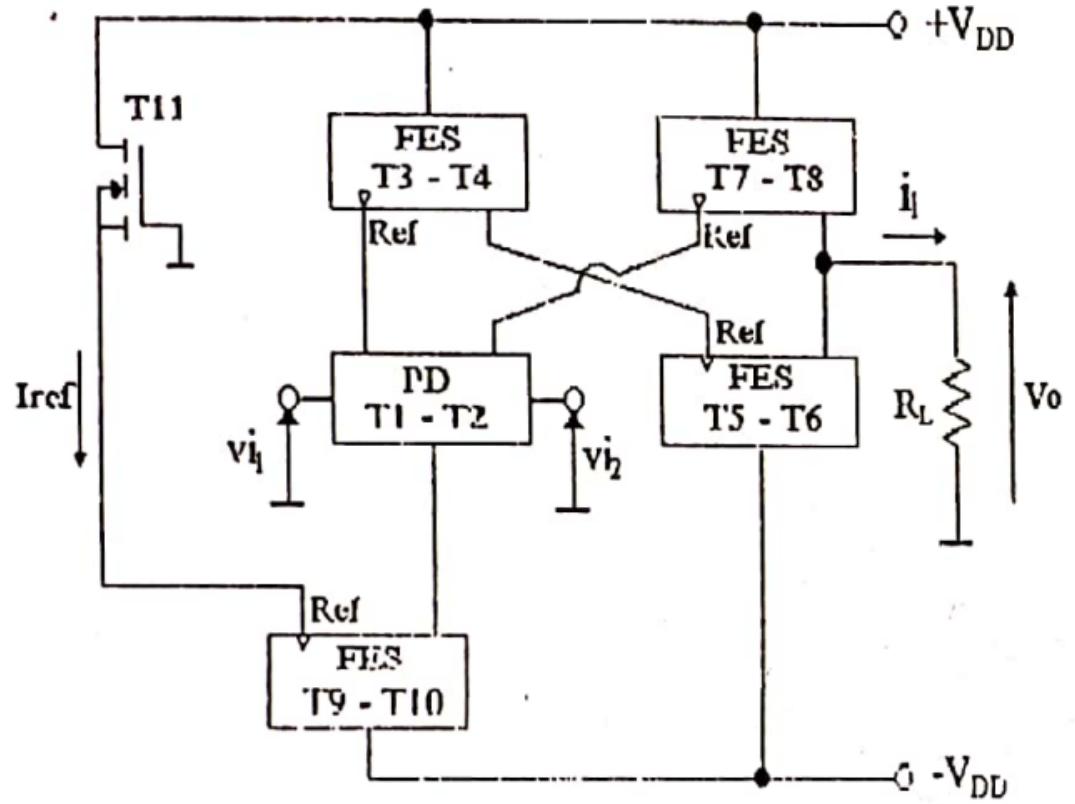
2.- MOSFET inducidos:  $V_T = \pm 1,5V$  ;  $k' = 100\mu A/V^2$  ;  
 $\lambda = 0,01V^{-1}$  ;  $(W/L)_{1,2,3,4} = 10$  ;  $(W/L)_{5,6,7} = 2$

- a) Definir y obtener la RRMC en dB.
- b) Definir y obtener los valores del rango de tensión de modo común.

2.- MOSFET inducidos:  $V_T = \pm 1,5V$ ;  $k' = 200\mu A/V^2$ ;  $\lambda = 0,01V^{-1}$ ;  $(W/L)_{1,2,3,4} = 20$ ;  $(W/L)_{5,6,7} = 2$



- a) Obtener las corrientes de reposo. *Justificar cualitativamente el valor de  $V_{OQ}$ .*
- b) Dibujar el circuito de señal, sin reemplazar los transistores por su modelo. *Indicar en el circuito todos los sentidos de referencia de tensiones y corrientes.* Definir y obtener por inspección el valor de la amplificación de tensión para entrada diferencial y común,  $A_{vd}$  y  $A_{vc}$ . Definir y obtener la RRMC en dB.
- c) Definir y obtener los valores del rango de tensión de modo común.



**2 - a)** Hallar las corrientes de reposo y las tensiones contra común de los terminales de cada transistor (despreciar la corrección de  $I_{DQ}$  por el  $\lambda$ ).

**b)** Hallar  $Gm_d = i_l / V_{id} |_{v_o=0}$ . Definir y hallar la  $R_o$  vista por la carga. Obtener  $A_{vd} = v_o / V_{id}$ .

**c)** Hallar  $Gm_c = i_l / V_{ic} |_{v_o=0}$ . si se admite un desapareamiento  $|W_1 - W_2|/W_1 = \delta \ll 1$ . Obtener  $A_{vc} = v_o / V_{ic}$  y la correspondiente RRMC en dB.

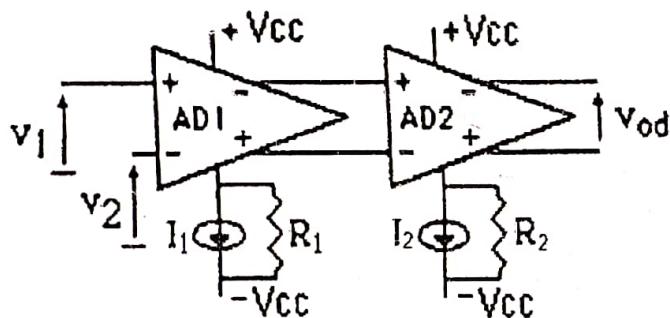
**FES:** Fuente Espejo Simple – **PD:** Par Diferencial.

MOSFETs de canal inducido (N ó P según corresponda) – (admitir source y sustrato unidos en cada transistor).

$$\pm V_{DD} = \pm 6 \text{ V} ; |V_T| = 2 \text{ V} ; |K'| = 100 \mu\text{A/V}^2 ; W/L = 2 ; \lambda = 0,01 \text{ V}^{-1} ; R_L = 10 \text{ k}\Omega$$

$$\text{Se definen: } V_{id} = V_{i1} - V_{i2} \quad V_{ic} = 0,5(V_{i1} + V_{i2})$$

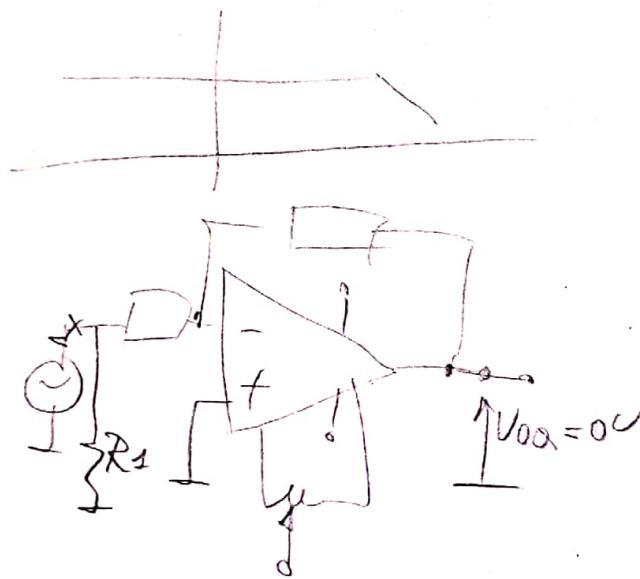
2.- Se tiene el circuito de la figura formado por dos pares NMOSFET de canal inducido  $T_1-T_2$  y  $T_3-T_4$ , acoplados por source, polarizados mediante fuentes de alimentación  $\pm V_{cc}$  y fuentes de corriente  $I_1-R_1$  e  $I_2-R_2$  (admitir  $R_1$  y  $R_2 \gg r_{ds}$  de los NMOSFET). Se admiten en principio transistores con características similares ( $k'$ ,  $V_T$ ,  $W$ ,  $L$  y  $\lambda$ ) e igual carga resistiva  $R_D$ , tal que  $I_1.R_D$  e  $I_2.R_D < V_{cc}$  en ambos pares. ¿Qué significado tiene esta última condición?



a) Dibujar el circuito correspondiente de acuerdo con las características descriptas.

**Definir y hallar la expresión** de la tensión de offset  $V_{off}$  del circuito si existe un desparecamiento en AD1:  $(W_2 - W_1)/W_1 = \delta$  donde  $|\delta| < 0,02$ . Expresarla en función de  $\delta$ . ¿Por qué es necesario ajustar el offset antes de calcular las amplificaciones de señal?

b) Analizar **cualitativamente** si un desparecamiento en la 2<sup>da</sup> etapa, AD2:  $(W_4 - W_3)/W_3 = \delta$ , de igual magnitud al analizado en a), afectará del mismo modo en el valor de  $V_{off}$ . **Justificar**.



APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº de HOJAS	Corrección
			T	N	

1.- Dibujar el circuito implementando las fuentes espejo simple con TBJs apareados:

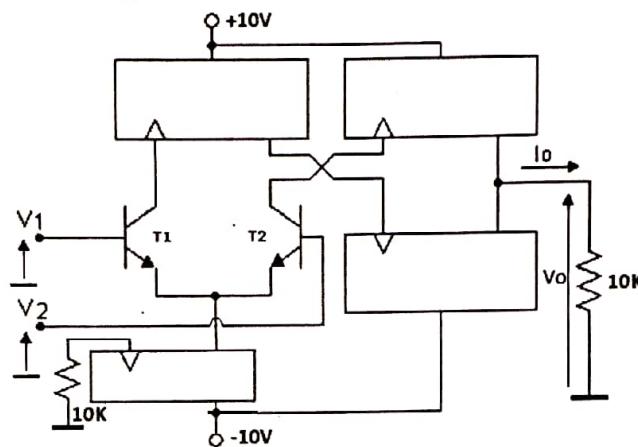
$\beta = 400$ ,  $r_x = 100 \Omega$ ,  $V_A = 100V$ ,  $f_T = 200 \text{ MHz}$ ,  $C_p = 1 \text{ pF}$  para NPN y PNP.

a) Definir y determinar los valores de  $Av_d$ ,  $R_{id}$ ,  $R_o$  y  $f_h$  aproximado.

b) Trazar un diagrama de Bode aproximado de módulo y argumento para  $Av_d$ .

c) Definir y determinar el valor aproximado de  $Av_c$  si se considera el valor no unitario de la copia de los espejos de corriente.

d) Trazar la característica de gran señal  $I_o = f(V_{id})$  para  $V_{ic} = 0$ , indicando sus valores extremos y pendiente en el origen.

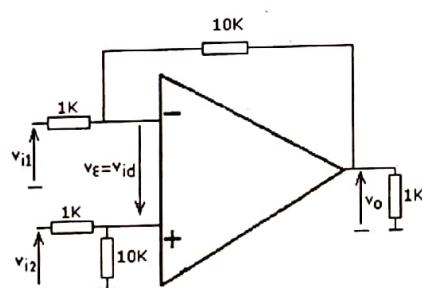


2.- En los siguientes circuitos se omitieron para simplificar, las fuentes de alimentación (admitir OPAMPS con AD MOSFETs y una  $R_o \approx 10 \Omega$ )

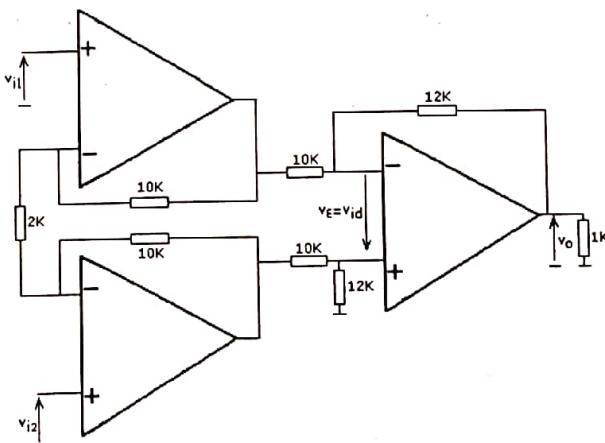
a) Demostrar que ambos se comportan como amplificadores diferenciales. Compararlos entre sí, hallar  $Av_d$  y justificar por qué al segundo se lo conoce como amplificador de instrumentación.

b) ¿Qué condición debería cumplirse para que en estos circuitos la amplificación de modo común sea nula? Justificar.

1

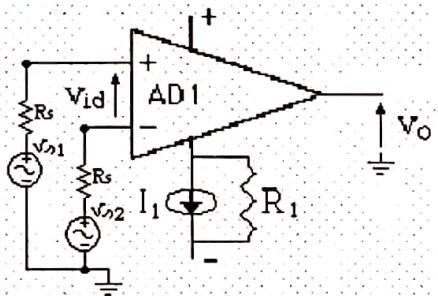


2



APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº de hojas	Corrección
			T N		

1.- Se tiene el circuito de la figura formado por un par de NMOSFET inducidos  $T_1 - T_2$ , acoplado por source, con una fuente espejo como carga PMOSFET,  $T_3 - T_4$ , polarizado mediante fuentes de alimentación  $\pm V_{DD}$  y de corriente  $I_1 - R_1$  y excitado mediante dos señales cuyo equivalente Thévenin es el indicado en la figura ( $v_{s1}$  y  $v_{s2}$  e iguales resistencias equivalentes  $R_s$ ). Se admiten en principio transistores con características nominalmente similares ( $T_1 = T_2$  y  $T_3 = T_4$ ). *Definir y hallar la expresión de la tensión de offset,  $V_{off}$ , del circuito para los siguientes casos:*



a)  $100 \cdot |W_2 - W_1| / W_1 = \delta$ , donde  $0 < \delta < 3\%$ .

b)  $100 \cdot |W_4 - W_3| / W_3 = \delta$ , donde  $0 < \delta < 3\%$ .

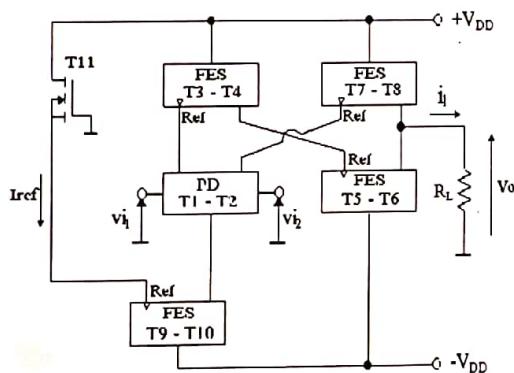
c)  $100 \cdot |V_{T2} - V_{T1}| / V_{T1} = \delta$ , donde  $0 < \delta < 3\%$ .

Obtener la tensión de offset total, admitiendo que existen todos los desapareamientos a la vez y considerando el peor caso (Despreciar para este ítem, la influencia de  $R_1$ ).

Justificar por qué en señal los desapareamientos afectan de forma importante a  $A_{vd}$  y no a  $A_{vc}$ .

## 2 -

**FES:** Fuente Espejo Simple – **PD:** Par Diferencial. Todos los MOSFET son inducidos (canal **N** ó **P** según corresponda).  $\pm V_{DD} = \pm 6V$ ,  $|V_T| = 2V$ ;  $|K'| = 100\mu A/V^2$ ;  $W/L = 2$ ;  $\lambda = 0,01 1/V$ ;  $R_L = 10K\Omega$ .



a) Para  $v_{i1} = v_{i2} = 0$ , hallar todas las tensiones y corrientes de reposo del circuito, incluyendo  $I_{LQ}$ . Despreciar la corrección de  $I_{DQ}$  por el  $\lambda$ .

b) Hallar las expresiones y valor de:

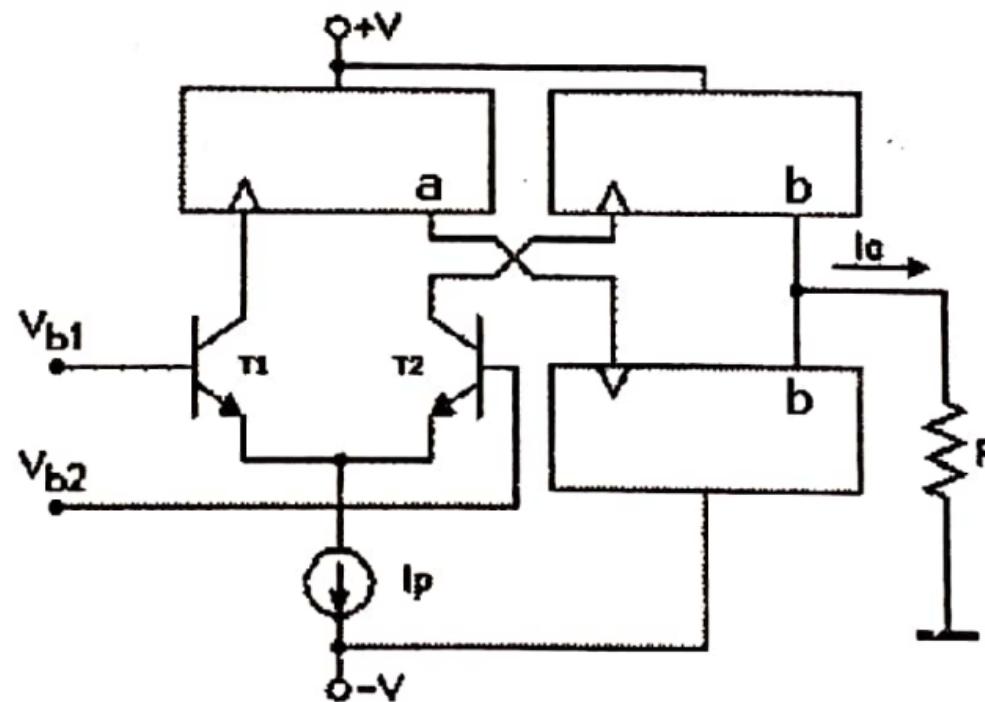
$$G_{md} = i_1 / V_{id} \quad /v_o=0$$

$$G_{mc} = i_1 / V_{ic} \quad /v_o=0.$$

Definir y hallar la expresión de la  $R_o$  vista por la carga. Obtener su valor. Obtener  $A_{vd} = v_o / V_{id}$ .

c) Definir y hallar el rango de tensión de modo común.

2.- Los bloques representan fuentes espejo de copia "a" y "b", respectivamente. ¿Cuál es el valor de  $I_{OQ}$ , si  $a = b = 1$ ? Obtener la expresión de la transconductancia del circuito  $G_{md} = i_o/v_{id}$  en función de  $I_p$ .



*PT Fotocopiar*

66.08 - 86.06

Eval. integradora - 1/2017 - 3ra fecha 19/07/17

APELLIDO	NOMBRE	PADRON	TURNO	Nº de HOJAS	Corrección
			T N		

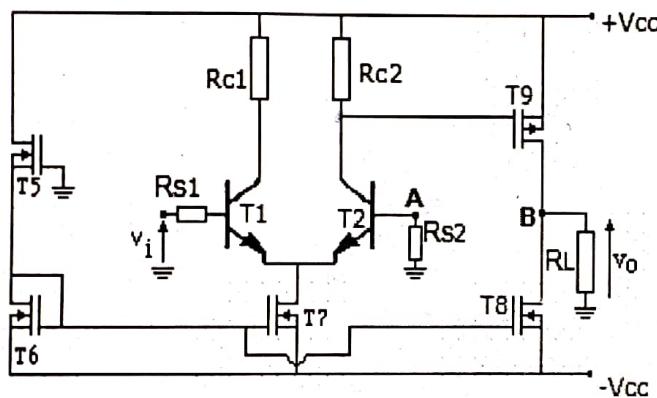
1.-  $V_{CC} = 6V$ ;  $R_{C1} = R_{C2} = 30K$ ;  $R_{S1} = R_{S2} = 1K$ ;  $R_L = 10K$

$\beta = 400$ ;  $r_x = 100 \Omega$ ;  $V_A = 100V$ ;  $f_T = 200 \text{ MHz}$ ;  $C_\mu = 1 \text{ pF}$

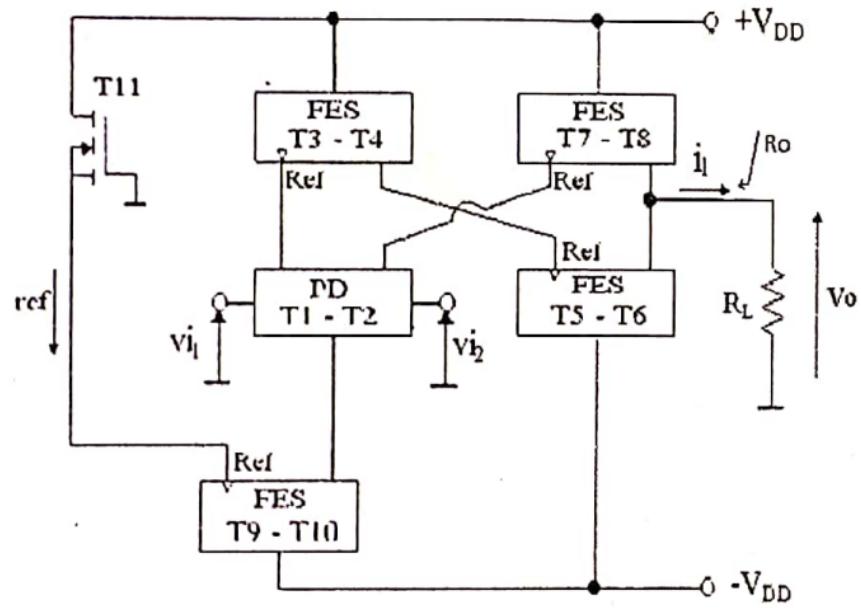
MOSFETs inducidos:

$V_T = \pm 2V$ ;  $k' = 1 \text{ mA/V}^2$ ;  $\lambda = 0,01V^{-1}$ ;  $(W/L)_{5,6,8} = 1$ ;  $(W/L)_7 = 0,2$ ;  $C_{GS} = 5 \text{ pF}$ ;  $C_{GD} = 1 \text{ pF}$

- a) Hallar el valor de  $(W/L)_9$  para  $V_{OQ} = 0V$ .
- b) Obtener  $v_{id}$  y  $v_{ic}$  en función de  $v_i$ . Justificar que  $A_v = v_o/v_i \approx A_{vd} = v_o/v_{id}$ . Definir  $R_{id}$ ,  $R_{ic}$  y la RRMC en dB.
- c) Justificar cuál o cuáles serán el/los nodo/s dominante/s para la respuesta en alta frecuencia y calcular la  $f_h$  aproximada en base a dicho/s nodo/s.



- d) Analizar cualitativamente cómo se modifican los valores calculados si se reemplazan  $R_{C1}$  y  $R_{C2}$  por una fuente espejo simple PMOSFET (de canal inducido) T3-T4. ¿Qué relación W/L deberán tener para mantener  $V_{OQ} = 0V$ ?
- e) Se conecta entre A y B una  $R = 1M\Omega$ . Analizar si la realimentación es positiva o negativa. ¿Qué muestrea y qué suma?



**2 - a)** Para  $v_{i1} = v_{i2} = 0$ , hallar todas las tensiones y corrientes de reposo del circuito. Despreciar la corrección de  $I_{DQ}$  por el  $\lambda$ .

**b)** Hallar las expresiones y valor de:

$$Gm_d = i_l / v_{id} \mid_{v_o=0}$$

$$Gm_c = i_l / v_{ic} \mid_{v_o=0}$$

Definir y hallar los valores de  $R_{id}$ ,  $R_{ic}$  y  $R_o$ . Obtener  $A_{vd} = v_o / v_{id}$  y  $A_{vc} = v_o / v_{ic}$ .

**c)** Analizar cualitativamente cómo se modifican todos los valores calculados si se reemplaza T9-T10 por una fuente Widlar con  $R_E = 100\Omega$ .

**FES:** Fuente Espejo Simple – **PD:** Par Diferencial. Todos TBJs (NPN ó PNP, según corresponda)

$$\pm V_{DD} = \pm 6V ; R_L = 1K\Omega ; \beta = 100 ; V_A = 100V ; V_T = 2V ; K' = 100\mu A/V^2 ; W/L = 2 ; \lambda = 0,01 V^{-1}$$