

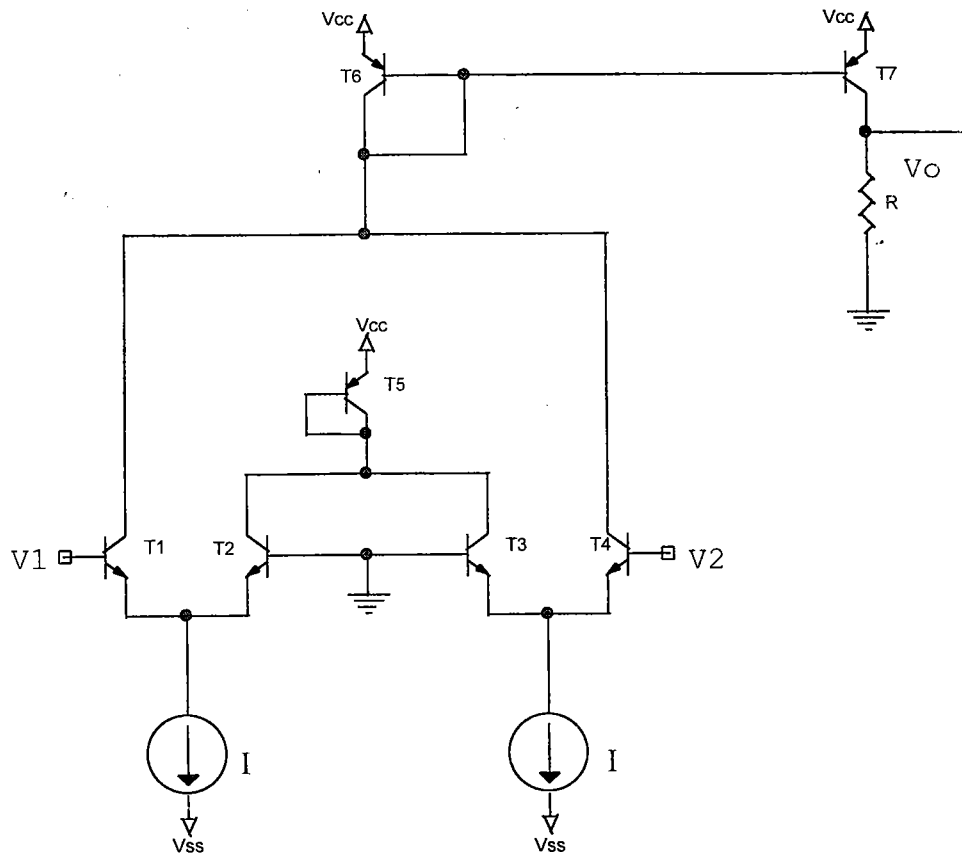
50700344

Segundo Parcial de Electrónica 1

26 de julio de 2001

Problema 1(25 puntos):

- a) A los efectos de supervisar la señal en modo común en dos terminales V1 y V2 se utiliza el circuito de la figura. Calcular la ganancia diferencial y en modo común respecto a las entradas V1 y V2 si $T1=T2=T3=T4$ y $T5=T6=T7$.
- b) Se desea analizar la influencia de los desapareos entre los transistores T1, T2, T3 y T4. Para ello:
- Calcular la expresión no linealizada que relaciona la salida V_O con las tensiones de entrada V1 y V2, en el caso que los transistores T1, T2, T3 y T4 son distintos con corrientes I_S : I_{S1} , I_{S2} , I_{S3} e I_{S4} respectivamente.
 - Linealizando la expresión hallada en b) i) calcular las ganancias en modo común y diferencial en función de I_{S1} a I_{S4} .



Problema 2 (35 puntos):

Se implementa un sample and hold como se muestra en la Fig. 1.

Los datos de los transistores son para el nMOS: $(\mu \cdot C_{ox})_n = 50 \mu A/V^2$, $V_{t0n} = 0.8V$, $\delta_n = 0.2$ y para el pMOS: $V_{t0p} = -0.8V$, $(\mu \cdot C_{ox})_p = 20 \mu A/V^2$, $\delta_p = 0.2$. Los tamaños de los transistores son los que se indican en la Tabla 1. Las tensiones de alimentación son $V_{DD} = -V_{SS} = 5V$.

- ¿Cuál es la expresión analítica de la máxima resistencia equivalente del interruptor del sample and hold para señales de entrada V_i entre V_{SS} y V_{DD} , y valores pequeños de caída de tensión a través de este interruptor?
- Si el condensador del sample and hold es de 100 pF y la frecuencia de transición del amplificador operacional es 10MHz, ¿cuál es la frecuencia de corte superior del sample and hold cuando está en modo sample (interruptor cerrado)?
- La etapa de entrada del amplificador operacional se implementa con el circuito de la Fig. 2 siendo I_{ref} igual a 30 microA. ¿Cuál es el rango de entradas al sample and hold V_i admisibles para que el amplificador operacional funcione correctamente? Dar una expresión analítica y numérica. $V_{BE} = 0.7V$, $V_{CESAT} = 0.3V$, $\beta = 400$.
- Calcular C_L en la Fig. 2 para que el amplificador tenga la frecuencia de transición antes dicha de 10MHz (C_L representa la capacidad de carga dada por las etapas siguientes).

Tabla 1:

Transistor	Dimensiones
M1	W/L = 1
M2	W/L = 2.5

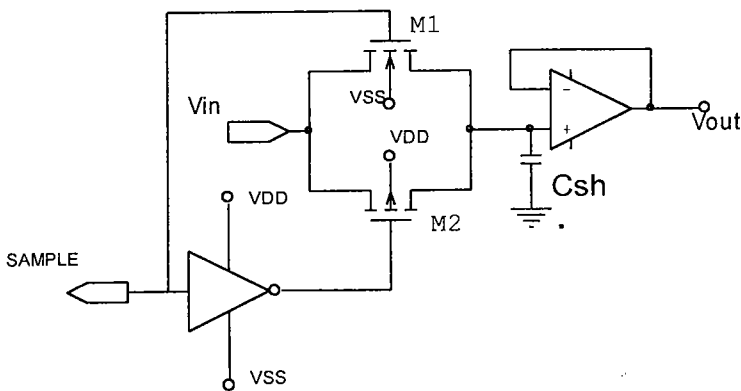


FIGURA 1

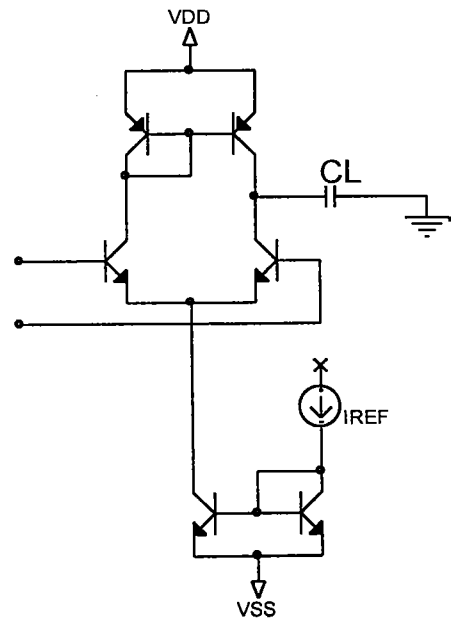


FIGURA 2

Problema 3 (25 puntos):

- Para el circuito de la figura 1 identificar la entrada no inversora e inversora. Justificar.
- Calcular la resistencia de salida del circuito.
- Hallar la transferencia total del circuito $V_o/(V_1-V_2)$. Calcular su ancho de banda.
- Calcular el slew rate del circuito para el caso de un escalón positivo a la entrada y para el caso de un escalón negativo.

Nota: Se supondrán todos los transistores idénticos con $\beta \gg 1$ y Voltaje de Early V_A .

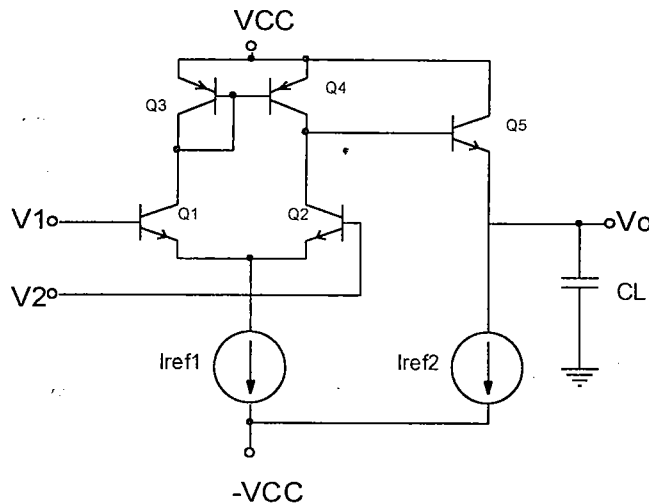


Figura 1

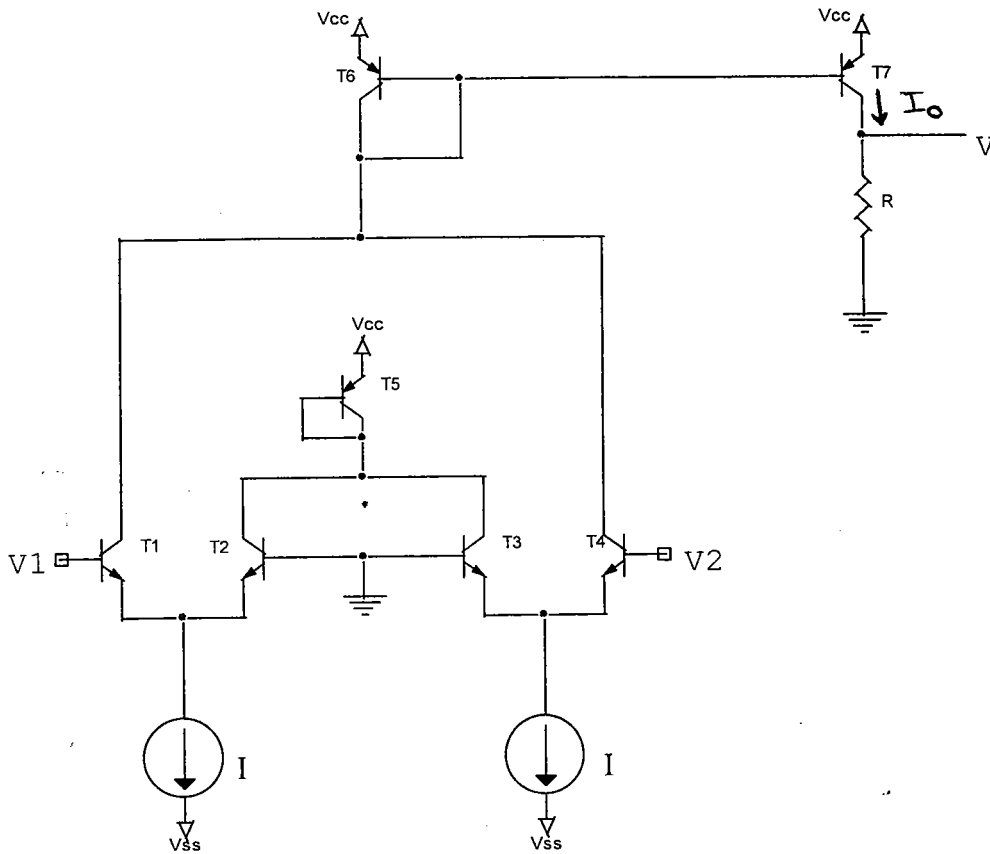
Pregunta (15 puntos):

Un circuito digital CMOS tienen consumo estático despreciable y consumo dinámico de 12mW a una frecuencia de 60MHz con una fuente de alimentación de 5V.

- ¿Cuál sería el nuevo consumo si se pudiera operar a la misma frecuencia con una fuente de alimentación de 3.3V ?
- ¿ Si la frecuencia de 60MHz es la máxima alcanzable a 5V dados los retardos del circuito, cuál sería la máxima frecuencia alcanzable si se alimenta con 3.3V y que consumo se tendría operando a esta frecuencia ?

2º Parcial Electrónica 1 (200.
26/07/2001

1



a) Consideramos los pares T_1, T_2 y T_3, T_4 :
Si suponemos entrada diferencial esta se puede expresar con:

$$V_{b1} = \frac{v_d}{4} \quad \text{y} \quad V_{b2} = -\frac{v_d}{4} \quad (\text{cada par ve } \frac{v_d}{2} \text{ y } -\frac{v_d}{2} \text{ respectivamente})$$

$$\rightarrow \text{de esa forma } I_1 = g_m \frac{v_d}{4} \quad \text{y} \quad \text{la corriente } I_4 = -g_m \frac{v_d}{4}$$

$$\rightarrow I_0 = 0 \rightarrow \boxed{A_d = 0}$$

De forma similar si $v_1 = v_2 = v_c \rightarrow V_{b1} = \frac{v_c}{2}$ y $V_{b2} = \frac{v_c}{2}$

pues cada par ve v_c en sus bornes. \rightarrow

$$\rightarrow I_0 = 2 \frac{v_c}{2} g_m \rightarrow v_o = g_m R v_c \rightarrow \boxed{A_c = g_m R}$$

$$b) \begin{cases} I_1 = I_{s01} e^{\frac{V_{be1}}{V_T}} \\ I_4 = I_{s04} e^{\frac{V_{be4}}{V_T}} \end{cases}; \quad I_2 = I_{s02} e^{\frac{V_{be2}}{V_T}}; \quad I_3 = I_{s03} e^{\frac{V_{be3}}{V_T}}$$

$$\begin{cases} I_0 = I_1 + I_4 \\ I = I_1 + I_2 \\ I = I_3 + I_4 \end{cases} \rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{I_{s01}}{I_{s02}} e^{\frac{V_{be1} - V_{be2}}{V_T}} = k_1 e^{\frac{v_d}{V_T}} \rightarrow$$

$$\rightarrow I_1 = k_1 (I - I_1) e^{\frac{v_d}{V_T}} \rightarrow I_1 (1 + k_1 e^{\frac{v_d}{V_T}}) = k_1 I e^{\frac{v_d}{V_T}}$$

$$\rightarrow \left| \begin{array}{l} I_1 = \frac{I k_1 e^{\frac{V_1}{V_T}}}{1 + k_1 e^{\frac{V_1}{V_T}}} \end{array} \right| \textcircled{\text{I}} \quad \left| \begin{array}{l} V_0 = R (I_1 + I_4) \end{array} \right| \textcircled{\text{III}}$$

De igual forma

$$\left| \begin{array}{l} I_4 = \frac{I k_2 e^{\frac{V_2}{V_T}}}{1 + k_2 e^{\frac{V_2}{V_T}}} \quad \text{con } k_2 = \frac{I_{SO4}}{I_{SO3}} \end{array} \right| \textcircled{\text{II}}$$

c) Basta con desarrollar las expresiones $\textcircled{\text{I}}$ y $\textcircled{\text{II}}$ con lo que .

$$\left| \begin{array}{l} I_1 = \frac{k_1}{V_T (1 + k_1)^2} I \cdot N_1 + \frac{I k_1}{1 + k_1} \\ I_4 = \frac{k_2}{V_T (1 + k_2)^2} I N_2 + \frac{I k_2}{1 + k_2} \end{array} \right|$$

De esa forma con un razonamiento similar al de la parte a :

$$A_d = \frac{RI}{2} \left(\frac{k_1}{V_T (1 + k_1)^2} - \frac{k_2}{V_T (1 + k_2)^2} \right)$$

$$A_c = RI \left(\frac{k_1}{V_T (1 + k_1)^2} + \frac{k_2}{V_T (1 + k_2)^2} \right)$$

que verifican el hecho que si todos los
resistores son iguales \rightarrow

$$A_d = 0$$

$$A_c = \frac{I}{2V_T} R = \frac{I}{2} \frac{R}{V_T}$$

26/7/2001

Problema 2:

$$a) \beta_M = (\mu \cdot C_{ox})_M \cdot \left(\frac{W}{L}\right)_M = \beta_P = (\mu \cdot C_{ox})_P \cdot \left(\frac{W}{L}\right)_P = 50 \mu A/V^2$$

$$V_{t0M} = + |V_{t0P}| = 0.8V$$

$$\delta_M = \delta_P = 0.2$$

⇒ la respuesta es simétrica respecto a $V_i = 0$, y la máxima resistencia de viene allí.

$$g_M \Big|_{V_i=0} = \beta_M (V_{GS_M} - V_{t0}) = \beta_M \left((V_{DD} - 0) - (V_{t0} + \delta_M \cdot \underbrace{(-V_{SS})}_{V_{SB}}) \right)$$

$$g_P \Big|_{V_i=0} = \beta_P \left((-V_{SS} - 0) - (|V_{t0P}| + \delta_P \cdot \underbrace{V_{DD}}_{V_{SB}}) \right)$$

$$\Rightarrow R_{m\acute{o}x} = \frac{1}{g_P + g_M}$$

$$R_{m\acute{o}x} = \frac{1}{50 \mu A/V^2 (5 - (0.8 + 0.2 \cdot 5)) + 50 \mu A/V^2 (5 - (0.8 + 0.2 \cdot 5))}$$

$$= 3125 \Omega$$

$$b) f_{-3dB \text{ sobre } C} = \frac{1}{2\pi R_{m\acute{o}x} \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 3125 \cdot 100e-12} = 509 kHz$$

$$f_{-3dB \text{ op. amp}} = f_{\text{op. amp}} = 10 \pi kHz \gg 509 kHz.$$

↳ seguidor

$$\Rightarrow f_{-3dB \text{ conjunto}} = 509 kHz$$

Problema 2: Amplificador como seguidor \rightarrow V_i varía el nivel de modo común a la entrada.

a) Rango de entrada en modo común:

$$V_{i\text{máx}} \mid V_{DD} - V_{BE} - (V_{i\text{máx}} - V_{BE}) > V_{CESAT}$$

$$\Rightarrow \underline{V_{i\text{máx}} = V_{DD} - V_{CESAT} = 4.7V}$$

$$V_{i\text{mín}} \mid V_{i\text{mín}} - V_{BE} > V_{CESAT} + V_{SS}$$

$$\Rightarrow \underline{V_{i\text{mín}} = V_{BE} + V_{CESAT} + V_{SS} = -4V}$$

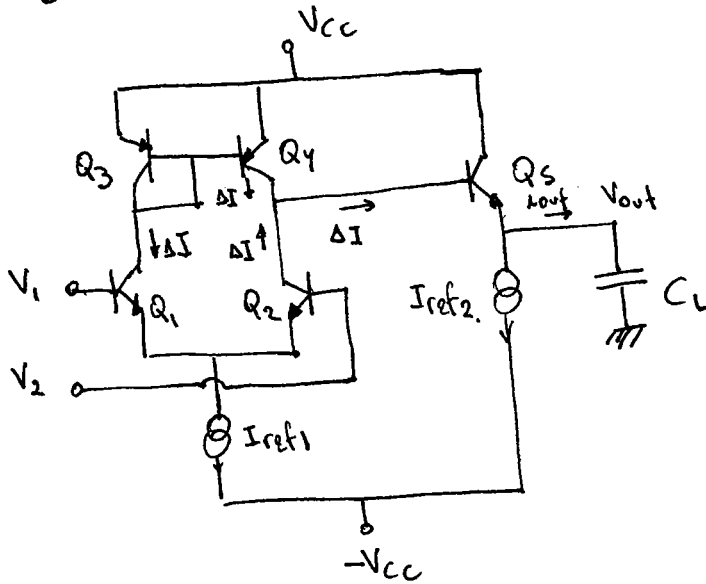
$$b) \omega_T = \frac{g_m}{C_L} \Rightarrow C_L = \frac{g_m}{\omega_T} = \frac{I_{red}}{2V_T \cdot 2\pi \cdot f_T} =$$

$$= \frac{30e-6}{2.26e-3 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 10e6} =$$

$$= \underline{\underline{8.2 pF}}$$

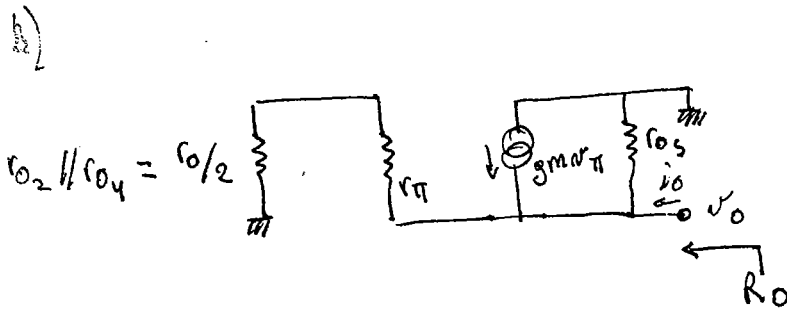
agile
F. SELLERIA.

PROBLEMA 3



~~LINDER REYES~~

1) $\therefore V_1 > V_2 \Rightarrow \Delta I$ positivo $\Rightarrow V_{B5} \uparrow \Rightarrow V_{E5} \uparrow \Rightarrow V_1$ entrada no inversor



$$i_o = \frac{v_o}{r_o} + \frac{v_o}{r_\pi + r_o/2} + \frac{g_m \cdot v_o \cdot r_\pi}{r_\pi + r_o/2} = v_o \left(\frac{1}{r_o} + \frac{\beta + 1}{r_\pi + r_o/2} \right) = \frac{v_o \cdot 2\beta}{r_o}$$

$$\Rightarrow R_o = \frac{r_o}{2 \cdot \beta}$$

$$b) v_o = \beta g_m \cdot v_i \cdot z_L = \beta \cdot g_m \cdot v_i (R_o \parallel C_L)$$

$$\Rightarrow \frac{v_o}{v_i} = \beta \cdot g_m \cdot \frac{R_o \cdot \frac{1}{C_L s}}{R_o + \frac{1}{C_L s}} = \frac{g_m \cdot r_o/2}{\frac{r_o}{2\beta} \cdot C_L \cdot s + 1} \Rightarrow \omega_p = \frac{1}{R_o C_L}$$

c) Esc. pos. $\Rightarrow V_1 - V_2 > 0 \Rightarrow Q_2$ cortado $\Rightarrow i_{out} = \beta \cdot I_{ref1} \Rightarrow S_r = \beta I_{ref1}$

Esc. neg. $\Rightarrow V_1 - V_2 < 0 \Rightarrow Q_1$ cortado, Q_2 cortado $\Rightarrow i_{out} = I_{ref2} \Rightarrow S_r = \frac{I_{ref2} C_L}{C_{in}}$

2do parcial Electrónica I, 26/7/2001

Pregunta:

$$P_{din} \propto f \cdot V_{DD}^2$$

a)

$$\Rightarrow P_{3.3V} = \frac{P_{5V}}{(5)^2} \cdot (3.3)^2 = \underline{5.2 \mu W}$$

$$b) \quad t_p \propto \frac{1}{V_{DD}}, \quad f_{max} \propto \frac{1}{t_p}$$

$$\Rightarrow f_{max\ 3.3V} = f_{max\ 5V} \cdot \frac{3.3}{5} = \underline{39.6 \text{ MHz}}$$

$$P_{3.3V, 39.6 \text{ MHz}} = P_{3.3V, 60 \text{ MHz}} \cdot \frac{39.6}{60} = 52 \times \frac{39.6}{60} = \underline{3.43 \mu W}$$