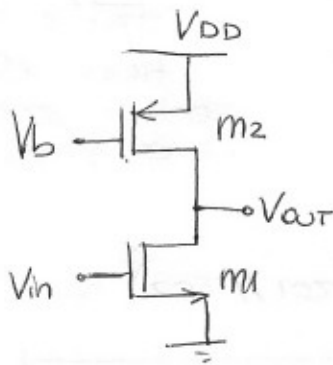
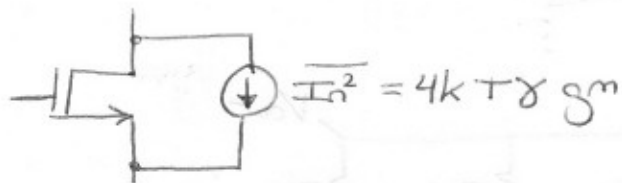


### Problema 3



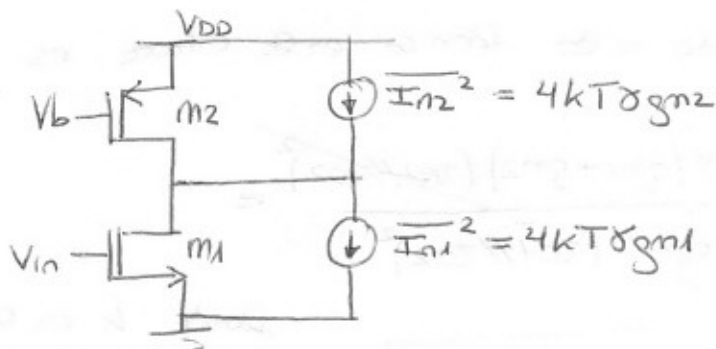
El transistor mosfet exhibe ruido térmico debido al trasiego de portadores en el canal. Para transistores de canal largo en saturación el ruido del canal se modela por una fuente de corriente entre drenador y fuente:



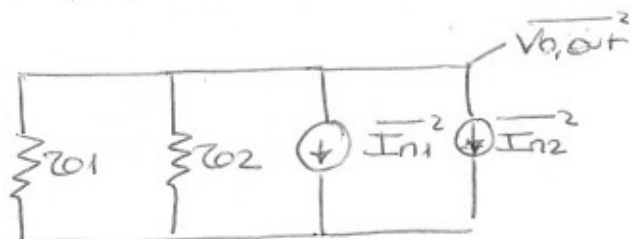
Suponemos que ambos transistores están en saturación. Vamos a considerar que la impedancia de entrada es infinita. Despreciamos el ruido Flicker.

Obtendremos la fuente de tensión de ruido térmico a la entrada:

Sustituimos cada transistor por su modelo de ruido térmico:



Entonces la entrada para calcular  $\overline{V_{n,out}^2}$ .  
El modelo en pequeña señal es:



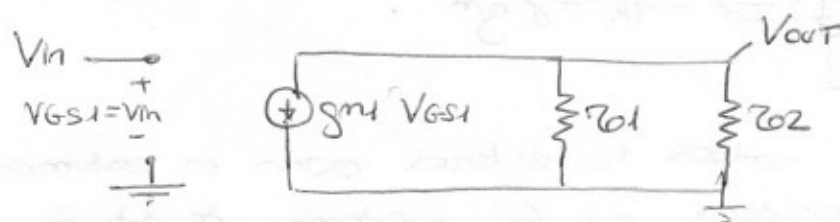
( $\overline{I_{n1}^2}$  e  $\overline{I_{n2}^2}$  tienen el mismo sentido porque el ruido siempre se suma).

entonces  
La tensión de ruido a la salida:

$$\overline{V_{n,out}^2} = (\overline{I_{n1}^2} + \overline{I_{n2}^2}) (r_{01} // r_{02})^2 =$$

$$= 4kT\gamma (g_{m1} + g_{m2}) (r_{01} // r_{02})^2$$

Obtenemos la fuente de ruido a la entrada.  
Para ello calculamos la ganancia en tensión del circuito.  
En pequeña señal tenemos:



$$V_{out} = -g_{m1} \cdot V_{in} (r_{01} // r_{02})$$

La ganancia de tensión es:  $A_v = -g_{m1} (r_{01} // r_{02})$

La fuente de tensión de ruido térmico en la entrada es:

$$\overline{V_{n,in}^2} = \frac{\overline{V_{n,out}^2}}{A_v^2} = \frac{4kT\gamma (g_{m1} + g_{m2}) (r_{01} // r_{02})^2}{g_{m1}^2 (r_{01} // r_{02})^2} =$$

$$= 4kT\gamma \left( \frac{1}{g_{m1}} + \frac{g_{m2}}{g_{m1}^2} \right)$$

Donde  $k$  es la constante de Boltzmann.

$\gamma = 2/3$  para canales largos.

Los transistores  $m_1$  y  $m_2$  juegan diferente papel desde el punto de vista del ruido.

$V_{in}^2$  indica cuánto la señal de entrada es corrompida por el ruido del circuito, e indica por lo tanto cómo de pequeña puede ser la entrada con SNR aceptable. Es útil para comparar dos circuitos (Aunque no puede ser medida físicamente).

- Calculamos ahora la relación señal ruido a la salida, si aplicamos una señal sinusoidal de amplitud  $V_{in}$  en la entrada.

Con esto, la amplitud que se obtiene a la salida es:

$$V_{out} = g_{m1} (r_{o1} // r_{o2}) \cdot V_{in}$$

La potencia media por unidad de carga se define como

$$P_{av} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x^2(t) dt.$$

En este caso,

$$P_{av} = \left( \frac{g_{m1} (r_{o1} // r_{o2}) V_{in}}{\sqrt{2}} \right)^2$$

La relación señal ruido a la salida es:

$$SNR_{out} = \frac{P_{av}}{V_{n,out}^2} = \frac{g_{m1}^2 (r_{o1} // r_{o2})^2}{8kT\gamma (g_{m1} + g_{m2}) (r_{o1} // r_{o2})^2} V_{in}^2 =$$

(relación  
entre la potencia  
de la señal  
y la potencia  
del ruido)

$$= \boxed{\frac{g_{m1} V_{in}^2}{8kT\gamma (g_{m1} + g_{m2})}}$$