

## UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones E3T  
FUNDAMENTOS DE CIRCUITOS ANALÓGICOS. Prof.: Javier Ardila

### Taller de refuerzo: Par Diferencial, Parte 1

Para los problemas de este taller se debe asumir donde se requiera:  $V_{dd}=3V$ ,  $V_{TH0,N} = 0.6V$ ,  $V_{TH0,P} = -0.65V$ ,  $\mu_n C_{ox} = 180\mu A/V^2$ ,  $\mu_p C_{ox} = 70\mu A/V^2$ ,  $\lambda_n = 0.1 V^{-1}$  (para  $L=0.5\mu m$ ),  $\lambda_p=0.2 V^{-1}$  (para  $L=0.5\mu m$ ). Además, las unidades de  $W$  y  $L$  siempre se refieren a micrómetros ( $\mu m$ ).

- 1) En el circuito de la Figura 1 todos los transistores están operando en saturación, determínese una expresión para la ganancia en modo diferencial. Asuma  $\lambda \neq 0$ ,  $\gamma \neq 0$ .

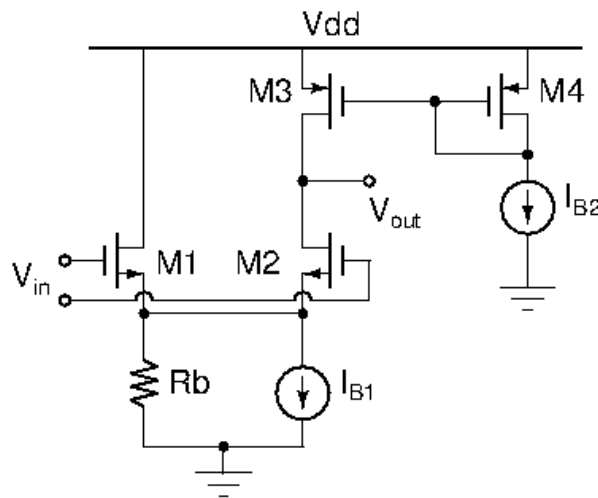


Figura 1

- 2) Para calcular el efecto de rizado en la fuente de alimentación  $V_{dd}$  se puede utilizar el modelo en pequeña señal, asumir  $V_{dd}$  como una señal de entrada y calcular la ganancia desde  $V_{dd}$  hasta  $V_{out}$ . Determine una expresión para esta ganancia en el circuito mostrado en la Figura 2. Considere el efecto de modulación de canal e ignore el efecto cuerpo.

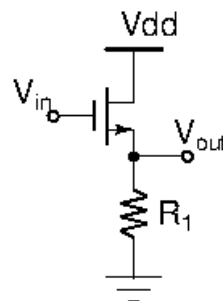


Figura 2

- 3) Para los circuitos de la Figura 3, se tiene  $I_1 = I_o \cos \omega t + I_0$ , y  $I_2 = -I_o \cos \omega t + I_0$ . Bosqueje las formas de onda en los nodos X y Y y determine las tensiones pico-pico así como el nivel en modo común que presentan. Además, bosqueje la tensión en el nodo P como función del tiempo. En todos los casos tenga en cuenta que  $I_0$  corresponde a un valor constante.

## UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones E3T  
FUNDAMENTOS DE CIRCUITOS ANALÓGICOS. Prof.: Javier Ardila

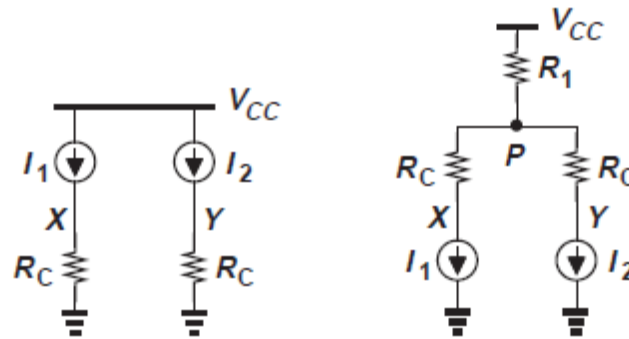


Figura 3

- 4) Teniendo en cuenta la información y el circuito presentado en la Figura 4, determine el valor del resistor R1 y las relaciones W/L para cada transistor.

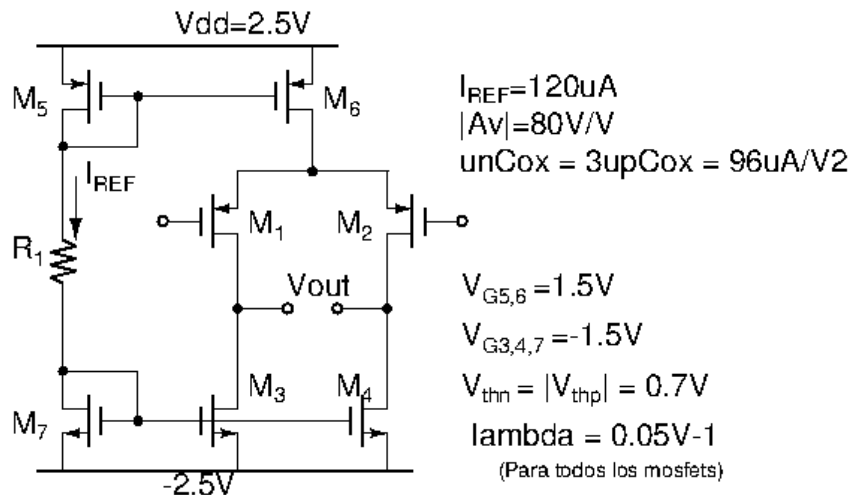


Figura 4

- 5) Recuerde que despreciando el efecto de modulación de canal para la estructura diferencial con transistores NMOS (Figura 5), se pueden generar las corrientes diferenciales  $I_{o1}$  e  $I_{o2}$ . Estas corrientes son prácticamente independientes del circuito externo y sólo son funciones de la tensión de entrada diferencial  $V_{IN1} - V_{IN2}$  como sigue:

$$I_{o1} = \frac{I_{SS}}{2} (1 + x\sqrt{1 - 0.25x^2}), \quad I_{o2} = \frac{I_{SS}}{2} (1 - x\sqrt{1 - 0.25x^2}),$$

$$\text{donde } x = (V_{IN1} - V_{IN2})/V_{OVq}$$

$V_{OVq}$  Corresponde a la tensión de sobrecarga en equilibrio. Lo anterior sólo es válido mientras los transistores operen en región de saturación. Demuestre las relaciones presentadas anteriormente.

## UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones E3T  
FUNDAMENTOS DE CIRCUITOS ANALÓGICOS. Prof.: Javier Ardila

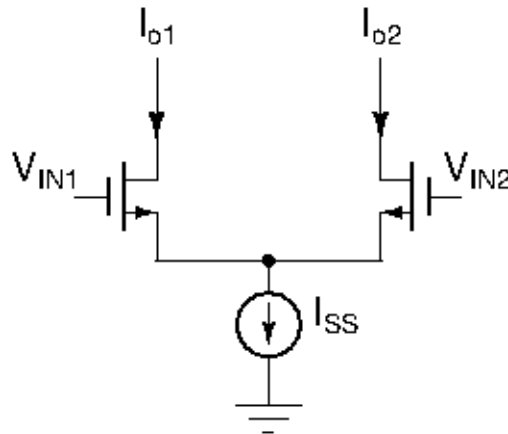


Figura 5

- 6) Utilice los parámetros de los dispositivos expuestos al inicio del taller para resolver este ejercicio (**Figura 6**) y tenga en cuenta que  $W/L = 125/2$  para ambos transistores en el siguiente par diferencial. Para el estado de equilibrio calcúlese: a) la corriente  $I_d$  que fluye a través de cada transistor y b) las tensiones en DC de cada salida. Además, determine el rango de entrada en modo común y la ganancia de tensión en pequeña señal.

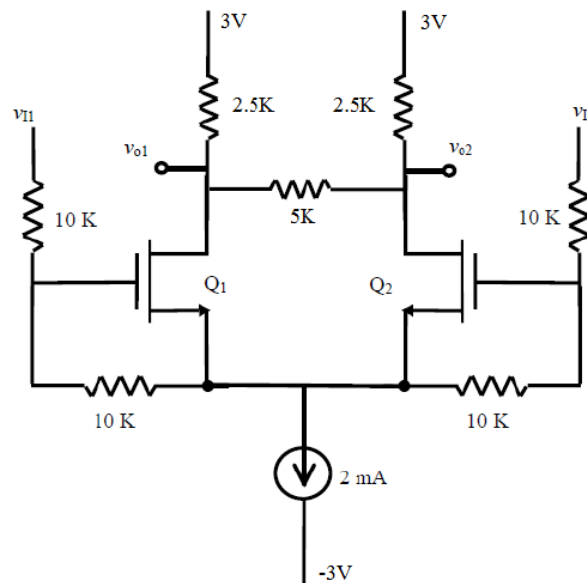
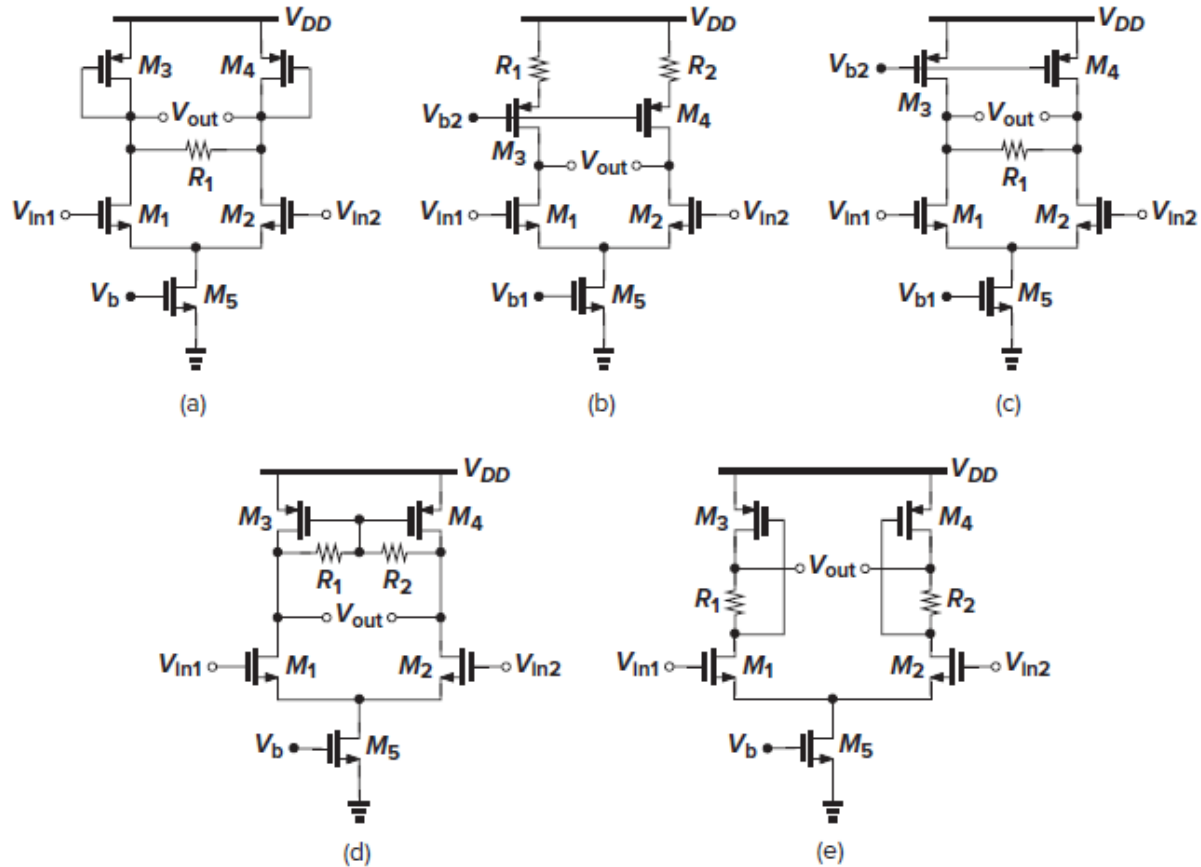


Figura 6

# UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones E3T  
FUNDAMENTOS DE CIRCUITOS ANALÓGICOS. Prof.: Javier Ardila

- 7) Encuentre para cada uno de los circuitos de la **Figura 7** la ganancia de tensión diferencial en pequeña señal.



- 8) Determine la ganancia de tensión diferencial en pequeña señal para el circuito de la Figura 8. Además, encuentre una expresión para el CMRR de este circuito.

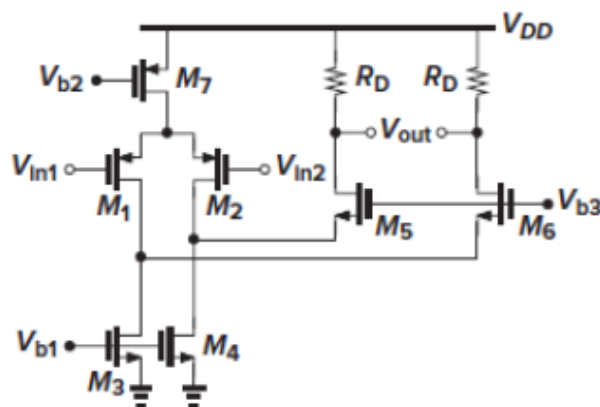


Figura 8