

# Tema 9: Amplificador Diferencial.

## **Contenidos**

9.1 Objetivos

9.2 Señales diferenciales

9.3 Par Acoplado por Fuente

# 9.1 Objetivos

Una vez aprendidos los circuitos de amplificación unipolares, vamos a introducir el amplificador diferencial

- **Comprender el significado de las señales diferenciales y cómo se analizan y construyen amplificadores diferenciales**
- **Aprenderemos cuales son las mejores características que deben reunir estos amplificadores**

## 9.2 Señales diferenciales

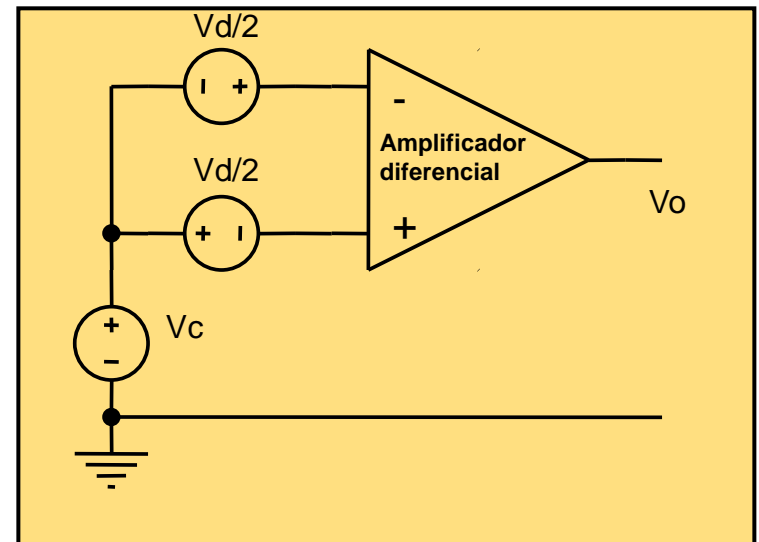
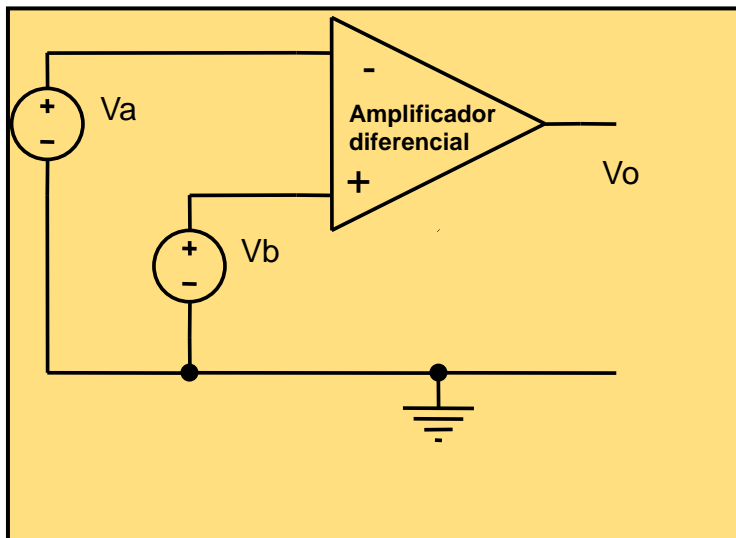
- Cualquier par de señales tienen una componente común (igual en ambas) y una componente diferencial (de diferente signo en ambas)

$$v_a = v_c + \frac{v_d}{2}$$
$$v_b = v_c - \frac{v_d}{2}$$



$$v_c \equiv \frac{v_a + v_b}{2}$$
$$v_d \equiv v_a - v_b$$

- $v_c \equiv$  Componente común
- $v_d \equiv$  Componente diferencial



## 9.2 Señales diferenciales

- El objetivo de un amplificador diferencial es amplificar la diferencia entre 2 señales y no amplificar componente común

$$v_o = A_d \cdot v_d = A_d \cdot (v_a - v_b)$$

- En la práctica esto no es posible y siempre se amplifica de alguna forma la componente común:

$$v_o = A_d \cdot v_d + A_c \cdot v_c$$

- $A_d \equiv$  Ganancia diferencial
- $A_c \equiv$  Ganancia común

$$CMRR \equiv \left| \frac{A_d}{A_c} \right|$$

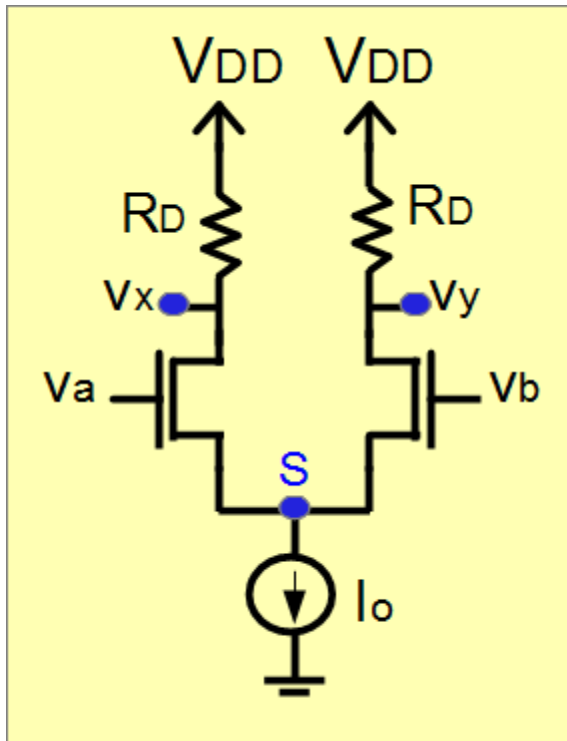
- $CMRR \equiv$  Relación de rechazo del modo común

$$CMRR_{db} \equiv 20 \cdot \log \left| \frac{A_d}{A_c} \right|$$

Un buen amplificador diferencial deberá tener  $CMRR \uparrow \uparrow$

## 9.3 Par Acoplado por Fuente

- El amplificador diferencial más simple, pero que tiene unas buenas características



$$A_d \equiv \frac{v_x - v_y}{v_a - v_b}$$

$$A_{d,se} \equiv \frac{v_x}{v_a - v_b}$$

$$A_c \equiv \frac{v_x - v_y}{(v_a + v_b) / 2}$$

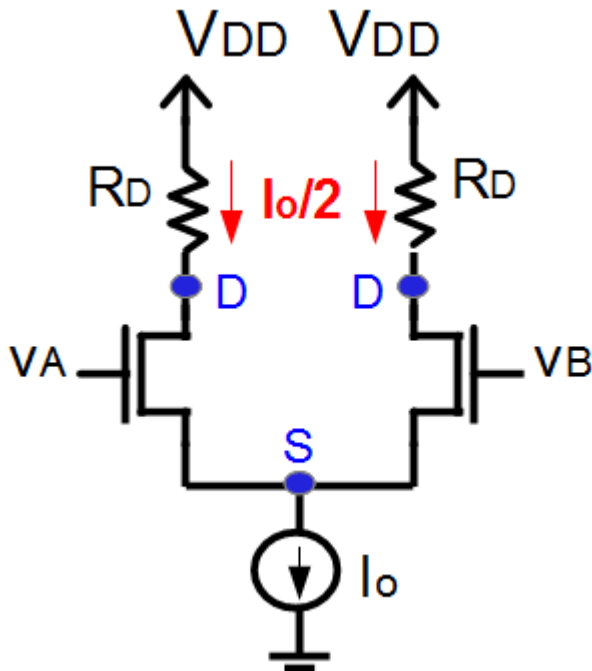
$$A_{c,se} \equiv \frac{v_x}{(v_a + v_b) / 2}$$

•  $A_{d,se} \equiv$  Ganancia diferencial de única salida

•  $A_{c,se} \equiv$  Ganancia común de única salida

- Estudiaremos el circuito en 3 formas cuya suma será el funcionamiento total del circuito:
  - Circuito de **Polarización**
  - Circuito en **Modo Diferencial** (Ganancia Diferencial de Pequeña Señal)
  - Circuito en **Modo Común** (Ganancia Común de Pequeña Señal)

## 9.3.2 Par Acoplado por Fuente. Polarización



Los límites en el rango de valores que pueden tomar las entradas, vienen dados por:

- Los transistores deben estar **saturados** **1**
- La fuente,  $I_o$ , necesita una tensión mínima para poder operar:  **$V_{S,min}$**  **2**

$$V_{GD} < V_T$$

$$V_A - V_{DD} - \frac{I_O}{2} R_D < V_T$$



$$V_A < V_{DD} - \frac{I_O}{2} R_D + V_T$$

**1**

$$V_S > V_{S,min}$$

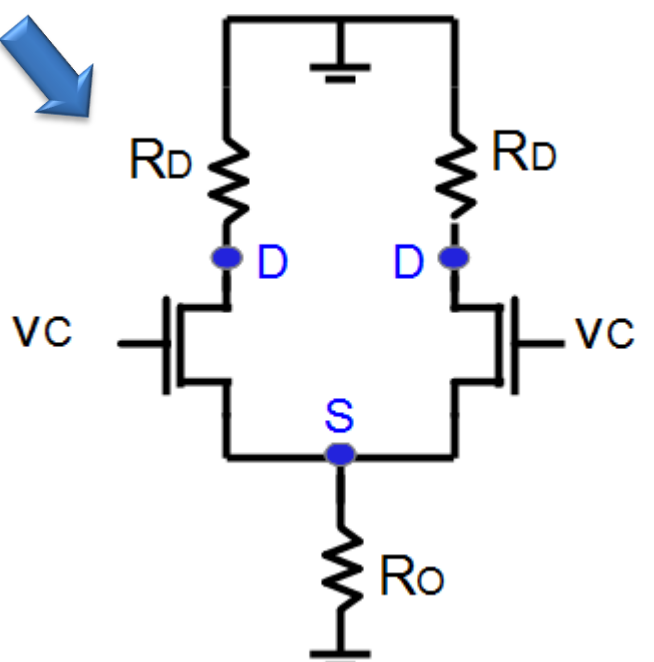
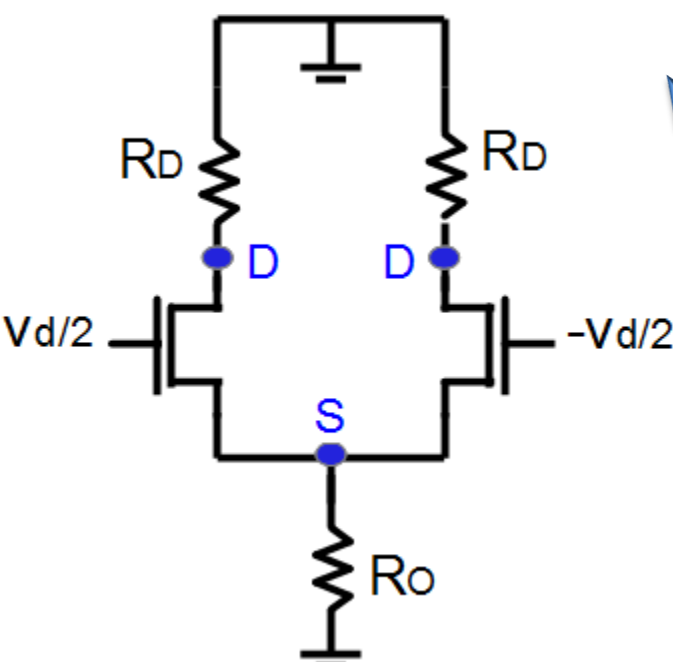
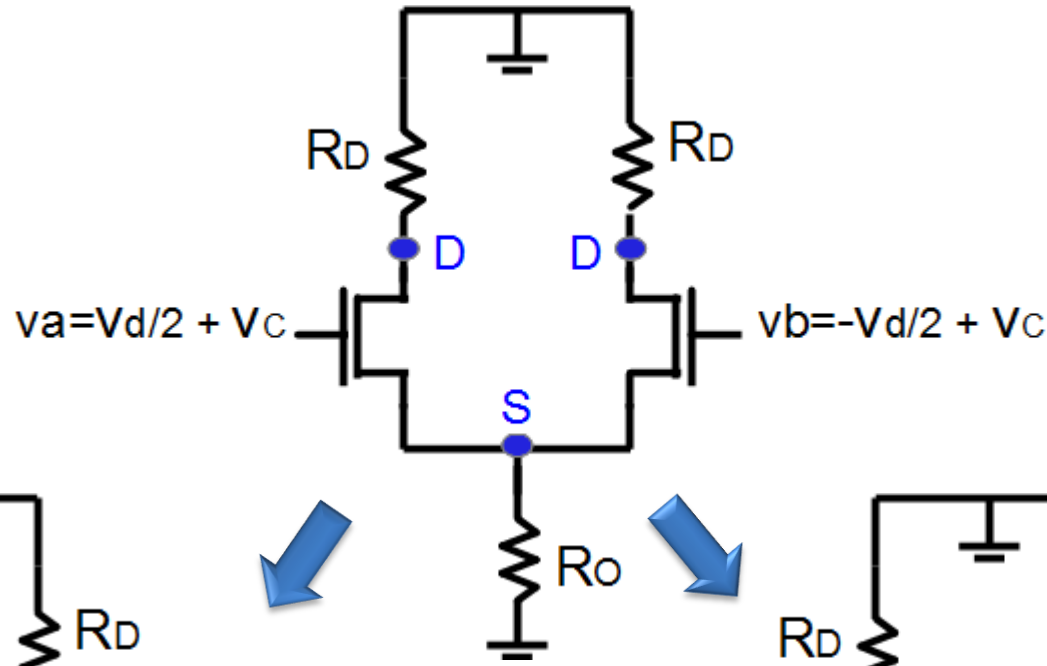
$$\frac{I_O}{2} = \frac{\beta}{2} (V_{GS} - V_T)^2$$



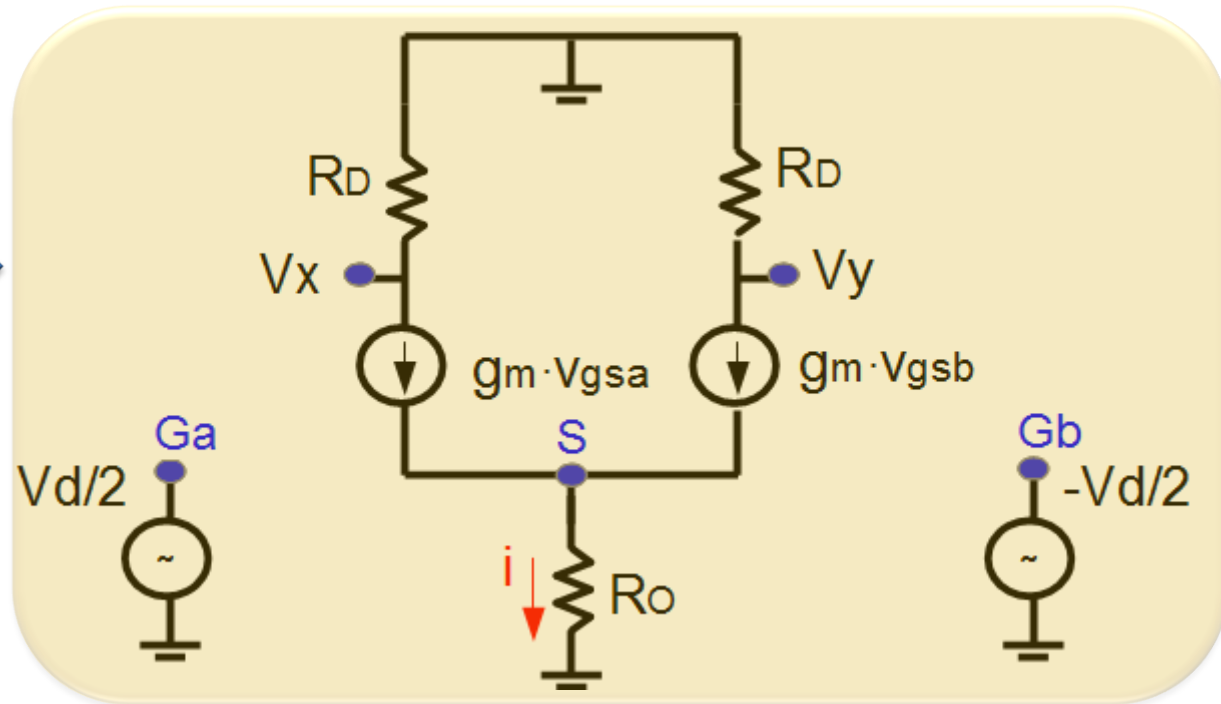
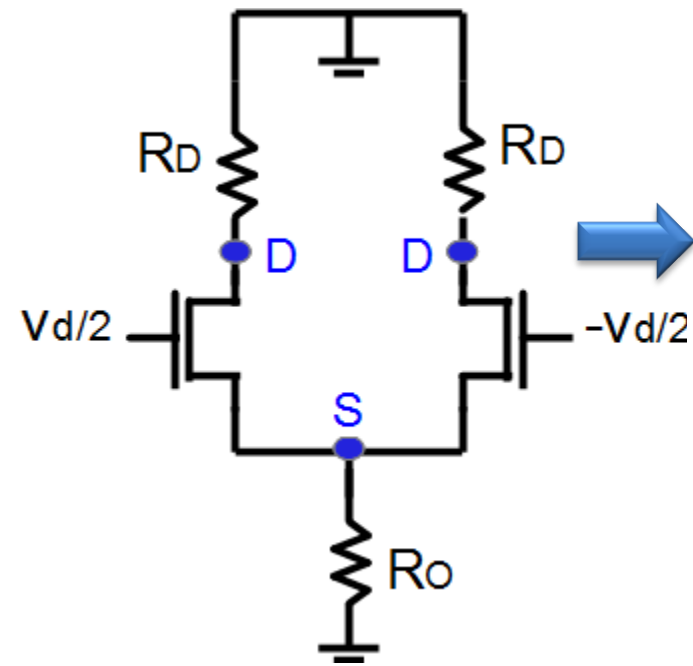
$$V_A = V_G > \sqrt{\frac{I_O}{\beta}} + V_T + V_{S,min}$$

**2**

# 9.3.3 Par Acoplado por Fuente. Análisis de Pequeña Señal.



# 9.3.4 Par Acoplado por Fuente. Modo Diferencial.



$$(g_m v_{gsa} + g_m v_{gsb}) \cdot R_O = v_s$$

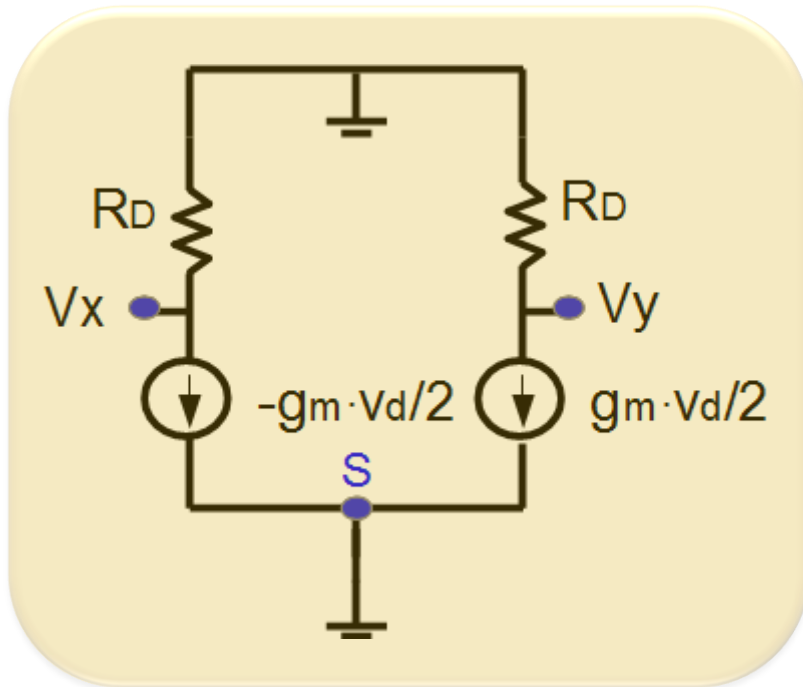
$$\left[ g_m \left( \frac{v_d}{2} - v_s \right) + g_m \left( -\frac{v_d}{2} - v_s \right) \right] \cdot R_O = v_s$$

$$-2g_m v_s R_O = v_s$$

$$v_s = 0$$



## 9.3.4 Par Acoplado por Fuente. Modo Diferencial.

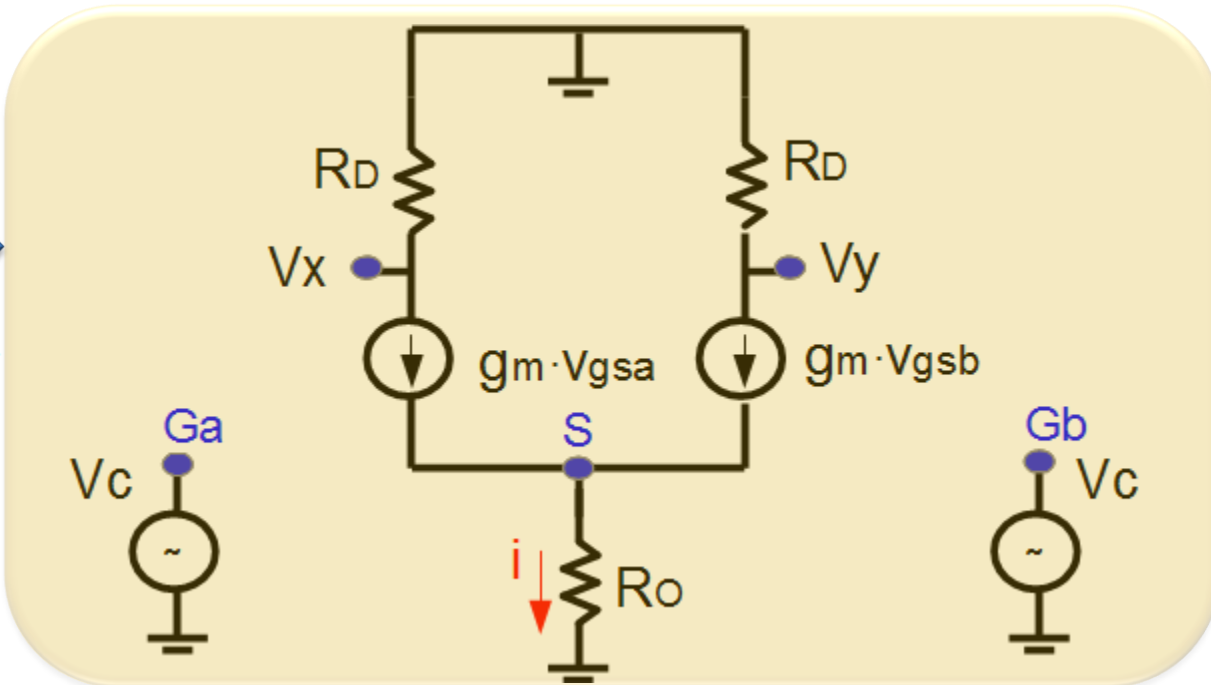
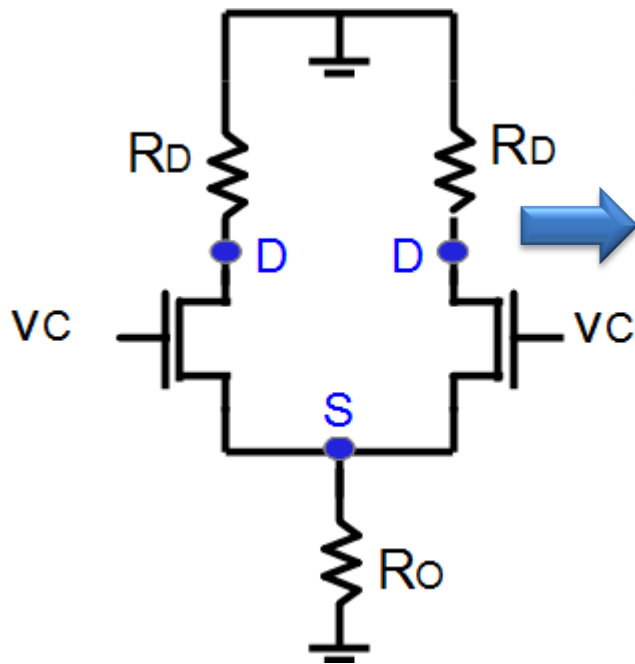


$$v_x = -g_m \frac{v_d}{2} R_D = -v_y$$

$$A_d = \frac{v_x - v_y}{v_d} = -g_m R_D$$

$$A_{d,se} = \frac{v_x}{v_d} = \frac{-g_m R_D}{2}$$

# 9.3.5 Par Acoplado por Fuente. Modo Común.



$$v_S = \frac{2g_m(v_C - v_S)R_o}{1 + 2g_mR_o} \Rightarrow v_S = \frac{2g_mR_o}{1 + 2g_mR_o} v_C \Rightarrow v_{GS} = \frac{1}{1 + 2g_mR_o} v_C$$

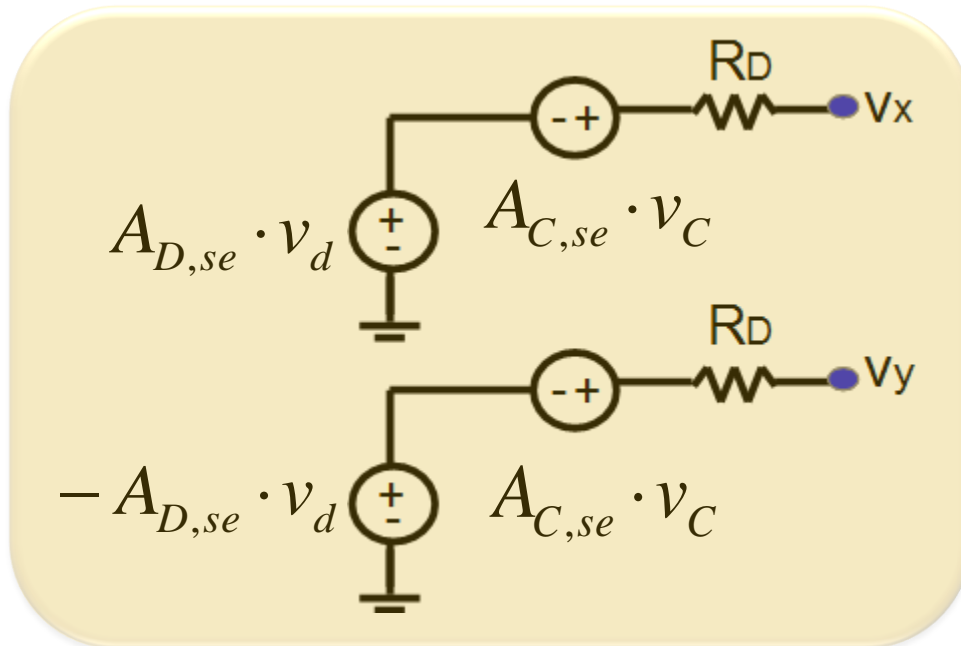
$$v_X = v_Y = \frac{-g_mR_D}{1 + 2g_mR_o} v_C \quad R_o \gg \frac{1}{g_m}$$

$$A_C = \frac{v_x - v_y}{v_C} = 0$$

$$A_{C,se} = \frac{v_x}{v_C} \approx \frac{-R_D}{2R_o}$$

## 9.3.6 Modelo del amplificador diferencial formado por Par Acoplado por Fuente.

Para construir un modelo Thevenin del A.D. formado por un Par Acoplado por Fuente sólo nos falta calcular la  $R_{Thevenin}$  que se ve en los nudos de  $v_x$  y  $v_y$ . En ambos casos vale:  $R_D$



$$A_{d,se} = \frac{-g_m R_D}{2}$$

$$A_{C,se} \approx \frac{-R_D}{2R_O}$$

$$CMRR = \frac{A_{d,se}}{A_{c,se}} = g_m R_O$$