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

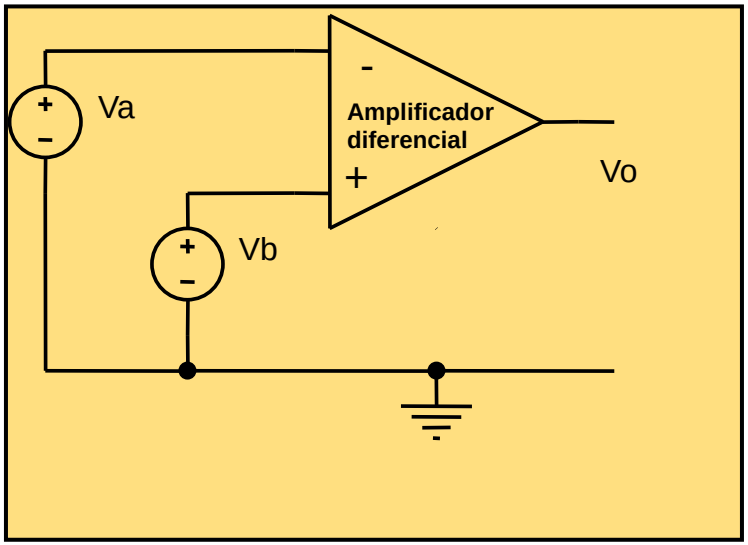
•Cualquier par de señales tienen una componente común (igual en ambas) y una componente diferencial (de diferente signo en ambas)

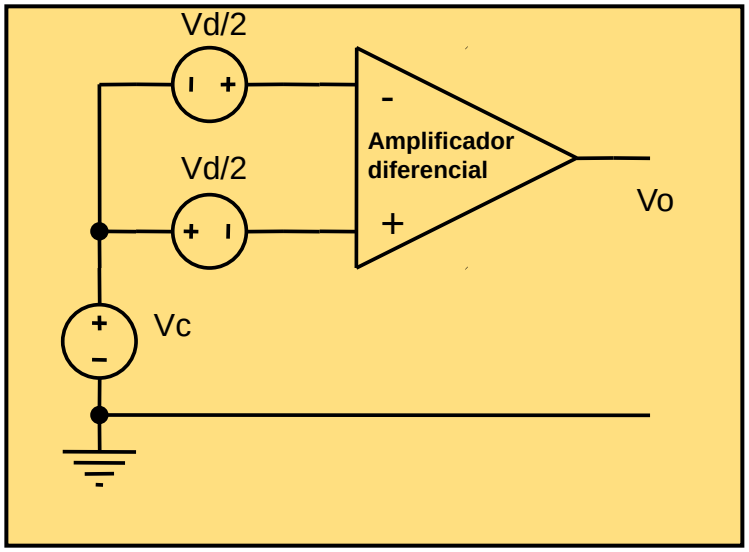
$$va = vc + \frac{vd}{2}$$
$$vb = vc - \frac{vd}{2}$$

$$vc \equiv \frac{va + vb}{2}$$
$$vd \equiv va - vb$$

•**vc ≡ Componente común**

•**vd ≡ Componente diferencial**





9.2 Señales diferenciales

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

$$vo = A_d \cdot vd = A_d \cdot (va - vb)$$

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

$$vo = A_d \cdot vd + A_c \cdot vc$$

- **Ad ≡ Ganancia diferencial**
- **Ac ≡ Ganancia común**

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

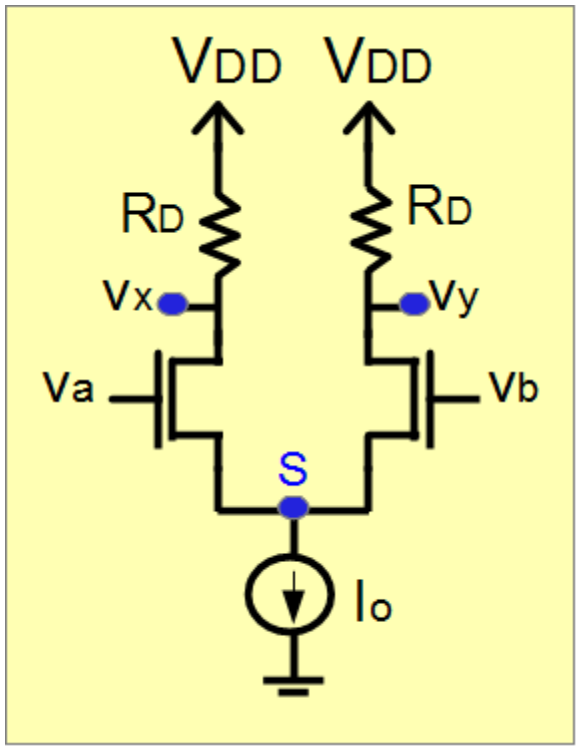
- **CMRR ≡ Relación de rechazo del modo común**

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

Un buen amplificador diferencial deberá tener CMRR↑↑

9.3 Par Acoplado por Fuente

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



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

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

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

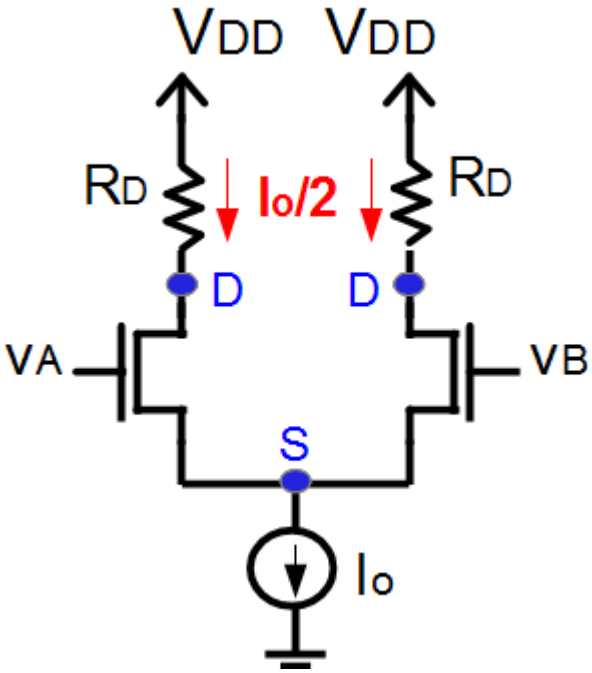
$$A_{c,se} \equiv \frac{v_x}{(v_a + v_b)/2}$$

- **Ad,se ≡ Ganancia diferencial de única salida**

- **Ac,se ≡ 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, Io, necesita una tensión mínima para poder operar: **VS,min** 2

$$V_{GD} < V_T$$

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

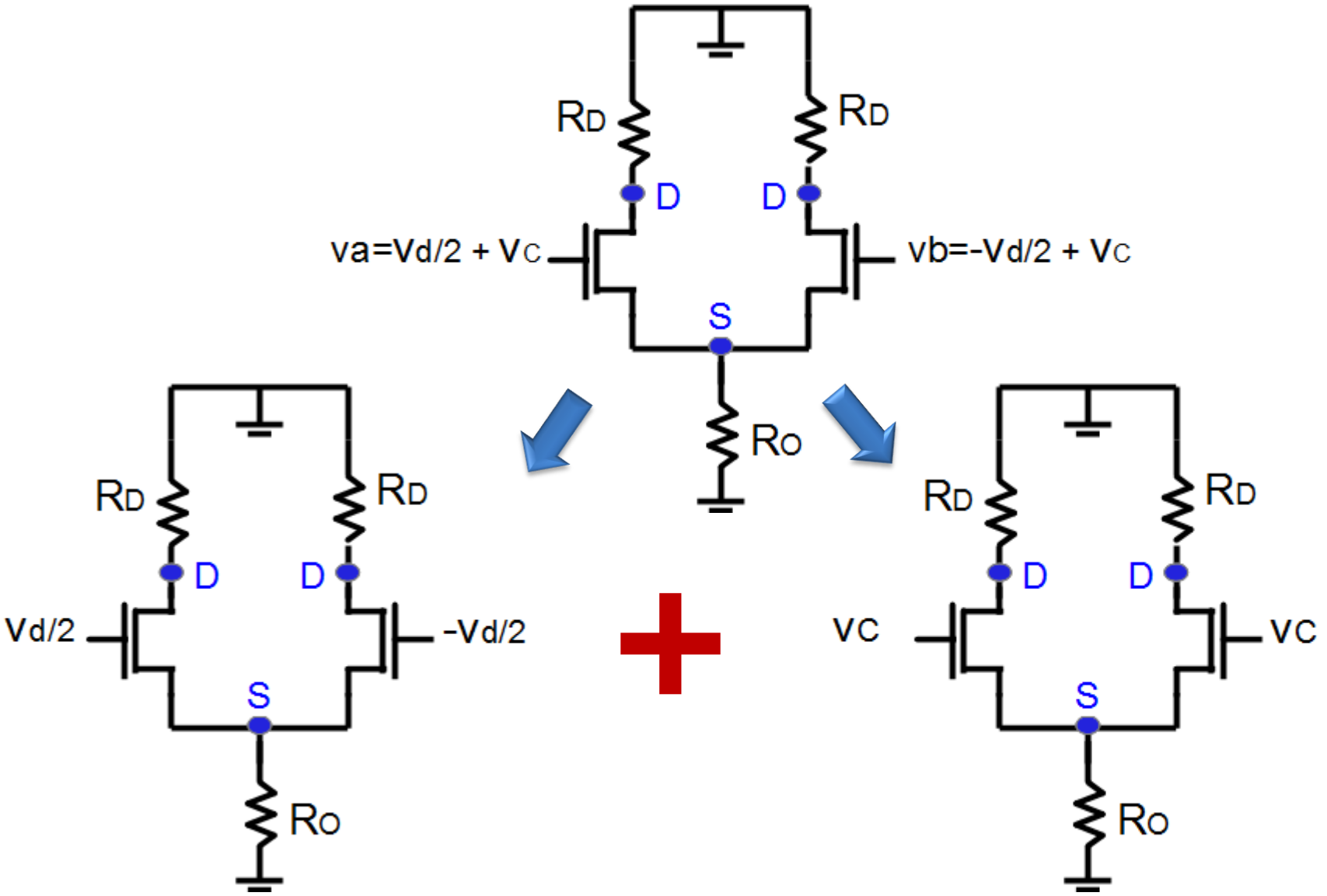
$$V_A < V_{DD} - \frac{I_O}{2} R_D + V_T \quad (1)$$

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

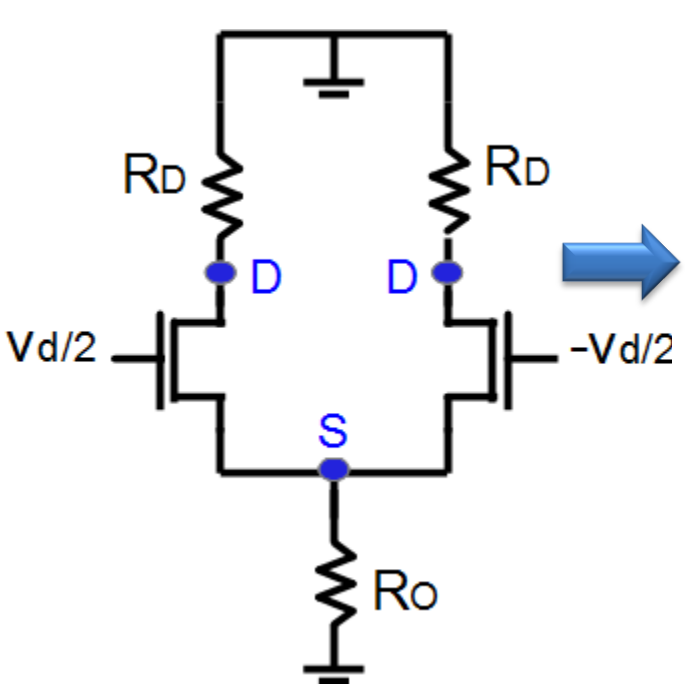
$$\frac{I_O}{2} = \frac{\beta}{2}(V_{GS} - V_T)^2$$

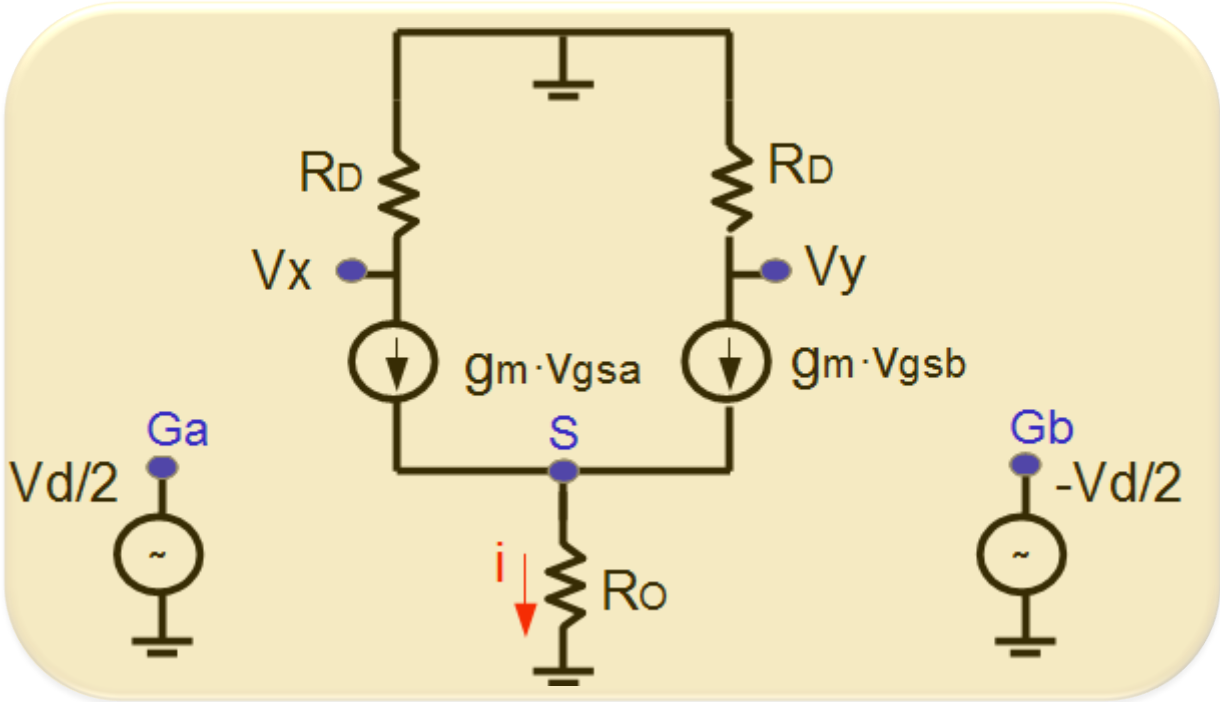
$$V_A = V_G > \sqrt{\frac{I_O}{\beta}} + V_T + V_{s,\min} \quad (2)$$

9.3.3 Par Acoplado por Fuente. Análisis de Pequeña Señal.



9.3.4 Par Acoplado por Fuente. Modo Diferencial.





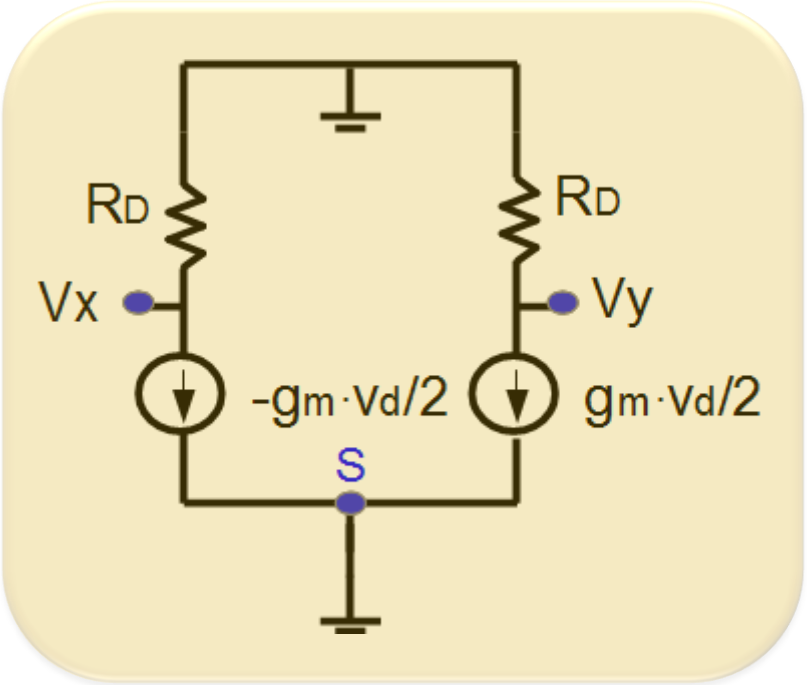
$$\left(g_m v_{gsa} + g_m v_{gsb}\right)\cdot R_O = v_s$$

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

$$-2g_m v_s R_O = v_s$$

$$v_s = 0$$

9.3.4 Par Acoplado por Fuente. Modo Diferencial.

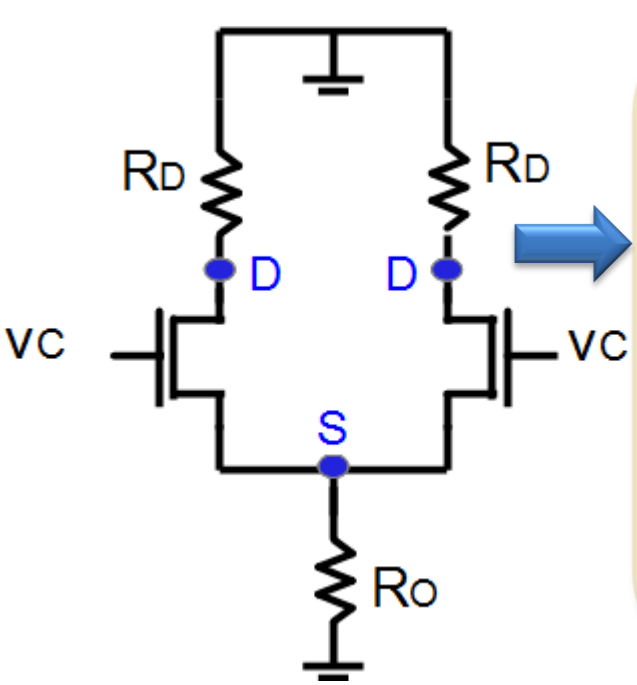


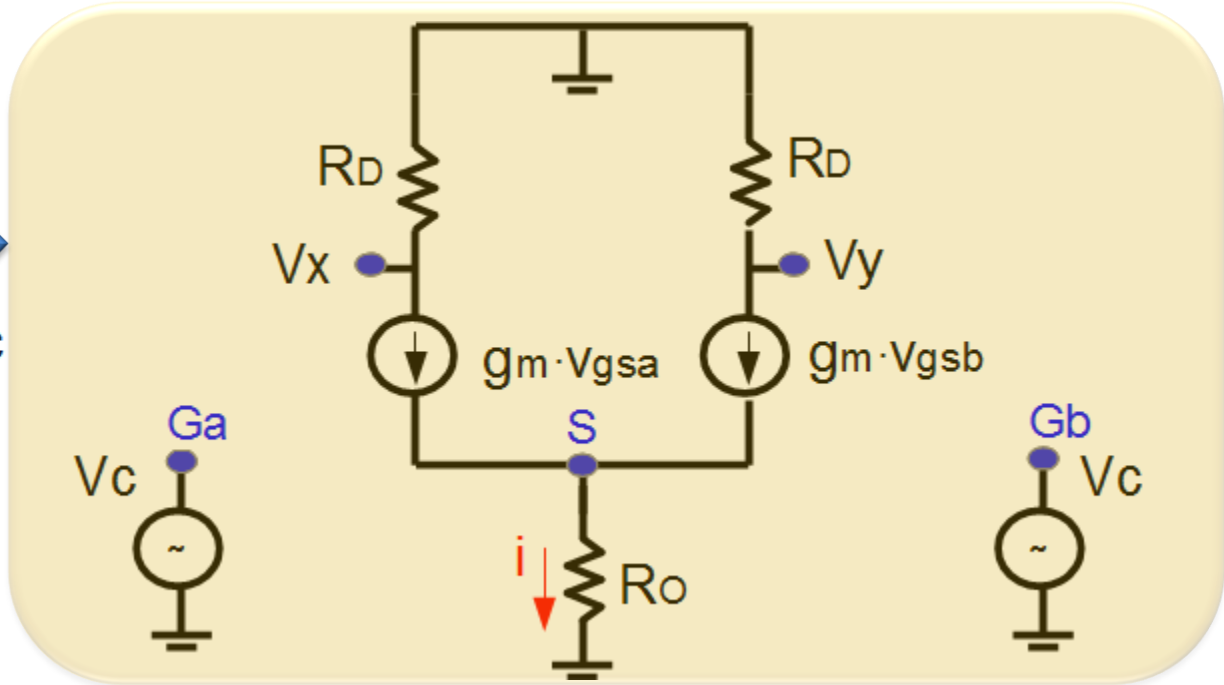
$$v_x = -g_m \frac{v_d}{2} R_D = -v_y$$

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

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

9.3.5 Par Acoplado por Fuente. Modo Común.





$$v_S = \underbrace{2g_m(v_C - v_S)}_{i} R_O \Rightarrow v_S = \frac{2g_m R_O}{1+2g_m R_O} v_C \Rightarrow v_{GS} = \frac{1}{1+2g_m R_O} v_C$$

$$v_X = v_Y = \frac{-g_m R_D}{1+2g_m R_O} v_C$$

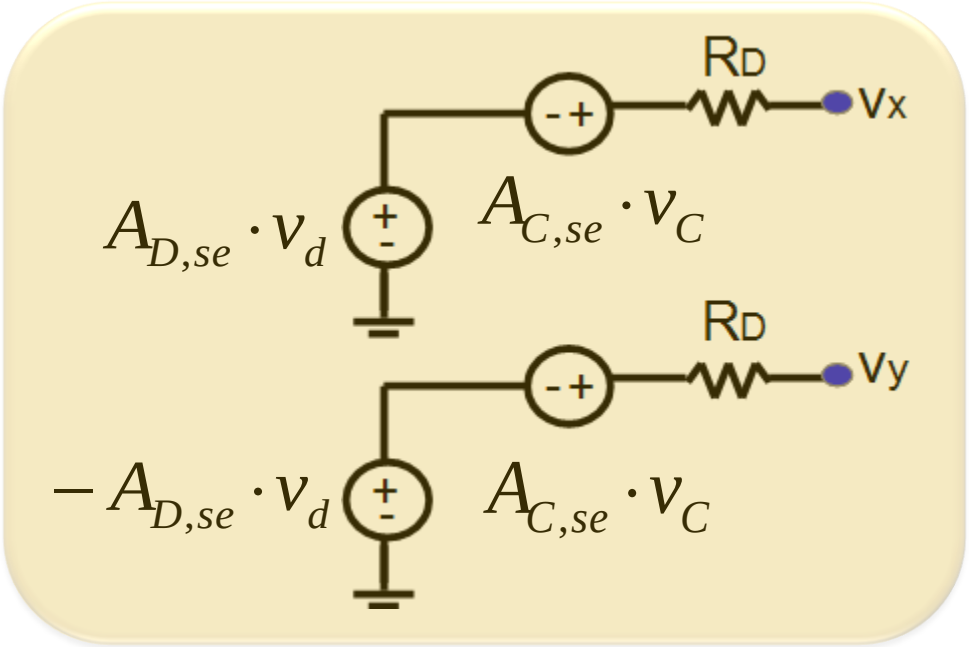
$$R_O >> \frac{1}{g_m}$$

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

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

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 **RThevenin** que se ve en los nudos de vx y vy. En ambos casos vale: **RD**



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

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

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