

6.002

**CIRCUITOS Y
ELECTRÓNICA**

Circuitos de pequeña señal

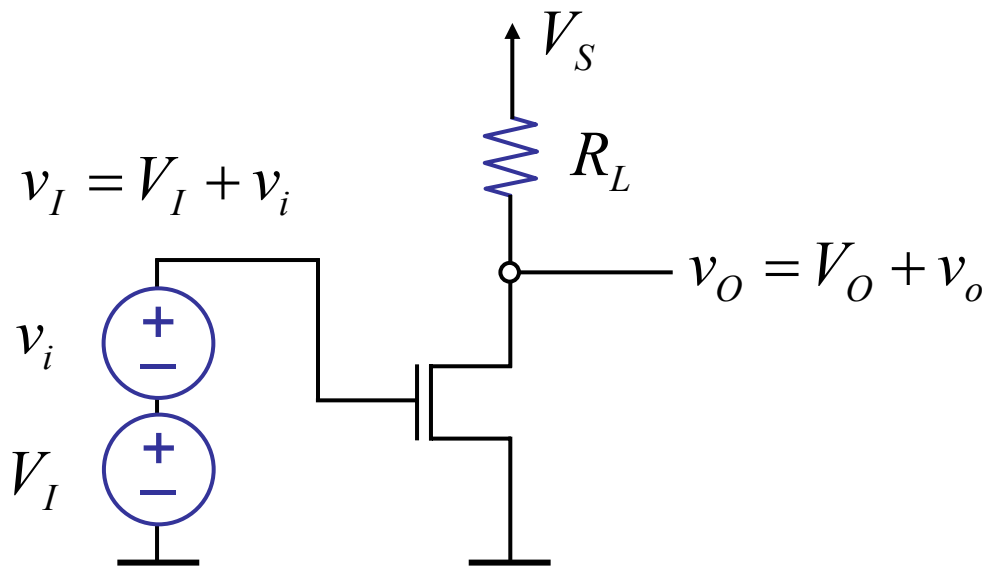
Repaso:

■ Notación de pequeña señal:

$$v_A = V_A + v_a$$

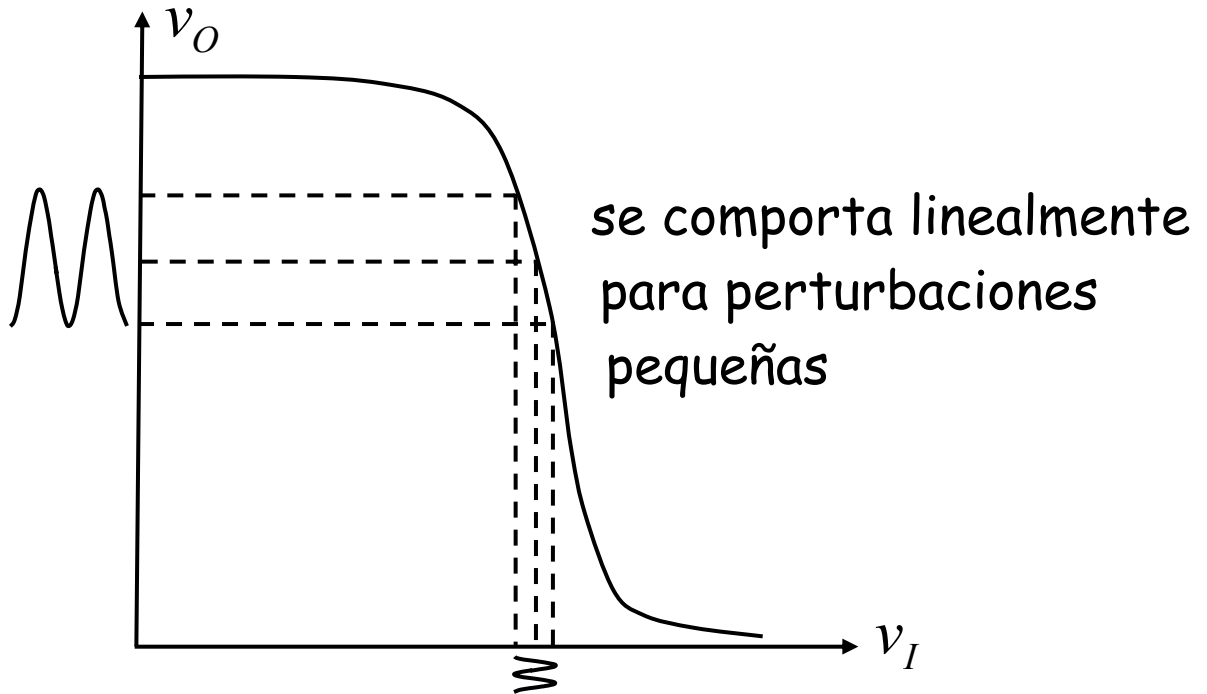
total punto de funcionamiento pequeña señal

$$v_{OUT} = f(v_I)$$
$$v_{out} = \left. \frac{d}{dv_I} f(v_I) \right|_{v_I=V_I} \cdot v_i$$



Repaso:

I. Visión gráfica (utilizando la función de transferencia)



Repaso:

II. Visión matemática

$$v_o = V_S - \frac{K(v_I - V_T)^2}{2} R_L$$

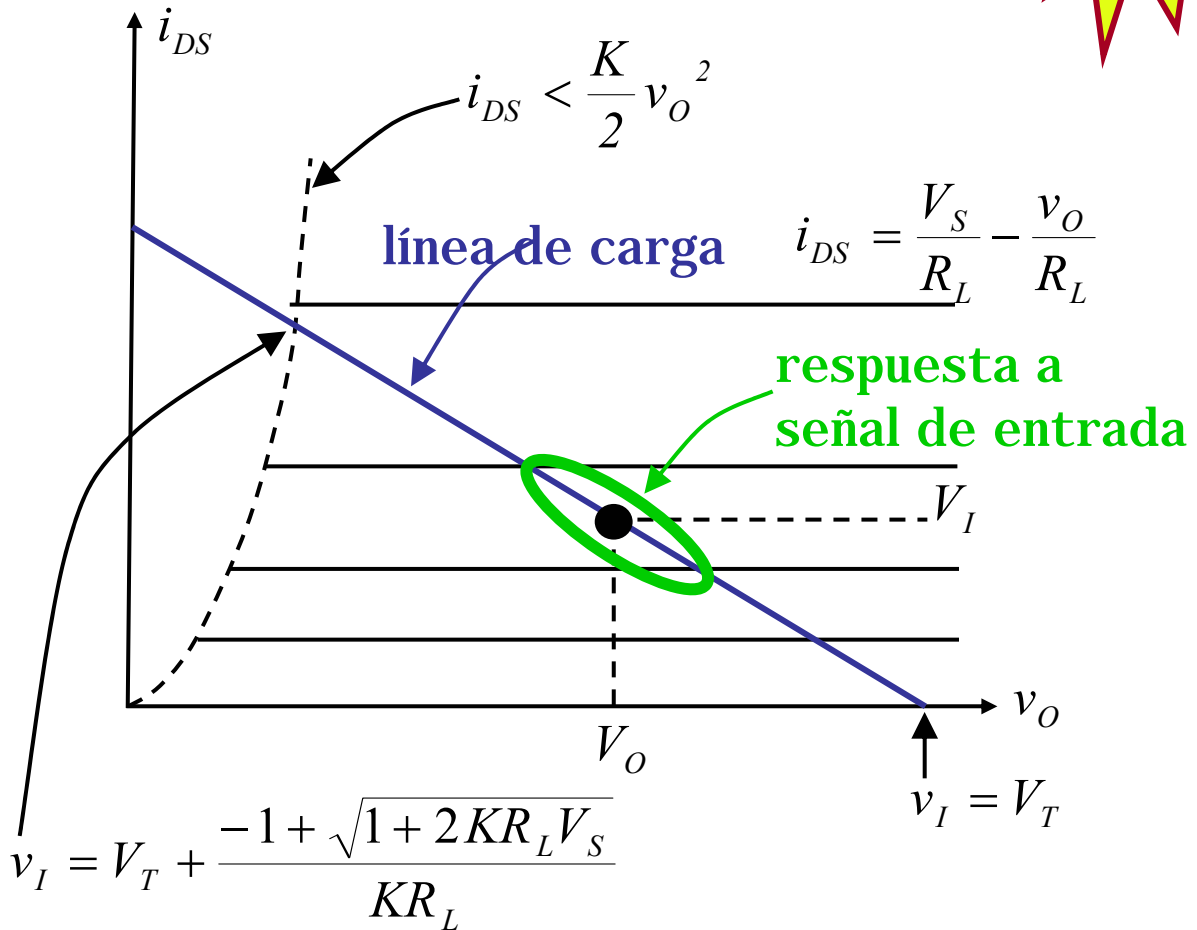
$$v_o = \frac{d}{dv_I} \left[V_S - \frac{K}{2} (v_I - V_T)^2 R_L \right] \Bigg|_{v_I = V_I} \cdot v_i$$

$$v_o = - \underbrace{K(V_I - V_T)}_{g_m} R_L \cdot v_i$$

g_m

relacionado con la constante
 V_I para la polarización de
DC fijada

Cómo seleccionar el punto de polarización, utilizando incluso otra visión gráfica basada en la línea de carga



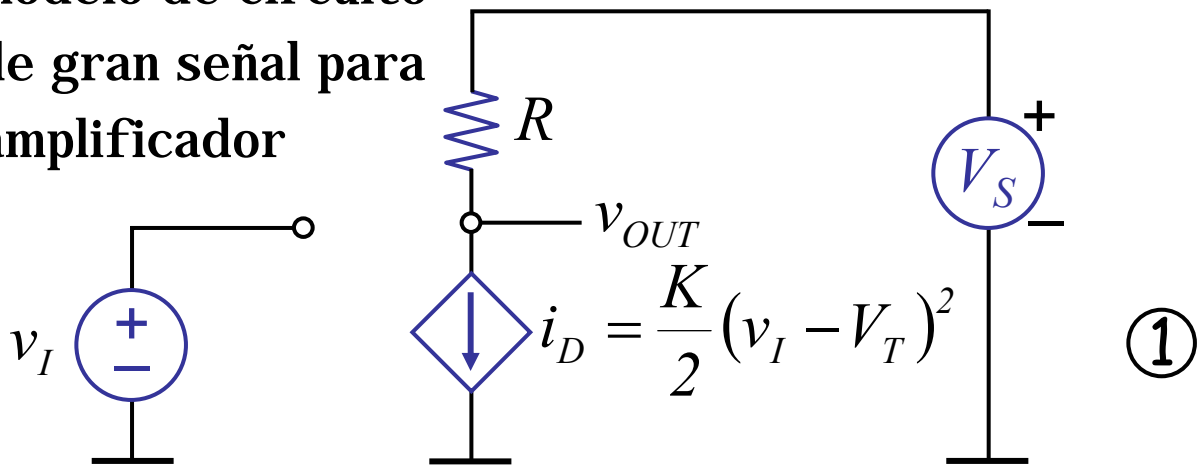
Selección de un punto de polarización:

1. Ganancia $g_m R_L \propto V_I$
2. Margen de funcionamiento válido de entrada para el amp.
3. Polarización para seleccionar la ganancia y la oscilación de entrada.

III. Visión del circuito de pequeña señal

Podemos derivar modelos equivalentes de pequeño circuito para nuestros dispositivos y, así, realizar análisis de pequeña señal directamente en los circuitos.

p.ej. modelo de circuito de gran señal para amplificador



Podemos sustituir los modelos de gran señal por modelos de circuitos de pequeña señal.

Bases: sección 8.2.1 y también en la última diapositiva de esta clase.

Análisis de circuito de pequeña señal

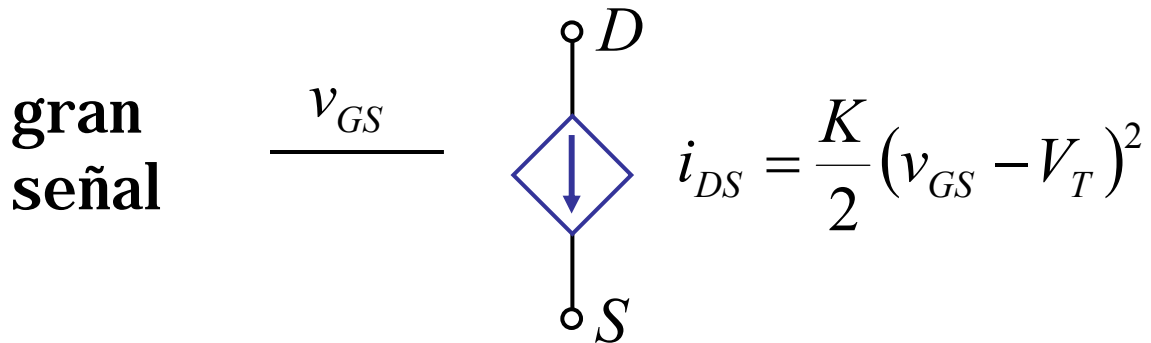
- ① Halle el punto de funcionamiento utilizando entradas de polarización de DC mediante el modelo de gran señal.
- ② Desarrolle modelos de pequeña señal (linealizados) para los elementos.
- ③ Sustituya los elementos originales por modelos de pequeña señal.

Analice el circuito linealizado resultante...

Clave: puede utilizar la superposición y otras herramientas del circuito lineal con el circuito linealizado.

Modelos de pequeña señal

Ⓐ MOSFET



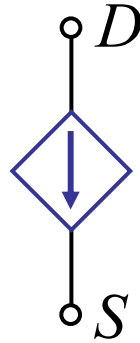
¿Pequeña señal?

Modelos de pequeña señal

(A) MOSFET

gran
señal

$$\frac{v_{GS}}$$



$$i_{DS} = \frac{K}{2} (v_{GS} - V_T)^2$$

Pequeña señal:

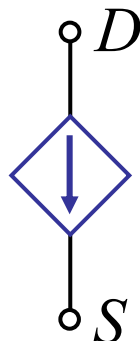
$$i_{DS} = \frac{K}{2} (v_{GS} - V_T)^2$$

$$i_{ds} = \frac{\partial}{\partial v_{GS}} \left[\frac{K}{2} (v_{GS} - V_T)^2 \right]_{v_{GS}=V_{GS}} \cdot v_{gs}$$

$$i_{ds} = \underbrace{K (V_{GS} - V_T)}_{g_m} \cdot v_{gs} \quad \Rightarrow \quad i_{ds} \text{ es lineal en } v_{gs}$$

pequeña
señal

$$v_{gs}$$

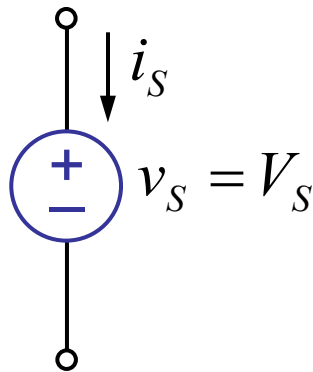


$$i_{ds} = K (V_{GS} - V_T) v_{gs}$$

$$i_{ds} = g_m v_{gs}$$

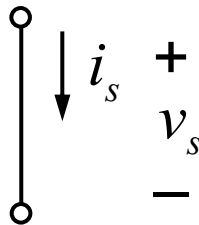
(B) Suministro de DC V_S

gran
señal



$$v_S = V_S$$

Pequeña señal



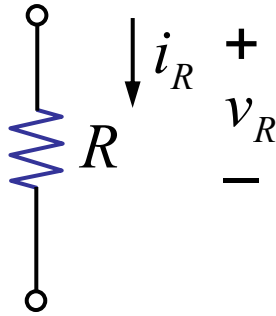
$$v_s = \left. \frac{\partial V_S}{\partial i_S} \right|_{i_S = I_S} \cdot i_s$$

$$v_s = 0$$

La fuente de DC se comporta como corto para pequeñas señales.

Ⓒ **Igualmente, R**

gran
señal

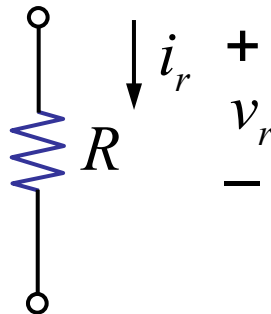


$$v_R = R i_R$$

$$v_r = \left. \frac{\partial(Ri_R)}{\partial i_R} \right|_{i_R=I_R} \cdot i_r$$

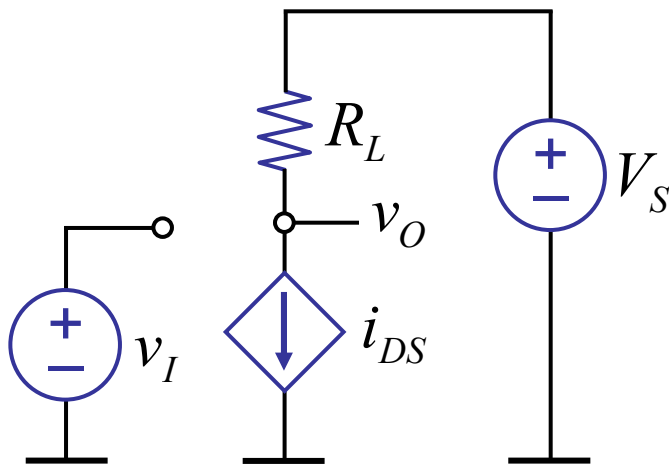
$$v_r = R \cdot i_r$$

pequeña
señal



Ejemplo de amplificador:

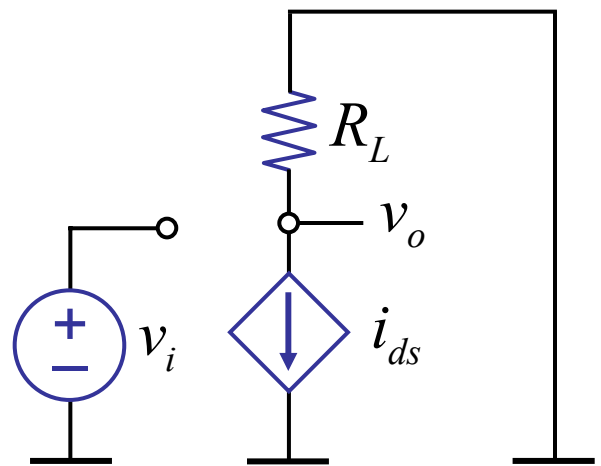
Gran señal



$$i_{DS} = \frac{K}{2} (v_I - V_T)^2$$

$$v_O = V_S - \frac{K}{2} (v_I - V_T)^2 R_L$$

Pequeña señal



$$i_{ds} = K(V_I - V_T) \cdot v_i$$

$$i_{ds} R_L + v_o = 0$$

$$v_o = -i_{ds} R_L$$

$$\begin{aligned} v_o &= -K(V_I - V_T) R_L \cdot v_i \\ &= -g_m R_L \cdot v_i \end{aligned}$$

Observe que primero necesitamos hallar las corrientes / tensiones del punto de funcionamiento

Obtenga estos datos a partir del análisis de gran señal.

III. Visión del circuito de pequeña señal

Para hallar una relación entre los parámetros de pequeña señal de un circuito, podemos sustituir los modelos de dispositivo de gran señal por los correspondientes de pequeña señal y, a continuación, analizar el circuito de pequeña señal que resulta.

Bases: (véase también la sección 8.2.1 de A&L)

Aplicando KVL o KCL a algún circuito \mathcal{C} se obtiene:

$$\cdots + v_A + \cdots + v_{OUT} + \cdots + v_B + \cdots \quad (1)$$

Sustituya las variables totales por las variables del punto de funcionamiento y las de la pequeña señal

$$\cdots + V_A + v_a \cdots + V_{OUT} + v_{out} + V_B + v_b + \cdots$$

Las propias variables del punto de funcionamiento satisfacen las mismas ecuaciones de KVL y KCL

$$\cdots + V_A \quad \cdots + V_{OUT} \quad + V_B \quad + \cdots$$

por lo tanto, podemos anularlas

Dejando:

$$\cdots + v_a \cdots + v_{out} + v_b + \cdots \quad (2)$$

Pero (2) es la misma ecuación que (1) con variables de pequeña señal sustituyendo a las variables totales, (2) por tanto, debe reflejar la misma topología que en \mathcal{C} , excepto que se utilizan los modelos de pequeña señal.

Dado que los modelos de pequeña señal son lineales, ahora se podrán aplicar nuestras herramientas...