

6.002

**CIRCUITOS y
ELECTRÓNICA**

Análisis incremental

Repaso

Análisis no lineal

- ▶ Método analítico
- ▶ Método gráfico

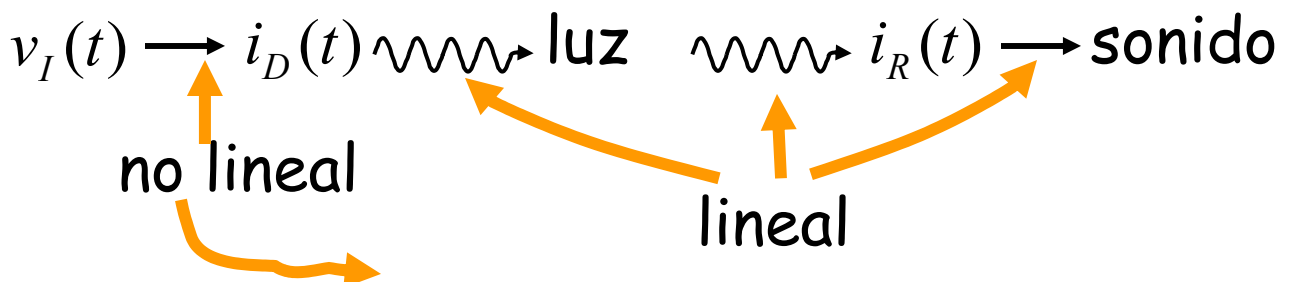
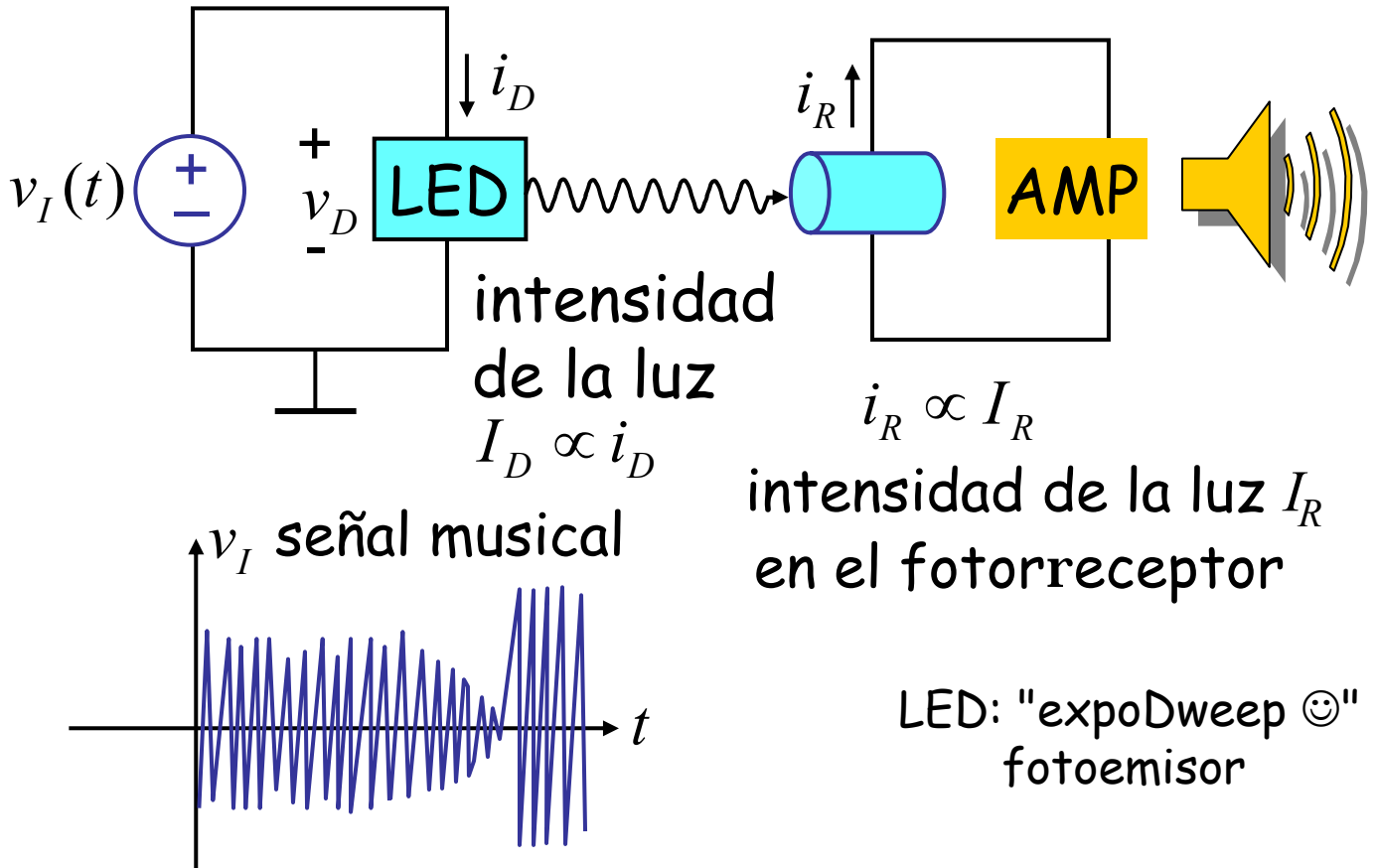
Hoy

- ▶ Análisis incremental

Lectura: sección 4.5

Método 3: análisis incremental

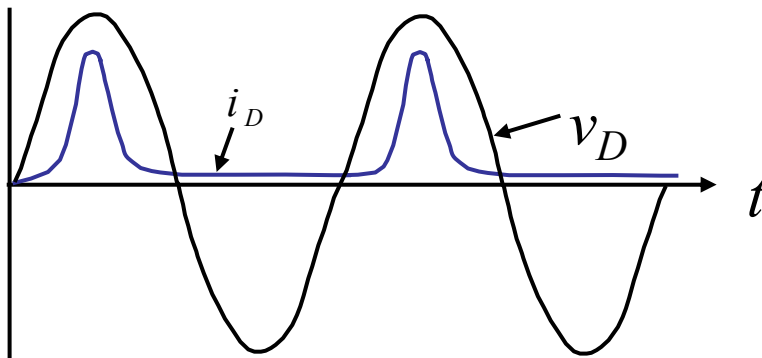
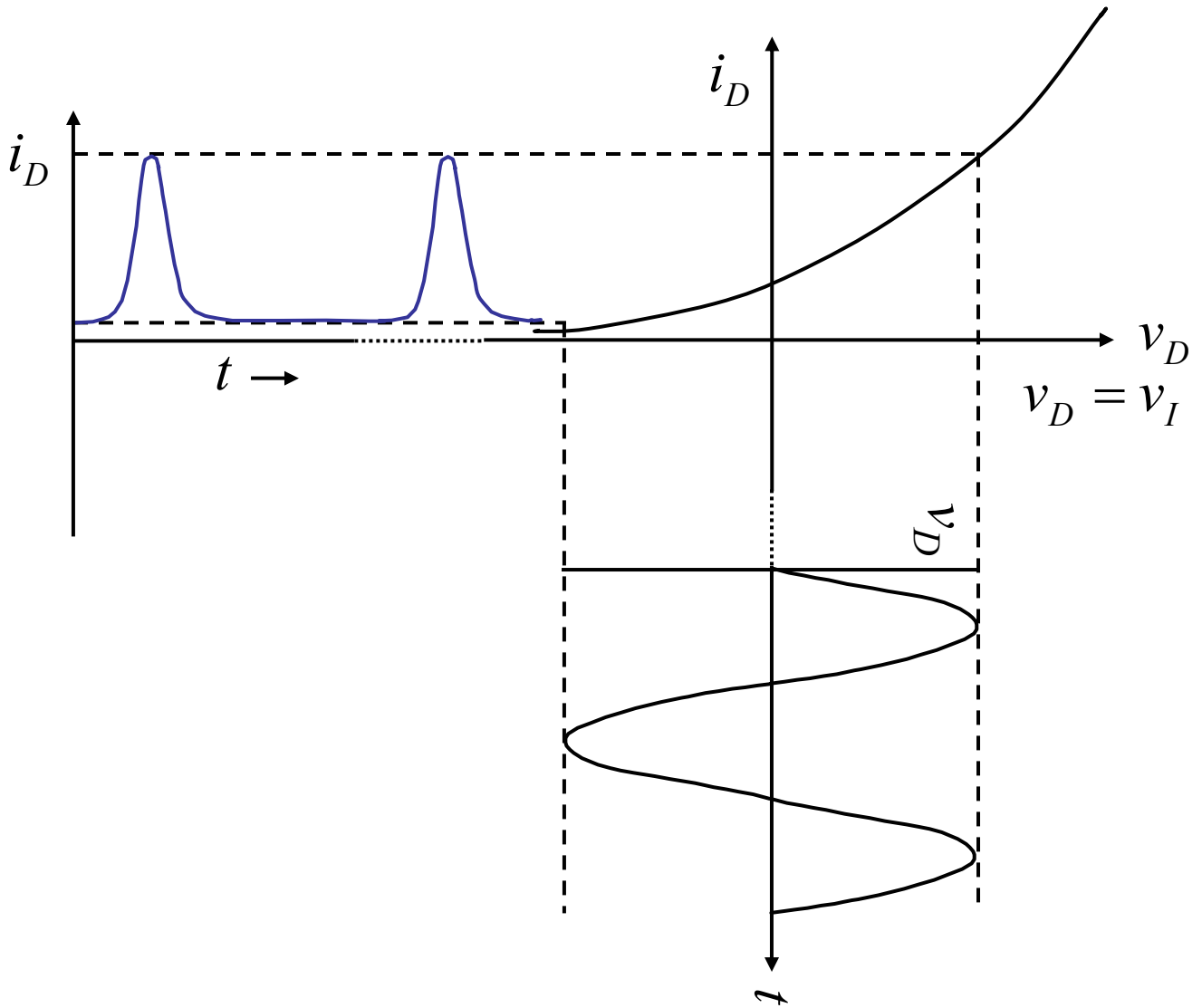
Motivación: música sobre un haz de luz
¿Podemos conseguirlo?



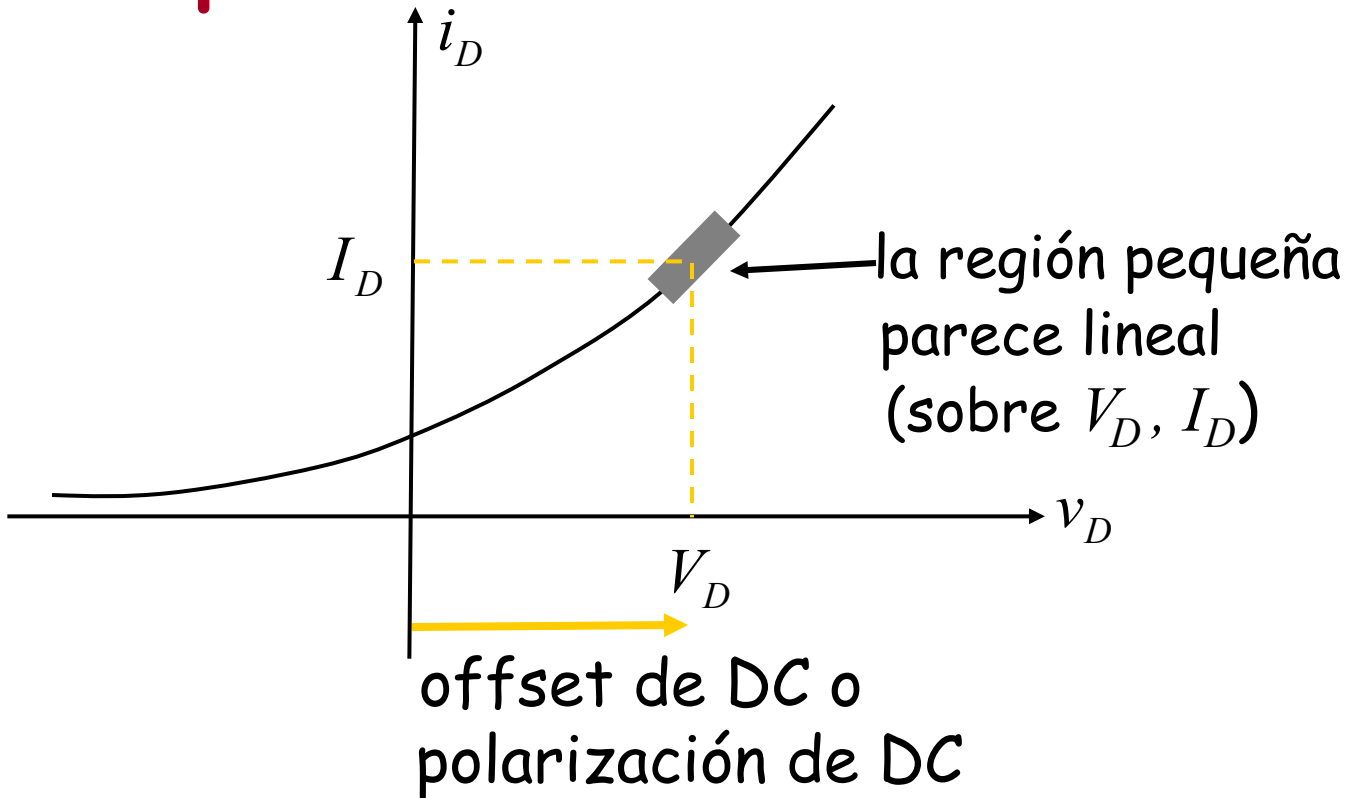
¡problema! El resultado será una distorsión

Problema:

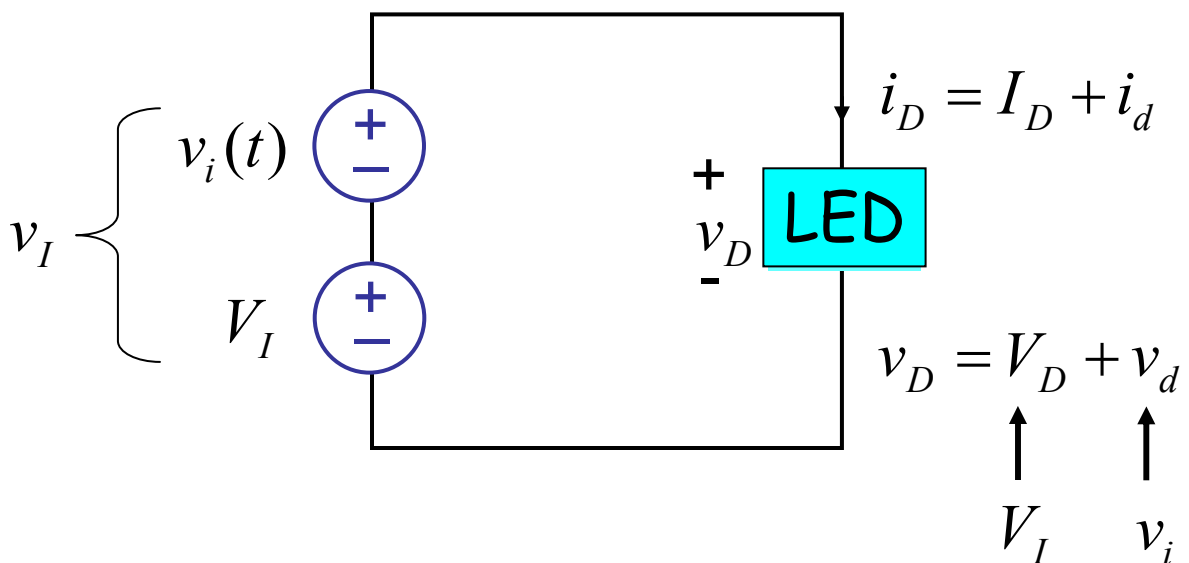
El LED no es lineal \rightarrow distorsión



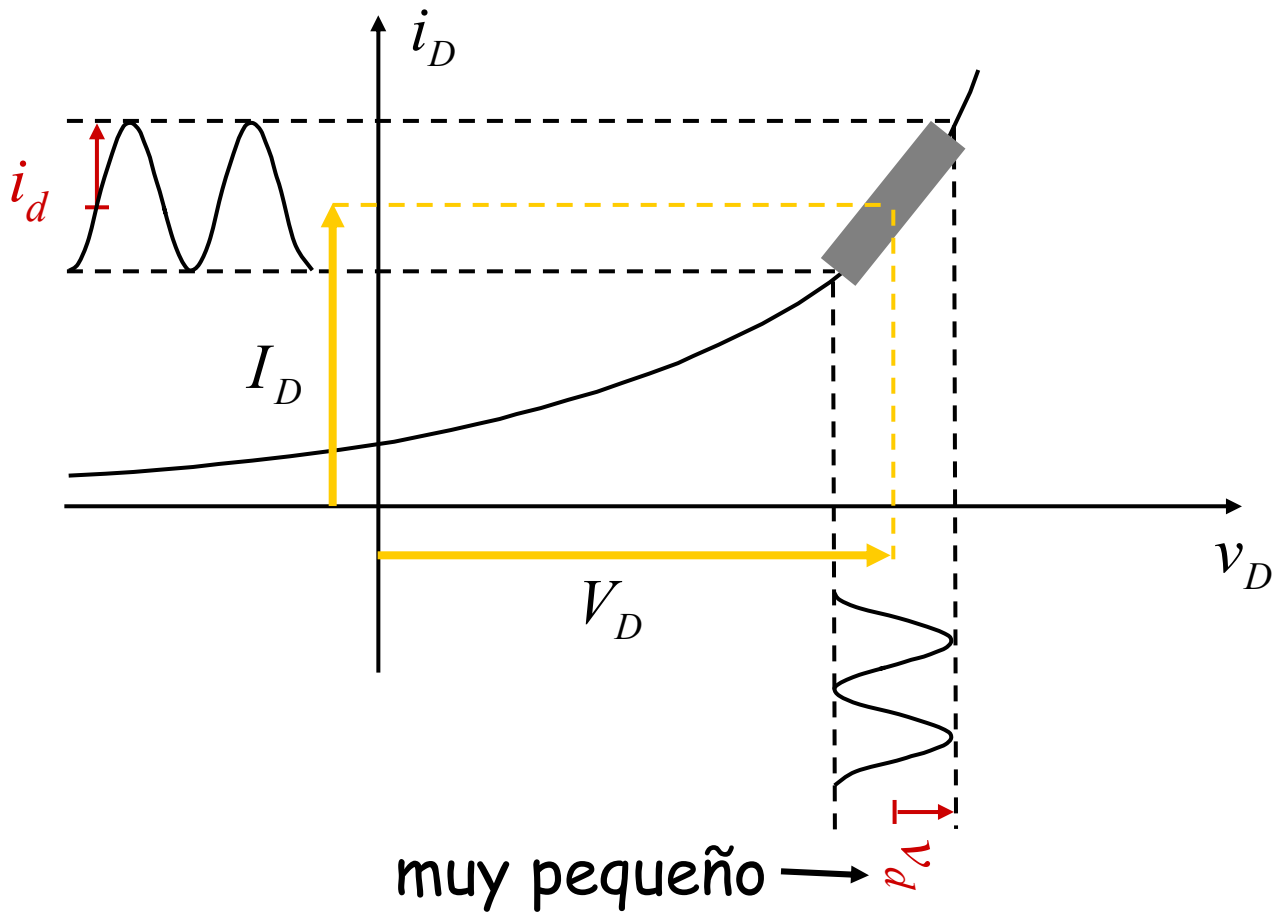
Comprensión:



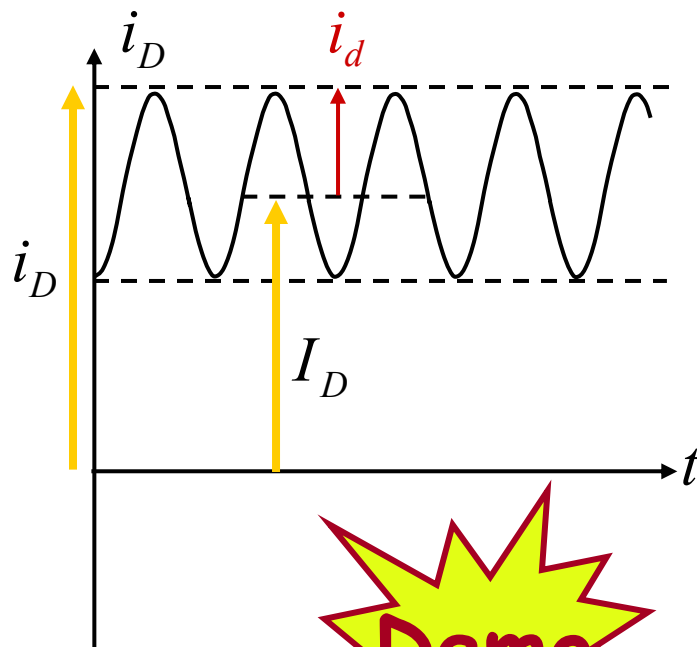
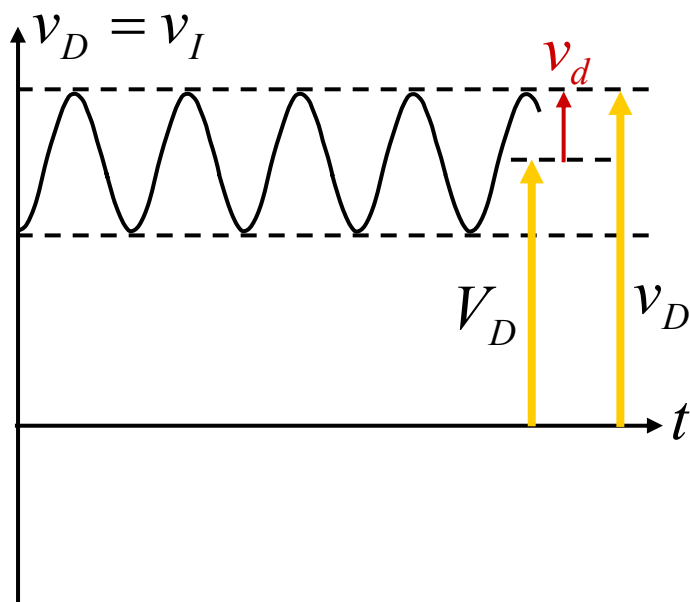
Truco:



Resultado



Resultado



~linear



El método incremental: (o método de pequeña señal)

1. Opera en algún offset de DC o punto de polarización V_D, I_D .
2. Sobrepone una pequeña señal v_d (música) encima de V_D .
3. La respuesta i_d a una pequeña señal v_d es aproximadamente lineal.

Notación:

$$i_D = I_D + i_d$$

variable total offset de DC pequeña señal sobrepuesta

¿Qué significa esto desde el punto de vista matemático?

O, ¿por qué es lineal la respuesta a una pequeña señal?

$$i_D = f(v_D)$$

no lineal

Hemos sustituido

$$v_D = V_D + \Delta v_D$$

DC grande

incremento sobre V_D

utilizando la expansión de Taylor para expandir $f(v_D)$ cerca de $v_D = V_D$:

$$i_D = f(V_D) + \left. \frac{df(v_D)}{dv_D} \right|_{v_D=V_D} \cdot \Delta v_D + \frac{1}{2!} \left. \frac{d^2 f(v_D)}{dv_D^2} \right|_{v_D=V_D} \cdot \Delta v_D^2 + \dots$$

rechaze términos de órdenes superiores porque Δv_D es pequeño

$$i_D \approx f(V_D) + \left. \frac{df(v_D)}{dv_D} \right|_{v_D=V_D} \cdot \Delta v_D$$

$\underbrace{\hspace{10em}}$
 constante con
 derecho a Δv_D

 $\underbrace{\hspace{10em}}$
 constante con derecho a Δv_D
 pendiente en V_D, I_D

Podemos escribir:

⊗ : $I_D + \Delta i_D \approx f(V_D) + \left. \frac{df(v_D)}{dv_D} \right|_{v_D=V_D} \cdot \Delta v_D$

equiparando DC y las partes intermitentes,

$$I_D = f(V_D) \quad \longrightarrow \text{punto de funcionamiento}$$

$$\Delta i_D = \left. \frac{df(v_D)}{dv_D} \right|_{v_D=V_D} \cdot \Delta v_D$$

$\underbrace{\hspace{10em}}$
 constante con derecho a Δv_D

por tanto, $\Delta i_D \propto \Delta v_D$

Por notación,

$$\Delta i_D = i_d$$

$$\Delta v_D = v_d$$

En nuestro ejemplo,

$$i_D = a e^{bv_D}$$

De \otimes : $I_D + i_d \approx a e^{bV_D} + a e^{bV_D} \cdot b \cdot v_d$

Equipare DC y los términos incrementales,

$$I_D = a e^{bV_D}$$

→ punto de funcionamiento
[conocido también como
punto de polarización
o también como
offset de DC

$$i_d = a e^{bV_D} b \cdot v_d$$

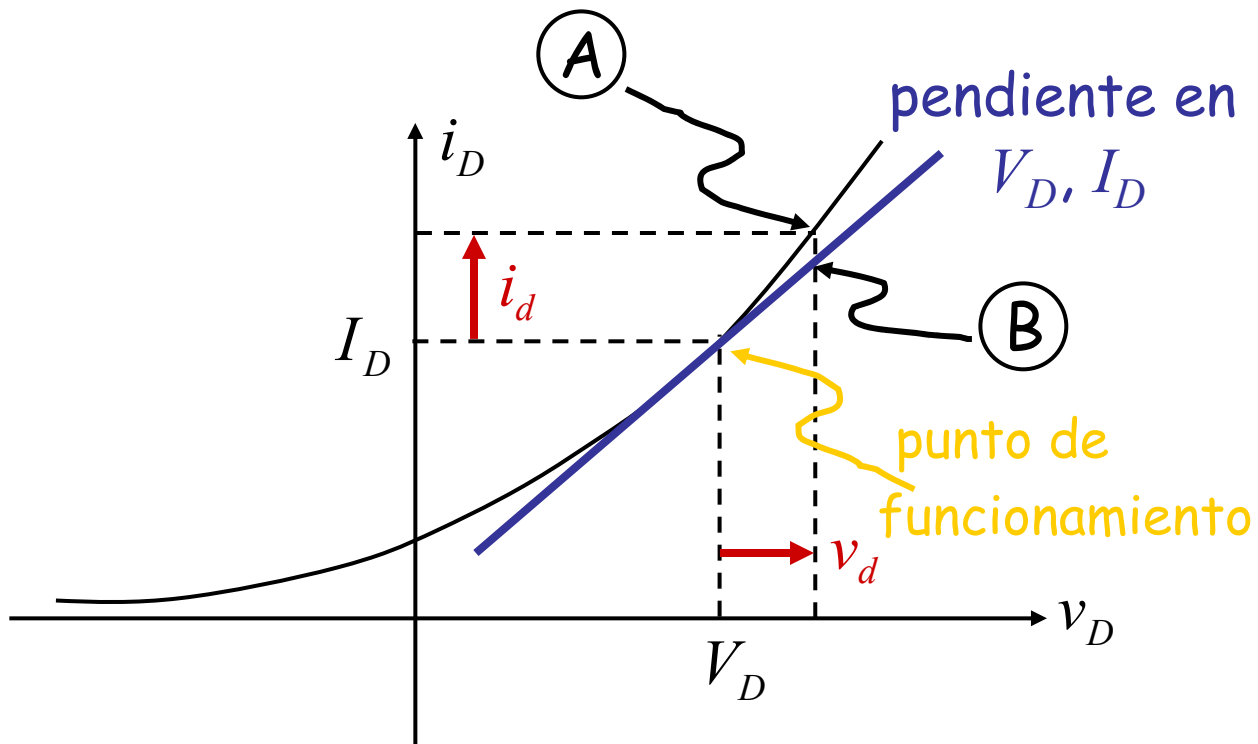
$$i_d = \underbrace{I_D \cdot b}_{\text{constante}} \cdot v_d \quad \rightarrow \text{comportamiento de pequeña señal}$$

constante → lineal

Interpretación gráfica

$$I_D = a e^{bV_D} \longrightarrow \text{punto de funcionamiento}$$

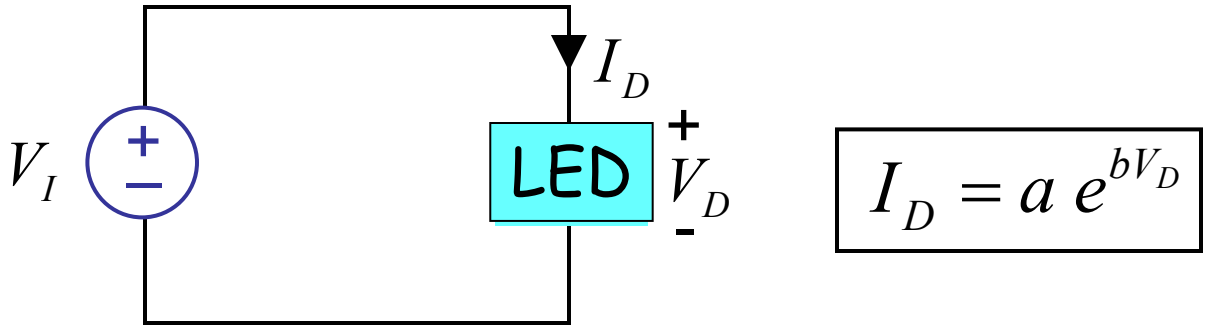
$$i_d = I_D \cdot b \cdot v_d$$



estamos
aproximando
A y B

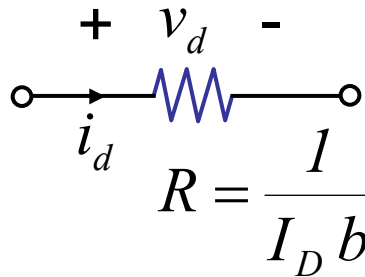
Vemos la pequeña señal $\begin{cases} \text{gráficamente} \\ \text{matemáticamente} \\ \text{ahora, circuito} \end{cases}$

Circuito de gran señal:



Respuesta de pequeña señal: $i_d = I_D b v_d$

se comporta así:



circuito de pequeña señal:

