

Amplificadores de potencia

Disipación de potencia

Disipación de potencia

Objetivo:

- Disipar en el ambiente la potencia generada en el semiconductor.
- Se utilizan disipadores (generalmente de aluminio) adosados al dispositivo
- Se mejora el contacto térmico mediante grasa siliconada y con una sujeción firme.

Disipación de potencia

Mecanismos de propagación del calor:

- Conducción

$$P = -K A \frac{\partial T}{\partial x}$$

- Convección

$$P = h A (T_1 - T_2)^{1,25}$$

- Radiación

$$P = e A \cdot \sigma \cdot (T_1^4 - T_2^4)$$

Disipación de potencia

Modelo simplificado de la transferencia del calor:

- Se equiparan todos los mecanismos al de conducción.

$$P = \frac{T_1 - T_2}{R_T}$$

$$R_T = \frac{l}{kA}$$

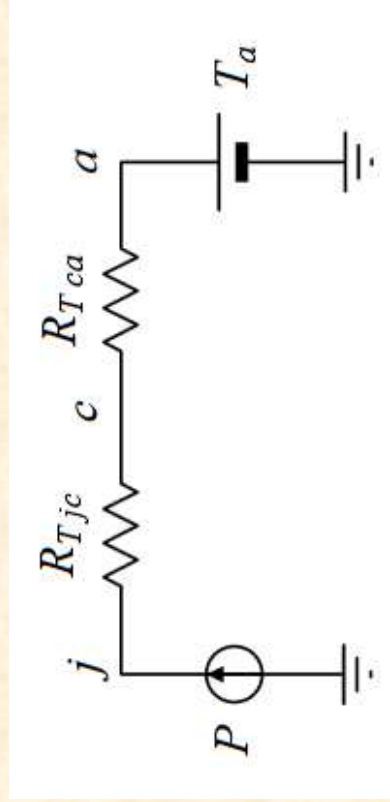
- Se realiza la siguiente analogía

$$I = \frac{V_1 - V_2}{R}$$

$$\begin{array}{l} V \rightarrow T \\ I \rightarrow P \\ R \rightarrow R_T \end{array}$$

Disipación de potencia

Modelo simplificado de la transferencia del calor:



$$R_{Tja} = R_{Tjc} + R_{Tca}$$

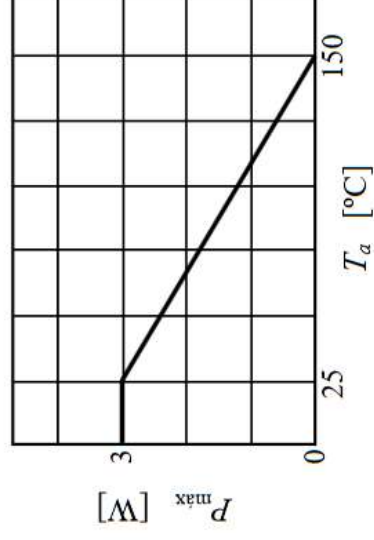
Disipación de potencia

Especificaciones térmicas de

semiconductores:

- Potencia máxima $P_{\text{máx}}$ a una determinada temperatura ambiente T_a .
- Curva de depreciación (derating) sin disipador en función de la temperatura ambiente T_a

$$P_{\text{máx}} = \frac{T_{j\text{máx}} - T_a}{R_{Tja}}$$



Disipación de potencia

Especificaciones térmicas de semiconductores:

- Temperatura máxima de junta T_j máx.
- Potencia máxima $P_{máx}$ a una determinada temperatura de cápsula T_c .
- Curva de depreciación (derating) en función de la temperatura de cápsula T_c
- Curva de depreciación (derating) en función de T_a para varios disipadores

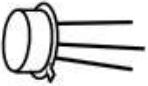
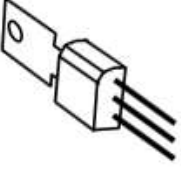
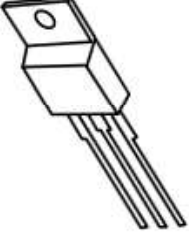

Disipación de potencia

Especificaciones térmicas de semiconductores:

- Resistencia térmica entre la junta y la cápsula RT_{jc} .
- Resistencia térmica entre la junta y el ambiente RT_{ja} .

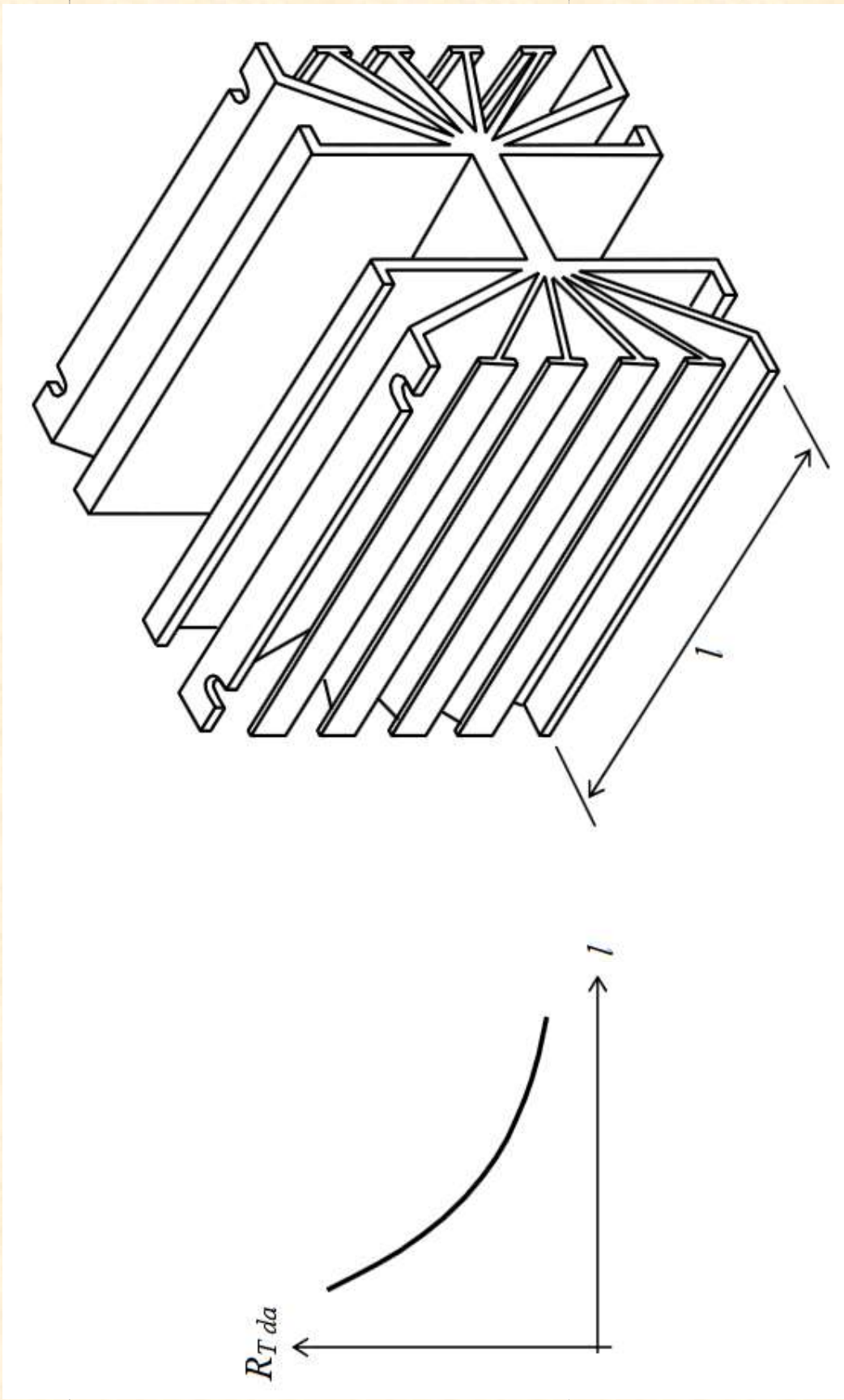
Disipación de potencia

Tabla 1. Datos típicos de algunos encapsulados.

Cápsula	TO-5 / TO-39	TO-202	TO-220	TO-3
Forma				
R_{Tjc} [°C/W]	15	12	4	2
R_{Tja} [°C/W]	150	70	50	35
$P_{\text{máx}}$ [W]	0,8	1,7	2,5	3,5
$R_{T\ da} = \infty$ $T_a = 25\text{ °C}$				
$P_{\text{máx}}$ [W] $R_{T\ da} = 0$ $T_a = 25\text{ °C}$	8,3	10,4	31,2	62,5

Nota: En todos los casos se adoptó $T_{j\ \text{máx}} = 150\text{ °C}$

Disipación de potencia



Amplificadores de potencia Protecciones

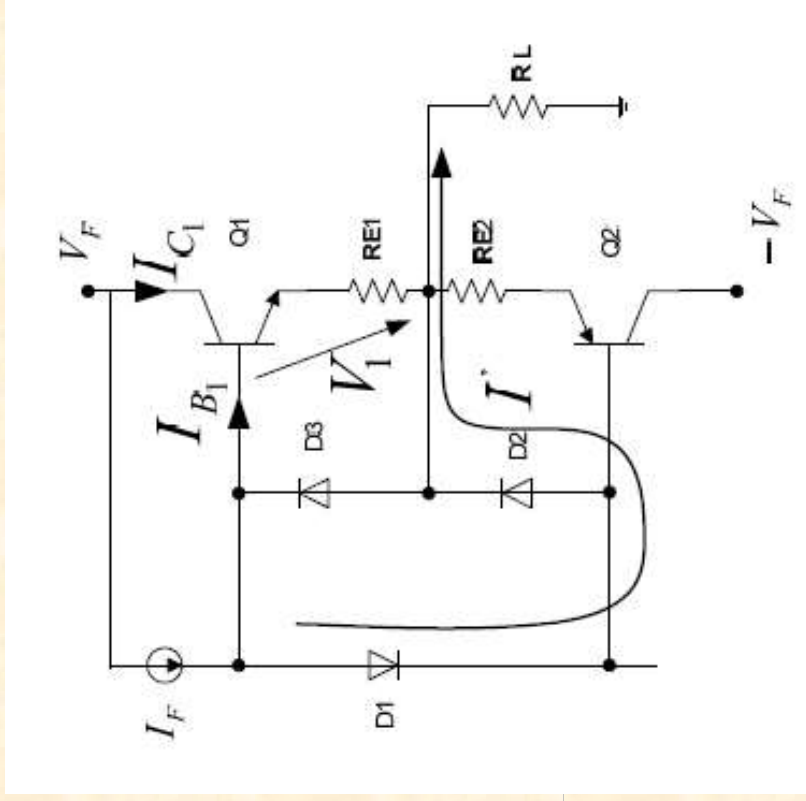
Protecciones

Objetivo:

- Proteger a los transistores de potencia de sobrecargas o cortos circuitos en la carga, tratando de mantener al transistor en la zona de operación segura (SOA)
- Se trabaja normalmente limitando la corriente de base de los transistores de potencia

Protección pasiva

Protección con diodos



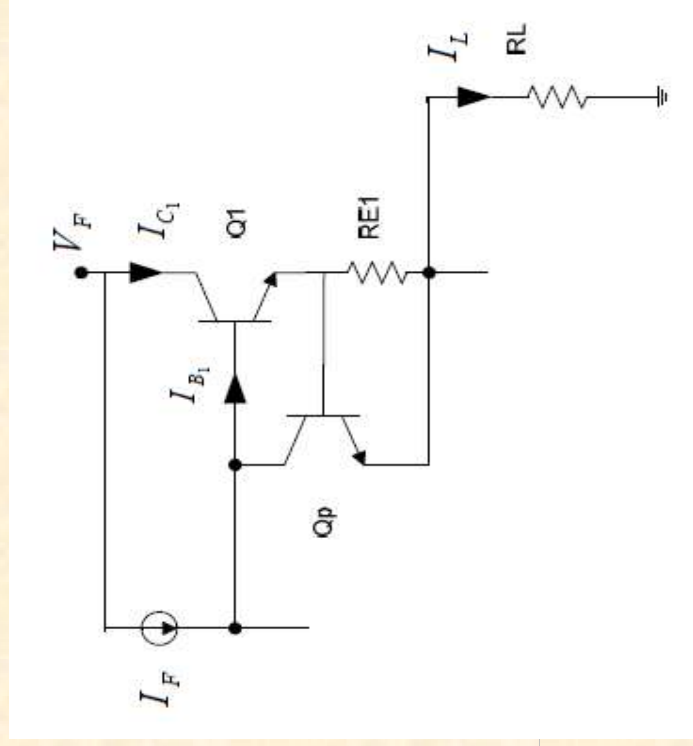
Si $I_{C1} \uparrow \rightarrow V_{RE1} \uparrow \rightarrow V_1 \uparrow$

Cuando $V_1 \geq 2 V_\gamma \rightarrow$

aparece I' $\rightarrow I_{B1} \downarrow \rightarrow I_{C1} \downarrow$

Protección activa

Protección con Transistor simple



Si $I_{C1} \uparrow \rightarrow V_{RE1} \uparrow \rightarrow \uparrow$

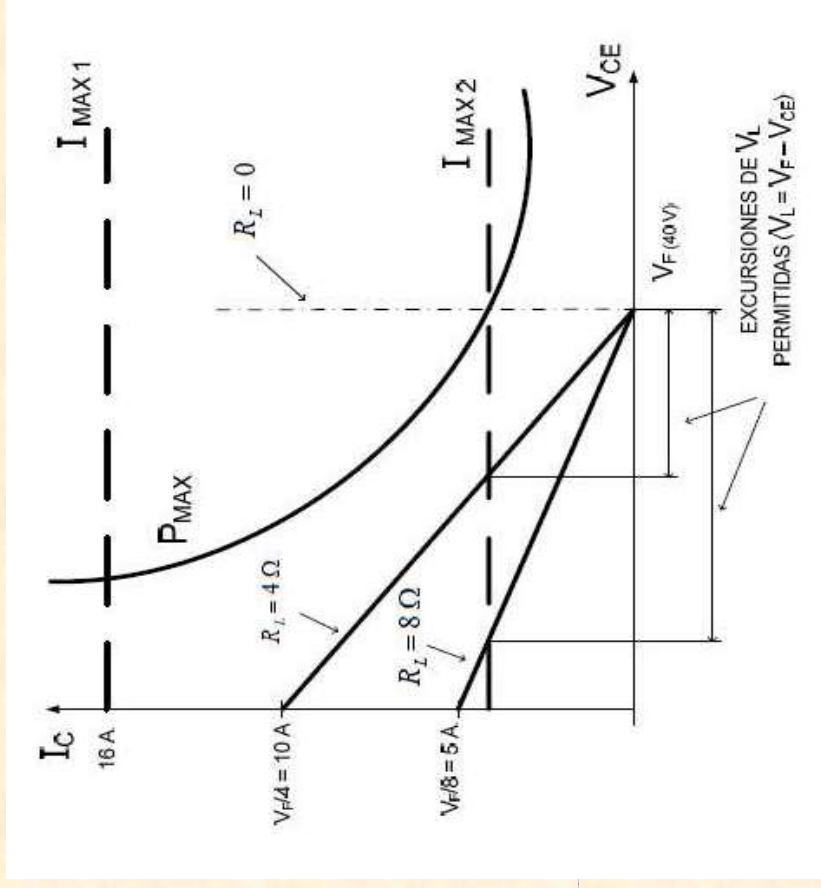
Cuando $V_1 \geq V_\gamma$ aparece I_{CQp}
 $\rightarrow I_{B1} \downarrow \rightarrow I_{C1}$ se enclava

Se diseña para que I_{C1} sea
menor que una $I_{C1 MAX}$

$$I_{C(MAX)} = \frac{V_\gamma}{R_E}$$

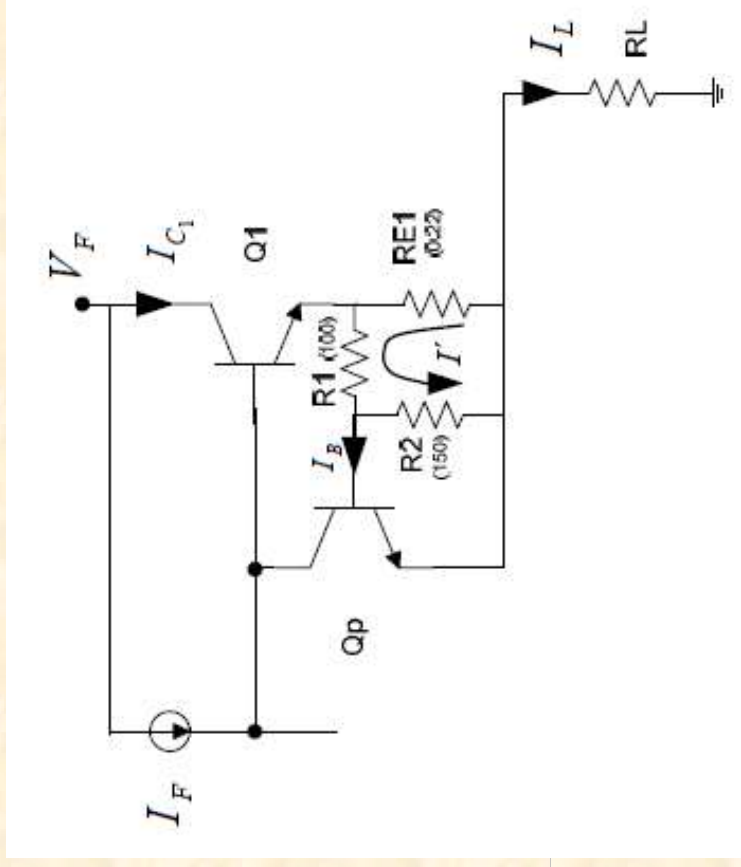
Protección activa

Selección del valor de I_{MAX}



Protección activa

Corrección por valor de R_E

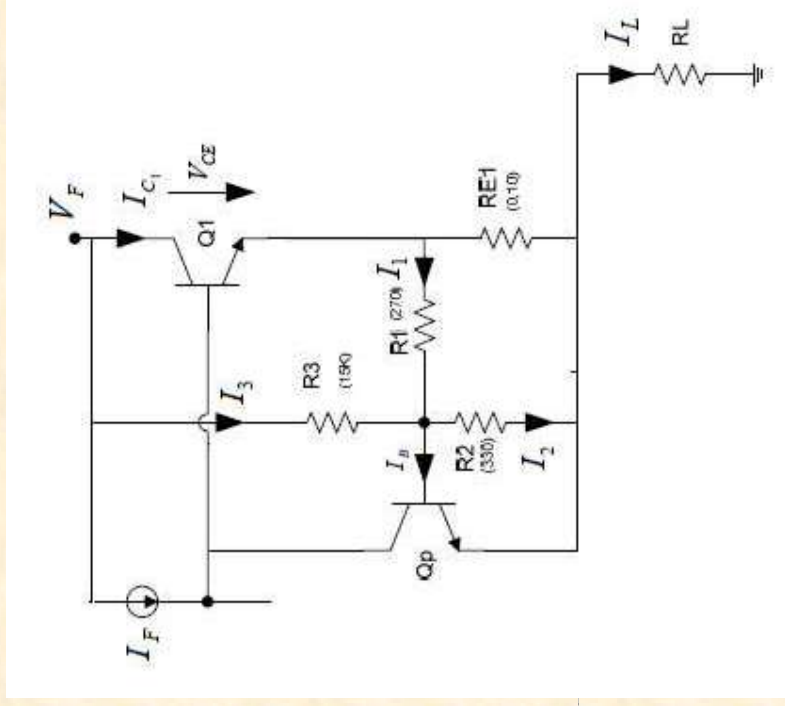


No soluciona la limitación de V_L

$$I' \ll I_{LMAX}$$

Protección activa

Variante 1



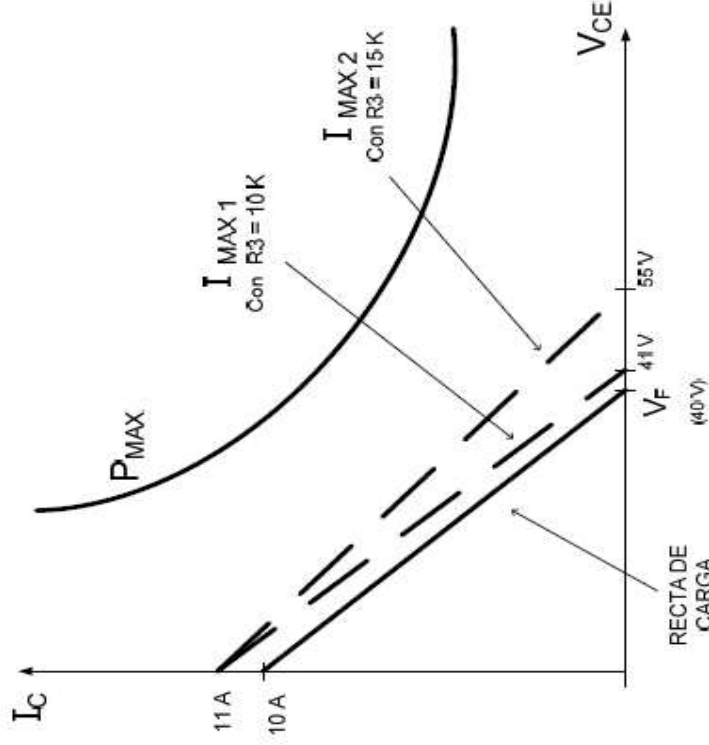
Se pretende solucionar la limitación de V_L y aprovechar mejor la SOA

R_3 aporta una corriente adicional al nudo de la base de Qp

$$V_{R3} \gg V_{R1} \Rightarrow I_3 \cong \frac{V_{CE}}{R_3}$$

Protección activa

Variante 1



Si $V_{CE} \uparrow \rightarrow I_{R3} \uparrow$

Este aporte extra de corriente hace que la protección dispare antes.

La pendiente de la recta de la protección resulta decreciente con el aumento de V_{CE} .

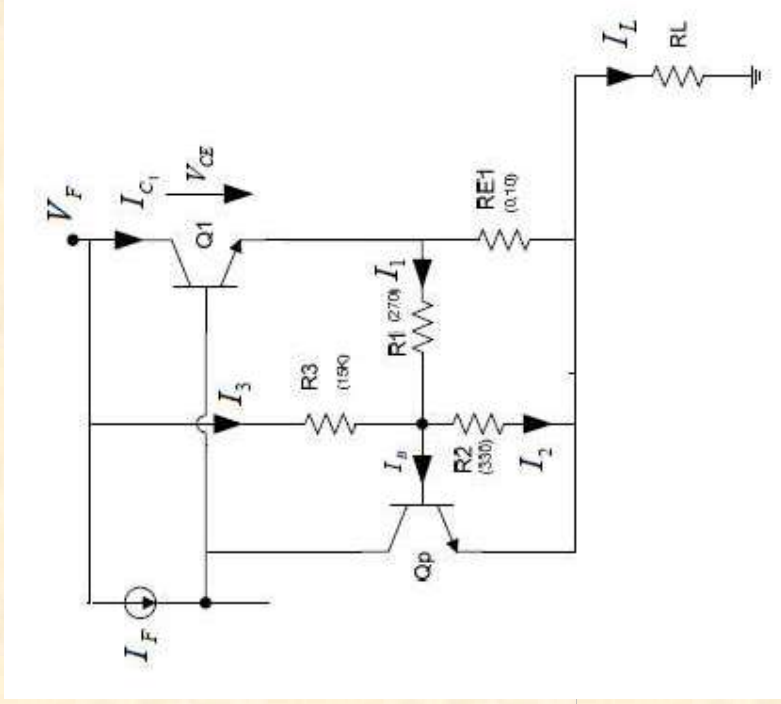
Protección activa

Cálculo de la protección

Planteamos las ecuaciones cuando la protección está por actuar: $V_{R2} \approx 0,6V$ $I_B \approx 0$

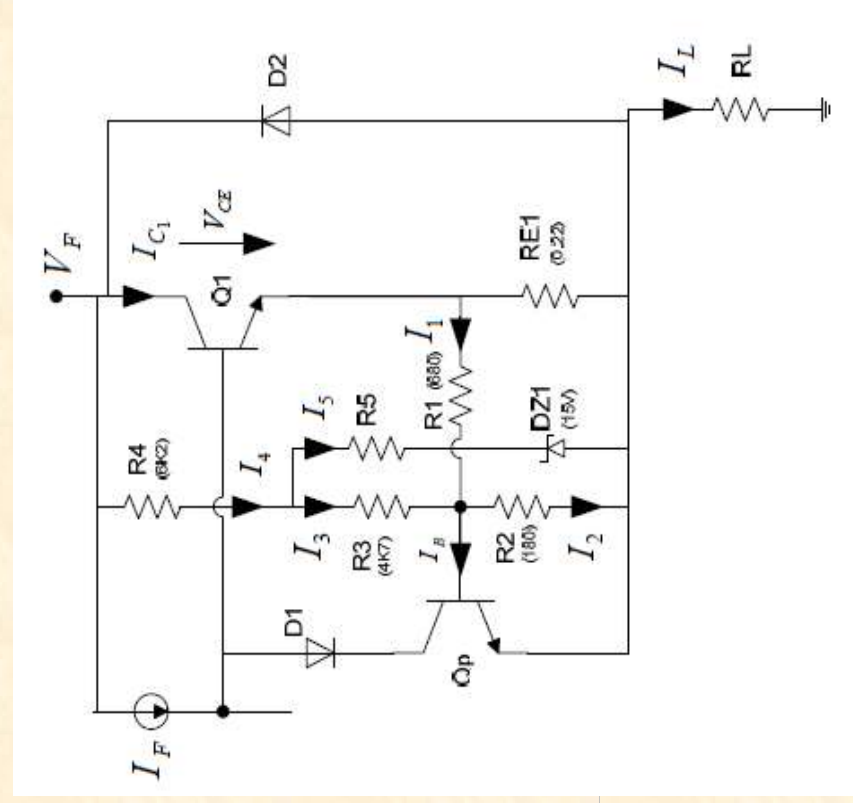
$$I_2 = I_1 + I_3 = \frac{0,6}{R_2} \cong \frac{I_L R_{E1} - 0,6}{R_1} + \frac{V_{CE}}{R_3}$$

$$I_L = \frac{0,6}{R_{E1}} \left(\frac{R_1 + R_2}{R_2} \right) - V_{CE} \frac{R_1}{R_3 R_{E1}}$$



Protección activa

Variante 2



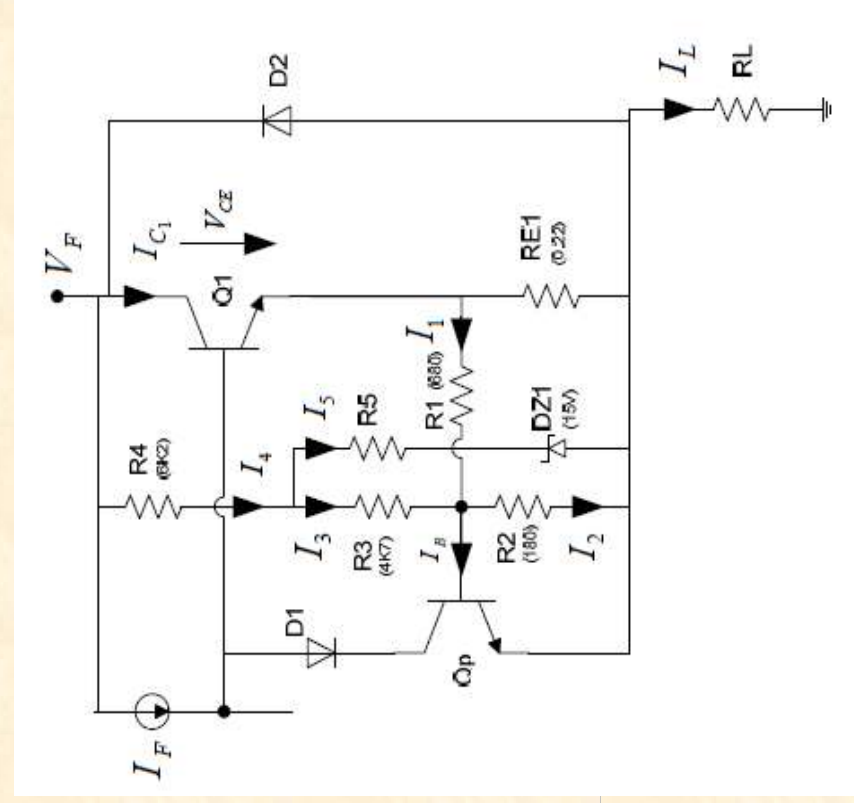
Se pretende acompañar mejor la curva de potencia máxima generando un quiebre en la recta de la protección.

Especial para cargas inductivas.

El diodo D1 evita la circulación de corriente inversa por la juntura de colector en el caso de cargas inductivas.

Protección activa

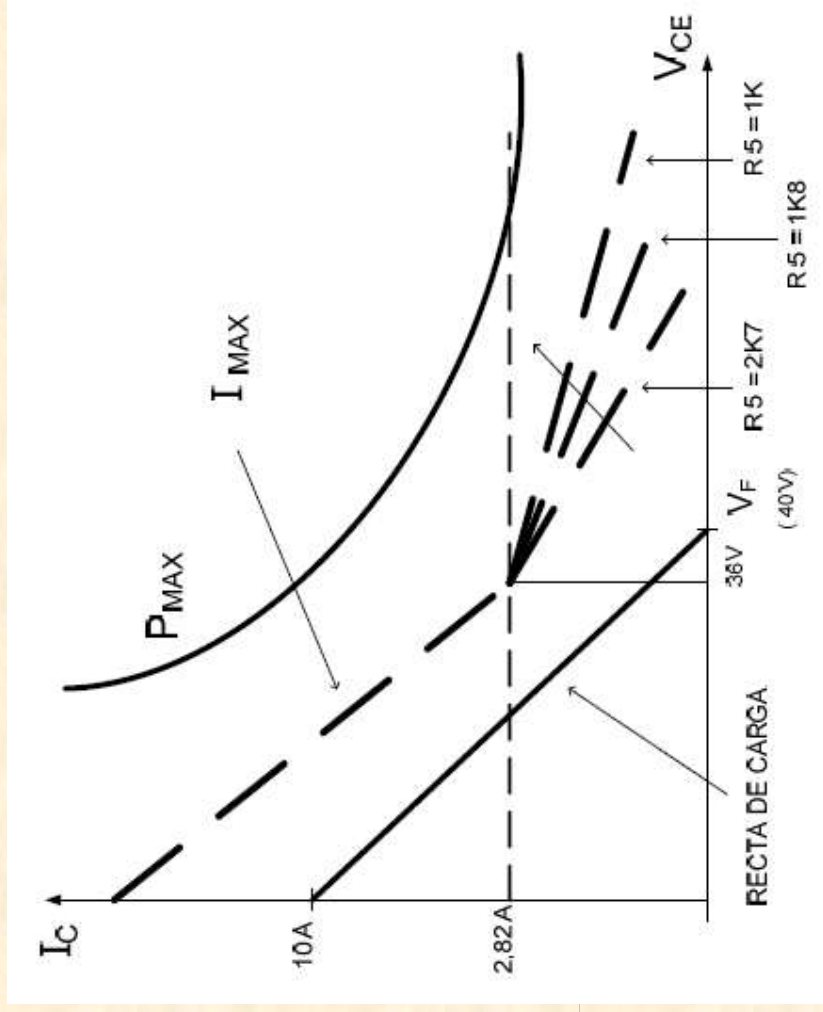
Variante 2



Mientras V_{CE} sea baja DZ1 no conduce y la protección es similar a la variante 1.
Al conducir el zener I_5 se resta del nodo de la base de Qp y la pendiente de la recta de la protección disminuye.

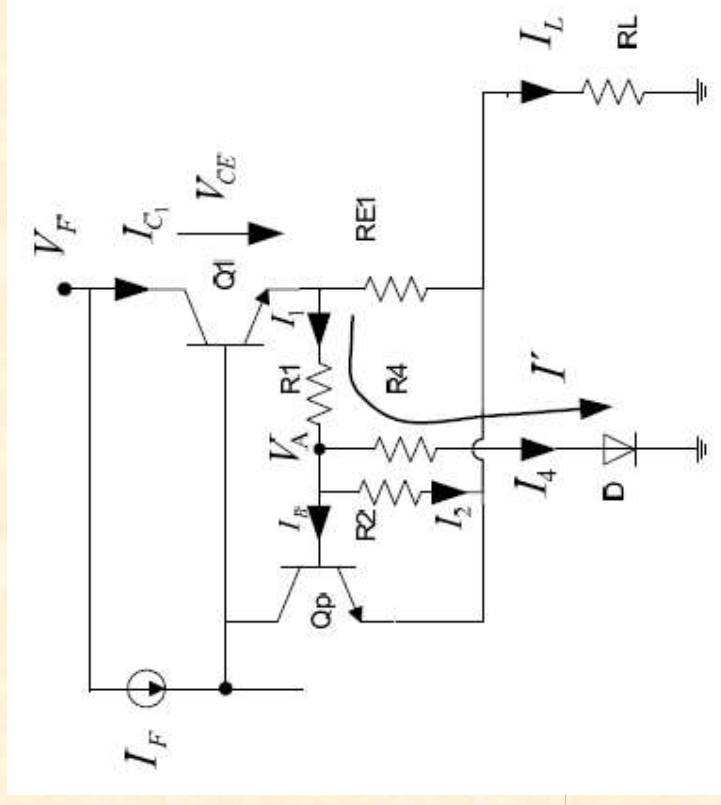
Protección activa

Variante 2



Protección activa

Variante 3



No hay quiebre en la recta de la protección.

El diodo D conduce todo el tiempo que conduce Q1

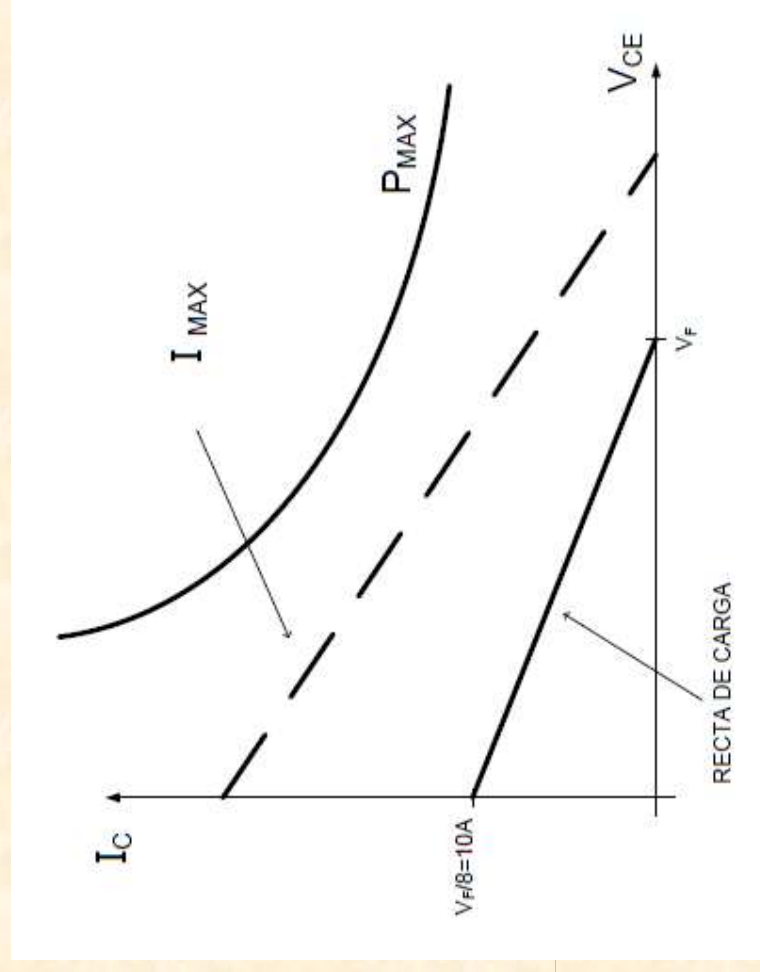
Si $V_L \uparrow \rightarrow V_{CE} \downarrow \rightarrow I' \uparrow \rightarrow V_{R1} \uparrow$

V_{RE1} debe ser mayor para activar la protección

La pendiente de la recta de la protección es negativa.

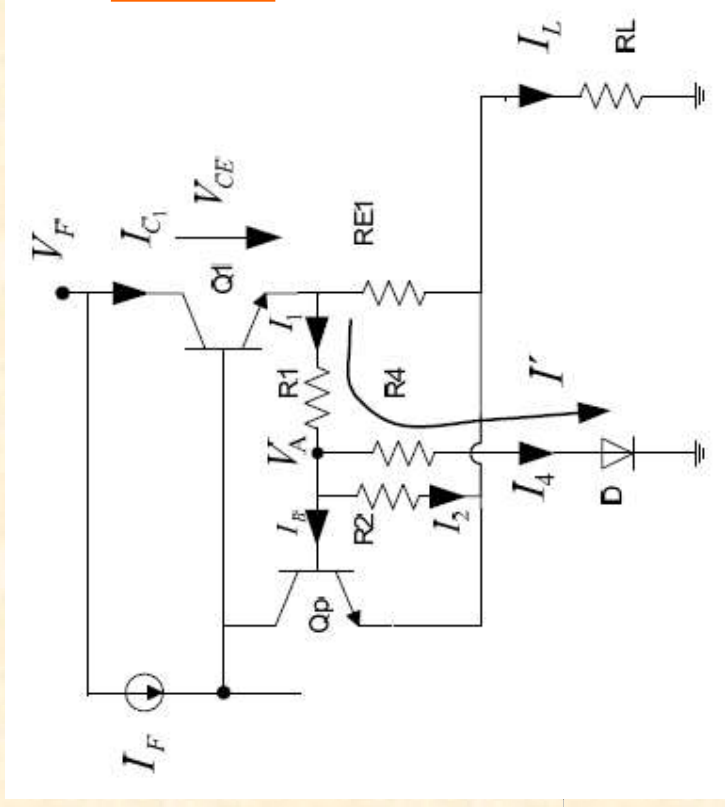
Protección activa

Variante 3



Protección activa

Variante 3



Se puede demostrar que:

$$I_L = I_L^* \frac{R_1 R_4}{(R_1 + R_4) R_{E1}} - V_{CE} \frac{R_1}{(R_1 + R_4) R_{E1}}$$

$$I_L^* = \frac{V_\gamma}{R_1} + \frac{V_F}{R_4}$$