

T3. Diodos de unión PN

Diodos de unión PN

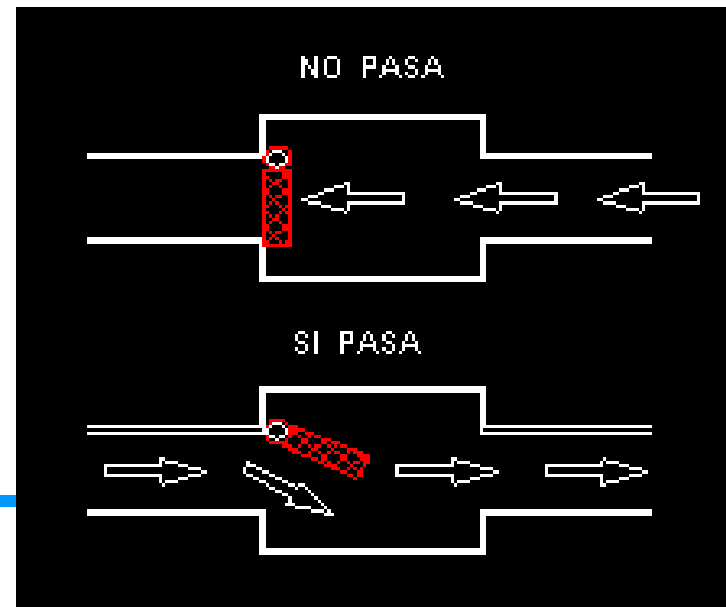
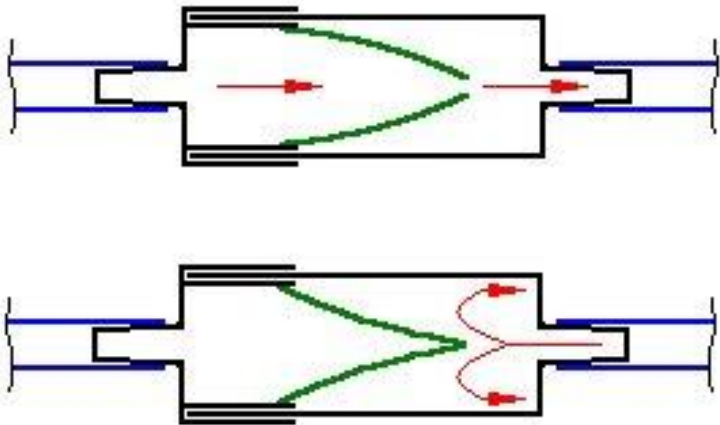
- 🏠 **Objetivos.**
- 🏠 **Introducción.**
- 🏠 **Cómo y por qué funciona.**
- 🏠 **Funcionamiento del diodo en circuitos.**
- 🏠 **Circuitos típicos del diodo.**
- 🏠 **Otros tipos de diodos.**

Objetivos

- ⤴ **Entender el funcionamiento del diodo de unión PN.**
- ⤴ **Resolver circuitos que contienen diodos.**
- ⤴ **Conocer (y entender) algunas de sus aplicaciones principales.**

Introducción

- ‡ El diodo PN es un componente no-lineal.
 - » Para facilitar su tratamiento al resolver un circuito, usaremos aproximaciones lineales.
- ‡ Conceptualmente, el diodo sólo permite el paso de corriente en una sola dirección (de P a N).
 - » En hidráulica, sería como una válvula antiretorno:



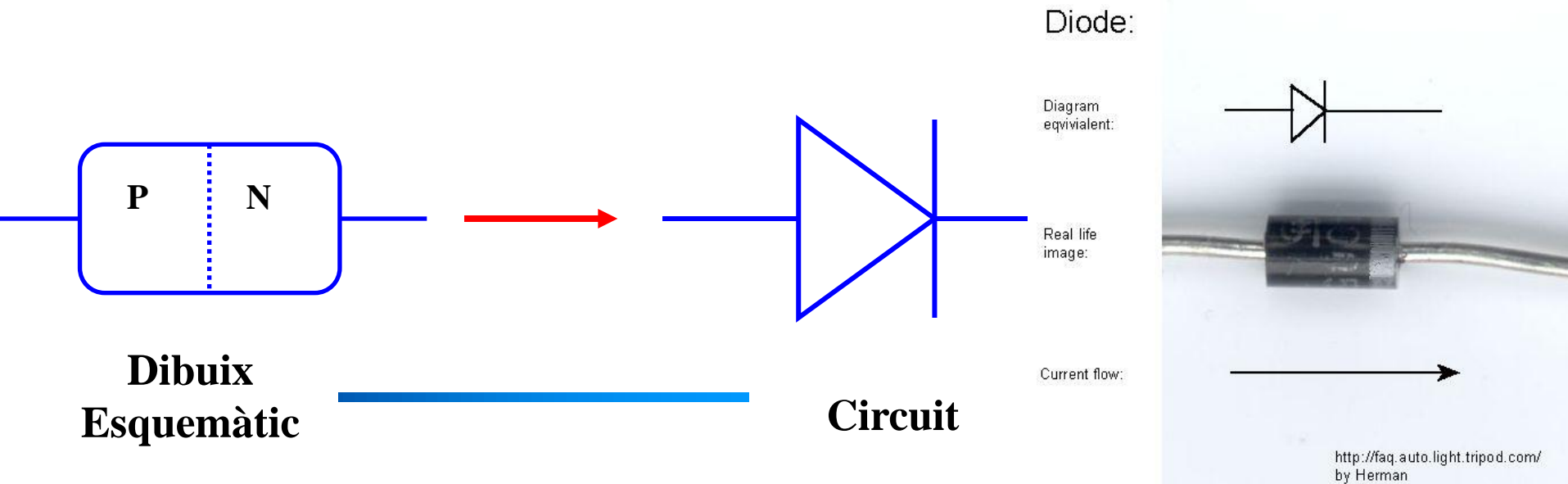
Cómo y por qué funcionan

- ⚙ En un diodo PN, se necesita una cierta energía (caída de tensión) para hacer pasar las cargas en la dirección permitida (tensión umbral, V_γ).
- En el equivalente hidráulico, sería como si las placas (o membranas) tuviesen inicialmente una cierta fuerza o tensión cerrando el orificio de la válvula.

Cómo y por qué funcionan

📌 Representación (símbolo):

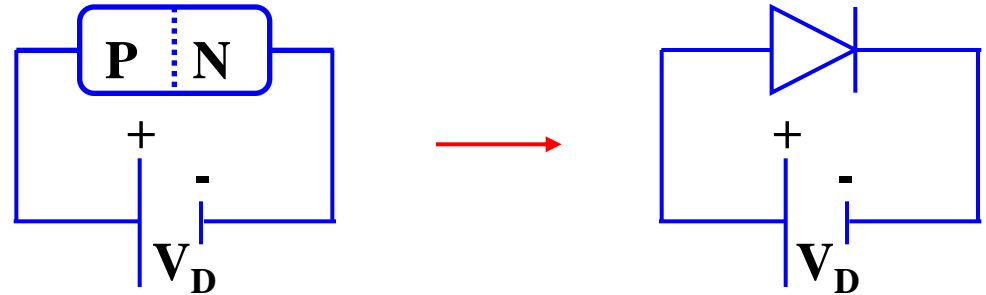
- » El símbolo de circuito “es como” una flecha que indica el sentido permitido de la corriente (de P a N).



Cómo y por qué funcionan

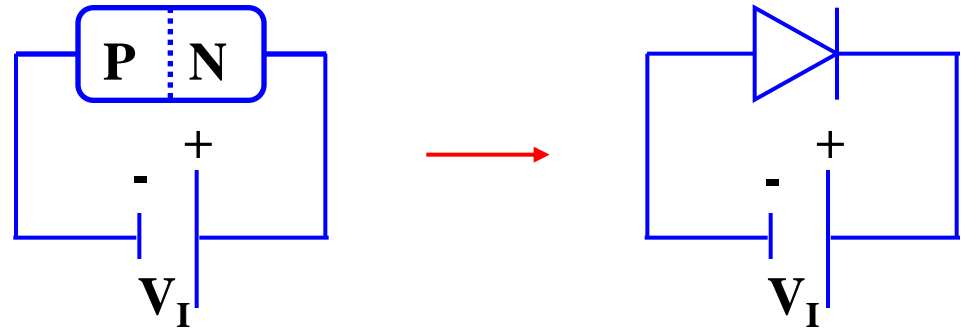
Representación (símbolo): (cont.)

» Polarización directa:



Polarització en directa.

» Polarización inversa:



Polarització en inversa.

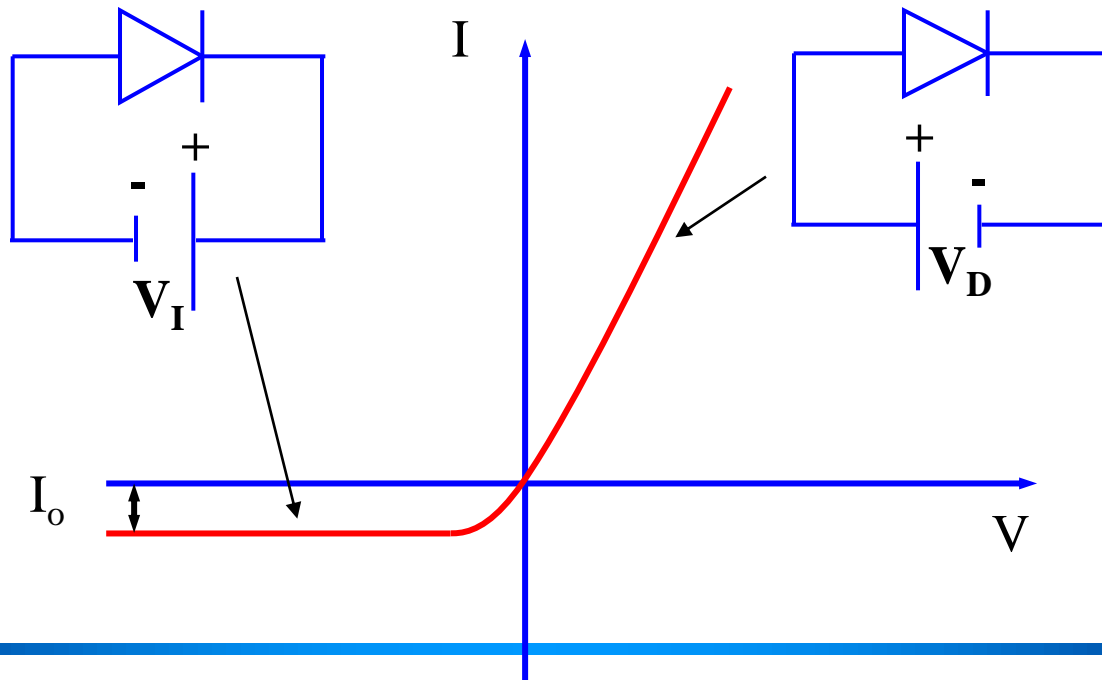
Cómo y por qué funcionan

⬆ Curva característica I(V):

» Expresión teórica (no-lineal): $I_{P \rightarrow N} = I_0 (e^{V_{PN} / n \cdot V_t} - 1)$

» Curva característica I(V):

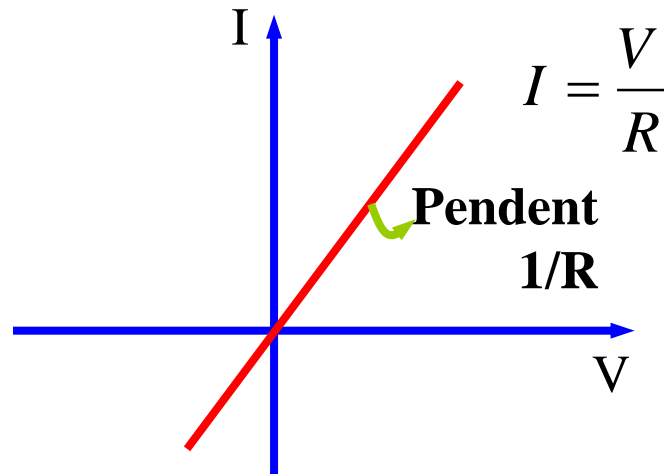
$$V_T = \frac{KT}{Q} \cong \frac{T}{11600}$$



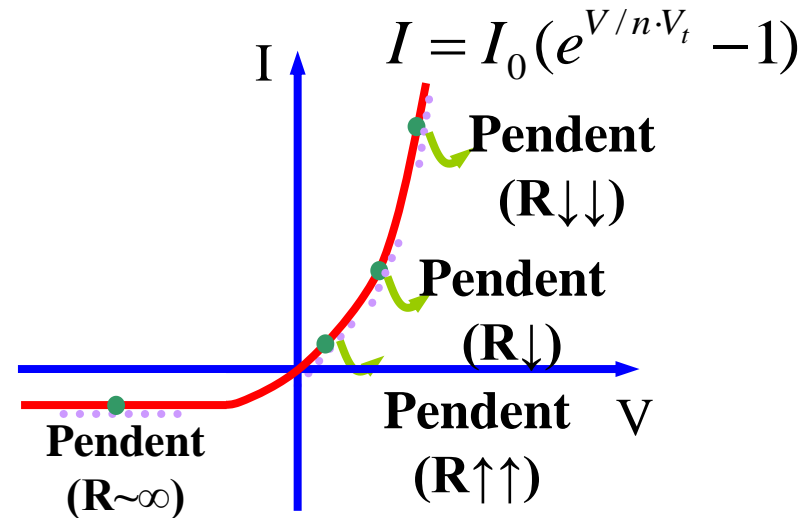
Característica I(V) del diodo

Funcionamiento del diodo en circuitos

- ⚡ La relación $I(V)$ es “complicada” (exponencial).
 - » Al incluir en las ecuaciones se complica en exceso despejar las variables.
- ⚡ Conceptualmente se puede pensar como una resistencia variable (según la corriente que le atraviesa):



$I(V)$ de una resistencia.



$I(V)$ de un diodo.

Funcionamiento del diodo en circuitos

⬆ Aproximaciones lineales de la $I(V)$: (para calcular “a mano”):

» Modelo lineal:

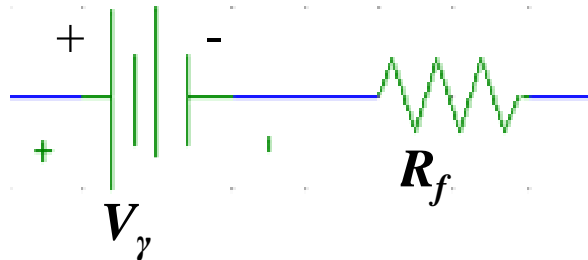
■ Comportamiento dividido en dos resistivos: zona directa (R_f) y zona inversa (R_r , respecto V_γ) ($V_D \cong V_\gamma + I_D \cdot R_f$)

■ Por tanto, tendremos que resolver dos veces el circuito.

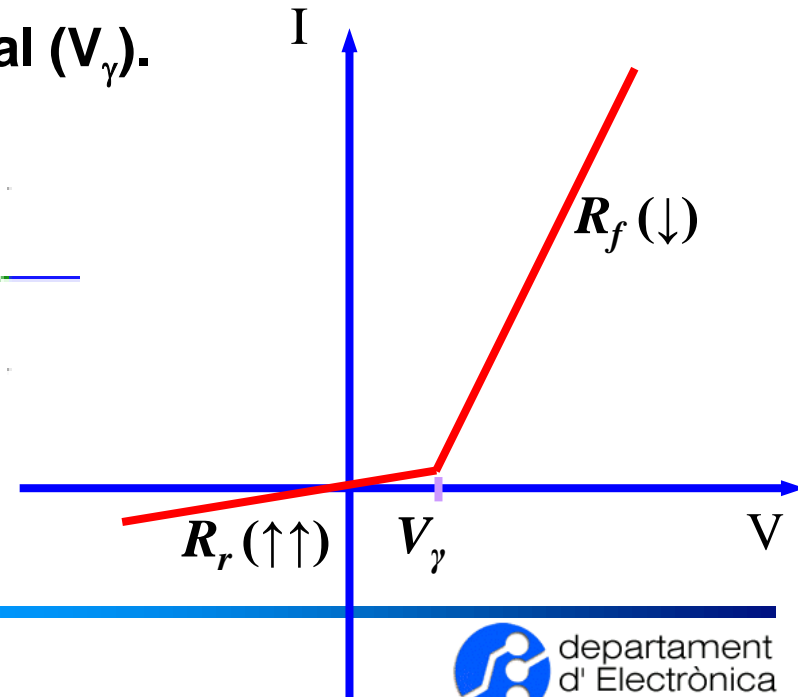
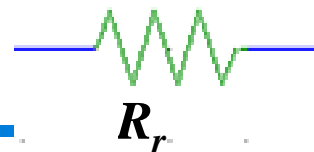
■ Punto de cambio: tensión umbral (V_γ).

■ Depende del tipo de diodo.

■ En directa:



■ En inversa:

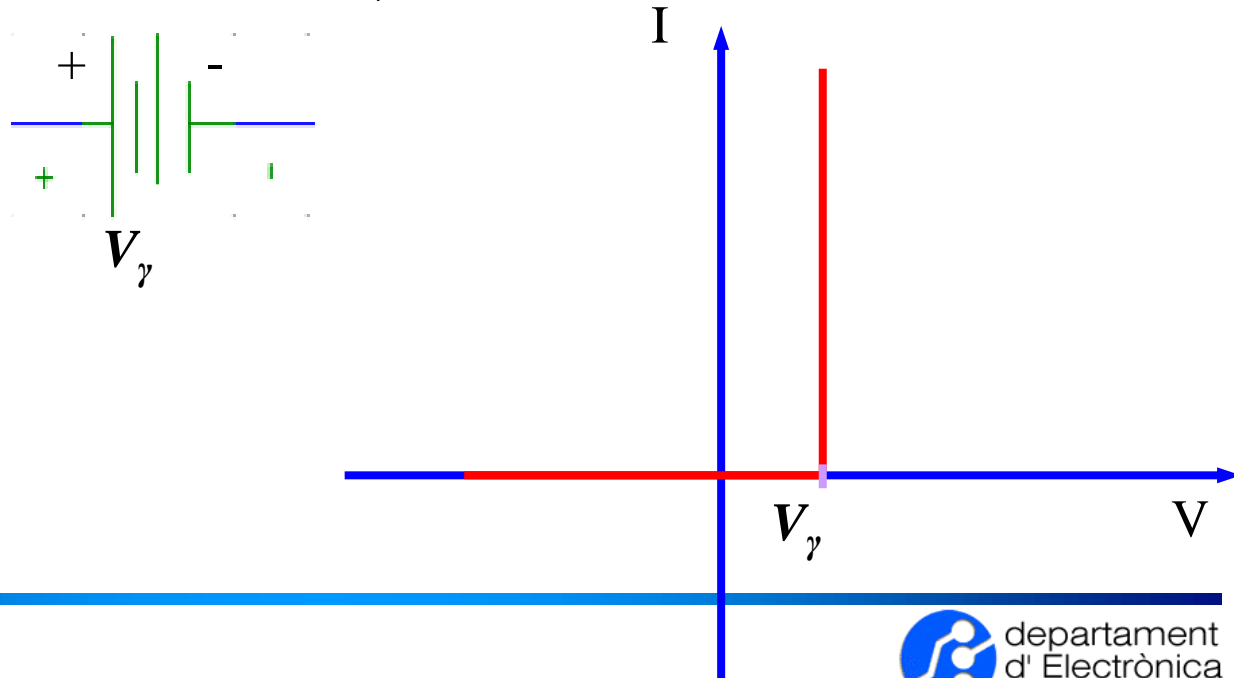


Funcionamiento del diodo en circuitos

⬆ Aproximaciones lineales de la $I(V)$: (cont.)

» Modelo ideal:

- En inversa ($V_D < V_\gamma$), no le atraviesa corriente (circuito abierto).
- En directa, cae siempre V_γ , pero no presenta resistencia:



Funcionamiento del diodo en circuitos

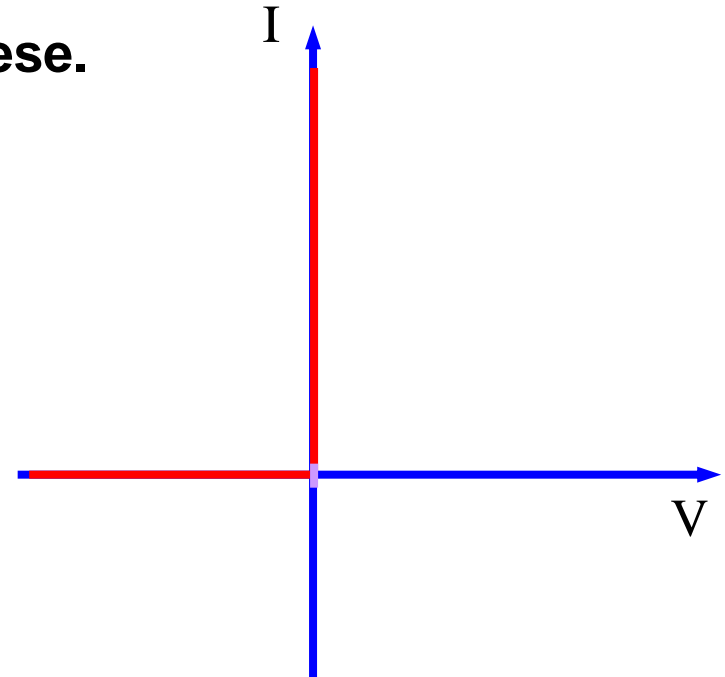
⬆ Aproximaciones lineales de la $I(V)$: (cont.)

» Modelo ideal (simplificado): Útil sólo para “descubrir” conceptualmente cómo funciona un circuito.

■ Consiste en el modelo ideal pero con $V_\gamma = 0$.

■ Directa: Como si no existiese.

■ Inversa: Circuito abierto.



Funcionamiento del diodo en circuitos

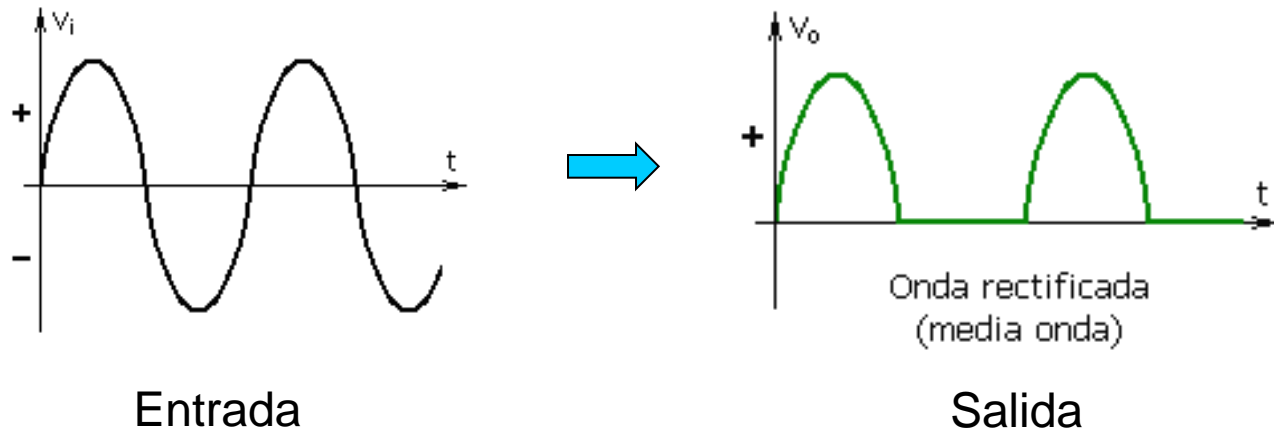
🏠 Procedimiento general de resolución de circuitos con diodos:

- » Si es posible, identificar los diodos que están en directa y en inversa. Los que estén en inversa, rama abierta (o resistencia inversa).
- » En alterna, intentar identificar para qué valores de V_i están en directa y en inversa. (si no es posible, hacer una suposición).
- » Substituir los diodos por sus correspondientes modelos y solucionar el circuito aplicando Kirchhoff.
- » Si alguno no está claro si está en directa o no, solucionar con el diodo en inversa (o directa) y comprobar que la solución cuadra con la suposición hecha: directa (corriente en el sentido correcto), inversa ($V_{PN} < V_\gamma$).

Circuitos típicos del diodo

⬆ Circuito rectificador de media onda:

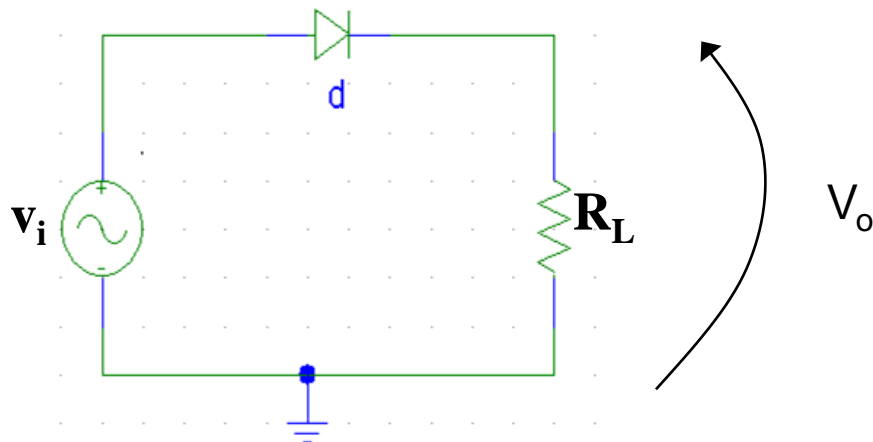
- » **Función:** Transforma una señal sinusoidal de entrada a la misma señal pero forzando los valores negativos a 0.



Circuitos típicos del diodo

🏠 Circuito rectificador de media onda: (cont.)

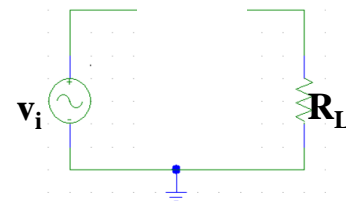
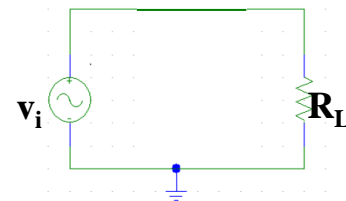
» Circuito:



» Análisis previo con modelo ideal (simplificado):

■ V_i (positiva) \rightarrow Diodo cortocircuito $\rightarrow V_o = V_i$

■ V_i (negativo) \rightarrow Circuito abierto $\rightarrow V_o = 0V$

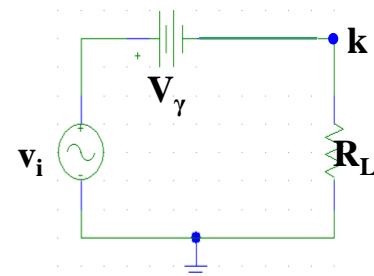


Circuitos típicos del diodo

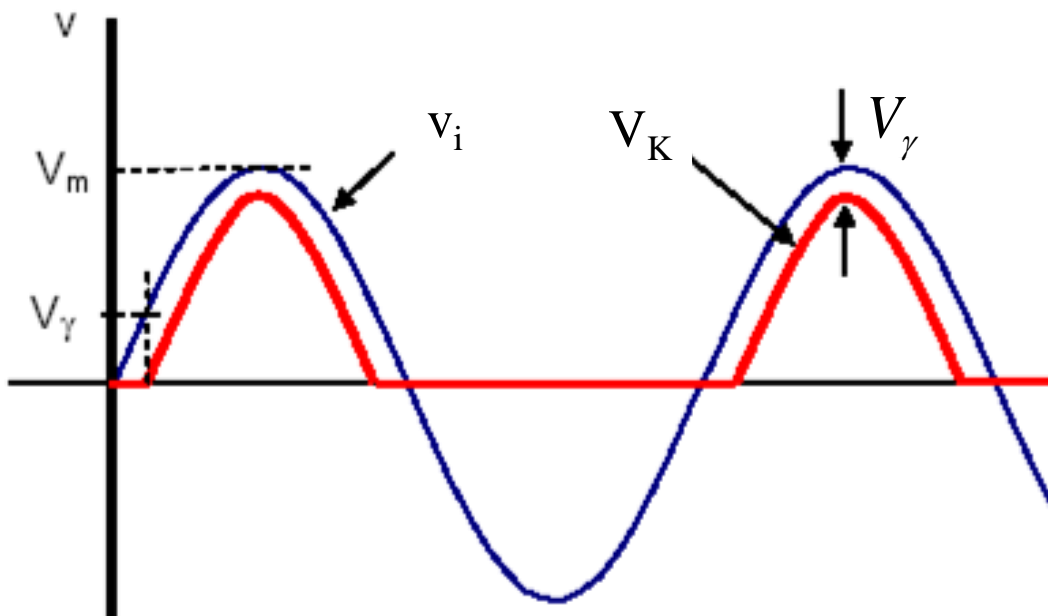
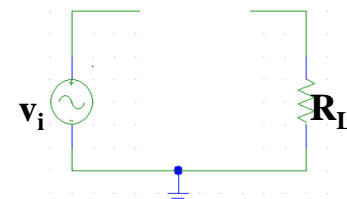
⬆ Circuito rectificador de media onda: (cont.)

» Análisis con model ideal:

■ $V_i (> V_\gamma) \rightarrow$ Diodo como fuente $V_\gamma \rightarrow V_o = V_i - V_\gamma$



■ $V_i (< V_\gamma) \rightarrow$ Circuito abierto $\rightarrow V_o = 0V$



Circuitos típicos del diodo

🔗 Circuito rectificador de media onda: (cont.)

» Análisis con model lineal:

■ Directa ($V_i > V_\gamma$)

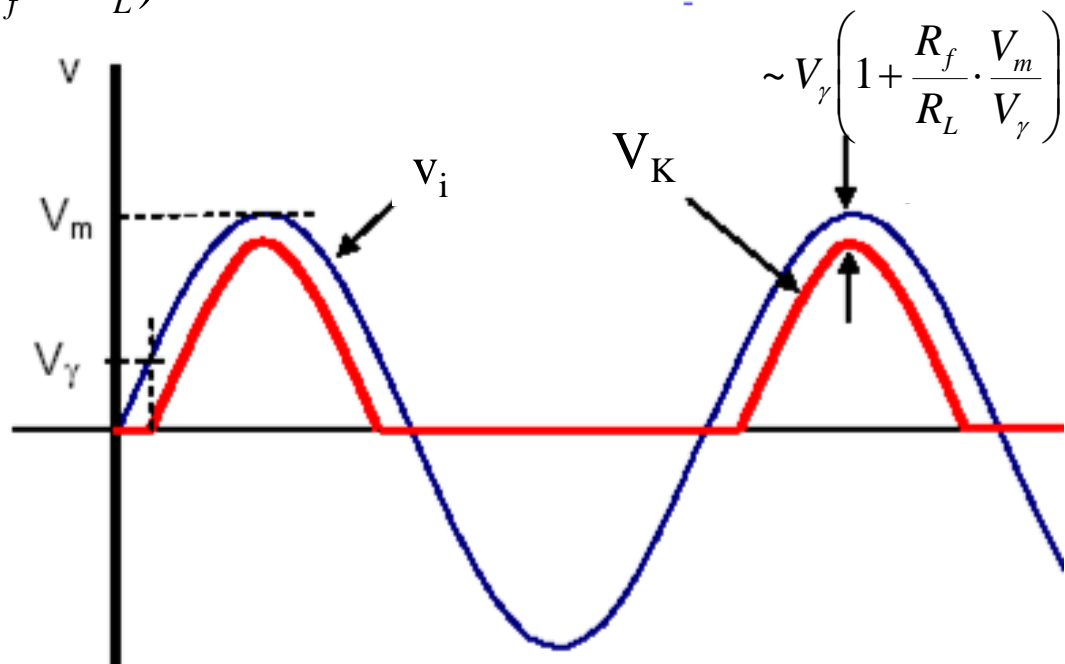
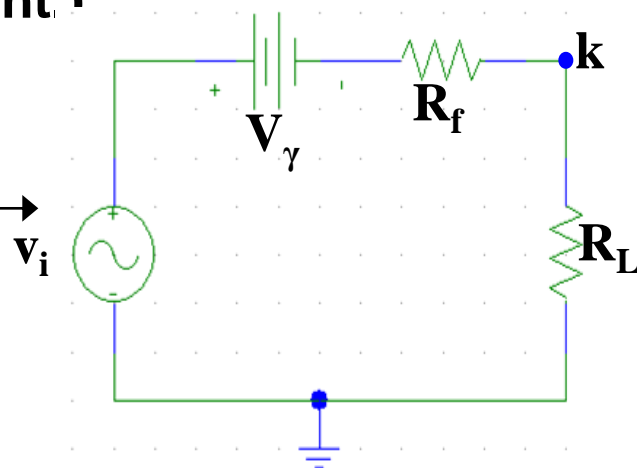
Aplicamos Kirchhoff:

$$V_i - V_\gamma - i \cdot R_f - i \cdot R_L = 0 \Rightarrow i = \frac{V_i - V_\gamma}{(R_f + R_L)}$$

$$v_i = V_m \cdot \sin(\omega t)$$

$$\Rightarrow i = \frac{V_m \cdot \sin(\omega t) - V_\gamma}{(R_f + R_L)}$$

$$V_o = V_k = i \cdot R_L = \frac{V_m \cdot \sin(\omega t) - V_\gamma}{(R_f + R_L)} \cdot R_L$$

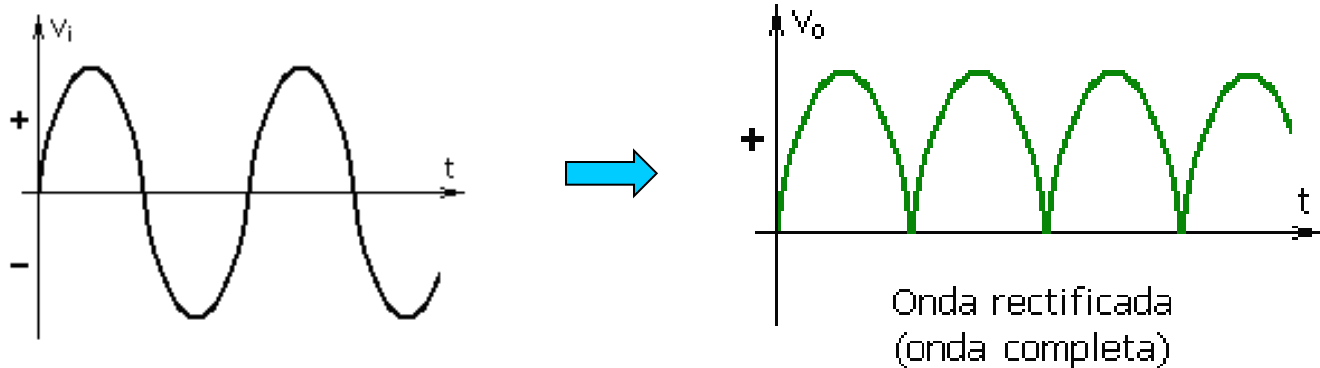


■ Inversa: $V_k \approx 0V$

Circuitos típicos del diodo

⤴ Circuito rectificador de onda completa (con Puente de diodos):

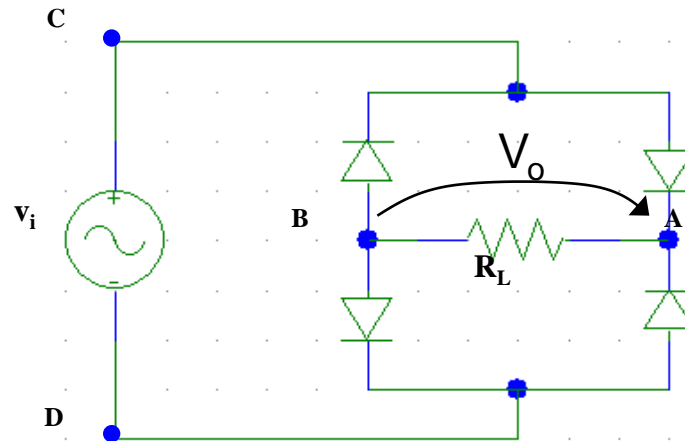
» Función: Ahora los valores negativos de la entrada los pasa a positivos en la salida:



Circuitos típicos del diodo

🏠 Circuito rectificador de onda completa: (cont.)

» Circuito: Puente de diodos



- El objetivo del circuito es que la corriente que atraviesa R_L siempre sea en el mismo sentido (de A a B).
(independientemente del valor de tensión de V_i).

Circuitos típicos del diodo

⬆ Circuito rectificador de onda completa: (cont.)

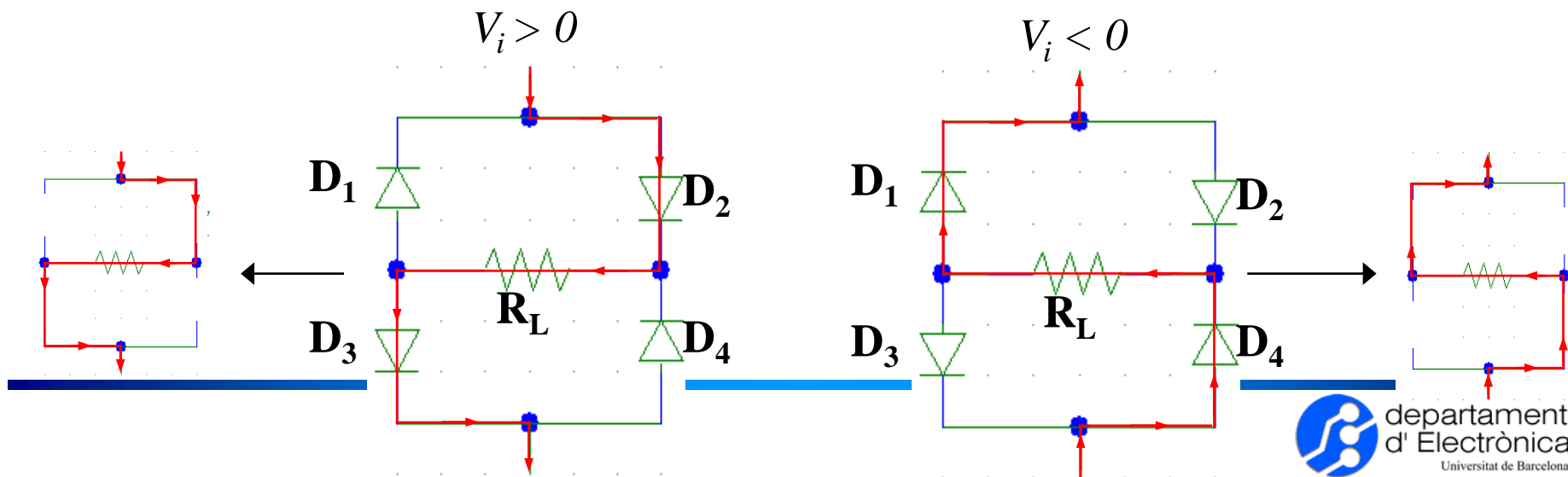
» Análisis con el modelo ideal (modificado):

■ Directa: Con $V_i > 0$, I de arriba a abajo \rightarrow Pasa por D_2 y D_3 .

$$\rightarrow V_A = V_i(+)\text{ y } V_B = V_i(-) \rightarrow V_o = V_A - V_B = V_i$$

■ Inversa: Con $V_i < 0$, I de abajo a arriba \rightarrow Pasa por D_4 y D_1 .

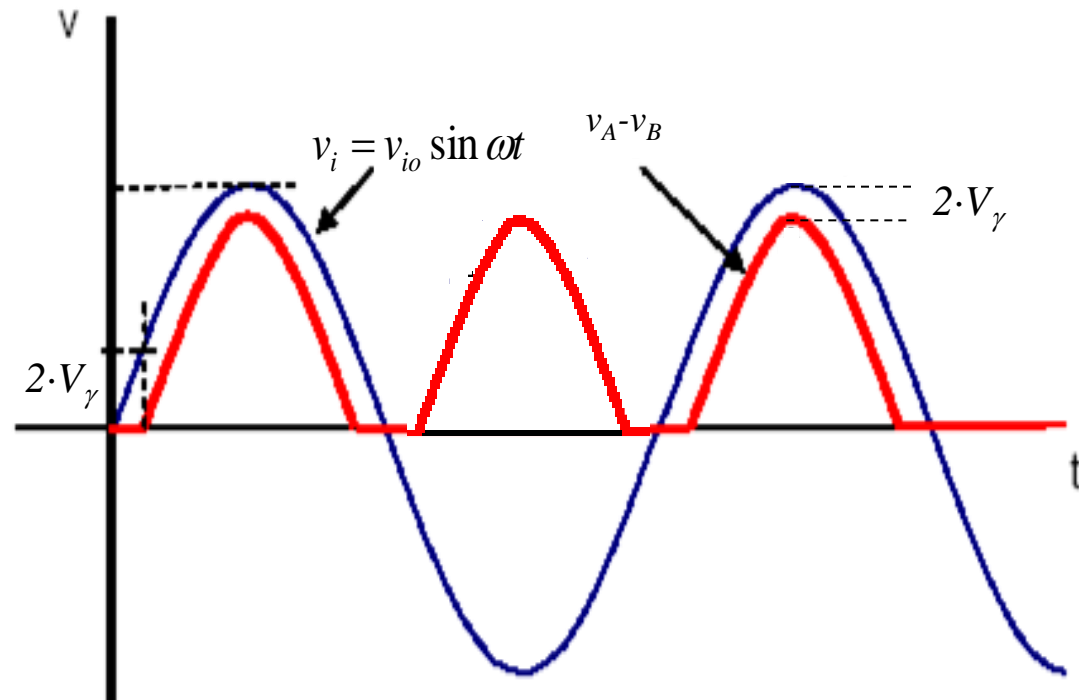
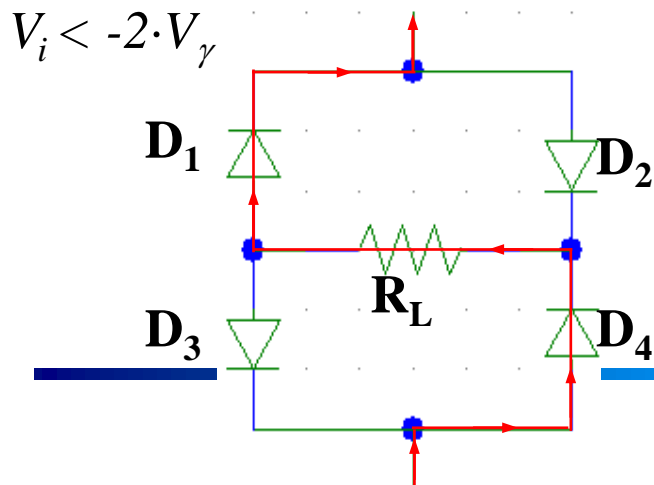
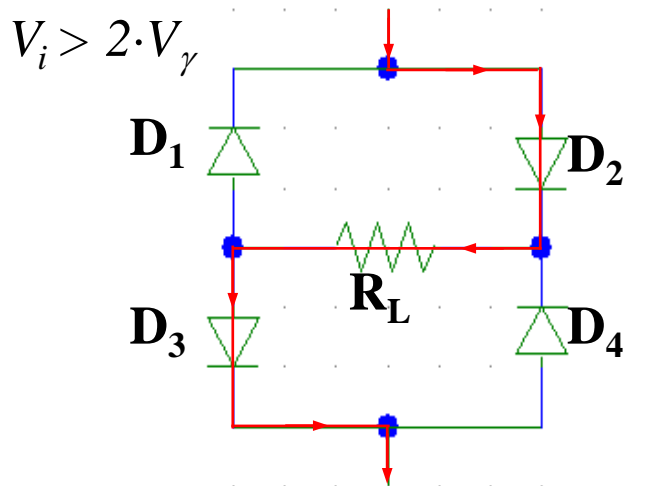
$$\rightarrow V_A = V_i(-)\text{ y } V_B = V_i(+) \rightarrow V_o = V_A - V_B = -V_i$$



Circuitos típicos del diodo

⬆ Circuito rectificador de onda completa: (cont.)

» Análisis con el modelo ideal:



Circuitos típicos del diodo

- 🏠 **Circuito rectificador de onda completa: (cont.)**
 - » **Ejercicio: Plantear las ecuaciones (aplicando Kirchhoff) para el modelo lineal en ambas situaciones.**

Circuitos típicos del diodo

🏠 Filtro pasivo en rectificación:

» **Objetivo:** Obtener una tensión de salida lo más cte. posible con una entrada sinusoidal.

» **Circuito:** _____ →

■ Sin C → rect. media onda.

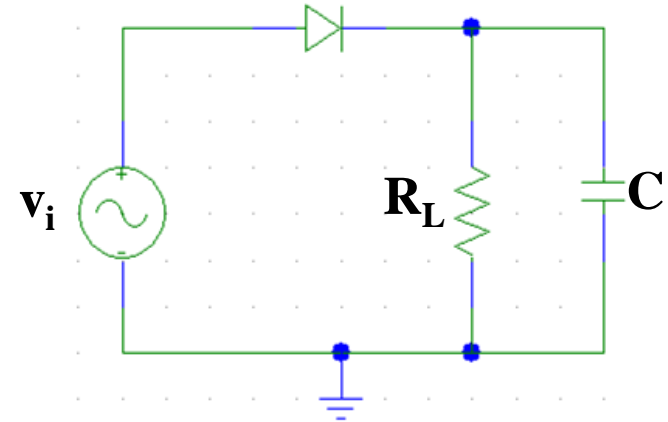
» **Comportamiento cualitativo sin R_L :**

■ Supongamos modelo ideal (modificado).

■ Si no hay R_L , cuando V_i de 0 a V_m , C se carga hasta V_m .

■ Al disminuir V_i , C no puede descargarse (el diodo no permite I hacia atrás). → C se queda cargado y $V_o = V_m$ (cte)

■ Como V_i no supera nunca V_m , C se queda siempre a V_m .

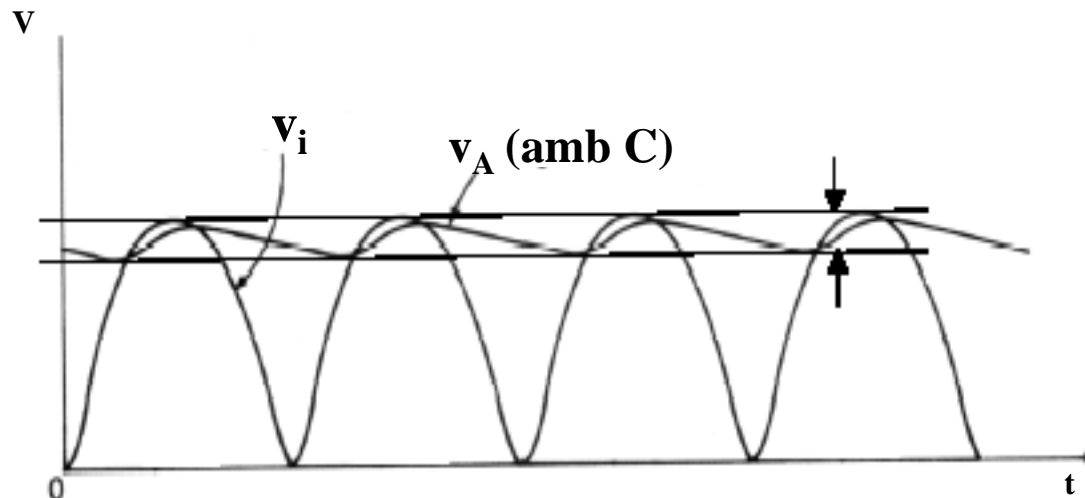
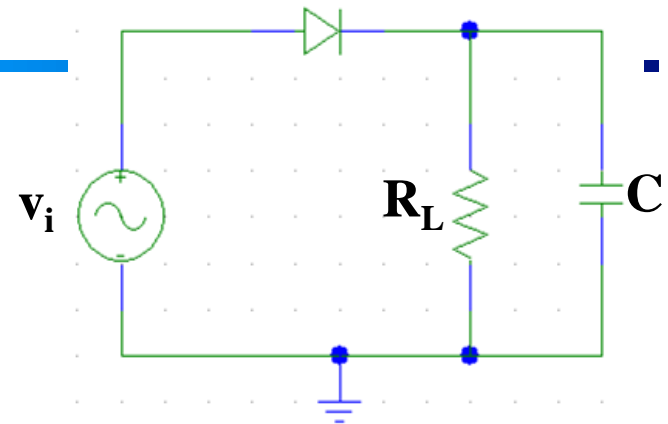


Circuitos típicos del diodo

↑ Filtro pasivo en rectificación:

» Comportamiento cualitativo con R_L :

- Si hay R_L , ahora C puede descargarse a través de R_L cuando el diodo está en inversa. Por tanto, irá disminuyendo su tensión.
- Cuando V_i se aproxime a V_m , el C se volverá a cargar y recuperará su tensión.



Circuitos típicos del diodo

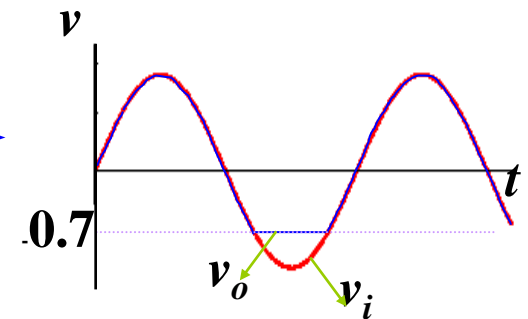
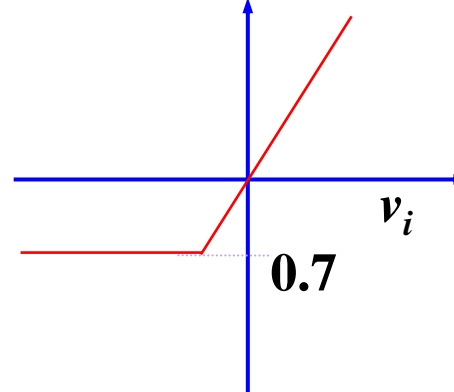
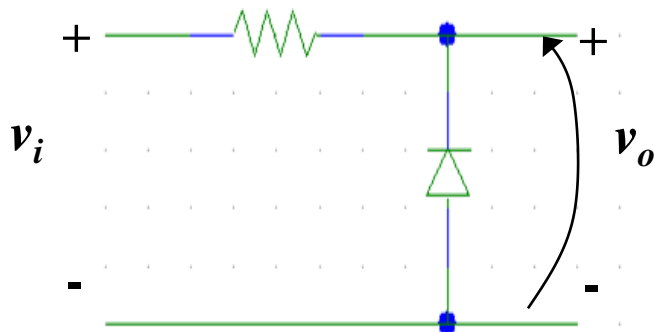
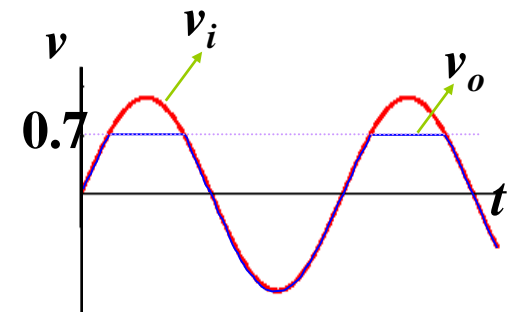
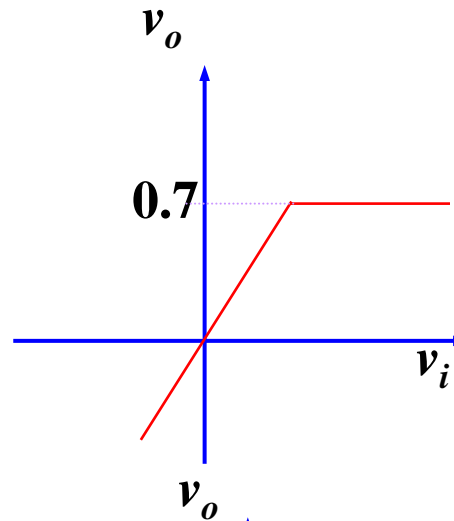
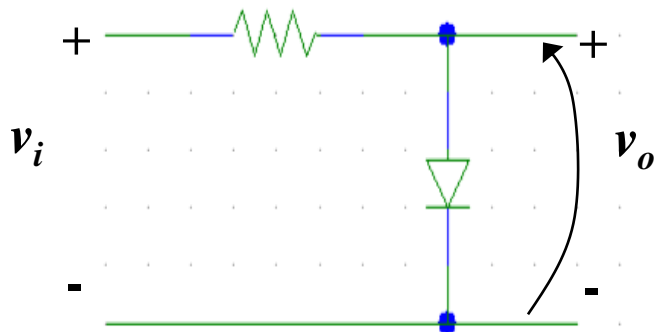
⌄ Circuitos limitadores de tensión:

- » **Función:** Aseguran que la tensión no sobrepase un cierto valor (que podría ser perjudicial para los circuitos).
- » **Se basan en que la tensión en el diodo nunca sobrepasará el valor V_{γ} .**
 - **Se pueden ayudar de fuentes de tensión en serie con el diodo para fijar un valor de tensión máximo distinto a V_{γ} .**

Circuitos típicos del diodo

⬆ Circuitos limitadores de tensión: (cont.)

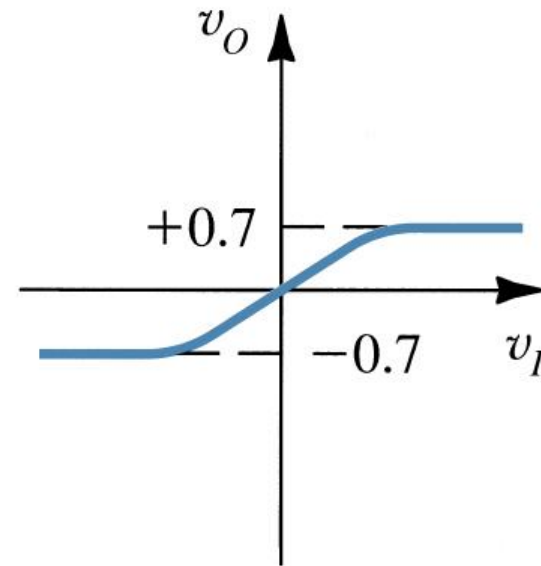
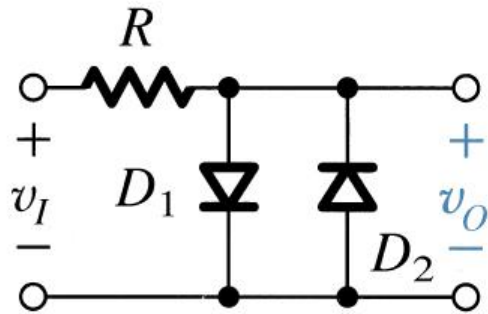
» Ejemplos sencillos:



Circuitos típicos del diodo

⌚ Circuitos limitadores de tensión: (cont.)

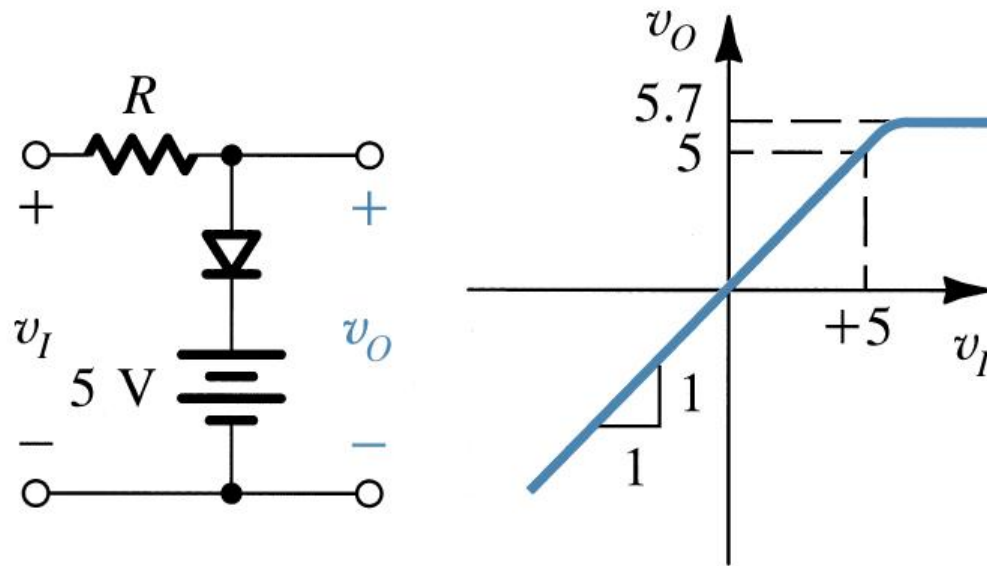
» Para limitar tensiones positivas y negativas:



Circuitos típicos del diodo

⬆ Circuitos limitadores de tensión: (cont.)

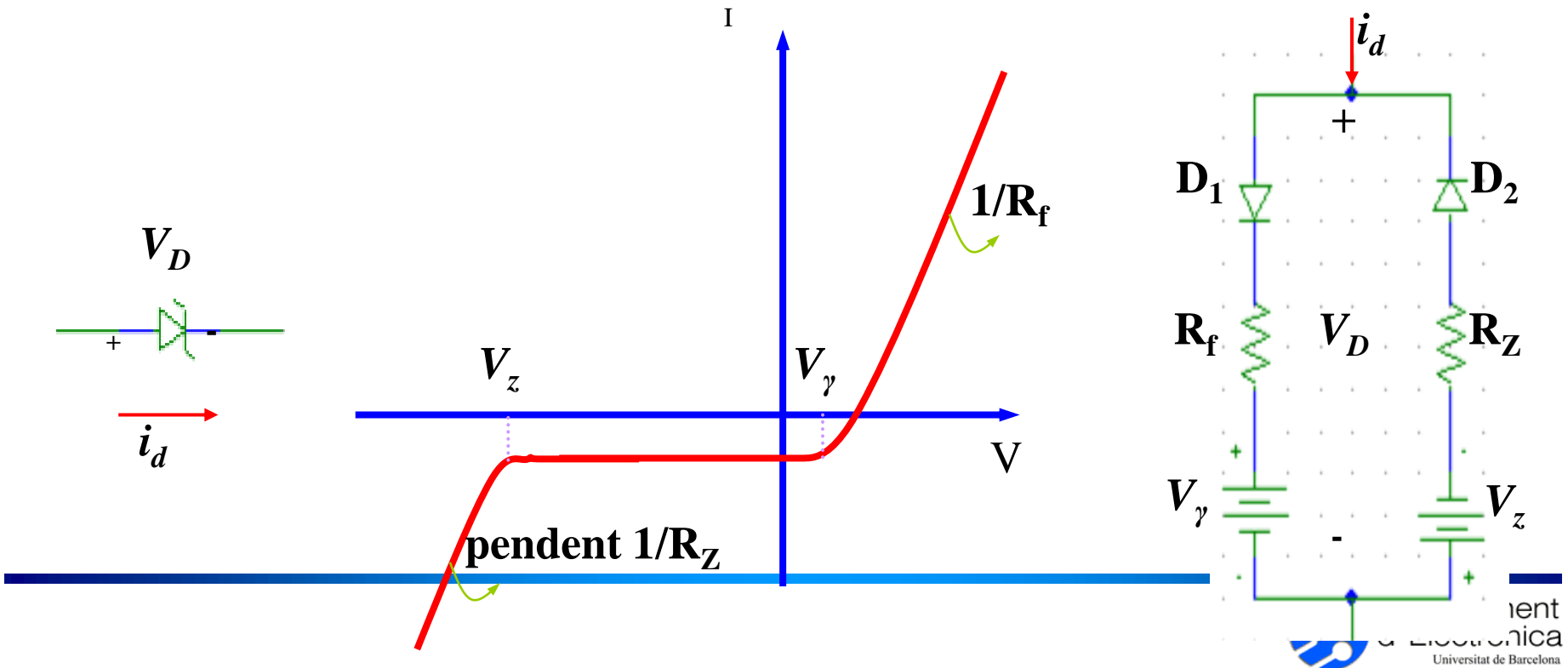
» Para fijar otros valores de tensión distintos a V_γ :



Otros diodos

⬆ Diodo Zener:

- » Característica principal: Posee otra tensión umbral para diferencias de tensión negativas.
- » Representación, curva característica y modelo:

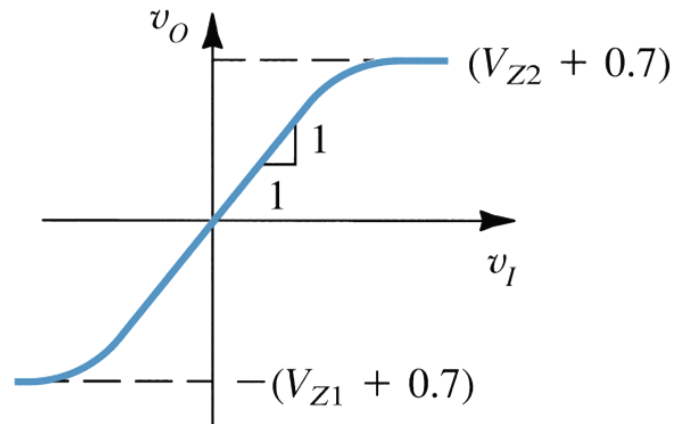
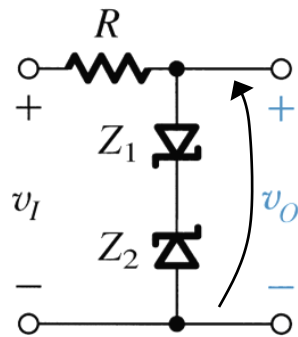


Otros diodos

⬆ Diodo Zener: (cont.)

» Principales usos:

- Fijar la tensión a V_z en lugar de V_γ . (El valor de V_z puede controlarse durante la fabricación).
- No es necesario añadir fuentes de tensión para limitar la tensión a otros valores (sólo escoger el diodo Zener adecuado).

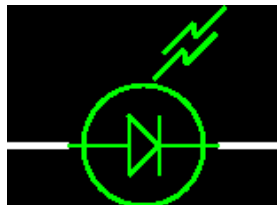


Otros diodos

⬆ Diodo LED (Light Emitting Diode):

» Diodo que, al polarizarse en directa, emite luz (dif. colores).

» Símbolo: →



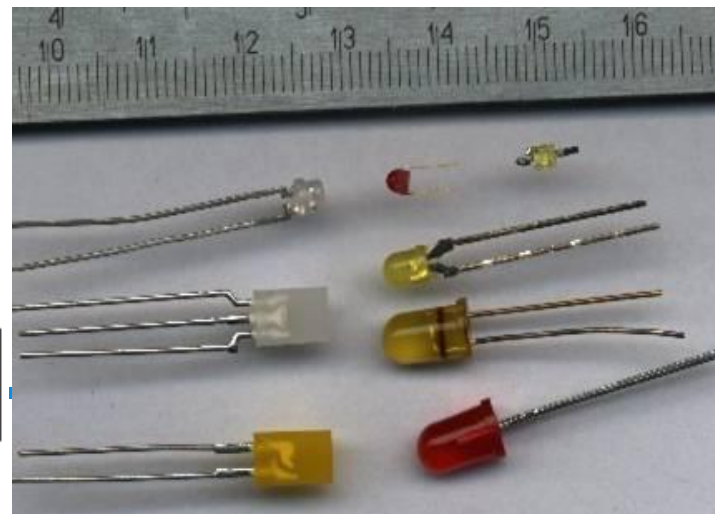
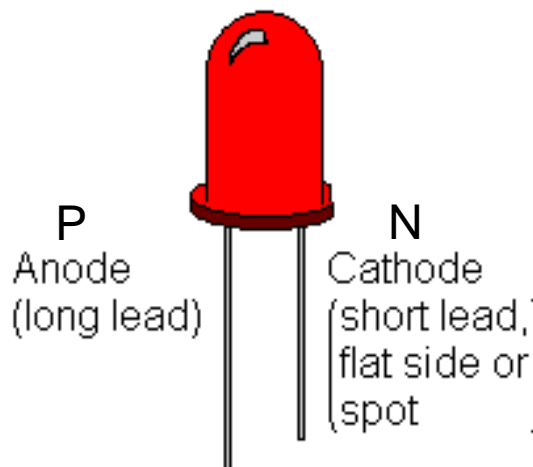
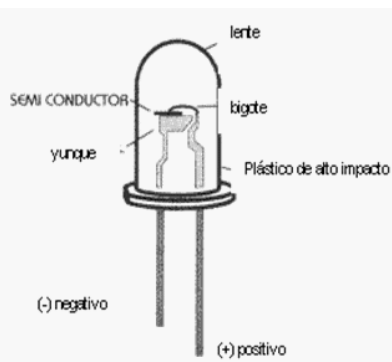
» Ventajas:

■ Operan con bajas tensiones y tienen bajo consumo.

■ Bajo coste y vida larga.

» Han ido substituyendo las pequeñas lámparas de filamento.

» Apariencia:



Otros diodos

⬆ Diodo LED (Light Emitting Diode): (cont.)

» Usos múltiples:

- Letreros luminosos de todo tipo.
- Mandos de TV, puertas, etc (luz infrarroja).
- Ratones ópticos.

