

# T3. Diodos de unión PN

## Diodos de unión PN

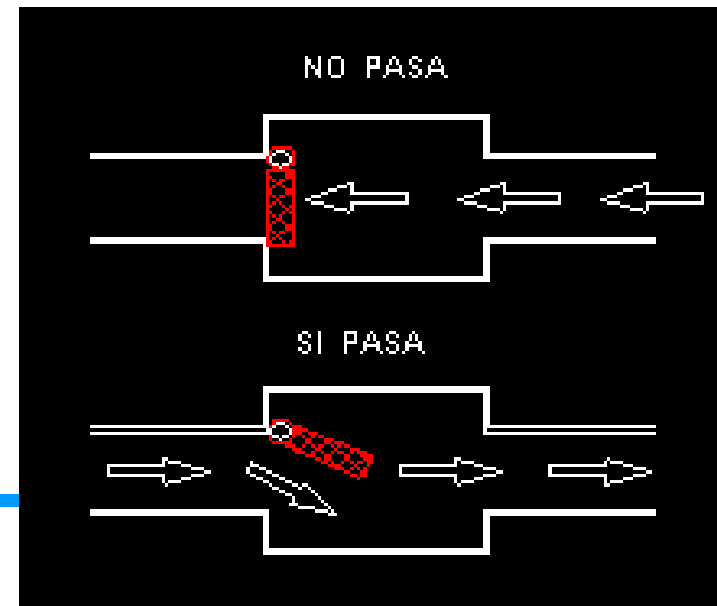
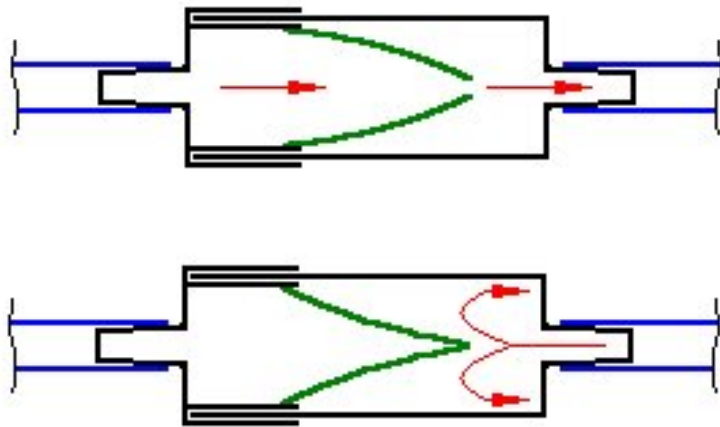
- 🏠 **Objetivos.**
- 🏠 **Introducción.**
- 🏠 **Cómo y por qué funciona.**
- 🏠 **Funcionamiento del diodo en circuitos.**
- 🏠 **Circuitos típicos del diodo.**
- 🏠 **Otros tipos de diodos.**

# 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:



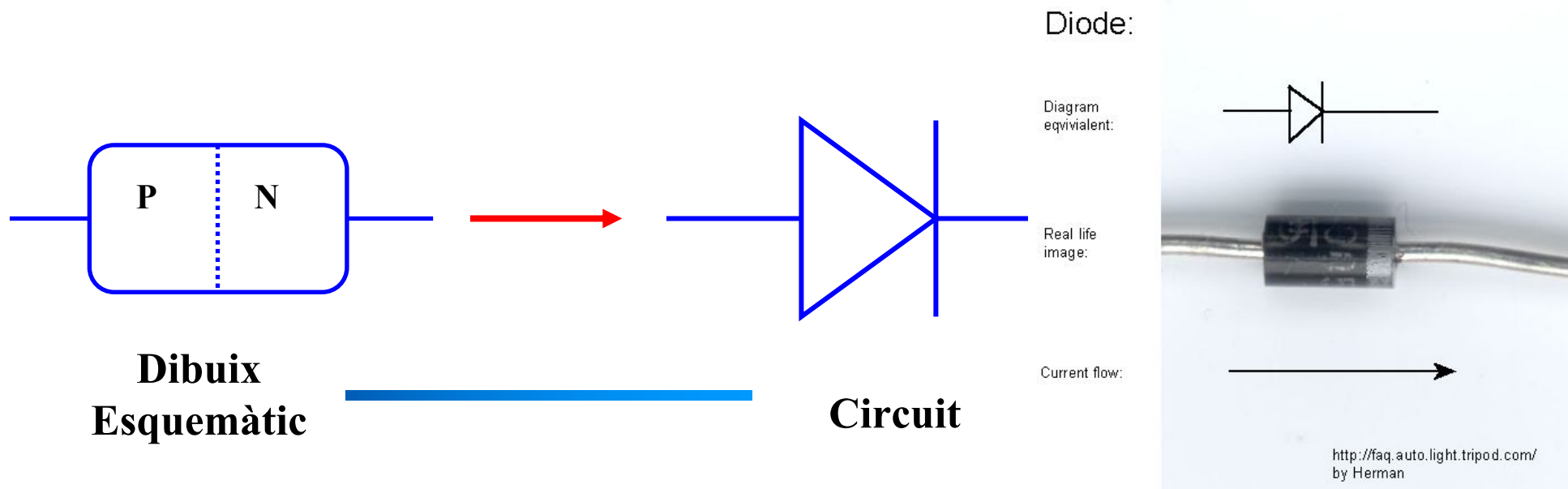
## Cómo y por qué funcionan

- ⬆ En un diodo PN, se necesita una cierta energía (caída de tensión) para hacer pasar las cargas en la dirección permitida (tensión umbral,  $V_\gamma$ ).
  - 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):

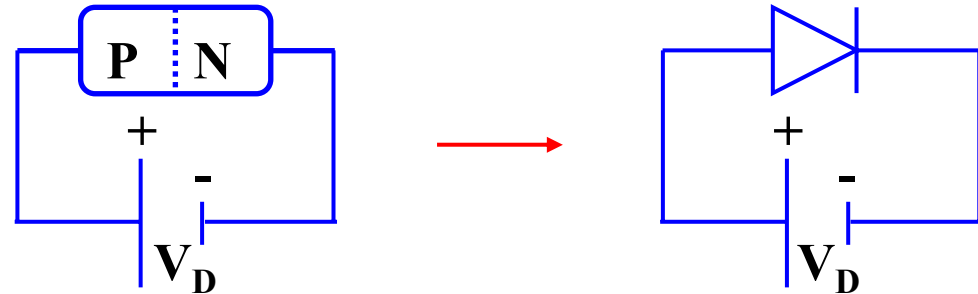
- » El símbolo de circuito “es como” una flecha que indica el sentido permitido de la corriente (de P a N).



# Cómo y por qué funcionan

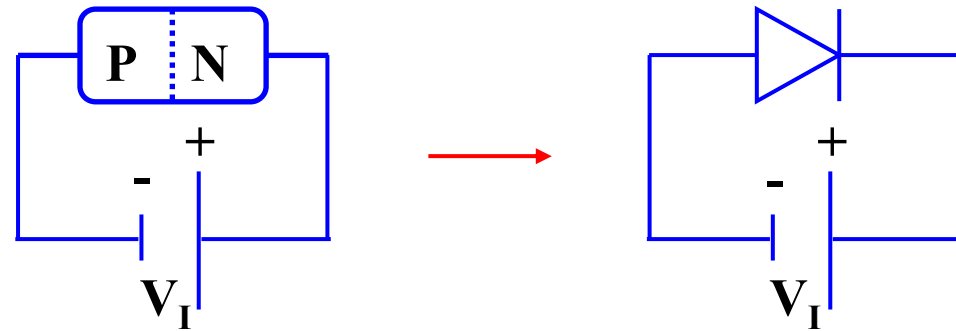
## 📌 Representación (símbolo): (cont.)

» Polarización directa:



Polarització en directa.

» Polarización inversa:



Polarització en inversa.

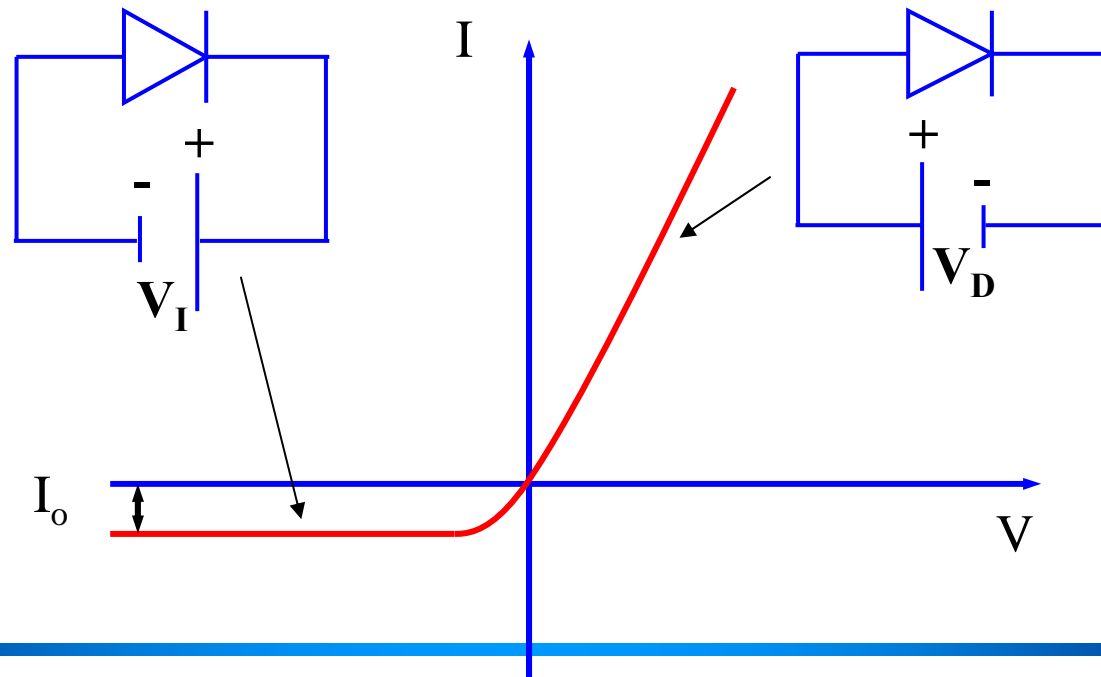
# Cómo y por qué funcionan

## 🏠 Curva característica I(V):

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

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

» Curva característica I(V):

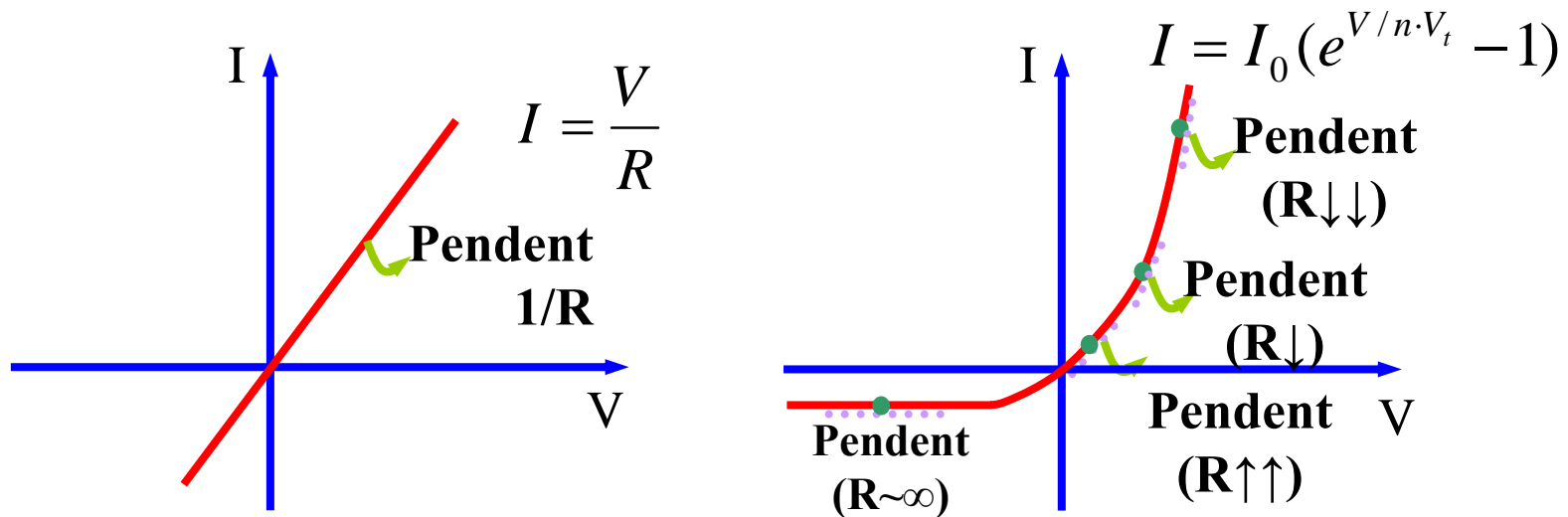


Característica I(V) del diodo



# 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:

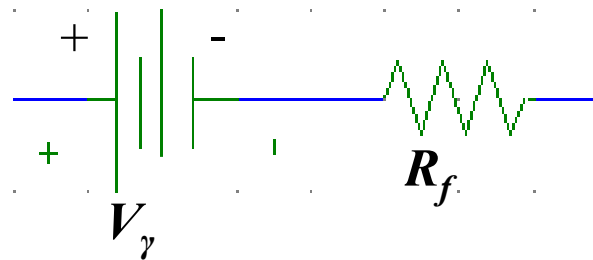
■ Comportamiento dividido en dos resistivos: zona directa ( $R_f$ ) y zona inversa ( $R_r$ , respecto  $V_\gamma$ ) ( $V_D \cong V_\gamma + I_D \cdot R_f$ )

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

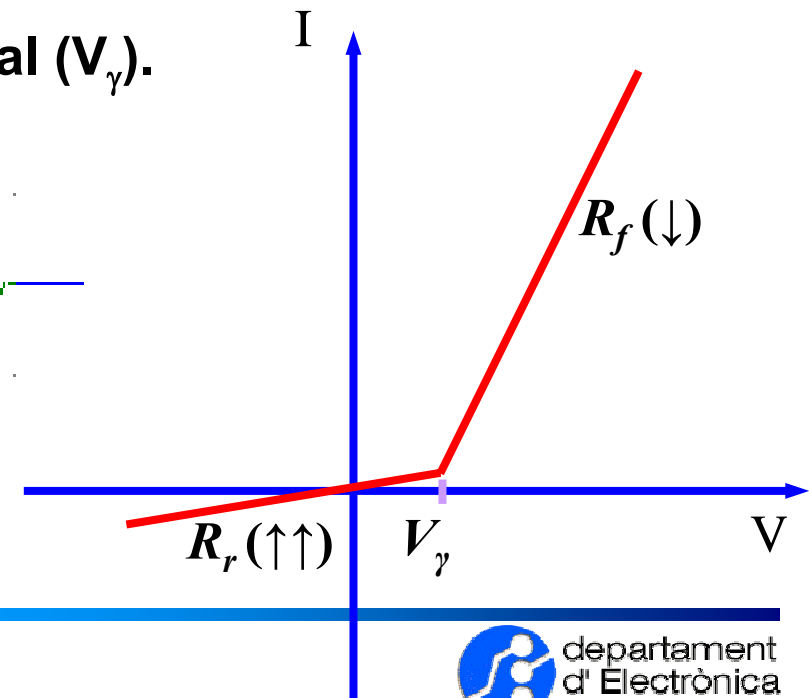
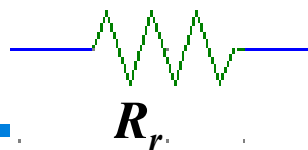
■ Punto de cambio: tensión umbral ( $V_\gamma$ ).

■ Depende del tipo de diodo.

■ En directa:



■ En inversa:

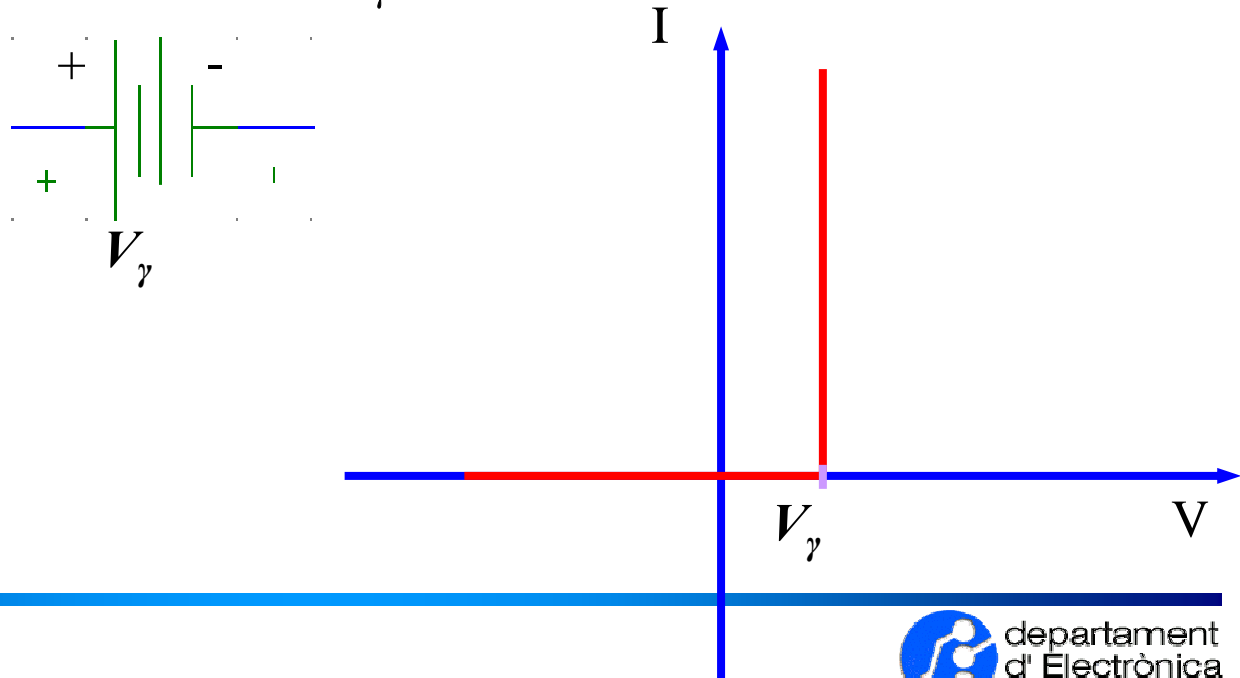


# Funcionamiento del diodo en circuitos

## 🏠 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  $V_\gamma$ , pero no presenta resistencia:



# Funcionamiento del diodo en circuitos

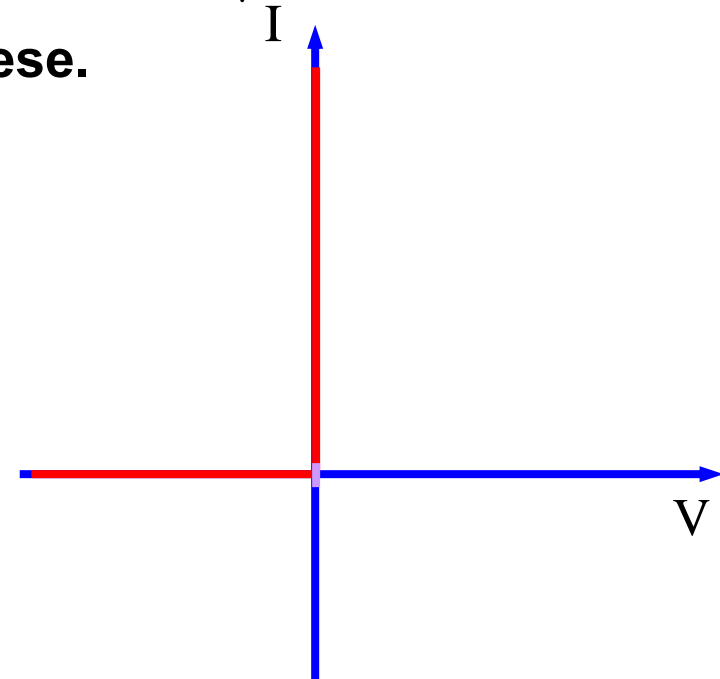
## 🏠 Aproximaciones lineales de la $I(V)$ : (cont.)

» 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

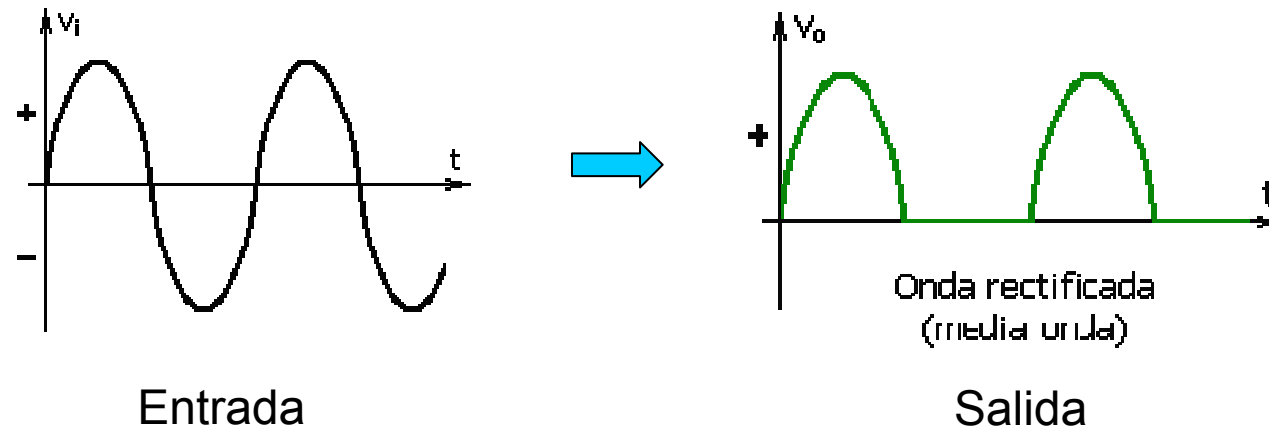
## Procedimiento general de resolución de circuitos con diodos:

- » 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 directa y comprobar que la solución cuadra con esta suposición (sentido de la corriente).

# Circuitos típicos del diodo

## 🏠 Circuito rectificador de media onda:

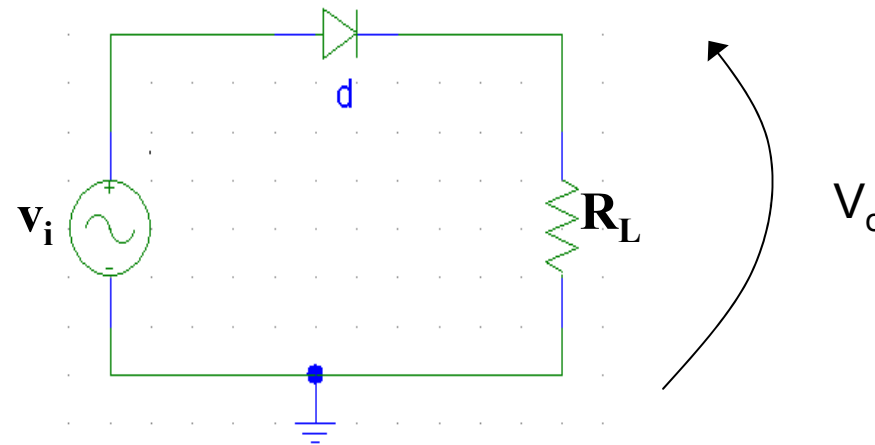
- » **Función:** Transforma una señal sinusoidal de entrada a la misma señal pero forzando los valores negativos a 0.



# Circuitos típicos del diodo

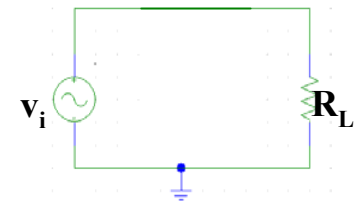
## 🏠 Circuito rectificador de media onda: (cont.)

» Circuito:

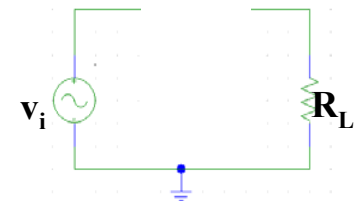


» Análisis previo con modelo ideal (modificado):

■  $V_i \uparrow \rightarrow$  Diodo como si no estuviese  $\rightarrow V_o = V_i$



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

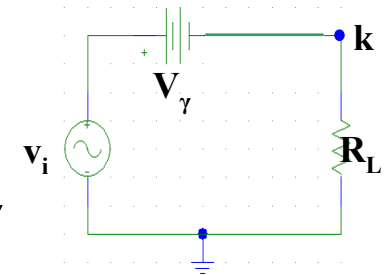


# Circuitos típicos del diodo

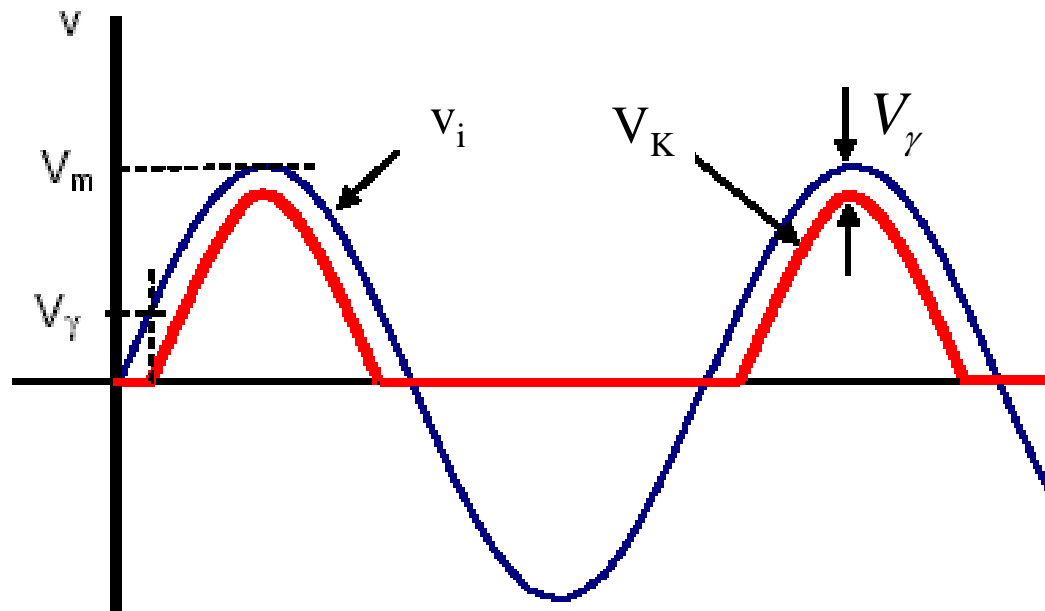
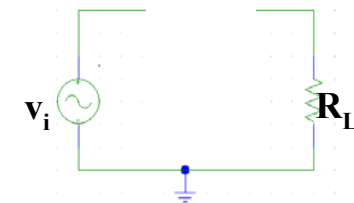
## 🏠 Circuito rectificador de media onda: (cont.)

### » Análisis con model ideal:

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



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





# Circuitos típicos del diodo

## 🔗 Circuito rectificador de media onda: (cont.)

### » Análisis con model lineal:

#### ■ Directa ( $V_i > V_\gamma$ )

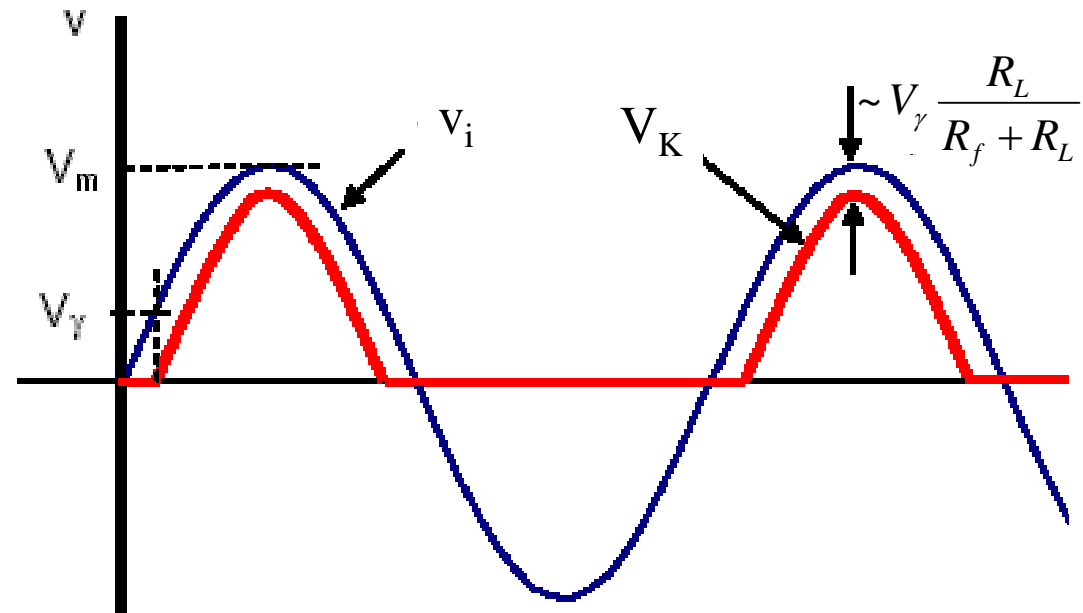
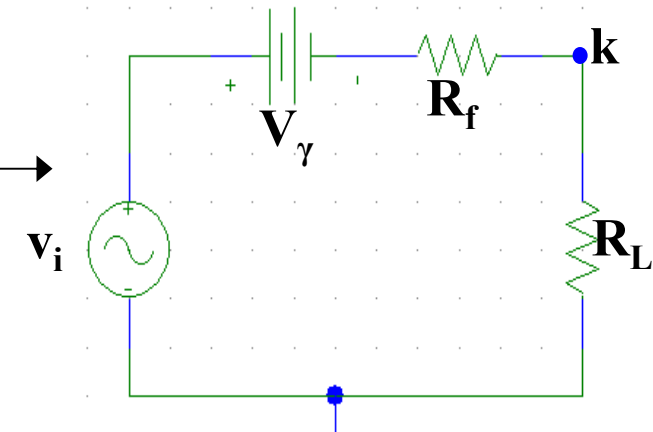
Aplicamos Kirchhoff:

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

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

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

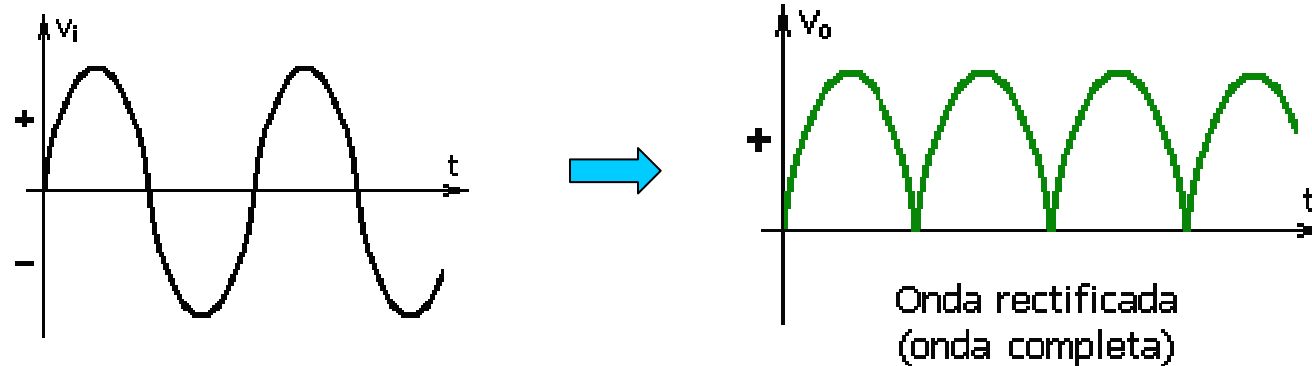
$$V_o = V_k = i \cdot R_L = \frac{V_m \cdot \sin(\omega t) - V_\gamma}{(R_f + R_L)} \cdot R_L$$



## Circuitos típicos del diodo

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

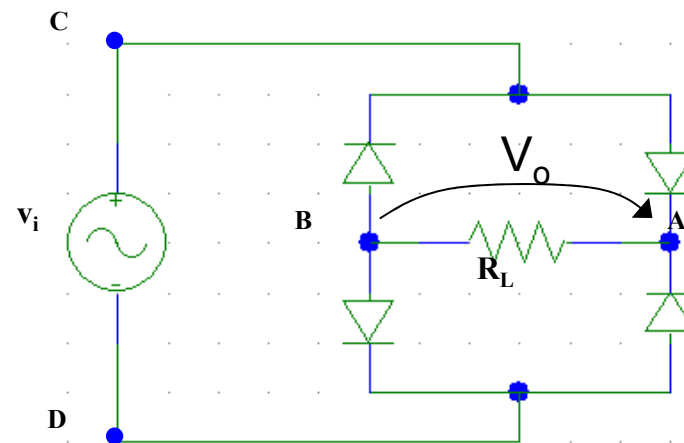
» Función: Ahora los valores negativos de la entrada los pasa a positivos en la salida:



# 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 (independientemente del valor de tensión de  $V_i$ ).

# Circuitos típicos del diodo

## 🏠 Circuito rectificador de onda completa: (cont.)

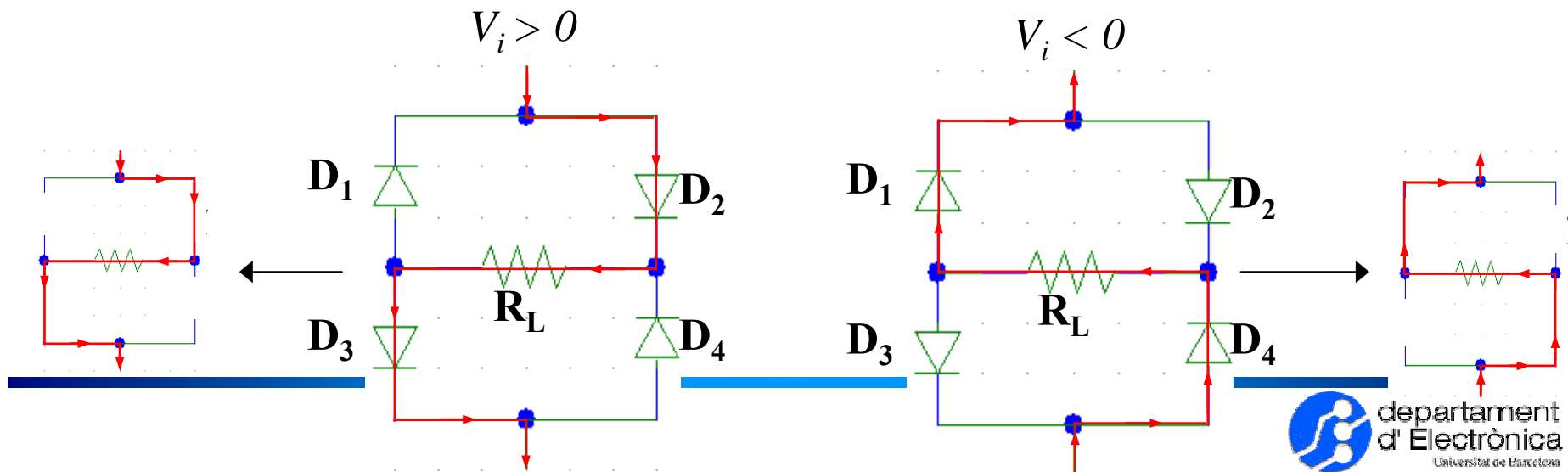
### » Análisis con el modelo ideal (modificado):

■ Directa: Con  $V_i > 0$ , I de arriba a abajo → 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 → Pasa por  $D_4$  y  $D_1$ .

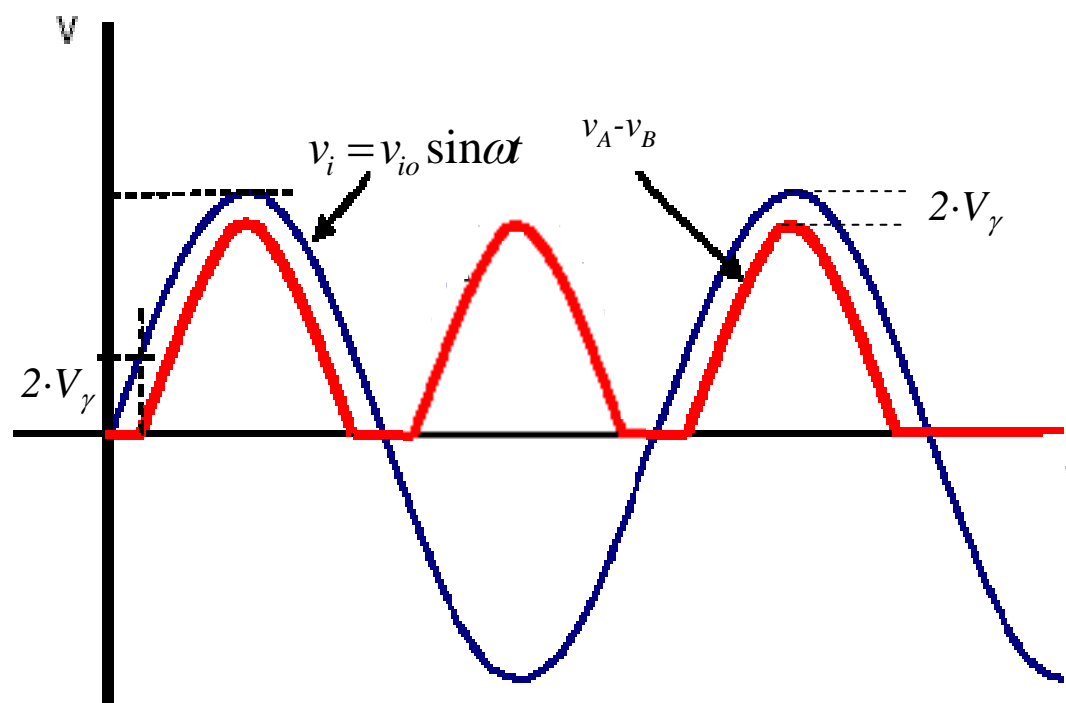
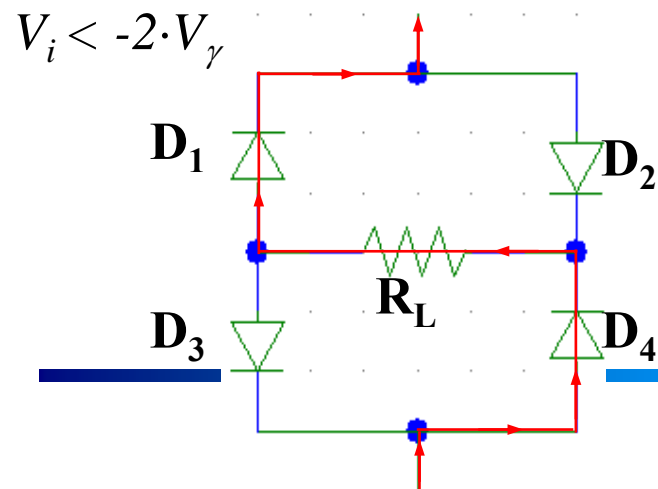
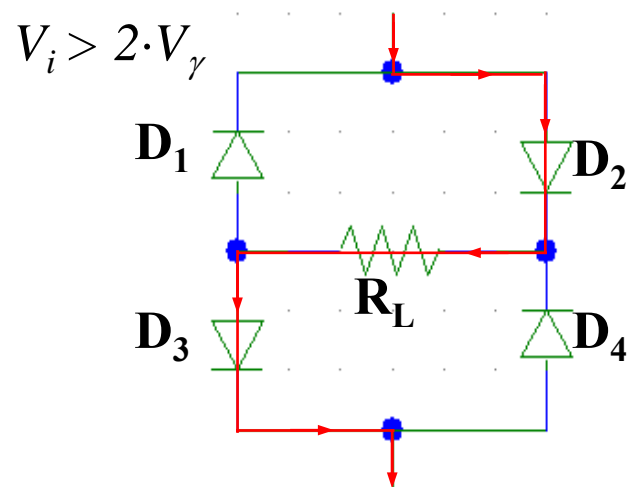
$$\rightarrow V_A = V_i(-)\text{ y } V_B = V_i(+) \rightarrow V_o = V_A - V_B = -V_i$$



# 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  $C \rightarrow$  rect. media onda.

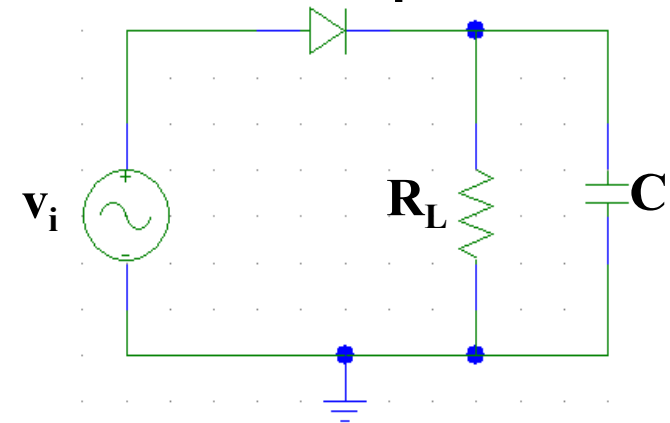
» **Comportamiento cualitativo sin  $R_L$ :**

■ 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).  $\rightarrow C$  se queda cargado y  $V_o = V_m$  (cte)

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

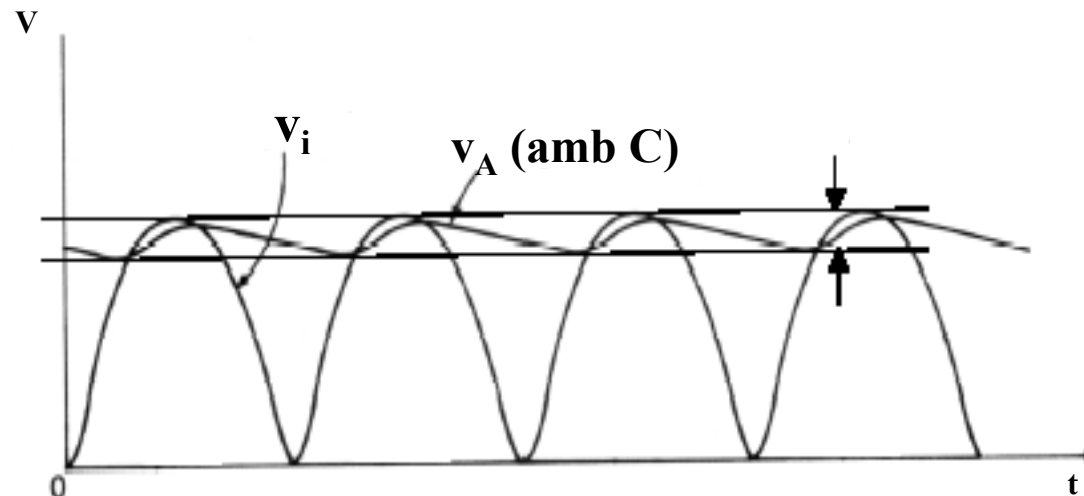
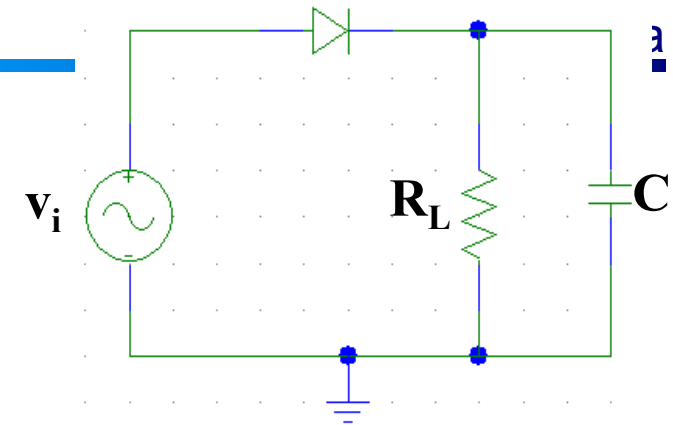


## Circuitos típicos del diodo

### 🏠 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

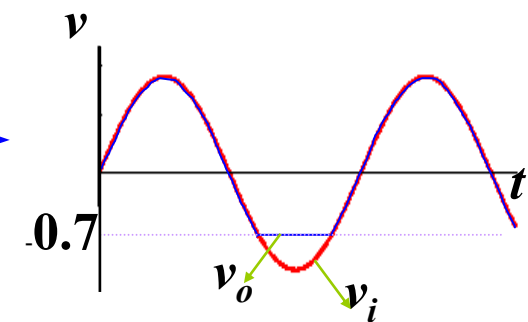
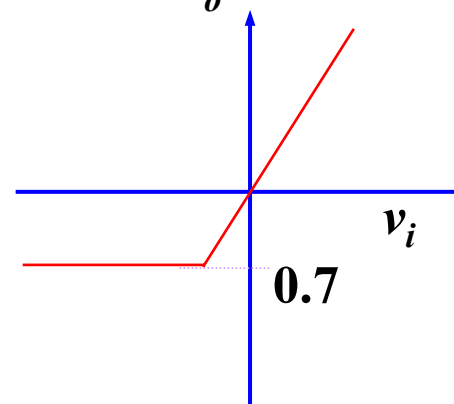
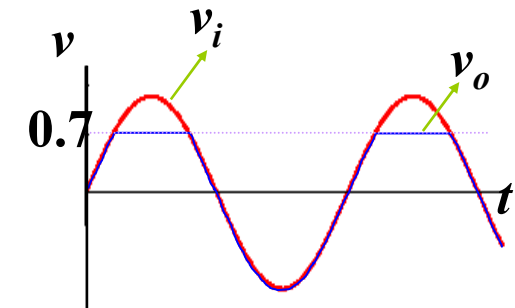
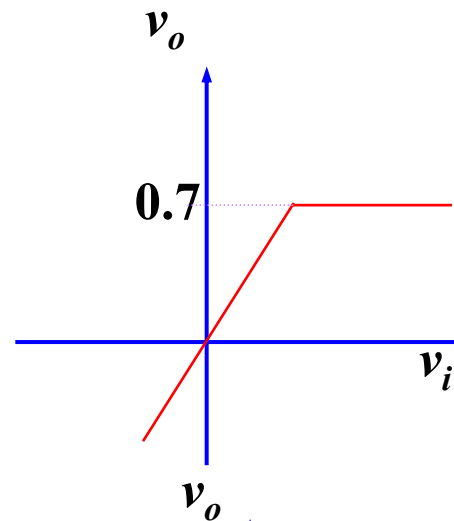
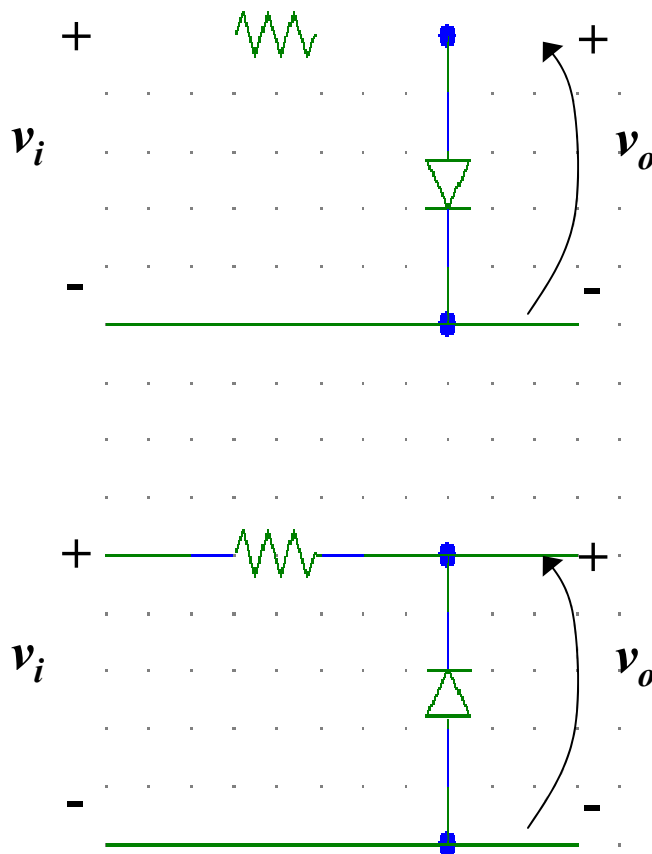
## 🏠 Circuitos limitadores de tensión:

- » **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  $V_{\gamma}$ .**
  - ▣ **Se pueden ayudar de fuentes de tensión en serie con el diodo para fijar un valor de tensión máximo distinto a  $V_{\gamma}$ .**

# Circuitos típicos del diodo

## ⌚ Circuitos limitadores de tensión: (cont.)

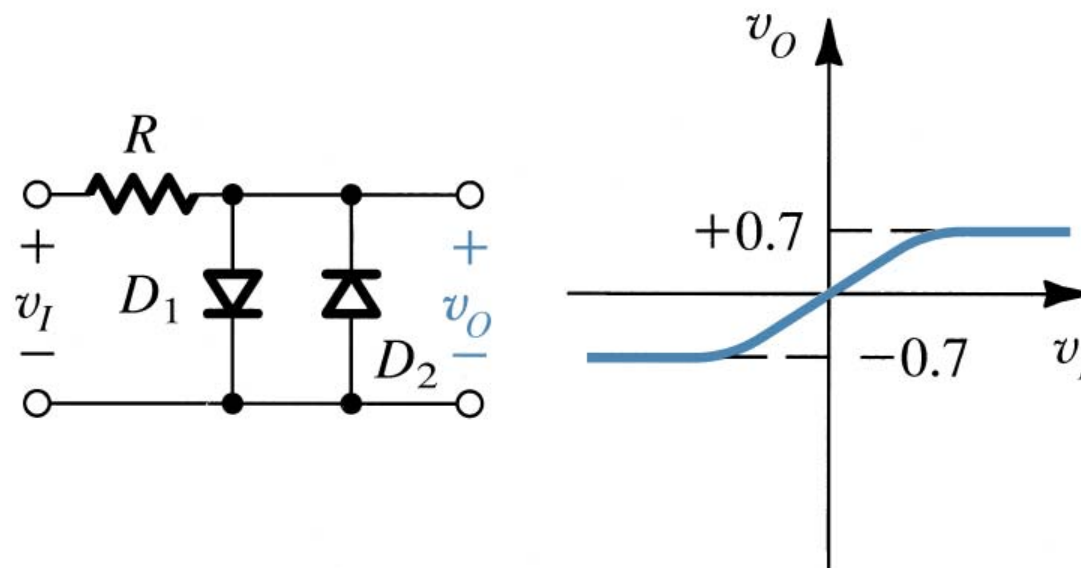
» Ejemplos sencillos:



# Circuitos típicos del diodo

## ⌚ Circuitos limitadores de tensión: (cont.)

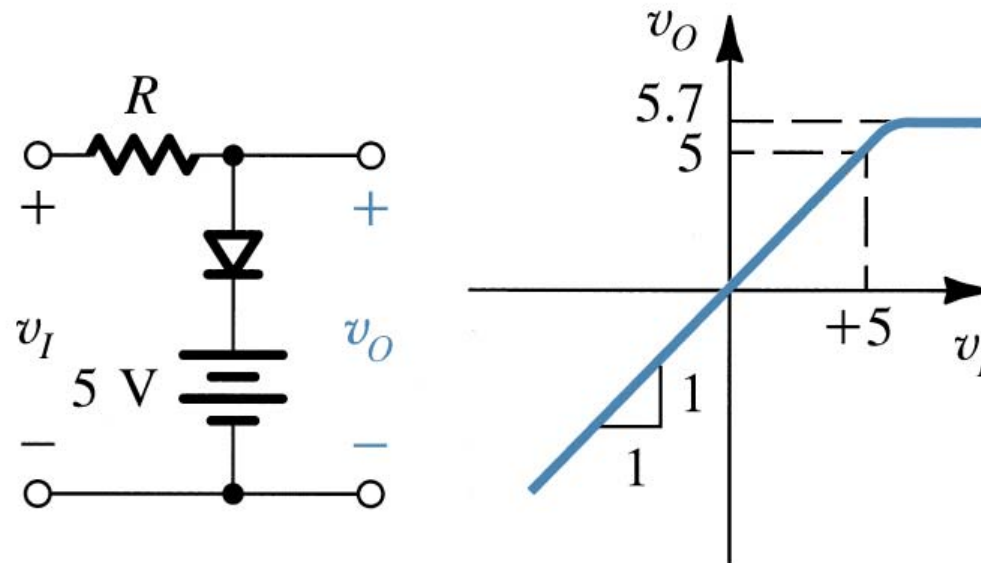
» Para limitar tensiones positivas y negativas:



# Circuitos típicos del diodo

## ⌄ Circuitos limitadores de tensión: (cont.)

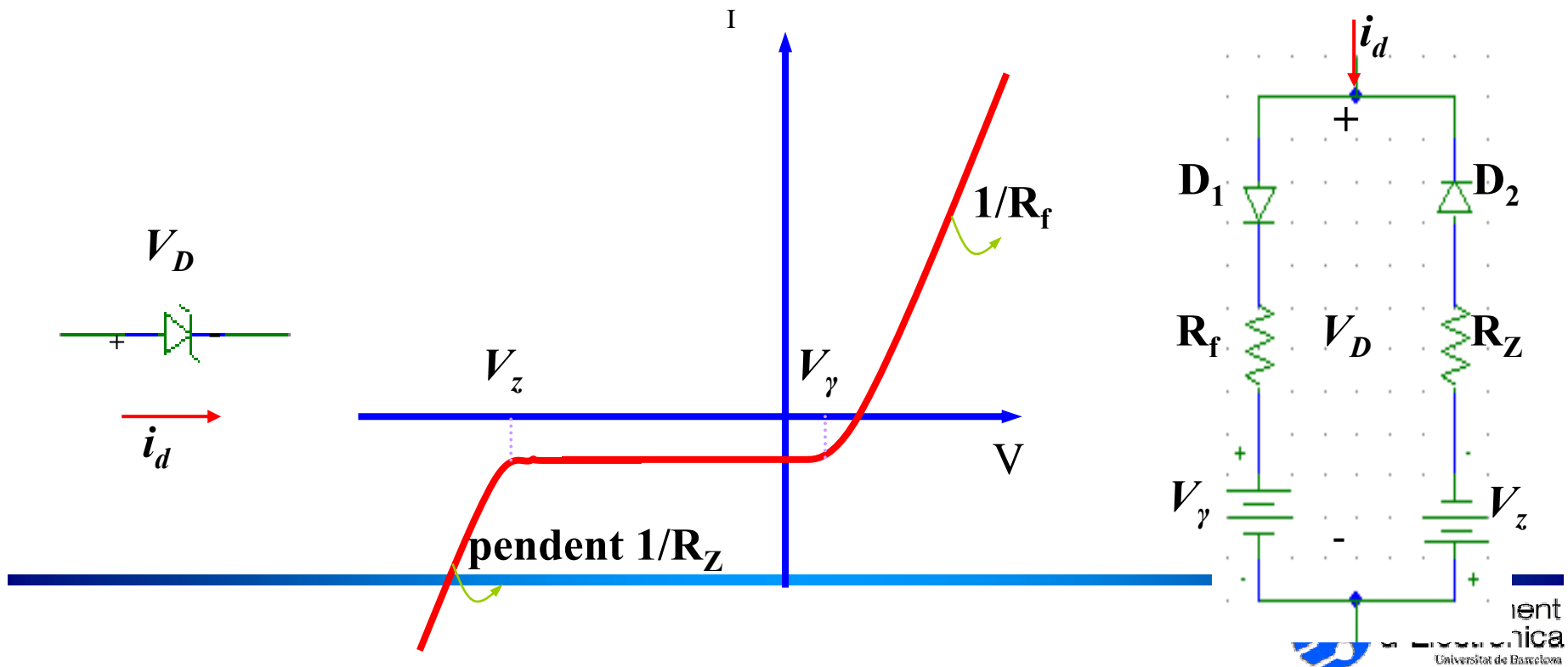
» Para fijar otros valores de tensión distintos a  $V_\gamma$ :



# Otros diodos

## ⬆ Diodo Zener:

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

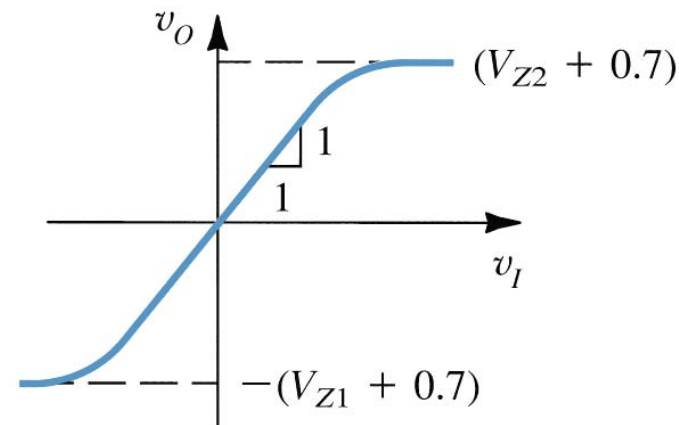
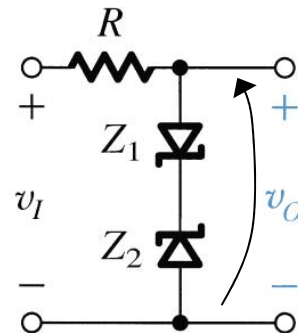


# Otros diodos

## ⬆ Diodo Zener: (cont.)

### » Principales usos:

- Fijar la tensión a  $V_z$  en lugar de  $V_\gamma$ . (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).

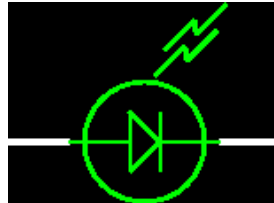


# Otros diodos

## 🔧 Diodo LED (Light Emitting Diode):

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

» Símbolo: →



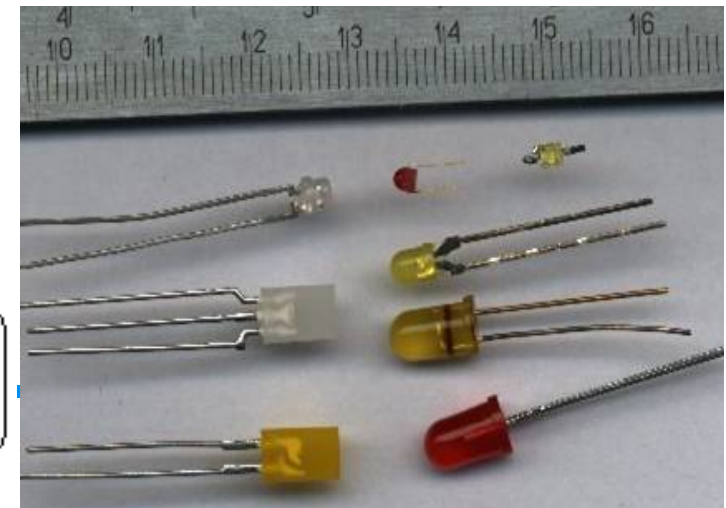
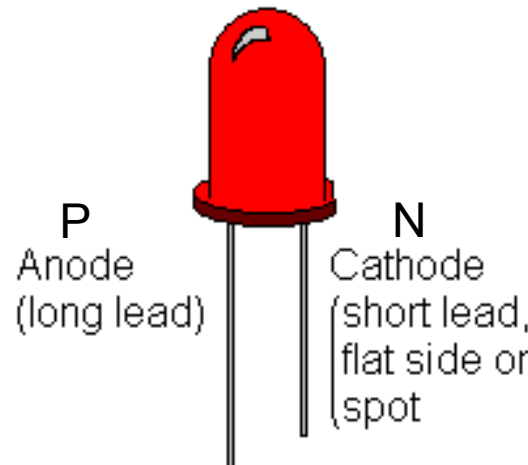
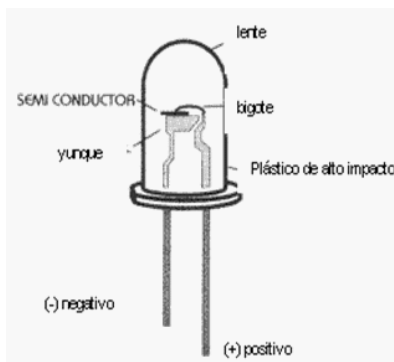
» Ventajas:

■ 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.

