

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea



Ingeniaritza Goi Eskola Teknikoa
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Bilbao

electrónica general

EL DIODO

tema 1

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA

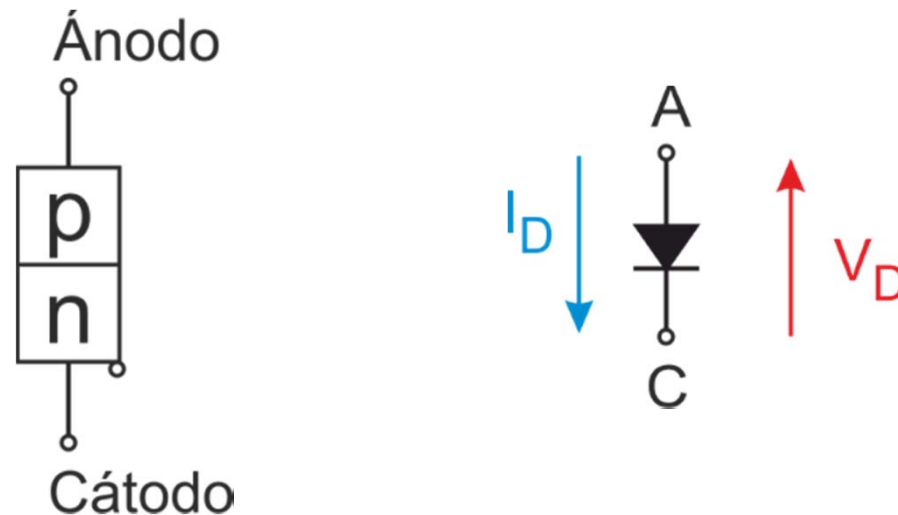
1. Introducción
2. Polarización del diodo
3. Curva característica del diodo
4. Resolución de circuitos con diodos (I)
5. Modelos del diodo
6. Resolución de circuitos con diodos (II)
7. Circuitos rectificadores
8. Filtrado
9. Diodos LED y diodos Zener

1.- Introducción

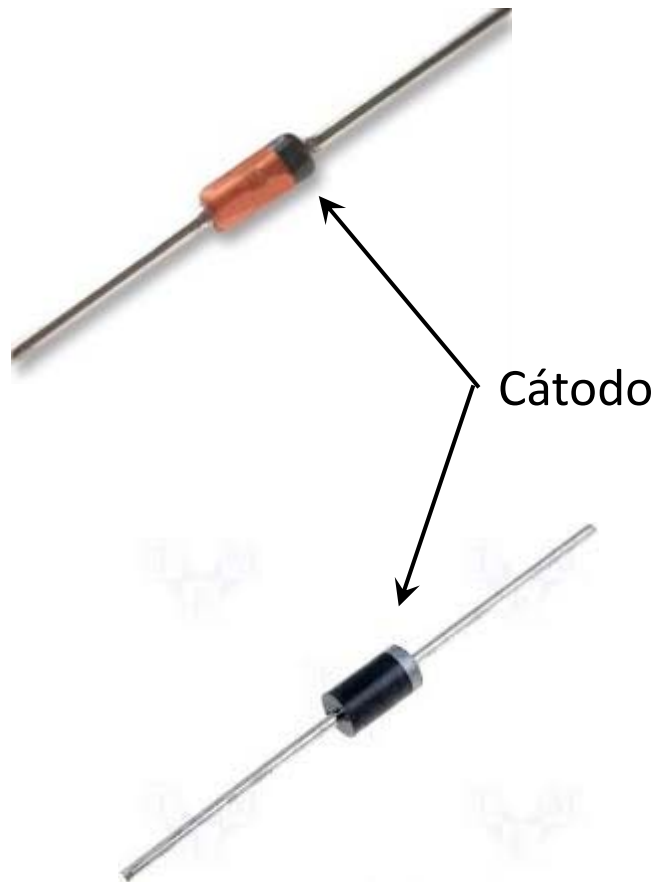
¿Qué es un diodo?

Dispositivo electrónico de dos terminales fabricado con materiales semiconductores

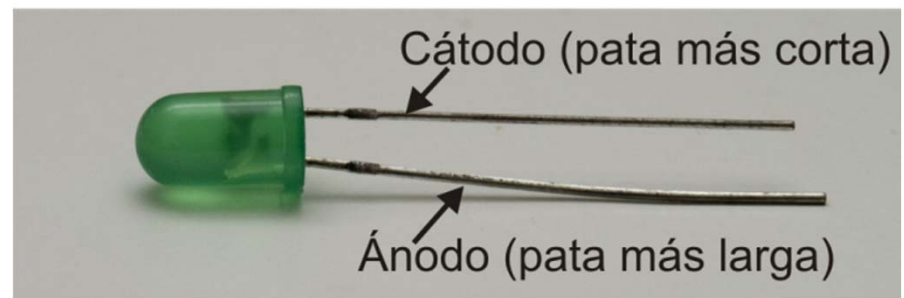
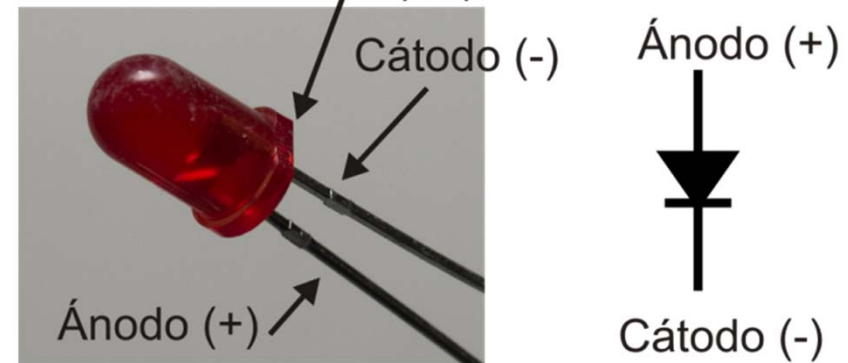
Los semiconductores más utilizados son el Si y el Ge, sobre todo el Si



1.- Introducción



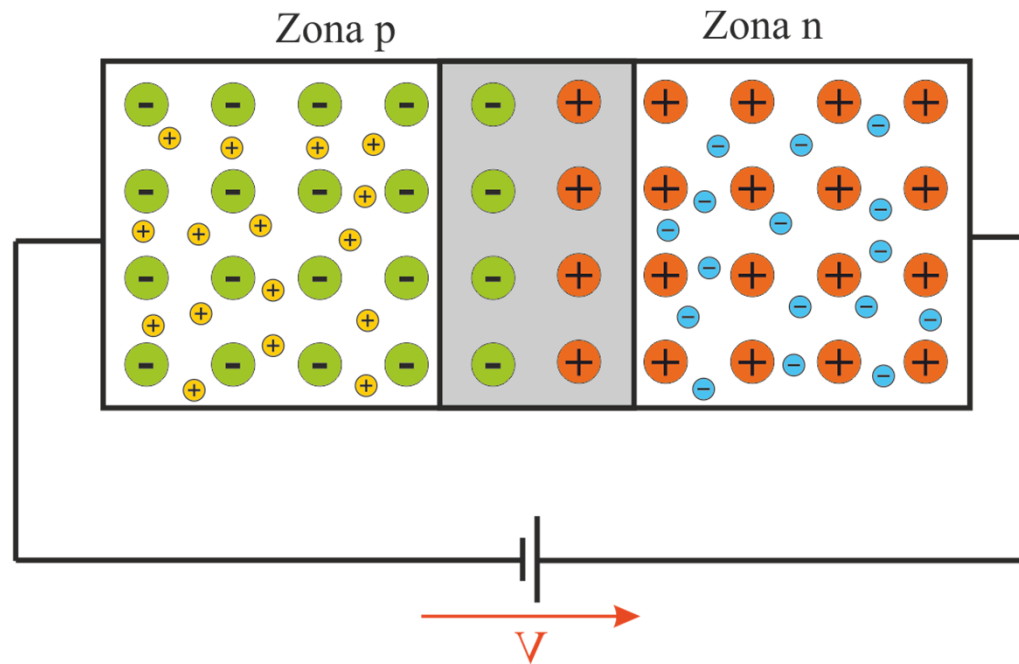
El chaflán en el plástico indica que pata es el cátodo



2.- Polarización del diodo

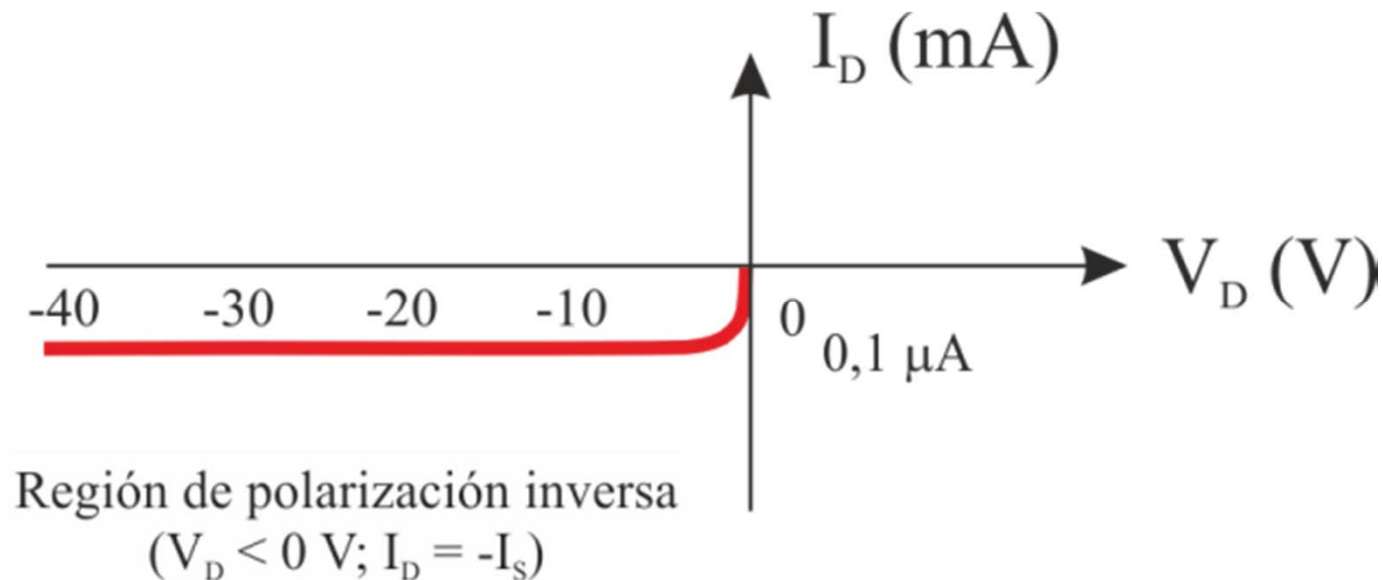
Polarización Inversa

Consiste en aplicar una tensión negativa en el ánodo y positiva en el cátodo



***La circulación de corriente es muy pequeña,
despreciable en la mayoría de aplicaciones prácticas***

2.- Polarización del diodo



Es una corriente negativa (va del cátodo al ánodo)

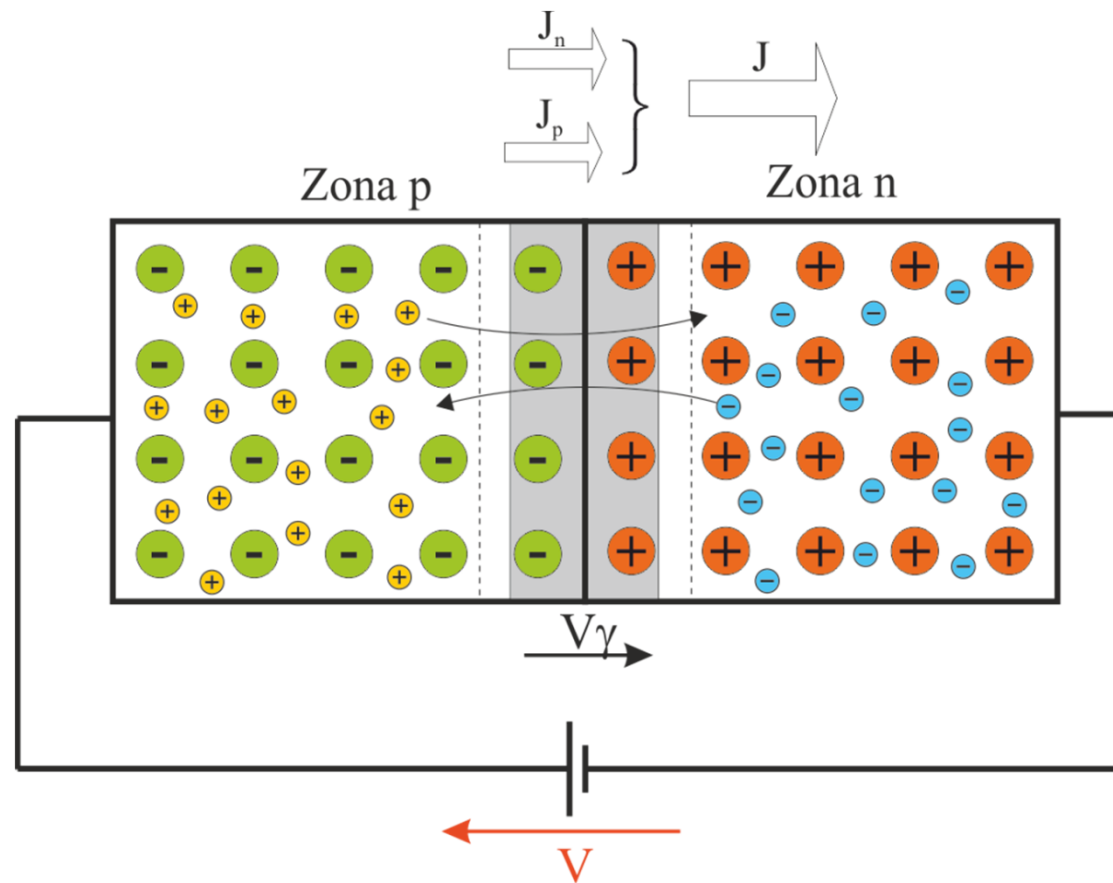
“Corriente inversa de saturación”, “corriente de fugas”

Su valor no depende de la tensión aplicada y si de la temperatura (su valor se duplica cada 10 °C)

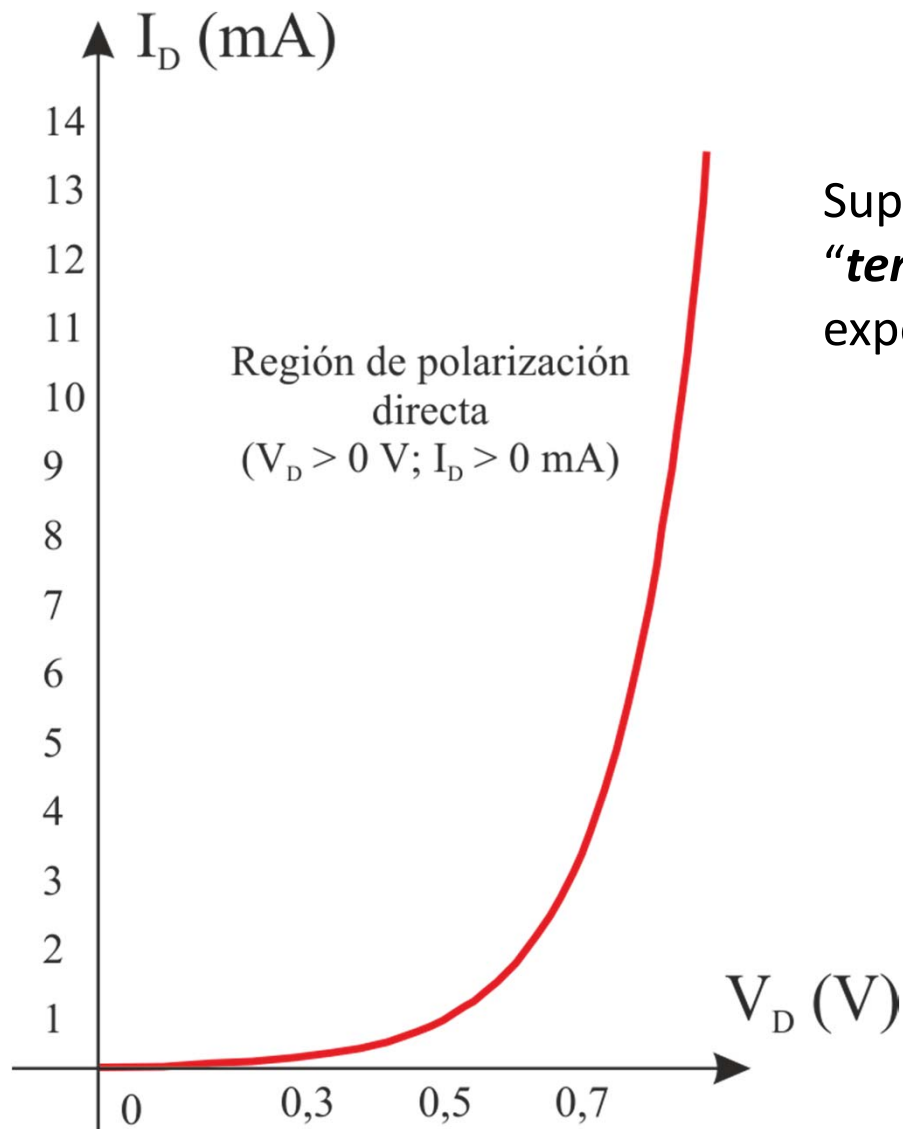
2.- Polarización del diodo

Polarización Directa

Consiste en aplicar una tensión positiva en el ánodo y negativa en el cátodo



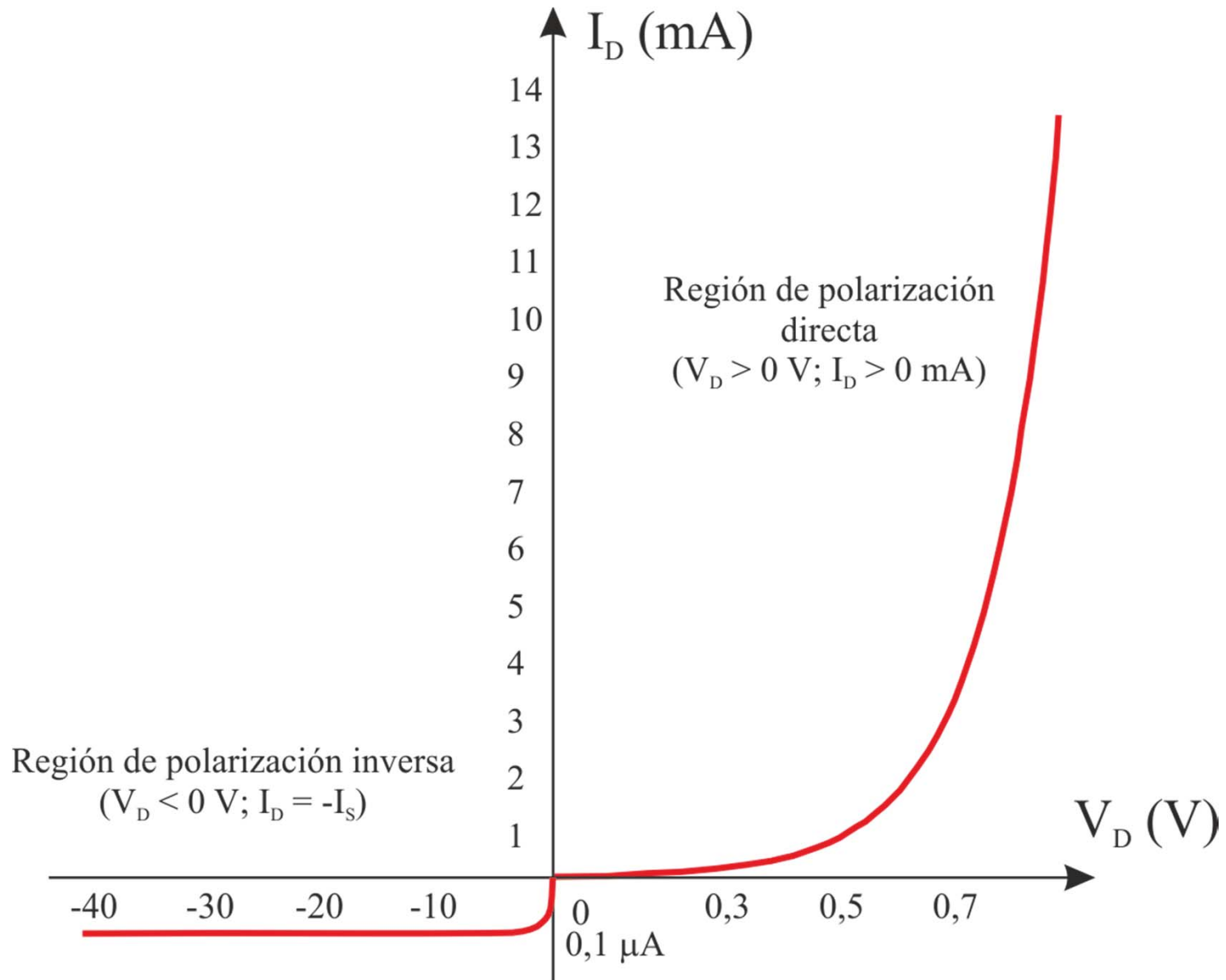
2.- Polarización del diodo



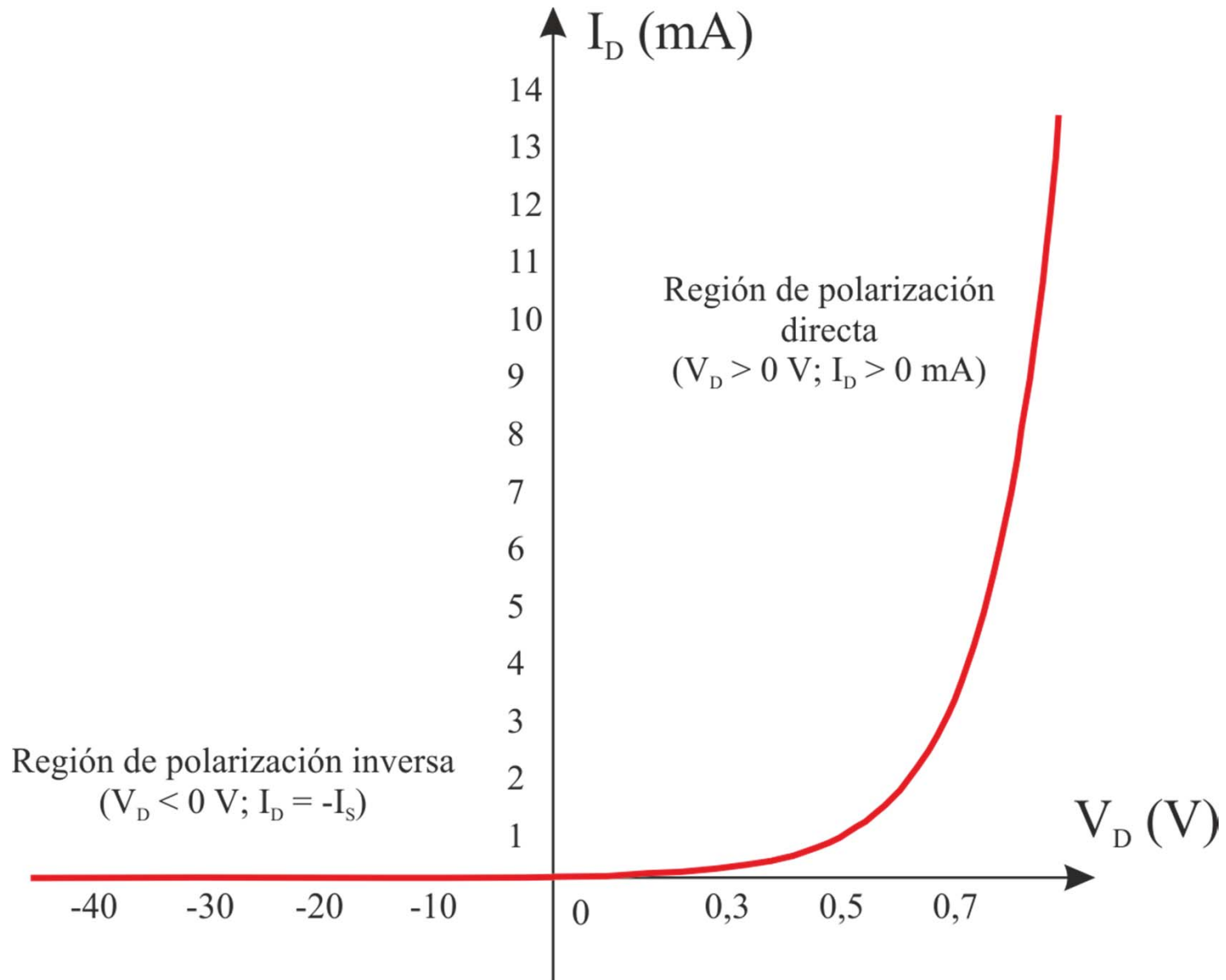
Superado un determinado nivel de tensión "**tensión umbral o de codo**" la corriente crece exponencialmente con la tensión

$$V_\gamma \begin{cases} \text{Si} \rightarrow \sim 0,7 \text{ V} \\ \text{Ge} \rightarrow \sim 0,3 \text{ V} \end{cases}$$

3.- Curva característica del diodo



3.- Curva característica del diodo



3.- Curva característica del diodo

Límites

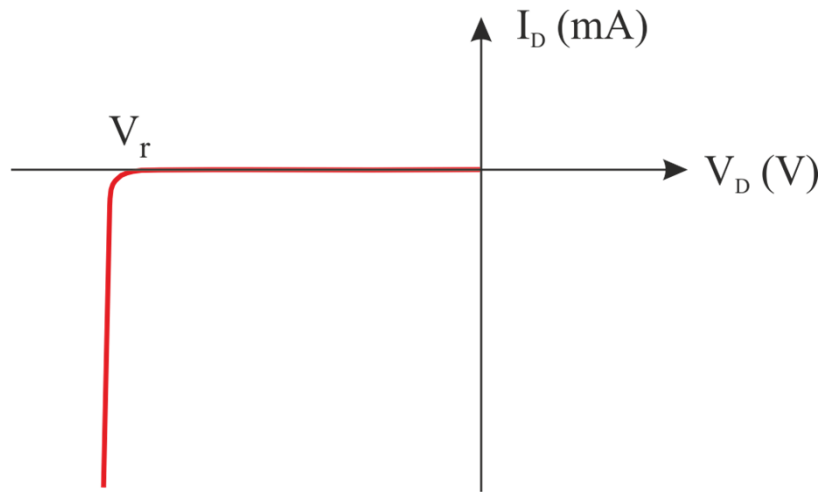
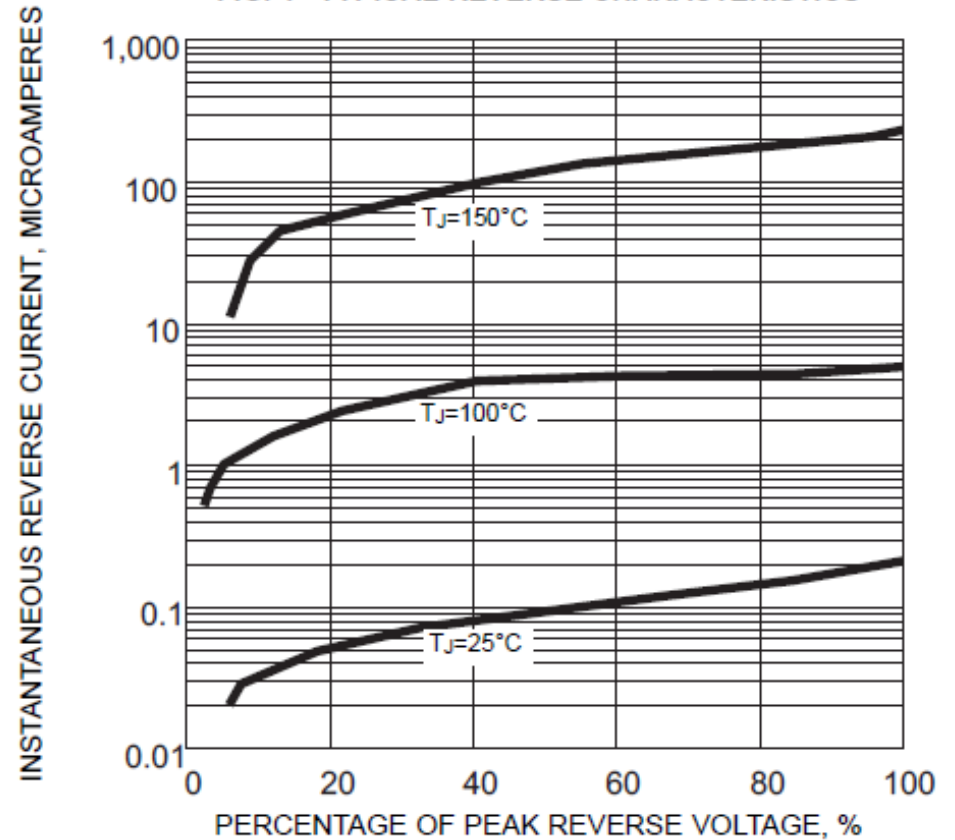


FIG. 4 - TYPICAL REVERSE CHARACTERISTICS



Maximum Ratings & Thermal Characteristics

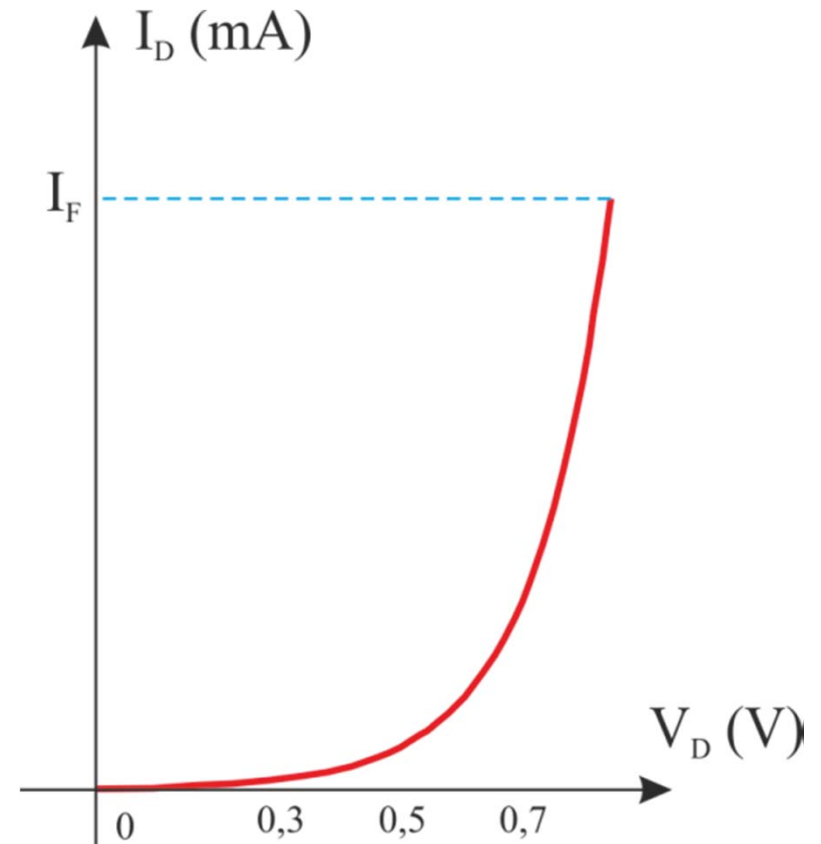
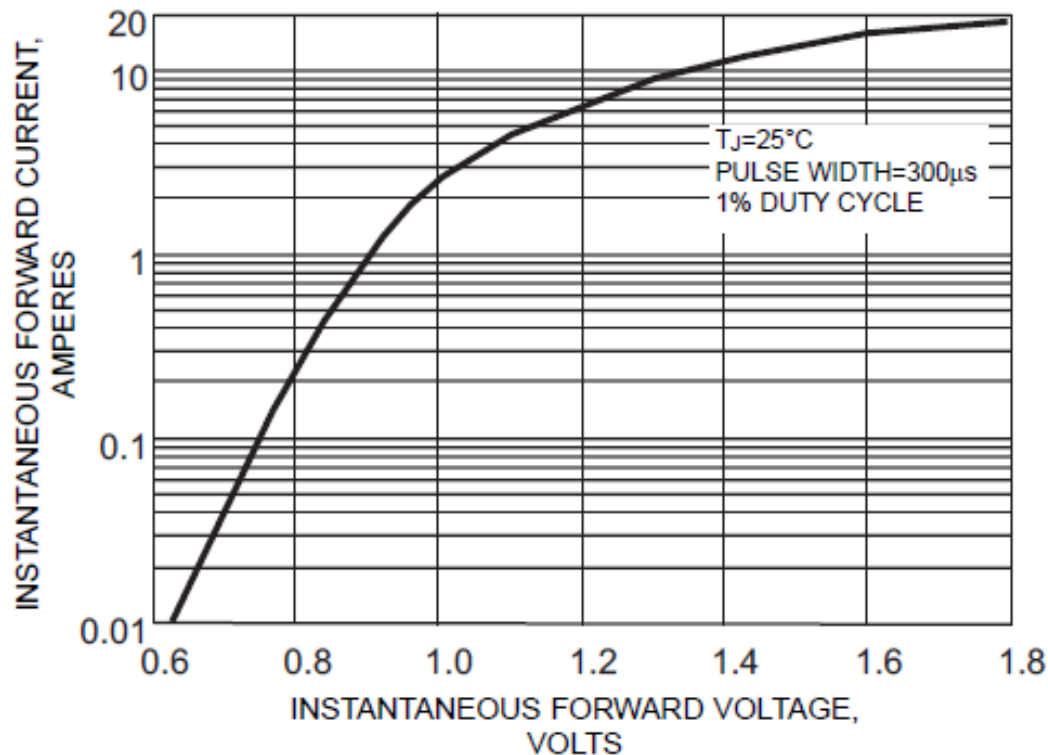
Ratings at 25°C ambient temperature unless otherwise specified.

	SYMBOLS	1N 4001	1N 4002	1N 4003	1N 4004	1N 4005	1N 4006	1N 4007	UNITS
*Maximum repetitive peak reverse voltage	V_{RRM}	50	100	200	400	600	800	1000	V
*Maximum RMS voltage	V_{RMS}	35	70	140	280	420	560	700	V
*Maximum DC blocking voltage	V_{DC}	50	100	200	400	600	800	1000	V

3.- Curva característica del diodo

Límites

FIG. 3 - TYPICAL INSTANTANEOUS FORWARD CHARACTERISTICS



*Maximum average forward rectified current
0.375" (9.5mm) lead length at $T_A=75^\circ\text{C}$

$I_{F(AV)}$

1.0

A

*Peak forward surge current
8.3 ms single half sine-wave superimposed on
rated load (JEDEC Method) $T_A=75^\circ\text{C}$

I_{FSM}

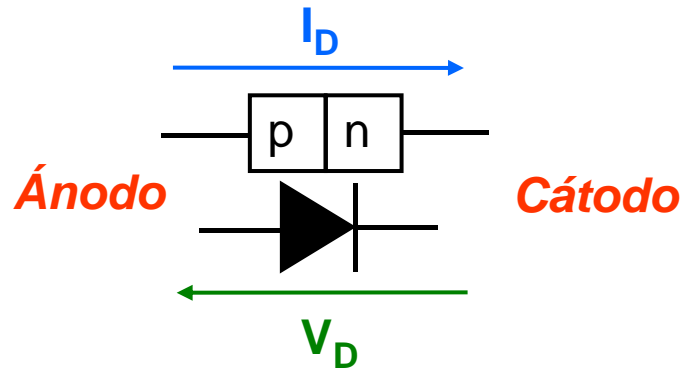
30

A

3.- Curva característica del diodo

Ecuación de Shockley

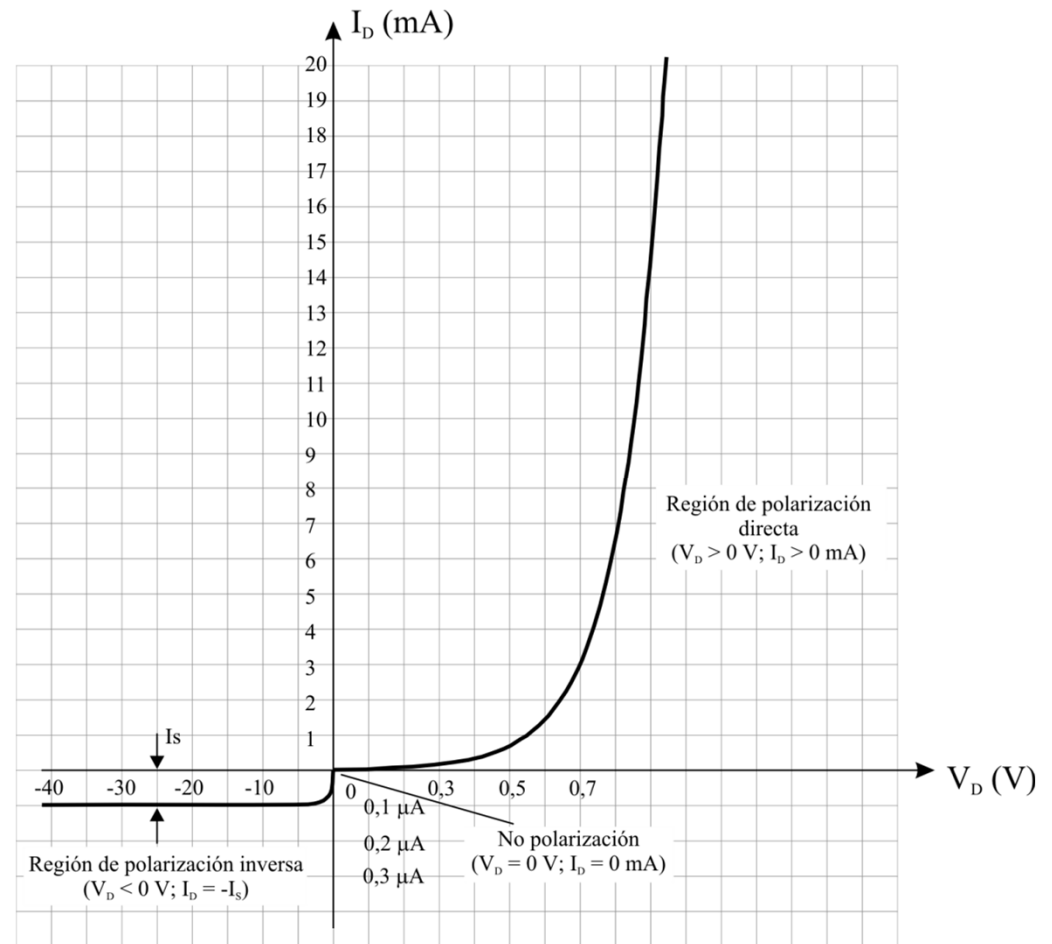
$$I_D = I_s \left[\exp \frac{q \cdot V_D}{\eta \cdot K \cdot T} - 1 \right]$$



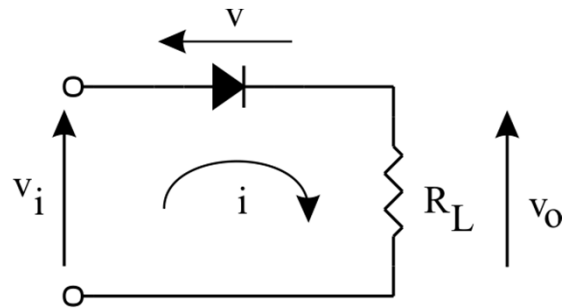
I_D = Corriente que atraviesa el diodo
 V_D = Caída de tensión en el diodo
 q = Carga del electrón = $1,6 \text{ E-}19 \text{ C}$
 K = Cte. de Boltzman = $8,62 \text{ E-}5 \text{ eV/K}$
 T = Temperatura en Kelvin

(Ge) $\eta = 1$ en toda la curva

(Si) $\eta = 2$ valores bajos de tensión
 $\eta = 1$ zona de ascenso rápido



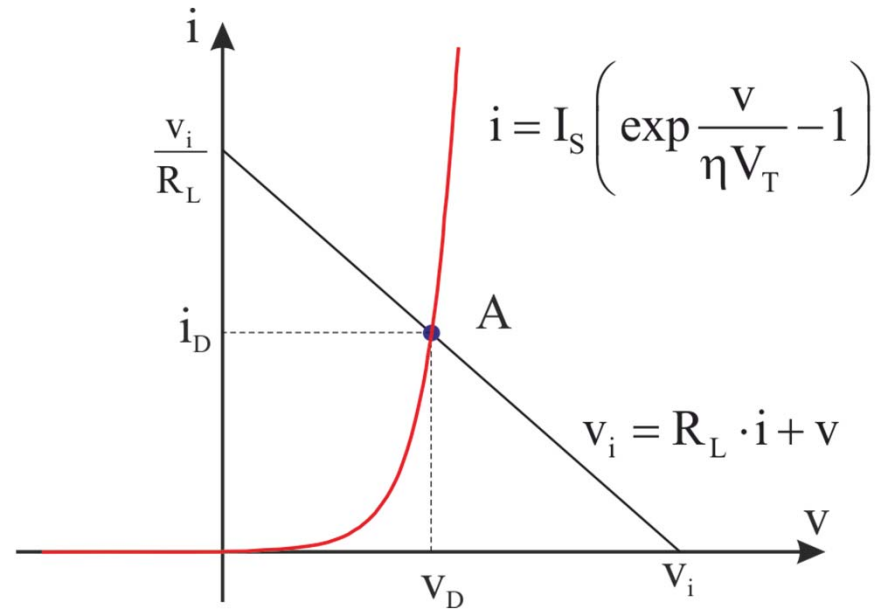
4.- Resolución de circuitos con diodos (I)



$$v_i = v_o + v$$

$$v_o = R_L \cdot i$$

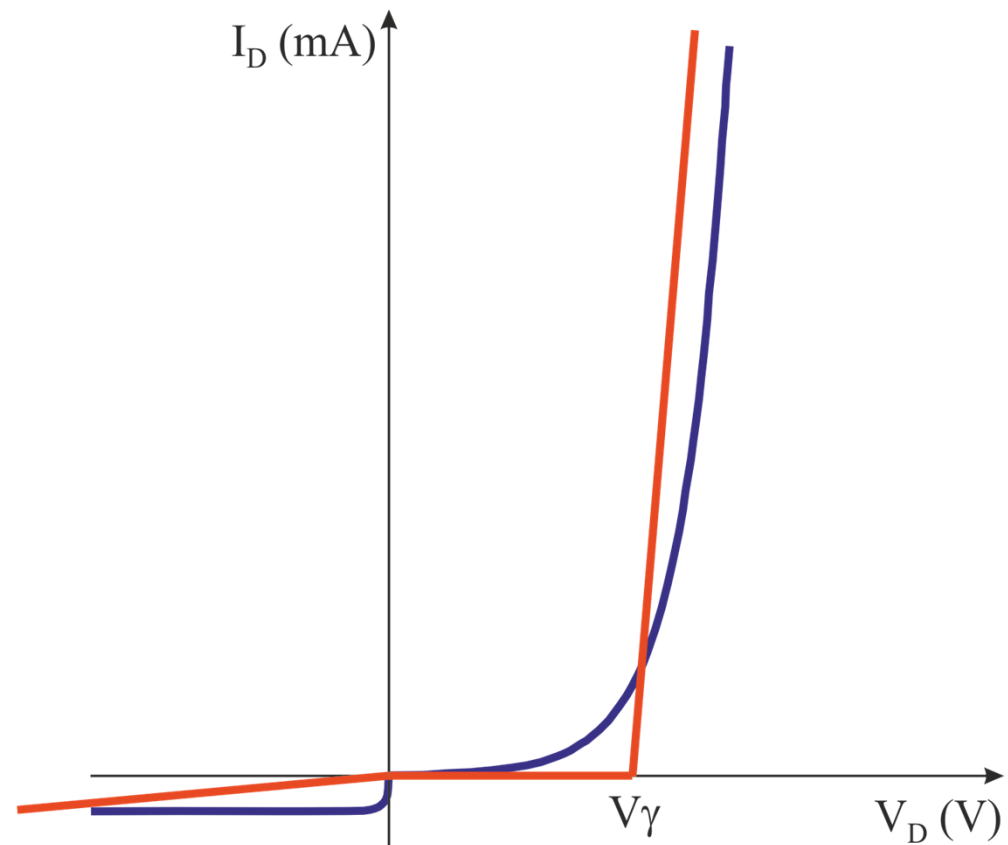
$$\left. \begin{aligned} i &= I_S \left(\exp \frac{v}{\eta V_T} - 1 \right) \\ v_i &= R_L \cdot i + v \end{aligned} \right\}$$



La resolución gráfica es sencilla, pero el cálculo matemático requiere de métodos de análisis numéricos.

5.- Modelos del diodo

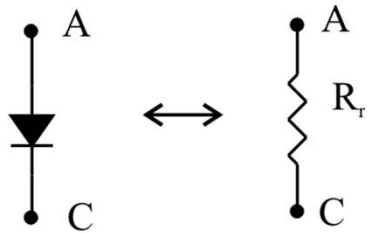
Para simplificar los cálculos recurrimos a modelos que, básicamente, consisten en linealizar por tramos la curva del diodo.



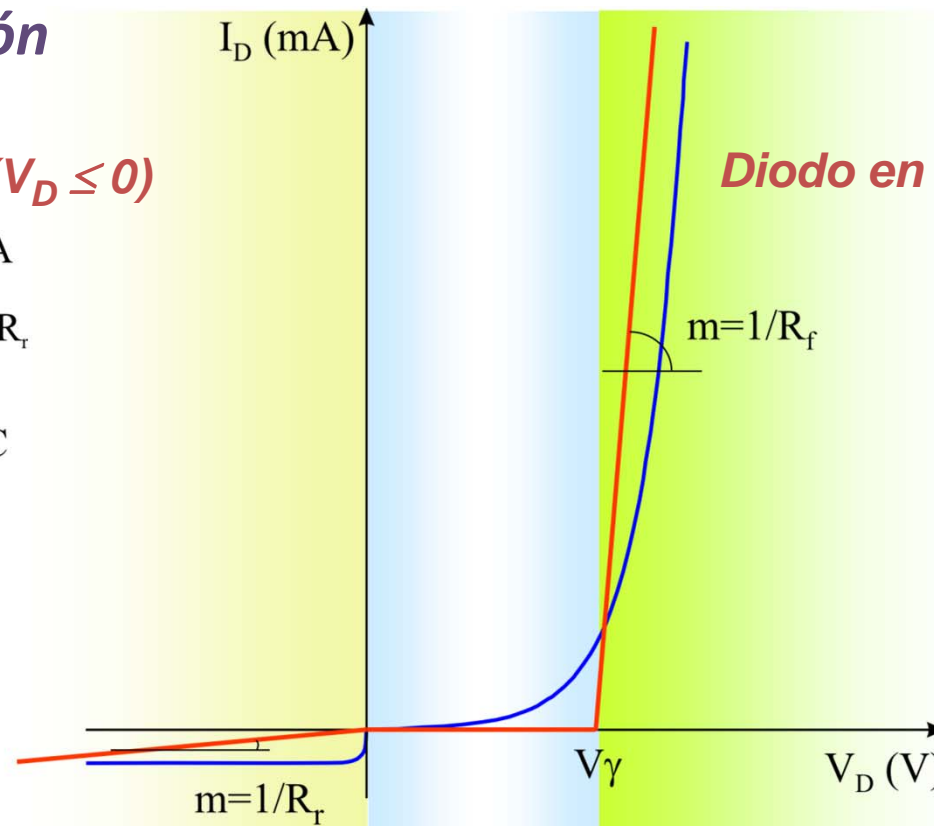
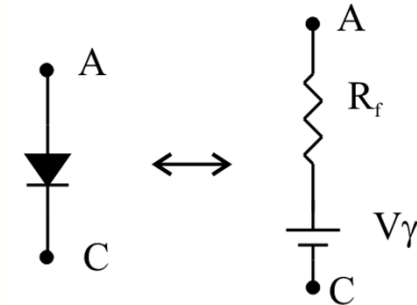
5.- Modelos del diodo

1ª Aproximación

Diodo en inversa ($V_D \leq 0$)

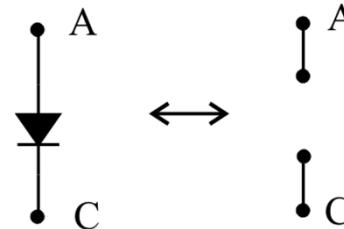


Diodo en conducción ($V_D \geq V_\gamma$)



Diodo en corte ($0 \leq V_D \leq V_\gamma$)

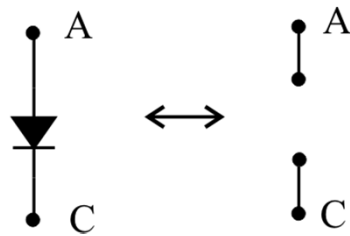
$$\begin{cases} V_D = R_r \cdot I_D & \text{Si } V_D \leq 0 \\ I_D = 0 & \text{Si } 0 \leq V_D \leq V_\gamma \\ V_D = V_\gamma + R_f \cdot I_D & \text{Si } V_D \geq V_\gamma \end{cases}$$



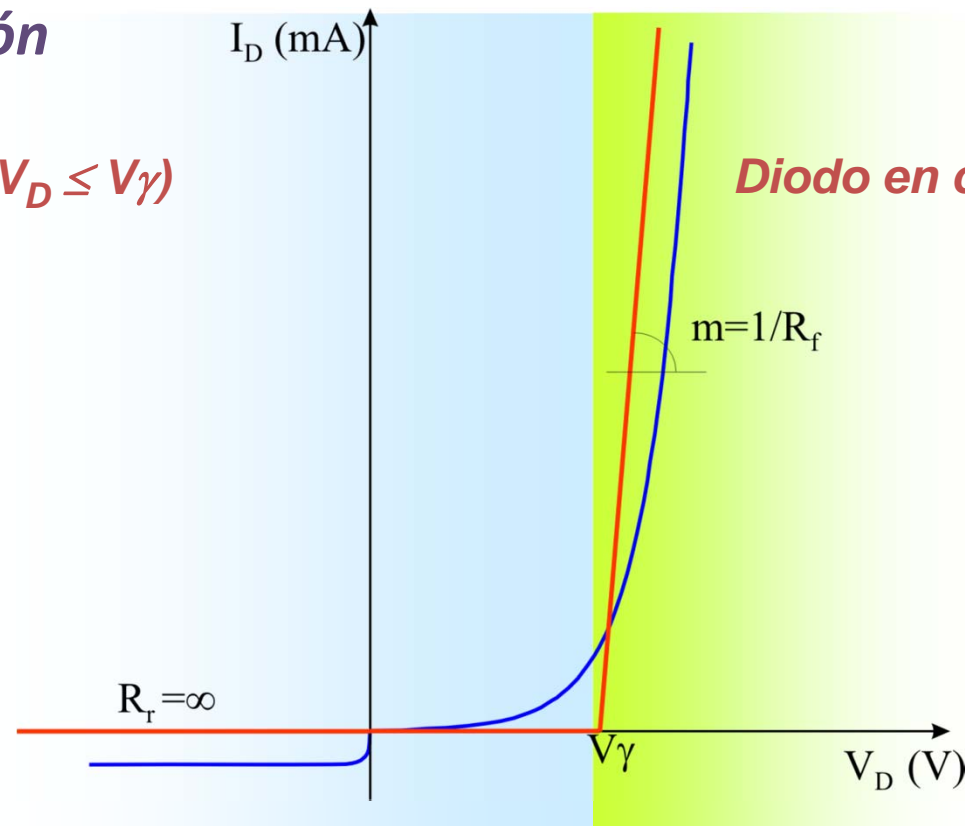
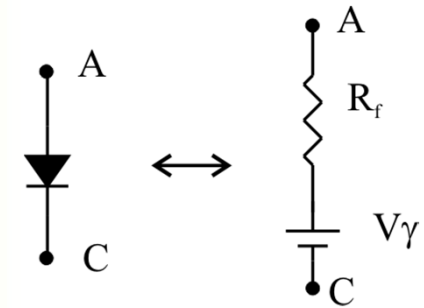
5.- Modelos del diodo

2ª Aproximación

Diodo en corte ($V_D \leq V_\gamma$)



Diodo en conducción ($V_D \geq V_\gamma$)

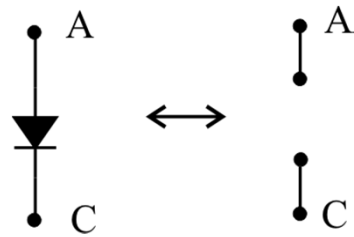


$$\begin{cases} I_D = 0 & \text{Si } V_D \leq V_\gamma \\ V_D = V_\gamma + R_f \cdot I_D & \text{Si } V_D \geq V_\gamma \end{cases}$$

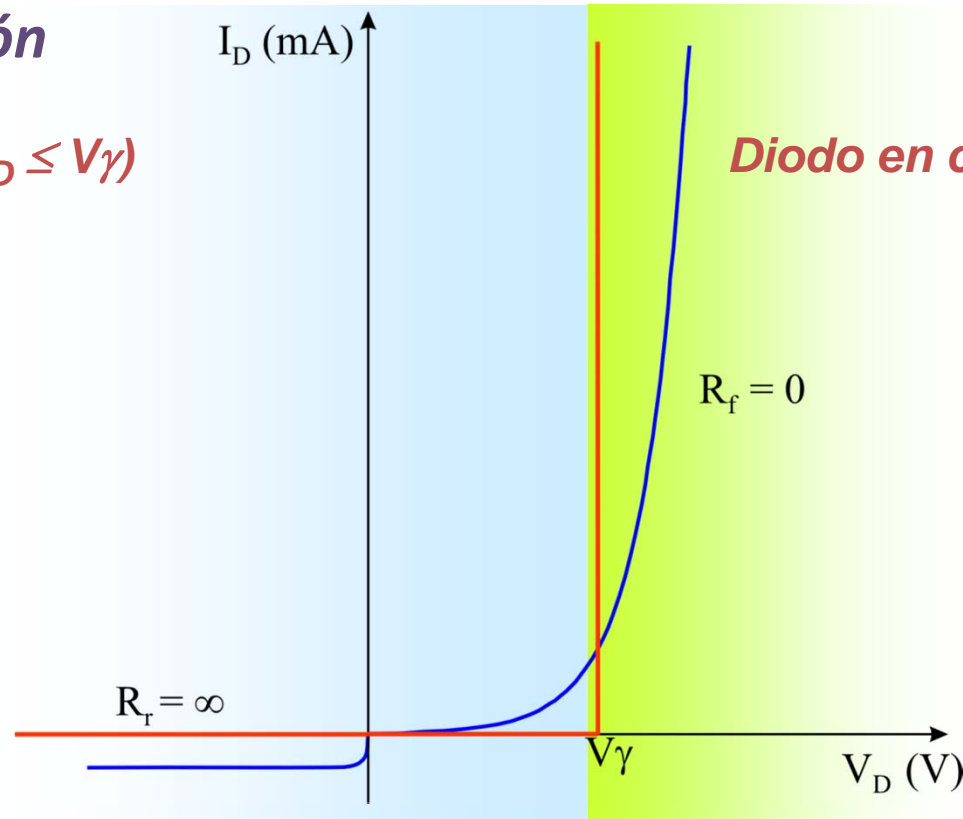
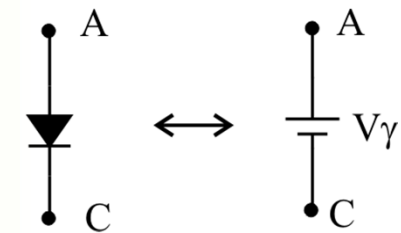
5.- Modelos del diodo

3ª Aproximación

Diodo en corte ($V_D \leq V_\gamma$)



Diodo en conducción ($V_D \geq V_\gamma$)

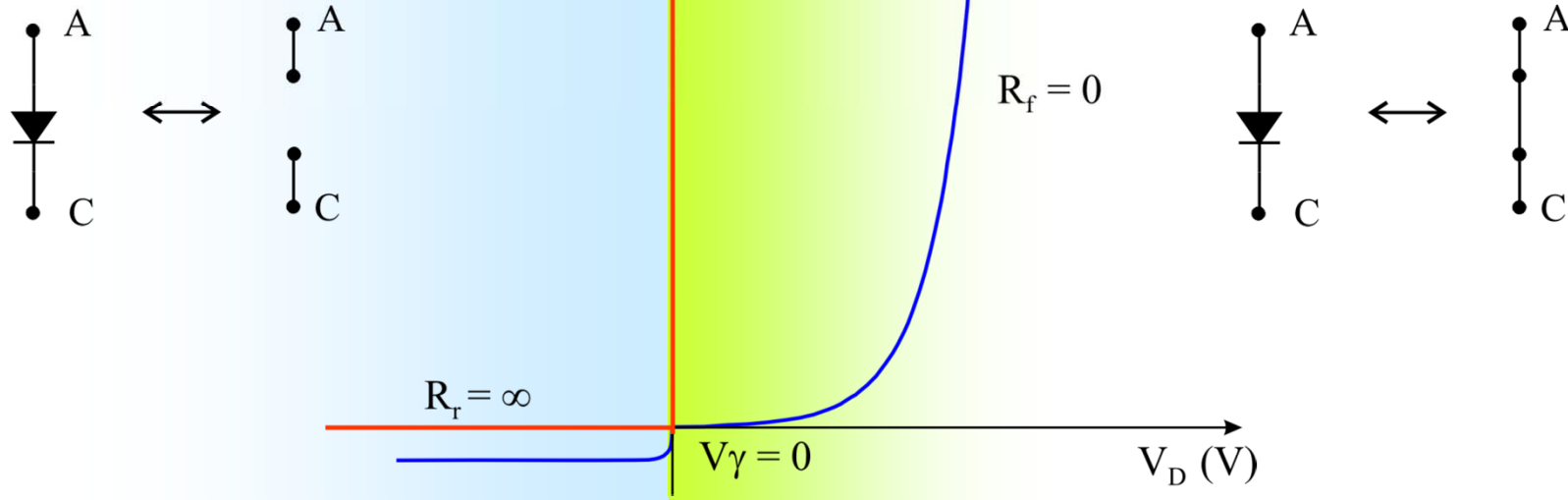


$$\begin{cases} I_D = 0 & \text{Si } V_D \leq V_\gamma \\ V_D = V_\gamma & \text{Si } V_D \geq V_\gamma \end{cases}$$

5.- Modelos del diodo

Diodo Ideal

Diodo en corte ($V_D \leq 0$)



$$\begin{cases} I_D = 0 & \text{Si } V_D \leq 0 \\ V_D = 0 & \text{Si } V_D \geq 0 \end{cases}$$

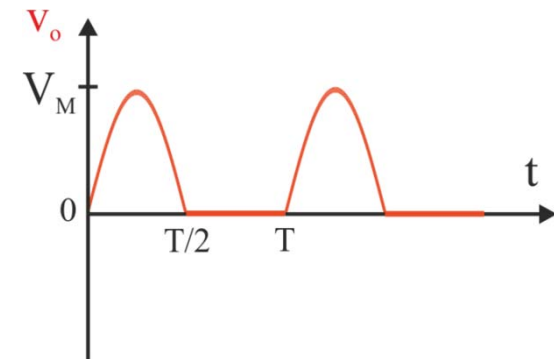
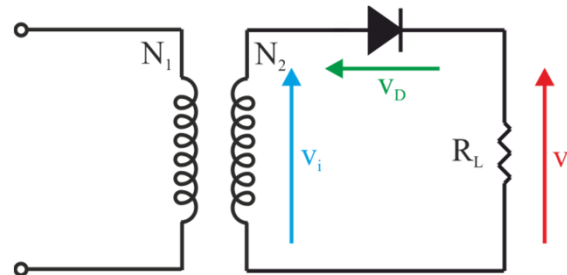
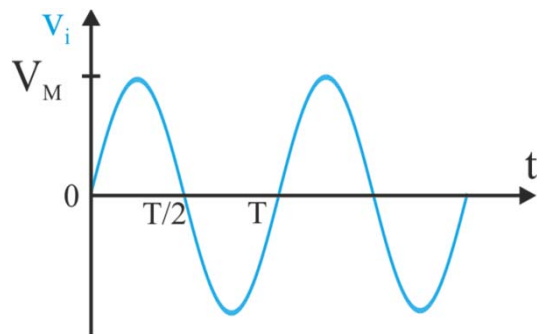
Pasos a seguir en la resolución de circuitos con diodos

- 1.- Suponer un estado del diodo**
- 2.- Sustituir el diodo por su modelo y resolver el circuito**
(Cálculo de tensiones y corrientes)
- 3.- Comprobar que condición debe de cumplir la entrada para que el diodo esté en el estado supuesto**

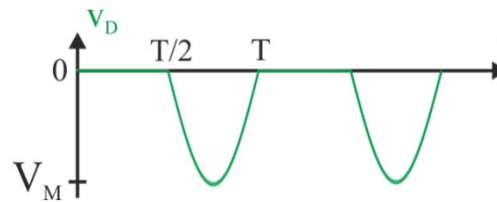
7.- Circuitos rectificadores

Los circuitos rectificadores son la base de las fuentes de alimentación electrónicas, con las que podemos obtener tensiones continuas a partir de la tensión alterna que nos proporciona la red.

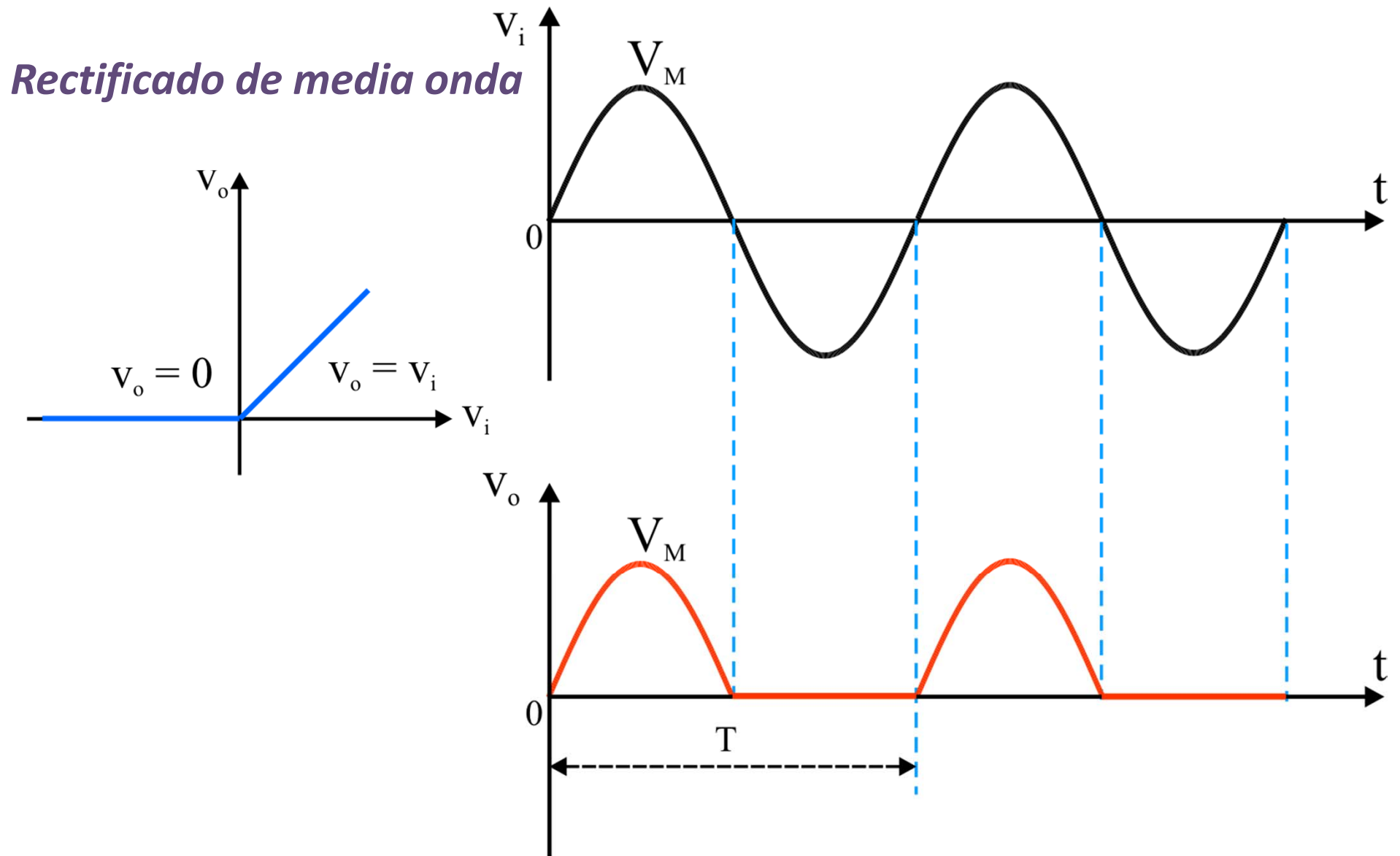
Rectificado de media onda



$$V_D = V_i - V_o$$

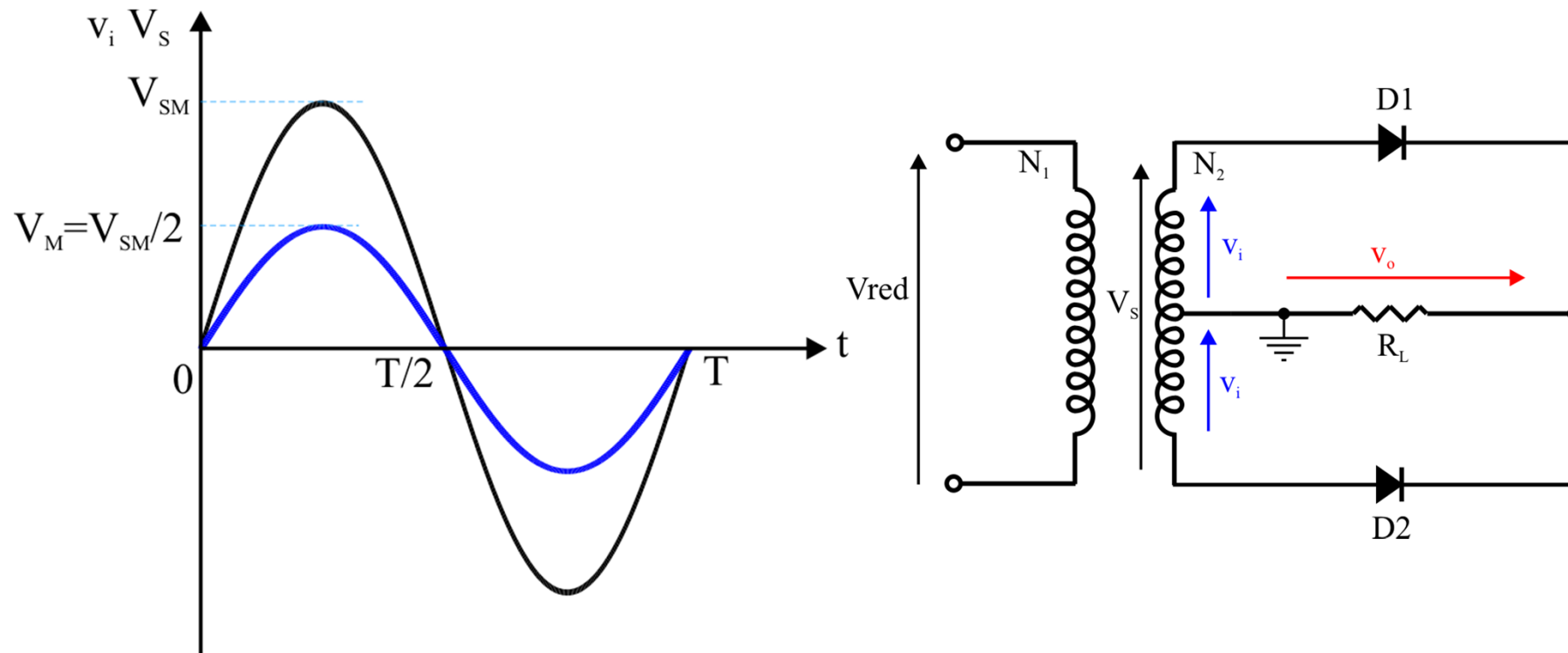


7.- Circuitos rectificadores



7.- Circuitos rectificadores

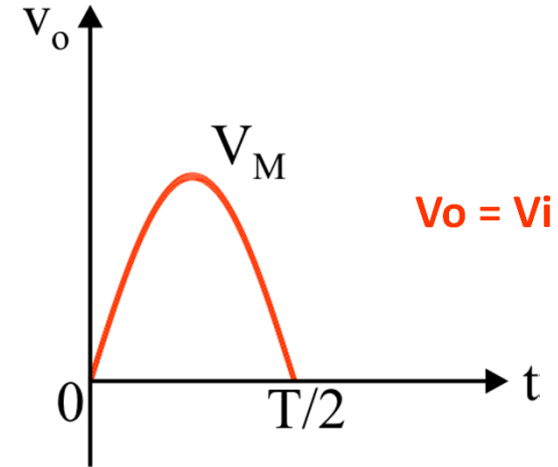
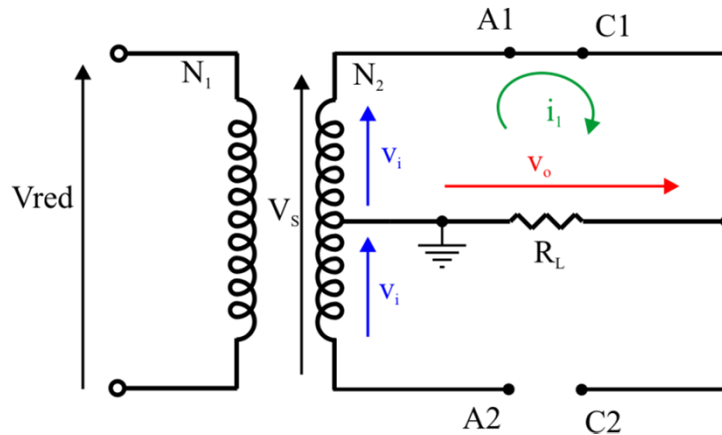
Rectificado de onda completa. Circuito con dos diodos



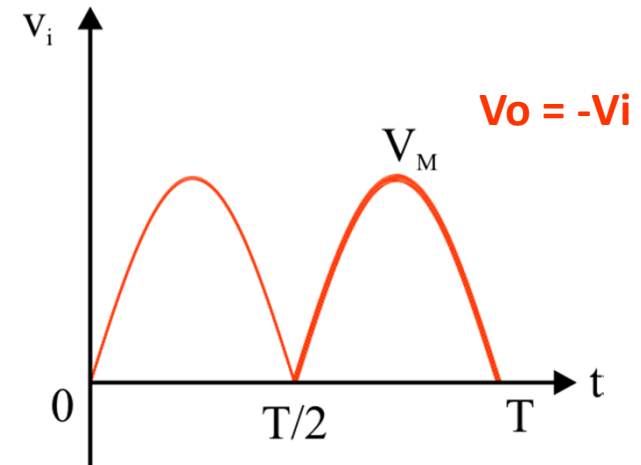
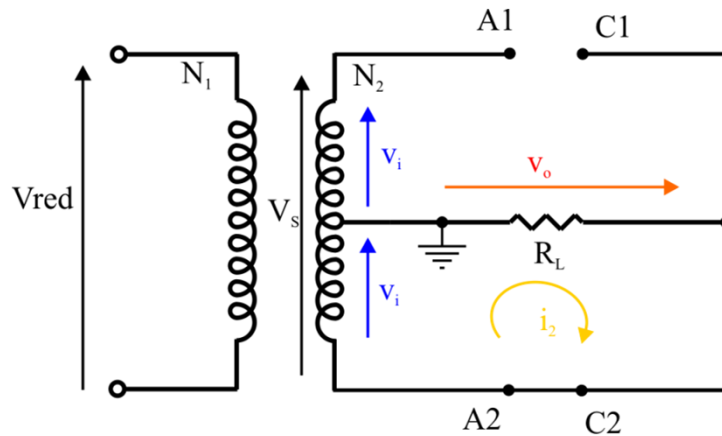
7.- Circuitos rectificadores

Rectificado de onda completa. Circuito con dos diodos

D1 ON, D2 OFF

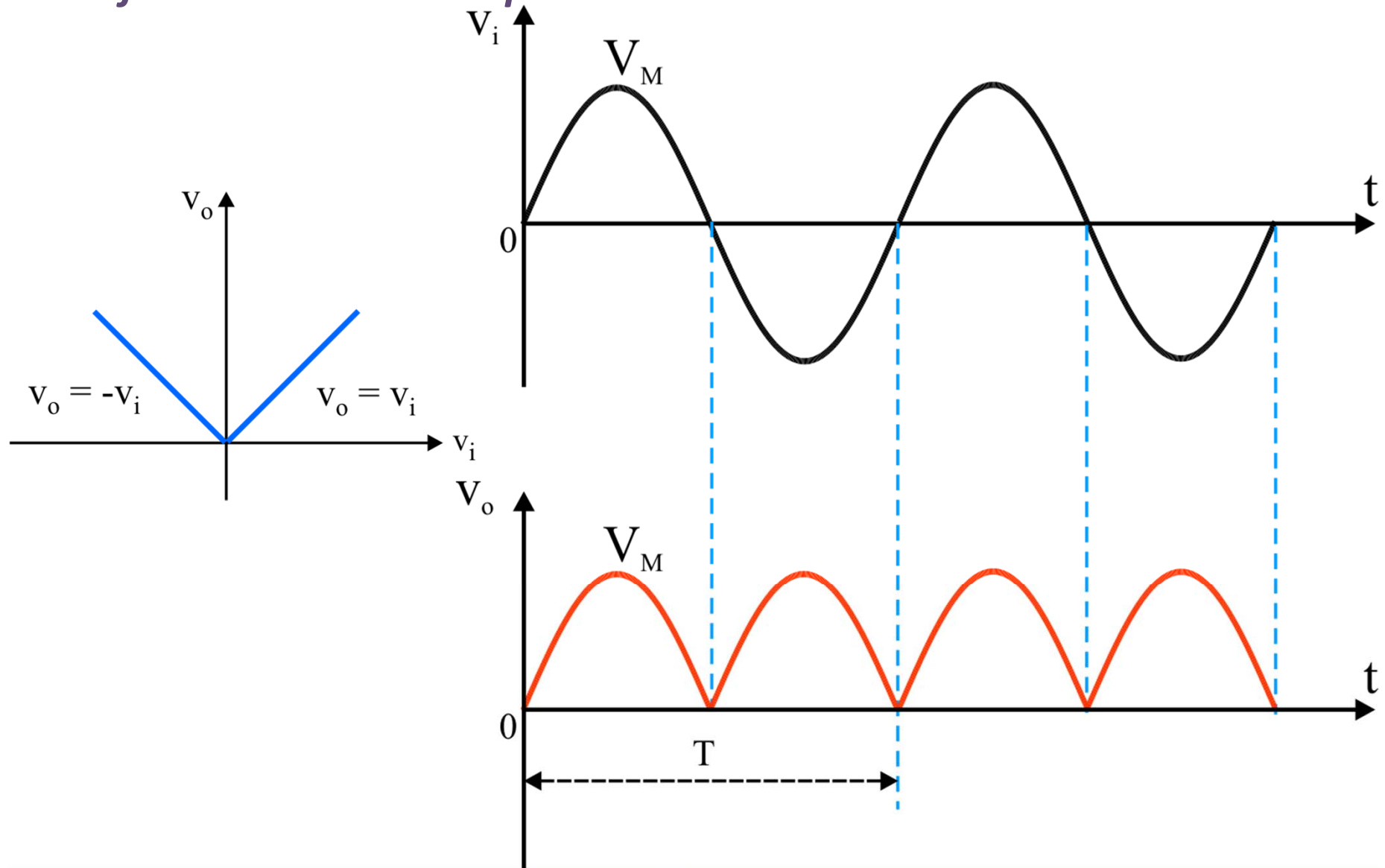


D1 OFF, D2 ON



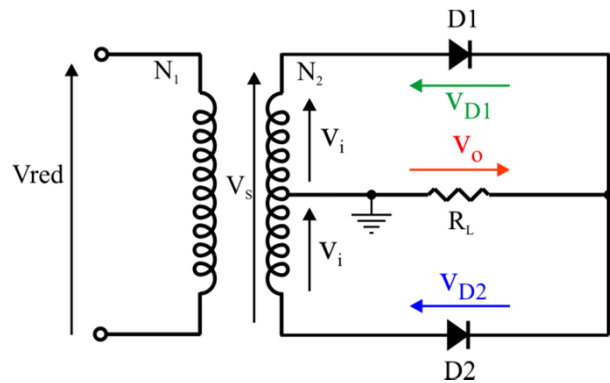
7.- Circuitos rectificadores

Rectificado de onda completa. Circuito con dos diodos



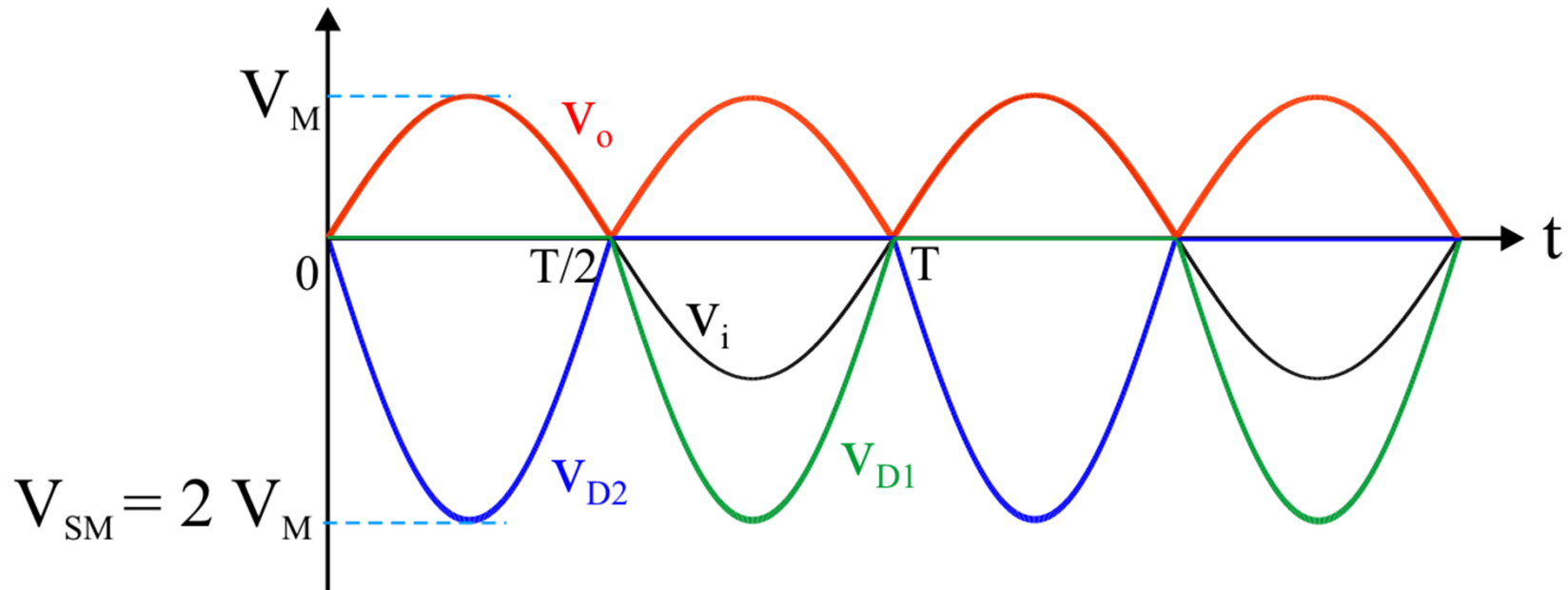
7.- Circuitos rectificadores

Rectificado de onda completa. Circuito con dos diodos



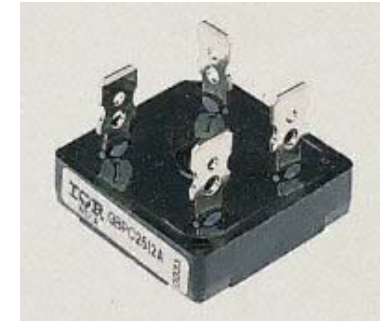
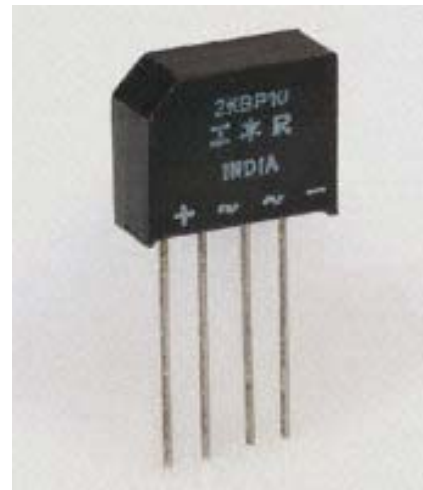
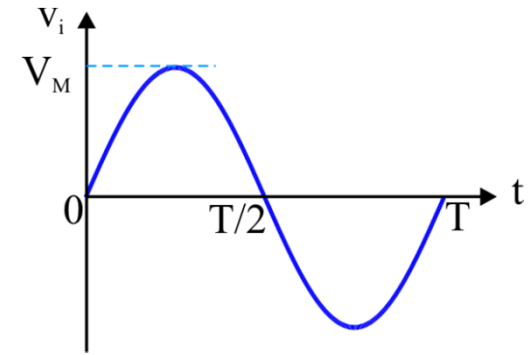
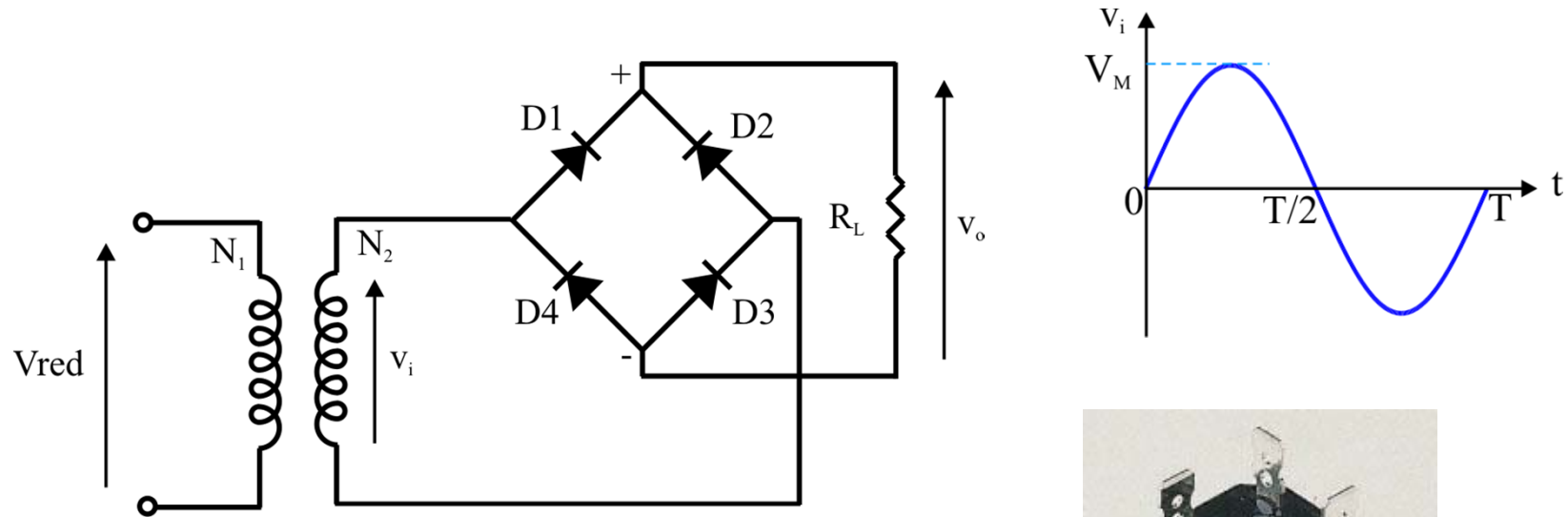
$$V_{D1} = V_i - V_o$$

$$V_{D2} = -V_i - V_o$$



7.- Circuitos rectificadores

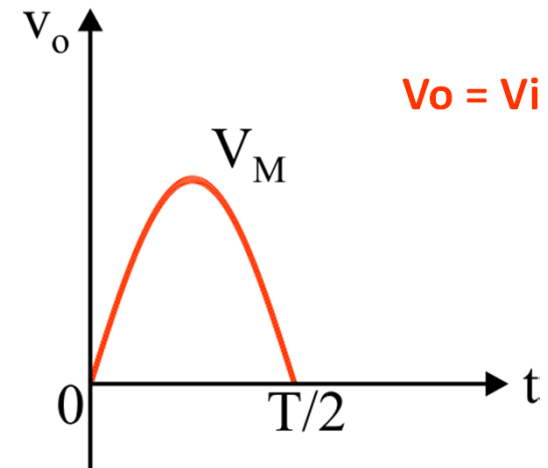
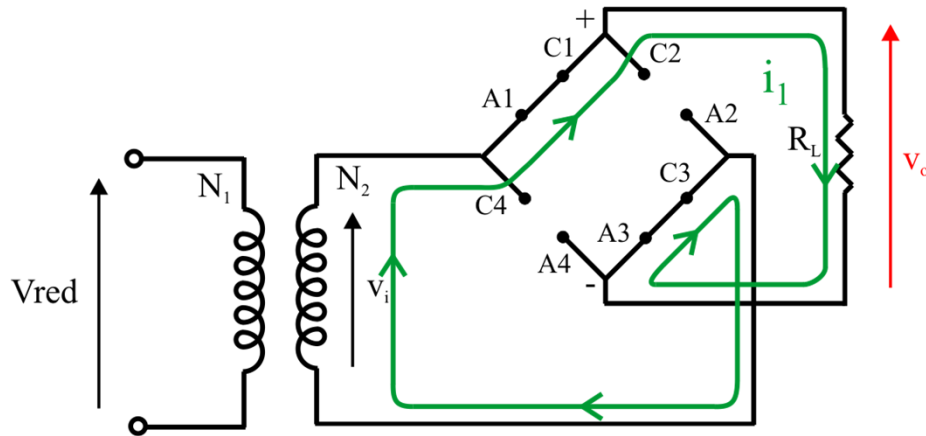
Rectificado de onda completa. Circuito con puente de diodos



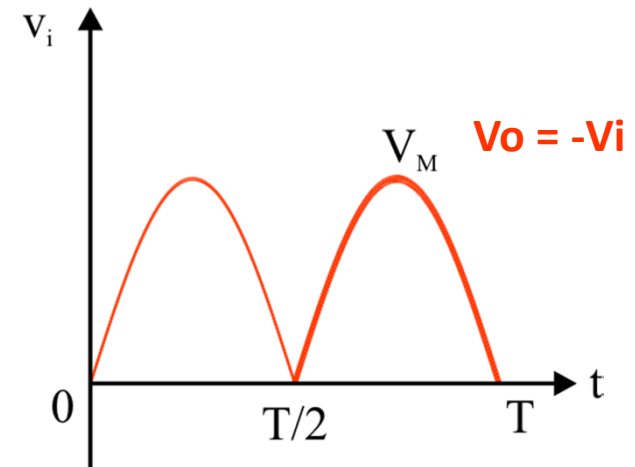
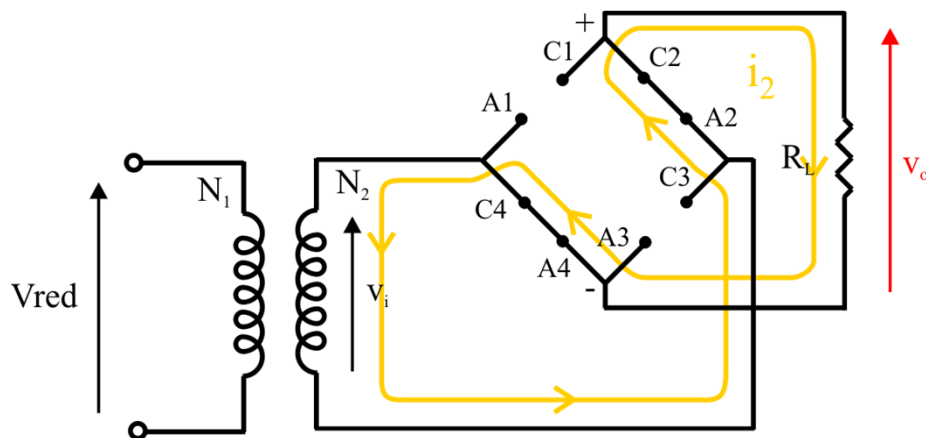
7.- Circuitos rectificadores

Rectificado de onda completa. Circuito con puente de diodos

D1 y D3 ON, D2 y D4 OFF

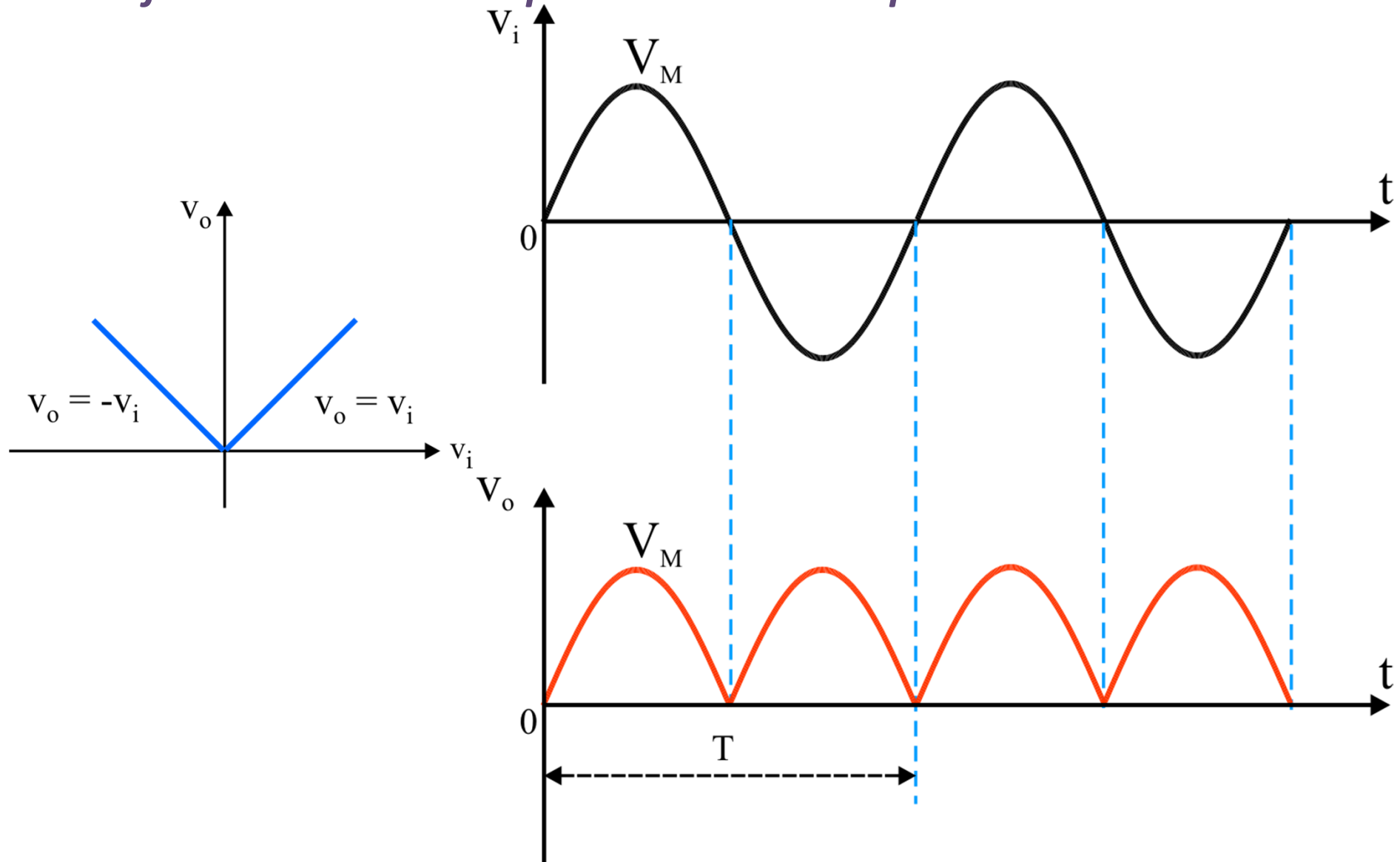


D1 y D3 OFF, D2 y D4 ON



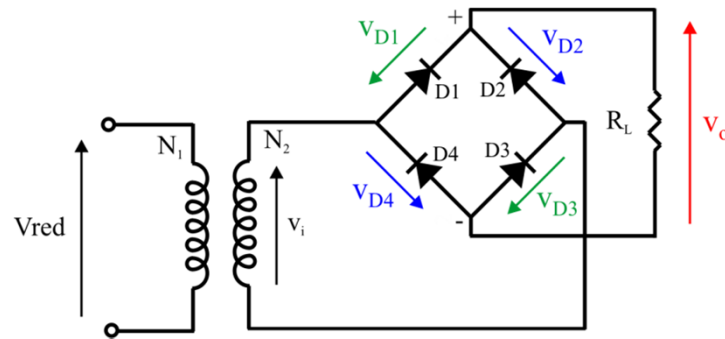
7.- Circuitos rectificadores

Rectificado de onda completa. Circuito con puente de diodos



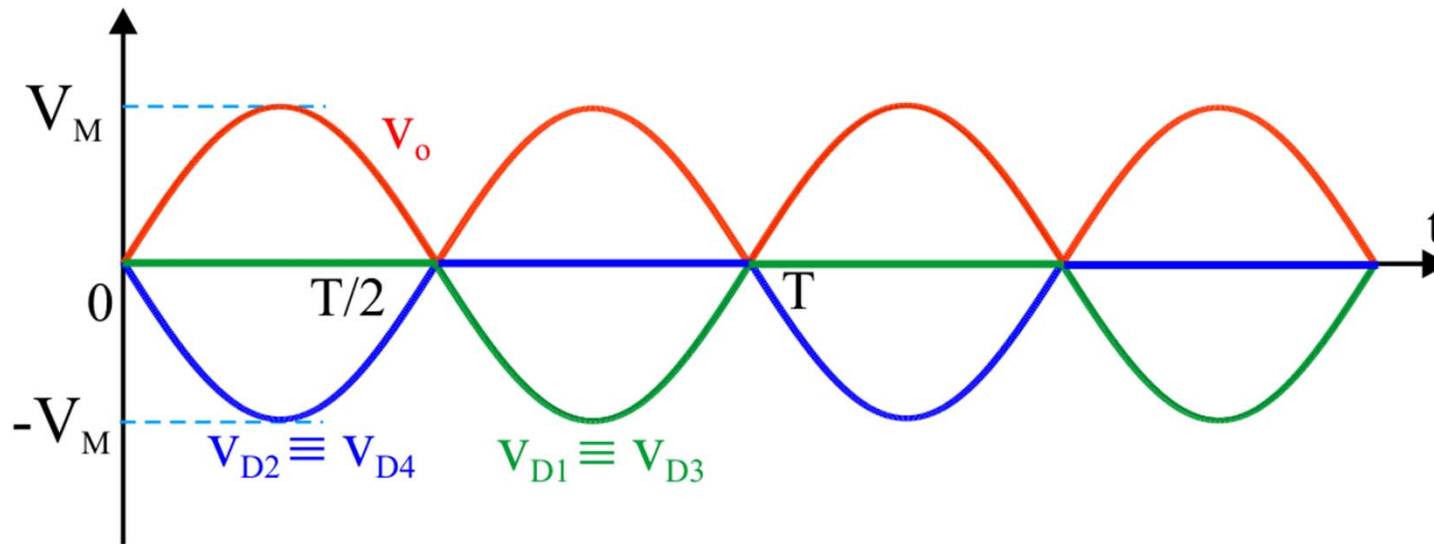
7.- Circuitos rectificadores

Rectificado de onda completa. Circuito con puente de diodos



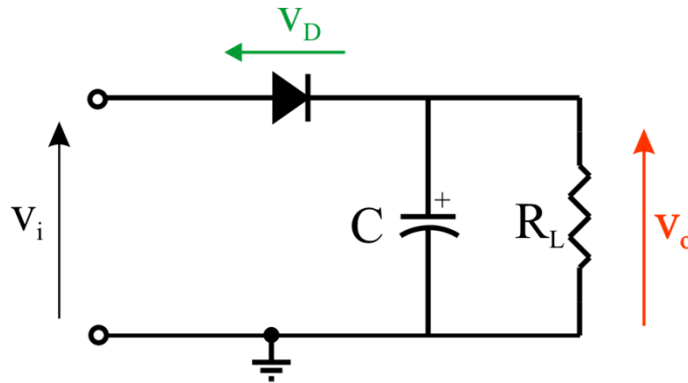
$$v_{D1} \equiv v_{D3} = \frac{1}{2} (v_i - v_o)$$

$$v_{D2} \equiv v_{D4} = -\frac{1}{2} (v_i + v_o)$$

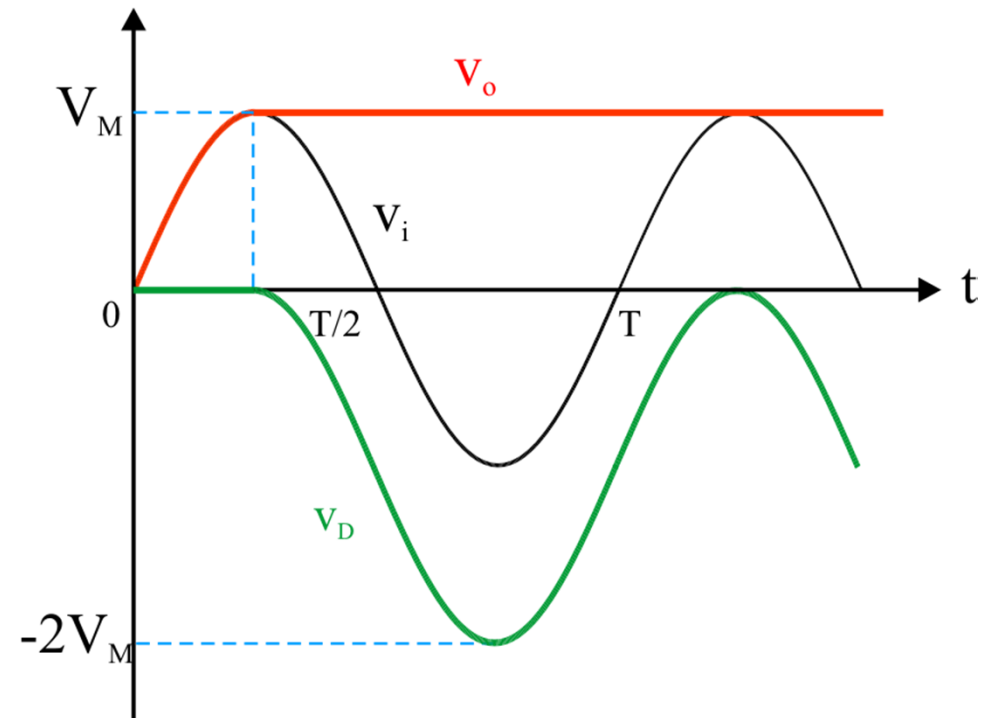
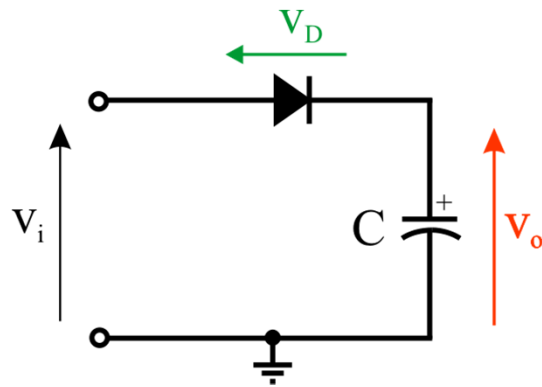


8.- Filtrado

A los circuitos rectificadores vistos hasta ahora vamos añadirles un condensador en paralelo con la carga

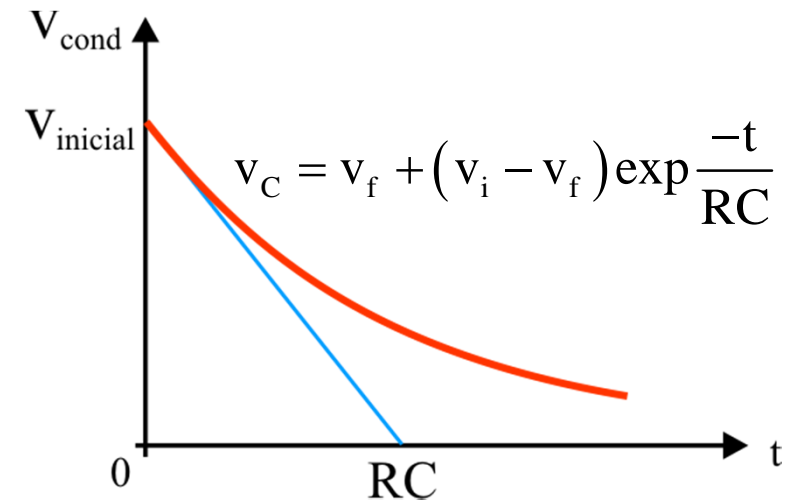
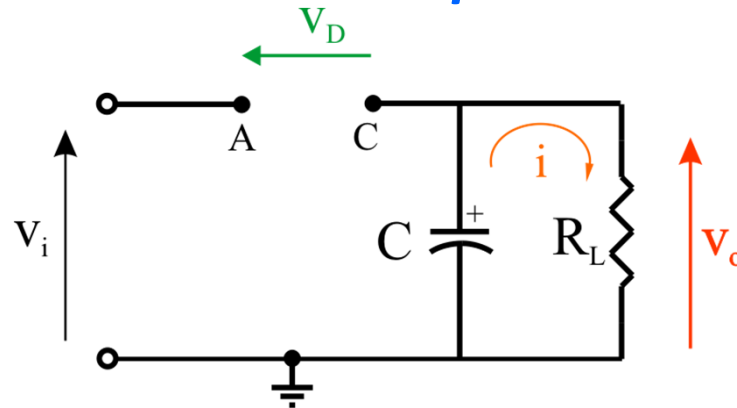


En un primer análisis suponemos $R_L = \infty$

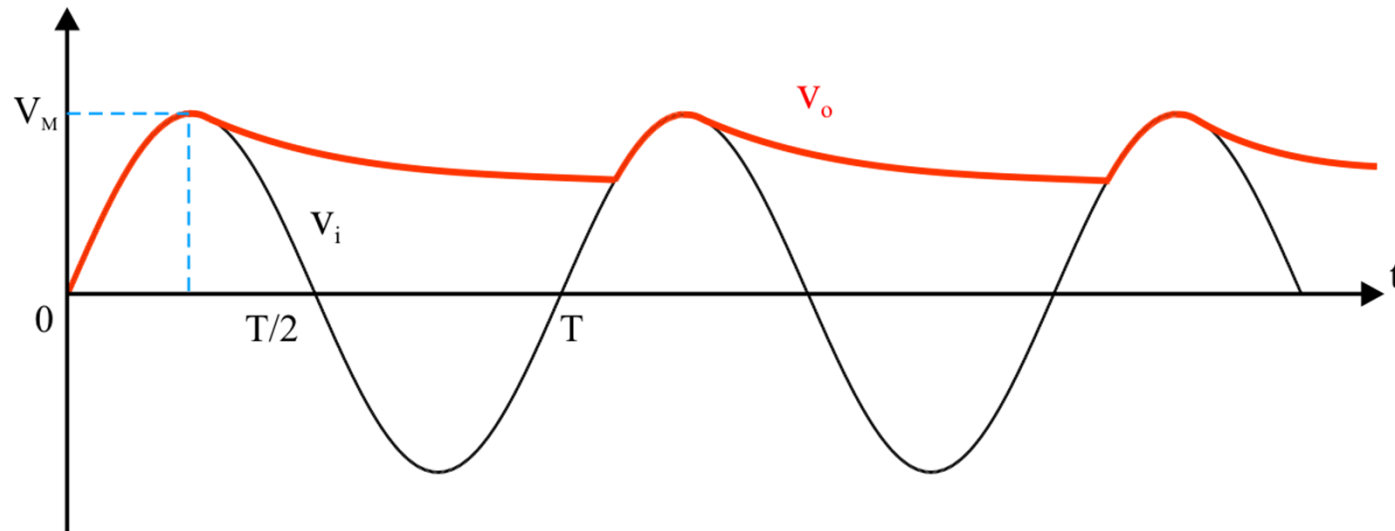


8.- Filtrado

Ponemos una resistencia en paralelo con el condensador

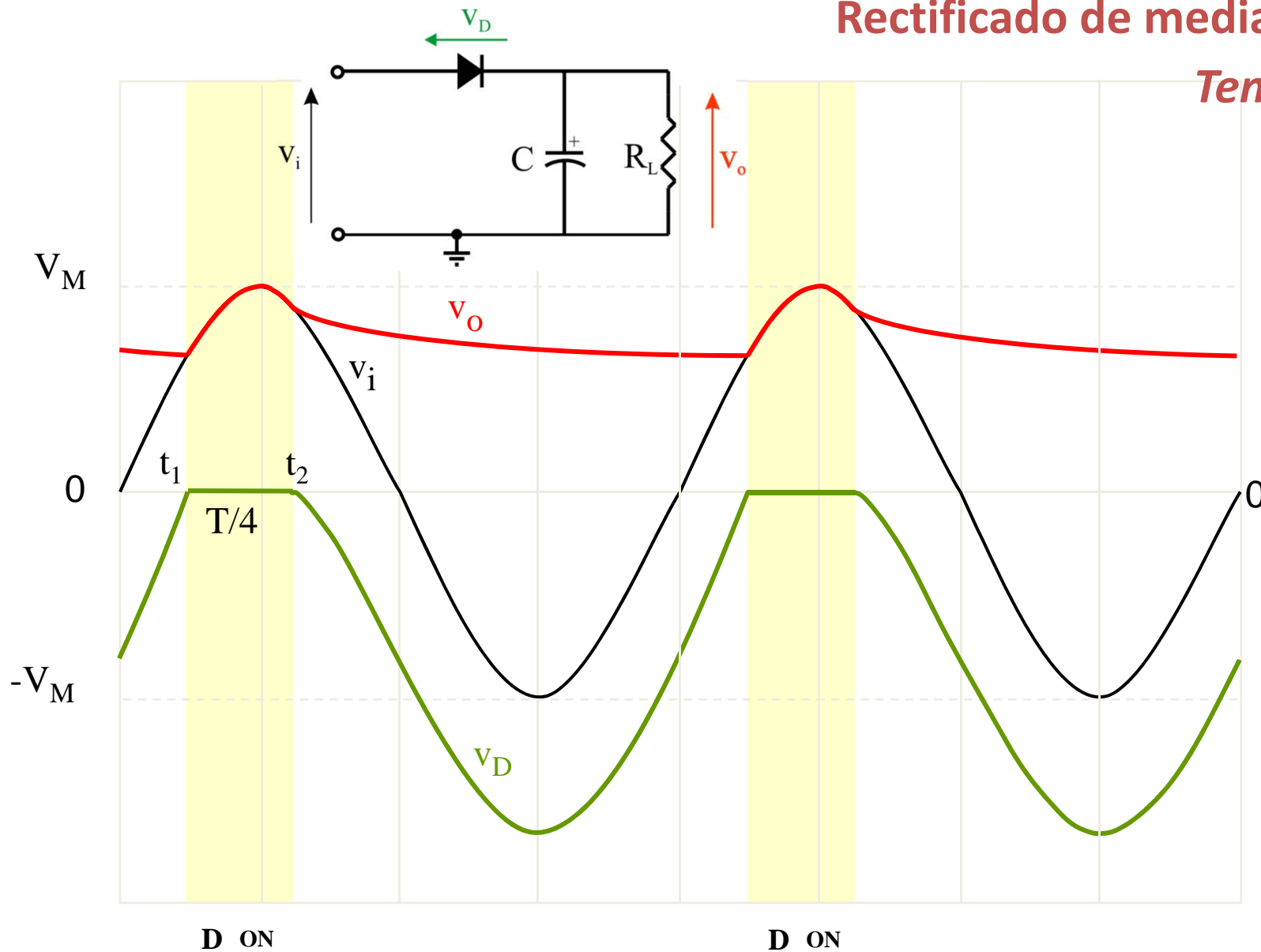


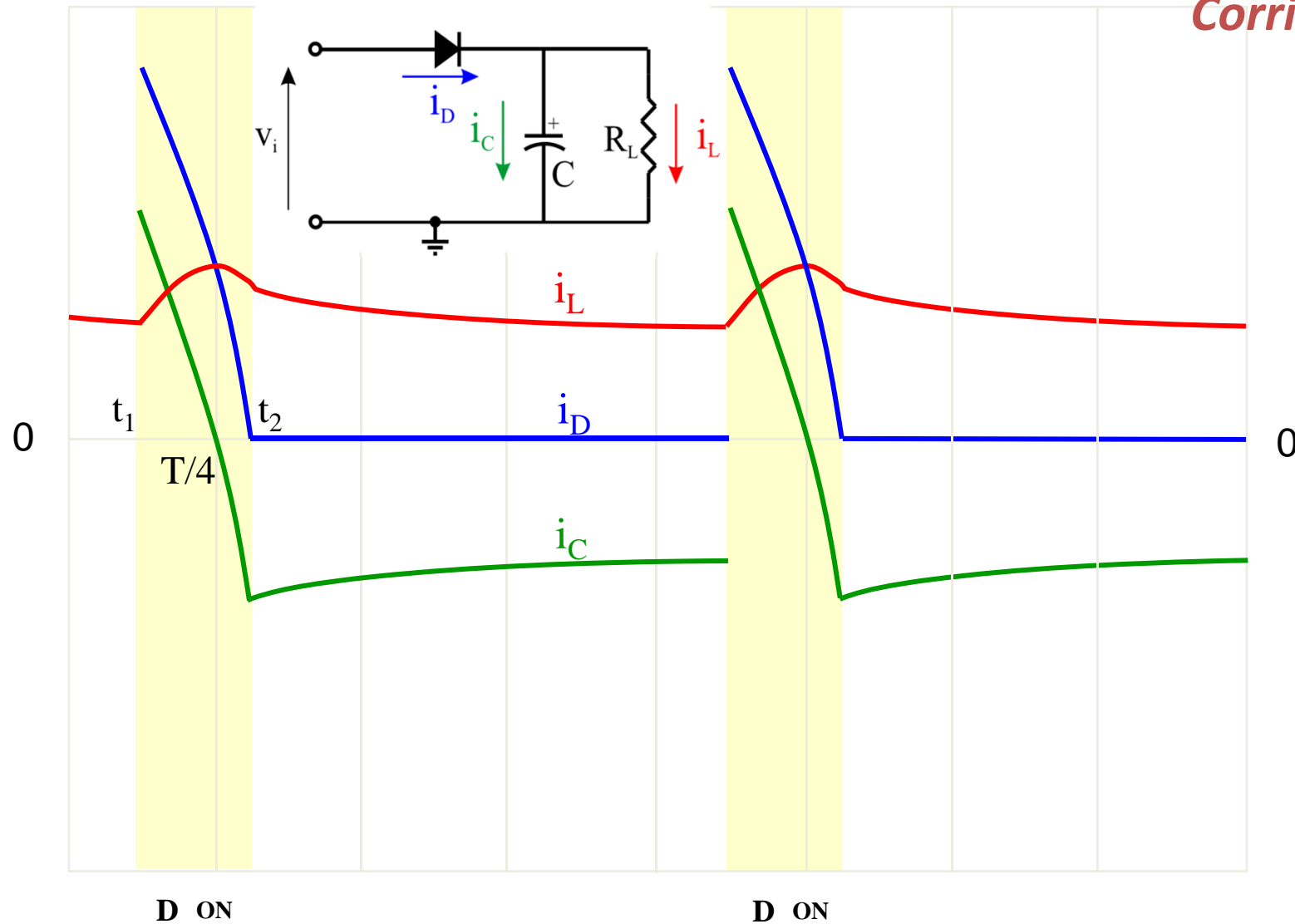
A partir de $T/4$ el diodo se pone en OFF y el C se descarga a través de R



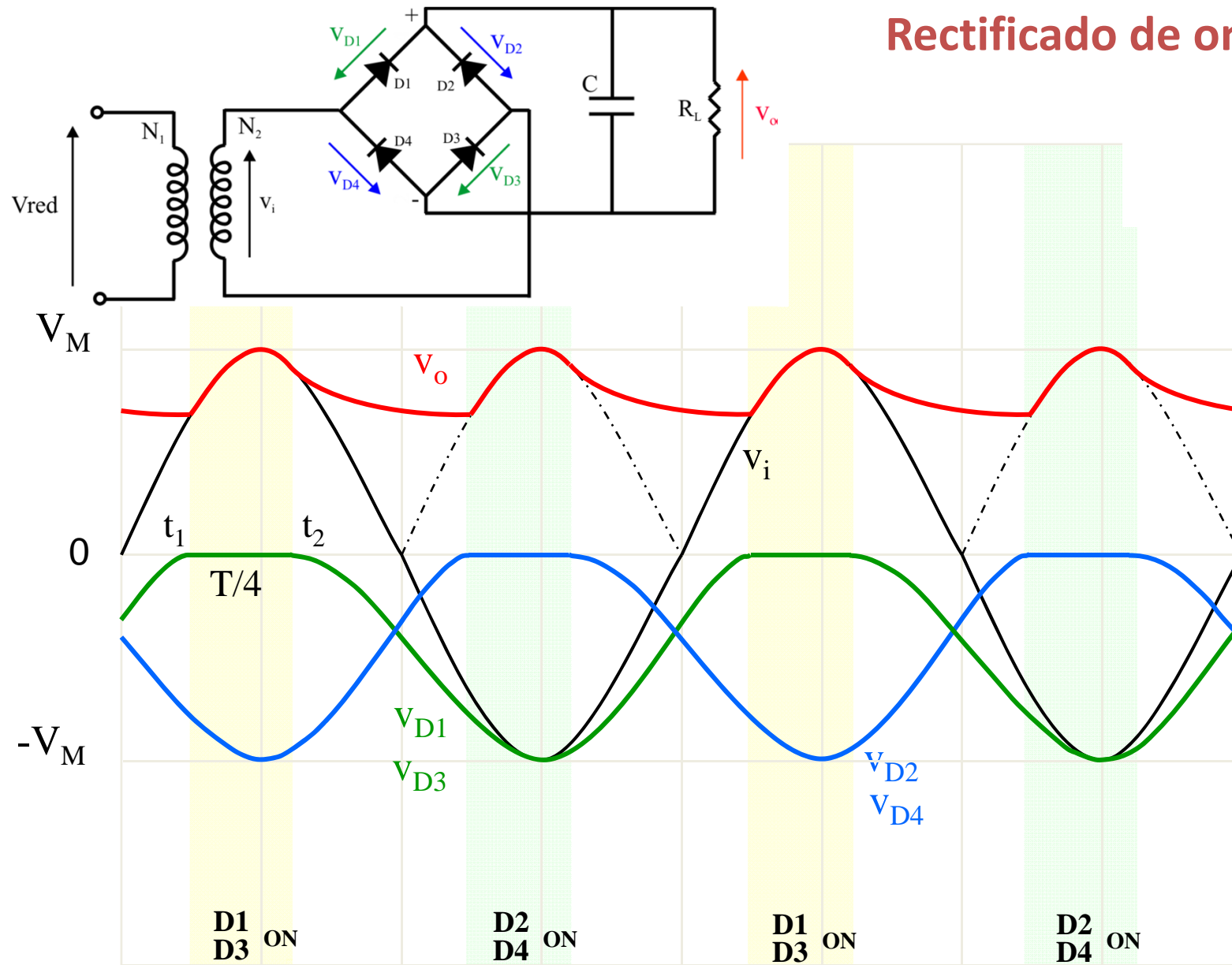
8.- Filtrado

Rectificado de media onda *Tensiones*



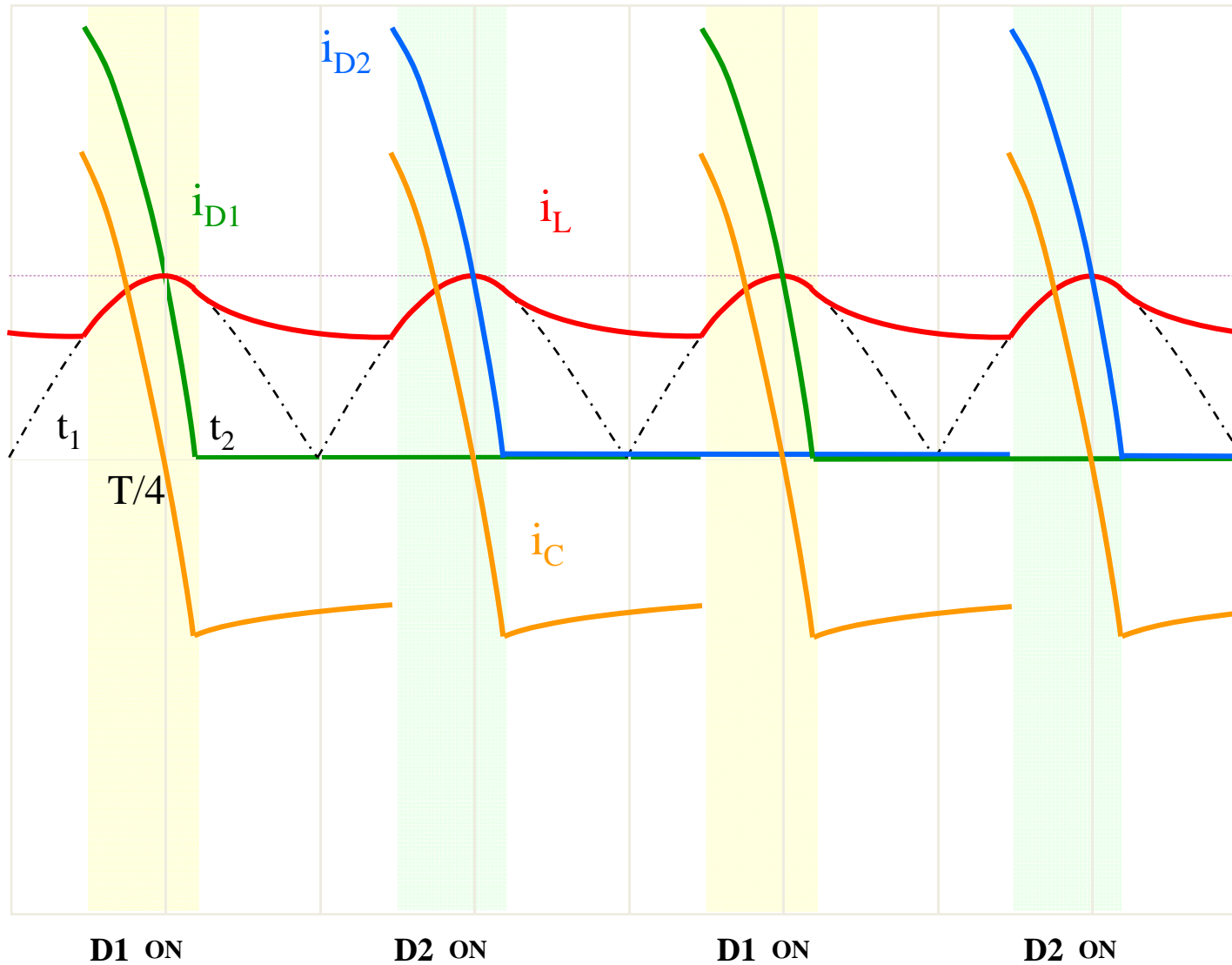


8.- Filtrado



Rectificado de onda completa
Tensiones

Rectificado de onda completa *Corrientes*



8.- Filtrado

A más capacidad del condensador:

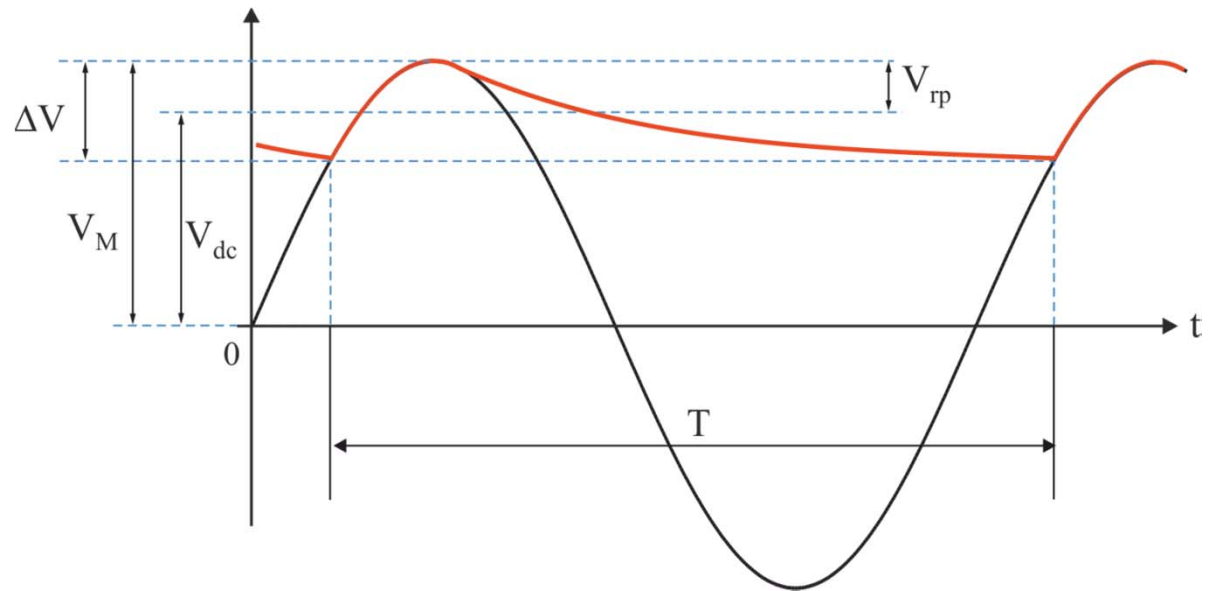
- Menor será el rizado
- Mayor la corriente por el diodo

Hay que llegar a un compromiso...

$$\gamma \leq 2\%$$

γ = Factor de ondulación

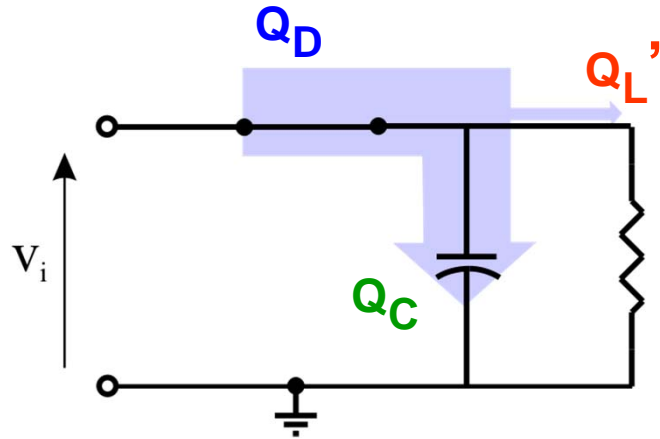
$$\gamma(\%) = \frac{V_r}{V_{dc}} \cdot 100$$



8.- Filtrado

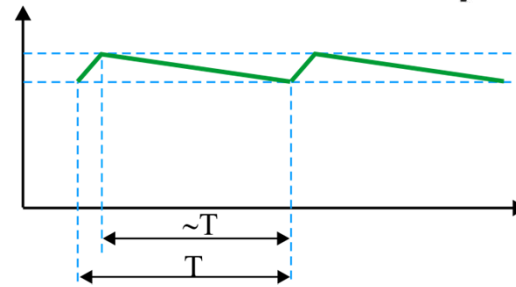
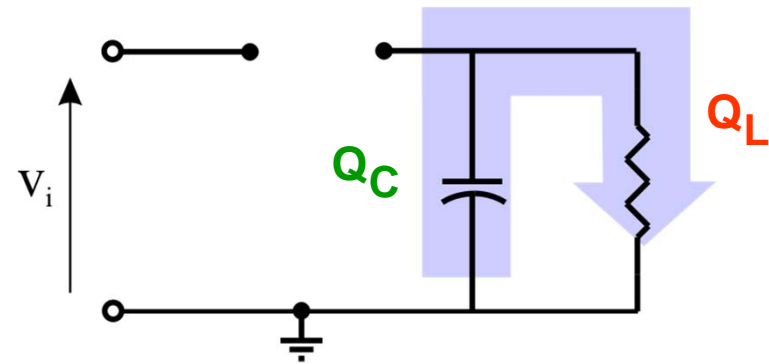
¿Qué condensador ponemos?

D. ON → Carga del condensador *D. OFF* → Descarga del condensador



$$Q_C = C \cdot \Delta V$$

$$Q_C = Q_L$$



$$Q_L = \int i_L dt = I_{dc} \cdot T$$

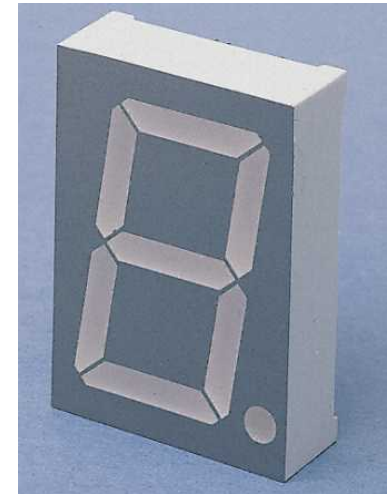
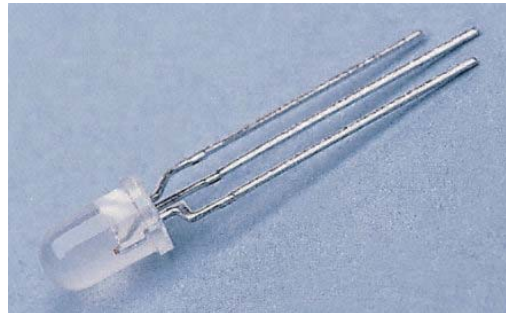
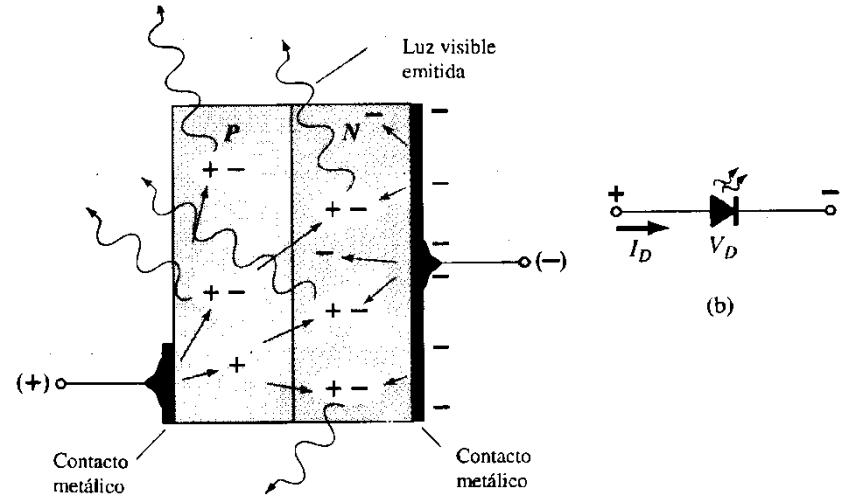
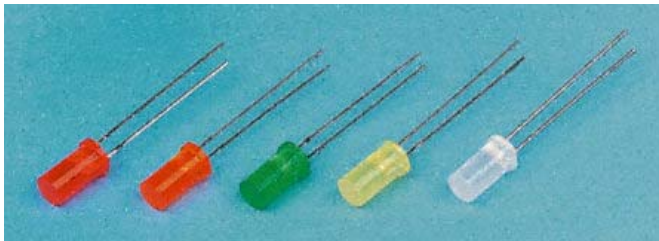
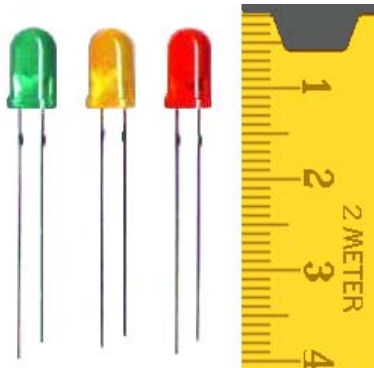
$$Q_L = I_{dc} \cdot T$$

$$Q_L = I_{dc} \cdot \frac{T}{2}$$

Para onda completa

9.- Diodos LED y diodos Zener

LED = Light Emitter Diode



9.- Diodos LED y diodos Zener

