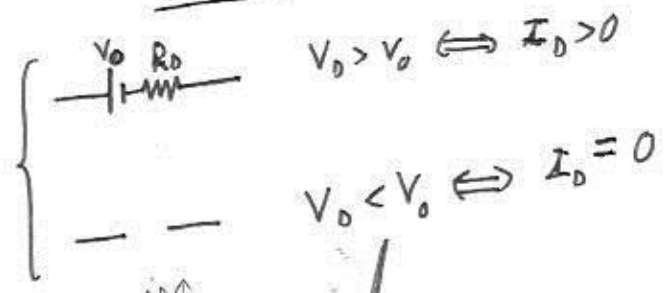
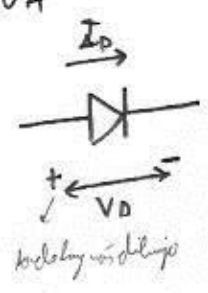


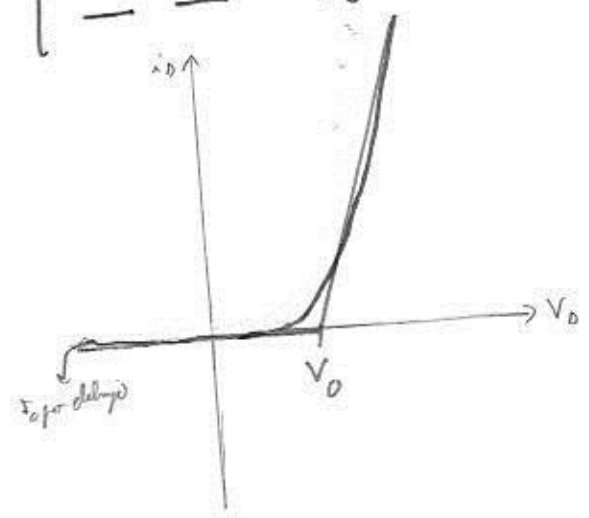
DIODOS

CONTINUA



CONDUCCIÓN

CORTE

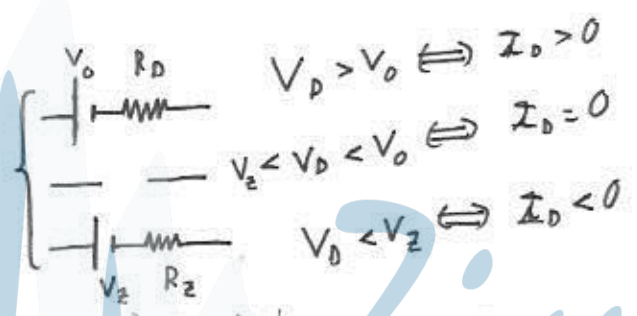
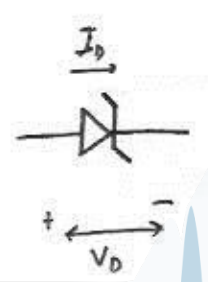


$$I_D = I_0 \left[e^{\frac{q V_D}{n K T}} - 1 \right]$$

$$\cdot \frac{q}{K T} = 38.92 \text{ V}^{-1}$$

$$\cdot n \in [1, 2]$$

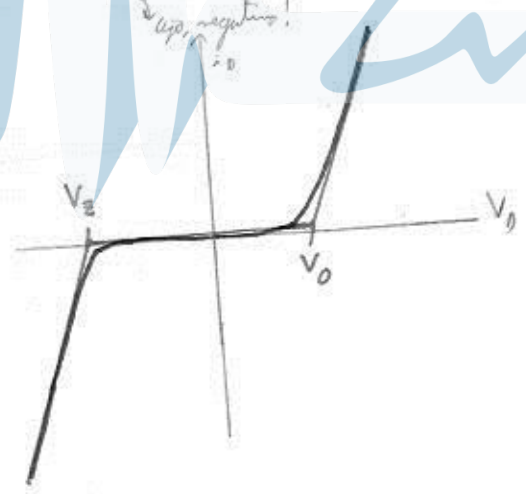
→ ideal (por defecto)



CONDUCCIÓN

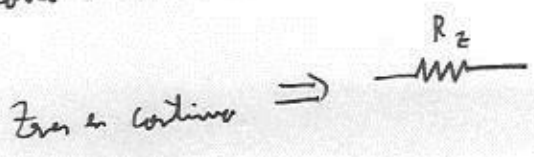
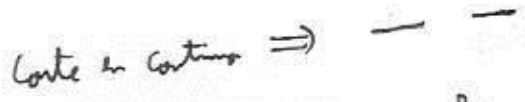
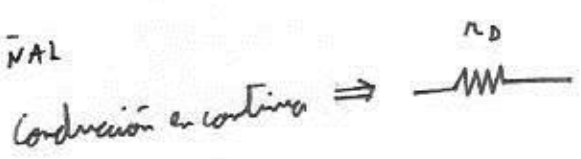
CORTE

ZENER



Zimatek

P. SEÑAL



$$r_D = \frac{n K T}{q} \cdot \frac{1}{I_D - I_0} \text{ con } \begin{cases} \cdot n \in [1, 2] \\ \cdot I_0 \text{ la sol. de continuo} \\ \cdot \text{si no nos dan } I_0 \Rightarrow I_0 = 0 \\ \cdot \frac{K T}{q} = \frac{1}{38.92} \text{ V} \end{cases}$$

↑ por defecto

5- DIODOS Y APLICACIONES

5.1- Introducción y fundamentos del diodo

• Sólo permite el paso de la corriente en un sentido.

• Hay principalmente dos tipos:

- De vacío

- Diodo semiconductor (de unión)



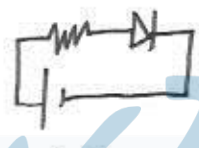
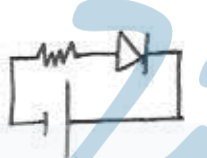
Aluminio \Rightarrow se calienta la chapa \Rightarrow sale e^- de la chapa que saltará sólo si la chapa tiene potencial positivo

semiconductor tipo P (más huecos que e^-)

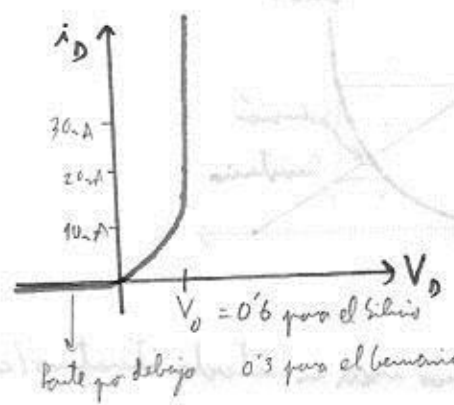
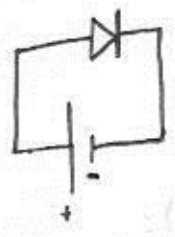
semiconductor tipo N (más e^- que huecos)

• En los semiconductores, los huecos (ausencia de electrones) se ^{mueven} ~~mueven~~, igual que el hueco en un átomo. Esto tiene también efectos eléctricos.

• Su símbolo es la flecha indica el sentido en el que conduce:



• Su curva I-V es:



$$\text{Si } V_0 \approx 1 \rightarrow i_D \approx I_0 \frac{qV_0}{kT}$$

Analicamente,
$$i_D = I_0 \left(e^{\frac{qV_0}{kT}} - 1 \right), \text{ con:}$$

- q la carga del electrón
- T la temperatura (en K)
- k es la cte. de Boltzmann

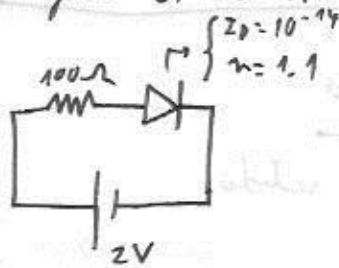
$$\Rightarrow 25^\circ\text{C} = 298\text{K}$$

$$\frac{q}{kT} = 38.92\text{V}^{-1}$$

• $1 \leq n \leq 2$: factor de idealidad \Rightarrow $n=1$ ideal (sin defectos), $n=2$ no ideal

• I_0 ($i_D = -I_0$ para $V_D < 0$) $10^{-10}\text{A} \leq I_0 < 10^{-6}\text{A}$

• parece que con las eq. del diodo ya sabemos resolver circuitos:



$$\begin{cases} 2 = 100 i_D + V_D \\ i_D = I_0 \left(e^{\frac{3892 V_D}{n}} - 1 \right) \end{cases}$$

Una ec. de la forma:

$$\begin{cases} a = b x + y \\ x = e^y \end{cases}$$

⇔

Algo como $y = e^y$, ecuación que no se puede solucionar !!! (Transcendente)

↳ Analíticamente

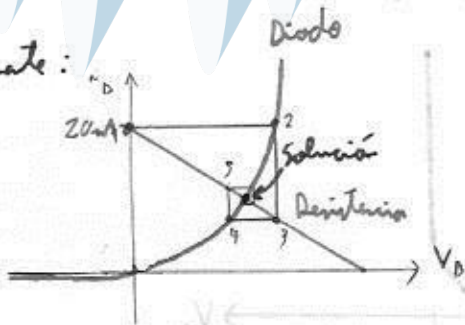
⇓

Hay que usar:

- Métodos numéricos
- Métodos gráficos
- Aproximaciones locales

↳ Usamos esto a general

• Gráficamente:



• Numéricamente, podemos usar un método iterativo (a luz de arriba):

i_D	V_D
0	0
20	0.80053
11.999	0.80053
11.999	0.78608

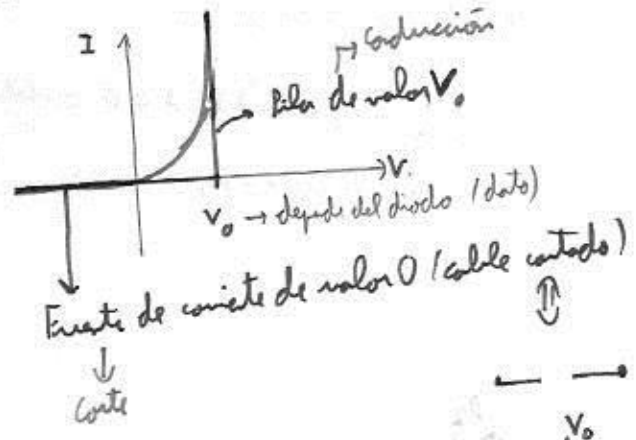
(...)

Poco a poco, esto converge a la solución

5.2 - Circuitos de corriente continua

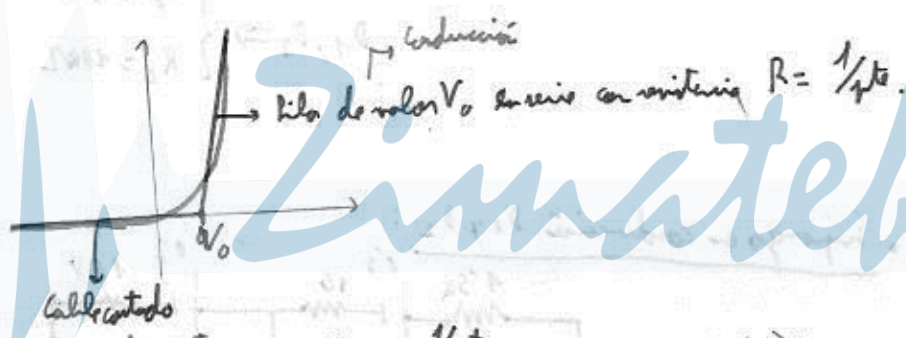
• Usamos aproximaciones lineales: sustituir la curva del diodo por tramos rectos

Aproximación 1:



Así, el diodo equivale a $\begin{cases} \text{---} | < \text{---} & \text{si } V_D \geq V_0 \quad i_D \geq 0 \\ \text{---} \text{---} & \text{si } V_D < V_0 \quad i_D = 0 \end{cases}$

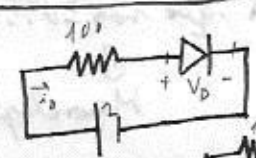
Aproximación 2:



El diodo $\Leftrightarrow \begin{cases} \text{---} | < \text{---} \text{---} & \text{si } V_D \geq V_0 \quad i_D \geq 0 \\ \text{---} \text{---} & \text{si } V_D < V_0 \quad i_D = 0 \end{cases}$

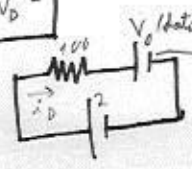
• Podría separar la curva en más tramos rectos, pero a general en esto no vale.

EJEMPLO Y METODOLOGÍA: (Método de los estados supuestos)



Aprox 1:

Supongo en conducción \Rightarrow



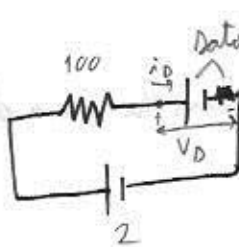
$V_0 \text{ (dato)} = 0.7V$
 $0 = 100 \cdot i_D + 0.7 - 2 \Rightarrow i_D = 13mA \geq 0 \Rightarrow$ **Correcto!!!**
 $V_D = 0.7V = V_0$

Supongo que el diodo está en uno de los dos estados (C) y si llegamos a algo contradictorio (lo que está lógico) es el otro

↓
 la sol. es 1

Aprox. 2:

Supongo en conducción \Rightarrow



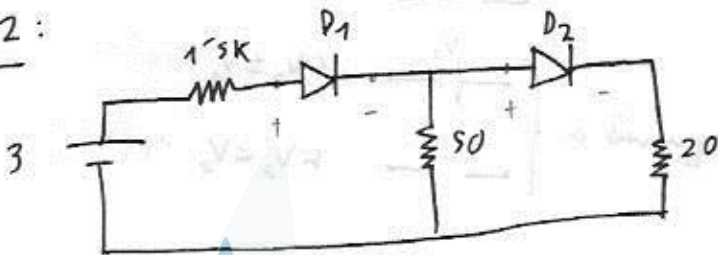
Diode $\begin{cases} V_0 = 0.7 \text{ V} \\ R = 5 \Omega \end{cases}$

$$0 = 100 \cdot i_D + 0.7 + i_D \cdot 5 + 2$$

$$i_D = 12.38 \text{ mA} \geq 0 \Rightarrow \text{Cobertura}$$

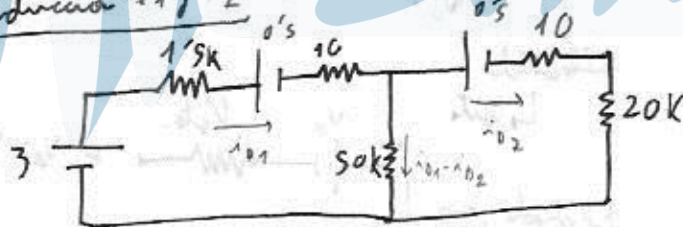
$$V_D = 0.7 + 5i_D = 0.7619 \geq V_0 \quad \begin{matrix} \uparrow \downarrow \\ \text{Límite de línea} \end{matrix}$$

Ejemplo 2:



$D_1, D_2 \Rightarrow \begin{cases} V_0 = 0.5 \text{ V} \\ R_D = 10 \Omega \end{cases}$

Supongo en conducción D_1 y D_2 :



$$\text{Por nodos: } \begin{cases} 0 = 1.5k i_{D1} + 0.5 + 10 i_{D1} + 50k(i_{D1} - i_{D2}) - 3 \\ 0 = 0.5 + 10 i_{D2} + 20k i_{D2} - 50k(i_{D1} - i_{D2}) \end{cases}$$

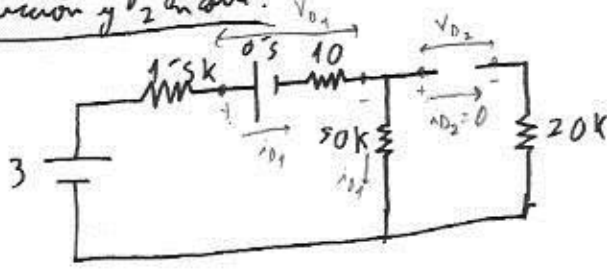
(...)

$i_{D1} = 1.43 \text{ mA}$ \rightarrow Aunque este está bien, como la solución es

$i_{D2} = -0.53 \text{ mA}$, que nos > 0 !!!! al menos, D_1 no tiene

!!
Menos elegido mal

D_1 en conducción y D_2 en corte:



Por nodos: $0 = 1.5i_{D1} + 0.5 + 10i_{D1} + 50i_{D1} - 3$

Escalante \leftarrow

\Downarrow

Menos supuestos
bien

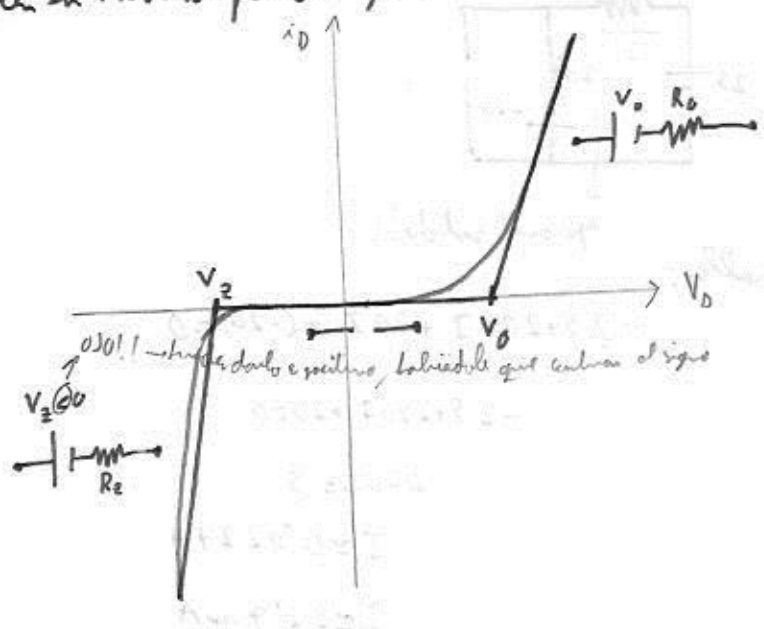
(...)

$$\begin{cases} i_{D1} = 1.6 \mu A > 0 \\ i_{D2} = 0 \\ V_{D1} = 0.5 + 10i_{D1} = 0.516 > 0.5 \\ V_{D2} = 50i_{D1} + 20i_{D2} = 50i_{D1} = 0.08 < 0.5 \end{cases}$$

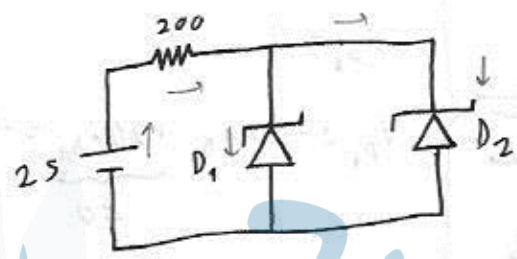


Zimatek

Diodos Zener: Conducen en inversa por debajo de cierta tensión:

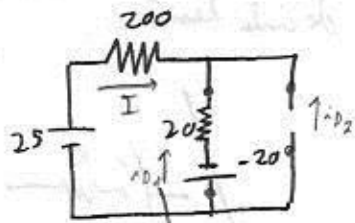


Ejemplo:



- $D_1 \begin{cases} V_{Z1} = -20V \\ R_{Z1} = 20\Omega \end{cases}$
- $D_2 \begin{cases} V_{Z2} = -25V \\ R_{Z2} = 35\Omega \end{cases}$

- TRUCO** \Rightarrow
- Antes de probar todo, como la corriente va en el sentido de las flechas (el sentido que da la pila), nunca van a estar en conducción.
 - D_1 está en Zener a partir de -20 y D_2 a partir de -25 . Como algo de tensión va a caer en la resistencia, a D_2 no llegarán 25 , así que D_2 nunca va a estar en Zener $\Rightarrow D_2$ está en corte
 - Si D_1 está en corte, no hay corriente y no va a caer tensión en la resistencia
 - \Downarrow
 - A D_1 le llegan 25
 - \Downarrow
 - D_1 está en Zener
 - ABSURDO
 - Así que lo previsible es que D_1 esté en Zener y D_2 en corte:



apical sentido!!

formally:

$$-25 + 200 I + 20 I - (-20) = 0$$

$$-25 + 220 I + 20 = 0$$

$$220 I = 5$$

$$I \approx 0.0227 A$$

$$I = 22.7 mA$$

Comptable
en 2 cas de la 2^{me}
Lo las lecho
bien!!!

$$i_{D1} = I = -22.7 mA \rightarrow 0.0!!$$

$$i_{D2} = 0$$

$$V_{D1} = -20 \quad \underbrace{+ 20 i_{D1}}_{< 0} = -20.45 < -20 \quad \parallel \quad V_{Z1}$$

$$V_{D2} = V_{D1} = -20.45 > -25 \quad \parallel \quad V_{Z2}$$

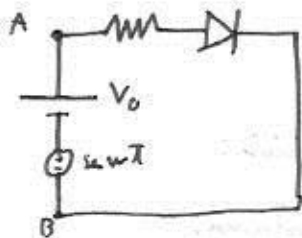
$$\in [-25, 0.6]$$

Zimatek

5.3- Circuitos de pequeña señal

⇒ Pequeñas variaciones alrededor del pto. de operación

⇓
Podemos suponer comportamiento lineal

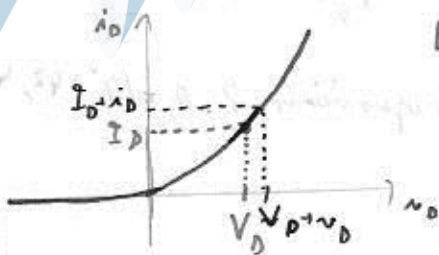


$$V_{AB} = V_0 + v_m \sin \omega t \rightarrow \text{una oscilación pequeña:}$$

Esto se puede aproximar por una recta para oscilaciones pequeñas

↳ la recta tangente

• Para distinguir: por oscilaciones de las pequeñas variaciones, introducir una notación:



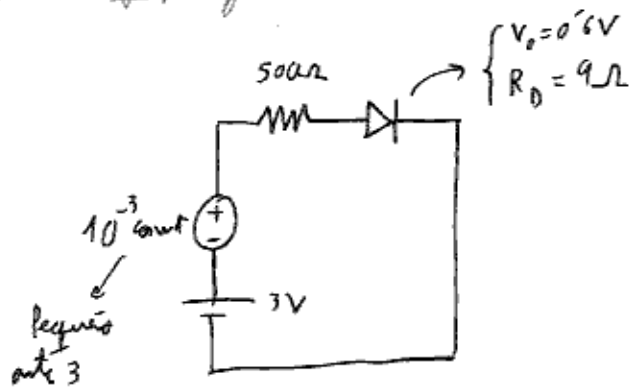
La pte. de la recta tangente vale, en (V_D, I_D) :

$$\left. \frac{di_D}{dv_D} \right|_{(V_D, I_D)} = \left. \frac{d(I_0 (e^{\frac{qV_D}{kT}} - 1))}{dV_D} \right|_{(V_D, I_D)}$$

$$= \frac{I_0}{kT} e^{\frac{qV_D}{kT}} \Bigg|_{(V_D, I_D)} = \frac{q}{kT} \underbrace{I_0 e^{\frac{qV_D}{kT}}}_{I_D - I_0} =$$

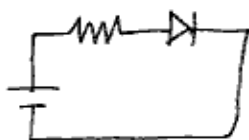
$$= \frac{q}{kT} (I_D - I_0)$$

¿Cómo resolvemos esto? Ejemplo y metodología

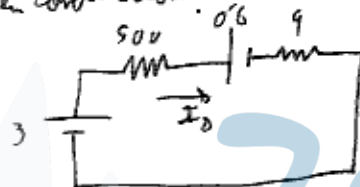


Aplicamos el p.p.o. de superposición:

• Resolvemos con la fuente continua:



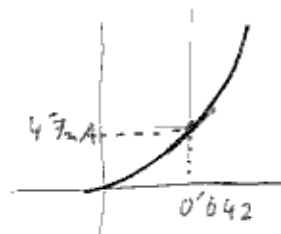
- Suponemos en conducción:



$$I_D = \frac{3 - 0.6}{509} = 4.7 \text{ mA} > 0 \Rightarrow \text{Conducta}$$

$$V_D = 0.6 + 9 \cdot 4.7 \cdot 10^{-3} = 0.642 > V_0 \Rightarrow \text{Conducta}$$

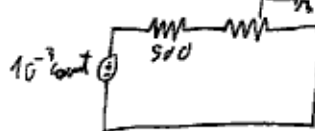
Así, el punto de operación es: P. O. = (0.642, 4.7 mA):



• Parte de pequeña señal: es como trasladar los ejes a P. O. \Rightarrow a es S.R. la recta (que

para por el origen) es una resistencia $r_{eD} = \frac{1}{g_{mD}} = \frac{1}{\frac{q}{kT} I_D} = \frac{1}{25 \cdot 4.7} \approx 1 \Omega$

$$r_{eD} = \frac{1}{\frac{q}{kT} I_D} = \frac{1}{25 \cdot 4.7} \approx 1 \Omega$$



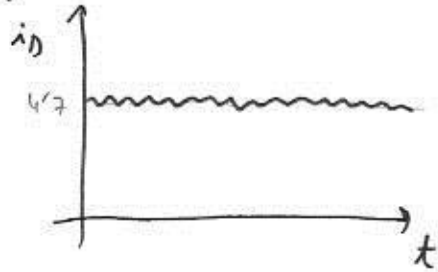
$$i_D = \frac{10^{-3} \text{ A}}{510} ; v_D = 10 i_D = \frac{10^{-2} \text{ A}}{510}$$

$$= 10 \Omega$$

Por el p.p.o. de superposición:

$$i_D = I_D + i_D = 4.7 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 10^{-6} \cos \omega t$$
$$v_D = V_D + v_D = 0.642 + 20 \cdot 10^{-6} \cos \omega t$$

Gráficas:



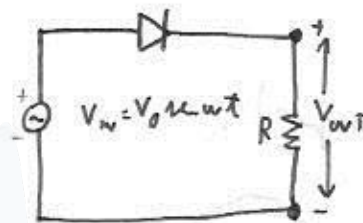
Zimatek

5.4. Aplicaciones de los diodos

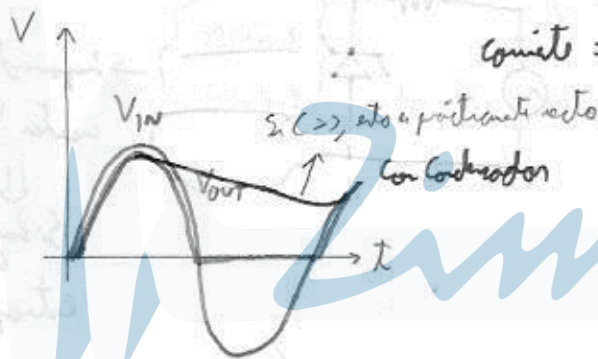
- RECTIFICACIÓN → Convertir una señal con ciclos positivos y negativos a una señal positiva:



Rectificador de media onda:

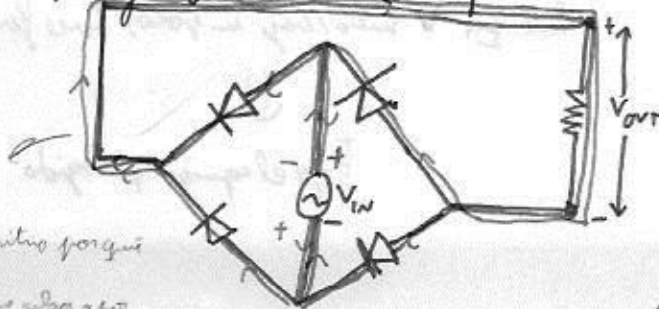


- En ciclos positivos, conduce y el potencial cae en $0.6V \Rightarrow$ señal prácticamente igual
- En ciclos negativos, no conduce (no hay corriente \Rightarrow no hay caída de tensión en R)



- De todas formas, esto es ineficiente (se pierde la mitad de la energía)
- Si ponemos un condensador en paralelo con la resistencia, se carga cuando $V_{out} > 0$ y se descarga si $V_w = 0 \Rightarrow$ Tensión prácticamente continua (continua si $C \gg$).

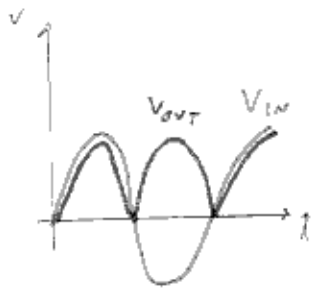
Rectificador de onda completa:



- En ciclos positivos, la corriente sale por la izquierda (no le queda otra), atravesa R y vuelve por la derecha (a rojo) $\Rightarrow V_{out} \approx V_w$ (salvo la $0.6V$ de los diodos)
- En ciclos negativos (verde), la corriente lleva el mismo sentido por R que antes!!!

Para acordarse:
 se van a un ciclo positivo porque
 van de azul que es el rojo y por
 que no de rojo que es el azul

Gráficas:



⇒ Aprovecho la región de altos ciclos

• LED → Son diodos que iluminan

⇓ → bajo cierta corriente y potencia

LASER (de estado sólido)

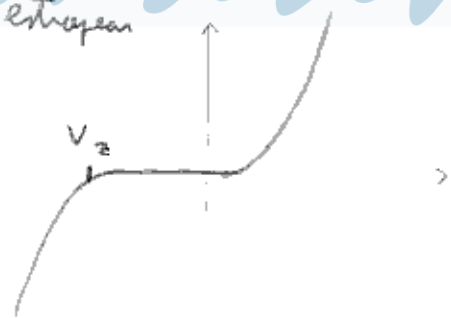
• LIMITADORES (protección de equipos):



→ preparado para trabajar con cierta V_{in}

⇓
Si hay rayo / sobrecarga se queda estropeado

- Si colocas un diodo Zener, luego cuando es:



Colocamos un diodo con V_Z algo más (a.u.d.) que V_{in} (ej. $V_Z = 10 > V_{in} = 9$)

⇓

Para que V suba/baja un poco, hace falta muchísima intensidad

⇓

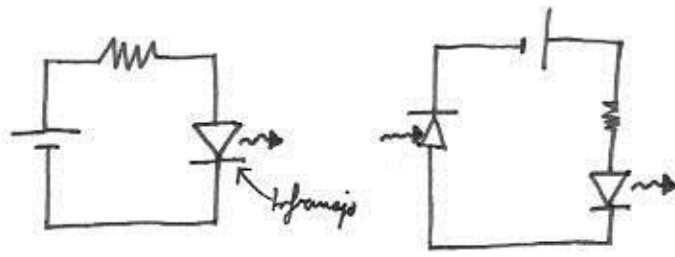
Tras el equipo protegido

(Aunque como se limitó toda la intensidad pasará por el diodo Zener)

⇓
Por eso el diodo no se

si se coloca directamente a la pila (que es de alta intensidad) y se rompa

El circuito de un nodo a distancia:



$\nabla \rightarrow$: LED

$\rightarrow \nabla$: diodo que circula corriente si recibe luz



Zimatek