

3. Circuitos Rectificadores

- **Voltaje medio:** tensión promedio de un ciclo

$$V_{cc \text{ medio}} = \frac{(1) V_{max}}{(2) \pi}$$

- **Voltaje eficaz:** mide voltmetro en c.a.

$$V_{ef} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$$

- **Voltaje pico a pico:** diferencia entre V_{max} y V_{min} .



$$V_{pp} = 2 \cdot V_{max}$$

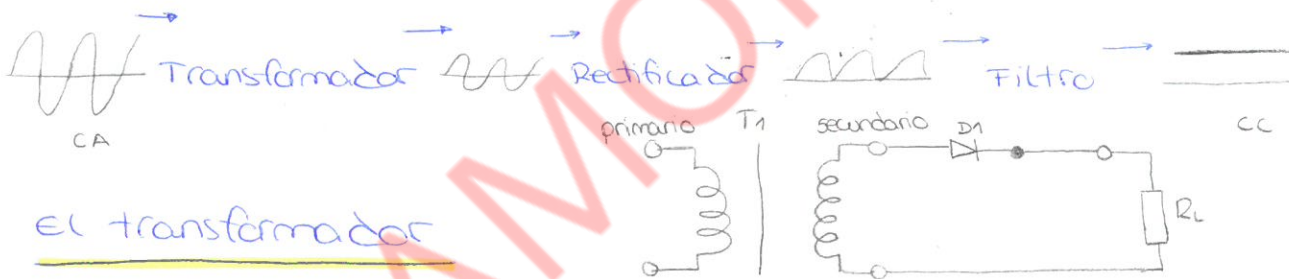
Circuitos de Rectificación

Tiene función de convertir o rectificar la C.A. en C.C.



Tipos: Media onda, onda completa, monofásico trifásico polifásico.

Son usados en fuentes de alimentación



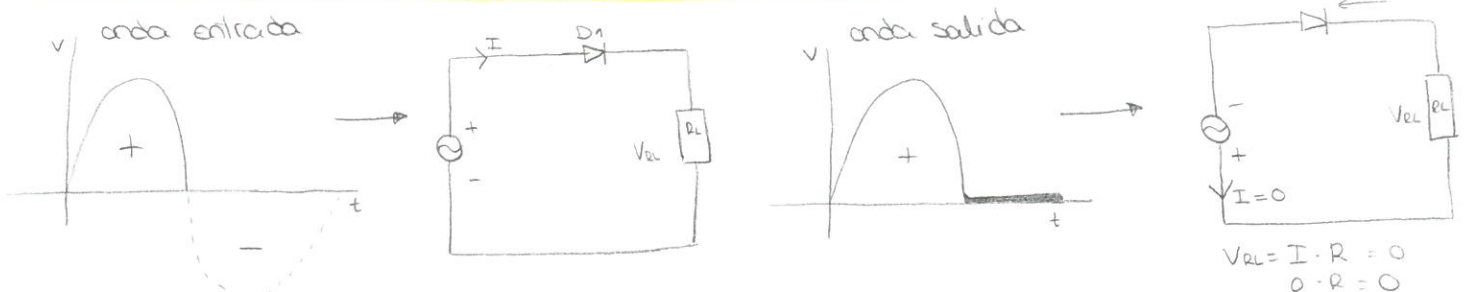
el transformador

Máquina eléctrica estática que reduce o aumenta la tensión de una CA sin modificar la frecuencia.

- **Relación de transformación (m):**

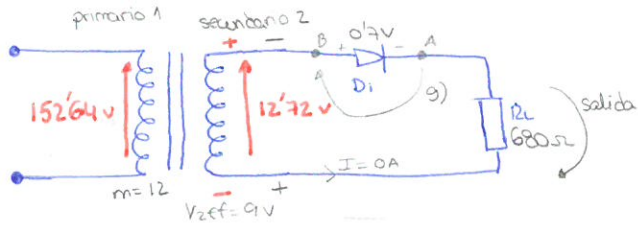
$$m = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Rectificador monofásico media onda



$f_{salida} = f_{entrada}$

27) En un circuito rectificador de media onda con un diodo ideal silicio, en el transformador T_1 la $m=12$, la tensión eficaz en el secundario es de 9V y la resistencia de carga $R_L = 680 \Omega$



a) $V_{1pp} = 2 \cdot V_{max} = 2 \cdot 152.64 = 305.28 \text{ V}$

$V_{pp} = 305.28 \text{ V}$

b) $V_{1max} = V_{ef} \cdot \sqrt{2} \quad ; \quad m = \frac{V_1}{V_2} \quad ; \quad 12 = \frac{V_1}{12.72} = 152.64 \text{ V}$

$V_{1max} = 152.64 \text{ V}$

c) $V_{2max} = V_{ef} \cdot \sqrt{2} = 9 \cdot \sqrt{2} = 12.72 \text{ V}$

$V_{2max} = 12.72 \text{ V}$

e) $I_{RLmax} = 0.017676 \text{ A} = 17.676 \text{ mA}$
 $\mathcal{E}\mathcal{E} = \mathcal{E}RI$

$+12.72 - 0.7 = 680 I_{RL} \quad ; \quad I_{RLmax} = 0.017676 \text{ A}$

g) $V_{D1inv} = 12.72 \text{ V}$

$V = \mathcal{E}RI - \mathcal{E}\mathcal{E}$

$V = -680 \cdot 0 - (-12.72) \quad ; \quad V_{D1inv} = 12.72 \text{ V}$

d) $V_{RLmax} = V = I \cdot R \quad ; \quad V_{RLmax} = 12.02 \text{ V}$

$V = 0.017676 \cdot 680 = 12.02 \text{ V}$

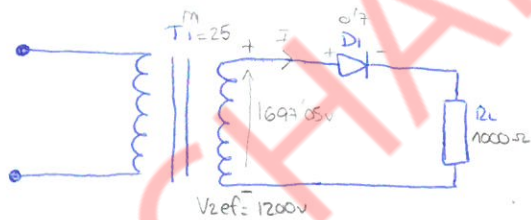
f) $I_{D1invmax} = 0 \text{ A}$

Diode en oposicion, no conduce \rightarrow

h) $V_{RLCC} = \frac{(1) V_{max}}{\pi} = ?$

28) A la entrada del circuito (diodo silicio), se le aplica tensión de línea alterna senoidal de 1200V (valor eficaz), 50 Hz, la relación de transformación de $T_1 = 25$ y la resistencia de carga $R_L = 1k \Omega$. a) ¿Cual será lectura voltímetro de CC conectado en salida del circuito (R_L)? b) Calcular corriente continua I_{CC} (media) salida (por R_L). c) Calcular corriente promedio I_{CC} por el diodo. d) Tensión inversa pico (máx) del diodo cuando no conduce.

e) Frecuencia señal salida



a) $V_{RLCC} = \frac{(2) V_{max}}{\pi} = \frac{5 \cdot 1697.05}{\pi} \quad ; \quad V_{RLCC} = 540$

$V_{2max} = V_{ef} \cdot \sqrt{2} = 1200 \cdot \sqrt{2} \quad ; \quad V_{2max} = 1697.05 \text{ V}$

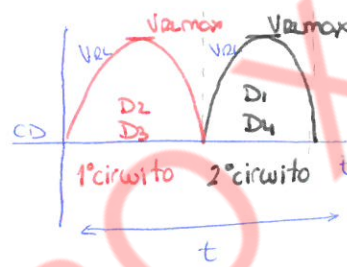
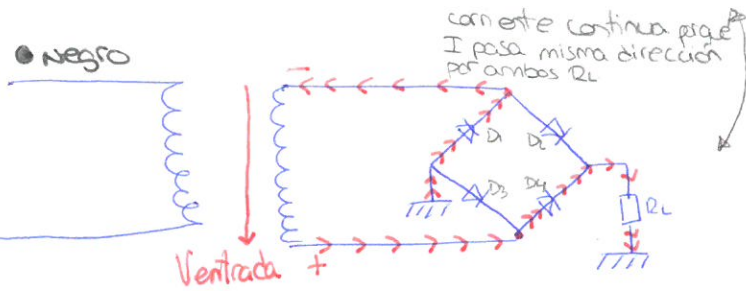
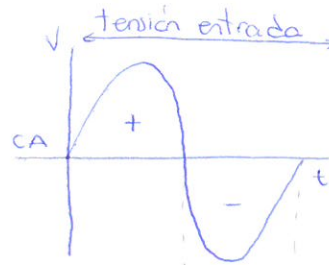
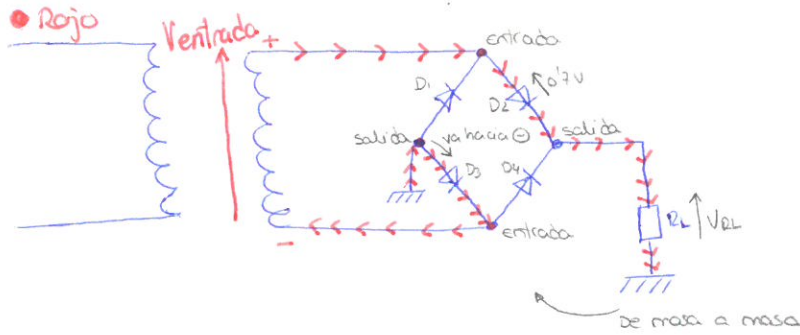
b) $I_{CC} = 1.69635 \text{ A} = 1696.35 \text{ mA}$

$\mathcal{E}\mathcal{E} = \mathcal{E}RI$

$+1697.05 - 0.7 = 1000 I$

Rectificador onda completa

Puente Graetz



$$V_{RLCC} = \frac{(2) V_{max}}{\pi}$$

$$I_{RLCC} = \frac{2 I_{RLmax}}{\pi}$$

$$V_{RLef} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$I_{RLef} = \frac{I_{RLmax}}{\sqrt{2}}$$

$$I_{D1CC} = \frac{I_{max}}{\pi}$$

$$F_{salida} = 2 f_{entrada}$$

V_{RL} = tensión / valor que pasa por resistencia
cc = medio

ef = eficaz. si un problema no especifica se cogen los V como eficaces.

I_D = valor corriente / intensidad en el diodo D_1

F = Frecuencia

I_{RLmax} = sacar intensidad

$$V_{RLmax} = I_{RLmax} \cdot R_L$$

$$V_{RLCC} = \frac{2 \cdot V_{max}}{\pi}$$

$$V_{2max} = V_{ef} \cdot \sqrt{2}$$

$$\epsilon \epsilon = \epsilon R I$$

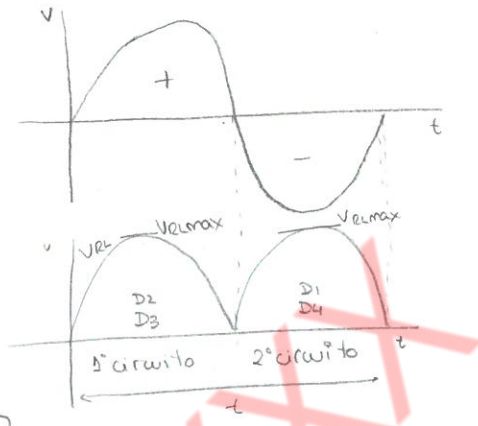
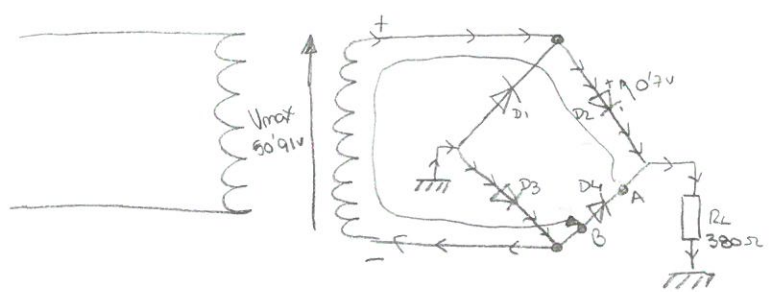
$$I_{RLCC} = \frac{2 \cdot I_{RLmax}}{\pi}$$

$$I_{D1CC} = \frac{I_{RLmax}}{\pi}$$

$$F_{entrada} = \frac{1}{T}$$

$$V_{D1min} = V_A - B \text{ (en diodo)} = \epsilon R I - \epsilon \epsilon$$

35) Tensión del secundario del transformador 36V, periodo de $T = 10 \text{ ms}$, diodos de silicio estándar y $R_L = 380 \Omega$. ¿Tensión continua en la carga? ¿corriente continua en la carga? ¿y la corriente promedio por los diodos? Determinar tensión inversa de pico en los diodos, frecuencia de señal salida



$$V_{2ef} = 36V \rightarrow V_{2max} = V_{ef} \cdot \sqrt{2} \rightarrow V_{2max} = 36 \cdot \sqrt{2} = 50.91V$$

$$I_{RLmax} \Rightarrow \Sigma \mathcal{E} = \Sigma \mathcal{R} I \rightarrow +50.91 - 0.7 - 0.7 = +380 I \quad I_{RLmax} = \frac{49.51}{380} = 0.13028$$

$$V_{RLmax} = I_{RLmax} \cdot R_L = 0.13028 \cdot 380 = 49.51$$

$$V_{RLcc} = \frac{(2) V_{max}}{\pi} = \frac{2 \cdot 49.51}{\pi} = 31.51V$$

$$I_{RLcc} = \frac{2 \cdot I_{RLmax}}{\pi} = \frac{2 \cdot 0.13028}{\pi} = 0.08294A$$

$$I_{D1cc} = \frac{I_{RLmax}}{\pi} = \frac{0.13028}{\pi} = 0.04147A$$

$$V_{D1inv} = V_{AB} = \Sigma \mathcal{R} I - \Sigma \mathcal{E} = 0 - (+0.7 - 50.91) = 50.21V$$

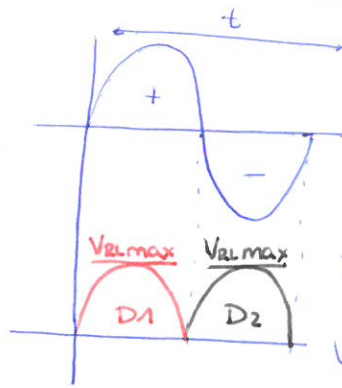
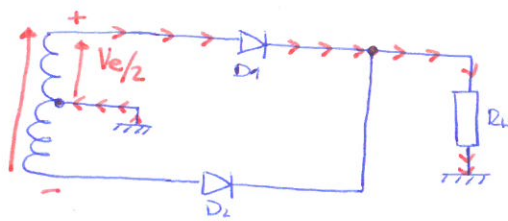
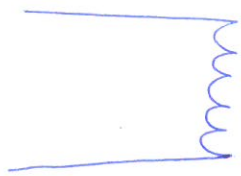
$$f_{entrada} = \frac{1}{T} = \frac{1}{10 \cdot 10^{-3}} = 100 \text{ Hz}$$

$$f_{salida} = 2 \cdot f_{entrada} = 200 \text{ Hz}$$

36) Si los diodos del Rectificador puente del problema 35 tienen una I nominal de 100mA y tensión inversa de ruptura de 75V, y la tensión de línea es de 230Vac ¿Serán adecuados estos diodos suponiendo una relación de espiras en T_1 de 66/15?

CHAMORRO

Rectificador doble onda con transformador con toma intermedia



$$V_{ef} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$V_{pp} = 2 \cdot V_{max}$$

$$V_{cc} = 0$$

$$V_{RL,ef} = \frac{V_{RL,max}}{\sqrt{2}} \quad I_{RL,ef} = \frac{I_{RL,max}}{\sqrt{2}}$$

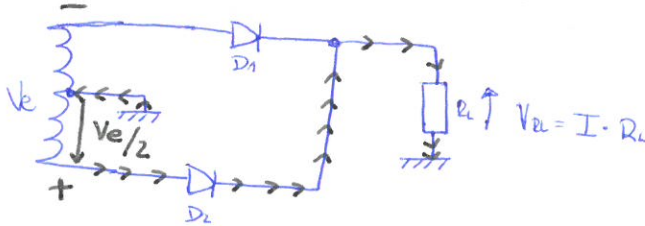
$$V_{RL,cc} = \frac{2 \cdot V_{RL,max}}{\pi} \quad I_{RL,cc} = \frac{2 \cdot I_{RL,max}}{\pi}$$

$$I_{D1} = \frac{I_{D1,max}}{\pi} \quad I_{D1} = I_{RL}$$

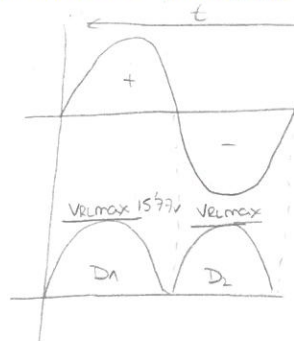
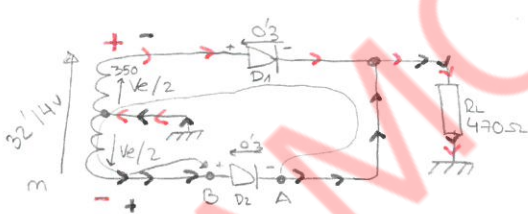
V_e = tensión entrada

coinciden por lo que es corriente continua

Inverso:



31) Tensión de línea es 500Vca, 50Hz, $R_L = 470 \Omega$, diodos de Germanio, nº espiras primario 7700 y secundario 350. Determinar tensión máxima $V_{RL,max}$, tensión continua V_{cc} en resistencia de carga $V_{RL,cc}$, corriente continua promedio I_{cc} a través de diodos $I_{D,cc}$, corriente continua I_{cc} a través de resistencia carga, tensión inversa máxima que soportan los diodos $V_{di,inv}$, frecuencia señal salida.



$$V_{ef} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$V_{pp} = 2 \cdot V_{max}$$

$$V_{cc} = 0$$

$$V_{RL,ef} = \frac{V_{RL,max}}{\sqrt{2}}$$

$$V_{RL,cc} = \frac{2 \cdot V_{RL,max}}{\pi}$$

$$I_{D1} = \frac{I_{D1,max}}{\pi} \quad I_{D1} = I_{RL}$$

$$V_{ef} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} \Rightarrow V_{max} = V_{ef} \cdot \sqrt{2} = 500 \cdot \sqrt{2} = 707.1 \text{ V}$$

$$m = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow m = \frac{7700}{350} = 22 \Rightarrow 22 = \frac{707.1}{V_{2,max}} \Rightarrow V_{2,max} = 32.14 \text{ V}$$

$$I_{RL,max} \Rightarrow \Sigma \mathcal{E} = \mathcal{E} R I \Rightarrow +32.14/2 - 0.3 = 470 \cdot I_{RL,max} \Rightarrow I_{RL,max} = 0.03355 \text{ A}$$

$$V_{RL,max} = I_{RL,max} \cdot R_L \Rightarrow V_{RL,max} = 0.03355 \cdot 470 = 15.77 \text{ V}$$

$$V_{RL,cc} = \frac{2 \cdot V_{RL,max}}{\pi} = \frac{2 \cdot 15.77}{\pi} = 10.03 \text{ V}$$

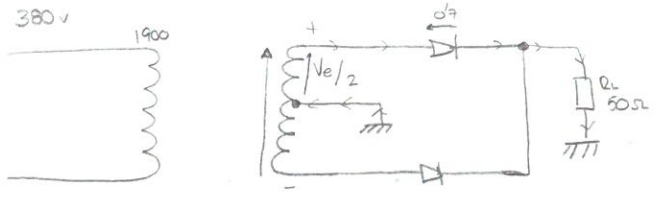
$$I_{D1,cc} = \frac{I_{D1,max}}{\pi} = \frac{0.03355}{\pi} = 0.01067 \text{ A}$$

$$V_{di,inv} \Rightarrow V_{AB} = \mathcal{E} R I - \Sigma \mathcal{E} = 0 - (10.3 - 32.14) = 31.84 \text{ V}$$

$$F_{salida} = 2 \cdot F_{entrada} = 2 \cdot 50 = 100 \text{ Hz}$$

32) Diodos silicio, corriente promedio a través D_1 es 85'5 mA, n° espiras primario 1900 y tensión línea es 380 V, 60Hz, $R_L = 50 \Omega$

$I_{D1cc} = 85'5 \text{ mA}$



$V_{ef} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$, $V_{max} = 380 \cdot \sqrt{2} = 537'4 \text{ V}$

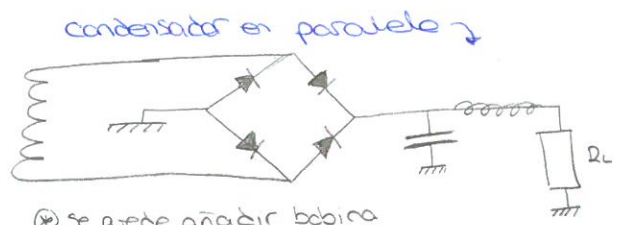
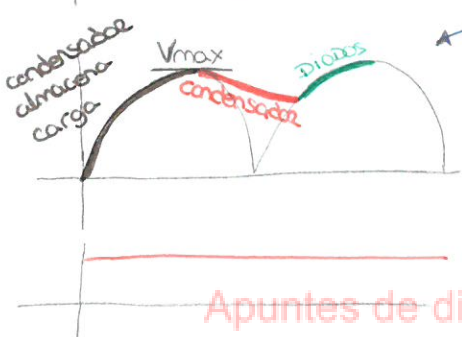
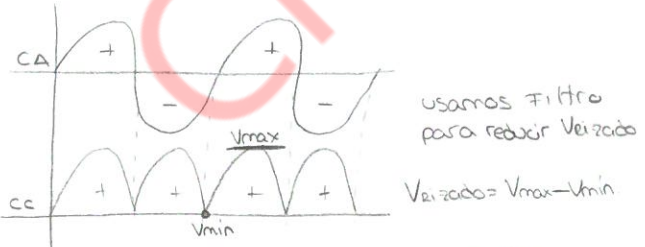
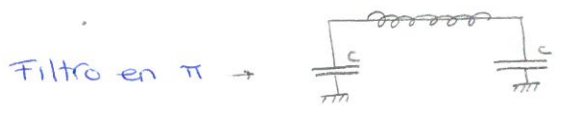
$m = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$

Filtros

sirven para minimizar el rizado (onda de salida más continua)

Tipos:

- Condensador: se conecta un condensador en paralelo
- Bobina: En serie, se opone al cambio de tensión. Redondea los picos de tensión y eleva los valles.
- En π : una bobina y dos condensadores.



- ⊗ se puede añadir bobina
- ⊕ se puede añadir varios condensadores para reducirlo más

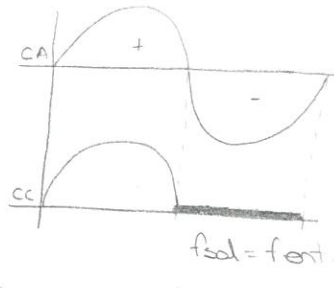
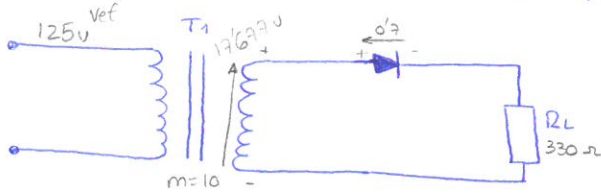
$V_{\text{rizado}} = \frac{I_{RCC} \text{ Filtro}}{f_{\text{salida}} \cdot C}$ → valor condensador (Faradios)

3° $V_{RCC} = V_{Rmax} - \frac{V_{RIZ}}{2}$

4° $I_{RCC} = \frac{V_{RCC}}{R_L}$

2° $V_{RIZ} = \frac{V_{Rmax}}{R_L \cdot f_{\text{sal}} \cdot C + 0'5}$

40) La tensión de línea es de 125V, 50Hz, $m=10$, el diodo es de silicio con su curva característica aproximada y $R_L = 0.33k\Omega$. Determinar tensión y corriente continua en la carga y frecuencia de salida.



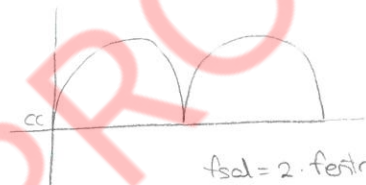
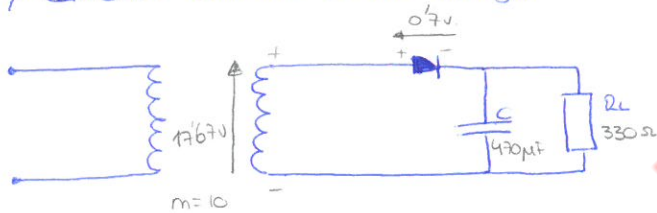
$$V_{1max} = V_{ref} \cdot \sqrt{2} = 125 \cdot \sqrt{2} = 176.77V$$

$$m = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \rightarrow V_{2max} = \frac{V_{1max}}{m} = \frac{176.77}{10} = 17.67V$$

$$I_{RLmax} \rightarrow \mathcal{E} \mathcal{E} = \mathcal{E} R I \Rightarrow +17.67 - 0.7 = 330 \cdot I \rightarrow I_{RLmax} = 51mA \rightarrow I_{RLCC} = \frac{\Delta \cdot I_{RLmax}}{\pi} = 16mA$$

$$V_{RLmax} = I_{RLmax} \cdot R_L = 51 \cdot 330 = 16.97V \rightarrow V_{RLCC} = \frac{\Delta \cdot V_{RLmax}}{\pi} = 5.4V$$

41) Al circuito anterior (40) se le añade un filtro para mejorar la tensión de salida. El condensador del filtro $C_1 = 470\mu F$. Determinar tensión de rizado, tensión y corriente continua en la carga.



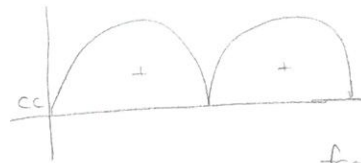
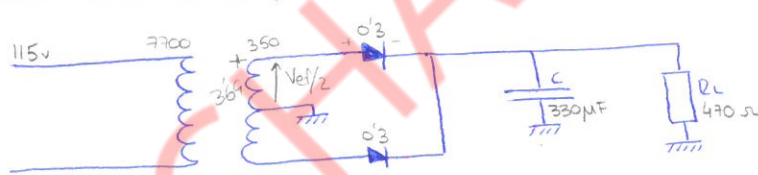
$$1^{\circ} V_{RLmax} = 16.97V$$

$$2^{\circ} V_{Riz} = \frac{V_{RLmax}}{R_L \cdot f_{sal} \cdot C + 0.5} = \frac{16.97}{330 \cdot 50 \cdot 470 \cdot 10^{-6} + 0.5} = 2.05V$$

$$3^{\circ} V_{RLCC} = V_{RLmax} - \frac{V_{Riz}}{2} = 16.97 - \frac{2.05}{2} = 15.94V$$

$$4^{\circ} I_{RLCC} = \frac{V_{RLCC}}{R_L} = \frac{15.94}{330} = 0.048 = 48mA$$

42) Circuito rectificador onda completa. Tensión de línea es 115Vca, periodo 2.5msg. $R_L = 470\Omega$, $C_1 = 330\mu F$, diodos de Germanio, n° espiras 1° 7700 y 2° 350.



$$m = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \rightarrow \frac{115}{V_2} = \frac{7700}{350} \Rightarrow V_2 = 5.222V$$

$$V_{2ref} = 2.61V$$

$$V_{2max} = V_{2ref} \cdot \sqrt{2} = 3.69V$$

$$I_{RLmax} \rightarrow \mathcal{E} \mathcal{E} = \mathcal{E} R I \rightarrow +3.69 - 0.3 = 470 I \rightarrow I_{RLmax} = 7.21mA$$

$$V_{RLmax} = I_{RLmax} \cdot R_L = 7.21 \cdot 470 = 3.39V$$

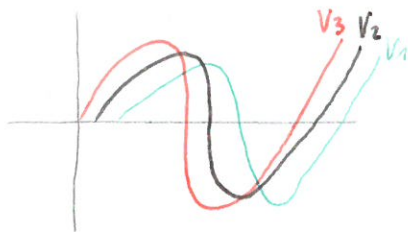
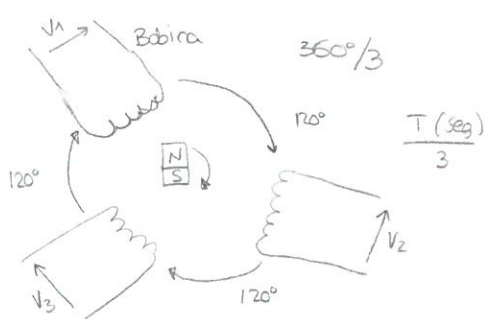
$$V_{Riz} = \frac{V_{RLmax}}{R_L \cdot f_{sal} \cdot C + 0.5} = \frac{3.39}{470 \cdot 800 \cdot 330 \cdot 10^{-6} + 0.5} = 0.027V$$

$$V_{RLCC} = V_{RLmax} - \frac{V_{Riz}}{2} = 3.39 - \frac{0.027}{2} = 3.37V$$

$$I_{RLCC} = \frac{V_{RLCC}}{R_L} = \frac{3.37}{470} = 7.17mA$$

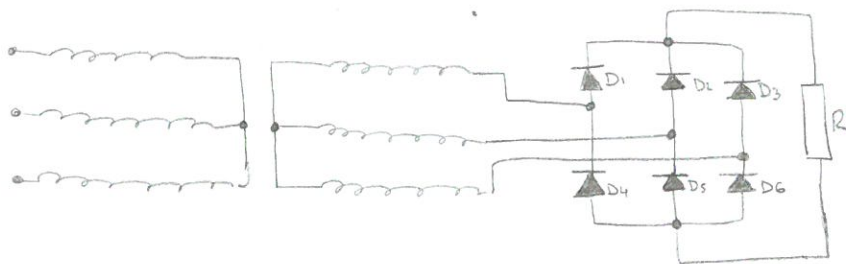
¿Vp. inv?

Rectificador Trifásico Media onda



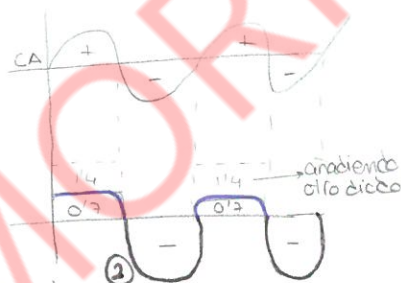
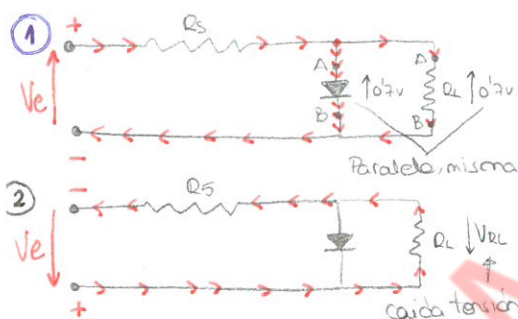
- Tiene 3 diodos.
- El diodo que más tensión recibe, es el que deja pasar la corriente, el resto permanece en inversa o no conduce.

Rectificador Trifásico Doble onda



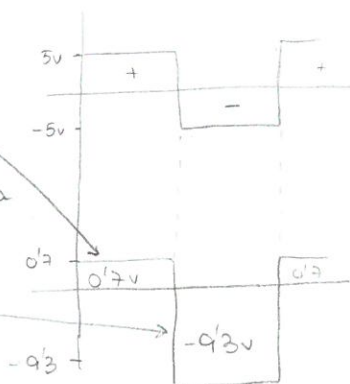
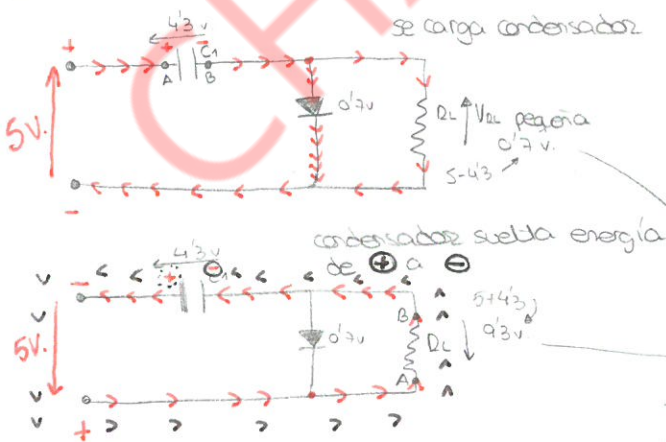
- Tiene 6 diodos.
- El diodo que más tensión recibe, es el que deja pasar la corriente, el resto permanece en inversa o no conduce.

Circuitos Limitador/rectificador



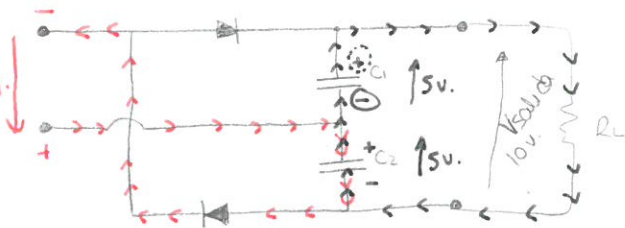
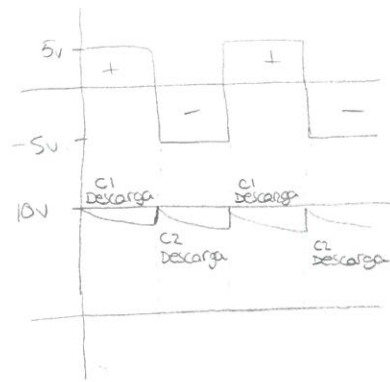
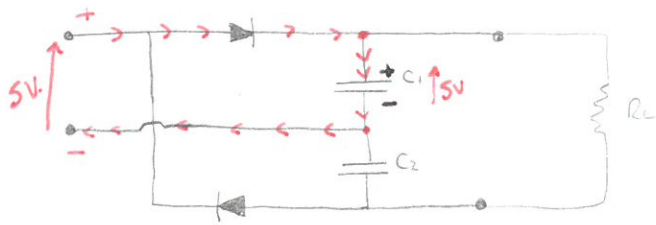
- Consigue recortar tensiones que sean superiores a 0.7V.

Circuito Fijador



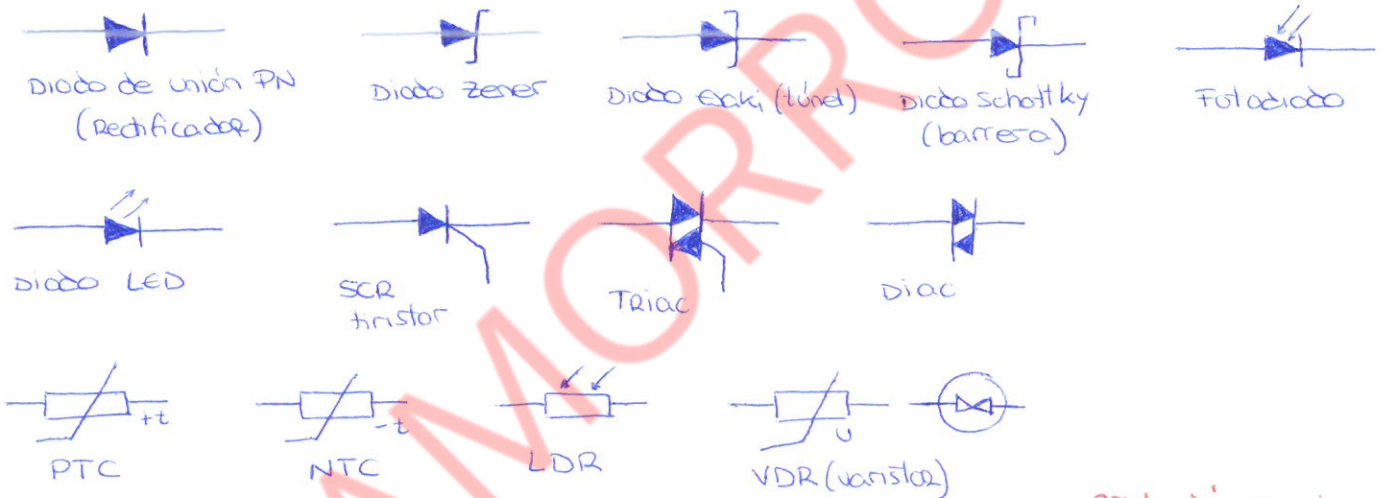
- Se consigue desplazar la señal una magnitud determinada.

Duplicador de Tensión



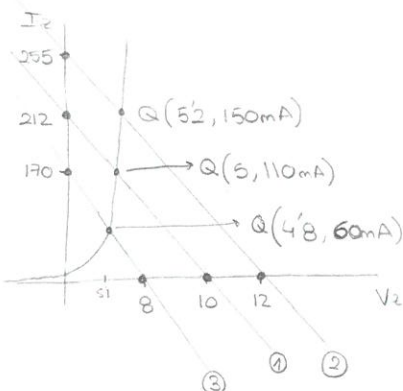
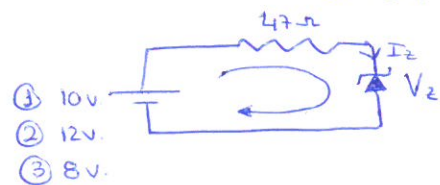
C1 está cargada, intenta descargarse desde ⊕ a ⊖, no puede por arriba (diodo oposición y C abrierto) así que queda cargada. Al pasar RL consigue tener camino para descargarse.

SIMBOLOGÍA



Regulación Tensiones ↓

55 Tensión de salida rectificador filtrado es 10V, resistencia de polarización $R_s = 47\Omega$. Determinar red de carga, dibujar polarización inversa de zener, red carga y punto trabajo Q. Dibujar red carga para tensión 12V y 8V.



$$\sum E = \sum RI$$

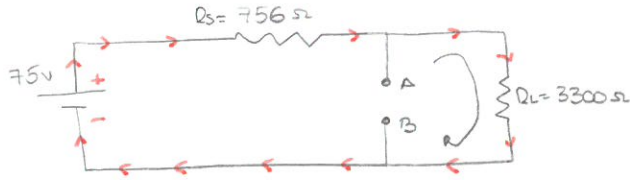
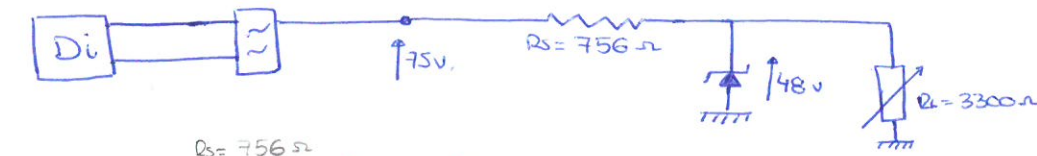
- ① $10 - V_z = 47 \cdot I_z$
Para $V_z = 0$, $I_z = 212.3 \text{ mA}$
Para $I_z = 0$, $V_z = 10 \text{ V}$
- ② $12 - V_z = 47 \cdot I_z$
Para $V_z = 0$, $I_z = 255 \text{ mA}$
Para $I_z = 0$, $V_z = 12 \text{ V}$
- ③ $8 - V_z = 47 \cdot I_z$
Para $V_z = 0$, $I_z = 170.2 \text{ mA}$
Para $I_z = 0$, $V_z = 8 \text{ V}$

$$V_z = 5 \text{ (punto medio de los 3 Q)}$$

$$\text{Pendiente } (R_z) = \frac{V}{I} = \frac{5.2 - 4.8}{(150 - 60) \cdot 10^{-3}}$$

$$R_z = 4.44 \Omega$$

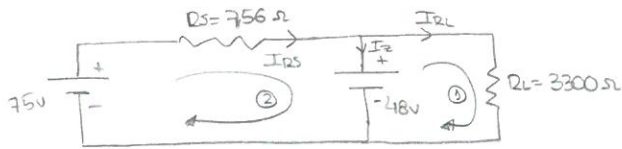
58) Diodo zener posee tension $V_z = 48V$, resistencia limitadora $R_s = 756 \Omega$, resistencia carga $R_L = 3k3 \Omega$, tension entrada regulador $V = 75V$. ¿zener regula? Determinar corrientes I_z, I_{R_s}, I_{R_L} .



$$I_T \Rightarrow \sum \mathcal{E} = \sum R I \rightarrow +75 = 756 + 3300 \cdot I ; I_T = 18'5 \text{ mA}$$

$$V_{AB} \rightarrow \sum R I - \sum \mathcal{E} \Rightarrow 3300 \cdot 18'5 \cdot 10^{-3} - V_{AB} = 0 \Rightarrow V_{AB} = 61'11V$$

$61'11 > 48V$. zener regula, está funcionando.

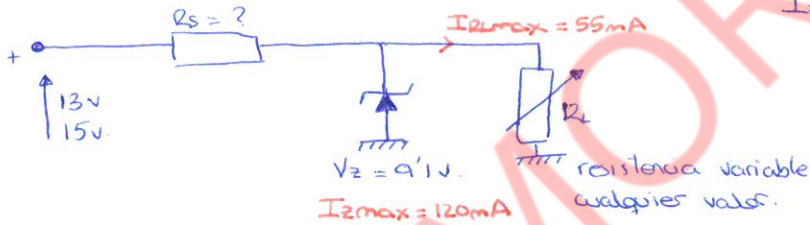


$$1) +48 = 3300 \cdot I_{R_L} ; I_{R_L} = 14'5 \text{ mA}$$

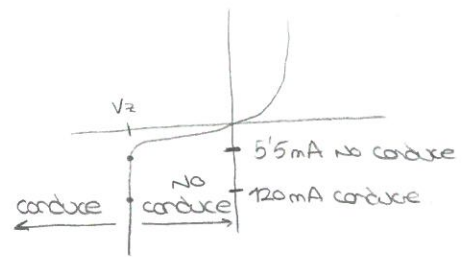
$$2) +75 - 48 = 756 \cdot I_{R_s} ; I_{R_s} = 35'7 \text{ mA}$$

$$I_{R_s} = I_{R_L} + I_z ; 35'7 = 14'5 + I_z ; I_z = 21'17 \text{ mA}$$

62) Diodo zener que tiene $V_z = 9'1V$ y corriente máxima de $120mA$. La corriente máx en la carga es de $55mA$. La tensión de entrada al regulador se desestabiliza variando entre 13 y $15V$. Determinar la corriente zener mínima mediante aproximación. Determinar resistencia limitadora y potencia disipada por esta. Determinar tensión en resistencia de carga. Determinar si el diodo no se destruirá en algún caso.



$$I_{zmin} = 10\% \cdot I_{RLmax} = 5'5 \text{ mA}$$



Para que el zener se quemé:

$$I_{zmax} = 120 \text{ mA}$$

$$V_{entrada} = 15V$$

$$I_{RLmin} = 0V$$



$$\sum \mathcal{E} = \sum R I$$

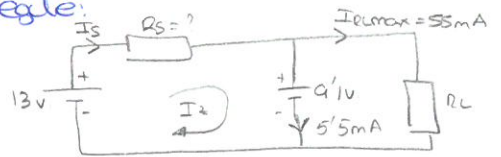
$$+15 - 9'1 = R_s \cdot 120 \Rightarrow R_s = 49'16 \Omega \rightarrow \text{ya no se quemaría}$$

zener regle:

$$I_{zmin} = 5'5 \text{ mA}$$

$$V_{entrada} = 13V$$

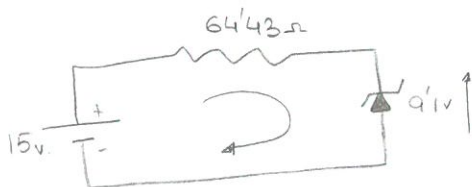
$$I_{RLmax} = 55$$



$$\sum \mathcal{E} = \sum R I$$

$$+13 - 9'1 = R_s \cdot (55 + 5'5) \cdot 10^{-3} \Rightarrow R_s = 64'43 \Omega$$

En el caso de que el zener regle:

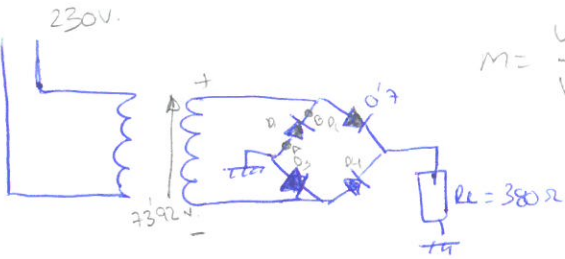


$$I = \frac{+15 - 9'1}{64'43} = 0'091572248$$

$$P = I^2 \cdot R_s = 0'09157^2 \cdot 64'43 = 0'540276$$

$$P = 540'27 \text{ mW}$$

36



$$m = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad m = 4.4 = \frac{V_1}{V_2} = 4.4 \cdot V_2 = 230$$

$$N_2 = 52.27 \cdot e^f$$

separacion

$$I_{D1, nom} = I_{D1, cc} = 100 \text{ mA} \quad I_{D1, cc} =$$

$$V_{D1, nom} = 75 \text{ V}$$

$$m = \frac{66}{15} = 4.4$$

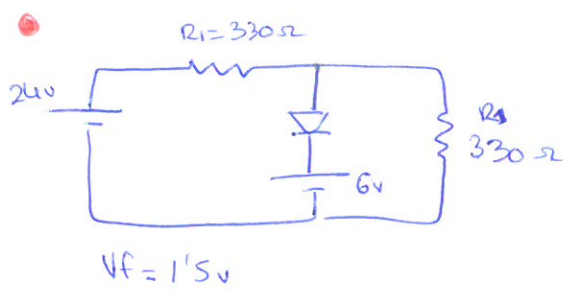
$$V_{2, max} = 52.27 \cdot \sqrt{2} = 73.92 \text{ V}$$

$$I_{RL, max} = \frac{V_{2, max} - 1.4}{R_L} = 0.19084 \text{ A}$$

$$I_{D1, cc} = \frac{1 - I_{RL, max}}{\pi} = 0.06074 \text{ A}$$

$$V_{D1, nom} = V_{AB} + \sum RI - \sum E$$

$$\therefore -(-0.7 + 73.92) = 73.22 \text{ V}$$



(Rth) $R_{AB} = \frac{330 \cdot 330}{330 + 330} = 165 \Omega$

(Vth) $\sum E = \sum RI$

CHAMORRO XXXX