

APELLIDOS

NOMBRE:

SOLUCION

Problema 1- Vamos a considerar el diseño de un Sistema de Alimentación para dar una tensión fija de 6V y corrientes por encima de 1 A. Para ello usaremos un regulador lineal de tres terminales del tipo LDO (Low Drop-Out) con $V_{DROP}=0.4$ voltios, capaz de dar una tensión regulada $V_N=1.2V$ entre sus terminales (3) (**salida**) y (2) (**común**).

1) Diseñe el circuito que usando un muestreador de tensión resistivo produzca esa salida de $V_0=6V$ distinta de la tensión de salida nativa del regulador $V_N=1.2V$. Para ello puede considerar que la corriente que sale por el Terminal (2) es de $100\mu A$. (6 p)

2) La tensión de entrada entre los Terminales (1) (**entrada**) y (2) del regulador va a ser la tensión V_I obtenida al rectificar con un puente de diodos la tensión del secundario de un transformador cuyo primario se conecta a los $V_{Pri}=220$ V eficaces de la red eléctrica y cuya tensión eficaz de secundario V_{Sec} deberemos especificar junto con el producto $V \times A$ de dicho transformador, todo ello de forma razonada y justificando cada decisión que adoptemos. Dibuje el circuito completo cuya entrada sea V_{Pri} y cuya salida sea V_I sobre un condensador de capacidad $C=5000 \mu F/16V$, indicando la misión de C. (6 p)

3) Considerando que la carga absorbe una corriente de 1 A, calcule de forma razonada la variación de tensión que podemos esperar en V_I y a partir de ello, los valores más bajos entre los que se moverá V_I de modo que el regulador regule bien $V_0=6V$ dando esa corriente de salida. (6 p)

4) Considerando una caída de tensión $V_D=0.7V$ para cada diodo del puente rectificador, calcule el mínimo valor de tensión de pico a la salida del secundario del transformador que denotaremos como V_{SPmin} y en función de ello, el valor de tensión eficaz nominal del secundario V_{SNom} si la tensión de red fuese siempre la nominal $V_{Pri}=220$ V ef. (6 p)

5) Considerando que la tensión de red puede variar en un $\pm 10\%$ sobre su valor nominal y a la vista de V_{SPmin} calcule el valor eficaz V_{Sec} que debe tener el transformador y su producto $V \times A$, justificando cualquier aproximación que realice. (6 p)

6) Estime, despreciando el consumo interno del regulador, el rendimiento del circuito considerando que la potencia media entregada a la carga es de 6 vatios y que la tensión de la red eléctrica está en un $+10\%$ sobre su valor nominal. (20 p)

7) Estime la tensión de rizado a la salida en las condiciones anteriores suponiendo que el regulador tiene un factor de reducción de rizado de **60 dB** para todas las frecuencias que pueda tener la tensión de rizado en V_I y que la forma de onda del rizado a la entrada y a la salida del regulador es similar. (5 p)

8) Para evacuar la potencia disipada por el regulador en las condiciones del Apartado 6, no podemos confiar en los $\Theta_{CA}=34$ °C/W que tiene la resistencia térmica existente entre el aire o ambiente circundante y la cápsula del regulador. Compruebe que ello es así para una temperatura ambiente $T_{amb}=25$ °C tomando como temperatura máxima en el interior del circuito integrado $T_{Jmax}=150$ °C. (5 p)

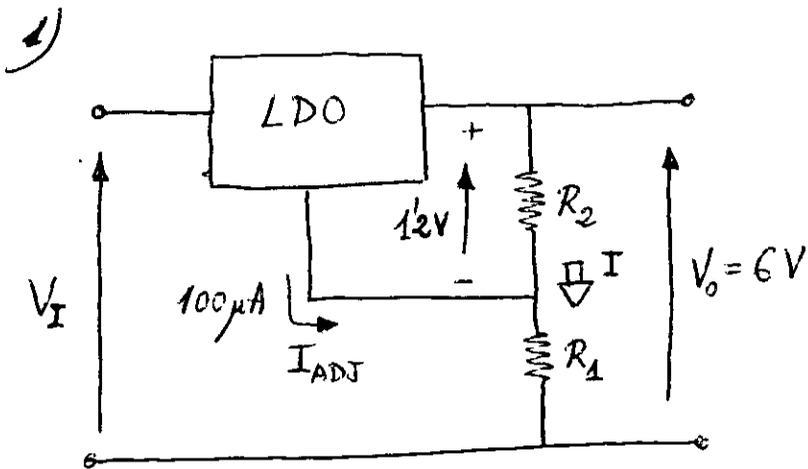
9) Considerando $\Theta_{JC}=3$ °C/W y $\Theta_{CR}=1$ °C/W, calcule la resistencia térmica máxima Θ_{RAmax} entre el ambiente y el radiador que hay que adosar al regulador para que no se destruya en las condiciones del Apartado 6. (10 p)

10) Considerando la etapa de salida de un regulador conmutado reductor cuya salida fuese $V_0=6V$ y cuya entrada tuviese el valor medio de la tensión V_I en las condiciones del Apartado 6, estime qué rendimiento daría para $V_{DDC}=V_D=0.3V$. (30 p)



POLITÉCNICA

Asignatura		Fecha	
Apellidos		Curso	
Nombre	— SOLUCION —		Grupo



Si $I \gg 100 \mu A \Rightarrow$

$$\begin{cases} I \cdot R_2 = 1.2V \\ I \cdot (R_2 + R_1) = 6V \end{cases}$$

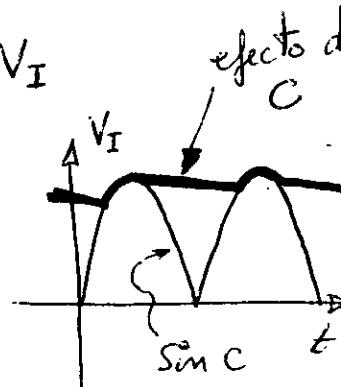
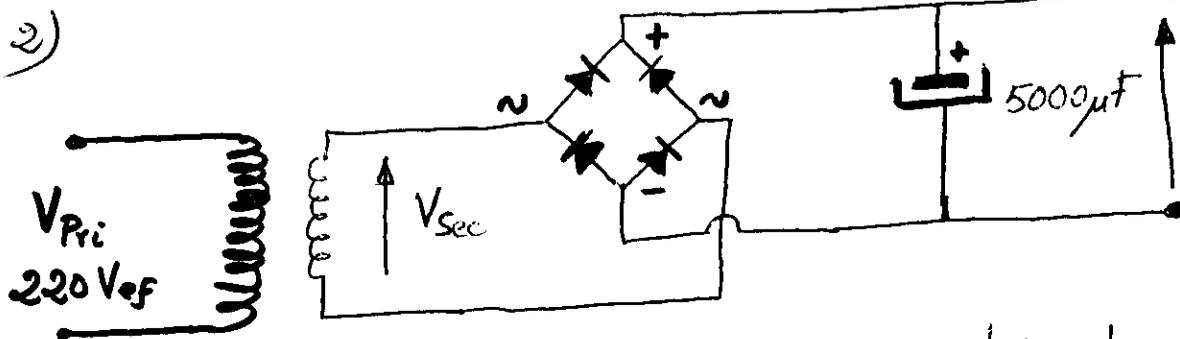
Tomamos $I = 2mA = 20 \text{ veces } I_{ADJ}$

Con ello: $R_1 + R_2 = 3k\Omega$ y $1.2V = 2mA \cdot R_2 \Rightarrow R_2 = 600\Omega$

$R_1 = 2400\Omega$ " $P_{R_2} = 1.2V \times 2mA = 2.4mW \Rightarrow R_2 = 600\Omega / 1/8W$
 $P_{R_1} = 4.8V \times 2mA = 9.6mW \Rightarrow R_1 = 2400\Omega / 1/8W$

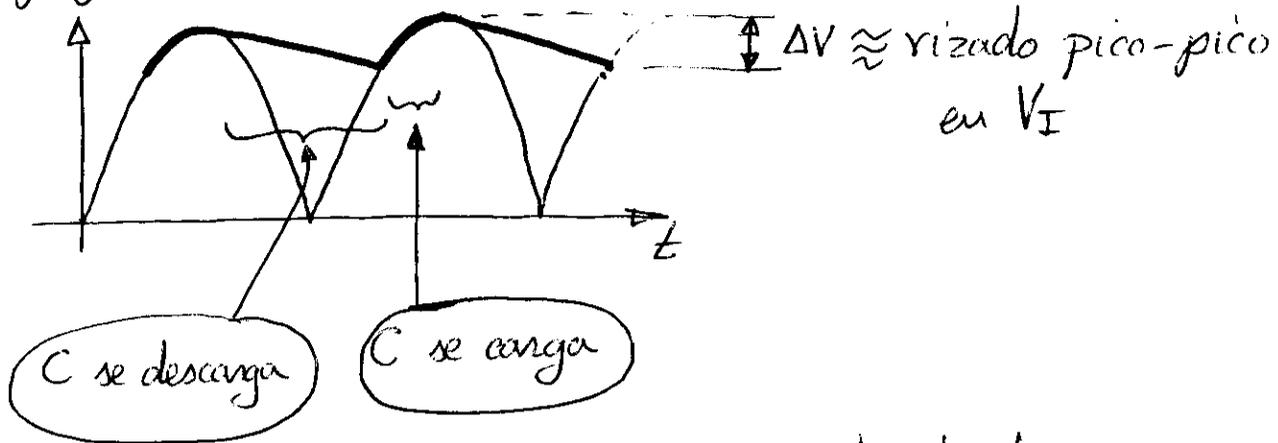
Si estos valores de R_1 y R_2 fuesen exactos, la tensión de salida sería $V_o \approx 6V$ (despreciando efecto de I_{ADJ}) y $V_o = 6.24V$ (4% de error debido al efecto de I_{ADJ} , corregible rebajando R_1 en un 4%)

Por ejemplo: $R_2 = 600\Omega$ y $R_1 = 2304\Omega$, ambas de $1/8 = 0.125W$.



C suaviza el gran rizado de la señal rectificada.

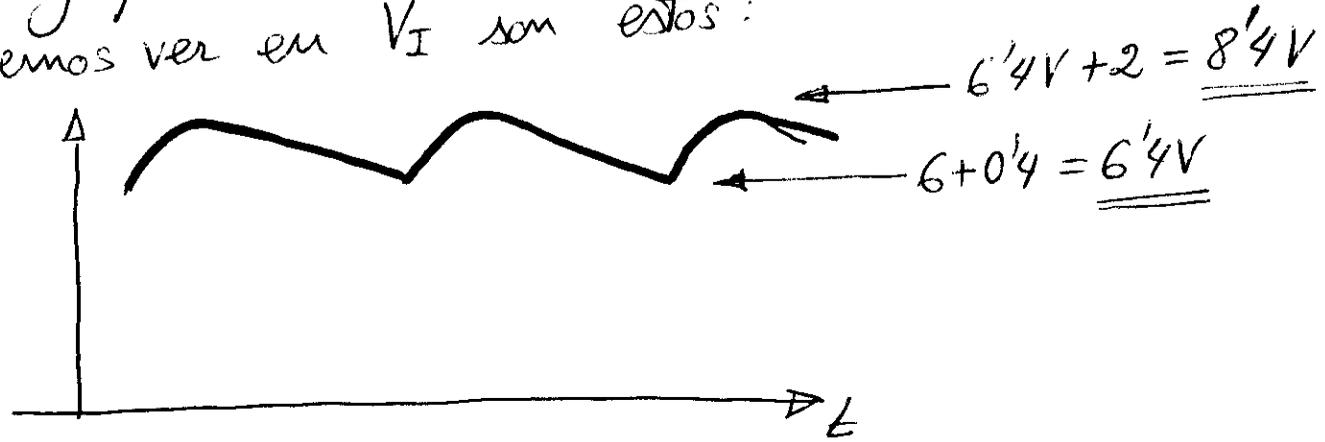
C se carga en la parte alta ascendente de la tensión rectificadora y se va descargando poco a poco en la parte descendente, dando lugar a una tensión mucho más continua, aunque con un rizado importante que refleja esa carga y descarga.



3) Suponiendo que el tiempo de carga es bastante menor que el de descarga, podemos asumir que C se descarga durante $T/2$ (10 ms para $f=50\text{Hz}$). Se descargará dando una corriente de 1A, luego:

$$\Delta V = \frac{1}{C} \int_{T/2} I dt = \frac{I}{C} \cdot \Delta t = \frac{1A}{5000 \cdot 10^{-6}} \cdot 10^{-2} = \underline{\underline{2V}}$$

Como hay que respetar $V_{DROP} = 0.4V$, los valores más bajos que debemos ver en V_I son estos:

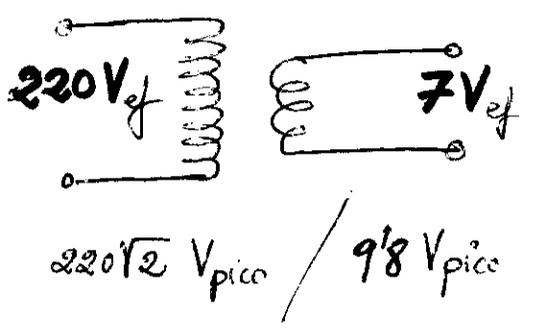


$$4) V_{SP_{min}} = 8'4V + 0'7 + 0'7V = 9'8V$$

Valor de pico (mínimo) del Apartado anterior.
 caída en el puente rectificador

$$V_{SNom} = \frac{9'8V}{\sqrt{2}} \approx \frac{9'8}{1'4} = \underline{\underline{7V}}$$

Por tanto, si la tensión de red fuese estable en cuanto a valor de pico o a valor eficaz, el transformador sería el dibujado



5) Hay que garantizar $V_{SP_{min}} = 9'8V$ cuando la red esté en "horas bajas", es decir cuando la tensión de pico de red sea: $0'9 \times 220 \cdot \sqrt{2}$ voltios. Por tanto, la relación entre tensiones de pico en este caso es: $0'9 \cdot 220\sqrt{2} / 9'8 \Rightarrow$ La relación entre el valor eficaz nominal $220V_{ef}$ en primario y el valor eficaz V_{sec} debe ser esta misma. Dividiendo por $0'9\sqrt{2}$ el numerador y denominador de esa relación tenemos:

$$\frac{0'9 \cdot 220\sqrt{2} / 9'8}{0'9\sqrt{2}} \Rightarrow \frac{220 / 9'8}{0'9 \cdot \sqrt{2}} = \frac{220}{7} = \frac{220}{0'9} / V_{sec}$$

$V_{sec} = 7'8V$. Ahora en cuanto a la corriente que debería dar el secundario, esta sería de 1A en promedio

Si el secundario diese corriente en forma continua o mejor aún: senoidal de 50 Hz, bastaría un producto $V \times A$ de $V_{sec} \times 1A = 7'8 VA$, PERO la corriente la da en forma pulsada, durante el periodo de carga de C y luego no da corriente. Por ello conviene sobredimensionar el transformador empleando un 30% mayor producto VA.

Así necesitaríamos un transformador de relación: 220/7'8 y unos 11 VA.

6) Con la red eléctrica en "horas altas" la tensión de pico será $1'1 \times 220\sqrt{2}$ voltios, lo que para el transformador que hemos elegido con relación de transformación:

$$0'9 \cdot 220\sqrt{2} / 9'8 = 220\sqrt{2} / \frac{9'8}{0'9} = 220\sqrt{2} / 10'9$$

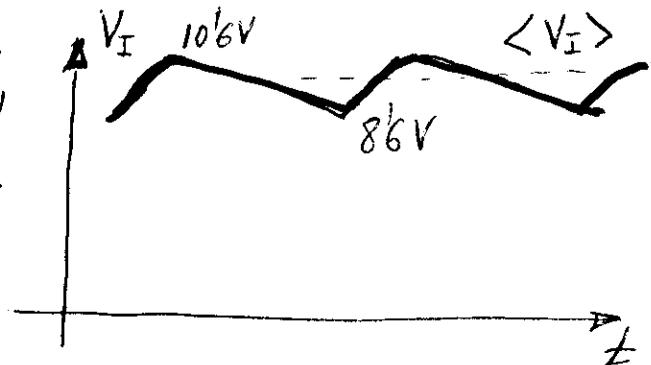
hace que la tensión de pico en secundario sea:

$$1'1 \cdot 220 \cdot \sqrt{2} / 10'9 \cdot 1'1 = 1'1 \cdot 220\sqrt{2} / 11'99 \Rightarrow V_{SP_{max}} \approx \underline{\underline{12V}}$$

Si a la carga damos $6W = V_o \times I_o \Rightarrow \underline{\underline{I_o = 1A}} \Rightarrow$ la fluctuación de tensión en C será de 2V como vimos antes. Por tanto la tensión V_I ahora tendrá un valor máximo de $12V - 0'7 - 0'7 = 10'6V$,

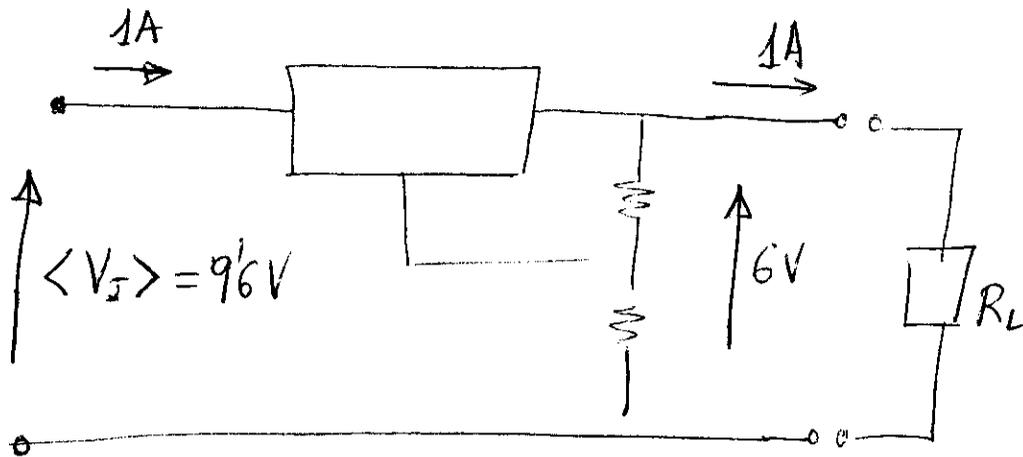
siendo por tanto:

Aproximando la carga por un



trazo recto en el tiempo, y dado que la descarga es otro trazo recto, tendremos una señal triangular que varía entre $10'6V$ y $8'6V$, luego su valor medio es:

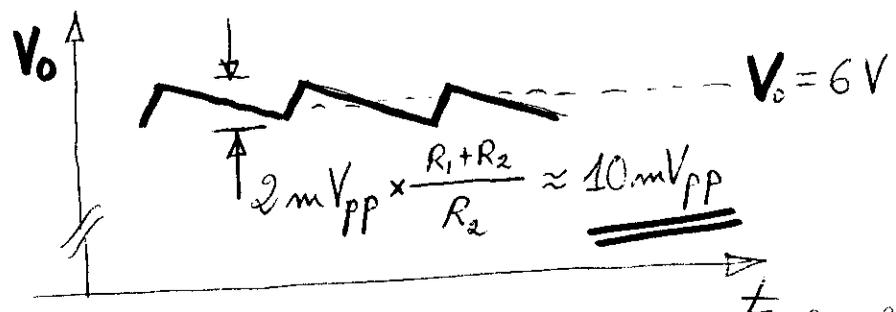
$$\langle V_I \rangle = \frac{10'6 + 8'6}{2} = \underline{\underline{9'6V}}$$



$$\langle P_I \rangle = 9'6 \cdot 1A = 9'6W \quad \langle P_L \rangle = 6V \times 1A = 6W$$

$$\eta = \frac{\langle P_L \rangle}{\langle P_I \rangle} = \frac{6}{9'6} = \underline{\underline{62'5\%}}$$

7) Por lo que dice el enunciado, el rizado en V_o deberá ser de igual forma (cuasi-triangular) al de entrada en V_I que es de 2 voltios pico-pico. Por tanto a la salida habrá $2mV_{pp} \times \frac{R_1+R_2}{R_2}$ con esta forma:



(si el factor de reducción de rizado variase con la frecuencia, la forma de la onda variaría). (también si el desfase de los armónicos lo hiciere)

8) En las condiciones del Apdo 6 se dan 6W a la carga y se absorben 9'6W de la fuente VI (tob ello en promedio o con potencias medias). Por tanto el regulador disipa 9'6-6 = 3'6W que si deben "fluir" a través de $\theta_{CA} = 34 \text{ }^\circ\text{C/W}$, necesitan una caída de temperatura de $3'6 \times 34 = 122'4^\circ$. Si la temperatura ambiente es de 25°C , la temperatura de la unión sería $T_j = 122'4 + 25 = 147'5^\circ\text{C} \approx T_{jmax}$

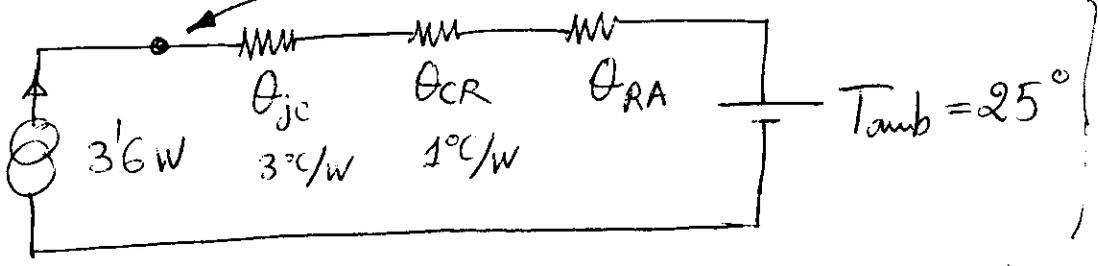
Realmente habría que usar $(\theta_{CA} + \theta_{jc}) = 37^\circ\text{C/W}$, que ya producen una caída de temperatura de:

$$\Delta T = (37 \times 3'6) = 133'2^\circ\text{C}$$

que sumados a $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$ llevarían las uniones a una temperatura $T_j = 133'2 + 25 = 158'2^\circ\text{C}$ que es destructiva

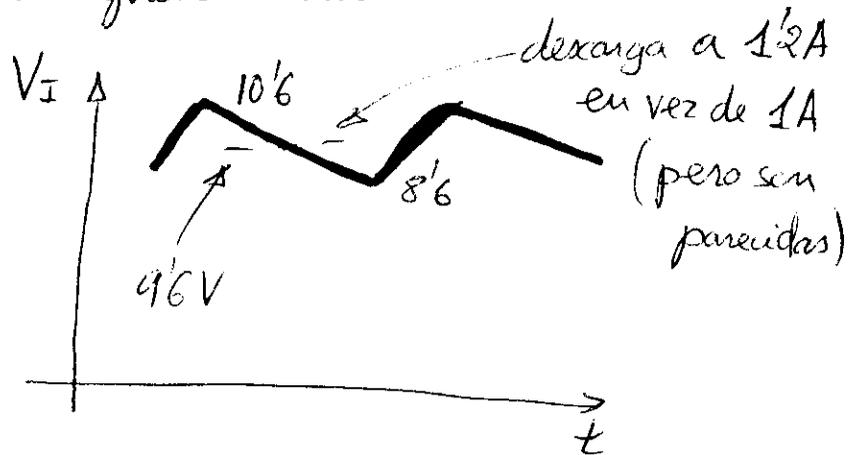
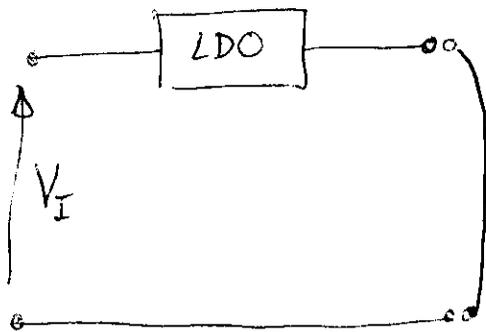
Y mejor aún conviene pensar en que la salida puede cortocircuitarse, en cuyo caso la potencia disipada pasa a ser mucho mayor que $3'6\text{W}$.

9) Para el caso de que no haya cortocircuito a la salida, la potencia máxima que hay que evacuar es de $3'6\text{W}$. Con ello tenemos: $T_j < 150^\circ\text{C}$

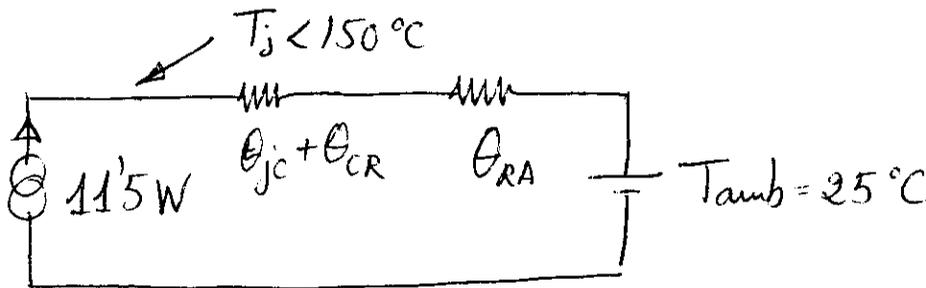


$$150 - 25 \gg 3'6 (3 + 1 + \theta_{RA}) \Rightarrow \theta_{RA} < \underline{\underline{30'7^\circ\text{C/W}}}$$

Para el caso de cortocircuito a la salida y asumiendo que el regulador limita la corriente a 1.2A por ejemplo, la potencia disipada sería aproximadamente

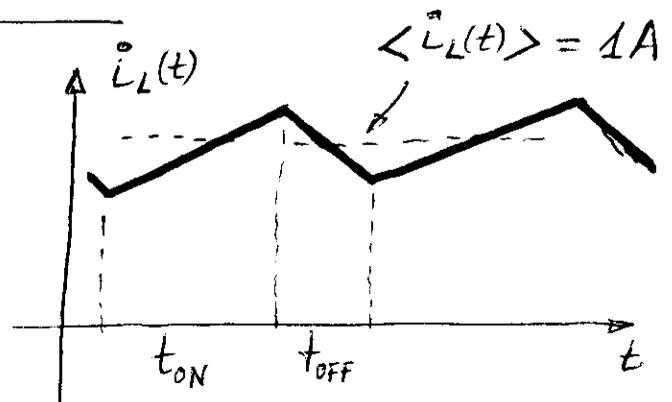
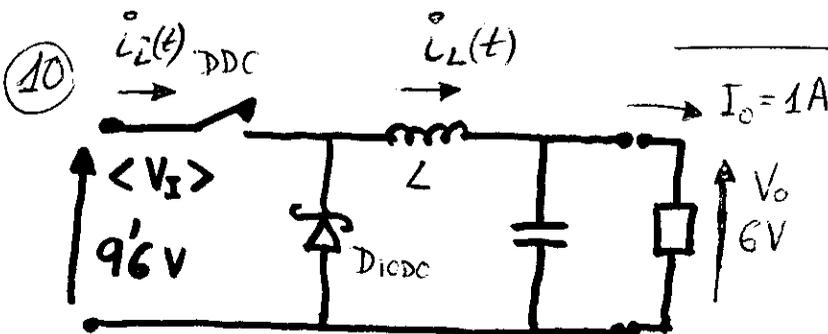


$\langle P_I \rangle \approx 9.6V \times 1.2A = 11.52W \rightarrow$ La debe disipar el regulador.



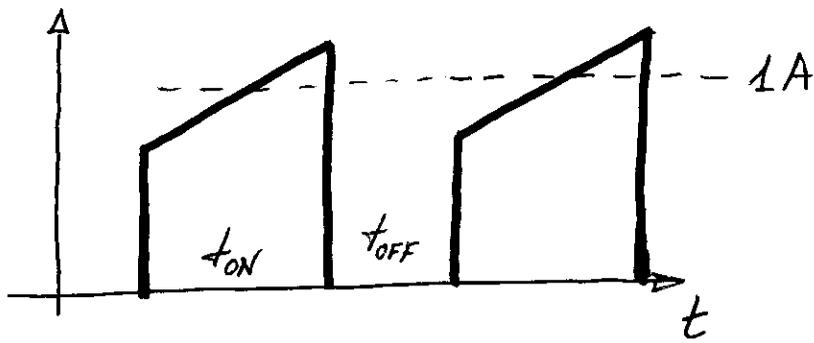
$(150 - 25) > 11.5 (3 + 1 + \theta_{RA}) \Rightarrow 10.8 > 4 + \theta_{RA} \Rightarrow$

$\theta_{RA} < \underline{\underline{6.8}} \text{ } ^\circ\text{C/W}$



El valor medio de $i_L(t)$ en las condiciones del Apdo 6 sería igual a I_o , es decir 1A para tener $\underline{\underline{6W}}$ en la carga.

La corriente $i_i(t)$ será por tanto:



El valor medio de $i_i(t)$ será por tanto:

$$\langle i_i(t) \rangle = 1A \cdot \frac{t_{ON}}{t_{ON} + t_{OFF}}$$

La relación t_{ON}/t_{OFF} sale de igualar $\Delta i_L \uparrow = \Delta i_L \downarrow$

$$\Delta i_L \uparrow = \frac{9.6V - 0.3V - (V_o = 6V)}{L} \cdot t_{ON} = \Delta i_L \downarrow = \frac{(V_o = 6V) + (V_D = 0.3V)}{L} \cdot t_{OFF}$$

$$3.3 t_{ON} = 6.3 t_{OFF} \Rightarrow \frac{t_{OFF}}{t_{ON}} = \frac{3.3}{6.3}$$

$$\langle i_i(t) \rangle = 1A \cdot \frac{t_{ON}}{t_{ON} + t_{OFF}} = 1A \cdot \frac{1}{1 + (t_{OFF}/t_{ON})} = 1A \cdot \frac{6.3}{6.3 + 3.3}$$

$$P_I = 9.6V \times 1A \cdot \frac{6.3}{9.6} = 6.3W \Rightarrow \eta = \frac{P_L}{P_I} = \frac{6}{6.3} = \underline{\underline{95\%}}$$