

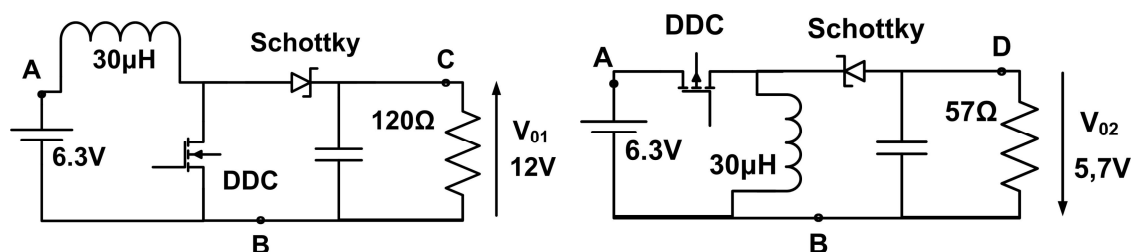
APELLIDOS

NOMBRE:

Problema 1- En un sistema electrónico alimentado por una batería de 6.3V se necesita disponer de una tensión $V_{EX}=12V$ entre dos terminales, uno de los cuales puede ser de la propia batería. El circuito que usará V_{EX} consumirá una corriente I_{EX} mucho menor que 100 mA, que es la corriente que circula por la resistencia de carga $R_L=120\Omega$ del primer circuito propuesto para obtener V_{EX} . Este es el elevador de tensión cuya etapa de salida se muestra y que, controlado por un regulador integrado IC1 que no se ha dibujado, ofrece V_{EX} entre los terminales C y B. La baja corriente I_{EX} apenas modifica por tanto la carga del primer circuito.

Otra opción para obtener V_{EX} es el inversor de tensión cuya etapa de salida también se muestra y que, controlado por un regulador integrado IC2 que no se ha dibujado, genera V_{EX} entre los terminales A y D. Por el mismo motivo, I_{EX} apenas modificará la carga de este segundo circuito. Cualquiera de las opciones está disponible en el sistema y vamos a tratar de ver (entre otras cosas) qué solución puede interesar más según se comporte el circuito que consumirá esa I_{EX} y que vamos a suponer que es una pequeña lámpara.

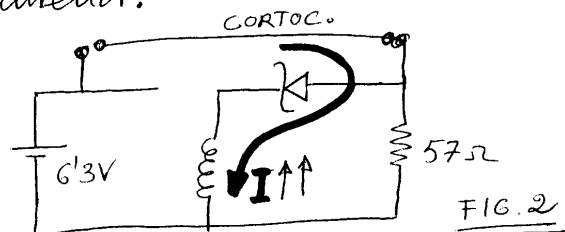
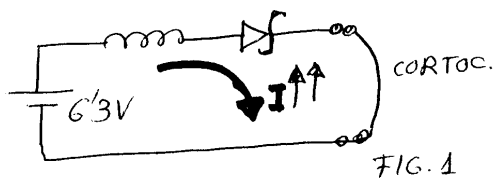
- 1- Suponiendo que tanto IC1 como IC2 son capaces de cortar la excitación que dan a sus respectivos Dispositivos De Control (DDC) al notar que tras varios periodos de reloj la tensión de salida no es la correcta o no evoluciona como debe (por ejemplo aumentando durante el arranque), explique razonadamente que pasará en cada caso si esa pequeña lámpara se cortocircuita accidentalmente. (10 p)
- 2- Explique razonadamente qué ocurrirá con la tensión V_{EX} entregada por cada una de las opciones cuando la batería de 6.3V (batería cargada) pase a tener 5.8V (batería descargada). (10 p)
- 3- Suponiendo que cada regulador IC1 e IC2 toma, mediante un divisor resistivo, una muestra de la tensión de salida V_{01} o V_{02} referida a su raíl de masa B ¿Se le ocurre una forma de V_{EX} no dependa de la tensión de la batería en el caso de que lo hiciera en el apartado anterior? Dibuje la solución circuital que crea conveniente aun a costa de que alguna tensión V_{01} o V_{02} pueda no quedar regulada. Piense que ahora nos resulta más importante V_{EX} que las tensiones de salida V_{01} o V_{02} . (15 p)
- 4- Trabajando con los circuitos originales sin modificar y considerando que IC1 e IC2 son reguladores conmutados de ciclo de trabajo variable y frecuencia fija de 500 kHz, calcule y dibuje las formas de onda de las corrientes en las bobinas y en los diodos Schottky de ambos circuitos. Asuma que la caída de tensión en tales diodos y en los DDCs cuando conducen es: $V_D=V_{DDC}=0.3V$. (50 p)
- 5- Considerando las potencias entregadas a las cargas R_L como potencias útiles (ahora V_{EX} no nos importa) obtenga los rendimientos de ambos circuitos. (15 p)



		Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación Universidad Politécnica de Madrid			
Asignatura			Fecha		
Apellidos			Curso		Calificación
Nombre			Grupo		

1) Si la lámpara cortocircuita los puntos B y C del elevador de tensión, aunque IC1 se "de cuenta" de que V_{o1} no aumenta hacia los 42V, NADA PUEDE HACER para evitar que por la bobina, el diodo y esa lámpara cortocircuitada, circule una gran corriente si la batería la puede dar. Ello destruirá el diodo o la bobina (o la propia batería) con casi total seguridad.

Si la lámpara cortocircuitase los puntos A y D del inversor, IC2 notaría que V_{o2} no tiene el signo adecuado (D quedaría más positivo que B) y continúa su excitación al DDC. Ello parecería dejar la corriente a través de la lámpara limitada por la resistencia de 57Ω, PERO NO ES ASÍ, ya que el camino a través del diodo y de la bobina (en paralelo con esos 57Ω) permitiría un gran paso de corriente a través del diodo y de la bobina con nefastas consecuencias como en el caso anterior.



Nada limita I a valores seguros en ningún caso.

2) Con el elevador de tensión no debería notarse nada (V_{EX} seguiría siendo $12V$) porque IC1 modificará el ciclo de trabajo para seguir manteniendo $V_{O1} = 12V = V_{EX}$. Asumimos, como se indicó en clase, que la batería con $5.8V$ sigue dando corriente sin problemas todavía (aún no está descargada del todo).

Con el segundo circuito, que debido a su regulador IC2 seguiría teniendo $V_{O2} = 5.7V$, la tensión V_{EX} entre los puntos A y D pasará a ser ahora: $V_{EX} = V_{O2} + 5.8V = 11.5V$ en lugar de $12V$.

3) Con el elevador de tensión V_{EX} no depende de la tensión de la batería, con lo que no hay que hacer nada más y por ello parece la opción más recomendable.

En el caso del inversor las cosas son distintas y $V_{EX} = 5.7 + V_{BAT}$ dependerá siempre de V_{BAT} . Podríamos intentar arreglar esto "engañando" a IC2 de modo que, en vez de muestrear V_{O2} que es la tensión entre los puntos **B** y **D** que mantiene constante, muestrease la tensión que parece que ha variado y que sea la que hay entre los puntos **A** y **D**.

Esto tiene un problema, porque la muestra de V_{O2} que IC2 usa para regular V_{O2} está referida a su rail de masa (punto B). Ello significa que el muestreo de V_{O2} será algo así:

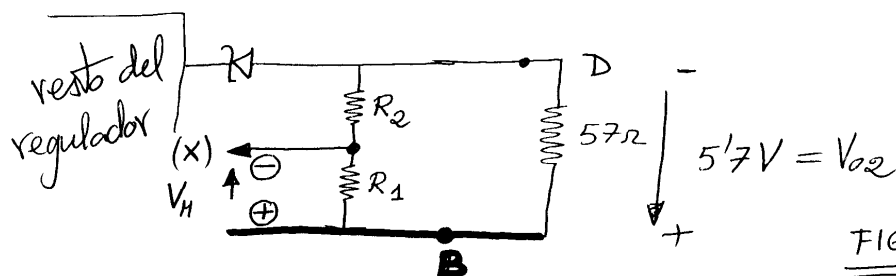


FIG. 3

Es decir: la muestra de tensión V_H , que será una fracción de V_{O2} , TIENE QUE SER ALGO CON LA POLARIDAD INDICADA (punto x más negativo que el rail B).

Por ello, un intento de "engañar a IC2" conectando R_2 (que podría variar su valor a otro R_2^* para buscar V_{ref} adecuada) al punto (A) produciría lo siguiente:

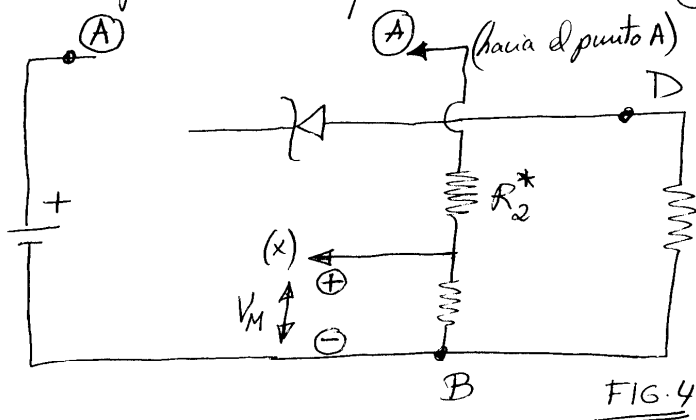


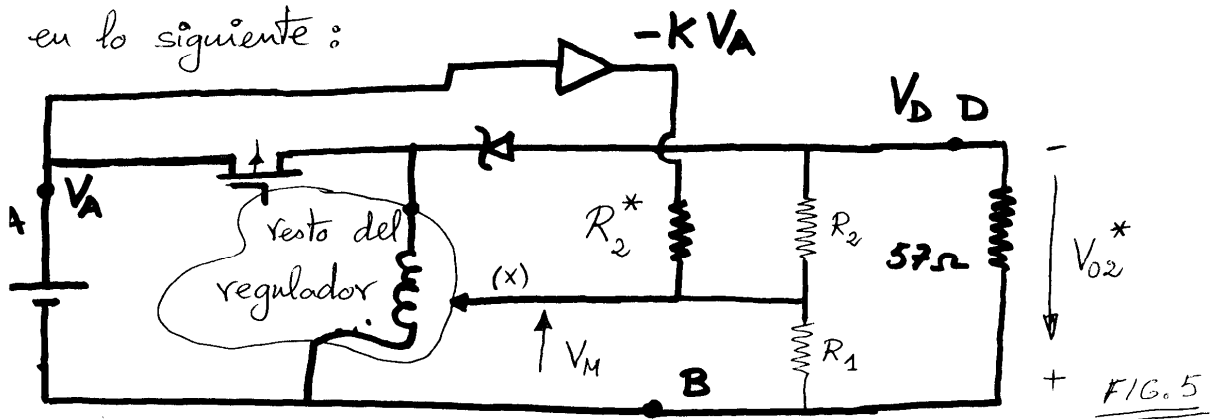
FIG. 4

Es decir: una V_M con signo CONTRARIO al que necesita IC2 para regular. (Realimentación positiva)

Esto descontrolaría totalmente a IC2 y no lograríamos nada. Lo más que podríamos hacer sería un ajuste manual para cada tensión V_{BAT} mediante R_2 ajustable, ajustando así V_{O2} de modo que V_{EX} se acercase a 12V, pero no sería una regulación automática de V_{EX} . Todo esto, evidentemente, sin usar un amplificador inversor que pudiera dar una tensión respecto

(4)
al raíl B que fuese proporcional a la tensión del punto A cambiada de signo, cosa que no era necesario responder. Hasta aquí pues la respuesta a la Pregunta 3.

Pero para quien este motivado por esta "posibilidad" pensemos en lo siguiente:



Considerando R_1 , R_2 y R_2^* en el rango de los $k\Omega$, la baja resistencia de 57Ω entre cuyos extremos hay V_{02}^* voltios se puede considerar como un generador de tensión V_{02}^* ideal y superponer sus efectos a los efectos del generador ideal de tensión $-K V_A$ a la salida del amplificador. Así la tensión V_M entre el punto x y el raíl B será:

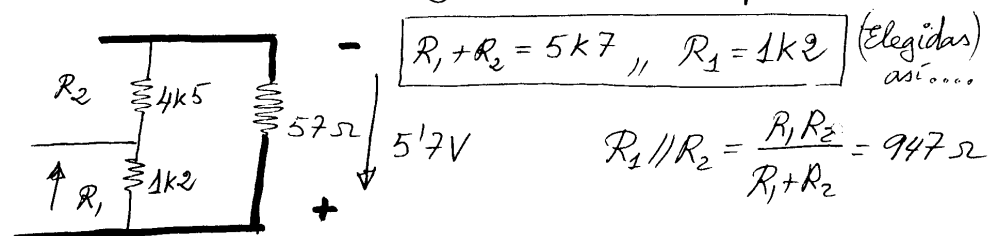
$$V_M = -V_{02}^* \frac{R_1 // R_2^*}{R_1 // R_2^* + R_2} - K V_A \frac{R_1 // R_2}{R_1 // R_2 + R_2^*} \quad (1)$$

y deberá ser igual a la de antes (FIG. 3) que era:

$$V_M = -V_{02} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} = -5'7 \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (2)$$

Para ver cómo quedan las cosas, supongamos que la referencia

para IC2 fuese $|V_M| = 1.2V$ y que tuviéramos por tanto: ⑤



Estudiando la Ecuación (1) vemos que, dependiendo de los valores de R_2^* y de K (ganancia del amplificador) podemos dar distinta "importancia" (peso relativo) a V_{02}^* y a V_A para conseguir la muestra V_M . Tratemos de dar un 50% a cada uno (luego veremos qué significa esto) por lo cual la Ecuación (1) queda:

$$V_M = -1.2V = -V_{02}^* \frac{R_1 || R_2^*}{R_1 || R_2^* + R_2} - V_A \frac{K (R_1 || R_2)}{R_1 || R_2 + R_2^*} = -0.6V - 0.6V$$

$\nearrow$ 50% de 1.2V

Con $|V_{02}| = 5.7V$ y $V_A = 6.3V$ nos queda:

$$0.6V = 5.7 \frac{R_1 || R_2^*}{R_1 || R_2^* + R_2} \Rightarrow \begin{cases} 0.105(R_1 || R_2^*) + 0.105R_2 = 5.7(R_1 || R_2^*) \\ 5.595(R_1 || R_2^*) = 0.105R_2 = 0.105 \cdot 4k5 = 472.5 \end{cases}$$

$$\Rightarrow R_1 || R_2^* = 472.5\Omega / 5.595 = 84.45\Omega \text{ y como } R_1 = 1k2 \Rightarrow \underline{\underline{R_2^* \approx 84.45\Omega}}$$

Este valor, que parece bajo por ser del orden de los 57Ω que hemos considerado como un generador de tensión ideal V_{02}^* , puede hacerse 10 veces mayor haciendo R_1 y R_2 diez veces más grandes. Suponemos que este es el caso y tenemos: $R_1 = 12k\Omega$, $R_2 = 45k\Omega$, $R_1 || R_2 = 9470\Omega$ y $R_2^* = 845\Omega$. Así la aproximación de V_{02}^* como generador ideal sin R_{th} está bien justificada.

y ahora, continuando con la Ecuación (1) y $V_A = 6.3V$ nos queda: ⑥

$$0.6V = -6.3V \cdot \frac{K(9470\Omega)}{9470\Omega + R_2^*} \Rightarrow \left\{ \frac{0.6}{6.3} = K \cdot 0.918 \Rightarrow \underline{\underline{K = 0.103}} \right.$$

$R_2^* \rightarrow 845\Omega$

Con estos valores y $V_{BAT} = 6.3V$, la tensión V_{O2}^* sería de $-5.7V$ y según la Ecuación (1) la muestra V_M se debería en un 50% a V_{O2}^* (que por eso mismo será la mitad de estable que el V_{O2} que aparece en la Fig. 3 para V_{BAT} fija en $6.3V$) y que variará para compensar cualquier variación en V_{BAT} .

Si V_{BAT} (que es V_A) cayese de $6.3V$ a $6.1V$, V_{O2}^* crecería en $0.2V$ para compensarlo pasando a ser $V_{O2}^* = -5.9V$ y así sucesivamente. De esta forma tendríamos una suma de tensiones $|V_{O2}^*| + V_A \approx 12V$ quedando sin regular V_{O2}^* que dependería ahora de V_{BAT} .

$$4) f_{sw} = 500kHz \Rightarrow T = 2\mu s = t_{ON} + t_{OFF}$$

En el elevador la bobina se carga durante t_{ON} con $6.3 - 0.3 = 6V$ por lo que la variación de corriente en ella será:

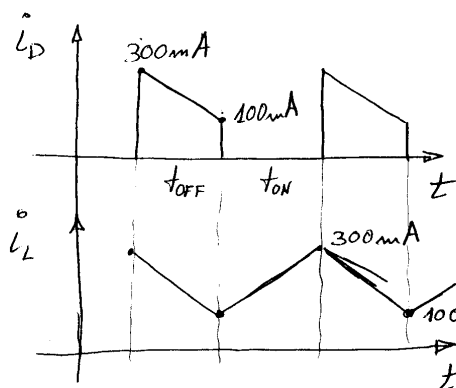
$$\Delta I_L \uparrow = \frac{6V}{30\mu H} \cdot t_{ON} \text{ y su descarga: } \Delta I_L \downarrow = \frac{12 + 0.3 - 6.3}{30\mu H} \cdot t_{OFF}$$

$$\text{Por tanto } t_{ON} = t_{OFF} = 1\mu s \text{ y } \Delta I_L \uparrow = \Delta I_L \downarrow = 200mA$$

Tanto en el elevador como en el inversor la corriente entregada

7

a la carga es de 100mA ($12\text{V}/120\Omega$ y $5.7\text{V}/57\Omega$) y en ambos casos la corriente media por el diodo Schottky debe ser ese mismo valor de 100mA . Por todo ello en el elevador:



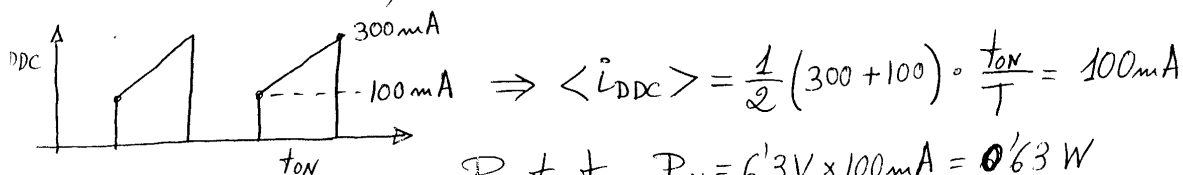
$$\langle \hat{i}_D \rangle = \frac{1}{2} (300 + 100) \cdot \frac{t_{OFF}}{T} = 100\text{mA}$$

$$\langle \hat{i}_L \rangle = 200\text{mA}$$

En el inversor la bobina, de $30\mu\text{H}$ también, se carga con 6V y se descarga luchando contra otros 6V . Por tanto las formas de onda de $\hat{i}_D$ e $\hat{i}_L$ son similares, con $\Delta i_L \uparrow = \Delta i_L \downarrow = 200\text{mA}$ y con $\langle \hat{i}_D \rangle = 100\text{mA}$ y no hace falta repetirlas.

5) En el caso del elevador la potencia media entregada por la batería es: $P_{IN} = 6.3\text{V} \times \langle \hat{i}_L \rangle = 1.26\text{W}$ y la potencia media entregada a la R_L de 120Ω es: $P_L = 12^2/120\Omega = 12\text{V} \times 100\text{mA} = 1.2\text{W}$. Por tanto el rendimiento será: $\eta_{ELEV} = \frac{1.2}{1.26} = \underline{\underline{95.2\%}}$.

En el caso del inversor, la corriente a través del DDC será:



$$\Rightarrow \langle \hat{i}_{DDC} \rangle = \frac{1}{2} (300 + 100) \cdot \frac{t_{ON}}{T} = 100\text{mA}$$

$$\text{Por tanto: } P_{IN} = 6.3\text{V} \times 100\text{mA} = 0.63\text{W}$$

$$P_L = |V_{O2}| \times 100\text{mA} = 5.7\text{V} \times 100\text{mA} = 0.57\text{W} \Rightarrow \eta_{INVER} = \frac{0.57}{0.63} = \underline{\underline{90.5\%}}$$