

PRÁCTICA 2

FUENTES DE ALIMENTACION

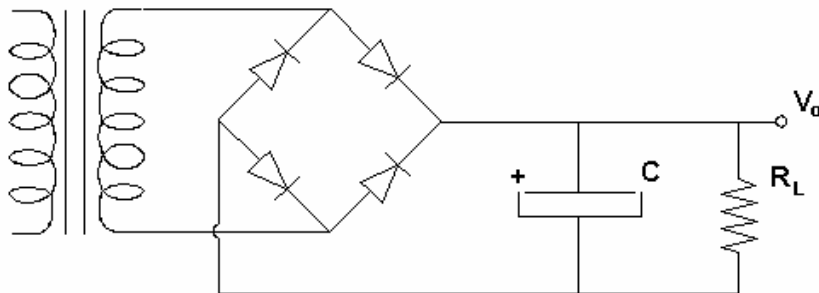
Duración estimada: 2 semanas

Objetivos de la práctica:

1. Comprender los conceptos fundamentales de fuentes de alimentación estabilizadas y regulables.
2. Iniciarse en las técnicas de diseño de circuitos electrónicos.

2.1 Fuente de alimentación simple.

En este apartado van a construir una fuente de alimentación estabilizada. Para ello aprovechamos la experiencia adquirida en cursos anteriores en el montaje de circuitos rectificadores de media onda y onda completa con y sin condensadores.

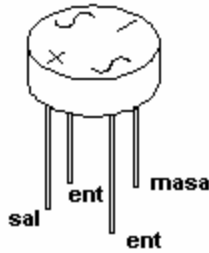


El rectificador de onda completa con condensador, también es conocido como **fente de alimentación simple** (y así nos referiremos al conjunto en adelante). Está compuesto de un transformador, un circuito rectificador y un condensador de filtro. (La resistencia **no** pertenece a la fuente simple, es sólo una carga).

Realicen el montaje de la figura, teniendo cuidado con el transformador, si por error cortocircuitan la salida, se puede quemar. El puente de diodos será uno de 40 V, 1 A (o superior). Observen que éste es el principio de los transformadores-rectificadores utilizados para los aparatos a pilas cuando se les alimenta a través de la red (rectificación de corriente alterna a corriente continua).

El condensador es electrolítico, y es muy importante mantener la polaridad correcta. Este tipo de condensadores presenta claramente un signo positivo y otro negativo y, si no se guarda la polaridad, además de no funcionar puede explotar.

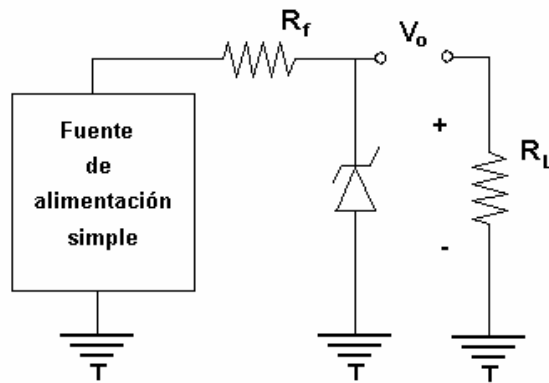
El conexionado del puente de diodos es el de la figura.



- 2.1.a) Realice el montaje de la figura sin incluir el condensador. Para la carga introduzca una resistencia de $R_L=100\text{ k}$. Medir sucesivamente (**no simultáneamente**) la tensión a la salida del transformador y en bornes de la resistencia. Dibujar las señales por separado y superpuestas. ¿Coincide el resultado con lo esperado a la salida de un puente de diodos?.
- 2.1.b) Realice el montaje de la figura esta vez con el condensador incluido. El condensador electrolítico será de 100μ , 35 V. Medir sucesivamente (**no simultáneamente**) la tensión a la salida del transformador y en bornes de la resistencia. Dibujar las señales por separado y superpuestas. Análisis de los resultados.
- 2.1.c) Calcule el factor de rizo que presenta el circuito a su salida
- 2.1.d) A la vista de lo anterior, ¿Por qué cree que se denomina a este circuito fuente de alimentación simple?

2.2. Fuente de alimentación estabilizada

Se desea que una fuente de alimentación proporcione un voltaje más estable que el obtenido con la fuente de alimentación simple. Una manera de lograrlo es utilizando un diodo zéner. Es un diodo ideado para trabajar con polarización inversa, y carece de interés su comportamiento en directa (donde es igual que cualquier otro diodo).



En inversa, al alcanzar una determinada zona, a pequeños aumentos de tensión corresponden grandes aumentos de corriente, de forma que, en la región de trabajo, el zéner es capaz de mantener en sus extremos una tensión considerablemente estable. En la resistencia R_f caerá la diferencia de tensión existente entre la proporcionada por la f.a. simple y el voltaje zéner. En todas las fuentes de alimentación estabilizadas existe un elemento que cumple esta función.

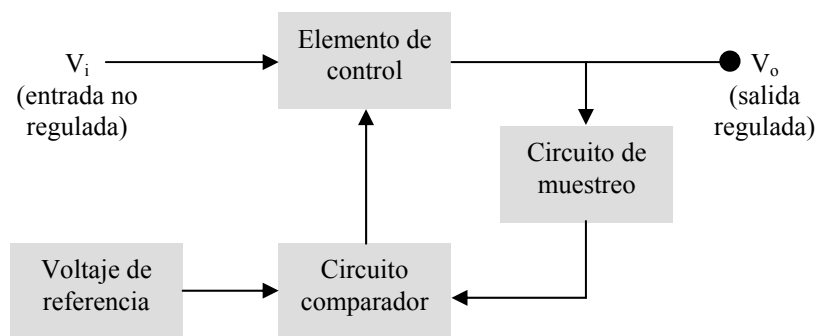
- 2.2.a) Utilice el zéner BZX55C5V6 que se ha proporcionado. Averigüe que valor mínimo debe tener la resistencia R_f para que ninguna parte del circuito resulte dañada. Para ello, busque en las hojas de especificaciones cuál es la potencia máxima que puede disipar. Esta potencia debe ser utilizada de manera que cuando el circuito no esté cargado (no hay resistencia de carga R_L) la corriente que atraviesa el diodo no lo queme. Además añada como condición que la resistencia R_f sólo debe disipar $\frac{1}{4}$ W. ¿Qué condición fijará el límite mínimo?
- 2.2.b) A continuación calcule el rango de resistencias de carga en el que la tensión V_o va a venir dada por la tensión zéner del diodo. Para ello tenga en cuenta que para que el dispositivo se encuentre en la zona de disrupción lo ha de atravesar una corriente positiva del cátodo al ánodo.
- 2.2.c) Utilice $R_f = 1,5 \text{ k}\Omega$ y mida la tensión V_o . Primero sin resistencia de carga, y después con distintas cargas R_L dentro y fuera del rango de funcionamiento que ha calculado en el apartado anterior (si lo considera necesario asocie resistencia en serie y/o paralelo para obtener más valores). Presente los resultados en una tabla o una gráfica. ¿Qué puede decir de la estabilidad de este tipo de montaje?
- 2.2.d) ¿Cómo se consigue que esta fuente de alimentación sea más estable que la simple?. Para responder correctamente, puede ser útil ver la salida de la fuente eliminando el condensador electrolítico del montaje.

2.3. Regulador de voltaje en serie

El objetivo de un regulador de voltaje es ofrecer una tensión dc a la salida regulada o mantenida a un valor establecido incluso si el voltaje a la entrada varía o si la carga conectada a la salida cambia.

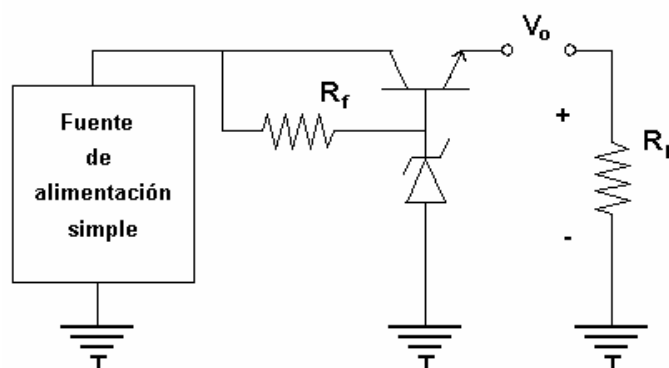
Uno de los problemas que tiene la fuente de tensión del apartado anterior es que admite un rango de resistencias de carga reducido para que el circuito funcione correctamente. Para solucionarlo se suele emplear un transistor con lo que se aumenta el rango de funcionamiento de la fuente estabilizada.

El esquema de un regulador en serie es el que se muestra en la siguiente figura.



Se denomina regulador de voltaje en serie puesto que los elementos que controlan la cantidad de voltaje de la entrada que llega a la salida se encuentran en serie con esta última.

Utilicen el esquema de la siguiente figura para montar un circuito regulador en serie sencillo.



Ahora la diferencia de tensión entre la f.a. simple y el voltaje a la salida cae entre el colector y el emisor de un transistor. Además nos vamos a aprovechar de la ganancia de corriente continua β de dicho

transistor para aumentar el rango de resistencias de carga para las cuales el circuito funciona correctamente.

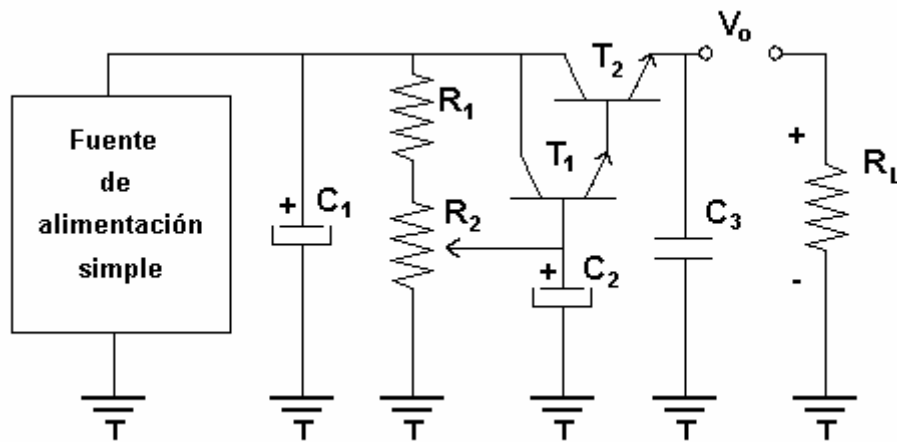
- 2.3.a) Utilice $R_f = 1,2 \text{ k}\Omega$, el NPN BD137 (o similar) y el zéner del montaje anterior. Mida la tensión V_o primero sin resistencia de carga, y después con distintas cargas R_L siempre superiores a 50Ω (si lo considera necesario asocie resistencia en serie y/o paralelo para obtener más valores). Presente los resultados en una tabla y una gráfica. ¿Qué puede decir de la estabilidad de este tipo de montaje? ¿Y del rango de resistencias de carga que pueden conectarse manteniendo (aprox.) el voltaje de funcionamiento?
- 2.3.b) Utilice las hojas de especificaciones para calcular qué valores puede tomar R_f sin que peligre el diodo. ¿Es posible que los voltajes entre los terminales del BD137 superen los valores máximos que proporciona el fabricante?
- 2.3.c) Calcule ahora el rango de valores de resistencia de carga R_L que pueden utilizarse con el montaje que estamos considerando. Tendrá que tener en cuenta dos aspectos: por un lado que el diodo zéner precisa que lo atraviese una corriente no nula para funcionar; y por otro que la potencia disipada en el transistor no debe superar un determinado límite. ¿Cuál de estos dos límites impondría al usuario de esta fuente de alimentación?
- 2.3.d) En el apartado anterior habrá obtenido un límite mínimo para R_L por debajo del cual el circuito puede no funcionar o incluso estropearse debido a la corriente que tiene que suministrar. Imagine que usted distribuye comercialmente una fuente de alimentación basada en el montaje que estamos estudiando. Por un lado tendría la entrada de la red eléctrica y por otro dos bornas de salida. Puesto que no puede evitar que el usuario cortocircuite estas bornas, ¿se le ocurre alguna sencilla modificación del esquema básico para lograr que, en el caso de una mala utilización, al menos ningún dispositivo interno sufra daños? Comente qué consecuencias tendría esta solución en el funcionamiento normal del aparato. Plantee tantas soluciones como se le ocurran.

2.4. Fuente de alimentación regulable en serie sin amplificador operacional

(OPTATIVO)

En ocasiones es interesante conseguir fuentes de alimentación que puedan proporcionar a la carga un voltaje ajustable por el usuario. Éste es el propósito del montaje de la figura, donde observamos la presencia de un potenciómetro. Se trata de un dispositivo con tres terminales de manera que entre los de los extremos presenta la resistencia total que puede dar, mientras que el tercero es móvil y, dependiendo de su posición, presentará respecto de uno de los anteriores una determinada resistencia y

con el tercero, la resistencia complementaria para conseguir la total. Nos servirá para ajustar la tensión de salida dentro de un rango de valores.



El condensador C_1 simplemente mejora el funcionamiento de la fuente de alimentación simple haciéndola más plana. El condensador C_3 tiene como función atenuar posibles picos de tensión en la carga, lo que puede ser muy importante en determinadas aplicaciones. El conjunto resistencia – potenciómetro se comporta como un divisor de tensión y se utiliza para regular el voltaje a la salida. El condensador C_2 garantiza la estabilidad de la tensión en la base de T_1 . El conexionado de los dos transistores responden a la configuración *Darlington*. La principal característica de esta configuración es que se comporta como un único transistor cuya ganancia de corriente continua (β) es aproximadamente el producto de las ganancias de los transistores que lo forman ($\beta = \beta_1 \cdot \beta_2$). Por lo tanto la corriente en la base de T_1 será muy pequeña y no afectará apenas al divisor de tensión. Entonces, despreciando los voltajes entre bases y emisores de los transistores, podemos suponer el voltaje a la salida gobernado por las ecuaciones del divisor de tensión:

$$V_o \approx \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{in}$$

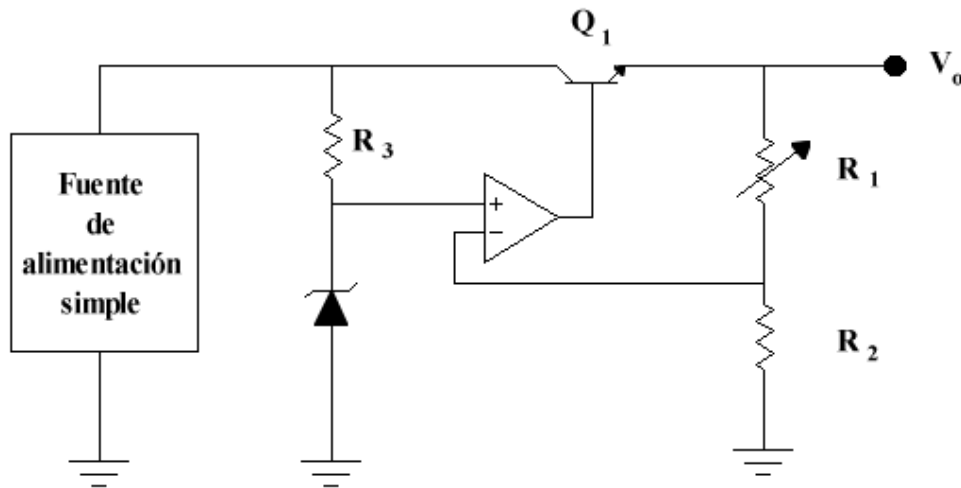
o siendo más exactos:

$$V_o \approx \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{in} - (V_{BE,1} + V_{BE,2})$$

- 2.4.a) **(OPTATIVO)** Elija un potenciómetro de los que se ha suministrado y calcule cuál debe ser el valor de R_1 para que la fuente suministre un voltaje variable entre 0 V y 15V.
- 2.4.b) **(OPTATIVO)** Monte el circuito con la resistencia y el potenciómetro elegidos. Utilice además $C_1 = 220\mu\text{F}$ (35 V), $C_2 = 100\mu\text{F}$ (40 V), $C_3 = 100 \text{ nF}$, $T_1 = \text{BC548}$ y $T_2 = \text{BD137}$. Mida para distintas resistencias de carga los valores máximos y mínimos de tensión que obtiene a la salida. Realice una tabla con los resultados. **Muestre el montaje al profesor.**

2.5. Regulador en serie con amplificador operacional

Otra versión de un regulador en serie es la que se muestra a continuación. El amplificador operacional compara el voltaje de referencia del diodo Zener con el voltaje de retroalimentación de los resistores R_1 y R_2 . Si el voltaje a la salida varía, se controla la conducción del transistor de paso Q_1 para mantener el voltaje a la salida constante.

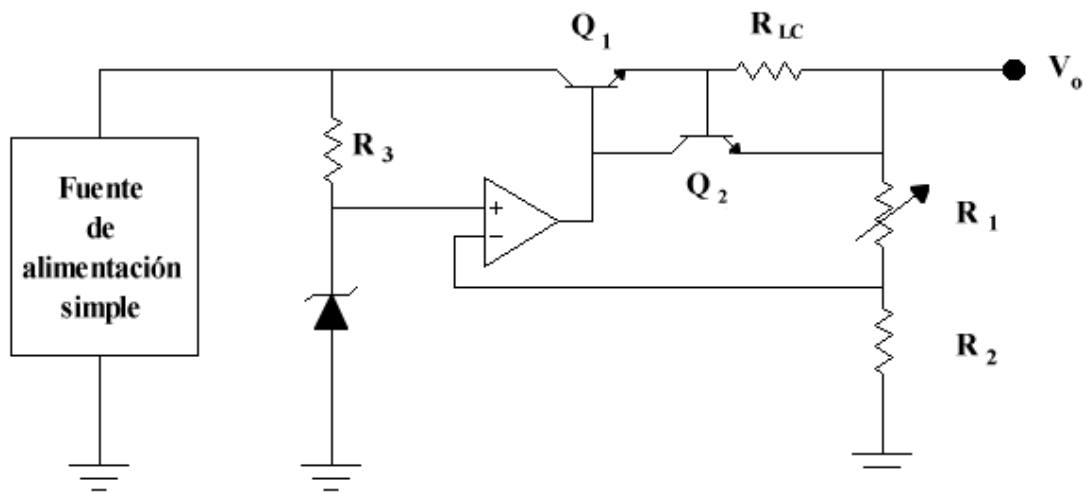


- 2.5.a) Utilice el zéner de los apartados anteriores. Con las hojas de especificaciones del diodo y sabiendo que las resistencias del laboratorio son de $\frac{1}{4}$ W, determine el valor de R_3 para que ningún componente del circuito sufra daño alguno.
- 2.5.b) Con el potenciómetro suministrado determine el valor de R_2 para que la tensión máxima obtenida a la salida sea $2 \cdot V_Z$.
- 2.5.c) Utilice el NPN BD137 (o similar). Calcule ahora el rango de valores de resistencia de carga R_L que pueden utilizarse con el montaje que estamos considerando. Tendrá que tener en cuenta que la potencia disipada en el transistor y la resistencia de carga no deben superar un determinado límite.
- 2.5.d) Realice el montaje del regulador en serie con amplificador operacional empleando el integrado LM324 y los valores que ha calculado. Para la alimentación del integrado utilice la salida de la fuente simple. Con el potenciómetro en la posición donde el voltaje a la salida es máximo, realice una tabla y una gráfica con el voltaje obtenido a la salida al probar distintas resistencias de carga.
- 2.5.e) Analice los resultados. ¿Qué mejoras obtiene con este diseño? ¿Por qué?

2.6. Circuito limitador de corriente

(OPTATIVO)

Para proteger el transistor de paso serio contra una disipación excesiva debida a sobrecargas y cortocircuitos, se necesita una cierta forma de limitación de la intensidad. En la siguiente figura podemos ver un montaje muy utilizado usando como base el regulador del apartado anterior.

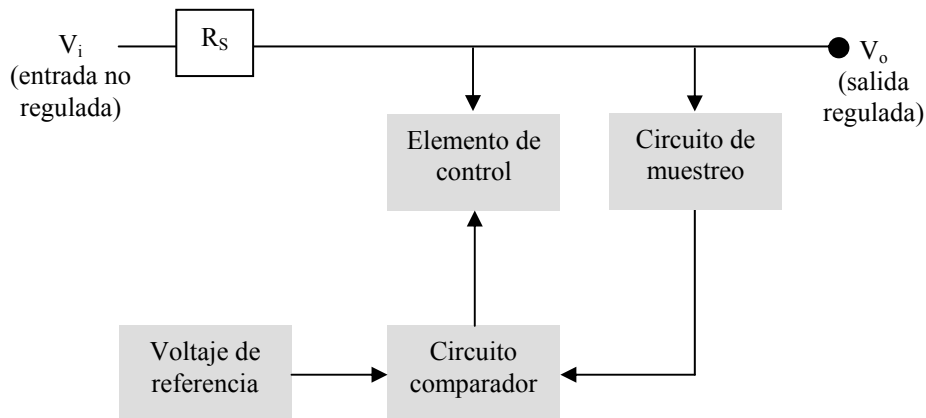


Entre el transistor de paso y la carga se intercala una pequeña resistencia R_{LC} cuyo valor se toma de manera que dé una caída de tensión entre sus extremos de aproximadamente igual a 0.7 V. A medida que disminuye la resistencia de carga, la corriente de carga se incrementa y por consiguiente la caída de voltaje a través de la resistencia R_{LC} también crece. Cuando la caída de voltaje a través de R_{LC} llega a ser lo suficientemente grande, activará a Q_2 , para desviar la corriente de la base del transistor Q_1 , por lo tanto la corriente de carga a través del transistor Q_1 , se reduce y evita cualquier corriente adicional a través de la resistencia de carga.

- 2.6.a) **(OPTATIVO)** Calcule el valor de R_{LC} para que la corriente máxima que pueda circular por la resistencia de carga sea 30 mA.
- 2.6.b) **(OPTATIVO)** Monte el regulador de tensión con limitador de corriente empleando el valor de R_{LC} calculado y el transistor BC548 para Q_2 . Pruebe con distintas resistencias de carga mayores y menores de 220 Ω , realice una tabla y una gráfica en la que se vea la relación entre la tensión de salida y la resistencia de carga empleada. Analice los resultados.

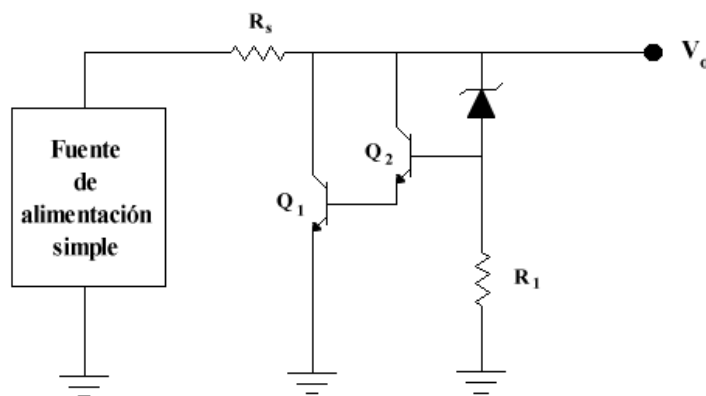
2.7. Regulador de voltaje en derivación

Un regulador de voltaje con derivación ofrece regulación mediante la derivación de la corriente de carga para regular el voltaje de salida. En la siguiente figura se puede observar el diagrama de bloques de este tipo de regulador de voltaje.



El voltaje de entrada no regulado proporciona corriente a la carga. Una parte de la corriente se deriva por el elemento de control para mantener el voltaje de salida regulado a través de la carga. Si el voltaje a través de la carga intenta cambiar como consecuencia de un cambio en la carga, el circuito de muestreo proporcionará una señal de retroalimentación al comparador, el cual a su vez proporcionará una señal de control para variar la cantidad de corriente derivada por la carga.

Un circuito sencillo para realizar una fuente de tensión regulada en derivación es el que se muestran en la figura



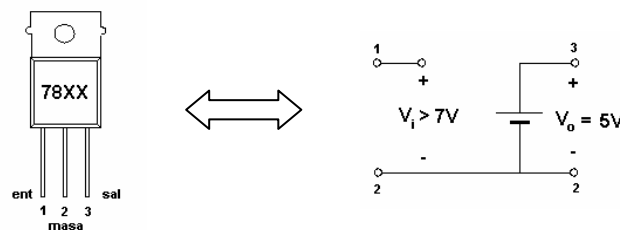
El voltaje a la salida de este circuito será:

$$V_o = V_z + V_{BE1} + V_{BE2}$$

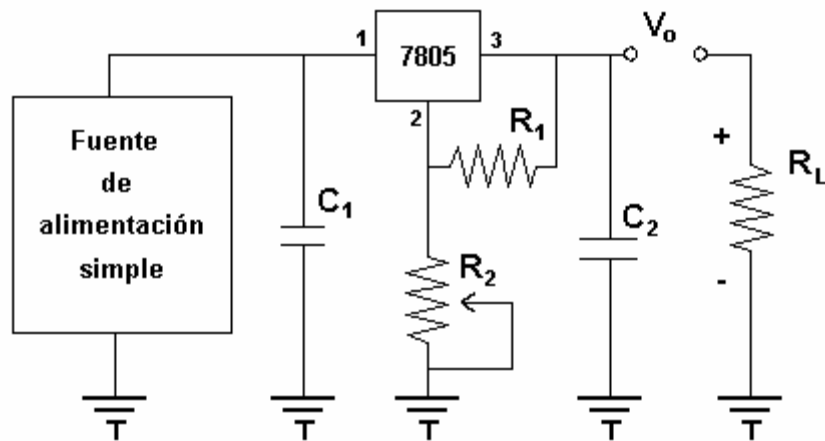
- 2.7.a) Calcule el valor mínimo de R_S necesario para que la resistencia no sufra ningún daño. Suponga que la potencia máxima que pueden disipar las resistencias son de $\frac{1}{4}$ W.
- 2.7.b) Utilice el NPN BD137 para Q_1 y el BC548 para Q_2 . Calcule ahora el rango de valores de resistencia de carga R_L que pueden utilizarse con el montaje que estamos considerando.
- 2.7.c) Realice el montaje empleando una resistencia R_1 elevada. Compruebe el voltaje a la salida con distintas resistencias de carga y realice una gráfica con los valores obtenidos. Comente los resultados.
- 2.7.d) El conexionado de los dos transistores responden a la configuración *Darlington*. La principal característica de esta configuración es que se comporta como un único transistor cuya ganancia de corriente continua (β) es aproximadamente el producto de las ganancias de los transistores que lo forman ($\beta = \beta_1 \cdot \beta_2$). ¿Por qué se emplea esta configuración? ¿Por qué se indica que R_1 debe tener un valor elevado?

2.8. Fuente de alimentación regulable y estabilizada

Hacemos uso de un integrado comercial, el 7805. Éste, como todos los de la familia 78XX (donde XX corresponde a la tensión de salida, que puede ser 5, 6, 8, 12, 15,...) proporciona una tensión fija, muy estable, entre dos de sus patas, la 3 y la 2 a condición de que se le alimente con un voltaje superior entre sus terminales 1 y 2. El encapsulado necesita un disipador cuando el integrado tiene que consumir mucha potencia.



Este integrado mantiene constante la V_o para variaciones de la V_i entre 7 y 35 V, y las variaciones de la corriente de salida producidas por la resistencia de carga son internamente compensadas, siempre que no se supere la I_{tot} (1A), en cuyo momento se desconectará el circuito interrumpiendo el paso de corriente.



Los dos condensadores actúan como supresores de transitorios que puedan afectar a la entrada del regulador o a la carga. R_1 y R_2 forman un divisor de tensión que actúa como elemento de muestreo de la f. a. regulable.

Analizando el circuito, obtenemos que $V_o = V_{R1} + V_{R2} = I_{R1} \cdot R_1 + I_{R2} \cdot R_2$. Se puede aproximar que $I_{R1} = I_{R2}$, así que $V_o = I_{R1} \cdot (R_1 + R_2)$. Sabemos que entre las patillas 3 y 2 del integrado tenemos una tensión constante V_{xx} , así que $I_{R1} = V_{xx} / R_1$. Igualando con la expresión anterior, tenemos que

$$\frac{V_{xx}}{R_1} = \frac{V_o}{R_1 + R_2} \Rightarrow V_o = V_{xx} \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

Así que si queremos que a la salida, la tensión nos varíe desde 5V hasta 15V, por ejemplo, tenemos una guía en esta última ecuación para elegir los valores de las resistencias. Es evidente que la tensión mínima que puede suministrar este montaje son los 5V característicos del integrado que estamos usando.

Coloquen el disipador en el integrado, porque cuando se entregue a la salida una tensión pequeña, y la carga pida una corriente que haga que el integrado disipe más potencia de la que puede, éste se quemará

- 2.8.a) Utilizando el potenciómetro de 1K, calcule el valor de R_1 para proporcionar un voltaje máximo de 15 V utilizando las ecuaciones anteriores. Construya el circuito eligiendo C_1 y C_2 que crea adecuados entre los que se le ha proporcionado (consulte los montajes que aparecen en las hojas de especificaciones). Sin cargar el circuito, compruebe los valores máximo y mínimo obtenidos. ¿Coinciden con lo esperado teóricamente?
- 2.8.b) Para realizar más exactamente el circuito es necesario tener en cuenta que existe una cierta corriente de polarización I_Q por la pata 3 del integrado (*bios current* o *quiescent current*) por lo

que la aproximación $I_{R1} = I_{R2}$ no es adecuada. En las hojas de especificaciones puede encontrar valores típicos para dicha corriente. Rehaga los cálculos teniéndola en cuenta y halle una fórmula final sin despreciar la corriente I_Q . Utilice otra vez el potenciómetro de 1K y calcule el nuevo valor de R_1 para proporcionar el voltaje máximo deseado de 15 V. Monte el circuito y mida los valores máximo y mínimo que puede proporcionar en ausencia de carga (sin R_L). Si sigue sin estar satisfecho con el resultado, modifique R_1 y/o R_2 hasta obtener una fuente regulable ente 5 V y 15 V con suficiente exactitud.

2.8.c) Ajuste el potenciómetro de forma que, en ausencia de resistencia de carga, el voltaje de salida V_o sea 6 V. Coloque ahora distintas resistencias de carga y realice una tabla con los valores de voltaje obtenidos. ¿Qué puede decir de la estabilidad de la fuente?.

2.8.d) Una vez que esté satisfecho con el resultado del montaje, éste debe ser evaluado por el profesor. La puntuación de este montaje se basará en los siguientes criterios:

- Tiene que ser estable y regulable. Preferiblemente sin presentar rizado.
- La tensión mínima debe ajustarse lo más posible a 5V y la máxima a 15V.

2.9. Fuente de corriente

(OPTATIVO)

El 7805 es un integrado muy versátil. En las hojas de especificaciones pueden encontrar diversas configuraciones para proporcionar diferentes funciones.

2.9.a) **(OPTATIVO)** Elijan la que consideren más adecuada para realizar una fuente de corriente que proporcione, independientemente de la carga, 10 mA. ¿Qué valores de resistencia de carga puede utilizarse para obtener un funcionamiento correcto?

2.9.b) **(OPTATIVO)** Comprueben el funcionamiento de la fuente de corriente para distintas resistencias de carga dentro y fuera del rango de funcionamiento. Realice una tabla y una gráfica con los resultados obtenidos. **(Antes de realizar el circuito, pregúntenle más instrucciones al profesor).**

2.10. Comentarios y sugerencias

Indiquen aquí aspectos que se podrían mejorar, nuevas ideas o propuestas (que se valorarán especialmente), o aportaciones que consideréis de interés.

COMENTARIOS A LA PRACTICA

El transformador incluye un fusible además de los devanados primario y secundario. La finalidad del fusible es proteger al transformador frente a posibles daños causados por una corriente excesiva. Si la corriente que va a atravesar al transformador supera a la corriente nominal del fusible, éste se fundirá, creando un circuito abierto y cortando así la alimentación al transformador. Siempre es mejor que se funda un fusible (0,10 €) a que se queme el transformador (~10 €). Si un transformador no da tensión a su salida, se puede comprobar si el fusible está fundido, utilizando el multímetro. Si la resistencia entre los extremos metálicos del fusible es cero, el fusible está bien; si es infinito tenemos un circuito abierto, se ha fundido y habrá que reemplazarlo por otro.

• **PRECAUCIONES EN LA REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA:**

- I. Aunque algunos de los circuitos propuestos son bastante sencillos, hay que tener cuidado con las conexiones de los componentes. **En especial, cuiden la correcta colocación de la polaridad de los condensadores electrolíticos.** Estos están formados en su interior por sustancias químicas, y pueden ser peligrosos si explotan (no hay que tenerles miedo. Simplemente, hay que colocarlos correctamente).
- II. Vigilen la temperatura de los circuitos. Si el transformador se calienta demasiado, desconecten la alimentación, al menos durante un rato. Si después se sigue calentando en exceso, es que algo falla. Si se calienta algún componente del circuito, quiten la alimentación. Posiblemente haya que cambiar el valor de alguno de los elementos (resistencias de valor más alto...).
- III. **No cortocircuiten la salida del transformador.** Se puede quemar.
- IV. **SI NO ESTÁ SEGURO DE ALGO PREGUNTE AL PROFESOR.**

Cuando realice los distintos circuitos intente comprender porque funcionan las cosas de ese modo. Para ello puede ser útil intercambiar algunos componentes, **siempre asegurando la seguridad del circuito antes de montarlo**, y ver como varían las magnitudes medidas.

*“El hombre piensa porque tiene
manos”*

Anaxágoras