

**Fuentes DC de laboratorio**  
Laboratorio de Electrónica 2019  
Práctica 5

El principal objetivo de una fuente de alimentación es proporcionar un valor de tensión adecuado para el funcionamiento de cualquier dispositivo. La fuente de alimentación se encarga de convertir (generalmente) la entrada de tensión alterna de la red (220V AC) en una tensión continua (DC) y consta de varias etapas: Transformación, rectificación, filtrado y regulación.

La etapa de transformación consta básicamente de un transformador, formado por un bobinado primario y uno o varios secundarios (transformador aislador), o bien por un único transformador, con salidas repartidas a lo largo del bobinado (autotransformador). Es importante entender que un transformador aislador separa físicamente el circuito de la línea AC que alimenta al primario del del secundario, por lo que éste puede quedar “flotando”, sin referencia alguna de voltaje con el resto de los equipos, que usualmente están referidos a la masa o tierra del laboratorio. Esto a veces es útil y a veces peligroso. El autotransformador, por otro lado, conserva uno de los terminales de salida referido (físicamente conectado) a alguno de los dos terminales del primario. Para no dañar equipo ni lastimarse, toda vez que se use un autotransformador hay que prestar atención a cuál de los terminales es común entre el circuito conectado a la línea AC del laboratorio y el circuito de baja tensión DC.

La etapa de rectificación está constituida por diodos rectificadores, cuya función es de rectificar la señal proveniente del bobinado secundario del transformador (o más bien de generar una señal de valor medio no nulo). Existen 2 tipos de configuraciones: rectificación de media onda y de onda completa (Fig. 1)

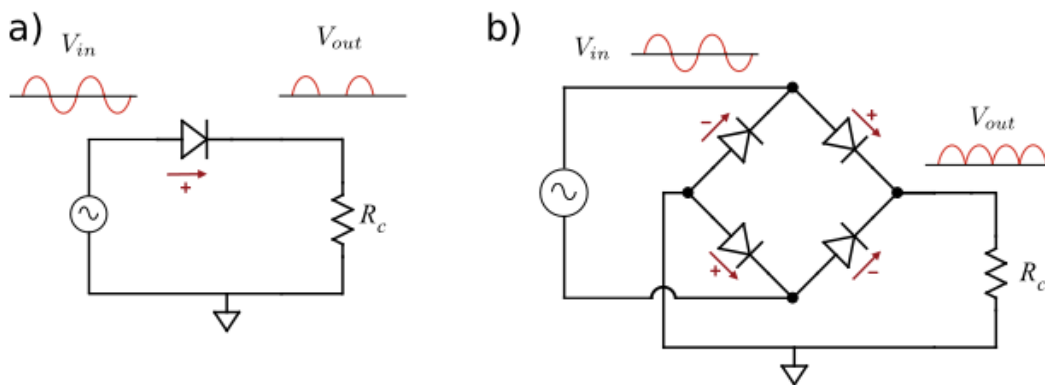


Figura 1: Rectificación: a) de media onda; b) de onda completa

El principio de funcionamiento de un diodo semiconductor está más allá del alcance de este curso experimental, pero operativamente, es un componente que presenta una resistencia mínima cuando se lo polariza en forma directa, de manera que conduce la corriente en forma muy eficiente, con una caída de voltaje aproximadamente constante. Cuando se lo polariza en forma inversa, sólo una mínima corriente circula (*leakage current* o corriente de pérdida) mientras el voltaje de polarización no sea muy grande (en este caso eventualmente se rompe el componente). De esta forma se lo puede caracterizar como un componente que deja circular corriente sólo en un sentido.

### Experimento 1:

Construir rectificadores de onda completa y onda media. Para ello utilizar como etapa transformadora los transformadores aisladores disponibles en el laboratorio. Observar la tensión de salida en cada caso y determinar cuál es la caída de tensión en directa del diodo,  $V_f$ .

*Etapa de filtrado*; es necesaria para convertir la señal de salida del rectificador en una señal continua con mínima modulación. A la modulación residual (de la misma frecuencia que la señal de entrada) se la llama *ripple*. Esta etapa queda constituida por uno o varios capacitores con los que se intenta eliminar la componente de AC. El capacitor se carga al valor máximo de voltaje entregado por el rectificador y se descargan lentamente cuando la señal pulsante desaparece. Esto permite lograr un nivel de tensión aproximadamente continua (Fig 2).

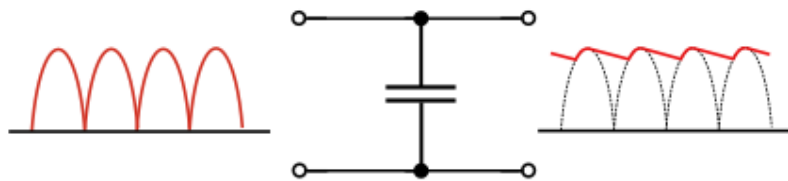


Figura 2: Filtrado de onda rectificada completa con capacitor

La descarga del capacitor depende de la corriente exigida al circuito. Si se modela la descarga del capacitor como

$$V(t) = V_{max}e^{-t/RC} \simeq V_{max}(1 - t/RC), \quad (1)$$

con  $R$  el valor resistivo de la carga (aproximadamente  $V_{max}/I$ ) y  $C$  el capacitor de filtrado, entonces cuando  $t=1/2f$  el voltaje cae a su valor mínimo:

$$V_{min} = V_{max} \left( 1 - \frac{I}{2fV_{max}C} \right), \quad (2)$$

y entonces el voltaje pico a pico del *ripple* es

$$V_{ripple} \equiv V_{max} - V_{min} = \frac{I}{2fC}. \quad (3)$$

### Experimento 2:

Agregar al rectificador de onda completa un capacitor de  $0.5\mu f$  y usar resistencias de  $15\Omega$ ,  $100\Omega$ ,  $1k\Omega$  y  $1M\Omega$  como carga. Cuál es el valor de voltaje pico a pico del *Ripple*? Comparar con el valor calculado

Por último, la *etapa de regulación* consiste en usar uno o varios circuitos integrados cuya función es la de mantener el estado de la salida independientemente de la entrada, y en principio de la carga. Son dispositivos electrónicos que permiten controlar la tensión de salida. Los más comunes se denominan reguladores lineales: operan con una corriente continua, donde el nivel de tensión a la entrada siempre debe ser superior al de salida, y usan una referencia de voltaje a partir de un diodo Zener. Un circuito típico de este tipo de reguladores se muestra en la figura 3. El operacional se encarga mantener  $V_{out}$  en un valor proporcional a la tensión de referencia  $V_{ref}$ , dado por el divisor resistivo de  $R_1$  y  $R_2$ . El operacional responde a la demanda de corriente de la carga ajustando la tensión de base del transistor (ya veremos esto más adelante). **Hay que tener en cuenta que si la**

corriente que demanda la carga es  $I$ , la potencia disipada por la carga es  $I \times V_{out}$ , y la potencia disipada por el transistor es  $I \times (V_{in} - V_{out})$  !!

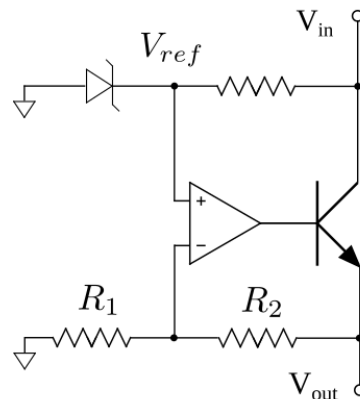


Figura 3: Circuito simplificado de un regulador de voltaje

Existen reguladores de voltaje fijo como la línea [78XX](#) y [79XX](#), en los que la tensión de salida está fija (R1 y R2 están integradas al componente), y otros como el [LM317](#) que permiten ajustar la tensión de salida variando una resistencia externa, a partir de 1.25V. Todos estos componentes (estándar) requieren voltajes de entrada por lo menos 2V por encima del voltaje deseado a la salida. Existen también los llamados reguladores lineales *Low DropOut* (LDO), que requieren voltajes por encima de la tensión de salida de entre 1.1V y 1.3 V como el [MC33269](#) o el [LM2931](#), y los VLDO (*very low dropout*), que tienen caídas internas de tensión entre 0.7V y 1V ([NCP694](#) o [LT3020](#)).

### Experimento 3:

Agregue al circuito anterior un regulador de voltaje de tipo 7805. Estudie la capacidad de regulación del circuito (estabilidad y valor de la tensión de salida) con distintas condiciones del voltaje de entrada; es decir, cambiar el valor del capacitor, o directamente removerlo. Usar un rectificador de media onda y de onda completa. No hay que olvidarse de agregar una carga al sistema!! El circuito debe consumir un mínimo razonable de corriente para obtener resultados significativos. En general los circuitos en vacío (sin carga) funcionan todos bien, pero son inútiles.

En este punto resulta práctico saber cómo generar una referencia de voltaje a partir de un diodo Zener;

#### Cómo usar un diodo Zener?

Este ejemplo sirve para obtener una referencia de voltaje de 3.3V usando un diodo Zener, que pueda alimentar una carga cuya demanda de corriente ( $I_{load}$ ) varía entre 5, y 25mA, usando una alimentación de 5V (que puede fluctuar entre 5.5V y 4.5V). El circuito típico es el de la figura 4.

Varios circuitos lógicos rápidos funcionan con un nivel de tensión de 3.3V. El diodo zener [1N5226](#) tiene una tensión nominal de ruptura de 3.3V, obtenida cuando circula una corriente de 20mA por el diodo. Por lo tanto vamos a diseñar el circuito para esa corriente sobre el diodo.

La corriente que deberá pasar por la resistencia R de la figura 4 es, en la condición de mayor consumo,  $I_{in} = I_z + I_{load} = 20\text{mA} + 25\text{mA} = 45\text{mA}$ . La resistencia entonces debe asegurar como mínimo una caída de tensión de 4.5V-3.3V:  $R = (4.5\text{V} - 3.3\text{V}) / 45\text{mA} = 27\Omega$  (es un valor estándar de resistencia!).

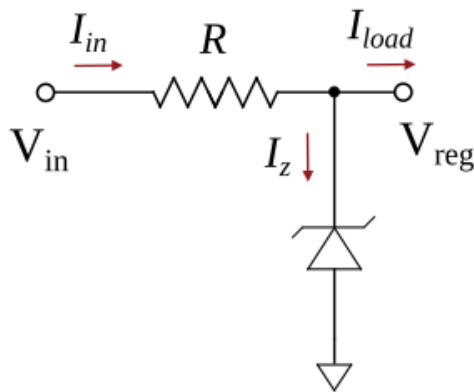


Figura 4: Referencia Zener de voltaje

En el otro extremo, si la alimentación sube a 5.5V, y la carga es mínima (5mA), **casi toda** la corriente pasará por el diodo Zener. La corriente total del circuito es  $(5.5V - 3.3V)/27\Omega = 81mA$ , y sólo 5mA se derivan a la carga. Entonces sobre el diodo zener circularán 76mA. Este número de todas maneras está por debajo de la corriente máxima del diodo, que son 150mA.

En estas condiciones, sobre el diodo se disipan:  $P_{diodo} = V \cdot I = 3.3V \cdot 76mA \approx 250mW!$ , y sobre la resistencia  $P_R = (5.5V - 3.3V) \cdot 81mA = 180mW$ . Hay que notar que el consumo total del circuito en esta situación es de  $5.5V \cdot 81mA = 450mW$ , mientras que la carga está consumiendo  $3.3V \cdot 5mA = 17mW$ ; esto es muy poco eficiente!. La conclusión es que esta forma de regular el voltaje es práctica sólo cuando la variación de corriente y la variación de voltaje de la fuente son pequeños. Por eso se recurre a esquemas como el de la figura 3.

#### Experimento 4:

Armar una referencia variable de voltaje a partir de un diodo zener y un operacional. No usar transistores por ahora. En este caso la corriente está limitada a la capacidad del amplificador operacional (cuál es? Chequear la hoja de datos del OpAmp!!), que es mucho menor que la que se puede lograr con un transistor, pero de todas maneras es ilustrativo. Esquemas de referencias de voltaje regulables con operacionales se muestran en la figura 5.

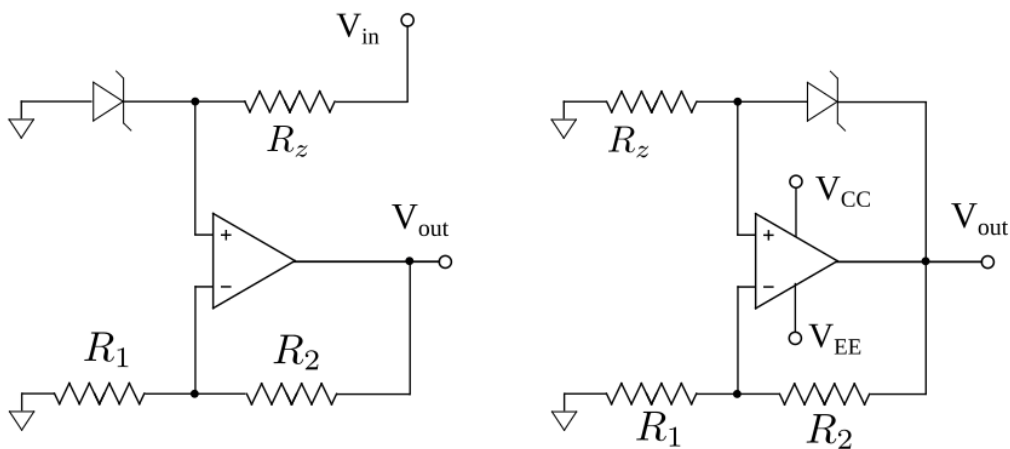


Figura 5: Dos posibles configuraciones de referencias de voltaje regulables usando diodos zener

Calcular: 1) la corriente necesaria para que el diodo Zener funcione correctamente, y 2) el voltaje de salida en función de los parámetros del sistema ( $V_{zener}$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ).

---

Otro tipo de reguladores y conversores de voltaje son los no-lineales, o de conmutación. En esta clase están los *buck (step-down) converters*, *boost (step-up) converters*, *flyback converters*. Están compuestos por un diodo y un transistor, y al menos un elemento que permita almacenar energía (un capacitor y/o un inductor). El principio básico de operación de estos sistemas consiste en, por ejemplo, un inductor controlado por dos elementos de conmutación, que son el diodo y el transistor. Son en general mucho más eficientes que las fuentes lineales, aunque también mucho más ruidosas.

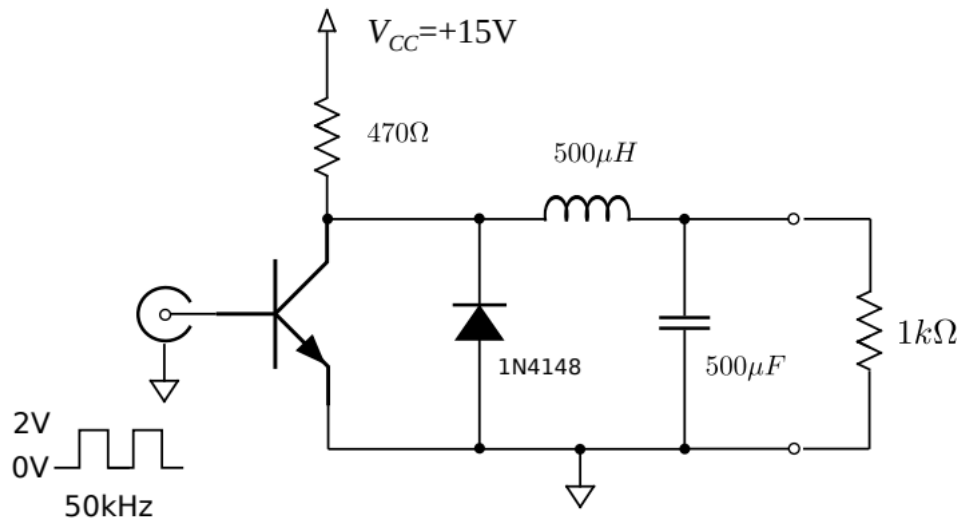


Figura 6: Principio de funcionamiento de una fuente conmutada