

## Capítulo 3

# Fuente de Alimentación Simple

### 3.1. Introducción

Con objeto de simplificar y hacer más digerible el proceso de aprendizaje, vamos a adoptar una solución menos formal que la de describir componentes y luego aplicarlos. Éstos se van a presentar a la par que los vayamos usando.

### 3.2. Ejemplo de una fuente de alimentación básica

La función de una *fuentes de alimentación* es la de generar una tensión continua uniforme cuando se conecta a la red eléctrica, emulando de este modo el comportamiento de una pila o batería.

En la figura 3.1 se muestra el esquema eléctrico (algo simplificado por el momento, pero no muy alejado de la realidad) de una fuente de alimentación básica, del tipo de aquellas que se usan para alimentar un contestador telefónico, un walkman o cualquier aparato electrónico de baja potencia.

En este capítulo, iremos desgranando la operativa de cada elemento.

En el esquema se muestra un transformador (T1) que en uno de sus extremos se conecta a la red eléctrica (que entrega una señal de 50 Hz y 220 V eficaces) a través de un fusible (F1), que hace de elemento de protección. El secundario del transformador, que en el esquema se representa mediante un bobinado con menor número de vueltas, entrega entre su salida y la masa de referencia una señal de igual frecuencia y menor amplitud (12 V eficaces). Esta señal es rectificada por un diodo (D2), de modo que sólo los semiciclos positivos sirven para entregar corriente a la carga. El condensador C1 permite ofrecer una tensión de salida mucho más uniforme. Por último el LED LD1 y su resistencia de limitación, hacen una indicación luminosa del funcionamiento de la fuente.

Vamos a ver con mayor detalle los elementos involucrados.

### 3.3. El transformador

El transformador es una aplicación práctica de la ley de Faraday: una corriente eléctrica variable genera un campo magnético variable, y un campo magnético variable genera

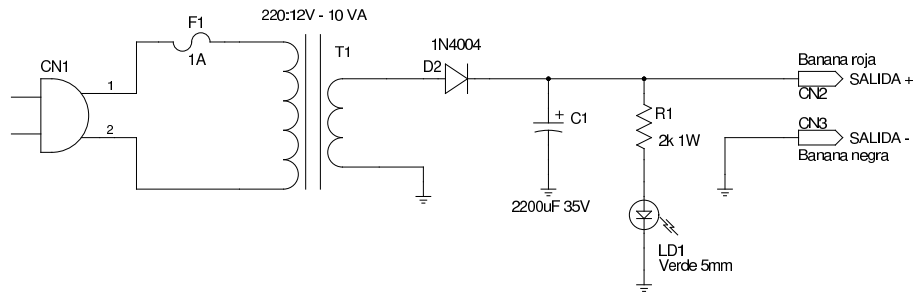


Figura 3.1: Esquema simplificado de una fuente de alimentación



Figura 3.2: Varios transformadores (montaje aéreo, toroidal y montaje en circuito impreso)

una corriente eléctrica variable. La *red de distribución eléctrica*<sup>1</sup> lleva a nuestras casas una señal sinusoidal de 50 Hz y 220 V eficaces, lo que corresponde a una senoide de 310 V de pico (620 V pico a pico)<sup>2</sup> que al conectarse al transformador provoca un determinado paso de la corriente eléctrica. Esta corriente genera un campo magnético, que se confina fundamentalmente en un núcleo de hierro del transformador. Este campo magnético variable (de forma sinusoidal y con una frecuencia de 50 Hz) crea en el secundario una diferencia de potencial.

Los bobinados de un transformador se llaman *primario* y *secundario*. Primario corresponde al lugar donde se genera señal, y secundario donde se recoge, pero como un transformador es reversible, esta nomenclatura depende del uso del componente.

Si un transformador tuviera en su primario y secundario el mismo número de vueltas, daría a su salida la misma tensión de la entrada<sup>3</sup>. Si el número de vueltas es diferente, podremos cambiar tensiones o adaptar impedancias. El primero de estos usos es el que se le está dando en el circuito de la fuente. Un ejemplo del segundo era muy común en los receptores de radio de lámparas o de transistores de la primera generación, que permitía que circuitos con una capacidad muy limitada de dar corriente pudieran ser cargados por un altavoz de un valor típico de 8  $\Omega$ .

En resumen: un transformador puede cambiar tensiones alternas o transformar impedancias de una forma que depende de su construcción.

### 3.3.1. Los parámetros más importantes de un transformador

Los parámetros más importantes de un transformador usado en una fuente de alimentación son:

<sup>1</sup>Lo que habitualmente queremos decir cuando hablamos de la *luz*, es, dicho de una forma más adecuada, la *red de distribución eléctrica*.

<sup>2</sup>La relación entre el valor de pico y el valor eficaz de una senoide es de  $\sqrt{2}$ . El valor pico a pico es el doble del valor de pico. Aunque no hemos definido estos conceptos, no nos perdamos ahora en estos detalles, ya que lo haremos en su momento.

<sup>3</sup>Existen aplicaciones a este dispositivo: la de separar galvánicamente dos circuitos.

- **Relación de transformación:** relaciona el número de vueltas del primario y secundario. Este factor coincide con la relación de tensiones entre primario y secundario. En el ejemplo de la figura 3.1 es de 220:12V ó 18:1. Si se conecta el primario a una fuente de 220 V eficaces, dará en su secundario 12 V eficaces (aprox 18 V de pico). Recíprocamente, si conectáramos en secundario una fuente de tensión sinusoidal de 1 Voltio de pico, obtendríamos en primario 18 V de pico.
- **Potencia:** Indica la potencia (eficaz) que puede entregar un transformador sin que su fiabilidad se vea comprometida por la subida de temperatura que se produce a causa de las inevitables pérdidas. Se mide en VA (Volt-Amp) que es una medida de potencia. En el ejemplo anterior el transformador tiene 10 VA. Como la tensión eficaz de secundario es de 12 V, la corriente eficaz puede llegar a ser de 0,8 A eficaces en secundario. Siendo algo menos rigurosos a este punto, podremos decir que nuestra fuente puede llegar a dar 0,8 A de corriente continua<sup>4</sup>.  
Un transformador usado adecuadamente tiene pérdidas de potencia muy bajas. Esto significa que la potencia consumida desde la red será casi igual a la entregada por la fuente a su salida. Pero 'usado adecuadamente' significa que la potencia no supera a la especificada, y la frecuencia de uso es aquella para la que se ha diseñado.

### 3.3.2. Factor de regulación

Un transformador *ideal* daría la misma tensión de salida en cualquier circunstancia. Sin embargo, en un transformador *real* la tensión de salida baja al aumentar la corriente de carga. La razón es doble:

- Los devanados tienen una resistencia, y al aumentar la corriente entregada, aumenta la caída de tensión en el propio transformador por pérdidas óhmicas en los devanados de cobre.
- Al aumentar la campo magnético en el núcleo de hierro, se produce un fenómeno de saturación que es no-lineal y que eleva las pérdidas.

Para caracterizar la pérdida, se introduce el concepto de *factor de regulación*. Define la variación de la tensión de salida al variar la corriente entregada entre cero y el valor máximo.

Consultando un catálogo, para cierto transformador como el especificado, el factor de regulación es de un 26%. Esto significa que la tensión de salida puede pasar de los 18 V de pico que obtenemos en vacío a 13,3 V de pico cuando trabajamos a corriente máxima.

Cuanto menor sea el factor de regulación, mejor es un transformador. Para transformadores de mayor potencia es habitual obtener factores mucho mejores, del orden del 5%.

---

<sup>4</sup>La corriente de salida del transformador ya no es sinusoidal por efecto del condensador. Por tanto la relación entre la corriente eficaz y la corriente continua no es inmediata. Más adelante veremos que aspecto tienen las corrientes de salida del transformador.

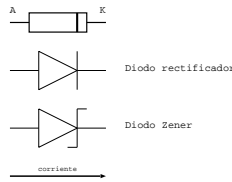


Figura 3.3: Símbolo y terminales de un diodo

## 3.4. El diodo

### 3.4.1. Funcionalidad

En su definición más simple, un diodo es un dispositivo que deja pasar la corriente eléctrica en un sentido pero no en el otro: tiene baja resistencia en un sentido de paso y muy elevada en el contrario. Consta de dos terminales, llamados ánodo y cátodo (ver figura 3.3)

En parte<sup>5</sup>, por esta razón el diodo se representa mediante una flecha, que indica el sentido de paso permitido de la corriente.

Se dice que el diodo, a diferencia de otros pasivos como resistencias, condensadores y transformadores, es un dispositivo fuertemente *no lineal*.

Decimos que un circuito es *lineal* cuando si con una señal de una cierta amplitud responde de determinada forma, con una señal de doble amplitud, responde con el doble. Y quien dice doble, dice mitad, décima parte, diez veces, o la misma señal invertida...

Queda claro que el diodo no es lineal ya que el comportamiento en un sentido y en otro es netamente diferente. Pero además, tampoco es demasiado lineal en las zonas de paso o de bloqueo, excepto para señales de baja amplitud.

Cuando se trabaja con componente no lineales, es muy útil el concepto de *función de transferencia*. Por función de transferencia nos referimos a la relación que hay entre dos determinadas magnitudes, por ejemplo corriente y tensión. En una resistencia no tiene mucho sentido, pues la relación entre ambas es constante e igual a la resistencia óhmica. Sin embargo, en un diodo, la función de transferencia es muy interesante. La representación gráfica de una función de transferencia es una curva dentro de un eje de coordenadas, que permite relacionar los dos parámetros representados.

Por ejemplo, la función de transferencia del *modelo* de diodo ideal se muestra en la figura 3.4-A. En esta gráfica se ve como para tensiones negativas (a la izquierda el eje vertical), la corriente que circula por el diodo es nula. Por otro lado, el diodo tendría una caída de tensión nula para cualquier corriente que lo atravesara en sentido positivo.

Este *modelo* no es del todo adecuado para algunas aplicaciones, como aquellas que trabajan a baja tensión: no es suficientemente preciso, porque cuando un diodo deja pasar la corriente, existe una caída de tensión a través de él (cosa que ya vimos al estudiar los LED). Podemos hacer un *modelo* algo más elaborado para tener en cuenta este aspecto (ver figura 3.4-B). Esta gráfica quiere decir que la corriente que atraviesa el diodo es nula si la tensión que ve en sus bornes no es superior a la tensión de umbral. A partir de este momento, dejaría pasar la corriente sin límite alguno, como si presentara una resistencia cero.

<sup>5</sup>La razón es doble. El símbolo tiene cierta semejanza con los primeros diodos semiconductores que se fabricaron.

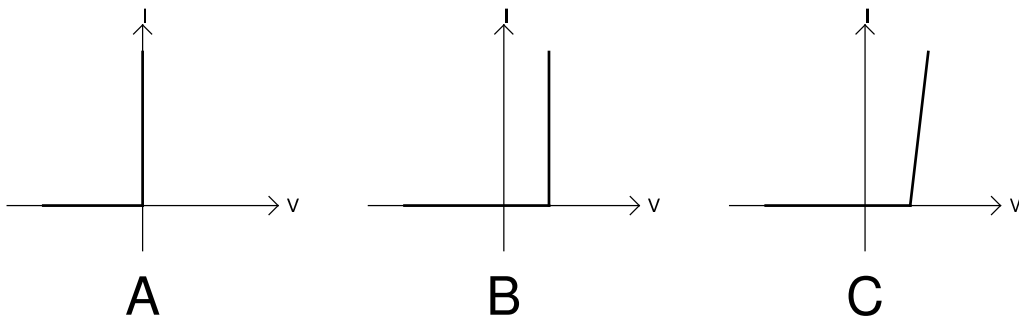


Figura 3.4: Modelos elementales de un diodo

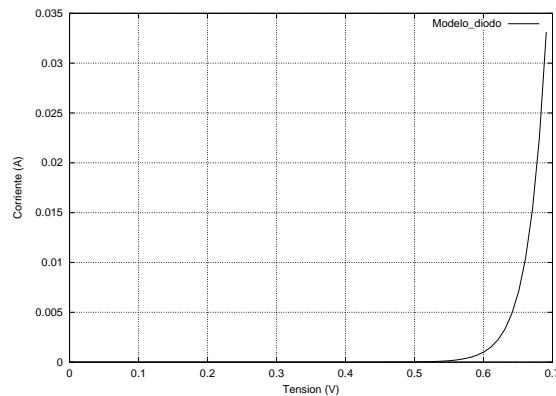


Figura 3.5: Función de transferencia de un diodo (ideal)

Este *modelo* no es del todo preciso para algunas otras aplicaciones que trabajan con altas corrientes, porque el diodo no tiene resistencia cero. En este caso, se debe tener en cuenta el valor de la resistencia serie efectiva (ver figura 3.4-C), según el cual, la tensión crece al aumentar la corriente que lo atraviesa.

Incluso este modelo no es del todo preciso cuando el circuit trabaja con señales muy pequeñas, porque la corriente inversa no es estrictamente nula.

Podríamos preguntarnos qué es este asunto del *modelo*. Un diodo es un dispositivo realizado con materiales semiconductores cuyo comportamiento depende de una enorme variedad de factores, algunos tan sorprendentes como la temperatura, la cantidad de luz incidente y como no, el método de fabricación. Una expresión matemática que tuviera en cuenta todos estos factores, además de imposible de obtener teóricamente o por experimentación, sería inservible, por lo complejo. El *modelo* es una descripción simplificada de su funcionamiento, *que es válida en cierto contexto*. Este es el punto básico: válida en cierto contexto. No olvidemos nunca este punto.

De este modo, el modelo más utilizado del diodo es una expresión matemática que expresada gráficamente, se resume en la figura 3.5. Esta gráfica representa la relación corriente a tensión en un diodo rectificador de silicio genérico según su modelo básico de baja señal. Este modelo NO es válido para altas corrientes, ni para diodos que no son rectificadores (e.g. los diodos Zener) o no son de silicio (e.g. los diodos LED). Parece que no vale para nada, pero es un modelo muy bueno.

Si lo observamos con detalle, vemos como los modelos simplificados no están tan descaminados. Ninguno de ellos: todo depende del circuito que estemos considerando.

En la figura 3.6, se expresa en escala logarítmica medidas reales para un diodo, el 1N4184, realizadas a 25 °C.

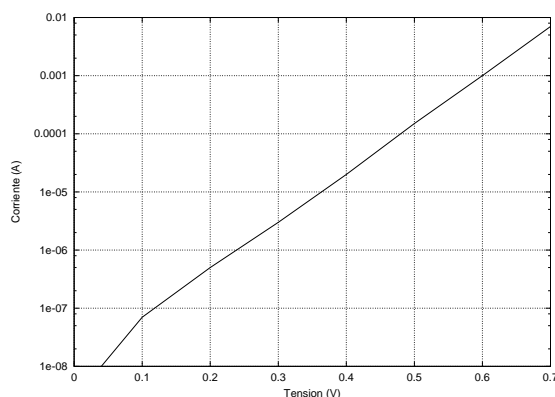


Figura 3.6: Medidas de la función de transferencia del diodo 1N4148

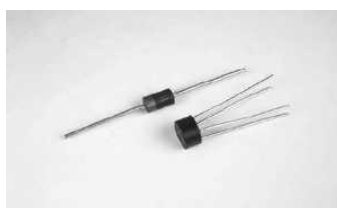


Figura 3.7: Diodo señal y puente de diodos

### 3.4.2. Tipos de diodo

Existen muchos tipos de diodos semiconductores. Vamos a dar un vistazo a alguno de ellos.

#### 3.4.2.1. Diodo rectificador

Denominamos *diodo rectificador* a aquel que usa la propiedad de rectificación: dejar pasar sólo la corriente en un sentido pero no en el otro. Si se usa para rectificar señales de bajo nivel, se denomina también *diodo de señal*.

Dispositivos típicos son:

- 1N4148: Diodo de baja señal en encapsulado de vidrio.
- 1N4004: Usar cuando se trabaja con corrientes elevadas, por encima de 0,5 A

Estos dos componentes cubren el 99% de las aplicaciones, son baratos y fáciles de conseguir.

#### 3.4.2.2. Diodo Zener

El diodo de Zener se usa polarizado en inversa, en una zona que no hemos estudiado, denominada *zona de avalancha*, en la que el comportamiento descrito para los diodos en directa se repite: a para tensiones inversas<sup>6</sup>  $V_r$  superiores a un cierto valor, la resistencia del dispositivo disminuye abruptamente. Ver figura 4.3.

<sup>6</sup>Inversa se dice *reverse* en inglés.

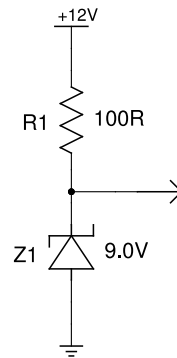


Figura 3.8: Regulador de tensión basado en diodo Zener

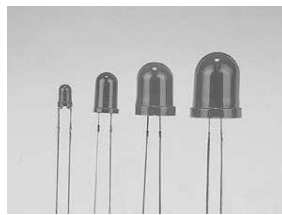


Figura 3.9: Diodos LED

Los diodos Zener, pueden fabricarse con diferentes tensiones de avalancha, de modo que podemos obtener dispositivos de diferentes tensiones<sup>7</sup>.

Veamos un simple ejemplo en la figura 3.8. En ella se muestra un regulador de 9 Voltios, obtenido a partir de una tensión de entrada de 12 Voltios. El inconveniente de este tipo de fuentes es que regulan relativamente poco, son poco eficientes (se necesitan corrientes en diodo elevadas para lograr regulaciones aceptables, con una potencia consumida alta) y que añaden ruido. Sin embargo, son muy económicos y sencillos, por lo que para ciertas aplicaciones de bajo consumo son imprescindibles. Volveremos sobre ello en el apartado 4.1.3.

### 3.4.2.3. Diodo LED

Los LED<sup>8</sup> son dispositivos contruidos específicamente para emitir luz ante el paso de la corriente eléctrica, como si de una bombilla se tratara. Cuando se contruyeron los primeros diodos de semiconductor, se observó que la incidencia de la luz en una unión de semiconductor producía corriente eléctrica (y este es el principio de las células solares fotovoltaicas y de los diodos fotodetectores, usados en comunicaciones ópticas), y recíprocamente, que en determinadas circunstancias, el paso de corriente por una unión semiconductor podía producir luz. Al cabo de los años se descubrió que con materiales semiconductores distintos del habitual<sup>9</sup> se produce luz en el espectro visible. De este modo, se contruyen LEDs que emiten luz roja, verde, naranja, amarilla y últimamente, azul.

Cómo cualquier observador puede apreciar, los LED se usan con asiduidad. Aunque ofrecen la misma función de una bombilla, tienen algunas ventajas respecto a estas:

<sup>7</sup>Se pueden encontrar dispositivos entre 2,7 y 200 V

<sup>8</sup>LED es un acrónimo de *Light Emitting Diode*, diodo emisor de luz.

<sup>9</sup>El material semiconductor más empleado en la actualidad es el Silicio (Si). Recientemente se usa para ciertas aplicaciones uniones de Silicio-Germanio (SiGe). Para los LED se usan distintas uniones de Arseniuro de Galio (AsGa).

Color	$V_F@20\text{mA}$ (V)	$I_{Fmax}$ (mA)
Rojo	2.0	20
Verde	2.2	30
Naranja	2.0	30
Amarillo	2.1	30

Cuadro 3.1: Polarización típica de un LED

son más pequeños, más robustos, se calientan menos, duran mucho más, son más baratos y mucho más rápidos (se pueden usar para comunicaciones ópticas de alta velocidad).

En resumen: desde el *punto de vista funcional*, de la función que realiza, el LED es una bombilla, desde el *punto de vista eléctrico*, es un diodo.

Cómo eléctricamente es un diodo, debe ser correctamente polarizado para que funcione de manera adecuada. Las tensiones y corrientes de polarización dependen de la fabricación del mismo. Para cada color existen combinaciones de materiales óptimos, con lo que es habitual encontrarnos con diferencias notables entre fabricantes y tipos<sup>10</sup>. Sin embargo, como en condiciones normales la cantidad de luz generada no es un parámetro demasiado crítico, podemos dar las cifras generales que se muestran en la tabla 3.1. En esta tabla se muestran las tensiones de caída ( $V_F$ ) para una corriente de 20 mA, junto con la corriente máxima que se puede usar para polarizar un LED, por consideraciones de potencia disipada. En la práctica es conveniente utilizar una corriente mitad de la máxima o incluso menor. La caída de tensión apenas sufre variación.

Pero además de los colores anteriores, se usan también mucho los LED de luz infrarroja (no visible), por ejemplo en los mandos a distancia de los televisores, y los diodos láser, usados en los lectores de Compact Disc.

Cómo antes hemos mencionado de pasada, los LED pueden usarse además de como indicadores luminosos, para soportar comunicaciones ópticas, bien por fibra óptica, bien mediante enlaces atmosféricos. En ambos, las velocidades que se consiguen pueden ser tal altas como 10 Mbps<sup>11</sup>, pero si se desean cifras mayores, se debe acudir a los diodos láser.

### 3.4.3. El diodo en la fuente de alimentación

Después de divagar por el mundo de los diodos, volvemos a tocar tierra sobre nuestra querida fuente de alimentación. ¿Qué función realiza el diodo en ella?. Para que nos resulte más sencillo de entender, vamos a eliminar por un momento los elementos que no nos interesan, reduciendo la fuente a transformador y diodo, como se muestra en la figura 3.10.

En la figura 3.11 se muestran la evolución de las tensiones en el tiempo antes del diodo y después del diodo, respecto a masa. Observamos que la señal rectificada tiene una amplitud levemente menor a causa de la caída de tensión del diodo.

<sup>10</sup>Por ejemplo, solo dentro de los LED rojos, existen versiones estándar y versiones de alta eficiencia.

<sup>11</sup>Mega-bits por segundo. 1 Mbps= 1,000.000 bits por segundo



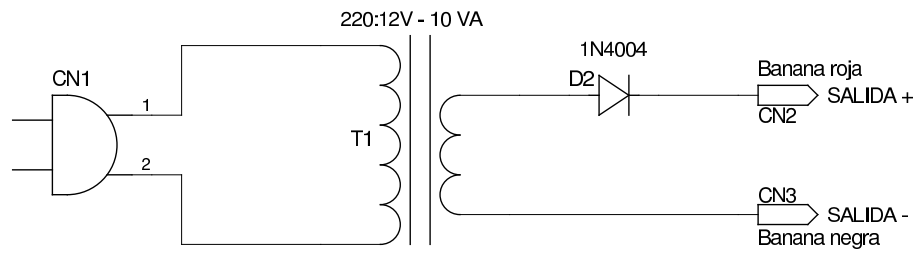


Figura 3.10: Detalle de un diodo simple en la fuente de alimentación

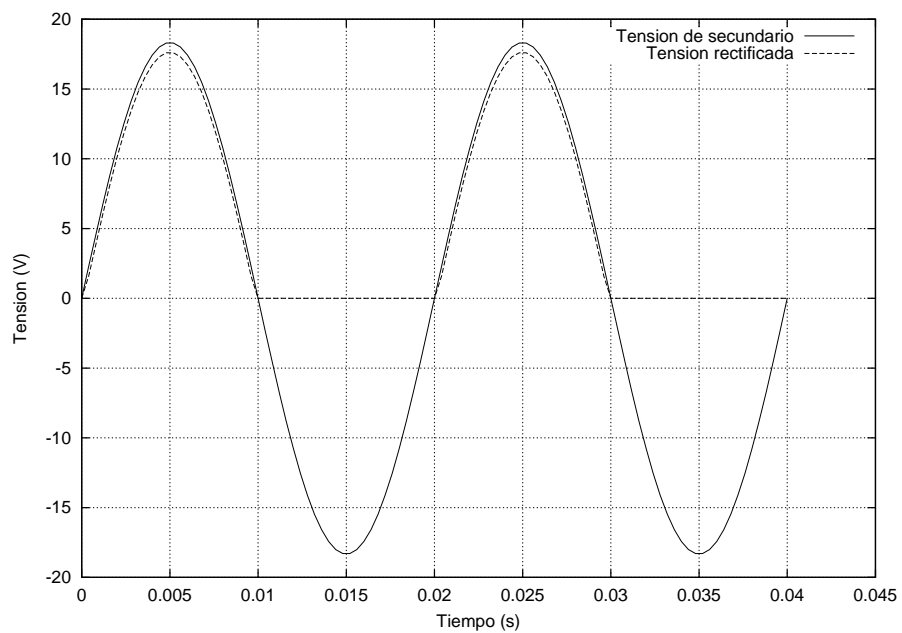


Figura 3.11: Tensiones antes y después del diodo en la fuente de alimentación

## 3.5. El condensador

### 3.5.1. Funcionalidad

Simplificando un poco, podríamos decir que los condensadores se pueden usar como elementos de *acoplo* y *desacoplo*. No vamos a detenernos en la definición de estos conceptos. Sólo diremos que en el circuito de la figura 3.1, el condensador se usa en la función de *desacoplo*. En esta función, *la definición más adecuada del condensador es que se trata de un elemento capaz de almacenar carga.*

Ya vimos que la carga son electrones: el condensador es capaz de guardarlos y entregarlos cuando se le pida: funciona de forma similar a una batería, sin química, con enorme velocidad y sin pérdidas de potencia.

Una fórmula muy interesante<sup>12</sup> que define la capacidad es:

$$C = \frac{Q}{V} \quad (3.1)$$

donde  $Q$  es la carga almacenada y  $V$  la tensión en bornas del condensador.

Esta fórmula, como todas, pueden analizarse desde distintos puntos de vista:

- Un condensador de un determinado valor, cuanto más tensión tiene entre sus bornas, más carga almacena
- Cuanta más capacidad tiene un condensador, más carga puede almacenar cuando se carga a una cierta tensión.
- La carga almacenada en un condensador es igual al producto de su capacidad y la tensión de carga.

Ya hemos visto que

$$I = \frac{Q}{t} \quad (3.2)$$

Podemos por tanto sustituir, y nos queda:

$$C = \frac{I}{\frac{V}{t}} \quad (3.3)$$

Es mejor escribir la fórmula como

$$C = \frac{I}{\frac{\Delta V}{\Delta t}} \quad (3.4)$$

para reflejar el hecho de que hay circulación de corriente sólo si hay *variación* de la tensión en el tiempo.

Esta fórmula aunque de extraño aspecto es muy interesante: significa que si descargamos un condensador de capacidad  $C$  con una corriente constante  $I$ , la tensión disminuye en el tiempo de forma uniforme, y de forma más lenta cuanto más grande es la capacidad y menor es la corriente:

<sup>12</sup>Por tanto, esta fórmula debe ser memorizada.

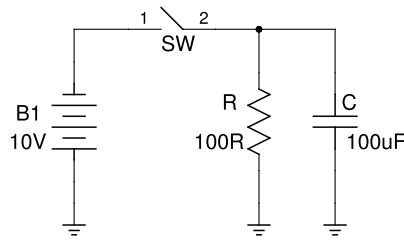


Figura 3.12: Descarga de un condensador a través de una resistencia

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{I}{C} \quad (3.5)$$

La afirmación es recíproca si se carga el condensador, en cuyo caso, la tensión aumenta.

### 3.5.2. La carga y descarga de un condensador

Veamos el ejemplo de la figura 3.12. En ella se muestra una resistencia y un condensador en paralelo que se conectan a una pila mediante un interruptor. Imaginemos que nos encontramos con el circuito cerrado. El condensador se haya cargado a la tensión de la pila: 10 Voltios. Por la resistencia circulará una corriente de 100 mA. Llevados por la curiosidad, decidimos abrir el circuito. ¿que sucederá?.

El condensador se halla cargado a 10 Voltios, que es la misma tensión a la que está la resistencia. El condensador seguirá suministrando 100 mA, y empezará a descargarse. ¿a que velocidad?

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{I}{C} = \frac{0,1}{100 \cdot 10^{-6}} = 10^3 = 1 \text{ V/ms}$$

La tensión caerá un voltio cada milisegundo. Podríamos pensar que llegará a cero en 10 ms, pero no es cierto, ya que al ir bajando la tensión, también lo hace la corriente que pasa por la resistencia, de modo que en realidad, el periodo de descarga será bastante más largo, como se indica en la figura 3.13 que representa la descarga real. En unas cinco veces el tiempo estimado, podemos considerar el circuito descargado. La expresión analítica es:

$$V(t) = V(t=0) \cdot \exp\left(-\frac{t}{R \cdot C}\right) \quad (3.6)$$

Reparemos en el hecho de que lo que determina el tiempo de caída es el producto  $R \cdot C$ , y no el valor absoluto de alguno de los dos parámetros.

Llevados de nuestra curiosidad, decidimos cerrar el interruptor de nuevo. ¿que sucederá?. Partimos de una situación en la que el condensador se encuentra descargado, la tensión en bornas de la resistencia es nula, y por tanto, no hay circulación de corriente. Al conectar el interruptor, la pila forzará una tensión de 10 Voltios en la resistencia y condensador. Respecto a la resistencia, ya sabemos bien la dinámica: instantáneamente pasará de ser atravesada por una corriente nula a una de 100 mA, sin quejarse.

Sólo si la pila fuera una pila ideal, capaz de entregar infinita corriente, el condensador podría *cargarse*, subir la tensión de 0 a 10 Voltios, de forma instantánea. Pero las pilas ideales no existen. A este punto haremos una observación de gran interés: *la tensión*

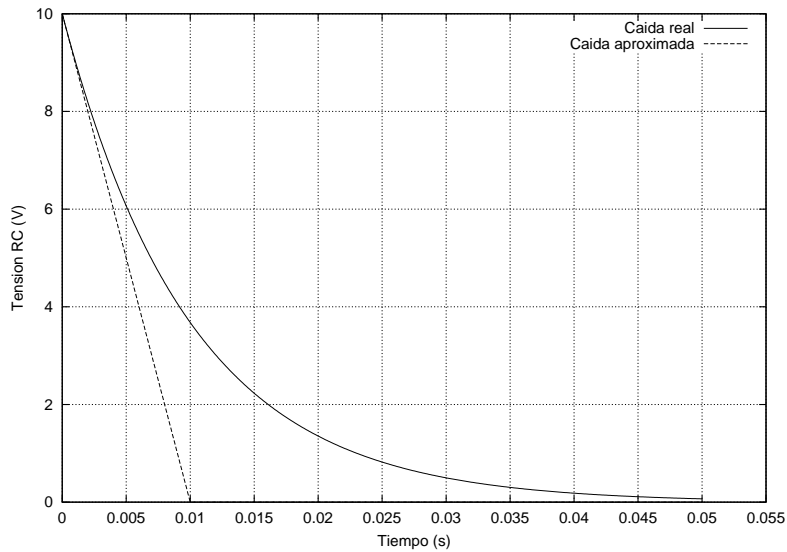


Figura 3.13: Evolución en el tiempo de la descarga de un condensador

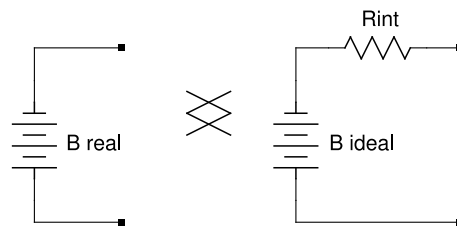


Figura 3.14: Modelo de un generador de tensión

en un condensador no puede variar instantáneamente. El condensador se carga o se descarga lentamente. Cuánto de lento, depende de la capacidad del condensador y de la corriente de carga o descarga. Vamos a hacer unos números.

Una batería real<sup>13</sup> puede modelarse mediante una pila ideal en serie con una resistencia, llamada *resistencia interna* (ver figura 3.14).

Supongamos que nuestra pila tiene una resistencia interna de  $1\Omega$ . Al conectar el interruptor, la pila ve el condensador descargado, a 0 voltios entre terminales. La tensión no puede subir instantáneamente, con lo cual habrá 10 Voltios en bornas de la resistencia interna. Esto significa que la pila entregará<sup>14</sup> 10 A. Aplicando la fórmula resulta:

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{I}{C} = \frac{10}{100 \cdot 10^{-6}} = 10^5 = 0,1 \text{ V}/\mu\text{s}$$

En unos  $50 \mu\text{s}$ , el condensador se cargará y la única corriente que circulará será la que pasa por la resistencia, ya que una vez cargado el condensador no hay paso de corriente por el mismo. En este ejemplo, el tiempo de carga es notablemente inferior al de descarga al ser la resistencia de carga mucho más baja que la de descarga.

<sup>13</sup>Cualquier generador de tensión real.

<sup>14</sup>A esta corriente se denomina *corriente de cortocircuito*

### 3.5.3. Vuelta a la fuente de alimentación

Pues aunque el ejemplo anterior haya resultado extraño, ha sido una buena introducción a lo que sucede realmente con la fuente de alimentación: cuando la tensión en bornas del condensador es 0,7 V superior a la tensión del condensador, el diodo entra en conducción y el condensador se carga rápidamente (con una corriente intensa). Esto sucede en los picos de las sinusoides. Una vez que la tensión del transformador abandona las crestas, el diodo deja de conducir, y sólo ante el peligro, el condensador se convierte en el único elemento capaz de suministrar corriente a la carga, presentando la mencionada caída de tensión exponencial. Pero el abandono no dura mucho porque antes de que pasen 20 ms, el proceso de carga se repite.

En la figura 3.15 se muestra la forma de onda que nos encontraremos a la salida de la fuente de la figura 3.1, en función de la *resistencia de carga*<sup>15</sup> (no mostrada en el circuito). Con una resistencia de 18  $\Omega$ , que hace que circule por la misma una corriente de aproximadamente 1 A, el *rizado* es enorme, lo que hace la fuente sea difícilmente utilizable (no lo sería para alimentar circuitos electrónicos, pero tal vez valdría para alimentar bombillas o motores). Con una resistencia equivalente de carga de 72  $\Omega$  -corriente de salida de 0,25 A-, el rizado es de apenas 2 V, lo que puede ser más aceptable.

Otra consideración interesante es que sólo una parte pequeña del tiempo el transformador suministra corriente, tiempo en el que debe cargar los condensadores y dar corriente a la carga, pero el resto del tiempo, son los condensadores los que soportan la misión de proporcionar la corriente a la carga. Podríamos considerarlos como pequeñas baterías que se cargan en un instante, y se descargan a continuación, sólo que, a diferencia de las baterías químicas, el proceso se realiza sin pérdida de energía<sup>16</sup>.

En el capítulo 4 veremos cómo se puede reducir mucho más el rizado.

Para terminar el apartado, debemos recordar que la descarga del condensador depende sólo del producto  $R \cdot C$ , o si se prefiere del cociente  $\frac{C}{T}$ , de modo que podemos multiplicar capacidad y corriente de carga por dos, y la respuesta será igual.

### 3.5.4. Tipos de condensador

Probablemente hay más tipos de condensadores que variedades de manzanas, pero no es el objeto de este libro el analizarlas todas en detalle, sino el realizar una breve introducción. Como es habitual, cuando se planteen circuitos específicos, se detallará el tipo de condensador a usar si este es importante.

¿En qué se diferencian los distintos tipos de condensador?. La clasificación más importante se realiza en base al *dieléctrico* usado en la construcción del condensador, y para ciertos dieléctricos, la *construcción* del mismo. Recordemos que un condensador consta de dos superficies conductoras separadas por un aislante, llamado dieléctrico. Cuanto más juntas están las láminas conductoras, mayor es la capacidad, pero, para un mismo material, menor es la tensión a la que puede trabajar, porque todo dieléctrico tiene una *tensión de ruptura* que si se sobrepasa, salta una chispa y el aislante deja de serlo. En el caso de un condensador, con dieléctricos muy finos, la chispa perfora el dieléctrico y puede unir las láminas, poniendo el condensador en cortocircuito. Por tanto la tensión máxima, es un parámetro muy importante a respetar, y debemos hacerlo con sobrado margen.

<sup>15</sup>La fuente se conectará a algún circuito (de otro modo, de poco serviría). Este circuito puede modelarse en continua mediante una resistencia.

<sup>16</sup>No existe pérdida de energía si el condensador es ideal. Un condensador real tiene una resistencia serie equivalente, similar a la del generador de la figura 3.14. Veremos más sobre ello en este mismo capítulo.

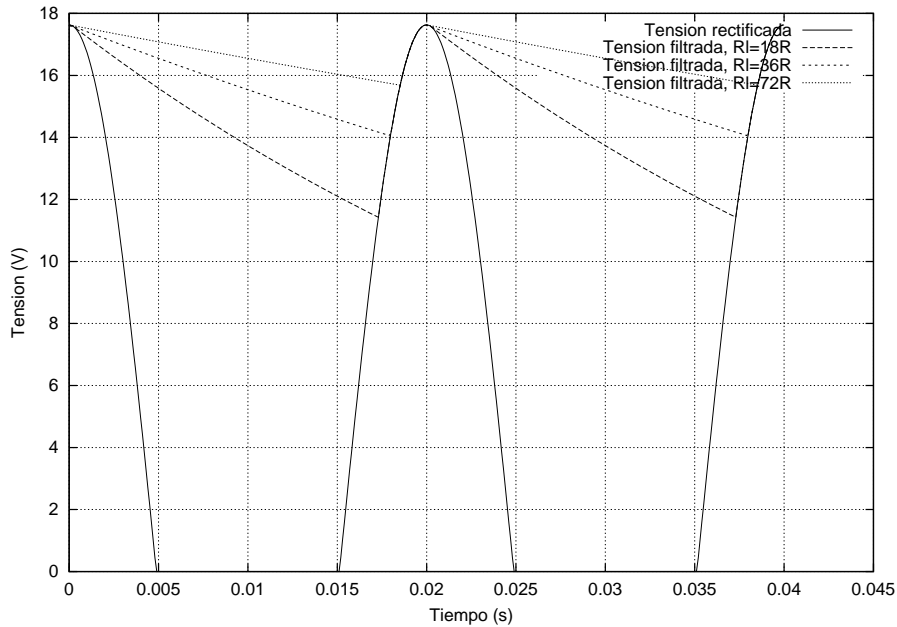


Figura 3.15: Rizado de la fuente de alimentación con  $C = 2200 \mu\text{F}$  y distintas resistencias de carga.

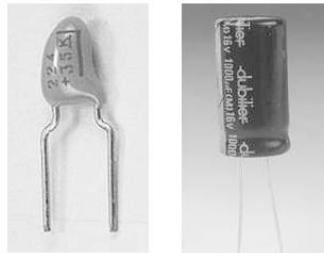


Figura 3.16: Condensador de Tántalo y Aluminio

A pesar de su sencillez conceptual, no existe el condensador ideal. Los componentes presentan una limitación en la tensión de funcionamiento, pero además, según el tipo de dieléctrico y el envejecimiento, la capacidad puede cambiar con el paso del tiempo, la tensión de polarización o la temperatura. Todo condensador tiene una resistencia y una inductancia parásita en serie que le hace resonar a una determinada frecuencia, por encima de la cual ya no se comporta como condensador, sino como inductancia. Existe un fenómeno llamado *factor dieléctrico* que puede tener importante efecto según el tipo de aplicación, etc.

#### 3.5.4.1. Condensadores polarizados

Los condensadores polarizados realizan la película dieléctrica mediante un óxido que se forma en una reacción química, y para que tenga lugar, el condensador debe tener la tensión de un terminal más alta que la otra. Como la película de óxido tiene un espesor de unos pocos átomos, se consiguen capacidades altas en pocos volúmenes. Los tipos más importantes son:

- Condensador de aluminio

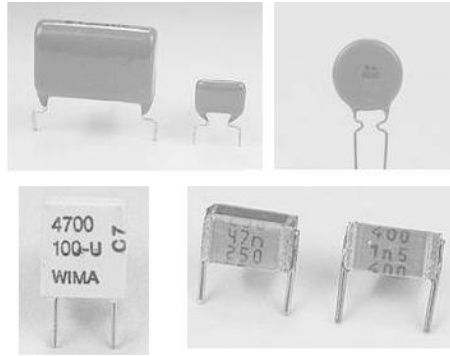


Figura 3.17: Condensadores de película de poliéster metalizado, cerámico de disco, policarbonato y poliéster

- Condensador de tántalo

Los primeros son económicos y fiables. Los segundos permiten obtener capacidades mucho más altas en pequeños volúmenes y presentan una menor inductancia parásita, a costa de precios más altos.

Los condensadores polarizados soportan muy mal las inversiones de polaridad<sup>17</sup>, de modo que la degradación producida por la inversión es irreversible.

Los condensadores polarizados suelen marcar en el cuerpo del mismo la polaridad de forma inambigua.

#### 3.5.4.2. Condensadores no polarizados

Los tipos más importantes usados hoy son:

- *Condensadores cerámicos*: El dieléctrico es un tipo de cerámica, existiendo grandes variedades de las mismas, con diferentes constantes dieléctricas y calidades. En general son muy económicos. Se usan casi siempre cuando el condensador funciona como desacoplo. Una de las variedades (COG), usada en condensadores de baja capacidad, permiten realizar componentes de alta calidad y bajo coste.
- *Condensadores de plástico*: Asimismo existen muchas variedades con diferentes calidades: poliéster, poliestireno, polipropileno, policarbonato. Los más típicos son los de poliéster. Algunos tipos son muy sensibles a la temperatura de soldadura.

#### 3.5.4.3. Selección del tipo de condensador

Ante la pregunta de qué tipo de condensador es la mejor opción para cada aplicación, no existe una respuesta sencilla. Nos contentaremos en dar una respuesta aproximada, más bien genérica.

Para aplicaciones de desacoplo se suelen usar condensadores cerámicos hasta 100 nF. A partir de este valor los dieléctricos no son demasiado buenos y es adecuado el uso de condensadores de poliéster hasta 1  $\mu$ F. A partir de este valor, se han de usar condensadores polarizados. Se usará el tántalo para aplicaciones de alta frecuencia

<sup>17</sup>Según las circunstancias, pueden llegar a estallar

(circuitos digitales o radio frecuencia) o cuando el espacio es muy restringido. De otro modo, es mucha mejor opción el uso de condensadores de aluminio, y siempre por encima de  $100\mu\text{F}$ .

Para aplicaciones de acoplo o filtros es más difícil dar una respuesta. Si la estabilidad en temperatura o las pérdidas del dieléctrico son importantes (suelen serlo), entonces debemos abandonar el uso de los condensadores cerámicos a partir de  $1\text{ nF}$ , y usar condensadores plásticos hasta un máximo de  $1$  ó  $2\ \mu\text{F}$ . A partir de este momento aplican los mismos criterios anteriormente expuestos.

### 3.5.5. Rizado de alta frecuencia

Veamos el aspecto del comportamiento de los condensadores a alta frecuencia: imaginemos que el circuito que se conecta a nuestra fuente demanda pulsos de corriente de pequeña duración pero de corriente intensa<sup>18</sup>. La mayor parte del tiempo, los condensadores de filtrado serán los únicos que podrán suministrar la corriente demandada, ya que el transformador está fuera de juego. Un condensador ideal no tendrá ningún problema en ello. Imaginemos que los pulsos demandan  $2\text{ A}$ , y duran  $1\ \mu\text{s}$ . Para un condensador de  $2.200\ \mu\text{F}$ , éste reduciría su tensión en  $1\text{ mV}$ , lo que es inapreciable. Sin embargo, si hacemos las medidas sobre una fuente real, el rizado sería mucho más alto. Las razones son dos:

1. Todo condensador tiene una resistencia serie<sup>19</sup>. Es decir, se puede modelar como un condensador ideal en serie con una resistencia. Un valor típico<sup>20</sup> de la resistencia serie para un condensador de  $2.200\ \mu\text{F}$  es de  $0,1\ \Omega$ . La caída de tensión en esta resistencia serie debida a los picos de  $2\text{ A}$  ya es de  $0,2\text{ V}$ , varios órdenes de magnitud por encima del valor anteriormente calculado<sup>21</sup>.
2. Todo condensador tiene inductancia serie. Una forma de analizar este fenómeno es midiendo la impedancia del condensador con la frecuencia. La impedancia de un condensador ideal es inversamente proporcional a la frecuencia, pero la impedancia de un condensador real, baja hasta un punto en el que empieza a subir de nuevo (ver la figura 3.18). La inductancia a  $0,5\text{ MHz}$ <sup>22</sup> es de  $j\ 0,3\ \Omega$ <sup>23</sup>. Este efecto, muy similar al anterior, produce una caída de tensión adicional, sólo que con desfase entre tensión y corriente.

### 3.5.6. Reducción del rizado

Si analizamos la figura 3.15, y pensamos un poco, veremos que cuanto mayor sea la capacidad del condensador  $C1$  (bien porque se use un componente más de mayor capacidad, o bien porque se usen varios en paralelo), menor rizado tiene la fuente.

<sup>18</sup>No hace falta imaginarse cosas muy extrañas: todos los circuitos digitales CMOS presentan estas características.

<sup>19</sup>La *resistencia serie efectiva* se describe con las siglas ESR (*Effective Series Resistance*)

<sup>20</sup>Solo los componentes de mediana y alta calidad tiene caracterizada la resistencia serie efectiva. Por ello, debemos evitar componentes de baja calidad, que por ende son los usados en fuentes comerciales de ultrabajo coste e ínfima calidad.

<sup>21</sup>La resistencia serie es asimismo la culpable del calentamiento de un condensador, que a su vez es la mayor fuente de envejecimiento de un condensador electrolítico. Sin embargo, este problema solo es significativo con altas corrientes, como el caso estudiado.

<sup>22</sup>Si los pulsos duran  $1\ \mu\text{s}$ , con periodos de reposo de otro tanto, el periodo es de  $2\mu\text{s}$ , y la *frecuencia fundamental* de  $500\text{ kHz}$ .

<sup>23</sup>La  $j$  indica que se trata de una impedancia compleja (inductiva, por ser positiva) y no resistiva.



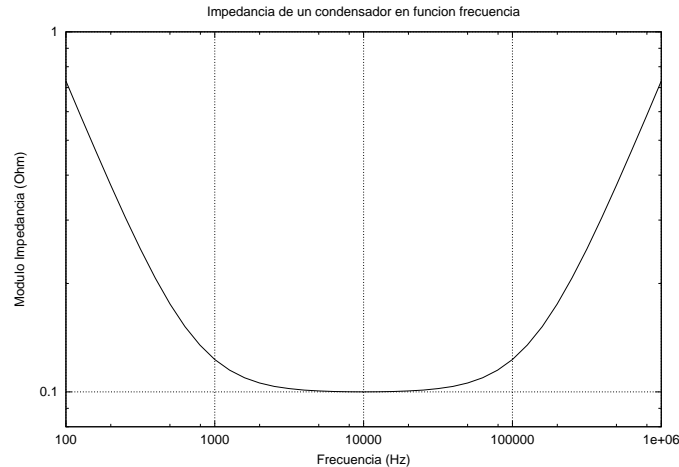


Figura 3.18: Impedancia de un condensador real de 2200  $\mu\text{F}$ . Datos basados en la serie AML 138 de Philips.

Podríamos pensar que el rizado se puede reducir tanto como se desee a base de reducir la capacidad del filtro. Pero no es verdad.

Si pusiéramos un condensador de un valor enorme, la carga del mismo exigiría corrientes brutales, de modo que la combinación de la resistencia serie de los condensadores de filtrado y del transformador pasaría a ser dominante.

Baste saber que si fuéramos aumentando progresivamente la capacidad, el rizado iría bajando hasta un cierto punto en el que las mejoras serían muy pequeñas.

### 3.5.7. Reducción del rizado de alta frecuencia

La forma de reducir el rizado de alta frecuencia es extremadamente sencilla. Si ponemos un condensador de un valor más bajo en paralelo con el anterior, este componente presentará una impedancia mayor, pero también una frecuencia de resonancia mayor, ya que en su construcción ha sido necesaria unos conductores de menor superficie, y por tanto, un menor número de vueltas. Asimismo, la resistencia serie baja resulta también netamente inferior. La conclusión es un comportamiento mejorado a alta frecuencia en términos de efectos parásitos.

Es muy normal que en el desacoplo se utilicen condensadores paralelo de capacidad inferior, en saltos de dos órdenes de magnitud. Por ejemplo, en la fuente estudiada, se podrían usar un condensador de 2.200  $\mu\text{F}$  ó dos condensadores de 1000  $\mu\text{F}$  en paralelo con 10  $\mu\text{F}$  y 100 nF. Los dos primeros grupos serían electrolíticos de aluminio, y el último cerámico X7R o de poliéster. Este último presenta una resistencia serie equivalente muy baja y frecuencias de resonancia bien superiores a las decenas de MHz, por lo que prolongar la escala se hace innecesario, salvo que se use para alimentar circuitos de muy alta frecuencia (circuito de radio o digitales de alta velocidad).

### 3.5.8. Condensadores de desacoplo

En un circuito electrónico es habitual incluir condensadores entre masa y alimentación, distribuidos a lo largo y ancho del circuito. Estos se denominan condensadores de

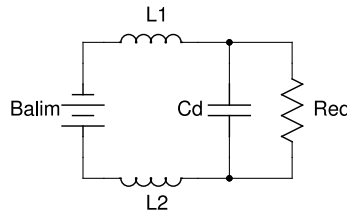


Figura 3.19: Circuito equivalente de la alimentación

desacoplo. Su función es la de conseguir que cuando una sección del circuito demanda alta corriente durante un intervalo pequeño de tiempo, esta demanda sea atendida.

Las pistas de circuito impreso tienen una cierta inductancia<sup>24</sup>. Una bobina no admite que la corriente que la atraviesa cambie bruscamente de valor, de modo que si un circuito conectado a la fuente de alimentación pide de forma instantánea más corriente, la inductancia trata de impedirlo, y lo hace aumentando su tensión en bornas, o lo que es lo mismo, reduciendo la tensión de alimentación en la carga. El condensador de desacoplo nos salva de esta triste situación, actuando él mismo como batería durante breves intervalos de tiempo. Cuánto de breves dependerá de su capacidad y de la corriente que se le solicite. Ver figura 3.19.

Desde un punto de vista práctico, nos preguntaremos cuantos condensadores poner y de qué valor. Como regla general, y para circuitos de audio, deberá ponerse un condensador de desacoplo cerámico con dieléctrico X7R o de poliéster de 10 a 100 nF por cada circuito activo (circuito integrado o transistor) entre cada una de las alimentaciones o masa. Y por cada 10 de estos, un condensador de tántalo de 10  $\mu\text{F}$  o electrolítico de aluminio de entre 10 y 100  $\mu\text{F}$ <sup>25</sup>.

La pregunta inevitable es: ¿qué pasa si no se ponen condensadores de desacoplo?. La respuesta es sencilla: puede que nada, puede que algo. Pero como este es un libro de electrónica y no de zen, vamos a matizar la respuesta: si la inductancia de la alimentación es pequeña para las corrientes o las frecuencias de trabajo, el desacoplo no es imprescindible: si no se pone no pasa nada<sup>26</sup>. Por contra, la mayor parte de las tendencias a oscilar en los circuitos de audio simples están relacionados con problemas de desacoplo, que se curan con un simple condensador de desacoplo estratégicamente situado (100 nF si la frecuencia es alta, más alta capacidad si es baja). Poner por adelantado el desacoplo -no es fácil calcular la inductancias de las pistas- responde a la máxima de 'más vale prevenir que curar', porque bien pudiera suceder que las oscilaciones causadas por un desacoplo deficiente estuvieran tengan lugar lejos del banco de trabajo o en un porcentaje pequeño de placas.

### 3.5.9. Efecto de la tolerancia

Los condensadores electrolíticos de aluminio son el componente óptimo para el componente C1 de la fuente. Este tipo de condensadores presenta normalmente una tolerancia del orden de -10% +30%. Esto quiere decir que la capacidad real puede variar entre

<sup>24</sup>La inductancia es directamente proporcional al área que recorre la corriente entre los terminales de la fuente de alimentación.

<sup>25</sup>Los condensadores electrolíticos de aluminio son mucho más baratos que los de tántalo y están disponibles a tensiones mucho más altas. Sin embargo, su comportamiento a alta frecuencia es peor. Para audio es más que recomendable usar electrolíticos de aluminio.

<sup>26</sup>Permitase una experiencia personal del autor: cacharreando en la infancia con un soldador, quité un condensador a un receptor de radio, y para mi sorpresa, la radio seguía funcionando. Era un condensador de desacoplo.

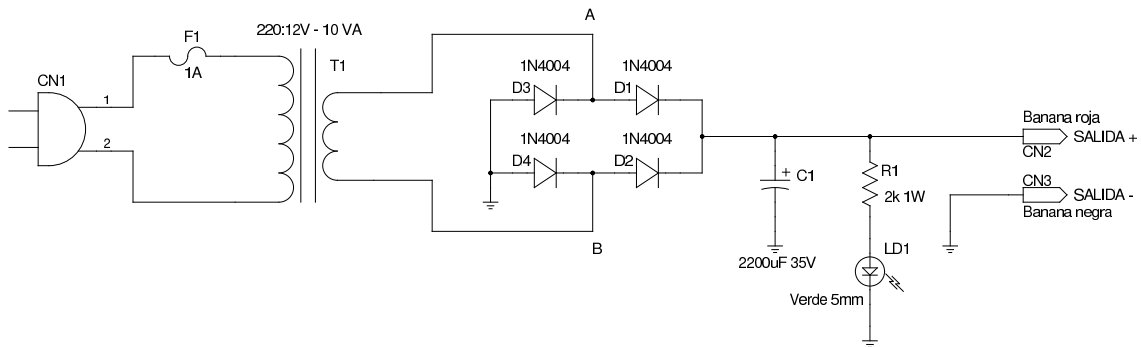


Figura 3.20: Fuente de alimentación con puente de diodos

un 10% inferior a la nominal (aprox  $2.000 \mu\text{F}$ ) y un 30% superior (aprox  $2.800 \mu\text{F}$ ). En este caso concreto, el valor inferior producirá un rizado más alto que, dependiendo de la aplicación, puede ser despreciable o tener su importancia.

Los condensadores electrolíticos de aluminio suelen especificar el margen de temperaturas de trabajo. Está asociado con las pérdidas del mismo (las elevadas corrientes de carga producen disipación en la resistencia serie efectiva, lo que suele ser un factor limitativo de trabajo a temperaturas altas). Cuanto más grande sea el margen, mejor calidad tiene el dispositivo.

### 3.6. Un paso atrás: el puente de diodos

En la figura 3.15 hemos visto el rizado a la salida de la fuente. A un señor muy sabio se le ocurrió una brillantísima idea: si en vez de usar un sólo diodo usamos cuatro, podemos rectificar la salida del transformador, de modo que los dos ciclos y no sólo uno, resulten útiles.

Una fuente que utiliza tal circuito se muestra en la figura 3.20. Detengámonos un momento en el funcionamiento del puente de diodos.

Si la tensión en el punto A es más alta que en el punto B (semiciclo positivo), entonces la corriente circulará desde el punto A, pasará por D1, la carga, D4 y el punto B.

Si por contra, la tensión en el punto B es más alta que en el punto A (semiciclo negativo), entonces la corriente circulará desde el punto B, pasará por D2, la carga, D3 y el punto A.

Vemos que la corriente siempre pasará por la carga en el sentido apropiado.

Hemos construido un rectificador de doble onda, en el sentido que el semiciclo positivo y negativo de la señal de salida del transformador son útiles para la carga, lo que se manifiesta, en una notable reducción del rizado, como se muestra en la figura 3.21. Teniendo en cuenta que el precio de un diodo está en torno a 0,1 Euro, y un buen condensador electrolítico de alta capacidad puede superar los 10 Euros, es fácil darse cuenta que la mejora es notable, en precio, espacio físico y prestaciones.

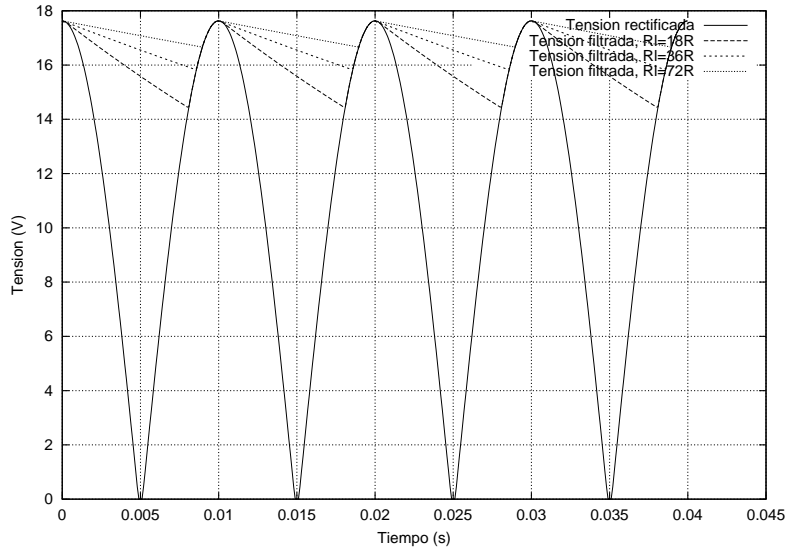


Figura 3.21: Rizado de la fuente de alimentación con puente de diodos

## 3.7. La resistencia

### 3.7.1. El componente

Los teóricos de la resistencia la denominan *resistor* para distinguir el *componente resistencia* de la *magnitud resistencia*, pero no han encontrado muchos adeptos entre los hombres prácticos. Baste para nosotros el no confundir ambos conceptos.

Ningún componente es perfecto. Podríamos decir que la resistencia es el más simple de todos los componentes, pero como ya vimos para los condensadores, nos encontramos con un curioso efecto: cada componente *pretende* ser una cosa, pero al analizarlo en detalle, nos encontramos siempre con elementos parásitos que pueden ser más o menos significativos. Una *resistencia*, tiene resistencia, pero también tiene inductancia (muy problemática a alta frecuencia), capacidad (dependiendo del montaje), y además genera ruido (ver capítulo 10.1). Siendo realistas para un uso como el que nos aplica, funcionando como limitación de corriente para un LED la resistencia que usamos se comportará de una forma casi idéntica a un componente ideal<sup>27</sup>.

En cualquier caso, debemos recordar que una resistencia de 2 k $\Omega$  como la indicada no tendrá un valor de 2.000,00  $\Omega$ , sino que su valor puede tener cierta variación respecto a su valor nominal.

Aconsejamos el uso de resistencias de película metálica del 2% de tolerancia como componente de referencia: se trata de componentes de bajo precio (aprox 2 céntimos de Euro) y alta calidad.

### 3.7.2. Parámetros básicos

El parámetro más importante de una resistencia es... ¡correcto!: su valor resistivo. En segundo lugar, la potencia que es capaz de disipar. Nos vamos a detener un instante en este punto.

<sup>27</sup>Las resistencias tienen efectos parásitos despreciables para la mayor parte de las aplicaciones.



Figura 3.22: Fotografía de una resistencia

Toda corriente eléctrica al pasar por una resistencia disipa una potencia (no es así el caso de un condensador ideal). Esta potencia provoca un aumento de la temperatura del mismo. *Cuánto* aumenta, depende de cómo se haya construido. Si es muy pequeña, presentará dificultades en transferir al ambiente el calor generado. Si se ha construido con aletas de refrigeración, la superficie de contacto con el aire es mayor, y por tanto se calentará menos.

Pero la temperatura alcanzada también depende de parámetros externos: temperatura ambiente y la existencia de ventilación<sup>28</sup>. La ventilación forzada (por ejemplo, la que se obtiene mediante un ventilador, usado frecuentemente en los ordenadores) mejora espectacularmente la capacidad de disipación de calor<sup>29</sup>. Recíprocamente, si se reduce el flujo de aire cercano al componente, la capacidad de transferencia de calor se ve penalizada, y en consecuencia, la temperatura del componente subirá pudiendo llegar a comprometer su fiabilidad.

La relación que liga el incremento de temperatura con la potencia disipada se denomina *resistencia térmica*, y será estudiado en detalle más adelante.

### 3.8. El fusible

El fusible es un componente que se usa como elemento de protección. Está compuesto por un filamento de una aleación de estaño y plomo, dentro de una cápsula de vidrio. El fusible presenta una resistencia baja, pero no despreciable, de modo que cuando es atravesado por una corriente, disipa una cierta potencia, lo que eleva su temperatura. Si la corriente se hace mayor, también lo hace la temperatura, hasta el punto en que el hilo se llega a fundir y el circuito se abre. Normalmente el proceso es bastante rápido, porque al subir la temperatura, también lo hace la resistencia, lo que provoca un aumento de la potencia disipada, y de la temperatura<sup>30</sup>.

Los fusibles están caracterizados por la corriente a la que se funden, y en segunda medida, por la tensión que pueden soportar cuando están fundidos (si se sobrepasa esta tensión puede saltar una chispa entre los terminales).

Hemos de tener en cuenta que un fusible no es un elemento de precisión: la corriente a la que un fusible realmente se funde depende de la temperatura ambiente, de la forma de los pulsos, etc. Su función básica es la de protegernos contra cortos accidentales<sup>31</sup>.

<sup>28</sup>Hay dos tipos de ventilación. La ventilación por *convección*, es la que se produce al elevarse el aire caliente, y entrar aire más frío en su lugar, que es la que tiene lugar en la calefacción doméstica con radiadores. En la ventilación *forzada* el aire se mueve empujado por un ventilador.

<sup>29</sup>Esto introduce otro factor: si el ventilador falla y no se han tomado medidas oportunas, el circuito puede quemarse, con los problemas consiguientes. Y un ventilador fiable no es barato.

<sup>30</sup>Este fenómeno se denomina realimentación positiva y lo estudiaremos en detalle más adelante.

<sup>31</sup>Una de las leyes de Murphy dice que una fuente de alimentación suele fundirse para proteger al fusible. Así nadie puede decir que no está avisado.



Figura 3.23: Fotografía de un fusible

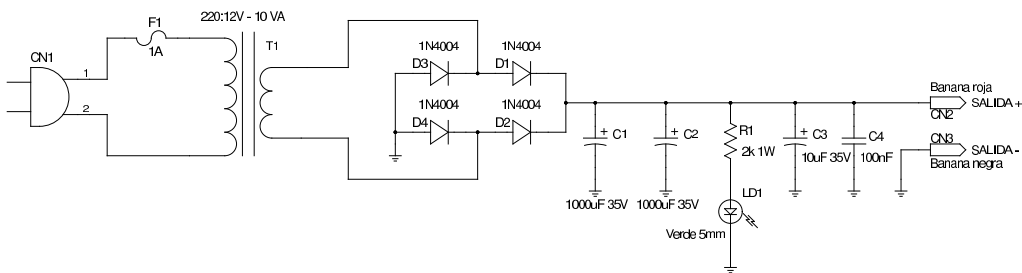


Figura 3.24: Esquema final de la fuente de alimentación

## 3.9. Revisión final de la fuente

### 3.9.1. Circuito final

En la figura 3.24 mostramos el esquema final de la fuente, en el que se muestran algunas mejoras introducidas a lo largo del capítulo.

### 3.9.2. Funcionalidad: rectificador con filtrado

La fuente de alimentación que hemos analizado realiza dos funciones básicas:

- La rectificación de una tensión alterna.
- El filtrado de la tensión resultante. Entendemos por filtrado el *alisado* de la tensión, realizado por los condensadores.

### 3.9.3. Prestaciones

Resumimos las prestaciones de la fuente:

- La fuente entrega una tensión de salida nominal de 17 Voltios en vacío
- El transformador permite una corriente de salida máxima de 0,6 A<sup>32</sup>
- El factor de regulación es del 26% (dato tomado de un modelo concreto de transformador comercial)

<sup>32</sup>Si el transformador tiene 10 VA y la tensión de salida es de 17 V, entonces la corriente máxima es de  $I = \frac{P}{V}$

- La tensión de salida no es constante: tiene un *rizado* dependiente de la corriente de salida. A 0,5 A de salida, es de aproximadamente 2 V pico a pico (2 Vpp)
- La fuente incorpora un indicador luminoso a LED que permite al usuario una visión general del funcionamiento de la misma
- La fuente está protegida contra cortocircuitos accidentales mediante un fusible

### 3.9.4. Mejoras deseables y posibles

Dependiendo del uso que vayamos a dar a la fuente hay dos parámetros de la fuente que deberíamos mejorar si queremos usarla para alimentar circuitos electrónicos o como fuente de laboratorio:

- El rizado de la tensión de salida: puede provocar que algunos componentes del circuito a alimentar trabajen en tensiones fuera de rango (eg. en electrónica digital se requiere  $5V \pm 10\%$ , que debe respetarse en todo momento) o que la variación de la señal de entrada provoque perturbaciones en la señal a tratar (eg. un amplificador de audio).
- La regulación: variaciones de la carga debe provocar un mínimo de variaciones de la tensión de salida, por razones similares a las anteriores. Fallos de regulación en los sistemas amplificadores provocan un tipo de distorsión muy desagradable.

El primero de los problemas depende de la regulación que proporcionan los condensadores. El segundo está fundamentalmente relacionado con el *factor de regulación* del transformador. En el siguiente capítulo veremos como podemos mejorar ambos aspectos de un plumazo.

## 3.10. Componentes: ¿porqué tantos tipos?

Existen varios tipos de resistencias, de dieléctricos en los condensadores, miles de tipos de diodos y transistores. ¿A qué viene tanta variedad?, ¿es necesario conocerlos todos?. Interesantes preguntas.

Respecto a la variedad de componentes, la respuesta exige una visión pormenorizada. Respecto a los pasivos, responde a la necesidad de obtener características mejoradas en algún aspecto<sup>33</sup>, y normalmente esto afecta a los materiales usados. En los semiconductores, está más relacionado con los procesos de fabricación. Considerando el gran número de fabricantes repartidos por todo el mundo, la variedad de opciones, y aplicaciones, las necesidades de ajustar los costes, la rápida evolución de los procesos de fabricación, es comprensible la existencia de una enorme variedad de componentes.

Por ejemplo, debemos tener en cuenta que existen varios tipos de diodos: rectificadores, de señal, zener, LED, etc. De cada uno de ellos existen cientos o miles de tipos, distintas soluciones de distintos fabricantes, unos compatibles entre sí y otros no. *La idea más importante es que al igual que los diodos, unos cuantos tipos pueden resolver casi todos nuestros problemas.* En el capítulo correspondiente se verán en detalle.

Respecto a los circuitos integrados, hemos de tener en cuenta que existen circuitos integrados para literalmente miles de *funciones* diferentes, desde las llaves electrónicas

<sup>33</sup>Variación del parámetro básico con la temperatura o la tensión, corrientes o tensiones de funcionamiento extendidas, optimización del tamaño y muchas otras.

para la apertura de los coches, a los que llevan los relojes electrónicos, pasando por componentes de propósito general como los microprocesadores, memorias o amplificadores operacionales. Aunque los mercados emergentes masivos (PCs, teléfonos móviles) acosejan a los fabricantes de circuitos integrados a la especialización, resulta sorprendente como, para la mayor parte de las aplicaciones, se obtienen resultados excelentes con componentes diseñados en los años 80, fiables, de bajo coste y fáciles de encontrar. A lo largo del libro veremos varios ejemplos.

La forma más rápida y cómoda de conocer componentes en detalle, con características y precio es a través de catálogos de distribuidores o almacenistas, entre los que destacan RS-AMIDATA<sup>34</sup> y FARNELL<sup>35</sup>.

### 3.11. Resumen del capítulo

A continuación, resumimos algunos de los conceptos más importantes del capítulo:

- Las resistencias están fundamentalmente caracterizadas por su valor resistivo y por la potencia que son capaces de disipar de manera segura.
- Los condensadores están fundamentalmente caracterizados por su capacidad, por la tensión máxima entre terminales y por su dieléctrico.
- Es esencial desacoplar las alimentaciones con condensadores, que no es sino una forma de asegurar que la fuente va a ser capaz de entregar la corriente de alta frecuencia demandada.
- Los fusibles están fundamentalmente caracterizados por la corriente máxima que soportan.
- Un transformador puede cambiar tensiones entre dos circuitos produciendo bajas pérdidas de potencia.
- Los transformadores están fundamentalmente caracterizados por la relación de transformación y por la potencia máxima que pueden entregar a la carga.
- El diodo es un dispositivo que presenta facilidad al paso de la corriente en un sentido (desarrollando una baja caída de tensión) y elevada resistencia al paso de la corriente en sentido inverso.
- Los diodos están fundamentalmente caracterizados por el material semiconductor y el tipo de uso (lo que determina la tensión de caída), pero se definen por un código de fabricante debido a la enorme variedad de tipos y prestaciones.
- La relación entre la potencia disipada y la temperatura que alcanza un dispositivo se denomina *resistencia térmica* y depende de la construcción del mismo y de factores ambientales.
- Se denomina *factor de regulación* de un transformador a la variación de la tensión de salida al variar la corriente entregada entre cero y el valor máximo.
- Un puente de diodos es un circuito con cuatro diodos que permite rectificar los dos semiciclos de una senoide. Es una solución mucho más efectiva y económica para la reducción del rizado que el uso de mayor capacidad para el filtrado.

---

<sup>34</sup><http://www.amidata.es>

<sup>35</sup><http://www.farnellcomponents.com>



- Un modelo es una visión simplificada pero suficientemente precisa de un dispositivo. Es válido sólo en cierto contexto.
- Un condensador es capaz de almacenar carga, tanto mayor cuanto mayor sea su capacidad y tensión.
- La tensión en bornas de un condensador no puede cambiar instantáneamente. Si se carga a corriente constante, la tensión varía según la expresión:  $\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{I}{C}$
- En una fuente de alimentación, los condensadores soportan el suministro de corriente a la carga la mayor parte del tiempo. Sólo en breves instantes el transformador carga los condensadores.
- La tensión de rizado en los condensadores de una fuente dependen de la capacidad empleada y de la corriente de descarga.
- Un condensador electrolítico presenta una resistencia serie que no es despreciable cuando se usa a elevadas corrientes.
- Todo condensador presenta un comportamiento inductivo que limita su funcionamiento a alta frecuencia. Este efecto puede compensarse mediante el uso de condensadores de menor capacidad en paralelo (en saltos de 100 veces).
- Se dice que un circuito es *lineal* cuando responde de manera proporcional a una determinada señal: responde el doble a una excitación doble, mitad a una excitación mitad.
- Se denomina *función de transferencia* a una relación que liga dos parámetros de un componente o sistema, por ejemplo, tensión y corriente en un diodo, o tensión de entrada y salida.

