

# Las Fuentes de Alimentación Conmutadas (Switching).

Tutorial de Electrónica



# Introducción

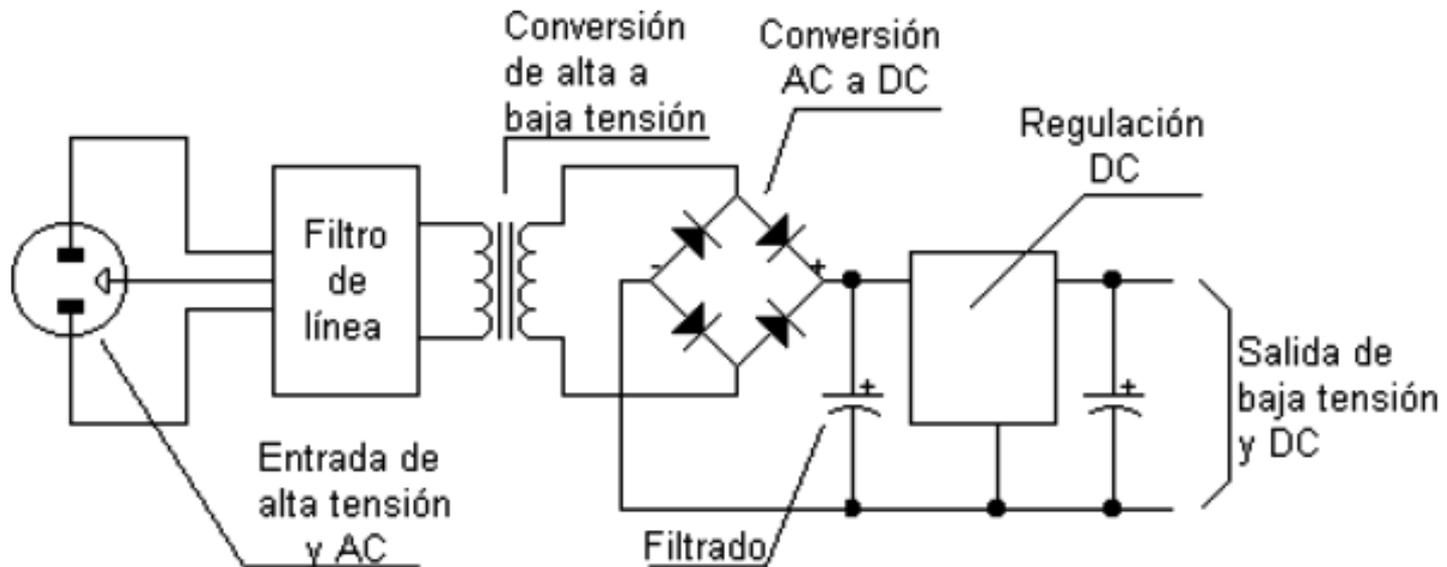
- Las fuentes de alimentación convencionales usan transformadores operando a 50 Hz y que suelen ser inconvenientes, tanto por el elevado costo, excesivo peso y volumen, así como su bajo rendimiento de conversión y la consiguiente pérdidas de potencia en generación de calor.
- La alternativa a este tipo de fuentes ha sido desde hace tiempo el empleo de fuentes de conmutación (switching).
- Este tipo de fuentes conmutadas operan directamente sobre el lado de alta tensión, con elevados rendimientos (usualmente mejor del 70% u 80%), de bajo costo y volumen y, usando muy pocos componentes (con la consiguiente facilidad de ensamblado y mayor confiabilidad).
- Los reguladores conmutados disipan menos energía en forma de calor y además son capaces de suministrar voltajes de salida mayores o menores que el voltaje de entrada. Además estos pueden suministrar un voltaje de salida con polaridad opuesta a la del voltaje de entrada.



## Observaciones críticas sobre una fuente convencional.

En la siguiente sección se describe básicamente los bloques principales que contiene una fuente de alimentación convencional .

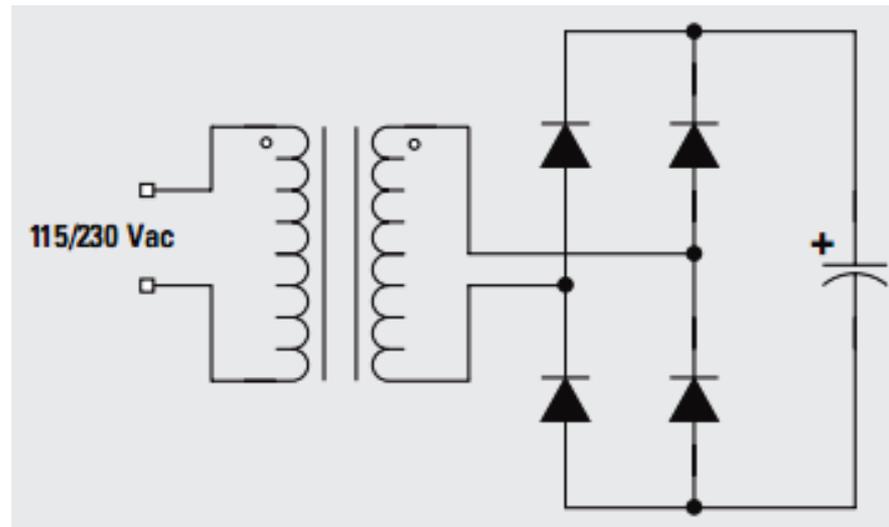
# Observaciones críticas sobre una fuente convencional.



1. **Etapa de entrada de alta tensión alterna.**
2. **Filtro de línea.**
3. **Conversión de alta a baja tensión.**
4. **Conversión de Alterna a Continua y filtrado.**
5. **Regulación de continua.**

# 1. Etapa de entrada de alta tensión alterna

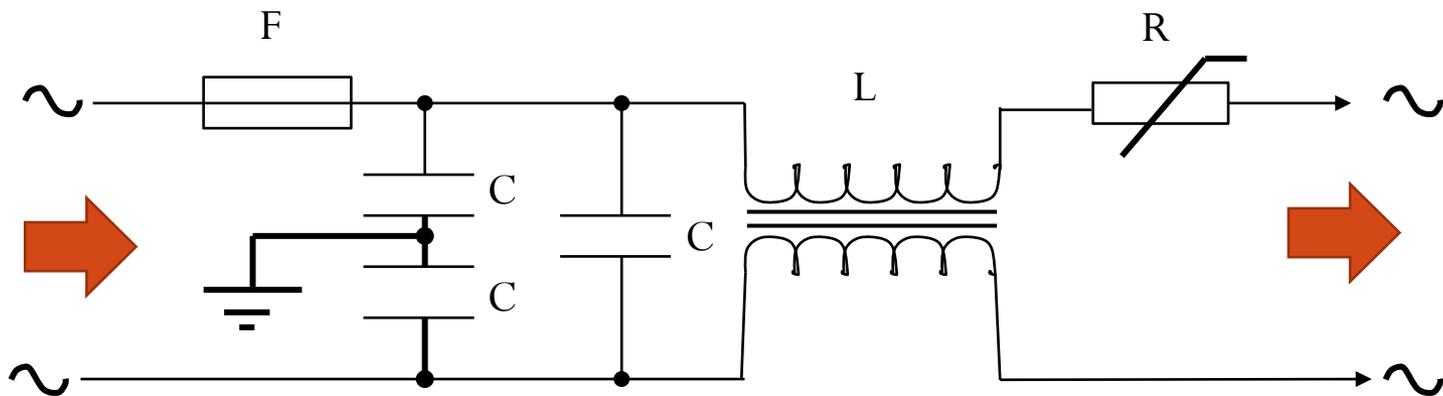
- En general la fuente de energía suele ser de alta tensión (110 o 220 Volts eficaces) y de alterna de 50 o 60 Hertz, aunque ciertas aplicaciones puede requerir otro tipo de tensiones y/o frecuencias. Dentro de toda esta variedad un caso comercial interesante es el de los “**wall-adapter**” universales, que aceptan tensiones de entrada de 90Vac a 250 Vac, frecuencias de línea desde 47 a 63 Hz y con potencias de 1 Watt hasta 200 Watts.



Circuito Wall-Adapter

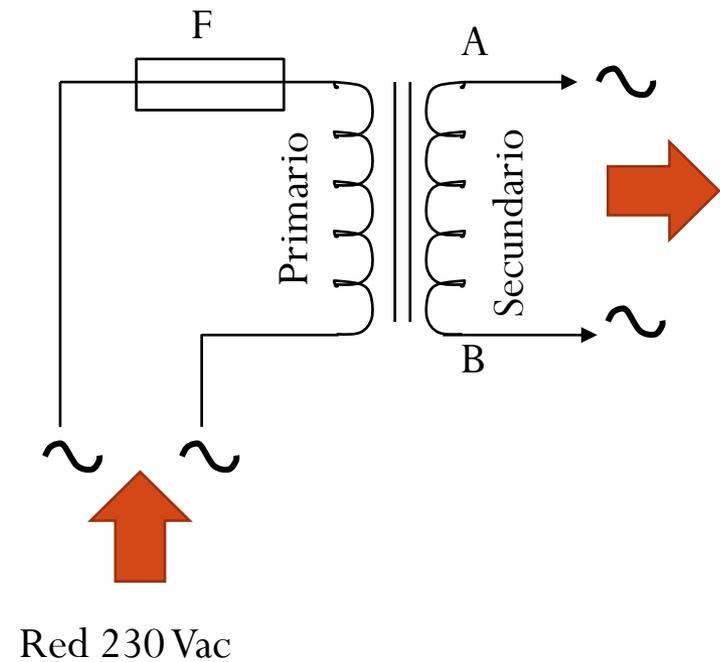
## 2. Filtro de línea

- El filtro de línea tiene por función proteger la fuente y circuitos de posibles picos transitorios u otras señales interferentes provenientes de la red de alta tensión, y a la vez bloquear la inserción en la red de señales de alta frecuencia generadas por la propia fuente.



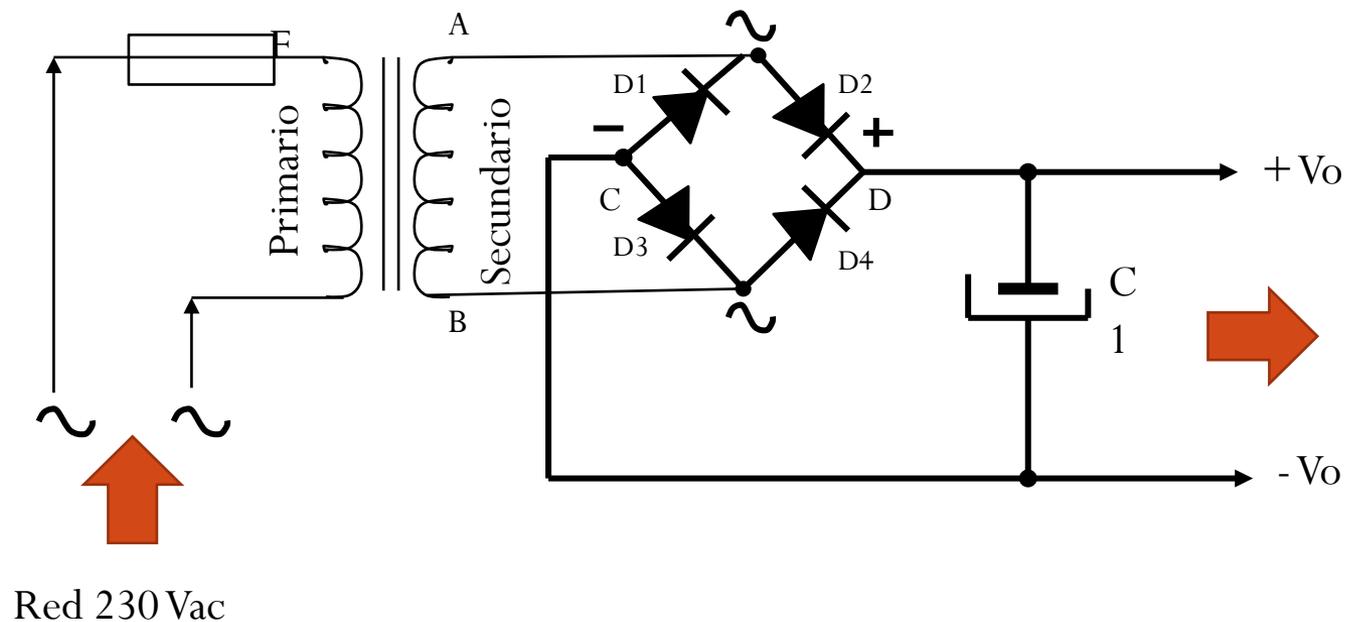
### 3. Conversión de alta a baja tensión

Dado que la mayor parte de los equipos electrónicos requieren para su operación tensiones continua de unos pocos voltios, en una fuente tradicional suele ser imprescindible la inclusión de un **transformador**, que realiza una conversión de voltaje con una relación fija. Esto significa que si se aumenta la tensión alterna de entrada al primario del transformador también experimentará una subida de tensión en el secundario del transformador. Para frecuencias de 50 o 60 Hz este elemento suele ser voluminoso, pesado y caro.

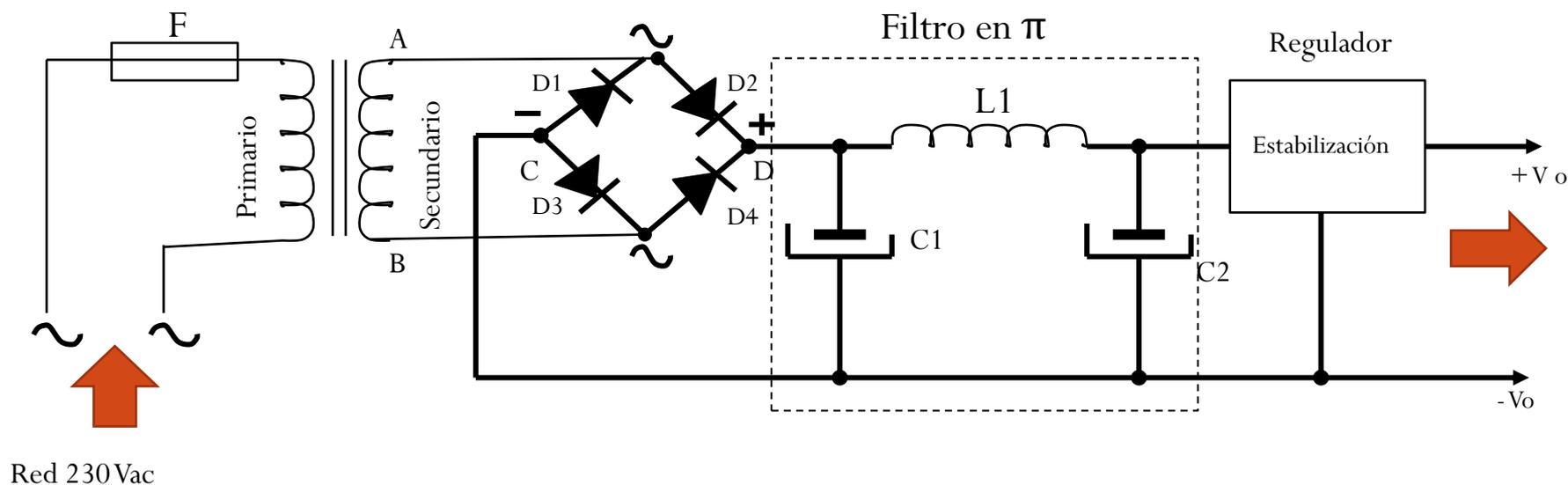


# 4. Conversión de Alterna a Continua y filtrado.

- Los sistemas electrónicos requieren, en general, suministro de energía continua, por lo que la siguiente etapa es la **rectificación** de la corriente alterna a continua. Esta tarea es usualmente realizada por dos o cuatro diodos y su correspondiente filtro de la tensión pulsante mediante el uso de condensadores.



# 5. Regulación de continua



Los sistemas electrónicos requieren una alimentación de baja tensión continua filtrada y regulada con bastante estabilidad, típicamente el 5%, por lo que se hace necesario la inserción de un elemento de paso que posibilite obtener una **estabilización** del voltaje de salida, independientemente de la variación de amplitud de la tensión continua a su entrada.

# Recuerda

- Los reguladores lineales (principalmente los reguladores serie) dominaron el mercado de los reguladores para las fuentes de alimentación.
- Entre otras razones, estos reguladores dominaron el mercado debido a que ellos son simples, fáciles de usar y además ofrecen un alto funcionamiento.
- El hecho de que los reguladores lineales, entre otras razones, disipan una cantidad considerable de energía (baja eficiencia), llevó a la aparición en el mercado, a mediados de los 70, de las fuentes conmutadas, las cuales entre otras cosas son capaces de presentar eficiencias mucho mayores que las fuentes lineales.
- Los reguladores conmutados disipan menos energía en forma de calor y además son capaces de suministrar voltajes de salida mayores o menores que el voltaje de entrada. Además estos pueden suministrar un voltaje de salida con polaridad opuesta a la del voltaje de entrada.

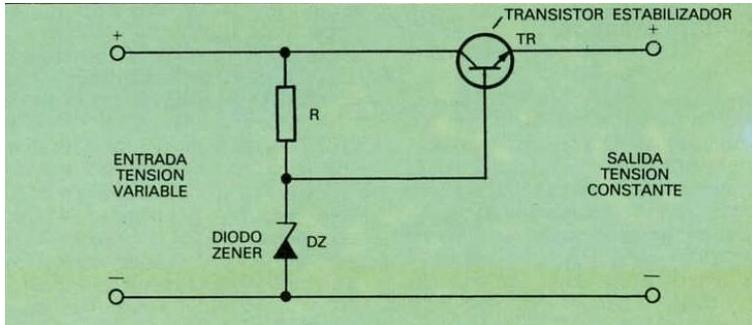
# ¿Qué es esto de la eficiencia?

- Por ejemplo, en un regulador de voltaje convencional, que requiera una tensión de 5 V y 1 A de salida, si se le aplica una tensión a la entrada de 28 voltios, se produce una caída de tensión de 23V a través del transistor de paso, de tal forma que 23W son disipados en forma de calor (pérdidas) por el transistor y la eficiencia obtenida es de apenas del 18%.
- En cambio, en los reguladores conmutados, a diferencia de los reguladores lineales, el elemento de control es operado como un switch, lo cual hace que la eficiencia del regulador se incremente dado que el elemento de control no conduce todo el tiempo y las pérdidas por consiguiente, son menores.
- El transistor de paso es conmutado rápidamente (5-50 KHz) de saturación a corte. El voltaje de salida se regula mediante la variación del **Duty-Cycle** de la forma de onda casi cuadrada que controla al transistor.
- Durante el tiempo en que el elemento de control conduce, es almacenada la energía en el núcleo del elemento inductivo, inductor. Y conforme se demande más o menos corriente a la salida, la frecuencia irá cambiando.

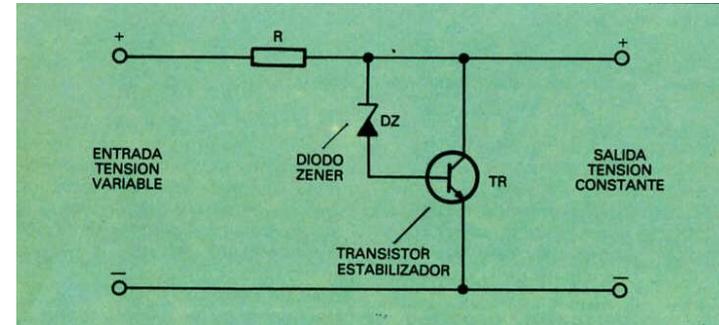
# El transistor como elemento regulador.

- Tanto en las fuentes de alimentación lineales como en las conmutadas existe un elemento llamado **controlador**, quien es el encargado directo de regular el voltaje de salida, en el caso de los reguladores lineales, son **transistores**, los cuales conducen todo el tiempo, lo que conlleva pérdidas considerables de energía.
- En los reguladores conmutados, también son transistores, pero en este caso, el elemento de control está operando en conmutación, es decir, saturación y corte y no conduce todo el tiempo, lo cual minimiza las pérdidas de energía incrementándose de esta forma la eficiencia de la fuente. La eficiencia es uno de los parámetros de mayor importancia en una fuente así como lo son ,el tamaño y el peso de esta.
- La frecuencia de conmutación podría estar limitada hasta aproximadamente 40 KHz., en transistores bipolares, pero si se usan MOSFET de potencia, dicha frecuencia puede ser incrementada hasta 200 KHz o más, lo cual significa un considerable ahorro en tamaño de algunos componentes.

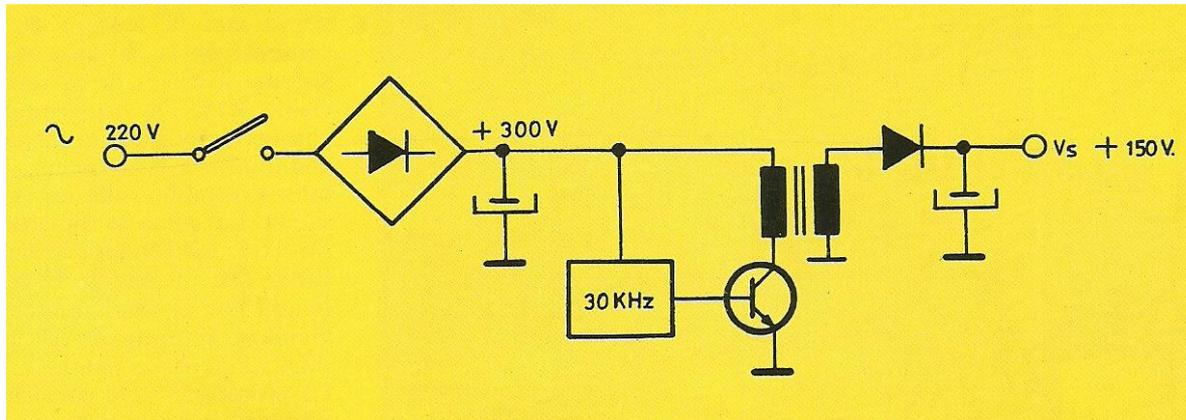
# El transistor como elemento de regulación.



Fuente de alimentación lineal. Transistor en serie



Fuente de alimentación lineal transistor en paralelo.



Fuente de alimentación conmutada. Transistor en conmutación





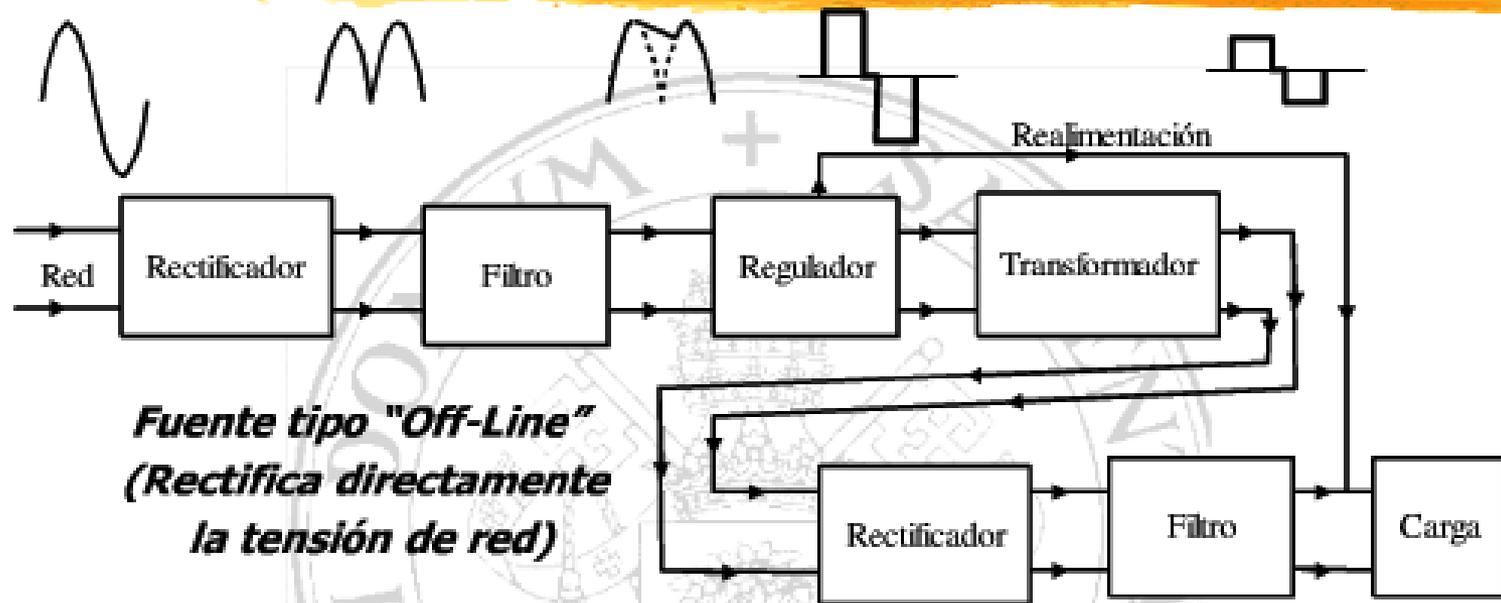
## Introducción a las Fuentes de alimentación conmutada

Hemos visto las fuentes convencionales del tipo lineal, a continuación nos introducimos en el aprendizaje de las fuentes conmutadas (Switching).

# Fuente de alimentación conmutada

- **Ventajas:**
  - Reducido volumen y peso.
  - Buen rendimiento.
- **Inconvenientes:**
  - Son complejas.
  - Hay que tomar medidas para reducir las interferencias electromagnéticas (EMI).

# Bloques de una Fuente de alimentación conmutada

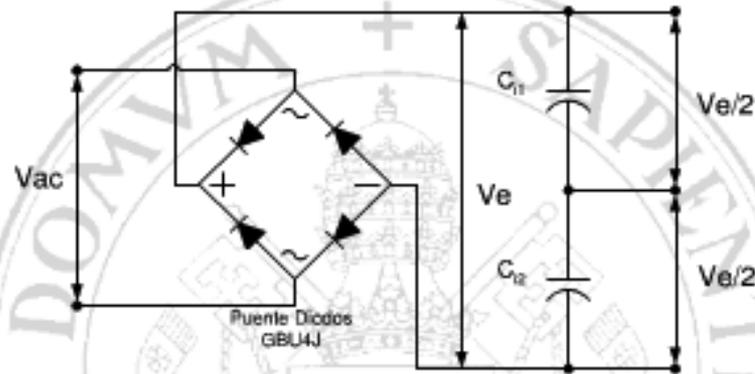


***Fuente tipo "Off-Line"***  
***(Rectifica directamente***  
***la tensión de red)***

- **Regulador.**
- **Transformador.**
- **Rectificador.**
- **Filtro.**

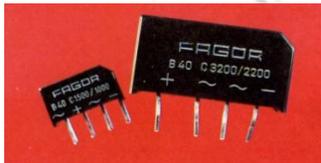
# Componentes de una Fuente de alimentación conmutada

## ***RECTIFICADOR Y FILTRO DE ENTRADA***



### **RECTIFICADOR**

- ***Rectificar la tensión de red.***



### **CONDENSADOR**

- ***Filtrar la tensión de entrada.***
- ***Divisor de tensión.***
- ***Suministrar energía.***
- ***Microcorte.***



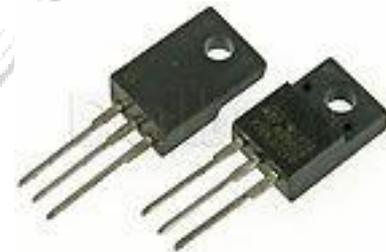
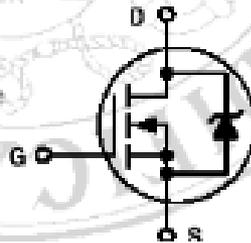
# Componentes de una Fuente de alimentación conmutada

## ***INTERRUPTORES ELECTRÓNICOS DE POTENCIA***

### ***Requerimientos***

- ***Dos estados definidos (bloqueo y conducción).***
- ***Cambio de estado con pequeña potencia.***
- ***Capaz de soportar altas tensiones en bloqueo y grandes intensidades en conducción.***
- ***Rapidez de funcionamiento.***
- ***Bidireccionales.***

***MOSFET***



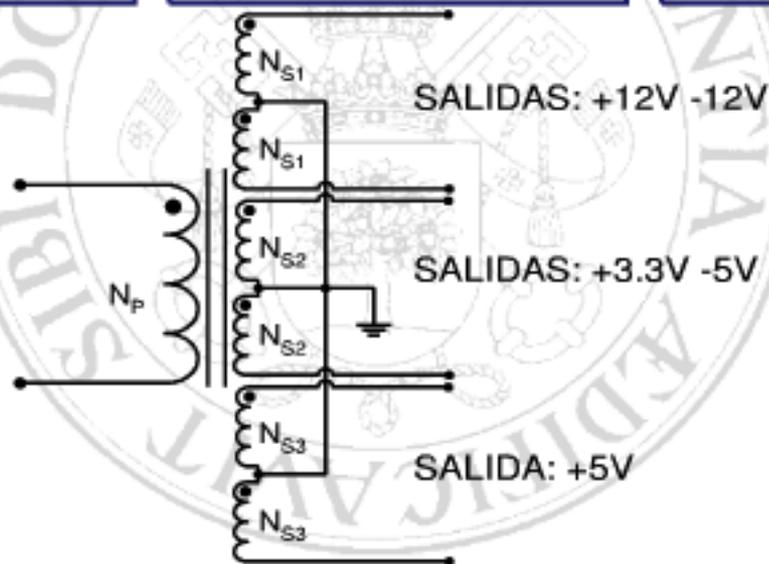
# Componentes de una Fuente de alimentación conmutada

## **DISEÑO DE LAS SALIDAS** **TRANSFORMADOR**

*Potencia máxima*  
*Frecuencia de trabajo*

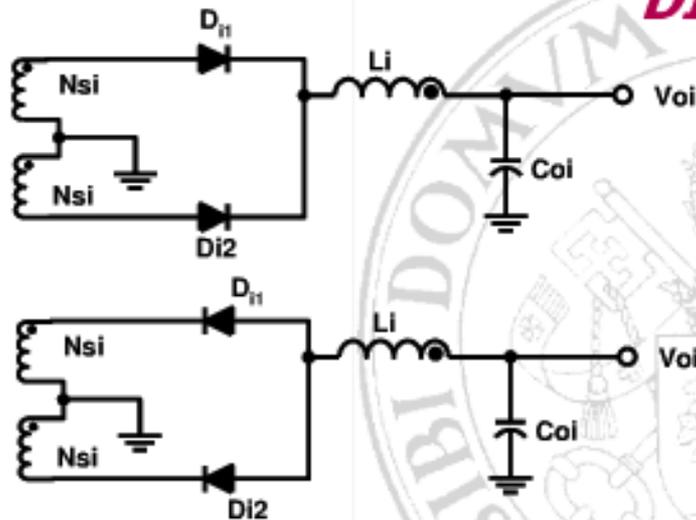
*Mayor eficiencia*  
*Menor tamaño*

*Flujo máximo*  
*Densidad de Corriente*



# Componentes de una Fuente de alimentación conmutada

## DISEÑO DE LAS SALIDAS DIODOS



**Salida 1: +12v 6 A.**

**Salida 2: -12v 0.3 A.**

**Salida 3: +3.3v 14 A.**

**Salida 4: -5v 0.3 A.**

**Salida 5: +5v 15 A.**

**Frecuencia de conmutación = 60 KHz**

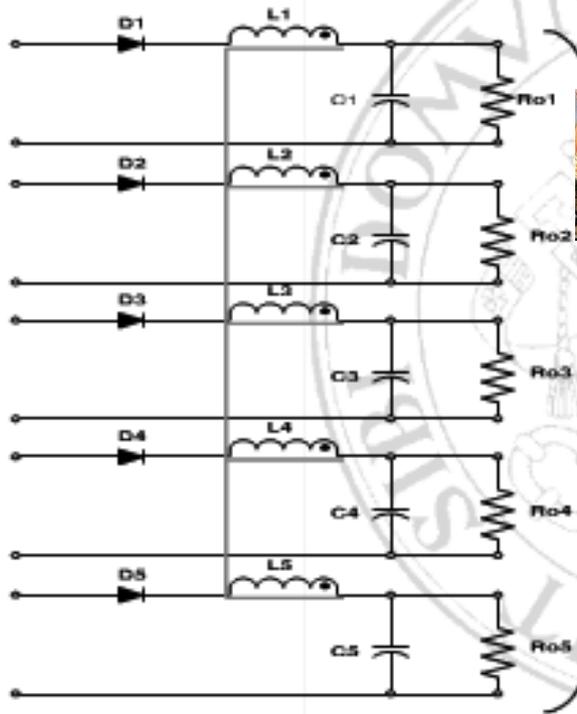
**DIODOS SCHOTTKY**



# Componentes de una Fuente de alimentación conmutada

## **DISEÑO DE LAS SALIDAS**

### **INDUCTANCIAS**



### **INDUCTANCIAS ACOPLADAS**

- **Regulación cruzada muy buena.**
- **Eliminación de irregularidades en la ganancia de lazo.**
- **Reducción de volumen y coste.**

**Salida de referencia  $\Rightarrow +5V$**

# Componentes de una Fuente de alimentación conmutada

## **DISEÑO DE LAS SALIDAS CONDENSADORES**

**Tensiones de rizado.**

**Salida +5V** }  
**Salida +3.3V** } **0.1%**

**Salida +12V** } **0.3%**

**Salida -5V** }  
**Salida -12V** } **1%**

**Corriente en el condensador.**

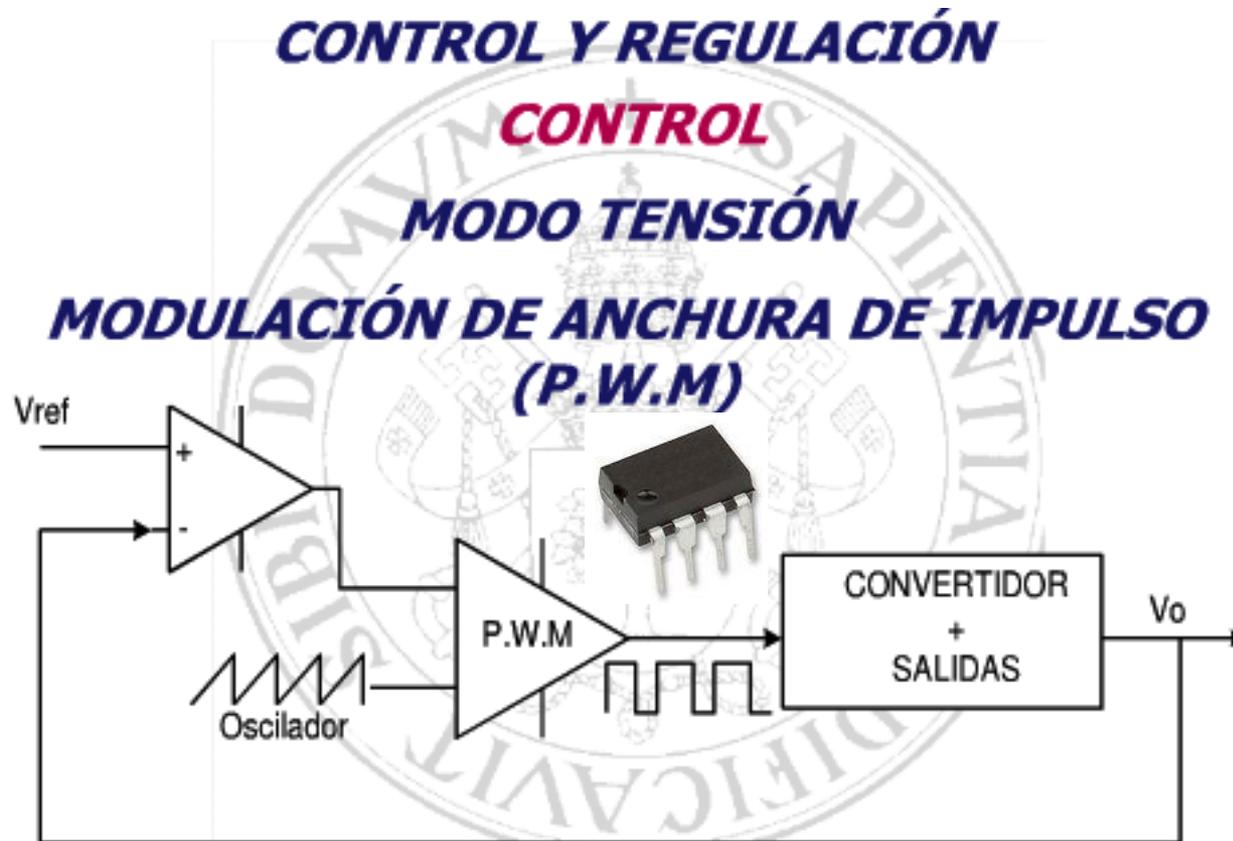
**Frecuencia de trabajo.**



**Capacidad**



# Componentes de una Fuente de alimentación conmutada



# Control y regulación en una Fuente de alimentación conmutada



# Protecciones de una Fuente de alimentación conmutada

## **PROTECCIONES**

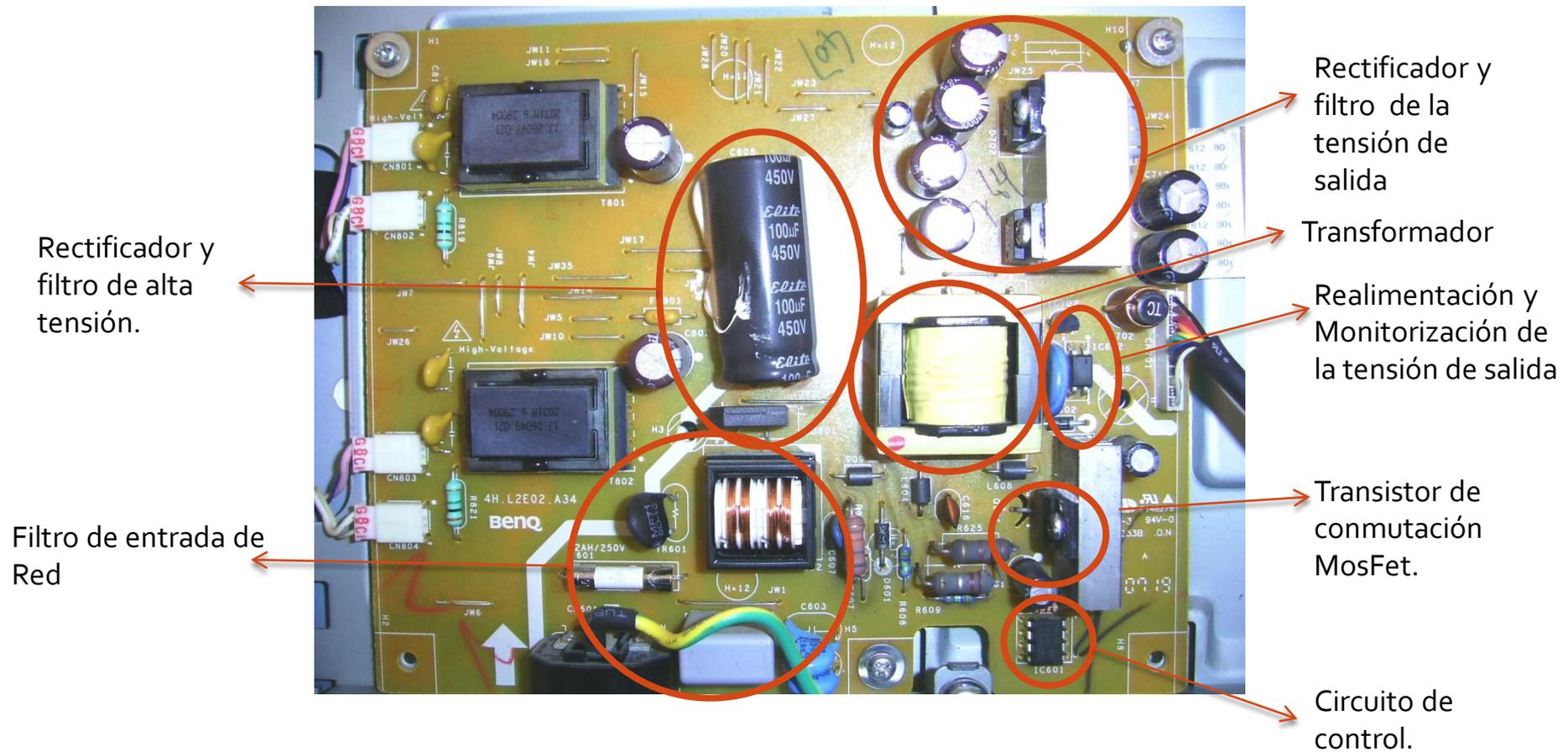
### **INTERNAS**

- ***Sobretensiones en las salidas.***
- ***Arranque lento.***
- ***Control del tiempo muerto.***
- ***Pérdidas en conmutación.***

### **EXTERNAS**

- ***Picos de corriente.***
- ***Picos de tensión de red.***
- ***Sobrecargas.***
- ***Interferencias E.M.I.***

# Elementos de una Fuente de alimentación conmutada





## Configuraciones básicas de la regulación conmutada

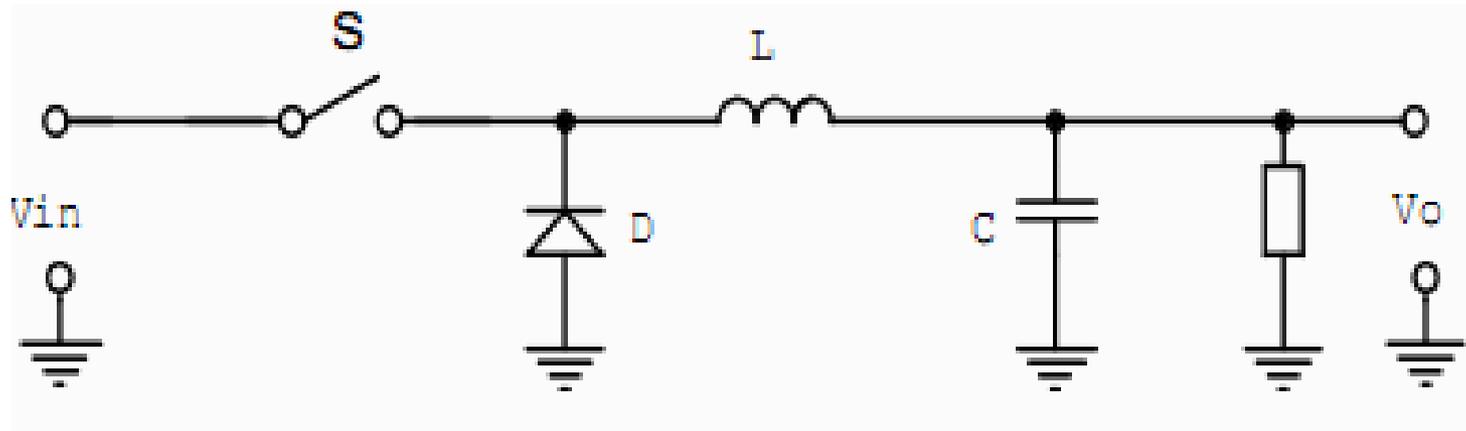
A continuación veremos los dos tipos de configuraciones principales donde se basa el diseño de fuentes conmutadas.

# Configuraciones básicas

- El circuito de una fuente de alimentación conmutada es esencialmente un convertidor DC-DC, con un voltaje de salida cuya magnitud puede ser controlada.
- Existen dos configuraciones básicas a partir de las cuales otras configuraciones pueden ser obtenidas, las cuales son conocidas como:
  1. *Configuración Step-Down* (Buck Converter)
  2. *Configuración Step-Up* (Boost Converter).
- Otros reguladores, por ejemplo, la configuración *flyback*, son una combinación de estas dos formas básicas que veremos más adelante.
- A continuación se describirán el principio de funcionamiento de cada configuración.

# Configuración Step-Down (*Buck Converter*)

- Este tipo de regulador realiza una tarea similar a la de un transformador reductor y el voltaje de salida que este entrega es siempre menor que el voltaje de entrada. En la figura se muestra el esquema básico.

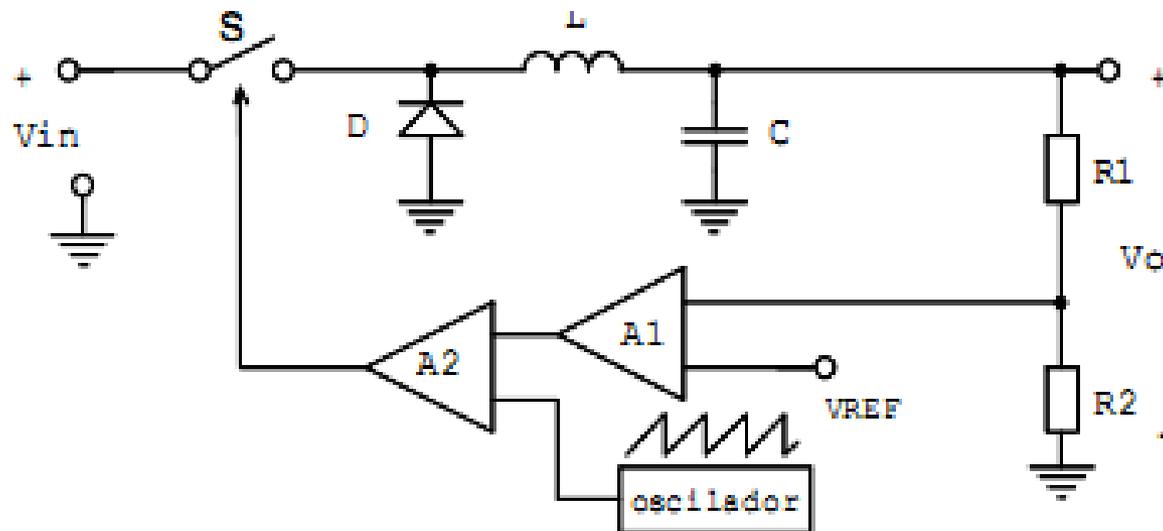


# Configuración Step-Down (*Buck Converter*)

- Si observamos la figura anterior, cuando el interruptor **S** (transistor operado como switch) se cierra **Ton**, una corriente fluye a través del inductor **L**. Una parte de esta corriente va a la carga y la otra sirve como corriente de carga para el condensador **C**. Durante **Ton**, debido a la polaridad del voltaje entre los extremos de la bobina, el diodo **D** está polarizado en inversa y no conduce.
- Cuando el interruptor se abre **Toff**, el inductor **L** invierte la polaridad del voltaje entre sus extremos para mantener el flujo de corriente en el mismo sentido, como consecuencia el diodo ahora queda polarizado directamente, evitando que altos voltajes sean inducidos en el inductor y habilitando un camino para el paso de corriente. Este diodo es conocido como **flyback diode**.
- Durante **Toff** la corriente que circula a través de la carga es suministrada tanto por el inductor como por el condensador.

# ¿Cómo se logra la regulación del voltaje?

- En los reguladores conmutados la regulación del voltaje de salida se logra manipulando el **tiempo de conducción** del elemento de control. Una de las técnicas más comúnmente usada es controlar el tiempo de conducción mediante el uso de una forma de onda **PWM**, Modulación del Ancho de Pulso.
- En la figura se muestra el circuito básico de la configuración **Step-Down** con el diagrama de bloques del circuito de control.



# ¿Cómo se logra la regulación del voltaje?

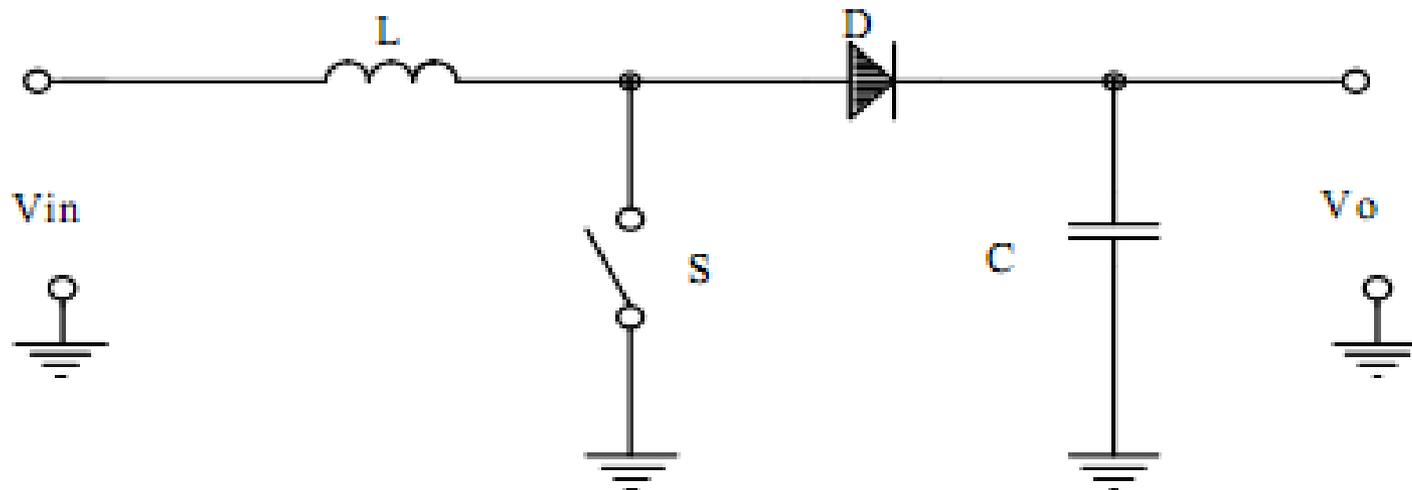
- Según vemos en la figura anterior, el voltaje de salida  $V_o$  es censado por medio del divisor de tensión formado por  $R_1$  y  $R_2$ . Este es comparado con la tensión de referencia por el amplificador de error  $A_1$ , produciendo una señal diferencial.
- El voltaje de salida  $V_o$  es usado para controlar el “**trippoint**” del comparador  $A_2$ , siendo la otra entrada de este alimentada con una señal de diente de sierra o triangular.
- La señal de salida resultante es una señal, forma de onda, la cual tiene un ancho de pulso modulado **PWM**.
- Para lograr una retroalimentación negativa y por consiguiente regular el voltaje de salida, el interruptor  $S$  se debe abrir cuando la salida es baja y cerrarse cuando la salida del comparador es alta.

# ¿Cómo es esto?

- Si el nivel de voltaje de salida se incrementa por alguna razón, el nivel producido por el divisor de voltaje y por consiguiente el nivel de la señal de error se incrementa. El tiempo que toma el oscilador de diente de sierra para alcanzar el mismo nivel que la señal de error se incrementa también.
- Por lo tanto, la salida del comparador se pone en alto, cerrando el switch por un periodo de tiempo menor que el normal, es decir, el **Ton** se vuelve menor. Esto reduce el incremento en la corriente del inductor **L** y por consiguiente la cantidad de energía transferida, contrarrestando de esta forma el incremento inicial en el voltaje de salida **Vo**.
- De igual forma cuando el voltaje de salida disminuye por algún motivo, el nivel de la señal de error también disminuye incrementándose de esta manera el tiempo de conducción del elemento de control. Por lo tanto a más corriente que fluya por el inductor **L** la tensión de salida **Vo** se incrementa.

# Configuración Step-Up (*Boost converter*)

- Con esta configuración mostrada en la siguiente figura, podemos obtener voltajes de salida mayores que el voltaje de entrada.

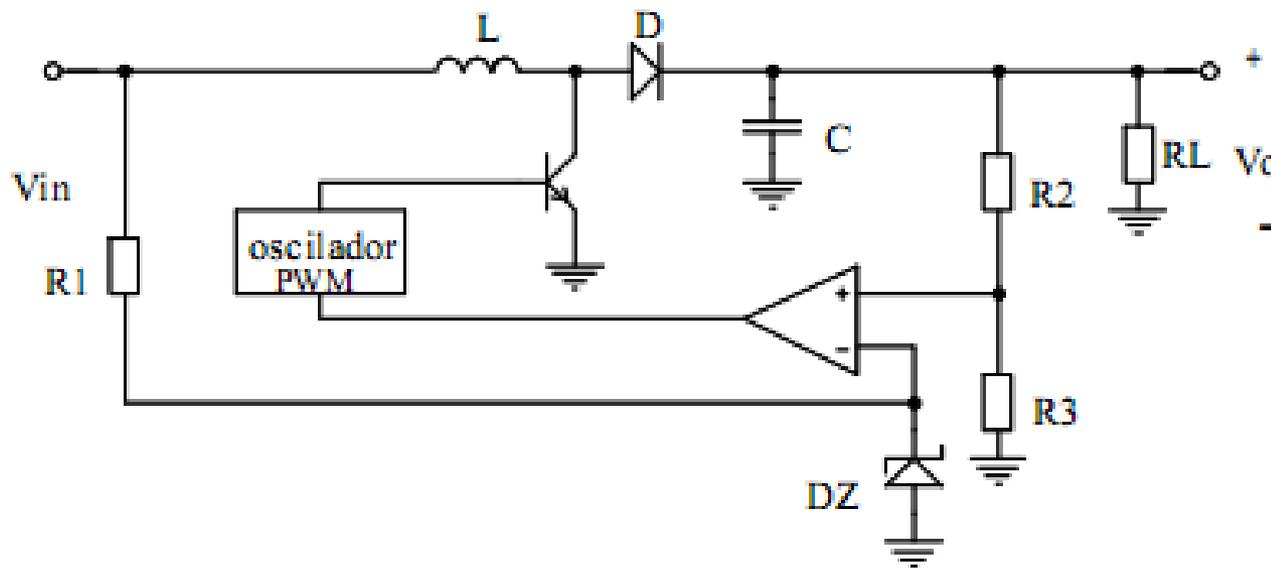


# Configuración **Step-Up** (*Boost converter*)

- Observando la figura anterior, cuando el interruptor **S** está cerrado, la corriente fluye a través del inductor **L**, almacenando energía en este. El diodo **D** está polarizado en inversa y no conduce, bloqueando de esta forma al voltaje de entrada **V<sub>in</sub>** que no puede alcanzar la carga.
- Cuando el interruptor **S** es abierto, el voltaje a través del inductor **L** invierte su polaridad de tal forma que el diodo **D** se polariza en directo y la corriente fluye a través de este cargando al condensador **C** y suministrando corriente a la carga.
- El voltaje del inductor **L** se suma al voltaje de entrada **V<sub>in</sub>** lo cual produce un voltaje de salida mayor que el de entrada.

# ¿Cómo se regula el voltaje de salida?

- Cuando el interruptor **S** es cerrado, el voltaje a través de **L** se incrementa instantáneamente hasta  $(V_{in} - V_s)$ . Durante el tiempo de conducción (**T<sub>on</sub>**) **V<sub>L</sub>** disminuye desde su valor inicial.
- Cuanto mayor sea **T<sub>on</sub>**, menor será el voltaje entre los extremos de **L** (**V<sub>L</sub>**) y por consiguiente menor el voltaje de salida. De igual forma mientras más pequeño sea **T<sub>on</sub>**, más grande será **V<sub>L</sub>** y mayor el voltaje de salida.

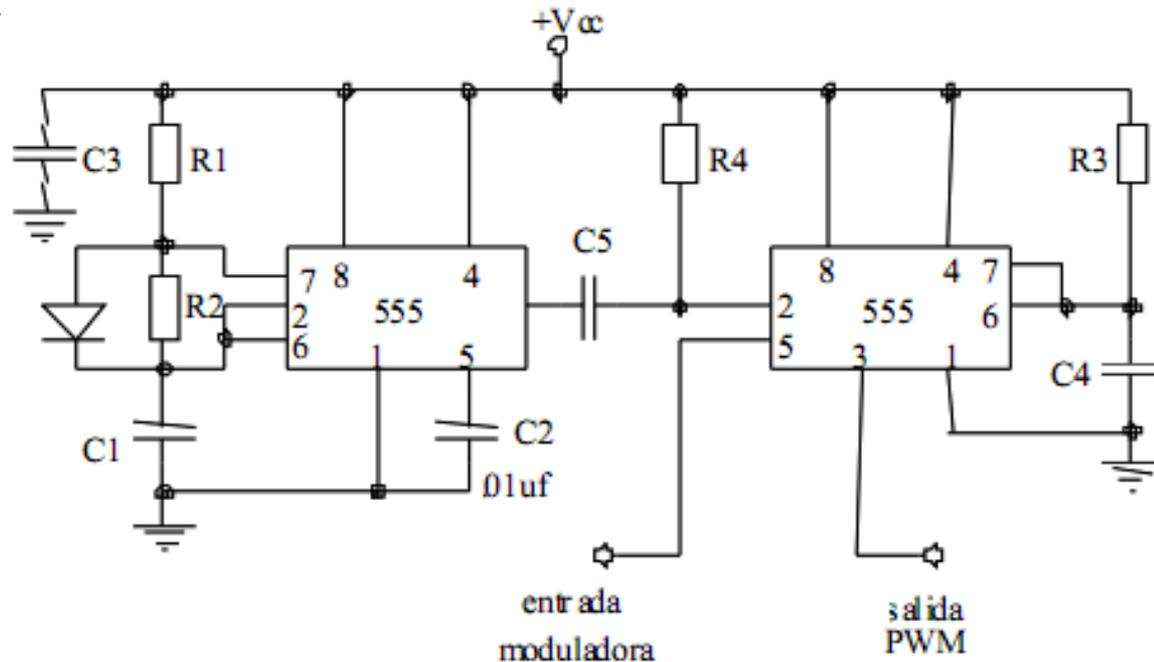


# Métodos para controlar el voltaje de salida

- Existen dos métodos comúnmente usados para controlar el voltaje de salida en una fuente conmutada. Uno de ellos utiliza la variación de la frecuencia de una forma de onda rectangular y el otro utiliza la variación del ancho del pulso de dicha onda (**PWM**).
- El cambio de la frecuencia (modulación) de operación comúnmente resulta en un circuito más sencillo, pero también resulta en la generación de un amplio espectro de señales no deseadas las cuales causan interferencias y pueden ser difíciles de filtrar.
- El uso de la modulación del ancho del pulso (PWM) permite un filtrado más sencillo de las señales no deseadas. Una característica útil de una fuente conmutada que usa PWM es que más de una fuente puede ser conectada como esclava a un reloj central, lo cual limita los batimientos entre los osciladores. Este efecto de batimiento produce componentes de frecuencia por debajo de la frecuencia de operación de la fuente. Esto a su vez puede significar problemas de ruido e interferencias si estos componentes se encuentran en el rango de frecuencias del equipo que está siendo alimentado.

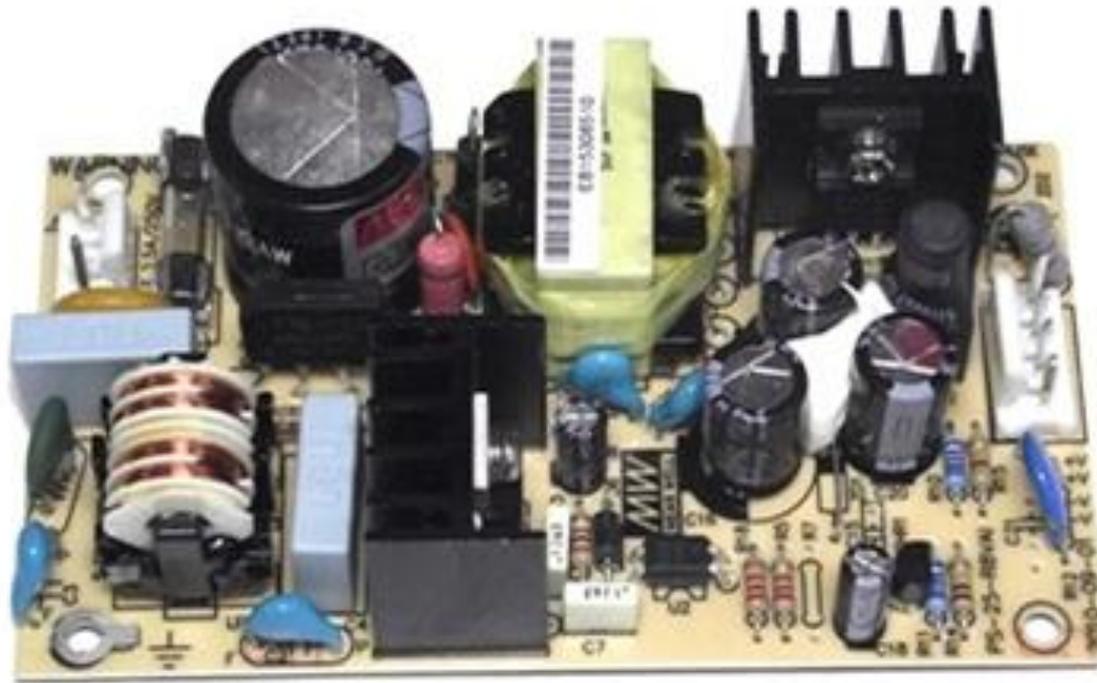
# Modulación del ancho de pulso

- La técnica *pulse width modulation* (**PWM**) consiste en hacer variar el ancho del pulso de una forma de onda rectangular.
- Existen diferentes formas mediante las cuales esto puede ser logrado, pero una de las más ampliamente utilizadas consiste en el uso del timer 555.



# Modulación del ancho de pulso

- El circuito mostrado anteriormente, el primer temporizador es conectado como un multivibrador astable (oscilador de ondas cuadradas) y es utilizado para disparar continuamente al otro temporizador, conectado como multivibrador monoestable.
- Al aplicar un voltaje externo a la “entrada moduladora” del segundo timer, conectado como multivibrador monoestable, se puede controlar el ancho de su pulso de salida. Si la entrada de voltaje de control es variable en el tiempo, como resultado se obtiene un tren de pulsos cuyos anchos están variando de acuerdo al cambio en la amplitud del voltaje de control.



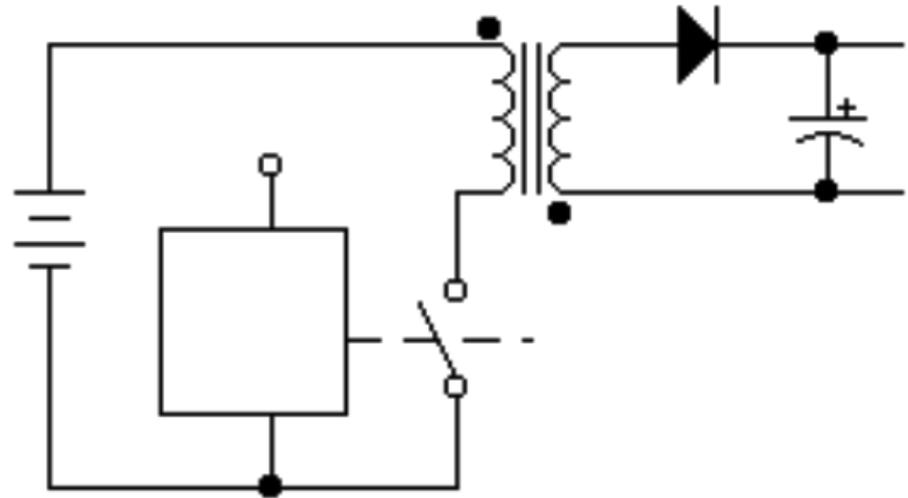
## Flyback (o *buck* – *boost converter*)

Como fue mencionado, las configuraciones mostradas anteriormente nos permite obtener otras configuraciones a partir de ellas. Una de estas configuraciones derivadas es la conocida como *flyback*.

Fuentes de alimentación por Switching

# ¿Qué es el *flyback* de la fuentes conmutadas?

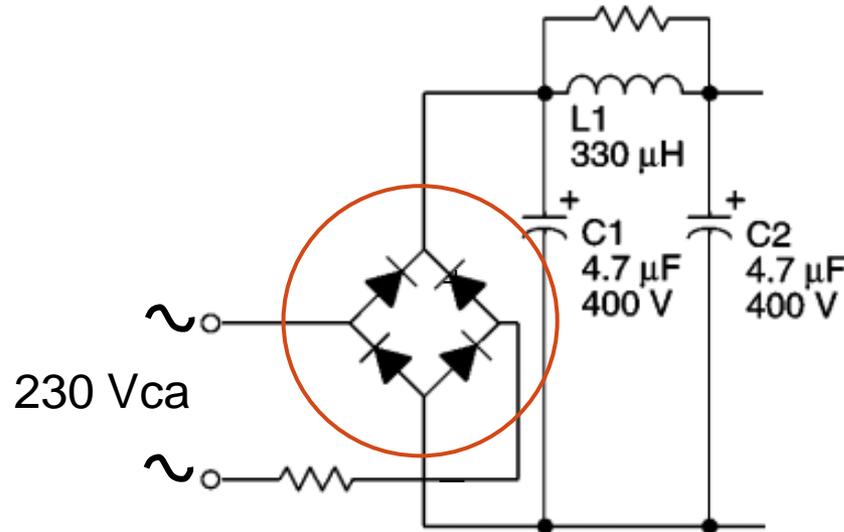
- ▶ Es la operación de conmutación que genera un circuito produciendo impulsos hacia un inductor formado por dos bobinas. El circuito **flyback** consiste en:
  - Una tensión de entrada continua de alta tensión
  - Un elemento de paso ON-OFF
  - Un inductor con dos bobinas
  - Un rectificador en el circuito secundario.
  - Un circuito de control.



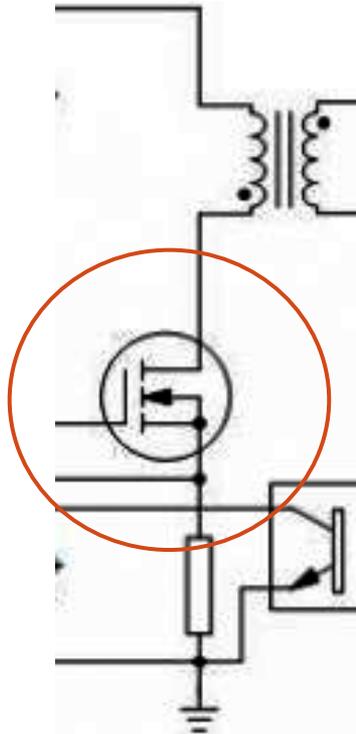
Esquema básico de un conmutador **flyback**, donde se muestra los elementos y necesidades básicas del circuito a partir de una corriente continua.

# Una alta tensión de entrada continua

- Mientras que en una fuente convencional se parte de una fuente de voltaje primario de alta tensión de tipo alterna, en una fuente *flyback* esta tensión debe ser de tipo continua (aunque no necesariamente regulada).
- Esto implica que en un convertidor AC/DC, previo al *flyback* deberá existir algún tipo de circuito rectificador que genere esta alta tensión desde la fuente alternada primaria.



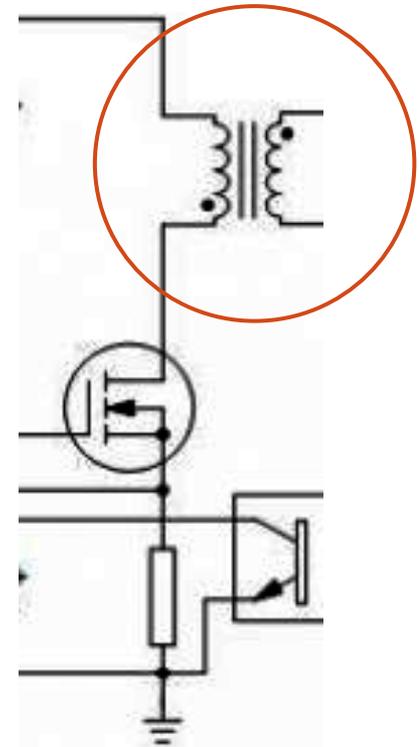
# Un elemento de paso



- Mientras que en una fuente convencional alterna la frecuencia está definida por la red (50Hz o 60 Hz) y es fija, en una fuente *flyback* existe un conmutador (usualmente un transistor MosFet) que conmuta a muy alta frecuencia (de 40 KHz a 100KHz) y con una relación de trabajo variable. Incluso, esta frecuencia no es necesariamente fija, y puede ser disminuida (*cycle skip*) en ciertas situaciones de muy bajo consumo.

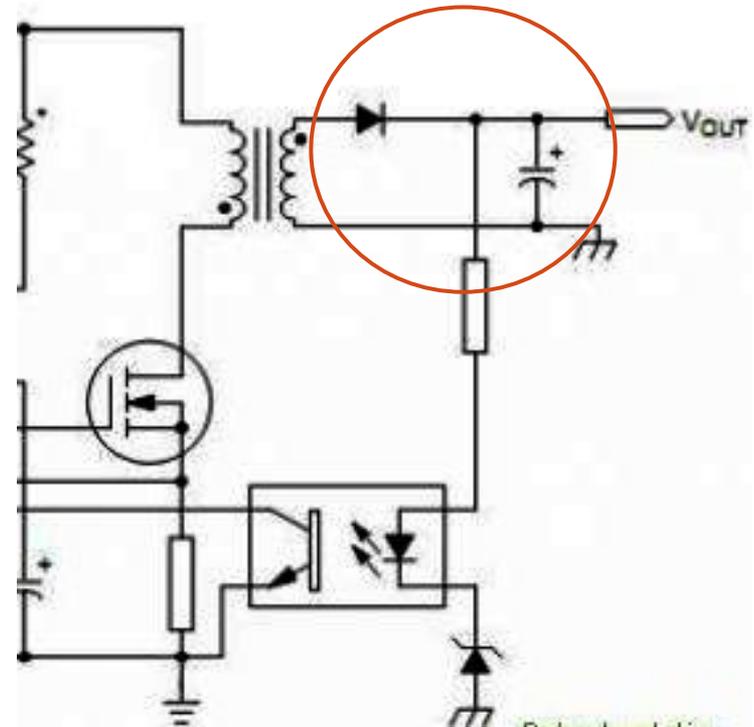
# Un inductor con dos bobinas

- En una fuente convencional se usa un transformador en el que se trata que circule una corriente alterna de valor medio nulo para evitar la magnetización, y donde se realiza una transferencia continua de energía del primario al secundario; en cambio, en una fuente *flyback* el principal es diametralmente distinto: mientras el conmutador esta ON circula por el bobinado primario de un inductor una corriente creciente, almacenando energía de forma de campo magnético en el núcleo y sin transferir energía al secundario; recién al abrirse el conmutador (OFF) es cuando se induce en el secundario una tensión del valor necesario para que esta energía sea transferida a ese circuito.



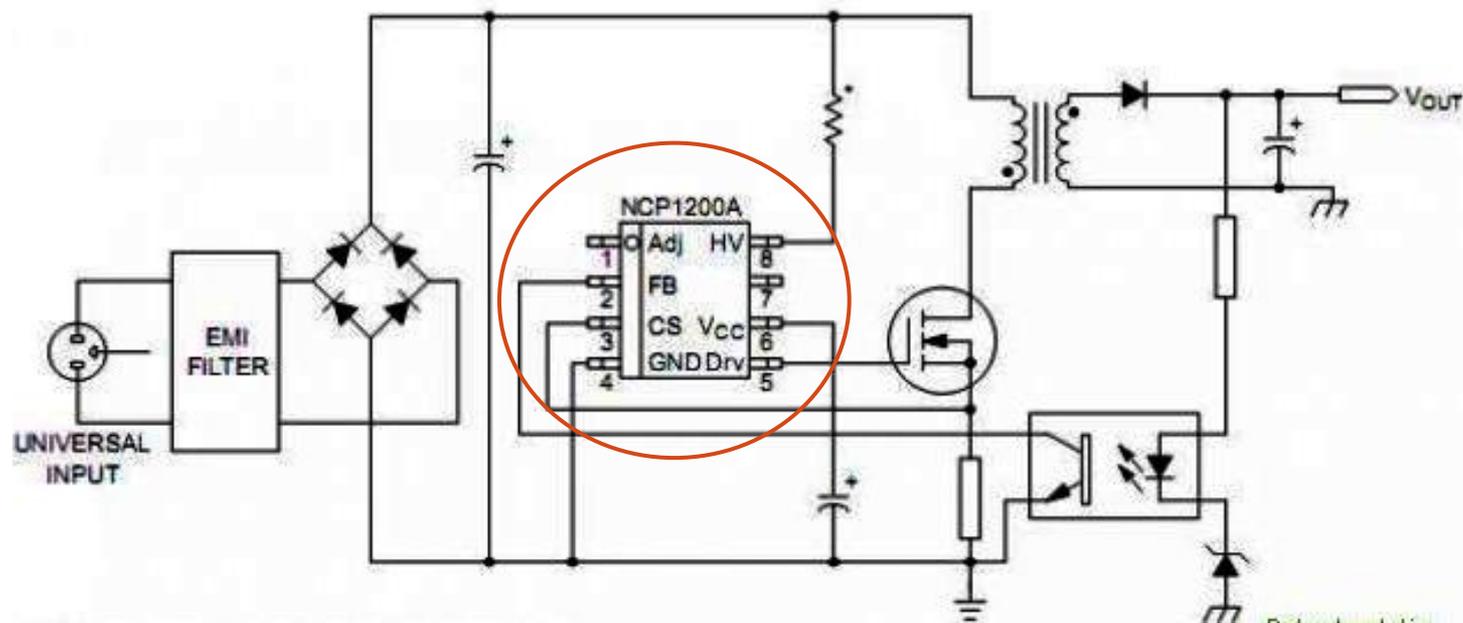
# Un rectificador en el circuito secundario

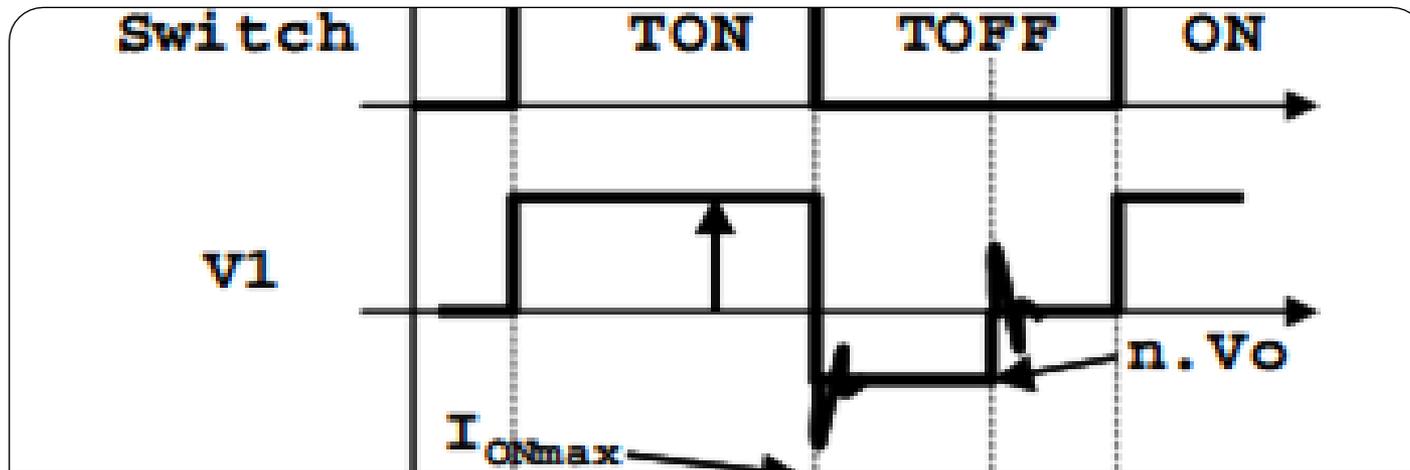
- Mientras que en una fuente convencional el rectificador del secundario conduce en ambos ciclos de alterna, en una fuente *flyback* este rectificador sólo conduce en parte del ciclo OFF del conmutador, desde el momento en que éste se abre hasta que se agota la energía magnética almacenada en el núcleo. El condensador de filtro en el secundario debe mantener el suministro de energía a la carga hasta el próximo ciclo, y dado que la frecuencia de conmutación es muy alta, este condensador suele ser de bajo valor, siendo ahora de importancia su baja inductancia y resistencia.



# Un circuito de control

- La diferencia con una fuente convencional es total. En una fuente convencional el regulador es un circuito lineal, opera en el secundario, y controla la tensión de salida absorbiendo la diferencia de tensión entrada/salida, disipando potencia.
- En cambio, en una fuente *flyback* el circuito de control es SI/NO, y controla la tensión de salida regulando la energía que se transfiere mediante cambios en el ciclo de trabajo (y a veces la frecuencia) del conmutador.

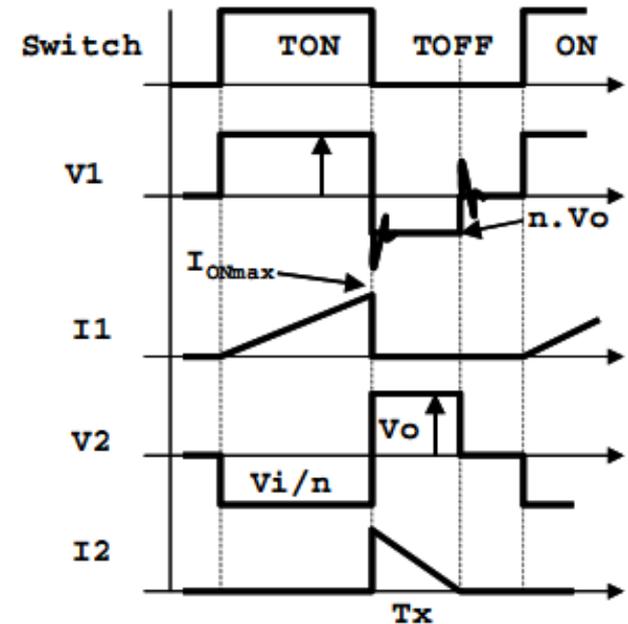
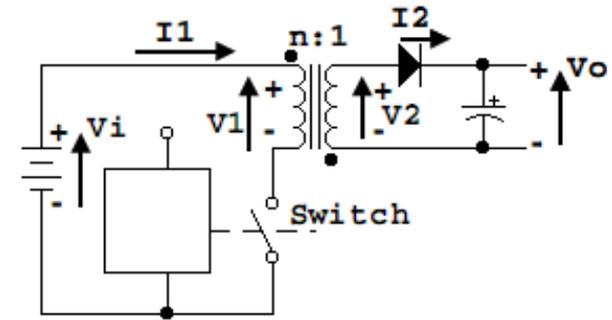




## Formas de onda en un flyback elemental

# Formas de onda en un *flyback* elemental.

- Mientras el switch está en ON, toda la tensión de entrada es aplicada al primario del inductor.
- La energía queda almacenada en el inductor y es igual a la que entrega la fuente.
- Durante  $T_{on}$ , la tensión inducida en  $V_2$  es negativa, por lo que el diodo no conduce.
- Al abrirse el switch,  $T_{off}$ , la energía almacenada en el inductor no puede “desaparecer” por lo que se induce una tensión de polaridad opuesta  $V_1$  será negativa que refleja en el secundario como una  $V_2$  positiva, haciendo conducir al diodo.
- A medida que el inductor entrega energía por el secundario, la corriente  $I_2$  decrece en forma lineal hasta llegar a cero luego de un tiempo  $T_x$  en el que se agota toda la energía del inductor.
- Y todo queda así hasta el fin del tiempo  $T_{off}$  del switch.





## Elementos en una fuente flyback real

En una fuente real aparecen ciertos elementos que difieren del “modelo” previo, y que obligan a ciertas correcciones.

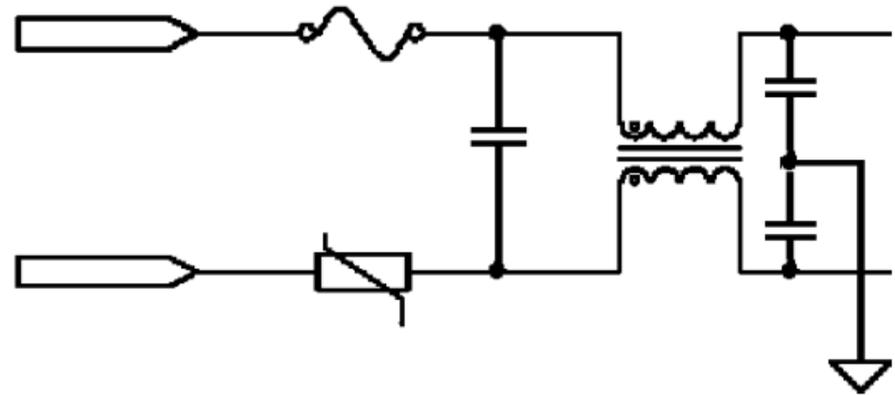
# Estimación del rendimiento

Existen múltiples elementos que afectan el rendimiento de una fuente real:

- Un inductor real no tiene un acoplamiento “perfecto” entre bobinados, por lo que de ambos lados (primario- secundario) existirán inductancias de dispersión. En cada conmutación la energía almacenada en la inductancia de dispersión del primario no es transferida al secundario, debe ser disipada mediante algún circuito auxiliar, y genera pérdidas.
- El switch MOS más el primario del transformador generarán una capacidad parásita que es descargada a tierra a través del switch cada vez que éste pasa al estado ON, disipando potencia.
- El diodo empleado en el rectificador del secundario presenta una caída de voltaje al estar en conducción. Si bien un diodo Schottky puede tener una caída en directa de menos de 0,5 V, esta caída puede significar un valor importantísimo si la tensión de salida es de 5 Voltios o menos.

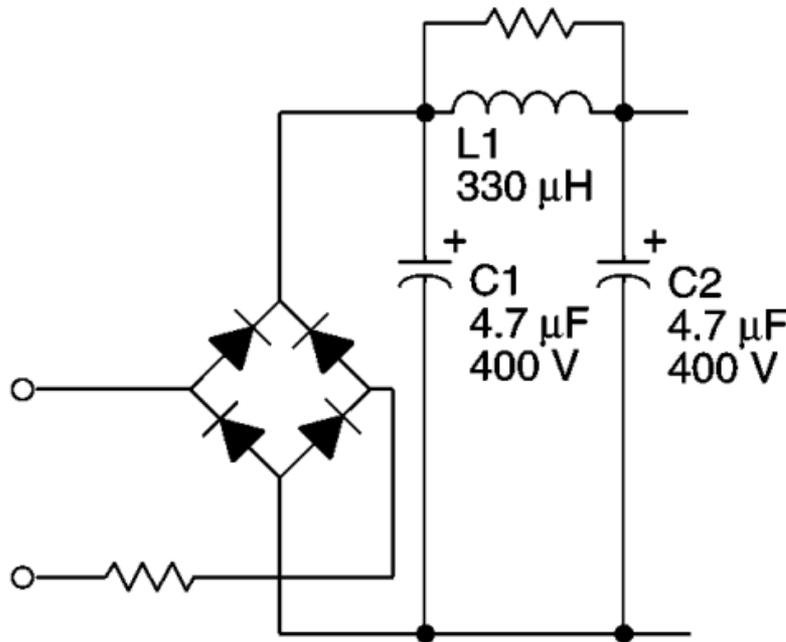
# Filtro de entrada de red

- El filtro de línea de entrada tiene como función proteger y bloquear los efectos transitorios que provienen de la red eléctrica de 230VCA y a la vez evitar la inserción en la red de interferencias generadas por la propia fuente.



Esquema de un filtro de entrada y protección

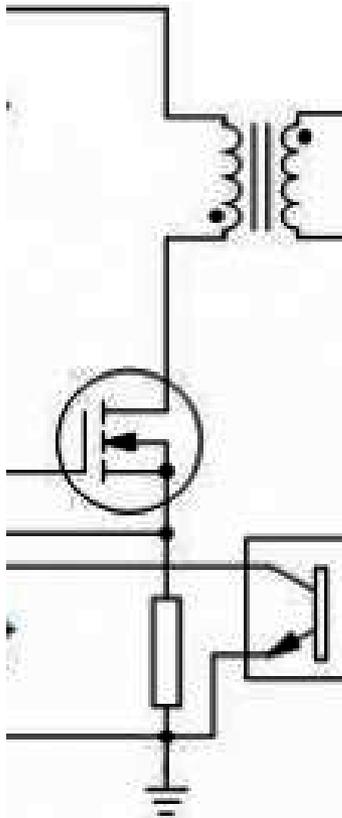
# Rectificador y filtro de alta tensión



Rectificador y filtro de alta tensión

- El rectificador más filtro de alta tensión genera una señal continua a partir de la alterna presente en la red eléctrica, donde el filtro puede ser tan complejo como en la figura o de un simple condensador se valdría.

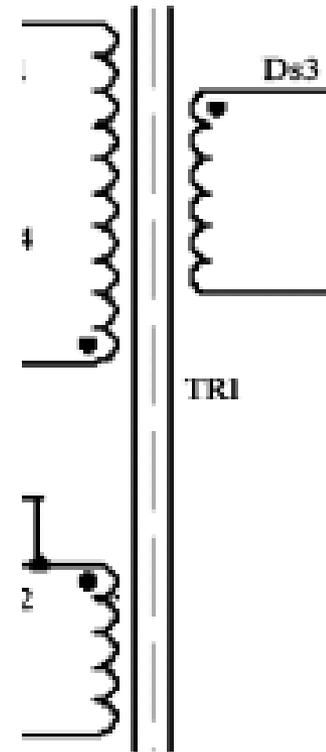
# Elemento del conmutador



- Para elegir un Switch MOSFET debe asegurarse que la tensión de entrada máxima (incluyendo eventuales transitorios de entrada) más la tensión inducida en el inductor no pongan al transistor en ruptura.
- En general, se busca un transistor rápido y con baja capacidad entre los terminales **Drain** y **Source** (Drenador y Fuente), de modo que minimice las pérdidas de conmutación.
- En aplicaciones típicas de “**wall-adapter**” la pérdida de energía debida a la resistencia del condensador durante la conducción es de menor importancia.

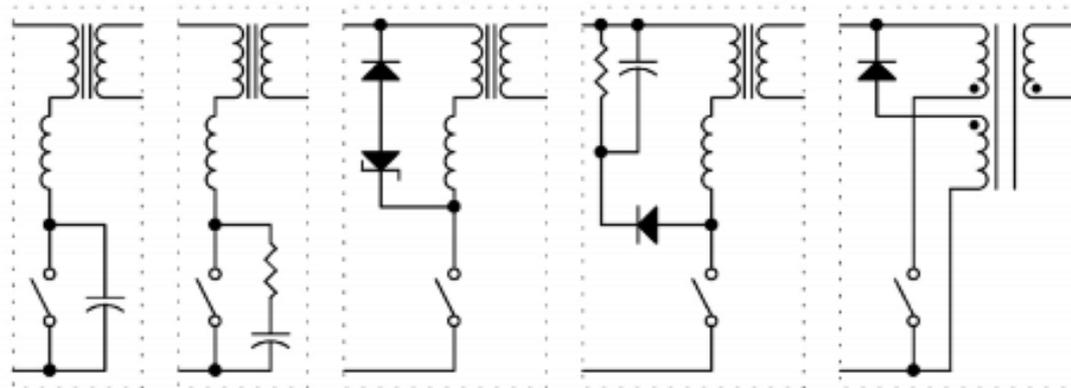
# Elemento inductor

- El transformador es uno de los puntos clave en el diseño de una fuente conmutada, ya que el desconocimiento de cómo hacerlo, la gran cantidad de núcleos de ferrita disponibles sumados a la dispersión y a veces confusión de especificaciones entre los distintos fabricantes hace que esta sencilla tarea se vuelva un tanto oscura. Para ello, hay que:
  1. Determinar el tipo de núcleo de ferrita.
  2. Determinar el tamaño del núcleo.
  3. Usar inductores estándar.

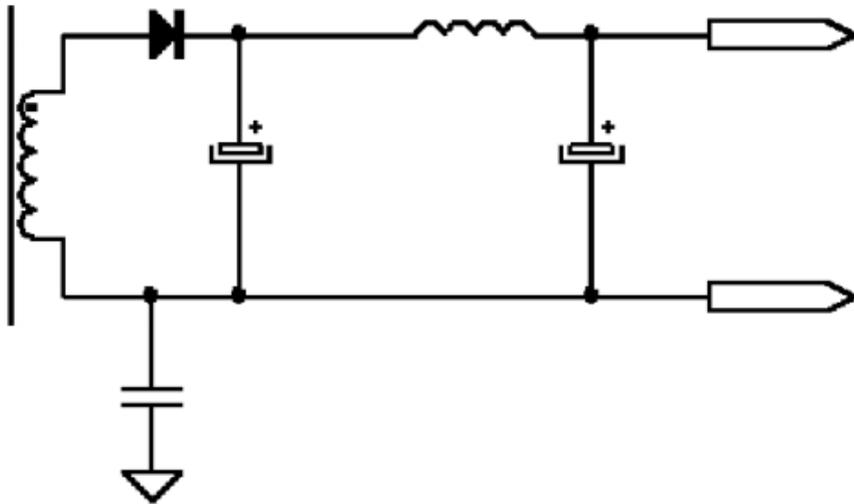


# El snubber/clamping

- Se ha visto que cuando el conmutador pasa al estado OFF, la energía magnética almacenada en el inductor primario se libera principalmente a través del secundario.
- Sin embargo la energía almacenada en la inductancia de dispersión del primario debe ser transferida a alguna parte, para no generar sobretensiones en el conmutador.
- Además esta inductancia de dispersión del primario y las capacidades parásitas generadas por el propio bobinado y el conmutador pueden generar oscilaciones de muy alta frecuencia al inicio de  $T_{off}$ .
- Para evitar ambos efectos se agregan circuitos amortiguadores (snubber) que limitan la oscilación y a la vez el valor de la máxima sobretensión que soporta el conmutador, y algunas de las soluciones típicas se muestran en la figura, desde la más simple a lo más complejo.



# Rectificador de salida

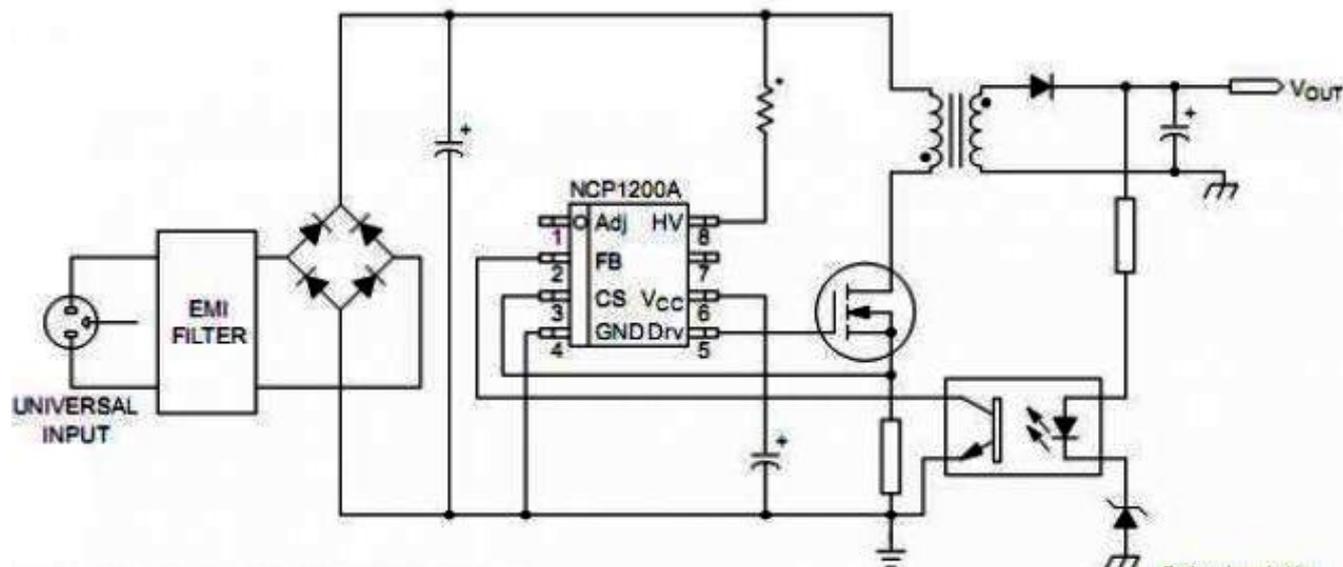


Esquema del rectificador de salida y filtro LC.

- El rectificador más filtro de salida recibe la energía almacenada en el inductor durante la etapa de conmutación ON-OFF. Dado que la frecuencia de conmutación suele ser de 40 KHz a 200 KHz., el lapso entre recargas es de algunos microsegundos, con lo que los valores necesarios de capacidad son muy pequeños.

# Alimentación de los circuitos de control y monitorización de la tensión de salida.

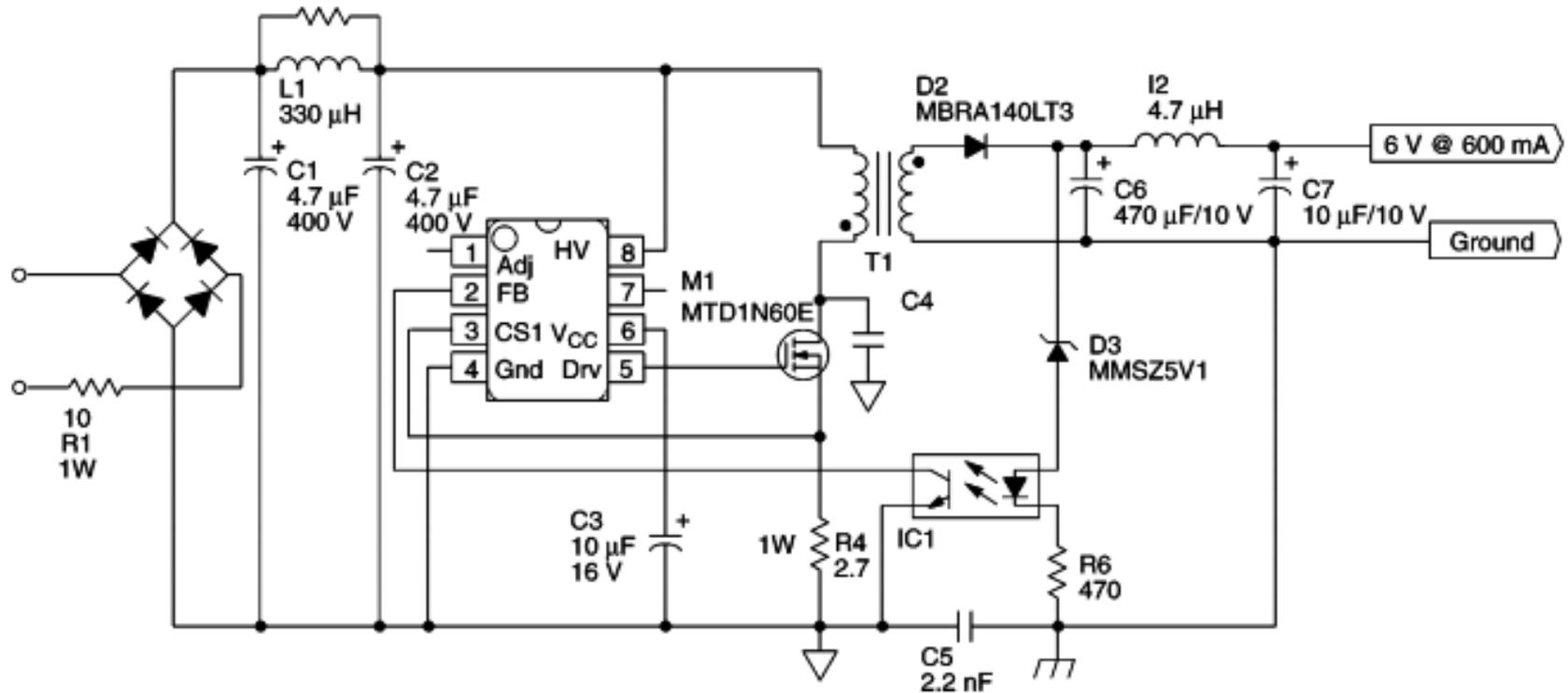
- Tal como se comentó, el conmutador es controlado por un circuito presente en la parte primaria del circuito, que varía su relación de trabajo en función de la tensión en el secundario de la fuente; ello implica la necesidad de obtener de alguna parte la energía necesaria para la operación del circuito de control y de poder medir la tensión en el secundario.
1. Alimentación del circuito de control.
  2. Medición de la tensión en el secundario.



# Circuitos de control

- Las fuentes de alimentación conmutadas tienen a su disposición una amplia selección de circuitos integrados que satisfacen un amplio rango de aplicaciones. Estos ICs, los cuales simplifican el diseño, incluyen en su interior circuitos controladores y sistemas para manejar los switches.
- Aunque la mayoría de los controladores y transistores de conmutación fácilmente trabajan entre 300 KHz y 1 MHz muchas fuentes aún operan bien por debajo de los 100 KHz., y es que a mayor frecuencia , significa mayores pérdidas de conmutación.
- La variedad de circuitos de control es muy amplia, y a continuación se describen tres circuitos disponibles en el mercado:
  1. SG3524 de SGS-Thomson (ST Microelectronics).
  2. NCP1200 de ON Semiconductors.
  3. TEA 152x STARplug de Philips Semiconductors.

# Circuito de aplicación usando el circuito integrado NCP1200A de ON Semiconductors.



Se muestra una fuente universal muy simple , para tensiones de entrada desde 90 hasta 250 Vca, con tensión de salida de 6 V y potencia de 3,6 W.





# Fin de la presentación