



Taller de Diseño en Sistemas de Potencia

Uso de los libros de Diseño

Otoño 2009

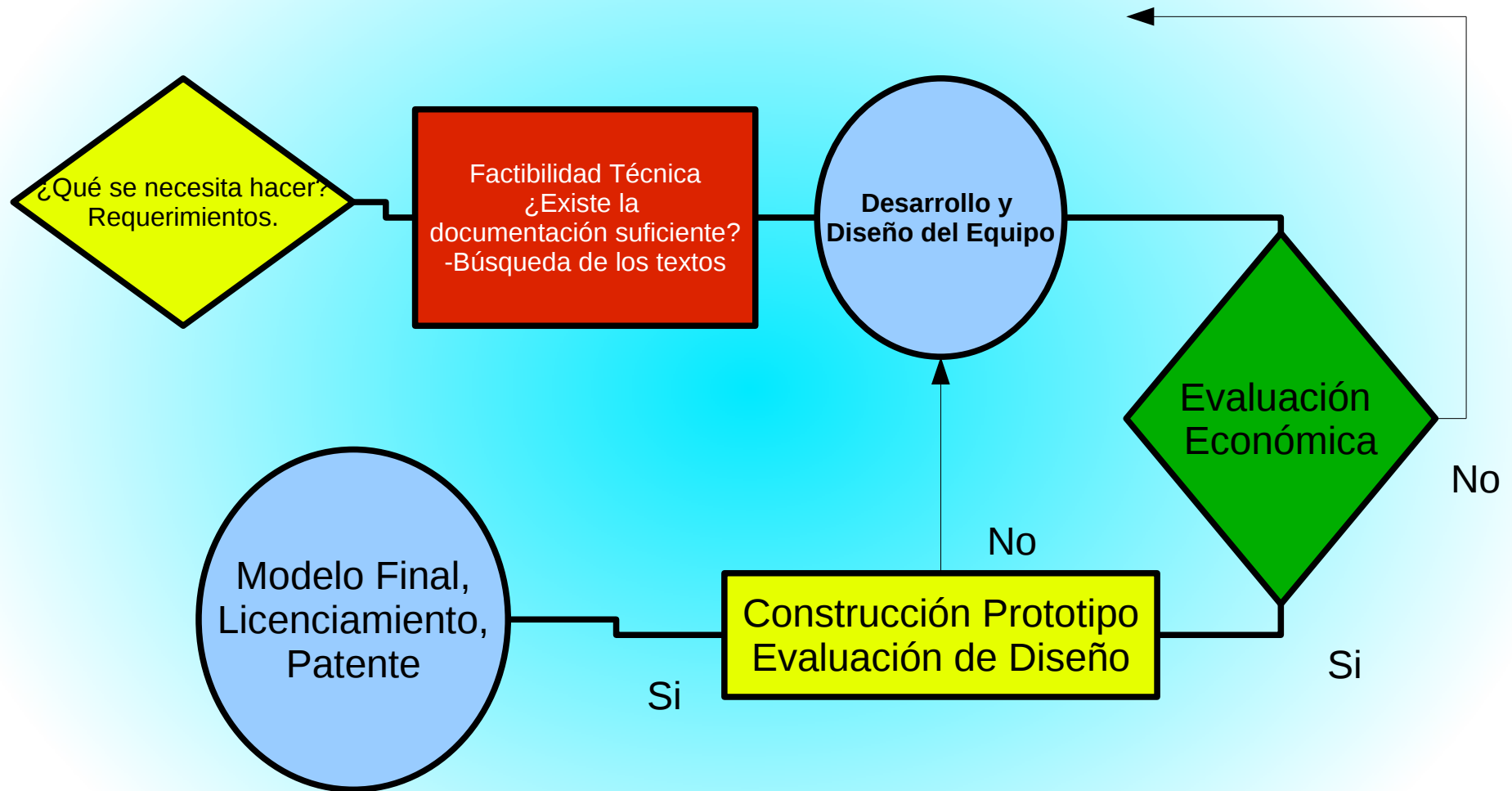
David Pineda Osorio
Nicolás López Madrid



En qué consiste un Libro de Diseño

- Documento que entrega la información necesaria para construir un equipo en base a los requerimientos de Diseño.
- Los requerimientos de Diseño consisten en los parámetros o condiciones que debe cumplir un equipo.
- Para un equipo de Potencia se requiere básicamente una Funcionalidad específica y una capacidad de transferencia de Potencia.

Proceso del Diseño



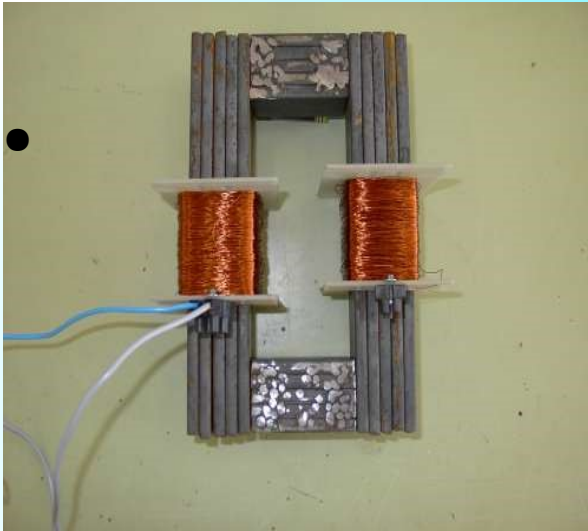


Equipos más Comunes

- Transformadores
- Máquinas Generadoras
- Motores
- Líneas de Transmisión
- Equipo de Control
- Aparatos de electrónica de Potencia



Transformador

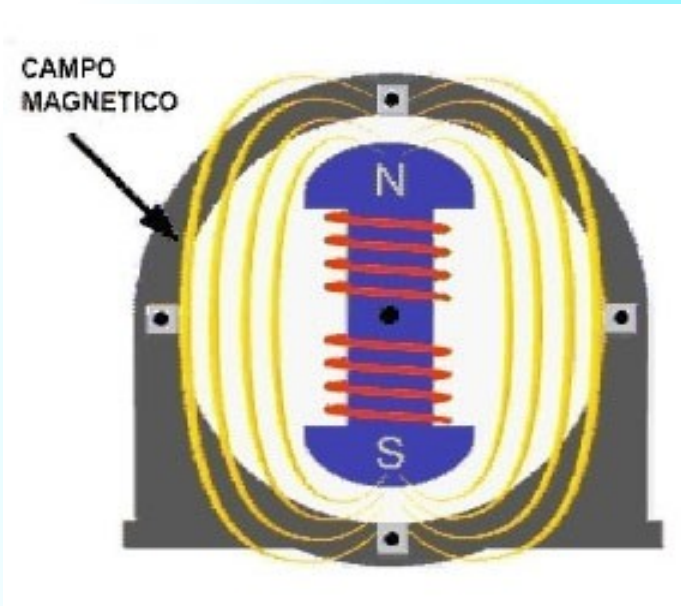


Requerimientos:

- Transferir potencia P [MW]
- Razón de Transformación
- Eficiencia
- Condiciones Ambientales
- Restricciones materiales
- Restricciones económicas



Máquinas Generadoras



- Condiciones ambientales de montaje
- Energía a generar
- Tensión a generar
- Eficiencia
- Sistema de Control
- Restricciones materiales
- Restricciones económicas



• Líneas de Transmisión



- Trazado
- Tensión
- Corriente
- Elección de tipo y material de Cable
- Diseño y posicionamiento de torres
- Condiciones ambientales

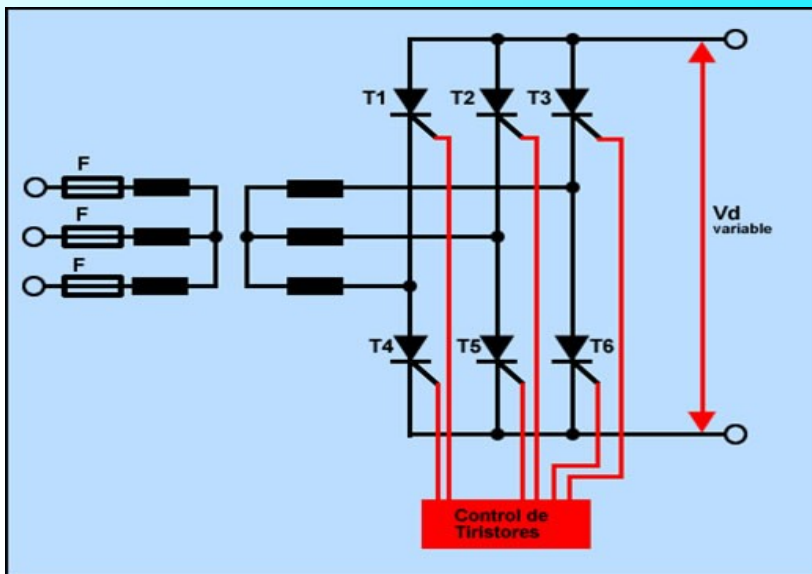


Aparatos de electrónica de Potencia

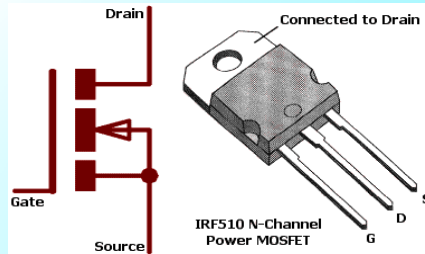


Posibles Usos

- Se tiene fuente AC, se necesita rectificar y entregar tensión DC.(transformación)
- Se necesita regular o definir una tensión de disparo (control)



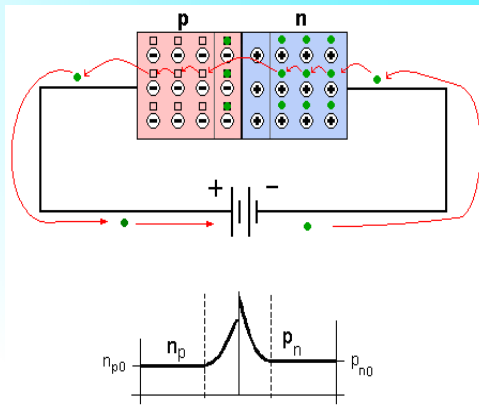
Los Semiconductores en EP



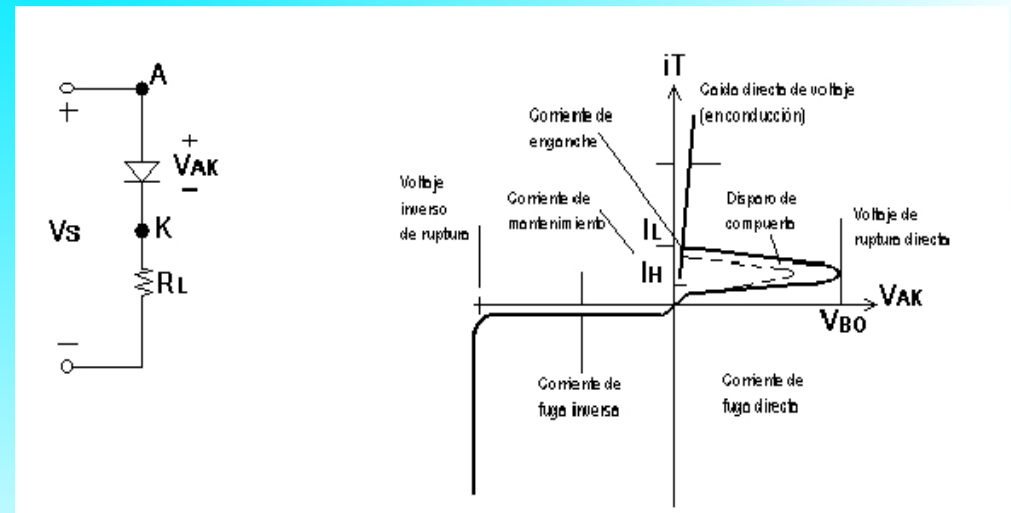
Mosfet



IGBT



Diodo



Tiristor



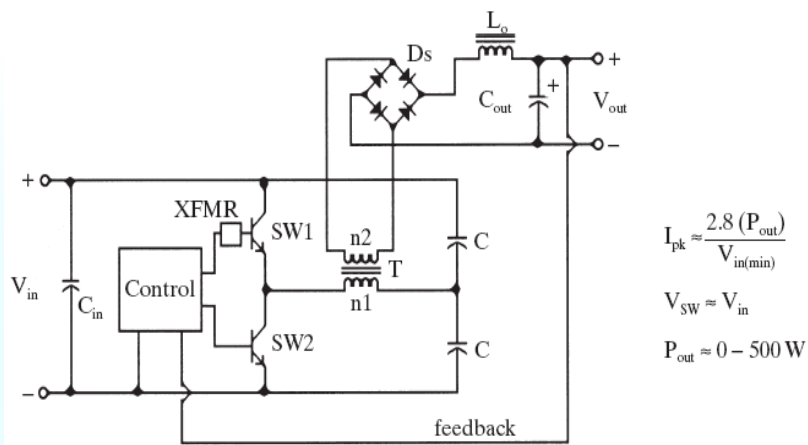
Ejemplo Diseño

- Se requiere una fuente AC-DC switching.
- La potencia de 200 W
- Tensión entrada 220v
- Tensión de salida 30 v
- Libro Ocupado:
Power Supply Cookbook
Brown M. (año 2001)

Topology	Power Range (W)	$V_{in(dc)}$ Range	In/Out Isolation	Typical Efficiency (%)	Relative Parts Cost
Buck	0–1000	5–40	No	78	1.0
Boost	0–150	5–40	No	80	1.0
Buck-boost	0–150	5–40	No	80	1.0
1T forward	0–150	5–500	Yes	78	1.4
Flyback	0–150	5–500	Yes	80	1.2
Push-pull	100–1000	50–1000	Yes	75	2.0
Half-bridge	100–500	50–1000	Yes	75	2.2
Full-bridge	400–2000+	50–1000	Yes	73	2.5

Tabla 1. Comparación de topologías

Primeros Pasos



$$I_{pk} \approx \frac{2.8 (P_{out})}{V_{in(min)}}$$

$$V_{SW} \approx V_{in}$$

$$P_{out} \approx 0 - 500 \text{ W}$$

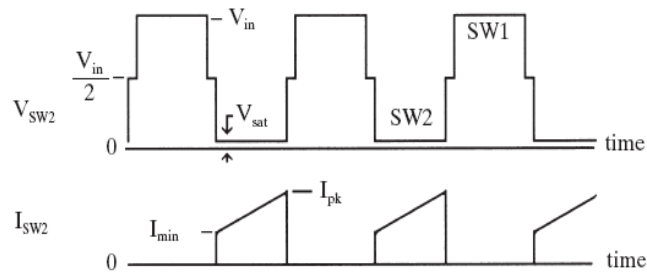


Fig. -4. Convertidor Half Bridge



Caja Negra

$$I_{pk} = \frac{k \cdot P_{out}}{V_{in(min)}}$$

Corriente Máxima, $k=2,2$



Pérdidas en Componentes

Topology	Bipolar Power Switch		MOSFET Power Switch		Rectifier(s)	
	V_{CE0}	I_C	V_{DSS}	I_D	V_R	I_F
Push-pull	$2V_{in}$	$\frac{1.2P_{out}}{V_{in(min)}}$	$2V_{in}$	$\frac{1.2P_{out}}{V_{in(min)}}$	$2V_{out}$	I_{out}
Half-bridge	V_{in}	$\frac{2P_{out}}{V_{in(min)}}$	V_{in}	$\frac{2P_{out}}{V_{in(min)}}$	$2V_{out}$	I_{out}
Full-bridge	V_{in}	$\frac{1.2P_{out}}{V_{in(min)}}$	V_{in}	$\frac{1.2P_{out}}{V_{in(min)}}$	$2V_{out}$	I_{out}

Topology	Power Switch Type		Estimated Percent of Total Loss ($P_{(%)}$)				
	Bipolar	MOS	Overall Estimated Efficiency (%)	Power Switch and Drive (%)	Output Rectifier (%)	Magnetics (%)	Miscellaneous (%)
Push-pull	×	×	69	50	40	5	5
		×	72	40	50	5	5
Half-bridge	×	×	69	48	42	5	5
		×	72	40	50	5	5
Full-bridge	×	×	65	50	40	5	5
		×	70	40	50	5	5

Tabla 3. Eficiencias estimadas para caja negra .



Elementos Magnéticos

Se determina el número de vueltas en el primario:

$$N_{pri} = \frac{V_{in(nom)}}{4 \cdot f \cdot B_{max} \cdot A_c}$$

A_c : sección del núcleo magnético por donde pasa el flujo (m²).

$V_{in(nom)}$: voltaje de entrada típico.

B_{max} : densidad de flujo máximo de operación (teslas [Wb/m²]).

Ahora, se determina la cantidad de vueltas para el secundario:

$$N_{sec} = \frac{1.1(V_{out} + V_{fwd})}{N_{pri}(V_{in(min)})DC_{max}}$$

V_{fwd} : es la caída de voltaje dede antes de la zona de rectificación.

$DC_{máx}$: máximo ciclo de trabajo (duty cicle, recomendable .95)

$V_{in(min)}$: voltaje de entrada mínimo para un funcionamiento regular.

Primero se determina el tamaño de ventana.

$$W_a A_c = \frac{0.68 \cdot P_{out} \cdot d_w}{B_{max} \cdot f}$$

d_w : sección del cable del primer enrollado en cm².

B_{max} : densidad de flujo máximo en Teslas.

f : frecuencia de operación.

P_{out} : potencia total de salida.

Luego se determina el factor a escala:

$K_{set} = K_1 * K_2 * \dots$ etc

Se tiene finalmente:

Consideration	Scaling Factor
Flyback transformer	1.1
One secondary	1.2
Two or more secondaries	1.3
Isolated secondaries	1.4
UL or CSA approval	1.1
IEC approval	1.2
Faraday shield	1.1

Tabla 5. factores de escala

Filtro de Choke

La inductancia mínima la determina:

$$L_{\min} = \frac{[V_{in(max)} - V_{out}] \cdot T_{off(est)}}{1.4 \cdot I_{out(min)}}$$

Donde

$V_{in(max)}$ es la máxima entrada de voltaje post-rectificación.

V_{out} tensión de salida

$T_{off(est)}$ tiempo estimado para el cual el switch está en el máximo voltaje (30% de $1/f_{sp}$ es bueno)

$I_{out(min)}$ la más pequeña salida de corriente

La energía acumulada en el inductor es:

Permitiendo definir el tamaño del núcleo.

$$E_L = L \cdot I_{out(av)}^2$$

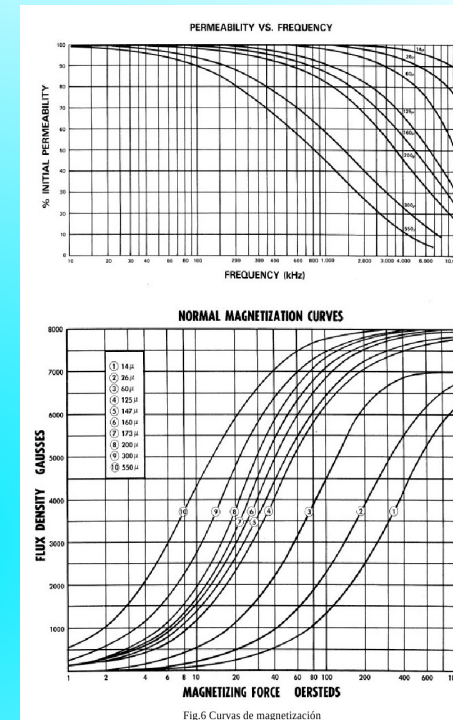
Se determina el porcentaje de ocupación del cobre en relación a la ventana.

$$\% \text{ window} = \frac{N \cdot A_{wire}}{A_{window}} (100)$$

A_{wire} sección de alambre de cobre

A_{window} área de ventana

N número de vueltas



En principio, la cantidad de vueltas está dada por:

$$N = \frac{H \cdot l}{0.4 \cdot \pi \cdot I_{av}}$$

Donde.

H fuerza magnética escogida

I_{av} Corriente media

l perímetro del núcleo

Etapa de Switcheo

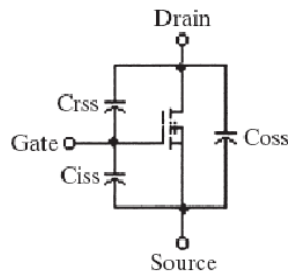


Figure 3-35 The symbol of a power MOSFET with the parasitic capacitances.

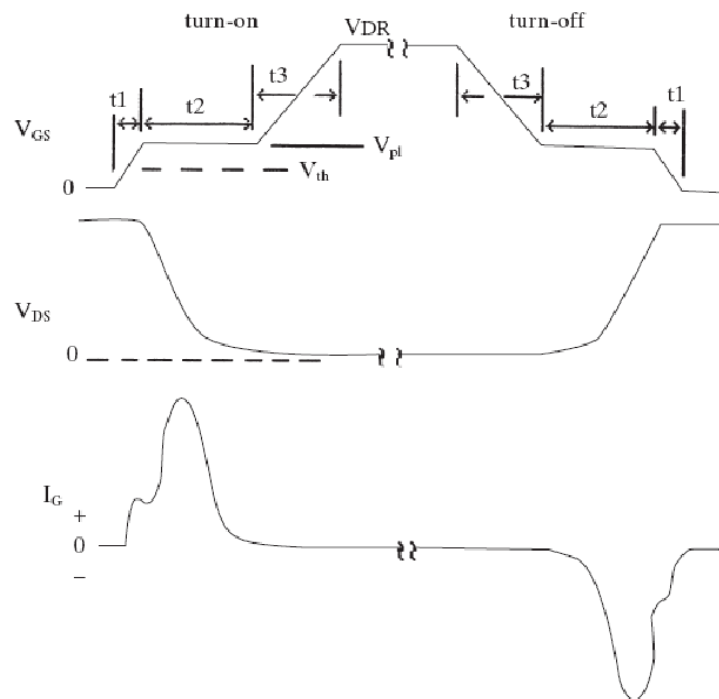


Figure 3-36 The MOSFET waveforms.

Fig.16- Características del mosfet canal N.

Turn-on delays:

$$\text{Turn-off Delay } t(1) \approx \frac{Q_{(1)}}{I_{OH}} \quad \text{CMOS} \quad \frac{Q_{(1)} R_{eff(OH)}}{V_{OH}} \quad \text{Bipolar}$$

$$\text{Risetime } t(2) = \frac{Q_{(2)}}{I_{OH}} \quad \frac{Q_{(2)} R_{eff(OH)}}{V_{OH} - V_{pl}}$$

$$t(3) = \frac{Q_{(3)}}{I_{OH}} \quad \frac{Q_{(3)} R_{eff(OH)}}{V_{OH} - V_{pl}}$$

$$R_{eff(OL)} = \frac{V_{OL}}{I_{OL}}$$

Turn-off delays:

$$\text{Turn-off Delay } t(3) = \frac{Q_{(3)}}{I_{OL}} \quad \text{COMS} \quad \frac{Q_{(2)} R_{eff(OL)}}{V_{OH} - V_{pl}} \quad \text{Bipolar}$$

$$\text{Falltime } t(2) = \frac{Q_{(2)}}{I_{OL}} \quad \frac{Q_{(2)} R_{eff(OL)}}{V_{OL} - V_{pl}}$$

$$t(1) = \frac{Q_{(1)}}{I_{OL}} \quad \frac{Q_{(1)} R_{eff(OL)}}{V_{OL} - V_{pl}}$$

$$R_{eff(OH)} = \frac{V_{DR} - V_{OH}}{I_{OL}}$$

Fig. 17 -Tiempos de retraso.

Circuito de Control

Table 3-6 PWM Control Methods

Control Method	Optimum Topology	Issues
Voltage-mode with average OC foldback	Forward-mode	OC foldback slow, could cause power switch failures
Voltage-mode with pulse-to-pulse OC limiting	Forward-mode	Very good OC protection; usually hi-side current sensing
Hysteretic current-mode	Forward- and boost-mode	Heavily patented; few control ICs
Current-mode, turn-on with clock	Boost	Very good OC protection; many ICs; typically GND-driven SW

Tabla 7

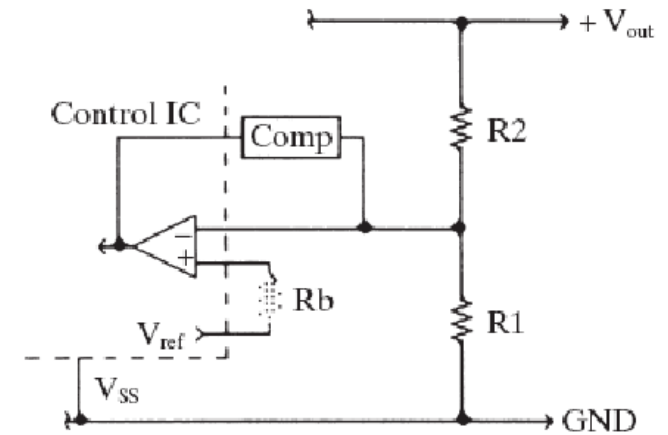


Figure 3-43 A nonisolated voltage feedback circuit.

Fig 21- Aislamiento de retorno de control (cierre del lazo)

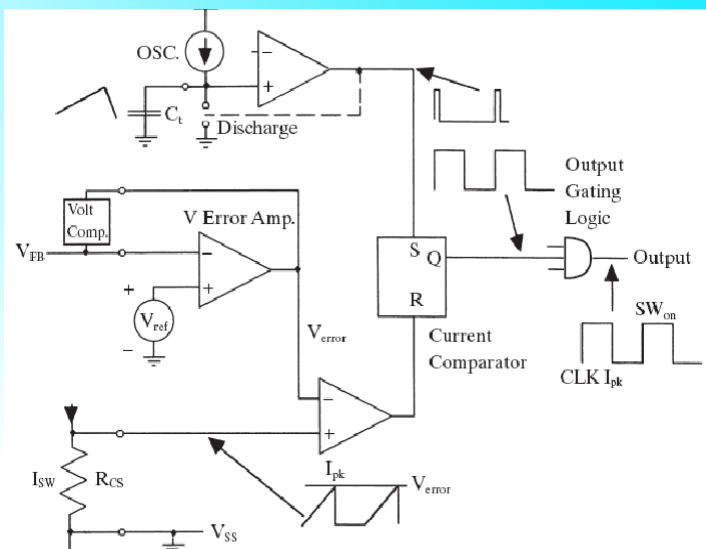


Figure 3-41 Turn-on with clock current-mode control.

Etapa Rectificación

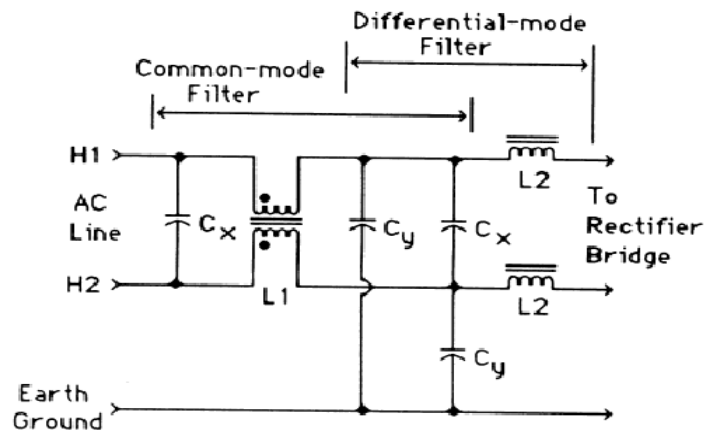
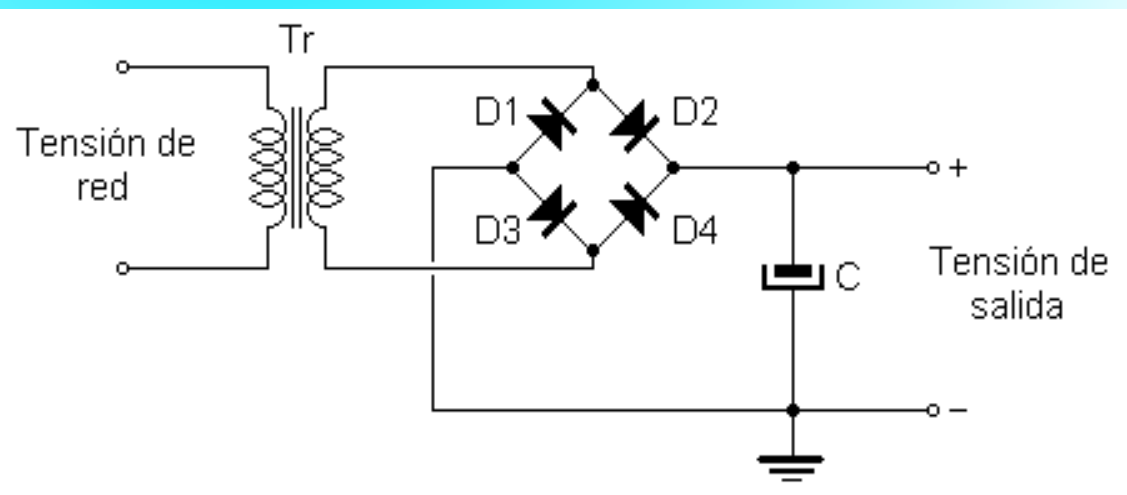


Figure E-4 A complete third-order, input EMI filter (common-mode and differential-mode).

Fig. 28 Filtro EMI con modo común y diferencial en cascada, mejora el filtro de ruido.



Se escoge un Controlador IC

Simplified Application Diagram

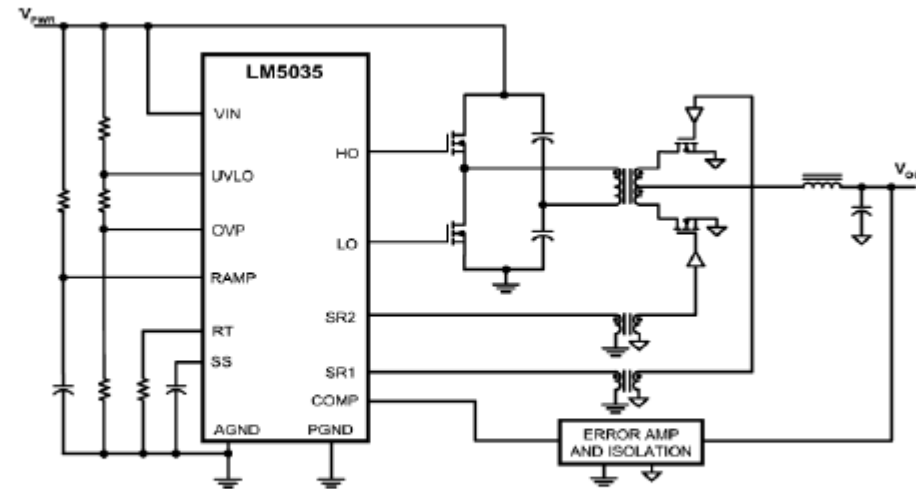


Fig 29- Diagrama simplificado de aplicación



Libros en Biblioteca

Autor : Pedro Avelino Pérez

Título : Transformadores de distribución : teoría, cálculo, construcción y pruebas

Código en Bca Central : 621.314 Av32 2001 C.1

Autor : Aguilera Duarte., José Javier.

Título : Diseño de un transformador para ensayos de capacidad de ruptura de interruptores automáticos

Código en Bca Eléctrica : U. de Chile/CF A93 1998

Código en Bca Central : 1998 Ag93d

Autor : Instituto Nacional de Investigaciones Tecnológicas y Normalización (Chile)

Título : Métodos de ensayo : requisitos generales.

Código en Bca Central : NCh910.EOf72

Autor : Instituto Nacional de Investigaciones Tecnológicas y Normalización (Chile)

Título : Métodos de ensayo : requisitos generales.

Código en Bca Central : NCh911.EOf72

Autor : Instituto Nacional de Investigaciones Tecnológicas y Normalización (Chile)

Título : Determinación de la razón de transformación

Código en Bca Central : NCh912.EOf72

Autor : Instituto Nacional de Investigaciones Tecnológicas y Normalización (Chile)

Título : Comprobación de las polaridades de los enrollados

Código en Bca Central : NCh913.EOf72

Autor : Instituto Nacional de Investigaciones Tecnológicas y Normalización (Chile)

Título : Determinación del porcentaje de impedancia y pérdidas en carga.

Código en Bca Central : NCh914.EOf72



Libros de Profesores

Diseño de Sub estaciones

José Paull Martín

Ingeniero Mecánico Electricista

UNAM Facultad de Ingeniería

1987

Product Warranty Handbook

Chapter: Warranty and engineering

Biblioteca 658.5

P942

1996

Líneas de transporte de energía

Luís María Checa

Ismb 84 267 0240 6

Editorial: Marcombo S.A Barcelona España

Electrónica de potencia. Circuitos, dispositivos y aplicaciones

3ª edición

Muhammad H Rachid

Editorial: Pearson educación

2004

Electrical Power System Technology

Stephen W Fardo - Bale R Patrick

2ª edición

1996

Handbook of electric power calculation

H Wayne Beaty

3ª edición

McGraw-Hill

Biblioteca 621.31

B380

2001



Libros en Internet

- Catalogo Bello: Se encuentran los libros de la Universidad Catalogados, su sistema de búsqueda indica los datos necesarios, los libros de ingeniería eléctrica se encuentran ahora en Biblioteca Central.
- En diversos sitios se pueden obtener versiones digitalizadas de libros de diseño, por ejemplo thepiratebay.com, chilecomparte.cl, entre otros.



Referencias

- Elementos de Diseño de Máquinas Eléctricas. Alfred Still y Charles Siskind.
- Disponible en biblioteca central
- Power Supply Cookbook
- Brown M. (año 2001)
- Disponible en pdf, en internet.