



Convertidores con corrección de factor de potencia para aplicaciones de iluminación con diodos LED

David Gacio

Seminarios de Electrónica de Potencia
Gijón, 7 de mayo de 2010

Conversión **e**ficiente de **e**nergía, **e**lectrónica **i**ndustrial e **i**luminación



Índice

- Introducción
- Alimentación y control
- Dimming: regulación del flujo luminoso
- Líneas de trabajo
- Resultados de la investigación
- Líneas futuras de investigación



Introducción

- Diodos LED de potencia. ($>1\text{W}$)
- Lámparas de potencia $>24\text{W}$. Alumbrado público
- IEC61000-3-2:2005 Clase C
- Corrección de factor de potencia
- Dimming



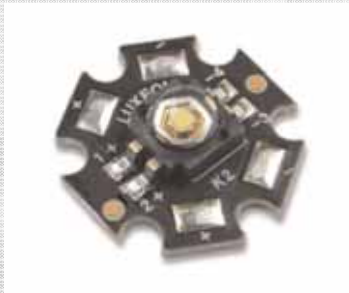
Introducción



<150 mA (0,5 W)



< 2 A (9 W)



- 350 – 1500 mA
- (1 W a 4 W)



Multichip
- 350 – 700 mA
- (4 W a 10 W)

Fuente de luz

Halógena

HM

VMBP

VSAP

VSBP

LED

Rendimiento

20 lm/W

70 a 80 lm/W

70 a 100 lm/W

130 lm/W

183 lm/W

*100 lm/W**

Duración

1.500 horas

6.000 horas

20.000 horas

24.000 horas

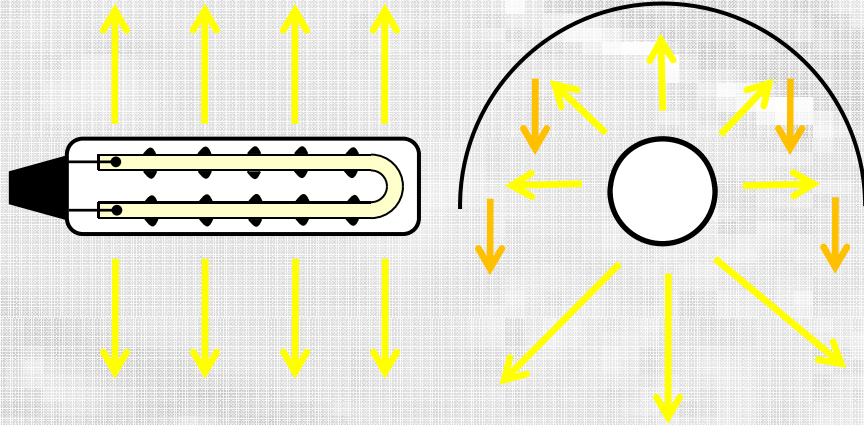
6.000 horas

> 50.000 horas

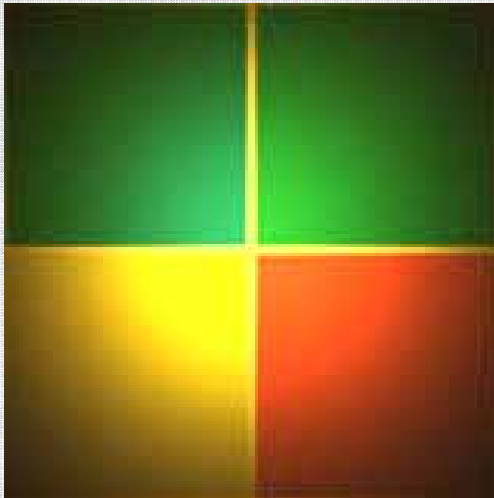
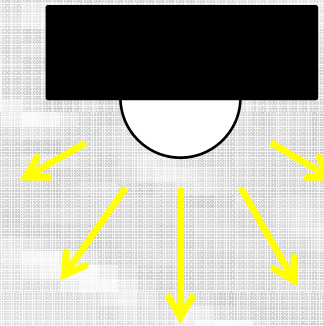


Introducción

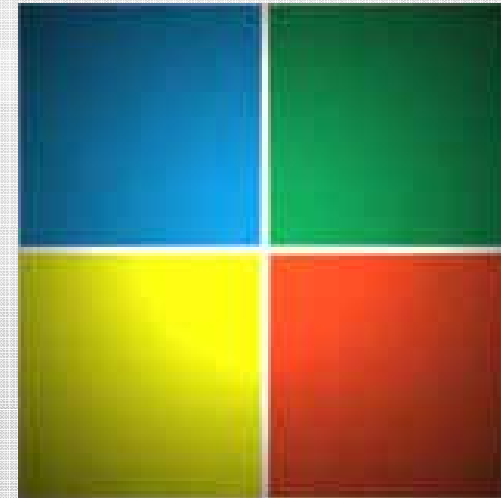
Lámpara de VSBP



Diodo LED



IRC



Introducción

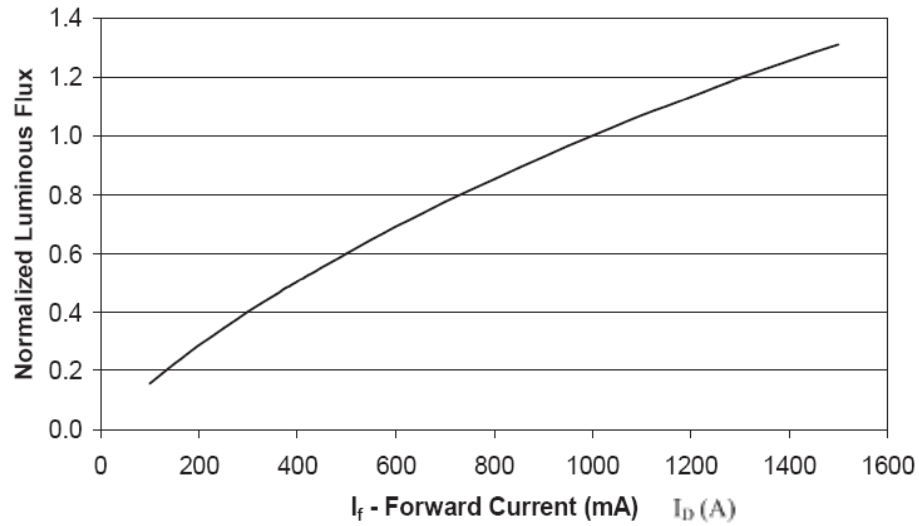


Source	LUXEON LED	HPS	HME	Fluorescent
Flux (lm)	3417	5511	4340	2232
Power	67	90	138	32
Efficacy (lm/w)	52	61	31	70
Average lux	20	26.7	18.4	7
Utilization (lux/lm)	0.0059	0.0048	0.0042	0.0031
Lux/watt	0.30	0.30	0.13	0.22

Philips, Octubre de 2008

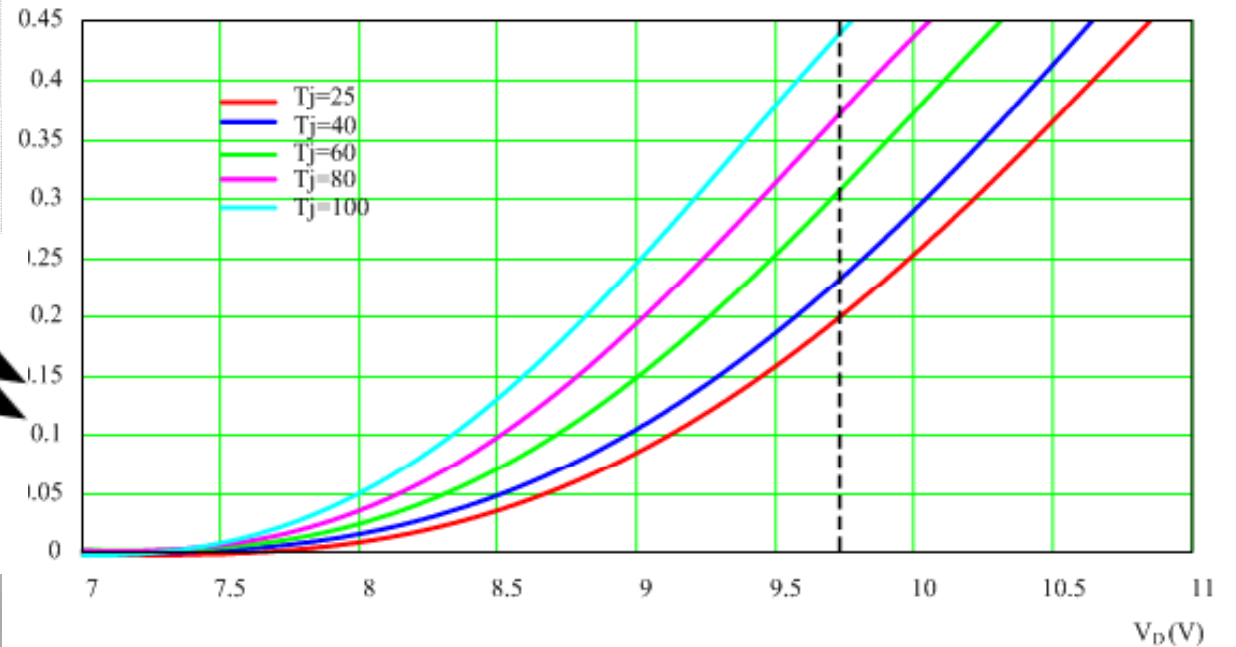
UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Introducción



Φ depende de I_D (y de T_j)

Drivers para LEDs:



Alimentación

Norma IEC61000-3-2 de Clase C: para $P > 24W$ limita las componentes armónicas

Tabla 2
Límites para equipos de Clase C

Orden del armónico n	Corriente armónica máxima admisible expresada en porcentaje de la corriente de entrada a la frecuencia fundamental %
2	2
3	$30 \cdot \lambda^*$
5	10
7	7
9	5
$11 \leq n \leq 39$ (sólo armónicos impares)	3

* λ es el factor de potencia del circuito.

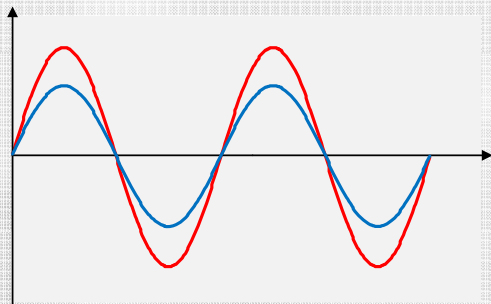
Norma IEC61000-3-2 de Clase C para $P < 24W$: menos restrictiva



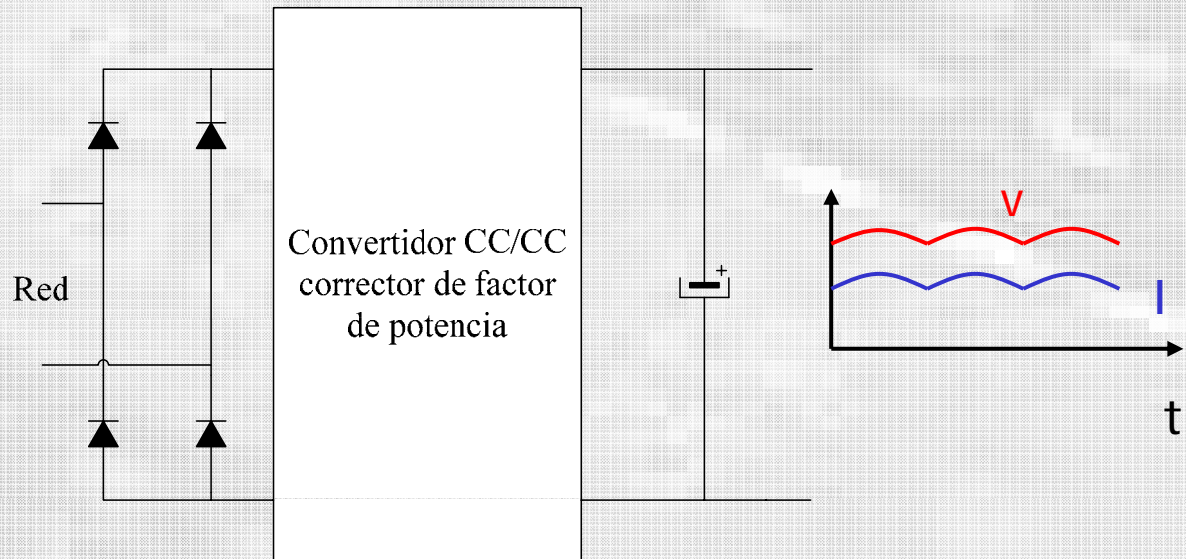
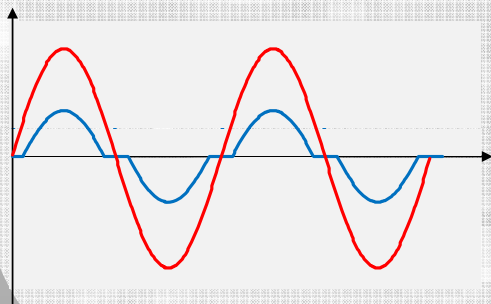
Alimentación

Corrección de factor de potencia

Emuladores de resistencia



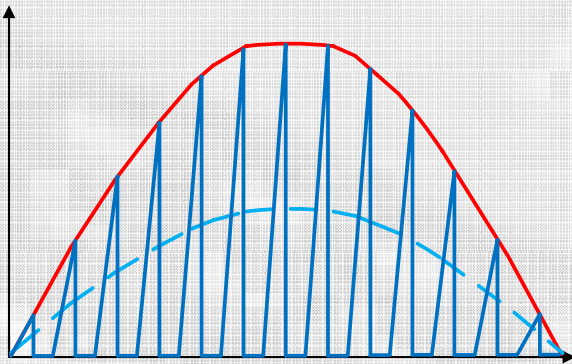
Conformadores de corriente de entrada



Alimentación

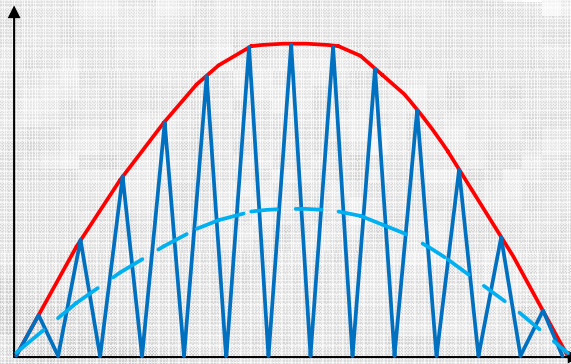
Corrección de factor de potencia: modo de funcionamiento

MCD



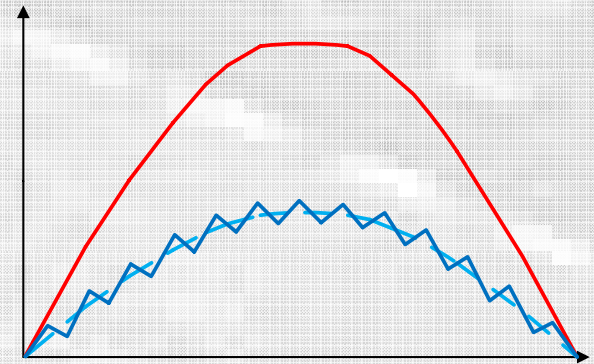
- Mayores pérdidas y EMI

MCF



- Mayor EMI

MCC

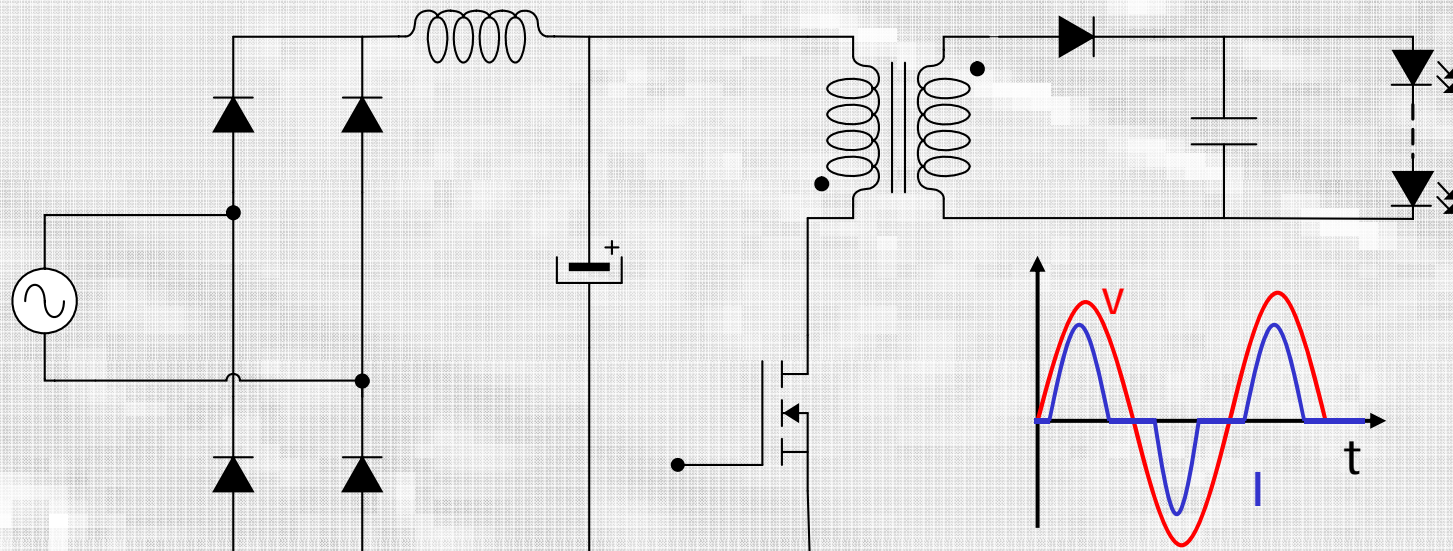


- Complica el control



Alimentación

- Potencias < 24 W Clase C (menos restrictiva)

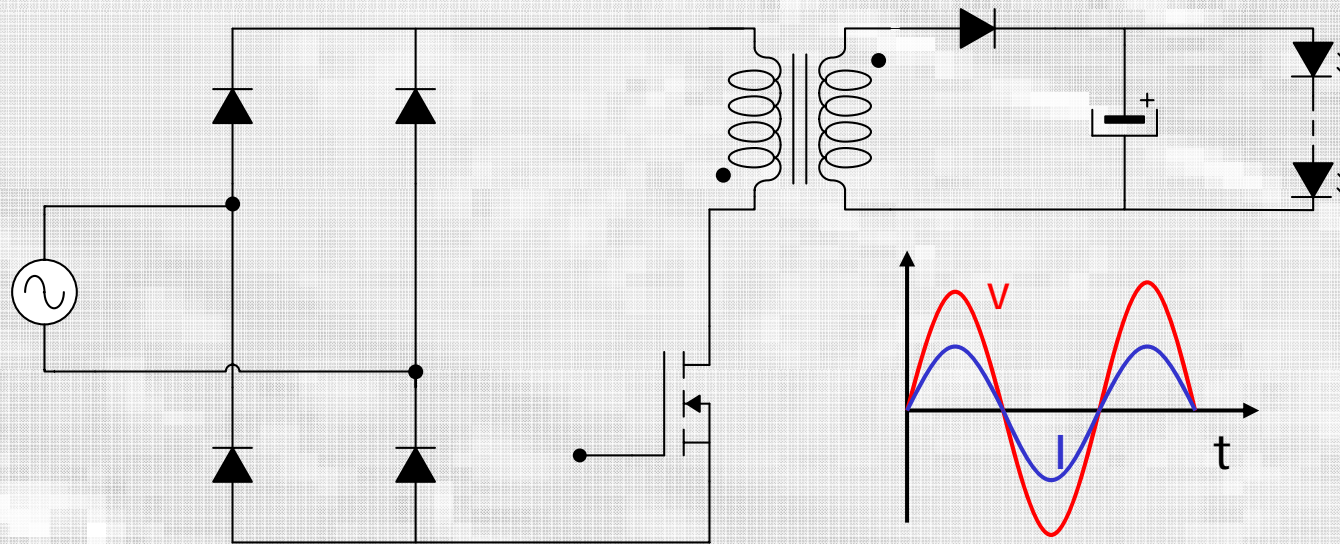


- Sencillo
- Bajo coste (R)
- Buen rendimiento (L)

- No rango universal
- Bajo rendimiento (R)

Alimentación

- Potencias $< 24\text{ W}$ Clase C (menos restrictiva)



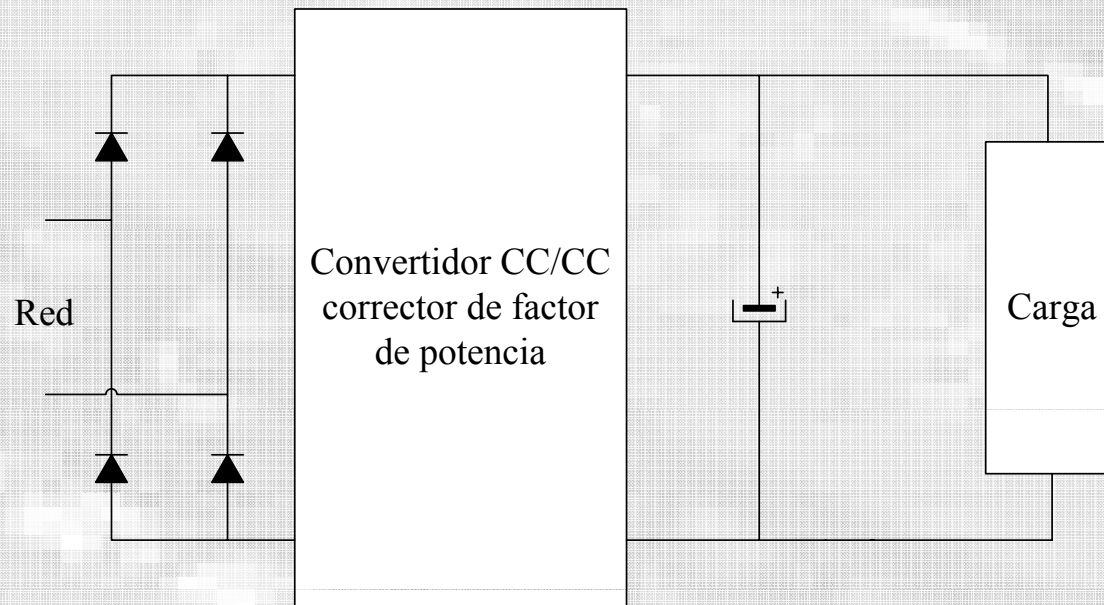
- Sencillo, bajo coste
- Buen rendimiento
- Rango universal

- Rizado en la salida de $2 \cdot f_{\text{red}}$
- Condensador de salida grande
- Dinámica muy lenta

Alimentación

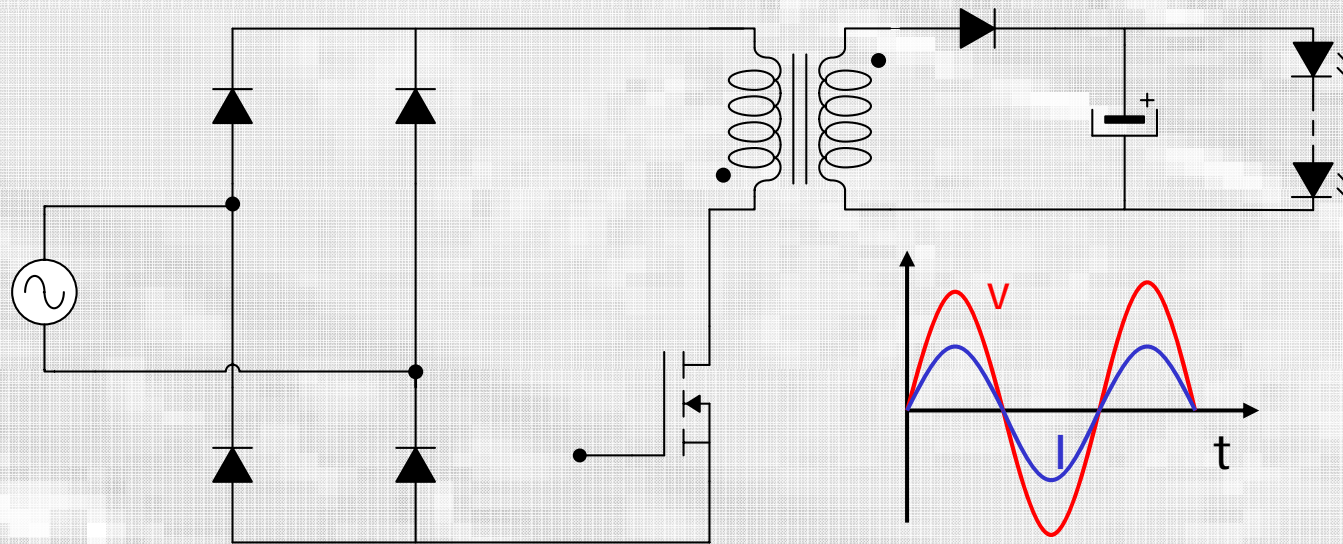
- Potencias > 24 W Clase C

Convertidor de una etapa



Alimentación

- Potencias > 24 W Clase C



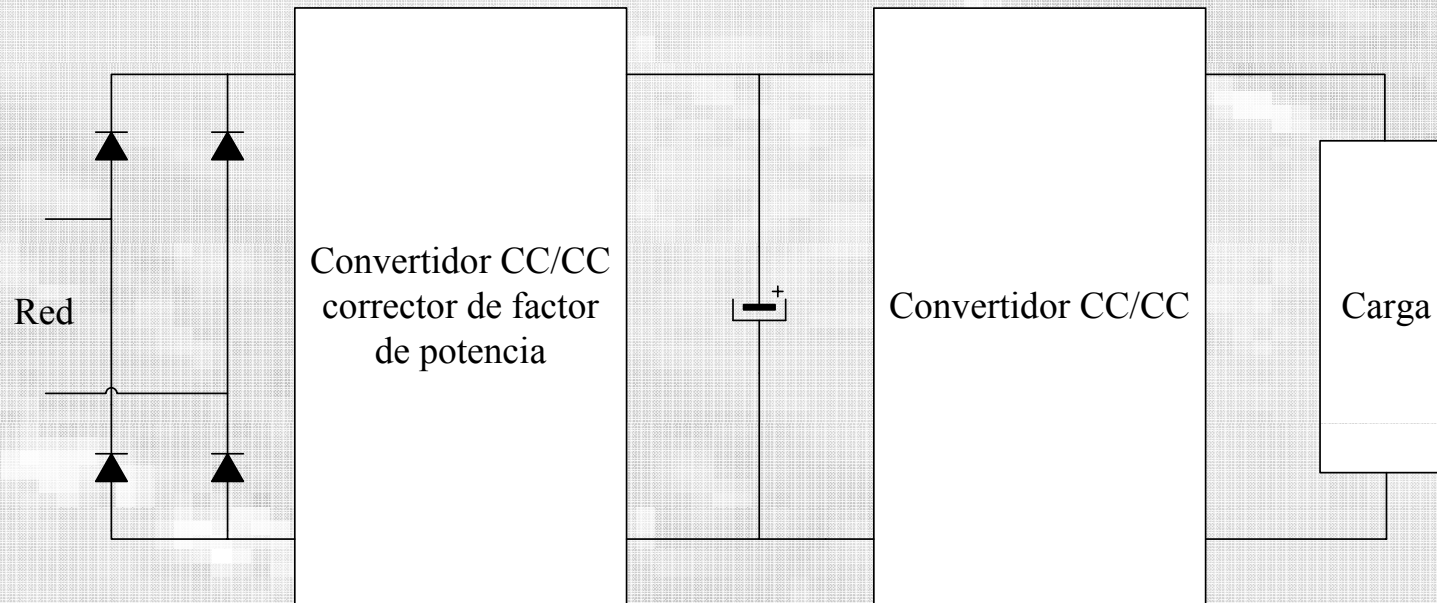
- Sencillo, bajo coste
- Buen rendimiento
- Rango universal

- Rizado en la salida de $2 \cdot f_{\text{red}}$
- Condensador de salida grande (electrolítico)
- Dinámica muy lenta (MCD y MCC)

Alimentación

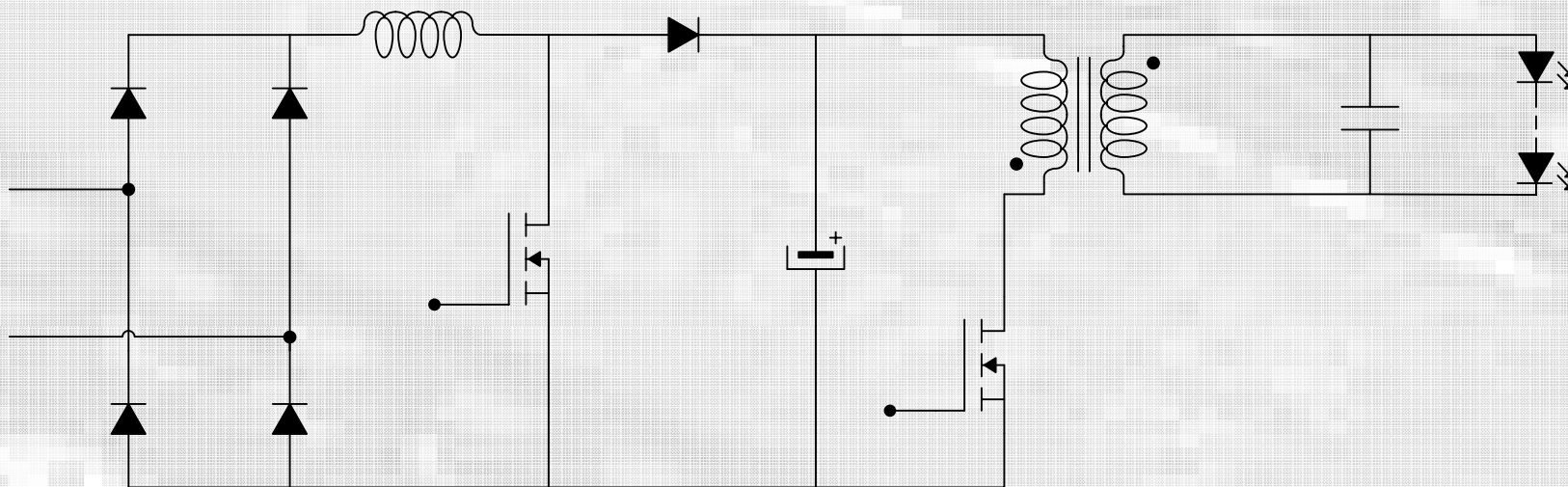
- Potencias > 24 W Clase C

Convertidor de dos etapas



Alimentación

- Potencias > 24 W Clase C



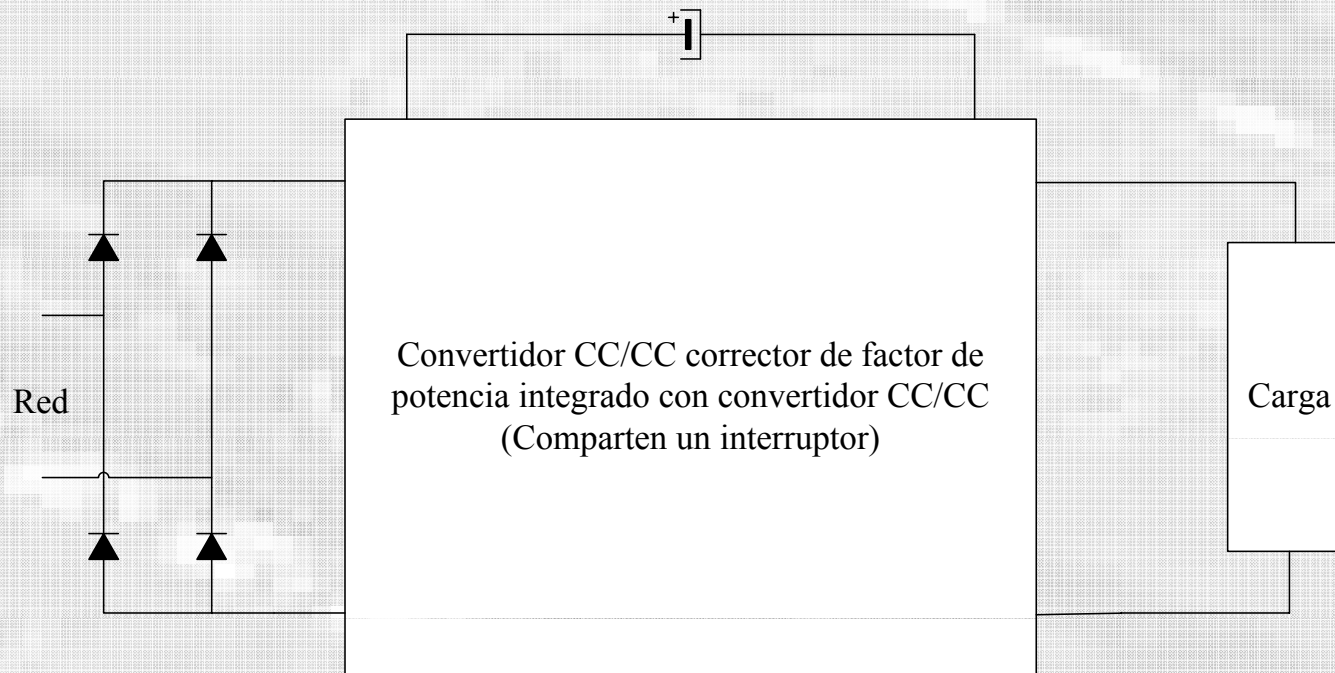
- Factor de potencia unitario
- Rango universal
- Dinámica muy rápida

- Voluminoso, mayor coste
- Tensión de bus elevada (elevador)
- Condensador de bus electrolítico
- Rendimiento menor

Alimentación

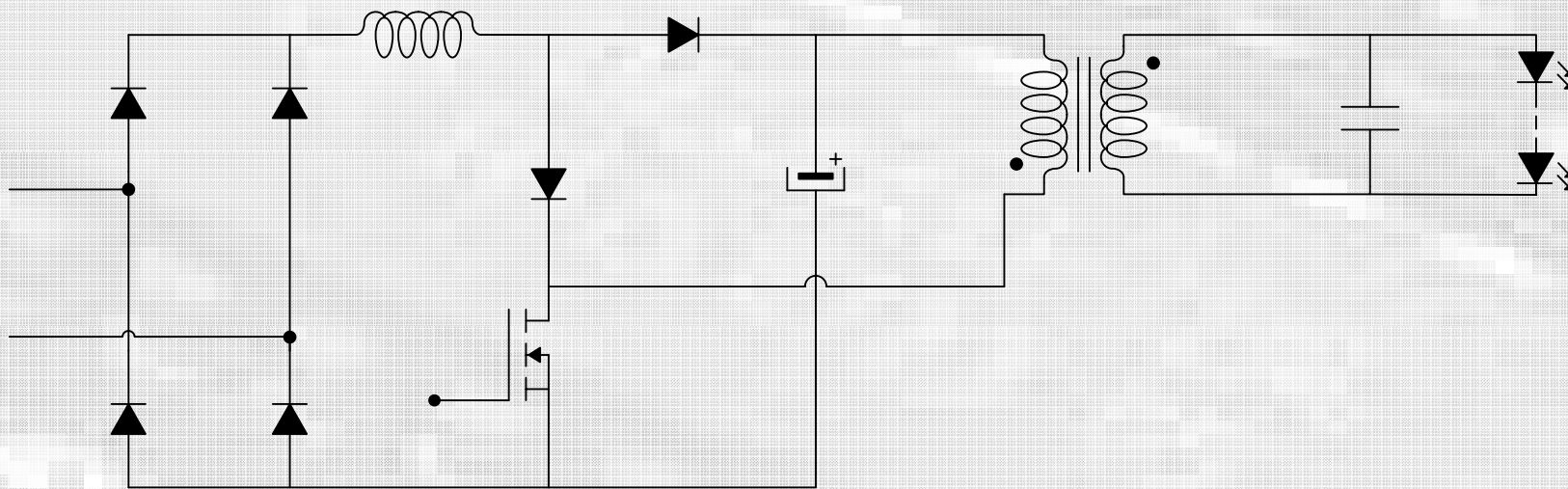
- Potencias > 24 W Clase C

Convertidor integrado



Alimentación

- Potencias > 24 W Clase C



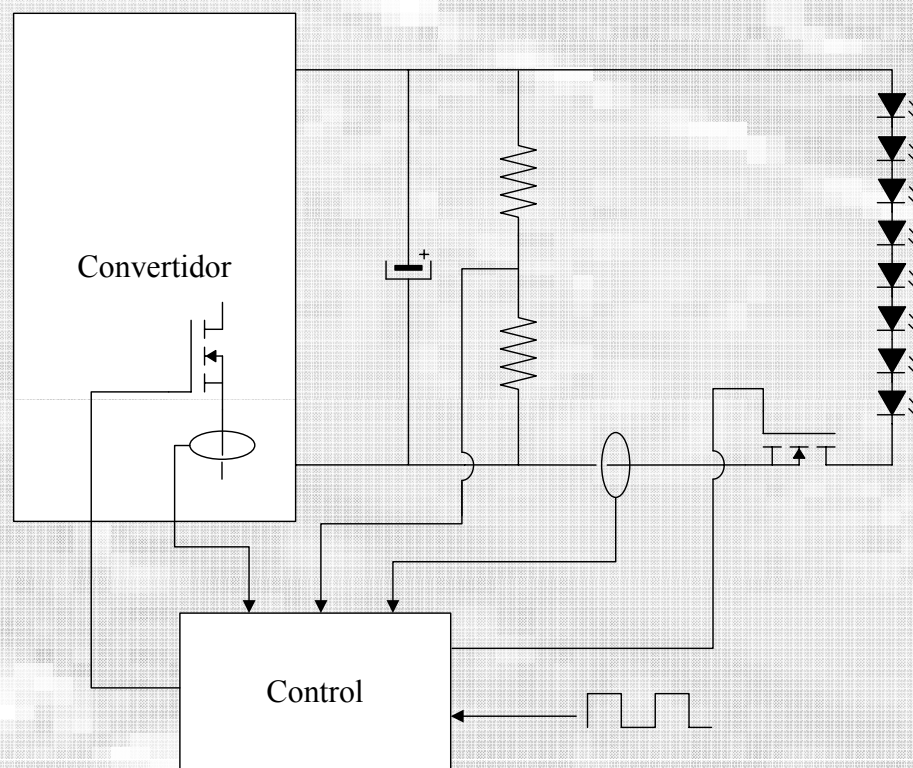
- Factor de potencia $> 0,9$
- Rango universal
- Menor coste
- Mayor rendimiento

- Mayores esfuerzos eléctricos
- Condensador de bus electrolítico
- Dinámica más lenta



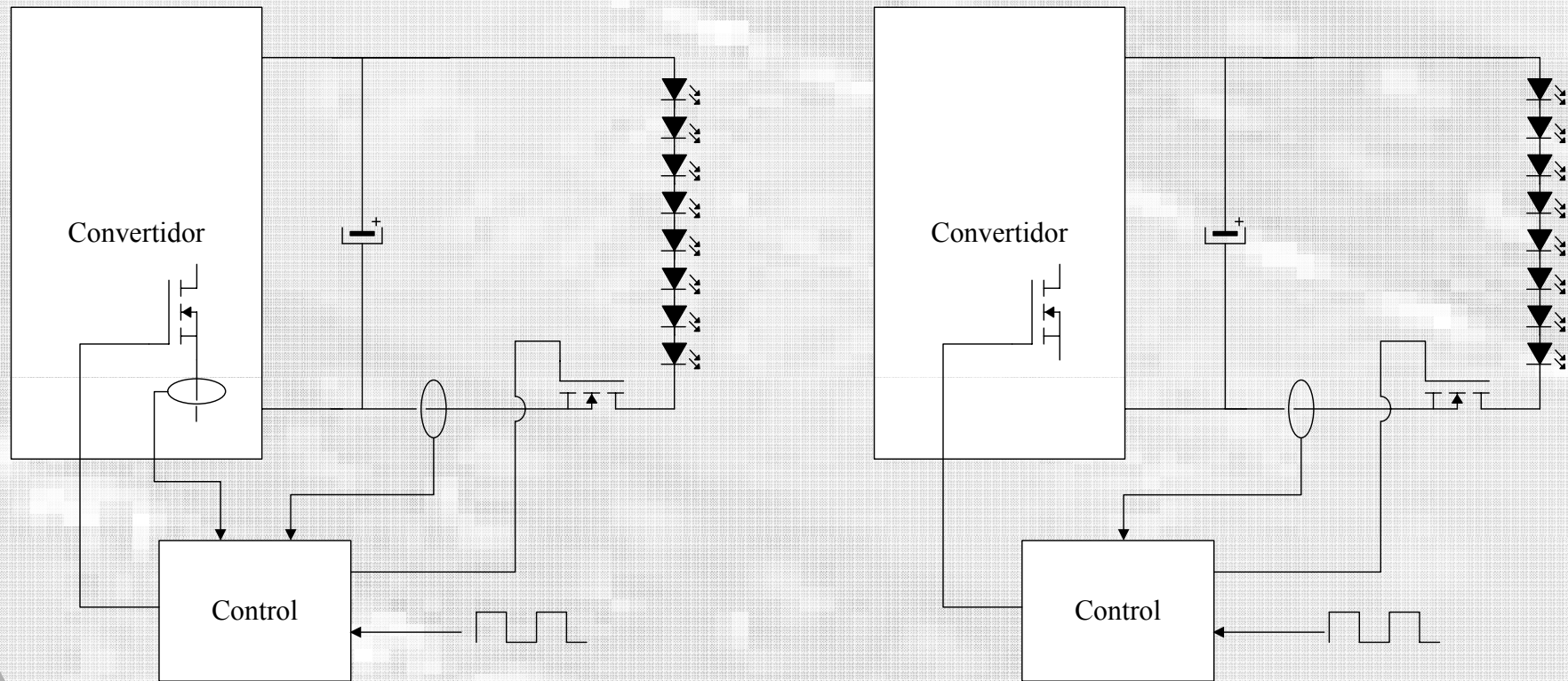
Control

¡Siempre en corriente!



Control

¡Siempre en corriente!

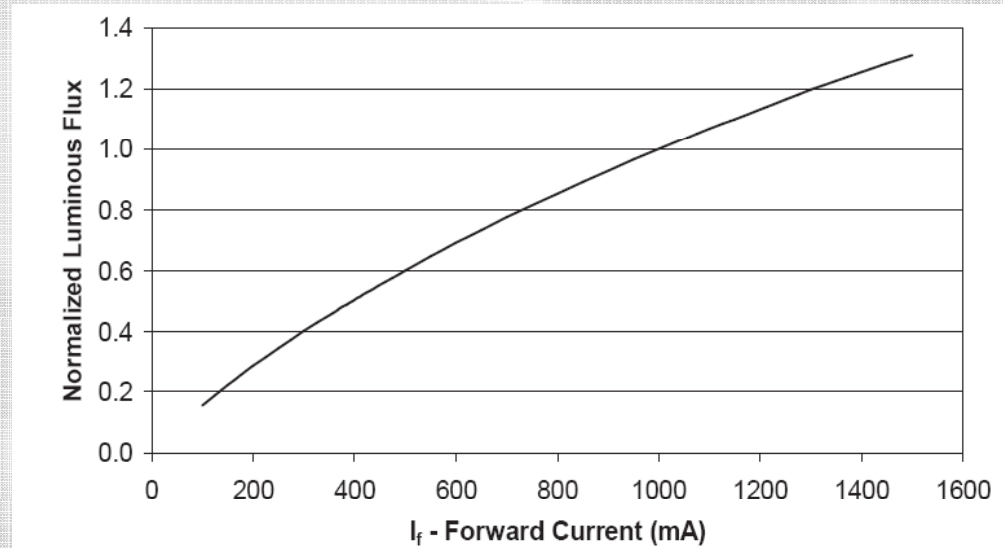


Frecuencia fija o frecuencia variable

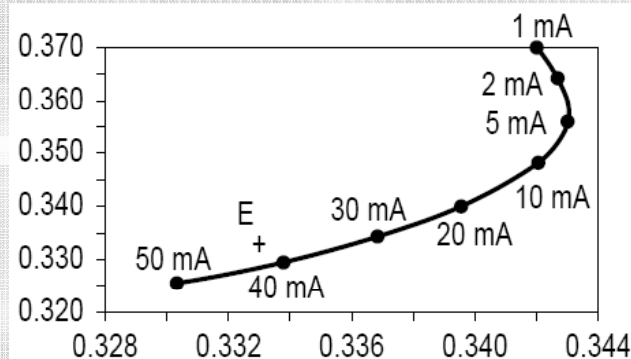


Dimming

Dimming AM



- Simplicidad
- Mayor rendimiento del LED



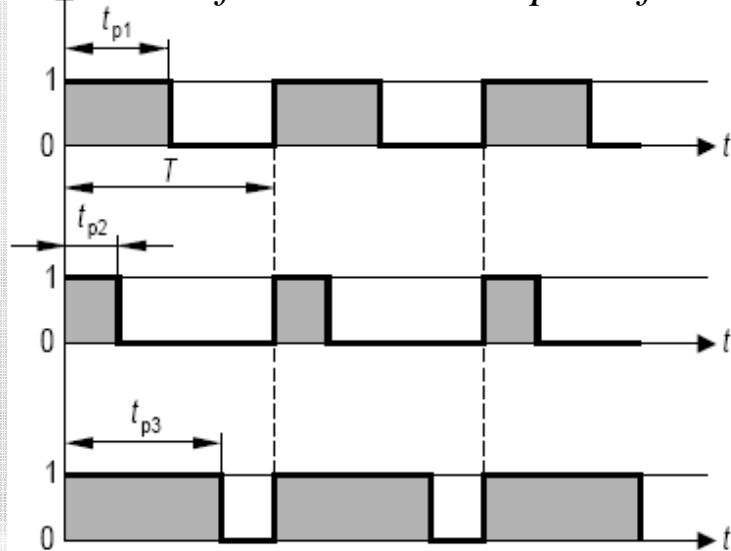
- Más impreciso
- Varían las coordenadas cromáticas
- Menor rendimiento del convertidor
- Menor rango de atenuación



Dimming

Dimming PWM

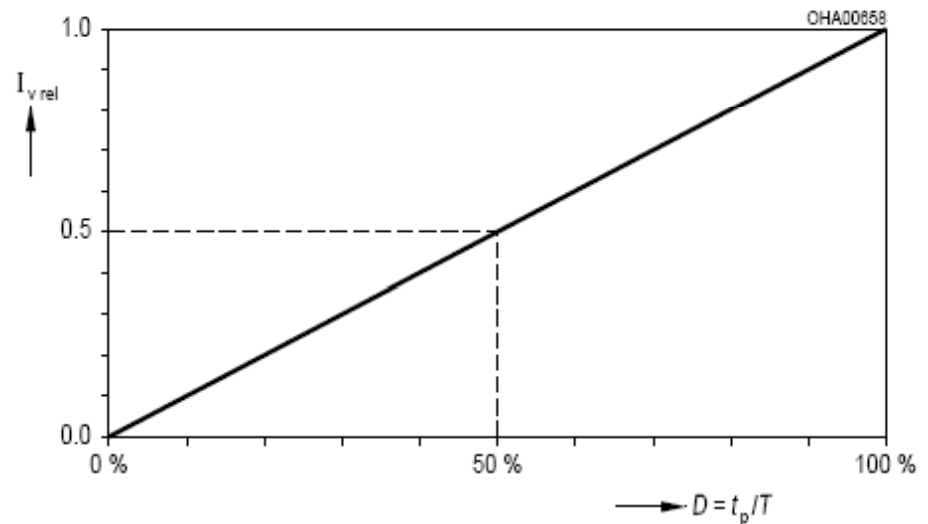
$I_{F,rel}$ *Efecto estroboscópico: $f > 200$ Hz*



$$D_1 = \frac{t_{p1}}{T}$$

$$D_2 = \frac{t_{p2}}{T}$$

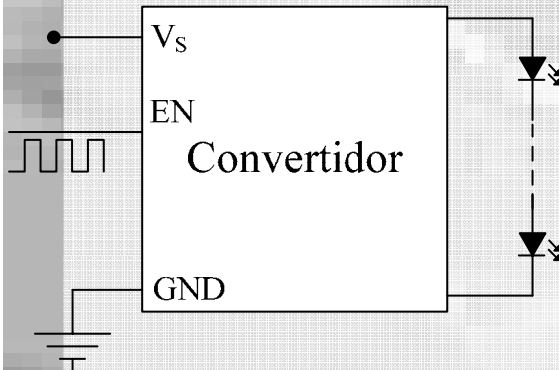
$$D_3 = \frac{t_{p3}}{T}$$



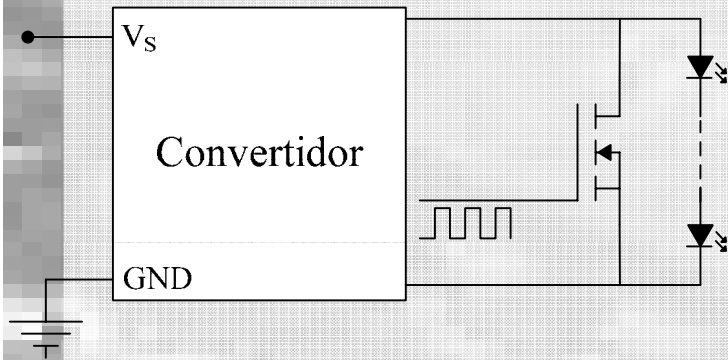
- Mayor precisión
- Mayor rendimiento global (teóricamente)
- Mayor rango de atenuación
- Menor variación de coordenadas cromáticas

- Parpadeo con frecuencias bajas
- Mayor complejidad de control
- Problemas de EMI

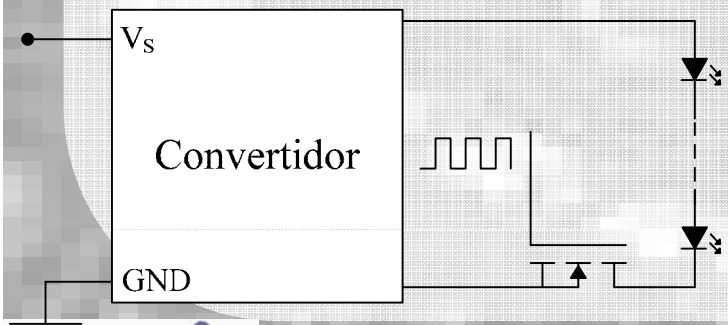
Técnicas de dimming PWM



- Muy simple, fácil control
- Compatible con todas las topologías
- Frecuencias de dimming bajas
- Puede aumentar mucho la THD



- Mayor rango de atenuación posible
- Permite frecuencias de dimming muy elevadas
- Incompatible con condensador de salida
- Mejor con frecuencia de conmutación variable



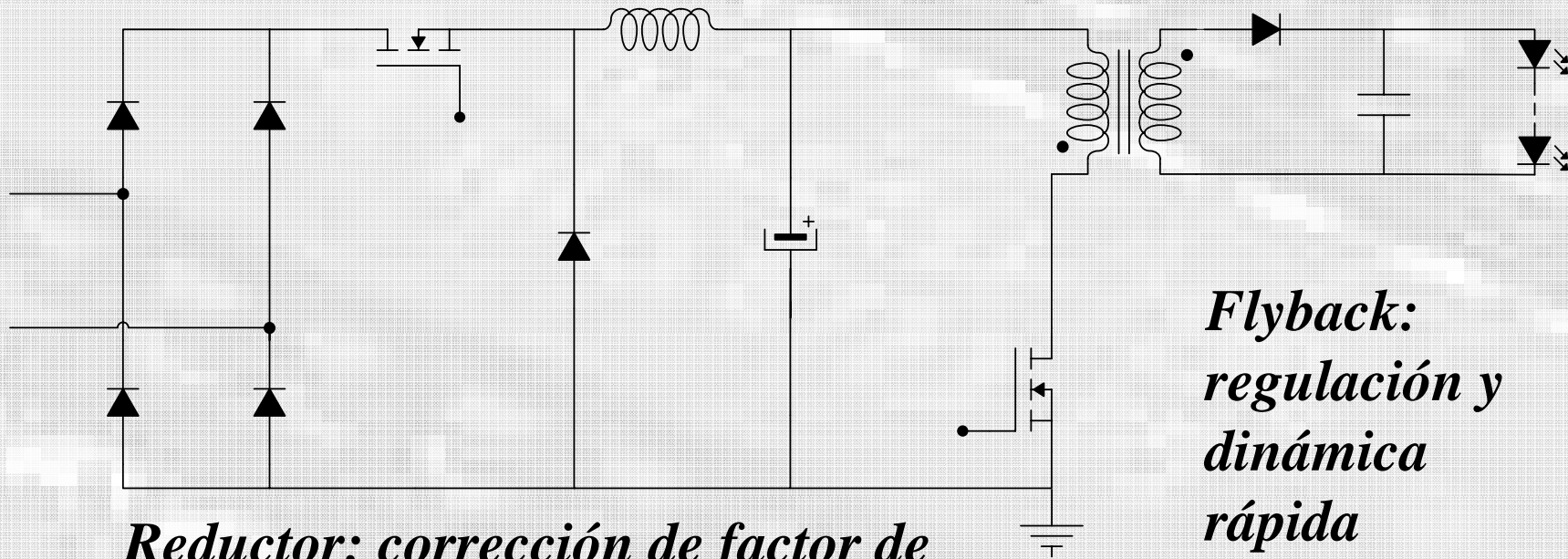
- Buen rango de atenuación
- Permite frecuencias de dimming elevadas
- Complica el control
- Puede provocar oscilación



Líneas de trabajo

Corrección de factor de potencia: convertidores integrados

Convertidor de dos etapas en cascada: reductor-flyback



Reductor: corrección de factor de potencia (conformador de corriente de entrada)

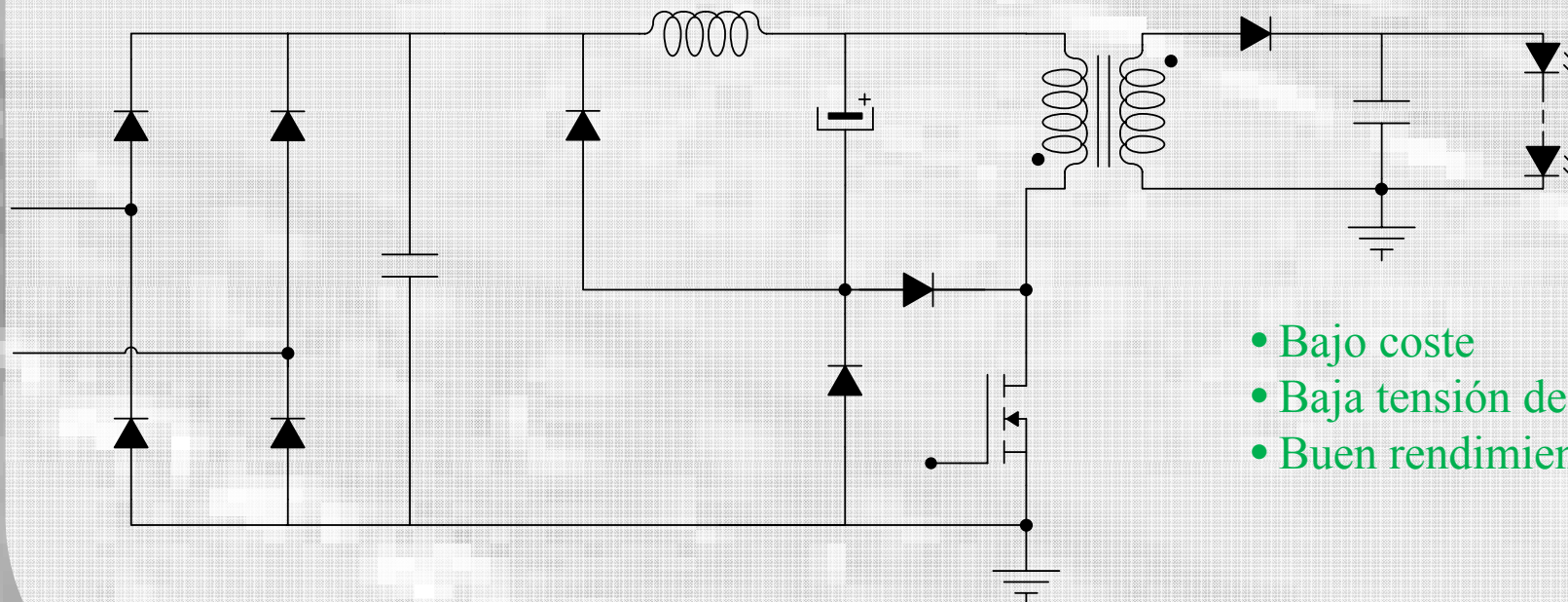
Flyback: regulación y dinámica rápida

Líneas de trabajo

Corrección de factor de potencia: convertidores integrados

Convertidor reductor-flyback integrado

60 LED a 350 mA (70 W)



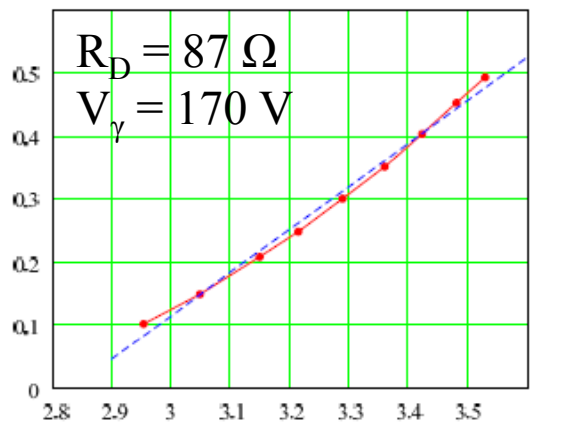
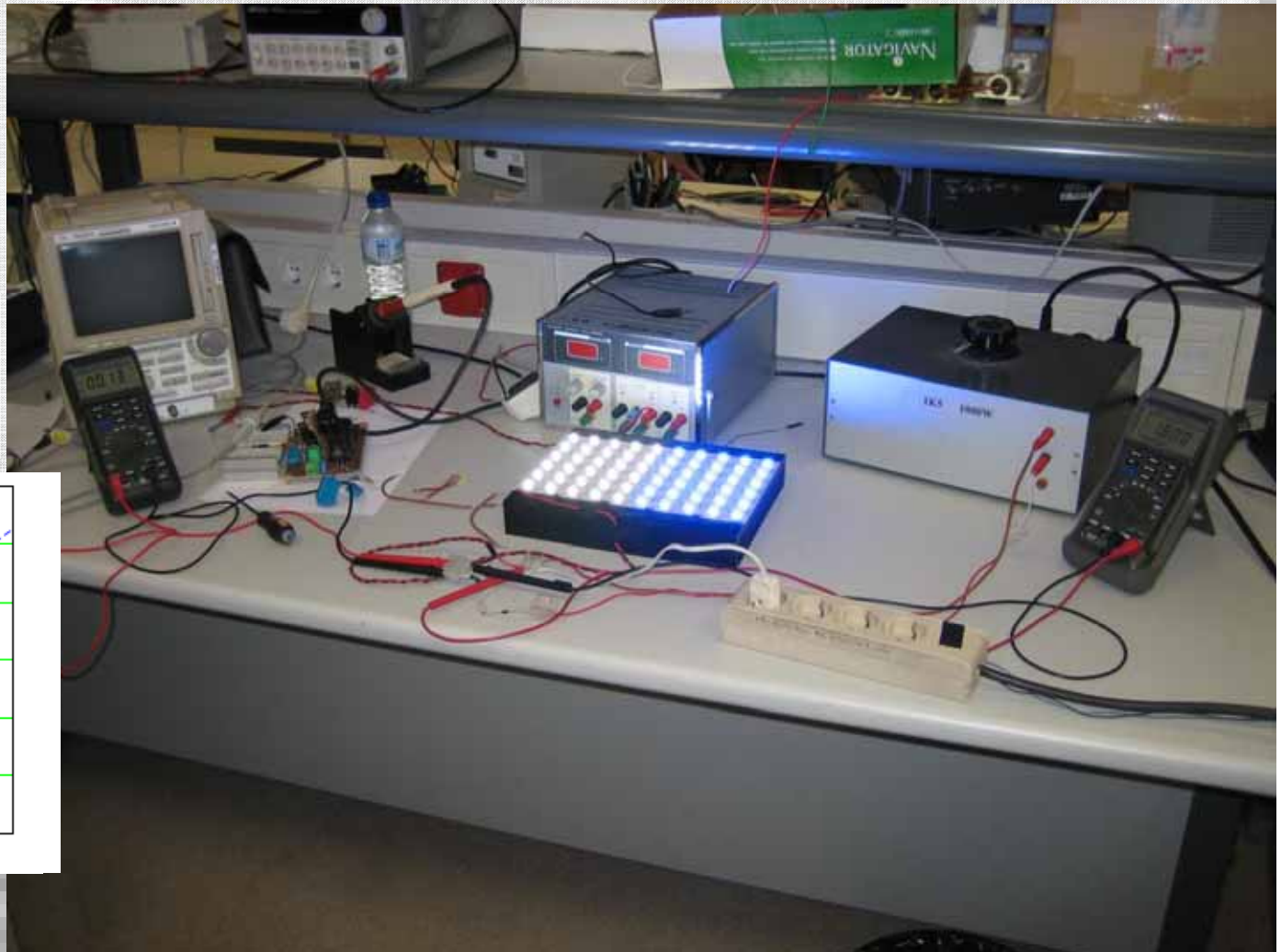
- Bajo coste
- Baja tensión de bus
- Buen rendimiento

Importante: Funcionamiento en Modo de Conducción Discontinuo



Líneas de trabajo

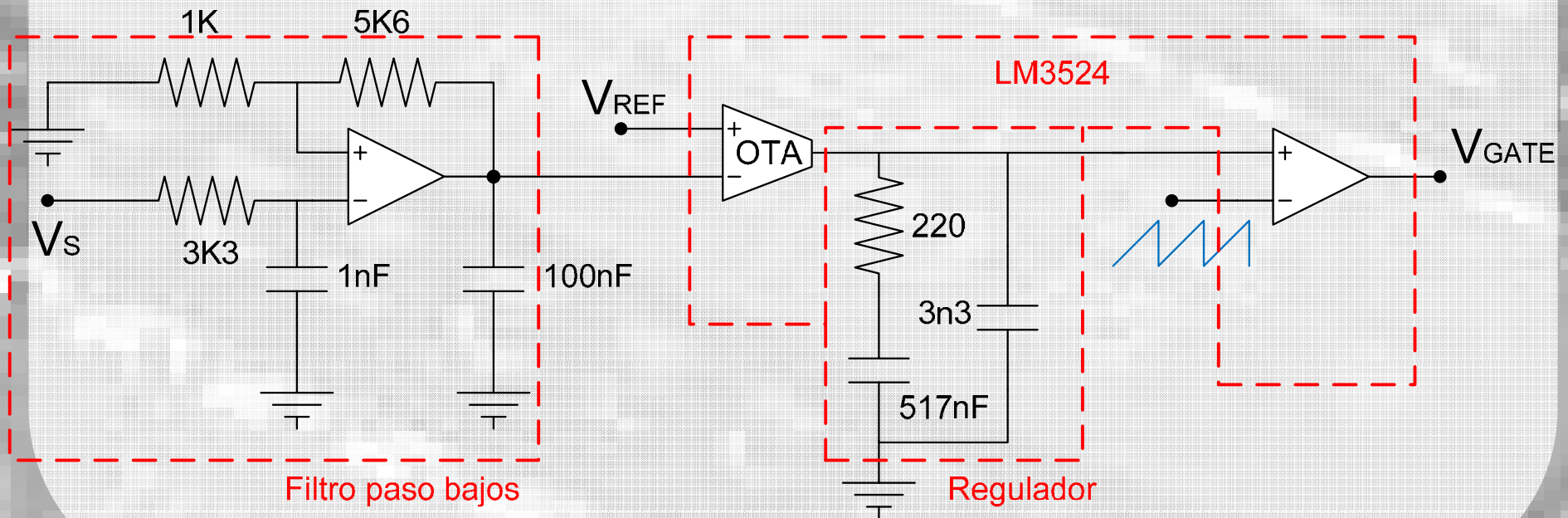
Corrección de factor de potencia: control de convertidores integrados



Líneas de trabajo

Corrección de factor de potencia: control de convertidores integrados

- Control por corriente media con frecuencia fija: simplicidad y bajo coste
- LM3524: amplificador operacional de transconductancia

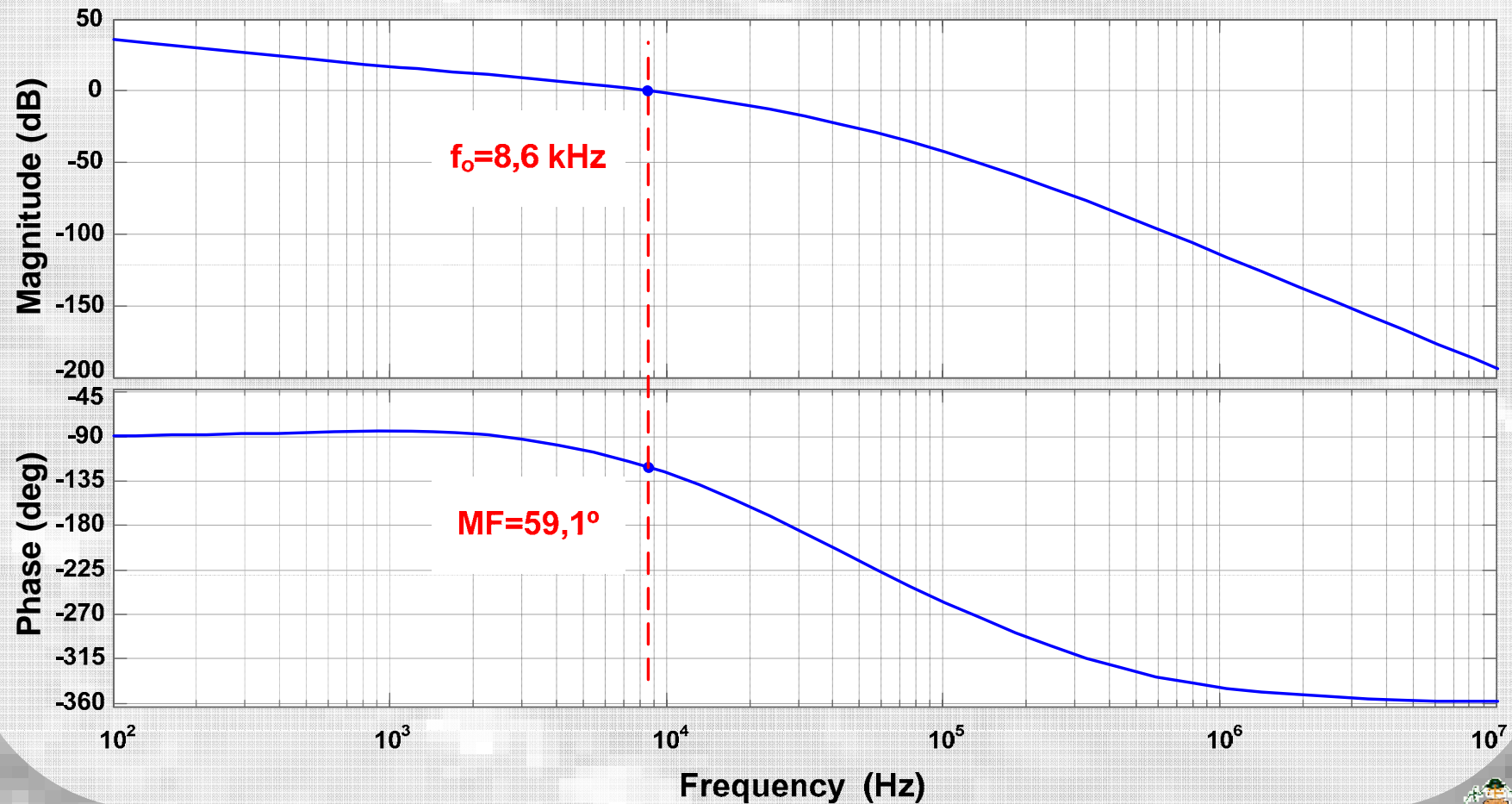


Regulador PI con polo adicional de alta frecuencia.



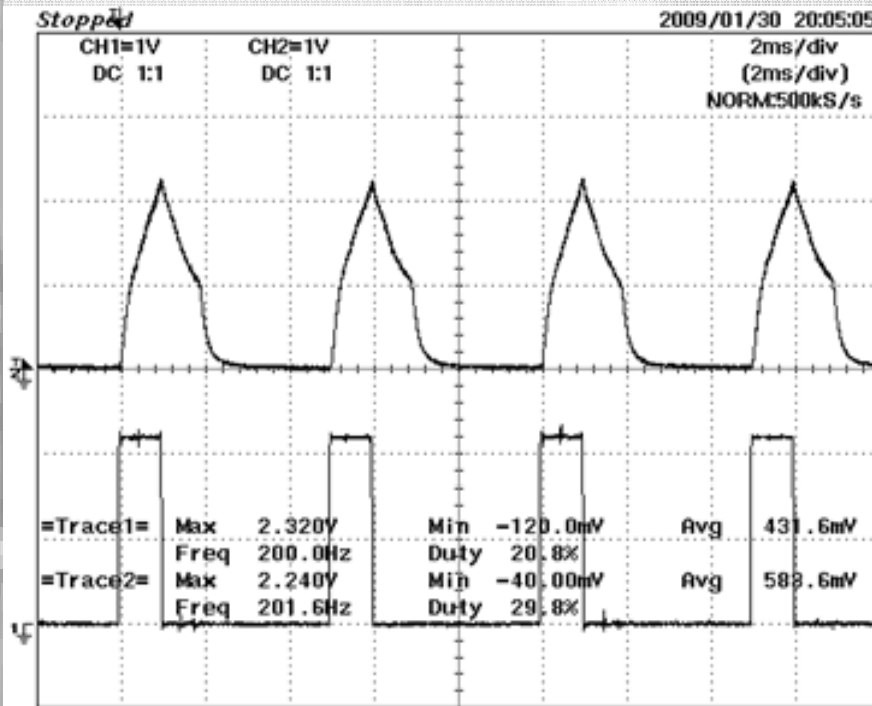
Líneas de trabajo

Corrección de factor de potencia: control de convertidores integrados

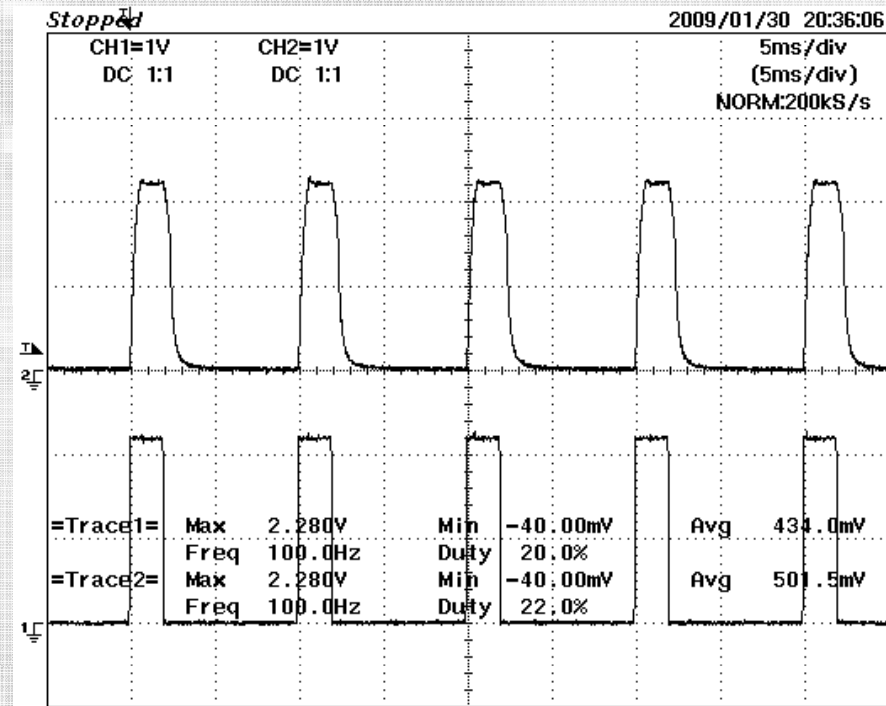


Líneas de trabajo

Regulación del flujo luminoso: dimming por enable



$$f_D = 200\text{Hz}; D_D = 20\%$$
$$I_{PK} = 350\text{mA}$$



$$f_D = 100\text{Hz}; D_D = 20\%$$
$$I_{PK} = 350\text{mA}$$

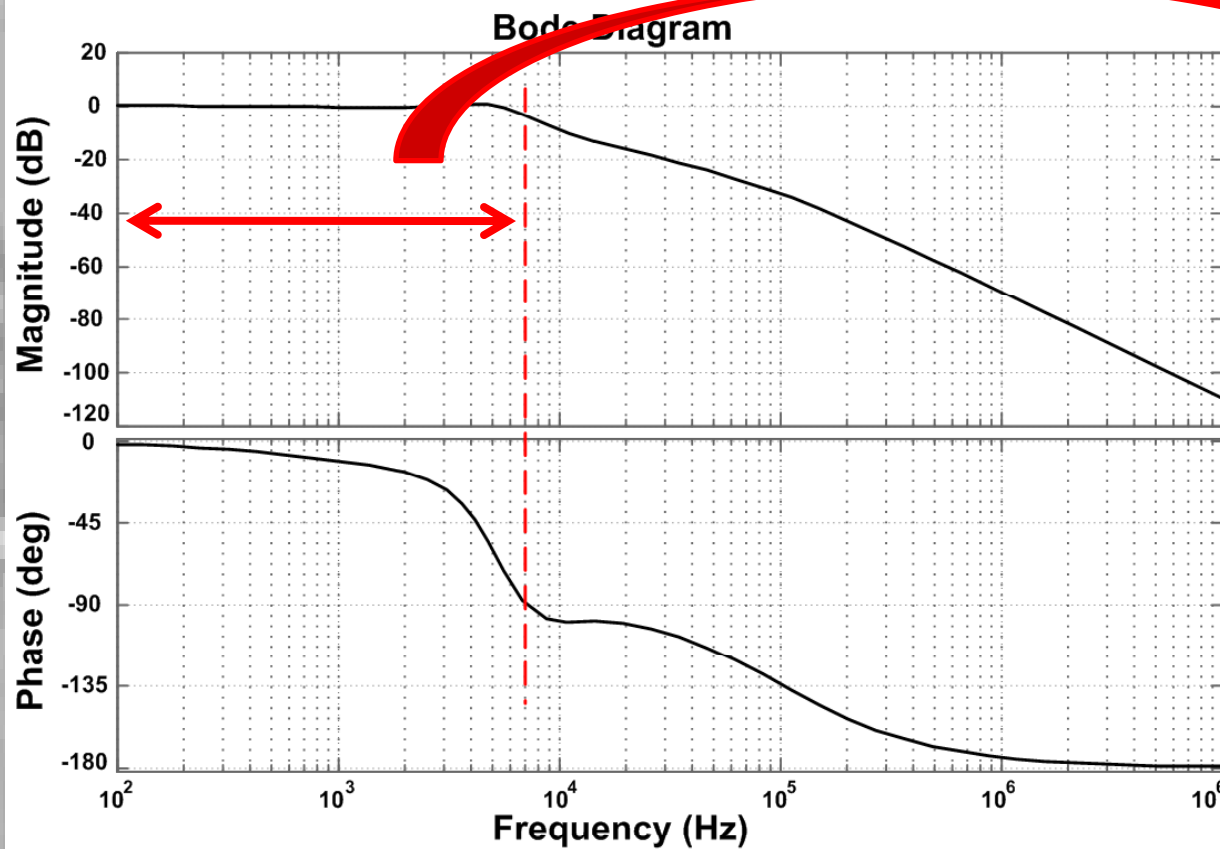
Muy baja relación de atenuación

Muy alta distorsión armónica



Líneas de trabajo

Regulación del flujo luminoso: dimming en serie a alta frecuencia

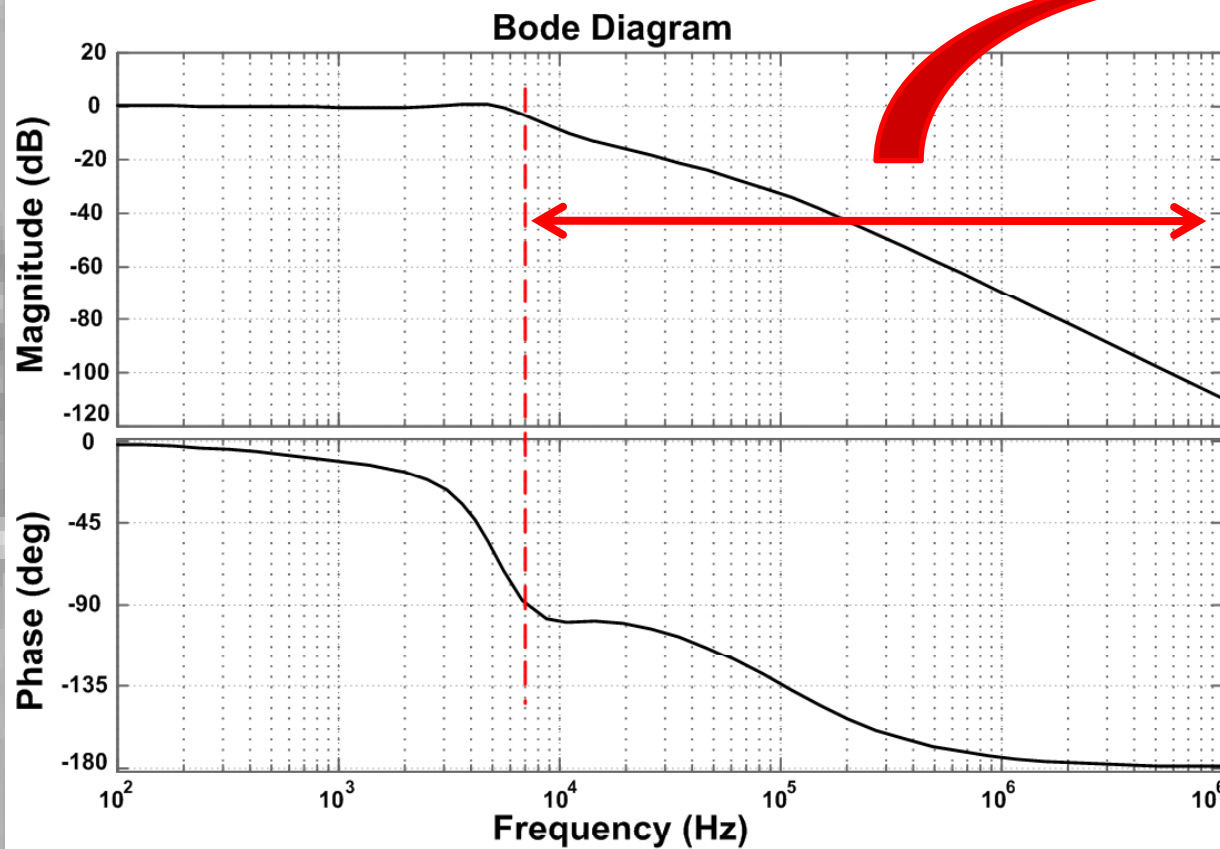


Perturbaciones de baja frecuencia: el regulador actúa sobre ellas

Oscilación

Líneas de trabajo

Regulación del flujo luminoso: dimming en serie a alta frecuencia

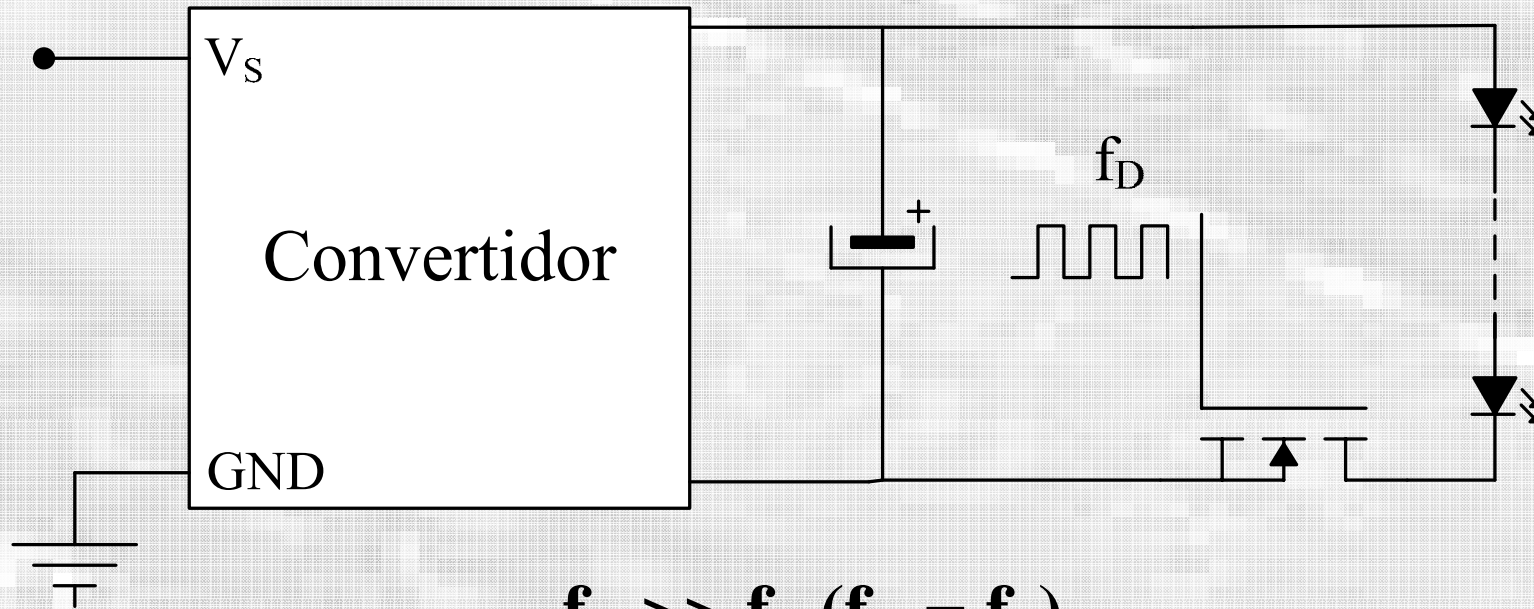


Perturbaciones de alta frecuencia: el regulador no puede actuar sobre ellas

Filtrado

Líneas de trabajo

Regulación del flujo luminoso: dimming en serie a alta frecuencia



$$f_D \gg f_C \quad (f_D = f_S)$$

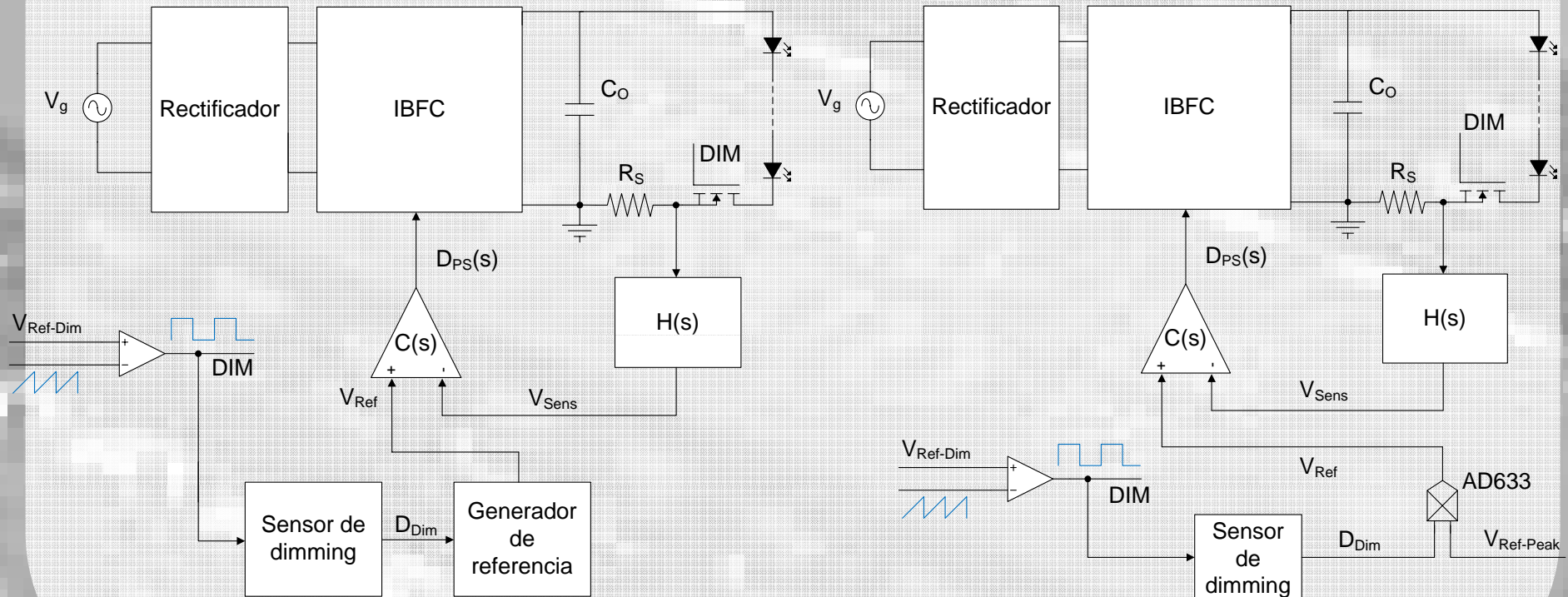
Tensión de salida constante (condensador de salida)
Corriente media constante (lazo de regulación)

*Potencia de salida
constante*



Líneas de trabajo

Regulación del flujo luminoso: dimming en serie a alta frecuencia



Corriente constante

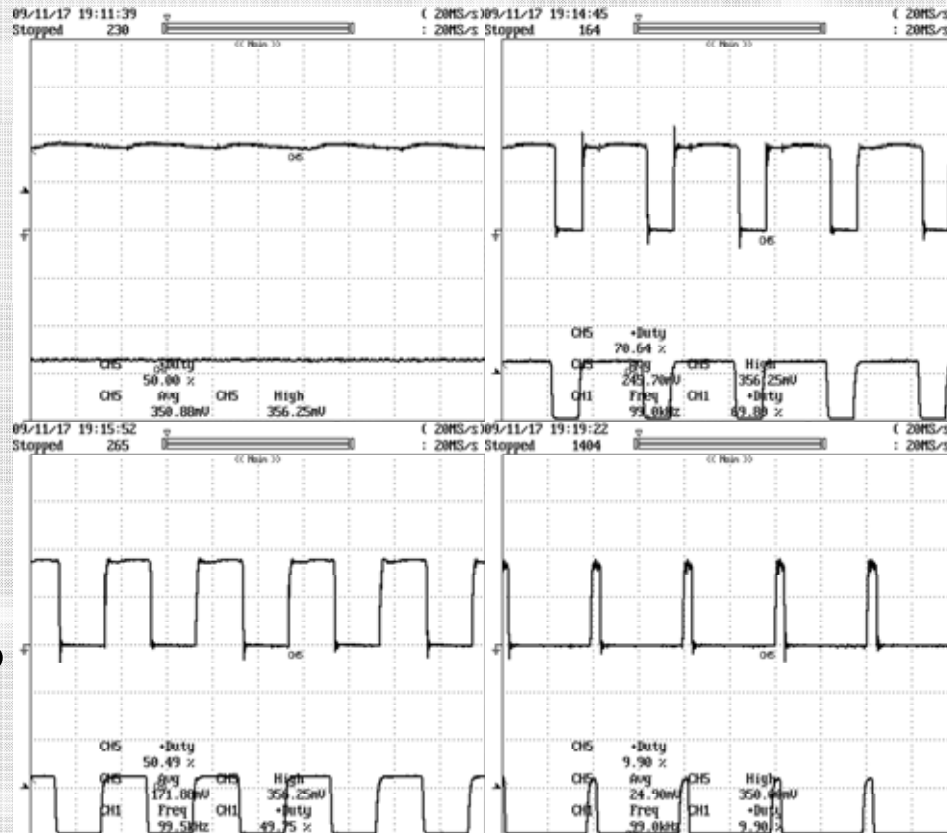
Corriente ajustable



Líneas de trabajo

Regulación del flujo luminoso: dimming en serie a alta frecuencia

DC



70%

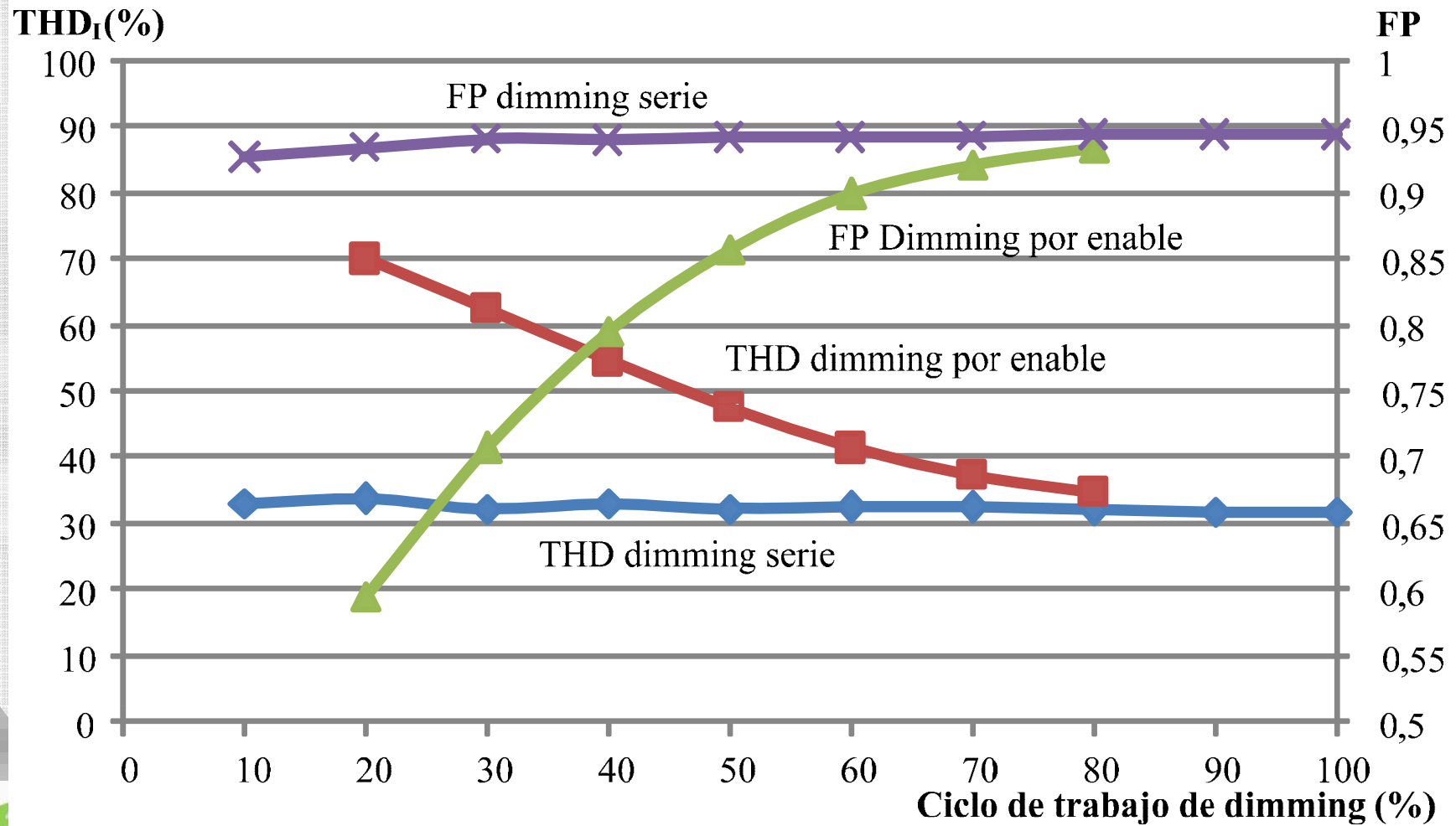
Hasta una relación de atenuación de 10:1

50%

10%

Líneas de trabajo

Regulación del flujo luminoso: dimming en serie a alta frecuencia



Resultados de la investigación

- 4 publicaciones en congreso nacional (SAAEI'08, SAAEI'09 y SAAEI'10)
- 4 publicaciones en congreso internacional (IAS'08, APEC'09 y APEC'10)
- 1 publicación en revista nacional (MundoElectrónico, 2008)
- 1 publicación en revista internacional (Transactions on Industrial Electronics, 2010)
- 1 solicitud de patente española (en proceso de revisión, 2010)



Líneas futuras de investigación

- Topologías optimizadas para alimentación de diodos LED
- Adaptación de otros tipos de control (CCP, frecuencia variable, etc.)
- Extensión del DSAF a otras topologías de potencia
- Estudio de otras técnicas de dimming
- Aplicación de control digital



Convertidores con corrección de factor de potencia para aplicaciones de iluminación con diodos LED

Gracias por vuestra atención

Conversión eficiente de **e**nergía, **e**lectrónica **i**ndustrial e **i**luminación

