



IV Congresso Brasileiro de
**Eficiência
Energética**
28 a 31 de agosto de 2011
Juiz de Fora - MG - Brasil



Seminário de
Iluminação Pública
Eficiente
UFJF - PROCEL

Drivers para LEDs de Potência



J. Marcos Alonso

Universidad de Oviedo, Espanha

Campus de Viesques, Edificio 3, Sala 3.2.20

33204 - Gijón, Asturias

Email: marcos@uniovi.es

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

- Introdução
- Revisão Tecnologia LED:
 - Características
 - Problemas Térmicos
 - Produção de Cores e Luz Branca
- Drivers para LEDs de Potência:
 - Drivers para Iluminação de Emergência
 - Drivers para Aplicações Retrofit
 - Drivers para Aplicações desde Rede Eléctrica com Alto Fator de potência
 - Drivers para Aplicações Iluminação Pública

Evolução: Fontes de Luz

Fogo



Vela



Quinque



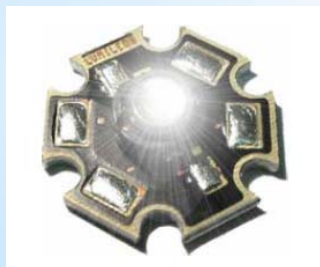
Incandescente



Descarga

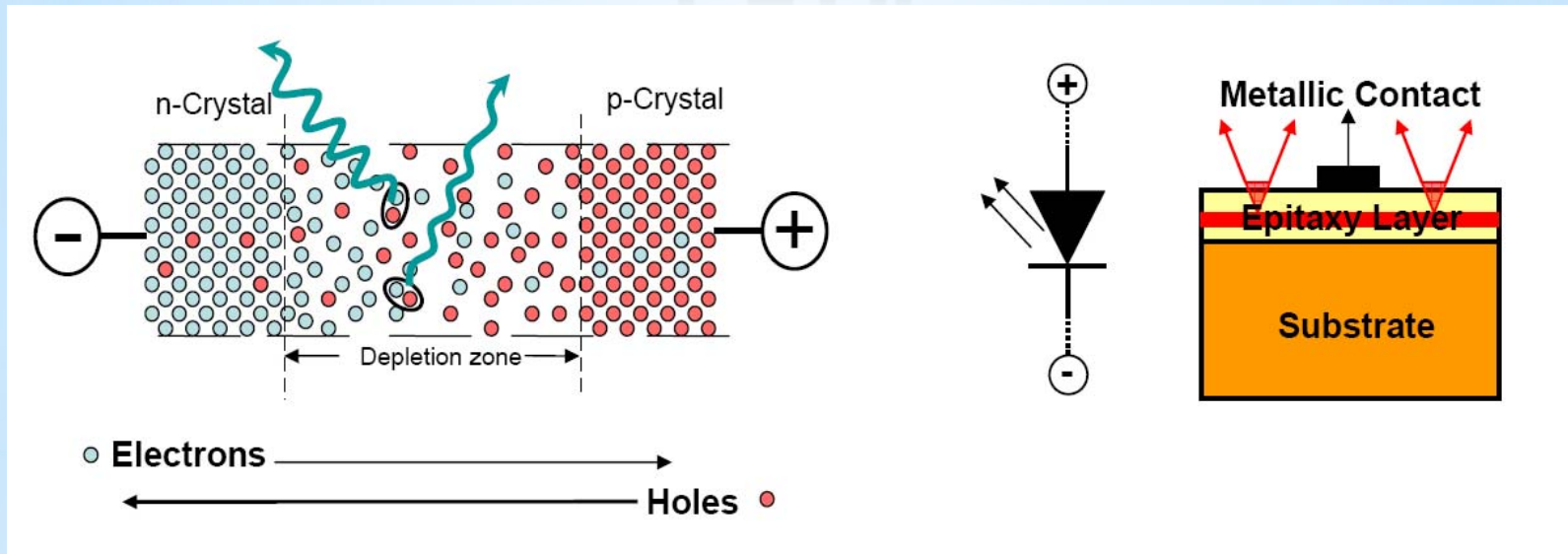


Atualidade: Lâmpada de Estado Sólido (LED)



Lâmpadas de Estado Sólido

LEDs

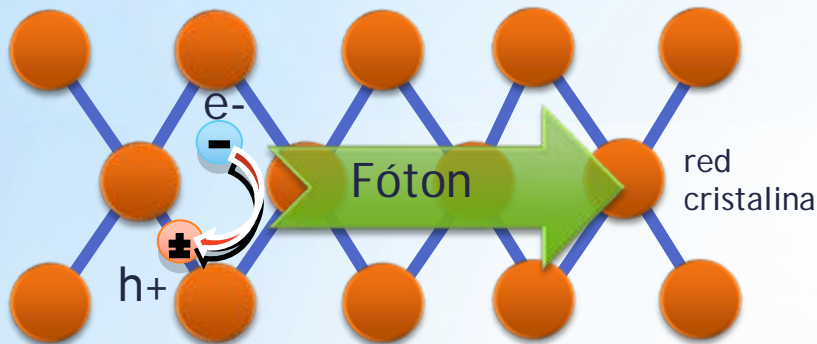


- Junção P-N polarizada diretamente
- As cargas livres (elétrons e buracos) circulam para a junção
- Só algumas das recombinações e^-/h^+ geram radiação visível (luz).

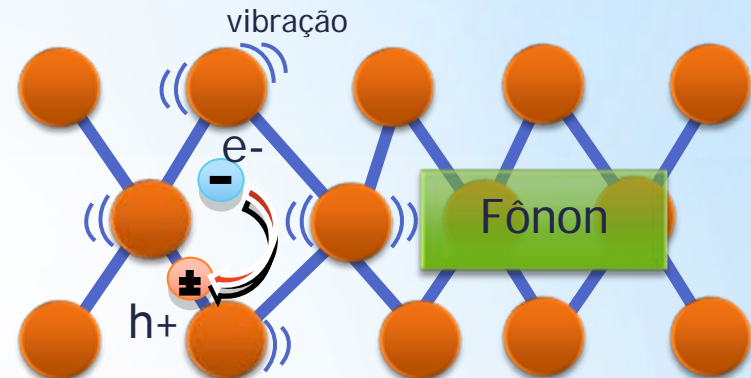
Recombinação e⁻/h⁺

■ Tipos de recombinação e⁻/h⁺:

- Recombinação radiante: gera um fóton de luz com energia igual à largura da banda proibida, $E_g = h \cdot f$
- Recombinação não radiante: gera energia que se transforma em energia vibratória na estrutura cristalina (fônon). Gera calor mais não luz.



Recombinação Radiante



Recombinação Não Radiante

- Não desejada
- É devido aos defeitos na rede cristalina (deslocamentos, impurezas, etc.)

Vantagens das Lâmpadas LED

- Elevada vida útil: 40,000 - 100,000 horas
- Tamanho reduzido
- Robustas frente à vibrações e choques
- Re-ignição instantânea
- Funcionamento em baixa tensão
- Fonte de luz pontual. Permite otimizar o sistema óptico.
- Possibilidade de geração de diferentes cores



Aplicações Típicas



Luzes de sinalização em automóveis



Sinais Viárias

Retro-iluminação em TV, Computador, etc.



Aplicações Arquitetônicas



Iluminação viária, portátil, escritório, etc.

Comparação de Eficácia

	Eficacia (lm/W)
LED Branco (0.1W)	140
Na A.P. (400W)	132
Halog. Metal. (35W)	90
Fluorescente (40W)	90
CFL (6W)	45
Inc. Halogena (100W)	20
Incandesc. (40W)	13

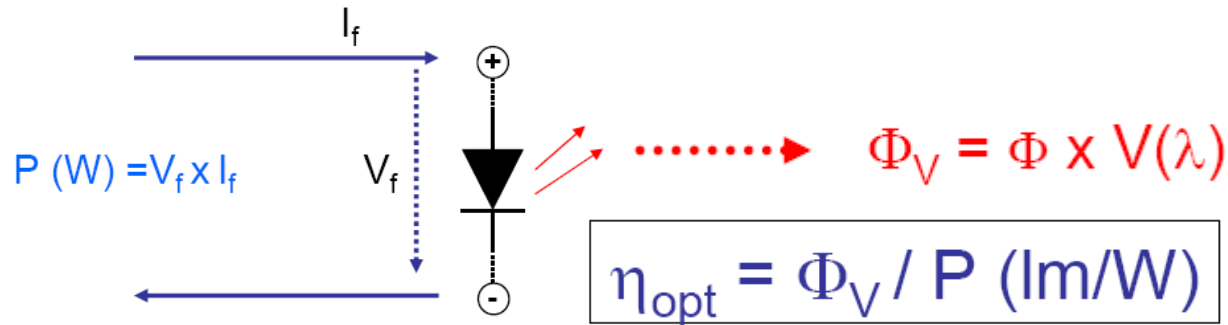


Geração de Calor em LEDs

- Os LEDs não emitem energia IR/UV
- Todas as perdas são transformadas em calor
- A refrigeração converte-se num dos principais problemas

	Incandescent † (60 Watt)	Fluorescent † (Typical linear CW)	Metal Halide ‡	LED *
Visible Light	8%	21%	27%	15-25%
IR	73%	37%	17%	~0%
UV	0%	0%	19%	0%
Total Radiant Energy	81%	58%	63%	15-25%
Heat (Conduction + Convection)	19%	42%	37%	75-85%
Total	100%	100%	100%	100%

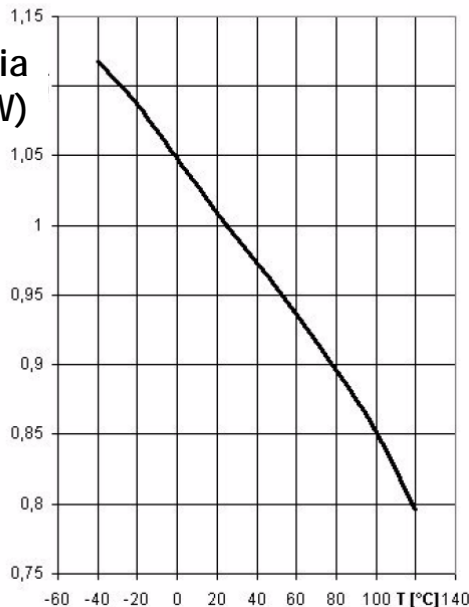
Eficácia dos diodos LED



Relative Luminous Flux²⁾ page 18

$\Phi_V / \Phi_{V(25^\circ\text{C})} = f(T_j)$; $I_F = 1400 \text{ mA}$

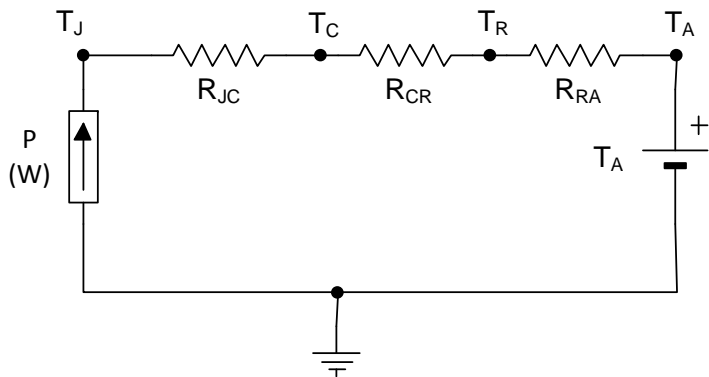
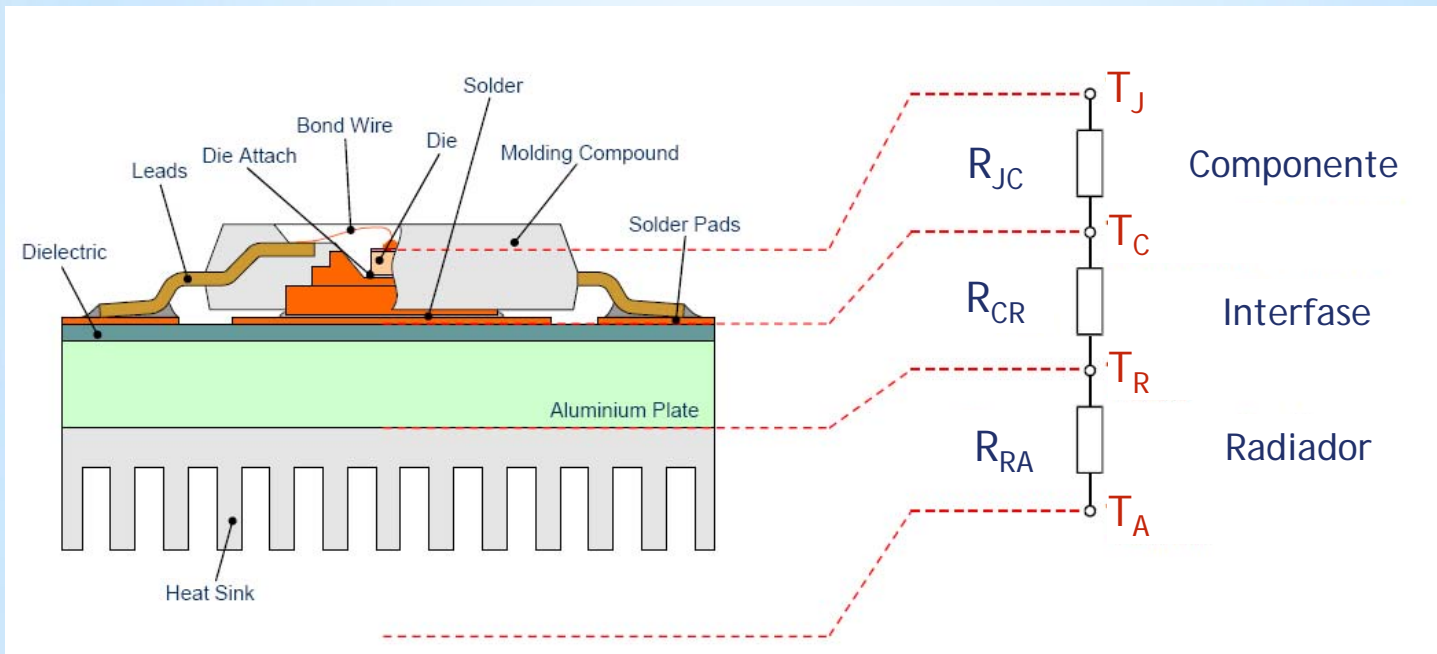
Eficácia
(lm/W)



Temperatura na junção (T_j)

- A temperatura tem uma grande influencia na eficácia luminosa do LED
- Deve limitar-se a temperatura na junção (T_j) para conseguir um determinado fluxo

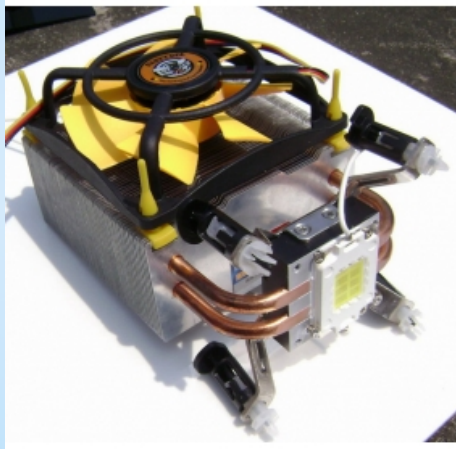
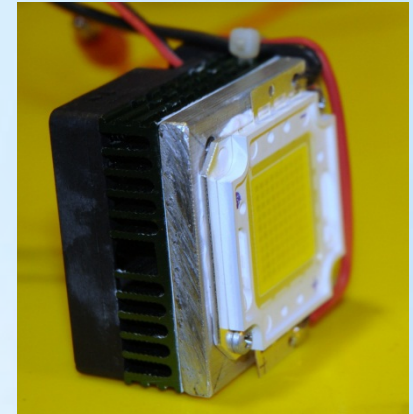
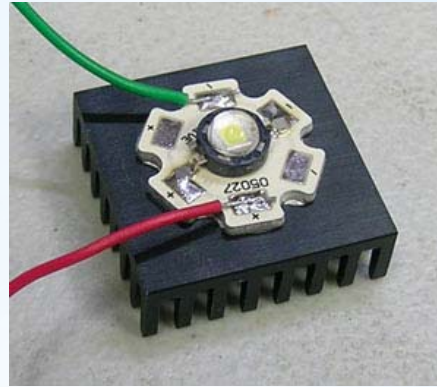
Modelo Térmico



Determinação da temperatura na junção:

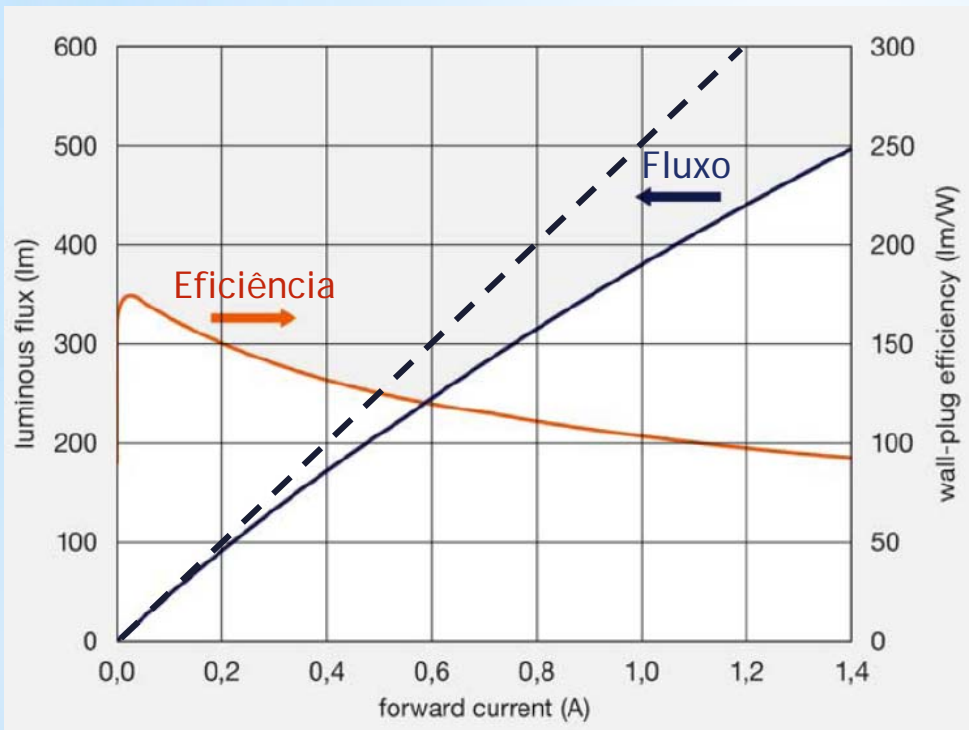
$$T_J = T_A + P \cdot (R_{JC} + R_{CR} + R_{RA})$$

Alguns Exemplos de Radiadores LED



Efeito da Corrente Direita

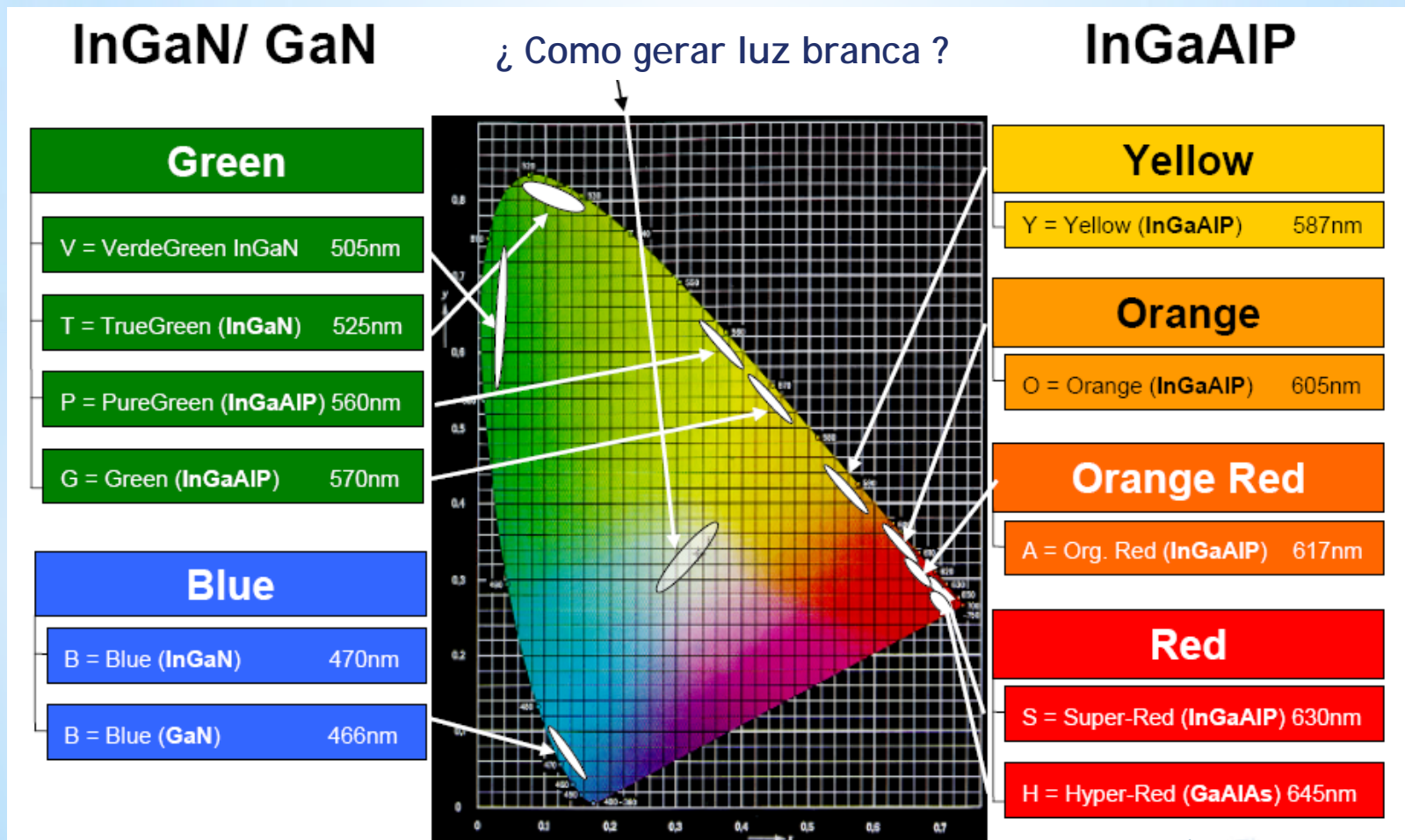
- Quando aumentar a corrente direita a eficácia diminui
- Fenómeno ainda em estudo



- As correntes altas aumentam a geração de fônones.
 - A eficácia diminui
 - Tem-se variação de fluxo no lineal com a corrente direita.
- Atualmente pesquisa-se para deslizar o máximo da eficiência para níveis de corrente mais altos

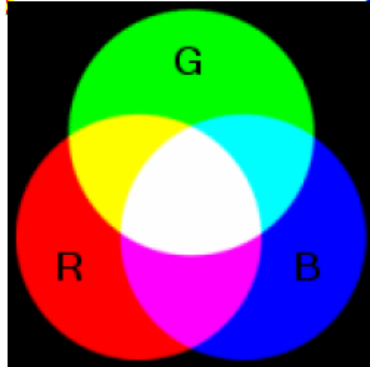
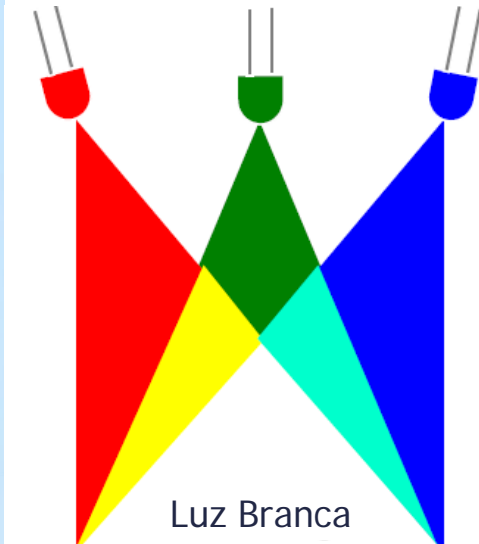
Geração de Cores

- Diferentes misturas de semicondutores geram diferentes cores
- Materiais empregados: In, Ga, N, Al, P, As, etc.

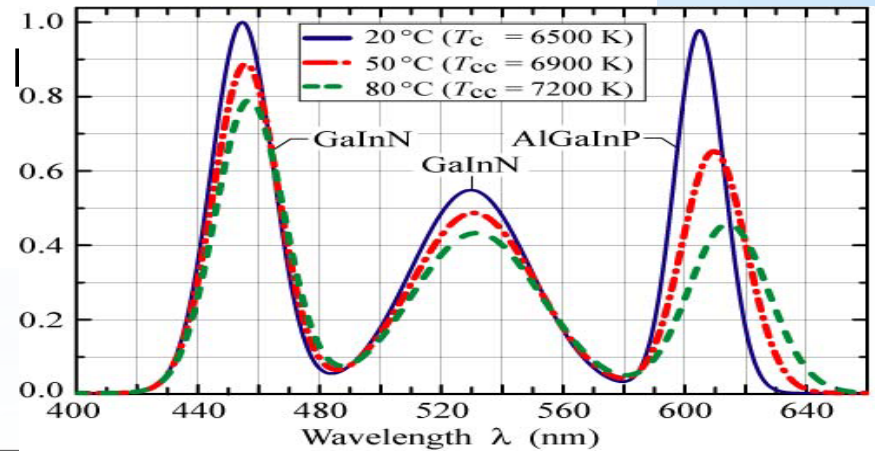
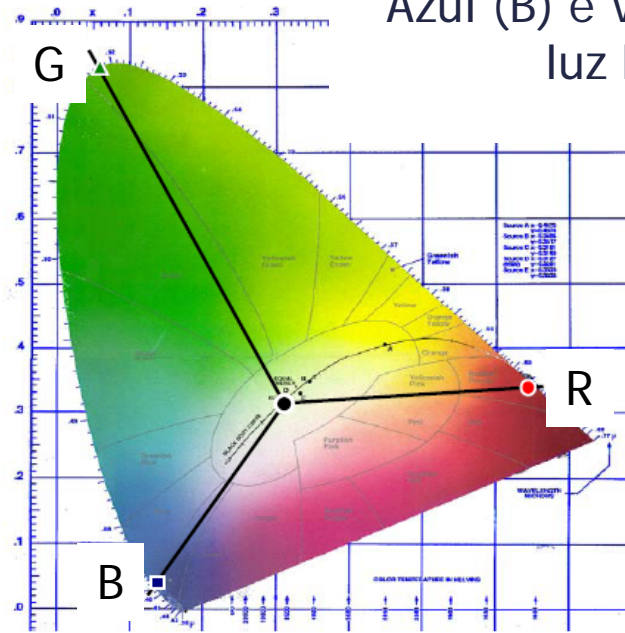


Luz Branca: Mistura Tricolor

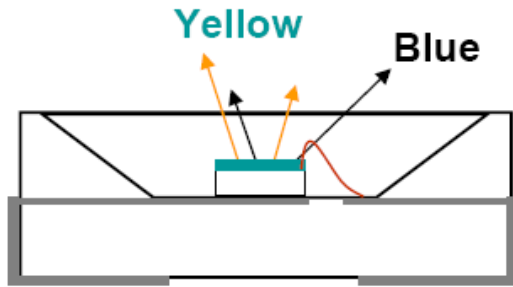
Vermelho Verde Azul



A mistura de Vermelho (R), Azul (B) e Verde (G) gera luz branca



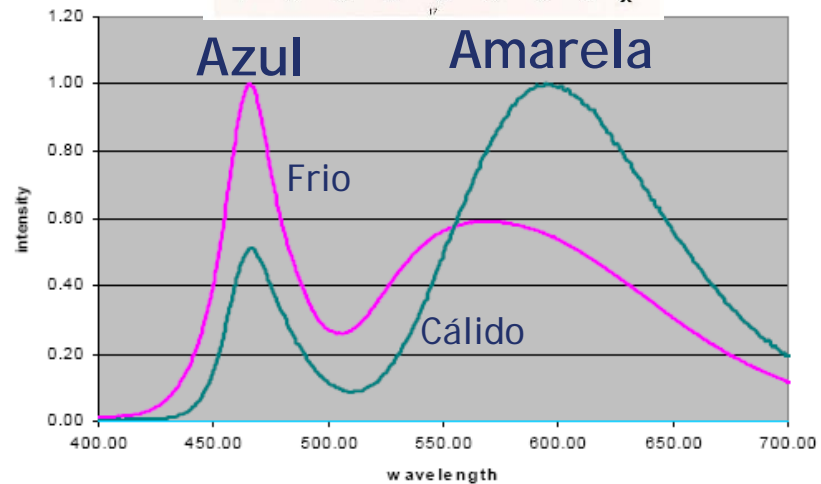
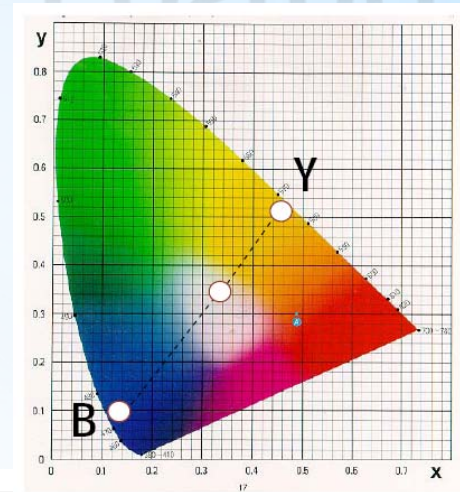
Mistura Azul-Amarelo empregando Fósforos



Conversão em Chip

Camada de fósforo na superfície do Chip

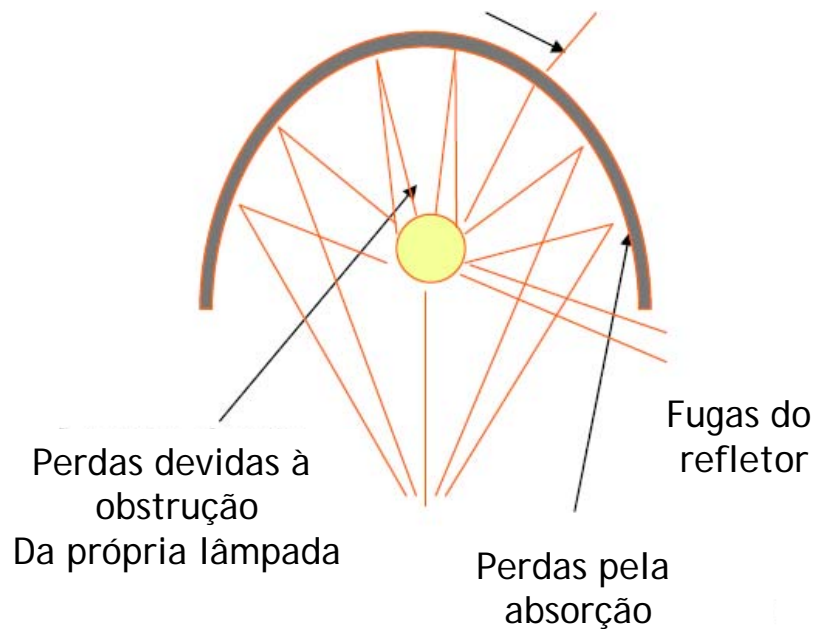
- A luz azul estimula a emissão de luz amarela por parte do fósforo



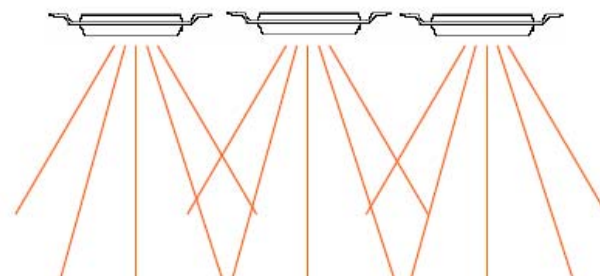
Eficiência Óptica

Lâmpada Convencional

Perdas devidas à baixa reflexão



Lâmpada LED

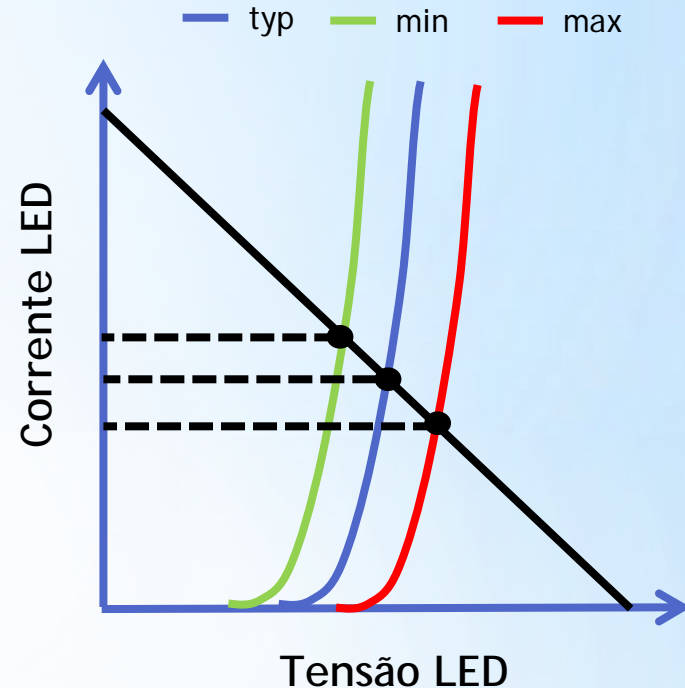
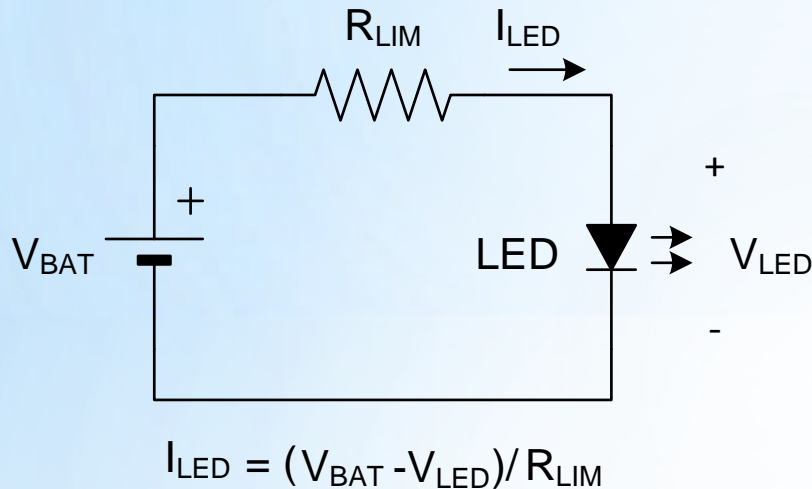


No há perdas por reflexão
A luz emite-se somente para
a metade do espaço

**Melhora da eficiência óptica:
~ 30%**

Circuitos de Alimentação de Diodos LED

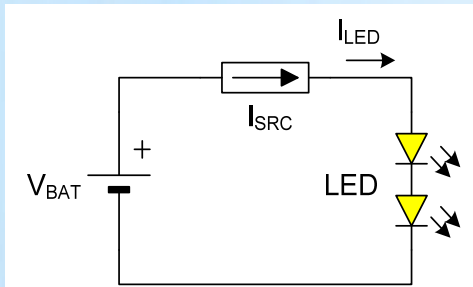
Limitação de corrente empregando resistência



- Muito simples. Baixo custo. Não gera EMI
- Ineficiente. Baixo rendimento.
- Regulação de corrente pobre. Variação com tensão na entrada, tensão LED, temperatura, etc.
- Não adequado para correntes altas

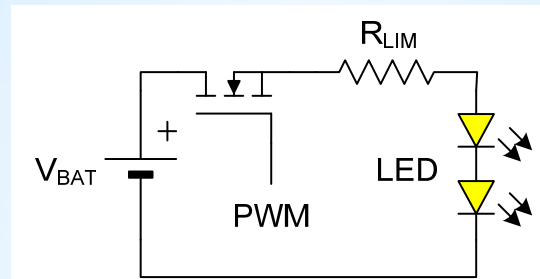
Outras Possibilidades

Fonte de Corrente Linear



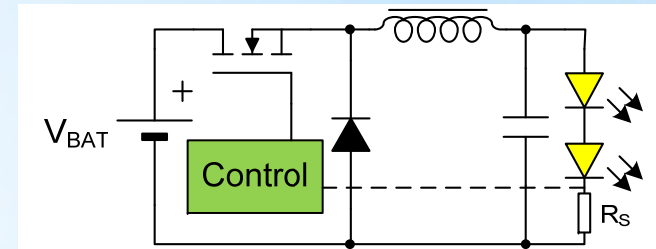
- Regulação de corrente
- Simples. Poucos componentes
- Baixa eficiência
- Não há geração de EMI

PWM Linear



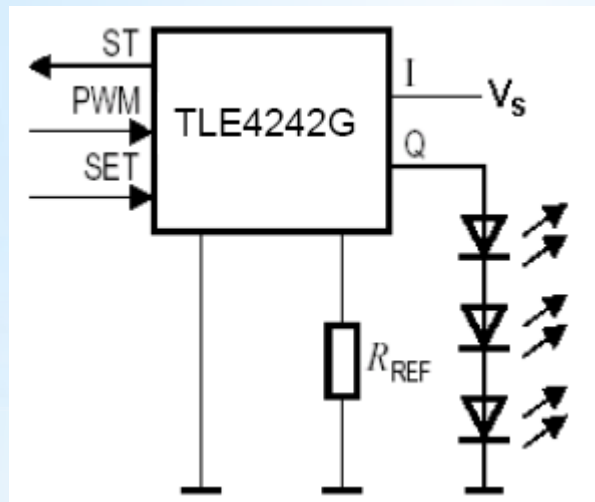
- Controle de potência
- Variação de fluxo luminoso
- Empregado para evitar cambio na T^a de color
- Corrente de pico controlada

Fonte de Corrente Comutada



- Baixas perdas. Alta eficiência
- Maior número de componentes
- Maior custo
- Regulação de corrente
- Geração de EMI
- Possibilidade de incorporação de outras funções

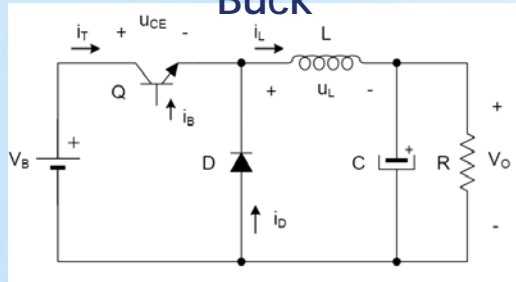
Exemplo de Controlador Linear: TL4242



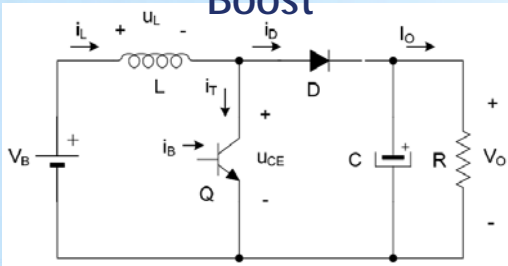
- Corrente ajustável hasta 500 mA ($\pm 5\%$). Regulação PWM.
- Tensão na entrada até 42V
- Baixa caída de tensão.
- Proteções: circuito aberto, curto-circuito, térmica e polaridade inversa.
- Amplo rango de temperatura: -40 °C - 150 °C

Topologias DC/DC Típicas

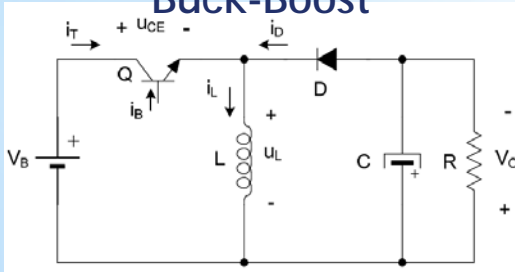
Buck



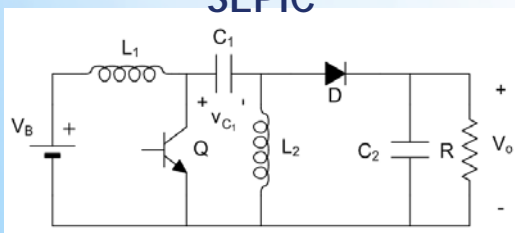
Boost



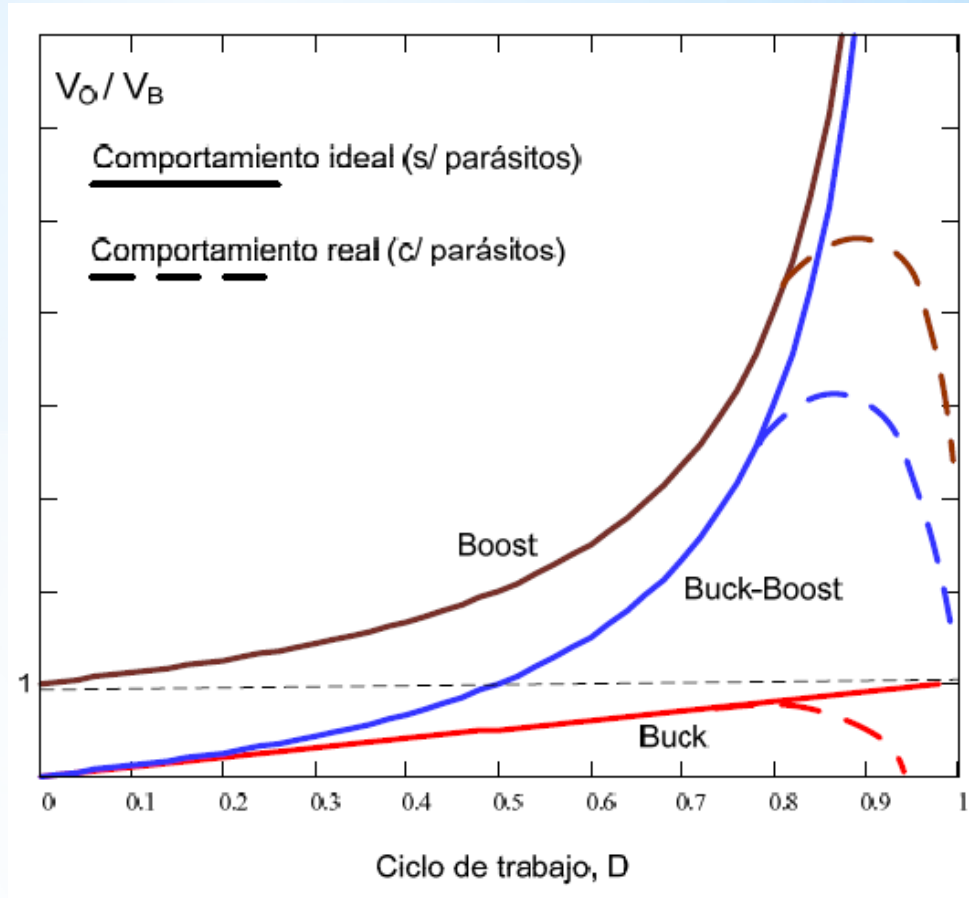
Buck-Boost



SEPIC

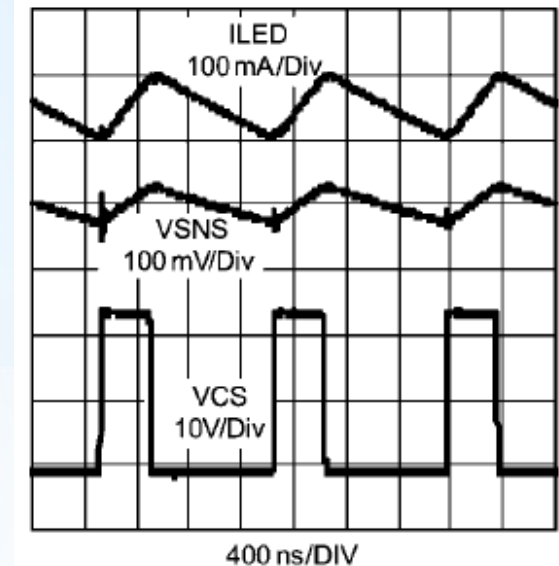
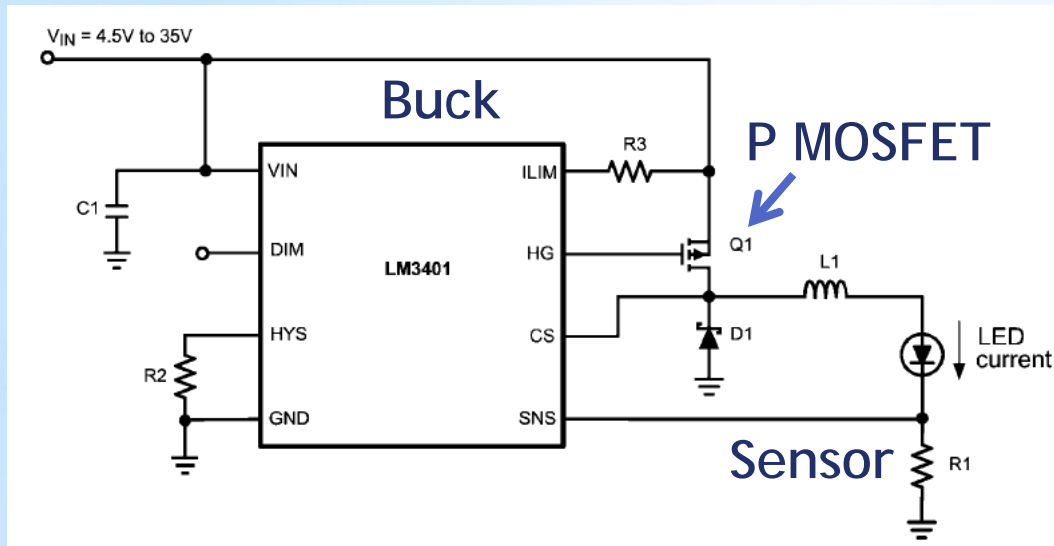


Função de transferência
Tensão de Saída - Ciclo de Operação



Exemplo de Regulador DC/DC Comutado: LM3401

Controlador por Histereses para LEDs de Alta potência



- Controle por histereses (6% precisão)
- Tensão de entrada: 4.5V - 35V
- Frequência de comutação até 1.5 MHz
- Limite de corrente programável
- Dimming analógico ou PWM

Aplicações:

- Driver para LED
- Carregador de Baterias

Aplicação em Iluminação de Emergência

→1990
Incandescente



1990-2005
Fluorescente



2005 →
LED

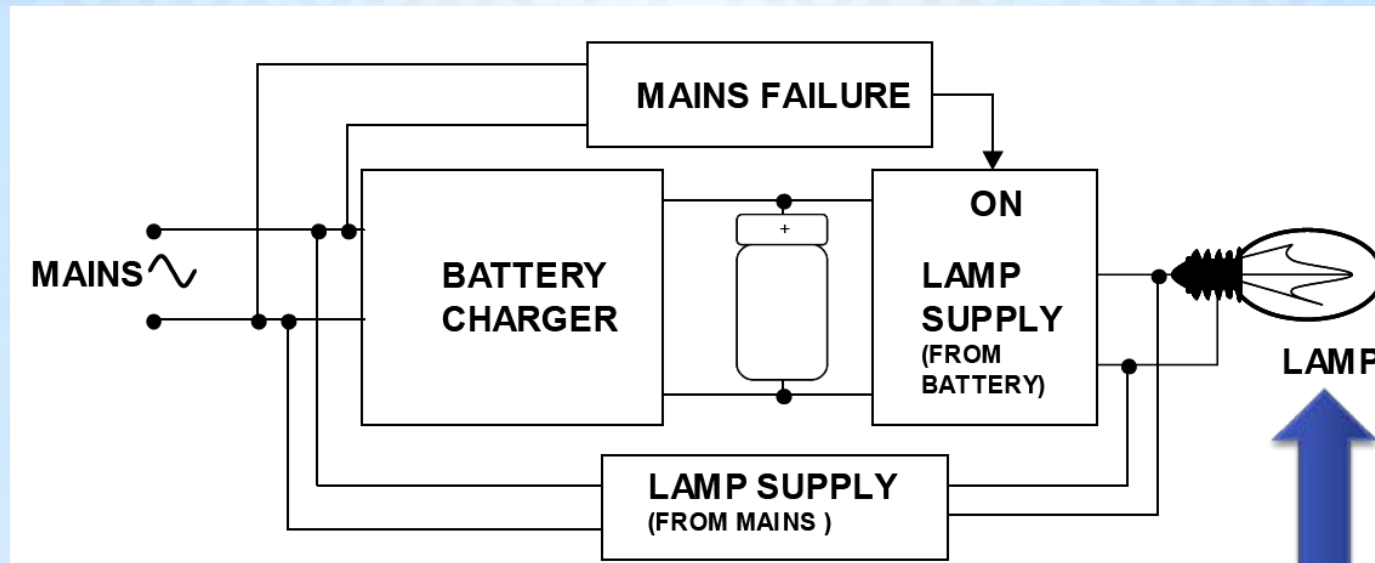


- Alto desgaste
- Baixa eficiência
- Volumem de baterias alto
- Baterias Chumbo-Acido
- Risco de fugas de líquidos nocivos

- Menor desgaste
- Maior eficiência
- Menor volumem de baterias
- Baterias Ni-Cd
- Mayor seguridade

- Alta eficiência
- Maior vida da lâmpada
- Maior fiabilidade
- Alimentação simples
- Facilidade de fabricação em série
- Suporta vibrações

Drivers para Iluminação de Emergência Permanente

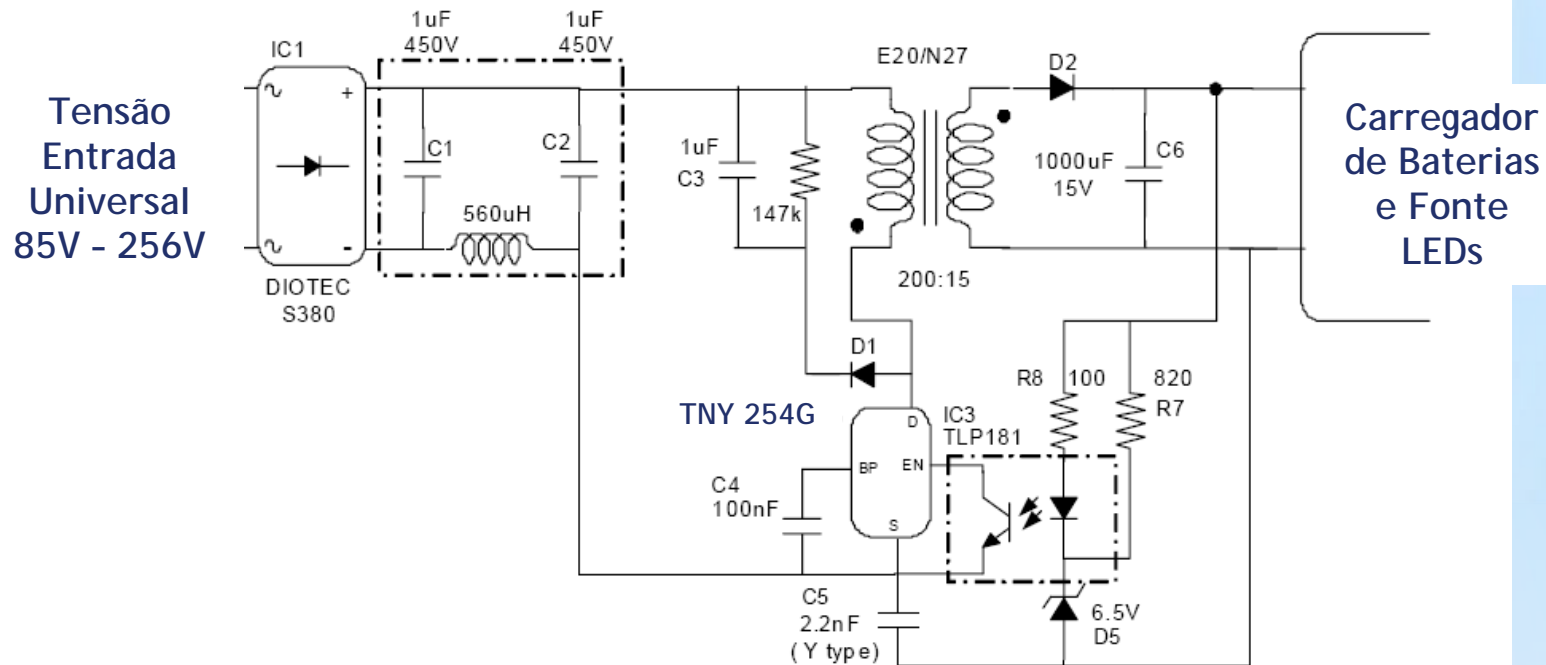


- Bateria para armazenamento de energia
- Carregador de bateria
- Circuito de alimentação em modo permanente
- Circuito de alimentação desde bateria
- Circuitos adicionais: detecção de falha de rede, etc.

Aplicação ideal
para iluminação
LED

Conversor Empregado

Primeira Etapa de Alimentação: Fonte de Alimentação desde Rede

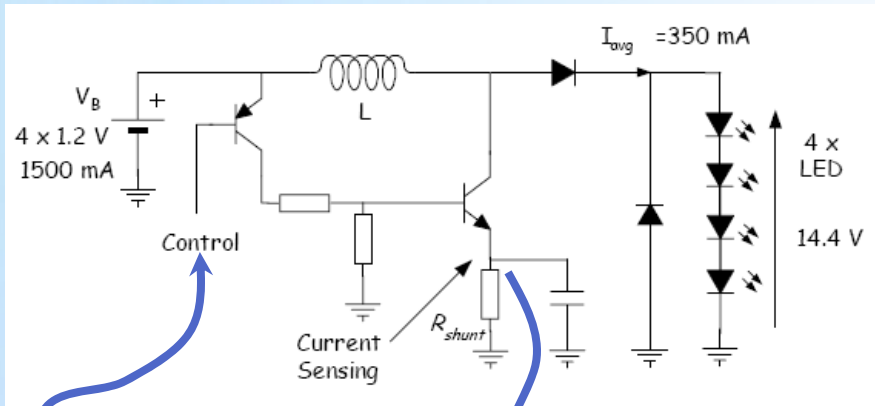


- Baseada em conversor flyback em modo DCM
- Tensão de saída: 6.5V
- Circuito de controle específico: TNY254G
- Regulação isolada da tensão de saída por opto-acoplador
- Tamanho reduzido, no emprega transformador de baixa frequência
- Alta eficiência

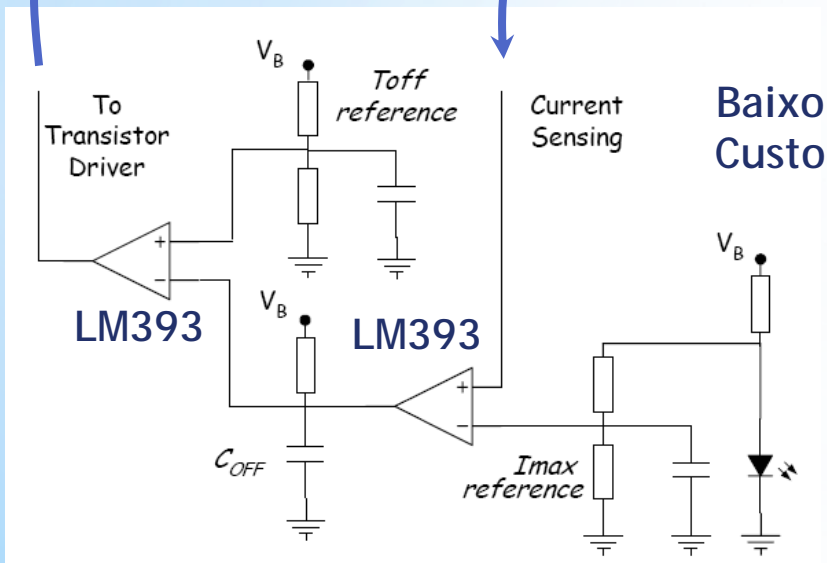
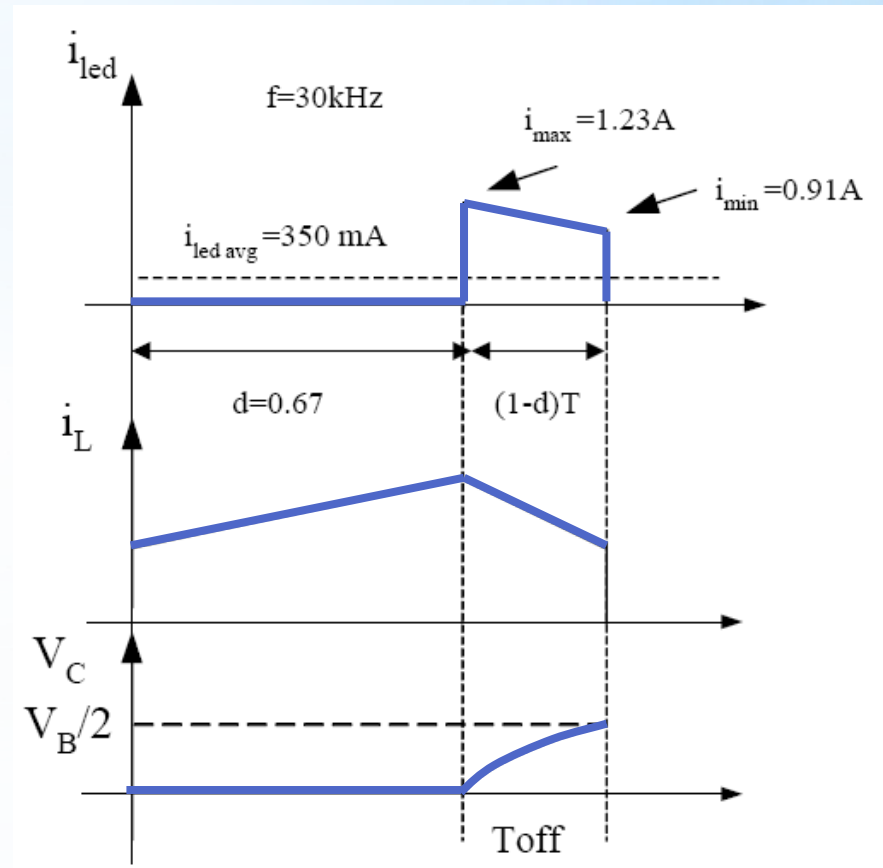
Circuito de Alimentação LEDs

Conversor Elevador (Boost)

Controle Modo Corrente ToFF - I_{max}



Formas de Onda



Baixo Custo

Frequência de Funcionamento: 25 - 30 kHz

Ensaio Fotométricos

Ensaio em Fotómetro Ulbricht



Detalhe



Drivers para Aplicações

“Retrofit”

Halógena
50W



LED 12W

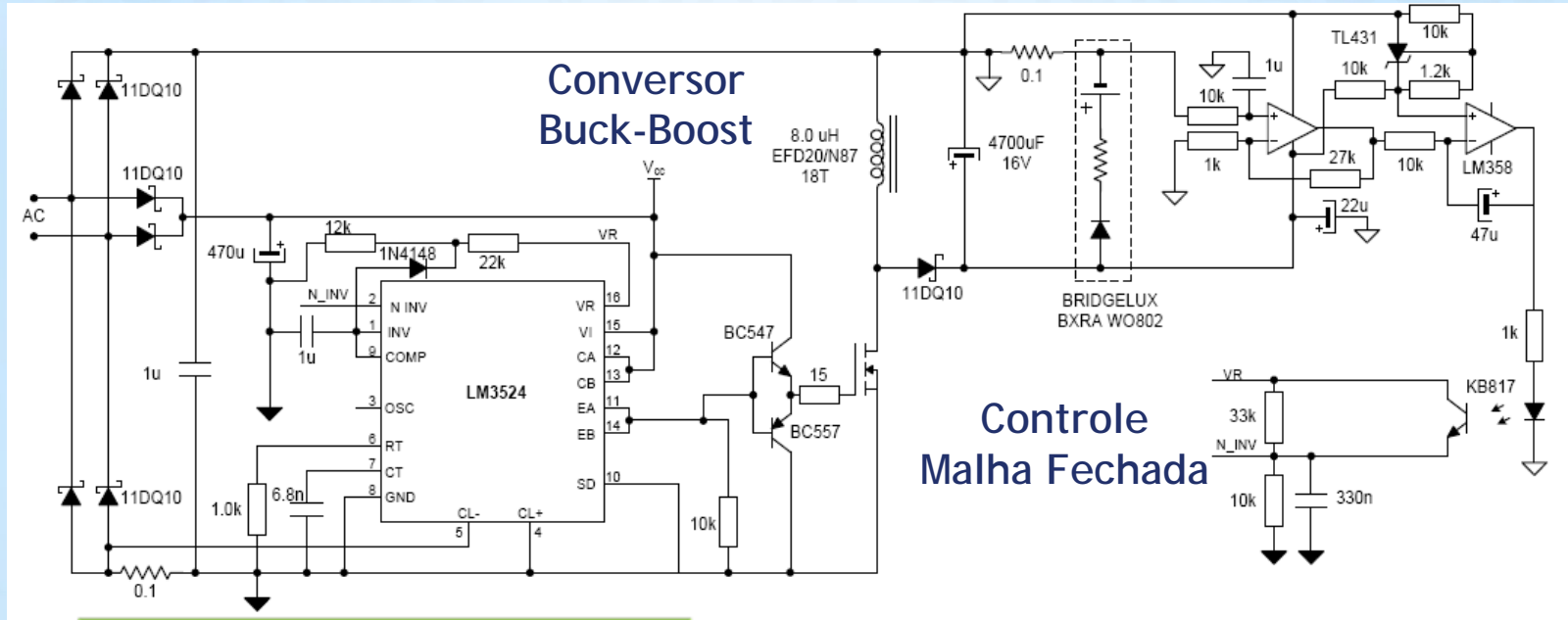


Bridgelux BXRA-W802

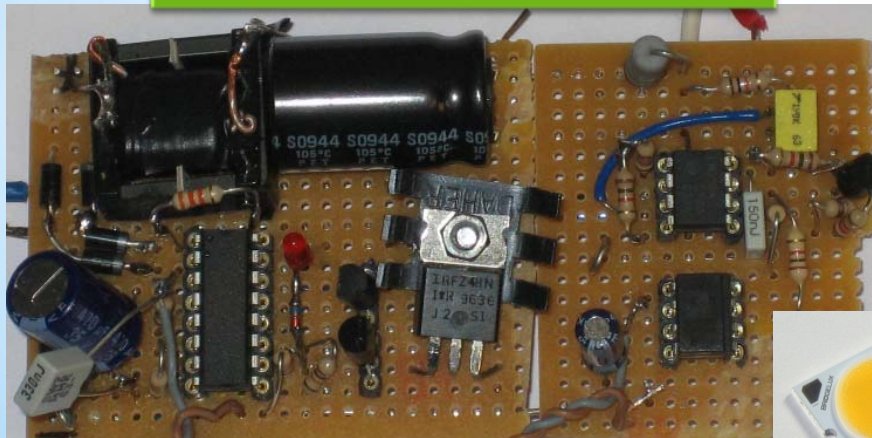
Operating Current and Typical Voltage, $T_j=25^{\circ}\text{C}$	1050 mA 12.2 V
Typical Luminous Flux, $T_j=25^{\circ}\text{C}$	930 lm
Typical Luminous Flux, $T_{\text{case}} = 60^{\circ}\text{C}$	800 lm
Typical Color Temperature	3000 K
Typical Thermal Resistance, junction-to-case, $T_j=25^{\circ}\text{C}$	0.7 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$
Typical Temperature Coefficient of Forward Voltage	-4 to -12 mV/ $^{\circ}\text{C}$



Solução Ativa: Buck-Boost



Protótipo de Laboratório



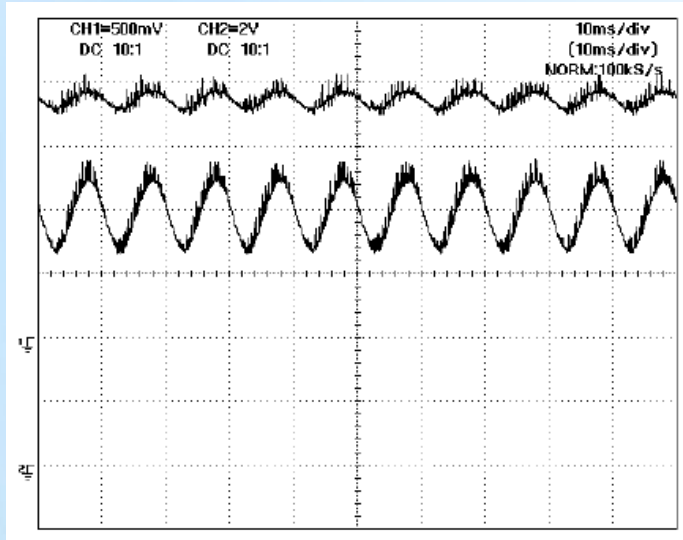
$$I_{LED} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{V_m}{\sqrt{R_I R_{LED}}}$$

$$R_I = \frac{2L_o f_s}{D^2}$$

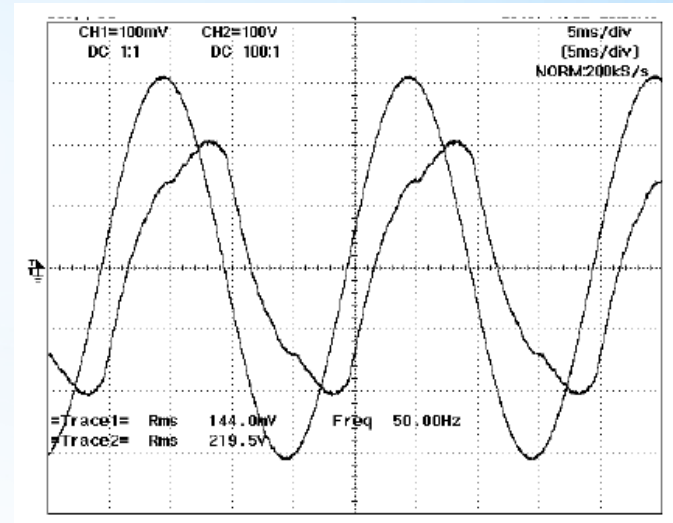
$$\Delta I_{LED} = \frac{V_m^2}{4\pi f R_I V_{LED} R_S C_o}$$

Resultados Experimentais

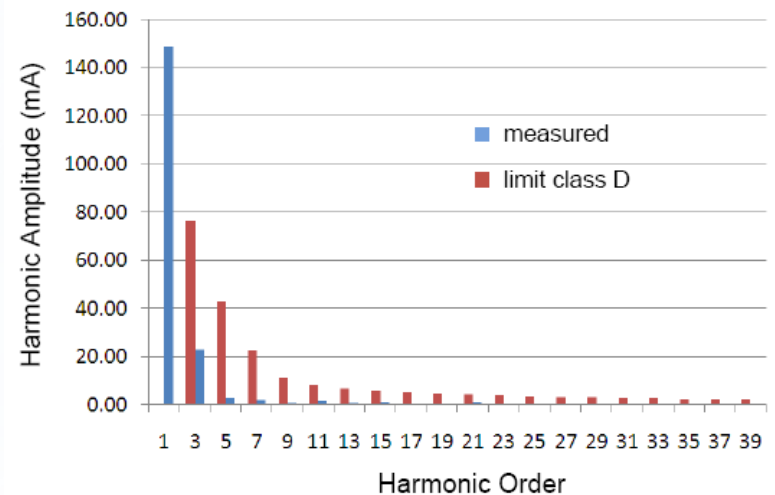
Tensão e Corrente no LED



Tensão e Corrente na Rede



Conteúdo Harmônico



Resultados Variação na Rede

Line Voltage (Vrms)	Line Power (W)	LED Lamp Voltage (V)	LED Lamp Current (A)	LED Lamp Power (W)	Efficiency (%)
200	21.9	11.47	1.09	12.5	57.1
210	22.0	11.47	1.09	12.5	56.8
220	22.2	11.47	1.09	12.5	56.3
230	22.5	11.47	1.09	12.5	55.6
240	22.9	11.47	1.09	12.5	54.6

Aplicações LED com CFP

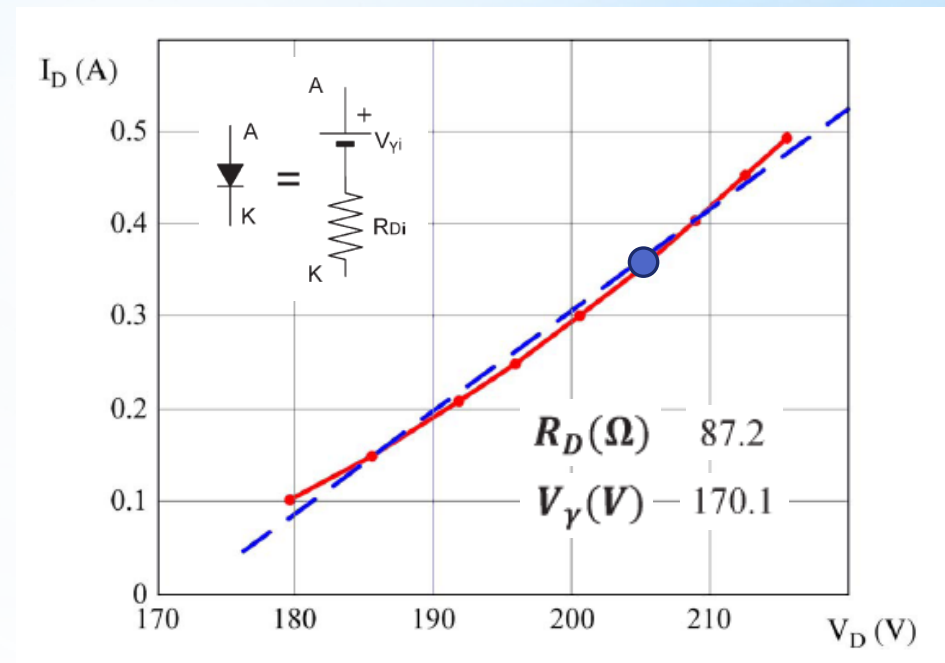
Objetivos:

- Lâmpada LED (potência nominal ~60W)
- Correção de Fator de Potência (IEC61000-3-2)
- Entrada Universal (90-260V)
- Funcionamento em malha fechada: regulação de corrente

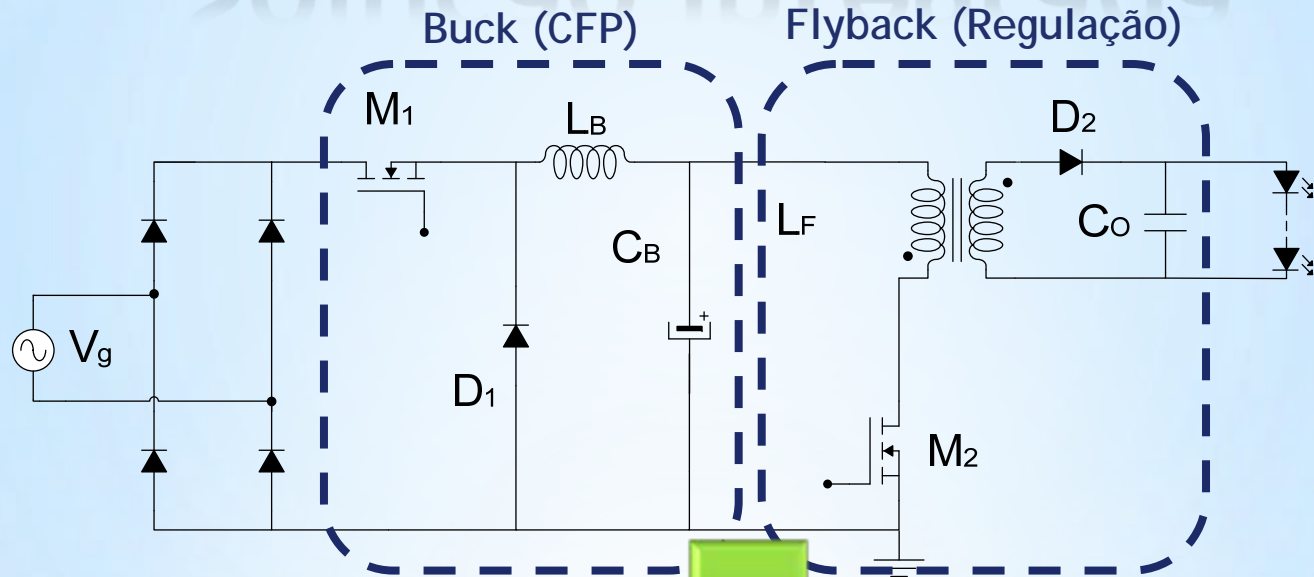
Golden Dragon (Osram) x8



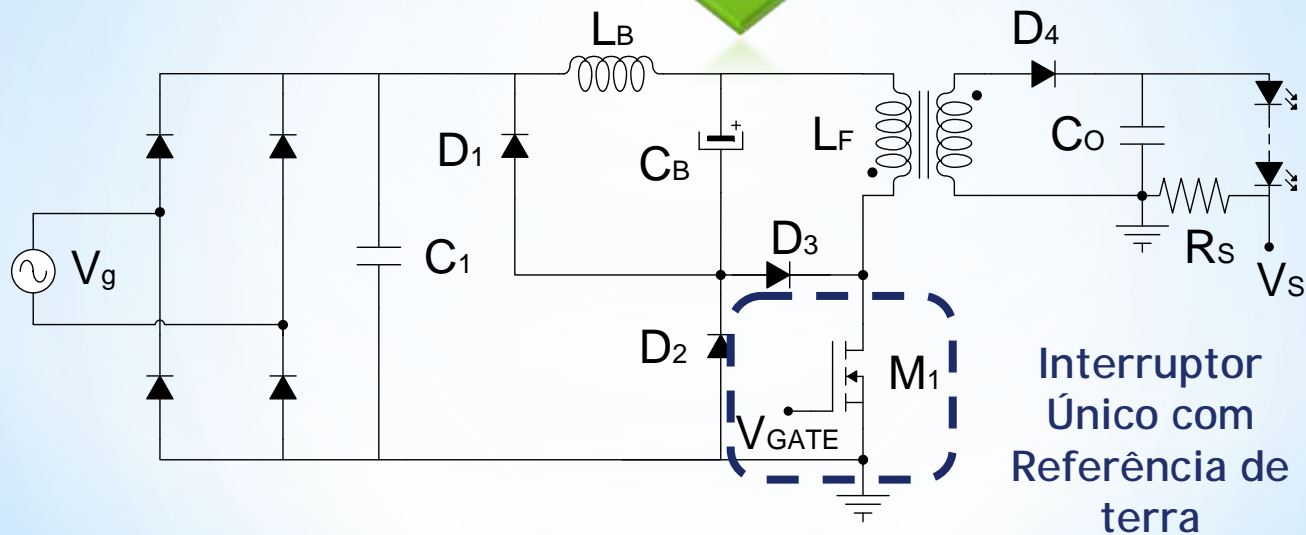
350 mA, 7.2 W, 150 lm



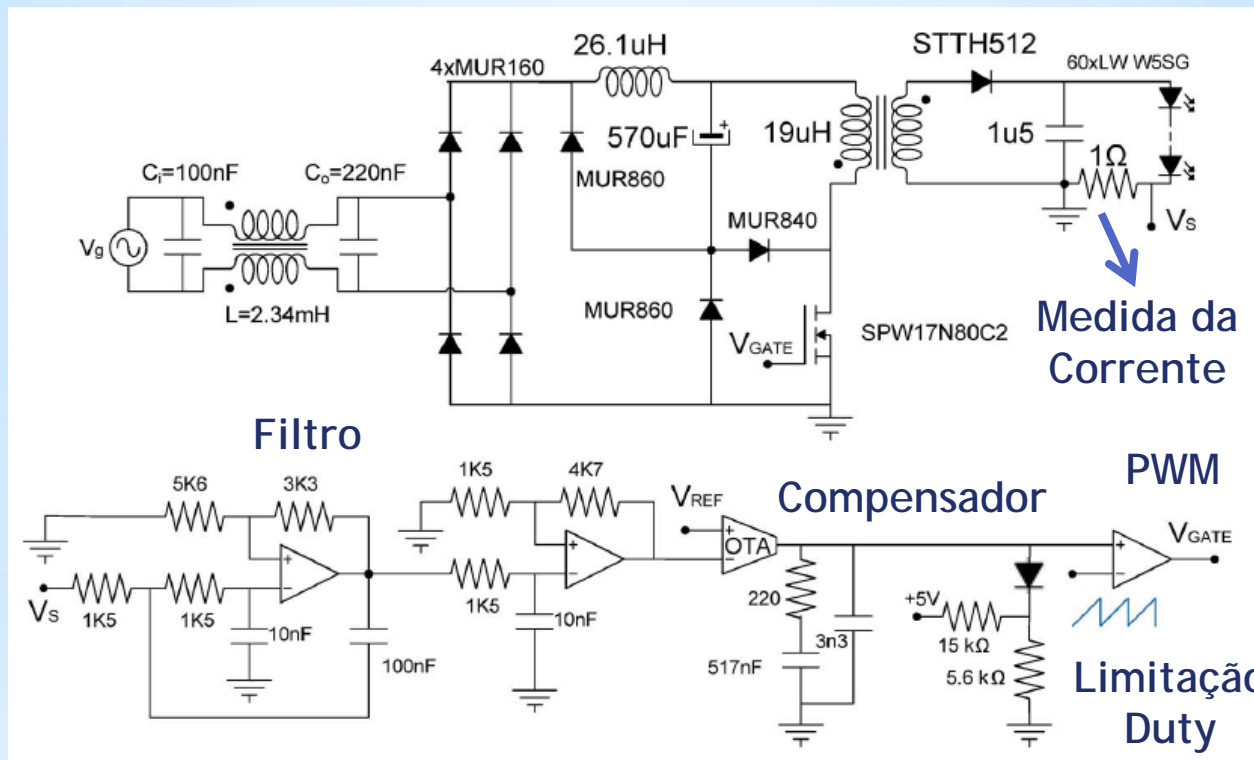
Solução Integrada



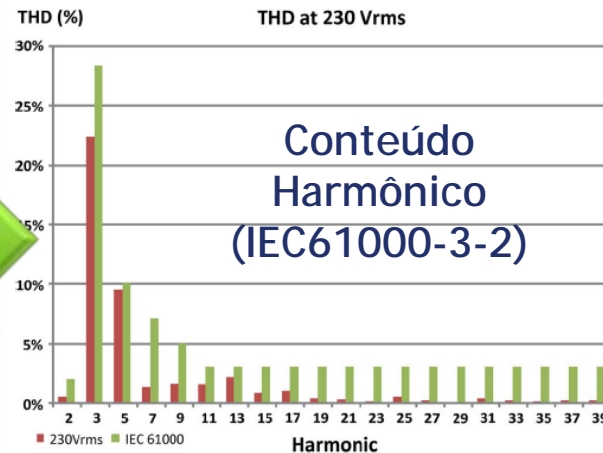
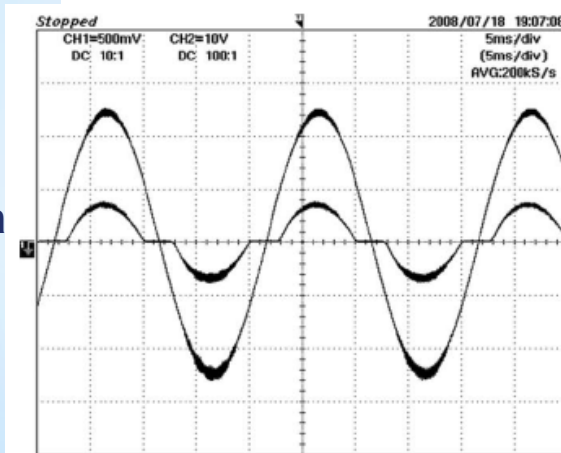
Técnica de Integração



Driver Completo

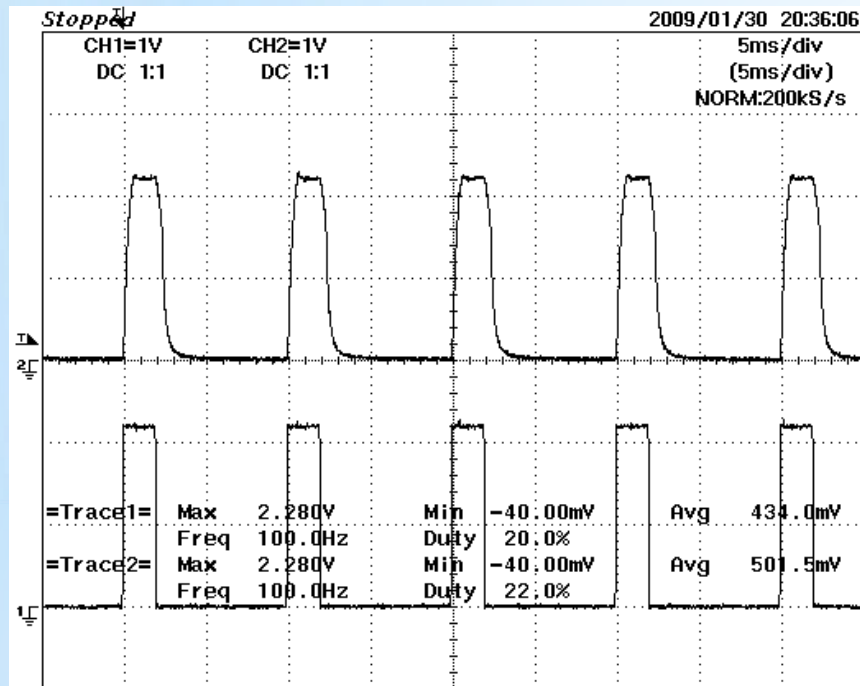


Tensão y
Corrente na
Rede



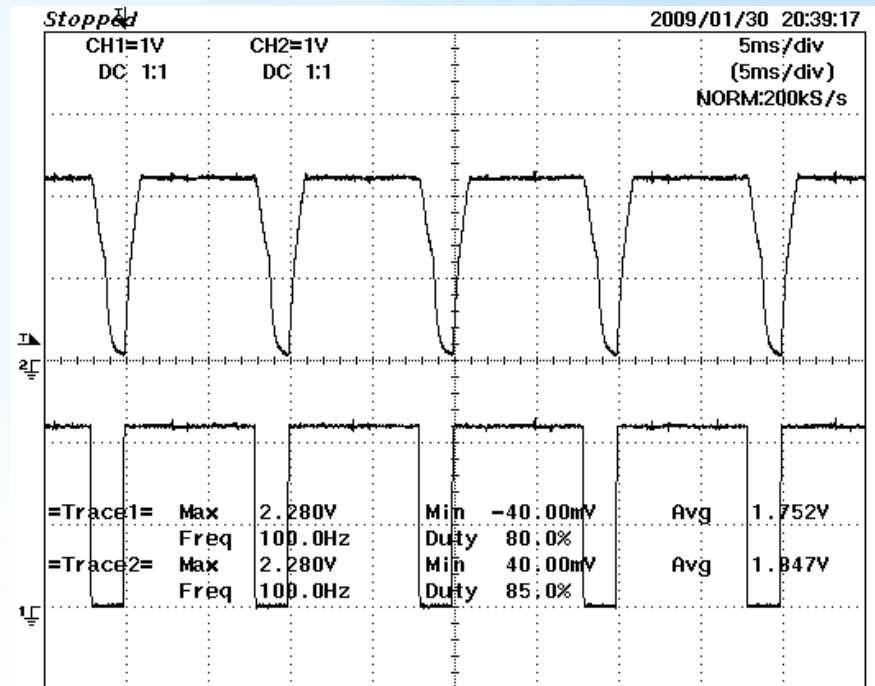
Dimming PWM (BF)

Frequência dimming: 100 Hz



=Filter= Smoothing : ON BW : 20MHz
=Offset= CH1 : 0.00V CH2 : 0.00V
=Record Length= Main : 10K Zoom : 10K
=Trigger= Mode : AUTO Type : EDGE CH2 \uparrow Delay : 0.0ns Hold Off : MINIMUM

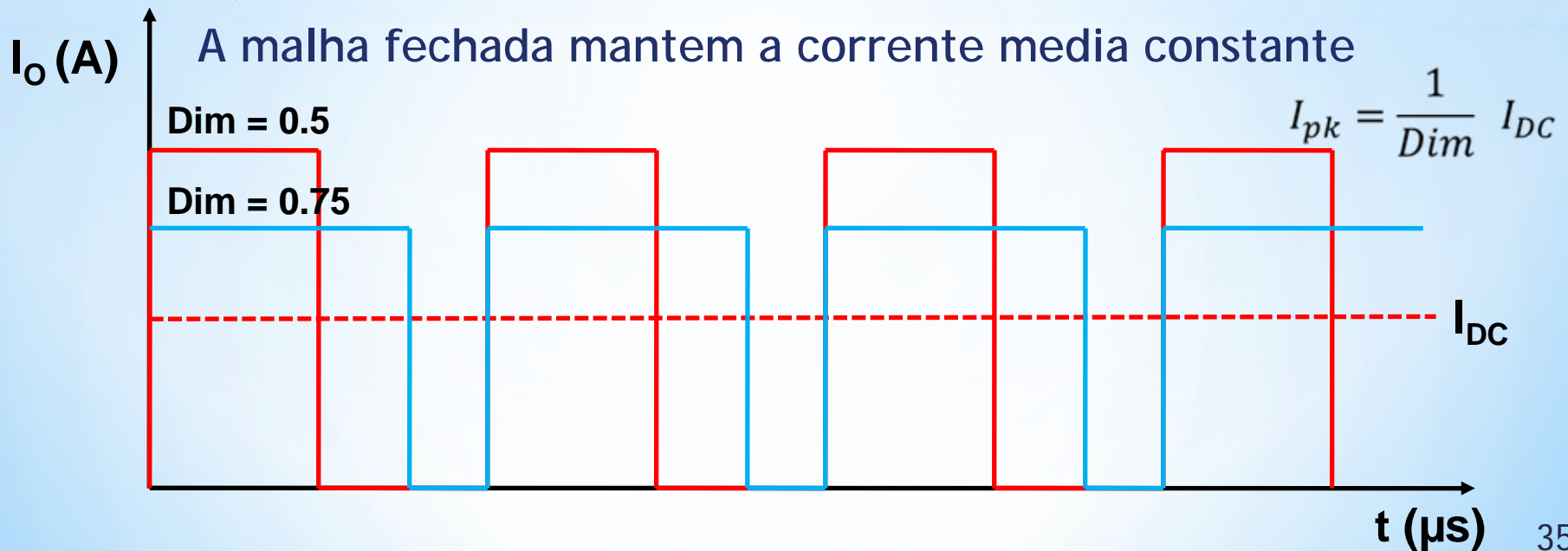
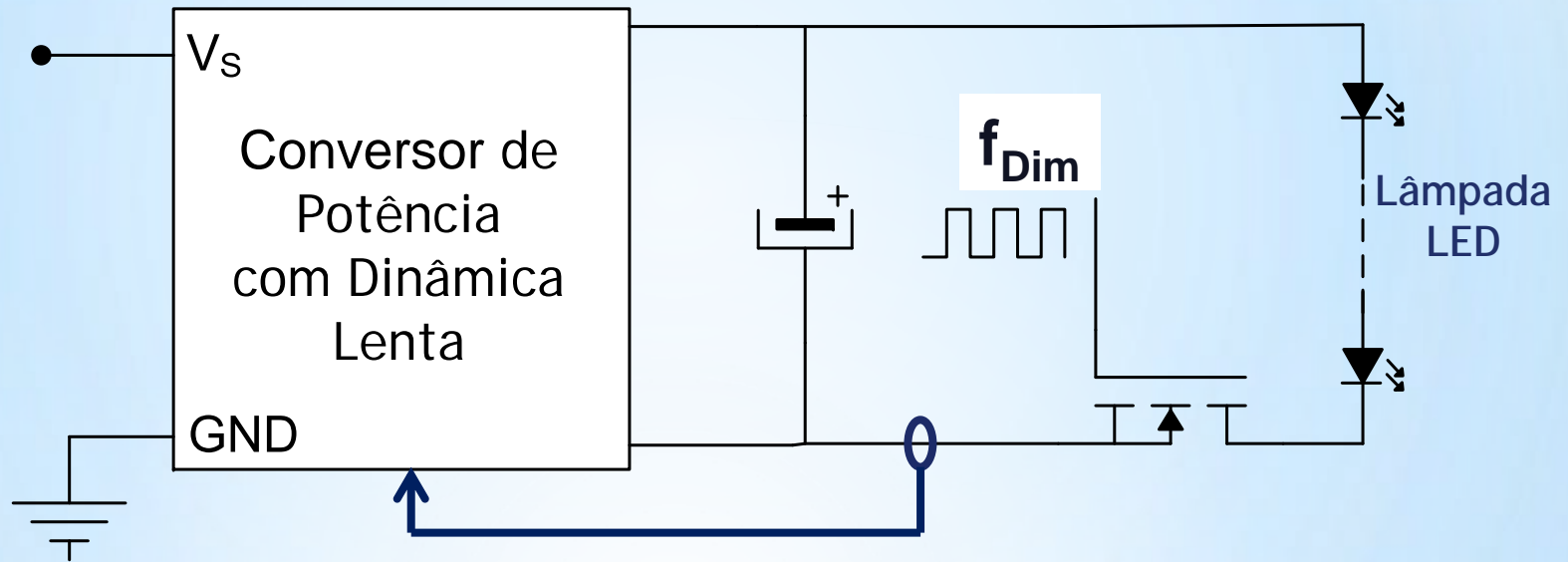
$$D_{\text{DIMMING}} = 20\%$$
$$I_{\text{PK}} = 350\text{mA}$$



=Filter= Smoothing : ON BW : 20MHz
=Offset= CH1 : 0.00V CH2 : 0.00V
=Record Length= Main : 10K Zoom : 10K
=Trigger= Mode : AUTO Type : EDGE CH2 \uparrow Delay : 0.0ns Hold Off : MINIMUM

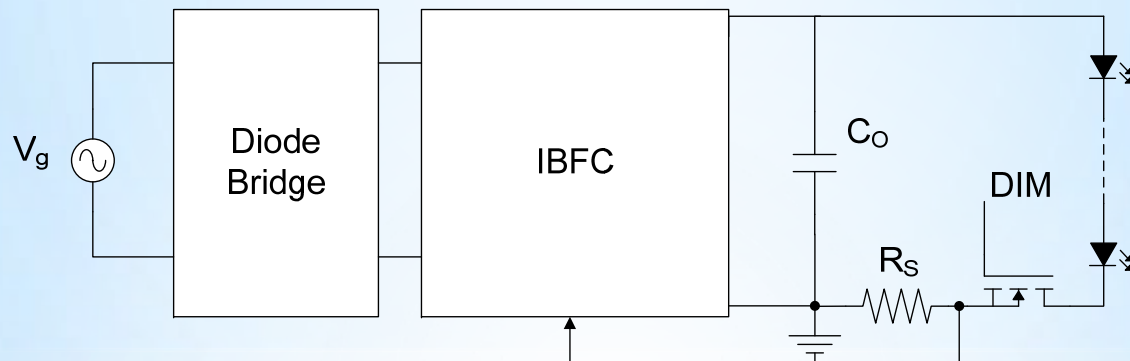
$$D_{\text{DIMMING}} = 80\%$$
$$I_{\text{PK}} = 350\text{mA}$$

Dimming PWM (AF)



Circuito com Controle de Corrente de Pico

Permite manter a corrente de pico constante durante o processo de dimming

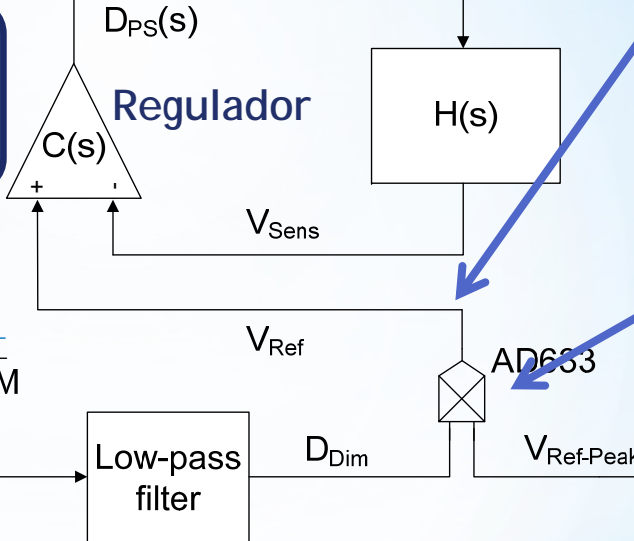
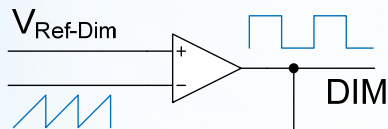


$$I_{pk} = \frac{1}{D_{Dim}} I_{DC} \rightarrow I_{DC} = D_{Dim} * I_{pk}$$

Nova referencia de corrente media

O multip. realiza a operação:
 $I_{DC} = D_{Dim} * I_{pk}$

Referencia de Dimming

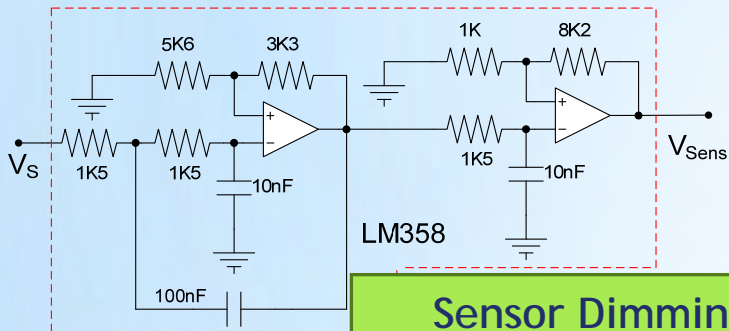


Referencia da Corrente de Pico

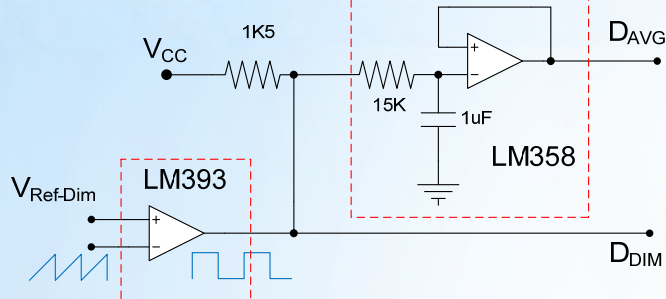
Obtenção do valor de Dimming

Implementação

Sensor da Corrente

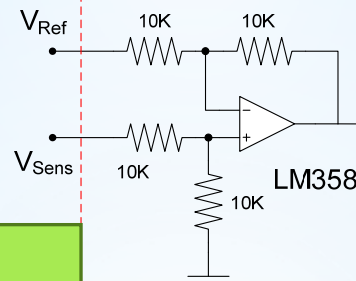


Sensor Dimming

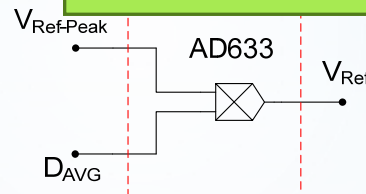


Gerador Dimming

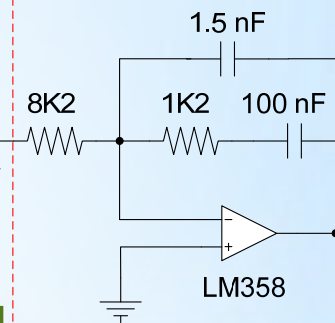
Restador



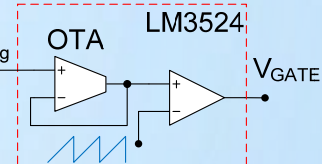
Gerador Referencia



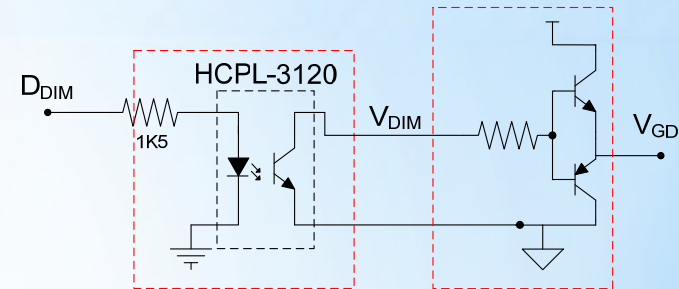
Compensador



Gerador PWM

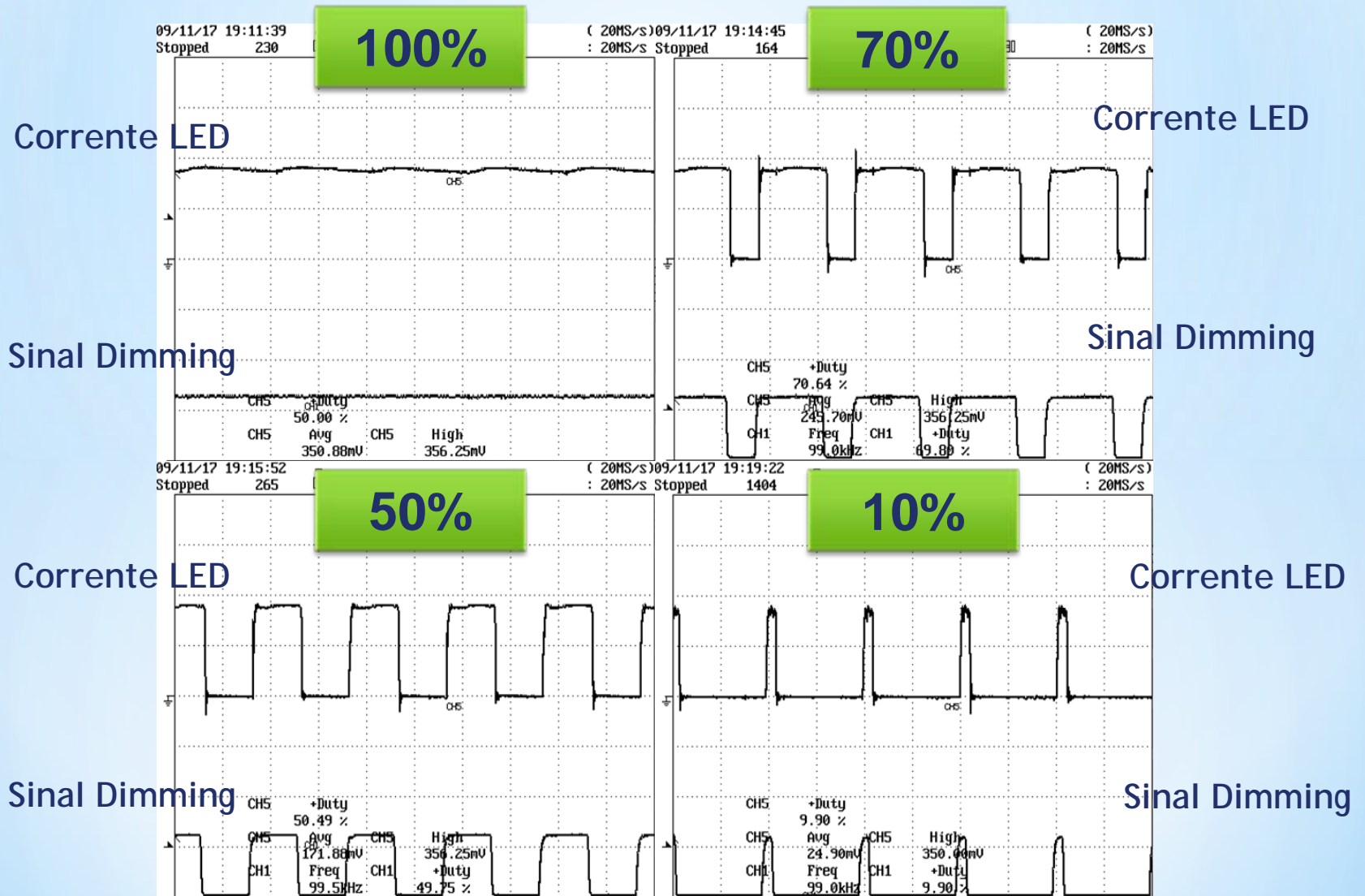


Optoacoplador e Driver da Chave



$$f_{\text{Conm}} = f_{\text{Dim}} = 100 \text{ kHz}$$

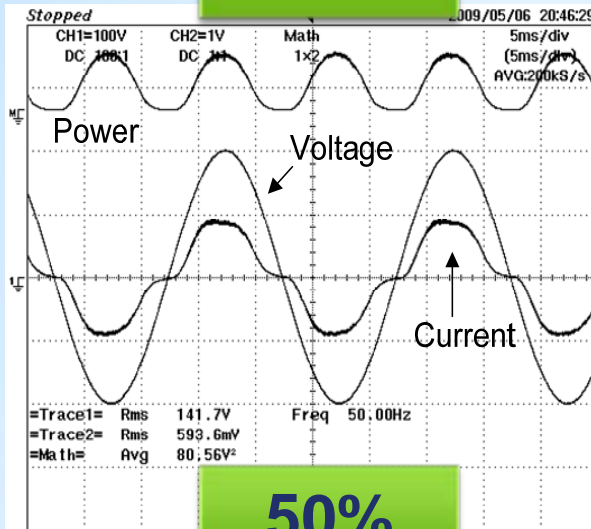
Resultados Experimentais



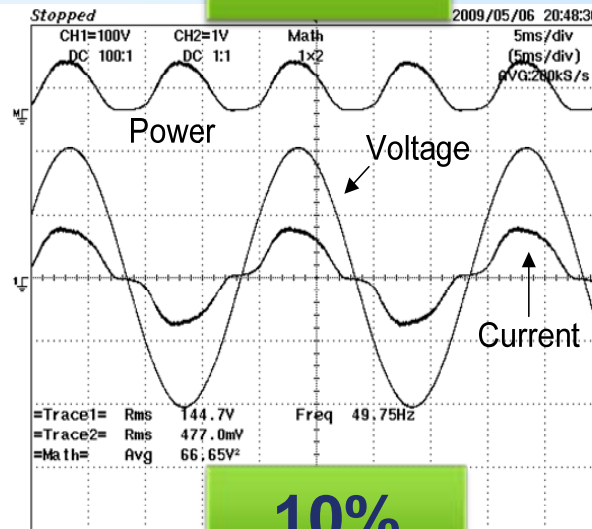
Resultados Experimentais

Tensão e Corrente na Rede

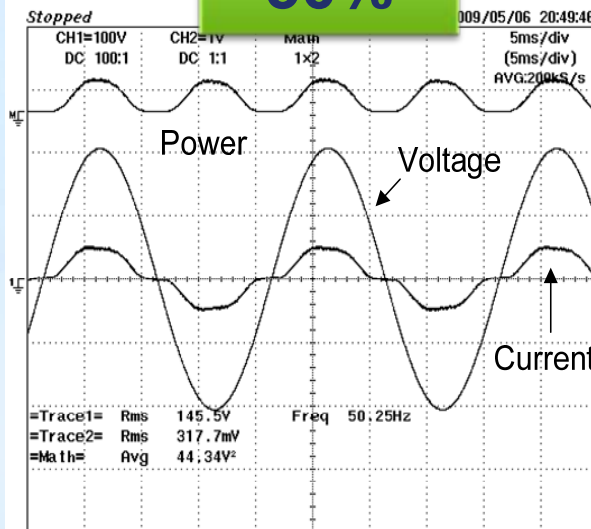
100%



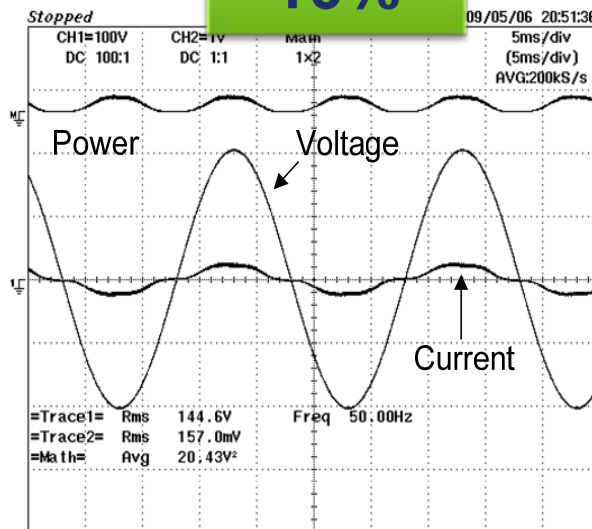
70%



50%



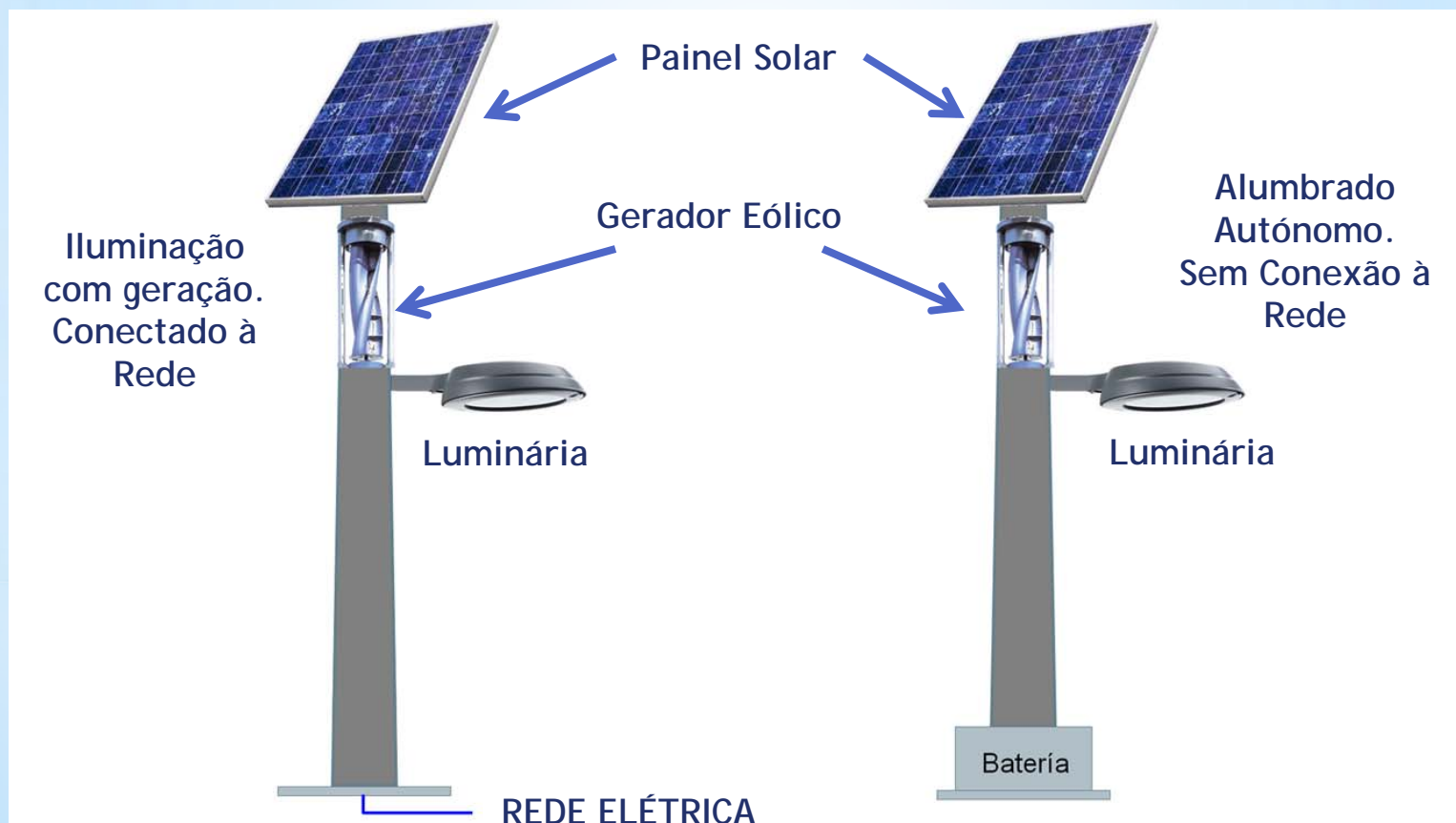
10%



Mantem-se um elevado fator de potência e baixa distorção

Drivers para Iluminação Pública

Pesquisa em sistemas de iluminação pública de alta eficiência, com capacidade de geração e armazenamento de energia, funcionamento autónomo e injeção de energia à rede de distribuição



Retrofit para Lâmpadas HPS

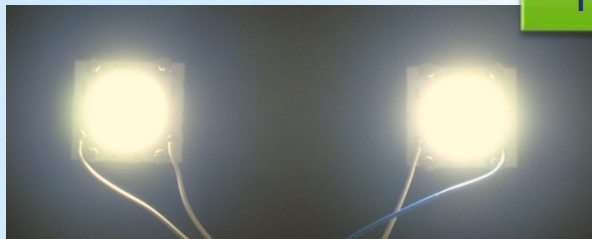
Aplicação em Sistemas de Iluminação Pública

Array Bridgelux - 2x50W - Total: 100 W/10

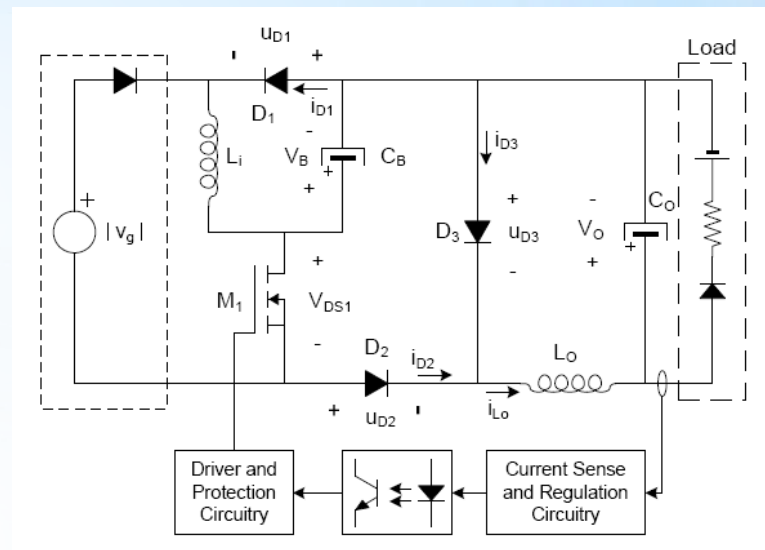
klm



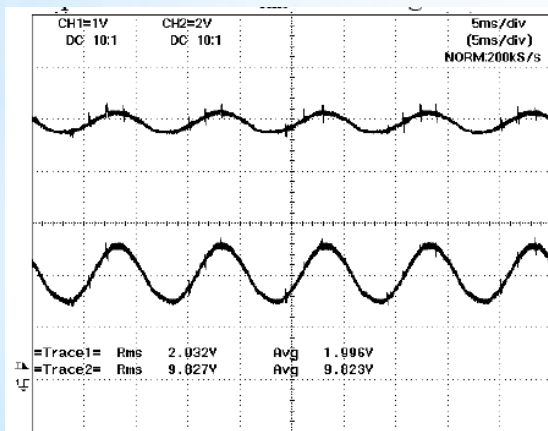
Sustitua a
HPS 150W



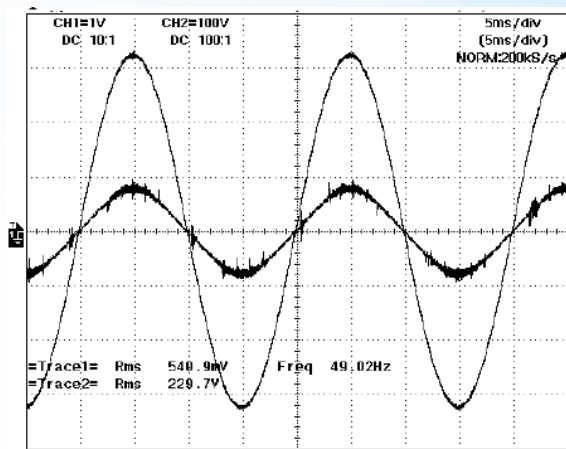
Conversor Integrado Buck-Boost-Buck



Tensão e Corrente LEDs



Tensão e Corrente REDE





Obrigado pela atenção!

Perguntas?

Campus de Viesques, Gijón, Asturias.
Espanha



Asturias

