



LED灯驱动电源



2010年6月-世纪电源网-上海



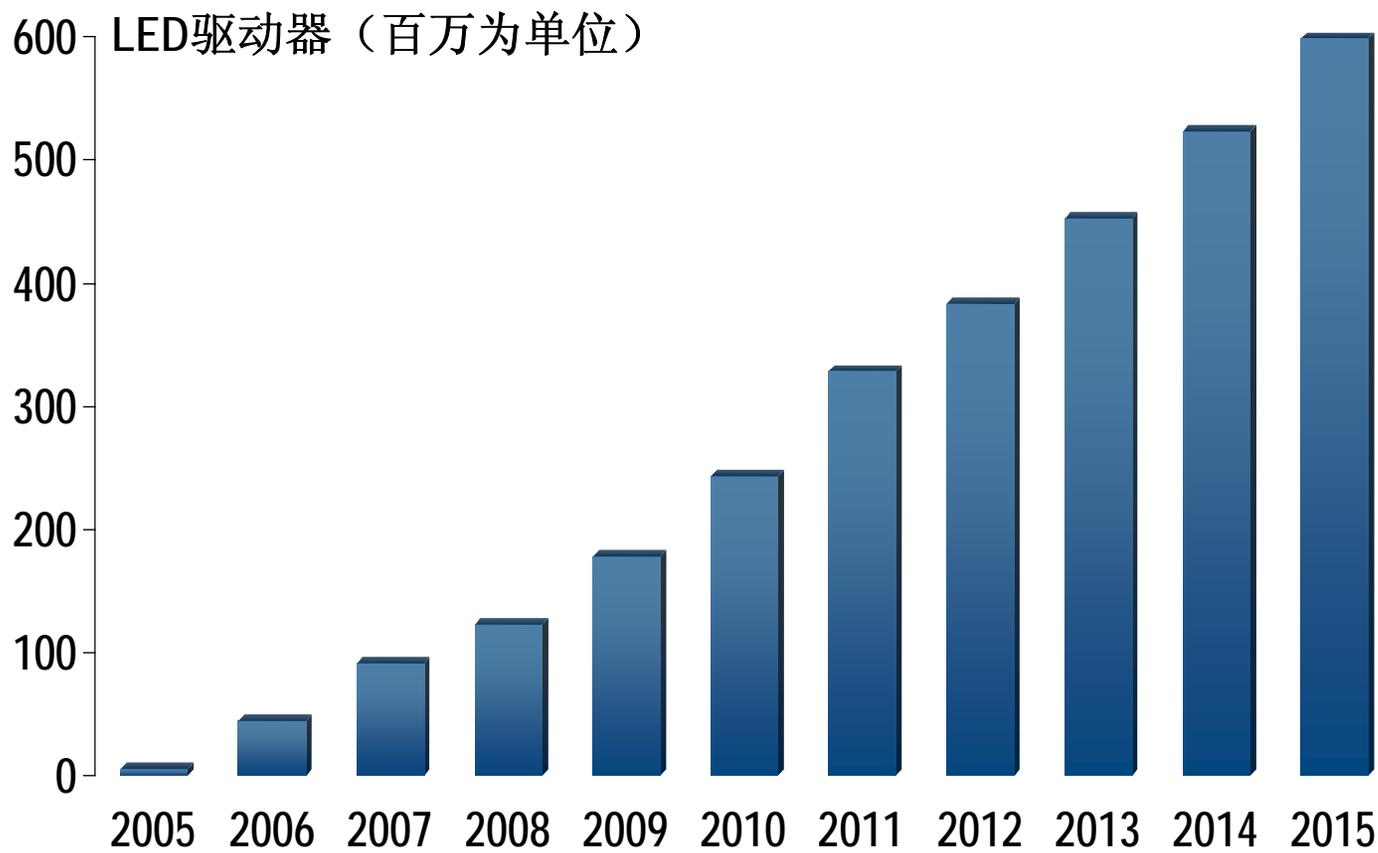
议程

- LED照明的重要性
- 恒流驱动器的优势所在
 - LED的特性
 - 恒流电路
- LED照明的PFC技术
- LED照明需克服的问题
 - 相位角调光
 - 闪烁
- 下一代LED照明解决方案
 - 用于LED控制的新型IC
 - 不同的LED电源设计



固态照明 - 增长速度惊人

- LED市场的增长非常快



数据来源：Datapoint Research 2008



全球许多机构都大力推动LED照明的应用

■ 美国

- 《2005年能源政策法》第912条
 - 推动固态照明(SSL)的商业化
- 美国能源部
 - 固态照明商业化五年计划

■ 中国

- 投资100亿人民币的“五十城半导体照明计划”
 - 如果1/3的照明采用LED，每年可节省1亿度电
 - CO₂排放量减少2900万吨
- 2008年1月，财政部宣布出台推动高效率照明的政策

■ 日本

- “21世纪照明计划”

■ 中国台湾

- “下一代照明计划”

■ 韩国

- 外交通商部2015年计划
 - 将LED照明的普及率提高到30%



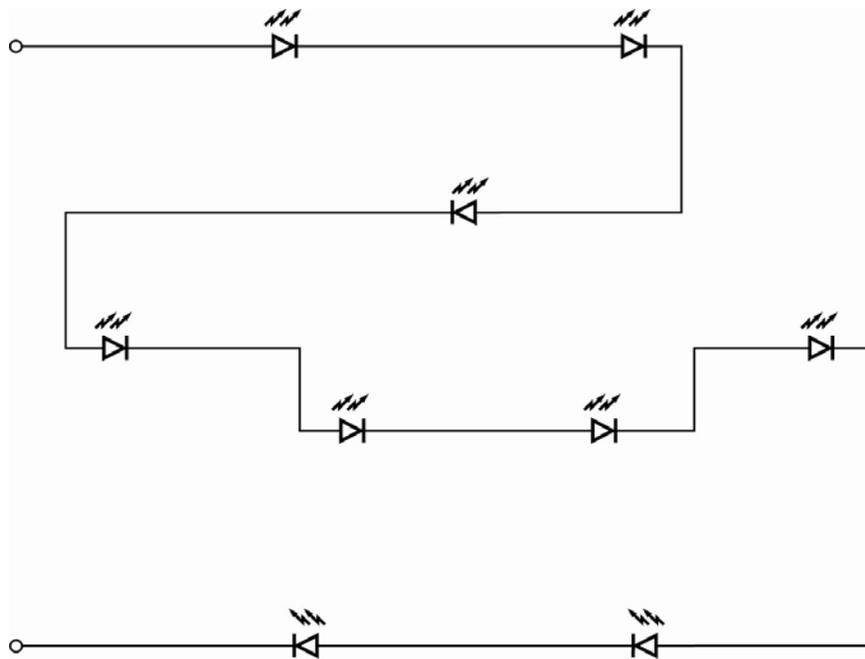


LED为什么需要使用恒流驱动器



LED灯的功率要求

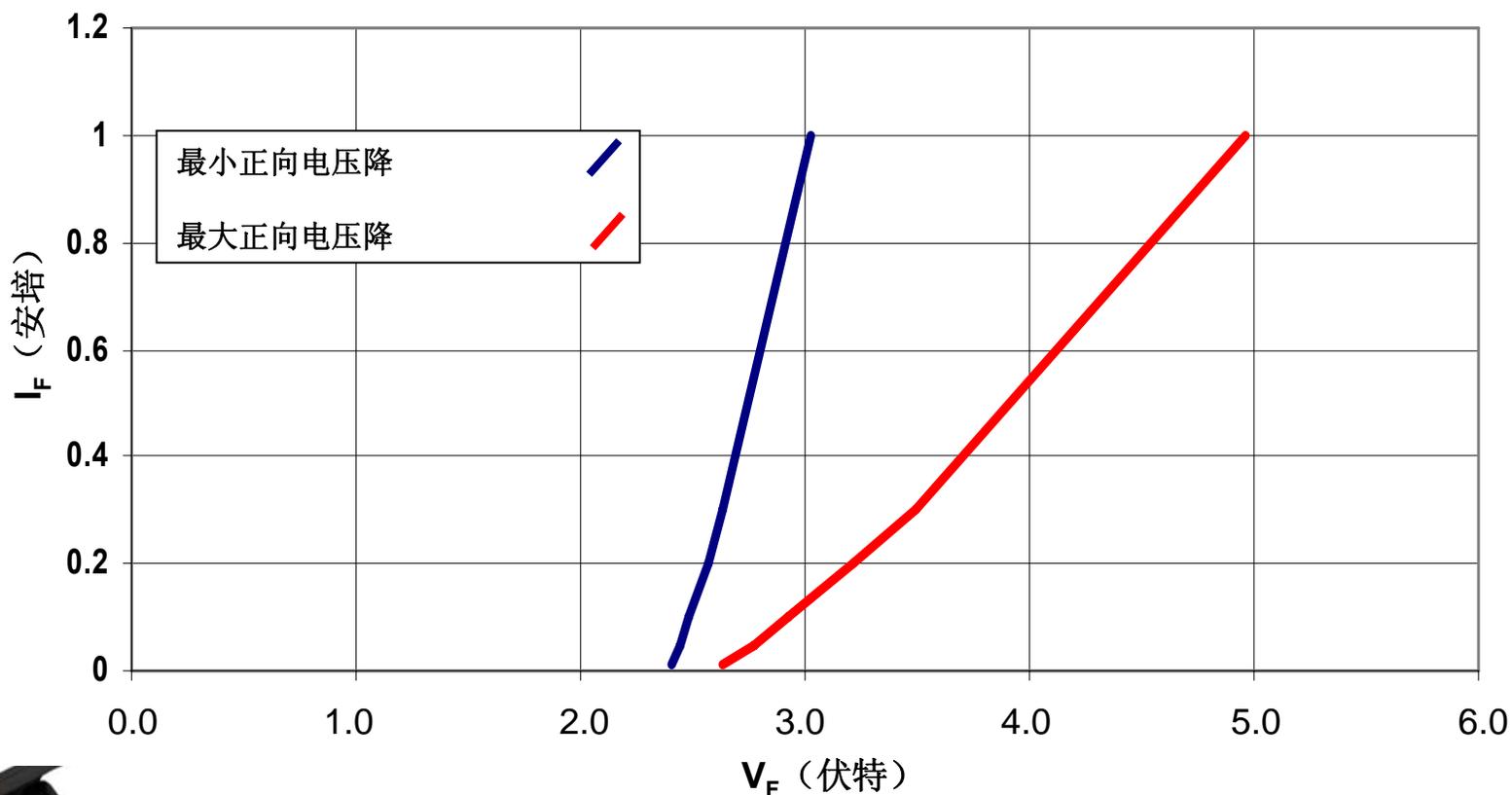
- LED串联起来即构成一盏灯
 - 每个LED的功率各不相同($> 10 \text{ mW} - 5 \text{ W}$)
 - 存在许多不同的配置方式 (灯串)



LED驱动器需要恒流工作

- 恒压驱动器是不可接受的
 - 即使是“完全相同”的LED之间也存在极大的光输出差异

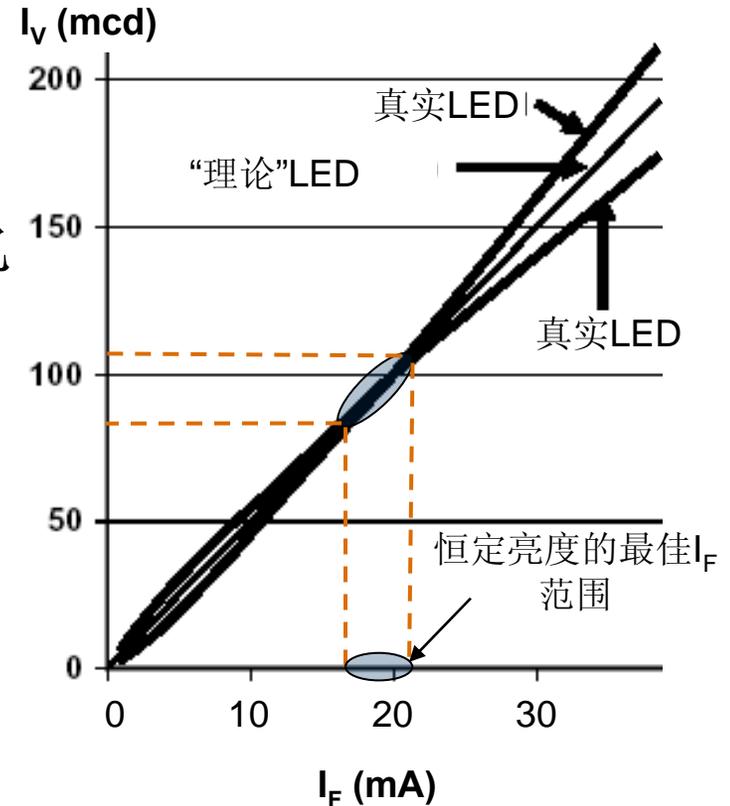
大号LED中正向电压降相对于正向电流(I_F)的典型变化



分组电流还决定 I_F

- LED的亮度由平均“分组电流”决定
- 增大电流将使亮度发生较大范围的变化
- 使LED在会集点进行工作可缩小变化范围
 - 需要精确恒流
 - 通常 $< \pm 5\%$

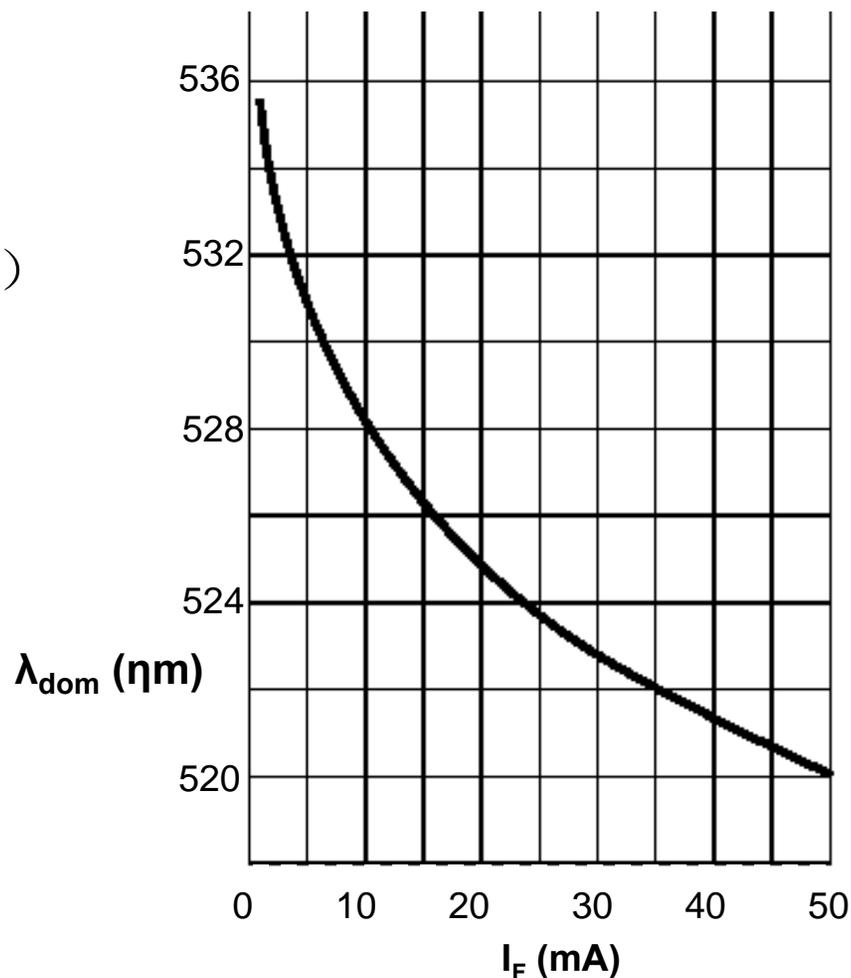
光强度随正向电流的变化



颜色波长随驱动电流(I_F)的变化

- LED发出的光波波长取决于 I_F
- I_F 必须保持恒定，以确保临近的LED灯保持良好的颜色匹配度
 - 必须在制造过程中保持精确（一致）的电源恒流值

主要光波长随正向电流的变化



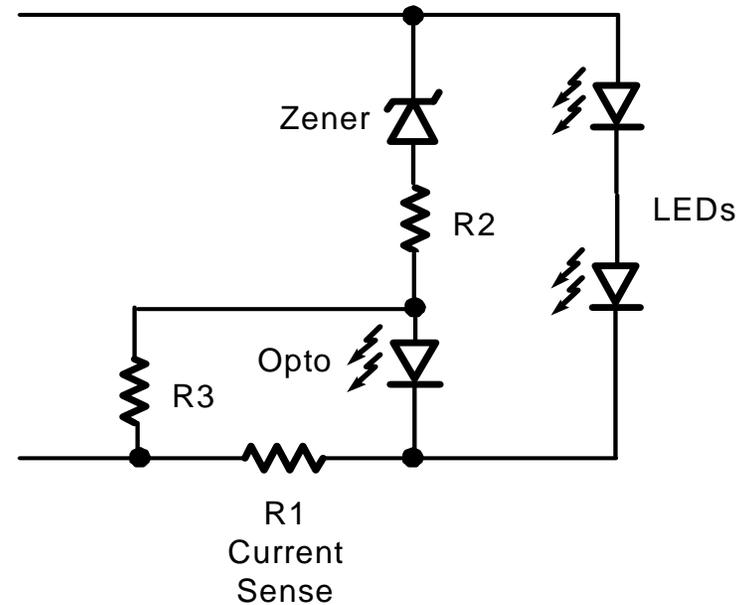
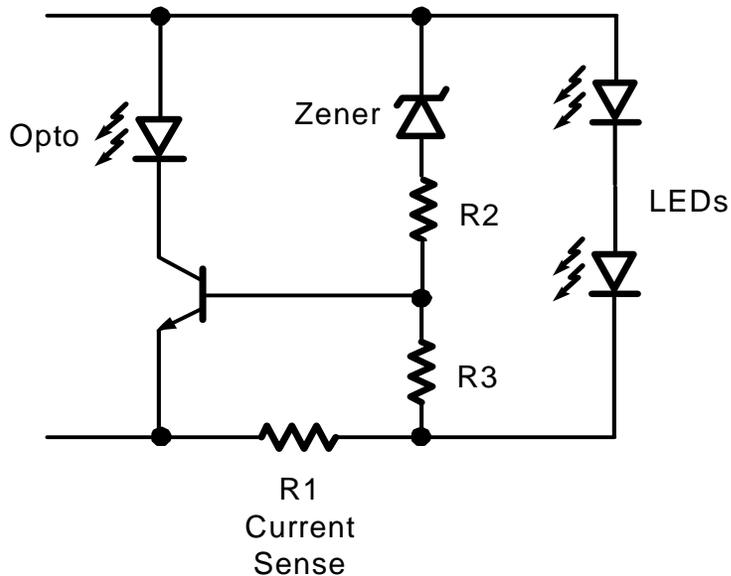


简单的恒流解决方案



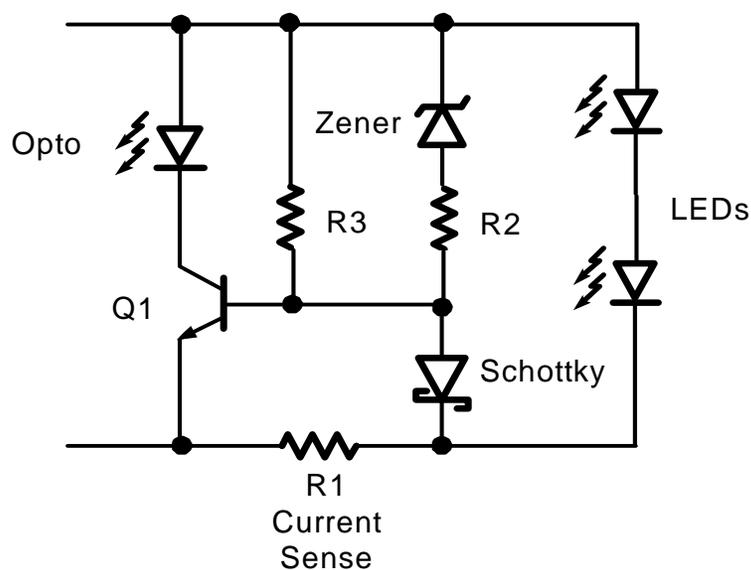
简单的恒流反馈电路

- 优点
 - 反馈电路使用的元件减少
- 缺点
 - 无温度补偿
 - 因使用电流检测电阻而使功耗增大



温度补偿电路

- 优点
 - 肖特基和BJT元件互相进行温度补偿
 - 电流检测电阻的功耗降低
- 缺点
 - R3由灯串中的LED数量决定



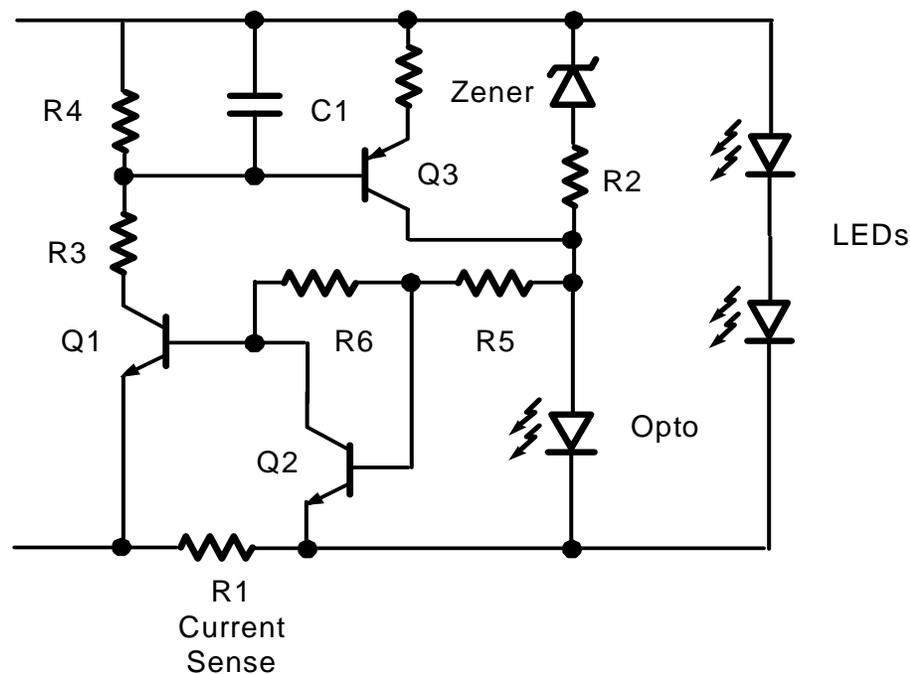
较复杂的恒流反馈电路

■ 优点

- 提供良好的温度补偿Q1/Q2
- 电流检测电阻的功耗降低
- 短路保护

■ 缺点

- 使用大量分立元件



低损耗恒流反馈电路

■ 优点

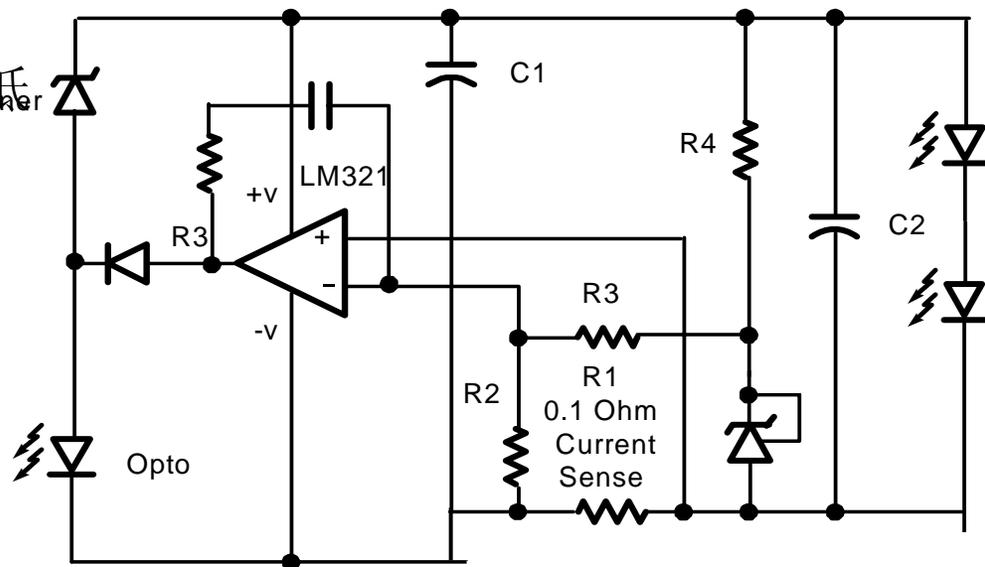
- 电流检测电阻的损耗达到最低
- 提供温度补偿

■ 缺点

- 成本较高
- 无短路保护

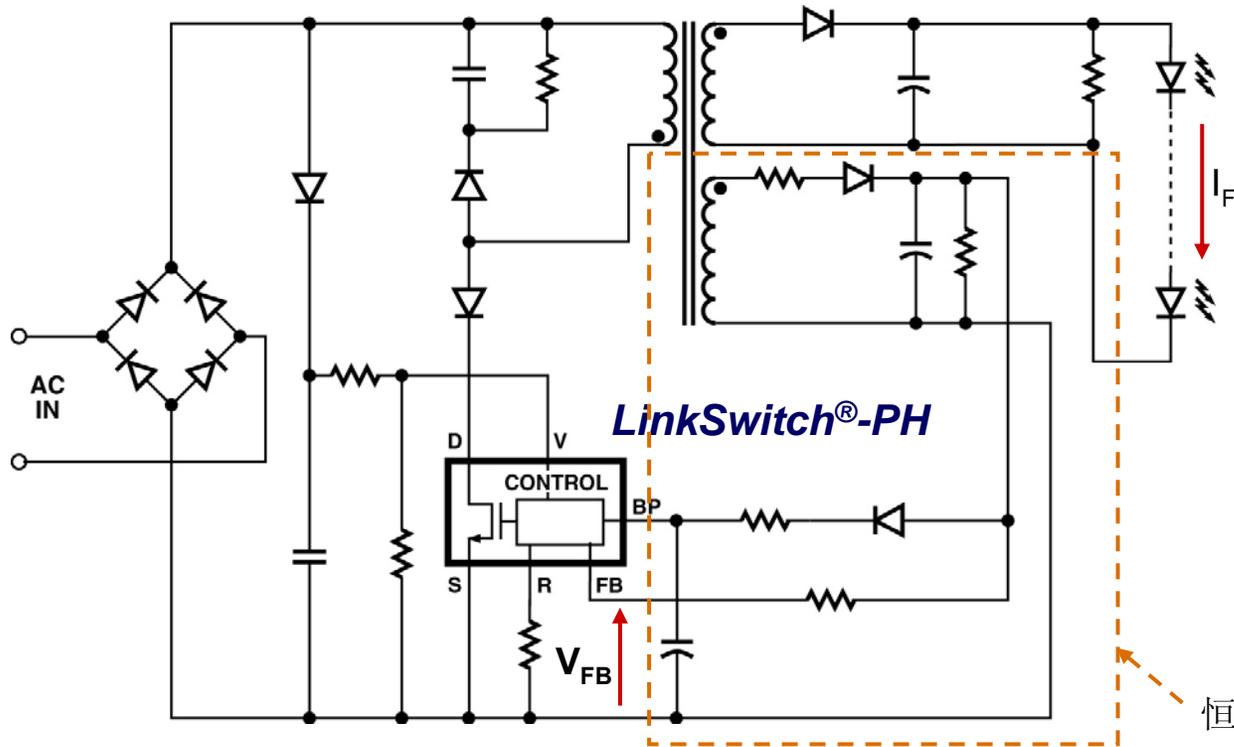
■ 电路成本高且复杂，功能有限

- 需要改进



降低成本： 集成设计， 省去冗余元件

- 上述各方案都是通过修改电源的恒压输出来实现的
 - 最佳解决方案是将电源用作恒流源



功能完整的功率因数校正电源

恒流反馈电路驱动转换过程
(I_{FB} 与 I_F 成正比)

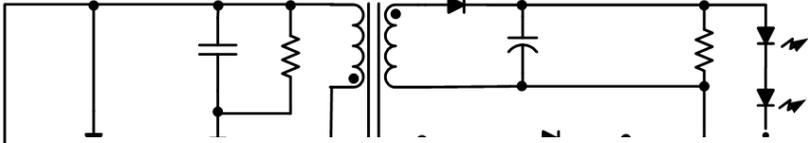


PI器件可提供严格调节的恒流

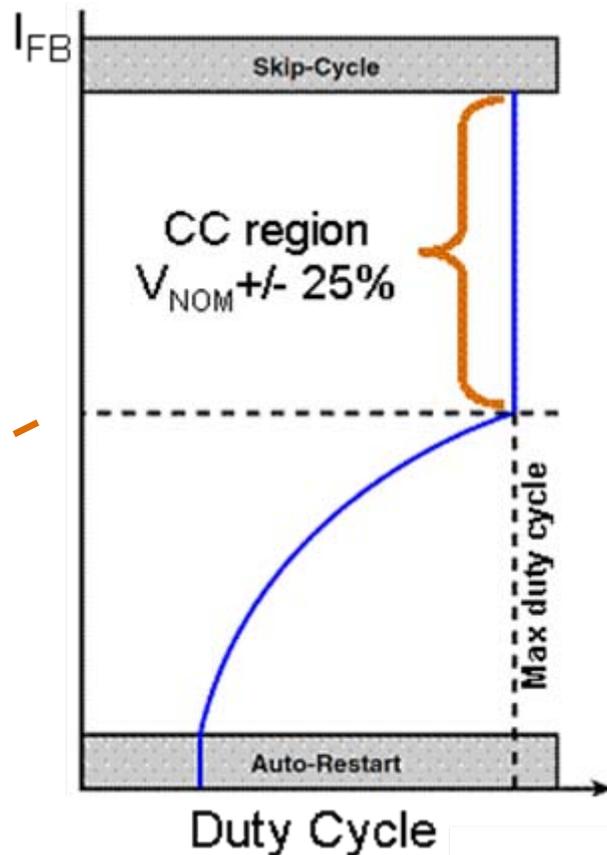
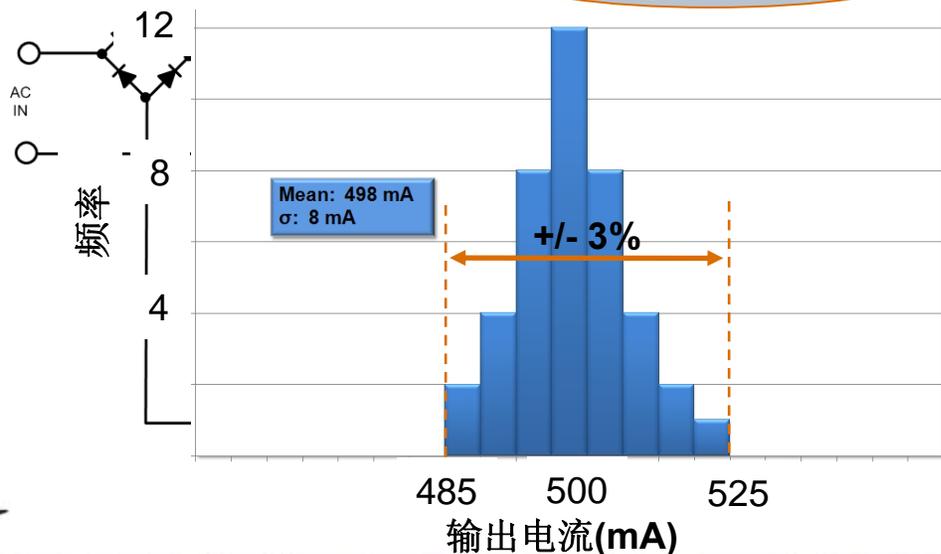
■ LinkSwitch-PH专为恒流应用设计

- 控制容许 $\pm 25\%$ 的电压摆动
- 输出电流不受变压器电感的影响

■ LinkSwitch-DH 100%精密制造

- 

在41个以上的生产单位测量得出的
LinkSwitch-PH输出电流(115V AC)数据*



* 参考设计套件RDK-194



LED照明中的PFC技术



LED照明中的PFC技术

- 要求
- 技术类型
 - 被动
 - 填谷式
 - 单级校正
 - 双级校正



PFC具有巨大的经济效益 – 可节省大量金钱和能源



Dallas Metroplex



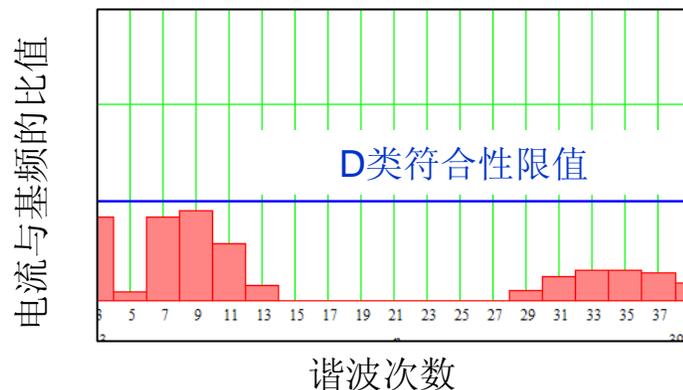
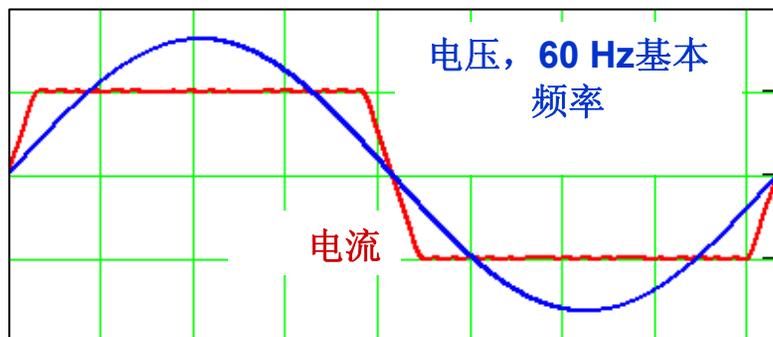
全球主要标准都对**LED**照明的功率因数(PF)作出了严格规定

- 欧洲 - IEC 61000-3-2
 - EN61000-3-2 (欧洲)
 - BSEN 61000-3-2 (英国)
- 日本 - JIC-C-61000-3-2
- 中国 - GB 17625.1
- 美国 - Energy Star 09/12/07 for SSL
- 韩国 - LED Light



总谐波失真(THD)

- THD用来描述输入电流波形的形状
 - 正弦波(THD=0%) - 所有能量都以同一频率传输
- 失真电流波形具有更高的频率谐波
 - 谐波会增加电网的损耗
- 高PF并不总是意味着低THD



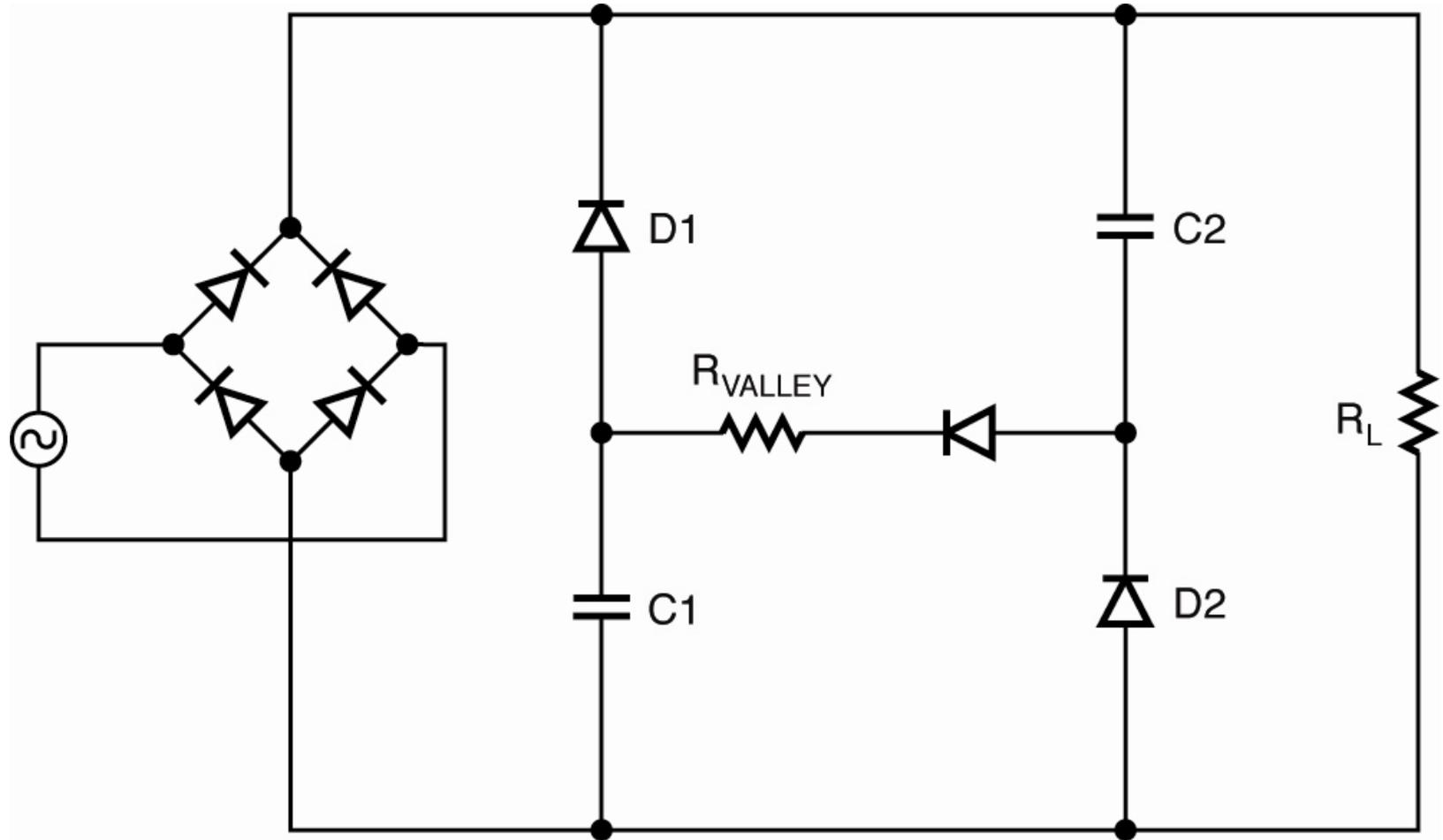
EN61000-3-2规定谐波含量并非PF (A、B、C、D类)



PFC解决方案



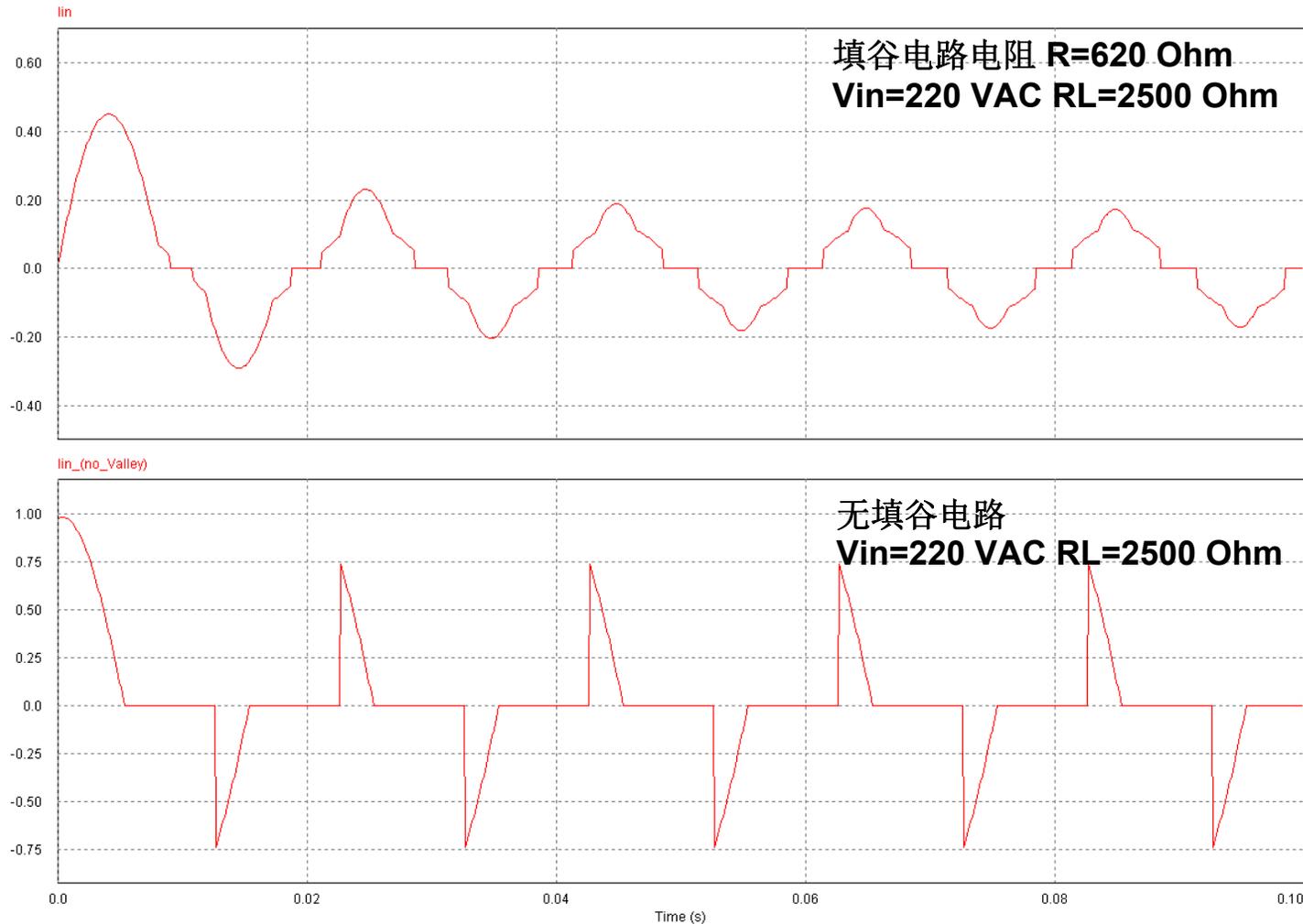
填谷电路可提高功率因数(PF)



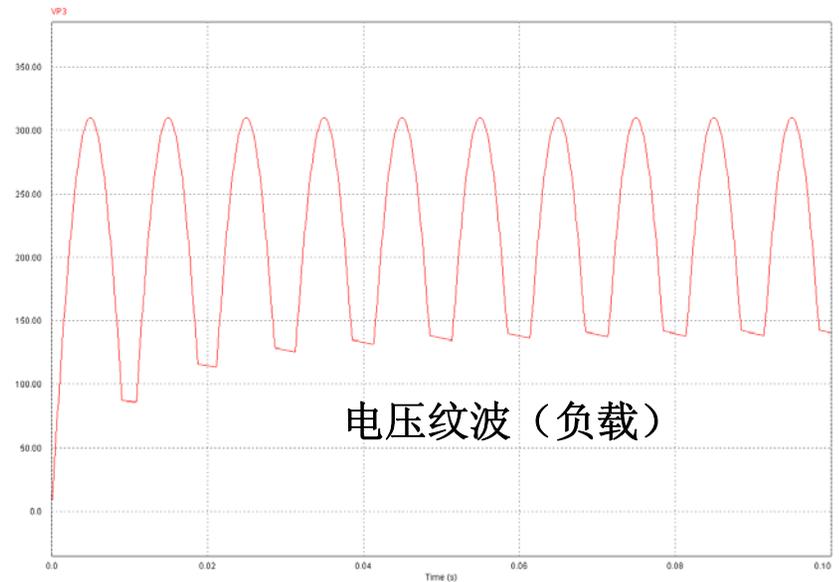
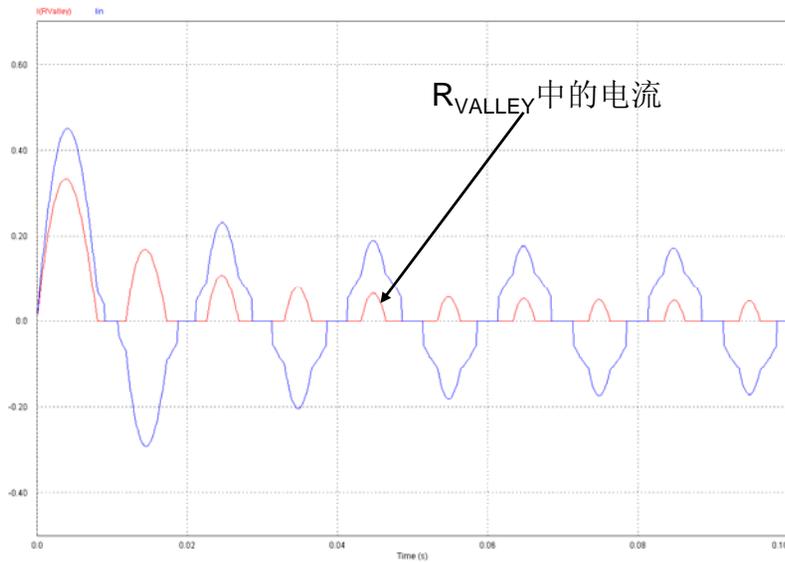
PI-6009-060310



输入电流比较 - 填谷式



较高的 R_{VALLEY} 值可提高PF - 存在缺点

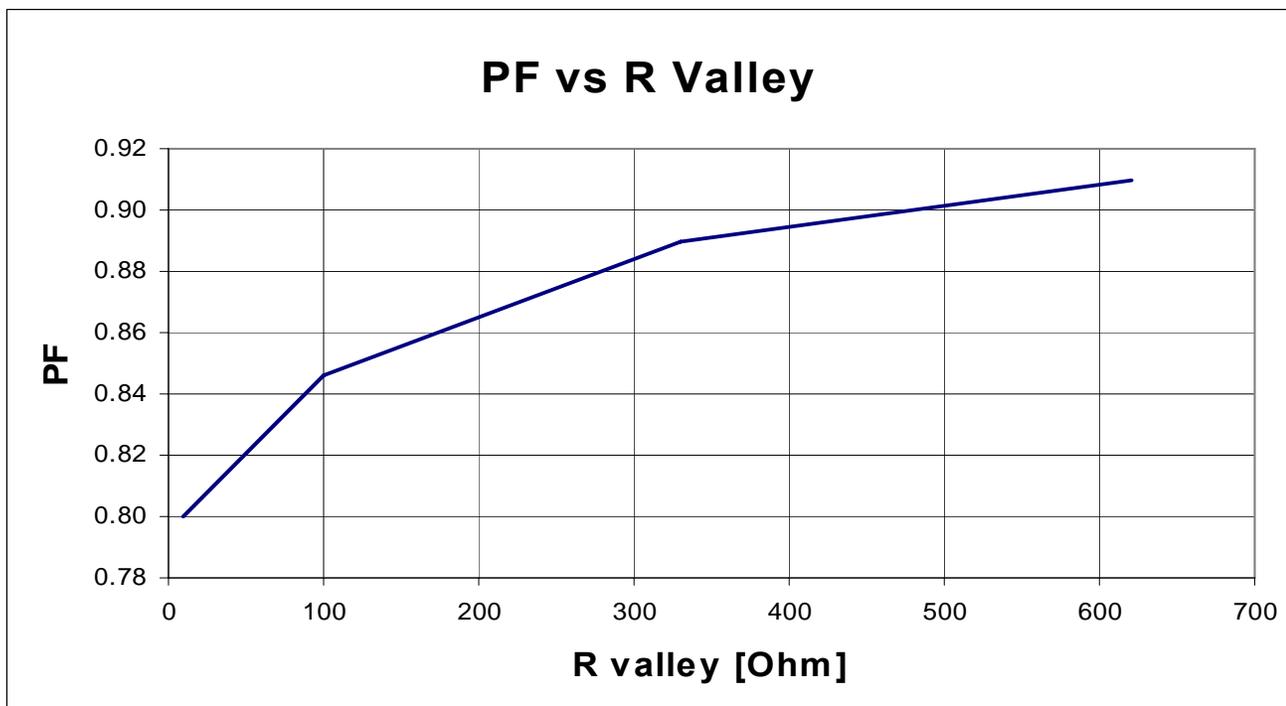


- 降低效率
 - R_{VALLEY} 损耗增大
- 增大负载电压纹波



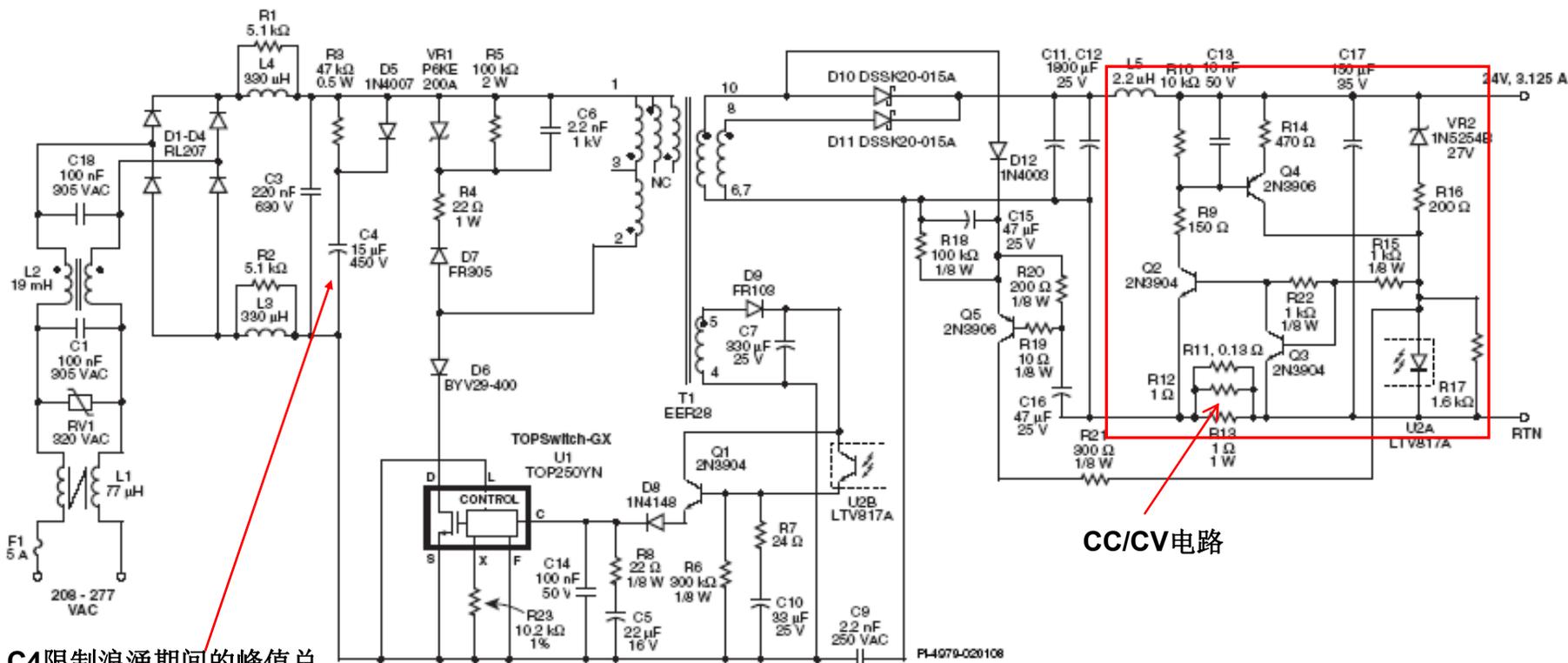
填谷电路影响效率

- 测得620 Ohm电阻的功耗= 0.5 W
 - 10 W电路的效率降低5%
- 较高的 R_{VALLEY} 值还可增大输入纹波
 - 额外的降低效率

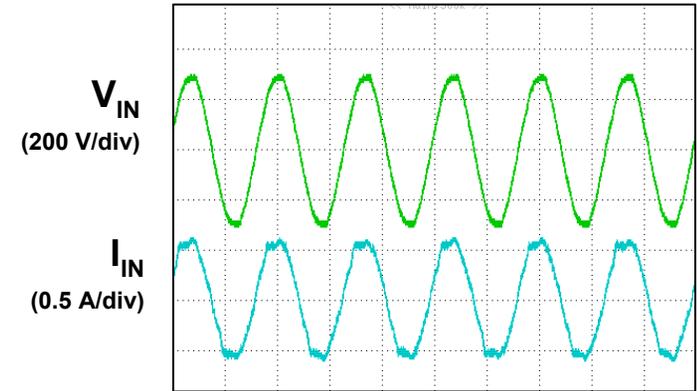
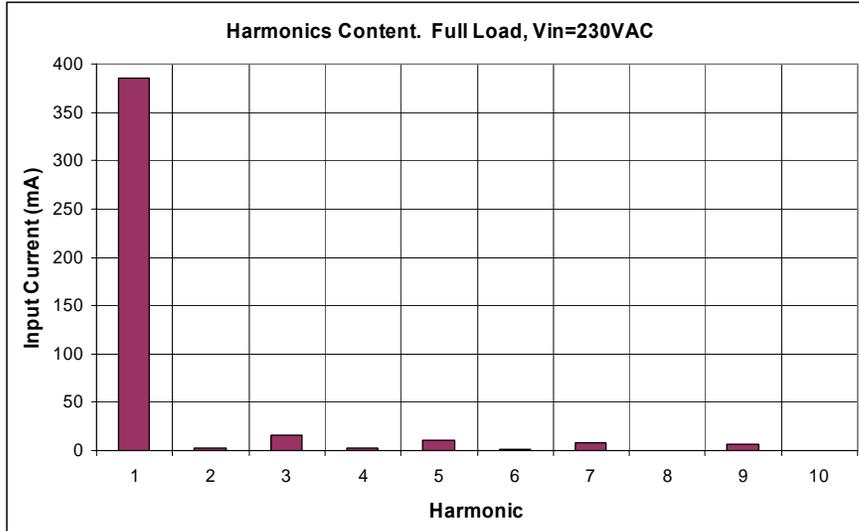


带功率因数校正(PF > 0.9)的 75 W隔离式驱动器(DI-136)

- 效率为85 %的单级PFC
- 自动重启意味着电源可无限耐受输出发生硬短路



功率因数与谐波(DI-136)



PF与谐波
(测量条件: 3.2 A, 24 V输出)

Harmonic	I _{in} (mA) At 230VAC	% of Fundamental	Maximum % Allowed By IEC 61000-3-2. Class C
1	385		
2	2.4	0.62	2.0
3	15.6	4.05	29.7
4	2.3	0.60	
5	10.5	2.73	10.0
6	1	0.26	
7	8.6	2.23	7.0
8	0.5	0.13	
9	6.5	1.69	5.0
10	0.4	0.10	



PF 0.99
208 VAC



PF 0.97
265 VAC



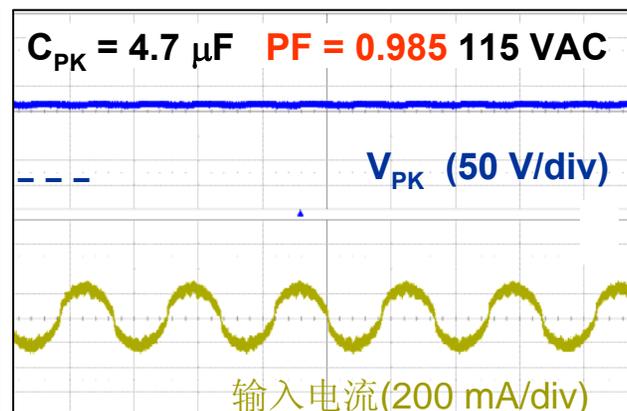
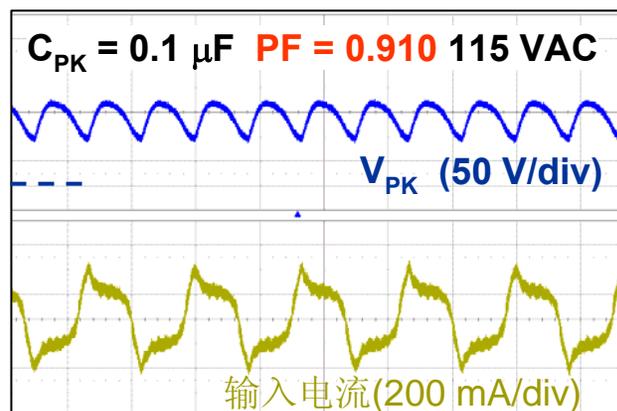
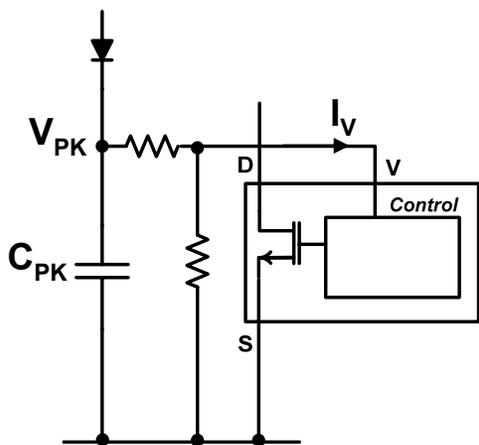


集成PFC - 单级转换



无大容量电容 - 峰值检测器控制PF

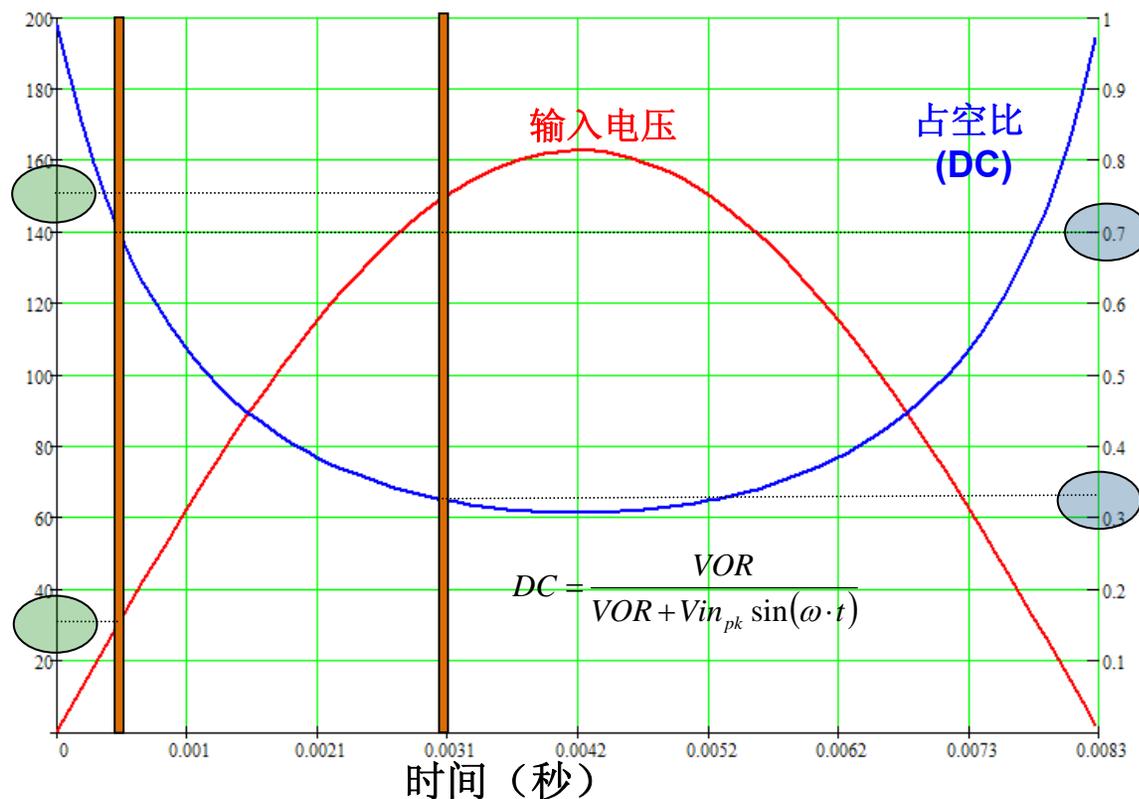
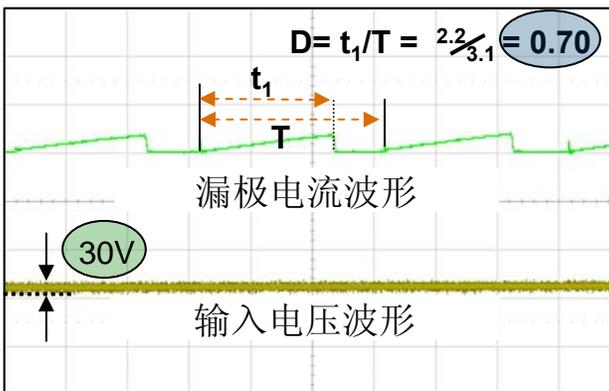
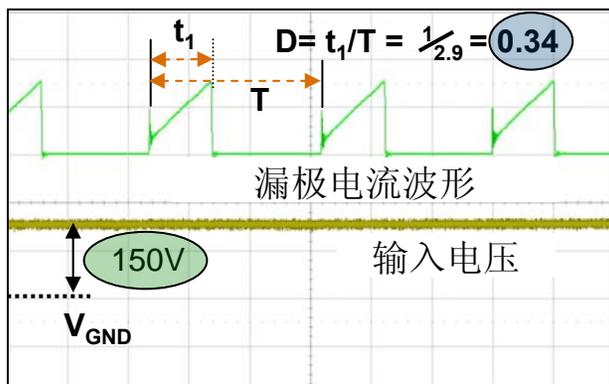
- 经整流后的输入电压的变化率与输入电压相同
 - 峰值检测器允许IC为输入电压变化提供补偿
 - 控制输出电流 $I_V \propto 1/I_O$
- 较小的 C_{PK} 值可降低PF
 - V引脚上的线电压频率电流纹波增加
 - 可使用陶瓷峰值检测器实现无电解电容设计*



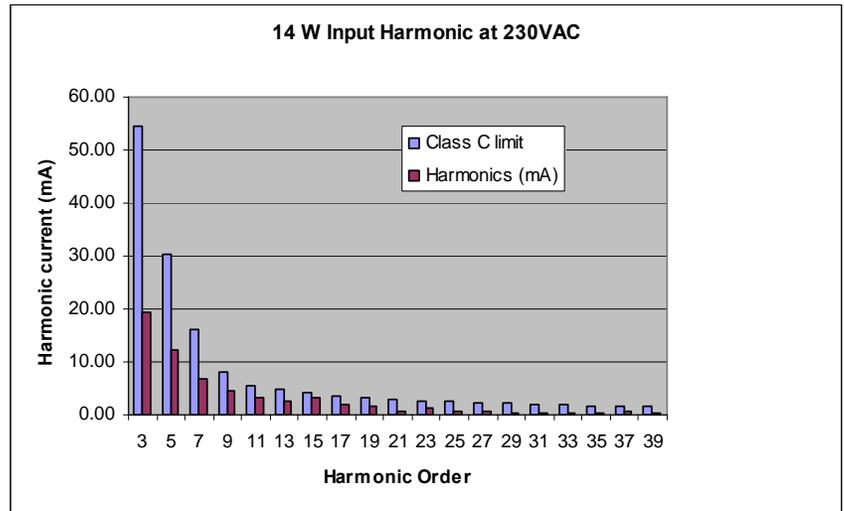
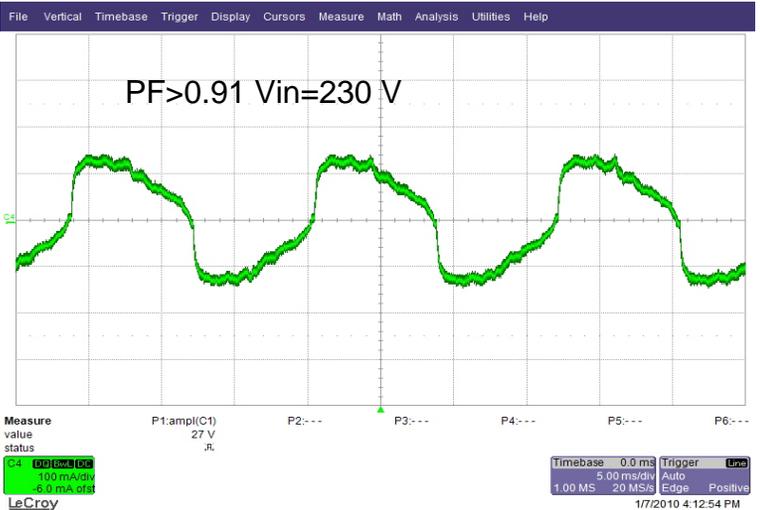
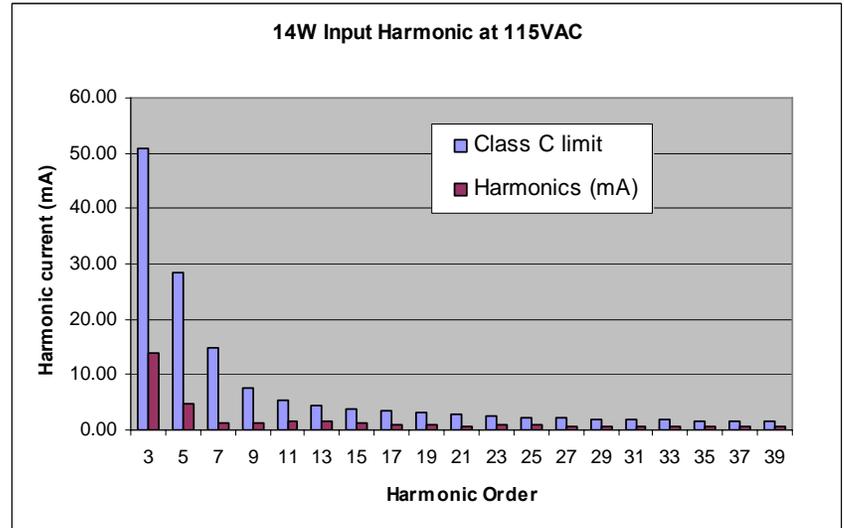
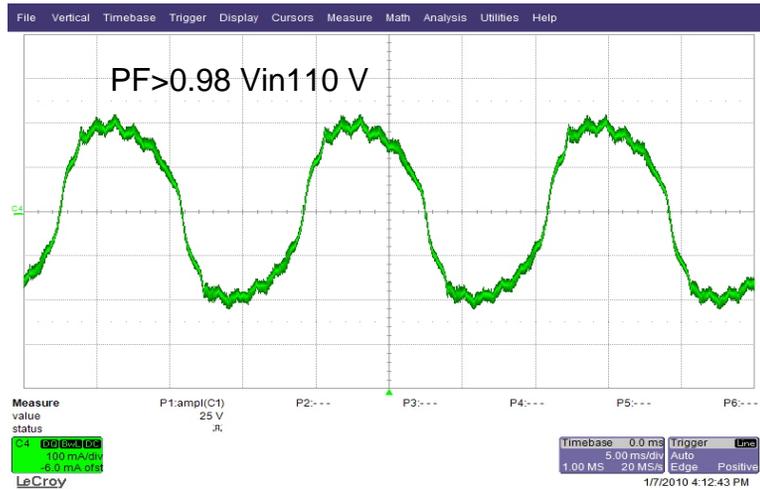
*注意：峰值检测器的电解电容不会携带任何纹波电流（低应力 - 没有使用寿命问题）

LinkSwitch-PH的功率因数控制

- 连续导通模式(CCM)、可变占空比、恒频率PFC控制器
 - 占空比随输入电压和负载的变化而变化



高功率因数：满足能源之星固态照明(SSL)和 EN61000要求，并达到高效率



PI单级PFC设计方法的优点

- 连续导通模式(CCM)PFC
 - 降低EMI – 降低滤波电路成本
 - 更低成本的阻尼电路，实现相位角调光
 - 降低导通损耗
 - 使用更小的MOSFET即可实现高效率
 - » 更低成本的解决方案
- 功率因数 >0.9
 - 使用电感式填谷电路无法实现
- 尺寸小 – 非常适合设计LED照明灯具



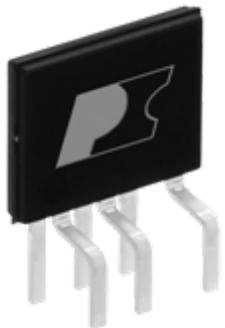


LinkSwitch-PH简介

支持可控硅调光的下一代LED驱动器



什么是LinkSwitch-PH?

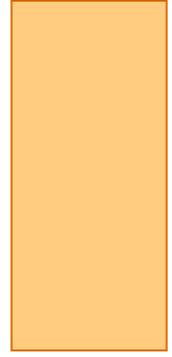
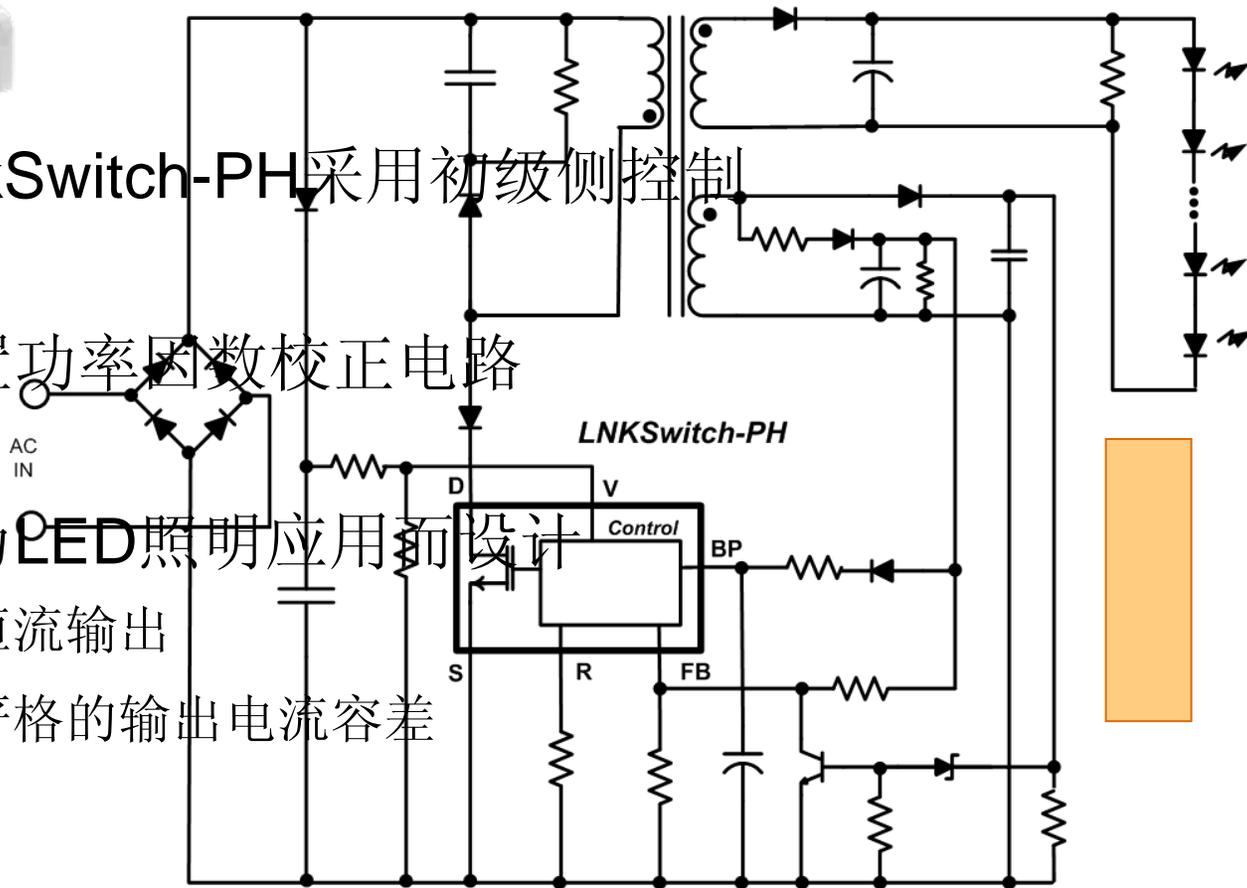


eSIP (E)封装

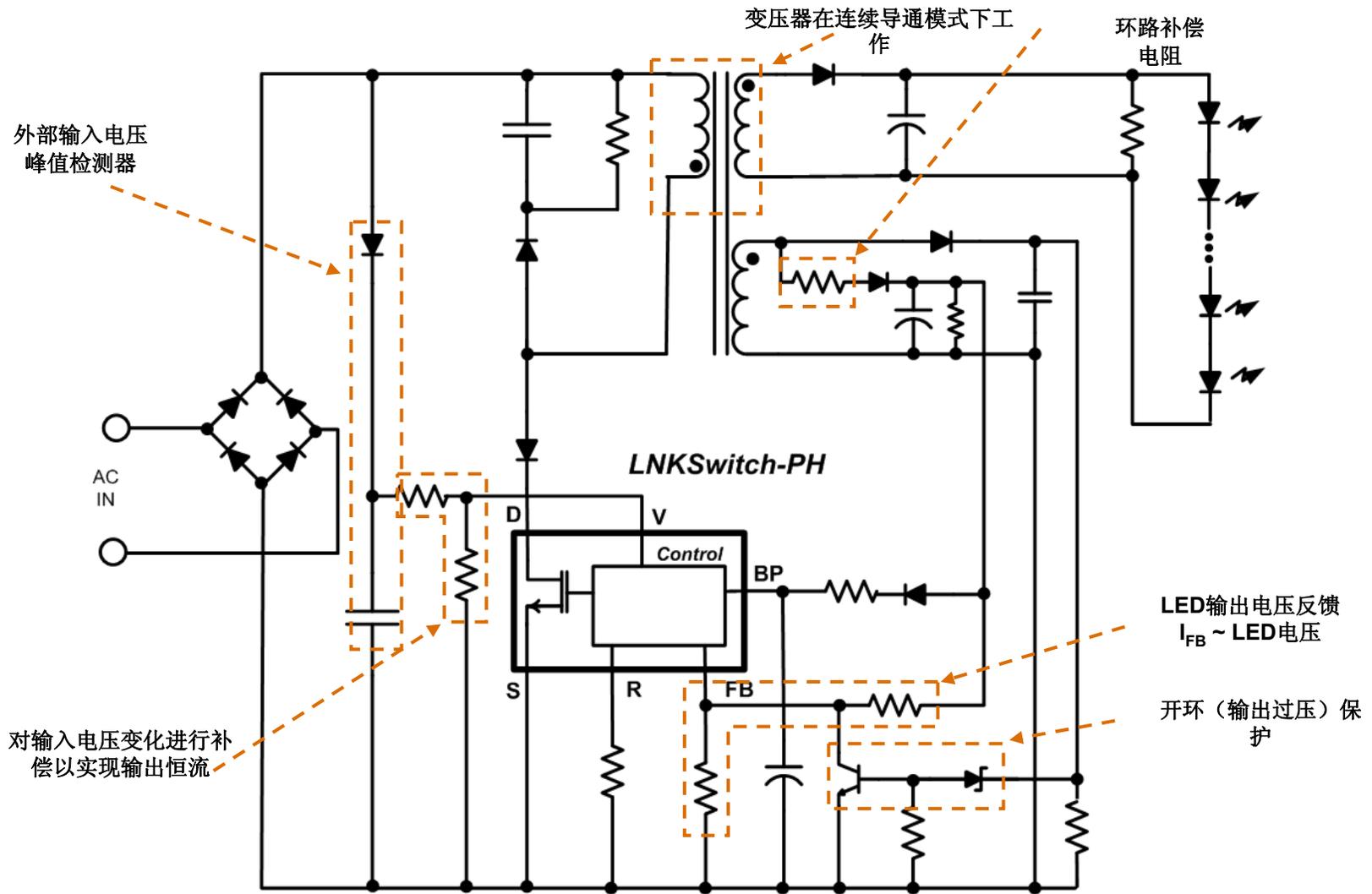
初级侧控制

LinkSwitch-PH

- LinkSwitch-PH采用初级侧控制
- 内置功率因数校正电路
- 专为LED照明应用而设计
 - 恒流输出
 - 严格的输出电流容差



LinkSwitch-PH电路详细图解

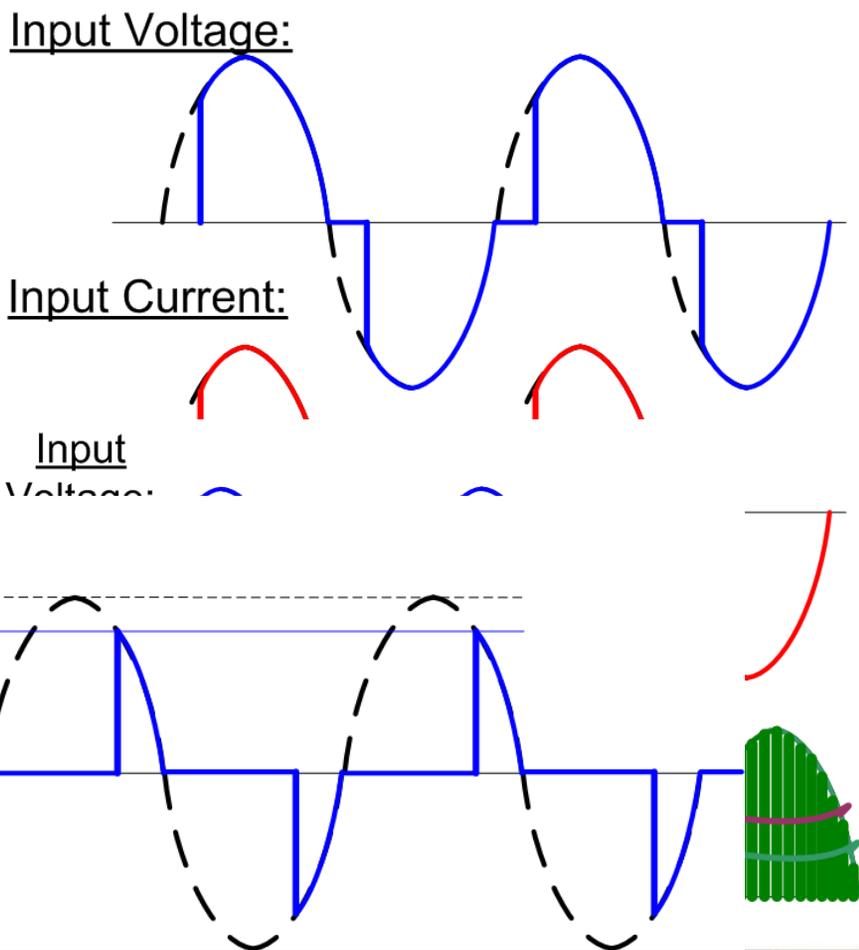


LinkSwitch-PH有三种调光控制方式

1. 平均输出电流(I_o)随可控硅关断时间的增大而自然减小

2. 由于Vbias () 的效应

3. 如果相位角: 大 的效应



LinkSwitch可采用任何调光方式进行工作

- LinkSwitch-PH支持不同的照明方式
 - AC相位角调光（包括可控硅）
 - PWM调光
 - 非调光解决方案
- 宽调光范围 - > 1000:1
- 无闪光
 - LinkSwitch-PH采用内部驱动（不使用 V_{CC} + 电阻）
 - 可在超低电压下工作
 - 控制良好的欠压关断（带迟滞）
 - 小EMI滤波器可降低90° 相位角调光时出现的振荡

截图

4幅来自演示视频



LinkSwitch-PH产品系列

Product	85-265 VAC 单电压范围	
	Minimum Output Power	Maximum Output Power
LNK403EG	6.5 W	12 W
LNK404EG	6.5 W	15 W
LNK405EG	8.5 W	18 W
LNK406EG	10 W	22 W
LNK407EG	12 W	25 W
LNK408EG	16 W	35 W
LNK409EG	18 W	50 W

效率最高

成本最低



LinkSwitch-PH目前只提供一种封装

eSIP-7C

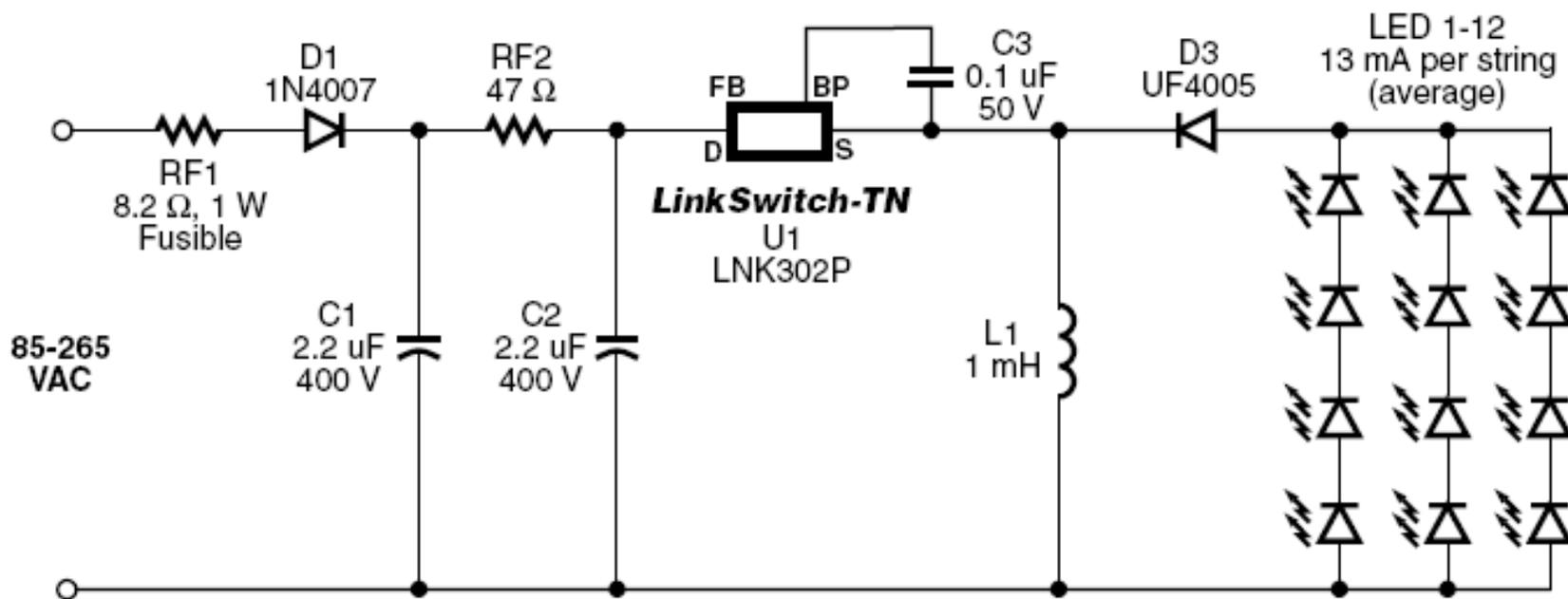


PI推出的其他设计范例



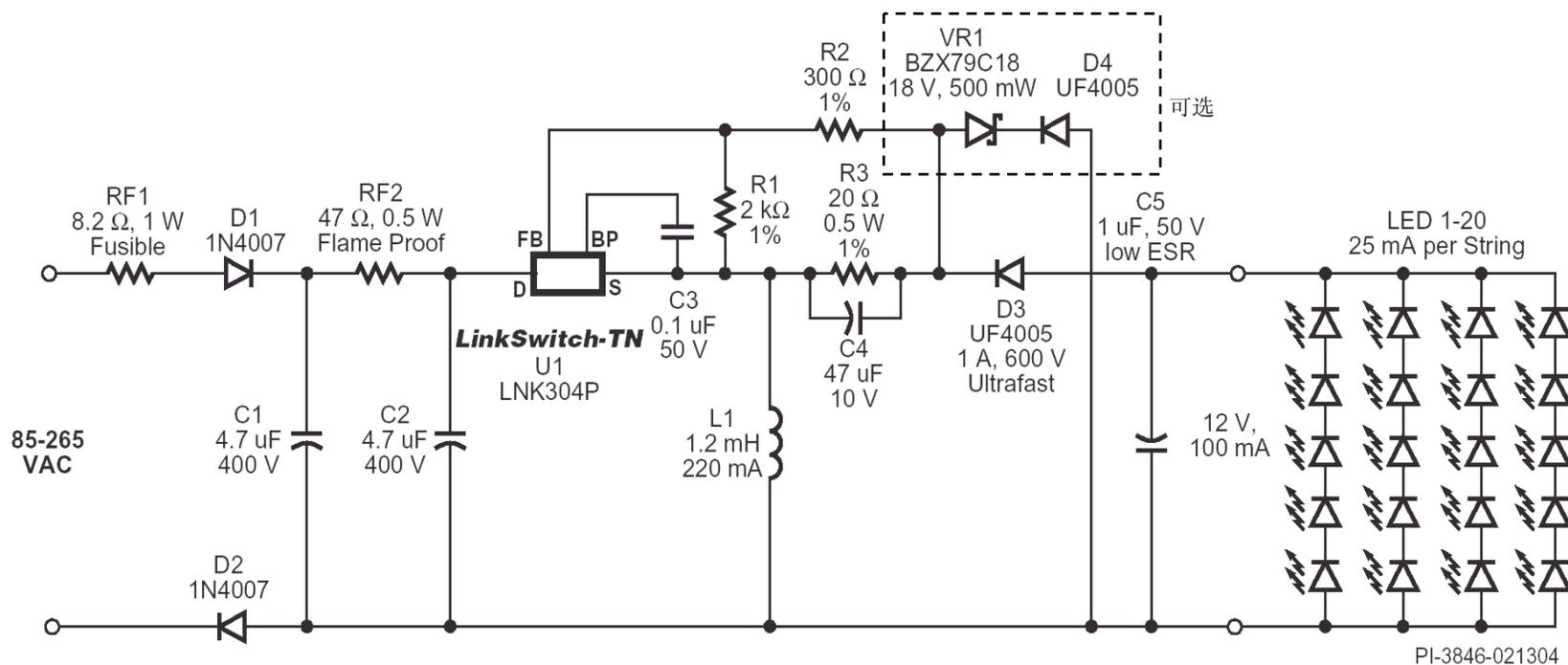
0.5 W非隔离式（降压）LED驱动器(DI-92)

- 元件数量极少 – 仅需9个元件
- 恒流：40 mA



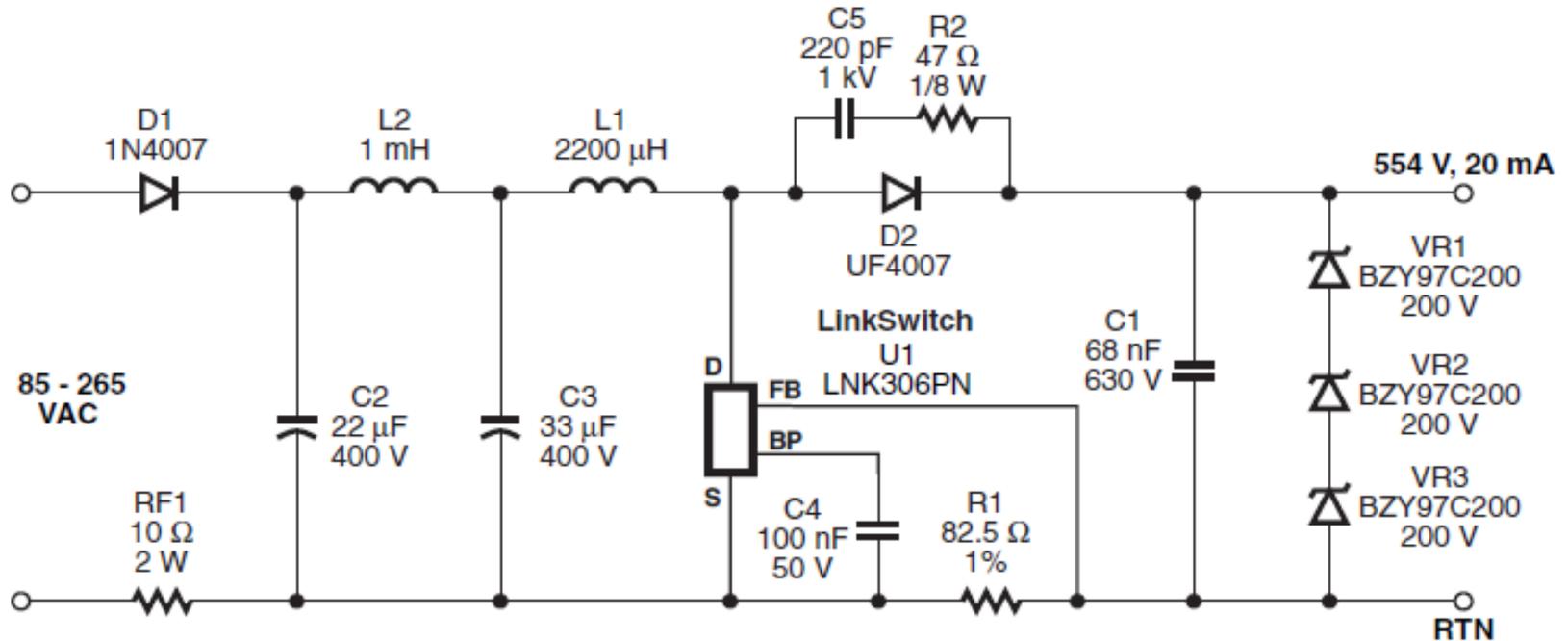
使用LNK304设计的1.25 W非隔离式（降压-升压）LED驱动器(DI-74)

- 所用LinkSwitch-TN器件越大，输出电流就越大
- 可选的D4/VR1可在LED灯串没连接时提供电压反馈，以限制输出电压

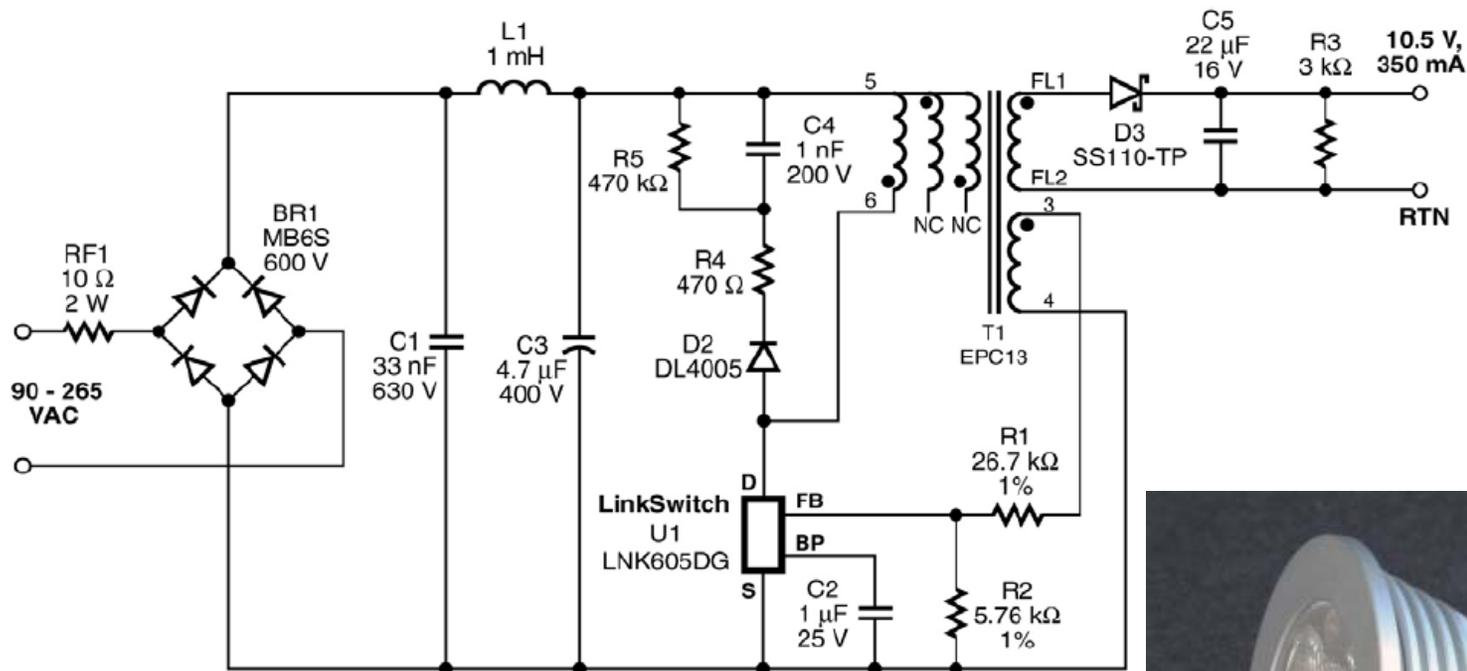


554 V/20 mA 荧光灯管替换灯(DI-210)

- 230 V输入条件下效率>90%
- 恒流升压结构
- 使用无源扼流圈可使 PF>0.9



设计范例： DER-206 (LNK605DG 10.5 V/ 350 mA) LED驱动器

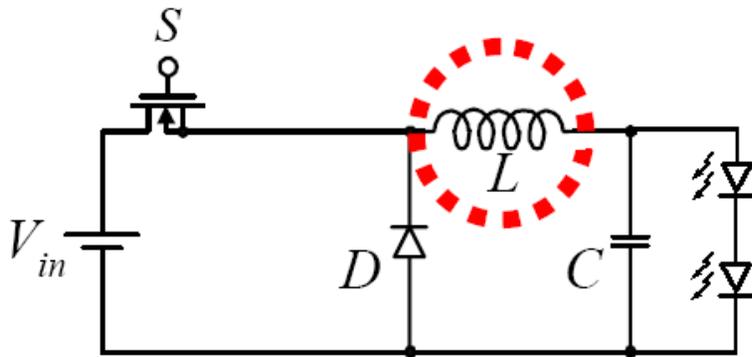


- 初级侧提供严格的CC控制
 - 无需光耦器
 - 无需次级侧电流检测
- 可装入GU-10灯

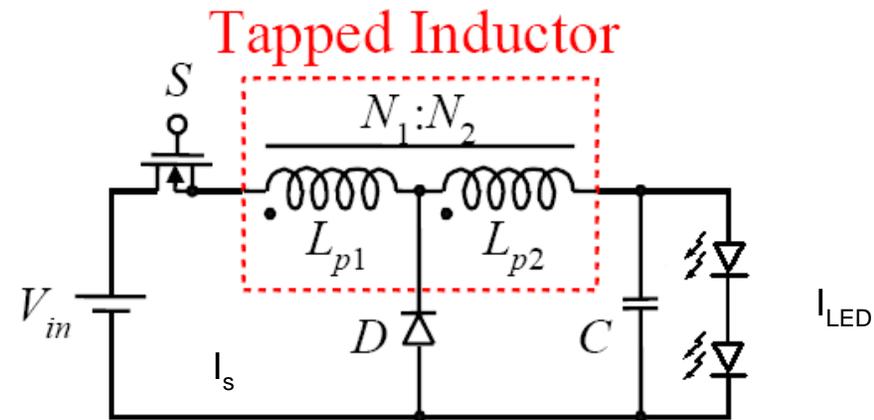


抽头电感降压：提升非隔离式LED驱动器的效率

- 抽头降压拓扑结构非常适合高输入输出电压比(V_{in}/V_{out})的非隔离式驱动器
- 开关时的 I_{rms} 电流更低
 - 导通损耗极小
- 使用低压肖特基二极管
 - 比600 V超快速二极管的导通损耗更小
- 填



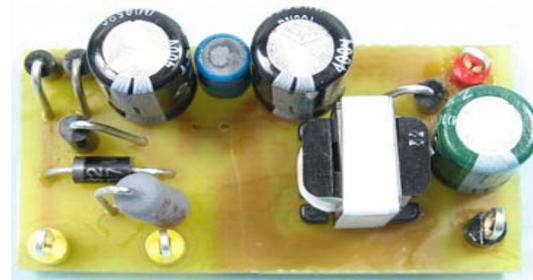
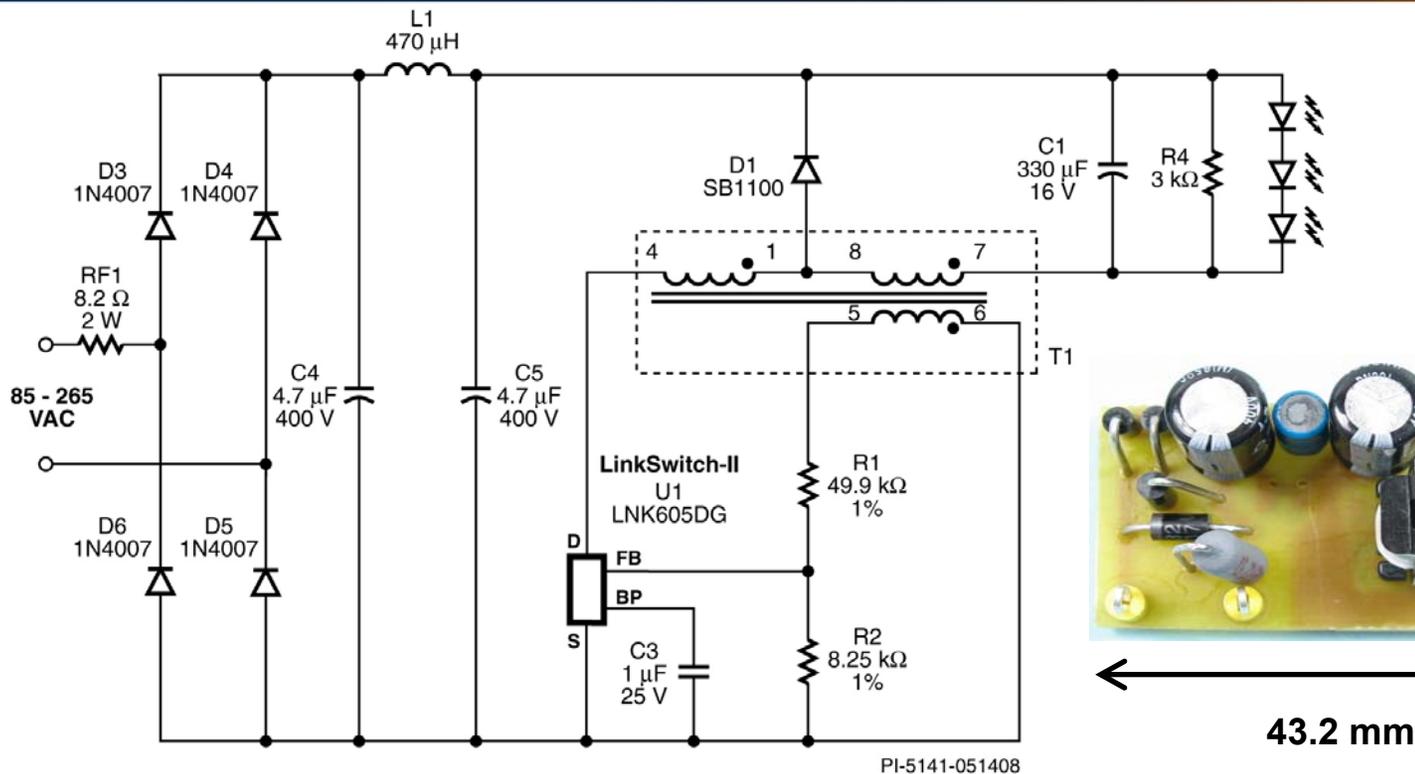
Conventional Buck Converter



Tapped-Inductor Buck Converter



设计范例： DER-186 (LNK605DG 12 V/ 350 mA) LED驱动器

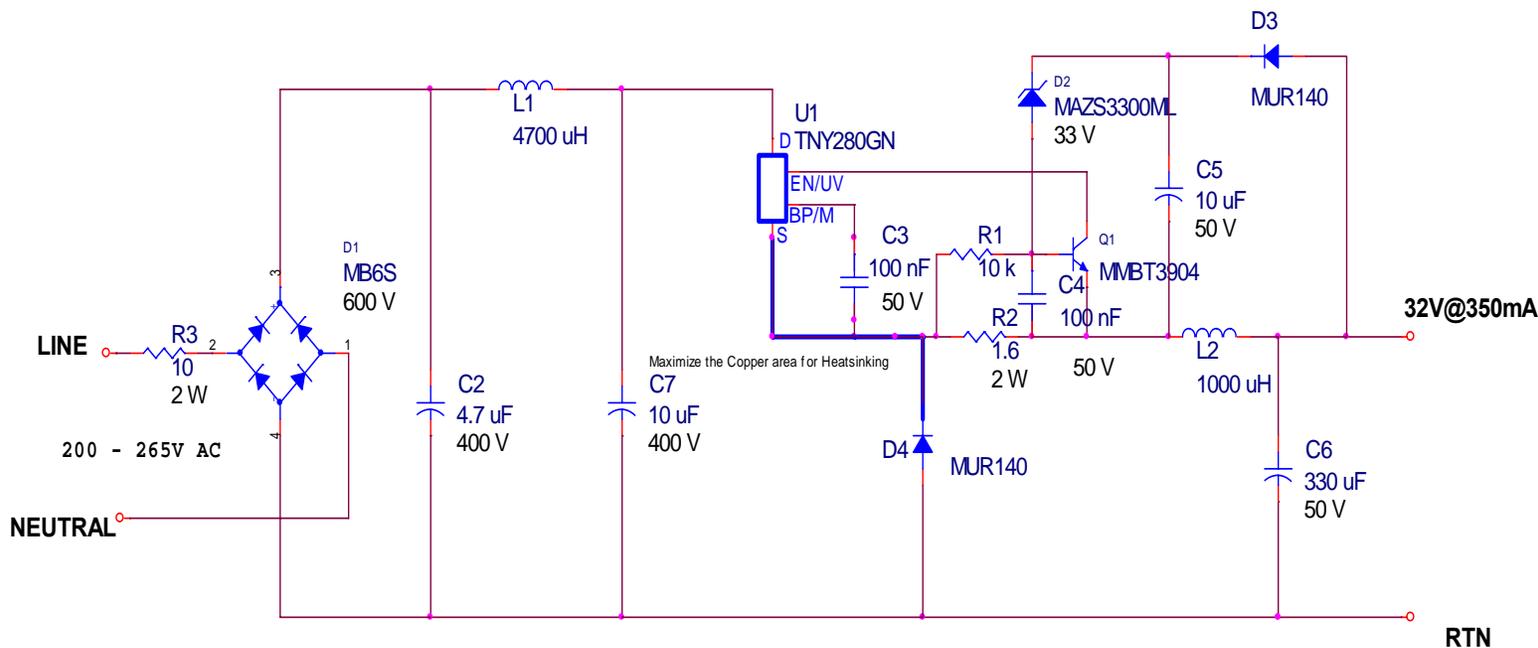


22.9 mm

43.2 mm

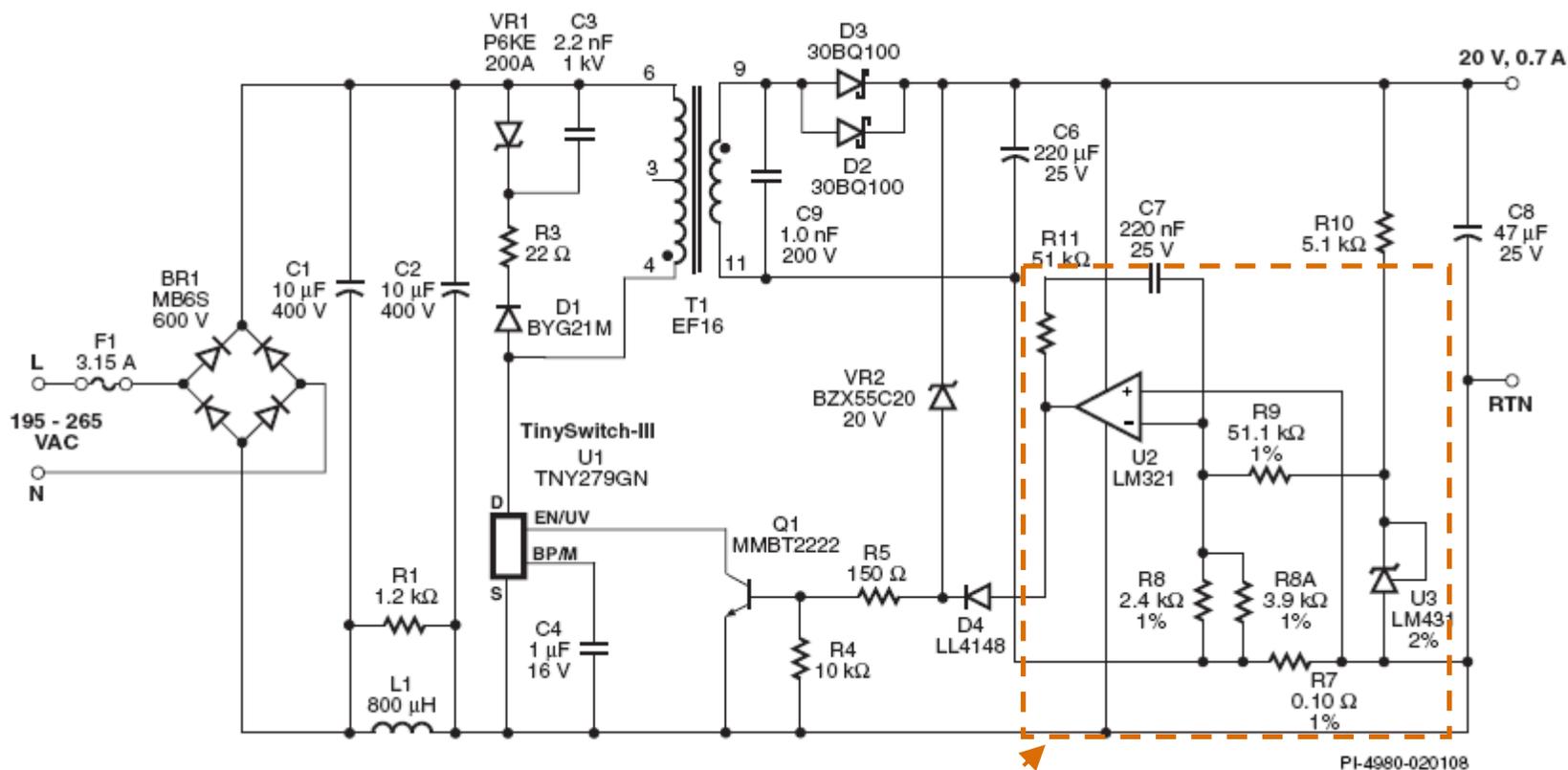
- 只需15个外部器件
- 88 KHz设计可减小电感磁芯尺寸 (EE10磁芯)
- 700 V MOSFET允许无箝位设计
- 高效率: >80%

32 V 350 mA，使用TNY280GN设计的降压结构



- 使用标准的1 mH电感可节省空间

电路图DI-173



高效率CV/CC电路

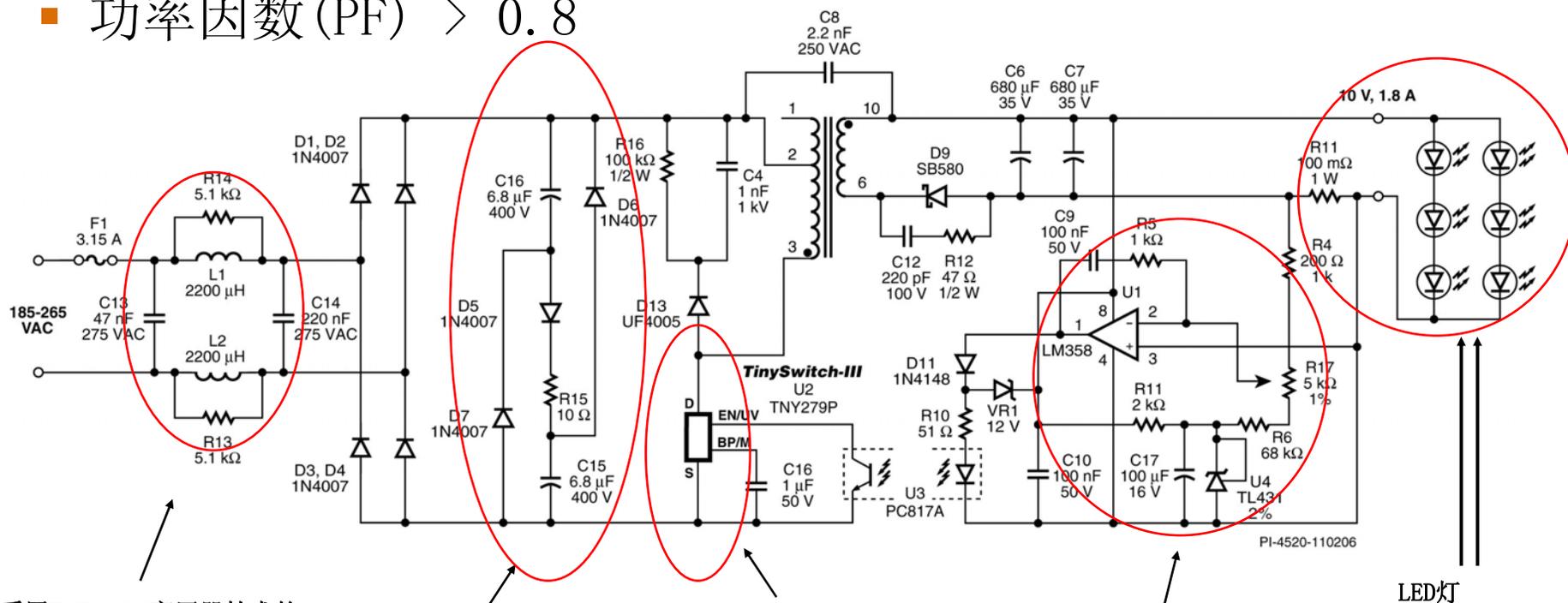


使用TinySwitch-III的集成灯



带功率因数校正的18 W隔离式驱动器-调光器 (DI-130)

- 采用PFC，效率高达82 %
- 功率因数(PF) > 0.8



采用E-Shield变压器技术的
频率抖动
可实现低成本EMI滤波

被动PFC (填谷式)
满足提议的能源之星固态照明
要求 (0.7 PF)

Tiny Switch TNY279
完全单片的反激式
转换器IC

带载电流检测可降低
检测电阻损耗，从而提升效率

LED灯

器件与照明应用对照表

规范要求			功率水平 (瓦)				
功率因数校正	隔离	调光	1-4	5-7	8-15	16- 50	51+
功率因数校正	隔离式	可调光		Link-PH	Link-PH	Link-PH	PFS+LCS PFS+TOP-JX HiperPLC
		不可调光	Link-PL	Link-PH	Link-PH	Link-PH	PFS+LCS PFS+TOP-JX HiperPLC
	非隔离式	可调光	Link-PL	Link-PL Link-PH	Link-PL Link-PH	Link-PH	PFS+LCS PFS+TOP-JX HiperPLC
		不可调光	Link-PL	Link-PL Link-PH	Link-PL Link-PH	Link-PH	PFS+LCS PFS+TOP-JX HiperPLC

无功率因数校正	隔离式	可调光	Link-PH TOP-JX	Link-PH	Link-PH	TOP-JX	TOP-JX
		不可调光	Link-II	Link-PH	Link-PH	TOP-JX	TOP-JX
	非隔离式	可调光	Link-PL	Link-PL Link-PH	Link-PL Link-PH	TOP-JX	TOP-JX
		不可调光	Link-TN Link-PL	Link-TN LNK-PL	Tiny-III Link-PL	TOP-JX	TOP-JX

总结

- 采用专业电路技术为**LED**灯提供驱动
- 调光器对现有照明产品具有极广的适应性
 - 我们必须“以此为起点”
 - 可控硅(**TRIACS**)对调光提出了独特的挑战
 - 可以采用正确的解决方案来克服难题
- 恒流与稳定一致和性能至关重要
- **PF**是重要因素 - 最佳技术根据器件大小而变
- **Power Integrations**可根据各类电源要求提供一系列调光解决方案

