



TK5401(1W-15W)  
完全不需要电解电容  
创意电子有限公司  
[www.weltronics.com](http://www.weltronics.com)

## LED照明解决方案



# LED 照明的外形



3 W PAR16



3x2 W PAR20



10 W PAR30



15 W PAR30



15 W PAR38



22 W PAR38



1 W G13



3 W GU10



1 W MR11



3 W MR16



3 W 嵌灯



9 W 嵌灯



15 W 嵌灯



1 W LED 阅读灯

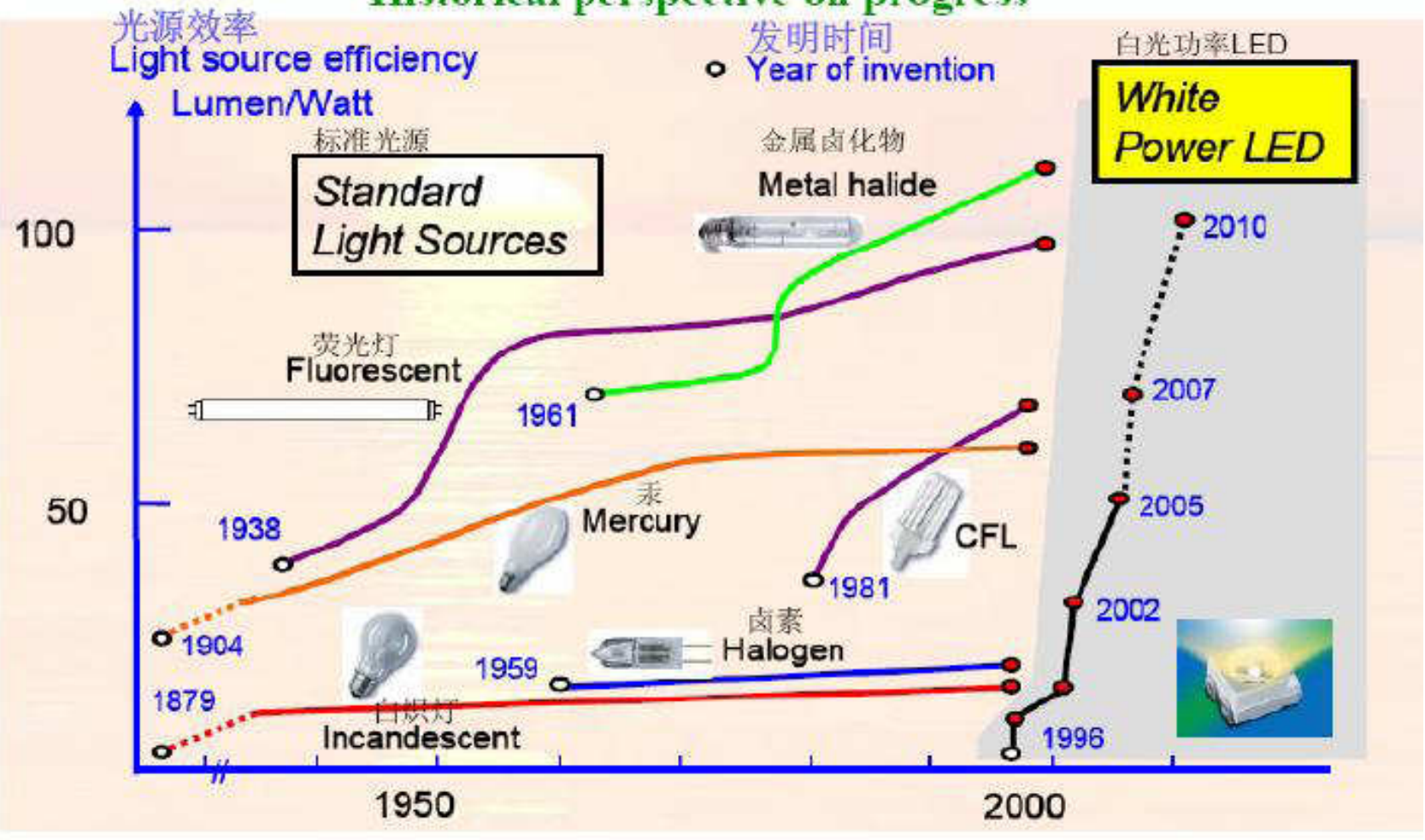


100 W LED 路灯

# 灯光源的发展展望

## 历史发展展望

Historical perspective on progress



# 各类光效



光源



15



20



60



80



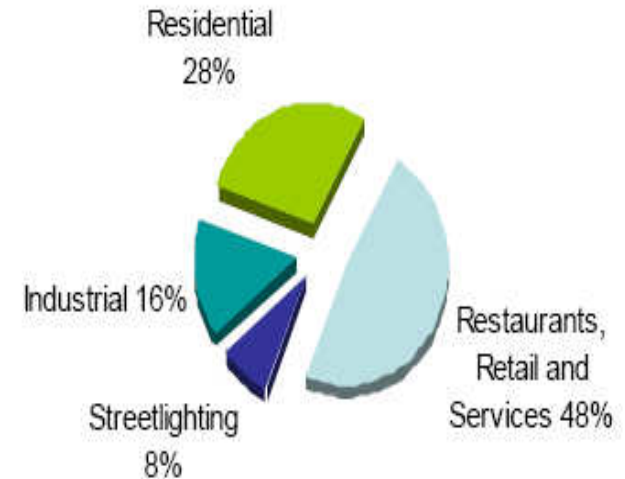
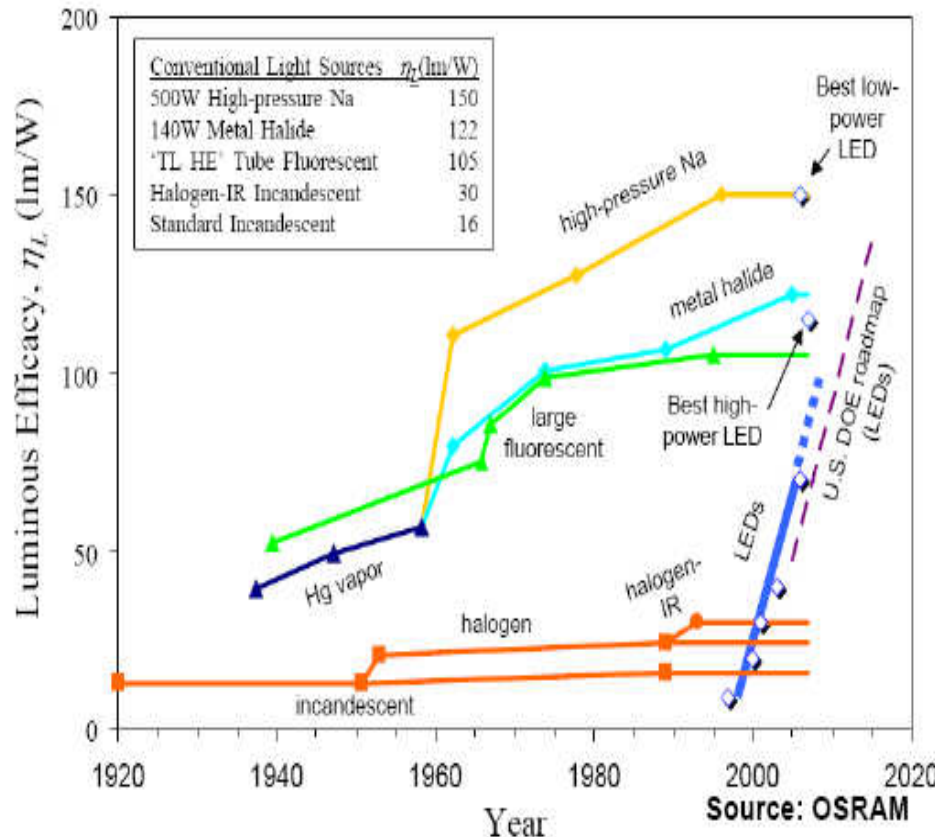
200

光效

光源种类	光效 Ln/w	色温 K	显色系数 Ra	平均寿命 (小时)
节能灯	50-60	2700-5000	85	6000
低压钠灯	200	1700	44	28000
LED	<b>&gt;80</b>	2700-6000	80-85	100000

# 照明世界概览 World of Lighting

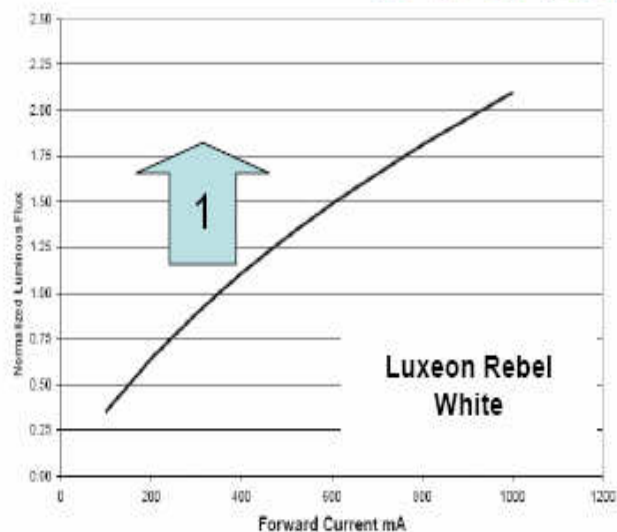
- 全世界约有20-22%的电能用于照明，其中40%是白炽灯照明，每年消耗的电能达2,000太瓦时(TWh)(等于20,000亿千瓦时) ~ 20-22% of electrical energy is used for lighting of which 40% is for incandescent lighting, this represents 2000 TWh/year



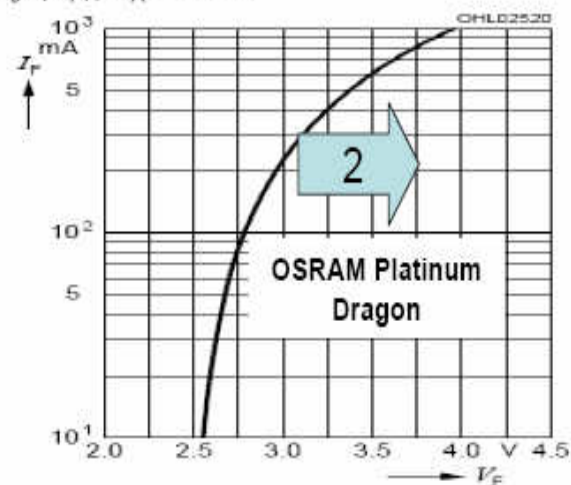
超过70%的电能用于住宅市场之外的领域  
 >70% of the Energy Usage is Outside of the Residential Market!

# 操作参数的关系 Operating Relationship

电气、光学及热学 Electrical, Optical & Thermal



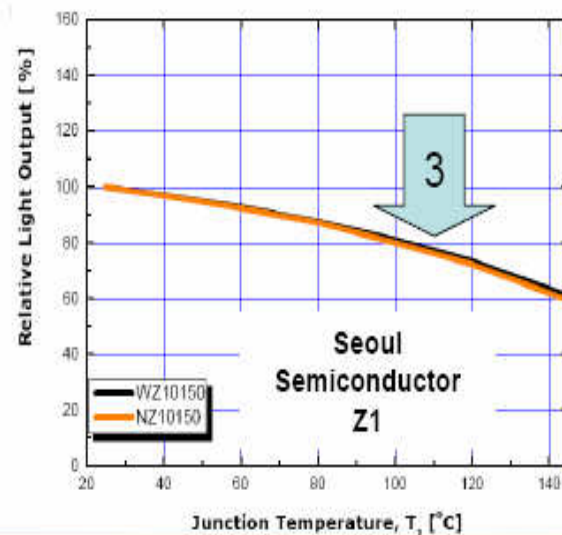
Forward Current<sup>2)</sup> page 18  
 $I_F = f(V_F); T_A = 25^\circ\text{C}$



3) 功率越大则结温度升高, 从而降低光通量(光输出)  
 Higher power raises  $T_j$ , reduces flux (light out)

1) 驱动电流增加, 光通量也增加  
 Increasing drive current, increases flux

2) 电流越大, 正向电压及功率也越大  
 Higher current, increases  $V_f$  & power

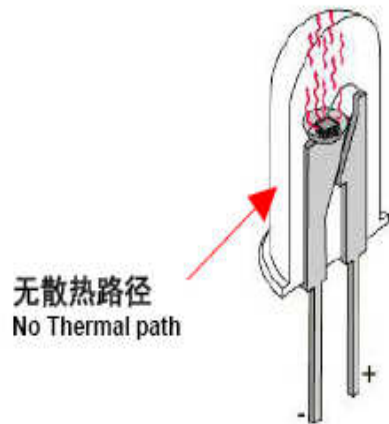




# 散热路径对LED寿命至关重要

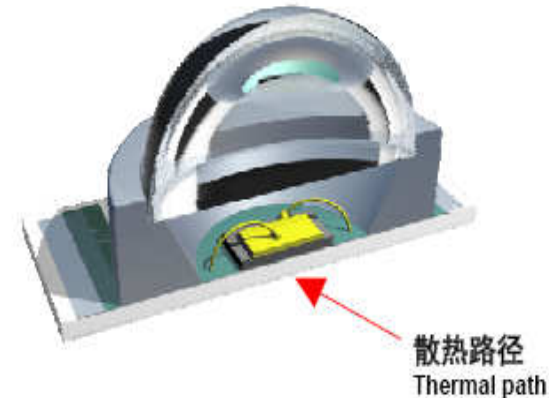
Thermal Path is Critical to LED Lifetime

## 5 mm LED



- 5 mm灯几乎没有散热路径 5 mm lamps have almost no thermal path
- 典型热阻 $>350^{\circ}\text{C}/\text{W}$   $R_{th} >350^{\circ}\text{C}/\text{W}$  typical
- 芯片结温度( $T_j$ )与磷最终会烧坏自身 Chip ( $T_j$ ) and phosphor can essentially cook themselves

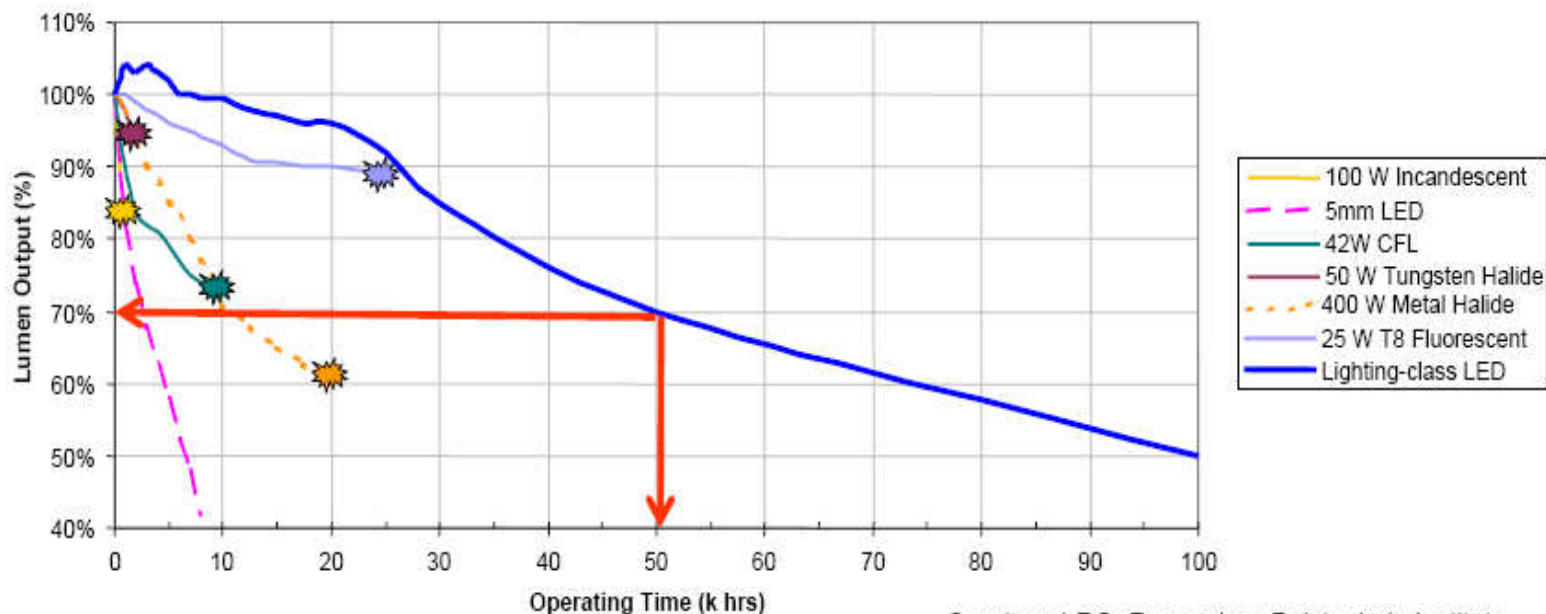
## 照明级LED Lighting-class LED



- 照明级LED设计适合高温工作 Lighting-class LEDs are designed for high temp operation
- 典型热阻 $<10^{\circ}\text{C}/\text{W}$   $R_{th} <10^{\circ}\text{C}/\text{W}$  typical
- 采用良好散热设计的话，灯能够很好地保持数据表中列出的参数 Lamp can stay within data sheet parameters with good thermal design



## LED的寿命 LED Lifetime



Courtesy LRC, Rensselaer Polytechnic Institute

- 所有传统光源的性能都会随着时间的推进而退化，即使LED也是如此 All conventional light sources dim over time, even LEDs
  - 标准光源失效(灯丝开路等) Standard light sources fail (open filament etc)
  - 恰当设计的话，LED性能退化速度较温和 Properly designed LEDs dim gracefully
- 寿命终结(EOL)基于流明维持率(L70)，它是工作温度的一个函数 End of life is based on Lumen Maintenance (L70) which is a function of operating temperature





## LED封装趋势 LED Packaging Trends

- 尺寸更小 Smaller size
- 多个大功率芯片 Multi-high power chips
- 多个较小芯片 Multi-small chips
- 涂磷方法 Phosphor coatings methods
- 更高瓦特数的封装 Higher wattage packages
- 沉积硅树脂主镜头系统 Deposited silicone primary lens systems

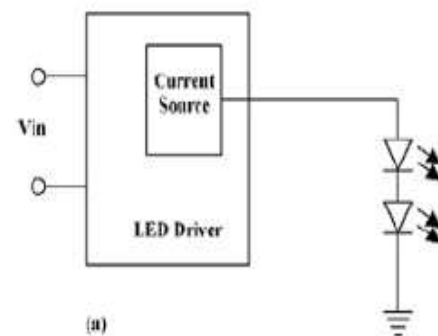




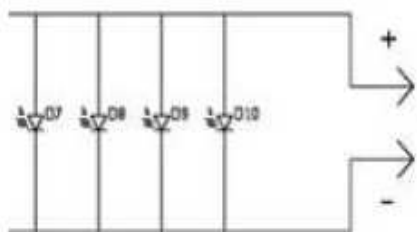
# LED排列

## Arrangement of LEDs

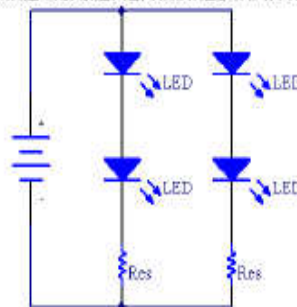
- 强烈建议驱动单串LED，因为这样提供最佳的电流匹配，而与正向电压变化和输出电压“漂移”无关 Driving single strings of LEDs is highly preferred as it provides ideal current matching independent of forward voltage variation,  $V_{out}$  "floats"
- 用户确实也会采用并联/串联组合方式来配置LED Users do configure LEDs in Parallel/Series combinations
  - 需要“匹配的”LED正向电压 Requires "matched" LED forward voltages
  - 如果某个LED失效开路，其余LED可能会过驱动
  - 交叉连接和多路并联技术尝试减轻发生故障的风险并迫使两个LED拥有相同电压 Cross connecting and multiple parallel techniques try to mitigate the risk of a fault and force both LEDs to have the same voltage



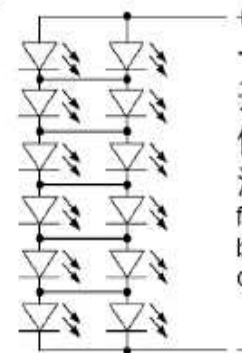
串联 Series



并联 Parallel



串-并联 Series-Parallel



交叉连接 Cross connect

一旦某个LED失效开路，其余LED中仅有一个的驱动电流会翻倍 If a LED fails open, only 1 LED will be have 2x the drive current



## 考虑因素 Factors to Consider

- 输出功率 Output Power
  - LED正向电压范围 Range of LED forward voltage
  - 电流-目标值, 最大值 Current - target, maximum
  - LED排列 LED arrangement
- 电源 Power Source
  - 115 Vac, 通用输入(美国/欧盟) Universal (US/EU), 工业规范 Industrial - 208/277 Vac或其它 or other
  - 低压照明(景观、轨道等) Low Voltage Lighting (landscape, track etc)
  - 太阳能/电池 Solar / Battery
- 功能要求 Functional Requirements
  - 调光-PWM, 0-10 V模拟、TRIAC、无线、DALI、专有方案及其它 Dimming - PWM, 0 - 10 V, Triac, Wireless, DALI, Proprietary, Other
  - 模拟、数字或多级调光 Analog, Digital, or multi-level dimming
  - 照明控制-常亮、动作、定时器 Lighting Control - occupancy, motion, timer
- 其它要求 Additional Requirements
  - 能效 Efficiency
  - 功率因数 Power Factor
  - 尺寸 Size
  - 成本 Cost
  - 故障处理(短路、开路、过载、过温) Fault handling (short circuit, open circuit, overload, over temperature)
  - 标准-安全性标准 Standards - Safety (UL, CSA, VDE)
  - “能源之星” Energy Star
  - 可靠性 Reliability
- 其它考虑因素 Other Considerations
  - 机械连接 Mechanical connections
  - 安装 Installation
  - 维修/替换 Repair / Replacement
  - 寿命周期 Lifecycle
  - 物流 Logistics



## 离线LED专用标准 Offline LED Specific Standards

- “能源之星”固态照明(SSL)规范(1.1版-2009年2月) ENERGYSTAR™ SSL Specification (Version 1.1 -2/2009)
  - 基于光源的界定, 针对特定产品的要求, 含功率因数(PF)要求 Luminaire based limits, product specific requirements including power factor
  - 无针对标准墙式插头适配器的“关闭状态”功率要求规则, 带智能控制器的设备(这些应用中要求为待机能耗低于0.5 W)例外, 需遵从FCC 47 CFR Part 15/18规范的电磁干扰(EMI)及射频干扰(RFI)要求 No “off state” power requirement rules out standard wall plug adapters, exception are devices with smart controls, standby < 0.5 W in those cases Electromagnetic & RFI per FCC 47 CFR Part 15/18
- IEC 61347-2-13 (5/2006) – LED模块直流或交流供电电子控制装置要求, 包括:  
Requirements for DC or AC supplied electronic control gear for LED Modules include:
  - 最大安全工作输出电压 Maximum SELV operating output voltage  $\leq 25V$  rms (35.3 Vdc)
  - 不同故障条件下“恰当”/安全的工作: “Proper” /Safe operation under various fault conditions:
    - LED开路测试, 两倍额定LED或模块功率测试 No LEDs testing and 2x the rated LEDs or modules
    - 输出短路 Output short circuited
  - 故障条件下不冒烟或易燃 No smoke emission or flammability under malfunction
- ANSI C82.xxx LED驱动器规范正在制定中 ANSI C82.xxx LED Driver specification in development
- 安全性标准 Safety – UL, CSA etc - UL1310 (Class 2) / UL 60950 / UL1012
  - 更多信息参见附录 See appendix for more information



# 离线LED驱动器功率因数要求

## Power Factor Requirements for Offline LED Drivers

- 欧盟的国际电工联盟(IEC)规定了(功率大于25 W的)照明总谐波失真(THD)要求, 其它地区也有其它的不同国际标准 IEC (EU) requirements dictate THD performance for Lighting (over 25 W), other international standards apply depending on the region
- 美国能源部“能源之星”项目固态照明(SSL)规范包含强制的功率因数校正(PFC)要求, 而不论是何种功率等级。这是一种自愿性标准, 应用于特定产品, 如嵌灯、橱柜灯及台灯 US DOE ENERGY STAR™ includes mandatory PFC for Solid State Lighting regardless of the power level. This is a voluntary standard and applies to a specific set of products such as down lights, under cabinet lights and desk lamps for example
  - 住宅应用功率因数高于0.7 >0.7 for residential applications
  - 商业应用功率因数高于0.9 >0.9 for commercial applications
- 虽然不是所有国家在LED照明方面都有强制要求, 但某些应用可能有要求 While not absolutely mandated in the for lighting in all countries, it may be required based on the application:
  - 公共事业机构大力推动拥有高功率因数的产品在公用设施中的商业应用 Utilities drive major commercial uses to have high PF at the facility level
  - 此外, 公用事业机构拥有/维护街灯时, 是否拥有高功率因数(通常高于0.95+)取决于他们自己的意愿 Moreover when utilities owns/service the streetlight it is in their interest to have good power factor, typically > 0.95+



## IEC C类限制

### Class C Limits

这类限制适用于功率超过25 W的照明设备

This class applies to lighting equipment exceeding 25 W

Harmonic Order n	Maximum Value expressed as a percentage of the fundamental input current
2	2
3	$30 \cdot \lambda$
5	10
7	7
9	5
$11 < n \leq 39$	3

$\lambda$  is the circuit power factor

这标准相当于总谐波失真(THD)<35%(功率因数约为0.94)。

实际上，照明设备电源通常的目标是THD<20%

The standard equates to a THD<35% (PF around 0.94).  
In practice, lighting equipment suppliers may target THD<20%.



## 5. 什么是PF? 什么是PFC? 为什么要高PF?

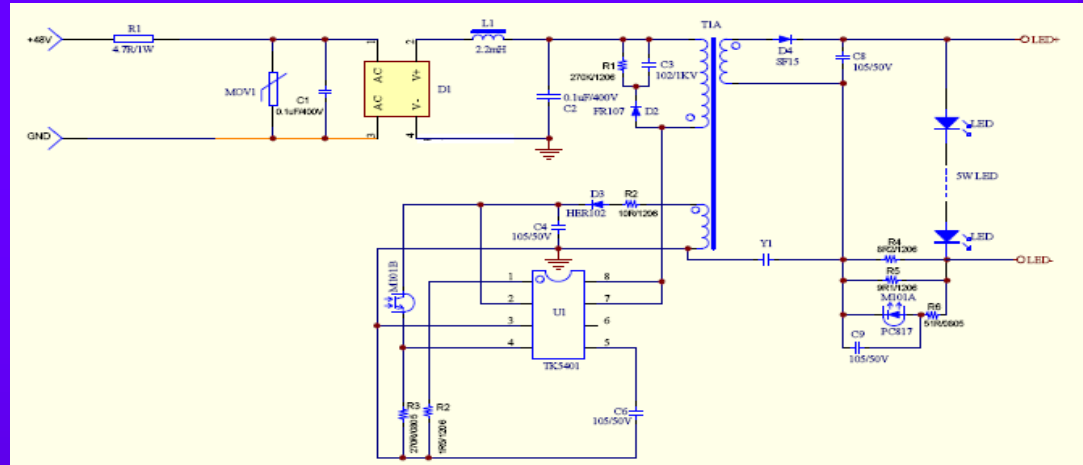
- ◆ PF 是Power Factor的缩写, 指的是功率因数, 是有功功率与视在功率的比值; PFC是Power Factor Corrector的缩写, 指的是功率因数校正; 高功率因数可以: 1) 减小电流谐波; 2.) 增加电力系统容量; 3) 减小线损, 节约电能。低功率因数即代表低的电力效能, 越低的功率因数数值代表越高比例的电力在配送网络中耗损, 若低的功率因数没有被校正, 电力公司除了有功功率外, 还要提供更大的无功功率, 这导致需要更大的发电机、变压器、输电线等, 以补偿损耗。有PFC功能的电源可以改善自身能源使用率, 减小损耗, 也可降低谐波对电网的污染

# AC/DC LED(TK5401电源驱动案)

- 特点:
1. 高低电压过流保护补偿
  2. 内部斜坡补偿电路
  3. 频率抖动功能 (EMI 好)
  4. 前沿消影功能
  5. 过温、过压保护功能
  6. 内置高压启动电路
  7. 不需要电解电容
  8. 高PF值

## 应用

- 灯饰、照明等
- GU10\E27等规格灯杯
- PAR30\PAR38等规格灯杯



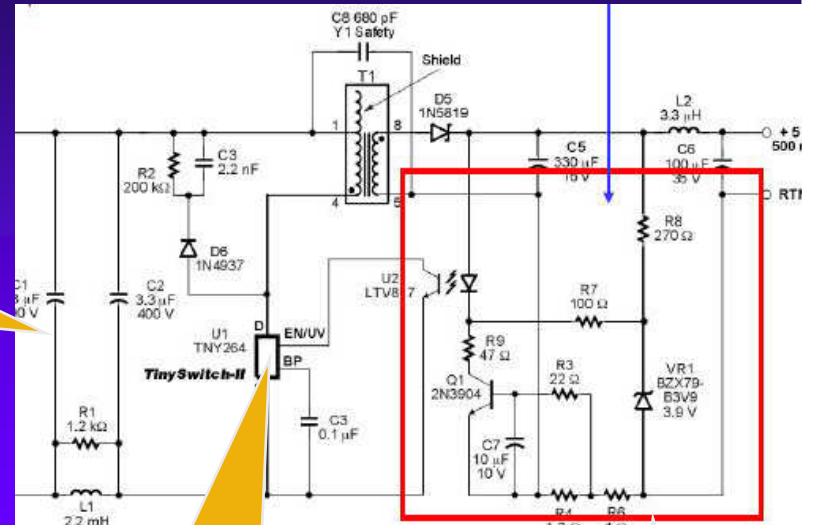


# 应用电路对比



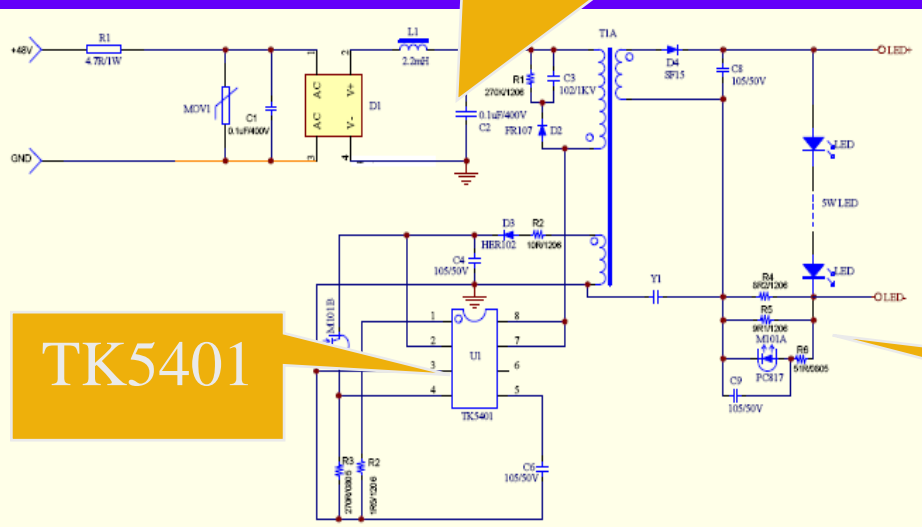
输入电解电容（电源寿命短）

输入供应聚丙烯膜电容（寿命长）



TNY264/PI

反馈电路复杂

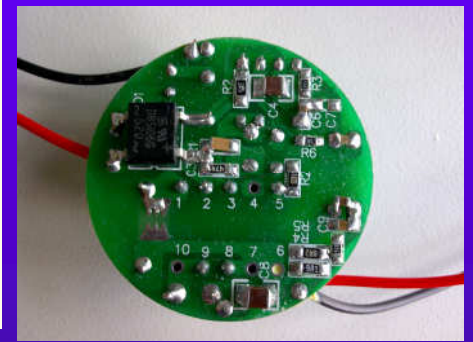
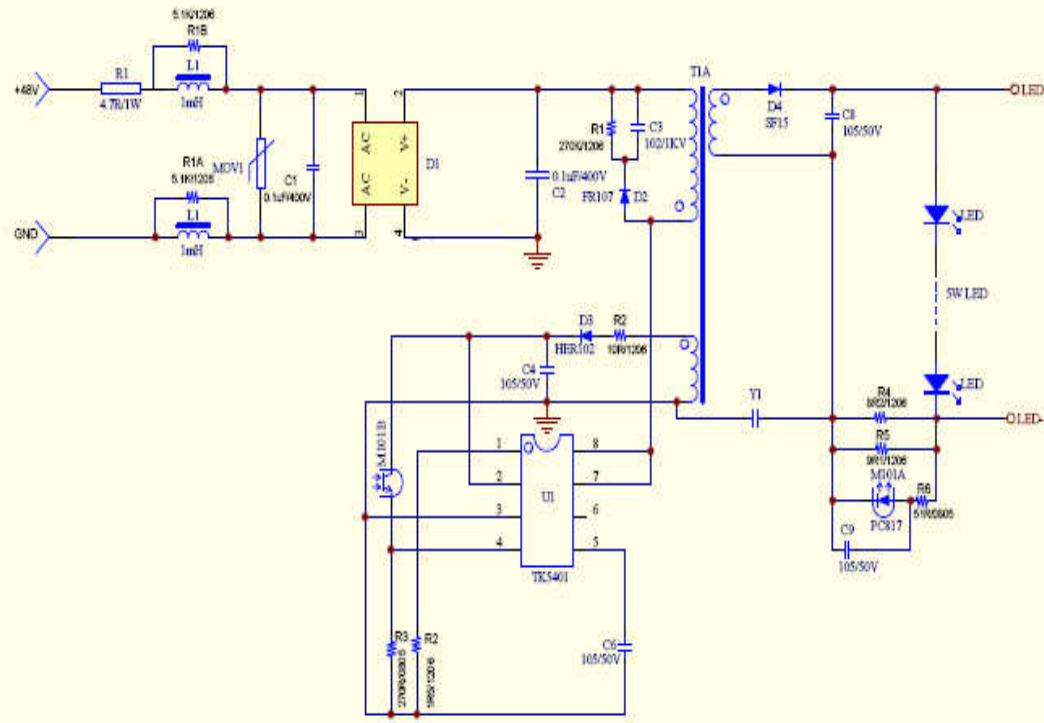


TK5401

反馈电路简单

# TK5401应用于(E27 G10 PAR38)

TK5401 Demo board

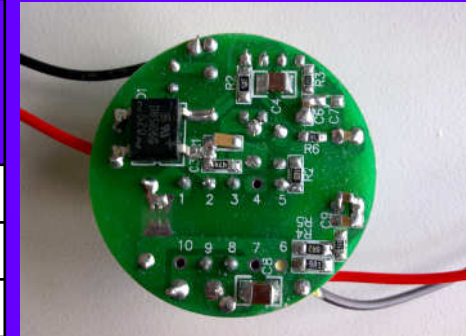


# TK5401 BOM



编号	物料名称	规格
L1	EMI电感	1mH DR6*8
MOV1	压敏电阻	471
D1	整流桥	MB6S
C1、C2	聚丙烯膜电容	104/250V
R1	SMD电阻	470K/1206
R2	SMD电阻	10R/1206
R3	SMD电阻	1.5R/1206
R4	SMD电阻	270R/0805
C6	SMD电容	105/50V
C3	SMD电容	102/1KV
C8	SMD电容	105/50V
R5	SMD电阻	9.1R/1206
C9	SMD电容	105/0805
R6	SMD电阻	51R/0805
15	D4	SF15/DO-41
16	D2	FR107/DO-41
17	D3	HER102/DO-41
18	M101	PC817
	T1	EE16/10PIN
	发黑自攻螺钉	M3×8

只有21个元件容易设计





TK5401不需要电解电容。寿命长。

目前使用的LED驱动器必需使用电解电容，而小型电解电容器的寿命只有几千小时，使用专利IC的驱动器，不必使用电解电容器，寿命达4万小时以上，为原来驱动器寿命的10倍，和LED寿命正好匹配。

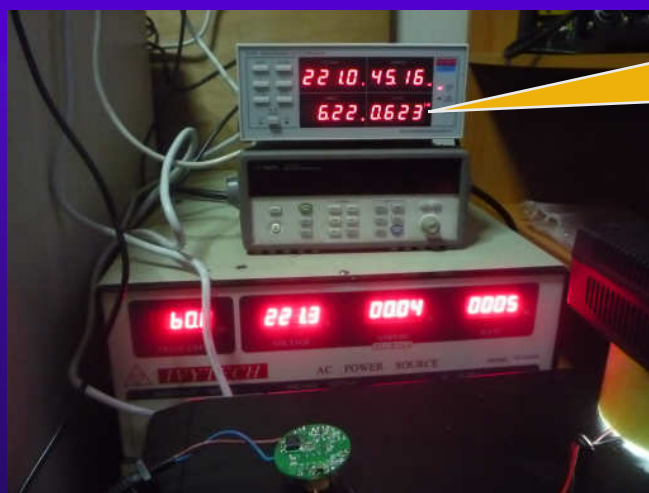
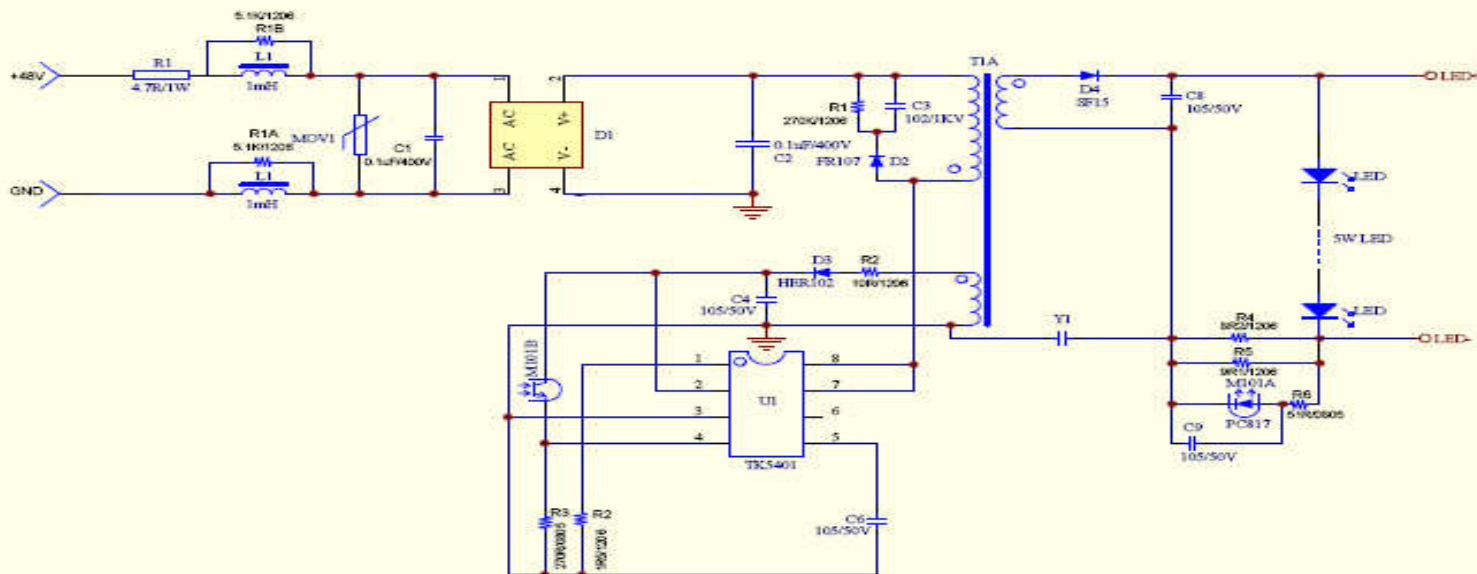
而且专利IC驱动器面积只有原来尺寸的百分之四十，轻易可放进LED灯泡，不必改变灯泡的原来形状，让你的LED灯泡更容易让客户喜爱接受



## TK5401的测试数据(没有加PFC电路的测试数据)

输入电压	效率	输出功率	PF值
90V	0.84	4.7W	0.79
110V	0.83	4.7W	0.78
180V	0.80	4.7W	0.65
220V	0.78	4.7W	0.67

# 没有被动PFC的PF值



220输入  
PF0.62



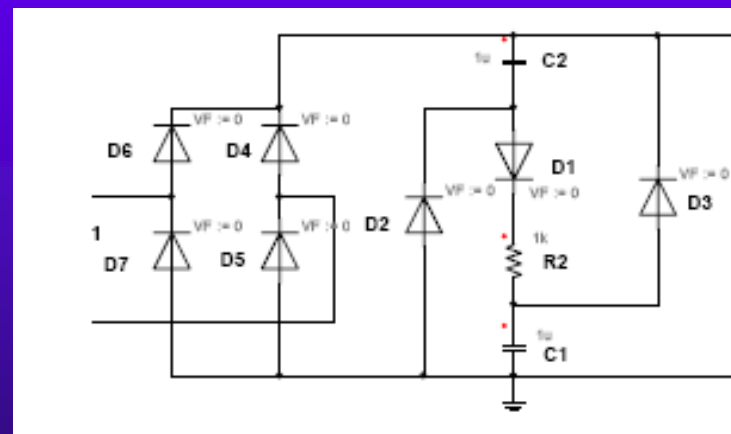
110输入  
PF0.78



## 改善反激电路的功率因数 Improving Power Factor for Flyback Circuits

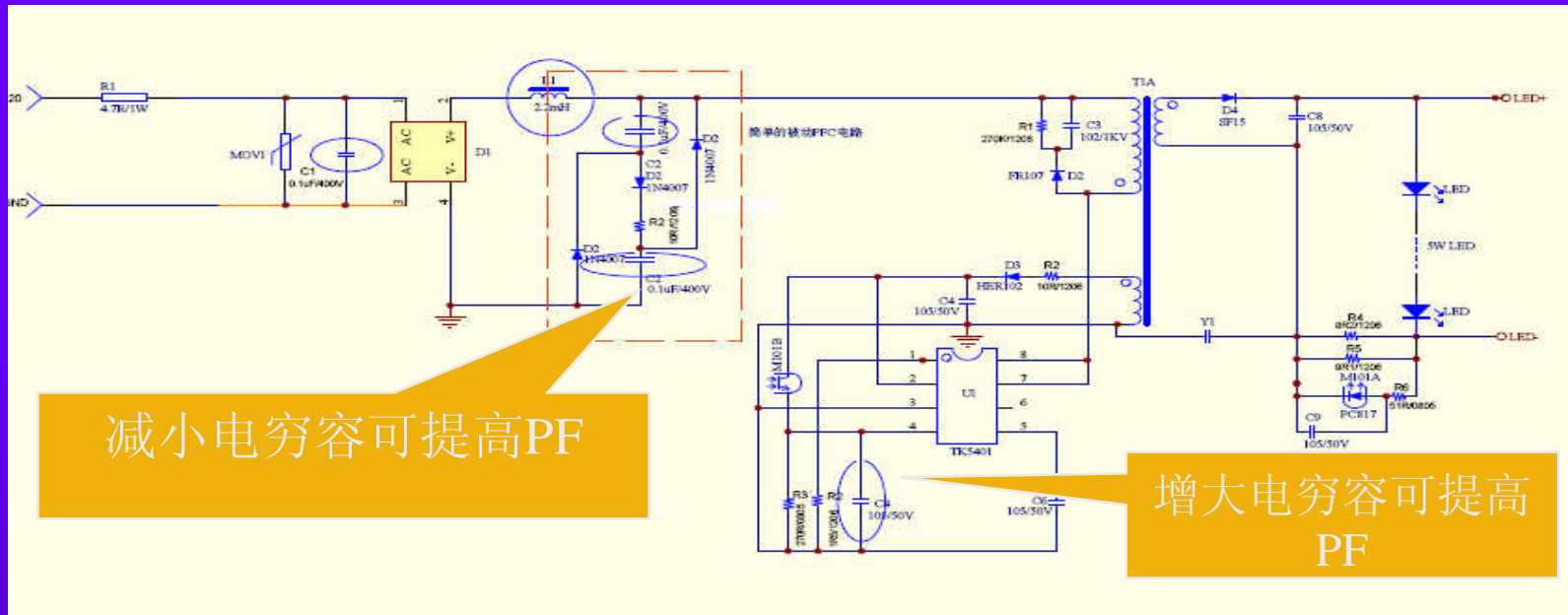
- 传统反激转换器的功率因数约为0.5至0.55 Traditional Flyback converters have a PF of  $\sim 0.5-0.55$
- 将低功率应用的功率因数改善至大于0.7，并不要求采用新拓扑结构，仅需优化电路 Improving this to  $> 0.7$  for low power applications does not require new topologies, just circuit optimization

### – 临界导电模式(CrM)反激 Critical Conduction Mode Flyback



- 对于象街灯这样的大功率应用而言，通常使用专用功率因数控制电路 For high power applications like street lights, a dedicated PFC boost stage is normally used

# 在原电路的基础上增加被动PFC



输入220V  
时可达到  
0.71





# 改善后的PF值

输入电压	效率	输出功率	PF值
90V	0.84	4.7W	0.81
110V	0.83	4.7W	0.78
180V	0.80	4.7W	0.73
220V	0.78	4.7W	0.713



## 纹波电流对LED寿命的影响

- ◆ 由下图可以说明纹波电流对LED影响不是很大。

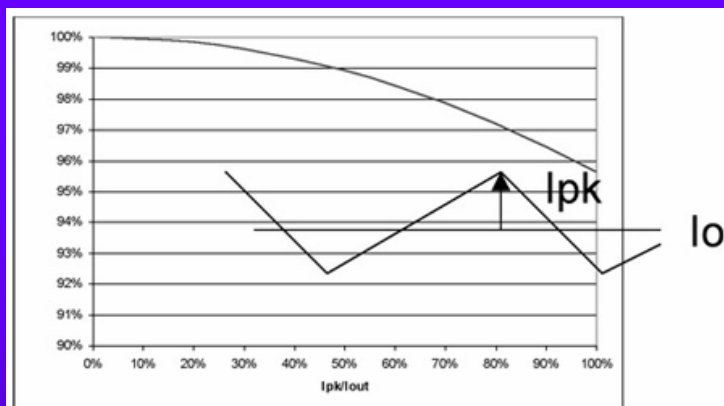


图 3 纹波电流对 LED 光输出的轻微影响

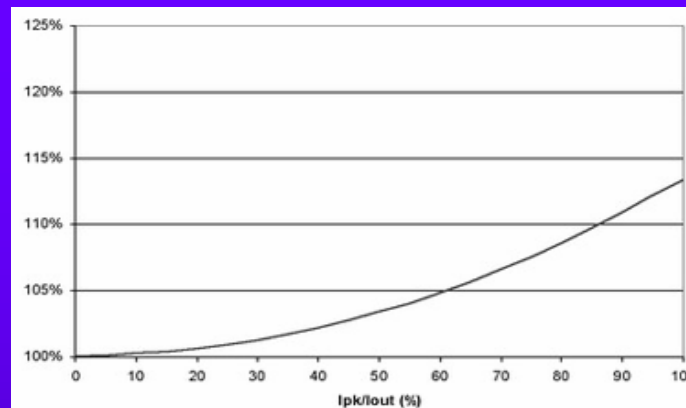


图 4 纹波电流增加了 LED 的功耗

图3 量化显示了由于纹波电流造成的LED功耗的升高。与LED的散热时间常量相比，由于纹波频率较高，因此，高纹波电流(以及高峰值功耗)不会影响峰值结温，它是由平均功耗确定的。LED的高压降如一个电压源，因此，电流波形对功耗没有影响。不过，压降有一个电阻分量，并且功耗由电阻乘以均方根 (RMS) 电流的平方确定。

图4 也阐明了即使在纹波电流较大的时候，对功耗也没有重大影响。例如，50%的纹波电流仅增加不足5%的功率损耗。当大大超过此水平时，需要减小电源的DC电流以保持结温不变，从而维持半导体的使用寿命。经验法则显示，结温每降低10%，半导体使用寿命就会延长两倍。并且，许多设计都倾向于更小的纹波电流，这是因为电感器的限制。绝大多数电感的设计处理能力小于20%的 $I_{pk}/I_{out}$ 纹波电流比率。



## Without E-CAP Ripple current (output current 300mA)

◆ 输入120 输出纹波电流 (74.2mA)



纹波比例28%

输入120 输出纹波电流 (74.2mA)

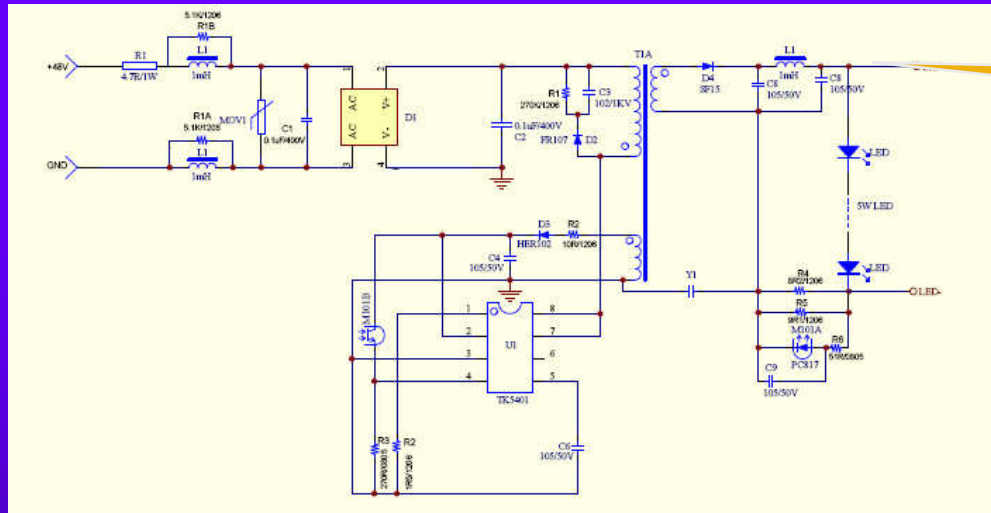


纹波比例28%

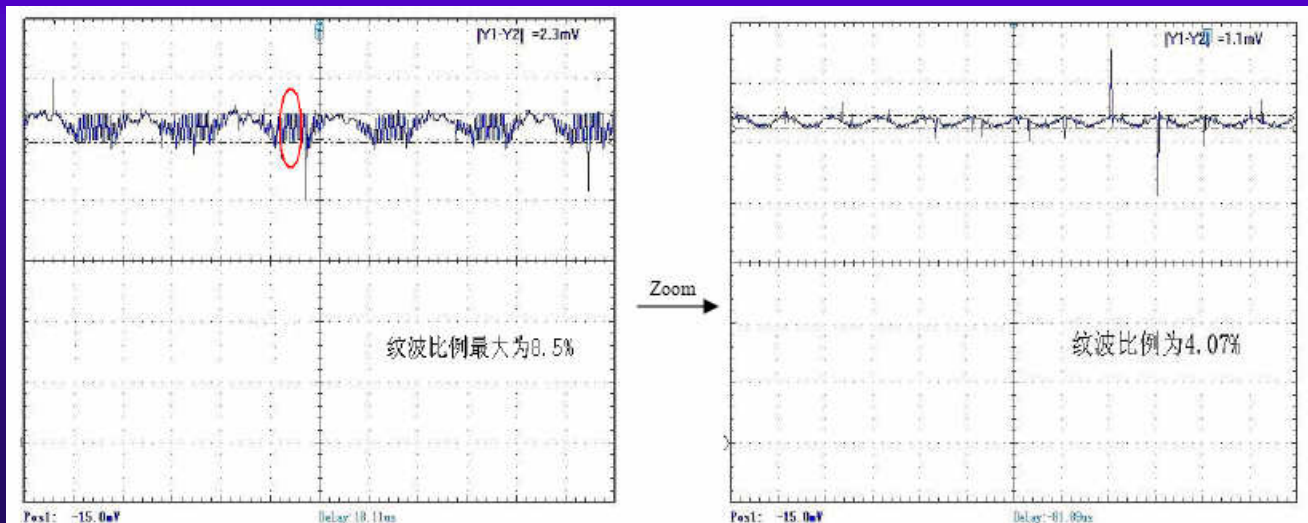
### 低纹波电流要求

也有部分客户要求输出纹波电流很小。通常这类客户用来确认纹波电流是否满足要求的方法是用数码相机去看LED灯在灯亮的时候是否会有光圈，有些日本客户也有类似的要求。关键是最终客户的要求，因为大多数LED灯毕竟只是用于普通照明。但要解决这类问题，请参考以下方案。

# 低纹波电流的设计



选择合适的工字电感。  
可减小纹波电流



# EMI 传导测试数据

