



Silan 士兰微电子

诚信
Faith

忍耐
Endurance

探索
Exploration

热情
Enthusiasm

SD6900 使用手册

(T8 TUBE)

Silan Power Group
Sep 2012
V0.3





内容

- 一. 芯片功能简介
- 二. 典型应用原理图
- 三. 系统设计应用笔记
- 四. **18W-T8**管驱动设计实例



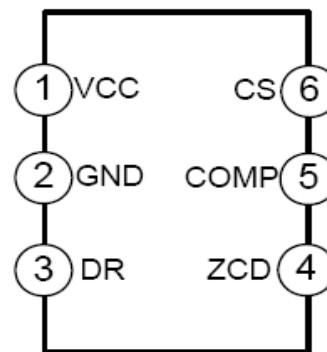


一 芯片简介

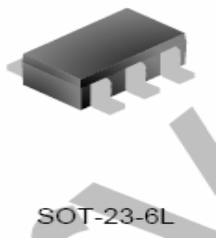
主要特点：

- ◆ 非隔离电路结构 (BUCK)
- ◆ 用于降压 (BUCK)
- ◆ 有源功率因数校正功能 (APFC)
- ◆ 较高的电源转换效率
- ◆ 超低IC启动电流，系统快速启动
- ◆ VCC过压保护，VCC欠压保护
- ◆ LED开路保护，LED短路保护
- ◆ 内置过热保护

管脚排列：



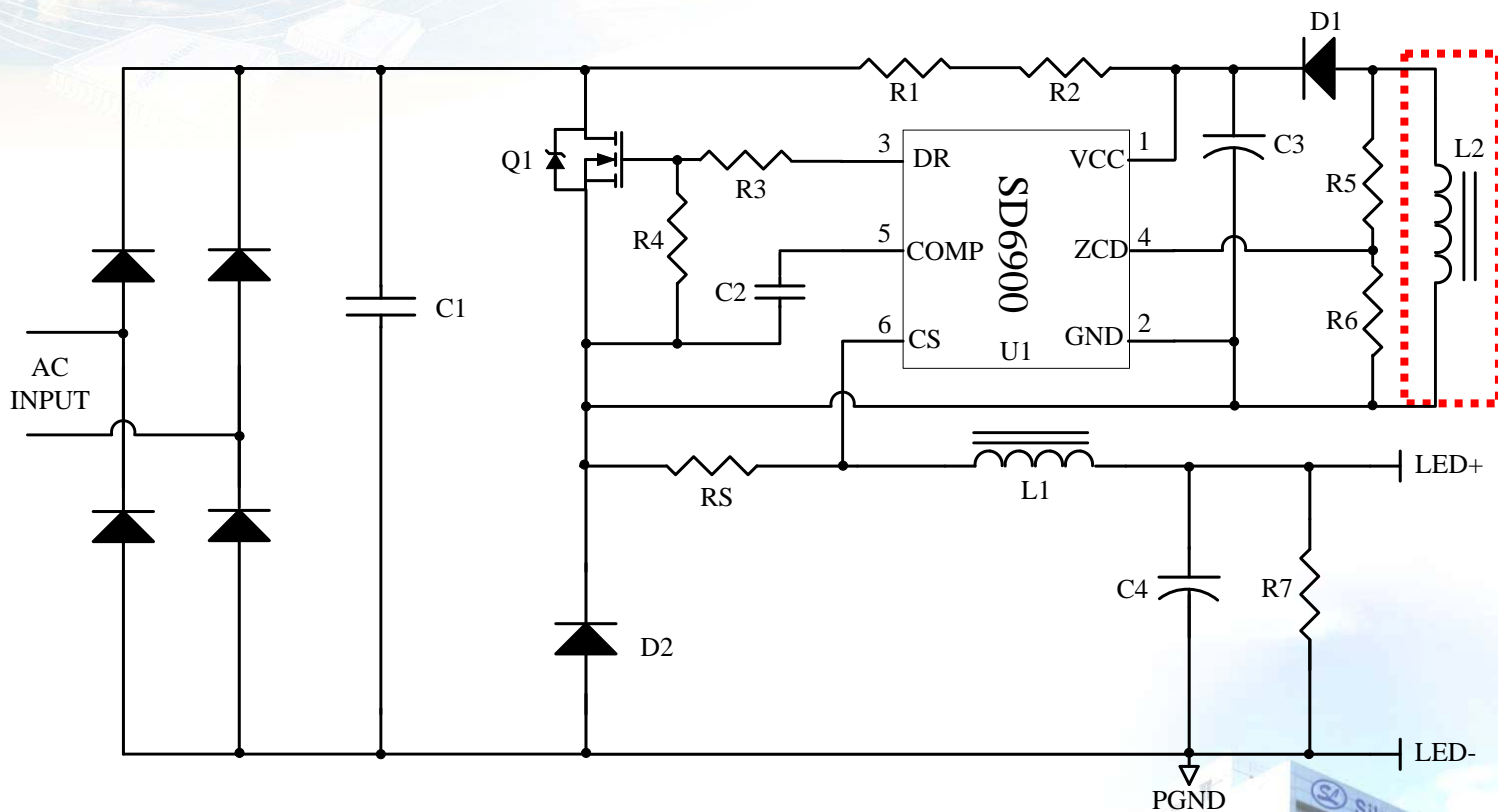
封装形式：SOT-23-6



管脚编号	名称	功能描述
1	VCC	IC供电电源
2	GND	IC地
3	DR	驱动输出，外接功率管栅极
4	ZCD	过零检测输入
5	COMP	跨导放大器输出，外接补偿网络
6	CS	电流采样输入



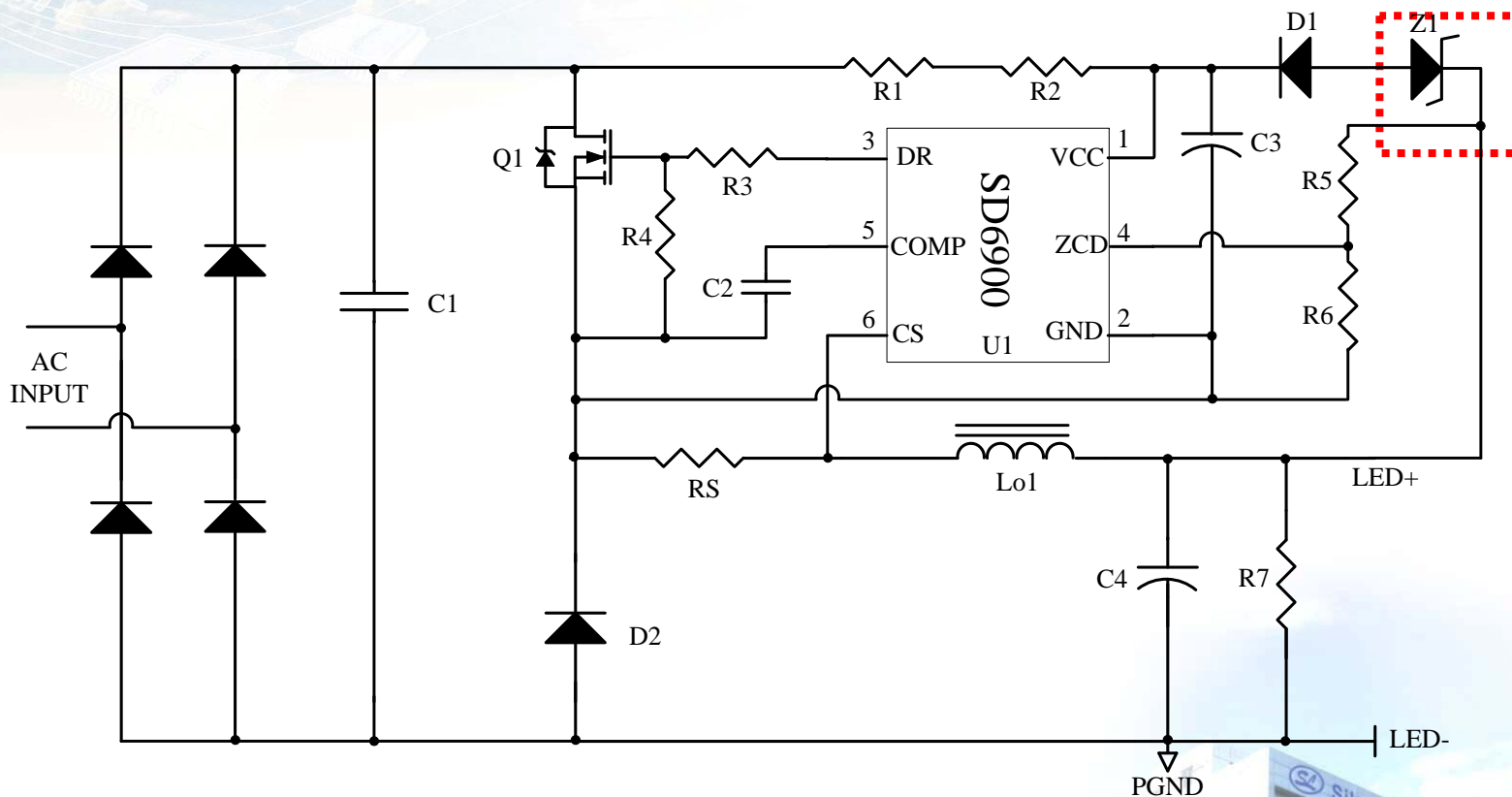
二 典型应用原理图1



Note: VCC供电由输出滤波电感耦合绕组提供, 可应用于输出电压变化范围较宽的驱动电源中。



二 典型应用原理图2



Note: VCC供电由输出电压提供，电路简单，可应用于输出电压变化范围较窄的驱动电源中。



三 系统设计应用笔记

1. VCC设计

Vcc脚是给IC供电脚，在设计时要注意以下几点：

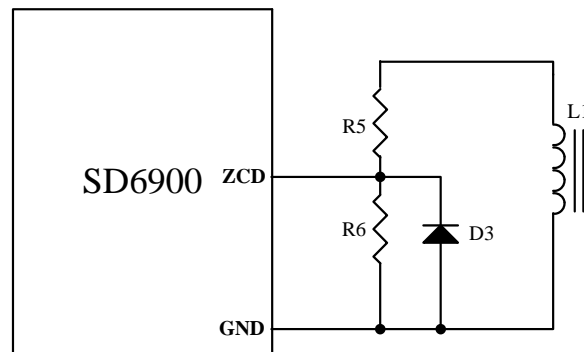
- (1) R1,R2为启动之前给C3充电电阻，取值越小，启动时间越短；一般取200K到500K（每颗），取值过小会影响系统效率
- (2) C3为VCC电容，它起到滤波和储能两个作用。一般取10uF~22uF电解容
取值越大，启动时间越长；取值不能过小，否则启动易发生UVLO。
LAY板时注意尽量靠近IC放置
- (3) 当VCC达到16V时，系统开始工作；当VCC下降到8V时，系统停止工作；
VCC过压保护点为22V(注意VCC电压纹波)。正常工作时，建议把VCC
电压设定在16V左右
- (4) VCC可由电感辅助绕组供电，也可由输出端直接供电；
辅助绕组供电时，系统启动较快，且输出电压变化范围较宽；由输出
直接供电，系统设计简单，但效率有所下降且输出电压变化范围不宽
- (5) VCC辅助绕组供电回路中，建议增加一颗电阻，可以减小辅助
源二极管正向峰值电流，同时可以防止由开关噪声引起的VCC过高



三 系统设计应用笔记

2. ZCD脚设计

(1) ZCD脚为“零电流开通检测”输入端，典型应用电路如右图所示。当此脚电位低于内部基准Vref时，IC内部将驱动输出（DR脚）置高，开通MOS管，使系统工作在临界连续模式。



(2) LED开路保护，当ZCD电压高于内部基准时(4V)，则认定为输出处于开路状态并保护，且可以自动恢复。用于控制输出空载/开路时的输出电压。建议在设计此电路时，满足下面公式（R6取100K以下即可）：

$$3.7 \leq \frac{R5}{R6} \leq 4.2$$

(3) LED短路保护，当ZCD电压低于内部基准且超出内部设定时间，IC就会认为输出处于短路状态。关闭系统，等待VCC重起。

(4) 建议在下分压电阻R6上并联一颗FR107二极管（表贴），如果图所示。



三 系统设计应用笔记

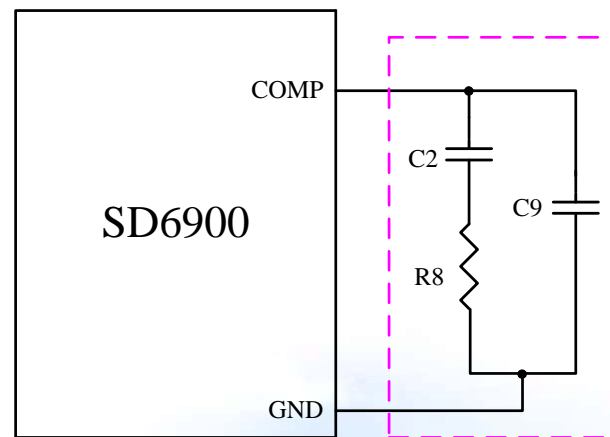
3. COMP脚设计

(1) COMP脚为内部跨导放大器输出端，外接电容器作补偿。建议在LAY板时，在空间许可的前提下，采用下图所示电路结构，可以消除由于LAY板不合理带来的高频噪声影响。

若空间较小，可将C9去掉。

(2) 电容C2取值，一般建议在 $1\mu\text{F}\sim 4.7\mu\text{F}$ 之间；电容C9取值，一般建议在 $47\text{pF}\sim 1\text{nF}$ 之间；电阻R8取值，一般建议在 $0\sim 2.2\text{K}$ 之间。

(3) 所有补偿电路元件都要靠近IC的COMP脚放置，不可距离太远，否则有可能会造成系统不稳定等现象。

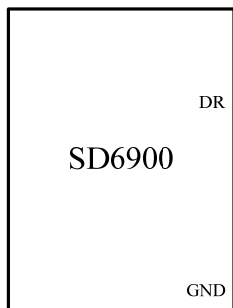




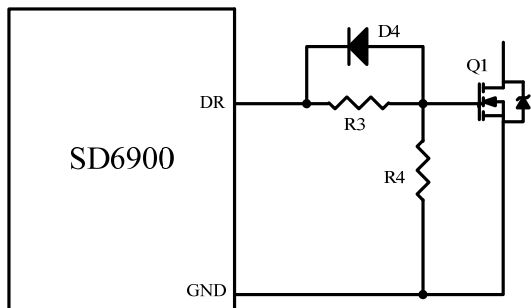
三 系统设计应用笔记

4. DR脚设计

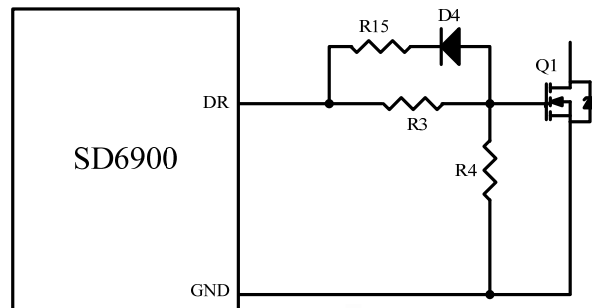
DR脚为IC驱动输出脚，外接MOSFET门极，控制外部MOS管的开通与关断外围应用电路，可采用下图所示的几种电路结构：



(A)



(B)



(C)

电路(A)，电路结构简单，但调试不灵活，R3取值一般在100Ω以下；

电路(B)，在R3并联二极管，用于提高系统效率，同时可能造成EMI问题。

R3取值在100Ω以下，二极管一般用1N4148即可。

电路(C)，电路最复杂，但相对最为灵活，容易在EMI,效率之间找到平衡点。同时以上电路中，R4取值建议在10K~20K即可。



三 系统设计应用笔记

5. CS脚设计

(1) CS为电感电流采样输入脚，用于控制输出LED电流，典型输出电流计算公式，参考下面：

$$I_o = \frac{0.17}{R_s}$$

若输出电流值已经确定，同样可以根据公式求出需要的采样电阻值（Rs）

6. GND脚设计

(1) GND为芯片接地脚，应用时接到MOS管的源极和二极管的阴极。走线要尽可能的短。





三 系统设计应用笔记

7. 输出滤波电感设计

输出滤波电感的设计，请参考下面简单设计流程：

已知条件：

输入电压范围：Vin_min, Vin_max

输出电压范围：Vo_min, Vo_max

输出电流：Io 效率： η 最低开关频率：fs_min

电感最大峰值电流（MOS管最大峰值电流，二极管最大正向电流），可表示为：

$$I_{pk} := \frac{P_o \cdot \pi (\sqrt{2} V_{ac} - V_o)}{\eta \cdot \left[\sqrt{2} \cdot V_{ac} \cdot V_o \cdot \cos(\theta) - V_o^2 \cdot \left(\frac{\pi}{2} - \theta \right) \right]} \quad \text{(公式1)}$$

$$P_o = V_{o_max} \cdot I_o \quad \theta := \arcsin \left[\frac{V_o}{(\sqrt{2} V_{ac})} \right]$$





三 系统设计应用笔记

可以确定输出电感的感量为：

$$L_o = \frac{\eta \cdot V_o \cdot \left[\sqrt{2} \cdot 90 \cdot V_o \cdot \cos(\theta) - V_o^2 \cdot \left(\frac{\pi}{2} - \theta \right) \right]}{f_{S_min} \cdot P_o \cdot \pi \cdot \sqrt{2} \cdot 90} \quad (\text{公式2})$$

在Vin峰值处的系统开关频率，可参考下面公式：

$$f_s = \frac{\eta \cdot V_o \cdot \left[\sqrt{2} \cdot V_{ac} \cdot V_o \cdot \cos(\theta) - V_o^2 \cdot \left(\frac{\pi}{2} - \theta \right) \right]}{L_o \cdot P_o \cdot \pi \cdot \sqrt{2} \cdot V_{ac}}$$





三 系统设计应用笔记

根据最大峰值电流(I_{pk}), 磁芯有效面积(A_e)以及最大磁通密度 B_{max} , 可以确定输出电感线圈匝数:

$$N_P = \frac{L_O \cdot I_{PK}}{A_e \cdot B_{max}}$$

线径选择考虑以下因素,

- 1, 磁芯窗口面积,
- 2, 系统效率/变压器温升
- 3, 电感电流, 按最大 $5A/mm^2$ 来设计

根据前面计算得到的数据, 以及按 $V_{CC}=16V$ 来设计的话, 电感辅助绕组匝数可按下面公式计算:

$$N_S = \frac{V_{CC} \cdot N_P}{V_O} \quad \text{或} \quad N_S = \frac{16 \cdot N_P}{V_O}$$

若输出电压范围要增宽, 可以适当增大 V_{CC} 最高工作电压值, 但建议不要超过 $18V$ 。

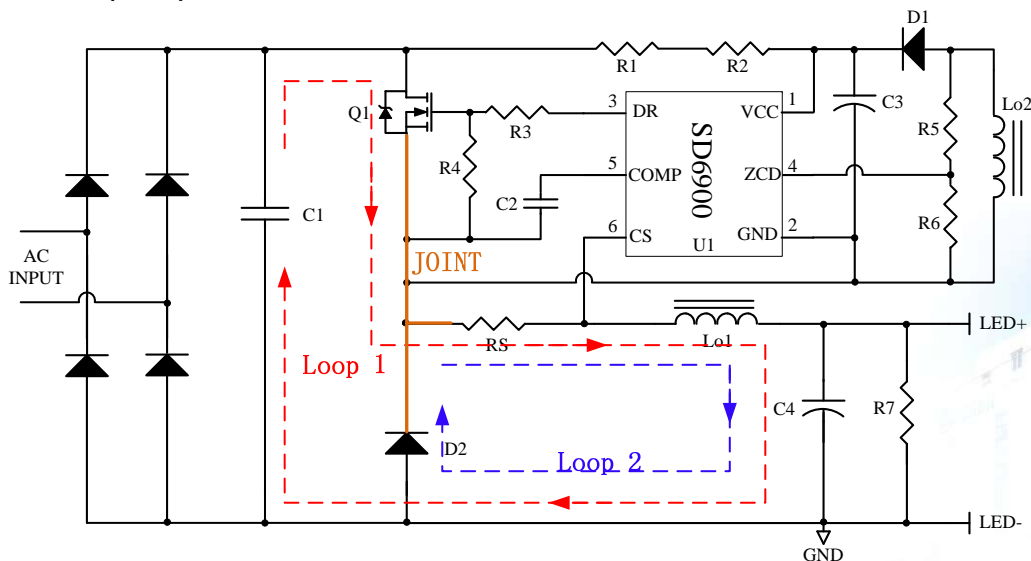




三 系统设计应用笔记

7. PCB LAYOUT及EMI注意事项

- (1) CS采样电阻要靠近IC采样脚，同时采样路径要尽可能的短
- (2) 芯片COMP脚附件或下面尽量不要走高频高压线
- (3) MOS管源极与整流二极管阴极连接端（Floating Ground）面积要小
- (4) 主功率回路(Loop1&Loop2)路径要尽可能短，LAY板时，可以将整流桥后电容(C1)靠近MOS管及二极管侧放置





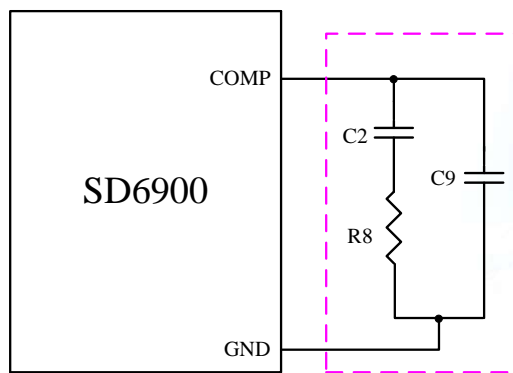
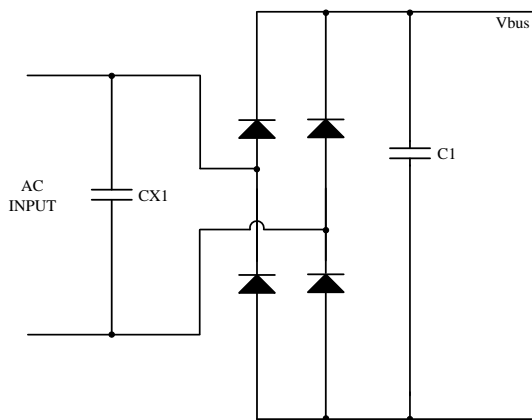
三 系统设计应用笔记

8. 系统功率因数 (PF) 设计

系统的PF值的大小，主要受到两个因素的影响，其一是AC输入端总容值的大小；其二是IC补偿网络。

(A) AC输入总容值，包括整流桥前面的差模电容 (CX1)和后面的滤波电容 (C1)，在输出功率固定前提下，容值总和越大，系统PF值就越低;总和越小，PF越高

(B) 补偿网络，包括C2,C9和R8。C9在某些系统中可以省去，而且它也不会影响PF值;C2取值越大，PF越高，;R8取值越小，PF越高。





三 系统设计应用笔记

9. 其它设计注意事项

- (1) MOS管以及续流二极管都建议选用600V耐压，因为在高压输入时(265VAC)，开机或输入打火时，都会造成电压尖峰。
- (2) 输出滤波电容在选用时，除了考虑耐压之外，还要考虑输出电流的纹波要求;若要求输出电流纹波小，则需要的电容值就大。主要根据不同的应用需求来确定。
- (3) 由于有源功率因数校正控制，输入电容容量较小。一般选取68nF~220nF之间（根据输出功率确定,输出功率增大，容值相应增大）。
- (4) 输出电感的辅助绕组尽可能与主电感耦合好。同时，还可以选择中心抽头的供电方式。
- (5) 输出端建议并联一颗较大电阻，以防止空载电压过高，比如100K~200K。
- (6) IC内部有限制最高频率功能，在某些系统中，由于效率，电感发热等因素的限制，输入高压的情况下，系统开关频率被限制，系统就会出现断续现象，属于正常现象，不影响整机性能。



四 18W T8管驱动设计实例

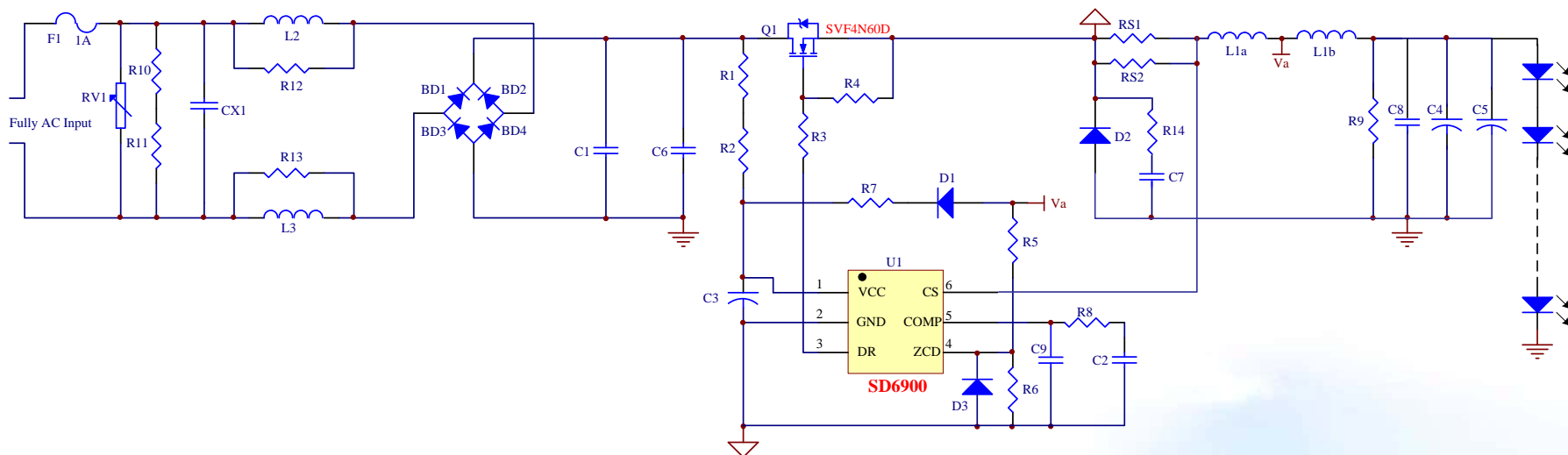
1. 驱动电源规格

	Min	典型值	Max	优势
输入电压 (V)	90	115-230	265	支持全电压输入
输出: 电压 (V) 电流 (mA) 功率 (W)	44	76 240 18	80	输出电压变化宽 恒流精度高
PF (110Vac, 满载) (220Vac, 满载)	>0.90	0.96 0.94		高PF
效率 (110V, 满载) (220V, 满载)	>90 %	>92.0% >91.0%		高效率
保护 输出开路保护 输出短路保护		YES YES		保护功能全
电感镇流器	可兼容所有电感镇流器			
EMC	Meet EN55015B			无需要输入/输出 共模电感, 无需磁珠



四 18W T8管驱动设计实例

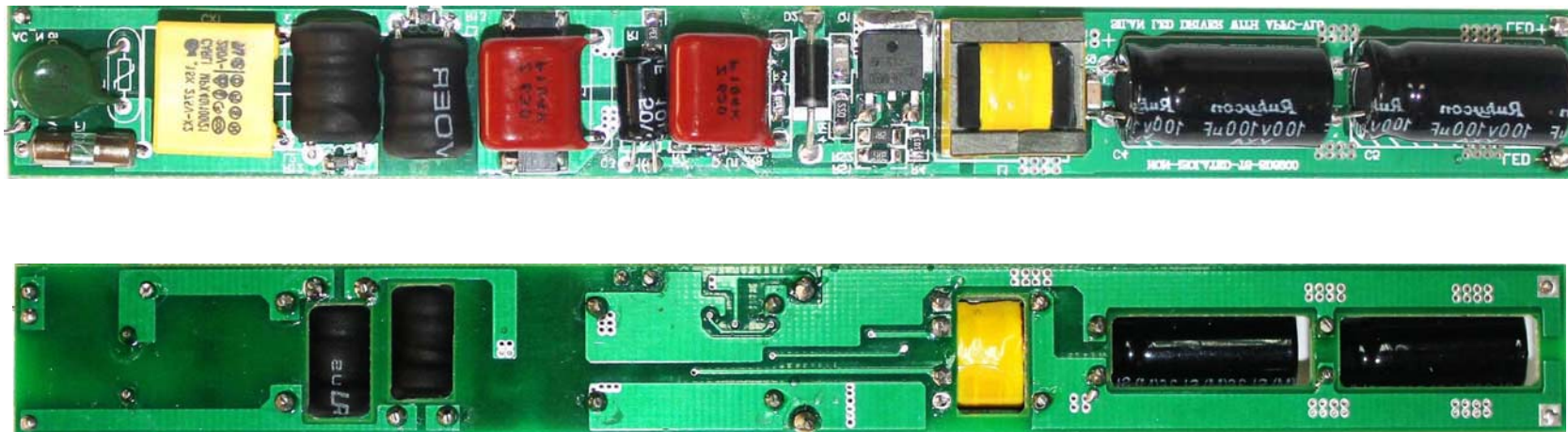
2. 系统原理图





四 18W T8管驱动设计实例

3. 电源外观图





四 18W T8管驱动设计实例

4. BOM表

No.	Symbol	Qty.	Description	Vendor
1	R1,R2	2	330K 1206 0.25W	
2	R3	1	22R 0805 0.125W	
3	R4	1	20K 0805 0.125W	
4	R5	1	150K 0805 0.125W	
5	R6	1	36K 0805 0.125W	
6	R7	1	10R 0805 0.125W	
7	R8	1	510R 0805 0.125W	
8	R9	1	200K 1206 0.25W	
9	R10,R11	2	2M 1206 0.25W	
10	R12,R13	2	4.7K 0805 0.125W	
11	R14	1	22R 1206 0.25W	
12	RS1	1	1R 1206 0.25W	
13	RS2	1	2.4R 1206 0.25W	
14	RV1	1	07D471	
15	C1,C6	2	100nF 630V Film	



16	C2	1	2.2 μ F 10V X7R 1206	TDK
17	C3	1	10 μ F 50V Aluminum Electrolytic Capacitor	
18	C4,C5	2	100 μ F 100V Aluminum Electrolytic Capacitor	
19	C7	1	100pF 1000V 1206	
20	C8	1	100nF 400V 1206	
21	C9	1	Not Used	
22	CX1	1	0.15uF 275Vac Film	
23	BD1,BD2, BD3,BD4	4	1N4007 SMD	
24	D1	1	BAV21W	
25	D2	1	MUR460 600V 4A	
26	D3	1	Not Used	
27	L2,L3	2	2.2mH 0.5A 8*10cm	
28	L1	1	EPC13	
29	U1	1	SD6900 APFC & LED Driving controller	SILAN
30	Q1	1	High-voltage MOSFET SVF4N60D TO-252	SILAN
31	F1	1	1A FUSE	N/A



四 18W T8管驱动设计实例

5. 输出电感设计(L1)

电感峰值电流:

根据公式1, 可以算出低压90V输入时的电感最大峰值
电流为: $I_{pk} = 1.43(A)$

电感感量 (最低开关频率 $f_{s \min} = 37K$):

根据公式2, 可以算出低压90V输入时的电感感量为:
 $L1 = 0.56(mH)$

电感线圈匝数 ($B_{max} = 0.3T, A_e = 12.5mm^2(EPC13)$):

$$N_p = \frac{L1 \cdot I_{pk}}{B_{max} \cdot A_e} \approx 210(\text{匝})$$

辅助绕组匝数 ($V_{cc} = 16V$):

$$N_s = \frac{V_{CC}}{V_o} \cdot N_p = 42(\text{匝})$$





四 18W T8管驱动设计实例

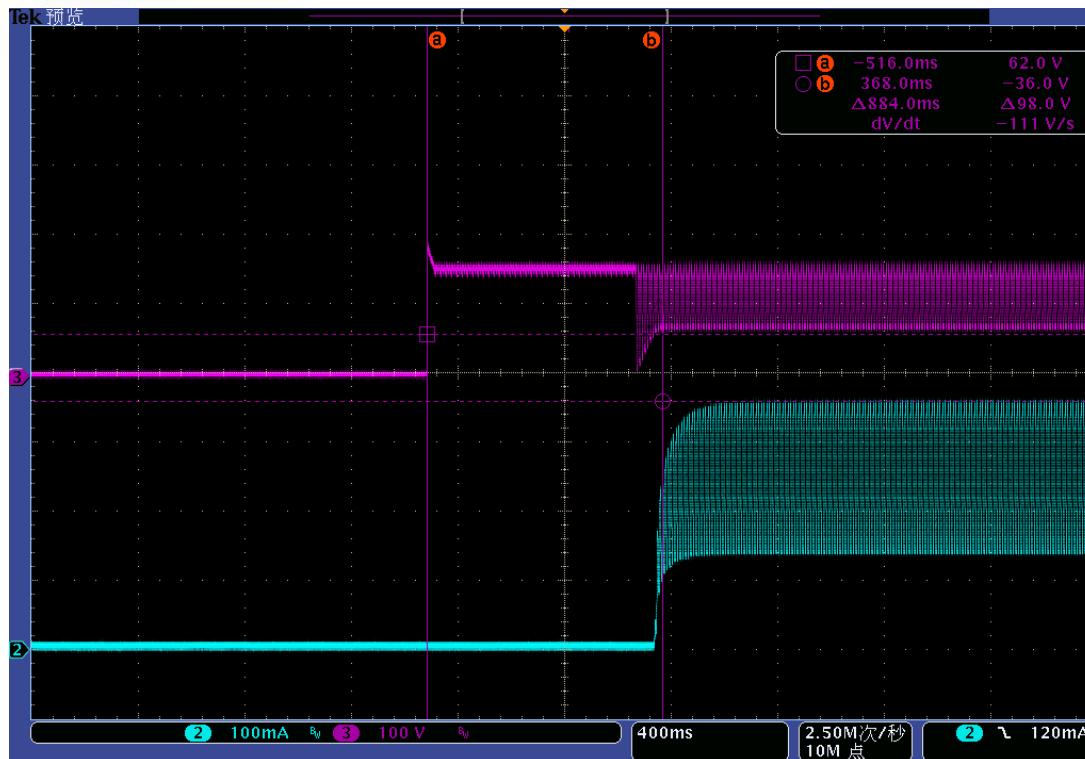
5. 输出电感设计(L1)

电感设计图		Silan	
适用机型	80V/240mA(T8)	磁芯规格	EPC13(直插)
顶视图		电气性能	
		电感量测试	
		测试脚	1脚与10脚之间
		测试频率	10K
		测试电压	1.0V
		电感量要求	0.56mH (+/-5%)
		其它注意事项	
		黑点脚, 表示不需要脚, 可剪去	
电感线圈绕制方法			
<p>1, 从10脚起, 8脚停. 用线径0.21mm一根顺绕, 168匝。</p> <p>2, 从8脚起, 1脚停. 用线径0.21mm一根顺绕, 42匝, 然后加两层绝缘胶带。</p> <p>3, 再从8脚直接跳线到4脚, 然后加两层绝缘胶带。</p>			



四 18W T8管驱动设计实例

6. 关键波形测试

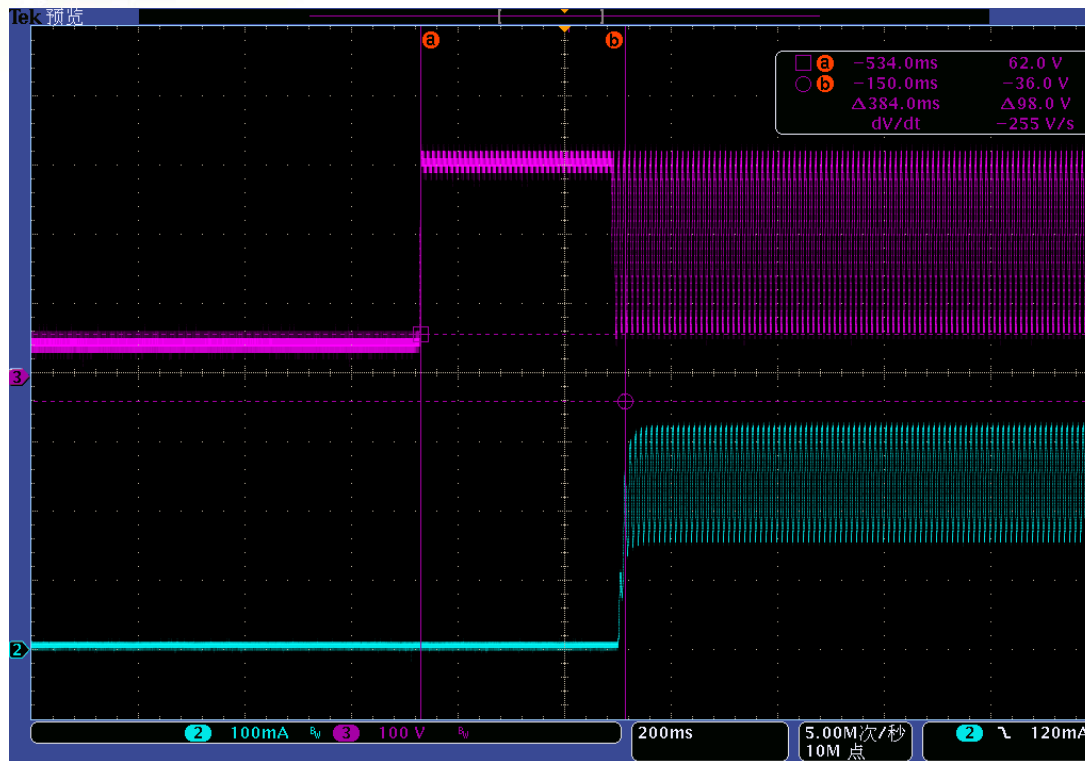


115V时，系统开机波形，启动时间为884mS
通道3（上）输入电压；通道2（下）为LED电流



四 18W T8管驱动设计实例

6. 关键波形测试

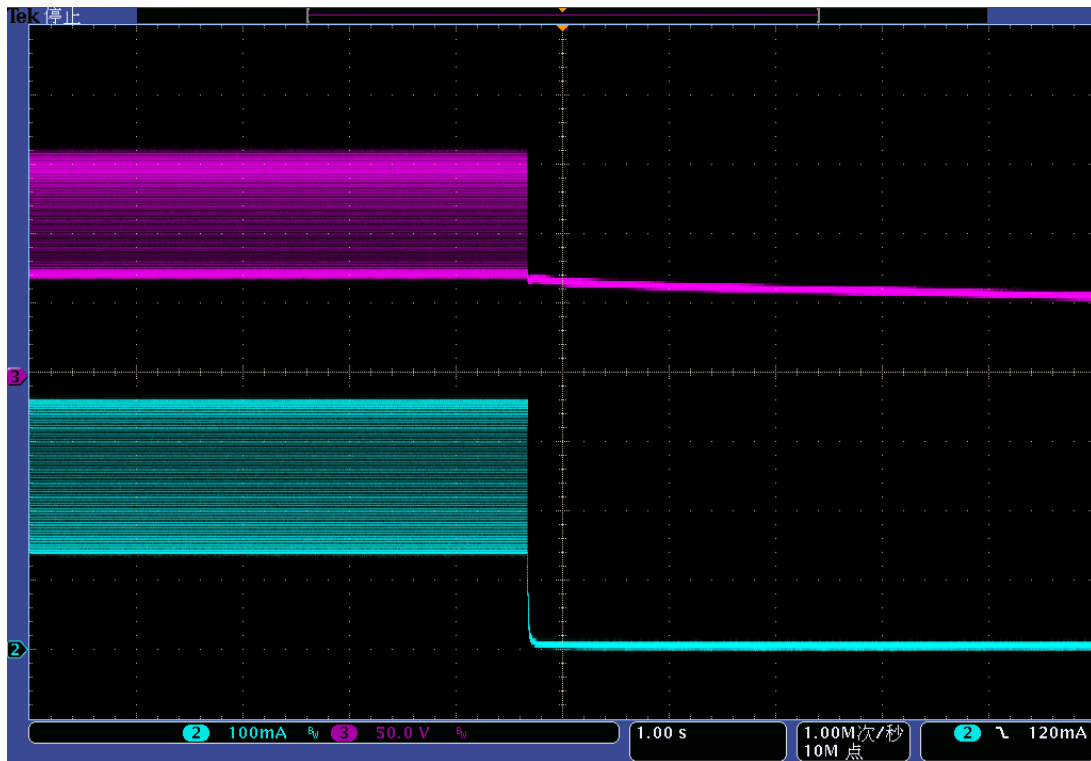


230V时，系统开机波形，启动时间为384mS
通道3（上）输入电压；通道2（下）为LED电流



四 18W T8管驱动设计实例

6. 关键波形测试



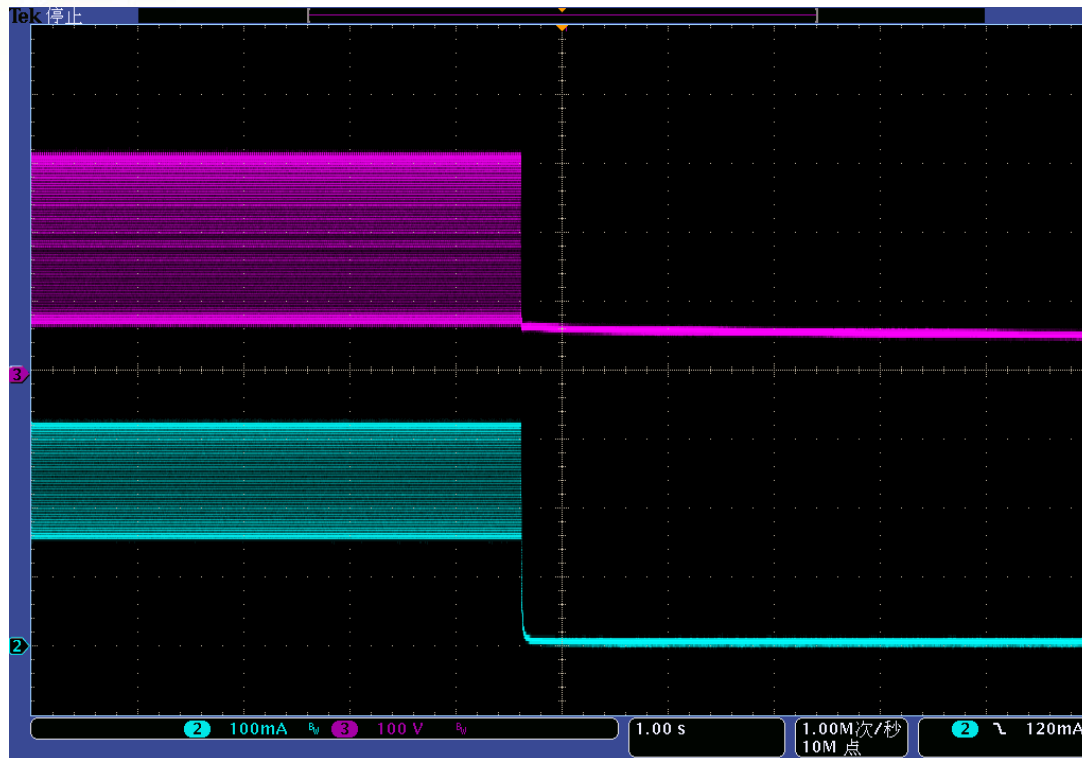
115V时，系统关机波形

通道3（上）输入电压；通道2（下）为LED电流



四 18W T8管驱动设计实例

6. 关键波形测试



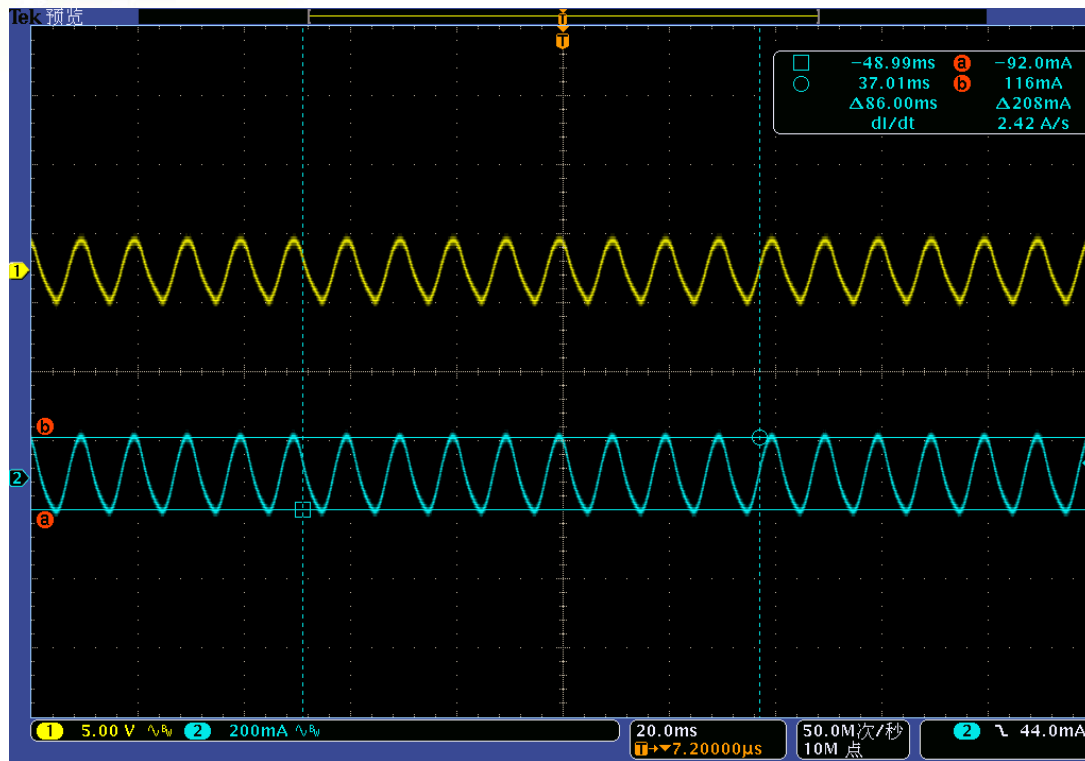
230V时，系统关机波形

通道3（上）输入电压；通道2（下）为LED电流



四 18W T8管驱动设计实例

6. 关键波形测试

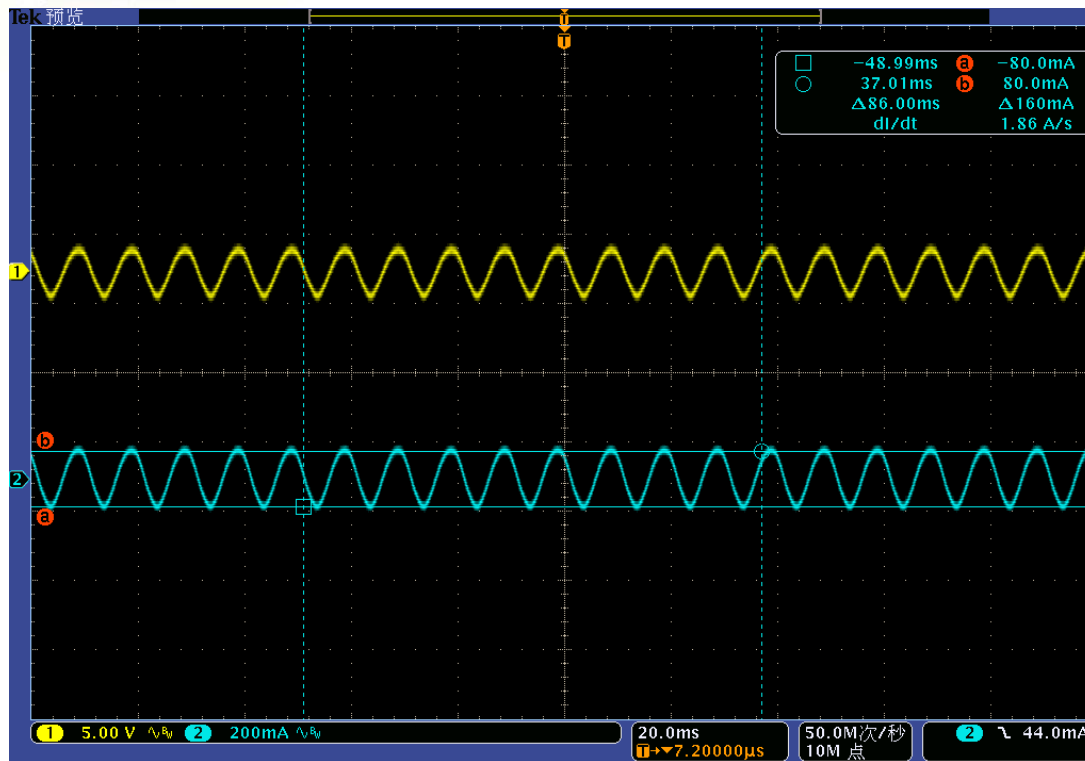


115V时，LED电压及电流纹波
通道1（上）LED电压；通道2（下）LED电流



四 18W T8管驱动设计实例

6. 关键波形测试



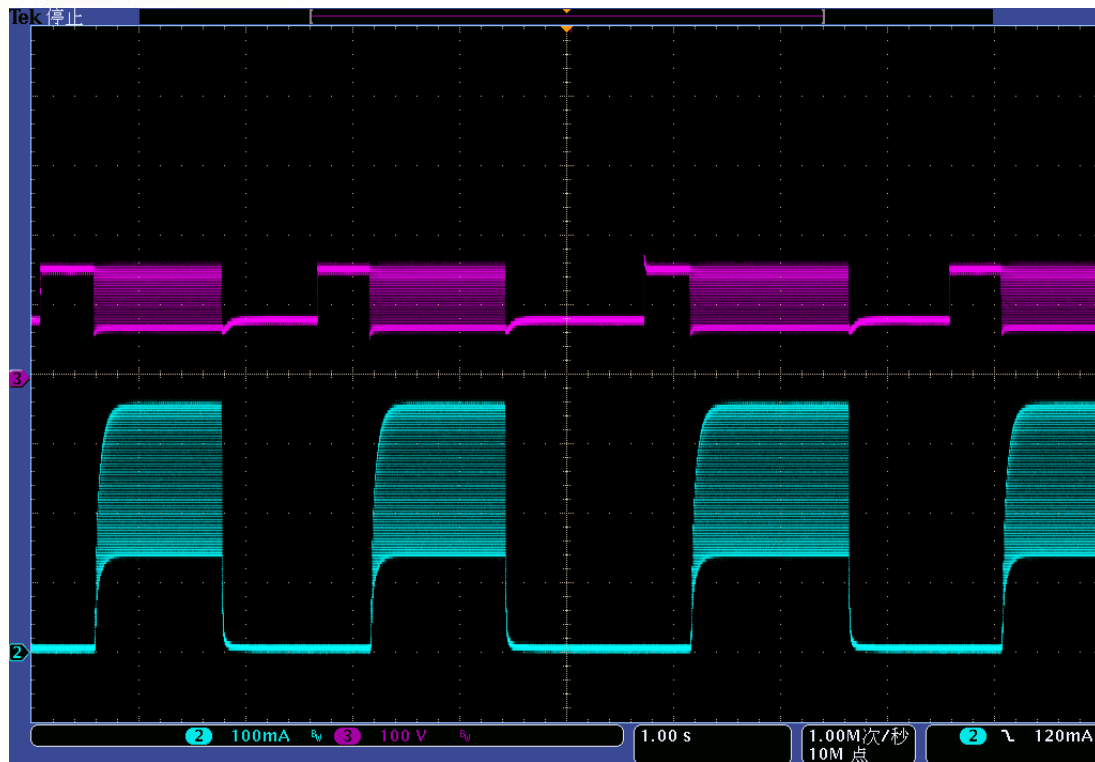
230V时，LED电压及电流纹波

通道1（上）为LED电压；通道2（下）为LED电流



四 18W T8管驱动设计实例

6. 关键波形测试



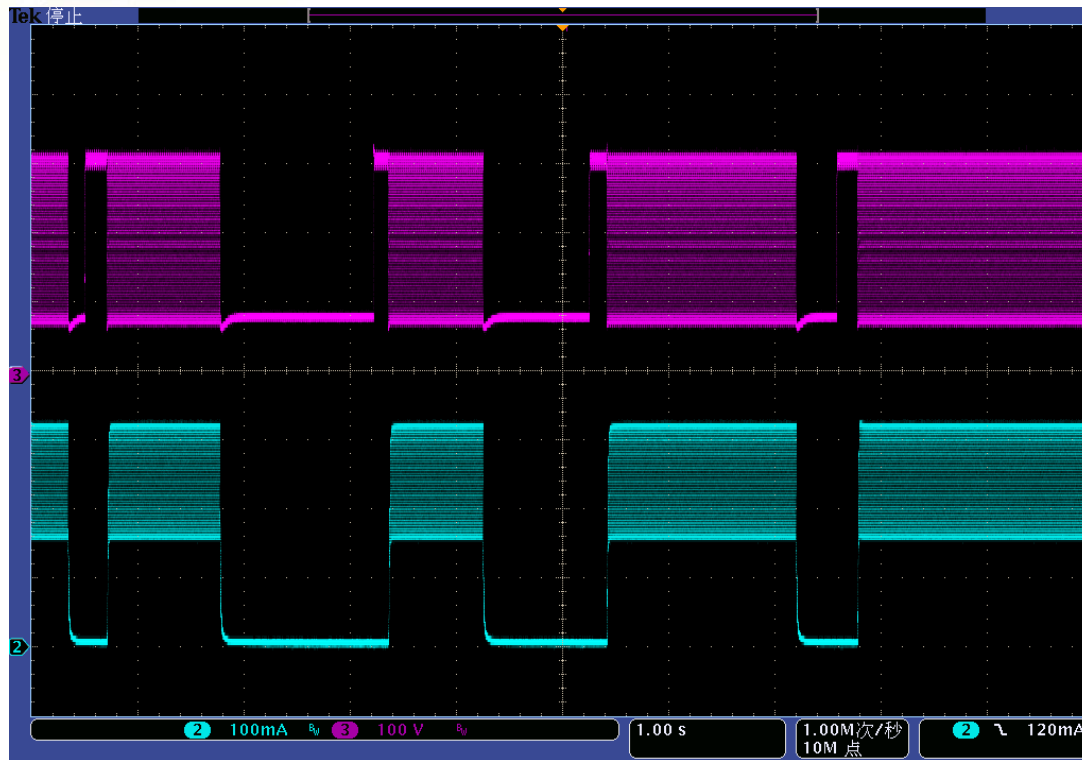
115V时，连续快速开/关机测试

通道3（上）为输入电压；通道2（下）为LED电流



四 18W T8管驱动设计实例

6. 关键波形测试



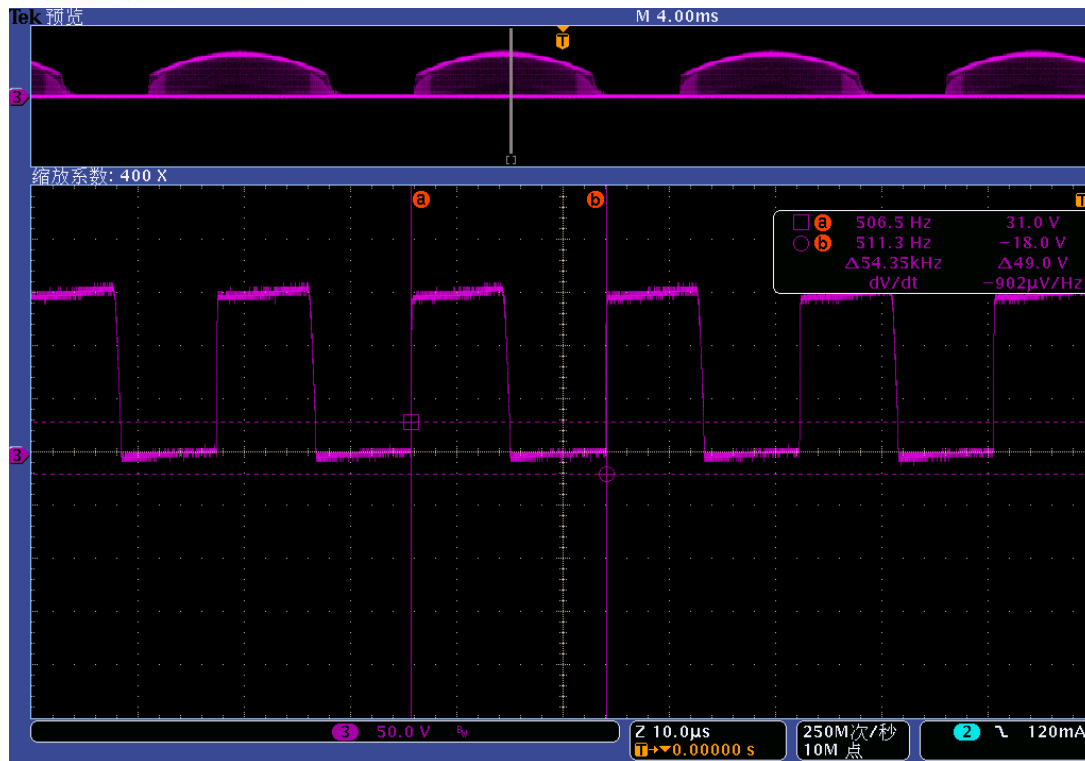
230V时，连续快速开/关机测试

通道3（上）为输入电压；通道2（下）为LED电流



四 18W T8管驱动设计实例

6. 关键波形测试

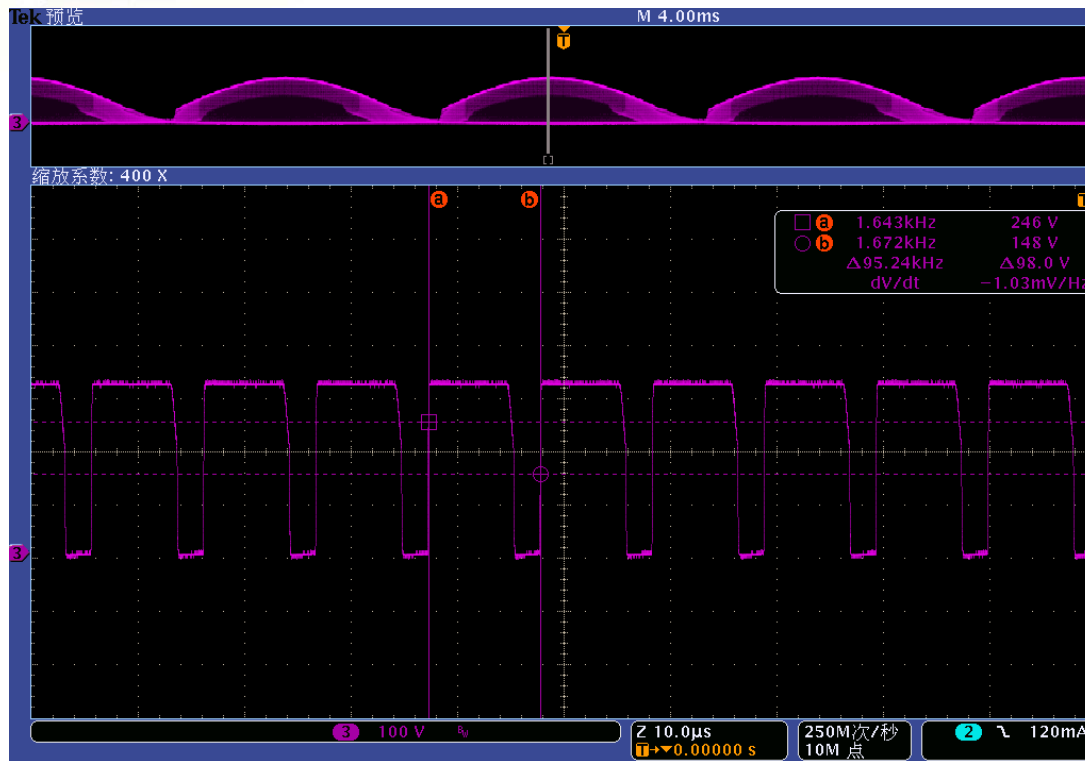


115V时，MOS管VDS电压（稳态工作）



四 18W T8管驱动设计实例

6. 关键波形测试

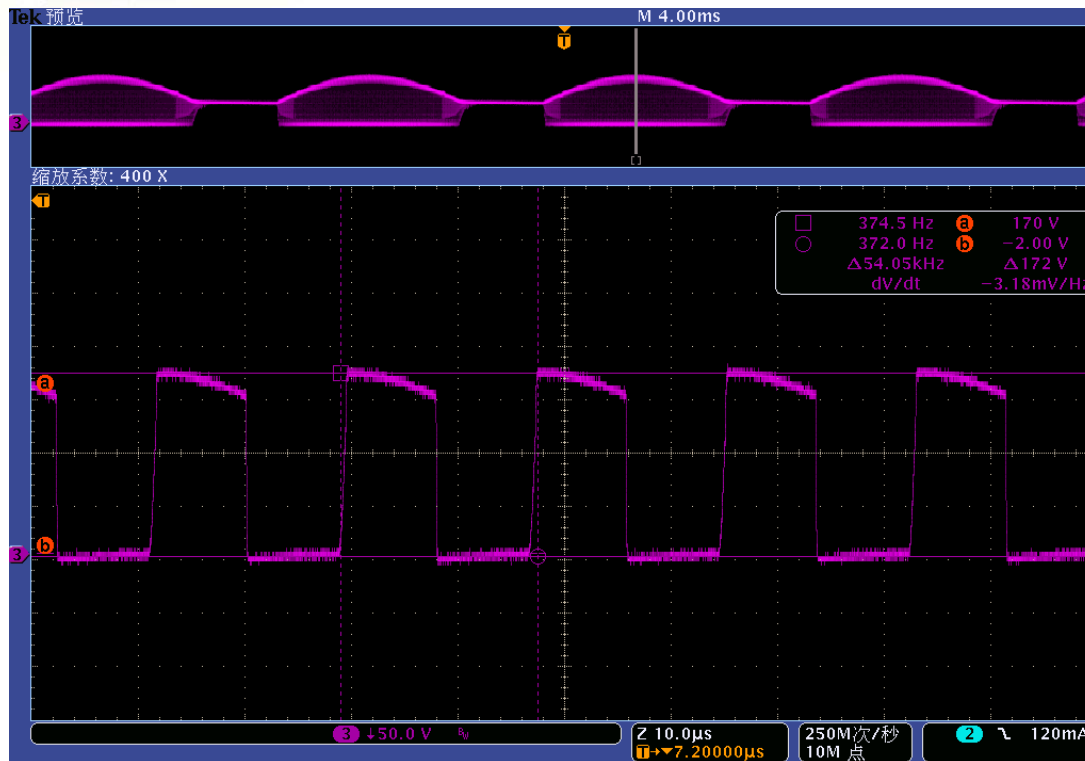


230V时，MOS管VDS电压（稳态工作）



四 18W T8管驱动设计实例

6. 关键波形测试



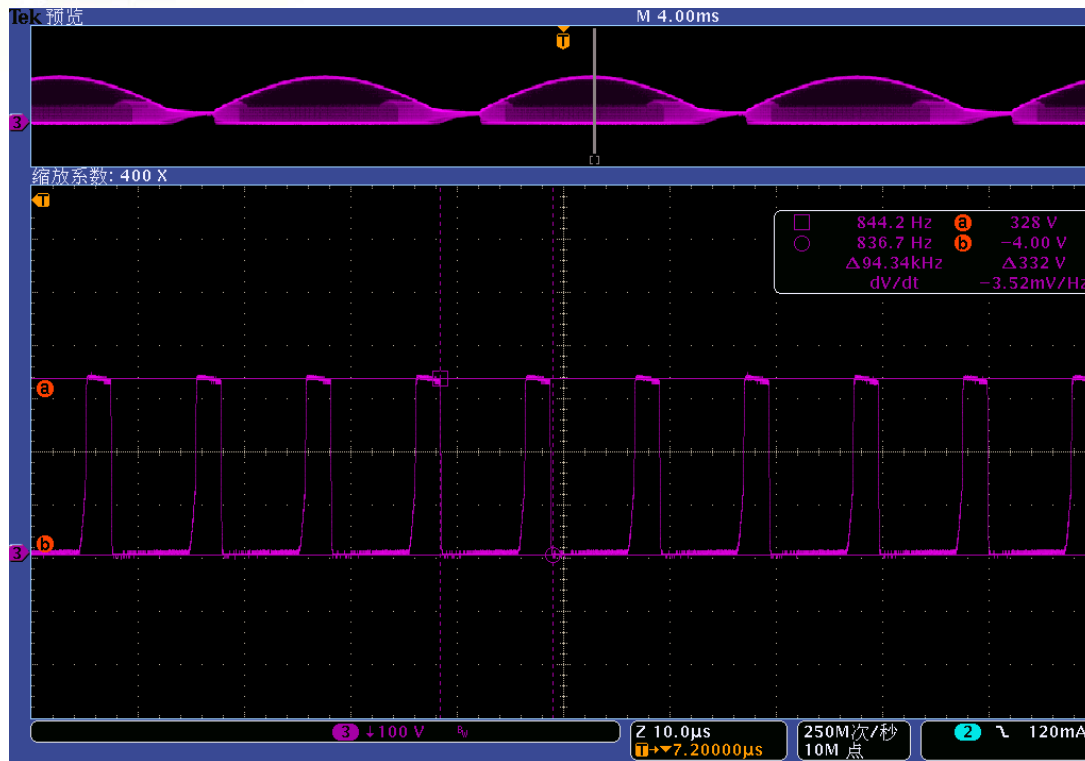
115V时，续流二极管反压（稳态工作）





四 18W T8管驱动设计实例

6. 关键波形测试

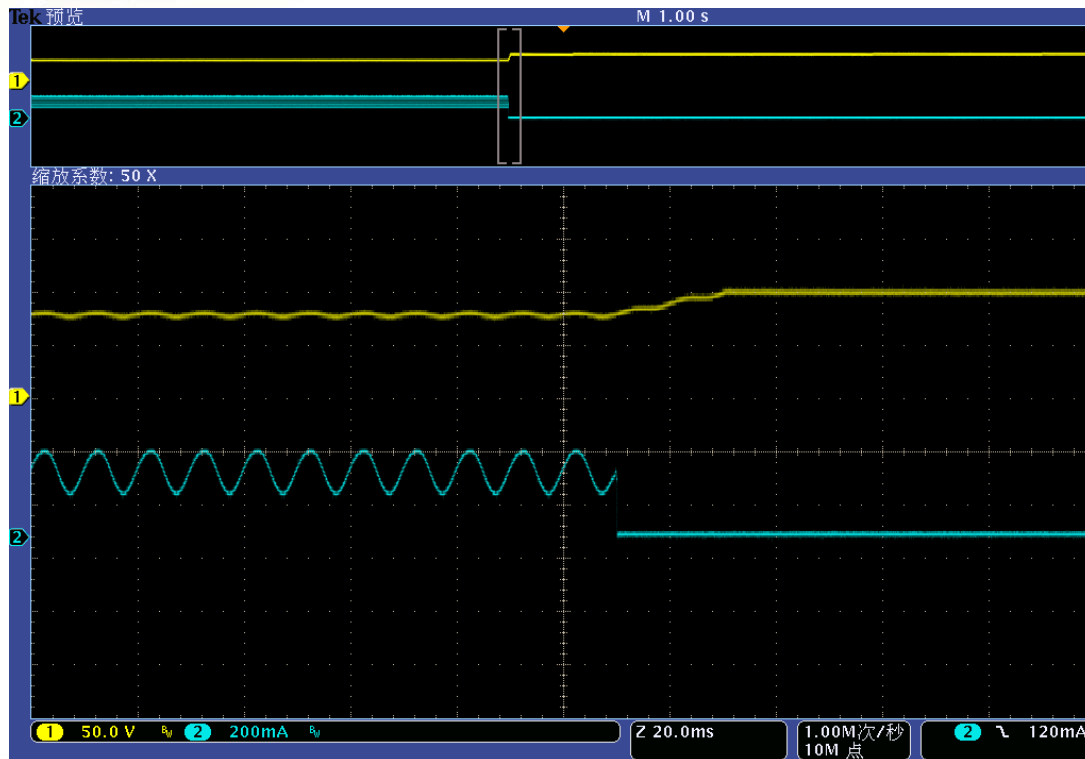


230V时，续流二极管反压（稳态工作）



四 18W T8管驱动设计实例

6. 关键波形测试



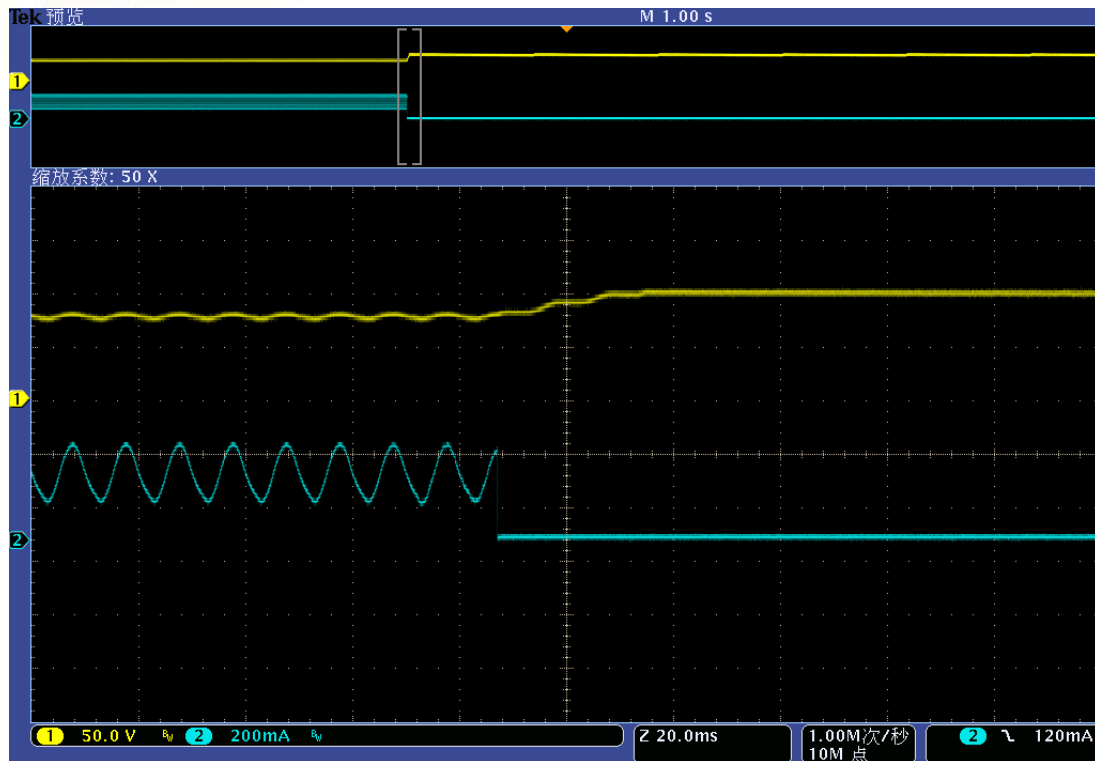
115V时，LED开路测试

通道1（上）为LED电压；通道2（下）为LED电流



四 18W T8管驱动设计实例

6. 关键波形测试



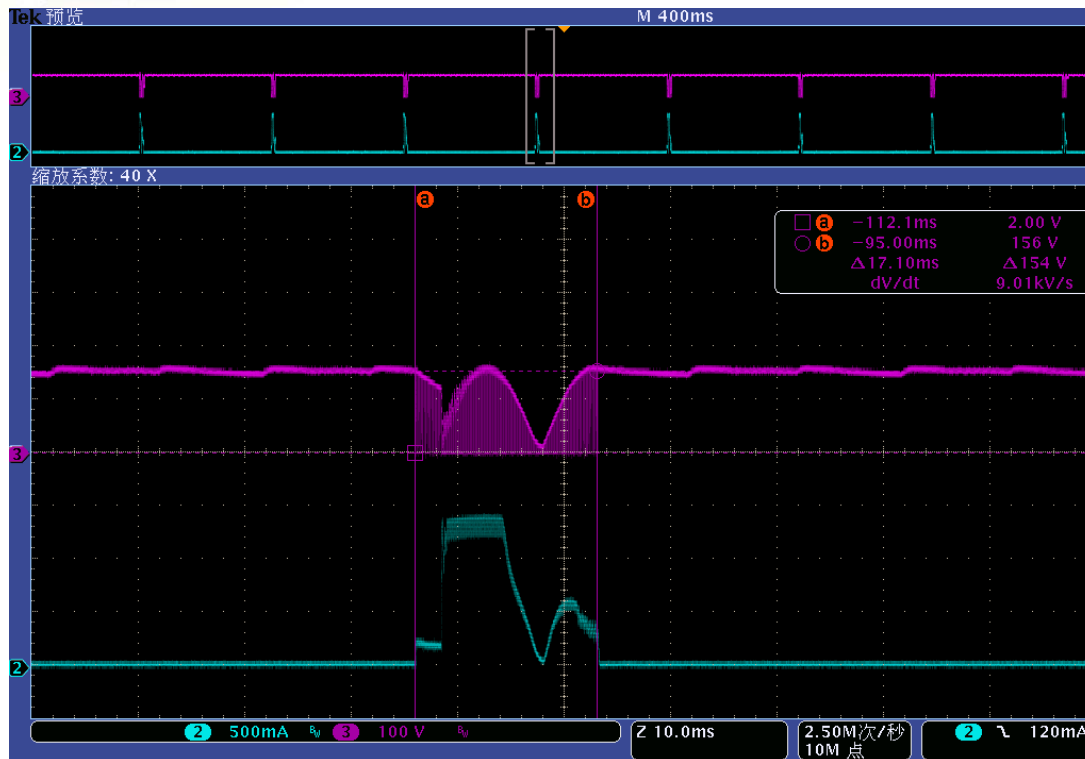
230V时，LED开路测试

通道1（上）为LED电压；通道2（下）为LED电流



四 18W T8管驱动设计实例

6. 关键波形测试



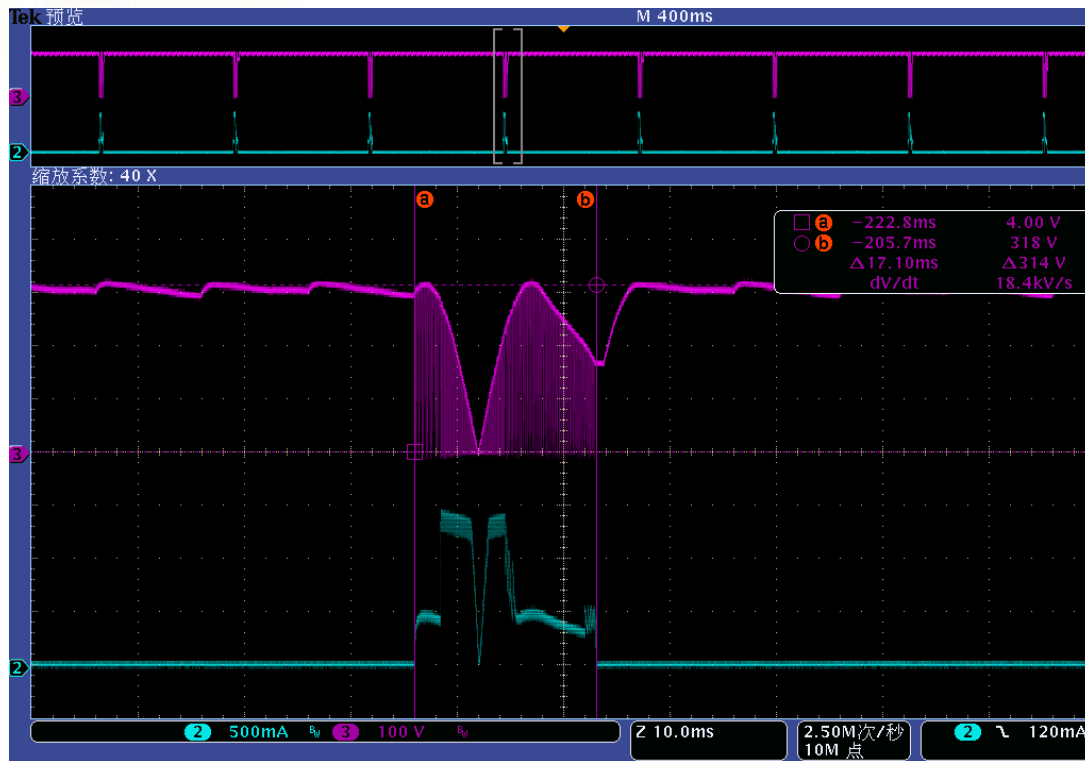
115V时，LED短路测试

通道3（上）为VDS电压；通道2（下）为LED电流



四 18W T8管驱动设计实例

6. 关键波形测试



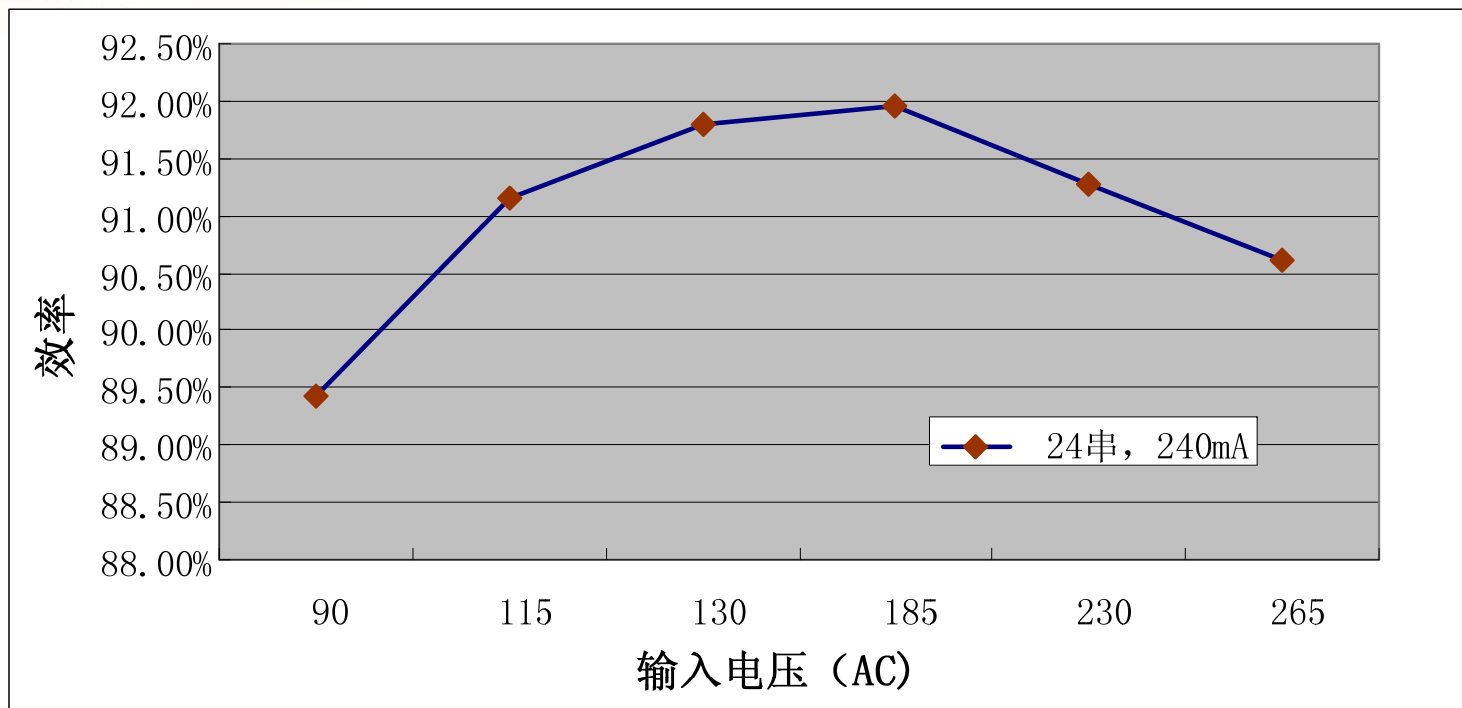
230V时，LED短路测试

通道3（上）为VDS电压；通道2（下）为LED电流



四 18W T8管驱动设计实例

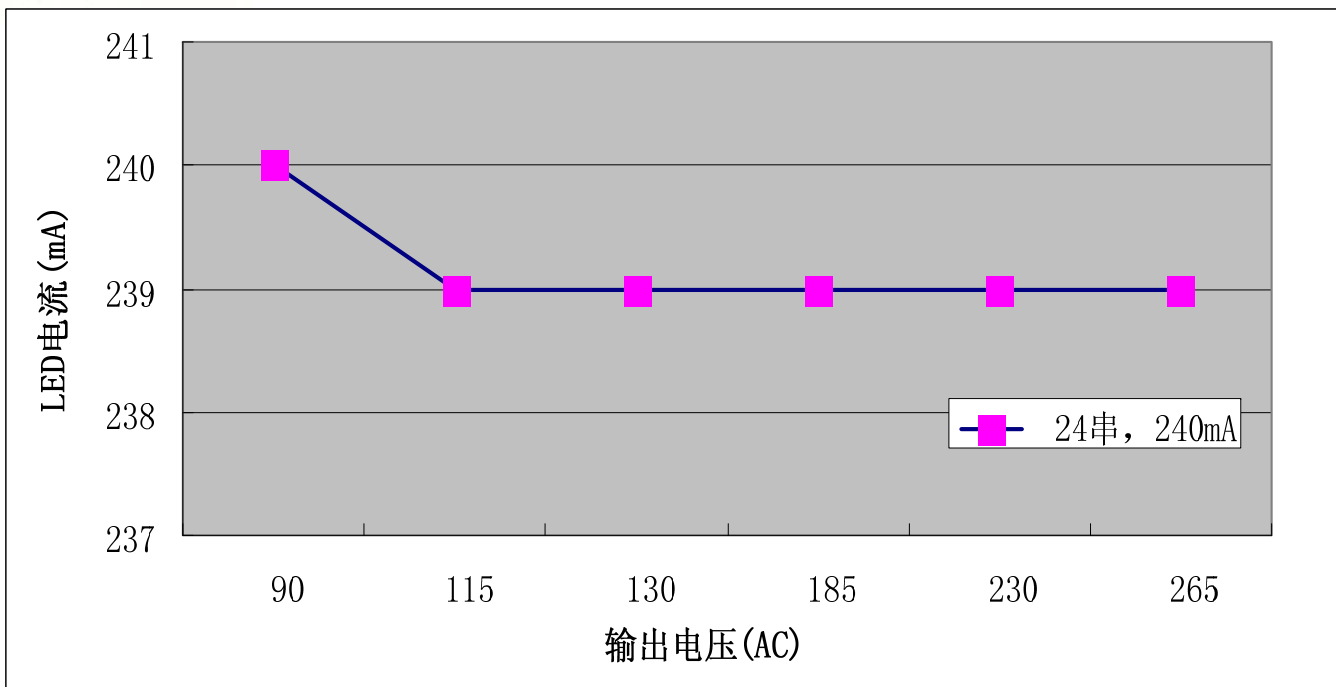
7. 效率测试





四 18W T8管驱动设计实例

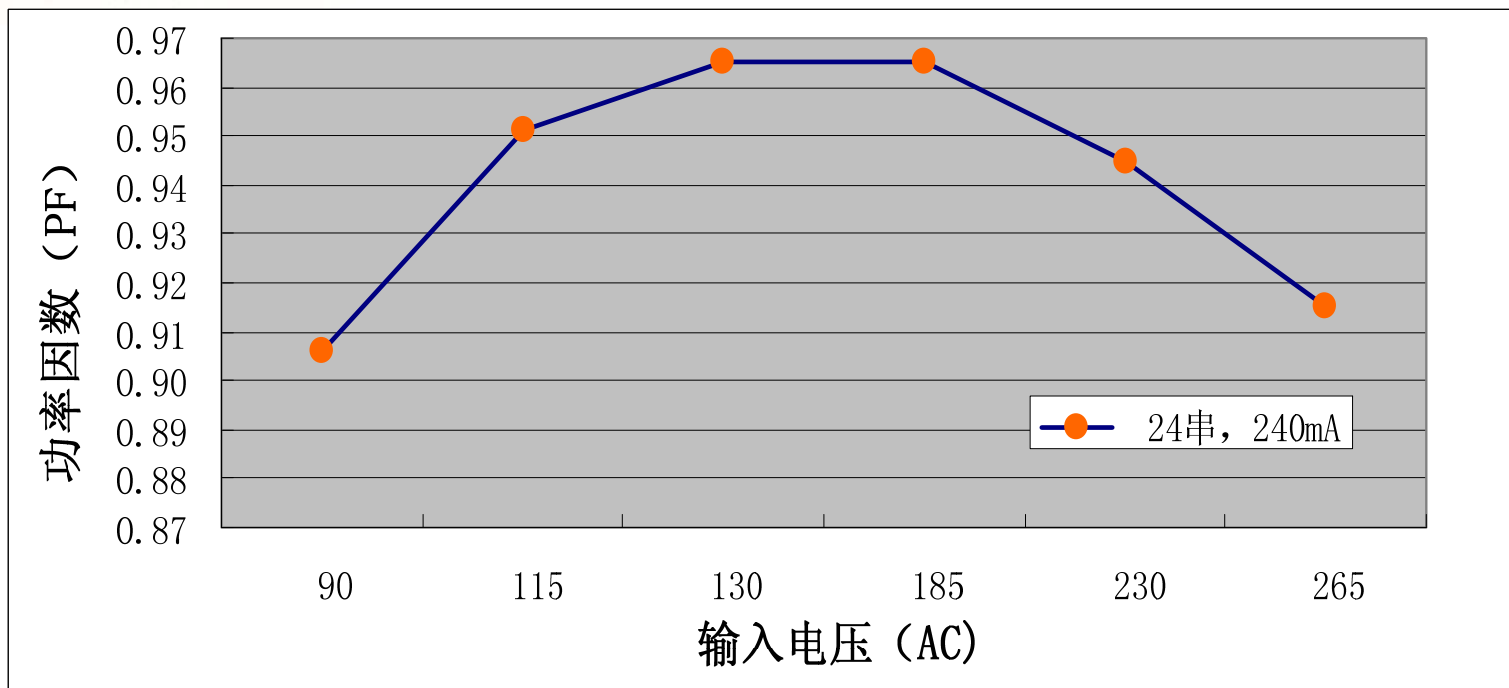
8. 输入线性调整率测试





四 18W T8管驱动设计实例

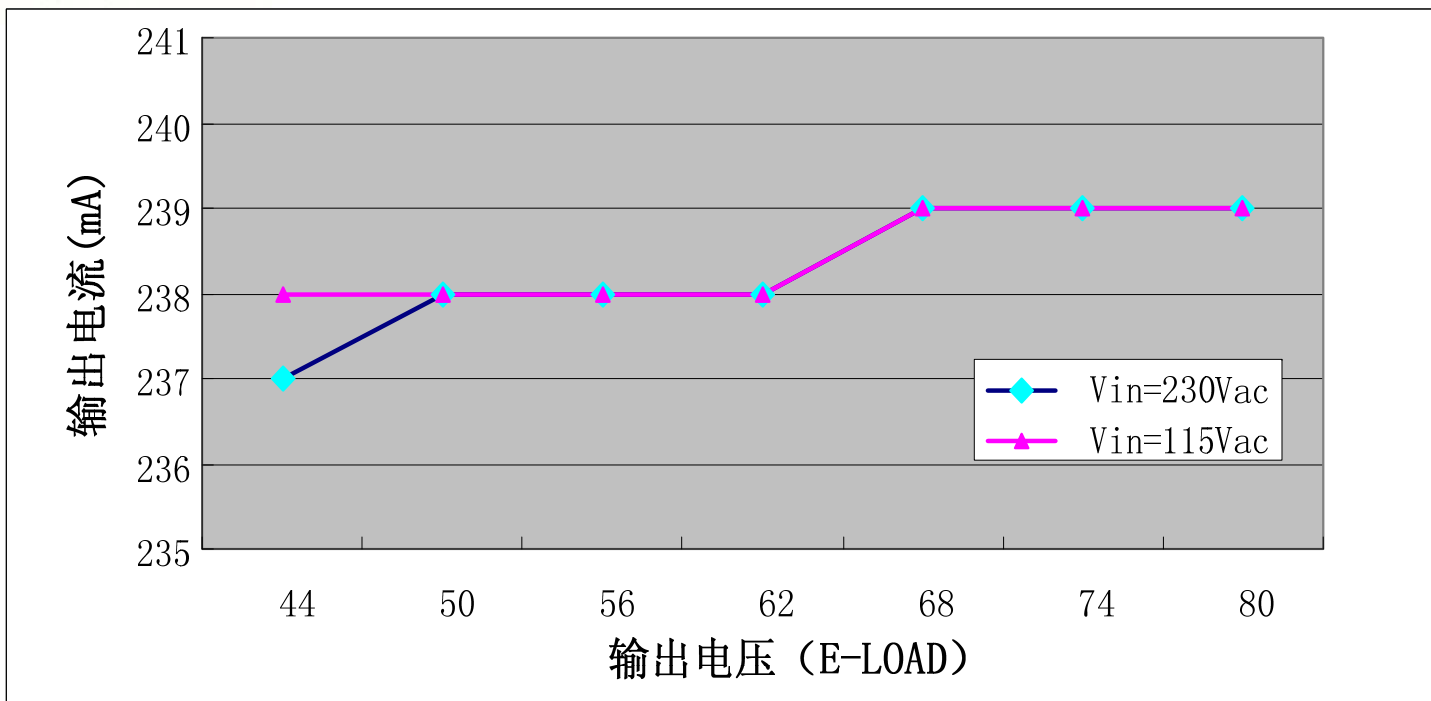
9. 功率因数测试





四 18W T8管驱动设计实例

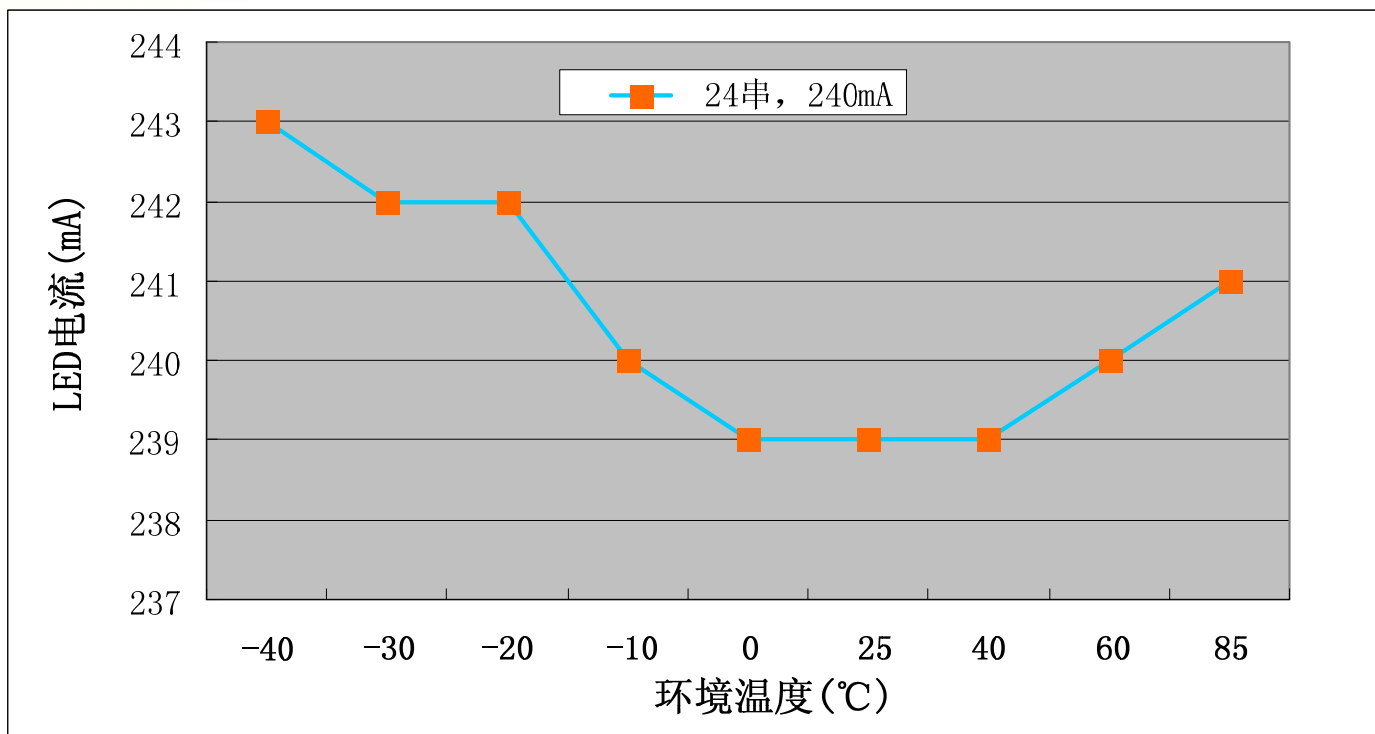
10. 负载调整率测试





四 18W T8管驱动设计实例

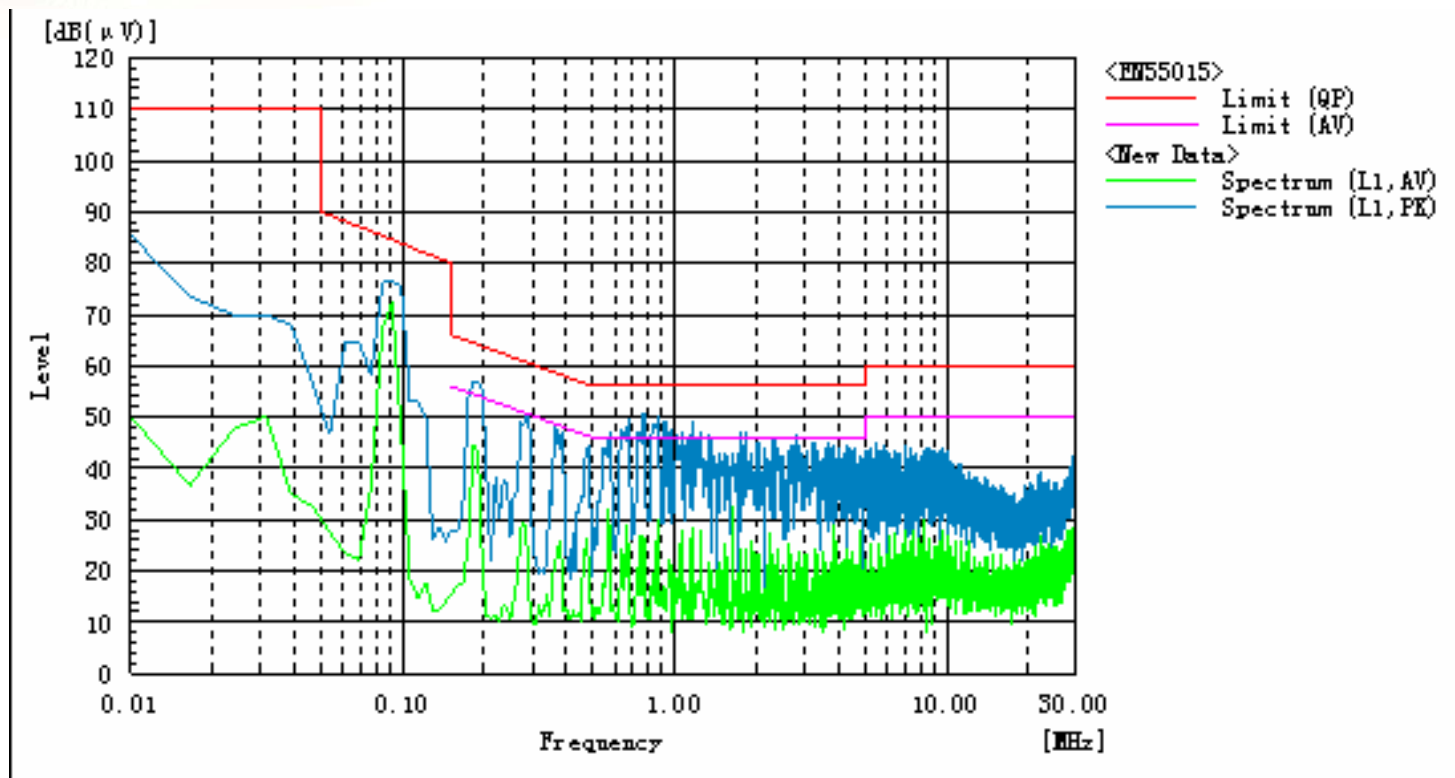
11. 温度特性测试





四 18W T8管驱动设计实例

11. EMI测试

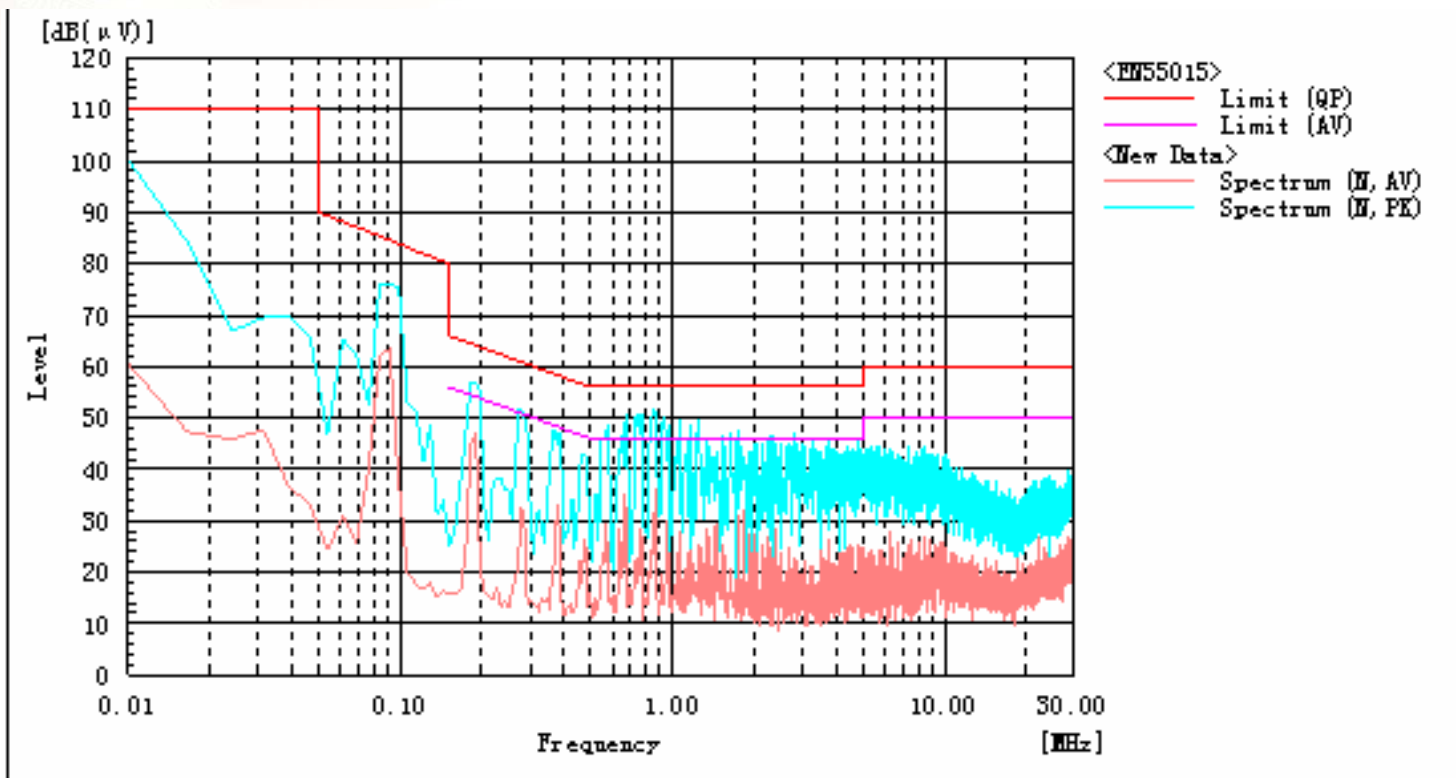


CE(L1) @ 220VAC



四 18W T8管驱动设计实例

11. EMI测试

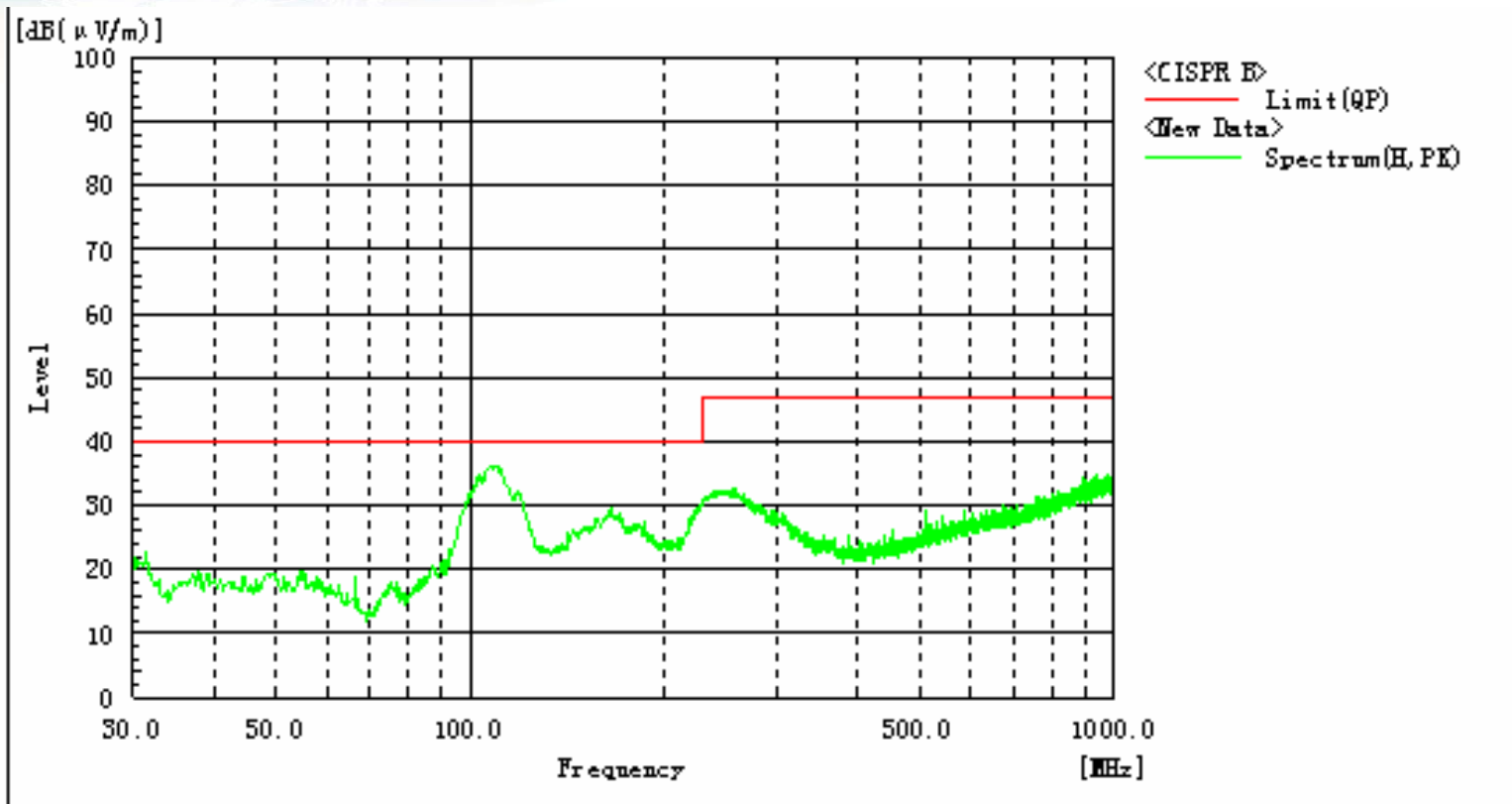


CE(N) @ 220VAC



四 18W T8管驱动设计实例

11. EMI测试

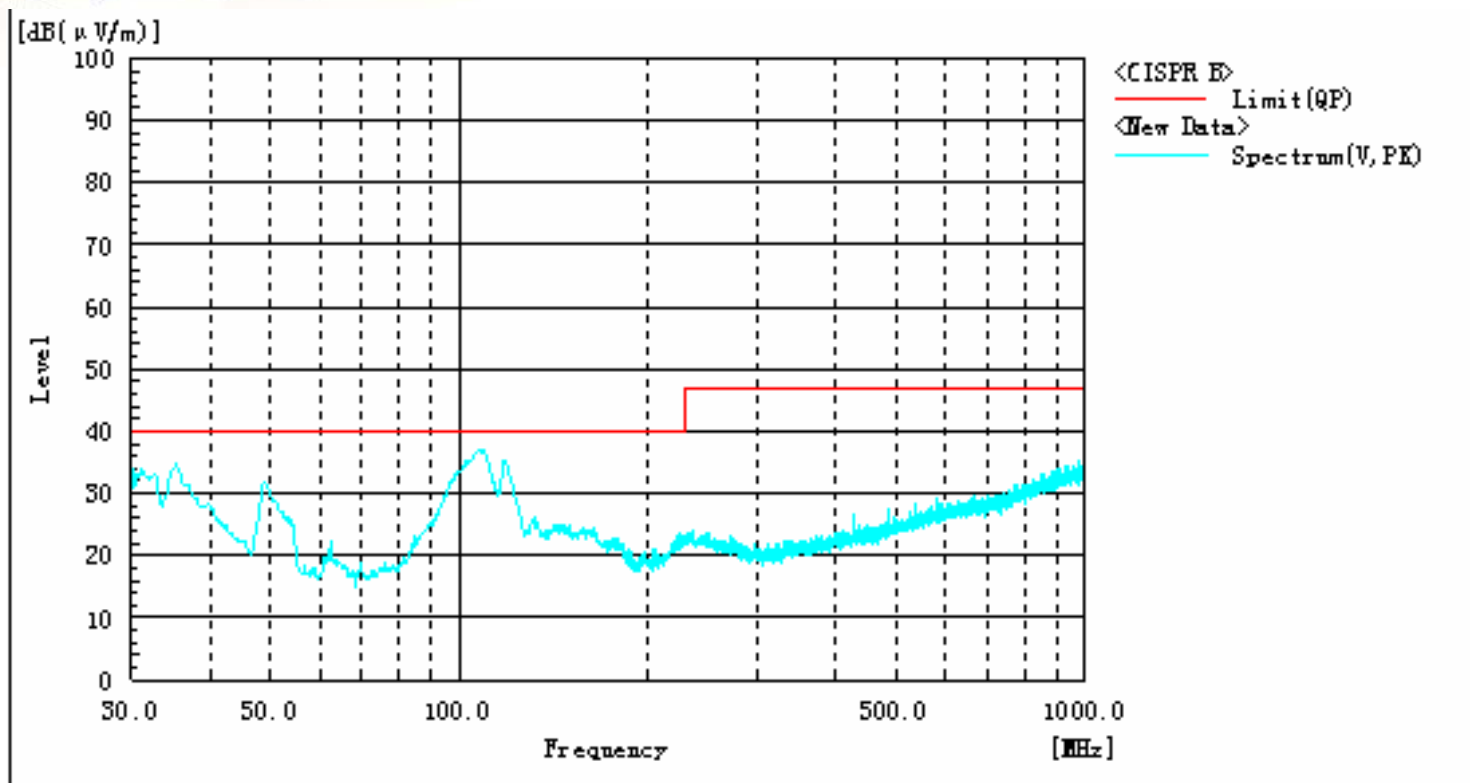


RE(1M/Horizontal) @ 220VAC



四 18W T8管驱动设计实例

11. EMI测试



RE(1M/Vertical) @ 220VAC



五 18W T8管驱动低成本方案

1. 系统应用原理图

前面为过RE/CE的高标准LED驱动器。为了适应不同的应用需求，以下为SD6900低成本方案，供参考！

