

LED恒流驱动电源芯片应用

——高性能，高效率驱动IC AX2028



对道余做世外仙
云烟挥毫对玉童
朱碧碧茶故沈叶
一片幽香托茗情

茶之道

深圳市流明芯半导体照明科技有限公司 市场应用部 何业龙

LED·理想的绿色照明

LED日光灯介绍

LED驱动电源IC—AX2028性能介绍

Tel:0755-61335862

Fax:0755-29059280

E-mail:sales@lumen-chip.com

Website:<http://www.lumen-chip.com>



LED·理想的绿色照明

|| 全世界约有20-22%的电能用于照明，其中40%是白炽灯照明，每年消耗的电能达到2,000太瓦时(TWh)(等于20,000亿千瓦时)

|| LED光源是21世纪光源市场的希望，众多优点预告其未来将逐步取代传统光源，奥科委指出高亮度LED将是人类继爱迪生发明白炽灯泡之后，最伟大的发明之一，当前全球能源危机的时候，能源是一种宝贵的资源，所以节约能源是我们未来面临的问题。

|| LED作为一种新型的节能、环保的绿色光源产品，必然是未来发展的趋势。

Tel:0755-61335862

Fax:0755-29059280

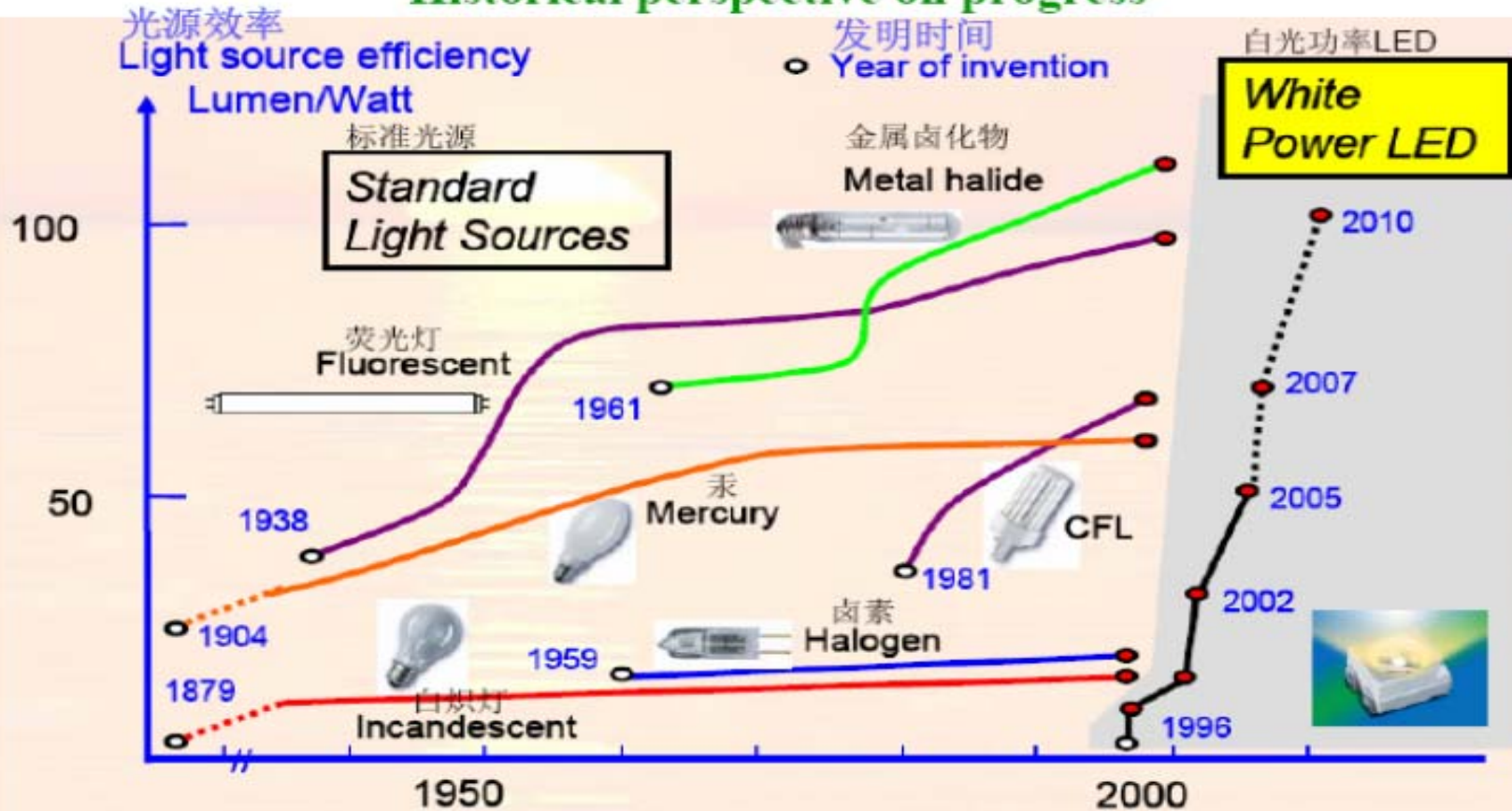
E-mail:sales@lumen-chip.com

Website:<http://www.lumen-chip.com>



历史发展展望

Historical perspective on progress



LED日光灯

- || 遵循了传统日光灯外型尺寸
- || 无需起辉器和镇流器，启动快，无频闪，不容易视疲劳。



Tel:0755-61335862

Fax:0755-29059280

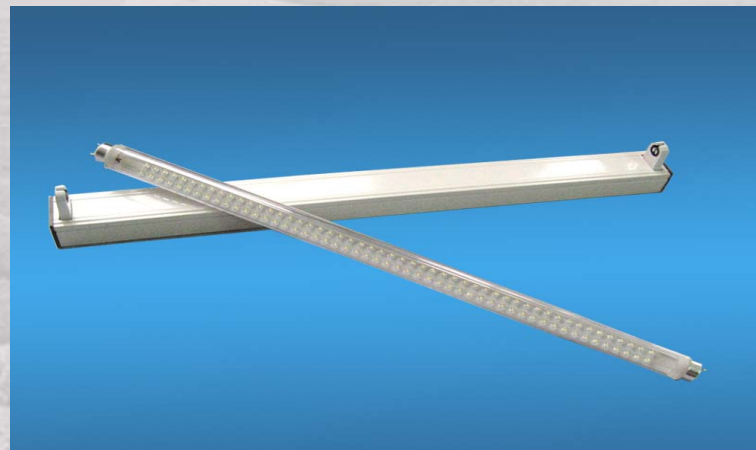
E-mail:sales@lumen-chip.com

Website:<http://www.lumen-chip.com>



LED日光灯特点

- || LED日光灯以质优、耐用、节能为主要特点
- || 投射角度调节范围大
- || 15W的亮度相当于普通40W日光灯
- || 抗高温，防潮防水，防漏电
- || 使用电压有:110V、220V可选，外罩可选玻璃或PC材质
- || 灯头与普通日光灯一样。规格有T5、T8、T10、T12



Tel:0755-61335862

Fax:0755-29059280

E-mail:sales@lumen-chip.com

Website:<http://www.lumen-chip.com>

日光灯的规格尺寸

|| 常用的日光灯规格有T5、T8、T10、T12

|| “T”，代表“Tube”，表示管状的，T后面的数字表示灯管直径。T8就是有8个“T”，一个“T”就是1/8英寸。

【一英寸等于25.4毫米。那么每一个“T”就是 $25.4 \div 8 = 3.175\text{mm}$ 】

|| T12灯管的直径就是 $(12/8) \times 25.4 = 38.1\text{ mm}$

|| T10灯管的直径就是 $(10/8) \times 25.4 = 31.8\text{mm}$

|| T8灯管的直径就是 $(8/8) \times 25.4 = 25.4\text{mm}$ [T8的刚好是直径一英寸的灯管]

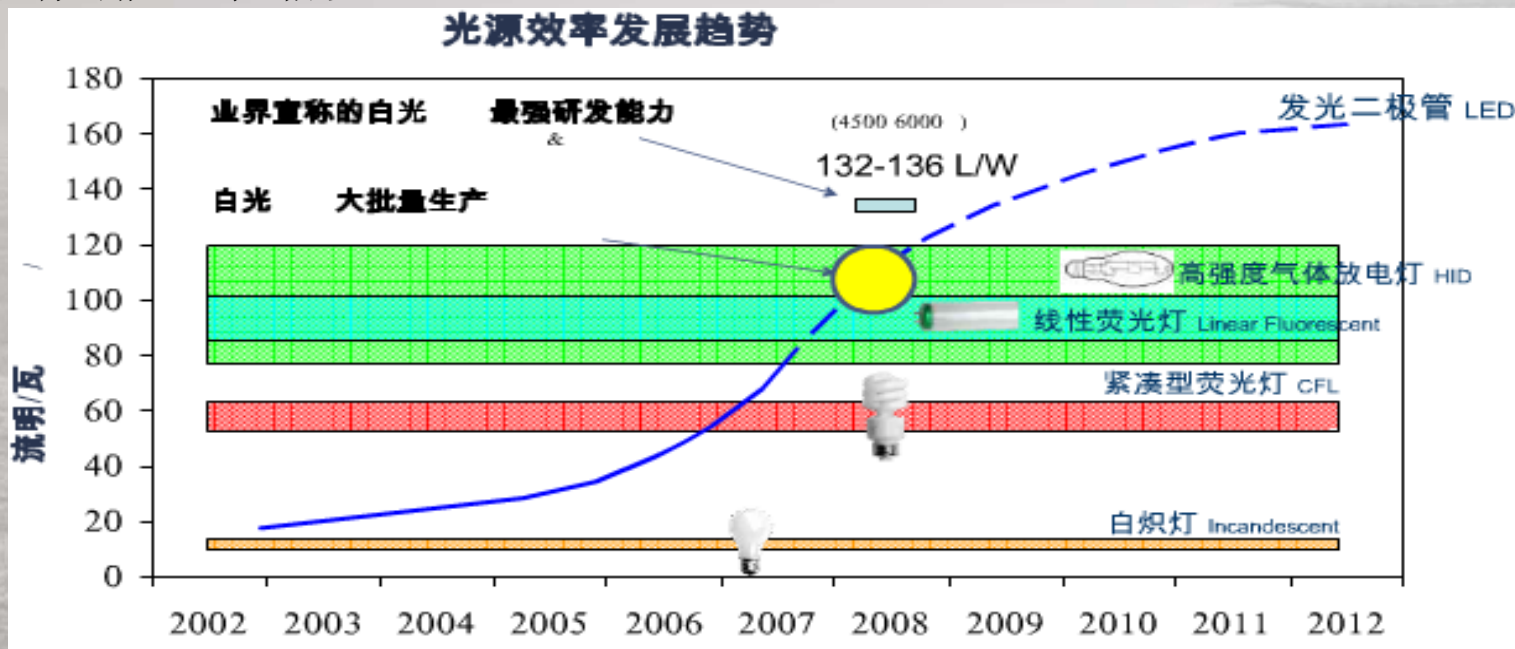
|| T5灯管的直径就是 $(5/8) \times 25.4 = 16\text{ mm}$



LED日光灯与荧光灯的优点

相对于荧光灯来说，LED日光灯具有10大优点：

1. 发光效率高：荧光灯的发光效率大约是55-80 lm/W（Philips公司T8荧光灯的发光效率为72lm/W），而LED的发光效率在100 lm/W以上，最近Cree公司的XLampXP-G的发光效率已经到130流明/W，而且以后还会不断提升。二者之差现在已经将近一倍。而以后有可能达到3倍以上。



光之道
2012年10月10日

2. 灯具效率高：灯具的效率主要是指有效光效，因为荧光灯是360度发光的，而在反方向发出的光就没有什么用处。所以荧光灯通常采用一个白色的灯罩，可以把相当一部分的反向光反射回来，一般来说，荧光灯的灯具效率大约只有70%。而LED日光灯则是120度发光的，所以全部光都是有效光。虽然有时候也会觉得120度发光角度窄了一点，不过大多数情况下还是够用的。而且这个发光角度也是可以根据需要来加以调整的。

「前面提到Philips的T8荧光灯的发光效率为72lm/W，36W的荧光灯一共发出2592流明，但是灯具效率只有70%，所以有效的流明数为1814.4流明，而LED的发光效率已经超过130lm/W，假定为100lm/W，那么只要18W就可以达到1800流明，也就是只要荧光灯一半的功率就可以有相同的亮度。而且LED的发光效率还在逐年升高。」



3. 电源效率高：因为所有灯具除白炽灯以外都是需要有专门的电源供电的，电源的效率也就影响了整个灯具的效率。

下面以Philips 公司的36WT8 荧光灯为例。它的额定输出功率为36W，但是由于接入了电感镇流器，实测输入功率为42.4W，也就是铁芯电感损耗了6.4W，效率降低为85%，大多数国产的铁芯电感功耗在10W 以上，功率因素低于0.512。而LED 的电源效率通常高达90%，一个18W 的LED 日光灯只要20W 的输入功率。功率因素也可以达到 0.9 以上。

和荧光灯相比大约可以节省一半以上的电，也就是说采用一个18 瓦的LED 日光灯可以取代一个36 瓦的荧光灯。

4. 寿命长：一个仔细设计的LED 日光灯的寿命可以达到5 万小时。而一个荧光灯的寿命通常只有5,000 小时（有些国产的荧光灯寿命只有300 小时）。二者相差将近10 倍。最好的长寿命日光灯也只有10,000 小时，二者也还相差5 倍。

Tel:0755-61335862

Fax:0755-29059280

E-mail:sales@lumen-chip.com

Website:<http://www.lumen-chip.com>



5. 不含汞，无污染。

我们知道，荧光灯都含有汞。36mm 荧光灯中含有25-45mg 的汞，26mm (T8) 中含有20mg 的汞。而荧光灯都是采用易碎的玻璃作为外壳，一旦玻璃破碎，其中的汞就会马上就会蒸发到空气中，瞬间可使周围空气中的汞浓度达到10-20 毫克/立方米，超过国家规定的1000-2000 倍。而汞是一种对人体十分有害的有毒物质，汞蒸气达0.04 至3 毫克时会使人2 至3 月内慢性中毒，达1.2 至8.5 毫克时会诱发急性汞中毒，如若其量达到20 毫克，会直接导致动物死亡。而1mg 的汞就足以污染5454.5 公斤的饮用水，使之达不到饮用标准。而LED 日光灯中不含任何有毒物质，是一种完全绿色环保无污染光源。

Tel:0755-61335862

Fax:0755-29059280

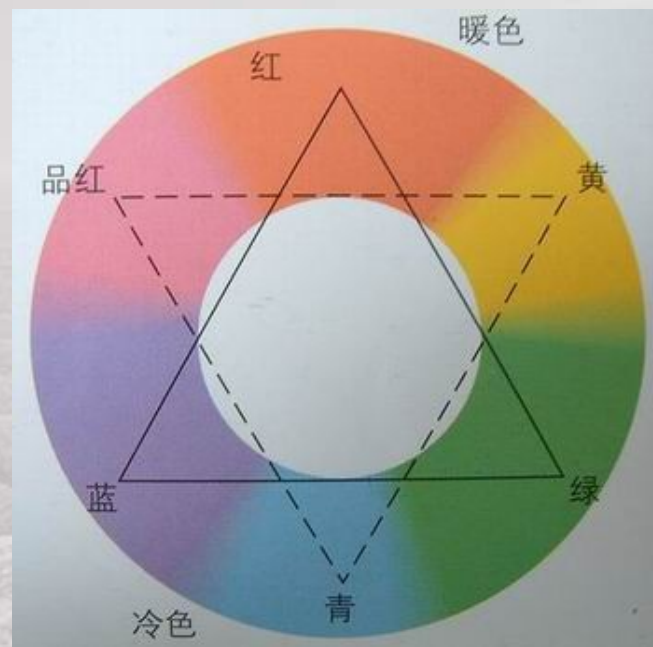
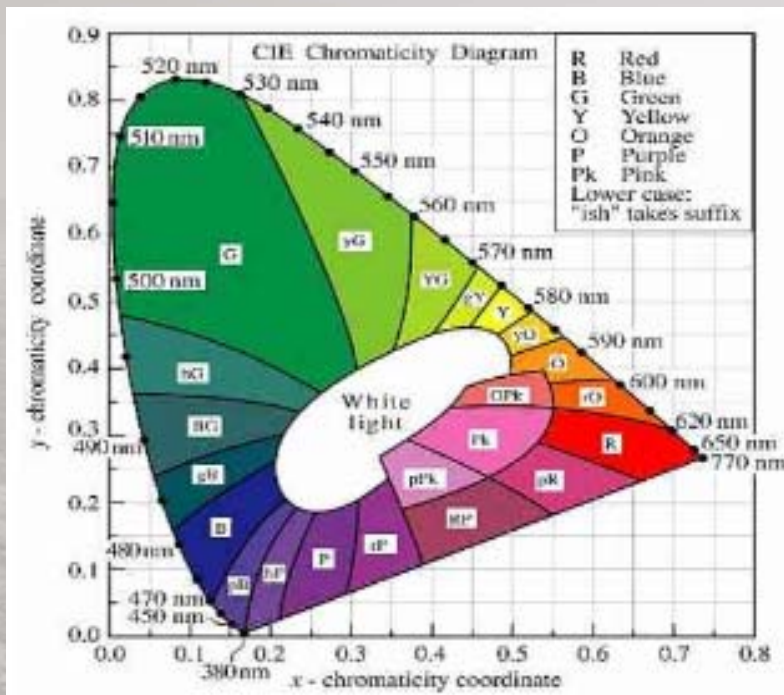
E-mail:sales@lumen-chip.com

Website:<http://www.lumen-chip.com>



6. 色温范围广，几乎可以提供任意色温，而且还可以提供红绿蓝以至任何一种颜色的灯光。

「色温是用来表示光源颜色的量，当光源发射的颜色与黑体在某一温度下辐射的颜色相同时，黑体的温度（TC）称为该光源的颜色温度或叫色温。」



7. 显色指数高，白炽灯的显色指数为95，荧光灯为65-80，而LED日光灯则可以>80。

「光源的显色指数是光源显色性的定量描述，表示符号为Ra。光源对物体颜色呈现的程度称为显色性，也就是颜色逼真的程度，显色性高的光源对物体再显较好，我们所看到的颜色也较接近自然原色；显色性低的光源对颜色的再现性差，我们看到的颜色偏差也较大。国际照明委员会CIE把太阳的显色指数定为Ra=100，各类光源的显色指数各不相同。显色性是照明设计上非常重要的参数，直接影响被照物品灯光下颜色真实的效果。」

8. 没有紫外线辐射。

9. 非玻璃制品，不易破损，耐冲击，耐振动。

10. 外置隔离电源的LED日光灯，在灯管两端都接触不到市电高压，只有低于36V的直流安全电压，不存在触电的危险，完全是一种安全的灯具。



附：LED日光灯与荧光灯比较

特性对比	T8荧光灯管CFL	LED 灯管
结构	标准T5 灯管结构	
灯管功率	28W	16W
镇流器功率	8W	没有
电/光转换效率	0.09	0.28
功率系数	85%	89%
灯体发热温度	80°C	40°C
输入电压	220V +/- 30V 交流输入	
聚焦性能	360 度 需要反光罩	120 度， 不需要反光罩来提高亮度
流明 (lm)	420	478
色温	5600K	5600K
灯泡寿命	3千小时	3万小时
材料	含水银等有害物质	RoHS 达标
产品售价	人民币10元	人民币100元
用途	通用照明	通用照明

LED驱动电源

|| LED日光灯对驱动电源的要求:

→ 稳定

→ 可靠

→ 高效

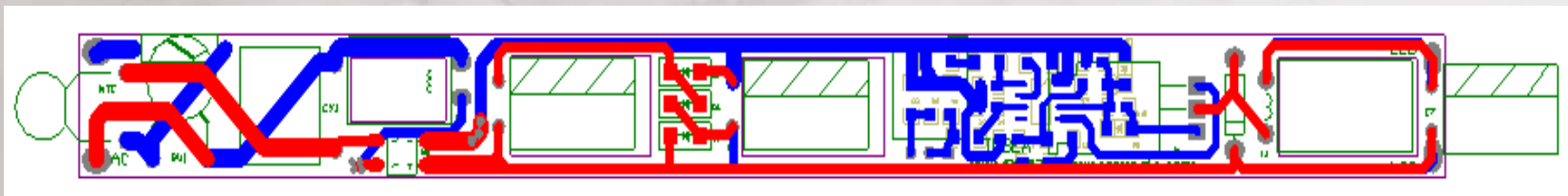
→ 通用

高性能，高效率驱动IC AX2028

- ◆ AX2028是一款LED驱动恒流控制芯片，系统应用电压范围从12VDC到600VDC，占空比从0-100%。
- ◆ 支持交流85V-265V输入，非隔离和隔离应用方案，主要应用于非隔离LED驱动系统。
- ◆ AX2028采用专利技术的恒流控制和补偿方法，使得LED电流从交流85V-265V范围内变化小于 $\pm 5\%$ 。
- ◆ AX2028采用专利技术的驱动结构，使得系统18W的LED日光灯方案中，在交流176V-265V范围内系统效率高于91%。
- ◆ 在交流85V-265V范围内，AX2028可以驱动从3W到36W的LED阵列，广泛应用于E14 / E27 / PAR30 / PAR38 / GU10等灯杯和LED日光灯。
- ◆ AX2028具有多重LED保护功能包括LED开路保护、LED短路保护、过温保护。在系统故障出现的时候，电源系统进入保护状态，直到故障解除，系统又重新进入正常工作模式。
- ◆ AX2028采用SOP8封装。



日光灯典型应用PCB一：



应用实物图（过CE）：



AX2028可设计7W，9W，18WLED 日光灯，可以替代传统日光灯，本文介绍18W的T8日光灯设计应用，其它功率可类似设计。

●主要性能特点

- ◆220V交流电直接输入，无需传统日光灯的启动器和镇流器
- ◆非隔离控制，无需变压器。
- ◆输出电流：390mA（12串24并） 220mA（24串12并）
- ◆电流精度：AC 100V~250V 输出电流变化±5%
- ◆转换效率：90%以上
- ◆PFC: 0.92(无源PFC校正)
- ◆开关频率：67K
- ◆通过DIM端可实现PWM调光
- ◆封装形式：SOP8



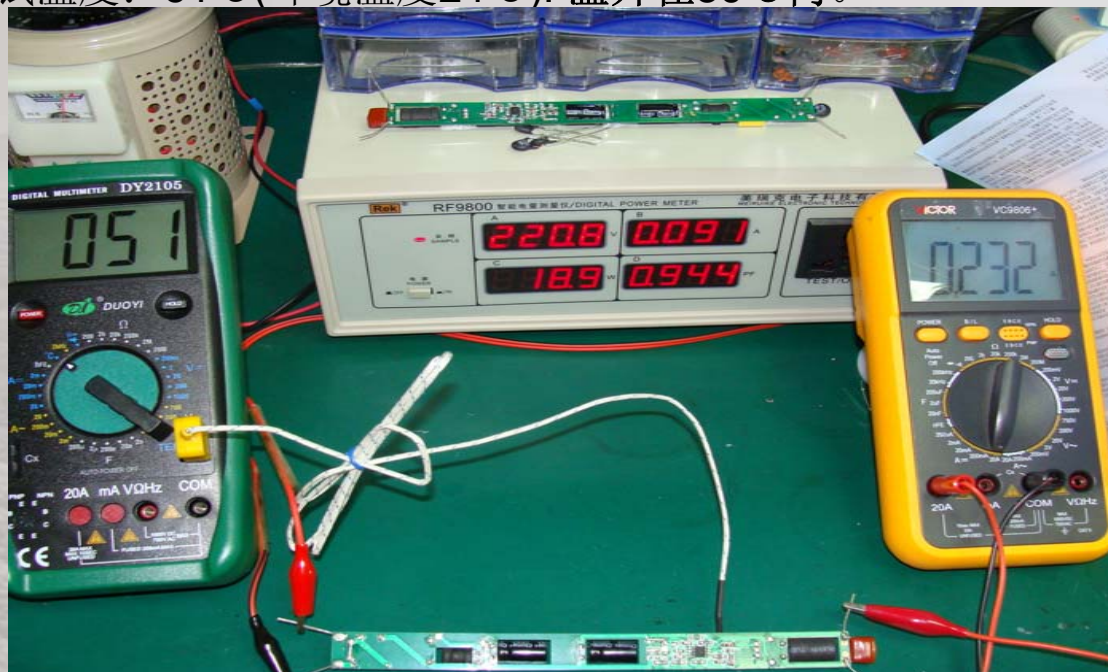
负载：输出为**24颗1WLED白光LED串联(对应24串12并，18W日光灯负载)**

测试数据

VIN(V)	Pi(w)	Vo(V)	Io(ma)	PFC	效率%
150	18.7	73.8	234	0.905	0.924
160	18.7	73.8	233	0.915	0.92
170	18.7	73.8	233	0.928	0.92
180	18.8	73.8	232	0.934	0.91
190	18.8	73.8	232	0.939	0.91
200	18.9	73.8	231	0.94	0.90
210	18.9	73.8	232	0.943	0.91
220	19	73.8	231	0.944	0.90
230	19.1	73.8	231	0.944	0.89
240	19.2	73.8	232	0.945	0.89
250	19.3	73.8	231	0.945	0.88
255	19.3	73.8	231	0.947	0.88

性能:

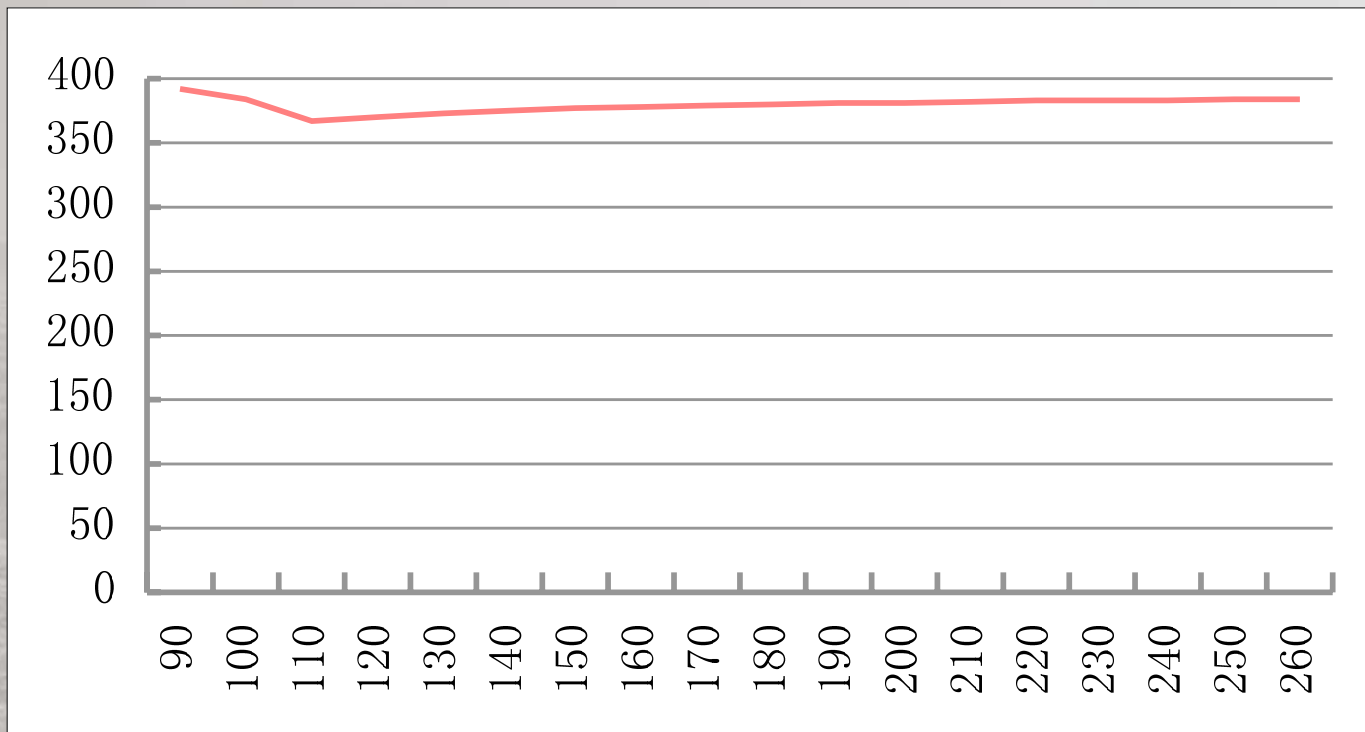
- ◆ 输入电压: 150V-260V $\Delta I_o=3\text{mA}$ 在 $V_{IN}=220\text{V}$, $I_o=231\text{ma}$
- ◆ 电压调整率**1.2%**;
- ◆ 功率因数在**0.944** (与有源PFC相媲美)
- ◆ 效率**90%** (在电网电压下跌, 可达**92.4%**);
- ◆ MOS管测试温度: **51°C**(环境温度**24°C**). 温升在**30°C**内。



为之道

负载：输出为**12颗1WLED白光LED串联(对应12串24并，18W日光灯负载)**

100V-260V $\Delta I_o=16$ $V_{IN}=220V$ $I_o=383ma$ 电流变化率**4.2%**



【说明】：

在测试输出电流时，为了准确的得知电路板的效率和电流变化情况，请客户使用显示为4位半的电流表测试。

原因：当采用显示是3位的电流表测试输出电流为**232MA**是显示为**0.23**，这样计算出来的效率值会少**1-2**个点。并且不能够精确得知电流的变化情况。（应在**160-260V**时，电流显示会从**0.23**到显示为**0.22**；但是实际中电流只是从**0.231**到**0.228**）这样会给测试工程人员导致误导。

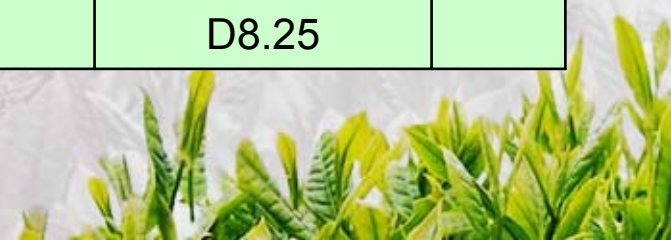
（在此只说明问题。）

附件：市场同类型**IC**性能参照表



AX2028_TUBEA_AC220-BOM

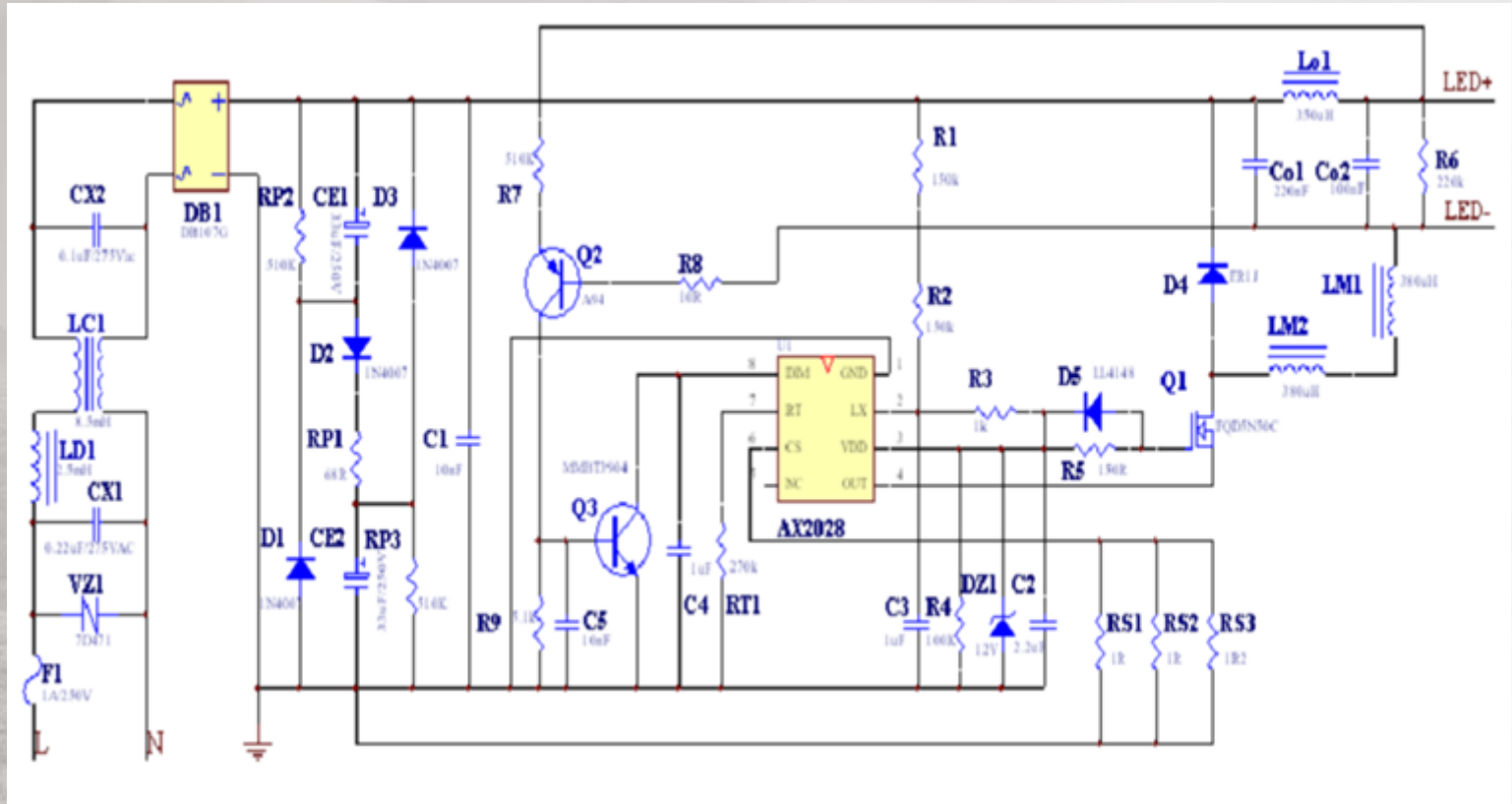
名称	Part Type	Designator	Footprint
安规电容	0.1uF/250V	CX1	CX2
保险丝	1A/250V	FUSE	FUSE-1A
电感	3.9mH/0.5A	L2	L10*17-W
压敏电阻	7D471	RV1	RV
MOS	7N60	Q1	TO-220
负温度电阻	10D	NTC	NTC-W
电解电容	22uF/250V	C2	C10*20-W
电解电容	22uF/250V	C1	C10*20-W
电感	176uH	L1	L9*11.5-W
快恢复二极管	BYV26C	D4	D8.25



贴片电阻	1.2	R9	1206
贴片电阻	1.5	R8	1206
贴片电阻	1K	R3	1206
贴片二极管	1N4007	D3	D4-SMD
贴片二极管	1N4007	D2	D4-SMD
贴片二极管	1N4007	D1	D4-SMD
贴片电容	1uf	C4	C0805
贴片电容	2.2uf	C5	C0805
稳压二极管	12V	ZD1	D4-SMD
贴片电阻	100	R6	1206
贴片电容	104	C3	805
贴片电阻	150	R10	R0805

贴片电阻	150K	RW1	1206
贴片电阻	150K	R4	1206
贴片电阻	220K	R2	1206
贴片电阻	220K	R1	1206
贴片电阻	270K	R5	1206
贴片电阻	470	R7	1206
贴片电容	470pF/50V	C6	C1206
IC	BP2808	U1	SOP-8
整流器	DB107G	DB1	整流桥
贴片二极管	IN4148	D5	1206D
PCB板	PCB	186.5MM*16MM	

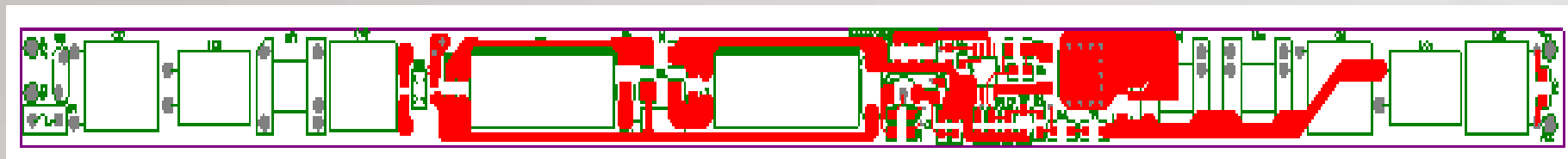
AX2028_TUBE 原理图



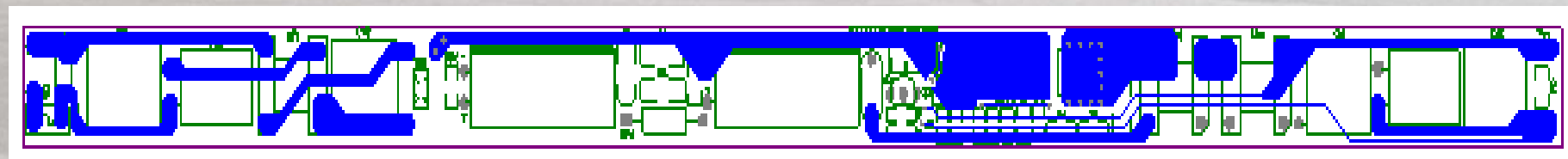
为之道

AX2028_TUBE PCB

正面PCB图



反面PCB图

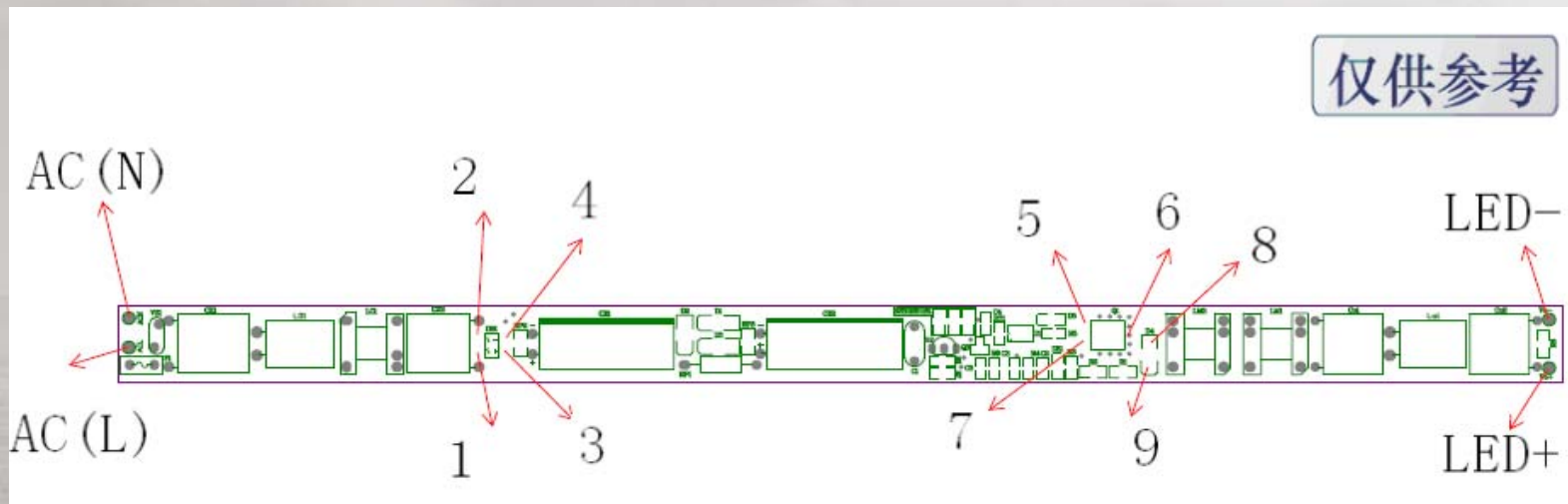


PCB 板尺寸:

长*宽*高=300 (mm) *16(mm)*10(mm)[电解电容处挖孔]

AX2808_TUBE 测试图

一. 确认电路板的输入输出短路情况。根据下图的AC(L),AC(N),1, 2.输入的通断 LED+,LED-, 3, 4输出的通断。



用万用表测试短路的二极管档,万用表示值: (红-----红表笔; 黑-----黑表笔)

AC(L)→AC(N): 红黑 ∞

AC(L)→1 : 红黑 响

AC(N)→2 : 红黑 响

3→4 : 红黑 ∞ 黑红 0.95

3→LED+: 红黑 响

3→LED-: 红黑 ∞ 黑红 0.47

5→6 : 红黑 0.53

5→7 : 红黑 0.618

5→6 : 黑红 ∞

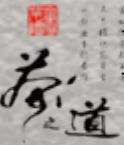
5→7 : 黑红 ∞

8→9 : 红黑 0.463

9→8 : 红黑 ∞

二. 根据上图判断电路板上的MOS管的好坏, 二极管的好坏。

三. 根据判断电路板的以上信息后, 将电路板进行通电测试。



负载采用 **90欧姆/50W** 功率电阻代替。

市电接入**AC220V**.接入被测板子的输入级 **AC(L),AC(N)**.

输出串接**20A**电流表进行电流测试；（或串接一个**0.1欧姆/1W**的**1%**电阻，测试电阻电压）。

负载接**90欧姆/50W**功率电阻。

输出电流值在**390MA-410MA**。通过。

在电路板上进行贴**PASS**标签或标注测试参数**Ui,Uo,Io,PFC**。

注意：

操作规则，避免发生人体触电事故！



设置LED驱动工作电流

$$I_{Ldc} = I_{Lpk} - \frac{1}{2} \times I_{Lripple}$$

$$I_{Lpk} = \frac{V_{cs}}{R_{cs}}$$

$$I_{Lripple} = \frac{V_{out}}{L} \times t_{off}$$

调光功能:

可以用进行模拟调光和PWM调光两种。

对于模拟调光，只需要外接一个150 K的电位器就可以实验0~100 %调光。

对于PWM调光，建议的调光频为270 Hz。

在不用的情况，只要悬空即可。



启动及前馈补偿电阻

A) 对于启动

$$R_{ST} + R_{LN} = \frac{V_{IN_MIN}}{I_{ST_MAX}} = \frac{176}{100 \mu A} = 1760k\Omega$$

这里选择 R_{ST1} , R_{ST2} 为 $510 k\Omega$,

B) 对于前馈补偿

对于内部补偿系数, 选择 $k \approx 0.1\%$

$$R_{LN} = k \times R_{ST} = 1020 \times 0.1\% = 1.02k\Omega$$



|| LED 的驱动电路产生人耳听得见的噪声(**audible noise**,或者**microphonic noise**).通常白光LED 驱动器都属于开关电源器件(**buck**、**boost**、**charge pump**等),其开关频率都在**1MHz** 左右,因此在驱动器的典型应用中是会产生人耳听得见的噪声.但是当驱动器进行开关调节的时候,如果**PWM** 信号的频率正好落在**200Hz**到**20kHz**之间,白光LED驱动器周围的电感和输出电容就会产生人耳听得见的噪声.所以设计时要避免使用**20kHz**以下低频段。

|| 我们都知道,一个低频的开关信号作用于普通的绕线电感(**wire winding coil**),会使得电感中的线圈之间互相产生机械振动,该机械振动的频率正好落在上述频率,电感发出的噪音就能够被人耳听见.电感产生了一部分噪声,另一部分来自输出电容。质量不好、绕制松散电感器件也会有噪声;未屏蔽的电感在金属外壳安装时会发生线路震荡频率改变,从而产生噪声,这时需要将电感屏蔽;另外,当被屏蔽干扰信号的波长正好与金属机壳的某个尺寸接近的时候,金属机壳很容易会变成一个大谐振腔,即:电磁波会在金属机壳内来回反射,并会产生互相迭加。



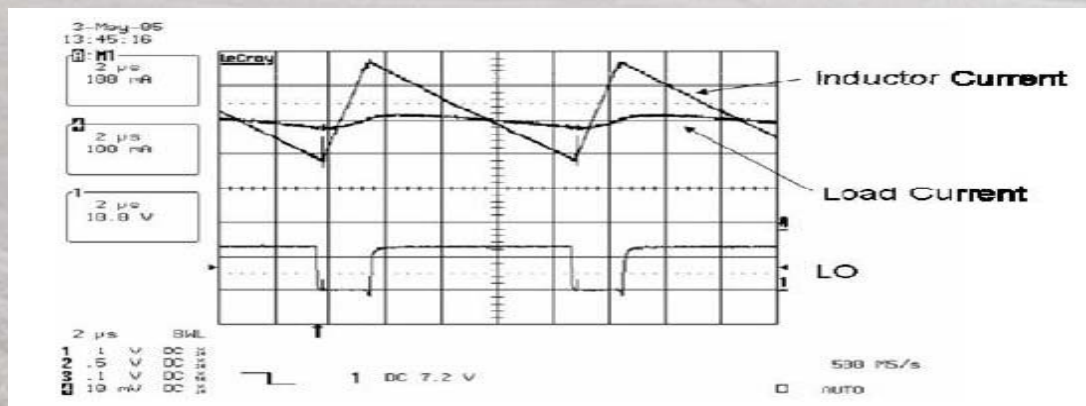
选择电感感值大小在参考设计范围左右最多的是您的经验值，合适的选择感值主要需要考虑的条件是线路工作在合适的频率范围、合适的开关频率减少MOS开关次数,减少mos发热量、避免与同PCB线路同频干扰；选择合适的电感内阻，内阻是电感发热的主要因数，从而提高线路效率；选择合适的电流值，有时体积和成本是制约主要因数，但是还是要大于峰值电流的2倍(通常在65%)，就算在板级空间十分珍贵的情况下也要保证30%预留空间余量，这样可以有效的减小内阻，减小发热量；应用中采用一颗相对较大体积的电感器可以获得3%至4%的效率提升。



输出电容器件选择:

输出可同时使用输出电容以达到目标频率和电流的精确控制.电容能在整个输入电压范围内减小频率,一个小的 $4.7 \mu\text{F}$ 的电容就能显著减小频率.电流的调整也能因为电容值的增加而得到改善.

增加输出电容(COUT),从本质上来讲,是增加了输出级所能储存的能量,也就意味着能供应电流的时间加长了.因此通过减慢负载的 di/dt 瞬变,频率显著减小.有了输出电容(COUT)之后,电感的电流将不再和负载上看到的电流保持一致.电感电流仍将是完美的三角形的形状,负载电流有相同的趋势,只不过所有尖锐的拐角都变得圆滑了,所有的峰值明显减小,如下图所示.



驱动器件MOSFET选择

常用的是NMOS。原因是导通电阻小，应用较为广泛，也符合LED驱动设计要求。所以开关电源和LED恒流驱动的应用中，一般都用NMOS。

功率MOSFET的开关特性：MOSFET功率场效应晶体管是用栅极电压来控制漏极电流的，因此它的一个显著特点是驱动电路简单，驱动功耗小。其第二个显著特点是开关速度快，工作频率高，功率MOSFET的工作频率在下降时间主要由输入回路时间常数决定。

一般的应用中IC的驱动可以直接驱动MOSFET，但是考虑到通常驱动走线不是直线，感量可能会更大，并且为了防止外部干扰，还是要使用R_g驱动电阻进行抑制。考虑到走线分布电容的影响，这个电阻要尽量靠近MOSFET的栅极。



|| MOS开关管损耗：不管是NMOS还是PMOS，导通后都有导通电阻存在，这样电流就会在这个电阻上消耗能量，这部分消耗的能量叫做导通损耗。选择导通电阻小的MOSFET会减小导通损耗。

|| MOSFET导通和截止的时候，一定不是在瞬间完成的。MOSFET两端的电压有一个下降的过程，流过的电流有一个上升的过程，在这段时间内，MOSFET管的损耗是电压和电流的乘积，叫做开关损耗。通常开关损耗比导通损耗大得多，而且开关频率越快，损失也越大。在LED恒流源设计中要注意频率的选择，降低损耗但也要兼顾杂声的出现。

|| 导通瞬间电压和电流的乘积很大，造成的损耗也就很大。缩短开关时间，可以减小每次导通时的损耗；降低开关频率，可以减小单位时间内的开关次数。这两种办法都可以减小开关损耗。



PCB布线设计指南

□细致的PCB布线对获得低开关损耗和稳定性的工作状态至关重要，尽可能的使用多层板以便更好地抑制噪声干扰。大电流地回路、输入旁路电容地线和输出电容地线采用单点连接（即：星形接地方式），进一步降低接地噪声。正常工作状态下一般有两个大电流回路：一个是，MOSFET导通回路，由IN→电感→LED→MOSFET→检测电阻→GND；另一个是，电感→LED→续流二极管。为了降低噪声干扰，每个回路的面积应尽可能的小。





谢谢 THANKS!

