

## LED 市电驱动电路获奖方案详解

在国益兴业科技（深圳）有限公司的大力支持以及专家文茂强先生的鼎力帮助下，电子工程专辑网站首届网友设计大赛已经圆满落幕。

本次大赛的主题是“LED 照明市电驱动线路设计”。大赛一推出，便得到了众网友的积极响应，虽然报名时间只有短短的两周，我们仍然收到了来自全国各地的共 76 份报名申请。最终，有 39 位参赛选手出色的完成了作品的设计。在此，我们挑出第一名获奖选手的作品，详细的与大家分享他们的设计思路与成果。

您可以通过浏览本次 LED 设计大赛的专题讨论来获取更多的设计成果分享

([http://forum.eet-cn.com/FORUM\\_TOPIC\\_1000039297\\_0.HTM](http://forum.eet-cn.com/FORUM_TOPIC_1000039297_0.HTM))。

### 作品一：带有软启动功能的 LED 日光灯

设计者：王汉忠

#### 作品设计思路

本作品的设计思路如下：

1. 围绕本次活动的主题，严格遵守活动的游戏规则。
2. 基于国内 220v 市电而设计，努力做到高效率、高可靠性、低成本、简单实用。
3. 兼容性，尽量与现有传统灯具兼容，便于在替换时可以利用原有的灯架（或灯座），这也是节能灯一大举措。
4. 温度，LED 灯的使用寿命一方面是灯本身的质量，另一方面，使用温度也是一个很关键的问题，过高的使用温度，不但会加速 LED 灯的光衰，使其寿命缩短，而且，灯具散发的温度也会间接地消耗周边的能源，对节能也是不利的。合理地安排 LED 灯的结构和控制 LED 灯的使用电流，能有效地控制其使用温度。
5. 供电范围，按照一般规律，电压范围设计在 AC185-253V 就已经足够，但考虑到国内有些地区电网不大稳定，电压波动范围较大，故将电压范围扩大到 AC 165-265V.
6. 软启动，虽然目前很多开关电源 IC 都具有软启动功能，但都是基于针对输入电源瞬间冲击而设计（缓冲时间一般在 20ms），而这里提出的软启动，是针对负载(LED 灯)的缓冲启动，缓冲时间暂定为 500MS，缓冲时间多长合适，需要靠往后的实际的应用来检验（这里只是提出一个概念），虽然目前还没有证据证明这种过冲现象是否存在，但设计这个功能，对 LED 灯的使用并无坏处，更重要的是，此举，使到 LED 灯光对人的眼睛提供了一个缓冲过程。
7. 恒压、恒流，驱动器在遭遇空载时应该处于恒压状态，而有负载时应该是工作在恒流状态。
8. 内置、外置选择，原则上讲，外置型驱动比内置型有着更多的优点，但目前的

市场趋势多偏向于内置，为适应市场，选择内置

9. 隔离与非隔离，隔离型的驱动器具有较高的安全性，在某些安全要求比较敏感的地方（如灯具外壳带有金属部件，而这些部件与内部线路的距离又比较靠近，且使用中人体比较容易接触到这些部件），则用隔离方案比较合适。

但隔离电路由于其隔离变压器的存在，无法把体积做的很小，在日光灯的应用中，无法做成内置型的，另外，其转换效率没有非隔离的高，造价也相对较高。非隔离电路由于其造价低，转换效率高，体积小，目前还是大家普遍采用的方案之一。由于日光灯一般在使用中与人体接触的机会比较少，为了提高转换效率和降低成本，采用非隔离方案还是可行的。

10. LED 灯的选用及结构组合，采用小功率直插草帽白灯，单灯功率为 0.06W，特征电流为 20ma，VF=3.2-3.4V，单灯亮度为 6LM，灯板组合：24 串，6 并，串联后灯组的电压为 76.8-81.6v，共用 144 个 LED 灯，最大功率为 8.64W。

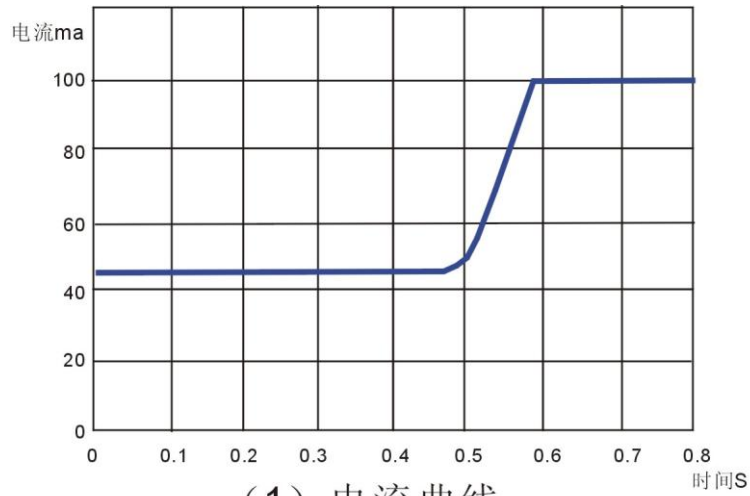
#### 作品性能指标：

1. 输入电压范围：AC 165-265V
2. 输出电压：76.8V-81.6V
3. 输出电流：100ma
4. 灯串数：24 串
5. 并联数：6 路
6. 电流分配：16.6ma(每路)
7. 稳流精度：1ma
8. 转换效率：90%
9. 系统温升：小于 25 摄氏度

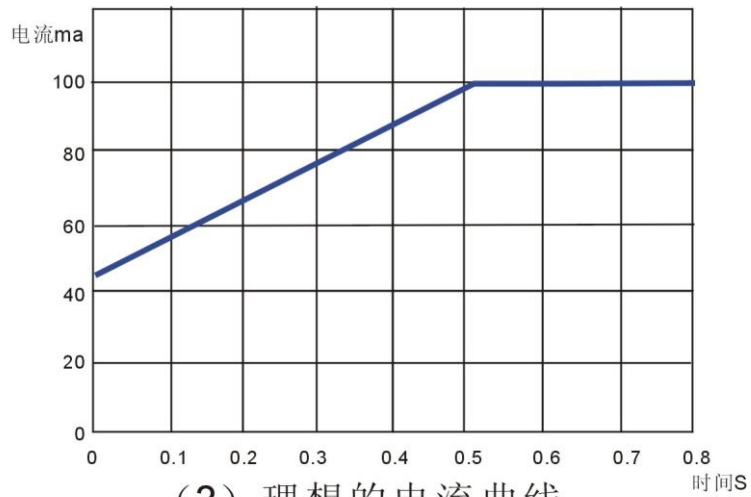
#### 作品特点：

1. 具有较高的转换效率，设计效率为 90%，实测达到 94%
2. 使用通用的无源 PFC 填谷电路，具有较高的功率因数
3. 内置式设计，PCB 板设计为单面贴片式安装，在装入 LED 灯管时无需在驱动板和 LED 灯板之间加垫绝缘层，安装方便
4. 灯板设计为三路交叉并联方式（两组共 6 路并联），如果万一有个别灯珠焊接不良或开路损坏，其他灯珠也会正常工作，如果个别灯珠短路，则最多只有三个灯珠不亮。
5. 软启动功能使灯管在启动的时候有 0.5 秒的延迟时间，减轻瞬间强光对眼睛的刺激启动时的电流曲线如图（1），曲线图中的数据表明，在接通电源的瞬间，驱动器上输出电流只有 48 毫安，经过 0.5 秒的延迟时间，再上升到正常值（100ma），从上电到满负载工作的时间有 0.5 秒左右的缓冲时间。当然，起步电流和缓冲时间都是可控的，这里设定的只是一个实施例子，并不代表这就是最佳值，你也可以把延迟时间适当地延长或减少，你也可以设置任何起始电流值。

图（1）中的电流曲线并不是最理想的工作状态，最理想的工作状态应该像图（2）所示，启动时，电流随着时间呈斜线上升到正常值，LED 的亮度是从暗到亮慢慢上升，这样，会得到最佳的缓冲效果。

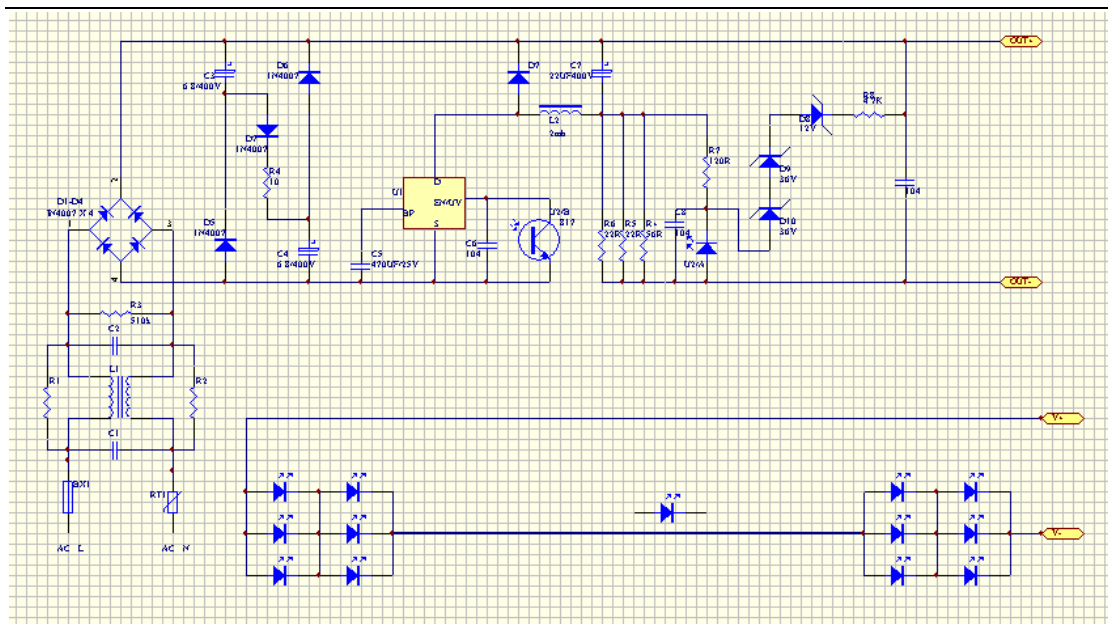


(1) 电流曲线



(2) 理想的电流曲线

电路原理图:



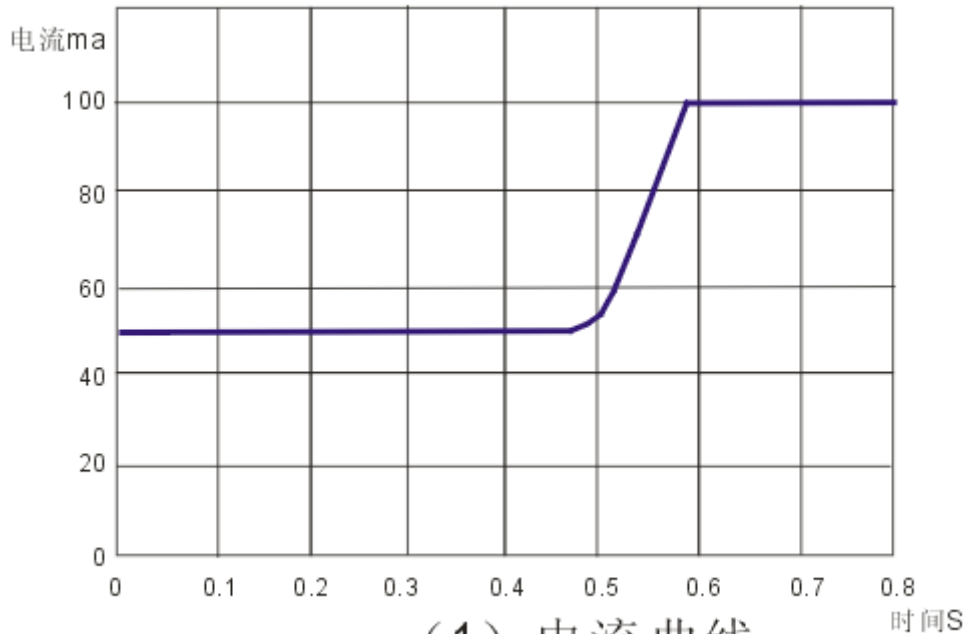
#### 关于软启动方案的说明：

将电路中的 C 5 由 1UF 更换为 470UF, 即可得到图 (1) 的启动电流曲线, 但这并非最理想的启动曲线, 理想的启动曲线应该为图 (2) 所示, 通过外加控制电路, 对光电耦合器的反馈量实行控制, 使其在启动时反馈量为最大 (此时 IC 的开关占空比则最小), 然后慢慢线性下降至设定值, 则可实现图 (2) 的启动特性。

本次实施的是第一方案, 以最简单的方式实现了启动时的电流缓冲, 那么, 为什么不实施第二方案呢? 理由如下:

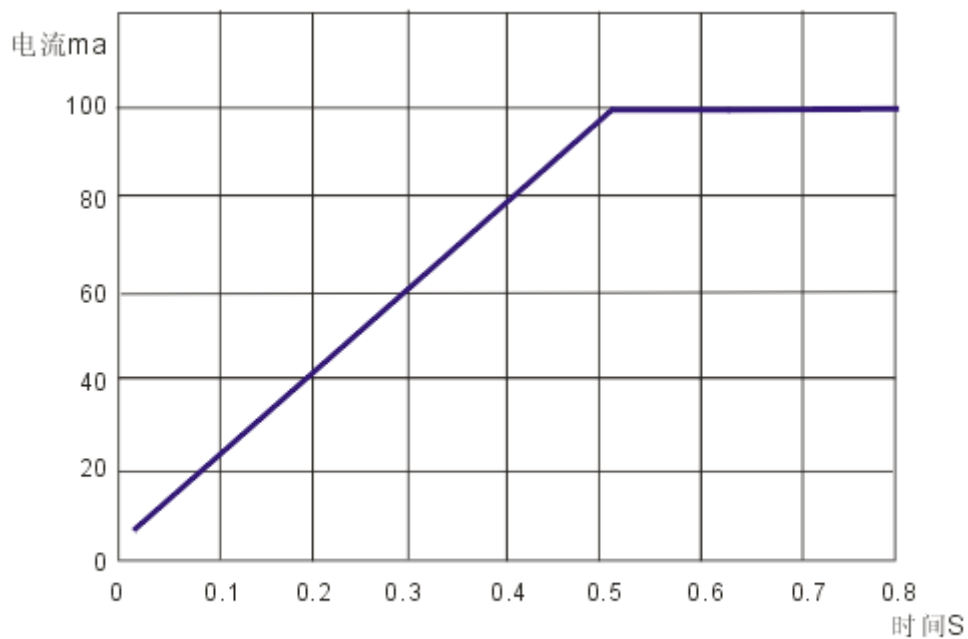
1. 实施第一方案, 电路简洁, 造价低廉, 只需更改一个电解电容的容量, 即可轻松实现对负载的启动电流缓冲。如图 (1)
2. 增设控制电路, 调控光电耦合器的反馈量, 使其在启动时的反馈量最大, 继而慢慢地线性滑落到设定值, 能达到图 (2) 的理想电流曲线, 但这样会增加电路的复杂性, 提高系统造价。
3. 最好的解决方案, 是在保持电路简洁和不增加系统成本的前提下, 让 IC 在启动的时候, 其开关占空比从最小值呈线性慢慢上升到设定值, 以达到理想的启动缓冲曲线, 这点, 就需要驱动芯片的生产厂家能够有这方面的共识, 增加这项功能, 对一个 IC 的生产厂家来说, 是轻而易举的事情, 而且, 不需增加 IC 的生产成本, 也不需对 IC 的外围电路做任何的修改, 也不会增加应用难度和应用成本。
4. 本人旨在通过本次活动, 让业界对此有所共识, 希望广大使用者了解到缓冲启动的好处, 也建议驱动 IC 的生产厂家对新生产的驱动芯片增加此项功能, 或许有人认为它没有什么好处, 但起码也没有什么坏处! 况且, 增加该功能并不增加芯片的生产成本。

5. 基于上面所述，我采用了第一方案，因为如果一旦此举得到业界认可，驱动 IC 的生产厂家就会很快推出相关产品，那么，通过外加电路去实现这一功能就没有意义了。



(1) 电流曲线

理想的启动电流曲线图：



(2) 理想的电流曲线

最终样品的测试报告

	A	B	C	D
1	<b>测 试 报 告</b>			
2	输入电压 <sub>ac/v</sub>	输入电流	负载电流(ma)	备 注
3	105	61.5	79.5	
4	115	60	84	
5	125	60.5	89.9	
6	135	60.5	95.5	
7	145	58.4	100.2	负载:0.06W小功率白
8	155	55.5	101.6	灯,24串6并
9	165	53.3	101.6	每路平均电流:
10	175	51.5	101.6	16.66ma
11	185	49.9	101.6	设计电压:AC165-265V
12	195	48.1	101.7	目标设计效率:
13	200	46.7	101.7	90%
14	210	41.4	101.6	
15	220	38.2	101.6	电流稳定度:
16	230	36.8	101.5	在额定电压范围内,
17	240	35.4	101.1	电流漂移小于1%
18	250	35.7	100.9	
19	260	37.8	100.8	
20	265	36.9	100.7	
21				
22				
23				
24				

作品二：情景照明 LED 驱动线路的设计

设计者：马敬义

作品创作背景：

“节能技术呼声高涨的今天，LED 照明将成为照明技术的发展主流已成为共识”。科学技术的发展，LED 的光效逐年提高，LED 即发光二极管，具有寿命长、节能、安全、绿色环保、色彩丰富等显著优点将会取代传统光源，从而引发人类照明史上的第四次革命，极大地改善人类的生存环境，缓解全球日益严峻的能源危机。

用于情景照明的 LED 驱动线路设计：适应于形势、时代的要求，首先考虑的是高效率，驱动的高效率才能充分体现和发挥 LED 节能高效的优势，其次驱动线路实现以人为本，按需调亮，在不影响正常照明照度的同时，最大限度地节约能源，保护照明灯具。调光节能，随心所欲最大限度地按需控制能源，在照度和节电率间获得最佳平衡。

用于情景照明的LED驱动线路还有一个重要的功能就是它可以按照人们的意愿调节LED灯光的色调、色彩，从而可实现单个光源能轻易创造变化的照明情景，今天，灯具已是单纯“提供照明”的光源演变为“创造生活情趣”的角色。

LED灯情景照明，不但可以满足节电照明的需要，而且情景照明灯光可变化的色彩使人产生各种不同感觉，对彩色可随心所欲，通过改变灯光的颜色、对比度和亮度等，满足我们需要的情景，也在色彩的变化间切换出不同的季节风情以及不同的情景场面氛围；并可陶冶人们的情操，不同的颜色使人产生不同的情绪，从而引起人的心境发生不同变化。灯光是一种能够为人们敏锐地感觉到的因素，它既能形成宁静舒适的气氛，又能烘托欢乐、热烈的场面；能产生庄重肃穆的效果，也能制造豪华富丽的气氛，巧妙运用灯光色彩可让人们心情放飞。夏天天气比较炎热，如果家里的灯光属于暖色调的，无疑给人感觉更加热，从而是人的内心烦躁不安，容易引起发脾气等，而冬天正好相反，由于天气严寒，而家里的灯具属于冷色调的，就会使空间显得更加的冷清，也会影响人的情绪的，LED情景照明可满足人们能随时随地调节灯光色温、色调的需要，创造出一个人更舒适的照明环境。

情景照明的LED驱动线路的负载是由白光LED和三基色LED组合而成，通过驱动线路对不同色彩LED输出的调整，来弥补白光LED其显色性指数(CRI)偏低的问题，使LED照明在白光应用中保持很高的显色指数(CRI)，满足人们对高质量灯光照明的需求。

## 作品设计思路

情景照明的LED驱动线路工作于交流220V市电，主电路采用离线式反激降压拓扑结构，隔离的输出方式有利于提高照明灯具的使用及操作安全性，灯光照明设计要求绝对的安全可靠。由于照明来自市电电源，必须采取严格的防触电、防短路等安全措施，以避免意外事故的发生，情景照明的LED驱动线路主要应用室内照明灯具如：吊顶灯、吸顶灯、筒灯等。

情景照明的LED驱动线路设计以白光LED驱动为主，以彩色LED驱动为辅，驱动输出白光LED功率为10W，10W白光LED输出光通量相当60W的白炽灯，照明效果可达到100W白炽灯(LED不含红外线以及有较高光源利用率)，可满足室内照明对照度的一般要求；驱动输出三基色LED功率为 $3 \times 4W$ ，能满足对彩色景照明的一般要求。三基色可以组合千变万化，种类繁多的绚丽色彩，为使操作的方便性，本情景照明的LED驱动线路设置两个主电位器和一个情景模式选择轻触按键开关，以及三个辅助电位器，两个主电位器分别用于主白光LED亮度调节和单色、混合彩色LED亮度的调节，情景模式选择轻触按键开关用于切换下面介绍的情景模式，三个辅助电位器用于微调混合色色调或者个人偏好的色调。

情景照明的LED驱动线路可实现于下列九种灯光情景模式：

- 1、主白光LED点亮，亮度可连续调节，是默认情景模式，按需调光，在照度和节电率间获得平衡；
- 2、白光LED混合红色LED，白光亮度和红色亮度可分别调节，满足偏红色灯光情景照明的要求；

- 3、白光 LED 混合黄色（绿+红）LED，白光亮度和黄色亮度可分别调节，混色中绿、红可分别进行微调，能实现黄色中偏红-偏绿之间的任意色调，满足偏黄色灯光情景照明的要求；
- 4、白光 LED 混合蓝色 LED，白光亮度和蓝色亮度可分别调节，满足偏蓝色灯光情景照明的要求；
- 5、白光 LED 混合绿色 LED，白光亮度和绿色亮度可分别调节，满足偏绿色灯光情景照明的要求；
- 6、白光 LED 混合青色（绿+蓝）LED，白光亮度和青色亮度可分别调节，混色中绿、蓝可分别进行微调，能实现青色中偏红-偏蓝之间的任意色调，满足偏青色灯光情景照明的要求；
- 7、白光 LED 混合紫色（蓝+红）LED，白光亮度和紫色亮度可分别调节，混色中蓝、红可分别进行微调，能实现紫色中偏红-偏蓝之间的任意色调，满足偏紫色灯光情景照明的要求；
- 8、白光 LED 混合色三基色（蓝+红+绿）LED，白光 LED 亮度和三基色 LED 混合亮度可分别调节，达到灯具最大亮度并满足个性情景照明的需要（三基色 LED 亮度可分别微调节）；
- 9、白光 LED 混合复合彩色 LED，用于实现白光的高显色性指数，满足高质量照明对显色性的要求，亮度可连续调节。

对灯光亮度、色彩、色饱和度可随心所欲的调整，满足我心境、情景对照明的要求，我的灯光我做主。

下面是我搜集的一些灯光明暗、色彩对人感性的影响的资料供参考：

- 1、 在白色灯光中混入少量的红，就成为淡淡的粉色，鲜嫩而充满诱惑。
- 2、 在白色灯光中混入少量的黄，则成为一种乳黄色，给人一种香腻的印象。
- 3、 在白色灯光中混入少量的蓝，给人感觉清冷、洁净。
- 4、 在白色灯光中混入少量的橙，有一种干燥的气氛。
- 5、 在白色灯光中混入少量的绿，给人一种稚嫩、柔和的感觉。
- 6、 在白色灯光中混入少量的紫，可诱导人联想到淡淡的芳香。





灯光明、暗的表达方法如下表：

度亮明	高	爽朗	白	纯洁、清高
	中	庄严	灰	庄重、抑郁
	低	阴郁	黑	阴郁、不安、庄严
色度	高	新鲜活泼	大红	热烈、激烈、热性
	中	舒适温暖	粉红	可爱、温存
	低	雅致老练	茶色	庄重

灯光色彩与感性的关系如下表：

暖色	温暖	红色	激情、发怒、欢喜、精神、兴奋
	热情	橘红	高兴、欢庆、活泼、健康
	活跃	黄色	快活、明朗、愉快、活跃
中间色	中庸	绿色	安闲、舒适、平静、生机勃勃
	平静	紫色	严肃、优雅、神秘、平安
	平凡	粉紫	温存
冷色	冷淡	墨绿	安息、凉爽、忧郁
	消极	蓝色	庄重、寂寞、深沉、沉静
	沉静	深紫	神秘、崇高、孤独

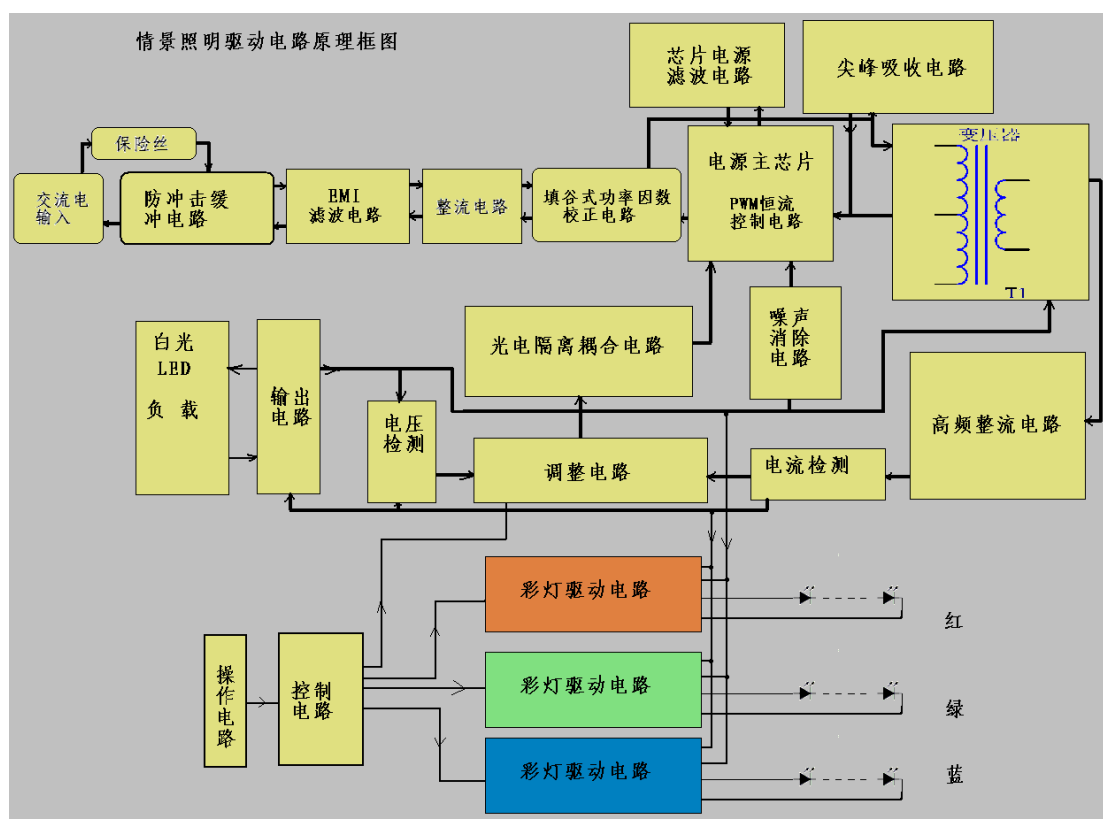
灯光色彩是居室氛围营造的重要元素，也同时影响着主人的居住心情。冷光比较明亮洁净，一般用在卫生间、厨房，和办公环境中，主要是为了人们生活方便；暖光制造环境效果的功

能较强，带着阳光的色调，显得温馨自然，看上去不刺眼，在餐厅中使用，使得菜的成色好，能刺激食欲，如果运用在卧室里，则突出安定宁静，可以促进睡眠。

色彩对人的心理和生理有很大的影响，一般来讲，蓝色可减缓心律、调节平衡，消除紧张情绪；米色、浅蓝、浅灰有利于安静休息和睡眠，易消除疲劳；红橙、黄色能使人兴奋，振奋精神；白色可使高血压患者血压降低，心平气和；红色则使人血压升高，呼吸加快。

一盏灯光，一份心情，有了光，人类的智慧才得以开启。但人类对大自然恩赐的自然光似乎并不满足，开始了灯的制造，是为在黑夜享受美妙的自然，更是对人类智慧的不懈追求。如今，灯的种类与色彩已是千变万化了，有人说这是个性化社会的必然产物，也有人说，不同的灯，带来不一样的心情，既然如此，为何不寻找一份智慧的好心情呢？

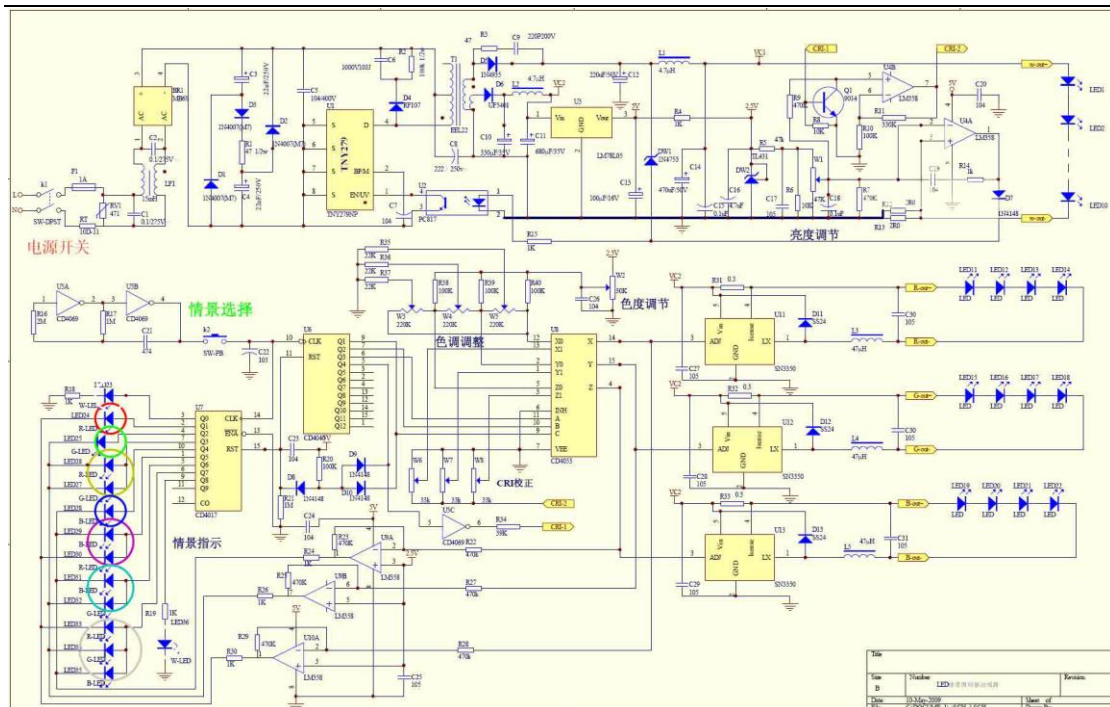
情景照明 LED 驱动线路的原理框图：



### 详细设计解析

电路原理主要包括以下三部分：

- 1、10\*1W 白光 LED 驱动；
- 2、3\*4\*1W 彩色 LED 驱动；
- 3、情景选择控制及指示电路。

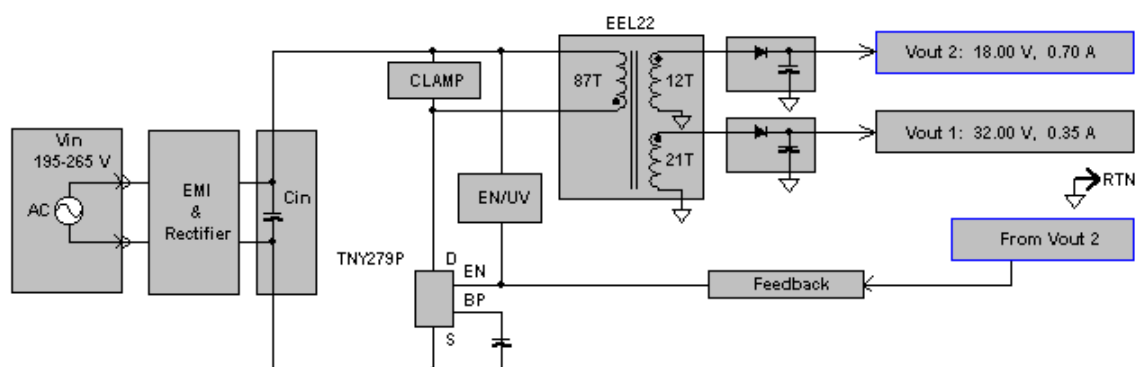


情景照明 LED 驱动线路设计,主电路选用 PI 公司 TinySwitch-III 系列的一个器件 TNY279P,电路结构相对简单,并有较高电源效率,在满功率输出时,PI 软件估计电源效率为 82%,电路采用反激式转换器模式,隔离输出,保证了使用操作的安全性,驱动电路为白光 LED 负载提供稳定电流输出并为彩灯驱动提供一稳定电压电源,电路总输出功率为 24W (白光 10W+彩色 3\*4W)。

主电源采用 PI 电源芯片 TinySwitch-III 系列,电路结构及变压器设计采用 PI 公司电源设计软件,设计结果如下:

设计结果 - PDesign1.uds 设计通过 (优化已完成)

### 设计报告

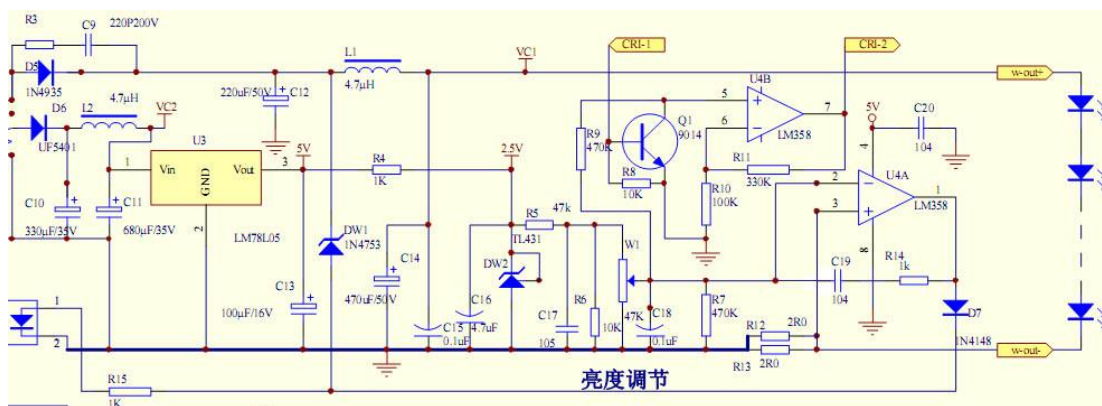


### 电路图分步骤详解:

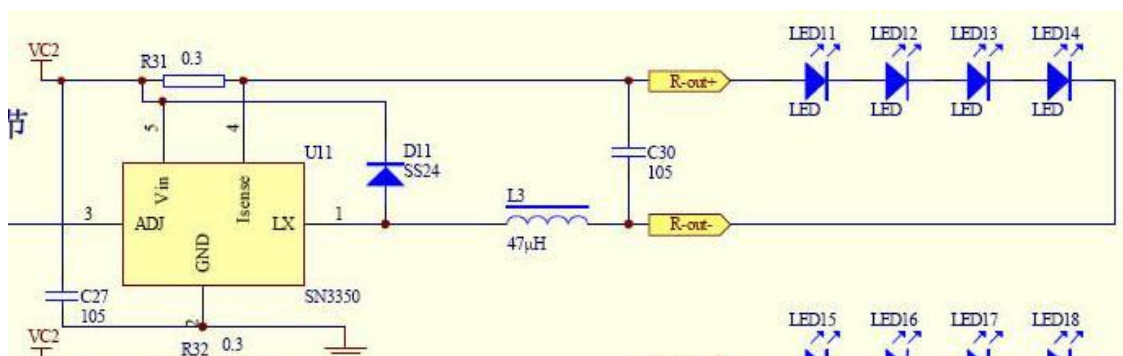
简述一下情景照明 LED 驱动线路主电源电路的设计思路，电路如上图。主电源电路输出分为两路：

一路输出为 VC1, 用于白光 LED 驱动，电阻 R12、R13 为白光 LED 电流检测电阻，电位器 W1 是亮度调节电位器，可调节预置一定的电压，运放 U4a 用于比较电位器 W1 电压和电阻 R12、R13 的电压，其输出通过光耦反馈来调节输出电流的大小，亦即调节白光 LED 的亮度。DW1 用于电路输出电压控制，防止 LED 负载或电位器为 W1 开路而使驱动电路输出高电压，Q1 和 U4B 是用于跟踪电位器 W1 电压变化而相应输出电压变化的可控电路，其输出电压用于控制彩色 LED 的功率输出，目的是提高 LED 灯具出光显色性指数，补偿单白光 LED 显色性指数偏低的缺陷；

另一路电路输出为 VC2, 用于驱动彩色 LED, 稳压的 5V 电源电压用于为数字控制集成电路提供电源电压。



彩灯驱动电路采用 SN3350, 应用其推荐典型电路，增加 C30，减小输出电流纹波，提高发光稳定度。亮度控制采用直流电压调整方式，电路相对简单，无噪声，出光无闪烁。



### 附录一:

电子工程专辑网站首届网友设计大赛“LED 照明市电驱动线路设计”获奖方案展示:

**一等奖:**

1. 带有软启动功能的 LED 日光灯 王汉忠

[http://forum.eet-cn.com/FORUM\\_TOPIC\\_POST\\_1200118825\\_0.HTM](http://forum.eet-cn.com/FORUM_TOPIC_POST_1200118825_0.HTM)

2. 情景照明 LED 驱动线路的设计-马敬义

[http://forum.eet-cn.com/FORUM\\_TOPIC\\_POST\\_1000039297\\_1200118461\\_0.HTM](http://forum.eet-cn.com/FORUM_TOPIC_POST_1000039297_1200118461_0.HTM)

**二等奖:**

简易可调光 LED 白光节能灯 梁明达

[http://forum.eet-cn.com/FORUM\\_TOPIC\\_POST\\_1000039297\\_1200118003\\_0.HTM](http://forum.eet-cn.com/FORUM_TOPIC_POST_1000039297_1200118003_0.HTM)

节能 LED 灯杯 杨文彬

[http://forum.eet-cn.com/FORUM\\_TOPIC\\_POST\\_1000039297\\_1200118104\\_0.HTM](http://forum.eet-cn.com/FORUM_TOPIC_POST_1000039297_1200118104_0.HTM)

最省钱的 LED 灯: LED 直接代替白炽灯 李强

[http://forum.eet-cn.com/FORUM\\_TOPIC\\_POST\\_1000039297\\_1200118027\\_0.HTM](http://forum.eet-cn.com/FORUM_TOPIC_POST_1000039297_1200118027_0.HTM)

**三等奖:**

rcc 驱动方案(无 ic) 设计 乔宇波

[http://forum.eet-cn.com/FORUM\\_TOPIC\\_POST\\_1000039297\\_1200118380\\_0.HTM](http://forum.eet-cn.com/FORUM_TOPIC_POST_1000039297_1200118380_0.HTM)

5W 高稳流精度、离线式 LED 驱动电源 俞家熙

[http://forum.eet-cn.com/FORUM\\_TOPIC\\_POST\\_1000039297\\_1200118923\\_0.HTM](http://forum.eet-cn.com/FORUM_TOPIC_POST_1000039297_1200118923_0.HTM)

可调光调色的室内多彩 LED 照明设计 刘志东

[http://forum.eet-cn.com/FORUM\\_TOPIC\\_POST\\_1000039297\\_1200118084\\_0.HTM](http://forum.eet-cn.com/FORUM_TOPIC_POST_1000039297_1200118084_0.HTM)

LED 吸顶灯 林勇奇

[http://forum.eet-cn.com/FORUM\\_TOPIC\\_POST\\_1000039297\\_1200119972\\_0.HTM](http://forum.eet-cn.com/FORUM_TOPIC_POST_1000039297_1200119972_0.HTM)

5-10W 的 LED 散光灯泡交流驱动 张迎斌

[http://forum.eet-cn.com/FORUM\\_TOPIC\\_POST\\_1000039297\\_1200119164\\_0.HTM](http://forum.eet-cn.com/FORUM_TOPIC_POST_1000039297_1200119164_0.HTM)

**附录二:**

**LED 设计技巧文库:**

[http://www.eet-china.com/STATIC/SITE/Design\\_match\\_P3\\_090320.HTM](http://www.eet-china.com/STATIC/SITE/Design_match_P3_090320.HTM)