



深圳市诚信联科技有限公司

shen zhen chengxinlian technology.,Co.Ltd

TEL:0755-33034517,86091963 Fax:0755-82725693 www.cxltech.cn

ADD: 深圳市福田区振华路 87 号三栋华胜大厦 306 室 李先生: 13760170216, QQ:1290918480

LED 日光灯商业照明解决方案

作者:深圳市诚信联科技 李文峰

业内人士都知道,LED 日光灯将成为新一代节能环保照明灯,但是现在全国每年顶多生产几十万支 LED 日光灯,而且大部分是出口,国内使用寥寥无几,其实最主要的问题是价格问题,一个普通的节能荧光灯光十几元钱就搞定了,而一根 LED 日光灯管得上百块。所以目前的日光灯管主要是以商业照明为主。因为商业照明更多的会考虑到节能、环保、形象、政府方面支持等。

但现在 LED 日光灯产品质量参差不齐,有的连荧光灯的寿命都比不上,中看不中用,随着用户对 LED 日光灯产品认识越来越深,LED 日光灯厂家还需要解决以下几个问题:

第一. 驱动电源的恒流驱动问题。目前大部分恒流源大都是总恒流(也就是多个并联灯串共用一个恒流源,因为 LED 灯珠之间阻值的差异性,所以每串灯的电流大小不同,任何一颗 LED 灯出现故障,都会影响其它灯串的电流,这样电流大的那些灯串光衰更严重,其使用寿命也会大大减短。)

第二. 散热问题。这是 LED 日光灯管的使用寿命的核心问题之一。因目前各厂家大都跟风采用内置电源,以直接可以更换到荧光灯管支架上,这样您的整个电源所散发的热量和 LED 本身散发的热量都在一个铝外壳上散热,并且都在日光灯管内,这样的热量怎么处理?

第三. 电源模块中电解电容使用寿命问题?就算我们采用超长寿命电解电容,在高温的情况下工作,它的寿命也无法与 LED 的寿命相平衡。但怎样来提供良好的工作温度,以达到最理想的使用寿命?

第四. 电源模块的不稳定性和产品安全性认证能否通过的问题?目前市场上大部分厂家采用的是高压的非隔离方案,和高压反击式开关电源方案,因为内置体积十分有限(要放进灯管内),所以一般在设计时,很难把电源做到稳定。并且目前各个国家对安全认证方面都比较严格,对于高电压的电源供电的安全认证方面比较难通过。

其实以上问题最要主要的根源还是在内置电源所产生的!

下面是一些专业人讲述的内置电源和外置电源设计的日光灯管的性能方面进行比较:

LED 日光灯的电源分为内置式和外置式两种。所谓内置式就是指电源可以放在灯管内部。这种内置式的最大优点就是可以做成直接替换现有的荧光灯管,而无需作任何改动。所以内置式的形状都是做成长条形,以便塞进半圆形的灯管中去。

下面先介绍两种内置式,非隔离型和隔离型。

(b) 非隔离式恒流电源: 非隔离是指在负载端和输入端有直接连接,因此触摸负载就有触电的危险。

目前用得最多的是非隔离直接降压型电源。也就是把交流电整流以后得到直流高压,然后就直接用降压(Buck)电路进行降压和恒流控制。其电原理图如下图所示:



深圳市诚信联科技有限公司

shen zhen chengxinlian technology.,Co.Ltd

TEL:0755-33034517,86091963 Fax:0755-82725693 www.cxltech.cn

ADD: 深圳市福田区振华路 87 号三栋华胜大厦 306 室 李先生: 13760170216, QQ:1290918480

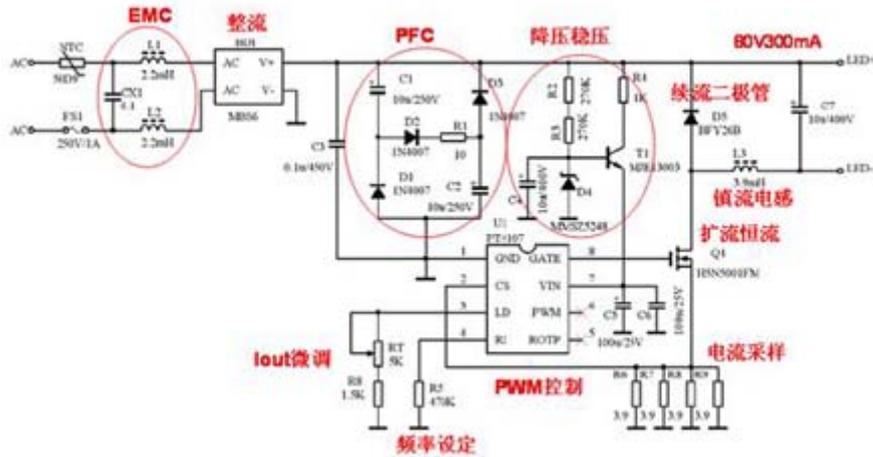


图 1. 非隔离恒流源的电路原理图

这种非隔离式电源的主要技术特点：从 18V 到 450V 的宽电压输入范围，恒流输出；采用频率抖动减少电磁干扰，利用随机源来调制振荡频率，这样可以扩展音频能量谱，扩展后的能量谱可以有效减小带内电磁干扰，降低系统级设计难度；可用线性及 PWM 调光，支持上百个 0.06W LED 的驱动应用，工作频率 25KHz-300KHz，可通过外部电阻来设定。

非隔离恒流源的优点是简单、指标高，它的输出电流可以按 LED 串并联的个数决定。但是大多数情况下，它的输出电流不能太大，输出电压也不能太高。例如 264 个小功率 LED 连接成 22 个串联，12 串并联，每串 20mA，一共 240mA。体积也可以做得很小，通常是做成长条形的，以便放进 T10 或 T8 的管子里。假如每串的电是 30mA，12 并就是 360mA。在有些非隔离的电源中就无法实现，为了保持总电流 240mA 不变，就只能改成 8 串并联。但假如 LED 的总数不变，就要求串联的数目增加到 33 个。这时候总电压就会增加到 108.9V。但是通常这种非隔离恒流源的允许的最高输出电压是 80V。只能维持原来的 22 串，这样 LED 的总数就只能 176 颗，即使采用 30mA，其总流明数有可能不能满足要求。

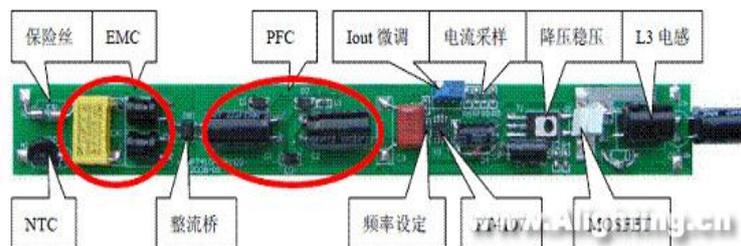


图 2. 非隔离降压式恒流源的外形照片

通常其效率大约在 88-90%之间，功率因素大约在 0.88-0.92 之间。



深圳市诚信联科技有限公司

shen zhen chengxinlian technology.,Co.Ltd

TEL:0755-33034517,86091963 Fax:0755-82725693 www.cxltech.cn

ADD: 深圳市福田区振华路 87 号三栋华胜大厦 306 室 李先生: 13760170216, QQ:1290918480

然而这种非隔离电源也有一些局限性，因为非隔离的电源会把交流电源的高压引入到负载端，从而引起触电的危险。通常 LED 和铝散热器之间的绝缘也就靠铝基板的印制板的薄膜绝缘。虽然这个绝缘层可以耐 2000V 高压，但有时螺丝孔的毛刺会产生所谓的爬电现象，使得难以通过 CE 论证。

2. 隔离式恒流电源：隔离式是指在输入端和输出端有隔离变压器隔离，这种变压器可能是工频也可能是高频的。但都能把输入和输出隔离起来。可以避免触电的危险。这种隔离式的日光灯电源原理图如图 3 所示。

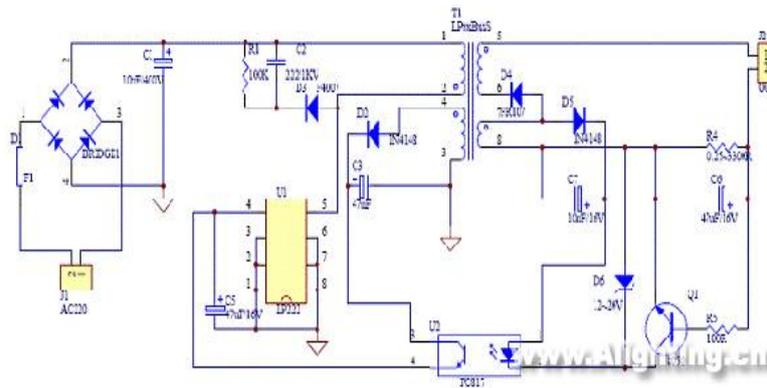


图 3. 隔离式 LED 日光灯电源原理图

这种隔离式 LED 日光灯电源外形照片如下图所示，

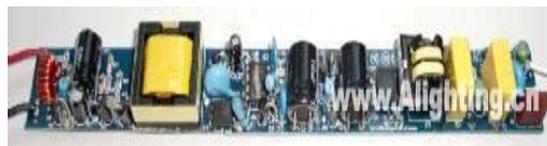


图 4 隔离式 LED 日光灯电源的照片

一般来说，由于加入了变压器，所以隔离式电源的效率会有所降低，通常大约在 88%左右。而且变压器的体积也比较大。放进 T10 灯管还可以，但是放进 T8 的灯管就比较紧张。

3. 内置式电源的优点和代价

内置式电源的最大优点就是能够直接替换现有采用电感镇流器的荧光灯，而不需要拆去任何东西。现有荧光灯的电源分两种，如图 5 所示：

(b) 电子镇流器



深圳市诚信联科技有限公司

shen zhen chengxinlian technology.,Co.Ltd

TEL:0755-33034517,86091963 Fax:0755-82725693 www.cxltech.cn

ADD: 深圳市福田区振华路 87 号三栋华胜大厦 306 室 李先生: 13760170216, QQ:1290918480

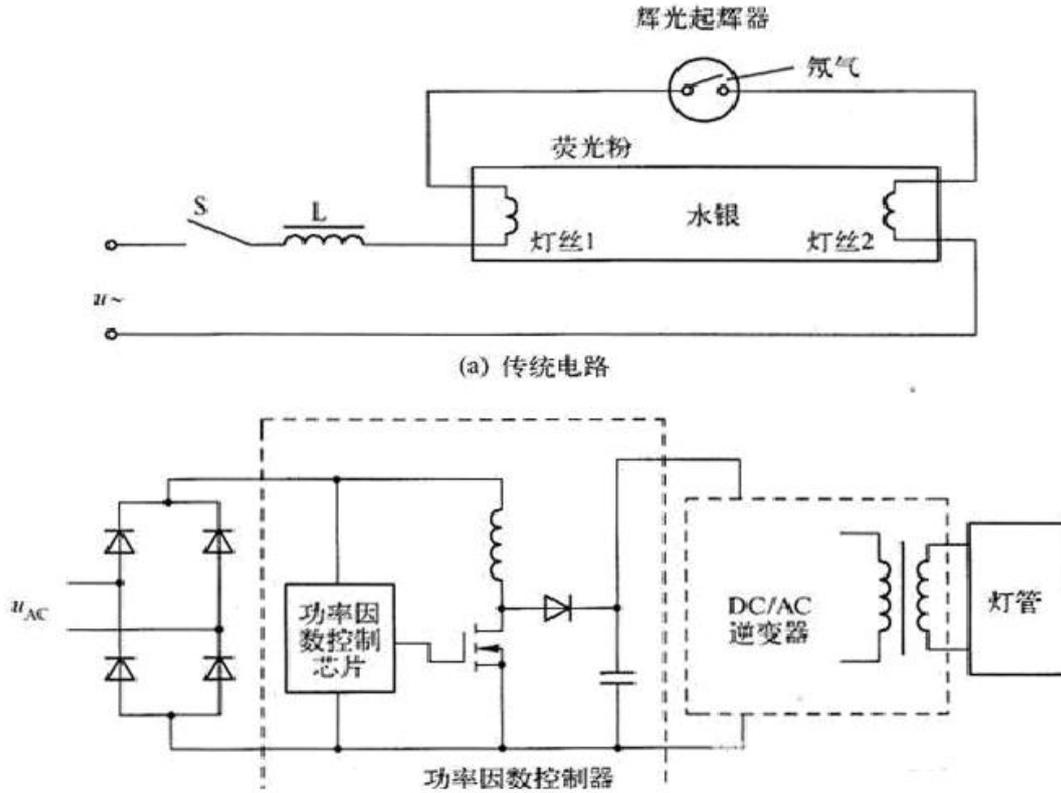


图 5. 荧光灯电源电路图

我们知道，最普通的荧光灯的起辉是采用一个串联的铁芯电感和一个并联的起辉器(图 5a)。

在直接替换时，只要拔掉起辉器就可以了。但是由于铁芯电感仍然串联在电路中，所以它仍然带来将近 6.4-10W 的损耗，结果使得这部分的额外损耗大大降低了 LED 的节电功效。例如，本来一个 18W 的 LED 日光灯可以取代一个 36W 的荧光灯，不论采用上述非隔离式还是隔离式的电源，其效率至少为 88% 以上，那么其输入功率为 20.45W，现在还要加上这个额外的 6.4W，使得输入功率变成 26.85W，其总效率也就降低为 67%，如果采用某些国产的铁芯电感，其功耗高达 10W，输入功率就要变成 30.45W，使得总效率只有 59%。这就使 LED 的节电效能大打折扣。不仅如此，由于电源内置，电源的热量也就加入到管内，假定电源的效率为 88%，所以就有 2.45W 的热量也要散去，假定 LED 本身的发光效率为 30%，也就是有 70% 的电功率变成热量，相当于 12.6W 的电功率变成热量，现在还要再加上内置电源的 2.45W 的热量，相当于增加了 20% 的热量。使得 LED 的散热又增加的一份困难，或者说，使得 LED 的使用寿命也更加缩短。其实所增加的这部分热量还不至于缩短太多的寿命(20%左右)，然而把电源放倒管子里面，电源本身就要承受由 LED 产生的很高的环境温度，这就大大降低了电解电容的寿命，也就降低了整个灯具的寿命。另外真正带来的问题是使得散热器的结构不能最佳化。这个问题才是更为严重的问题，会使 LED 寿命降低数倍之多。这将在以后做详细的解释。



深圳市诚信联科技有限公司

shen zhen chengxinlian technology.,Co.Ltd

TEL:0755-33034517,86091963 Fax:0755-82725693 www.cxltech.cn

ADD: 深圳市福田区振华路 87 号三栋华胜大厦 306 室 李先生: 13760170216, QQ:1290918480

假如原来采用的是电子镇流器(图 5b)，那么直接替换所产生的问题就更麻烦了。因为这时候加在日光灯两端的是一个高频高压。必须先用整流器变成直流高压，再用降压恒流源去驱动 LED。这时候的效率将变成前面电子镇流器的效率和后面的降压恒流源效率的乘积，就可能连 70%都不到。

4. 集中式外置电源

为了得到最高的性能最好采用集中式外置电源。因为目前推广 LED 日光灯的主要场所是政府机关、办公室、商场、学校、地下停车库、地铁等场所，往往一间房间采用不止一个日光灯，可能在 10 个以上。这时候就应该采用集中式的外置电源。所谓集中式是指采用一个大功率的 AC/DC 开关电源，统一供电，而每个日光灯则采用单独的 DC/DC 恒流模块。这样可以得到最高的效率和最大的功率因素。

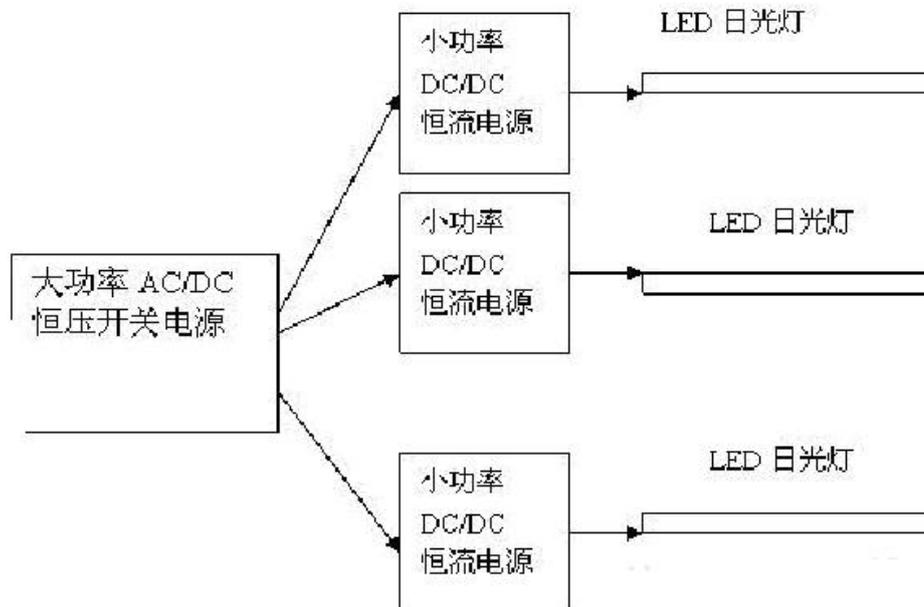


图 5. 集中式外置电源

现在大功率的 AC/DC 开关电源的效率很容易做到 95%，功率因素可以做到 0.995。而降压式的 DC/DC 恒流源的效率也很容易做到 98%。这样总效率可以做到 93.1%。这时的性能可以做到最高。

以 20W LED 灯管为例，假如采用非隔离内置式电源，直接用 220V 供电和外置式集中供电比较，实测的结果如下。

性能指标	内置式非隔离电源本身	内置式加上镇流电感	内置式加上电子镇流器	外置式（每根灯管）
总功率	25.6W	26.85W	30.5W	22.18W
效率	78%	74%	65%	92%
功率因素	0.946	0.51	0.916	0.99



深圳市诚信联科技有限公司

shen zhen chengxinlian technology.,Co.Ltd

TEL:0755-33034517,86091963 Fax:0755-82725693 www.cxltech.cn

ADD: 深圳市福田区振华路 87 号三栋华胜大厦 306 室 李先生: 13760170216, QQ:1290918480

集中式供电的优点是显而易见的。而且，它还是一种隔离式电源，在灯管处没有 220V 高压，只有低于 36VDC 的直流低压，也是符合安全使用的条件。

另外，这种结构也很容易实现各种调光方案，例如手动调光，光敏调光，只要把调光控制信号送到各个 DC/DC 恒流模块就能实现。其具体的方框图如图 6 图 7 所示。

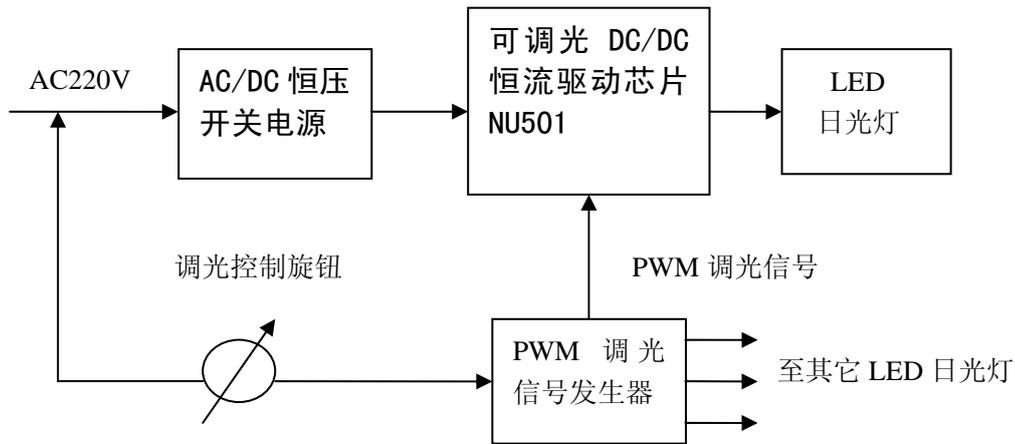


图 6. 手动调光日光灯方框图

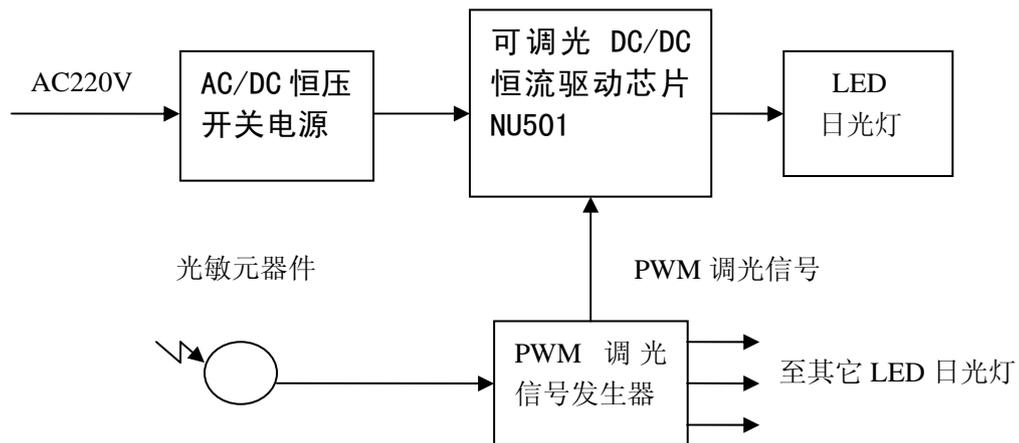


图 7. 光敏调光日光灯的方框图

五. 结构



深圳市诚信联科技有限公司

shen zhen chengxinlian technology.,Co.Ltd

TEL:0755-33034517,86091963 Fax:0755-82725693 www.cxltech.cn

ADD: 深圳市福田区振华路 87 号三栋华胜大厦 306 室 李先生: 13760170216, QQ:1290918480

按说，LED 日光灯既然称为日光灯那么它的结构一定就是荧光灯的模样，连长短、粗细也都一样，甚至称呼也是 T10、T8、T5，也都一样，也就没有什么可以讨论的了。其实则不然。LED 日光灯在这方面走了很多弯路，是值得大书特书的。

1. 全塑灯管，早期的 LED 日光灯采用的是全塑灯管，因为主要采用非隔离式电源，为了避免触电问题，所以更希望采用全塑灯管。里面采用的是 $\phi 5$ 的草帽管 LED。但是很快就证明了这种日光灯的光衰很严重，寿命非常短，不到 1000 小时就坏了。这才发现，最大的问题是散热问题。由于把热量全部封死在管内，根本无法散出去，再加上草帽管本来寿命就短，当然不可能长寿命。

2. 半塑半铝管，在发现了散热问题以后，就想到采用半塑半铝的方案(图 8)。



图 8. 半塑半铝灯管

在需要透光的那一半采用塑料，在不需要透光而需要散热的那一半就采用铝合金。电源当然是放在铝管里面。看来问题似乎是解决了。然而因为 LED 日光灯的功率通常在 20W 左右，它的发热量还是相当大的。半根铝管并不能解决它的散热问题。所以又提出另一种散热的铝管结构。

3. 扇骨形铝管(图 9)。



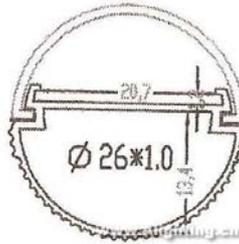
深圳市诚信联科技有限公司

shen zhen chengxinlian technology.,Co.Ltd

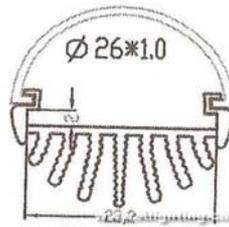
TEL:0755-33034517,86091963 Fax:0755-82725693 www.cxltech.cn

ADD: 深圳市福田区振华路 87 号三栋华胜大厦 306 室 李先生: 13760170216, QQ:1290918480

它把电源放到管外，从而可以把半边铝壳完全做成散热器。扇骨形铝管采用扇骨形状的散热结构，大大增加了散热器面积。相对于半圆形的铝管来说，它的散热面积至少增大了 3 倍以上。再加上电源不放在管内，又可以减少热量，这就大大延长了 LED 的寿命。



(a) 普通半铝半塑管



(b) 扇骨形铝塑管

图 9. 扇形灯管

六. 寿命

我们知道小功率 LED 指示灯的寿命是非常之长，只是当 LED 作为照明器件以来，LED 的寿命问题才被提出来。其实 LED 的寿命完全取决于它的结温。只要结温够低，LED 的寿命提高到十万小时以上是没有问题的。

但是由于 LED 本身的发光效率目前还是比较低，大约还有 70% 的输入功率要转化为热能，如果这些热不能很好地散发出去，LED 的结温就会升高，于是 LED 的寿命就会随之降低。所以延长 LED 寿命的根本办法就是改进其散热。改进散热要从 LED 本身做起。前面提到的 3014，就是靠增加底板金属面积二改善了散热，使其热阻降低到只有 51° C/W。只要散热器做得足够好，可以保证接脚温度在 60° C 以下，那么其寿命可以保证在 5 万小时以上。

我们实测的结果也证明了这点，在 25 度室温下，我们测得铝散热器的表面温度为 35 度左右，如果在 45 度环境温度时，那么散热器表面温度就应当是 55 度，因为采用了扇骨形铝塑管，铝基板和铝散热器的热阻大约 50° C/W。所以到 LED 底板温度大约是 60 度。因此可以保证其寿命为 5 万小时以上。

最后我们可以给出各种结构和电源的综合优缺点比较表：



深圳市诚信联科技有限公司

shen zhen chengxinlian technology.,Co.Ltd

TEL:0755-33034517,86091963 Fax:0755-82725693 www.cxltech.cn

ADD: 深圳市福田区振华路 87 号三栋华胜大厦 306 室 李先生: 13760170216, QQ:1290918480

内置非隔离电源	内置隔离式电源	外置非隔离 电源	外置隔离式电源	外置集中供电电源
可直接替换铁芯电感荧光灯	可直接替换铁芯电感荧光灯	无法直接替换需拆去镇流器	无法直接替换需拆去镇流器	无法直接替换需拆去镇流器
不易通过 CE、UL 认证	勉强通过 CE、UL 认证	不易通过 CE、UL 认证	容易通过 CE、UL 认证	容易通过 CE、UL 认证
存在触电隐患	存在触电隐患	存在触电隐患	无触电隐患	无触电隐患
效率低: 67% (电感线圈没有取下来)	效率低: 67% (电感线圈没有取下来)	效率高: 88%	效率高: 90%	效率极高: 93%
功率因素差: 0.51	功率因素差: 0.51	功率因素高: >0.9	功率因素高: >0.9	功率因素极高: >0.99
电解电容温升高, 电源寿命低	电解电容温升高, 电源寿命低	电解电容温升高, 电源寿命高	电解电容温升高, 电源寿命高	电解电容温升高, 电源寿命高
散热差、LED 寿命低: <10,000hrs	散热差、LED 寿命低: <10,000hrs	散热好, LED 寿命高: >50,000hrs	散热好, LED 寿命高: >50,000hrs	散热好, LED 寿命高: >50,000hrs
电源成本低: <19 元	电源成本高: >35 元	电源成本略高: >20 元	电源成本略高: >36 元	电源成本最低可做到小于 5 元
LED 或电源损坏时都要一起丢弃	LED 或电源损坏时都要一起丢弃	LED 或电源损坏时不必一起丢弃	LED 或电源损坏时不必一起丢弃	LED 或电源损坏时不必一起丢弃
无法调光	无法调光	无法调光	可以调光	可以调光

根据以上的分析：以下就来讲述一下一个成功的 LED 日光灯商业照明解决方案！目前由台湾数能科技专门针对 LED 日光灯商业照明上的难题，开发了一款高精度恒流驱动芯片 NU501，解决了这个难题，下面是具体的解决方案说明：

LED 日光灯商业照明解决方案的设计理念就是给 LED 一个适应的工作环境，充分发挥它本身的节能、环保、寿命长等特性。

一、输出驱动电压选择外置式集中供电电源

电源模块采用外置天关 48V 或 36V 稳压供电（20W 以内市电驱动时 48V 左右比较合适；较大的功率市电驱动输出电压 36V 左右最合适），另外在每并联灯串上串联一个 NU501 芯片，实现每路 LED 灯串电流恒流（也就是路路恒流的概念）。

特点：

基于串并联安全考虑出负载合适的驱动电压值, 尽量统一电压值减小电源设计规格成本；

基于安规规定，产品设计要符合认证要求, 交流峰值超过 42.4Vac 或直流超过 60Vdc 的电压；



深圳市诚信联科技有限公司

shen zhen chengxinlian technology.,Co.Ltd

TEL:0755-33034517,86091963 Fax:0755-82725693 www.cxltech.cn

ADD: 深圳市福田区振华路 87 号三栋华胜大厦 306 室 李先生: 13760170216, QQ:1290918480

从解决 LED 照明市场大规模上量的技术和品质问题考虑。

当输出电压在 48V 左右时，低压差线性恒流器件恒流效率高达 99%，恒流精度±3%以内，不受任何外围器件影响；当输出电压在 36V 左右时，低压差线性恒流器件恒流效率高达 98.6%，恒流精度±3%以内，不受任何外围器件影响； 就算在离线式照明部分，较低的电压 12V 和 24V，也分别有 96%和 98%的效率；功率大小效率是相等的。

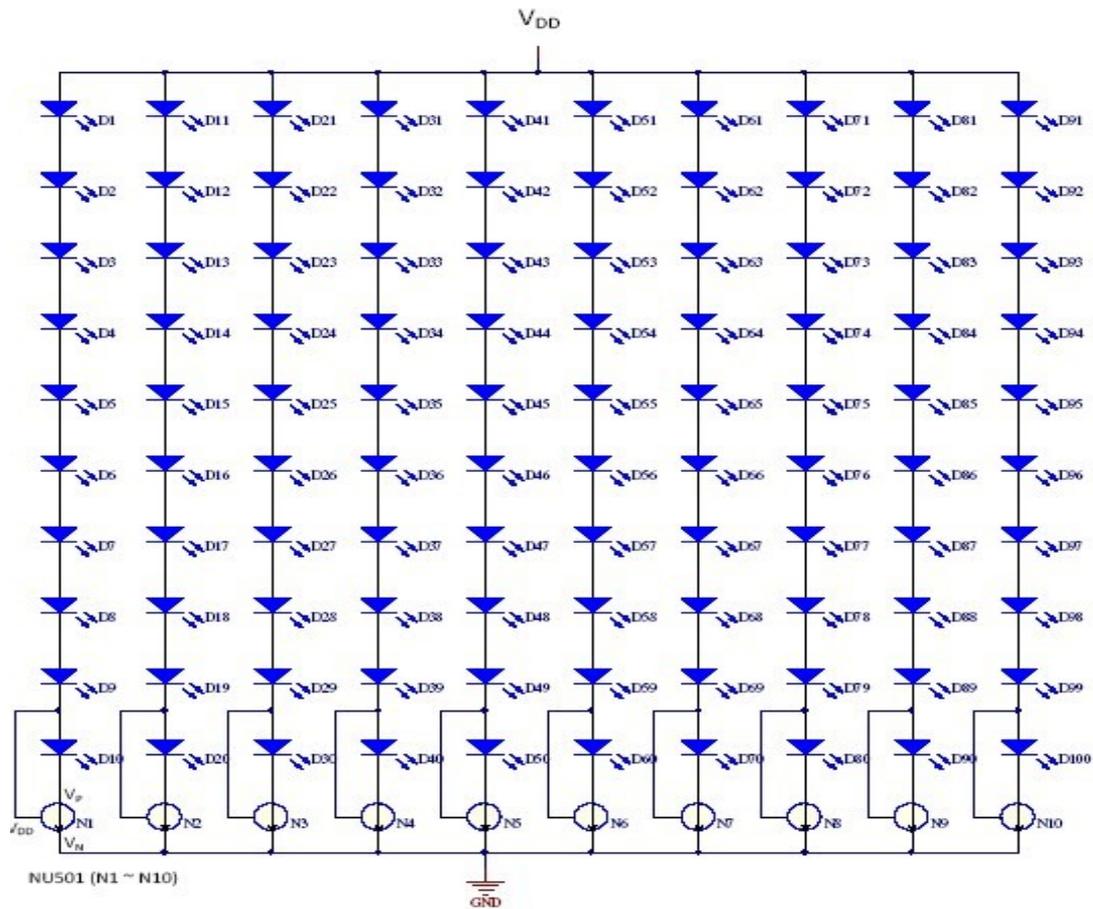


图 9：36V 直流稳压供电，NU501 实现路路恒流电路图



深圳市诚信联科技有限公司

shen zhen chengxinlian technology.,Co.Ltd

TEL:0755-33034517,86091963 Fax:0755-82725693 www.cxltech.cn

ADD: 深圳市福田区振华路 87 号三栋华胜大厦 306 室 李先生: 13760170216, QQ:1290918480

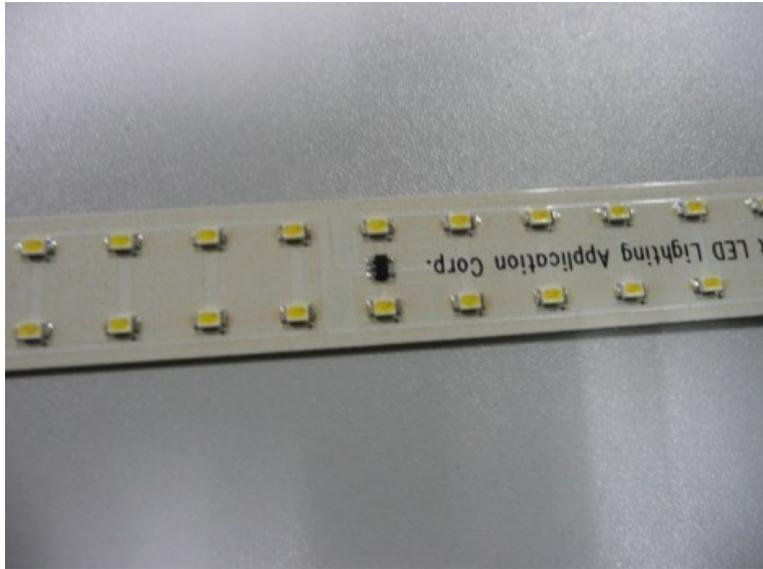


图 10: NU501 路路恒流线路板实物图

特点: 最高效的驱动恒流架构; 最高精度的恒流方式, 受外围器件影响最小 ; 简洁、方便、实用, 可轻松实现调光!

AC-DC 设计方面

开关电源发展到今天是多年积累的结果, 短期内 AC-DC 直接恒流不可突破; 恒压和恒流是矛和盾的关系, 必须要分开考虑; 恒流源负载调整率是 $1\% (\text{mA}) / \text{V}$, 达不到恒流效果; 想法越多成本越高, 与风险成正比。

特点:

要合理的利用现有的开关电源资源, 是最经济的;

恒压和恒流技术结合是必然的 ;

在稳定的产品技术上创意才是有效的。

与开关恒流方式比较



深圳市诚信联科技有限公司

shen zhen chengxinlian technology.,Co.Ltd

TEL:0755-33034517,86091963 Fax:0755-82725693 www.cxltech.cn

ADD: 深圳市福田区振华路 87 号三栋华胜大厦 306 室 李先生: 13760170216, QQ:1290918480

	线性恒流方式	开关恒流方式
效率	99%	95%
外围器件	没有	4 个以上
散热问题	不需要考虑	要合理设计
LED 线路保护	内置	外部器件实现
恒流误差	±3%以内	±10%以上
体积	利用周边 PCB	需要严谨设计
工艺	简单的工艺	工艺复杂
EMI 问题	没有	严重
器件成本	¥1 元	\$ 1 元

二、散热设计

- 1、最短的热传到路径，减小热传导阻力；
- 2、增大相互传导面积，增加热传到速度；
- 3、合理的计算设计散热面积；

如果是用到灯光照明工程改造方面，如商场或办公室用到的格栅灯（如图 11），可以直接把 LED 日光灯的灯条安装在格栅灯支架上，以利用格栅灯支架散热面积大来进行散热，且无需另外开模具做个铝壳外壳进行散热，这样大大节约了工程的成本，如图 11。

三、商用照明电源成本节约

采用集中式外置电源（也就是多跟灯条共用一个开关电源），一般一个 300W 的外置开关电源零售价在 100 元左右，足可以带一整条工厂流水线照明（如图 12），或带 T8 0.6 米 8W 灯管 36 根，平均每根电源模块成本只有 2.5 元~2.8 元。



深圳市诚信联科技有限公司

shen zhen chengxinlian technology.,Co.Ltd

TEL:0755-33034517,86091963 Fax:0755-82725693 www.cxltech.cn

ADD: 深圳市福田区振华路 87 号三栋华胜大厦 306 室 李先生: 13760170216, QQ:1290918480

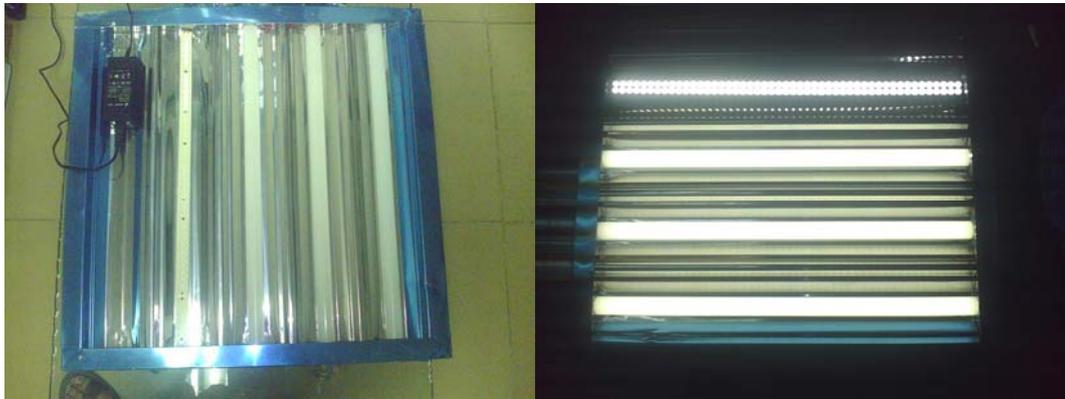


图 11 为每 5 根 0.6M 格栅灯共用一个开关电源实物图



图 12 工厂流水线 LED 照明改造