



LED lighting Power

LED灯电源设计的达标对策



广西大学 王希天

E-mail: mcvz1@126.com





能源之星LED灯泡规范草案

(一) 美国能源部于**2009年11月**发布能源之星**LED**灯泡规范草案，并于**2010年8月**生效，整理摘要如下：

(1) LED灯最短使用寿命要求；

LED装饰灯使用**15000**小时流明维持率在百分之七十（**L70**）以上。
所有其他类型**LED**灯泡最短作用寿命**25000**小时以上。

(2) 可靠性；

(2. 1) 要求除了快速周期应力测试之外，还必须在适当的温度下对灯泡进行至少**6千小时（250天）**的流明维持率测试。

(2. 2) **LDE**封装、模块、阵列的灯泡，须按北美照明工程学会（**IESNA**）认可的测量固体（**LED**）光源，阵列、模块的流明系数的方法测试**三千小时（125天）**测试之后须能源之星认证。



功率因数及光效

(3) 功率因数;

(3. 1) 小于或等于五瓦的LED灯的最小功率因数不作要求。
(小于5W的LED不必用APFC可降低成本。)

(3. 2) 大于五瓦的LED的最小功率因数须达0.7或以上。
(LED灯不一定用有源功率因数APFC装置有效降低成本。)

(4) 光效及最小光输出值:

(4. 1) 小于十瓦的LED灯的光效须大于每瓦五十流明 (50L/W)。

(4. 2) 十瓦或更大功率的LED的光效须大于每瓦五十五流明 (55L/W)。
(一分钱一分货, 光效愈高的LED价愈贵, 选合适的LED控制成本。)



最小光输出要求

(4.3) 外形、尺寸、规格不同寻常的，旨在替换低压白炽灯泡的LED灯的最小光输出，已从400流明下降至200流明的达标要求。对应的LED灯泡四瓦就达标了。
(意味着不妨考虑用多个4W的小功率LED的组合，也可能是达标组合方案之一。)

(4.4) LED装饰灯最小光输出要求:

LED 灯泡最小光输出 (流明)	500	300	150	90	70
待替换白炽灯泡功率 (瓦特)	60	40	25	15	10



达标对策

（二）达标对策

（5）按性能价格比选择达标的LED管：

从尽量低成本达标角度出发，应该购每瓦七十流明（70L/W）的LED器件就可以了。选购光效更高的LED器件将会导致达标成本的虚高。

注意光衰与寿命指标的配合：

采购用于装饰灯的LED要求2万小时光衰不大于30%，而用于其他LED灯，须采购LED要求3万小时光衰不大于30%，否则，设计与制作的努力可能空忙而不达标！

LED器件的光衰，除了LED的工艺质量因素之外，还与工作温度有关：

工作温度愈高的LED光衰愈大；不同厂家的LED光衰差别是很大的，须反复比较测试才能优选供应LED的供货商，并把指定工作温度（例如摄氏60度）所对应的LED工作电流、电压、光衰指标等指标，都须明确写入合同，须LED供货方明确执行的条文内容。



功率因数，光效的考虑

功率因数，电流波形，光效的考虑：

美国能源之星对LED灯泡的最小功率因数要求之宽容，是适于生产厂家成本的压力；所以达标设计LED灯，单灯电源五瓦或更小功率时，不必考核“功率因数”指标。而大于五瓦的LED灯泡的最小功率因数大于0.7是容易达标的。APFC有源功率因数作为习惯应用，须考虑成本和EMC情况，不一定要用上。

LED的发光机理是半导体电子能带跃迁，所以LED光输出是与电流波形同步的，如果LED灯用于黑环境内的照明，则可以考虑利用人类视网膜的延时错觉，可望实现进一步LED节能——“高频率小占空比梳齿状脉冲LED照明”——LED以针状脉冲强化照明，而在人类视觉延时结束之前时间内不耗电，高频短周期LED发出强光照明视觉的效果，等于在人类视网膜时延错觉的积分。这是有待研究的“视觉心理学”新方向之一。但是，对于用仪表仪器测试而言，由于没有人类视网膜时延错觉惯性，所以须用直流供电LED灯，也不允许有50HZ/60HZ的工频闪烁，即不允许有“整流过零”的波形。要实现工频交流整流波形不过零，保证LED灯光不闪烁，至少可以考虑下列措施；



措施

(A) 用大容量电容滤波。

但是受大电容体积、重量、成本的制约，如果用电解电容，还可能会导致可靠性短板效应而崩盘。

(B) 用三次谐波的波形叠加，改善整流波形。

(C) 用移相九十度交流整流波形叠加，有效改善整流波形不过零。

(D) 用三相高频整流波形叠加，可确保整流波形不过零。这是电力电子技术容易实现的方案之一，可靠性很好，缺点是成本较高。适用于对成本不敏感，而对可靠性很重视的场合。

(E) 用回收电源直流母线中，若干个谐波频率的能量，经检波（整流）成为直流，回馈给直流母线，既可解决整流波形过零的问题，又有效提升整个装置的电功效率，并且还有效降低整个装置的EMC电平，有利于通过“3C”的认证。

至于光效的考虑：

- 一是LED器件本身光效要足够高；
- 二是LED灯电源适配器本身功耗要尽量低。



LED灯具之电源设计

（三）LED灯具之电源设计

凡事，预则立，不预则废。

设计之道，在于遵循规范，然后综合考虑可靠性和安全性前提之下，找到实现预定目标的创新方法。

（3. 1）LED灯具电源设计的核心是“低纹波恒流”供电：

首先，LED是固体发光器件之一，可用来作小功率照明应用有独特优势。

其次，LED本质是二极管，是低压稳压（齐纳）二极管，每一颗LED的工作电压范围是3.1伏（小电流）至到3.5伏（大电流）。设计之前，必须用实际测试的方法，来筛选LED在摄氏六十度的工作电压和工作电流一致的器件，来组合（串联、并联、串并联阵列）成为LED的照明产品。



LED灯串联、并联

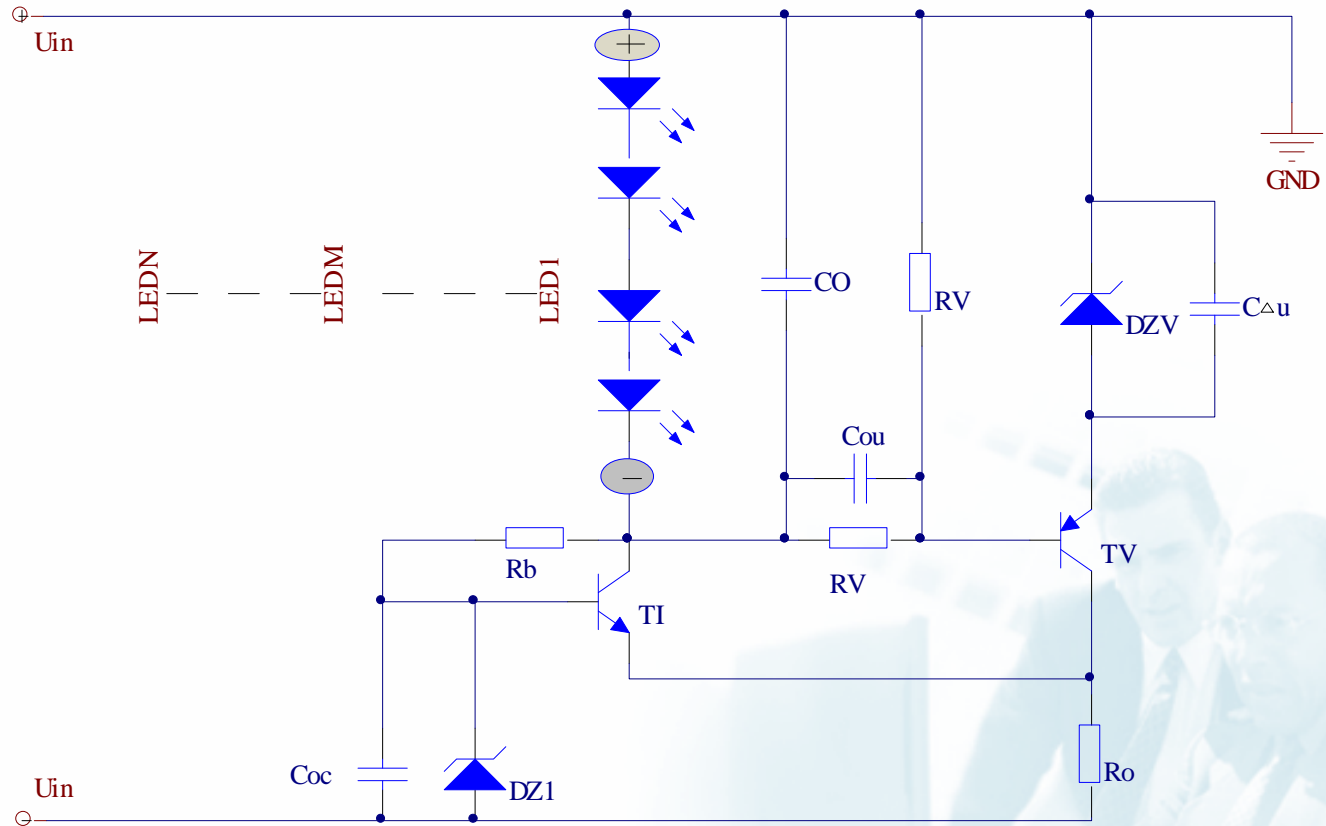
LED并联工作用稳压电源供电，当温度升高，某最亮的LED灯工作电流分散性，可能发生恶性循环，而把最亮光的LED先烧坏。

LED灯串联工作是用恒流电源供电，当温度升高时某最亮的LED灯的工作电压下降，抵制了发生恶性循环的过程。但某灯烧断可能导致整串不亮，是其不足之处。

LED先并后串的阵列方法，可靠性较好，但筛选更须严格。

LED先串，分别控制每串恒流电源供电，然后，若干串之间并联，由稳压源供电，是业界广泛认可的优选阵列方法之一。虽然较复杂，成本较高，但LED较昂贵，为使其可靠性和安全性较好，还是值得推荐的。

单独恒流稳压控制拓扑之一



(图一) 每串LED单独恒流稳压控制拓扑之一

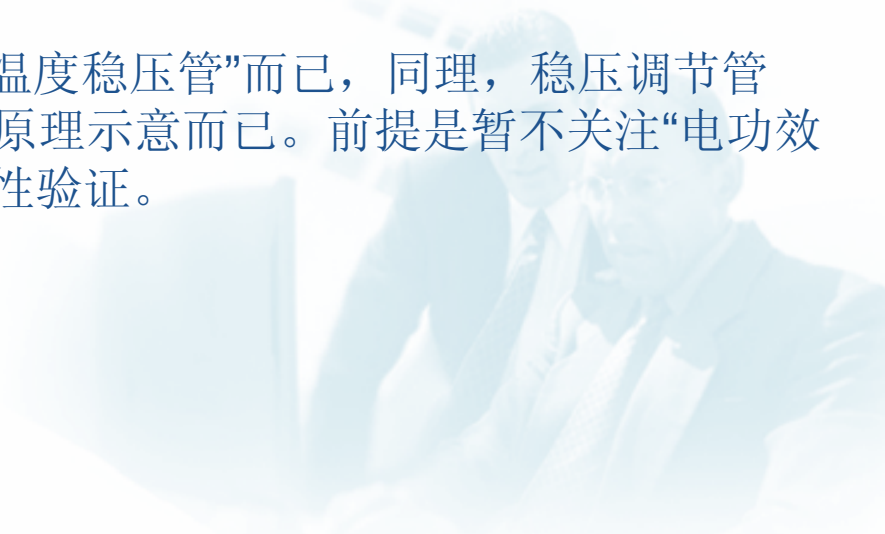


原理性试验的模型

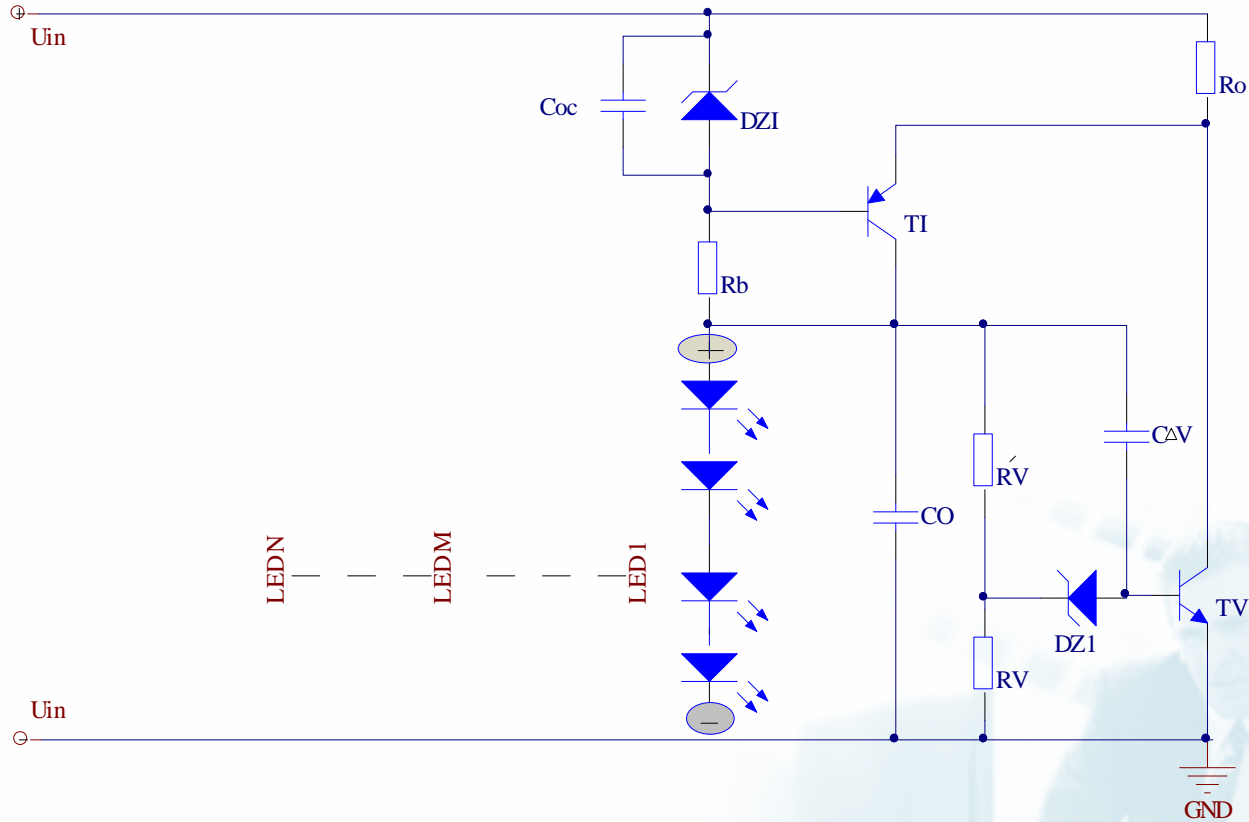
上述（图1）只是原理性试验的模型，还不是产品实用电路；

因为只须用“微功耗的取样”，和“微功耗调节器”，才能提升（图1）的电功率效率0.90以上，才有实用价值。请注意用“科技资料查新”方法，才不致在无知中误侵犯别人已登记注册的专利“微功耗取样”用“微功耗调节器”。我们也可能优选不同的TU（稳压调节器）和TI（恒流调节器），来创新自己“LED的稳压恒流供电”拓扑。

上述（图1）的DZU及DZI均示意是“宽温度稳压管”而已，同理，稳压调节管TU，和恒流调节管TI，也是“微功耗调节器”原理示意而已。前提是暂不关注“电功率效率0.90”的指标，可用（图1）来做示范原理性验证。



单独恒流稳压控制拓扑之二



(图二) 每串LED单独恒流稳压控制拓扑之二



不隔离的LED灯电源拓朴

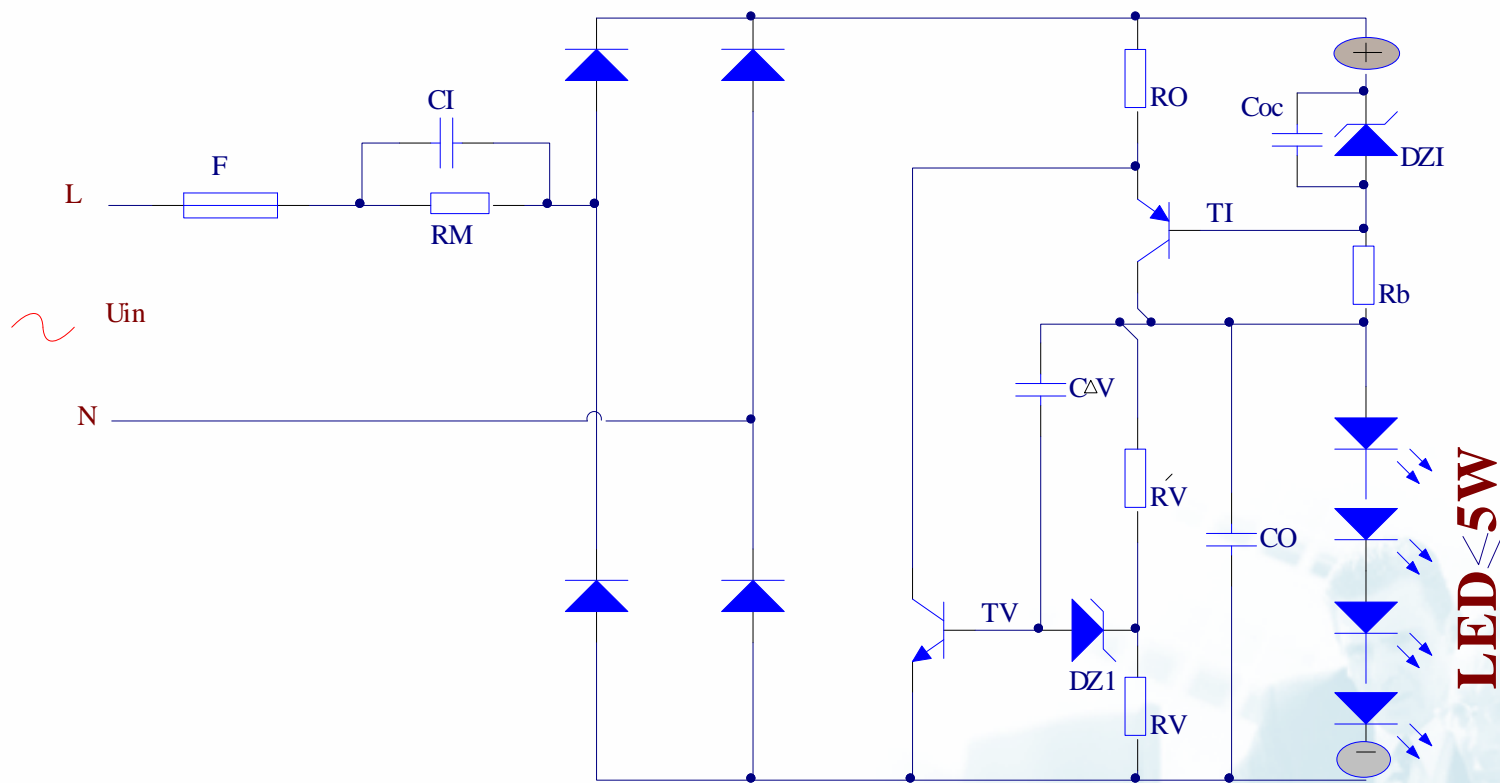
注意到（图1）的稳压控制TU须高压PNP型器件，价格高于同耐压的NPN型器件；又注意到低压差电子滤波宜用PNP型器件，所以又设计另一拓朴见（图2）所示。请注意：（图2）是LED与UIN电源母线的负极同电位可接GND，而（图1）是LED与UIN 正极同电位可接GND。

以上两图中的三只电容、
、起着有效降低LED的纹波的作用。重复再说一遍；（图1）和（图2）只是抛砖引玉的两粒砖块而已，有待诸君有更好创新拓朴，彼此交流切磋，共同为提升中国LED的产业自主知识产权，因为LED芯片的知识产权绝大多数不为中国所控，亡羊补牢也只能在芯片知识产权之外，做成中国的LED灯“智慧经济”产业。

（3. 2）不隔离的LED灯电源拓朴

LED灯一端无须接地的非隔离的方案，一般视为“不隔离式LED灯”来考虑其配套的LED电源。小于5W的LED灯由于不要求“功率因数大于0.7”的规定,可以用最简单的“交流电容限流”方案,见(图3)所示。

非隔离式交流电容限流拓扑

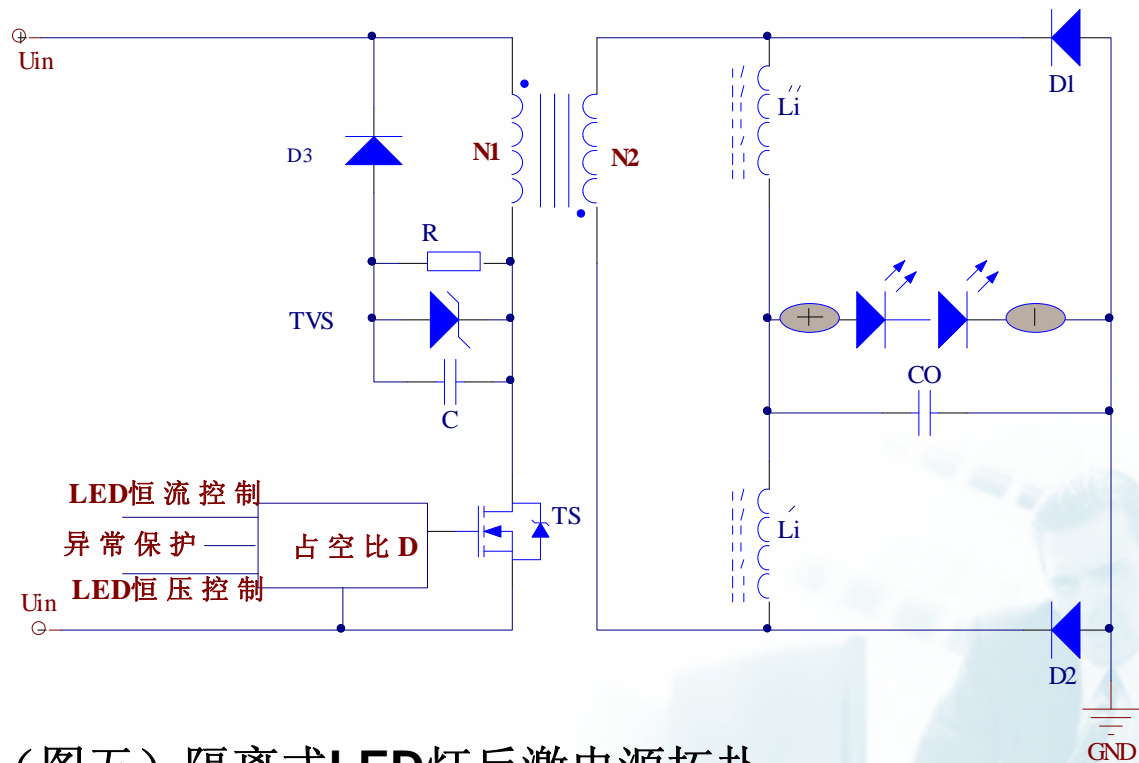


(图三) 非隔离式交流电容限流LED电源拓扑

在(图3)中靠限制交流电流,运用于5W以内的小功率LED灯是可行的。其升级版可加入触摸开关和各种异常保护等。形成各系列产品。

隔离式的LED电源拓扑

(3.3) 隔离式的LED电源拓扑:

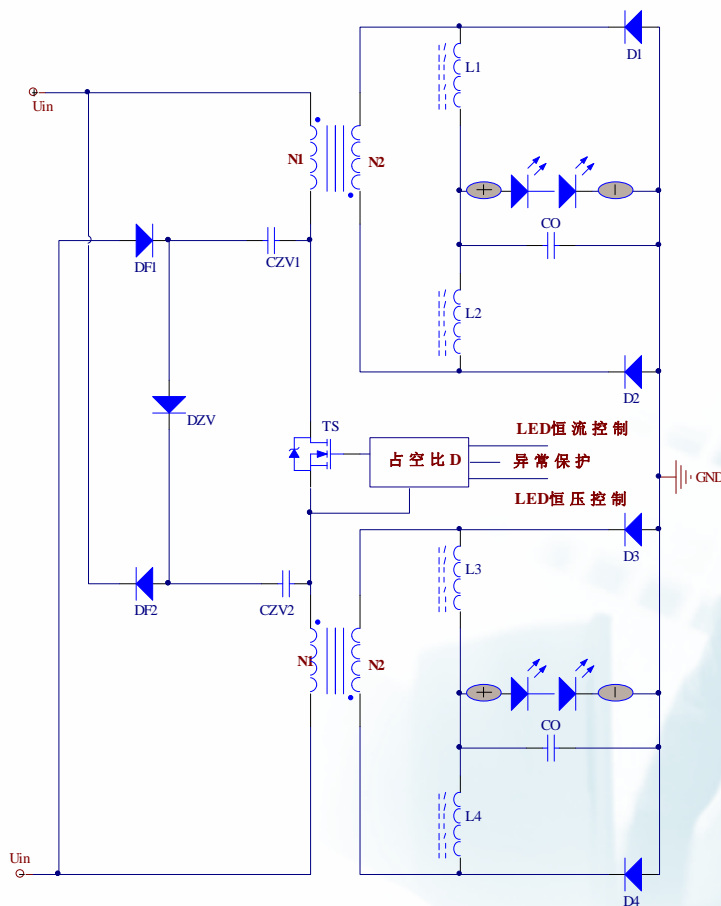


(图五) 隔离式LED灯反激电源拓扑

业界对于小功率LED灯多数用反激式开关电源，见（图5）所示，用电力电子变压器TR的N1绕组与N2绕组，实现磁的耦合电的隔离，由N2次级倍电流整流给LED供电。

软开关ZVZCS反激拓扑

更大功率的隔离式LED灯可用双变压器TR1和TR2分别给两组独立的LED灯供电，见（图6）所示；



（图六）隔离式LED灯反激电源拓扑



软开关ZVZCS反激拓扑

软开关ZVZCS的（图6）电力电子开关TS，其占空比D，受控于LED“恒流控制”，还受控于LED稳压控制，还受控于异常保护。一只电力电子开关TS同时驱动两只电力电子变压器TR1和TR2，两只变压器次级N2分别各用“倍电流整流”分别供电LED1，和LED2。

（图5）和（图6）的LED灯可以并联电容 减少纹波。

把（图2）运用到（图5）和（图6）更能有效减少纹波。





LED灯具的其他相关要点

（四）LED灯具的其他相关要点

（4.1）热设计：

LED的光衰，受温度影响关系巨大，所以，如何散热的“LED灯热设计”是不可或缺的事。

散热三方法：

幅射散热：

幅射散热与温差成正比，与幅射面积大小成正比，因此对LED灯幅射散热的效果很有限。

对流散热：

对流散热与流动工质的流速有关，与热交换面积有关与温差有关，与工质的热容量系数有关，因此用于LED灯散热受诸多限制。

传导散热：

LED器件体积小，用幅射和对流散热受局限，比较优选的是用“热管”来传导散热，能收到立竿见影好效果。

另外，应特强调一体化LED灯的电源适配器的电功率效率愈高，发热量就愈小。



电磁兼容与EMI滤波器

(4.2) 电磁兼容与EMI滤波器;

如果用纯直流来直接点LED灯，那是不会发生EMC问题的。

但是，如果用开关电源调控LED恒流和稳压，就必然会有 /、 / 的瞬变过程，于是就发生电磁兼容的问题。

解决的办法是EMI滤波器，可以滤除差模干扰和共模干扰，使LED灯名符其实是绿色光源。应用“磁集成技术”可以大幅度提升EMI滤波器的性能价格比。那超出今天讲座的内容，且时间有限，以后有机会再向各位讲述吧。

