

高效率的 LED 照明电源设计

摘要：从环保和节能考虑，LED 灯是解决照明灯的最佳方案。本文介绍了 LED 照明灯驱动电源的设计。

关键词：LED 灯；驱动电源；发光效率

标准灯泡正在经历一场革命。出于保护能源和应对全球气候变暖的考虑，美国一些州和其它一些国家开始禁止使用低能效的白炽灯泡。各种新技术正纷纷被用于替换白炽灯泡，其中紧凑型真空荧光灯（CFL）是主要替代方案。尽管这种 CFL 灯的功耗仅为白炽灯的 20%，但却含有有毒物质汞。相比之下，LED 灯可以提供更高效和更环保的解决方案。

LED 最初的商业应用出现在上世纪七十年代，但因其光输出极低，应用范围也仅限于指示灯和计算器显示屏等领域。如今，能够产生白光的高功率 LED 在效率方面不断得以提升，价格也在逐年下降，因此它已成为主流照明应用值得考虑的选择之一。预计随着 LED 技术的发展，到 2012 年其发光效率将达到 150 流明/瓦，1000 流明的成本将不足 5 美元（资料来源：OIDA），届时 LED 有望成为室内照明的主要来源。

正是由于认识到使用 LED 来实现标准灯泡替换的目标是完全可行的，也为了往减少住宅、办公场所、工厂和市政建筑中照明能源消耗的道路上迈出非常重要的一步，美国国会专门设立了一项 1,000 万美元的巨额大奖，用来奖励第一家开发出 60 瓦白炽灯替换灯具（在标准 A19 灯泡中使用 LED）的公司或者个人。该奖项是“点亮明天照明奖”（Bright Tomorrow Lighting Prizes）的分项奖，而“点亮明天照明奖”正是最近刚成为美国正式法律的《能源独立和安全法案》的组成部分。该奖项一旦落地，美国政府采购办公室就必须采购此类 LED 灯泡并在所有政府办公场所中使用。

不过，要想摘取该奖项，设计必须达到以下条件：灯泡必须能够产生 900 流明的光；功耗低于 10 瓦（发光效率大于 90 流明/瓦）；相对色温（CCT）必须介于 2750K 至 3000K 之间；预期工作寿命要达到 25,000 小时以上，

且流明维持率为 70%；灯泡必须能批量生产和大量销售。

因此，有意角逐此奖项的设计工程师所面临的主要问题是，设计出的电源必须能高效率地驱动 LED，使之达到所需的亮度，而且在满足 EMC 法规要求的同时，电路板的体积要足够小，以便装入普通灯具。由于必须在 LED 技术、设计和实现方面取得重大突破，所以无论谁成为 1000 万大奖的最终得主，都将当之无愧。LED 目前所达到的最高发光效率大约为 75 流明/瓦，但 LED 制造商正在取得很大进展，一旦 LED 的发光效率达到 100 流明/瓦的水平，LED 灯将能实现 90 流明/瓦的目标。然而，这仍要使用能效为 90%、非常紧凑的电源。

Power Integrations 公司现在可以设计出能够装入灯泡外壳的电源方案，其能效超过 90%，成本低且适合大量生产。本文讨论的一款基于 Power Integrations 公司的 LNK306PN 的 10W 电源设计简单、成本低，不仅其工作效率高达 91% 以上，能提供恒定的 LED 电流，而且能满足 EMI 要求。

高效电源是成功开发白炽灯替换方案的必要因素，但首先会面临散热问题。例如，效率为 70% 的电源会将 30% 的电能转换为热能，除非将热量散发出去，否则灯泡温度的陆续上升将会大幅降低 LED 和电源的使用寿命。更重要的是，使用高效电源是尽量减少所谓的“照明总成本”的一个基本要求。照明总成本包括灯泡（以及更换灯泡）的初始成本和消耗电能的成本构成。如果 LED 灯制造商希望在 LED 灯市场上占取一定份额，他们就必须证明其 LED 灯与同类产品相比具有较低的总体成本。如图 1 所示，即使 LED 的电源效率提高 1%，节能效果也非常明显。

如果电源效率提高 1%，10W LED 灯（相当于 60W 白炽灯）将节省 0.42 美元的电费。因此，如果电源效率提

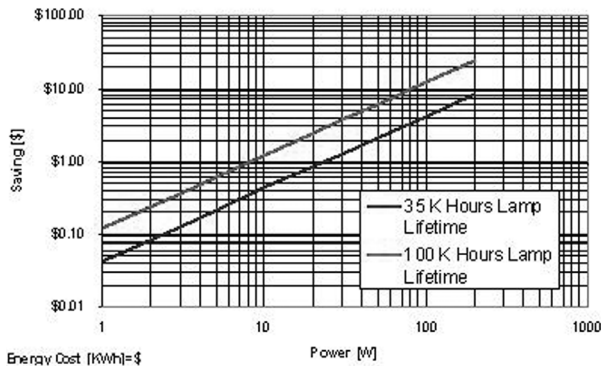


图1：LED的电源效率即使提高1%，也会带来非常明显的节能效果。

高10%，则一个1,000流明LED灯在其工作寿命期间所节省的总成本将抵消其初始成本，这样LED灯的“照明总成本”就会低于白炽灯的“照明总成本”。

下文描述的电源设计采用了最少的元件数量，但在所有工作条件下的效率均超过90%。优化电效率的简单方法是尽量提高电压和降低电流。为实现这个目标，需要串联连接LED，并使用70V/135mA的降压式电源（图2）。此设计大

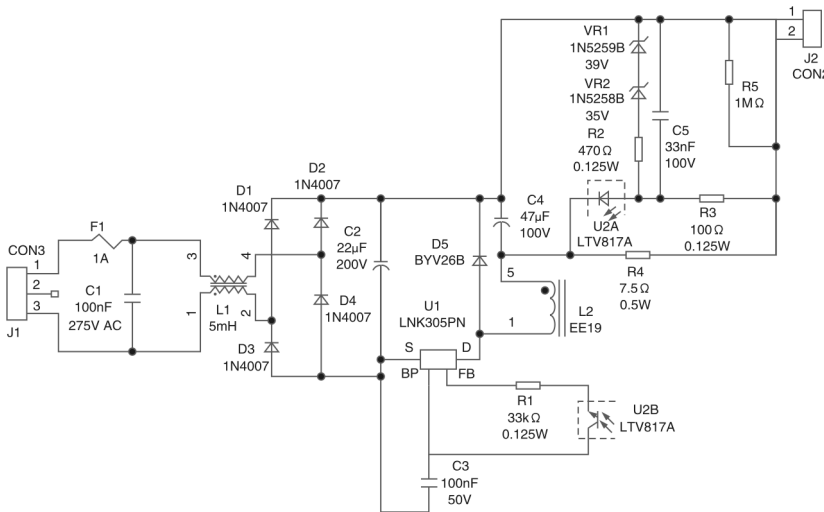


图2：驱动LED阵列的70V、9W恒流降压式转换器电路图

约需要20个LED。不过，如果使用大量的低电流LED而不是少量的高电流器件，将改善光在所有方向上的传播效果，并使任何一个LED的功率消耗保持在较低的可控水平，从而降低灯的温升，以延长灯的使用寿命并提高发光效率。

该电源设计在低压侧降压式配置中采用了一个LinkSwitch-TN器件，可以在90~132V的AC输入电压下提供130mA恒定电流和70V直流输出电压。（这个电源非常适合驱动必须采用恒流而不是恒压驱动的LED。）

在这个电源设计中，在输入端进行滤波可减少传导

EMI，全波整流器将在C2上生成直流电压。负载J2、电感L2和开关控制器U1串联连接在一起。LinkSwitch-TN器件（U1）在单片IC上集成了一个700V的功率MOSFET、振荡器、简单的开/关控制电路、高压开关电流源、频率抖动电路、逐周期限流器以及热关断电路。

通过LinkSwitch-TN的开关控制电路可以保持输出稳压，从而可以根据电压变化和负载状况对开关周期进行使能和禁止（跳过）。在正常工作期间，如果从光耦器U2的晶体管馈入反馈（FB）引脚的电流超过49μA，则将跳过整个开关周期。每个导通周期开始时FB引脚进行采样，以确定是否要跳过该周期。

在U1导通期间，电流流经电容C4、负载（70V LED串）以及电感L2。除了向负载提供一部分能量外，该电流还使L2储存一定能量。在U1关断期间，L2的极性反向，以试图维持电流。反向极性为续流二极管D5提供前向偏置，以保持电流流动并持续为C4和负载提供能量。电阻R4被用作电流检测元件，R4上的电压还会出现在R3和光耦二极管U2A之间，以便为U1提供电流控制反馈。

该电源不仅能满足EN55022B对传导EMI的限制（EMI裕量大于10dBμV），还可以在整個工作电压范围内达到90%以上的效率（图3）。220V输入电压电源也具有类似性能。

随着未来LED效率的提高，这个电源设计允许设计工程师实现用来替换白炽灯、输入功率仅为10W而能为LED提供9W功率的LED灯具。一旦输出效率为100流明/瓦的LED实现量产，美国国会的此项大奖垂手可得。

（供稿：Power Integrations公司）

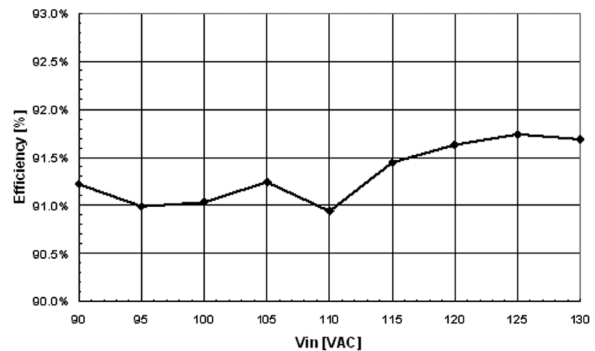


图3：效率随输入电压的变化曲线。