

高效率高性价比市电 LED 节能灯方案简介

一、序言

LED 照明作为一种新型的光源，以其节能环保、长寿、高可靠性等优异的特性正在不断成长发展和逐渐得到大规模的应用和普及；针对 LED 照明领域，在各国政府和社会组织的大力倡导和积极扶持下，未来 LED 相关技术领域的照明灯逐步取代传统的电子节能灯、日光灯、白炽灯进入照明领域将成为 LED 照明技术发展的必然趋势；

由于 LED 器件本身需要直流低压（常规为 3.2V~3.6V）恒流驱动，而常规交流市电（交流电 220V 或 110V）必须经过 AC/DC 变换，先转换为一个比较低的直流电压，然后再经过恒流驱动来使 LED 器件发光。因此，要实现市电的 LED 照明灯必须要有一个 AC/DC 变换恒流驱动电路，LED 节能灯的性能、寿命、可靠性、能耗、成本等诸多因素取决于驱动电路的性能；

LED 节能灯的核心优点在于发光效率高；例如：常规典型的 3W 市电 LED 节能灯的光源光效可以接近常规典型 9W 电子节能灯的光效（常规白炽灯光效大约在每瓦 10 流明左右，常规电子节能灯光效大约在每瓦 40 流明左右，而 LED 节能灯的光源光效视技术条件不同（AC/DC 转换效率不同）可以达到每瓦 80 流明以上；**一般对照明灯具而言，光源光效是一个最重要的灯具能效指标，不管使用什么样的电子电路和光源，能效只看消耗每瓦市电功率时所对应的光照度即流明，单位功率对应的流明越大，表明灯具的光源光效越高，亦就越省电节能**）；

考虑到现有电子节能灯的应用市场和覆盖领域，绝大多数的室内照明节能灯在 5W~25W 之间，如果用同样光源效率的 LED 节能灯来替换这个领域，预计未来用于室内照明用 LED 节能灯最大需求量为 3W~9W 这个范围内。

参考下图为市电 E27 接口的单颗 3W LED 节能灯成品示意图，可以直接取代常规电子节能灯 5W~9W 之间的应用。



二、市电 LED 节能灯性能需求分析

针对标准 3W 市电 LED 节能灯的性能和市场，主要涉及节能、寿命、光衰、成本、可靠性、散热、安规等几个关键因素和技术，这些特性除了受 LED 管芯本身的特性影响外，关键还是要看 AC/DC 恒流驱动电路的特性；驱动电路的特性决定了 LED 节能灯的能效、寿命、光衰、成本、可靠性等关键指标。

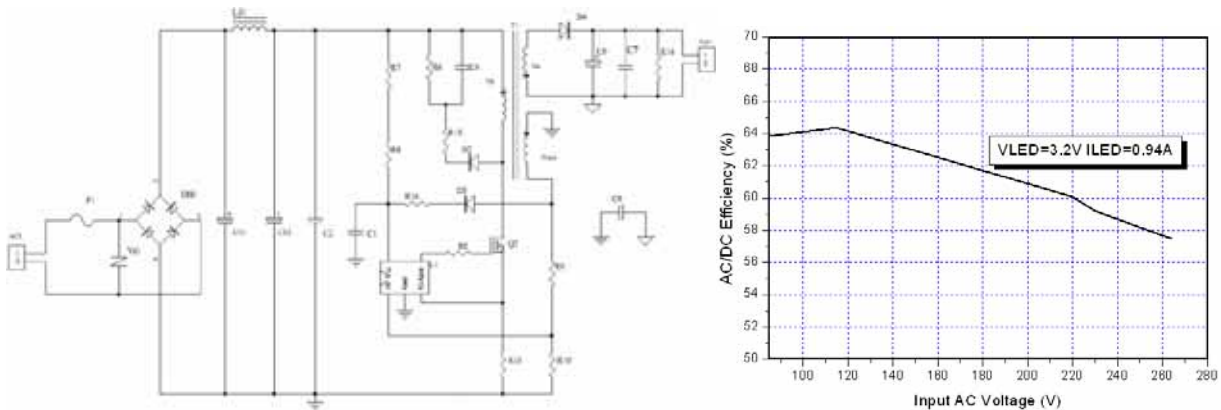
从客户端需求来看，要求市电 LED 节能灯至少满足**节能、长寿、便宜**（易于进入普通老百姓家庭照明）这三个基本要素；

从技术实现的角度看，就需要一个匹配的 AC/DC 恒流驱动电路，要求电路实现：**AC/DC 转换效率高**（对常规的 AC/DC 转换系统而言，当输出功率比较小时，系统的转换效率要做的比较高不容易，一般常规 3W 输出时，AC/DC 转换效率很难高于 60%以上）；**输出低压恒流特性**（如果流经 LED 管芯上的电流含有比较大的纹波电流或纹波电压，会影响到 LED 管芯的寿命和光衰等特性）；**系统体积小**（便

于集成和安装，易于兼容常规灯具的接口标准)；**系统综合成本低**（系统实现简洁高效，能够规模化，产业化，能够进入家庭)；**系统可靠性安全性高**（可以通过常规的灯具、照明、家电等相关的安全规范、能效标准等）。

三、市电 LED 节能灯实现方案简介

[1]常规的反激拓扑 (Flyback) AC/DC 变换实现的 LED 节能灯方案示意图



图示一：常规的反激拓扑 (Flyback) AC/DC 变换实现的 LED 节能灯方案和效率示意图

参考图示一，目前市场上比较先进的反激拓扑结构的 AC/DC 开关电源变换，采用源边采样 (PSR) 的电流控制方式，由 PWM 控制器驱动高压 NMOSFET 开关，用开关变压器实现能量转换，输出低压恒流驱动 LED 管芯。

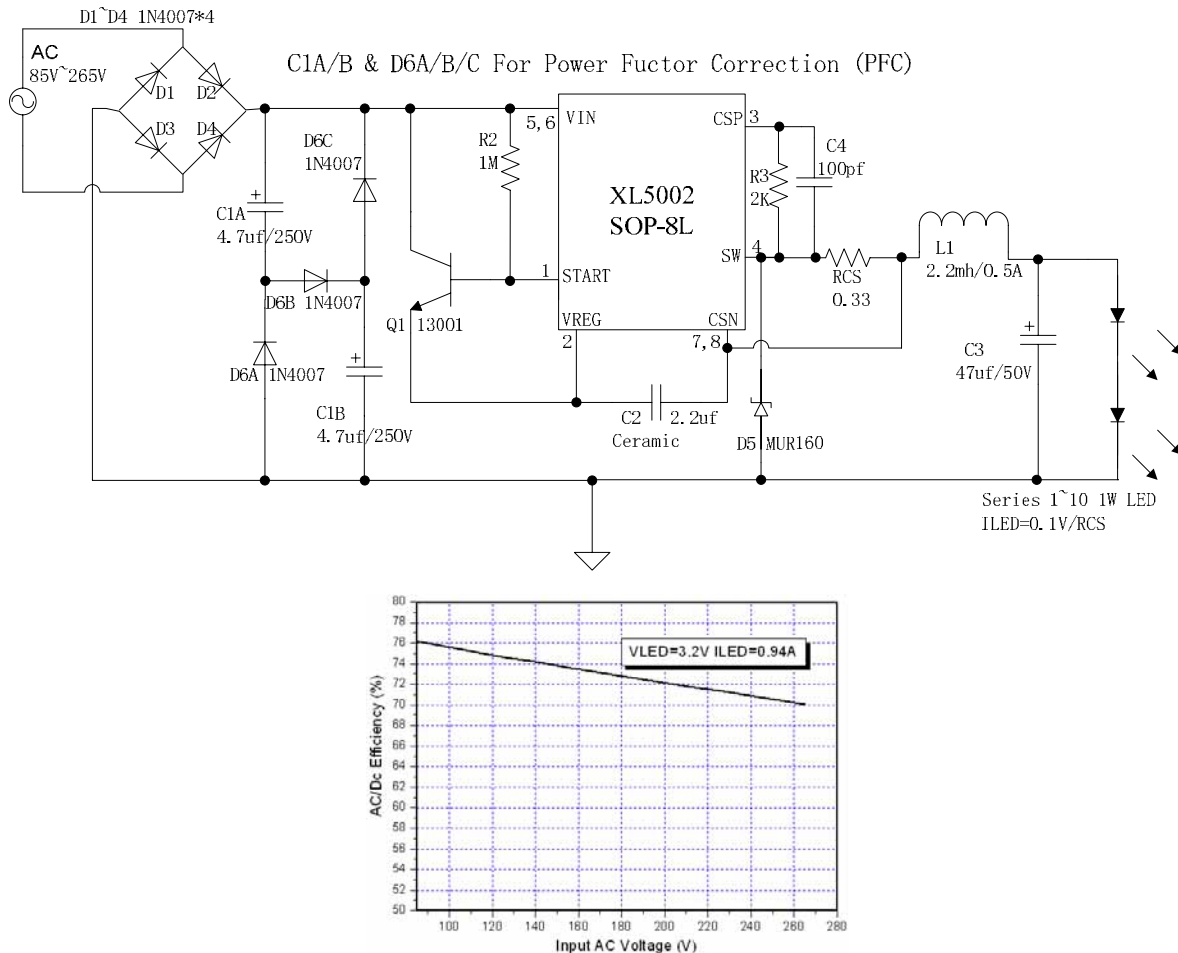
该方案优势：采用源边采样的反激拓扑结构，省掉了副边光耦反馈和补偿电路，线路相对简单些；输出电流精度也可以控制在+5%以内；由于输入输出是隔离的，输出 LED 管芯在开路和短路时，系统都是安全的；

该方案劣势：

- (1) 针对市电 LED 节能灯 E27/B22 接口而言，电路和元器件都比较复杂，要把所有器件安全合适的装入 E27/B22 接口的空间内，需要下些工夫，灯具标准接口的兼容性差；
- (2) 整个市电 LED 节能灯的能效特性也不理想 (LED 管芯物理 3W 输出时，AC/DC 在 AC=220V 时的转换效率一般在 61%左右，参考图示一对应该方案的单颗市电 LED 灯(输出 3W 功率时)效率曲线图。

[2]用 XL5002 实现的 LED 节能灯方案示意图

XL5002 为 XLSEMI 专门为市电 LED 节能灯应用而优化的单片高压 AC/DC 变换恒流驱动集成电路，内部集成高压 600V 功率 NMOSFET 开关管，外围元器件简单，不需要开关变压器，系统设计灵活方便，AC/DC 同比转换效率高。XL5002 的方案专门优化了**节能（效率高）、长寿（驱动电流纹波小）、成本低（外围元器件简洁便宜）**这三个核心指标。



图示二：XL5002 实现的 LED 节能灯方案和效率示意图

用 XL5002 实现市电 LED 节能灯方案的典型特征：

- (1) 采用常规 BUCK 拓扑的全集成 AC/DC 恒流输出方案，外围器件很少，系统体积可以做的很小，从而可以方便的嵌入 E27/B22/GU10 等标准灯具接口的空间内；
- (2) LED 灯的光源光效大幅度提高，同比 AC/DC 的转换效率提高 10%以上；对规模化的 LED 节能灯而言，能效每提高 1%都是比较的进步，增能节能环保是社会发展的客观和必然需求；
- (3) 该方案专门对输出恒流进行优化设计，把涟波电流和纹波电压压缩到较小的幅度，LED 灯的寿命和光衰性能同比有所提高；芯片内置 PFM 控制器和抖频功能，系统的 EMI 设计更简单；通过外置无源 PFC 电路，功率因数>0.9；内置过温保护、输出 LED 的短路保护等安全可靠性模块；
- (4) 输入支持 85V~265V 的交流市电，输出可以直接串联 1~10 颗 1W LED 管芯组合（输出功率越大效率越高）；输出恒流精度在全电压范围内可以控制在+5%以内；
- (5) 系统整体性价比高，系统设计灵活方便，便于批量加工；