

# LED 驱动器最佳架构的选择

## The Election of Best Framework on LED Driver

明杰瑞 供稿

**摘要：**LED 照明的应用已十分广泛，如车辆灯具、建筑物、道路、隧道、医疗等等领域都已使用。为获得最佳照明效果，灯具与其驱动器应具有最佳的匹配。本文从 LED 照明的成本、调光、闪烁、色温、功率因数、可靠性、热管理等方面进行综合探讨，以选取最佳的 LED 驱动器架构。

**关键词：**LED，照明，驱动器，架构

中图分类号：TN86 文献标识码：B 文章编号：1606-7517(2016)02-3-124

### 1 引言

如今，LED 照明已被多个领域广泛应用，从通常简单的替换白炽灯和冷阴荧光灯，到工业、建筑物、道路、隧道、地铁、医疗等等场合都已应用，其产品也呈现出多元化，不同的应用存在与其相对应的技术性能标准，为了获得最佳的照明效果，LED 灯具与其驱动器必须匹配。现在，LED 驱动器琳琅满目、品种繁多，也各自具有优缺点和相应的适应能力。选择驱动器架构时需要考虑多种因素，其中成本占据首要位置，其次是隔离、调光、闪烁、色温、功率因数、可靠性、热管理等等。

LED 驱动器的基本构架有如下几种：次级侧控制、初级侧控制、隔离式、非隔离式等。此外，功率因数控制 (PFC) 也是在许多应用中考虑的主要技术性能，其解决方案由带 PFC 功能的两级或单级驱动器，或不带 PFC 功能的单级驱动器（其主要用于功率低于 5W 的场合）组成。由此可见，LED 照明的整个驱动器子系统就是一系列因素权衡的结果，主要目的是节省元器件和材料的数量和成本，实现最高效率，同时提供调光功能，形成一种温度可控、具有故障保护功能的产品。

### 2 基本的驱动器的构架

次级侧控制架构可实现最佳的隔离和控制，监测输出电压和输出电流，并通过一个光隔离通路向初级侧驱动器提供反馈信号（见图 1 所示）。该反馈信号使次级控制器能

够提供更好的电流与电压控制精度。

更为简单的初级侧控制方案消除了次级侧控制器和光隔离信号通路，从而降低了系统成本，且在提高系统性能的同时，缩小了系统尺寸。

在这种方案中，初级侧驱动器通过初级侧波形分析确定输出电流和电压（见图 1）。初级侧控制可以做到匹敌甚至超越次级侧调节及性能，这取决于波形分析的质量。因此，

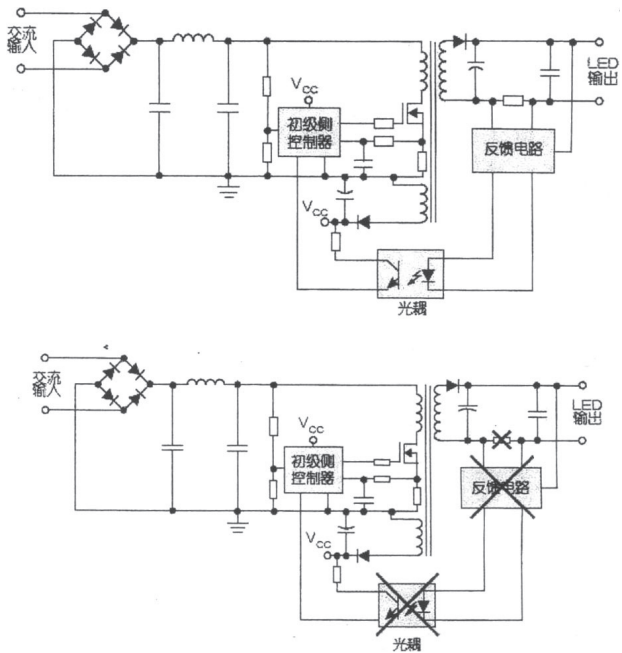


图1 两种常见的LED驱动器方案：上图采用了次级侧控制，下图采用了初级侧控制

这是当年隔离式 LED 驱动器常用的解决方案。次级侧控制具有较好的电流及电压控制精度，但初级侧控制可以减少元器件数量和减小系统尺寸，同时提高产品性能。

基本的初级侧控制电路是通过输出级变压器实现隔离的。但为了减少元器件成本，非隔离方案采用电感器替代变压器，并且可以采用降压控制器替代初级侧驱动器反激电路（见图 2 所示）。在非隔离方案中，控制机制得以简化；但是，为了防止输入与输出之间产生短路，则该电路需要加复杂的物理隔离。目前，大多数 LED 照明驱动器的设计采用了隔离式架构。根据技术发展趋势分析，在不久的将来，该电路设计将可提供更进一步降低成本的方案。从图 2 可见，初级侧驱动器可以通过在输出级使用变压器而设计成隔离式配置，或者通过使用电感器替代输出变压器，并且通过选用降压控制器替代反激电路，设计成非隔离配置。

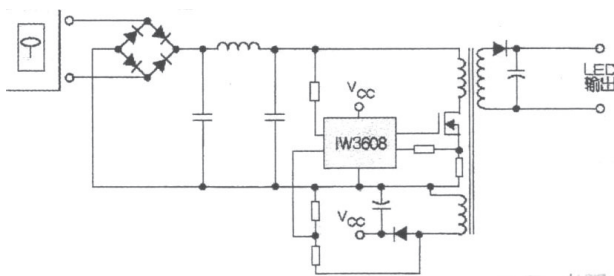


图2 以降压控制器替代初级侧驱动器的反激电路

### 3 功率因数问题分析

当输入电压和输入电流同相，以及输入电压与输入电流的波形一致时，功率因数为理想的“1”。当输入电压和输入电流的波形之间的相位差增大时，功率因数将下降，系统效率也将降低。但是，若在升压变换器内置电流波形控制功能，它就可以跟踪输入电压波形，从而维持近于“1”的功率因数。

为了提高功率因数，可以在初级侧驱动器电路和控制电路之前增加一个两级功率因数校正 (PFC) 升压电路（见图 3）。该 PFC 电路还能消除掉因为 2 倍线路频率而导致的闪烁问题。在图 3 的示例中，输出级采用了反激谈的变换器，为 iw3616 的驱动器电路提供隔离。该驱动器芯片采用的初级侧检测技术，在不使用次级侧反馈电路的情况下，实现了卓越的线路电压和 LED 负载电流调节，同时消除了光隔离器反馈环路。此外，iw3616 的实时周期波形分析技术还提高了调光器的设置响应速度。数字控制环路在不需要环路补偿器件的情况下，也能保持整体工作条件的稳定。

功率因数校正 (PFC) 也可以在单级初级侧驱动和控制电路中实现。在这类系统中，驱动器通过调制输入阻抗控制输入电流波形，从而调节功率因数。两级功率因数校正 (PFC) 架构在有效消除输出纹波的同时，实现了近于完美的功率因数校正，因此可以大幅度改善 LED 灯的闪烁问题。但是，两级升压电路需要更多元器件，因此实现成本也较高。与其相比较，虽然具备 PFC 功能的单级驱动器通过调制输入阻抗提高了功率因数，但随着功率因数的升高，输出纹波（产生闪烁）也将增加。为了补偿，必须通过提高外部电容值来减少闪烁。在不需要 PFC 的调节时，简单的单级初级侧驱动器可采用传统的反激变换器架构来降低成本。

### 4 与调光器对接问题

在 LED 照明的许多场合，需要驱动器电路能够与调光器对接。目前，市场上存在多种类型的调光技术如 TRIAC 型前沿和后沿调光器、低压 (0V~10V) 线性控制或脉宽调制 (PWM) 亮度控制调光器（主要在商用系统照明中应用）以及复杂的电子调光器等等。因此，驱动器对接调光器必须解决很多问题。新型数字化解决方案能够分析出调光器

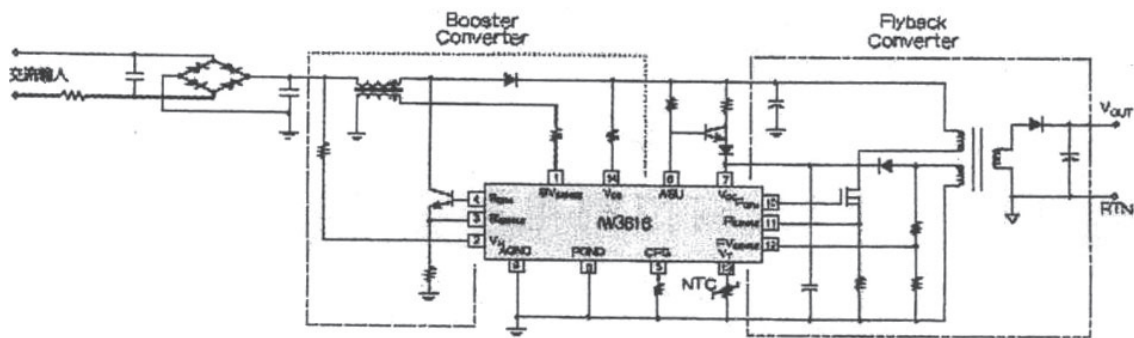


图3 通过在iw3616数字功率控制器中增加两级功率因数校正(PFC)升压电路，可以让驱动器电路实现无闪烁调光和极高的功率因数(>0.95)

的类型，然后运用经过优化的算法控制调光。这种解决方案还能消除因短脉冲信号干扰导致的闪烁。与此方案相比，传统的 TRIAC 型调光型容易受到误触发产生的影响，并有可能产生不平衡的半周期输出。

所有的 TRIAC 型调光器都存在最小保持电流的要求，以保持 TRIAC 导通，但并不是所有的 LED 驱动器电路都具备调光能力。对于那些具备调光能力的 LED 驱动器电路，驱动器必须载入调光器，以保持 TRIAC 持续导通。虽然较高的负载可以提高调光器的兼容性，但其高负载电流将降低电路的效率。为了重新能提高效率，可以用一个 BJT 或 MOSFET 替代驱动器的负载电阻，让驱动器自动校准泄放电流，以确保安全工作区的精准电流控制，并利用升压 / PFC 电路现有的 BJT 或 MOSFET 降低成本。

## 5 方案选择

如上所述，LED 照明产品及其应用领域，LED 驱动器、调光器等已构成多元化发展，那么，选择 LED 驱动器

最佳架构，工程师们面临着众多方案，必须进行仔细比较分析，以使整理设计的 LED 驱动解决方案达到最佳的功能组合。我们认为，方案选择的基本决定因素中首先是调光以及功率损耗的要求。此外，其它需要考虑的因素包括：具有 PFC 或者没有 PFC（取决于应用要求），尺寸要求（选择的方案要有适合的空间和印制电路板上的安装区域）、可靠性 / 工作寿命、可容忍的闪烁量（越低越好）。

为了降低器件、原材料成本，方案应考虑减少元器件的数量。采用初级侧控制，可尽量降低 EMI 元器件用量。然后进一步检查比较元器件的成本，如采用 BJT 而不是 MOSFET 用于驱动器，将缩减散热器的尺寸和材料。在一定程度上说，这些选择也与系统可靠性和工作寿命有关——因为元器件的运行温度越低，系统的工作寿命就越长，尤其是电解电容器和 LED 等元器件的工作寿命与温度的关系更好密切。因此，设备的良好温度设计就显得十分重要，如果散热器的尺寸设计不合理，以及通风不畅的封闭式设备就有可能导致热量积聚而使设备过早失效。

上接120页

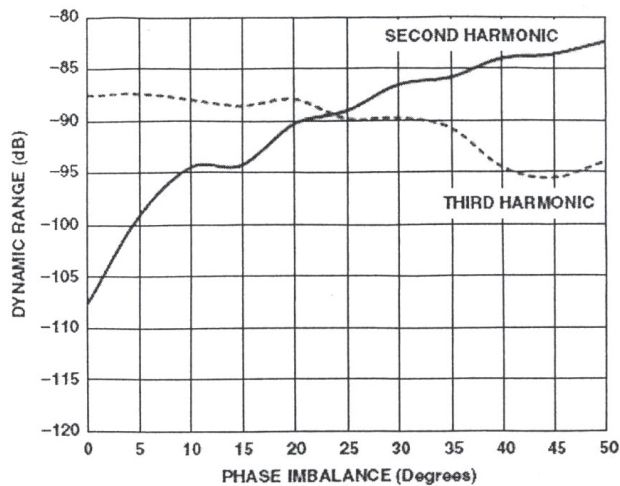


图 5 谐波与相位失衡的关系曲线