

# 创新 LED 恒流源驱动芯片的算法设计

Innovative LED constant current source driver chip design algorithm

颜重光 高工

**摘要:** 大多数 LED 照明灯具的驱动电源在生产中对其使用的变压器、电感器的电参数的要求十分高，为求精准需花费大量的人力和财力才能实现，工业化生产成本很难进一步下降。创新优化芯片算法使 LED 输出电流精度对外围的变压器、电感器等电参数不敏感，有效降低电感器、变压器和 LED 整灯的制造成本。

**关键词:** LED 照明灯具 恒流驱动源芯片 创新优化算法设计

千百年来，照明灯具由蜡烛灯，经由白炽灯、荧光灯，走向节能、省电、高效、环保、长寿命的 LED 照明灯具。

2011 年是 LED 照明行业高速发展的一年，世界各国政府的大力推动促使其蓬勃发展。当今世界每年需用照明灯具 120 亿个，也是消耗量最大的电器产品。

近来，荧光粉的离奇大幅涨价，导致荧光灯成本的增加；LED 光源的制造技术大踏步发展，促使其成本快速下降，今年岁末到明年 Q2 估计最多降幅达 30-50%；日本震后核电问题，使得震后重建市场对 LED 灯具的需求的快速增长。

目前，各国政府继续加强淘汰白炽灯的力度，例如，欧洲规定 2009 年年底开始禁用 100W 白炽灯，2010 年年底开始禁用 75W 白炽灯。2011 年 8 月初，国家发改委颁布《中国逐步淘汰白炽灯路线图（征求意见稿）》，《路线图》明确，从 2012 年 10 月 1 日起，禁止销售 100 瓦及以上普通照明用白炽灯；2014 年 10 月 1 日起，禁止销售 60 瓦及以上普通照明用白炽灯；2016 年 10 月 1 日起，禁止销售和进口 15 瓦及以上普通照明用白炽灯。这无疑又是给予 LED 照明的一个巨大机会。伴随着 LED 照明驱动电源恒流控制技术的进步和 LED 光源价格的不断降低，LED 照明进入千家万户的距离又进一步拉近。

为 LED 照明恒流驱动电源专门设计的芯片，已经大批量生产和被应用。这些芯片高度集成 LED 照明恒流电源所需要的各种功能，使得芯片应用时外围控制电路不断简化，主级侧恒流技术（PSR）已经趋向成熟；芯片的恒流精度不断提高，为降低生产的偏差、提升电源大批量生产的可靠性提供有力的保障；LED 照明专用单级多功能控制芯片的出现和技术成熟，使得电源的体积和成本的进一步下降，更加适应应用空间狭小的照明灯具。

## LED 照明驱动电源芯片设计过程简单描述

目前 LED 照明用的驱动电源芯片，大多数是模拟技术设计的，但也有数字技术设计的。

电源用模拟集成电路的设计工作包括：拓扑结构设计、算法设计、逻辑设计、电路设计、版图设计等，涉及内容广泛、工作量繁琐，必须使用电脑软硬件工具才能科学的加快设计周期。

模拟集成电路电源芯片从芯片设计--版图设计--流片过程的简单描述如图 1 所示。

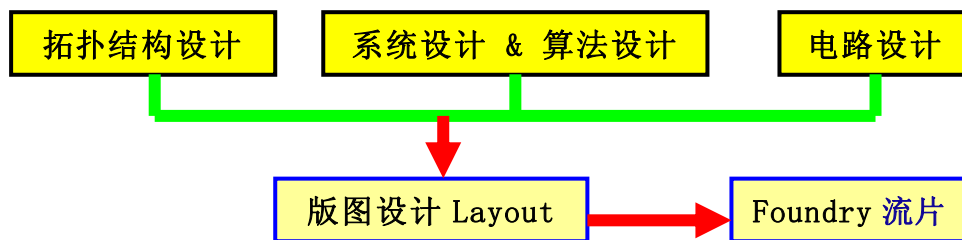


图 1 模拟电源芯片设计过程简单描述

拓扑结构设计是按该芯片开发的定义而设定的，其余都是为实现这一目的而服务的。拓扑结构的设计技术已经比较成熟，AC/DC LED 驱动芯片用得最多的拓扑就是 Fly-back（隔离）、Buck-Boost、Buck（非隔离）；“控制方式”有电压型、电流型；“工作模式”有 CCM（连续模式）、DCM（断续模式）、BCM/CRM（临界模式）、PFM（脉宽调制）等等。

模拟电源芯片的“算法设计”属于芯片系统设计中的一部分。在系统定义中最核心的部分也就是实现此算法。当然也包括其他特别的功能和基本功能。

### 算法设计创新是新一代芯片的关键技术之一

目前大多数 LED 照明灯具的驱动电源在生产中对其使用的变压器、电感器的电参数的要求十分高，为求精准需花费大量的人力和财力才能实现，工业化生产成本很难进一步下降。按驱动电源芯片的 Data Sheet 提供的变压器标准算法制造变压器，往往在实际电路应用中不能令人方便而满意的使用，变压器的绕制工艺需要产品工程师在试制中反复摸索，绕制的匝数的增减微调、铜线的拉紧程度、排线的序列与方法、铁心的材质等等都会影响变压器的电气性能，由此耗费研发人工和对材料的苛求，使得必须要用的变压器和电感器的造价增加不少。

能否通过对 LED 驱动恒流源芯片设计技术的创新去突破和改变是我们所要思考的，新的解决方案可以在 LED 灯具驱动电源实际生产应用时，输出电流对变压器和电感器的电感量和 LED 的  $V_F$  等参数不太敏感。

一反传统的或经典的芯片算法设计思维，从新的视角去优化芯片算法设计是创新技术的关键。图 2 展示以 BP310X 系列为例的设计新思路，一种主级侧恒流控制的新的原理，从图 2 中可以发现，芯片控制输出电流峰值，通过辅助绕组反馈，使得退磁时间和芯片开关周期的比例固定，这样就可以使得输出电流与外围的电感量偏差和输出电压的偏差无关，芯片控制  $T_{off}$  时间占整个周期的一半，这样平均电流  $I_{out}$  就是  $I_{ls\_pk}$  的四分之一，这电流表达式就是：

$$I_{out} = I_{p\_pk} / 4 \times N_p / N_s$$

在这个表示式里，电流与电感量无关。同时  $I_{p\_pk}$  由芯片基准源决定，可以达到 1%，匝比也是固定的，匝比精度较高，所以输出电流精度较高。

LED 的  $V_F$  值的偏差和变压器的电感偏差正是批量生产面临的最大的问题。通常来说，批量生产的变压器电感量和 LED 的  $V_F$  都会有 5~10% 左右的偏差。而 BP310X 系列的 LED 照明恒流驱动电源芯片采用此新的算法设计，使得大批量生产的芯片恒流精度可以达到 3% 以内，可以对变压器和电感器的电参数有较大的允差，大大方便大规模工业化生产的成本和流水线的持续快速生产，真正实

现对变压器、电感器的电参数不敏感。

创新优化芯片算法使 LED 驱动电源输出电流精度对外围的变压器、电感器等电参数不敏感，有效降低电感器、变压器和 LED 整灯的制造成本。

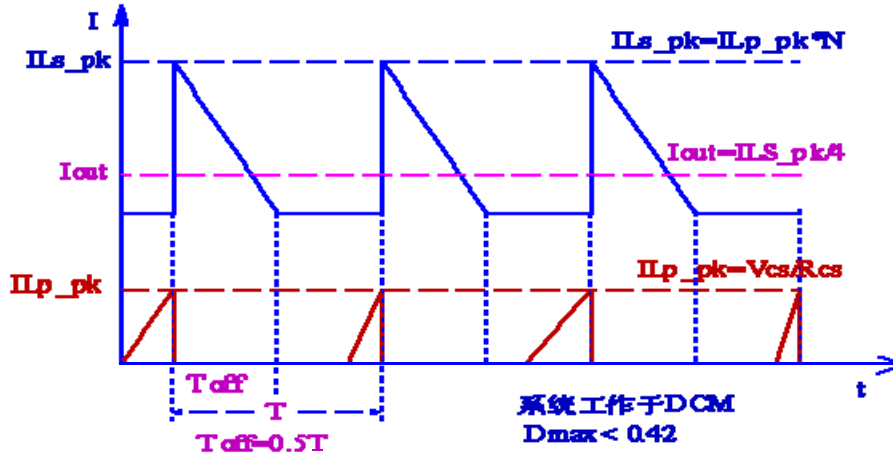


图 2 BP31XX 系列主级侧恒流控制的一种新的原理

创新优化芯片算法是电源芯片设计公司面对 LED 驱动电源输出电流精度对外围的变压器、电感器等很难匹配之后，先后找到的从芯片端解决的方案。算法设计各有技巧，方法各有千秋，但达到的目的是同一的。表 1 是部分隔离 LED 电源驱动芯片的性能参数比较表（第三方提供，仅供参考）。由此可见，新出品的 LED 照明专用电源驱动芯片不少已采用此新技术。

表 1:

隔离 LED 驱动 IC 产品性能参数比较表

产品名称	工作模式	线电压补偿	线性调整率 (输入 85~265VAC)	负载调整率 (输出 30~80VDC)	批量一致性	变压器感量变化 对输出电流影响	功率管	效率	调光
LNK60x	PFM	内置	<3%	<3%	10%	小	内置 MOSFET	中	NO
IW1692	DCM	内置	<3%	<3%	5%	大	外置 MOSFET	中	NO
IW3620	BCM	内置	<3%	<3%	5%	大	外置 MOSFET	高	NO
OB2532A	DCM	内置	<3%	<3%	10%	小	外置 MOSFET	中	NO
<b>BP3105</b>	<b>DCM</b>	<b>内置</b>	<b>&lt;3%</b>	<b>&lt;3%</b>	<b>3%</b>	<b>小</b>	<b>外置 MOSFET</b>	<b>中</b>	<b>NO</b>
AP3766	DCM	外置	<3%	<3%	10%	小	外置 BJT	低	NO
OB3390	DCM	内置	<3%	<3%	10%	小	外置 BJT	低	NO
IW1810	BCM	内置	<3%	<3%	5%	大	内置 BJT	低	NO
<b>BP3102</b>	<b>DCM</b>	<b>内置</b>	<b>&lt;3%</b>	<b>&lt;3%</b>	<b>5%</b>	<b>小</b>	<b>内置 MOSFET</b>	<b>中</b>	<b>NO</b>
IW3614	BCM	内置	<3%	<3%	8%	大	外置 MOSFET	高	TRIAC
SSL2101	BCM	内置	差	差	TBD	大	内置 MOSFET	低	TRIAC
<b>BP3108</b>	<b>DCM</b>	<b>内置</b>	<b>&lt;3%</b>	<b>&lt;3%</b>	<b>3%</b>	<b>小</b>	<b>外置 MOSFET</b>	<b>中</b>	<b>TRIAC</b>

## 创新优化算法电源芯片使应用简洁

BP310X 采用此创新优化芯片算法，使得应用电路十分简约，周边需要的零件很少，符合低成本、工业化生产的理念。图 3 是典型应用电路，采用主级侧恒流技术后，次级的反馈电路不再成为电源体积和成本上的障碍，这样对于电源体积要求极为苛刻的场合带来了极大的便利，如球泡灯、GU10 射灯等。传统的光耦反馈结构还存在光耦老化和很难过安规测试的问题，对于球泡灯内部 60-90°C 的应用环境温度来说，可靠性的问题更成为生产厂商和客户关注的焦点。主级侧恒流技术的成熟，特别是创新的驱动电源芯片算法设计新技术，使得应用电路对变压器和电感器的某些难以质控的参数变得不敏感，对于 LED 照明电源和灯具厂商来说，既可方便提高产品性能，又可降低成本，是一双赢的选择。

电路周边零件器件少了，但电源电路设计者对有限的器件要选用高品质的，如 MOS 的耐压要高，电解电容器要采用高密封性、高抗水合处理能力、高抗过载能力的，125°C 10000 小时的长寿命产品，以适应长期在高温环境下工作。

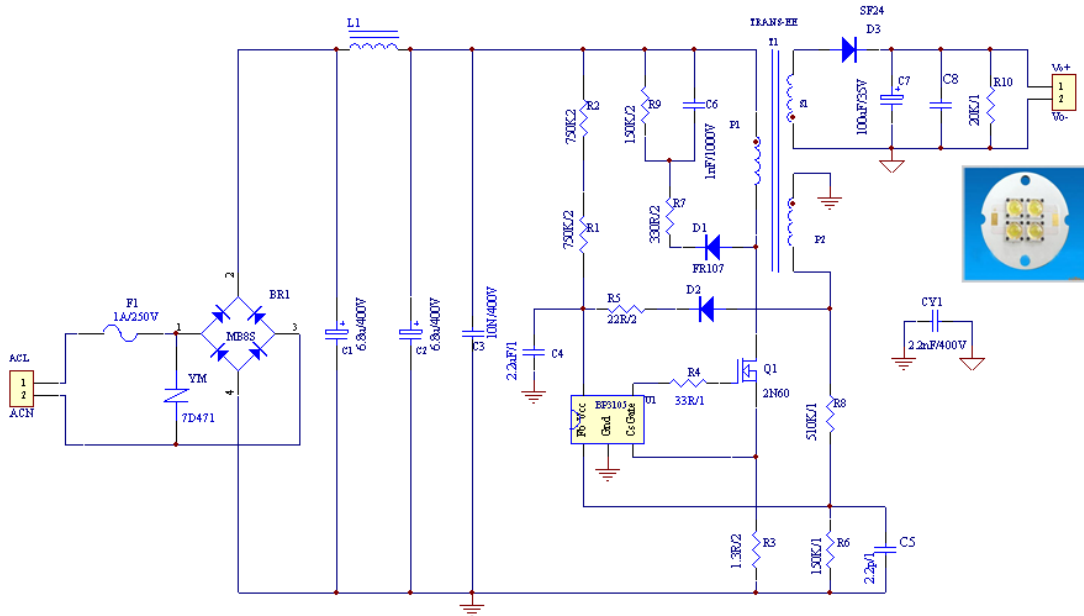


图 3 BP3105 的 4-7W 隔离恒流驱动应用电路

Alec 2011-11-03

### 参考资料

《IC 设计流程和设计方法》	来金梅	2005-03
《LED 灯具驱动技术发展趋势分析》	颜重光	2010-02
《漫话 LED 照明灯具技术》	颜重光	2010-08
《蓝光 LED 光引擎设计思考》	颜重光	2011-07
《室内和商业 LED 照明驱动电源技术的新发展》	颜重光	2011-10

作者：颜重光 退休高工 北京大学上海微电子研究院 兼职研究员

*Innovative LED  
constant current source  
driver chip design  
algorithm*

