

LED 灯具低压驱动技术

LED Lighting with Low-voltage-driven Technology

颜重光(华润矽威科技(上海)有限公司,上海 200233)

Yan Chong-guang(China Resources silicon Granville Technology (Shanghai)
Co., Ltd., Shanghai 200233)

摘要:从技术和市场经济的角度对 LED 灯具低压驱动 IC 的技术要求进行分析,简述家庭照明用 LED 驱动 IC 工作原理和应用技术。

关键词:LED 驱动 IC;LED 灯具

中图分类号:TM925

文献标识码:B

文章编号:1003-0107(2009)07-0061-04

Abstract: It analyzed the technical requirements of LED lamp with Low-voltage driver IC from the perspective of the technology and the market economy, the working principle and application of IC technology, briefly introduced the working principle and application technology of LED driver IC for family lighting.

Key words: LED driver IC; LED lamps

CLC number:TM925

Document code:B

Article ID:1003-0107(2009)07-0061-04

1 引言

LED 照明灯具在近期得到飞跃的发展,LED 作为绿色环保的清洁光源得到广泛的认可。LED 光源使用寿命长、节能省电、应用简单方便、使用成本低,因而在 LED 手电筒、LED 矿灯及便携照明;在建筑照明、装饰照明、标识牌照明;在汽车的仪表盘背光、前后雾灯、第三刹车灯、方向灯、尾灯;以及在家庭照明都会得到海量的应用,欧司朗光学半导体公司 2008 年调查统计,全球每年家庭照明灯座出货量约为 500 亿个。

LED 光源的技术日趋成熟,每瓦发光流明迅速增长,促使其逐年递减降价。以 1W LED 光源为例,2008 年春的价格已是 2006 年春的价格三分之一,2009 年春将降至 2006 年的四分之一。

LED 绿色灯具的海量市场和持续稳定数年增长需求将是集成电路行业继 VCD、DVD、手机、MP3 之后的消费电子市场的超级海啸!

LED 灯具的高节能、长寿命、利环保的优越性能获得普遍的公认。

LED 高节能:节能能源无污染即为环保。直流驱动,超低功耗(单管 0.03 瓦-1 瓦)电光功率转换接近 100%,相同照明效果比传统光源节能 80%以上。

LED 长寿命:LED 光源被称为长寿灯。固体冷光源,环氧树脂封装,灯体内也没有松动的部分,不存在灯丝发光易烧、热沉积、光衰快等缺点,使用寿命可达 5 万到 10 万小时,比传统光源寿命长 10 倍以上。

LED 利环保:LED 是一种绿色光源,环保效益更佳。光谱中没有紫外线和红外线,热量低和无频闪,无辐射,而且废弃物可回收,没有污染不含汞元素,冷光源,可以安全触摸,属于典型的绿色照明光源。

照明用 LED 光源的 VF 电压都很低,一般 $V_F=2.75\sim 3.8V$, I_F 在 15-1400mA;因此 LED 驱动 IC 的输出电压是 $V_F \times N$ 或 $V_F \times 1$, I_F 恒流在 15-1400mA。LED 灯具使用的 LED 光源有小

功率($I_F=15\sim 20mA$)和大功率($I_F>200mA$)二种,小功率 LED 多用来做 LED 日光灯、装饰灯、格栅灯;大功率 LED 用来做家庭照明灯、射灯、水底灯、洗墙灯、路灯、隧道灯、汽车工作灯等。功率 LED 光源是低电压、大电流驱动的器件,其发光的强度由流过 LED 的电流大小决定,电流过强会引起 LED 光的衰减,电流过弱会影响 LED 的发光强度,因此,LED 的驱动需要提供恒流电源,以保证大功率 LED 使用的安全性,同时达到理想的发光强度。在 LED 照明领域,要体现出节能和长寿命的特点,选择好 LED 驱动 IC 至关重要,没有好的驱动 IC 的匹配,LED 照明的优势无法体现。

2 LED 工作要素

LED 工作的主要参数是 V_F 、 I_F ,其它相关的是颜色/色温/波长/亮度/发光角度/效率/功耗等。LED 是一个 P-N 结二极管,只有施加足够的正向电压才能传导电流。 V_F 正向电压是为 LED 发光建立一个正常的工作状态, I_F 正向电流是促使 LED 发光,发光亮度与流过的电流成正比例。LED V_F 标称电压: $3.4V \pm 0.2V$ 。LED I_F 工作电流按应用需要选用,各档不能混用。

表 1 LED 灯用各档 LED 电流

LED ($V_F=3.4V$)	一般功率 LED	大功率 LED
I_F 工作电流	15-20mA	300-1400mA

3 大功率照明用 LED

大功率照明用 LED 其封装从成品来看是单颗芯片的,其实是用 N 颗 LED 管芯封装在一个单位里的。它们的排列组合是串并联,它们是 N 个串联,再 N 个并联,然后由二点联接电源(图 1)。选用时要特别注意它的 V_F 和 I_F 。

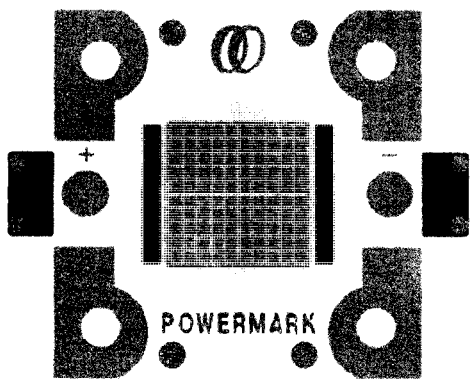


图 1 大功率照明用 LED 内部结构

4 LED 灯具驱动原理

LED 灯具驱动需要先将高压的交流电转换成低压的交流电(AC/AC),然后将低压的交流电经桥式整流转换成低压的直流电(AC/DC),再通过高效率的 DC/DC 开关稳压器降压和转换成恒流源,输出恒定的电流驱动 LED 光源。LED 光源是按灯具的设计要求由小功率或大功率 LED 多串多并而组成。每串的 I_F 电流是按所选用的 LED 光源 I_F 要求设计,总的正向电压 ΔV_F 是 N 颗 LED 的总和。LED 灯具驱动原理如图 2 所示。

LED 灯具选用 36V 以下的交流电源可以考虑非隔离供电,如选用 220V 和 100V 的交流电源应考虑隔离供电。

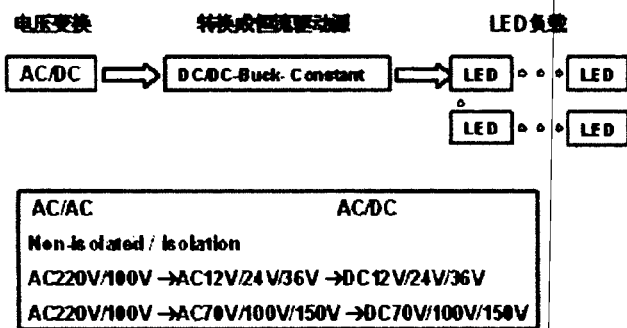


图 2 LED 灯具驱动原理

5 LED 灯具的低压驱动

目前 MR11、MR16 射灯、水底灯、洗墙灯、路灯、隧道灯、汽车工作灯等 LED 灯具大多选用散热较好的自带铜基或铝基板的 1W、3W 大功率 LED 光源,使用 AC/DC12-36V 电源,因而需要使用 DC/DC 的降压(Buck)+恒流给 LED 提供 V_F 和 I_F 。LED 灯具大多使用低压电源,因此在这类灯具的电路设计上,LED 的串联个数在 1-9 颗,尤以 1-3 颗为常见。串联的总 ΔV_F 应低于电源 V_{in} 。如三颗 LED 串联, $\Delta V_F = 3.4V \times 3 = 10.2V$ 。在 $V_{in} > 12V$,能正常工作。MR11、MR16 射灯常见的是 1W X 3 串联或 3W X 1;水底灯常见的是 1W X 3 串联 2-3 并,三个一组;洗墙灯常见的是 1W X 7-9 串联;路灯常见的是 1W X 9 串

联 3 并,4-6 个一组;汽车工作灯常见的是 1W X 3-6 串联 3 并。当然 LED 的串并联的方案是多种多样的,串联个数与其工作电压(V_{in})有关,这里就 DC12-36V 工作电压而言。目前 1W 的 LED 光源散热较好,因此选用较多。

6 LED 灯具对低压驱动芯片的要求

1) 驱动芯片的标称输入电压范围应当满足 DC8-40V,以覆盖应用面的需要,耐压如能大于 45V 更好;AC 12V 或 24V 输入时简单的桥式整流器输出电压会随电网电压波动,特别是电压偏高时输出直流电压也会偏高,驱动 IC 如不能适应宽电压范围,往往在电网电压升高时会被击穿,LED 光源也因此被烧毁。

2) 驱动芯片的标称输出电流要求大于 1.2-1.5A,作为照明用的 LED 光源,1W 功率的 LED 光源其标称工作电流为 350mA,3W 功率的 LED 光源其标称工作电流为 700mA,功率大的需要更大的电流,因此 LED 照明灯具选用的驱动 IC 必需有足够的电流输出,设计产品时必需使驱动 IC 工作在满负输出的 70-90%的最佳工作区域。使用满负输出电流的驱动 IC 在灯具狭小空间散热不畅,容易疲劳和早期失效。

3) 驱动芯片的输出电流必需长久恒定,LED 光源才能稳定发光,亮度不会闪烁;同一批驱动芯片在同等条件下使用,其输出电流大小要尽可能一致,也就是离散性要小,这样在大批量自动化生产线上生产才能有效和有序;对于输出电流有一定离散性的驱动芯片必选在出厂或投入生产线前档,调整 PCB 板上电流设定电阻(R_s)的阻值大小,使之生产的 LED 灯具恒流驱动板对同类 LED 光源的发光亮度一致,保持最终产品的一致性。

4) 驱动芯片的封装应有利于驱动芯片管芯的快速散热,如将管芯(Die)直接绑定在铜板上,并有一 Pin 直接延伸到封装外,便于直接焊接在 PCB 板的铜箔上迅速导热(图 3)。如在一个类似 4X4mm 的硅片管芯上,要长时间通过 300-1000mA 的电流,必然有功耗,必然会发热,芯片本身的物理散热结构也是至关重要的。

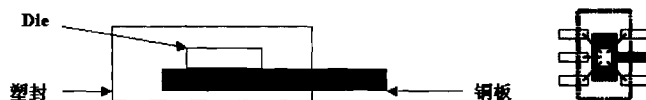


图 3 驱动 IC 剖面与俯视图

5) 驱动芯片本身的抗 EMI、噪音、耐高压的能力也关系到整个 LED 灯具产品能否顺利通过 CE、UL 等认证,因此驱动芯片本身在设计伊始就要选用优秀的拓扑结构和高压的生产工艺。

6) 驱动芯片自身功耗要求小于 0.5W,开关工作频率要求大于 120Hz,以免工频干扰而产生可见闪烁。

7 应用方案简洁的 PT4115

PT4115 具备高度集成的 DC/DC-Buck → Constant Current

功能,它可将直流电压直接转换成稳定的恒流输出。应用方案简洁的 PT4115 实用电路如图 4。

PT4115 的开关频率采用抖频技术有效降低 EMI。频率抖动技术(Frequency Jitter)是一种从分散谐波干扰能量着手解决 EMI 问题的新方法。频率抖动技术是指开关电源的工作频率并非固定不变,而是周期性地由窄带变为宽带的方式来降低 EMI,来减小电磁干扰的方法。未采用频率抖动技术时,各次谐波较窄而且离散,幅值在谐波频率较高处,EMI 集中在峰尖。采用频率抖动技术时,谐波幅值降低并且变得平滑,高次谐波接近连续响应。减小 EMI 的效果十分显著。

PT4115 是 8-30V 宽电压输入,击穿电压 >45V; 输出电流可达 1.2A。转换效率高达 97%。输出电流精度达 ± 5%。芯片具有过温、过压、过流、LED 开路保护等多种功能。采用 SOT89-5 封装,有利于驱动芯片管芯的快速散热。周边应用电路简约,仅四个元器件,应用成本低廉。

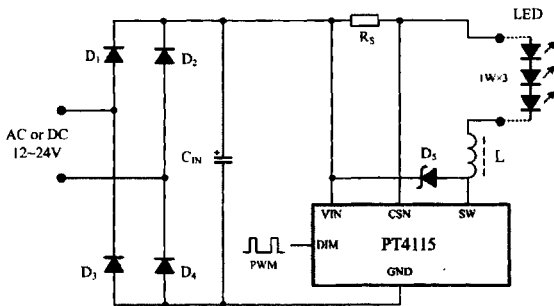


图 4 应用方案简洁的 PT4115 实用电路

DIM 调光采用由高向低调光,安全可靠。PWM 和模拟电压均可。DIM 端内部有一个 1 兆上拉电阻(R_{up})接到内部 5V 电源。有些灯具需要实施过温保护,可在 DIM 端加一热敏电阻、NTC 或温度二极管,DIM 端的电压由 R_{up} 和 NTC 分压决定,利用模拟调光的原理以及温度对 PN 结电流的负反馈实现动态温度控制。由此可实现 LED 灯具的动态过温保护。NTC 也可选用半导体温度传感器或 PN 结。实用电路如图 5。

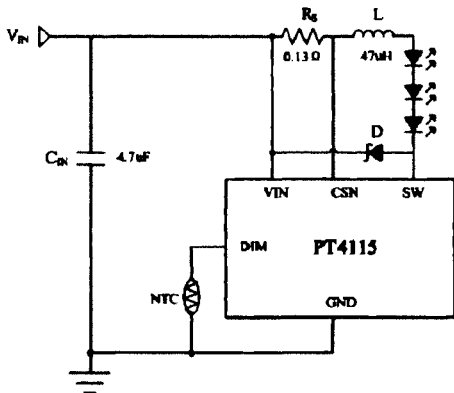


图 5 灯具过温保护实用电路

8 PT4115 应用技术要点

- AC/DC 电流源要足够大;
- 所有周边器件自身的功耗要尽可能小;

● 确认 V_{in} 与负载电压的需求, V_{in} - ΔV_r = 1.2-1.5V 时工作效率较佳;

● R_s 应按 LED 光源的 I_f 电流大小设计, R_s = 0.1/I_{LED};

● LED 电流小于 400mA, L 选用 68-100µH (饱和电流 > 0.6A); 电流在 400mA 到 800mA, L 选用 47-68µH (饱和电流 > 1.2A); L 的输出电流 = 需用电流 X 1.5;

● L 选用锰锌 4000 磁芯;

● C_{in} 有续流和滤波的功能, 电容容量不宜太小, 耐压不宜太低;

● 整流和续流二极管选用正向压降尽可能小、电流较大的肖特基二极管, 可有效地降低系统功耗;

● PCB 铜箔与 PT4115 的 Exposed PAD 和 GND 的接触面积要尽可能大, 以利散热。

表 2 周边元器件的选用

R _s	精度大于 1%	R _s = 0.1 / I _{LED} , 比如要输出 350mA, 则 R _s = 0.1 / 0.35 = 0.2857 Ω
	100µF (工作电压 > 50V)	输出电流小于 400mA
C _{in}	100µF (工作电压 > 50V)	输出电流大于 400mA
	有续流和滤波的功能, 电容容量不宜太小;	
D	SS14	输出电流小于 400mA
	SS24	输出电流大于 400mA
导通压降低于 0.30V 的肖特基二极管, 可以提高系统效率;		
L	33-47µH (饱和电流 > 1.8A)	输出电流在 800mA 到 1200mA
	47-68µH (饱和电流 > 1.2A)	输出电流在 400mA 到 800mA
	68-100µH (饱和电流 > 0.6A)	输出电流小于 400mA
DCR 越小, 效率越高。选用锰锌 4000 磁芯。		
整流二极管	正向压降尽可能低的肖特基二极管, 可有效地降低系统功耗。电流能力一定要满足应用, 原则上大于 1.5 * I _{out} * V _{out} / (0.8 * V _{in})。	

9 单颗芯片多种应用

PT4115 是一颗可应用于多种 LED 灯具驱动芯片, 如路灯、水底灯、洗墙灯、泛光灯、隧道灯、汽车工作灯等。简单实用低成本 LED 灯具方案如图 6 所示。可将 3-9 颗 1W LED 串联, 其 ΔV_r = 3.4 V X N, I_f = 350mA。当 V_{in} = 12VDC 时, 3 颗 LED 串联, ΔV_r = 10.2V, 工作效率较佳。并可 3 串并联应用, ΔI_r = 3 X 350mA = 1050mA。灯具系统设计可采用 N 组合, 以适应多种灯具方案的需要。

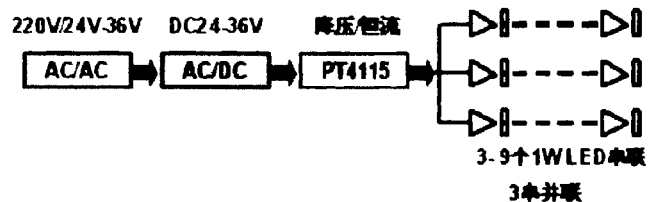


图 6 简单实用低成本 LED 灯具方案

10 可用于生产 DEMO

向灯具厂商提供可用于生产 LED 灯具驱动 DEMO 是促进 LED 灯具厂家快速投产的好办法。

一颗芯片的推广往往要经历单颗芯片的推广、送样, 客户要设计应用于产品的电路图, 做实验板验证、画 PCB 版图、采

购元器件、组装生产、调试检测。路途漫漫,一般需要几个月。现在由生产芯片的上游厂家直接为生产最终产品的生产厂提供可用于生产的 DEMO(图 7),大大地缩短了生产厂家产品的开发周期,几个月推广的实践证明,大多数 LED 灯具厂在检测可用于生产的 DEMO 的性能符合其企标要求后,会立即做一个小批量生产,验证其重复性和可靠性,顺利的话二至周可快速进入批量生产。

参考文献:

- [1] 颜重光. 背光及照明用 LED 驱动 IC 技术市场分析[J]. EDN 电源技术, 2008, 3.
[2] 颜重光. 照明用 LED 驱动与控制技术 [R]. 中国照明学会 LED 灯具设计技术深圳 / 杭州高级培训班, 2008, 09.

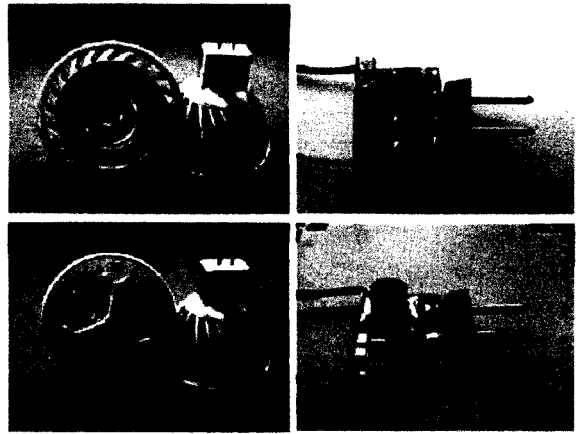


图 7 可用于生产的 MR16 射灯 DEMO

小知识

电磁兼容(EMC)主要测试项目和对应标准介绍

- 空间辐射(Radiation) EN 55011,13,22、CISPR11,13,22、FCC Part 15&18、VCCI、GB14023、GB4824、GB9254、GB13837、GB18655、GB/T16607、GJB151A-97
- 传导干扰(Conduction) EN55011,13,14-1,15,22、CISPR11,13,14-1,15,22、FCC Part 15&18、VCCI、GB4824、GB9254、GB13837、GB17743、GB4343、GB18655
- 喀啞声(Click) EN55014-1、CISPR14
- 功率辐射(Power Clamp) EN55013,14-1、CISPR13,14-1、GB13837、GB4343
- 磁场辐射(Magnetic Emission) EN55011,15、CISPR11,15、GB17743、GB4824
- 静电放电(ESD) IEC61000-4-2、EN61000-4-2、GB/T17626.2
- 辐射抗扰度(R/S) IEC61000-4-3、EN61000-4-3、GB/T17626.3、GJB151A-97
- 脉冲群抗扰度(EFT/B) IEC61000-4-4、EN61000-4-4、GB/T17626.4
- 浪涌抗扰度(SURGE) IEC61000-4-5、EN61000-4-5、GB/T17626.5
- 传导骚扰抗扰度(C/S) IEC61000-4-6、EN61000-4-6、GB/T17626.6、GJB151A-97
- 工频磁场抗扰度(M/S) IEC61000-4-8、EN61000-4-8、GB/T17626.8
- 电压跌落(DIPS) IEC61000-4-11、EN61000-4-11、GB/T17626.11
- 谐波电流(Harmonic) IEC61000-3-2、EN61000-3-2、GB17625.1
- 电压波动和闪烁(Flicker) IEC61000-3-3、EN61000-3-3、GB17625.2
- 振荡波抗扰度(Flicker) IEC61000-4-12、EN61000-4-12、GB/T17626.12