

基于 BP2808 的 LED 照明灯具电源应用设计技术

上海晶丰明源半导体有限公司 颜重光

摘要 文章从技术和市场经济的角度对 BP2808 用于 LED 照明灯具电源设计技术进行分析,详细论述了 BP2808 用于非隔离灯具电源设计的方案、工作原理和关键技术。

关键词 恒流补偿 源极驱动 馈流供电 T_{off} 时间设定 LED 光源阵列

LED 光源作为第四代新型节能光源自诞生之时即被用做各类灯具的发光光源。作为光源的白炽灯其发光效率只有 5%,而 LED 光源的发光效率约 50%。LED 照明以其高节能、长寿命、利环保的特点成为大家广为关注的焦点。这几年,高亮度的 LED 光源因其制造技术突飞猛进,而其生产成本又逐渐下降,因而使用 LED 光源作为高亮度、高效率而又省电、无碳排放的节能照明光源已成为全球的海量需求,一个以制造 LED 照明灯具的新兴行业正在崛起,产业链正在日益完善,技术正在不断更新。

1 BP2808 的基本工作原理

BP2808 是专门驱动 LED 光源的恒流控制芯片。BP2808 工作在连续电流模式的降压系统中,芯片通过控制 LED 光源的峰值电流和纹波电流,从而实现 LED 光源平均电流的恒定。芯片使用非常少的外部元器件就实现了恒流控制、模拟调光和 PWM 调光等功能。系统应用电压范围为 12~600VDC,占空比最大可达 100%;适用于交流 85~265V 宽电压输入,主要应用于非隔离的 LED 灯具电源驱动系统。BP2808 采用专利技术的源极驱动和恒流补偿技术,使得驱动 LED 光源的电流恒定,从交流 85~265V 范围内变化小于 $\pm 3\%$ 。结合 BP2808 专利技术的驱动系统应用电路,使得 18W 的 LED 日光灯实用方案,在交流 85~265V 范围内系统效率高于 90%。在交流 85~265V 输入范围内,BP2808 可以驱动从 3W 到 36W 的 LED 光源阵

列。因此,广泛应用于 E14/E27/PAR30/PAR38/GU10 等灯杯和 LED 日光灯。

BP2808 具有多重 LED 保护功能,包括 LED 开路保护、LED 短路保护、过温保护。一旦系统出现故障,电源系统就会自动进入保护状态,直到故障解除,系统再自动重新进入正常工作模式。复用 DIM 引脚可进行 LED 模拟调光、PWM 调光和灯具系统动态温度保护。

BP2808 采用 SOP8 封装(如图 1 所示),BP2808 引脚功能描述如表 1 所示。

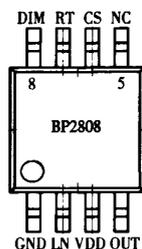


图 1 BP2808 的封装

2 LED 日光灯应用典型方案设计

LED 日光灯的 LED 光源灯条电源驱动方案有很多种,目前非隔离方案因其效率高、体积小、成本低的特点而应用广泛,而用 PWM LED 驱动控制器来做 LED 日光灯驱动电源的又占绝大多数。事实上传统的荧光日光灯都是非隔离方案。

以 AC176V~264V 全电压输入为例,采用 BP2808 为主芯片来设计负载为小功率多颗 LED 光源多

表 1 BP2808 引脚功能描述

引脚号	引脚名称	描述
1	GND	信号和功率地
2	LN	峰值阈值的线电压补偿, 采样 LN 和 VDD 之间的电压
3	VDD	电源输入端, 必须就近接旁路电容
4	OUT	内部功率开关的漏端, 外部功率开关的源端
5	NC	悬空
6	CS	电流采样端, 采样电阻接在 CS 和 GND 端之间
7	RT	设定功率开关关断时间
8	DIM	开关使能、模拟和 PWM 调光端

串、多并的 LED 日光灯时, 整个系统方案的设计如图 2 所示。

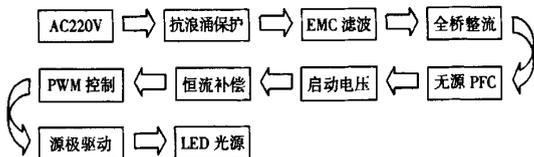


图 2 18W LED 日光灯系统方案设计示意图

全电路由抗浪涌/雷击保护、EMI 滤波、全桥整流、无源功率因数校正 (PPFC)、启动电压 (包括前馈补偿、开机后的馈流供电、驱动变软)、恒流补偿、PWM 控制、源极驱动、LED 光源阵列, 以及采样电阻、 T_{off} 时间设定、储能电感、续流二极管等各部分组成。

LED 光源阵列设计为 0.06W 白光 LED (SMT 或草帽灯) 24 个串联、12 串并联的方案, 驱动 288 个小功率 LED, 总功率 18W。

18W LED 日光灯系统主要参数设定如下:

(1) 电源主要参数

输入电压: $V_{in}=176\sim 264V$

工作频率: $F_{in}=50Hz$

单个 LED 电压: $V_{led}=3.2V$

单个 LED 电流: $I_{led}=20mA$ (实际应用一般选择 16~19mA)

系统效率: $\eta=90\%$

功率因数: $PFC=0.9$

电感电流纹波系数: $\Delta I_L=65\%$

(2) 相关参数计算及设定

输出电压: $V_{out}=24s \times 3.2V=76.8V$

输出电流: $I_{out}=12p \times 20mA=240mA$

输出功率: $P_{out}=76.8 \times 240=18.4W$

电感峰值电流: $I_{Lp}=240+(240 \times 65\%)=396mA$

电感纹波电流: $I_{Lr}=2 \times (396-240)=312mA$

关断时间: $T_{off}=10.8\mu s$

按此数据思考, 全电压 18W LED 日光灯开关恒流源的设计电路其各部分的功能如图 3 所示, 图中抗雷击和 EMI 滤波组成 EMC 电路, 馈流供电是利用已经做在芯片内部的整流二极管来实现。

从 AC220V 看进去, 交流市电入口接有 1A 保险丝 F1 和抗浪涌/雷击的压敏电阻 V_{di} ; 之后是 EMI 滤波器, 由 L_{d1} 、 L_{e1} 和 C_{d1} 、 C_{e2} 组成; DB1 是全桥整流器, 内部是 4 个高压硅二极管; C_{E1} 、 C_{E2} 、 R_{10} 、 $D_2\sim D_4$ 组成无源功率因数校正电路; BP2808 芯片由 R_{15} 、 R_{16} 启动电阻降压经 R_{17} 、 C_3 前馈补偿, 并由 D_{d1} 、 C_2 、 R_{18} 与 BP2808 内部电路组成专利的恒流补偿电路稳压后给 BP2808 控制电路供电, 系统启动后由于控制电路本身静态电流小, 以及芯片内部存在从 OUT 到 VCC 的馈流二极管可向 BP2808 提供工作电源, 此时电阻 R_{15-17} 上通过的电流将会大大降低, 因而总的系统功耗也大大降低, 系统效率得到明显提高。专利的源极驱动电路由 MOSFET 管 Q_1 、 D_6 、 R_6 、 R_1 、 R_{cs} 与 BP2808 内部电路组成, 其显著特点是能有效降低功耗、提高恒流精度。源极驱动方式的驱动电路使系统消耗电流减少, 尤其是减少了传统的高压差供电通路中类似 R_{15-17} 上的电流, 从而降低了功耗, 提高了效率。 D_6 、 R_6 可使开关开通驱动变软, 关断驱动保持较强, 既改善 EMI, 又尽量不牺牲效率。与 LED 光源并联的输出滤波电容 C_0 用以减少 LED 光源上的电流纹波。

BP2808 的 C_5 端采集电流采样电阻 $R_{s1}\sim R_{s2}$ 上的峰值电流, 由内部逻辑在单周期内控制 OUT 引脚信号的脉冲占空比进行恒流控制, 输出恒流与 D_5 、 L_{m1} 的续流电路合并向 LED 光源恒流供电。LED 光源阵列组合改变时, 电阻 $R_{s1}\sim R_{s2}$ 的阻值也要随之改变, 使整个电路的输出电流满足 LED 光源阵列组合的要求。

PCB 板的排列是做好产品的关键, 因此 PCB 板的走线要按电力电子安全规范要求来设计。该电路可

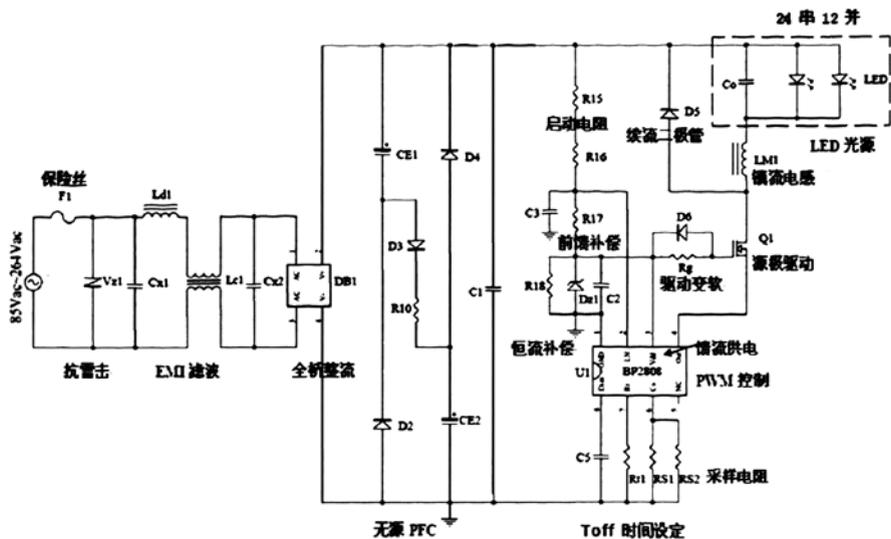


图3 18W LED 日光灯的实用电路图

通用于 T10、T8 日光灯管，但因两管空间大小不同，两块 PCB 板的宽度将不同，因而要降低所有零件的高度，以便放入 T₁₀、T₈ 灯管。图 4 是 T10 恒流源板的实物照片，将 30 个元件安装 0.8 毫米厚的环氧单面印制板上。



图4 18W LED 日光灯开关恒流源的实物照片

如是设计 AC85V-264V 全电压输入，又要考虑 PFC，可将 LED 光源阵列设计成 0.06W 白光 LED 12 个串联、24 串并联方案。

目前，可使用的 LED 日光灯驱动 IC 有很多种，其性能参数都有差异，表 2 中数据供设计选型参考。从表 2 中可见，BP2808 具有固定 T_{on} 工作模式、100% 占空比、芯片工作电流仅 0.2mA、效率达 92%、恒流补偿和使用独特的源极驱动模式等特性，使其具有适用于 LED 照明灯具的明显优势。

3 关键技术数据的设计

(1) 抗雷击压敏电阻

压敏电阻横跨输入端主要是为了抗电网传来的浪涌、雷击。

(2) EMI 滤波

电磁兼容(EMC)是指在有限的空间、时间和频谱范围内各种电气设备共存而不引起性能下降，它包括电磁干扰(EMI)和电磁敏感(EMS)两方面的内容。EMI 是指电气产品向外发出噪声，EMS 则指电气产品抵抗干扰的能力。一个电源电路中的 MOS 功率开关管的高速开关动作，不可避免地要导致严重的 EMI。

为有效抑制和降低 EMI，在交流电源输入端，一般需要增加由共模电感、X 电容和 Y 电容组成的滤波器，以增加整个电路抗 EMI 的效果，滤除掉传导干扰信号和辐射噪声。本电路采用共模电感+X 电容器的简洁方式，主要还是出于整体成本的考虑，本着够用即可的设计原则。X 电容器应标有安全认证标志和耐压 AC275V 字样，其真正的直流耐压在 2000V 以上，外观多为橙色或蓝色。共模电感是绕在同一个磁芯上的两个电感量相同的电感，主要用来抑制共模干扰，电感量在 10~30mH 范围内选取。为了缩小体积并提高滤波效果，可优先选用高导磁率微晶材料磁芯制作的产品，电感量也应尽量选较大的值。

(3) 全桥整流

全桥整流器 BD1 主要进行 AC/DC 变换，因此需要给予 1.5 系数的安全余量，建议选用 1000V 1A。

表 2 LED 日光灯驱动 IC 产品性能参数比较表(以 18%W LED 驱动器为例)

产品名称	工作模式	最大 占空比	输出 电感量	驱动模式	芯片电流 (mA)	驱动电压	典型效率	恒流补偿	短路保护	EMC	MOSFET 管温升	功率电阻
XX9910	固定 F_{sw}	0~50	大	栅极驱动	1~2	7.5V	90	无	无	很难	高	NO
XX4107	固定 F_{sw}	0~50	大	栅极驱动	1~2	12V	85	无	无	很难	高	YES
XX802	固定 F_{sw}	0~50	大	栅极驱动	1~2	7.5V	90	无	无	很难	高	NO
XX870	固定 F_{sw}	0~50	大	栅极驱动	1~2	9.6V	90	无	无	很难	高	NO
XX306	固定 F_{sw}	0~50	大	栅极驱动	1~2	N/A	85	无	有	较难	高	NO
XX9910B	固定 T_{dr}	0~100	中	栅极驱动	1~2	7.5V	90	无	无	较难	较高	NO
XX3445	固定 T_{dr}	0~100	中	栅极驱动	1~2	12V	85	无	无	较难	较高	YES
XX3910	固定 T_{dr}	0~100	中	栅极驱动	1~2	7.1V	85	无	无	较难	高	YES
BP2808	固定 T_{dr}	0~100	小	源极驱动	0.2	12V	92	有	有	较易	低	NO

(4) 无源 PFC

普通的桥式整流器整流后输出的电流是脉动直流, 电流不连续, 谐波失真大, 功率因数低。因此, 需要增加低成本的无源功率因数补偿电路(见图 5)。这个电路叫做平衡半桥补偿电路, C_1 和 D_1 组成半桥的一臂, C_2 和 D_2 组成半桥的另一臂, D_3 和 R 组成充电连接通路, 利用填谷原理进行补偿。滤波电容 C_1 和 C_2 相串联, 电容上的电压最高充到输入电压的一半 ($V_{AC}/2$), 一旦线电压降到 $V_{AC}/2$ 以下, 二极管 D_1 和 D_2 就会被正向偏置, 这样使 C_1 和 C_2 开始并联放电。这样一来, 正半周输入电流的导通角从原来的 $75^\circ \sim 105^\circ$ 上升到 $30^\circ \sim 150^\circ$; 负半周输入电流的导通角从原来的 $255^\circ \sim 285^\circ$ 上升到 $210^\circ \sim 330^\circ$ (见图 6)。与 D_3 串联的电阻 R 有助于平滑输入电流尖峰, 还可以通过限制流入电容 C_1 和 C_2 的电流来改善功率因数。采用

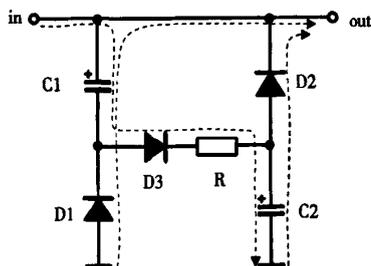


图 5 平衡半桥 PFC 电路

这个电路后, 系统的功率因数从 0.6 提高到 0.89~0.90。R 有浪涌缓冲和限流功能, 并改善 THD, 提高功率因数, 因此不宜省略。本设计方案 C_{E1} 、 C_{E2} 选用两个 $22\mu\text{F}/250\text{V } 105^\circ\text{C}$ 的电容器。

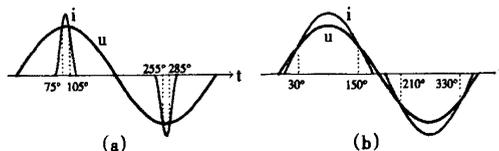


图 6 平衡半桥 PFC 电路的效果

(5) 恒流补偿与源极驱动两个专利应用电路

恒流补偿与源极驱动两个专利应用电路使 BP2808 应用更显方便和更具特色。从图 7 可见, BP2808 GND 与 LN 的内部电路与 R_3 、 C_3 、 R_4 、 D_{a1} 、 C_2 组成恒流补偿的专利应用电路; BP2808 V_{cc} 、CS 与 OUT 的内部电路与 Q_1 、 D_6 、 R_6 、 R_1 、 R_{cs} 组成源极驱动的专利应用电路。

图 8 是源极驱动控制电原理路, 从中可见 BP2808 内部的低压开关 MOSFET 管 (700mA) 漏极连接到外部功率开关 MOSFET 管 Q_1 的源极, 而其源极连接到采样电阻 R_{CS} 的一端以及第一比较器的输入端, 其栅极连接到 RS 触发器的输出端。外部功率开关 MOSFET 管 Q_1 的漏极输出电流经储能电感直接驱

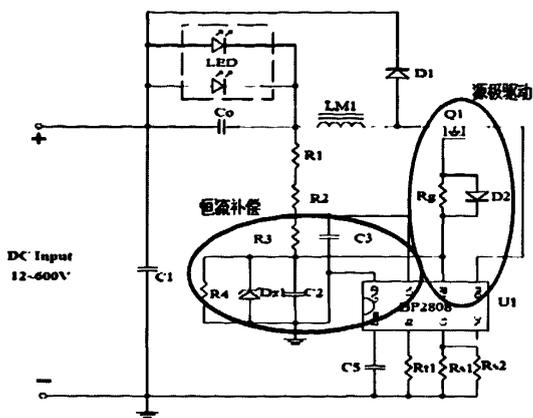


图7 恒流补偿与源极驱动两个专利应用电路

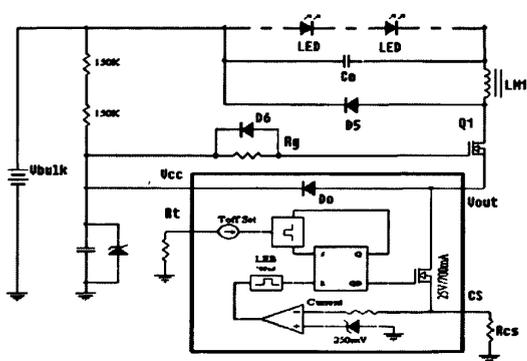


图8 源极驱动控制电路原理图

动LED光源。芯片内的Do是馈流二极管，在BP2808启动工作后，从OUT到VCC的馈流经Do整流向BP2808提供工作电源采用源极驱动，可以有效减少驱动电路电流消耗、降低功耗、提高效率；传统的高压差供电通路中为了将整流后的直流高压降至PWM芯片所需要的低压工作电压，采用低阻大功率电阻降压，器件发烫，自耗功率很大。

(6) 储能功率电感

储能功率电感 L_{M1} 在 Q_1 打开时限制通过LED光源的电流； Q_1 关闭时提供LED光源的电流；续流二极管 D_5 则在 Q_1 关闭时提供续流路径。

储能功率电感 L_{M1} 与 Q_1 MOSFET管，以及 R_{S1} 、 R_{S2} 并联的电流采样电阻是此电路恒流输出的三大关键

元件。储能功率电感 L_{M1} 要求Q值高、饱和电流大、电阻小。本设计方案选用的是标称2.6mH的电感，在40~100kHz频率范围里Q值应大于90。设计时要选用饱和电流是正常工作电流2倍的功率电感。本电路设计输出电流250mA，因此选500mA。选用功率电感的绕线电阻要小于 2Ω ，居里温度大于 400°C 的优质功率电感。否则一旦电感发生饱和，MOSFET管、LED光源、PWM控制芯片就会瞬间烧毁。建议使用高导磁率微晶材料的功率电感，它可以确保恒流源长期安全可靠的工作。

L_{M1} 电感要选用EE13磁芯的磁路闭合电感器，或高度低一点的EPC13磁芯(见图9)。现在LED日光灯大多数选用半铝半PV塑料的灯管，以帮助LED光源散热。工字磁芯电感器其磁路是开放的，当使用工字磁芯电感器的电源驱动板进入半铝半PV塑料灯管时，由于金属铝壳能使其磁路发生变化，往往会使用已调试好的电源驱动板输出电流变小。

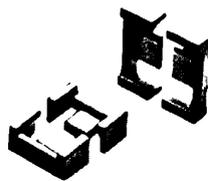


图9 EPC13磁芯

续流二极管 D_5 一定要选用超快恢复二极管，它要跟上前MOS管的开关周期，如在此使用1N4007，则在工作时会烧毁。而且续流二极管通过的电流应是LED光源负载电流的1.5~2倍，本电路要选用1A的超快恢复二极管，耐压 $V_{A}>400\text{V}$ 。如ONsemi公司的MUR160(DO-15封装)。

(7) MOSFET管的选择

MOSFET管 Q_1 是本电路输出的关键器件，首先它的 $R_{DS(ON)}$ 要小，它工作时本身功耗就小，它的耐压要高， $V_{DS}>400\text{V}$ ，它在工作中遇高压浪涌不易被击穿；工作电流要稍微大一点，选用 $I_{DM}>0.8\sim 1\text{A}$ 。如STD2HNK60Z-1(IPAK封装)。

在MOSFET的每次开关过程中，采样电阻 R_{S1} 、 R_{S2} 上将不可避免的出现电流尖峰，为避免这种情况

发生,芯片内部设置了 400ns 的消隐时间。因此,传统的 RC 滤波器可以被省去,在这段延迟时间内,比较器将失去作用,不能控制 OUT 引脚的输出,使出现电流尖峰前沿消隐。

(8) 电流采样电阻

电阻 R_{S1} 、 R_{S2} 并联作为采样电阻 R_{CS} ,这样可以减小电阻精度和温度对输出电流的影响,并且可以方便地改变其中一个或几个的阻值,达到修改电流的目的。建议选用千分之一精度,温度系数为 50ppm 的 SMD(1206)1/4W 电阻。电流采样电阻 R_{S1} 、 R_{S2} 的总阻值设定和功率选用,要按整个电路的 LED 光源负载电流为依据来计算。

$$R_{CS} = \frac{V_{REF}}{I_{L-RK}}$$

(9) T_{off} 时间设置电阻 R_{t1}

T_{off} 关断时间设定,可通过外接电阻 R_{t1} 设定固定关断时间。 R_{t1} 电阻的阻值按 Datasheet 给出的公式进行计算:

$$R_{t1} = T_{off} / (4 \times 10^{-5}) = 270k\Omega$$

本设计电路选择 SMD_0805_270k Ω ±1%。

(10) 调光 DIM

可以用进行模拟调光和 PWM 调光两种。在不用的情况下,只要悬空即可。对于模拟调光,只需要外接一个 150k Ω 的电位器就可以实验 0~100%调光。对于 PWM 调光,建议的调光频率为 270Hz。

(11) 电解电容器

LED 光源是一种长寿命光源,理论寿命可达 50000h,但是应用电路设计不合理、电路元器件选用不当、LED 光源散热不好等原因,都会影响它的使用寿命。特别是在驱动电源电路里,作为 AC/DC 整流桥的输出滤波器的电解电容器,它的使用寿命小于 5000h,是影响长寿命 LED 灯具技术的关键。本电路设计使用了 C_{E1} 、 C_{E2} 多颗铝电解电容器。铝电解电容器的寿命还与使用环境温度有很大关系,环境温度升高电解质的损耗加快,环境温度每升高 6 $^{\circ}$ C,电解电容器寿命就会减少一半。LED 日光灯管内温度因空气不易流动,如电源驱动板设计不合理,管内温度会比较高,电解电容器的寿命因此大打折扣。选用固态电解电容器,也许是延长寿命的好办法之一,但导致成本上升。

4 非隔离的多种 LED 灯具驱动设计的应用

BP2808 还可应用于设计非隔离的球泡灯、PAR 灯、筒灯、嵌灯、庭院灯、防爆灯、洗墙灯、台灯、工作灯、可控硅调光灯等 LED 光源灯具的驱动电源。其设计原理可延用前述 LED 日光灯应用典型方案设计思路,改变 LED 光源阵列的排列,可以变换成款各异的 LED 灯具,针对各种 LED 灯具对驱动电源的不同要求,可以改变电源的输出特性设计满足各不相同的需求。如可控硅调光控制就可在应用电路上动脑筋,增加在切相电源中提取导通角信息线路,并根据该信号来控制 LED 光源的驱动电流,以得到调光的效果。

BP2808 做 LED 光源驱动电源设计时,建议输出电压小于 100VDC、电流小于 600mA。

5 结束语

BP2808 的固定 T_{off} 工作模式、100%占空比、芯片工作电流减至 0.2mA、效率达 92%、恒流精度提高,使其更适用于 LED 照明灯具的驱动电源的应用。

BP2808 在继承和吸收国内外同类产品的优点之外,采用了创新的拓扑结构,芯片设计上有重大的改进,性能更趋完善,特别是恒流补偿与源极驱动两个专利应用电路使 BP2808 应用更便捷有效节能。BP2808 自推出以来广受国内外客户的信赖。从某种意义上说,国内某些知名企业在芯片设计上已经不再盲目“抄袭”国外芯片设计技术,而是在自主研发和不断创新,走“超越”国外芯片的道路。

参考文献

- 1 BP2808 Datasheet
- 2 恒流补偿技术专利(专利号:2009200737968)
- 3 源级驱动结构和馈电技术专利(专利号:2009200737953)
- 4 颜重光. 基于 PT4107 的 LED 日光灯设计技术 2009-7-28
- 5 颜重光.《LED 灯具驱动技术发展趋势分析》《高工 LED》2010-02

基于BP2808的LED照明灯具电源应用设计技术

作者: [颜重光](#)

作者单位: [上海晶丰明源半导体有限公司](#)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Conference_7250010.aspx