

## 基于单级 PFC 控制器的 LED 照明电源设计

### 0 引言

LED 技术及其应用的发展超过几年前业界的预期，目前 LED 已经开始步入普通照明领域。在中国大陆的 LED 公共照明方面，LED 路灯和公路隧道灯的应用走在世界的前列。从全球的情况来看，LED 普通照明驱动电路要采用工频市电电源供电（即离线式驱动电路）。就其拓扑结构而言，主要是隔离型反激式转换器开关电源方案。对于 200W 以上的 LED 路灯，则选择双电感单电容（LLC）半桥谐振拓扑。在 100W 以下的 LED 照明驱动电源中，单级 PFC 反激式电路拓扑是最佳解决方案。德州仪器（TI）公司推出的 UCC28810 普通照明电源控制器，不仅支持单级 PFC 反激式变换器和 Triac 调光，同时还支持两级 PFC 电源拓扑。

### 1 UCC28810 引脚功能和特点

#### 1. 1 UCC28810 封装与引脚功能

UCC28810 采用 8 引脚 SO IC 封装，引脚排列如图 1 所示。

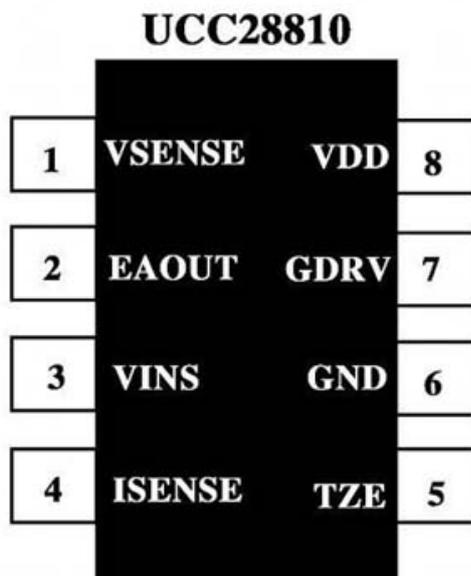


图 1 UCC28810 引脚排列

为了正确应用 UCC28810， 必须了解其各个引脚功能， 见表 1。

表 1 UCC28810 引脚功能

引脚号	名称	功能简述
1	VSENSE	跨导误差放大器反相输入(带 2.5V 的参考),同时也是过电压保护(OVP)比较器输入
2	EAOUT	跨导误差放大器输出,该脚上的电压是电流参考产生器的一个输入(动态范围是 2.5~4V)。从该端到地连接补偿元件
3	VINS	外接一个电阻分压器传感瞬时输入电压,该引脚上的电压充当电流参考产生器的一个输入
4	ISENSE	外部 MOSFET 瞬时开关电流感测端
5	TZE	变压器零能量(TZE)检测比较器输入,利用偏置绕组感测 TZE
6	GND	IC 参考地
7	GDRV	MOSFET 栅极驱动器输出
8	VDD	电源电压输入端

## 1. 2 UCC28810 的主要特点

UCC28810 是一种单级 PFC 离线式 LED 照明电源控制器,可以控制临界导通模式(CrM)操作的反激、降压(buck)或升压(boost)变换器,能够与传统墙上调光器接口。UCC28810 含有一个用于反馈误差处理的跨导电压放大器、一个用来产生与输入电压成正比的电流指令的电流参考发生器、一个电流传感比较器、PWM 逻辑及驱动外部功率 MOSFET 的驱动器。

UCC28810 提供过电压保护(OVP)、反馈开路保护和使能(enable)电路。

UCC28810 的 VDD 导通门限电压是 15.6V,欠压关断门限电平是 9.7V,钳位电压为 19V,静态工作电流为 4mA。

UCC28810 用于控制 LED 普通照明驱动电源,应用领域有工业照明、商业照明、住宅照明以及街道、道路、停车场照明和建筑与装饰照明。

## 2 基于 UCC28810 的 34W 单级 PFC 反激式 LED 恒流驱动电源

基于 UCC28810 的 34W 单级 PFC 反激式 LED 恒流驱动电源电路如图 2 所示。这种带 PFC 的隔离型单级反激式离线 LED 驱动电路的 AC 输入电压范围为  $180 \sim 265 \text{ V}$ ，输出 DC 电压为  $10 \sim 48 \text{ V}$ ，输出恒流为  $700 \text{ mA}$ ，可以驱动  $3 \sim 13$  个串联连接的 LED，最大输出功率为  $34 \text{ W}$ ，效率达  $90\%$ ，线路功率因数  $\text{PF} > 0.9$ 。

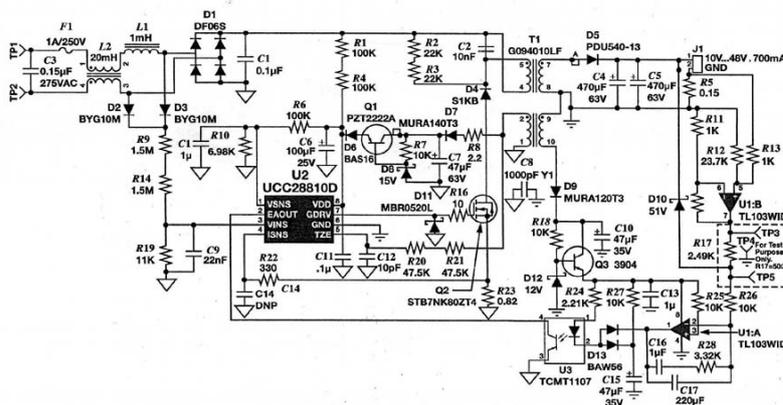


图 2 基于 UCC28810 的 34W 单级 PFC 反激式 LED 恒流驱动电源

在图 2 中，输入端 F1 为保险丝，L1、L2 和 C3、C1 为输入 EMI 滤波器，D1 是桥式整流器，D2、D3、R9、R14、R19、C9 组成输入电压检测电路，R1 和 R4 是 U2 (UCC28810) 引脚 VDD 上的启动电阻，R8、D7、C7、D8、R7、Q1 和 D6、C6 等组成 U2 (引脚 VDD) 偏置稳压电源电路，Q2 为初级功率开关，变压器初级绕组 (T1 的引脚④与⑤之间) 上并接的 R2、R3、C2、D4 组成 Q2 漏极上 RCD 型钳位电路，Q2 源极上串联的 R23 为初级电流传感电阻，T1 偏置绕组 (①与②端) 同时提供变压器零能量 (TZE) 检测信号 (经 R21、R20、C12 传送至 U2 的 TZE 引脚)。

D5、C4 和 C5 组成次级整流滤波电路。R5 为输出电流传感电阻，U1 (U1B+U1A) 作为电流感测放大器使用，执行输出恒流调节。U3 为光电耦合器，对次级到初级的反馈起隔离作用。T1 次级引脚⑨与⑩之间的绕组及 D9、R18、D12、Q3 和 C10 等组成次级偏置稳压器，为 U1 和 U3 提供偏置。D10 用作输出开路钳位 (51 V) 保护。

U2 通过引脚 VINS 对 AC 输入电压的检测，可以强制峰值开关电流跟踪输入电压的变化，从而提高系统功率因数。

### 3 采用 UCC28810 的 240W LED 路灯驱动电源

UCC28810 不但具有单级 PFC 反激式变换器控制功能，同时支持独立 PFC 升压变换器架构。图 3 为采用 UCC28810 的 240W LED 路灯驱动电源系统。该系统主要有三级：在桥式整流器之后是基于 UCC28810 的 PFC 升压跟随器级；第二级是基于 UCC28811 的恒流降压 (Buck) 级，它与 PFC 级一样，工作在临界导通模式 (CrM)；第三级为隔离级，为半桥谐振 LLC 转换器，用 TPS92020 作为驱动器 IC。

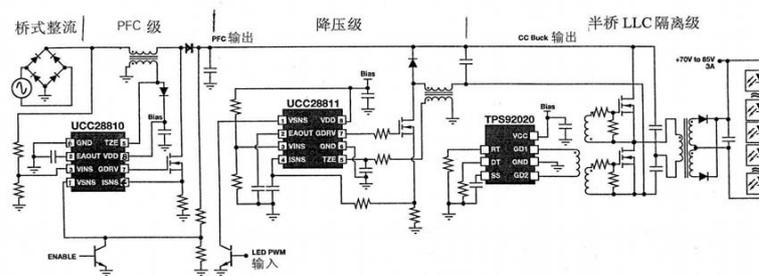


图 3 采用 UCC28810 的 240W LED 路灯驱动电源系统

图 3 所示的隔离型离线式 LED 驱动器的技术规格见表 2。

表 2 设计技术指标

参数	最小值	典型值	最大值	单位
AC输入电压	108	120/277	305	$V_{RMS}$
功率因数	0.990	—	—	—
输出电流	—	3	—	A
输出电流纹波	—	300	—	mA <sub>pp</sub>
输出电压	70	—	85	v
效率	87	—	—	%

半桥谐振 LLC 转换器可以采用多变压器配置，如图 4 所示。图中所示的串联输入多并联 LED 驱动方案，有利于散热管理，无需反馈，成为 LED 照明模块的一种重要驱动方案。

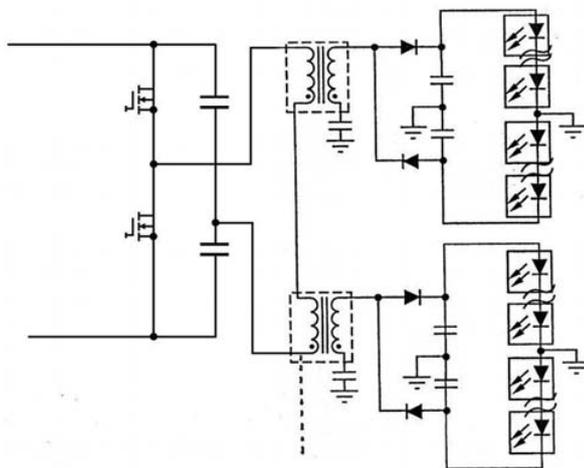


图 4 多变压器配置

#### 4 采用 UCC28810 的 Triac 调光 LED 照明电源

对于 LED 普通照明来说，传统三端双向可控硅（Triac）调光方式被普遍看好，这是因为 Triac 调光器电路简单，成本低廉，当用 LED 灯具替代白炽灯时，可以使用白炽灯墙上 Triac 调光器对 LED 进行调光。图 5 为基于 UCC28810 的 Triac 调光 LED 照明电源系统框图。

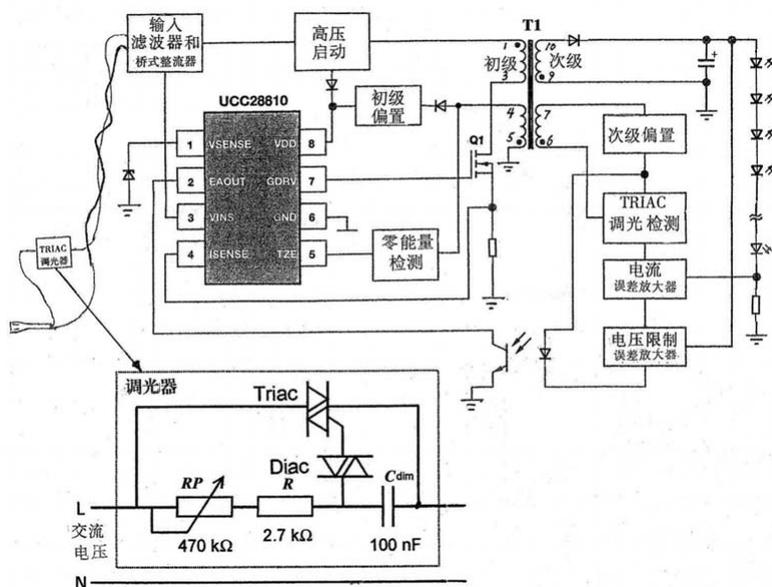


图 5 基于 UCC28810 的 Triac 调光 LED 照明电源系统框图

白炽灯是一种电阻性负载，而 LED 驱动电源与白炽灯的情况完全不同，因此使用传统 Triac 相控调光器对 LED 进行调光，必须相应附加专门的电路，对 Triac 调光状态进行检测，以保证在 AC 线路半周期的 Triac 导通角内为 Triac 提供必要的维持电流（ $I_H$ ），当 AC 线路电压过零时确保 Triac 关断。

图 6 为 Triac 调光 25W LED 照明电源的输入 EMI 滤波器电路。L1、L2 和 C1、C2 组成的共模和差模 LC 输入 EMI 滤波器，是为满足 EMI 规范要求而设置的。当 Triac 调光器被应用时，为防止在 Triac 与 LC 滤波器之间产生振荡，在电感器 L2 两端连接了一个由 L3 和 R5 串联而成的阻尼网络。

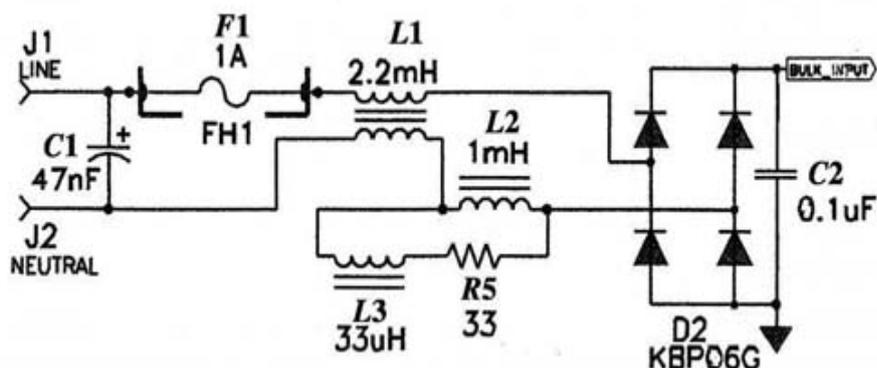


图 6 输入 EMI 滤波器及阻尼网络

基于图 5 所示架构的实际 25W Triac 调光 LED 照明用电源，AC 输入电压范围达 85~305 V，线路功率因数 > 0.9，输出 DC 电压约为 36 V，输出恒流为 700 mA，可以 10 个串联在一起的 Cree XLamp7090XRE 白光 LED，系统效率达 89%。

## 5 小结

UCC28810 型 LED 普通照明电源控制器，支持单级 PFC 反激式变换器电路拓扑和传统 Triac 相位控制调光器调光。目前此类 IC 还有很多，如 TPS92210 等。LED 调光有 PWM 调光、模拟电压调光和 Triac 等多种方式。对于 LED 普通照明应用来说，Triac 调光方案被人们普遍看好。