

可兼容前后沿切相调光器的智能数字控制调光芯片 iW3610

摘要: LED 照明在取代传统的白炽灯上具有环保、光效高和寿命长的特点。但对于完全取代较为在欧美普遍的具有墙上型调光器的白炽灯方面, LED 照明存在兼容性差的先天不足。iW3610 采用特有的数字控制技术, 实行智能化检测和动态调节, 适得其完全匹配传统的墙上型切相调光系统, 并具有高转换效率和小型化设计, 其中并提供完善的电热保护和特有的失效故障保护。

1. 概述

针对 LED 照明市场的发展, 多家 IC 制造商推出了应用于调光 LED 灯具的驱动方案。iW3610 是兼容传统的前后切相式调光器的数字控制器, 自动识别切相调光器的类型, 配合不同的工作模式, 使整个系统始终工作在优化状态。

全球气候暖化危机和能源紧缺在进一步推动 LED 照明的普及, LED 照明在取代传统的白炽灯中, 具有环保、光效高和寿命长的特点。但对于完全取代较为在欧美普遍的具有墙上型调光器的白炽灯方面, LED 照明存在兼容性差的先天不足。主要原因是: 1) 现有的调光器都是针对白炽灯设计的; 而白炽灯呈现的是纯阻性; 而 LED 作为固态半导体照明器件, 需要恒定的直流电流驱动; 所以 LED 照明一般都需要驱动器从交流 110V/220V 转换到所需要的直流电流; 2) 调光器种类繁多, 而且, 工作原理各不相同; 有前切型, 后切型和智能型等; 3) LED 照明器的种类也很多; 这样一来, 对于不同的 LED 照明匹配不同类型的调光器; LED 的驱动器面临巨大挑战; 而其中, 尤为重要是可靠性和安全性; 众所周知, 照明属于消费电子产品, 直接接触到千家万户和消费者; 不仅价格要适当, 更重要的是要安全可靠; 即便是任一元器件失效或调光器不与 LED 匹配, 也不能造成任何安全故障, 类似漏电和过热过流等故障;

2. LED 照明驱动器的设计要点

LED 是一种单向电流型固态半导体发光器件, 简单地讲, 就是传统二极管的一个分支; 所以, LED 也具有二极管的特性: 1) 工作结温必须在规定的范围内, 以保证其正常工作寿命; 2) 只有当其承受的电压超过正向电压时, LED 才开始有电流通过, 并发光; 作为发光器件, LED 照明有具有其它特性:

- 1) 照明要求:
 - a. 电流的调节精度要高;
 - b. 没有闪烁和眩光
 - c. 电流的稳波要稳定

- 2) 散热设计要点
 - a. 非隔离驱动器便于散热器的设计和成本控制
 - b. 高效率的驱动器, 减少功率耗散
 - c. 过热调节, 调节输出光通量当温度超过安全结温时

(REPRINT)

3) 安全可靠要点

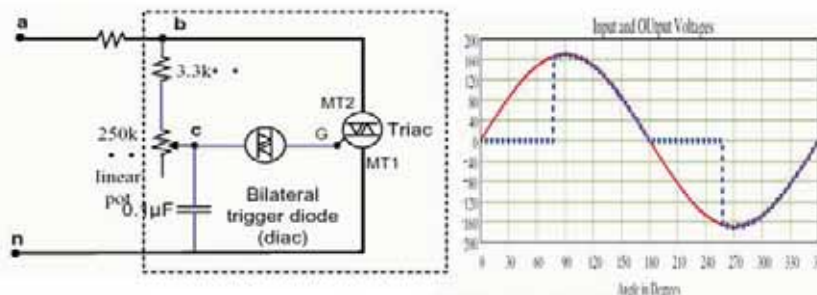
- a. 任一器件发生故障(短路,开路,浮动)均应导致 LED 照明的关断保护
- b. 可靠的过热过流保护,
- c. LED 开路 and 短路保护

当然,要普及 LED 照明到千家万户,成本是最重要的考量,既要可靠还要体积小,高效而且成本要低.

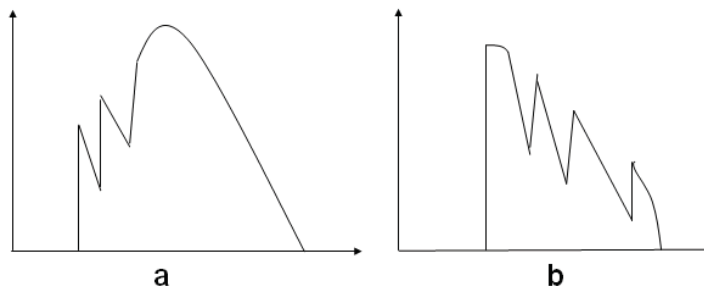
3. LED 调光照明应用中的难点

LED 照明在取代传统的白炽灯中,具有环保,光效高和寿命长的特点. 但对于完全取代在欧美普遍使用墙上型调光器的白炽灯,LED 照明存在兼容性差的先天不足. 传统的调光器用于驱动纯电阻负载,调光器种类繁多,前沿切相调光器,后沿切相调光器,智能调光等等,而且功率都比较大,200W-600W,需要提供阻性或者是类阻性的负载才能使调光器稳定工作;当连接容性负载时,调光器可能无法正常工作.

针对可控硅切相调光器,凭简单的 BLEEDER 电路去配合规格各异的可控硅调光器工作,很难让人满意. 传统调光器功率都比较大,200W-600W,可控硅需要一定的保持电流维持其导通,而在小功率的 LED 驱动应用上,一般不能保证有足够大的输入电流去维持可控硅稳定工作. 那就有可能出现多次导通,供给 LED 驱动电压及切相信号就不稳定,如果调光信号处理不好就会造成 LED 闪烁.



可控硅调光器的内部电路及切相波形

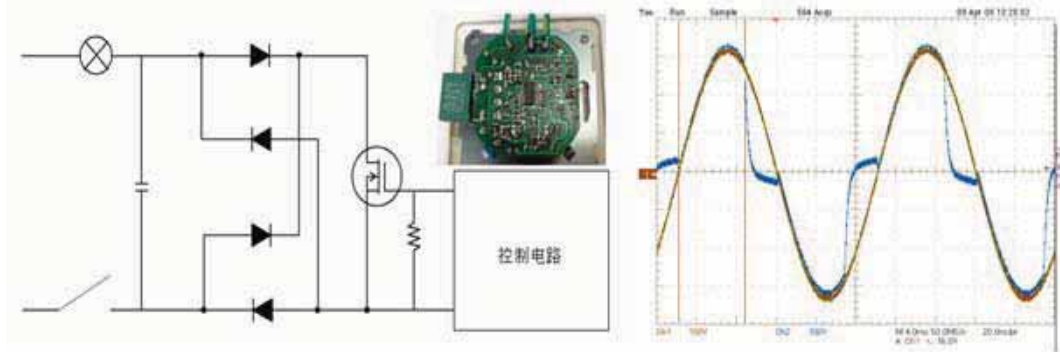


简单Bleeder电路中可控硅保持电流不够产生的多次导通

另外,在欧美市场上,后沿切相型的调光器和卤素灯也有广泛应用,卤素灯需要电子变压器进行恒压控制及软启动以提高可靠性,但是卤素灯发光效率也远远不如 LED 灯,因此很多使

(REPRINT)

用者也很想选用可调光的 LED 去替换卤素灯及电子变压器。

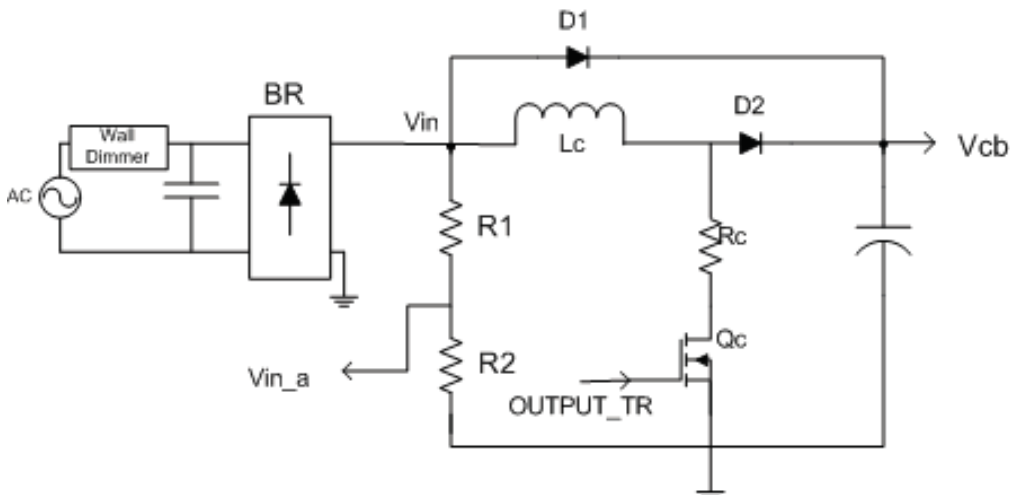


因为后沿切相的调光器需要和电容性的电子变压器匹配,它的设计和工艺较普通的可控硅调光器复杂,内部有精准的时间常数电路去控制场效应三极管的关断而达到后沿切相的效果,也需要稳定的电压供这些电路工作;因为这种调光器中使用的开关器件是场效应三极管,一般都会并联上较大值的 X 电容以保护场效应三极管,这样就加大了在正弦波下降沿切相时的检测难度.因此,针对后沿切相调光器设计的 LED 驱动,既要能够在任何切相位置保证调光器内部电路工作,又要能够提供很低的阻抗去准确检测切相位置,而且不能影响 LED 驱动的转换效率.

4. 智能数字调光控制器 iW3610

iWatt 公司推出的数字调光控制芯片采用高精度的一次侧恒流控制方式,无需光藕器和元件繁多的二次侧反馈控制元件;功率转化操作频率高达 200kHz,利于小体积高功率密度设计;特有的斩波式调光器的检测技术,也改善了功率因数和谐波电流;输出纹波电流小,优化了 LED 的发光效率;内置多重保护,外置 NTC 的可程式过温保护.

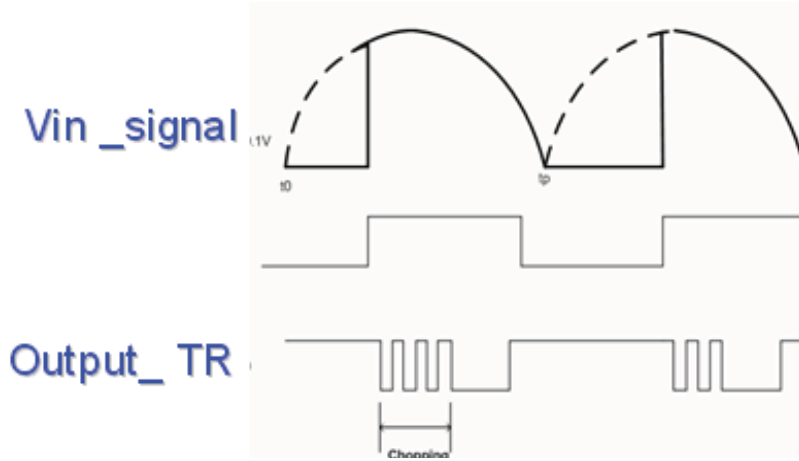
iW3610 的斩波电路就是针对可控硅和场效应三极管调光器的特性设计的. R_c L_c Q_c D1 D2 组成的电路既可以使调光器稳定工作,又可以通过 BOOST 改善功率因素, IC 内部的数字电路通过检测电压的变化率判断切相信号的类别,智能化判断其所配合的调光器.



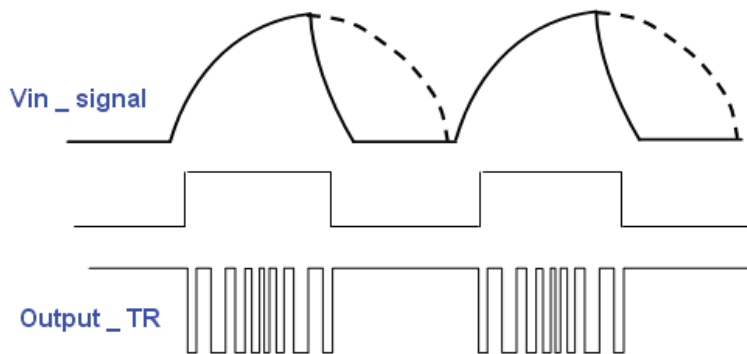
当 iW3610 检测到可控硅切相的调光信号后,会工作在前沿切相模式.当可控硅关断时, IC 的 Output_TR 是高电位,使 MOSFET 导通,相当于把 BLEEDER 电阻联接在调光器的输出端,因为 BLEEDER 的阻抗大小与常规的钨丝灯相当;当可控硅导通时, Output_TR 会输出

(REPRINT)

一组高频的控制信号, 斩波电路工作在高频开关状态, 斩波电路从输入端吸取较多的电流, 以维持可控硅工作; 吸取的能量大部分通过 BOOST 传递给初级电容. IC 针对不同的输入切相信号调整斩波电路的工作时间, 避免了可控硅的多次导通.



当 iW3610 检测到场效应三极管调光器时会工作在后沿切相模式. 当调光器内部的场效应三极管导通时, IC 的 Output_TR 给出的是一组高频控制脉冲信号, 斩波电路工作在 Boost 状态, 当 IC 检测到调光器内的场效应三极管截止时, Output_TR 会跳变成高电平信号, 斩波电路中的 Qc 导通, LED 驱动呈低输入阻抗以还原交流输入的切相波形.



后沿切相调光模式的Chopping 控制

当 IC 检测到输入的电压是完整的交流信号, 没有接调光器时, 它会选择高功率因素模式. iWatt 特有的固定 VinTon 控制方式既可以确保 Boost 输出电压不会失控, 又能尽量去拓展展输入电流的导通角度, 提高功率因素.

因此, 针对不同输入电压不同输出功率的驱动设计要求, 只需合理地设置斩波电路中 Rc 阻值和 Qc 的电感量, 就可以得到优化的驱动设计, 既能满足切相检测, 又能改善驱动的功率因素, 减少输入电流的谐波. 因为 Bleeder 电阻是动态的导通, 而且, Boost 电路的加入把大部分的能量传递给初级电容, 减少了损耗, 因此整个驱动能保持很高的转化效率.

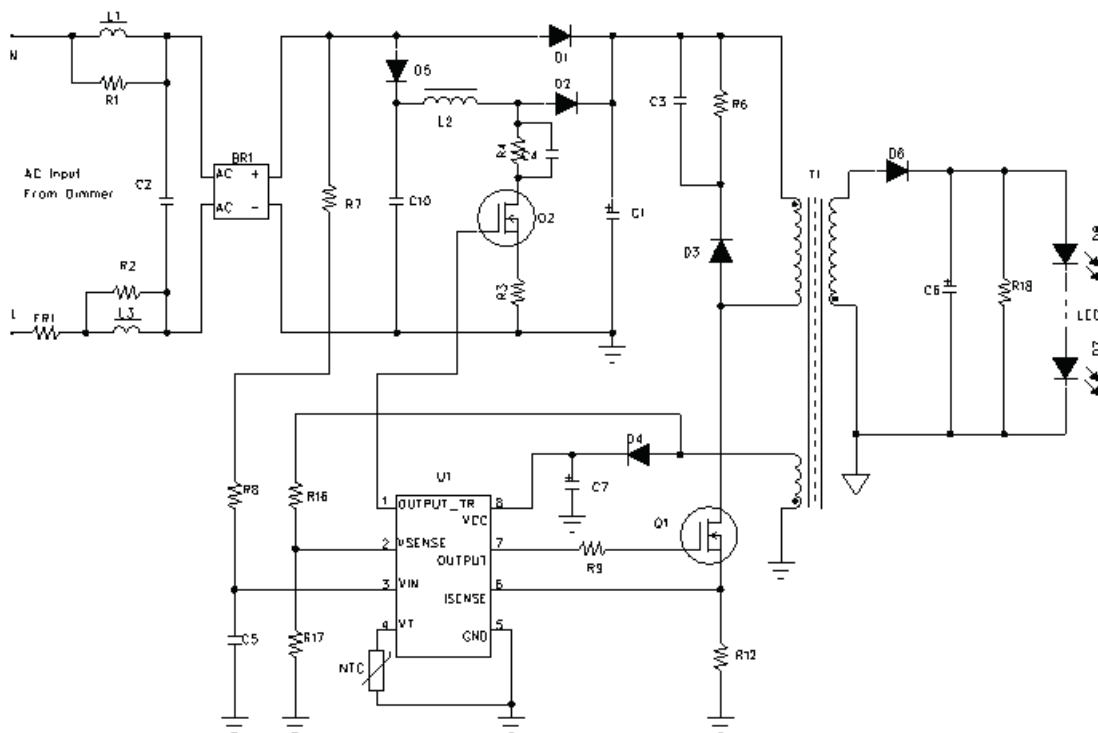
iW3610 将相位检测和调光控制通过数字控制的方式整合在 IC 内部, 检测到的切相信号在 IC 内部就转化成调光控制信号, 去控制输出部分的反激变换器, 与 iWatt 的精准的初级侧恒流控制技术完美结合, LED 的电流就受控于输入电压的切相信号了.

(REPRINT)

当然,为了迎合 LED 照明产品的需求,它也具备了更多新的控制性能. 支持高达 200KHz 的工作频率可以使设计者更容易制作高功率密度的 LED 驱动, 满足灯具小型化的趋势; 波谷开通的 Quasar-resonant 模式也可以最大可能的提高效率,简化 EMI 对策, 它特有的自适应的过温度保护控制方式更受 LED 应用工程师青睐.

因为 LED 的特点,在高温下系统的可靠性和使用寿命都很难得到保障, 不适宜工作在过高的温度下,所以, 合适的过温保护方式在 LED 应用中尤其重要. 很多客户希望, 在内部温度达到一定的高温时,驱动能自动限制输出功率,使灯的温度不会继续上升, 并且能继续工作, 保持在安全使用的状态下. 用户一般不会觉察到亮度的缓慢变化, 当真的有什么异常发生时, 灯内部的温度如果持续上升到一个较高的温度,影响安全的这时候, 希望能明确的告诉使用者,这个灯有故障了.iW3610 就是用通过简单的 NTC 保护电路,达到复杂的可程序化保护. NTC 接在 IC 的第四脚上,具体设计应用时可以将 NTC 放置在温度较高的元件旁, 例如变压器或 MOSFET. 假设设计者选用 47K 的 NTC 做过温保护. 当 NTC 检测到温度达到 105 度时,它的阻值会变化为 4K 左右, 这时候, IC 第四脚上的电压会变成 0.4V, 因为 IC 内部有个 100UA 的恒流源, IC 检测到这个变化后,输出电流会进入线性降模式,不同的温度对应不同的 Vt Pin 脚控制电压, 不同的控制电压对应不同的输出电流.如果温度继续上升到一个比较高的温度时, 当 VT PIN 上的电压低于 0.3V 时,控制器会将输出锁定为 10%, 输出就很小了, 就不会再有温度过高的问题了.当内部温度下降到一定的值回到安全的温度范围内时, LED 灯的输出就会缓慢恢复,这种恢复也是带有一定的迟滞的.

5. 典型应用案例 7W 调光方案



(REPRINT)

iWatt 是做初级侧恒流控制的,恒流控制精度达 5%。反激式变换器中的电流是三角波的,三角波电流有效值是峰值电流的 1/2 再乘以占空比,而且,我们知道,初级侧电流与次级侧峰值的比值就是变压器圈比。

$$I_{sec_pk} = I_{pri_pk} N_{ps}$$

$$I_o = \frac{I_{sec_pk}}{2} \frac{T_{rst}}{T_s}$$

$$I_o = \frac{I_{pri_pk} N_{ps}}{2} \frac{T_{rst}}{T_s}$$

iWatt 的恒流控制方式就是通过检测初级侧电流的峰值,工作频率,检测变压器的磁复位时间来知道输出电流的大小,从而控制 Isense 基准电压,

$$V_{i_pk} = \frac{2I_o R_{rs}}{N_{ps}} \frac{T_s}{T_{rst}}$$

接下来具体谈谈怎样去开始一个设计。

第一步是设定 Vin 的电阻.(线路图上的 R7/R8 的阻值)

Vin 电阻有多重作用,用于起机,用于检测输入电压的高低以判断相位. iW3610 内部默认一个系数 KVin,高压输入时是 0.0043, 低压的时候是 0.0086. 根据这个比值,确定在一个 120V 输入的设计中,RVin 推荐为 290-300Kohm; 高压 230V 输入时,RVin 电阻应该是 560-600Kohm.

第二步确定 BLEEDER 电阻

BLEEDER 电阻的大小与调光的性能,效率,功率因素有关.

我们经过确认,推荐选用以下的设置.

Vin 100-120Vac: 270-390 Ohm

Vin 220-240Vac: 470-560 Ohm

这电阻需要 2W 的额定功率

第三步,选择斩波电路的电感 Qc -L3.

L3 这个电感的大小与效率,功率因素,EMI 有关, 电感越小,功率因素越高,功率因素太高,对效率和 EMI 也有影响.

一般情况下,5-6W 的设计,PF 可以达到 0.8-0.9

下一步我们确定变压器设计

变压器的选择与功率大小,驱动的面积大小有关,与希望的效率有关,与成本也有关. 一般情况下,功率越大,体积越大,同样的功率,体积越大,磁芯的结构越复杂,效率更好做,当然成本越高. 合适的磁芯可以使变压器漏感小,线圈结构优化,圈数不要太多,层数不要太多,否则

(REPRINT)

漏感很大, 对 EMI 和效率影响大.

确定变压器大小之后,再考虑变压器的圈数和圈比.圈比与输出功率输出的电流大小有关.还要综合考虑输出整流管的大小,它的反向耐电压的高低,并且要预留一定的余量,一般情况下,圈比越小,次级侧二极管里流过的电流峰值越小,但是它所承受的反向电压越高.

在确定变压器初级侧绕组的圈数和电感的时候,要考虑变压器工作的最大磁通量,一般在 250m T 到 320 m T 之间, 太高,可能会饱和, 太低,磁芯利用率太低. 工作频率与效率 EMI 的关系比较紧密, 一般情况下, 如果频率低一点 EMI 对策会相对容易, 高压输入时频率低一点的话效率也会好一点,因为高电压输入时开关损耗是比较大的.

确定了变压器之后接就是确定电流取样电阻, 根据 IWATT 初级侧恒流的控制原理.可以得出以下的计算公式.

$$R = \frac{Ntr \times Kcc \times P \times \eta}{2 \times Iout_max \times Tp}$$

接下来我们就确定 VCC 绕组的圈数和电压反馈电阻的大小. 推荐把 VCC 设定在 12-15V 之间, 根据输出电压的高低和 VCC 的范围,就可以计算确定 VCC 绕组的圈数.

然后确定反馈电阻, 在正常工作的条件下, 把 Vsense 电压设项在 1.3-1.4V, 不要高于 1.538V, 这个时候,还要考虑 OVP 的大小.当 Vsense 电压达到 1.7V 左右的时候, 会 OVP 保护, IC 将锁定不工作,就是大家常说的 LATCH-OFF. 在关断输入电压, IC 复位之后,又可以重新启动. 所以,VSENSE 电阻的比值就是....



# of LEDs	Vin	Pin	Vout	Iout	Ripple	efficiency	PF
	(V)	(W)	(V)	(A)	(mA)		
4LEDs	185	5.64	12.64	0.356	76	79.85%	
	220	5.68	12.66	0.360	75	80.21%	0.80
	230	5.73	12.67	0.362	74	80.04%	0.82
	240	5.76	12.67	0.363	73	79.92%	0.84
	253	5.85	12.67	0.364	74	78.84%	
	264	5.92	12.68	0.366	72	78.37%	

(REPRINT)

6. 总结

在现在隔离驱动应用愈来愈成为 LED 主流设计的趋势下, iW3610 应用优势尤为突出, 适合灯具内置化驱动的要求. 驱动隔离的设计可以节约灯具系统的隔离成本, 优化 LED 的散热性能. 整个设计的元件数量不多, 体积可以小至内置于 E27/E26 灯头的球炮或 PAR 灯内, 效率高, 5W 设计中效率大于 80%, 10W 设计中效率大于 85%, 功率因素满足 Energy star 的要求, 调光范围可以从 100%-1%, 支持欧美市场上的主流调光器.

(REPRINT)