

单火线电子照明开关单火取电的研制心得(V2.0 版本)

关键词摘要：两线制 单火线 智能家居 无线遥控 触摸感应 ZigBee 智能开关 单火线取电技术 超微功耗 单火线电源模块 PI-3V3-B4 PI-05V-D4

前言

随着智能家居的快速发展，单火线智能墙壁开关(只有单根火线进/出，不需要零线)成为了传统机械墙壁开关的升级换代(直接替代)产品，实现了灯具和电器开关的智能化控制(如声控开关，触摸开关，红外线遥控开关，人体感应开关，手机控制 WIFI 智能开关等)。并且，国内外普通家庭大多为单火线布线，在升级实现智能化改造时往往要求新智能开关能直接代换旧有的机械墙壁开关，更换时无需重新布线。所以开发新型电子智能照明开关都必须要求采用单线制(2 Wire 两线制)的单火开关。

根据电子常识可知，凡是电子智能照明开关本身都需要消耗一定的电流，在待机时，由于单火线开关待机取电是通过流过灯具的电流给智能开关的控制电路供电的，如果待机输入电流太小就会导致待机电路不能正常工作，如果待机输入电流太大就会导致灯具关闭后还会有闪烁或微亮(出现“关不死”的现象)等问题。特别是高阻抗的电子节能灯和 LED 灯(例如：高效节能灯和 AC 直接驱动的 AC LED 灯具)，对待机电流更为敏感。

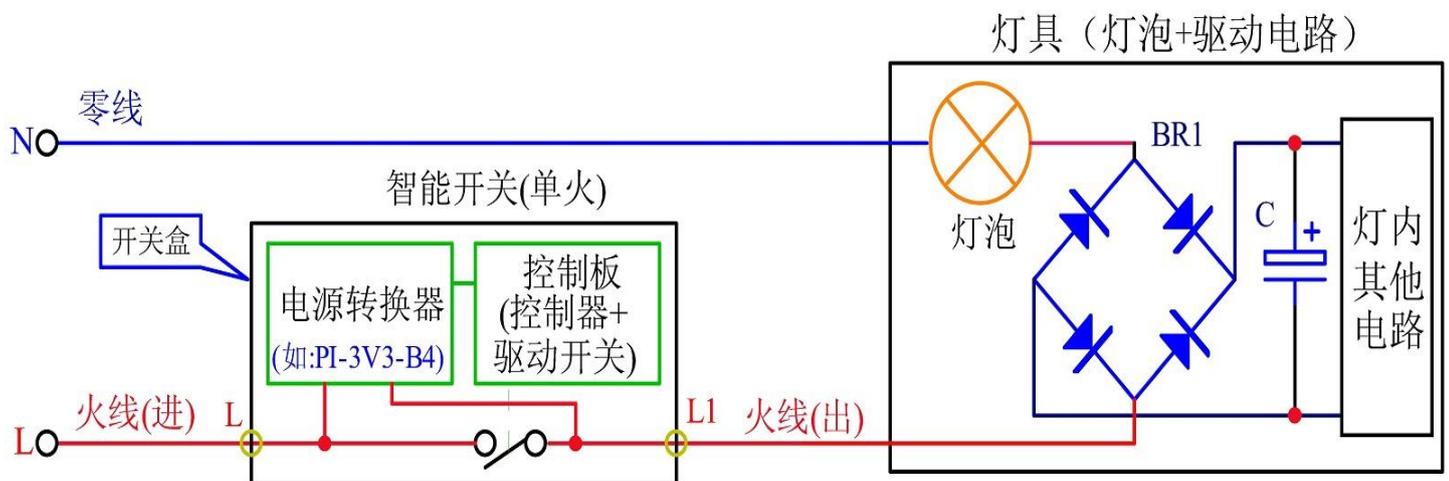
单火线开关闪烁的原因是什么？

电子开关为什么接白炽灯不会闪烁，而接节能灯和 LED 灯就会闪烁呢？这与节能灯(或 LED 灯)以及电子开关的自身构造都有关系：由于电子开关是用电子电路组成的控制开关，就一定要消耗一定的电流，这一电流必定要通过串接在电源回路中的节能灯(或

单火线电子照明开关单火取电的研制心得(V2.0 版本)

LED 灯)。由于电子节能灯(或 LED 灯)内部电路结构的特殊性,即使流过节能灯(或 LED 灯)的电流很小,也会使节能灯产生不同程度的闪烁现象。

下面分析其中原因:节能灯(或 LED 灯)内部电路一般采用了桥式整流电容滤波电路,如下图:



当电子开关本身消耗的微小的电流通过火线经灯具内部的桥式整流电路的滤波电容 C 时,这一很小的电流向灯具内部电容 C 充电,当灯具内部电容 C 上的直流电压充到一定的程度时(约 50V 左右,不同的灯电路会有些差别),节能灯内部的电子电路就会恢复工作而使节能灯(或 LED 灯)点亮,这时电容 C 两端的电压因为放电而随则会下降,然后再开始下一回合的充电及放电过程。这样,我们会看到灯闪或微亮现象。

这一闪烁现象的间隔与流过的电流及节能灯(或 LED 灯)的内部电路结构密切相关,很难进行具体量化(如:多少瓦数以上的灯不会闪烁,哪些类型的灯不会闪烁)。经过对大量各品牌不同厂家的节能灯进行实际测试,发现引起节能灯闪烁的电流从 20 微安至 100 微安不等。有一些节能灯在电流小于 10 微安以下时都还会出现闪烁或者微亮的现象,另外灯闪烁与否与实际灯的标称功率瓦数也没有直接的绝对关系(如:测试发现有些 1 W 甚至更小的灯都不会闪烁或微亮,而有一些个别杂牌 5W 的灯却会出现闪烁

单火线电子照明开关单火取电的研制心得(V2.0 版本)

或微亮)。

所以，低功耗单火待机和工作电源电路的研发难度非常大，到目前为止这仍是国内外限制单火线（也称：2 wire, 单极, 两线）智能开关发展的最主要技术瓶颈。我们唯一可以做的就是：将待机电流做到更小(15uA 或者以下)，以适应更多的各类灯具，从而保证绝大多数灯具不会出现闪烁（由于世界上的灯具品种繁多质量参差不齐所以少数个别极其特殊的灯具闪烁也是不可预知及无法避免的，在此特别建议生产厂家千万不要对客户或消费者绝对性承诺您的单火线智能开关带任何灯都不会闪烁，或者带 x 瓦以上的单不会闪烁，以免万一碰到而遭受不必要的麻烦）。

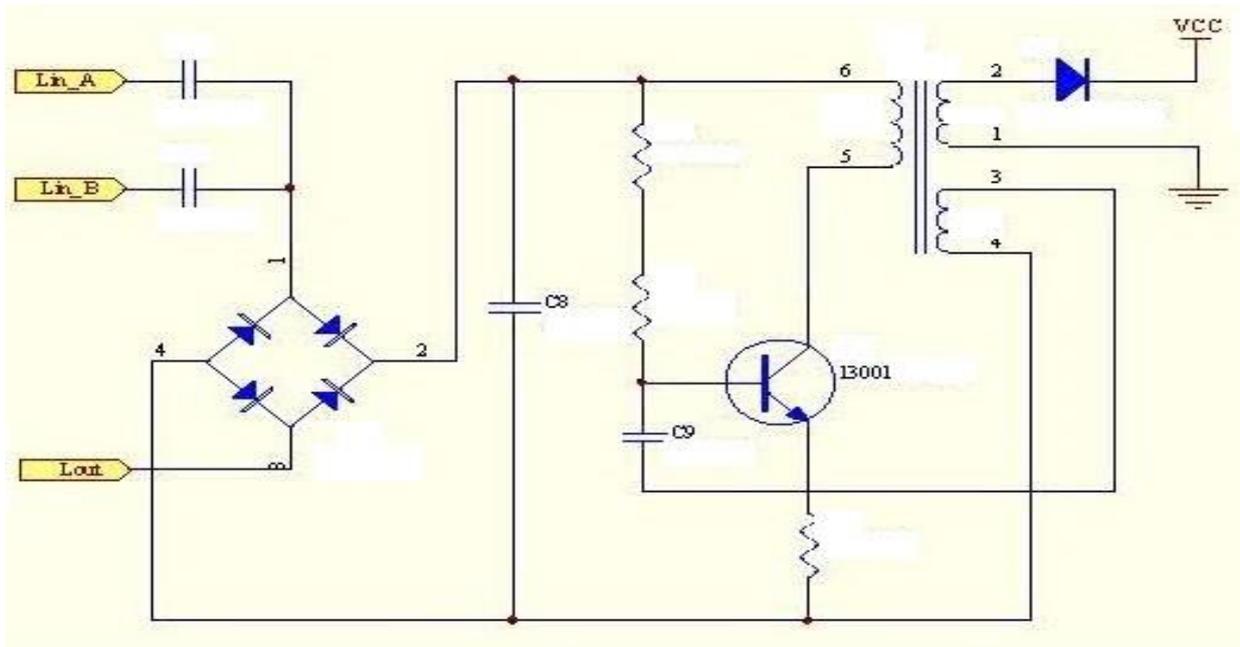
单火线取电的解决方案有哪些？

单火线智能开关的 DC 供电电源(或者电源模块)设计需要重点考虑两个问题：一方面尽可能的降低待机功耗：减小待机电流，避免出现灯关后闪烁或者微亮；另一方面是单火线的取电问题：提供足够的输出电流给电子开关控制电路(如专用控制 IC、MCU、红外接收头、RF 遥控模块、ZigBee 芯片、继电器或者可控硅等)。由于电子开关工作时取电是通过开关断开时的两端压差来取电的，当开关闭合时就没有了压差无法取电，这样就会导致控制电路开时失电失控问题。对于这一问题，有很多的解决办法出现，但有些还是比较复杂，电路成本也较高。目前市场上一些单火线电子开关的取电方式主要有：

方案一：变压器电源变换取电法

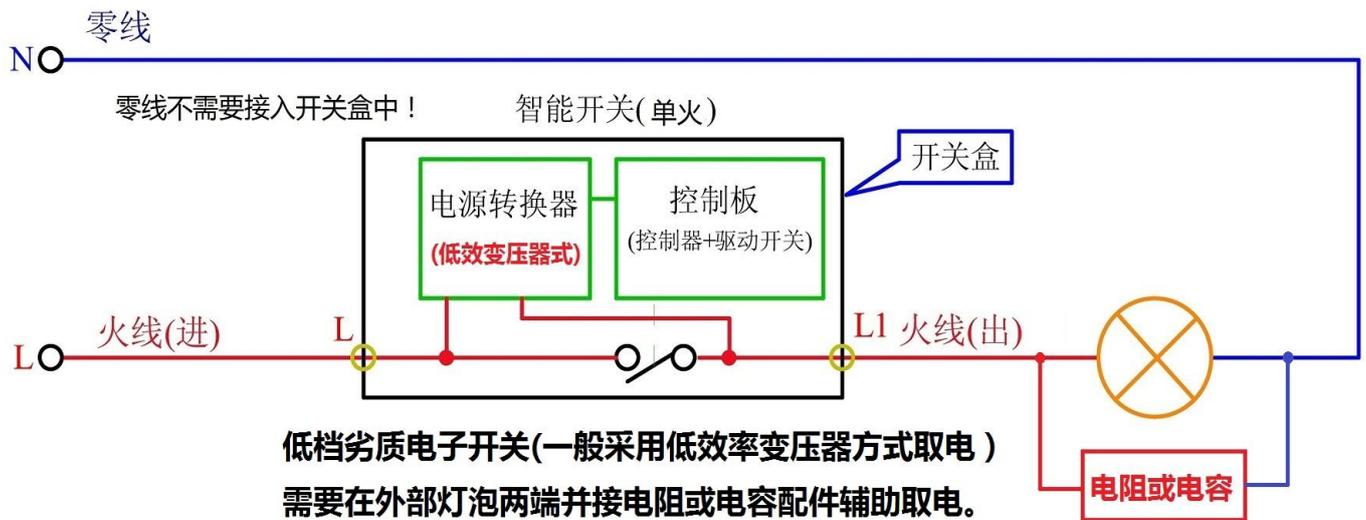
其实现方式是先将主回路电流整流，再经电子变压器进成 DC-DC 转换取出直流电作为控制电流。变压器电源变换取电方案的优点是：成品较低。

单火线电子照明开关单火取电的研制心得(V2.0 版本)



其缺点是：电路稳定性较差，生产调试非常困难且不良品较高，另外负载兼容性也是非常有限：因为变压器转换方式效率很低（有些人标示为 85%，实际测试一般为 35%左右）功耗较高，带节能灯或 LED 灯可能会出现关不断的现象而出现闪烁现象，所以不能控制小功率的负载。采用此种方案的电子开关厂家，往往在产品使用说明书中要求用户在节能灯或 LED 灯的两端并接旁路电容或电阻，其方法是在节能灯或 LED 灯的两端并接一个 0.1 微法左右的电容或 68K 左右的电阻，由于外加电容或电阻的交流旁路作用，流过节能灯或 LED 灯的电流比较小，因而可以避免部分节能灯或 LED 灯闪烁，外加电阻或电容配件主要是优点就是开发技术难度较低；但是一方面因为外加电容体积及外加电阻自身发热的问题，外加电容或电阻只能提供比较有限的电流，无法保证某些中高档电子开关（如 Zigbee 智能开关等）的自身供电电流足够，因而兼容的灯具比较有限，另一方面从安装的角度来说不太方便，需要额外拉线驳接这个电容或电阻配件，这将增加了安装的难度而影响了消费体验，所以目前极少用在中高档智能开关产品中，只是在市场上的一些普通的低档单火线开关中比较常见。

单火线电子照明开关单火取电的研制心得(V2.0 版本)



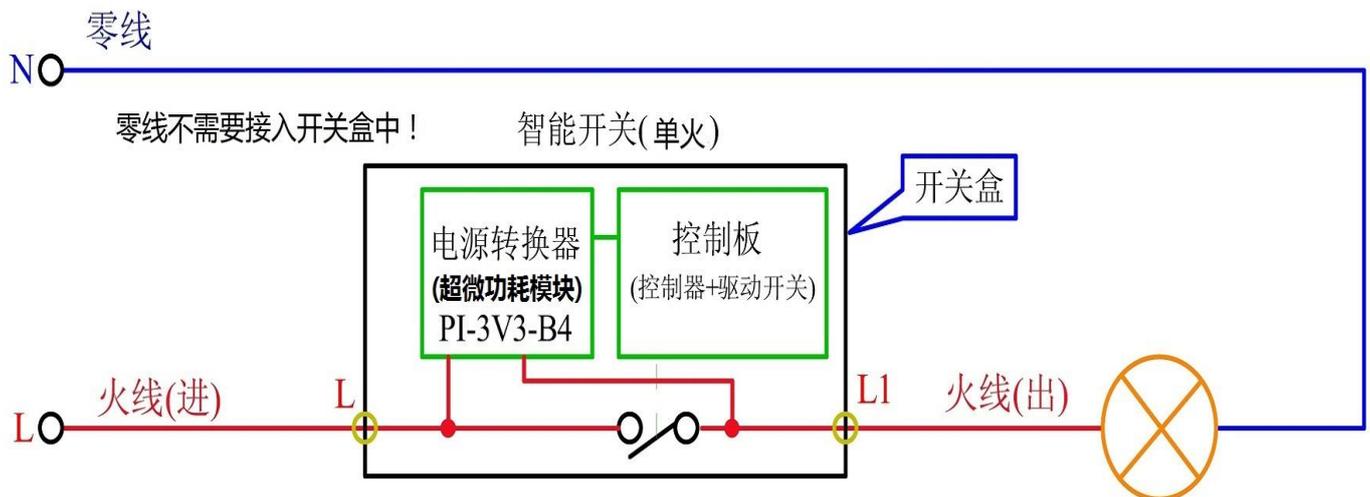
上述变压器电源变换取电法，已经初步解决了电子开关的自身供电的问题（解决了电子开关断态时供电的问题），但对于电子开关控制的负载的功率范围、稳定性及其电源转换效率方面，还是存在明显的不足。

方案二：超微功耗电源转换器取电法

为了降低电子开关自身功耗、减少待机电流，一方面除了对控制电路（如控制芯片、RF 无线模块等）要选用低功耗的电子元器件来减小电源的负荷之外；另一方面单火取电电源电路要采用效率高功耗小的超微功耗电源变换器；这样才能将电子开关自身整机功耗限制在 0.01W 以内，我们可以从理论上计算一下：节能灯的最大不闪烁电流 $I=30\mu\text{A}$ ，开关和灯是串联的，那么待机功耗 $P=Ui=220\text{V}\times 30\mu\text{A}=0.0088\text{W}=7.33\text{mw}$ ；现在视为理想情况输出效率为 100%，若输出电压按 $U_o=5\text{V}$ 计算，那么电子开关自身电源的输出电流 $I_o=P/U_o=0.00733\text{W}/5\text{V}=1.46\text{mA}$ ，而实际上由于电源开关管的穿透电流在 10 μA 以上，这种超微功耗电源效率做到 100%是不可能的，达到 60%以上都极为困难，实际电子开关的电源供给负载的电流达到 1mA 就不错了。这种方案的优点是电路耗电极低，可以兼营更多的灯具不会出现闪烁情况，但是超微功耗电源转换器电路复杂，

单火线电子照明开关单火取电的研制心得(V2.0 版本)

成本较高。目前市场上出现了一些一体化的小体积低功耗单火线电源模块（如可控硅专用型 PI-3V3-B4，继电器专用型 PI-05V-D4 等），由于其专业化程度比较高、性能稳定、无需调试，能够满足各类负载功率（如：小功率 LED 灯、大功率电器等）及负载类型（包括阻性、容性、感性负载，如白炽灯、荧光灯、节能灯、LED 灯、节能灯等）的应用要求，特别是可以接各种日光灯（包括传统电感镇流器、新型电子镇流器类型），不失为智能家居厂家开发智能开关的一种捷径，从而快速突破单火线取电的技术瓶颈而将开发重点转移到产品智能化设计上面来。



中高档优质电子开关(一般采用高效率超微功耗电路取电)不需要在外部并接任何防闪烁配件。

此类超小型一体化电源模块，其输入电压范围非常宽(13V-380V)、输出功率较大(最大 200mA)、输出电压可选(常用 3.3V, 5V 等),灯具负载范围宽(参考:3W-3000W)、功耗低发热较小。可以为控制电路（如专用控制 IC、MCU、红外接收头、RF 遥控模块、ZigBee 模块、蓝牙模块、继电器或者可控硅等）提供稳定的工作电源。该产品的优点是采用超微功耗电路设计，利用此电源模块的超宽电压输入特点（确保无论开灯或者关灯时都能实现稳定供电），保证了电子开关的安全稳定，电源模块电路的转换效率较高，在电子开关断态时，转换效率达到 65%以上并且主回路上的电流较小，可以带绝大多数（因为世界上的灯具品种繁多质量参差不齐，不可能兼营所有!）节能灯和 LED 灯

单火线电子照明开关单火取电的研制心得(V2.0 版本)

而不出现烁或者微亮现象。此系列超小型一体化电源模块可以根据实际控制电路需要（如，是采用专用 IC 还是采用 MCU；是采用红外接收还是 RF 遥控，是采用继电器还是可控硅，……等等，不同的控制电路所需要的工作电压和工作电流不一样）来选用，（如可控硅专用型 PI-3V3-B4、PI-05V-B4，继电器专用型 PI-05V-D4 等）。

最后附上单火线开关应用电路原理图(以下为单火线供电电源部分仅供学习参考，正式生产用完整三路开关电路原理图可联系单火线模块生产厂家提供)。

