

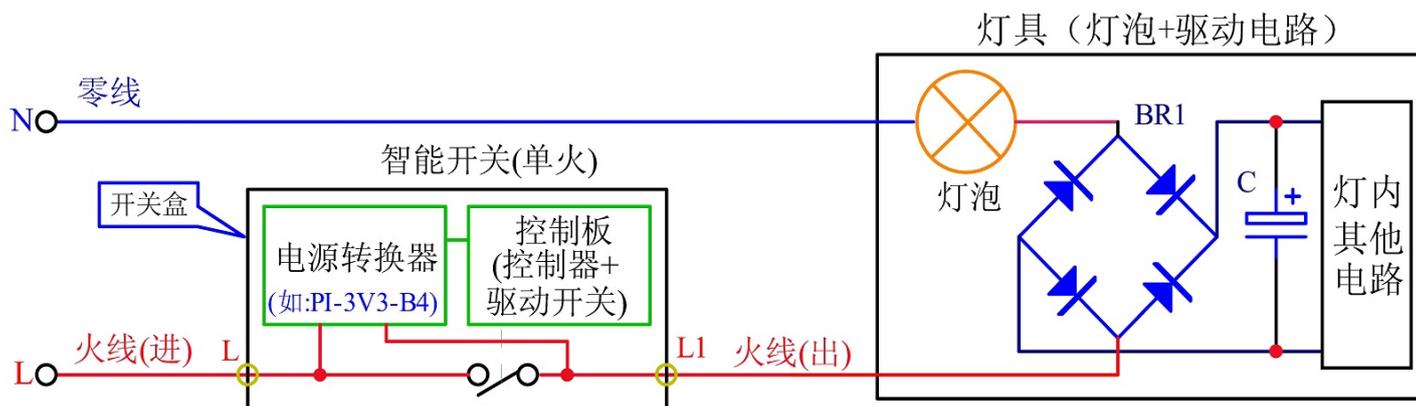
单线制电子开关控制节能灯或 LED 灯 产生闪烁的原因分析及解决方案

【关键词摘要】电子开关 单火线开关 Zigbee 智能开关 节能灯 LED 灯闪烁原因 灯闪烁解决方案 小体积低功耗电源 单火线电源模块 PI-3V3-B4 PI-05V-D4

单线制电子开关(也称“单火线开关”)由于只有单根火线进出，不需要零线，可以直接替代现在的墙壁开关从而实现电控和遥控，非常方便，有着广阔的应用前景，吸引了不少厂家和电子技术人员来研究与开发。市场上的一些普通的单火线开关，已经初步解决了电子开关的自身供电的难题。但是，所有的电子开关都无一例外的遇到了驳接节能灯或 LED 灯闪烁的这只“难路虎”，即电子开关在关闭后节能灯或 LED 灯还会闪烁，出现“关不死”的现象（俗称“鬼火”）。单线电子开关的研究和推广好像到了“山重水复疑无路”的境地，有不少电子技术人员陷入了迷茫。节能灯或 LED 灯为什么会闪烁，到底有没有办法解决？应该怎样入手解决呢？笔者研究单线开关多年，已申请了多项专利、也积累了一些经验，在这里应一些工程师朋友的要求，来阐述单线制电子开关驳接节能灯或 LED 灯会闪烁的原因及解决方案，以供同仁们参考和商酌。

一、 节能灯会闪烁的原因分析

电子开关为什么驳接白炽灯不会闪烁，而接节能灯或 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：一方面是单线电子开关在关闭时自身电路仍需要一定的维持电流，另一方面是由于节能灯或 LED 灯在微弱的电流下就会闪烁。笔者经过多次实验发现：当节能灯或 LED 灯中的电流大于 40uA 时，节能灯或 LED 灯就会有明显闪烁现象。电流增大，闪烁越快也越明显。节能灯或 LED 灯为什么在这么小的电流下就会闪烁呢？现在，我们不妨结合电路图来分析：如下图所示是节能灯或 LED 灯的典型电路。



关灯后，单线电子开关自身电路需要待机仍有一定的维持电流，由于开关和灯是串联的，这股微弱交流电通过节能灯内部桥式整流后，给滤波电容（C）充电，由于电容（C）外围的放电电阻很大（在 700K 以上），电容（C）两端电压上升，当电容（C）两端电压上升到 28V 以上时，由三极管组成的高频振荡电路启动，在镇流电感上产生高压从而使灯管启辉闪亮；随之电容（C）的电荷迅速泻放，振荡电路停止工作，又进入下一轮给电容充电蓄能状态。这样过程周而复始地间歇进行着，从而出现了关灯后闪烁的现象。

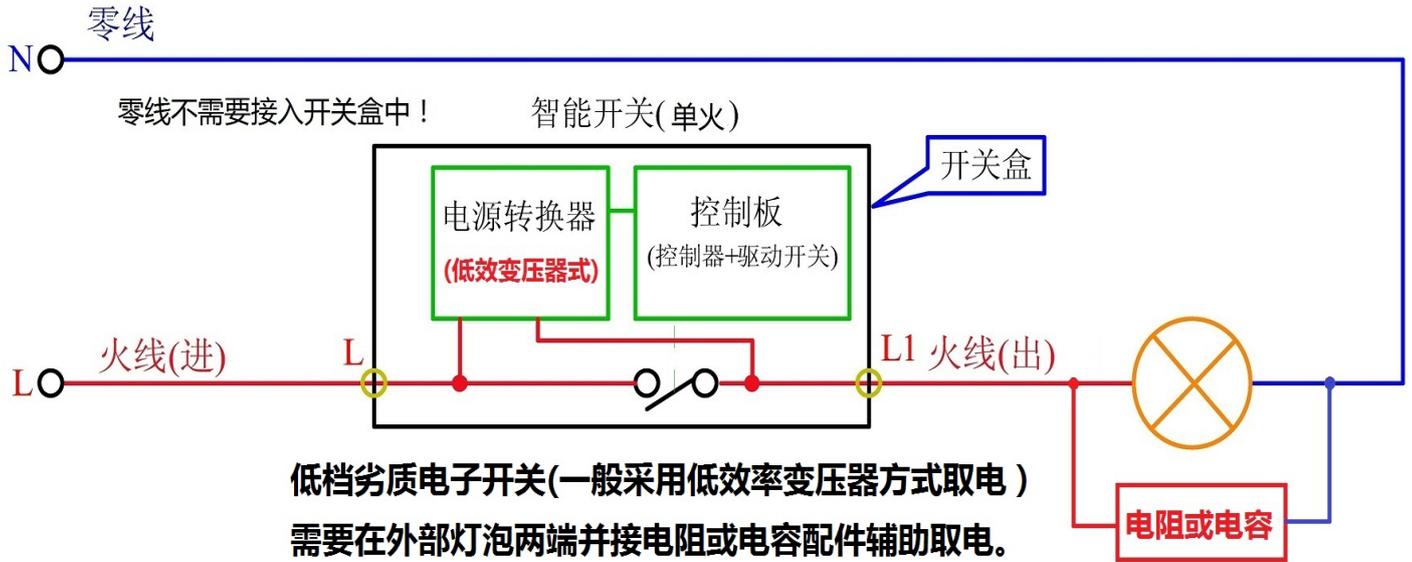
二、节能灯或 LED 灯会闪烁的解决方案

从以上分析看来，要控制节能灯或 LED 灯不闪烁，根本原因是控制节能灯或 LED 灯内滤波电容两端电压在 28V 以下，或者将流过节能灯或 LED 灯的电流限制在 30uA 以内。因而我们就可以从内因和外因两个角度有针对性地制定解决方案。

方案一：在节能灯或 LED 灯的两端并接旁路电容或电阻

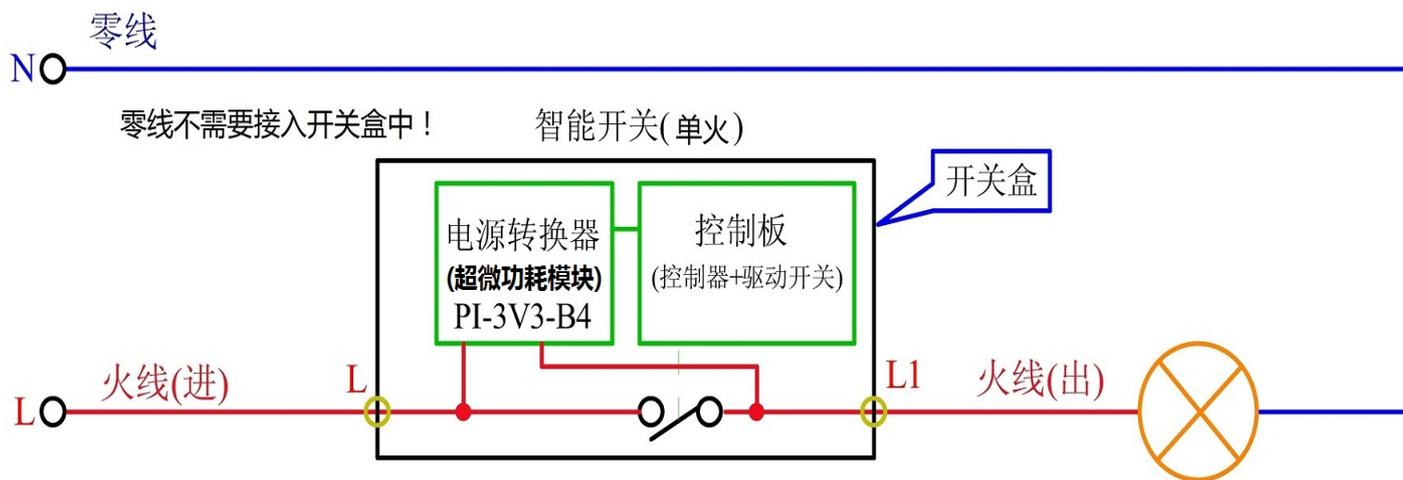
这种方案是在节能灯或 LED 灯的两端并接一个 0.1 微法左右的电容或 30K 的电阻，由于电容或电阻的交流旁路作用，流过节能灯或 LED 灯的电流比较小，因而可以避免部分节能灯或 LED 灯闪烁，其主要是优点就是开发技术难度较低；但是一方面因为电容体积及电阻自身发热的问题，并接电容或电阻只能提供比较有限的电流无法保证某些电子开关（如 Zigbee 智能开关等）的自身供电电流足够，因而兼营的灯具比较有限，另一方面从安装的角度来说不太方便，需要额外拉线驳接这个电容或电阻配件,这将增加了安装的难

度而影响了消费体验，所以目前无法成为市场的主流。



方案二： 减少单线开关(电源电路和控制电路)自身的待机电流

通过减少单线开关的待机电流，将流经电子开关的电流限制在 30uA 以内。要减小开关的自身功耗：一方面要电子开关自身电源电路(电源变换器)效率要高，功耗要小；另一方面要控制电路（如控制芯片、RF 无线模块等）要选用低功耗的电子元器件，减小电源的负荷。开关自身整机功耗要限制在 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 $P=U_i I=220\text{V}\times 30\mu\text{A}=0.0088\text{W}=7.33\text{mw}$ ；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 10uA 以上，这种电源效率做到 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，但是电子开关自身的电源电路复杂，调试困难，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，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。

解决节能灯或 LED 灯闪烁的方案，在节能灯或 LED 灯没有技术革新的情况下，可能目前只有这两种吧。上面已列出了优缺点和适用场合，同仁们可以做相应的选择和开发，希望有更多电子技术人员能够有更多的探索和更好的发现。