

延时启动电路解析

引言

在设计 LED 灯 PWM 调光方案时，若方案设计为默认上电 LED 灯不亮，在样板做好进入测试阶段时，会发现每次通电瞬间会出现 LED 灯会先闪烁一下，然后灭掉，之后也可以通过单片机实现正常的调光与开启与关断功能，但通电瞬间闪烁的现象始终存在，这往往对工程师造成困扰。下面以 XL3001 为例，简述原因及解决方法。

LED 灯闪烁原因

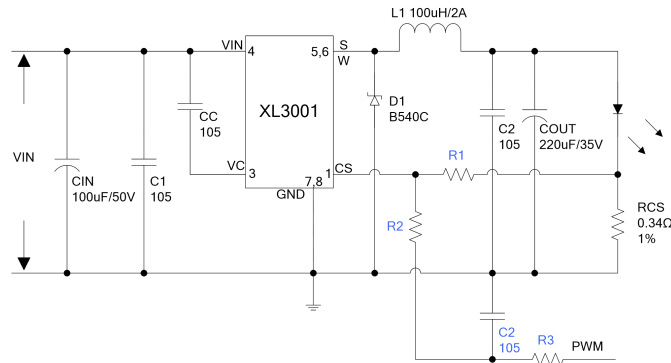


图 1.XL3001 调光电路

图 1 为 XL3001 的 PWM 调光电路，此电路 PWM 信号高占空比时，输出电流小；低占空比时，输出电流大。若客户的方案设计为通电后默认不亮，通过单片控制驱动，再来点亮 LED；若不加其他对测方法，则会造成上电时 LED 先亮再灭的现象。因为在上电时，由于单片机启动较慢，无法在上电瞬间立即给 CS 引脚高电平，从而导致 LED 灯会先亮，等单片机启动完成后，再给 CS 引脚提供高电平，LED 灯才会灭掉（单片机通电时默认把 LED 驱动关闭，才能实现默认 LED 灯灭的状态），这也就导致了 LED 上电闪烁。

解决方法

方案 1:

将 PWM 调光模式更改，占空比越大，输出电流越大，原理图见图 2。

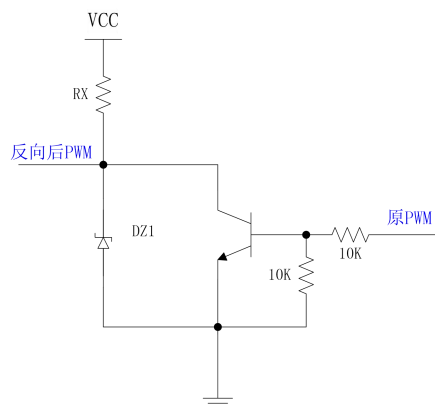


图 2.PWM 反向电路

反向后，上电时，CS 默认为高电平，使 XL30XX 芯片关机；单片机启动后，正常控制输出电流。但要注意，此时增大占空比，输出电流增加；减小占空比，输出电流减小，与原来的正好相反。

图中的 DZ1 稳压管的精度会影响调光电流的一致性。

方案 2:

上电默认关机，单片机启动后，使用单片机开机，电路原理如图 3（洋红色线框部分）。

当刚上电时，单片机未启动，Q1 不导通，VIN 电压通过 R4、R1 分压后加到芯片的 CS 引脚上，使 CS 引脚电压高于正常工作电压（0.21V），芯片关机不工作。单片机启动后，给“MCU IO”处高电平，Q1 导通，VIN 的电压无法加到 CS 引脚上，芯片开始正常工作，从而避免了上电时的闪烁。但此方案需要用到单片机两个 I/O 口。

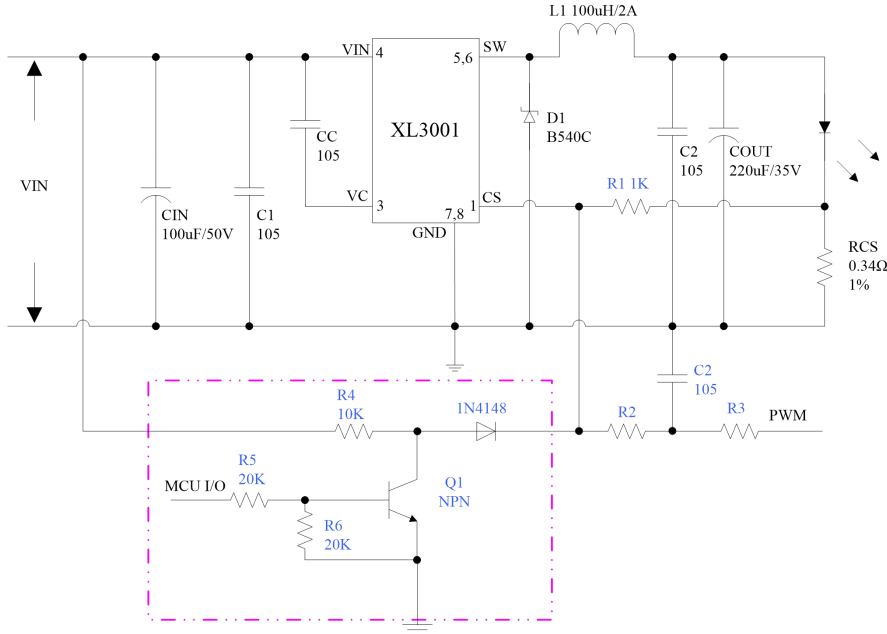


图 3.单片机延时启动电路

方案 3:

利用电容充电延时方法，给单片机提供响应时间，延迟启动电路原理图见图 4（洋红色线框部分）。

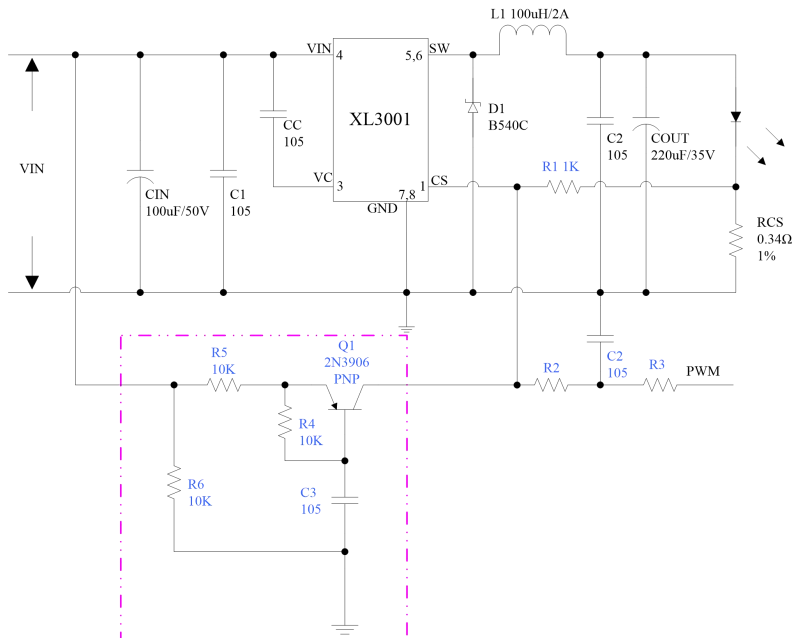


图 4.电容充电延时启动电路

系统通电初期，输入端电压通过 R5，R4 给 C3 充电，C3 两端电压不能突变，三极管 Q1 的 $V_{BE} < -0.7V$ ，Q1 导通，CS 被拉高，芯片不工作。随着 C3 电压逐渐上升，最终 Q1 关断，芯片开始正常工作，从而起到延时启动的作用。

R5、C3 用以调整延时时间，R4 用以减小因 Q1 管放大倍数的离散性而造成的延时时间差异（R4 越小，Q1 放大倍数的影响越小，但会大幅减小延时时间），R6 是关机后 C3 的放电回路。需要注意的是，输入端电压对延时时间有较大影响，VIN=24V 时示波器截图见图 5。黄色为 VIN 电压，绿色为 CS 电压，从图中可以看到，按上述电路，芯片启动

约延时 260ms。更多器件、电压组合的延时结果见附录 1。



图 5.上电启动延时

方案 4:

方案 3 电路简单，但延时时间容易受 PNP 管放大倍数、输入端电压的影响，且计算方法复杂。方案 4 是方案 3 的改进版，原理图见图 6（洋红色线框部分）。

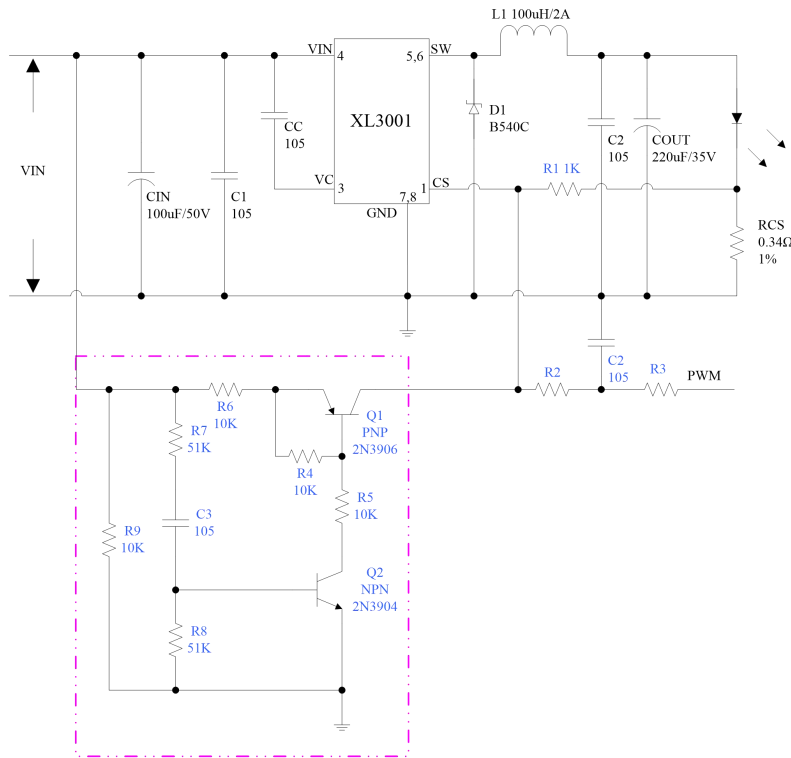


图 6.改进的电容充电延时启动电路

上电时，C3 相当于短路，Q2、Q1 导通，CS 处于高电平状态，XL3001 关机；随着 C3 充电至一定程度，Q2、Q1 关断，芯片开始正常工作。**注意，为计算方便，选择电阻时，使 R8=R7，否则下面的计算不成立，R7 不等于 R8 的计算公式见附录 2。**

延时时间计算方法如下：

1. 计算电容充电的时间常数：

$$\tau = R7 * C3 = 51 \times 10^3 \times 1 \times 10^{-6} = 0.051s$$

2. 计算延时的时间常数个数，其中 VBE 为 Q2 的 BE 间压降：

$$x \approx \ln\left(\frac{VIN - VBE}{VBE}\right) = \ln\frac{12 - 0.7}{0.7} = 2.78$$

3. 计算延时时间：

$$t = x * \tau = 2.78 * 0.051s = 0.142s$$

实验验证，按图 6 电路，示波器截图见图 7，黄色 VIN 电压，绿色 CS 电压，蓝色 SW 电压。从截图中看，延时时间约为 0.156s，与计算结果接近。

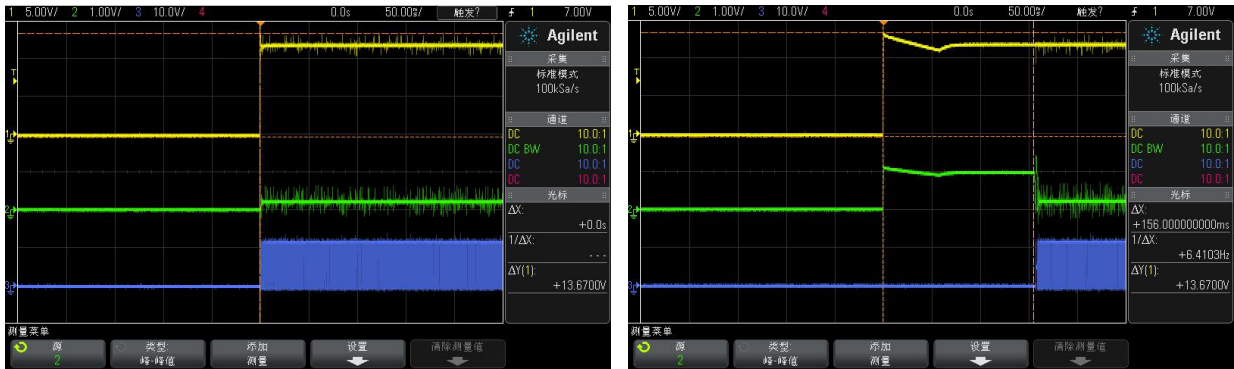


图 7.延时时间对比图，左侧未加延时，右侧加延时

不同输入电压下，延时的时间常数个数见附录 3。

附录 1:

方案 3 部分参数对应的延时时间（单位 s）：

VIN(V)	R5=5.1K			R5=10K		
	C3=0.1uF	C3=1uF	C3=10uF	C3=0.1uF	C3=1uF	C3=10uF
8.4	0.007	0.072	0.72	0.006	0.063	0.63
12	0.01	0.11	1.08	0.011	0.11	1.10
24	0.02	0.21	2.10	0.024	0.24	2.40
36	0.03	0.30	2.97	0.035	0.35	3.50

注：除 R5 与 C3 外，其余参数按图 4 配置，Q1 按放大倍数 100 计算，以上为理论值，与实际值会有少许误差。

附录 2:

如果图 6 中 R7 不等于 R8，可用下式计算延时时间：

$$t = R7 * C3 * \ln\left(\frac{VIN - 0.7}{\frac{R7}{R8} * 0.7}\right)$$

附录 3:

方案 4 不同输入电压时，延时的时间常数个数：

VIN(V)	12	16	20	24	28	32	36	40
时间常数个数	2.78	3.08	3.32	3.51	3.66	3.80	3.92	4.03

从上表可以看出，延时时间对输入电压不是很敏感。