

大功率 LED 恒流驱动控制 IC UCT4390

概述

UCT4390 是一款高效率, 稳定可靠的高亮度 LED 灯恒流驱动控制 IC。

UCT4390 内置高精度电压比较器、off-time 控制、恒流 MOSFET 驱动等电路。由于采用外置 MOSFET 管的电路结构, 适合宽输入电压范围的应用, 输出可以驱动单个或者多个串、并联组合的大功率 LED 发光管, 也可以驱动上百颗串、并联组合的普通 LED, 具有很高的应用灵活性。特别适合大功率、多个高亮度 LED 灯串的恒流驱动。

UCT4390 采用固定 off-time 控制工作方式, 其工作频率可高达 2.5MHz, 有利于使外部电感和滤波电容的体积减小, 效率提高。可通过外部电阻和电容设置 off-time 最小时间, 使得工作频率可根据用户要求而改变。如果在 EN 端加 PWM 控制信号, 则可实现 LED 灯的亮度调节。

通过调节外置的电流取样电阻, 可以控制高亮度 LED 灯的驱动电流, 流过 LED 灯的电流可从 20 毫安到 1 安培内调节, 使 LED 灯亮度达到预期恒定亮度。

特性

- 可设置的 LED 恒流驱动电流, 范围从 20 毫安到 1 安培
- 可高达 90% 的转换效率
- 支持升压与降压两种工作模式
- 宽输入电压范围: 2.5V~400V DC
- 工作频率可调: 10KHz~2.5MHz
- 驱动 LED 灯串功率可从 1W 到 30W
- 可通过 PWM 方式调节 LED 灯亮度

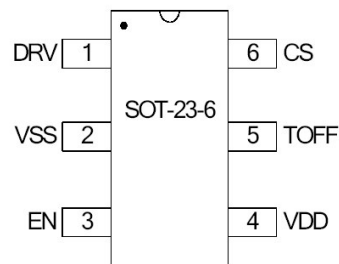
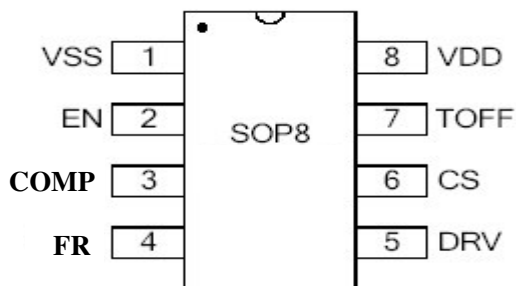
应用范围

- LED 照明灯
- 广告灯箱及其它 LED 灯具
- LED 日光灯
- 路灯
- 交通灯
- 建筑、工业照明灯
- 装饰及环境照明灯

封装信息

UCT4390 – A SOP-8 封装

– B SOT23-6 封装



典型应用电路图

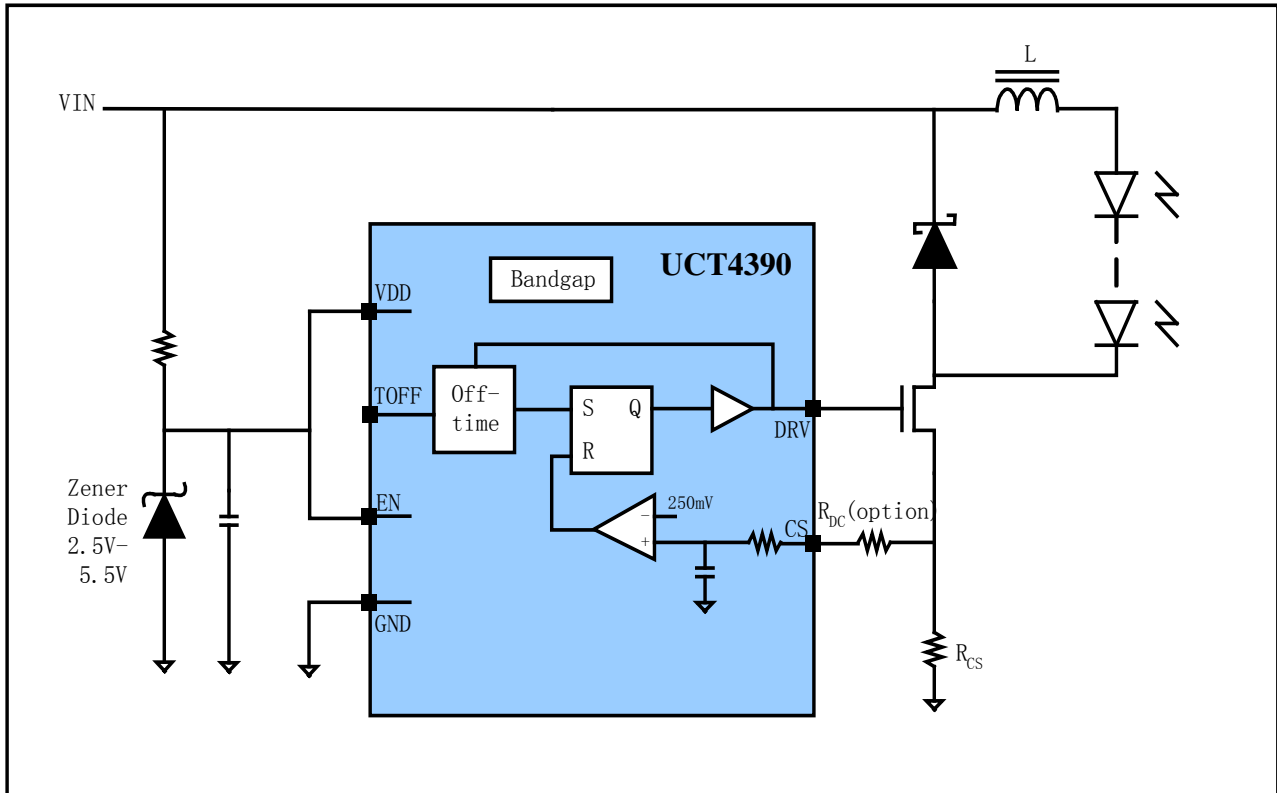


图 1

管脚定义 及说明

管脚序号		管脚名称	功能描述
UCT4390A	UCT4390B		
1	2	VSS	电源地
2	3	EN	芯片使能端，可做 PWM 调光控制
3		COMP	补偿端
4		FR	升压电压反馈端，降压应用时要接地
5	1	DRV	驱动外部 MOSFET 管的输出脚
6	6	CS	输出电流反馈检测
7	5	TOFF	关断时间设置
8	4	VDD	芯片电源正端

最大额定参数值

参数类型	符号	描述	典型值	单位
电压	V _{max}	VDD 脚最大电压	8	V
	V _{min-max}	EN 脚、CS 脚和 FB 脚电压范围	-0.3 ~ VDD+0.3	V
温度	T _{min-max}	工作温度	-20 ~ 85	°C
	T _{storage}	存储温度	-40 ~ 165	°C
ESD 抗静电	V _{ESD}	ESD 抗静电能力（人体模式）	2000	V

电气特性

参数	符号	测试条件	最小	典型	最大	单位
电源电压	V _{DD}		2.5		6.5	V
CS 脚反馈电压	V _{CS}		240	250	260	mV
工作电流	I _{DD}			0.5	1	mA
关断时间（T _{off} 脚悬空）	T _{OFF0}			620		ns
待机电流	I _{DDQ}				1	uA
EN 脚逻辑高电平	V _{ENH}		2.0			V
EN 脚逻辑低电平	V _{ENL}				0.8	V
DRV 脚电平上升时间	T _{RISE}	DRV 脚接 500pF 电容			50	ns
DRV 脚电平下降时间	T _{FALL}	DRV 脚接 500pF 电容			50	ns

工作原理简述

UCT4390采用峰值电流检测和固定off-time控制工作方式。它和功率电感 L 、LED、肖特基二极管、外部MOSFET管以及电流采样电阻 R_{CS} 共同构成一个自振荡的，连续电感电流模式的降压型恒流LED电路（参见图1）。

V_{IN} 上电时，流过功率电感 L 和 LED 的初始电流为零。这时候，电流采样电阻 R_{CS} 的电流和压降 V_{CS} 也为零，CS 引脚内比较器的输出使内部触发器输出为高，驱动外部功率 MOSFET 导通。电流以上升的模式从 V_{IN} 通过功率电感 L 、LED、功率 MOSFET 和电流采样电阻 R_{CS} 流到地，与此同时一部分能量储存在功率电感里（参见图 2 中 T_{ON} 部分）；该电流在 R_{CS} 上产生一个压降 V_{CS} ，当电流上升到使得 $V_{CS} > 250mV$ 时，CS 比较器的输出使内部触发器输出变低，控制外部功率 MOSFET 关断；此时肖特基二极管导通，构成续流回路，储存在功率电感里的能量维持电流又以下降的模式继续流过 LED、功率电感 L 和肖特基二极管（参见图 2 中 T_{OFF} 部分）；当预先设置的 T_{OFF} 时间间隔到达时，内部触发器再次输出为高，使外部功率 MOSFET 重新打开，电流再次以上升的模式流通。依次循环往复，使得在 LED 上的电流得以连续而且保持稳定。电流上升、下降的斜率取决于 V_{IN} 、功率电感 L 的感值和 LED 的正向压降。

R_{CS} 两端的电压降间接反映了输出电流的大小，UCT4390 根据此电压来不断调节 外部功率 MOSFET 管导通的时间 T_{ON} ，即输出电流脉冲的宽度（也就是输入到功率电感 L 中的能量）。当输出电流下降时，功率 MOSFET 管导通的时间 T_{ON} 会加长，从而使得输入到功率电感 L 中的能量增加，导致流过负载的输出电流变大；反之则反，如此闭环调节使得输出电流能够得到恒定。

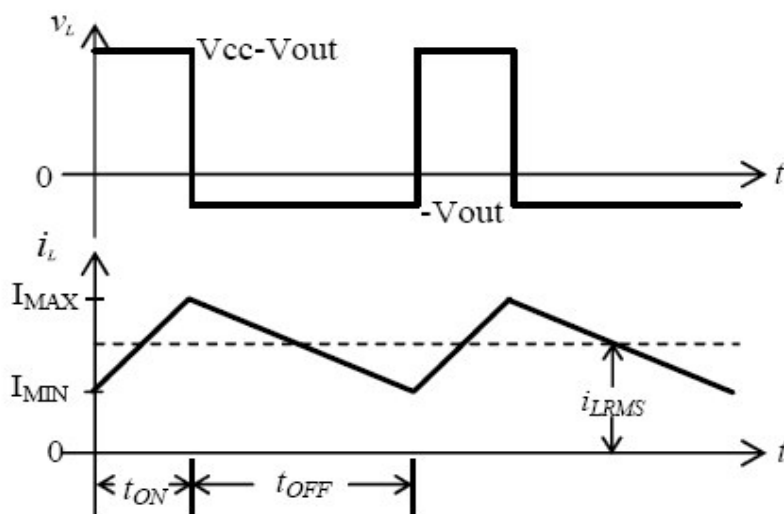


图 2. 连续电流模式下电感上的电压与电流波形

应用信息

1) LED 电流的设置

正常情况下，电路工作在连续电流模式下，LED 的电流波形如图 2 示。LED 的电流由 Rcs 设定，Rcs 阻值不同，就可设置不同的 LED 驱动电流。Rcs 的估算公式如下：

$$R_{CS} = \frac{250mV}{I_L + 0.5\Delta I_L}$$

I_L 为通过 LED 灯的平均电流； $\Delta I_L = I_{MAX} - I_{MIN}$

通常，纹波电流 ΔI_L 应小于 I_L 的十分之一，纹波电流的大小与功率电感的取值和输出驱动 LED 的数量有关。当纹波电流较大时，Rcs 的数值会变小。

例如： $I_L = 350mA$ ， $\Delta I_L = 0.5 * 35 = 17.5mA$ ，则 $R_{CS} = 0.68 \Omega$

$I_L = 350mA$ ， $\Delta I_L = 0.5 * 70 = 35mA$ ，则 $R_{CS} = 0.65 \Omega$

2) 工作频率的确定

工作频率的高低，是要根据实际使用情况来决定的。工作频率越高，功率电感的数值可以越小，电感的体积也越小，同时也有利于选用低容值小体积的输入输出滤波电容。但是较高的工作频率会导致 MOSFET 管和肖特基二极管的开关损耗增加，发热加剧，导致电路的效率下降。这点在高输入电压下工作时较为明显。因此，建议在高于 80V 的工作条件下，UCT4390 的工作频率不宜超过 50kHz。

UCT4390 采用固定 off-time 控制工作方式，可通过外部电阻和电容设置 off-time 最小时间，从而间接设定工作频率，其工作频率可高达 2.5MHz。

off-time 最小时间由接在 T_{OFF} 脚的 R_{OSC} 和 C_{OSC} 来设定， R_{OSC} 上面接到 VDD 端， C_{OSC} 另一端接地。 R_{OSC} 阻值越小，频率越高； C_{OSC} 越大，工作频率越低。计算公式如下：

$$T_{OFF} = 0.51 \cdot \frac{100K\Omega \cdot R_{OFF}}{R_{OFF} + 100K\Omega} \cdot (C_{OFF} + 10pF)$$

上式中： T_{OFF} 为 MOSFET 管断开时间（off-time）。

如 T_{OFF} 脚悬空，则

$$T_{OFF} = 0.51 \cdot 100K\Omega \cdot 10pF = 510ns$$

驱动电流的占空比约为： $D = V_{out} / V_{in}$ 。电路工作频率计算公式如下：

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1-D}{T_{OFF}}$$

如 T_{OFF} 脚接 1000P 电容, $T_{OFF} = 51\mu s$, $D = 0.1$, 则电路工作频率 F 约为 19.6KHz。

3) 功率电感 L 选择

功率电感 L 的选用原则是确保流过 LED 的纹波电流 ΔI_L 值, 远小于流过 LED 的峰值电流值。UCT4390 电路在工作时, 输入电源仅在 MOSFET 管导通 T_{ON} 期间直接对负载和功率电感提供能量, 其余时间则由功率电感内储存的能量来维持负载电流。换句话说, 功率电感是在 MOSFET 管导通时储能, MOSFET 管关闭时释放能量, 负载上的电流方向始终是不变的。功率电感的充放电在输出电流上形成锯齿状纹波电流 (见图 2)。纹波电流 ($\Delta I_L = I_{MAX} - I_{LIN}$) 的上升下降斜率及幅度直接与电感上的电压和电感量相关, 其关系如下式:

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{v_L}{L}$$

T_{ON} 时: $V_L = V_{CC} - V_{DP} - V_{CS} - V_{LED}$; T_{OFF} 时: $V_L = -V_{LED} - V_F$

纹波电流 ΔI_L 的大小与功率电感的电感量成反比例, 当纹波电流过大时, 将导致输出电流的断续 (此时可以理解为: T_{ON} 时功率电感内储存的能量不足以在 T_{OFF} 时释放来维持负载电流)。因而, 不同的工作电压、负载、不同的电感元件参数, 流过负载的电流会出现连续模式和非连续两种模式。

在驱动 LED 的情况下, 为保持 LED 电流的恒定, 不希望出现非连续模式。因此, 在工作电压、负载一定的情况下, 应该合理地选择功率电感保证电路工作于连续电流模式下。

当功率电感的电感量足够大时, 即可保证电路不会出现非连续模式。同时大的电感量也使得流过负载的电流脉动分量较小, 有利于延长 LED 的寿命。

通常可根据以下公式估算出保证连续模式工作的最小电感量, 然后在条件许可的情况下, 尽可能地采用较大的电感量值。

在 off-time 期, 流过 LED 灯的 ΔI_L 计算如下:

$$\Delta I_L = \frac{V_{OUT}}{L} \cdot T_{OFF}$$

为了使流过 LED 灯电流波动小于 ΔI_L , 电感值应满足:

$$L \geq \frac{V_{OUT}}{\Delta I_L} \cdot T_{OFF}$$

T_{OFF} 在上一节中由 R_{OSC} 和 C_{OSC} 来设定, ΔI_L 可取 I_L 的十分之一。

通常, 当输入、输出电压的压差较大或者输出功率较大时, 需要加大功率电感的值, 反之, 可以用较小的功率电感值。一般取值约在几百微亨到十几毫亨, 视实际应用而定。

另外不可忽视的一个问题是，UCT4390 工作时流过功率电感的峰值电流通常可高达安培级以上，所选用的功率电感必须具有足够的 DC 工作电流容量，否则电感会发生磁饱和，造成电路的效率大大下降，甚至电路不能正常稳定工作。一般情况下，要求功率电感的饱和电流必须大于最大输出电流的 50%以上。同时，在重负载条件下，功率电感本身的内阻（ESR）也不可忽视，它会极大地影响转换效率。综合以上考虑，如果需提高 UCT4390 驱动器的工作效率，就必需要采用高频铁氧体材料、较粗的导线绕制的功率电感（一般来说意味着较大的磁性元件体积）。

4) MOSFET 管的选用

首先要考虑 MOSFET 的耐压，在 220V 交流供电情况下，一般要求 MOSFET 的耐压高于 600V。其次，根据驱动 LED 灯电流的大小，选择 MOSFET 的 I_{DS} 最大电流。

通常应选用 MOSFET 的 I_{DS} 最大电流是 LED 灯驱动电流的 5 倍以上。另外 MOSFET 的内阻要尽可能小； R_{DS} 越小，损耗在 MOSFET 管上的功率越小，电路的工作效率就越高。

另外，高输入电压应用时，由于高耐压的 MOSFET 管完全导通所需的驱动电压 V_{GS} 也较高（可能会高于 UCT4390 的输出驱动电平），为了解决这个矛盾，可参照图 3 应用电路图，采用双 MOS 管的源级驱动方式。

5) LED 灯亮度调节

LED 灯的亮度调节，可以有以下二种方法：

第一种方法是通过改变 R_{CS} 的电阻值。 R_{CS} 的电阻值越小，LED 灯的亮度越高， R_{CS} 电阻越大，亮度越低。

第二种方法是在 UCT4390 的 EN 端加 PWM 控制信号调光。PWM 控制信号可由 CPU 产生，也可由其它脉冲信号源产生。改变 PWM 控制信号的占空比可控制 LED 灯的电流从 0 到正常最大电流状态，PWM 控制信号的占空比越大亮度越亮，即可使 LED 灯从全暗变为全亮。利用 PWM 信号控制 LED 的亮度，非常方便和灵活，是最常用的调光方法，PWM 信号的频率可从 100Hz 到 10KHz。

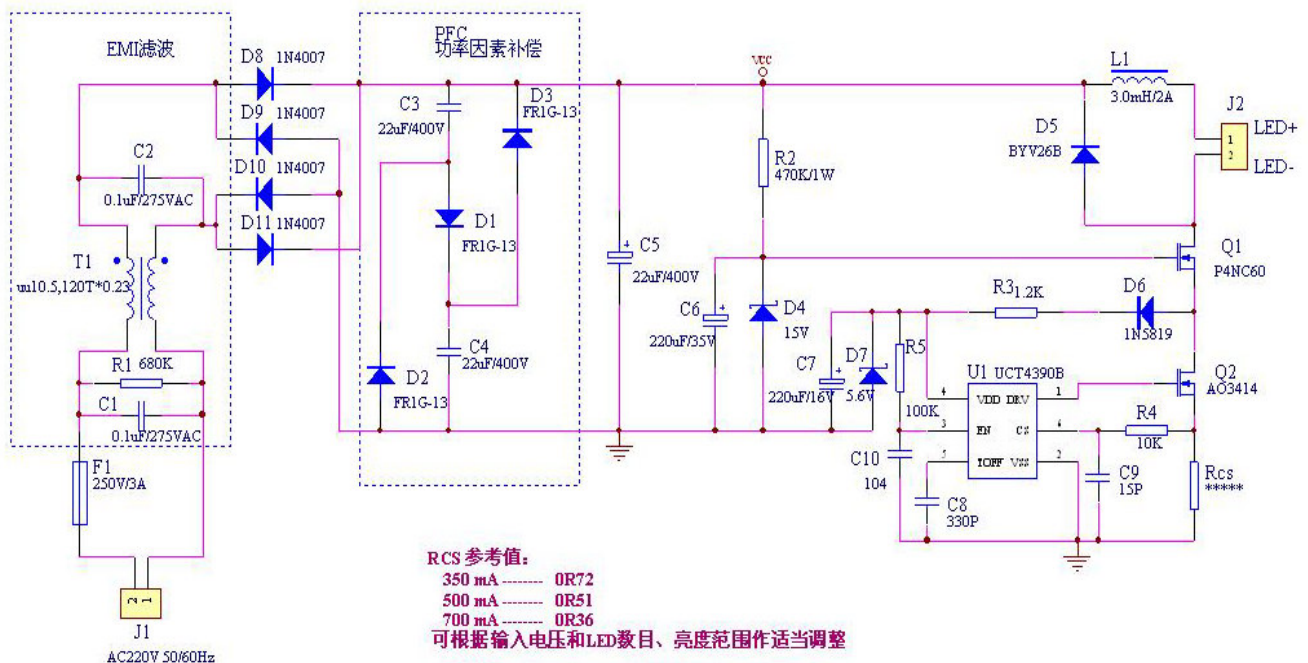
6) EN 使能端

当 EN 端接（地）低电平时，UCT4390 处于休眠状态，此时，IC 工作电流小于 10uA，自耗电非常小。当 EN 端为高电平时，UCT4390 处于工作状态，此时空载工作电流约为 200uA。

EN 端可接受 PWM 调光控制信号，完成调光功能。

典型应用:

UCT4390 特别适合 110V/220V 交流供电的 LED 照明应用, 实际电路如图 3 所示。该电路工作于典型的 BUCK 方式。220V 交流电通过整流桥整流滤波后, 可获得约 310V 的直流电压, 作为转换电路的输入。由于高耐压的 MOSFET 管完全导通所需的驱动电压 V_{GS} 较高 (高于 UCT4390 的输出驱动电平), 为了解决这个矛盾, 电路中采用双 MOS 管的源级驱动方式。UCT4390 的 V_{DD} 供电为 5.6V, 直接将 Q1 源极的脉冲电压整流后, 通过一个电阻和一个稳压管给 IC 供电。改变 R_{CS} 可以改变输出电流大小。该电路可用于 LED 路灯、LED 洗墙灯、装饰灯等。



输入: AC220V, 输出: 2~30颗串联1WLED, 输出电流330mA---350mA

图 3 降压模式的典型电路

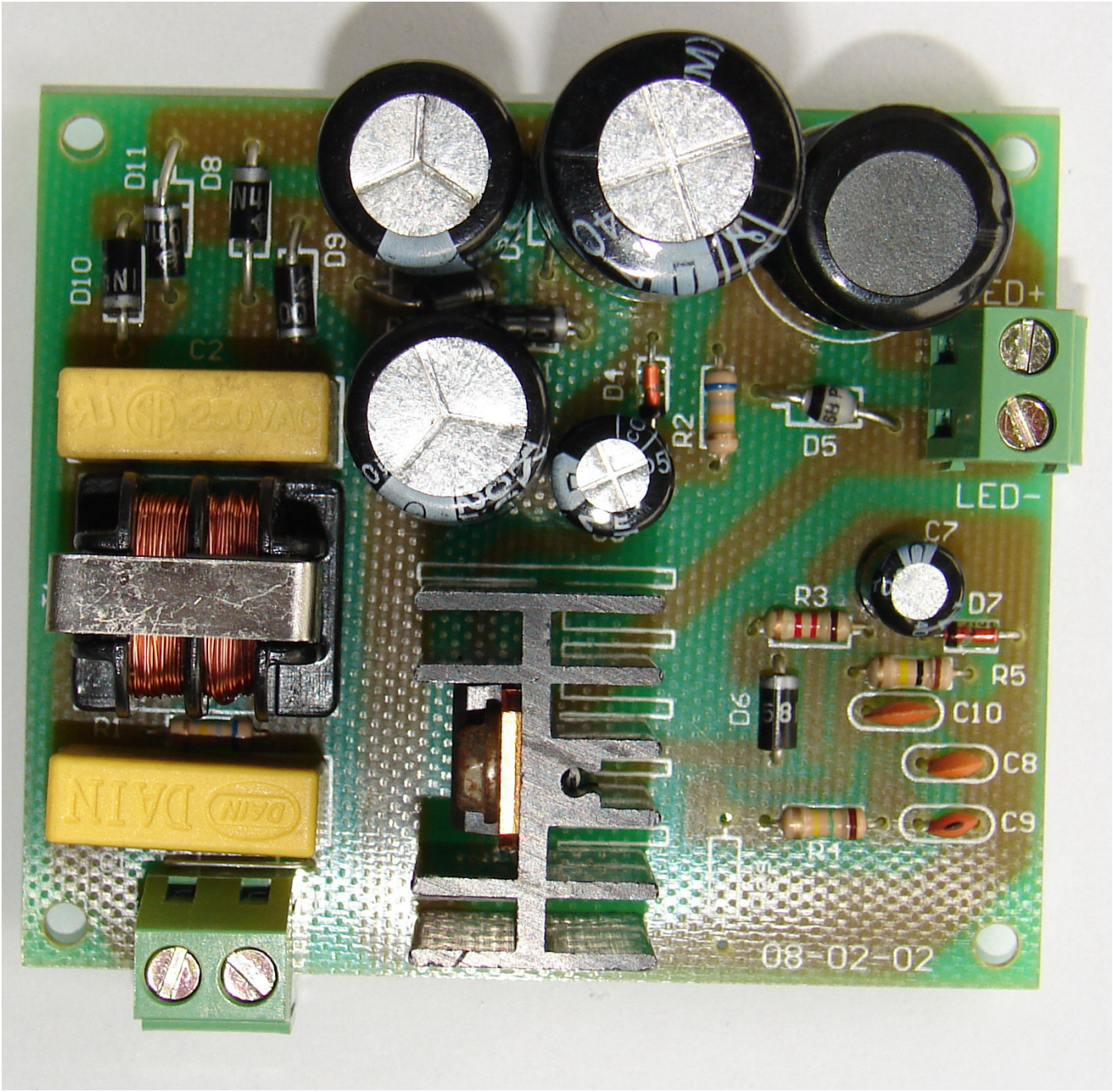


图 4 图 3 电路制作的电路板

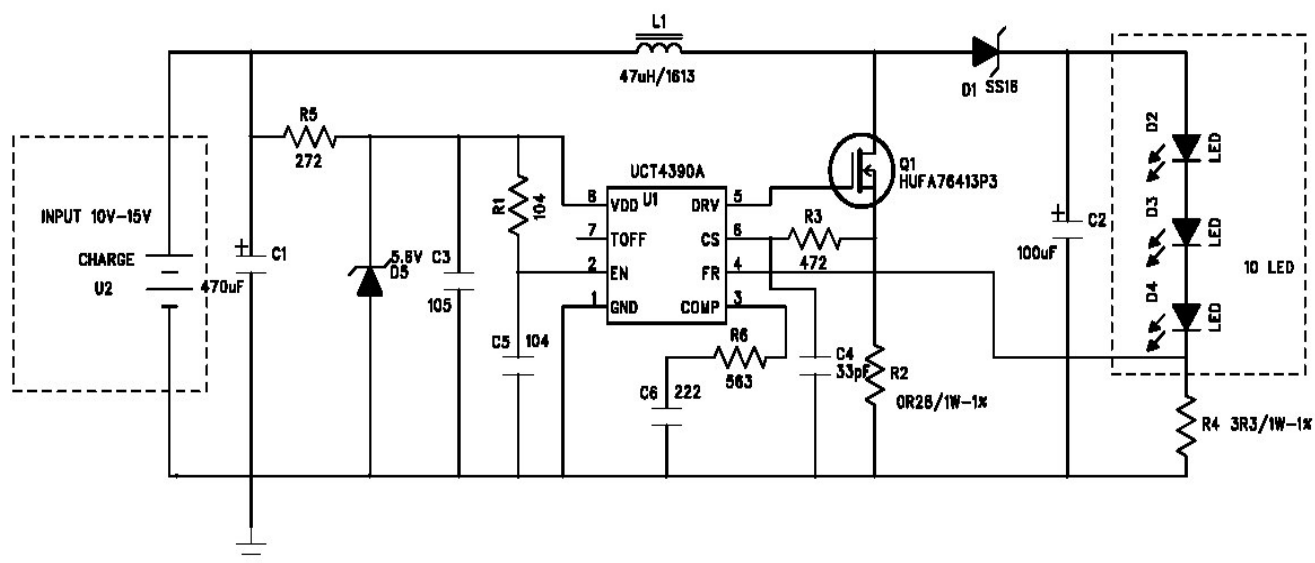
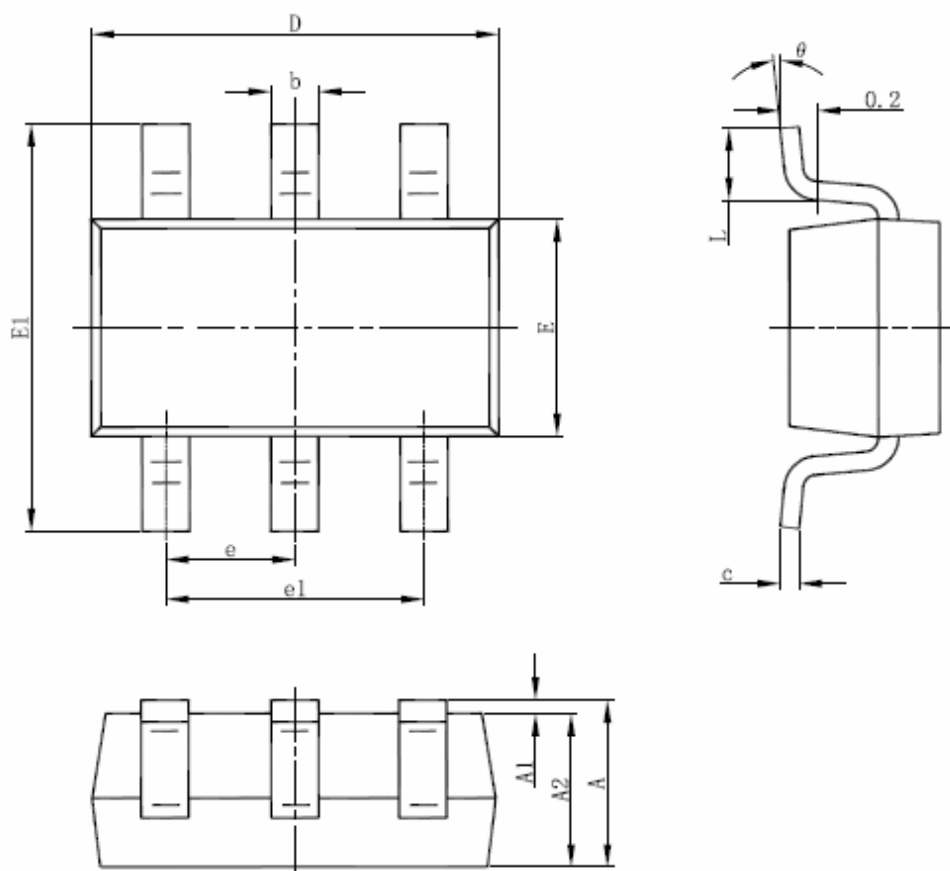


图 5 升压模式的典型电路（太阳能路灯）

SOT-23-6L PACKAGE OUTLINE DIMENSIONS



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	1.050	1.250	0.041	0.049
A1	0.000	0.100	0.000	0.004
A2	1.050	1.150	0.041	0.045
b	0.300	0.500	0.012	0.020
c	0.100	0.200	0.004	0.008
D	2.820	3.020	0.111	0.119
E	1.500	1.700	0.059	0.067
E1	2.650	2.950	0.104	0.116
e	0.950(BSC)		0.037(BSC)	
e1	1.800	2.000	0.071	0.079
L	0.300	0.600	0.012	0.024
θ	0°	8°	0°	8°