

# 升压型 LED 驱动控制 IC UCT4392

## 概述

UCT4392 是一款高效率升压型大功率 LED 灯恒流驱动控制 IC。

UCT4392 内置高精度电压比较器、误差放大器、off-time 控制器、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及大电流的应用，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。

UCT4392 采用固定 off-time 控制工作方式，其工作频率可高达 2MHz，有利于效率的提高并使外部功率电感和滤波电容的体积减小。由于通过外部电阻和电容设置 off-time 时间，使得工作频率可根据用户需求而改变。如果在 EN 端施加 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，可以设置高亮度 LED 灯的恒定驱动电流，流过 LED 灯的电流可从 20 毫安到 1 安培内选择，使 LED 灯亮度达到预期恒定亮度。

## 特性

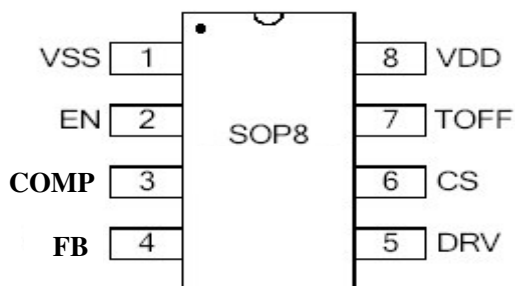
- 可设置的 LED 恒流驱动电流，范围从 20 毫安到 1 安培
- 高达 90% 的转换效率
- 260mV 电流取样电压
- 最低输入电压：2.5V
- 输出限流保护
- 工作频率可调：10KHz~2.0MHz
- 驱动 LED 灯串功率可从 1W 到 30W
- 可通过 PWM 方式调节 LED 灯亮度

## 应用范围

- LED 照明灯具
- 广告灯箱
- LED 手电筒
- 太阳能路灯
- 交通灯
- 建筑、工业照明灯
- 装饰及环境照明灯

## 封装

SOP-8 封装



## 管脚定义及说明

管脚序号	管脚名称	功能描述
1	VSS	电源地
2	EN	芯片使能端，可做 PWM 调光控制
3	COMP	补偿端
4	FB	输出电流反馈端
5	DRV	驱动外部 MOSFET 管的输出脚
6	CS	电流限制检测端
7	TOFF	关断时间设置
8	VDD	芯片电源正端

## 典型应用电路图

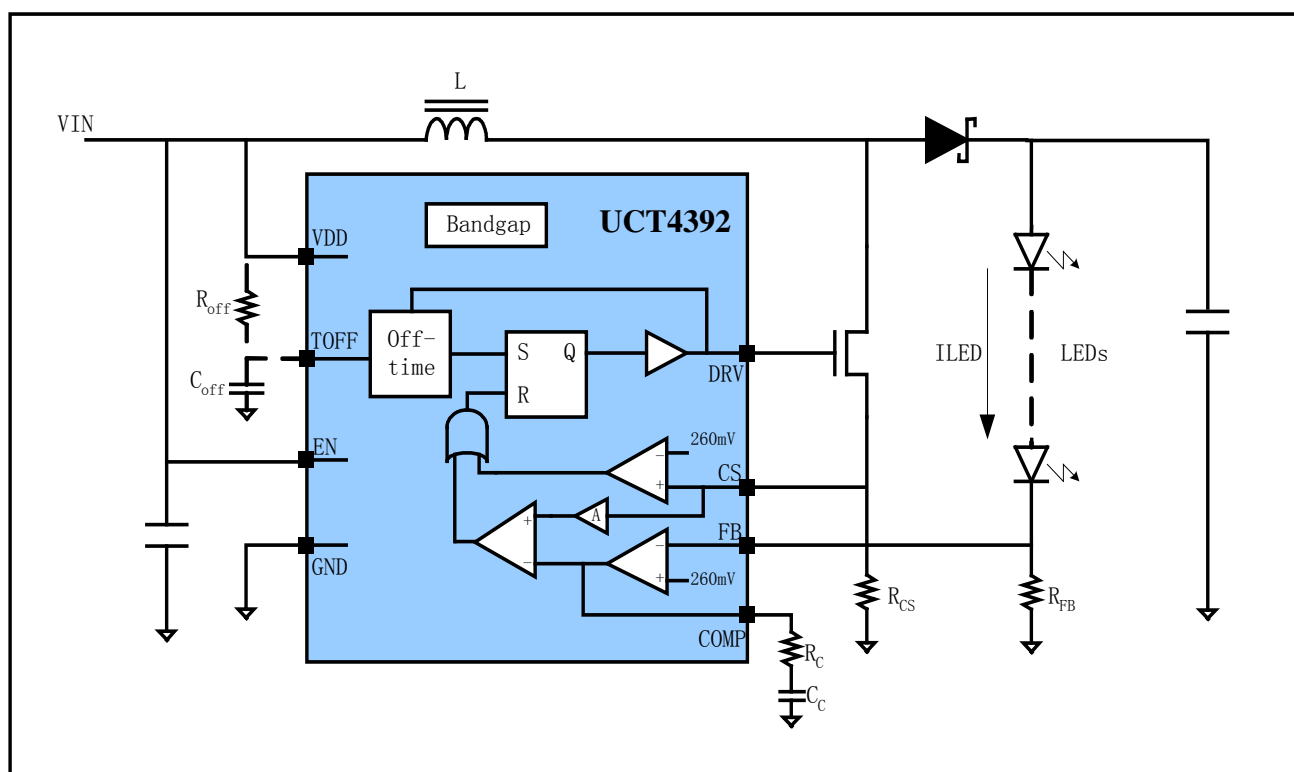


图 1

## 最大额定参数值

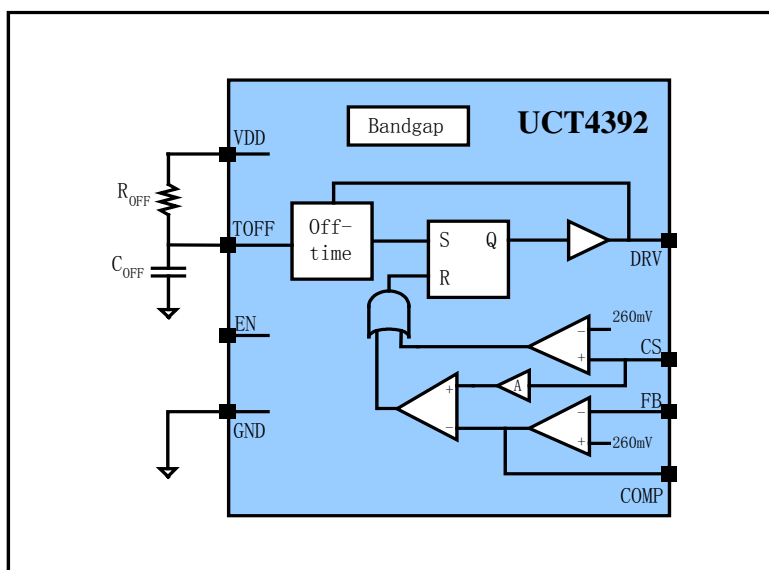
参数类型	符号	描述	典型值	单位
电压	V <sub>max</sub>	VDD 脚最大电压	8	V
	V <sub>min-max</sub>	EN 脚、CS 脚和 FB 脚电压范围	-0.3 ~ VDD+0.3	V
温度	T <sub>min-max</sub>	工作温度	-20 ~ +85	°C
	T <sub>storage</sub>	存储温度	-40 ~ +165	°C
ESD 抗静电	V <sub>ESD</sub>	ESD 抗静电能力（人体模式）	2000	V

注: 超出以上所列的极限参数可能造成器件的永久损坏。以上给出的仅仅是极限范围, 在这样的极限条件下工作, 器件的技术指标将得不到保证, 长期在这种条件下工作还会影响器件的可靠性。

## 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 <sub>DD</sub>		2.5		6.5	V
CS 脚反馈电压	V <sub>CS</sub>		250	260	270	mV
FB 脚反馈电压	V <sub>FB</sub>		250	260	270	mV
关断时间 (T <sub>off</sub> 脚悬空)	T <sub>OFF</sub>			640		ns
工作电流	I <sub>DD</sub>			0.5	1	mA
待机电流	I <sub>DDQ</sub>				1	uA
EN 脚逻辑高电平	V <sub>ENH</sub>		2.0			V
EN 脚逻辑低电平	V <sub>ENL</sub>				0.8	V
DRV 脚电平上升时间	T <sub>RISE</sub>	DRV 脚接 500pF 电容			50	ns
DRV 脚电平下降时间	T <sub>FALL</sub>	DRV 脚接 500pF 电容			50	ns

## 内部结构图



## 工作原理简述

UCT4392采用峰值电流检测和固定off-time控制工作方式。片内的R-S触发器分别由off-time定时器置位和CS比较器、FB比较器复位，它控制外部MOSFET管并和功率电感L、LED、肖特基二极管共同构成一个自振荡的，连续电感电流模式的升压型恒流LED驱动电路（参见图1）。

除了固定off-time控制这点外，UCT4392的工作方式和普通的电流模式PWM控制型DC/DC升压电路非常相似。当工作在连续电流模式下时，流过功率电感的电流 $I_L$ 如图2所示。

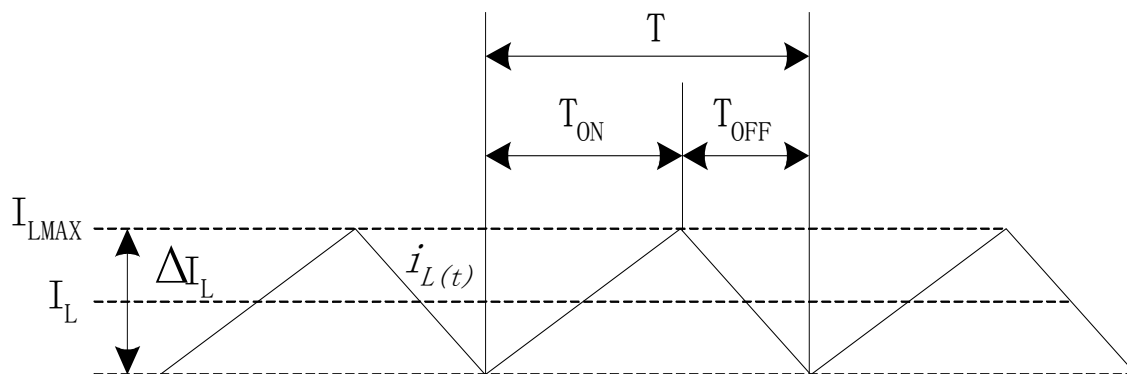


图 2

$V_{DD}$  上电时，off-time 定时器的输出置位内部触发器使输出为高，驱动外部功率 MOSFET 导通， $T_{ON}$  周期开始。这时候，流过功率电感  $L$  的初始电流为零，电流以上升的模式从  $V_{IN}$  通过功率电感  $L$ 、功率 MOSFET 和电流采样电阻  $R_{CS}$  流到地。该电流将一部分能量储存在功率电感里并在  $R_{CS}$  上产生一个压降  $V_{CS}$ 。与此同时输出滤波电容对 LED 放电，该电流在  $R_{FB}$  上产生一个压降  $V_{FB}$ ， $V_{FB}$  被误差放大器放大。当电流上升到使得  $V_{CS} > 260\text{mV}$  或者  $V_{CS} >$  误差放大器的输出电压时，CS 或 FB 比较器的输出复位内部触发器使得输出变低，控制外部功率 MOSFET 关断， $T_{ON}$  周期结束， $T_{OFF}$  周期开始。

$T_{OFF}$  周期内，储存在功率电感里的能量以反电势的形式与  $V_{IN}$  叠加后，通过肖特基二极管、LED、电流反馈电阻  $R_{FB}$  构成回路，电流呈下降的模式，与此同时输出滤波电容被充电。当预先设置的  $T_{OFF}$  时间间隔到达时，off-time 定时器的输出再次置位内部触发器使得输出为高，外部功率 MOSFET 重新导通， $T_{OFF}$  周期结束，开始新的  $T_{ON}$  周期，电流再次以上升的模式流通，同时输出滤波电容对 LED 放电……。依次循环往复，LED 上的电流得以连续而且保持稳定。

正常工作情况下，电感电流上升、下降的斜率与  $V_{IN}$ 、功率电感  $L$  的感值和 LED 的正向压降相关。 $V_{CS}$  间接反映了电感的峰值电流，也代表了峰值功率，而  $V_{FB}$  间接反映了输出电流的大小。UCT4392 根据  $V_{FB}$  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。

## 应用信息

### 1) LED 电流的设定

LED 的电流由  $R_{FB}$  设定， $R_{FB}$  阻值不同，就可设置不同的 LED 驱动电流。 $R_{FB}$  的估算公式如下：

$$R_{FB} = 260\text{mV} / I_o$$

$I_o$  为驱动 LED 灯的电流；

### 2) 峰值功率的限定

限定峰值功率可以减小上电时的冲击电流，并且在电路异常时可以起到保护作用。峰值功率由  $R_{CS}$  设定， $R_{CS}$  的计算公式如下：

$$R_{CS} = 260\text{mV} / I_o * K \quad K = 0.7 * V_{IN} / V_o \quad \text{也即：} R_{CS} = R_{FB} * 0.7 * V_{IN} / V_o$$

$I_o$  为驱动 LED 灯的电流； $V_o$  为输出电压，即所有串联 LED 正向电压的总和。

### 3) 工作频率的确定

UCT4392 采用固定 off-time 控制工作方式，其工作频率为： $F = 1 / (T_{OFF} + T_{ON})$

其中  $T_{ON}$  时间与功率电感的感值和输入输出的电压差相关，而  $T_{OFF}$  的 off-time 时间由片内的 off-time 定时器和片外  $T_{OFF}$  管脚的  $R_{OFF}$ 、 $C_{OFF}$  决定。因此可通过外部电阻和电容设置最小  $T_{OFF}$  时间，从而间接设定工作频率，

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

其中占空比约为： $D \approx V_{in} / V_{out}$ ，而  $T_{OFF}$  计算公式如下：

$$T_{OFF} = 0.51 \cdot \frac{100\text{K}\Omega \cdot R_{OFF}}{R_{OFF} + 100\text{K}\Omega} \cdot (C_{OFF} + 12\text{pF})$$

这里  $100\text{K}\Omega$  电阻和  $12\text{pF}$  电容是芯片内集成的参数，当  $T_{OFF}$  管脚悬空时：

$$T_{OFF} = 0.51 * 100\text{K}\Omega * 12\text{pF} = 612\text{nS}$$

在  $T_{OFF}$  管脚上单独接  $R_{OFF}$  电阻可以提高工作频率，而单独接  $C_{OFF}$  则可以降低工作频率。

例如：当  $T_{OFF}$  脚接  $470\text{P}$  电容时， $T_{OFF} \approx 24.6\mu\text{s}$ ，如果  $D = 0.1$ ，则电路工作频率  $F$

约为 36.6kHz。

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。这点在高输出电压下工作时较为明显。因此，如果在高于 80V 的工作条件下，建议 UCT4392 的工作频率不宜超过 80kHz。

#### 4) 功率电感 L 选择

功率电感 L 的选用原则，一是确保流过 LED 的电流是连续的并且纹波电流  $\Delta I_L$  值远小于流过 LED 的电流值，其次是保证其工作时不会出现磁饱和现象。

UCT4392 电路在工作时，输入电源在 MOSFET 管导通  $T_{ON}$  期间直接对功率电感提供能量，其余时间则由电源与功率电感内储存的能量来维持 LED 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，电感及 LED 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（ $\Delta I_L = I_{MAX} - I_{MIN}$ ）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： $V_L = V_{IN} - V_{DP} - V_{CS}$ ； $T_{OFF}$  时： $V_L = -V_{IN} + V_{LED} + V_F$

纹波电流  $\Delta I_L$  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，一定的工作电压、负载下，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，必须合理地选择功率电感数值以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，一般可保证电流不会出现非连续模式。同时较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  $\Delta I_L$  计算如下：

$$\Delta I_L = T_{OFF} * (V_{OUT} - V_{IN}) / L$$

为了使流过 LED 灯电流波动小于  $\Delta I_L$ ，电感值应满足：

$$L \geq T_{OFF} * (V_{OUT} - V_{IN}) / \Delta I_L$$

$T_{OFF}$  在上一节中由  $R_{OFF}$  和  $C_{OFF}$  来设定， $\Delta I_L$  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。一般取值约在几十微亨到几毫亨，视实际应用而定。

另外不可忽视的一个问题是，UCT4392 工作时流过功率电感的峰值电流可能高达安培级以上，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，要求功率电感的工作电流必须大于最大输出电流的 2 倍以上。同时，在大电流条件下，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。所以，在确定了电感量以后，如果希望提高 UCT4392 驱动器的工作效率，在体积允许的情况下，可选用较大的磁性元件及较粗的导线绕制的功率电感。

### 5) MOSFET 管的选用

首先要考虑 MOSFET 的耐压，一般要求 MOSFET 的耐压高于最大输出电压的 1.5 倍以上。

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 3 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 UCT4392 的输出驱动电平），为此应该选择  $V_{GS}$  低于 5V 的型号。

### 6) EN 使能端

当 EN 端接（地）低电平时，UCT4392 进入休眠状态，此时，IC 工作电流小于 10 $\mu$ A，自耗电非常小。当 EN 端为高电平时，UCT4392 处于工作状态，此时空载工作电流约为 200 $\mu$ A。

EN 端可接受 PWM 调光控制信号，完成调光功能。

### 7) LED 灯亮度调节

LED 灯的亮度调节，可以有以下二种方法：

第一种方法是模拟调光，通过改变  $R_{FB}$  的电阻值。 $R_{FB}$  的电阻值越小，LED 灯的亮度越高， $R_{FB}$  电阻越大，亮度越低。

第二种方法是在 UCT4392 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，电平应满足 TTL 或 CMOS 标准。

## 典型应用：

UCT4392 特别适合多节电池或低压供电的大功率 LED 照明应用，图 3 所示为用于太阳能路灯的驱动电路实例。该电路工作于典型的 Boost 方式，输入电压通过 D1 稳压后给 IC 供电。改变  $R_4$  可以调节输出电流大小，而改变  $R_6$  可以设定最大峰值功率。图中 D2、R5 是输出开路保护电路，D2 的电压值一般选为正常输出电压的 1.1 到 1.2 倍。

该电路也可推广用于 LED 路灯、LED 洗墙灯、装饰灯等。



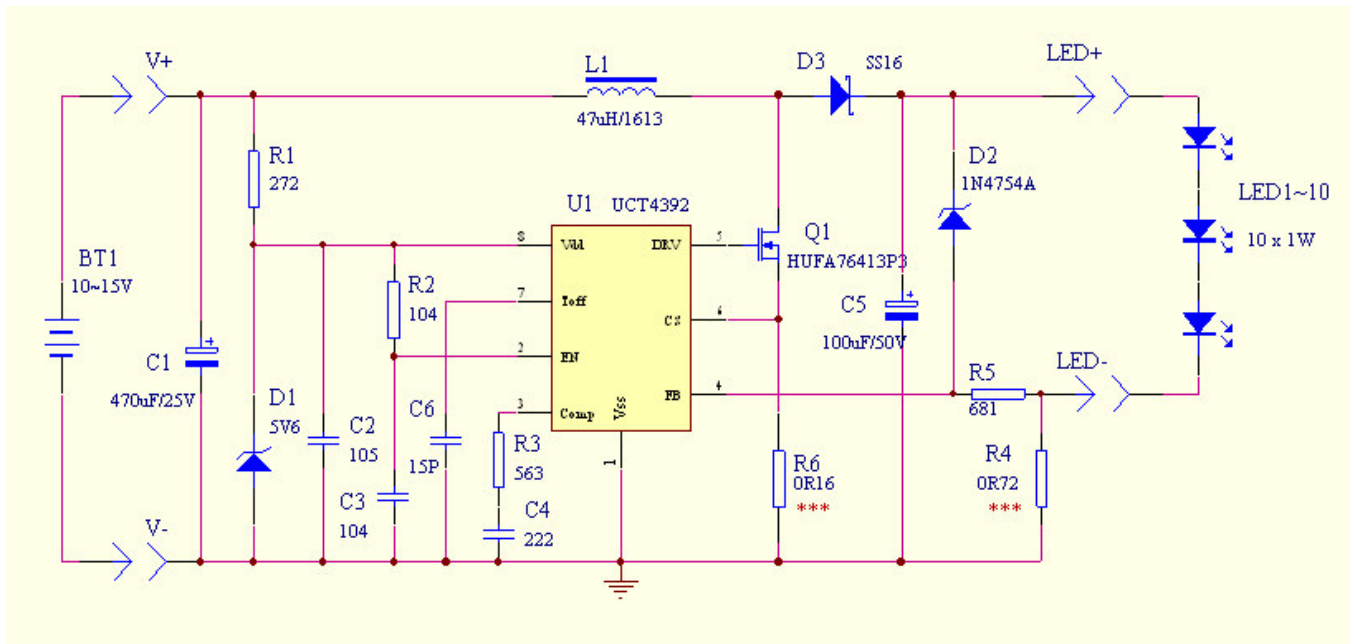


图 3 用于太阳能路灯的典型电路

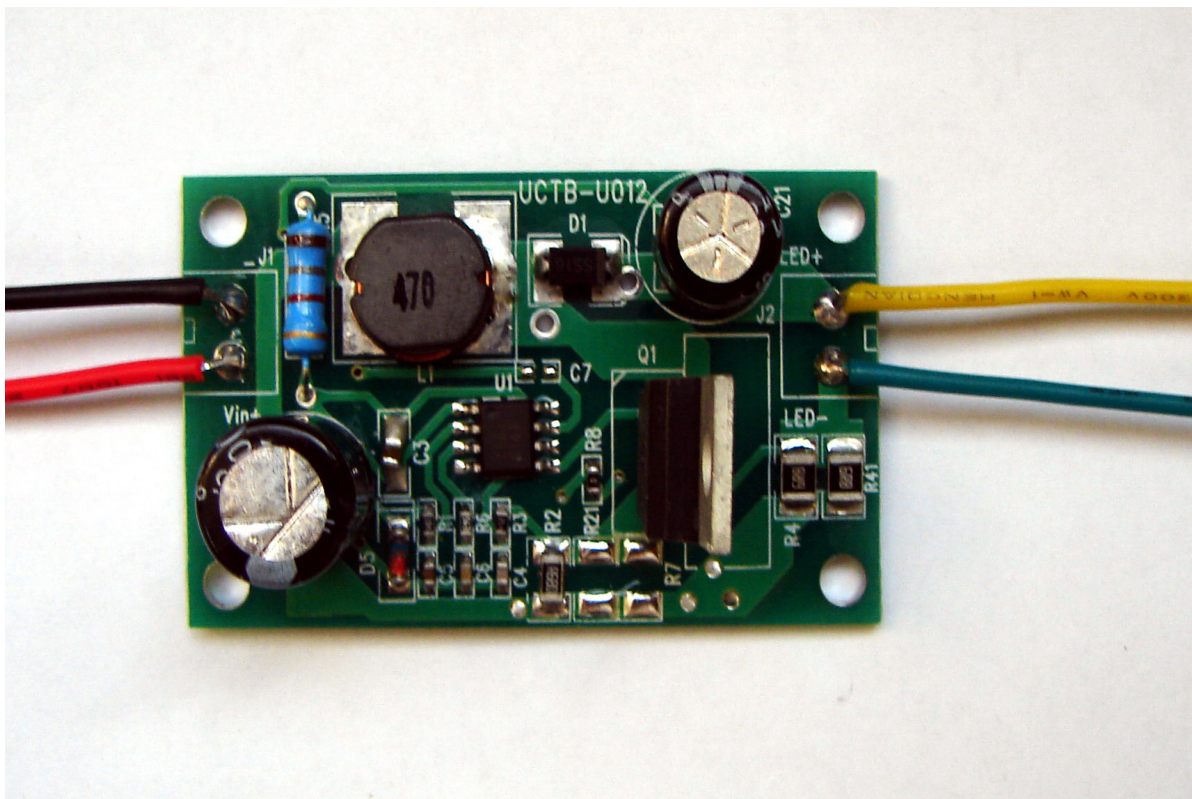


图 4 图 3 电路制作的电路板



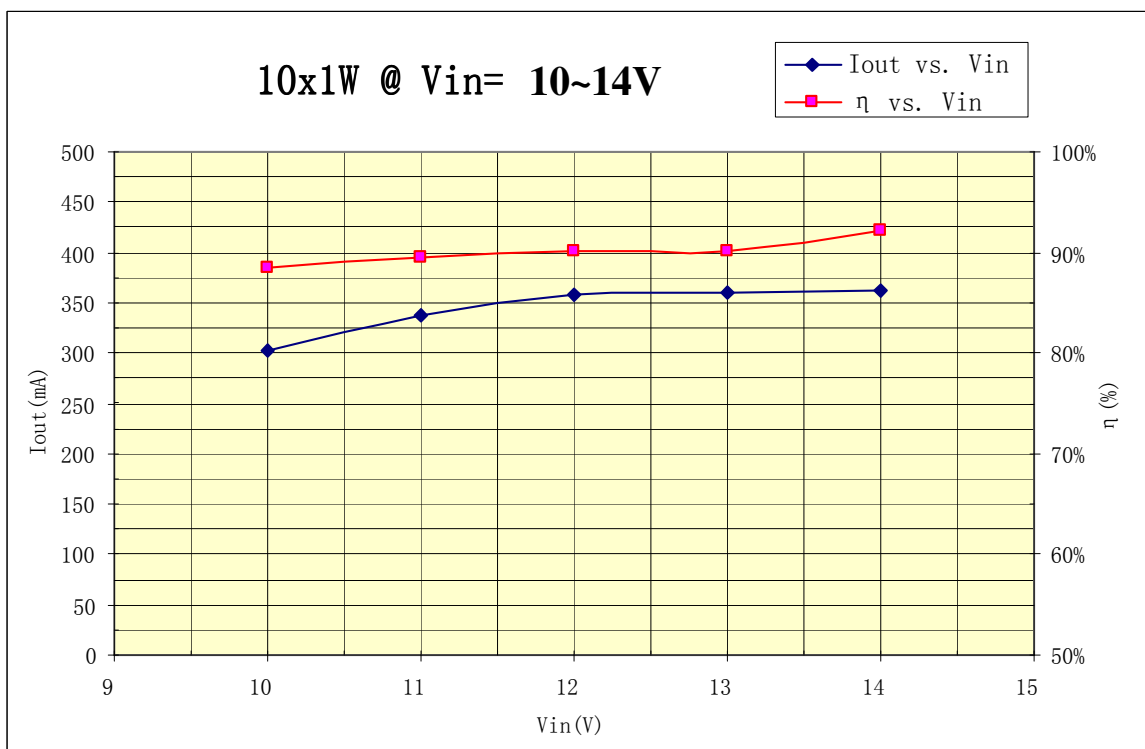


图5 图3电路的实测特性

## 封装信息

