

高效 LED 驱动控制器 UCT4406

概述:

UCT4406 是一颗高效率、低启动电压的 PFM 模式 LED 驱动控制器，配合相应的功率开关管（低饱和电压的晶体管或 MOSFET），加上少数元器件，就可完成升压或降压 LED 驱动的多种功能，负载可以是背光应用的串联多颗小电流 LED 或是手电筒应用的单颗大功率 LED。

UCT4406 工作于恒功率输出状态，输入电压范围是 0.8V 到 13V，这意味着它能够工作于单节或多节镍氢、镍镉、碱性电池以及锂离子电池条件，并且其待机状态下的最大电流消耗仅为 9uA。

UCT4406 极低的取样电压（典型值 19mV）使得电流取样电阻上的功率损耗大大减少，内部的动态驱动电路能够提升驱动功率管的速率，如果再配合外部性能优良的功率开关管，将大大有利于提高电路的整体工作效率。配合其 SOT23-5 的小型封装和极少的外围元件，整个电路的体积可以做的非常紧凑，加上极低的静态功耗，因此 UCT4406 是应用于各种电池供电的便携式设备的理想选择。

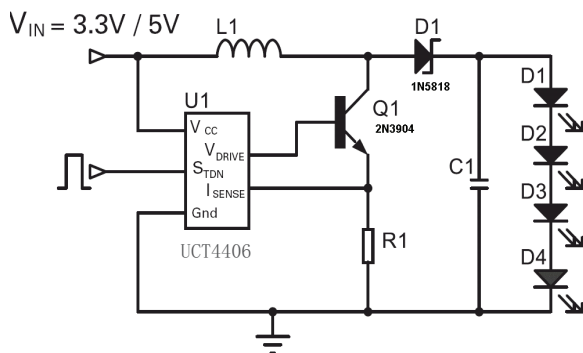
主要性能特点

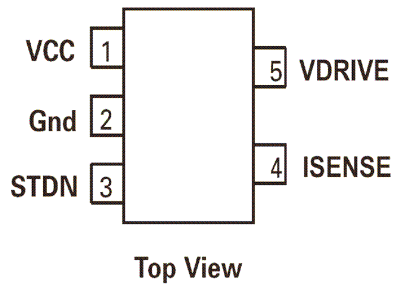
- ✓ 输入电压 0.8 V ~ 13V
- ✓ 工作效率可达 94%
- ✓ 可工作于升压或降压恒流模式
- ✓ 输出电流可设定
- ✓ 最高工作频率 250KHz
- ✓ 待机电流 $\leq 9\mu\text{A}$
- ✓ SOT23-5 小型封装

应用领域

- MP3, MP4 及 PMP 播放器
- 学习机
- 数码相机，数码摄像机
- 手机和智能电话
- 电池供电的便携式设备
- 手电筒
- 头灯
- 工作灯

典型应用电路



管脚配置：

序号	名称	说明
1	VCC	芯片电源输入端
2	Gnd	公共地
3	STND	使能控制输入端
4	ISENSE	电流反馈输入端，连接外部电流取样电阻
5	VDRIVE	驱动外部功率开关管的输出端

极限参数：

名 称	指 标
Vcc	-0.3 ~ +13V
Vdrive	-0.3 ~ Vcc + 0.3V
VSTDN	-0.3 ~ Vcc + 0.3V
VIsense	-0.3 ~ Vcc + 0.3V
工作温度	-40℃ ~ +85℃
存储温度	-55℃ ~ +150℃
焊接温度	260℃ （10 秒）
耗散功率	450mW

提示：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会影响器件的可靠性。超出以上所列的极限参数应用可能造成器件的永久损坏。

电气指标

测试条件: VCC= 1.5V, T=25°C 除非另行说明

名称	参数定义	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
η	效率 ⁽¹⁾				94	%
V _{CC}	工作电压范围		0.8		13	V
V _{CC(min)}	最小及启动及工作电压	I _{DRIVE} = -600 μ A, V _{DRIVE} = 0.7V		0.7	0.92	V
		I _{DRIVE} = -600 μ A, V _{DRIVE} = 0.7V, T _{AMB} = -10°C		0.9		
I _Q	静态电流 ⁽²⁾	V _{STND} = V _{CC} (enabled)		0.2		mA
		V _{STND} = 0V (standby)		5	10	μ A
I _{VDRIVE}	驱动输出电流	V _{DRIVE} = 0.7V, V _{ISENSE} = 0V	1.5		3.5	mA
I _{CC}	工作电流 ⁽³⁾	V _{DRIVE} = 0.7V, V _{ISENSE} = 0V	2		4	mA
F _{OSC}	工作频率 ⁽⁴⁾				250	kHz
V _{VDRIVE(H)}	驱动电压高电平	V _{ISENSE} = 0V, I _{VDRIVE} = -0.5mA	VCC-0.3		VCC	V
V _{VDRIVE(L)}	驱动电压低电平	V _{ISENSE} = 50mV, I _{VDRIVE} = 5mA	0		0.2	V
V _{STDN(H)}	使能电压 (高)		0.7			V
V _{STDN(L)}	使能电压 (低)				0.15	V
I _{STDN}	使能输入电流		-1		1	μ A
V _{ISENSE}	输出电流反馈电压		14	19	24	mV
I _{ISENSE}	反馈输入电流	I _{SENSE} input current	0	-30	-65	μ A
T _{CVISENSE}	反馈电压温度系数 ⁽²⁾			0.4		%/°C

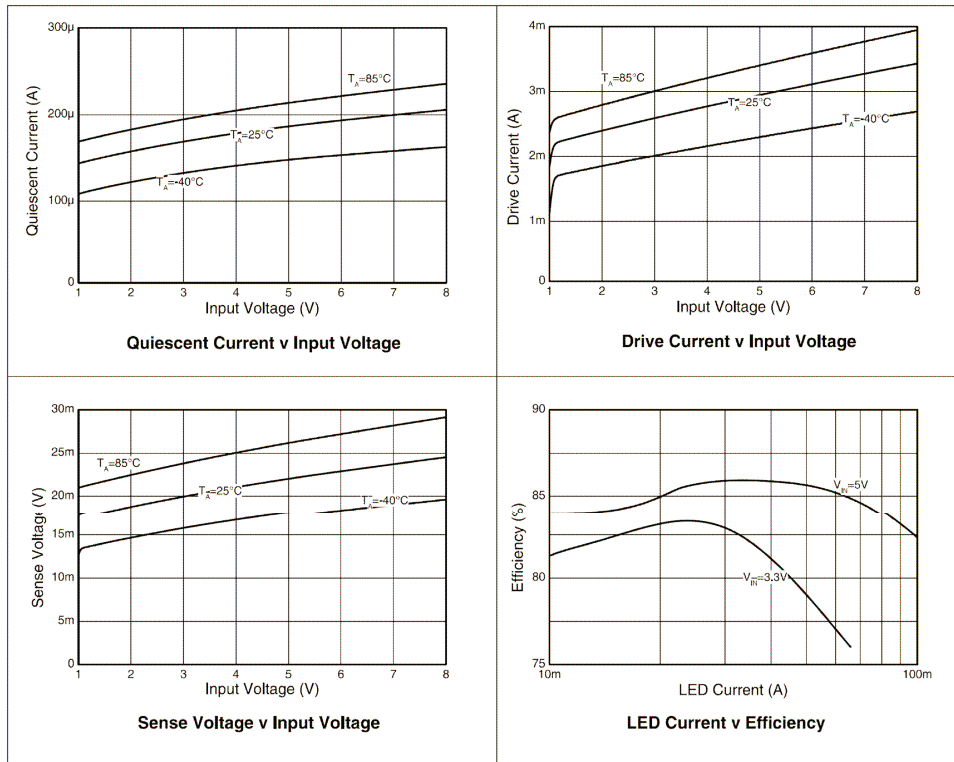
(1) Application dependent, see reference designs

(2) These parameters guaranteed by Design and characteristics

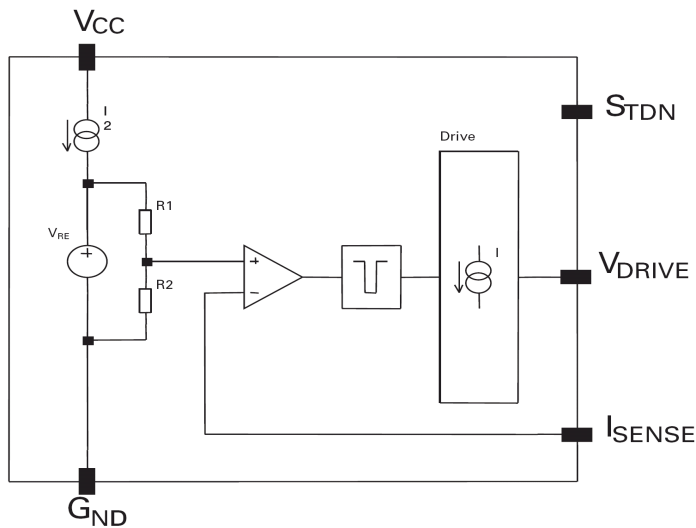
(3) Total supply current = I_Q + I_{VDRIVE}, see typical characteristics

(4) Operating frequency is application circuit dependent. See applications section.

典型特性



内部结构图



工作原理（参见典型应用电路及内部结构图）

UCT4406 内部由参考电压源、比较器、可再触发单稳态触发器及动态驱动输出电路组成。其中带温度补偿的内部参考电压源经过分压器为比较器提供 19mV 的基准值电压。动态驱动输出电路能够在 Drive 引脚输出高、低电平变换的瞬间，加入一个瞬变的提升或下拉电流以改善驱动电平的前后沿，可确保外部开关晶体管或 MOSFET 能够快速的开通和关断，典型的关断时间为 30nS。

电路在初始状态时，由于功率电感电流为零，R1 上的电流取样电压也为零，比较器输出高电平使得单稳态触发器处于强制复位状态，Vdriver 引脚输出高电平，功率开关管导通；此时流过开关管、功率电感、电流取样电阻 R1 的电流呈指数上升。此状态一直维持到当 R1 上的电流取样电压达到并超过 19mV 时，比较器输出低电平，触发单稳态触发器，导致驱动输出极输出低电平，外部开关管关断；此时电源与功率电感串联，通过肖特基二极管向负载（LED）释放能量，电流流过负载并呈指数下降。单稳态触发器的稳态时间典型值为 1.7 μ S，这足以保证功率电感上的能量在新的周期开始前得到释放。功率开关管导通时间的长短（换句话说就是工作频率）取决于设定的峰值电流、功率电感值、输入电压和输入输出压差。

应用信息

1. 功率开关管的选择：

功率开关管是影响本电路工作效率的主要因素，原则上 NPN 型晶体管和 N 沟道 MOSFET 都可以使用。由于 UCT4406 的驱动能力有限，为保证开关管充分导通，选用晶体管时除要求低饱和压降 $V_{ce(sat)}$ 外，放大倍数 (β) 也最好在 200 以上。可推荐的型号有 2SD1628、FMPT617 等。

MOSFET 由于导通电阻低、驱动功率小的特点，近年来成为开关器件的首选。此处在选择时应该注意选 V_{gs} 阈值电压低于 4.5V 且 C_{iss} 小于 500PF 的型号。可推荐的如 A03414、Si2306 等。

2. 肖特基二极管的选择：

作为高频整流，肖特基二极管具有正向压降低、反向恢复快的特点。选择时应该注意其耐压和最大工作电流均应该是输出电压和电流的两倍。常用的型号有 1N5817、SS14、1N5819、SS24 等。

3. 功率电感的选择：

功率电感的选择是在效率优先的情况下，兼顾体积和成本。

一般来说，较大量值的功率电感可以获得较低的输出纹波电流，同时也有利于提高电路的转换效率。但是大的电感值往往也会导致功率电感本身体积的增大和绕线内阻（ESR）的增加。功率电感上的等效串联电阻（ESR）不可忽视，它是影响转换效率的主要因素。其次是要注意功率电感的工作电流，为防止饱和，要求其工作电流应该大于输出电流的两倍以上。

作为输出高压小电流的背光应用，电感值可在 47~100uH 之间选择。而作为低压大电流的手电筒类，推荐电感值选择在 10~22uH 之间。具体应用参数可参考下面的典型电路。

4.输入、输出滤波电容的选择：

为保证电路稳定地工作和降低 EMC，输入、输出滤波电容不可少，而且推荐使用低 ESR 小体积的陶瓷贴片电容。

一般输出电容是并联在 LED 两端的，如果出于最大化电池寿命的考虑，可以不用输出电容，此时 LED 工作于脉冲电流下。但是如果要求亮度的最大化，则应该使用输出电容。应用于小电流情况下时，2.2uF 即可。如果是大电流输出，则最好在 10uF 以上。

大多数情况下，10uF 的输入滤波电容已可以满足要求。但是当输出电流在数百毫安以及更大时，上百 uF 的输入滤波电容是必要的。

5.输出功率的设定

UCT4406 是基于恒定输出功率的设计，在输入、输出等外部条件确定时，输出功率可以由电流取样电阻 Rsense 来决定。其关系如下：

$$P_{OUT} = (V_{OUT} - V_{IN}) I_{AV} \frac{T_{OFF}}{T_{ON} + T_{OFF}}$$

这里： $T_{off} = 1.7\mu S$ (UCT4406 内部定置)

$$T_{ON} = \frac{T_{OFF}(V_{OUT} - V_{IN})}{V_{IN}}$$

$$I_{AV} = \frac{I_{PK} + I_{MIN}}{2} \quad I_{MIN} = I_{PK} - \frac{(V_{OUT} - V_{IN}) \times T_{OFF}}{L}$$

最后：

$$I_{PK} = \frac{V_{Isense}}{R_{sense}}$$

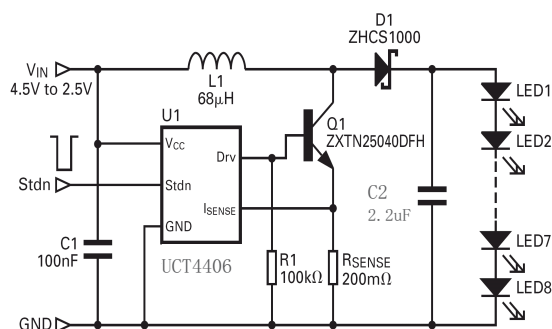
6.使能控制：

UCT4406 的 STDN 引脚是使能控制脚，当该引脚的电压大于 0.7V 或者开路时，UCT4406 被使能，电路正常工作。当该引脚的电压小于 0.1V 或者接地时，UCT4406 被关闭，电路停止工作，此时 IC 的消耗电流小于 9uA。

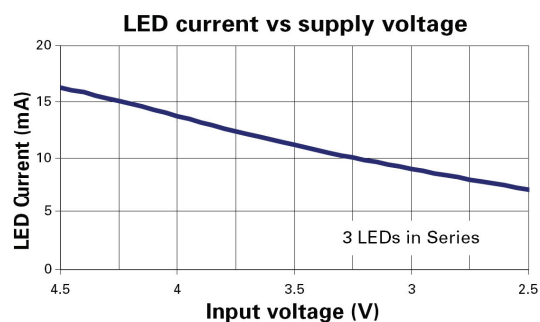
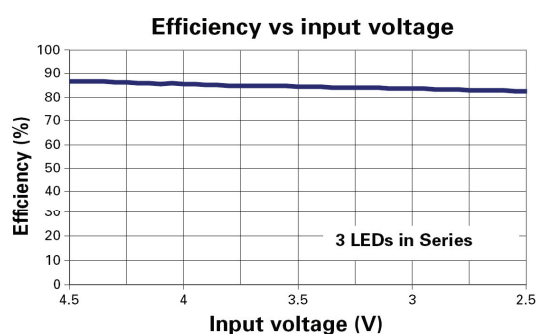
应该注意的是，由于升压电路特定的拓扑结构，存在直通现象。即当 UCT4406 不工作时，仍可能（取决于输入输出电压差）会有电源电流通过功率电感—肖特基二极管—LED 构成回路，导致 LED 不熄灭。

常用参考电路：

1. 单节锂电或三节碱性电池驱动 8 颗 LED 的背光应用



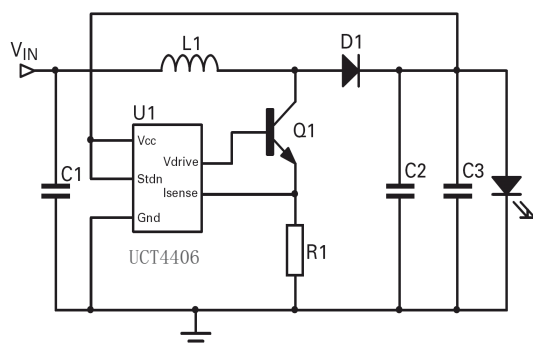
本电路在 2.5V 到 4.5V 输入电压范围内,可驱动 3 到 8 颗小功率 LED,输入电压 4V 时,输出电流约 20mA。驱动 LED 的数目主要受开关管 Q1 的耐压限制。输出电流的大小可根据不同的 LED 数目及输入电压,调整 Rsense 来获得。Stdn 端提供了使能控制的功能,拉低它进入待机状态,此时耗电约 5uA。如果不用使能功能,可将 Stdn 端短接到 Vcc 端。



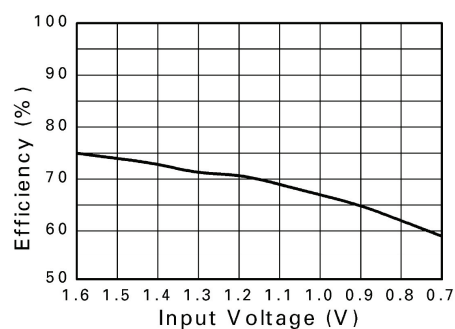
材料清单：

Ref	Value	Part Number	Comments
U1	N/A	UCT4406	LED Drive Controller , SOT23-5
Q1	NPN, VCEO = 40V	ZXTN25040DFH	Bipolar transistor, Zetex
D1	1A	ZHCS1000	1A Schottky diode, SOT23, Zetex
L1	68μH		Power inductor, CD54 Size
R _{SENSE}	0R20		1206 Size
R1	104		0805 Size
C1	100nF, 6.3V, X7R		0805 Size
C2	2.2μF, 35V		
LED1-8	White LED		

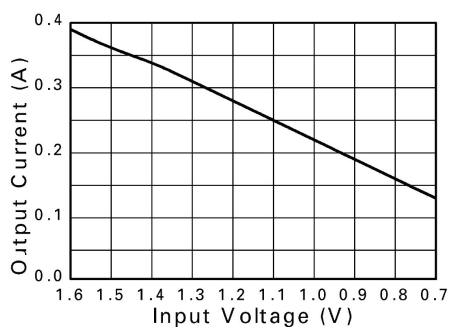
2. 单节碱性电池的 1W LED 手电筒应用



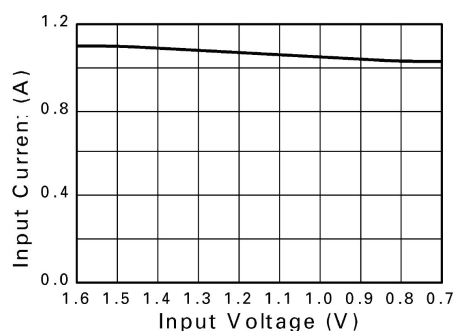
此电路输入电压范围 0.7V 到 1.6V，在 1.4V 时的输出电流约为 335mA。



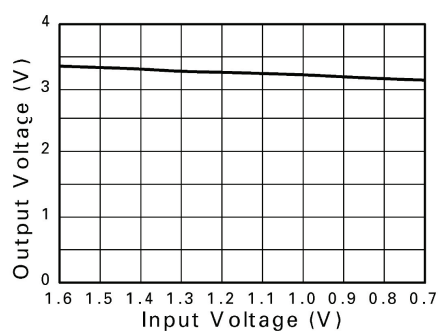
Input Voltage vs Efficiency



Input Voltage vs Output Current



Input Voltage vs Input Current

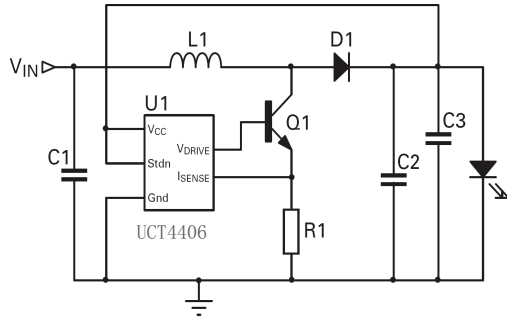


Input Voltage vs Output Voltage

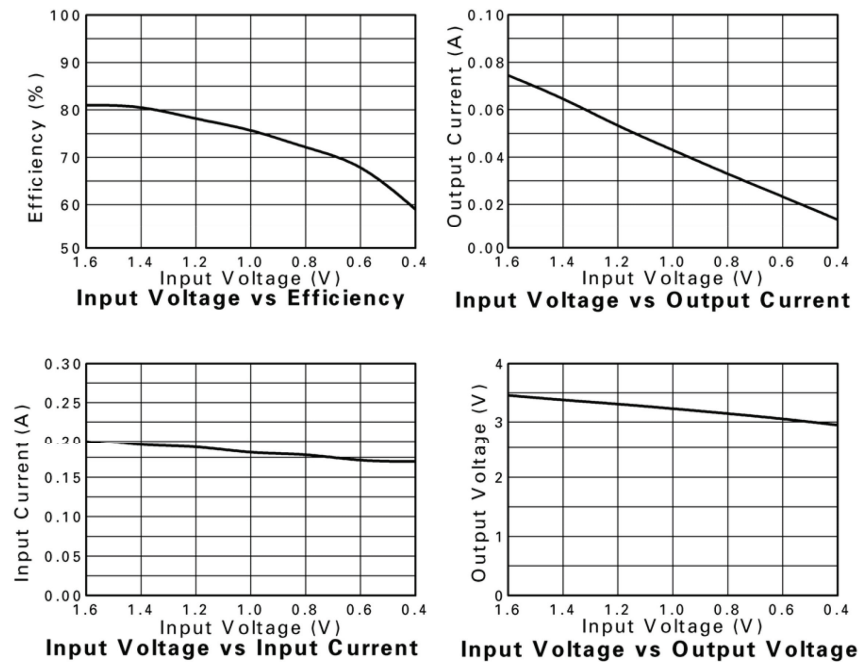
材料清单:

Ref	Value	Part Number	Comments
U1	N/A	UCT4406	LED Drive Controller , SOT23-5
Q1	N/A	FMMT617	Low VCE(sat) NPN, SOT23, Zetex
D1	2A	ZHCS2000	2A Schottky diode, SOT23, Zetex
L1	7.5μH		Power Inductor, I _{SAT} = 3A, CD54 Size
R1	19.5mΩ		0805 Size
C1	1μF		
C2	220μF		
C3	100μF		

3. 太阳能庭院灯



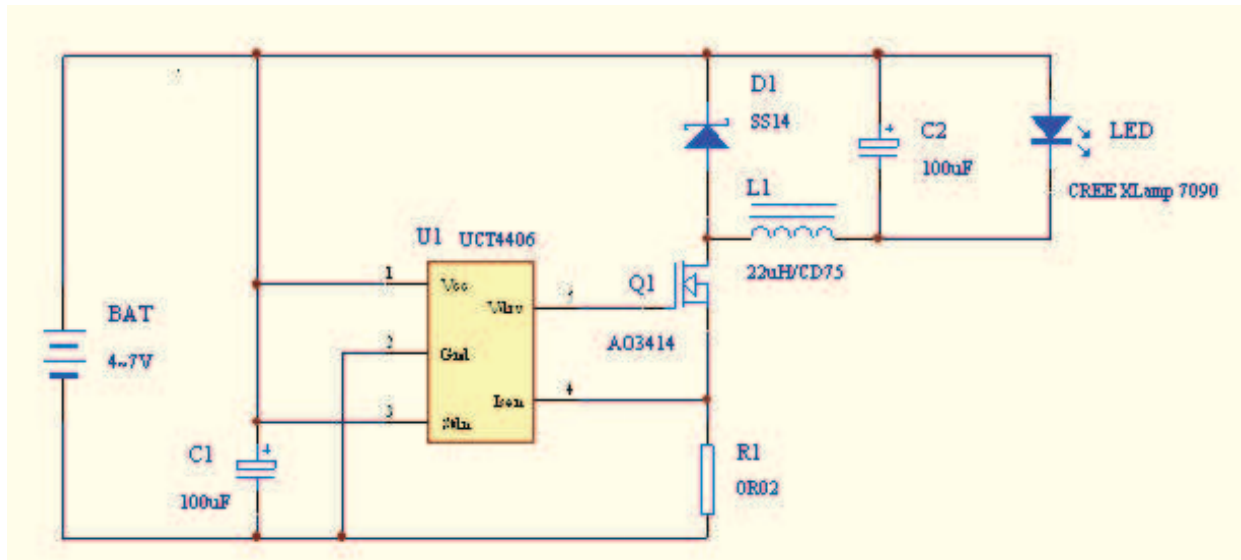
此电路输入电压范围 0.4V 到 1.6V，在 1.0V 时的最大输出电流约为 43mA。



材料清单:

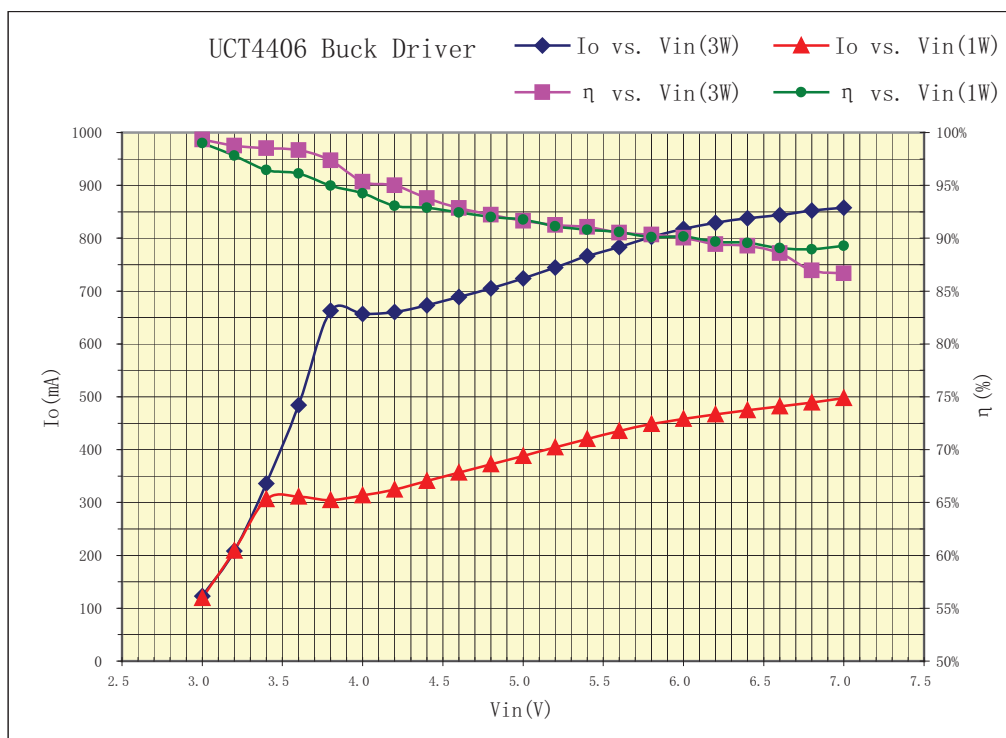
Ref	Value	Part Number	Comments
U1	N/A	UCT4406	LED Drive Controller , SOT23-5
Q1	N/A	FMMT617	Low VCE(sat) NPN, SOT23, Zetex
D1	1A	ZHCS1000	1A Schottky diode, SOT23, Zetex
L1	37 μ H		Power inductor, CD54 Size
R1	100m Ω		0805 Size
C1	1 μ F		
C2	22 μ F		
C3	10 μ F		

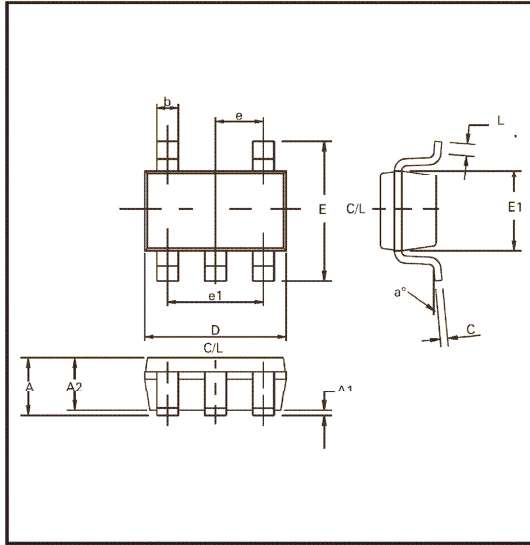
4. 两节 CR123 电池的大功率手电筒应用



此电路中 R1 的阻值推荐: 0R04 (1WLED) ; 0R02 (3WLED)

实测特性:



封装信息:**SOT23-5 PACKAGE OUTLINE****SOT23-5 PACKAGE DIMENSIONS**

DIM	Millimeters		Inches	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.90	1.45	0.035	0.057
A1	0.00	0.15	0.00	0.006
A2	0.90	1.3	0.035	0.051
b	0.35	0.50	0.014	0.020
C	0.09	0.20	0.0035	0.008
D	2.80	3.00	0.110	0.118
E	2.60	3.00	0.102	0.118
E1	1.50	1.75	0.059	0.069
e	0.95 REF		0.037 REF	
e1	1.90 REF		0.075 REF	
L	0.10	0.60	0.004	0.024
a°	0	10	0	10