AT400

——外置开关管LED驱动芯片

Document No.： AT400A-DS001V1.2

Issued Date： 2010.05.15

May, 2010

目录

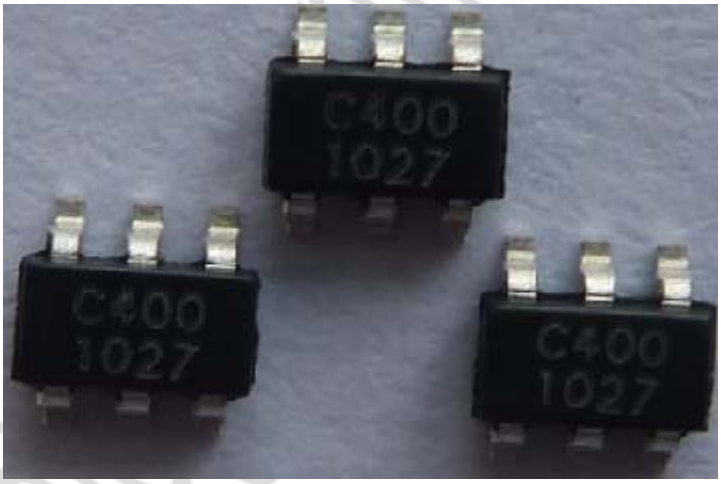
概述.....1
主要特征.....1
应用领域.....2
管脚定义.....2
极限参数:.....2
电特性:.....2
典型特性.....3
工作原理.....4
原理框图.....5
应用信息.....5
参考设计.....9
锂电池 2 颗 LED 背光应用.....9
锂电池 3 颗 LED 背光应用.....11
锂电池 4 颗 LED 背光应用.....12
锂电池 6 颗 LED 背光应用.....12
锂电池 8 颗 LED 背光应用.....13
AT400A 1W LED 手电筒应用.....14
四节碱性或两节 CR23 电池 1W/3W LED 手电筒应用（降压模式）.....15
采用 MOSFET 的降压方案.....17
封装.....17

概述

AT400是一颗高效率、低启动电压的LED恒流驱动芯片，其内部集成了基准源、误差放大器、斜率放大器、比较器和动态驱动电路等。配合相应的功率开关管，如低饱和导通压降的晶体管、MOSFET），加上少数元器件，就可以完成升压恒流驱动或降压恒流驱动的多种功能，负载可以是背光应用的串联多颗小电流LED或是手电筒应用的大功率LED。

AT400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，有利于提高电路的整体工作效率，而良好的负载及线路调整率可以保证驱动电路的恒流精度。由于工作频率较高，驱动电路可以使用小标称值的功率电感和陶瓷滤波电容器，配合SOT23-6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，AT400特别适合各种电池供电的便携式设备应用。

AT400的使能端STDN可以用来作为PWM调光的控制或者控制芯片在需要时处于休眠状态，已节省电源消耗。



主要特征

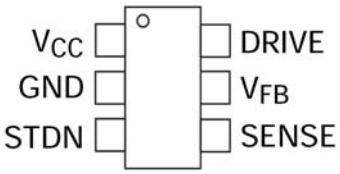
- 输入电压1.5V~18V
- 工作效率可达98%
- 可工作于升压或降压恒流模式
- 8μA 典型待机电流
- 最高工作频率200KHz
- 管脚兼容 ZETEX's ZSXC400
- SOT23-6 封装

www.analogtek.com.cn Tel: +086-027-87778006; Fax: +086-027-87778006

应用领域

- •LCD背光驱动应用
- • 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
- • LED手电筒、头邓、工作灯
- • 电池供电的便携式设备

管脚定义



管脚	名称	定义
1	V_{CC}	输入电压，1.5V to 18V.
2	GND	地
3	STND	使能及PWM调光控制输入端
4	SENSE	电感电流反馈输入端，典型阈值反馈电压为19mV.
5	V_{FB}	LED电流反馈输入端，典型阈值反馈电压为300mV
6	DRIVE	外包功率开关管的驱动输出，典型驱动输出电流为10mA~15mA

极限参数:

V_{CC}	-0.3V ~ +18V
V_{DRIVE}	-0.3V ~ V_{CC} + 0.3V
V_{STDN}	-0.3V ~ (+5.0V) or (V_{CC} + 0.3V)较低者
V_{SENSE}	-0.3V ~ (+5.0V) or (V_{CC} + 0.3V)较低者
工作温度	-40°C to +85°C
存储温度	-55°C to +125°C
耗散功率	450mW

电特性:

测试条件：VCC= 3V, T= -40°C to 85°C 除非另行说明

AnalogTek official

www.analogtek.com.cn Tel: +086-027-87778006; Fax: +086-027-87778006

Symbol	Parameter	Conditions	Limits			Units
			Min	Typ	Max	
Supply parameters						
V_{IN}	V_{CC} Range		1.5		18	V
Iq^1	Quiescent Current	V_{CC} = 8V			220	μA
I_{STDN}	Shutdown Current			4.5		μA
Eff^1	Efficiency	30mA > I_{LED} > 10mA		80		%
Acc_{REF}	Reference tolerance	0.9V < V_{CC} < 8V	-3.0		3.0	%
TCO_{REF}	Reference Temp Co			0.005		%/°C
T_{DRIVE}	Discharge pulse width	0.9V < V_{CC} < 8V		1.7		μs
F_{OSC}	Operating Frequency				200	kHz
Input parameters						
V_{SENSE}	Sense voltage		14	19	24	mV
I_{SENSE}	Sense input current	V_{FB} = 0V, V_{SENSE} = 0V	-1	-7	-15	μA
V_{FB}	Feedback voltage		291	300	309	mV
I_{FB}^2	Feedback input current	V_{FB} = 0V, V_{SENSE} = 0V	-1.2		-4.5	μA
V_{IH}	Shutdown high voltage		1.5		V_{cc}	V
V_{IL}	Shutdown low voltage		0		0.55	V
dV_{LN}	Line voltage regulation			0.5		%/V
Output parameters						
I_{OUT}^3	Output current	Vin > 2V, Vout = 10.5V	50			mA
I_{DRIVE}	Transistor drive current	Vdrive = 0.7V	5	10	15	mA
V_{DRIVE}	Transistor voltage drive	0.9V < V_{CC} <18V	0		V_{cc}-0.4	V
C_{DRIVE}	Mosfet gate drive cpbty			300		pF
$dILD^4$	Load current regulation				0.1	mA/V

注:

1 Excluding gate/base drive current.

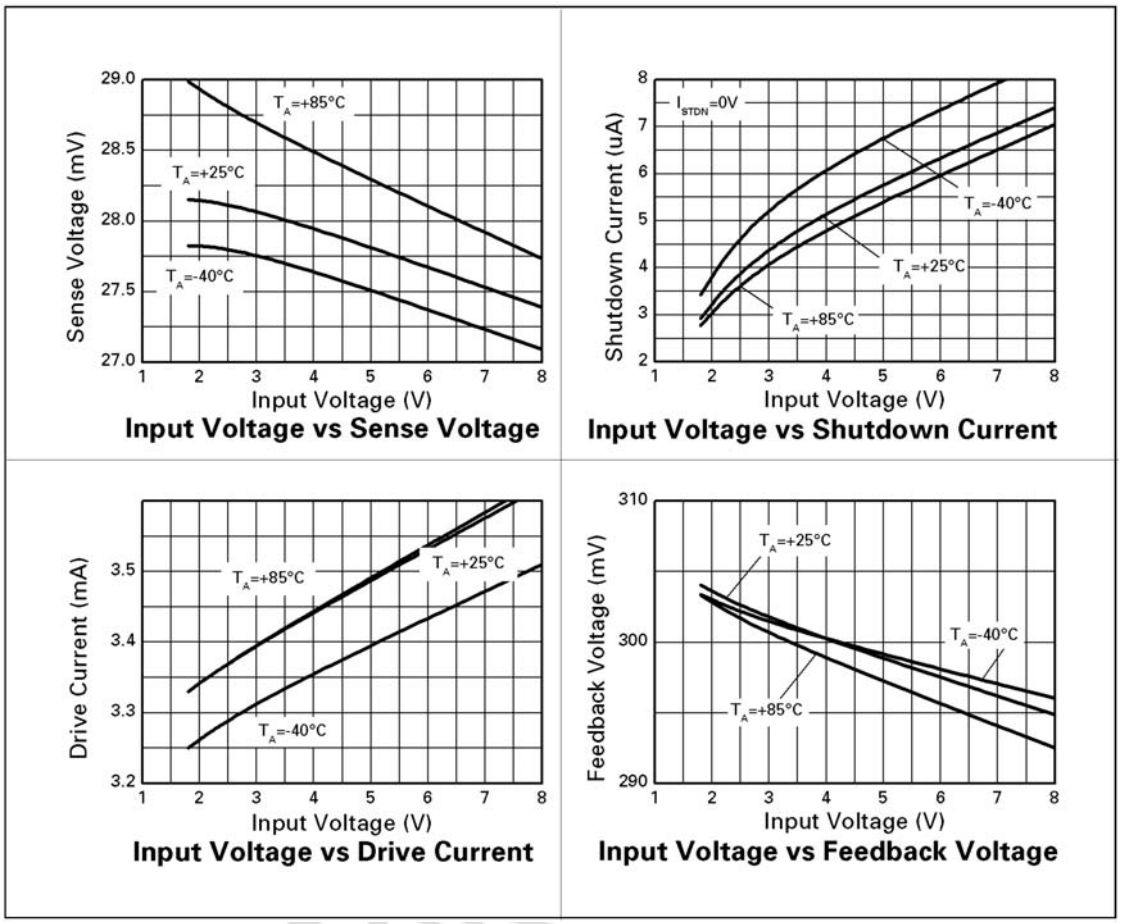
2 IFB is typically half these values at 300mV.

3 System not device spec, including recommended transistors. 10.5V represents 3 white LEDs.

4 Change in LED current with changing supply voltage (LED VF x number of series LEDs).

典型特性

www.analogtek.com.cn Tel: +086-027-87778006; Fax: +086-027-87778006



工作原理

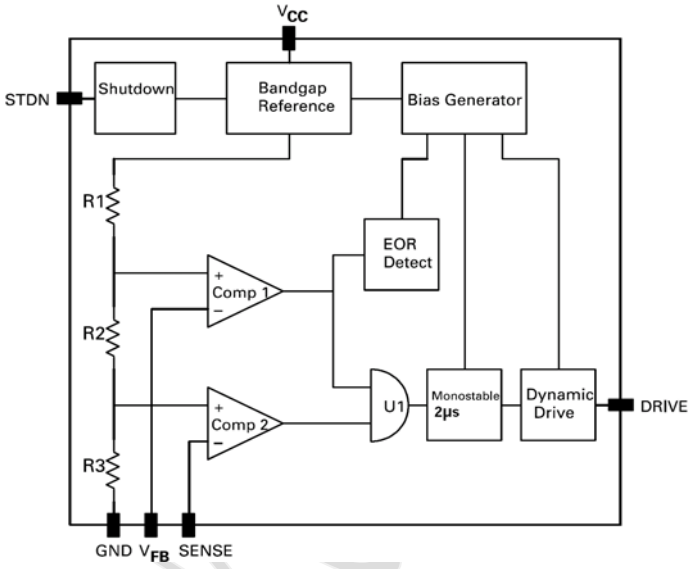
基准源：带温度补偿的1.22V内部参考电压源为片内各个阈值电压及参考电流提供基准。

动态驱动输出：根据芯片内部电路控制，Drive管脚输出的“高”或“低”电平。高电平时能够输出10mA的电流以驱动外部开关晶体管的基极或MOSFET的栅极（最大驱动电平为Vcc-0.4V）使其导通。为保证工作效率，外部开关晶体管或MOSFET除了要深度导通外，还必须能够快速的开通或关断，芯片内部加入瞬变的大电流以快速泄放晶体管的基极电流货MOSFET的栅极电荷。

开关电路：开关电路由两个比较器Comp1及Comp2、一个与门（U1）、一个可再触发的单稳态触发器和驱动输出极组成。以升压模式为例，初始时单稳态触发器被复位，Drive引脚输出为高，外部开关管导通，流过开关管、功率电感、电流取样电阻Rsense的电流呈指数上升，当Rsense上的电压达到19mV时，比较器Comp2输出低电平，通过与门U1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；此时功率电感通过肖特基二极管向LED释放能量，电流流过负载及电流取样电阻R_{FB}并呈指数下降。如果V_{Rfb}大于300mV，则比较器Comp1会输出低电平。单稳态触发器维持关断时间为2μs，当单稳态触发

器维持时间过后，如果V_{Rfb}仍然大于300mV，则比较器一直输出低电平，这将强制单稳态触发器继续维持触发态，输出低电平；直到负载电流下降导致V_{Rfb}小于300mV，比较器Comp1才会输出高电平，单稳态触发器得以复位，Drive引脚再次输出为高，外部开关管导通，重新开始一个新的周期。

原理框图



应用信息

功率开关管的选择

功率开关管是影响本电流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AT400的驱动能力有限，为保证开关管充分导通，选用的晶体管时要求低饱和压降Vce(sat)外，增益(β)也最好在200以上。可推荐的型号有2SD1628、FMM617等。

MOSFET由于导通电阻低、所需的驱动功率小的特点，也是很好的选择。应注意选Vgs阈值电压低于4.5V且Ciss小于500pF的型号，可推荐的型号如AO3414、Si2306、AT3414等。

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IN5817、SS14、1N5819、SS24等。

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。但是大的电感值也往往导致功率电感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，它往往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。对于AT400的大多数应用，

www.analogtek.com.cn Tel: +086-027-87778006; Fax: +086-027-87778006

10~22uH的电感值已经可以满足基本要求。具体应用参数可参考下面的典型电路。

电容的选择

为保证电路稳定的工作和降低EMC，输入、输出滤波电容必不可少，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，应用于小电流情况下时，4.7μF即可。如果是大电流输出时，则最好在10μF以上。大多数情况下，10μF的输入滤波电容已可以满足要求。但是当输出电流在数百mA以及更大时，上百μF的输入滤波电容是必须的。

电感电流的设定

电感电流由负端与地间串接的取样电阻Rsense设定。计算公式为：

$$R_{SENSE} = \frac{V_{SENSE}}{I_{PK}}$$

输出功率计算

输出功率：

$$P_{OUT} = I_{AV} \times V_{IN} \times \eta(Watts)$$

其中

$$I_{AV} = \frac{I_{PK}}{2} \times \frac{T_{ON} + T_{DIS}}{T_{ON} + T_{OFF}}$$

其中

$$T_{ON} = \frac{I_{PK} \times L}{V_{IN}}$$

其中

$$T_{DIS} = \frac{I_{PK} \times L}{(V_{LED} - V_{IN})}$$

其中

$$T_{OFF} = 1.7\mu s \quad \text{(由AT400A芯片内部设定)}$$

其中

$$\eta = efficiency \quad \text{e.g. 100\% = 1}$$

开关频率：

$$F = \frac{1}{T_{ON} + T_{OFF}}$$

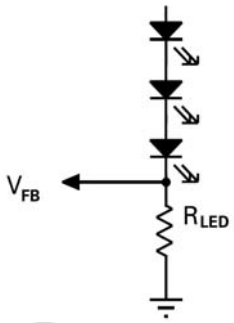
LED电流的设定

升压模式下，LED电流由负端与地间串接的取样电阻R_{FB}设定。计算公式为：

www.analogtek.com.cn Tel: +086-027-87778006; Fax: +086-027-87778006

AnalogTek Confidential

$$I_{LED} = \frac{V_{FB}}{R_{LED}}$$



其中 V_{FB} = 300mV

R_{LED} selection table

I_{LED}	R_{LED}
40mA	7.5Ω
30mA	10Ω
20mA	15Ω
15mA	20Ω
10mA	30Ω

降压模式下，V_{FB}管脚被接地，LED的电流开关功率管发射极（MOSFET管源极）与地间串联的取样电阻Rsense设定，计算公式为

I_{LED}= Vsense / Rsense =0.019V/Rsense

注意：升压模式下此公式为限制输入峰值电流的公式，即

Ipk= Vsense/Rsense=0.019V/Rsense

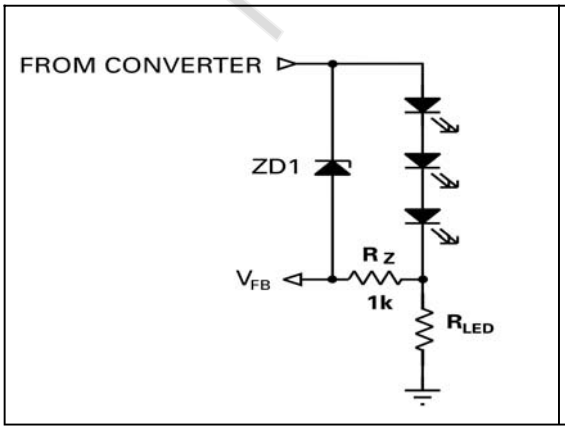
对于升压电路，输入峰值电流（即电感电流）是负载电流的数倍，其表达式为：

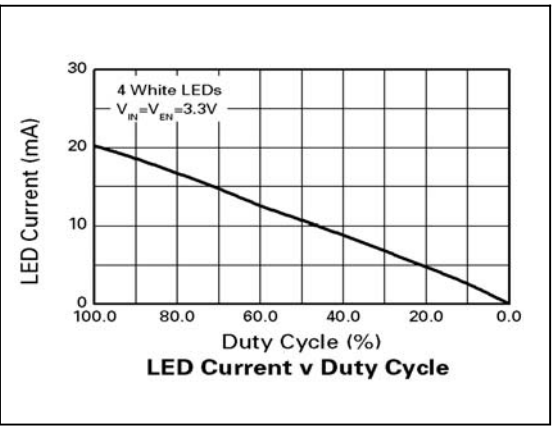
Ipk=I_{LED}×（V_{LED}/(Vin× η)）(η为保守预估的效率，一般可取为0.7~0.8)

为保证输出电流的精度和产品的一致性，R_{FB}及R_{sense}建议使用1%精度的电阻，并要求充分考虑其功率耗散。

输出开路保护

在升压模式下如果LED开路，则输出端产生的高压会危及IC及开关管，因此有必要加入输出开路保护电路。典型电路示意如下：





www.analogtek.com.cn Tel: +086-027-87778006; Fax: +086-027-87778006

图中的稳压二极管应该选择大于等于所有LED正向电压总和的110%左右，LED开路状态下，ZD1上电流：$I_Z = \frac{V_{FB}}{R_Z}$

使能控制

AT400的STDN管脚是使能控制脚，当该管脚电压大于1.5V或者开路时，AT400使能，电路正常工作。当该管脚电压小于0.55V或者接地时，AT400被关闭，电路停止工作。

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AT400不工作时，仍可能（取决于输入输出电压差）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。如需要根除此问题，则需要另外采取措施，可参见PWM调光。

调光

有四种调光方式

采用STND调光

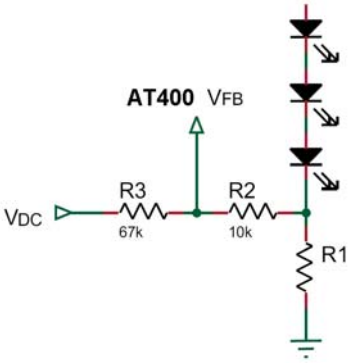
将PWM波形加在STND管脚上，控制LED电流。PMW波形的幅值在0.7V~Vcc之间，频率在120Hz或以上以消除LED的闪烁。LED的电流线性比例于PWM波形的占空比，即0~100%的占空比信号可得到对应的0~100%的亮度变化。PWM调光的优点是亮度变化时不会改变LED的色温。

应该注意的是PWM信号的电平和频率，要求其低电平不得高于0.5V，而高电平应该大于1.5V，频率要在120Hz以上。

另外由于升压电路特定的拓扑结构，会存在直通现象。为解决此问题，可在LED的负端与采样电阻间串入一个NMOSFET，并使之与AT400的STDN端受同一个PWM信号控制，此时升压电路必须加入有效的输出开路保护电路。

模拟调光

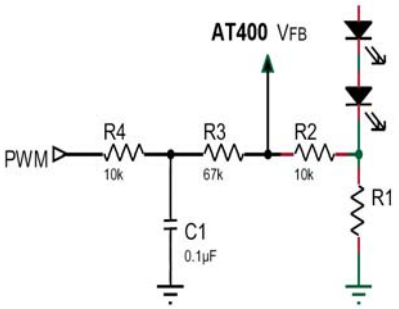
图中Vdc是调光电压，由于V_{FB}是定值，随着V_{DC}的增加，R2上的压降增加而R1上的压降减少从而导致LED上的电流下降。R2、R3的选择原则是通过它们的电流要绝度小于LED电流而大于I_{FB}。按图中的元件值可在0-2V的调光电压下，获得0~100%的亮度控制范围。



滤波PWM信号调光

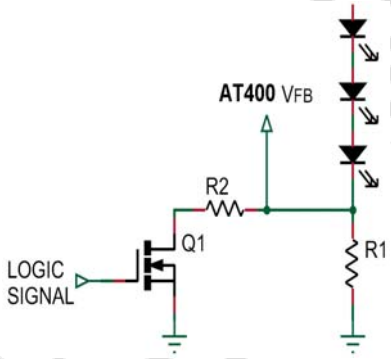
PWM信号能加在RC网络上调光，如下图所示。图例中显示1KHz~100KHz PWM信号2V的振幅能够提供0%d到100%的调光，50%的占空比提供50%的调光。PWM信号加在RC网络上实

际上是可调的直流电压。



逻辑信号调光

如果需要得到两种不同的亮度，可用下图电路：



MOSFET “关”

$$I_{LED(MIN)} = \frac{V_{FB}}{R_{LED}}$$

MOSFET “开”

$$I_{LED(MAX)} = \frac{V_{FLB}}{R_{LED}} + I_{LED(MIN)}$$

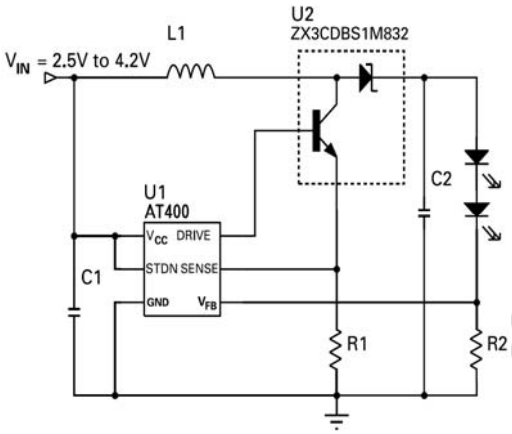
其中 V_{FB} = 300mV

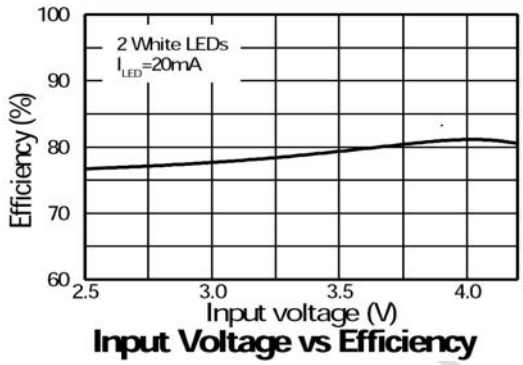
PCB布局

良好的PCB布局是保证电路稳定、高效而低噪音工作的重点。首先要考虑开关管和LED主电流回路的尽可能短，以保证低阻抗。各个回路间采用星型一点接地的方式，不要有共同的路径；其次由于Vsense的值较低，容易受干扰，取样电阻与Sense引脚间连线要尽可能短，以免分布电阻和电容的影响；此外就是芯片的电源滤波电容要尽可能靠近IC。

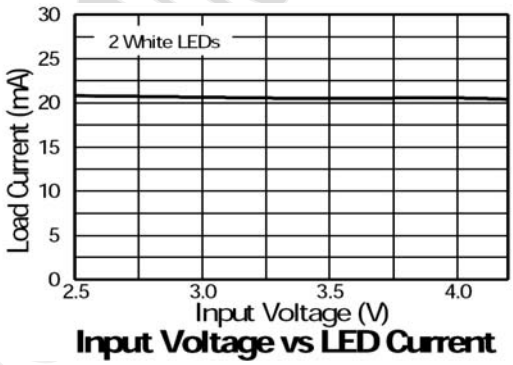
参考设计

锂电池 2 颗 LED 背光应用





Input Voltage vs Efficiency

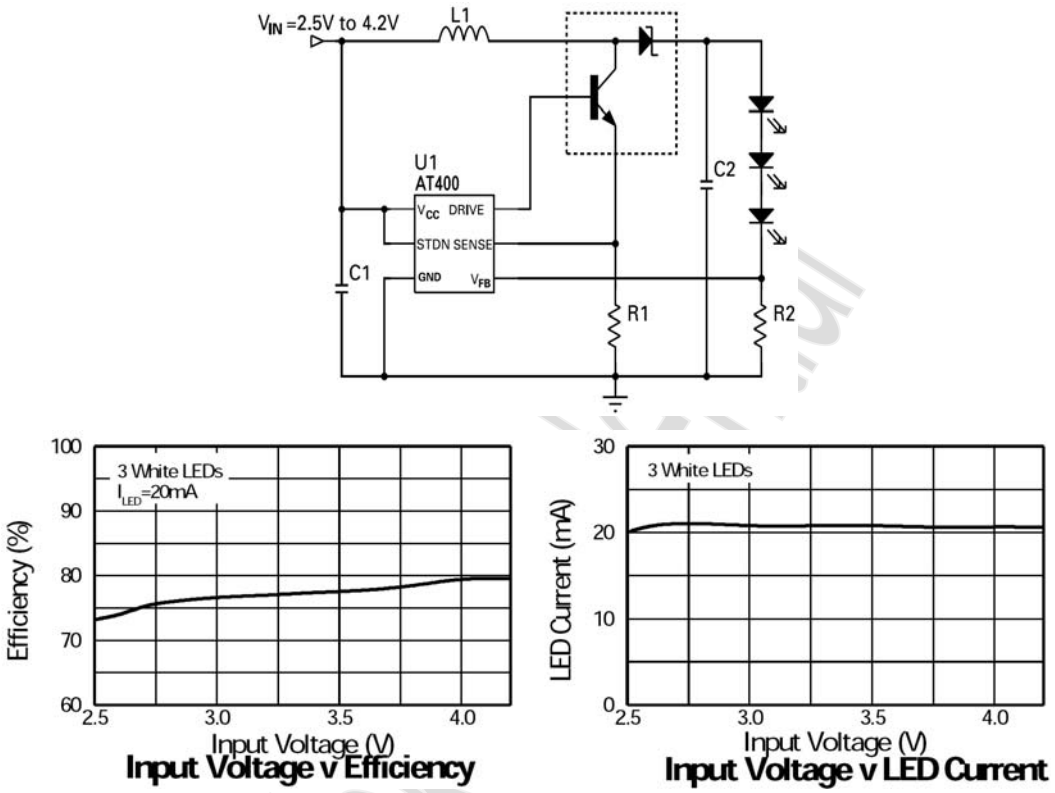


Input Voltage vs LED Current

材料清单

Ref	Value	Part Number	Manufacture	Comments
U1		AT400	AnalogTek	LED driver IC
U2		ZX3CDBS1M832	Zetex	NPN + Schottky dual
L1	10μH	CMD4D11-100MC	Sumida	1mm height profile
R1	100mΩ	LR1206 / RL1220	IRC / Cyntec	1206 / 0805 size
R2	15Ω	Generic	Generic	0603 size
C1	2.2μF/6V3	GRM Series	Murata	0805 size
C2	2.2μF/16V	GRM Series	Murata	1206 size
LED		NSCW215	Nichia	White SMT LED

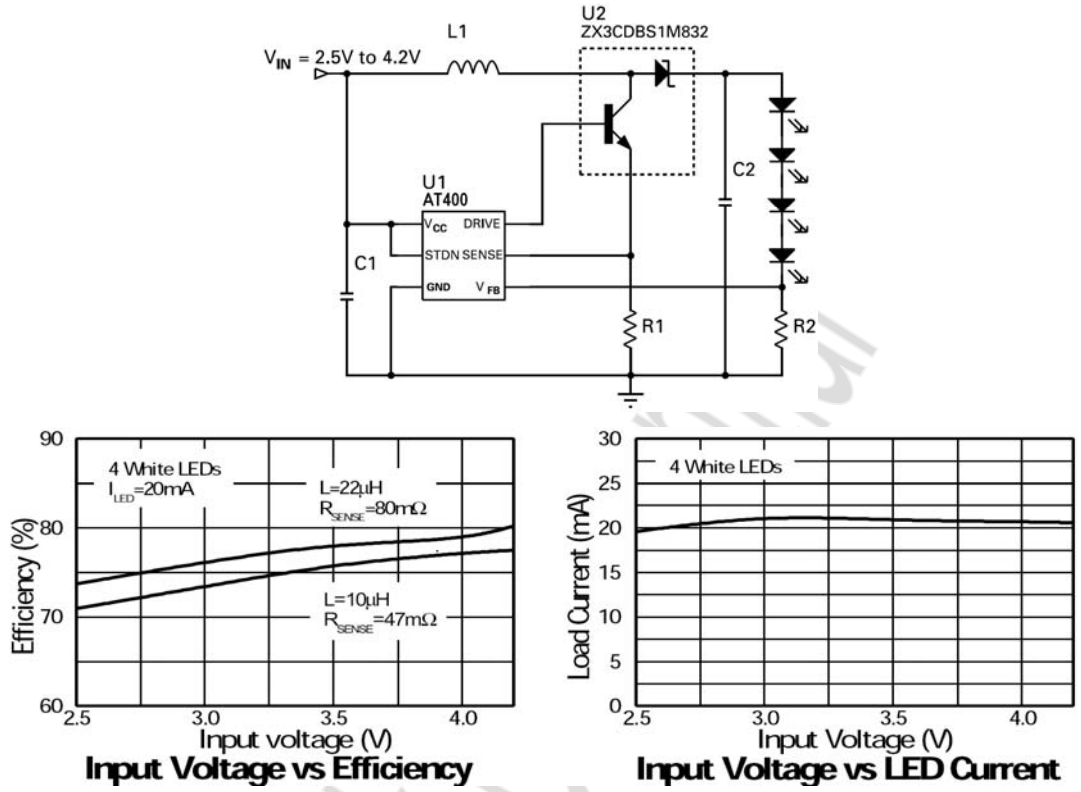
锂电池 3 颗 LED 背光应用



材料清单

Ref	Value	Part Number	Manufacture	Comments
U1		AT400	AnalogTek	LED driver IC
U2		ZX3CDBS1M832	Zetex	NPN + Schottky dual
L1	10μH	CMD4D11-100MC	Sumida	1mm height profile
R1	68mΩ	LR1206 / RL1220	IRC / Cyntec	1206 / 0805 size
R2	15Ω	Generic	Generic	0603 size
C1	2.2μF/6V3	GRM Series	Murata	0805 size
C2	2.2μF/16V	GRM Series	Murata	1206 size
LED		NSCW215	Nichia	White SMT LED

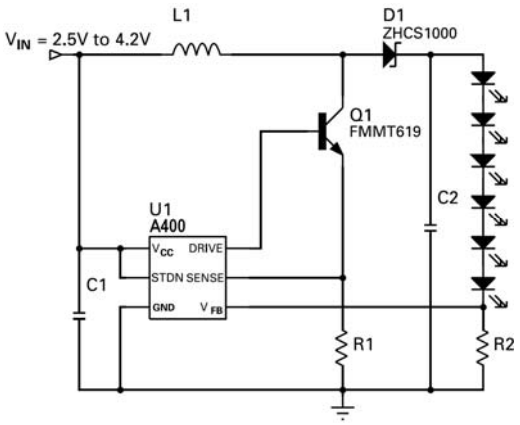
锂电池 4 颗 LED 背光应用

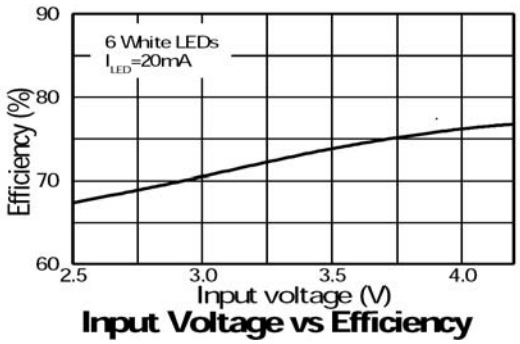


材料清单

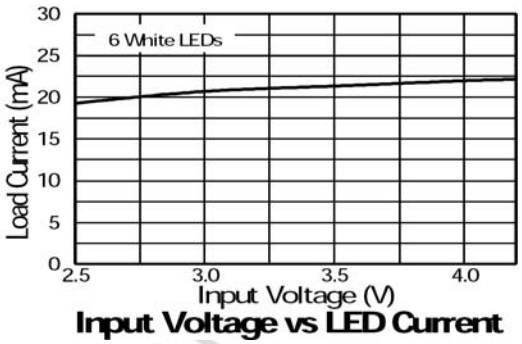
Ref	Value	Part Number	Manufacture	Comments
U1		AT400	AnalogTek	LED driver IC
U2		ZX3CDBS1M832	Zetex	NPN + Schottky dual
L1	10µH	CMD4D11-100MC	Sumida	1mm height profile
R1	47mΩ	LR1206 / RL1220	IRC / Cyntec	1206 / 0805 size
R2	15Ω	Generic	Generic	0603 size
C1	2.2µF/6V3	GRM Series	Murata	0805 size
C2	2.2µF/16V	GRM Series	Murata	1206 size
LED		NSCW215	Nichia	White SMT LED

锂电池 6 颗 LED 背光应用





Input Voltage vs Efficiency

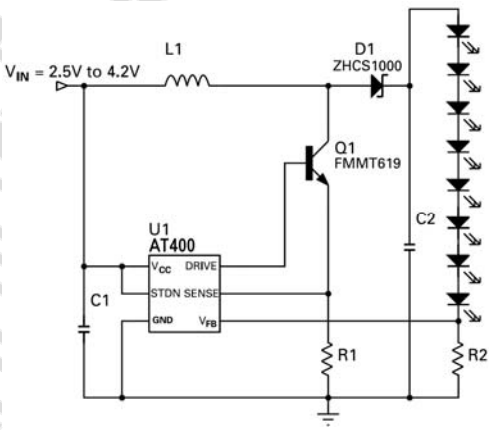


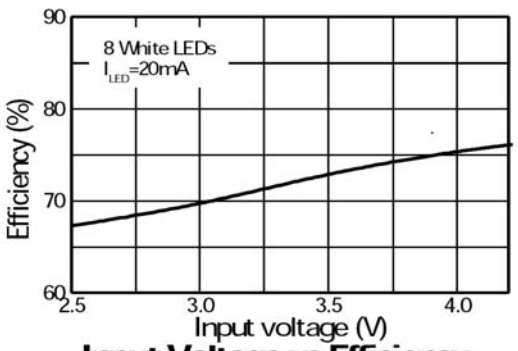
Input Voltage vs LED Current

材料清单

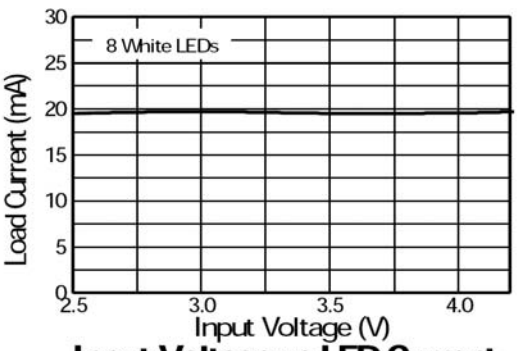
Ref	Value	Part Number	Manufacture	Comments
U1		AT400	AnalogTek	LED driver IC
Q1		FMMT619	Zetex	40V NPN
D1		ZHCS1000	Zetex	1A Schottky diode
L1	22μH	CMD4D11-220MC	Sumida	1mm height profile
R1	47mΩ	LR1206 / RL1220	IRC / Cyntec	1206 / 0805 size
R2	15Ω	Generic	Generic	0603 size
C1	2.2μF/6V3	GRM Series	Murata	0805 size
C2	2.2μF/25V	GRM Series	Murata	1206 size
LED		NSCW215	Nichia	White SMT LED

锂电池 8 颗 LED 背光应用





Input Voltage vs Efficiency

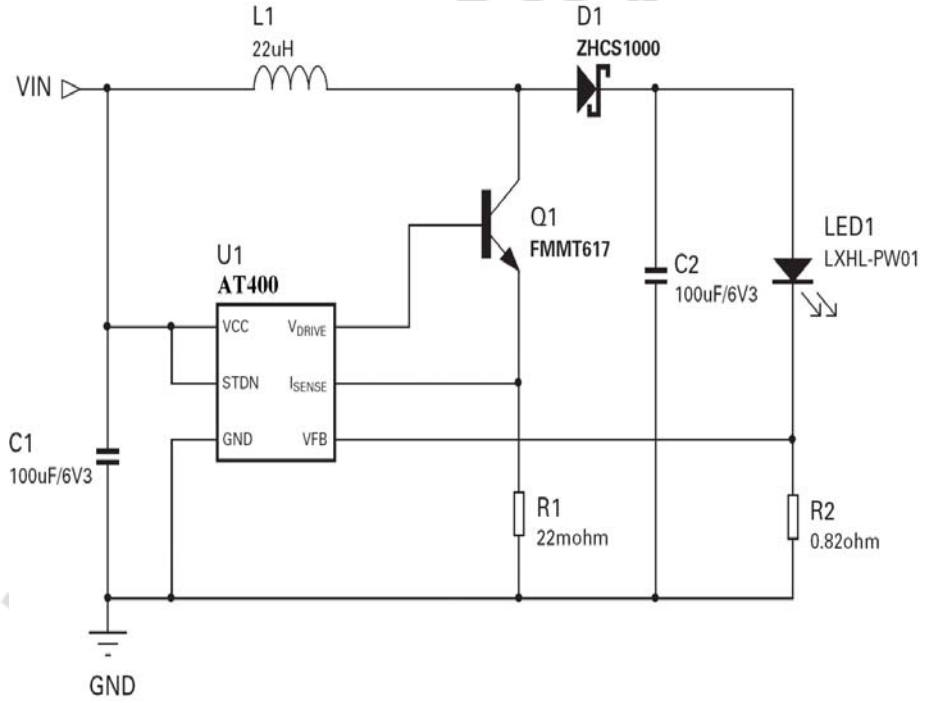


Input Voltage vs LED Current

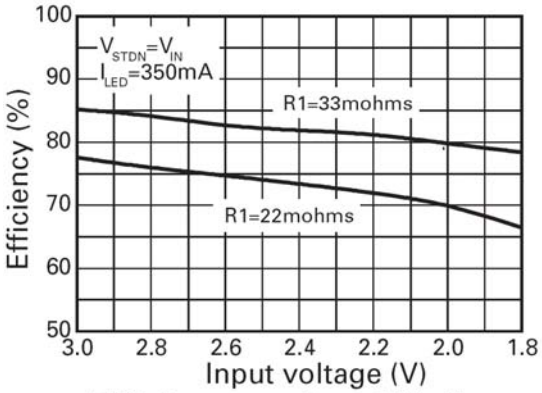
Ref	Value	Part Number	Manufacture	Comments
U1		AT400	AnalogTek	LED driver IC
Q1		FMMT619	Zetex	40V NPN
D1		ZHCS1000	Zetex	1A Schottky diode
L1 or	22μH	CDRH4D28-220 D01608C-223	Sumida Coilcraft	0.7A, 0.235Ω 0.7A, 0.37Ω
R1	33mΩ	LR1206 / RL1220	IRC / Cyntec	1206 / 0805 size
R2	15Ω	Generic	Generic	0603 size
C1	2.2μF/6V3	GRM Series	Murata	0805 size
C2	2.2μF/35V	GRM Series	Murata	1206 size
LED		NSCW215	Nichia	White SMT LED

AT400A 1W LED 手电筒应用

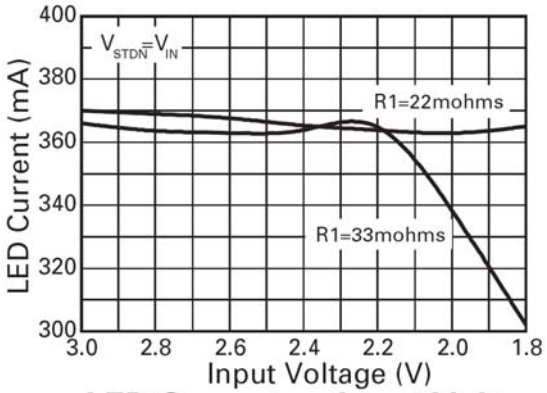
上图中的R1如果采用22mΩ，则在1.8~3V的范围内均可保持恒流工作。如果希望提高效率，可将R1改用33mΩ,但当输入电压低于2V时，恒流特性会有下降，具体参见特性曲线图。



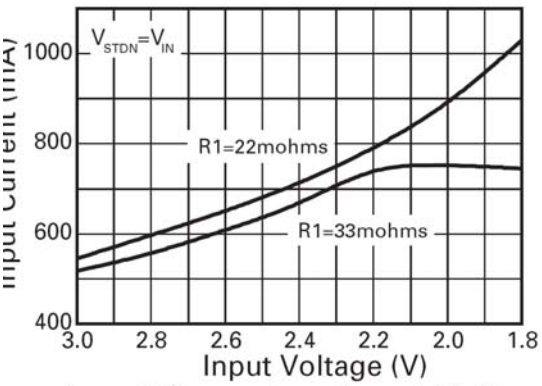
www.analogtek.com.cn Tel: +086-027-87778006; Fax: +086-027-87778006



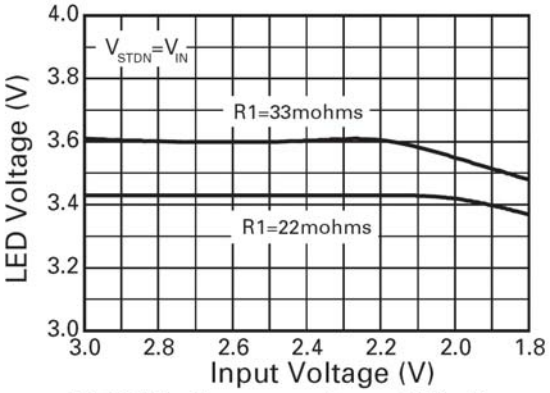
Efficiency vs Input Voltage



LED Current vs Input Voltage



Input Current vs Input Voltage



LED Voltage vs Input Voltage

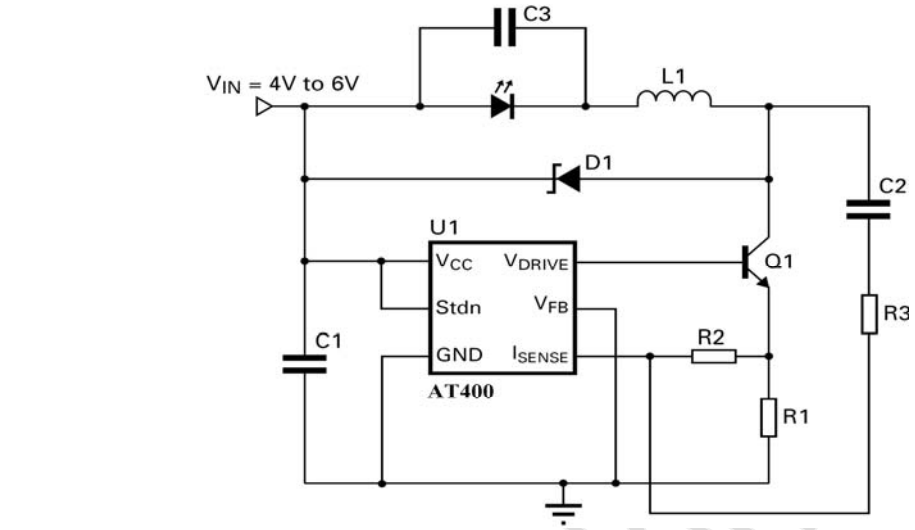
材料清单

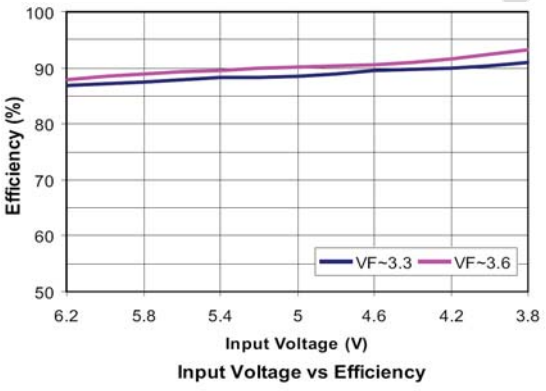
Ref.	Value	Package	Part number	Manufacturer	Contact	details Notes
U1	N/A	SOT23-6	AT400A	AnalogTek	www.analogtek.com.cn	Boost converter
Q1	N/A	SOT23	FMMT617	Zetex	www.zetex.com	Low sat NPN transistor
D1	22uH/2.5A	SOT23	ZHCS1000	Zetex	www.zetex.com	40V/1A Schottky diode
L1	22uH/2.5A	N/A	DO3316P-223	Coilcraft	www.coilcraft.com	22_H/2.5A SMT inductor
R1	22mΩ	0805		Generic	N/A	0805 5% tolerance
R2	0.82Ω	0805		Generic	NA	0805 5% tolerance
C1	100μF/6V3	1812	18126D107KAT2A	AVX	www.avx.com	100_F/6V3/X5R/1812
C1	100μF/6V3	1812	18126D107KAT2A	AVX	www.avx.com	100_F/6V3/X5R/1812
LED1	1W	N/A	LXHL-PW01	Lumileds	www.lumileds.com	1W white LED emitter

四节碱性或两节 CR23 电池 1W/3W LED 手电筒应用（降压模式）

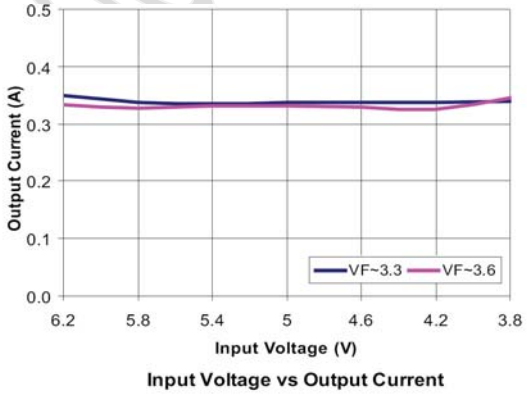
下图中AT400被配置成典型的降压驱动电路，可驱动单颗1W或3W白光LED做手电筒应用，由于不同厂家LED的正向压降不同，下面给出了不同的测试数据。

www.analogtek.com.cn Tel: +086-027-87778006; Fax: +086-027-87778006

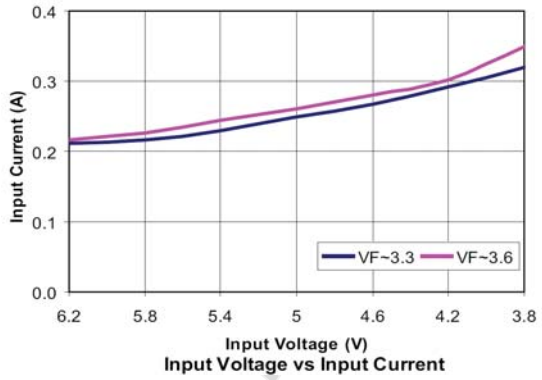




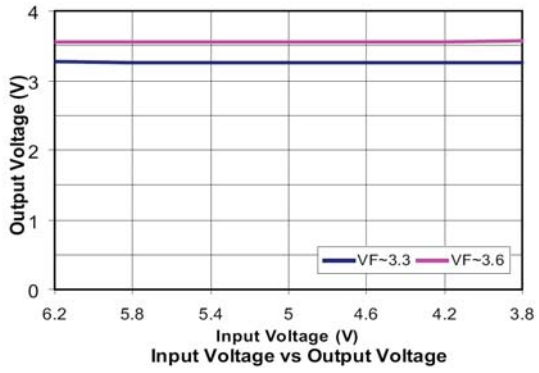
Input Voltage vs Efficiency



Input Voltage vs Output Current



Input Voltage vs Input Current



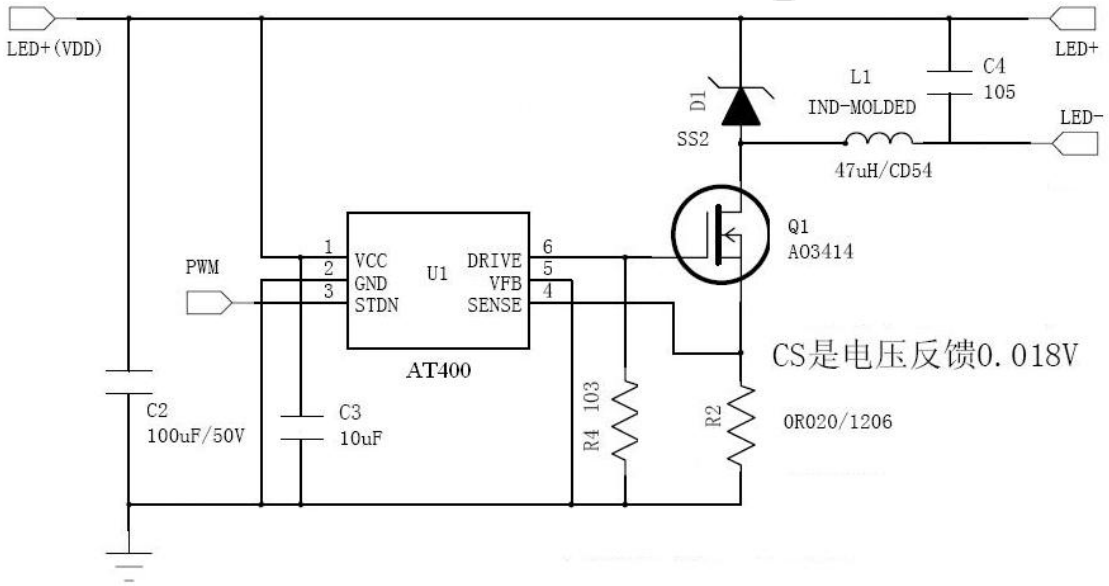
Input Voltage vs Output Voltage

材料清单

Ref.	Value	Package	Part number	Manufacturer	Contact	details Notes
U1	N/A	SOT23-6	AT400A	AnalogTek	www.analogtek.com.cn	Boost converter
Q1	N/A	SOT23	ZXTN25012EFL	Zetex	www.zetex.com	Low sat NPN transistor
D1	40V/0.75A	SOT23	BAT750	Zetex	www.zetex.com	40V/0.75A Schottky diode
L1	47uH	N/A	744052470	Wurth Elektronik	www.we-online.com	I_{SAT} = 520mA
R1	62mΩ	0805		Generic	N/A	0805 1% tolerance

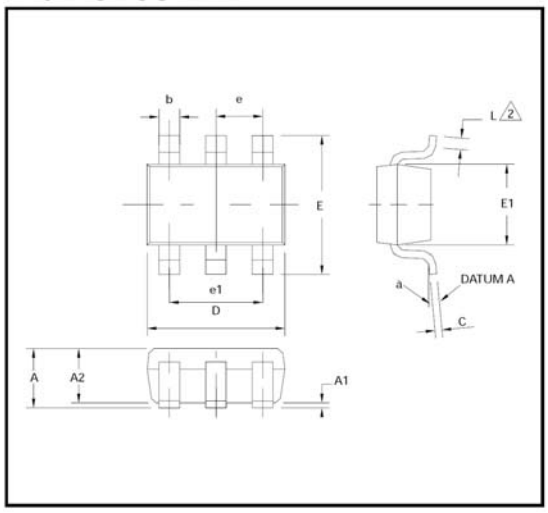
R2	10Ω	0805		Generic	NA	0805 5% tolerance
R3	47Ω	0805		Generic	N/A	0805 5% tolerance
C1	4.7μF/10V	1206		Generic	N/A	X7R/X5R
C2	100pF/10V	0805		Generic	N/A	COG/NPO
C3	1uF/10V	0805		Generic	N/A	X7R/X5R optional

采用 MOSFET 的降压方案

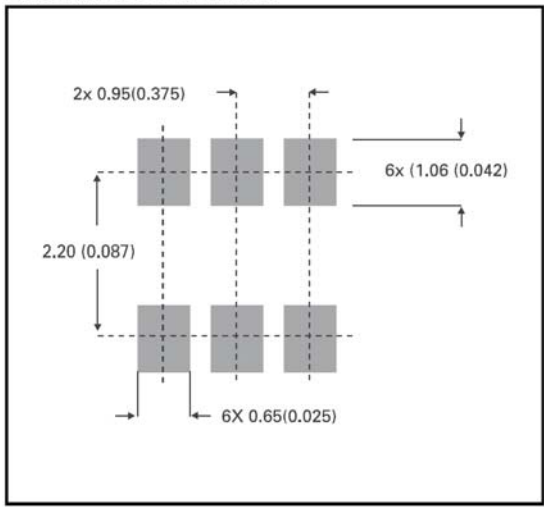


封装

PACKAGE OUTLINE



PAD LAYOUT DETAILS



CONTROLLING DIMENSIONS IN MILLIMETRES APPROX CONVERSIONS INCHES.

www.analogtek.com.cn Tel: +086-027-87778006; Fax: +086-027-87778006

PACKAGE DIMENSIONS

DIM	Millimetres		Inches		DIM	Millimetres		Inches	
	Min	Max	Min	Max		Min	Max	Min	Max
A	0.90	1.45	0.35	0.057	E	2.60	3.00	0.102	0.118
A1	0.00	0.15	0	0.006	E1	1.50	1.75	0.059	0.069
A2	0.90	1.30	0.035	0.051	L	0.10	0.60	0.004	0.002
b	0.35	0.50	0.014	0.019	e	0.95 REF		0.037 REF	
C	0.09	0.20	0.0035	0.008	e1	1.90 REF		0.074 REF	
D	2.80	3.00	0.110	0.118	L	0°	10°	0°	10°

You are appreciated for using or commenting on our products. All documents are available at our website http://www.analogtek.com.cn, and can be downloaded freely. Thank you!

AnalogTek

武汉芯景科技有限公司

May 15, 2010

THE END

AnalogTek Confidential

www.analogtek.com.cn Tel: +086-027-87778006; Fax: +086-027-87778006