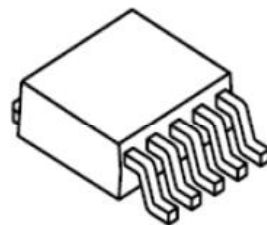


1 安培, 降压式 LED 驱动芯片

特色

- 1 安培输出恒流
- 输入电压 12 伏特、输出电流 350 mA、3 颗 LED 时，效率可达 96%
- 输入电压范围 9~30 伏特
- PFM 方式有效提升效率
- 可调整的输出电流
- 采用低 $R_{ds(on)}$ 的整合式电源开关
- 全方位保护包括：过热保护、欠压锁定(Under Voltage LockOut ,UVLO)、启动装置(Start-Up)、LED开路与短路
- 仅须安装 4 个外部组件，可缩小 PCB 尺寸



GSD:TO-252-5L

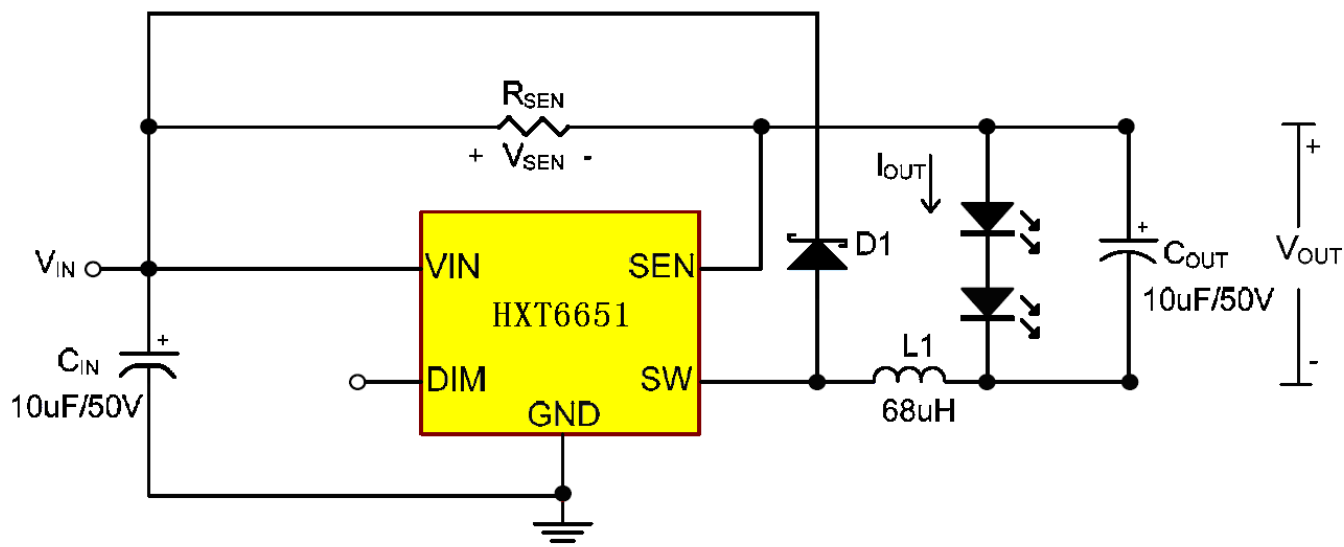
产品说明

HXT6651 为高效率、恒电流、降压型直流对直流转换器，仅须通过 4 个外接组件即可为大电流的 LED 照明提供稳定电流。HXT6651 的 PFM 模式能提升效率最高达 96%，其输出电流可通过不同阻值的外接电阻来调整各输出级的电流大小，且在 DIM 脚连接脉宽调变(PWM)讯号进行调光控制。HXT6651 还包括一系列保护 IC 装置，包括欠压锁定(UVLO)、过热保护机制、LED 开路与短路。为了确保系统稳定性，HXT6651 封装内置散热保护机制与散热片，加强散热功能并避免芯片过热 (165°C)，从而保证系统可以在大电流通过时稳定运作。HXT6651 目前提供的封装为 TO-252-5L。

应用

- 招牌与户外装饰照明
- 车用 LED 照明
- 大电流照明
- 恒流照明源

应用电路图



CIN: VISHAY, 293D106X9050D2TE3, D case Tantalum Capacitor

COUT: VISHAY, 293D106X9050D2TE3, D case Tantalum Capacitor

L1: GANG SONG, GSIDS106C2-680M

D1: ZOWIE, SSCD206

图 1

功能方块图

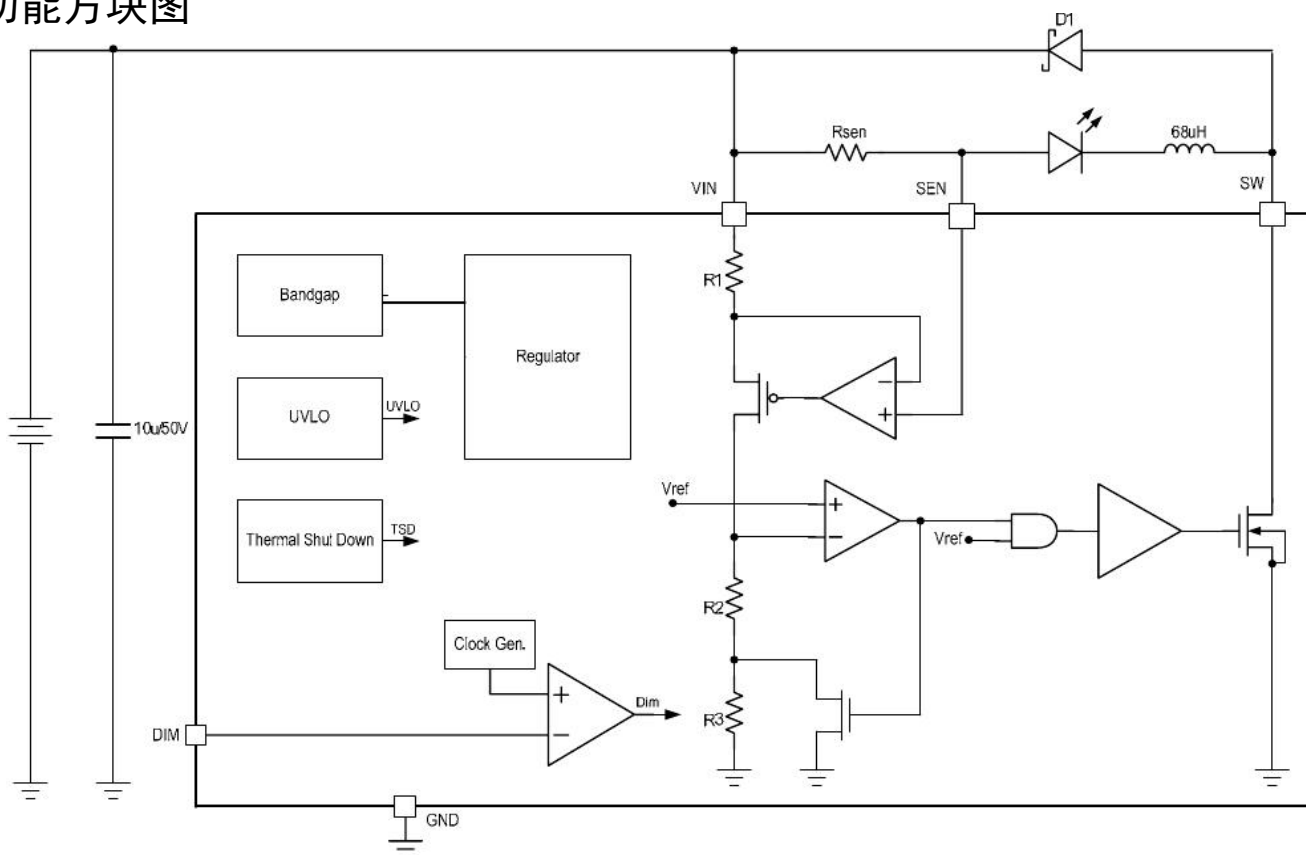
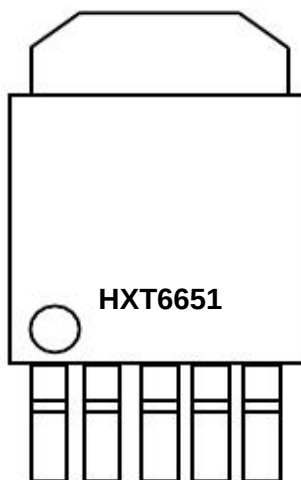


图 2

脚位图



SW DIM CND SEN VIN

TO-252

脚位说明

Pin 脚名称	功能
GND	控制逻辑及驱动电流之接地端。
SW	切换输出端。
DIM	调光控制端。
SEN	输出电流感应端。
VIN	电源电压端。
Thermal Pad	与 GND*连接的散热端。

*为了减少噪音干扰，建议将散热片与 PCB 上的 GND 连接。此外，PCB 上作为热传导用途的铜导线上焊接散热片，热传导功能将可改善。



最大限定范围

超过最大限定范围内工作，将会损害 IC 运作并降低其稳定度。

特性		代表符号	最大工作范围	单位
电源电压		V _{IN}	0~40	V
输出端电流		I _{OUT}	1.2	A
SW脚位的输出端耐受电压		V _{SW}	-0.5~45	V
接地端电流		I _{GND}	1.2	A
消耗功率(在四层印刷电路板上, Ta=25° C)*	GSD 包装	PD	3.80	W
热阻值(在四层印刷电路板上仿真时)*		Rth(j-a)	32.9	°C/W
实证热阻值**			60.85	
消耗功率(在四层印刷电路板上, Ta=25° C)*	GST 包装	PD	0.51	W
热阻值(在四层印刷电路板上仿真时)*		Rth(j-a)	244	°C/W
实证热阻值			132.69	
消耗功率(在四层印刷电路板上, Ta=25° C)*	GMS 包装	PD	3.3	W
热阻值(在四层印刷电路板上仿真时)*		Rth(j-a)	37.53	°C/W
实证热阻值			141.33	
工作时接合点温度		Tj,max	125	°C
IC工作时的环境温度		Topr	-40~+85	°C
IC储存时的环境温度		Tstg	-55~+150	°C

*模拟时，PCB 尺寸为 76.2mm*114.3mm。

**PCB 面积为 IC 的 4 倍大，且量测实证热阻时无外加散热片。



直流特性

测量条件：除非其它条件设定，否则测量条件为 $V_{IN}=12V$ 、 $V_{OUT}=3.6V$ 、 $L1=68\mu H$ 、 $C_{IN}=C_{OUT}=10\mu F$ ， $T_A=25^{\circ}C$ ；请参考测试电路图3(a)。

特性	代表符号	测量条件	最小值	一般值	最大值	单位
电源电压	V_{IN}		9	-	30	V
供应电流	I_{IN}	$V_{IN}=9V\sim 30V$	-	1	2	mA
输出端电流	I_{OUT}		-	350	1000	mA
输出端电流精确度	dI_{OUT}/I_{OUT}	$150mA \leq I_{OUT} \leq 1000mA$,	-	± 3	± 5	%
SW 最小电压差	ΔV_{SW}	$I_{OUT}=1A$	-	0.45	-	V
内部传送延迟时间	T_{pd}		100	196	300	ns
效率	η	$V_{IN}=12V$, $I_{OUT}=350mA$, $V_{OUT}=8.5V$	-	94	-	%
输入端电 高电位位准	V_{IH}		3.5	-	-	V
压 低电位位准	V_{IL}		-	-	0.5	V
开关开启时之电阻	$R_{ds(on)}$	$V_{IN}=12V$; 参考测试电路图3(b)	0.4	0.45	0.6	Ω
最短开启时间*	$T_{ON,min}$		100	350	450	ns
最短关闭时间*	$T_{OFF,min}$		100	350	450	ns
SW工作周期建议的范围*	D_{sw}		20	-	80	%
最大操作频率	$Freq_{Max}$		40	-	1000	KHz
电流感测						
SEN 脚平均电压	V_{SEN}	$V_{IN}=10V$, $V1=1V$, 参考测试电路图3 (c)	95	100	105	mV
负载热能						
过热保护关闭值*	T_{SD}		145	165	175	$^{\circ}C$
过热保护关闭之迟滞状态 (Hysteresis) *	T_{SD-HYS}		20	30	40	$^{\circ}C$
欠压锁定(UVLO)						
UVLO 时的电压		$T_A=-40\sim 85^{\circ}C$	7.7	8	8.3	V
UVLO 的缓冲状态			0.15	0.2	0.35	V
重新启动电压			7.85	8.2	8.65	V
调光控制						
运用在DIM 脚的PWM讯号工作周期范围	DutyDIM	PWM 频率: 1KHz	1	-	100	%

*以模拟值为主。



直流特性测试电路图

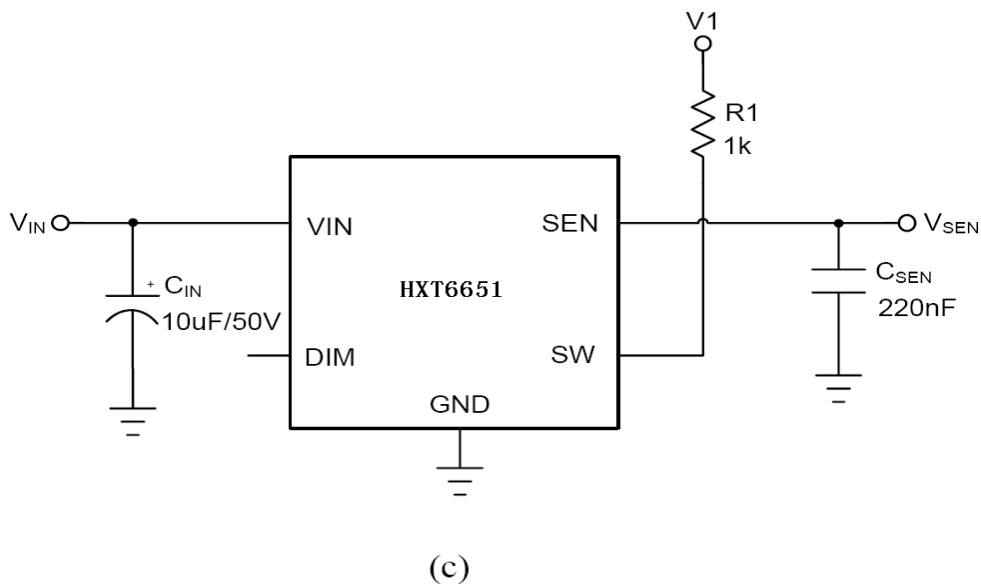
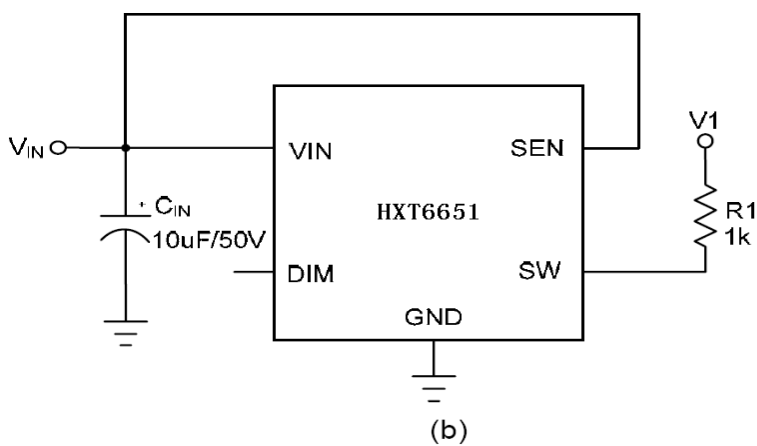
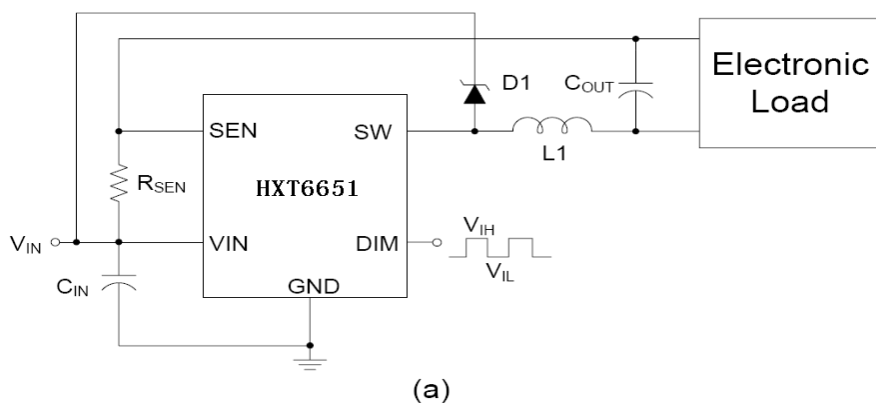


图 3

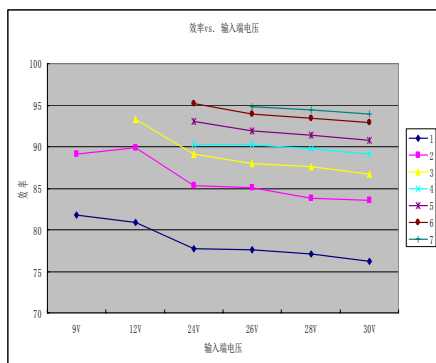


一般表现特性

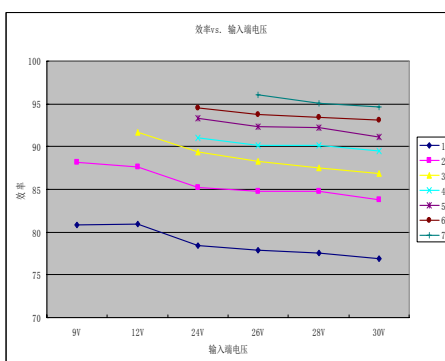
请参考一般应用电路图，除非其它条件定义：

1. 效率vs. 输入端电压 @不同LED 串联颗数

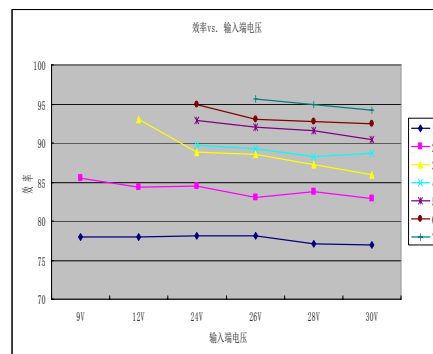
效率 vs. 输入端电压 @ L1=22uH



I_{OUT}=400mA

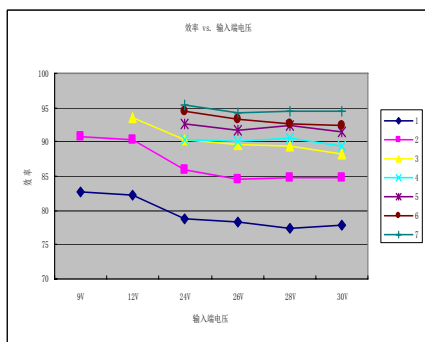


I_{OUT}=600mA

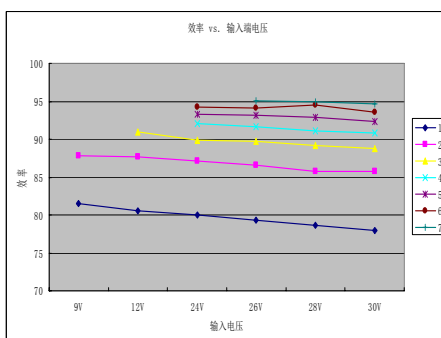


I_{OUT}=900mA

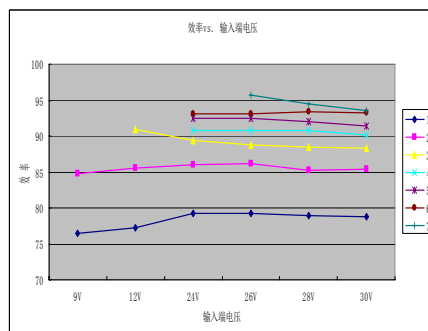
效率 vs. 输入端电压 @ L1=68uH



I_{OUT}=400mA

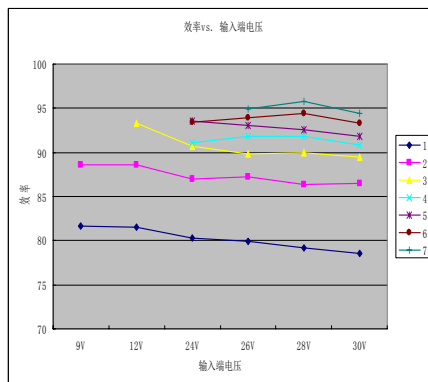


I_{OUT}=600mA

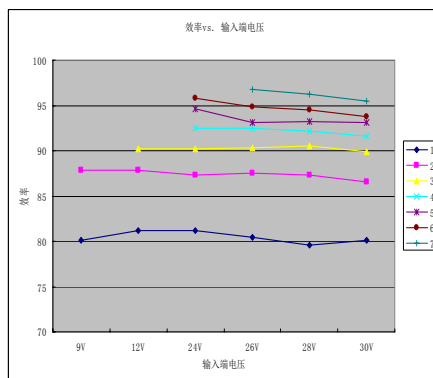


I_{OUT}=900mA

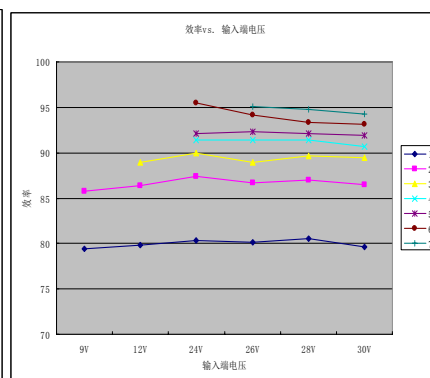
效率 vs. 输入端电压 @ L1=100uH



I_{OUT}=400mA



I_{OUT}=600mA

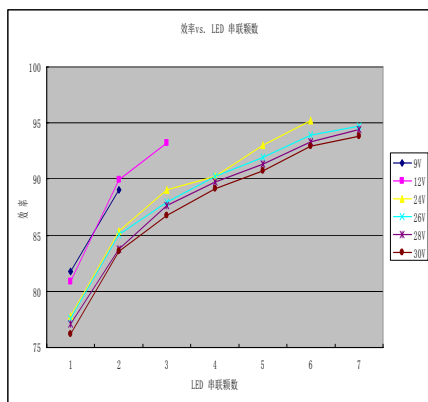


I_{OUT}=900mA

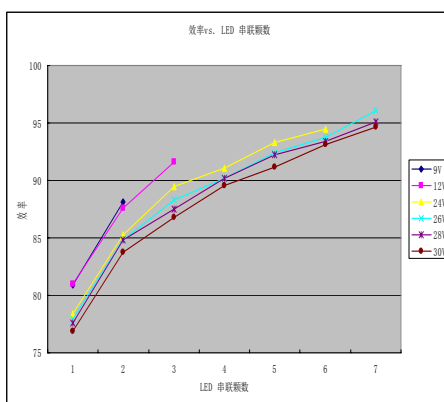


2. 效率vs. LED 串联颗数 @不同输入端电压

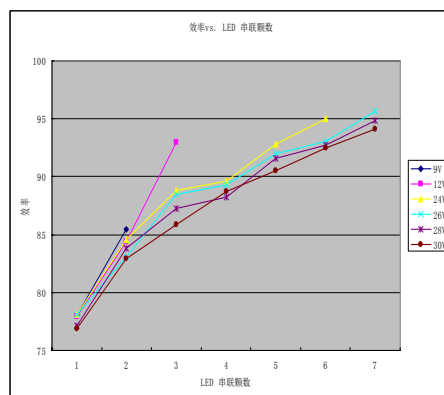
效率vs. LED 串联颗数 @ L1=22uH



IOUT=400mA

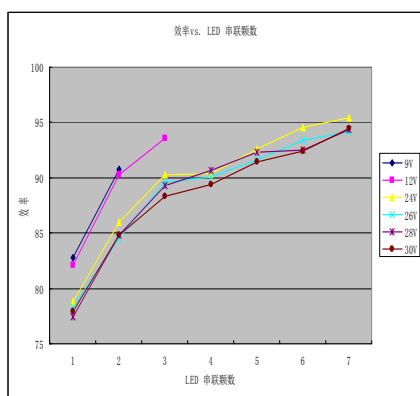


IOUT=600mA

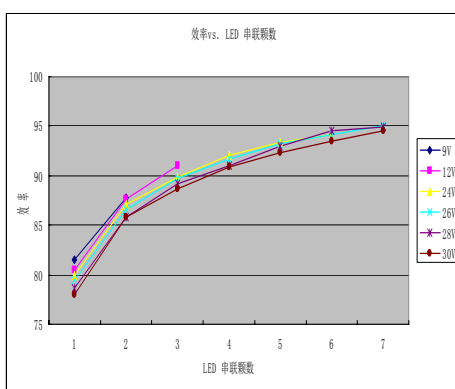


IOUT=900mA

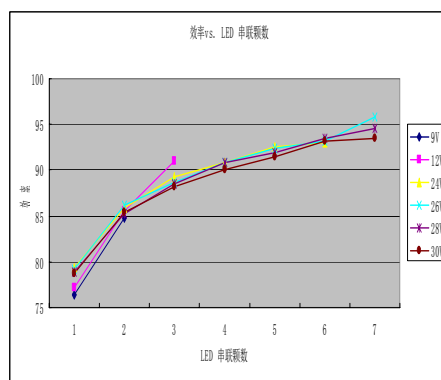
效率vs. LED 串联颗数 @ L1=68uH



IOUT=400mA

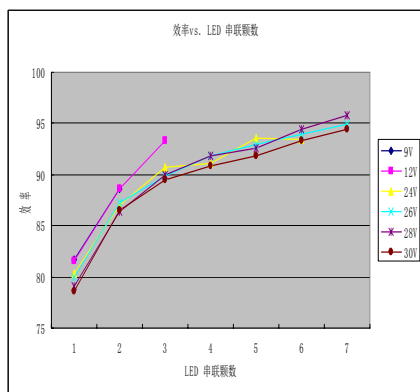


IOUT=600mA

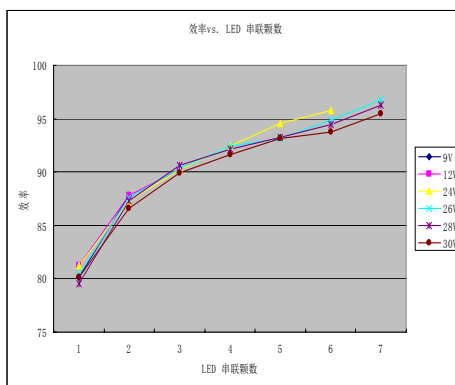


IOUT=900mA

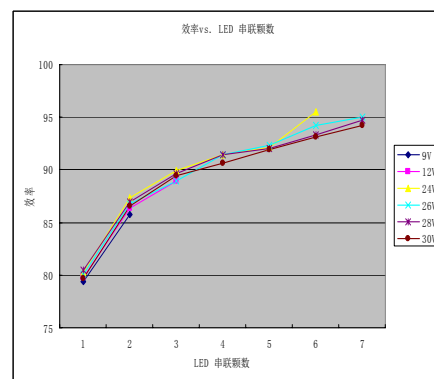
效率vs. LED 串联颗数 @ L1=100uH



IOUT=400mA



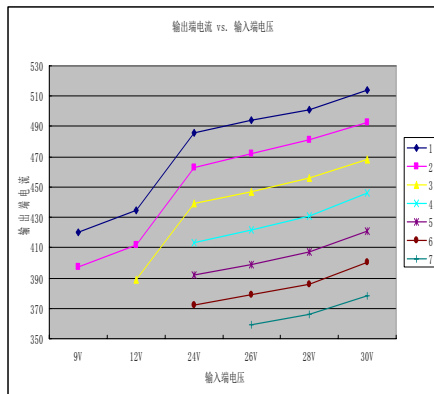
IOUT=600mA



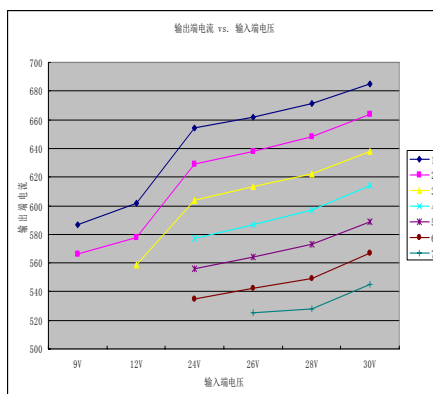
IOUT=900mA

3. 输出端电流 vs. 输入端电压 @在不同LED 串联颗数

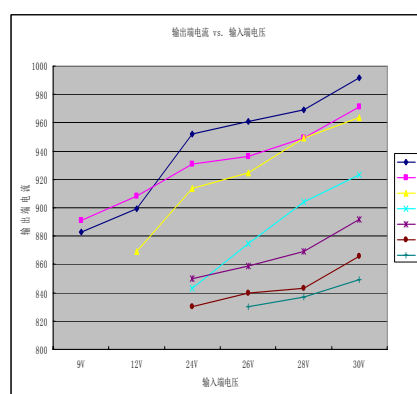
输出端电流 vs.输入端电压 @ L1=22uH



$I_{OUT}=400mA$

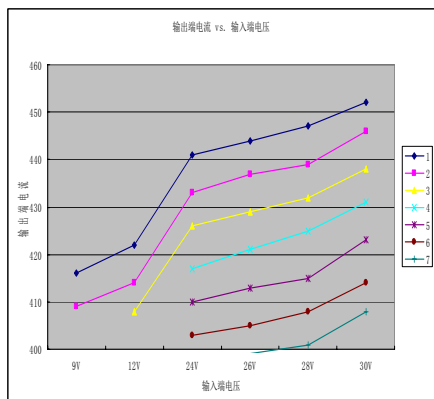


$I_{OUT}=600mA$

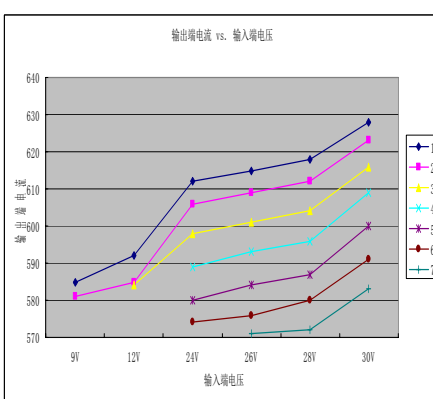


$I_{OUT}=900mA$

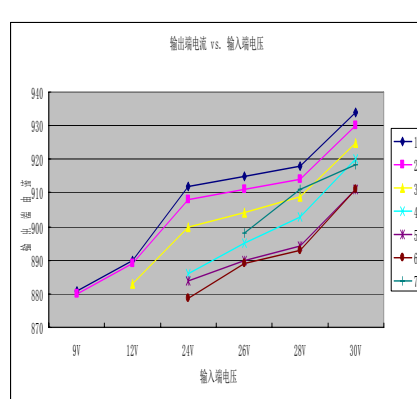
输出端电流 vs.输入端电压 @ L1=68uH



$I_{OUT}=400mA$

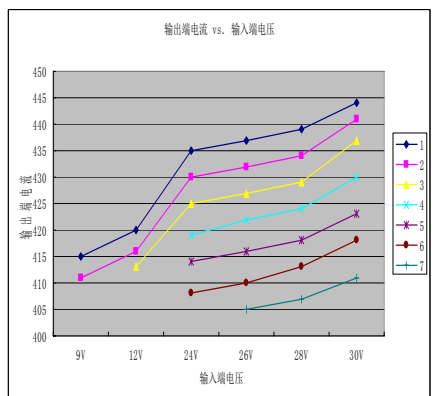


$I_{OUT}=600mA$

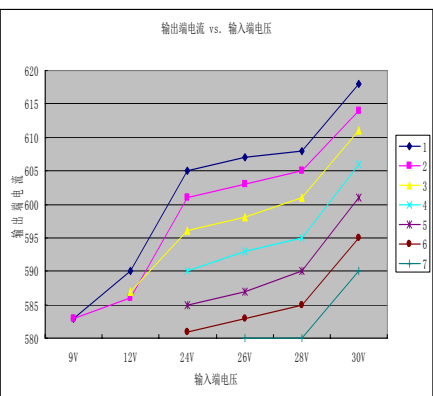


$I_{OUT}=900mA$

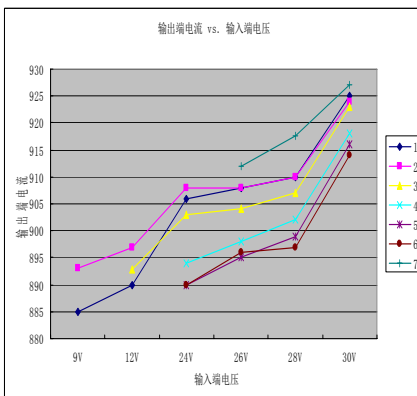
输出端电流 vs.输入端电压 @ L1=100uH



$I_{OUT}=400mA$



$I_{OUT}=600mA$

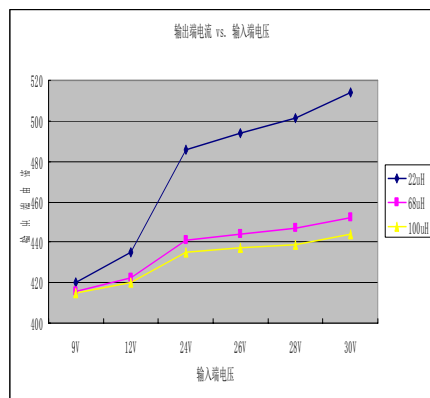


$I_{OUT}=900mA$

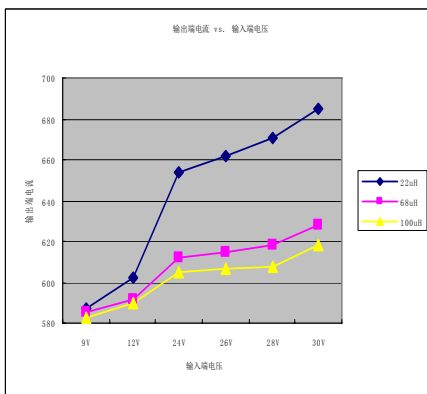


4. 输出端电流 vs. 输入端电压 @不同电感

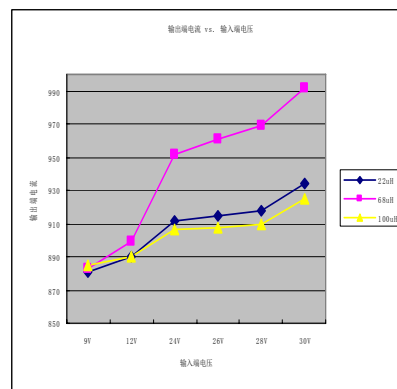
输出端电流 vs. 输入端电压 @ 1-LED 串联



$I_{OUT}=400mA$

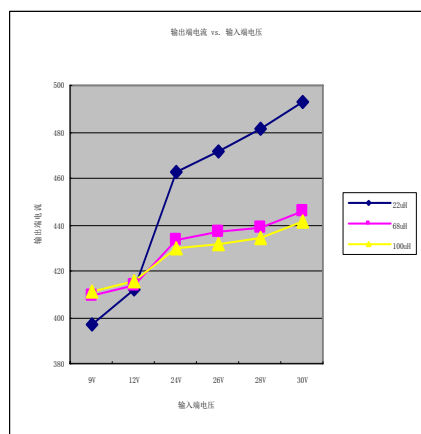


$I_{OUT}=600mA$

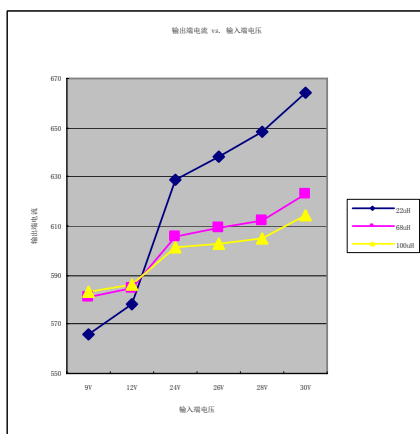


$I_{OUT}=900mA$

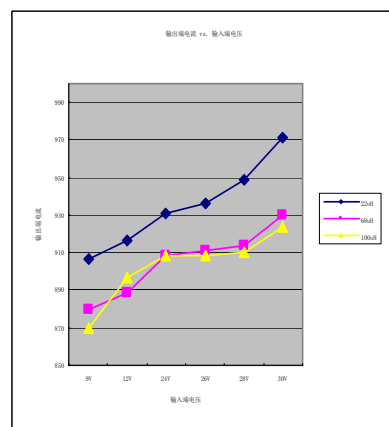
输出端电流 vs. 输入端电压 @ 2-LED 串联



$I_{OUT}=400mA$

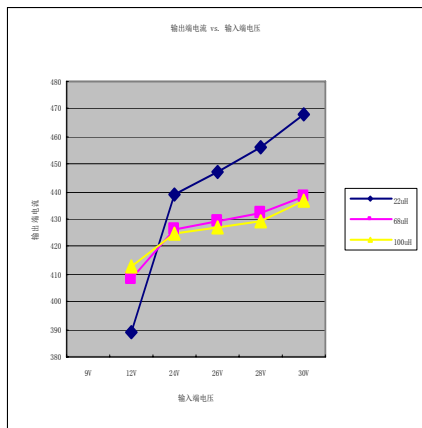


$I_{OUT}=600mA$

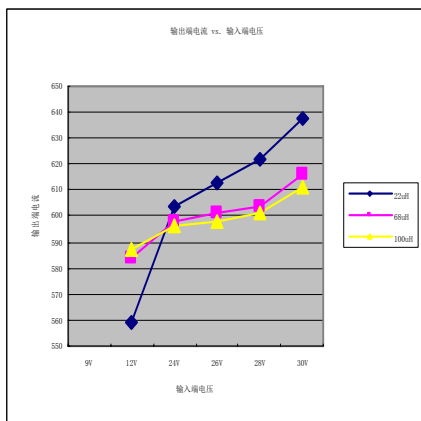


$I_{OUT}=900mA$

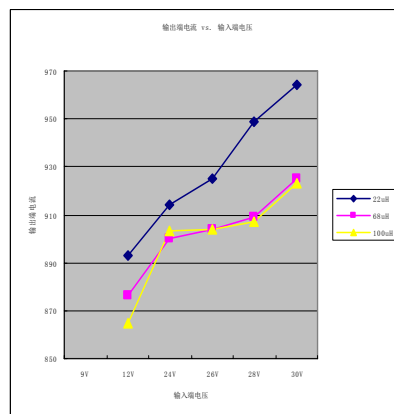
输出端电流 vs. 输入端电压 @ 3-LED 串联



$I_{OUT}=400mA$



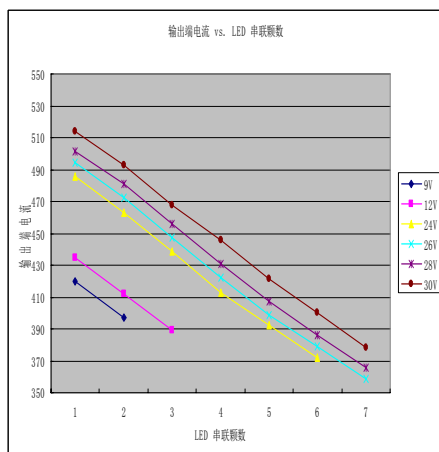
$I_{OUT}=600mA$



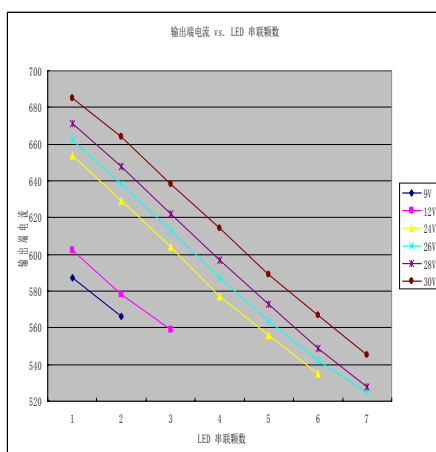
$I_{OUT}=900mA$

5. 输出端电流 vs. LED 串联颗数 @不同输入端电压

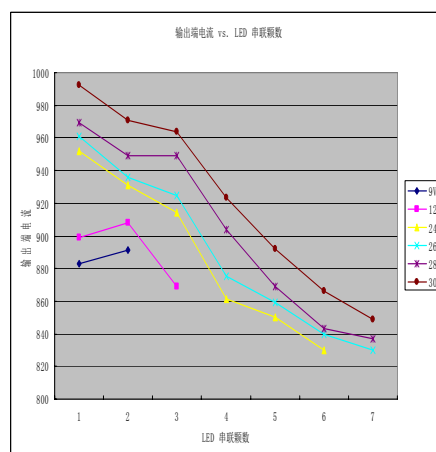
输出端电流 vs. LED 串联颗数 @ L1=22uH



$I_{OUT}=400mA$

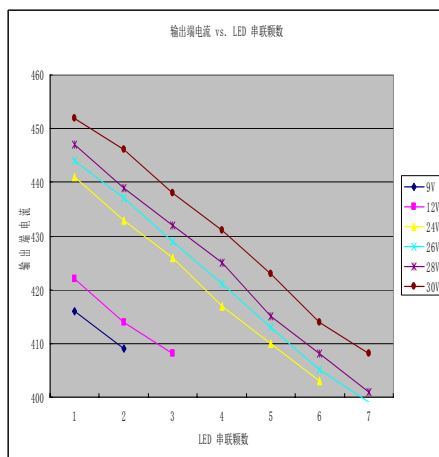


$I_{OUT}=600mA$

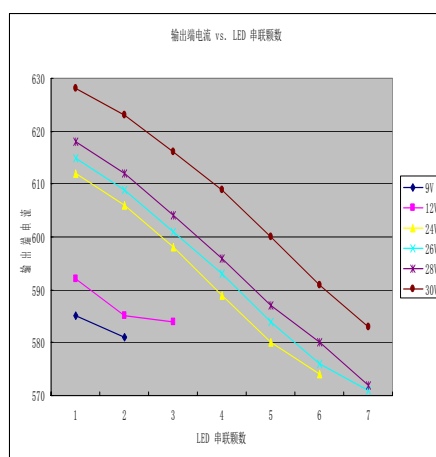


$I_{OUT}=900mA$

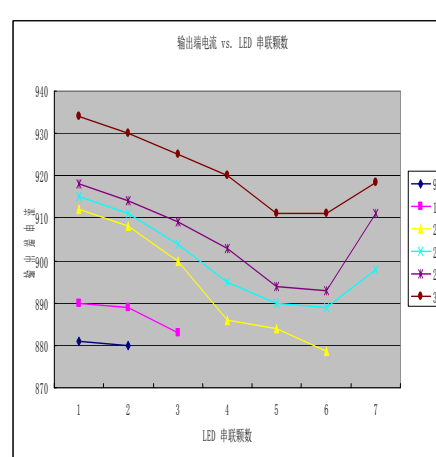
输出端电流 vs. LED 串联颗数 @ L1=68uH



$I_{OUT}=400mA$



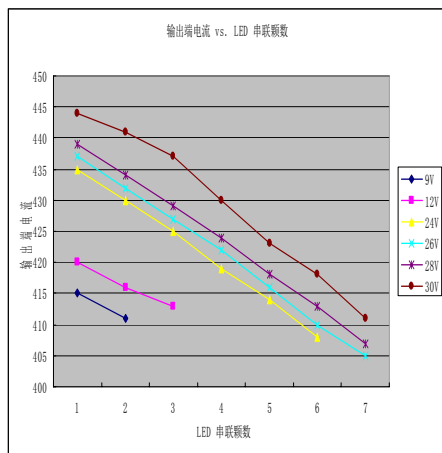
$I_{OUT}=600mA$



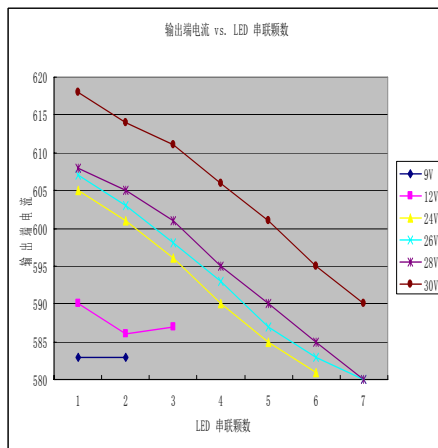
$I_{OUT}=900mA$



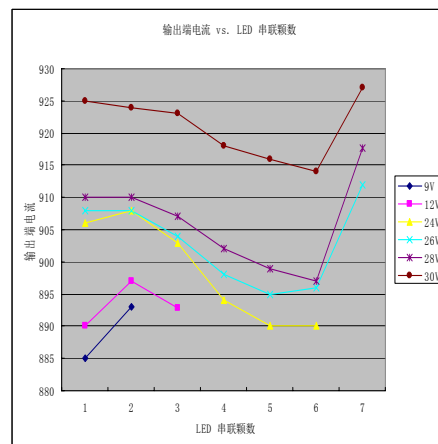
输出端电流 vs. LED 串联颗数 @ L1=100uH



$I_{OUT}=400mA$



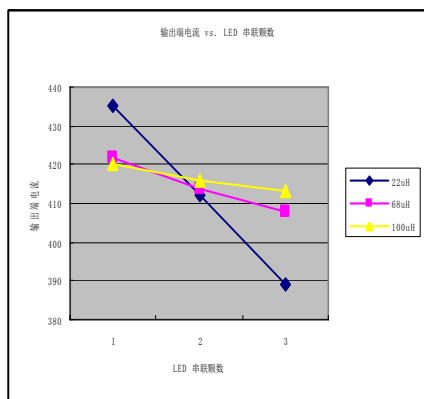
$I_{OUT}=600mA$



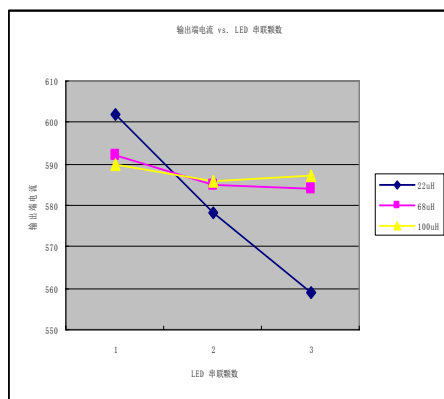
$I_{OUT}=900mA$

6. 输出端电流 vs. LED 串联颗数 @在不同电感

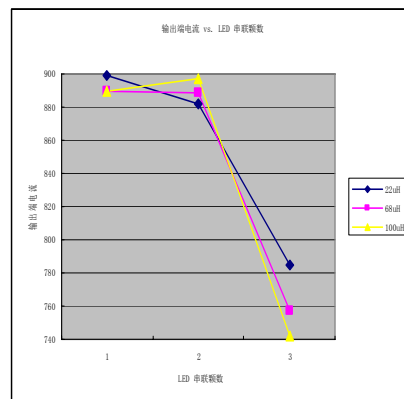
输出端电流 vs. LED 串联颗数 @ $V_{IN}=12V$



$I_{OUT}=400mA$

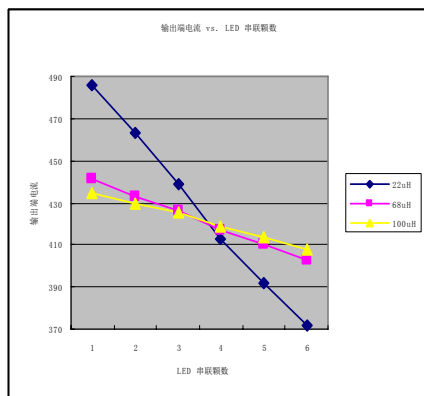


$I_{OUT}=600mA$

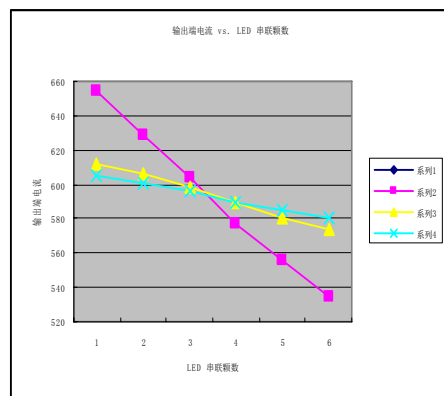


$I_{OUT}=900mA$

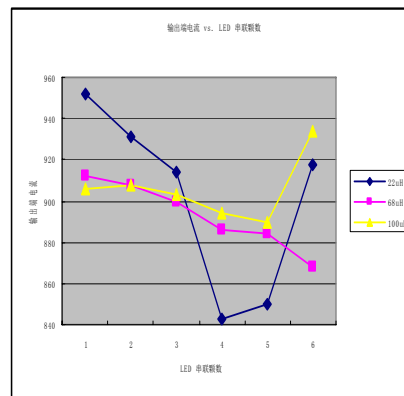
输出端电流 vs. LED 串联颗数 @ $V_{IN}=24V$



$I_{OUT}=400mA$

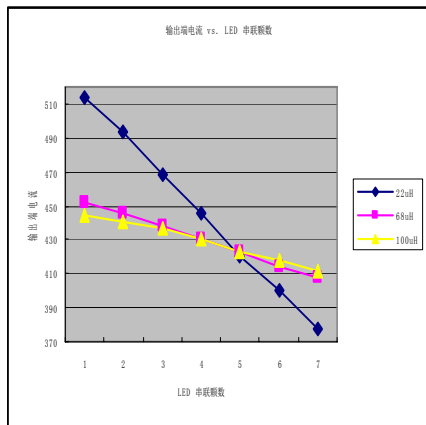


$I_{OUT}=600mA$

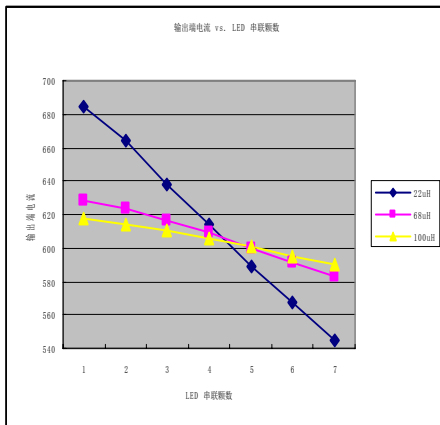


$I_{OUT}=900mA$

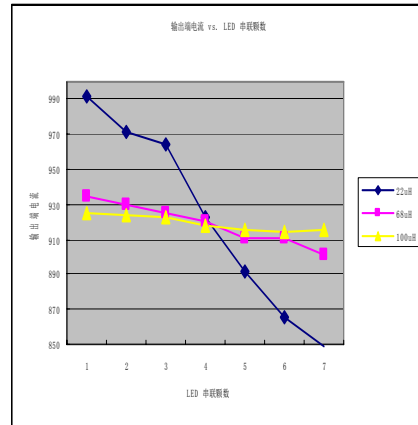
输出端电流 vs. LED 串联颗数 @ $V_{IN}=30V$



$I_{OUT}=400mA$



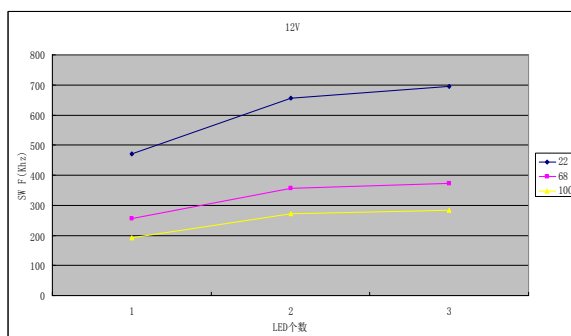
$I_{OUT}=600mA$



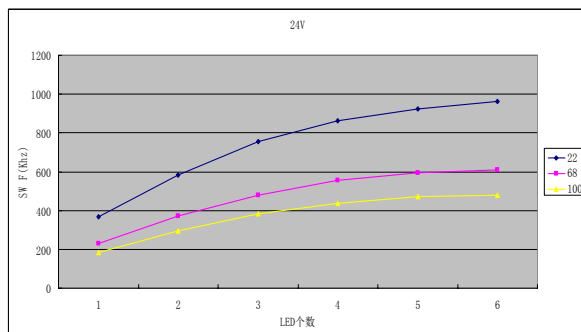
$I_{OUT}=900mA$

7. 切换频率 vs. LED 串联颗数 @在不同电感, $I_{OUT}=370mA$

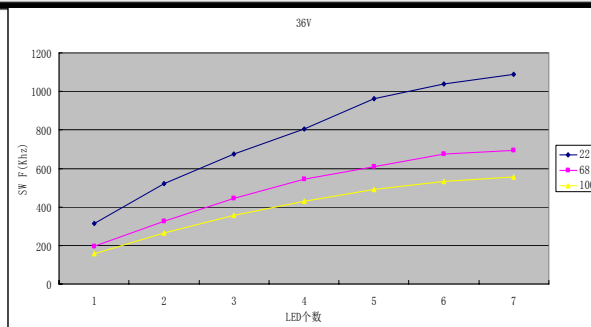
切换频率 vs. LED 串联颗数 @ $V_{IN}=12V$



切换频率 vs. LED 串联颗 @ $V_{IN}=24V$



切换频率 vs. LED 串联颗 @ $V_{IN}=30V$



产品应用信息

HXT6651是高效率的降压转换器(buck converter)，可驱动超过1安培的电流负载量。PFM控制技术无需回路补偿就能产生高速负载瞬时响应(load transient response)，并同时达到轻载时之最佳效率。

设定输出端电流

输出端电流(I_{OUT})是透过外接电阻(R_{SEN})所设定。I_{OUT} 与 R_{SEN} 关系如下所示：

$$V_{SEN}=0.1V;$$

$$R_{SEN}=(V_{SEN}/I_{OUT})=(0.1V/I_{OUT});$$

$$I_{OUT}=(V_{SEN}/R_{SEN})=(0.1V/R_{SEN});$$

此处之R_{SEN}为与SEN端相连的外接电阻阻值，而V_{SEN}为外接电阻的电压。电流强度(当作为R_{SEN}时)在电阻值为0.13Ω时约为1000mA。

欠压锁定保护机制

当HXT6651的V_{IN}脚电压低于8.0伏特时，将会关闭输出电流；当V_{IN}脚电压回到8.0伏特时，输出电流将再打开。

调光控制

LED的亮度可以透过连接至HXT6651 DIM脚的PWM讯号进行调光。当PWM讯号为Low时(低于1.5V)，HXT6651内部的MOSFET会关掉。HXT6651内置的pull-up电路可确保DIM脚空接时保持开启状态，就不须外挂pull-up电阻。图4可看出HXT6651在调光应用时的良好线性表现。

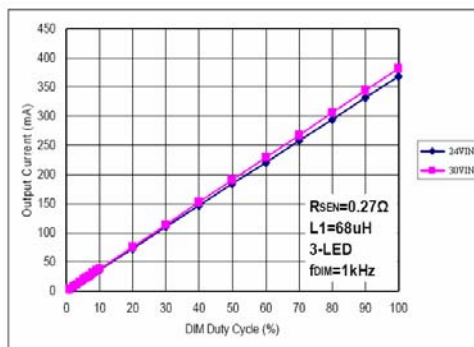


图 4 DIM 工作周期 1%~100%

LED 开路保护机制

HXT6651内建LED开路保护。当LED开路时，HXT6651内部的MOSFET会停止切换动作并将LED 电流降至0mA。

LED 短路保护机制

当LED短路时，其内部的MOSFET会维持切换的动作，LED电流会维持在设定的电流值，但此时的输出电压会降为0V以降低功率损耗。

过热保护功能

当IC 温度超过Tx 临界值(165°C)时，过热保护功能会关闭输出端电流，让IC 温度下降。一旦温度低于135°C 时，输出端电流将再开启。

设计方面的考虑

切换频率

为了达到较好的输出电流精确度，切换频率应当由SW 波型的最小开关时间决定。举例而言，倘若HXT6651 的工作周期大于0.5 时，切换频率应由最小关闭时间决定，反之亦然。因此HXT6651 切换频率公式如下：因此当工作周期大于0.5 时，HXT6651 切换频率为

$$f_{SW} = \frac{1}{T_S} = \frac{1}{T_{OFF,min} (1-D)}$$

而当工作周期小于0.5 时，切换频率为

$$f_{SW} = \frac{1}{T_S} = \frac{1}{T_{ON,min} D}$$

切换频率与效率(低频的效率较好)，外部组件的大小/费用(高频使用的组件较小/便宜)，以及输出涟波电压及电流的大小(高频时涟波电压及电流较小)等因素有关。如要得到较低的切换频率可使用感值较高的电感。在许多应用中，切换频率的决定会与EMI 干扰的大小有关。HXT6651 的切换频率范围为40kHz 到1.0MHz。

LED 纹波电流 (Ripple Current)

恒流LED驱动芯片HXT6651是专为控制串联多颗LED时的电流而设计，而非控制其跨压。LED纹波电流的大小与使用的外部组件有关。LED纹波电流的大小与使用的外部组件有关，电感值越小其LED纹波电流会越大。输出电容的



使用也与纹波电流有关，如果使用者可以接受大纹波电流的话，甚至可以不使用输出电容。大纹波电流的优点为可以缩减电路板的面积及减少输出电容的使用。相对的，小纹波电流的优点为增加LED的使用寿命及降低LED的热损耗。一般而言，建议的LED纹波电流为设定电流的5%到20%。

相关组件的选择

选择电感

电感值的大小主要由两个因素决定：切换频率及电感的纹波电流。电感L1的计算公式如下所示

$$L1 > (V_{IN} - V_{OUT} - V_{SEN} - (R_{ds(on)} \times I_{OUT})) \times \frac{D}{f_{SW} \times \Delta I_L}$$

此处 $R_{ds(on)}$ 指HXT6651内部MOSFET的导通电阻，此值为在电源电压 V_{IN} 12 伏特时为0.45Ω

D 指HXT6651 工作周期， $D = V_{OUT}/V_{IN}$

f_{SW} 指HXT6651 切换频率

ΔI_L 电感的纹波电流， $\Delta I_L = (1.15 \times I_{OUT}) - (0.85 \times I_{OUT}) = 0.3 \times I_{OUT}$

当选择电感时，电感值并非唯一考虑，电感的饱和电流值也需被考虑，一般建议电感饱和电流值为设定电流的1.5倍。电感值越大其输出电流的线性及负载调整率会越好(line/load regulation)，但是在相同体积情形下，电感值越大的电感其饱和电流会越小，这是设计者需要考虑的地方。同时在选用电感时，建议选用有屏蔽的电感以降低EMI 的干扰，但要注意的是此类电感容易因散热不易而有过热的情形发生。

选择Schottky Diode

HXT6651 需要一个飞轮二极管(Flywheel Diode) D1 承载MOSFET 关闭时通过电感的电流。为了提升效率，建议使用具有低顺向偏压及快速反应时间特性的schottky diode。在选用schottky diode 时有两个因素是必须考虑的，一是其最大逆向电压，建议值为输入电压的1.5 倍。另一个是其最大顺向电流，建议值为输出电流的1.5 倍。使用者应选择适当的schottky Diode 以在高温时有较低的漏电流。

选择输入电容

当MOSFET 开启时，储存在输入电容 C_{IN} 可以提供能量给HXT6651 使用，反之当MOSFET 关闭时，输入电压会对输入电容充电。当输入电压比可允许的最小输入电压低的时候，MOSFET 将开启，并将输出电流限制在设定电流的1.15 倍。为系统的稳定性考虑，输入电容的建议值为10uF。输入电容的额定电压建议为输入电压的1.5 倍。建议使用的材质为钽质(tantalum)或陶瓷电容(ceramic capacitor)，钽质电容的优点为其单位电容值大且具有低等效串联阻抗(ESR)的特性。陶瓷电容则具有高频特性良好，体积小及低成本等优点。相较于钽质电容其ESR 更小，因此客户如有热插拔应用的话不建议使用陶瓷电容。设计者可依据不同的应用选择适当的材质。

选择输出端电容（选用）

并联在LED 旁的输出电容可降低LED 的连波电流，容值越大LED 连波电流也会越小。



PCB 设计考虑

为增加系统的效率与稳定度，PCB 设计需考虑以下重点：

1. 接地平面的完整有助于消除切换时的噪声干扰。
2. IC 的GND 脚到输入与输出电容负端的距离须小于5mm。
3. 为提升效率并减少输出涟波电压，铺成接地平面并将IC 的GND 脚焊在接地平面上。
4. 为提升系统稳定性，建议将HXT6651 的散热片焊在接地平面上。
5. 电路板上的接地平面请尽量放大以增加IC 的热耗散能力。
6. 输入端电容与IC 的VIN 引脚距离越近越好。
7. 为避免寄生效应，R_{SEN} 应置于距离IC 的 V_{IN} 与SEN 脚越近越好。
8. 由SW 引脚、schottky diode 与电感所构成的金属联机宽度要宽、回路要小，以减少干扰。
9. 为消除布局拉线时产生的寄生组件，如寄生电感、电容等，影响系统的稳定性，流有大电流的路径请保持宽且短的原则。
10. 为提升效率，组件的摆置请参考图5所示，以确保在MOSFET 开启或关闭时的电流方向一致。

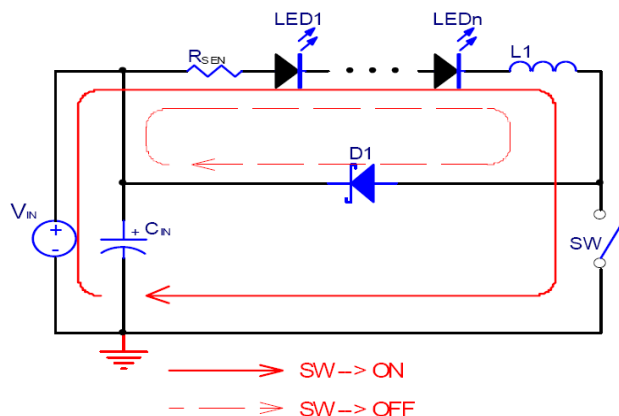
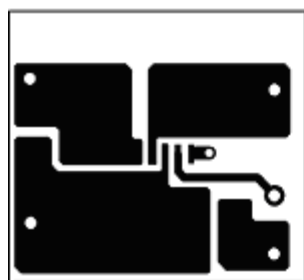


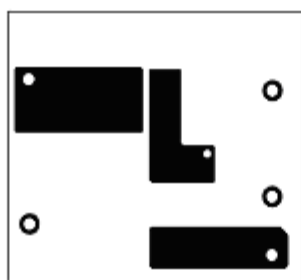
图 5. HXT6651 电流路径示意图

PCB 设计

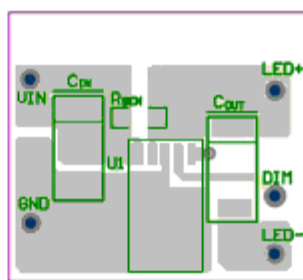
图6. 为建议的HXT6651 GSD 封装图



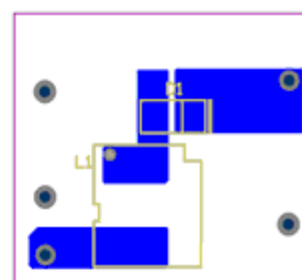
上层电路布局



底层电路布局



上层文字层



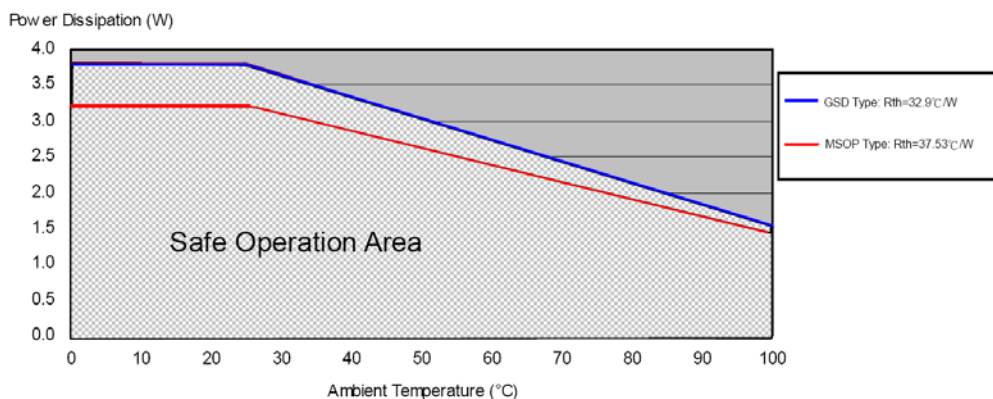
底层文字层

图6. HXT6651 建议的电路布局

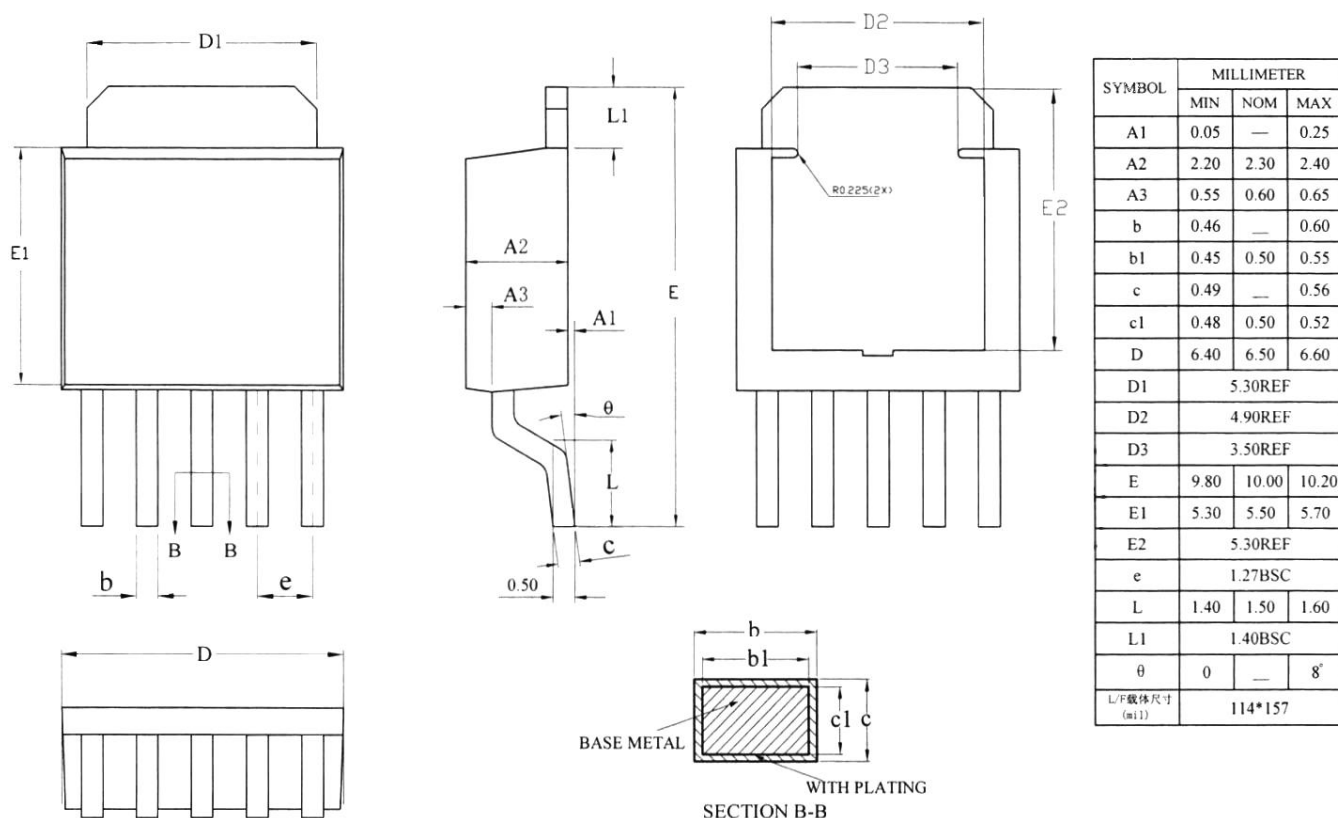
封装体散热功率 (PD)

依据 $P_D(\max) = (T_j - T_a) / R_{th(j-a)}$ ，被允许的最大散热功率会随环境温度增加而降低。

HXT6651在不同环境温度时的最大散热值



外观轮廓图示



HXT6651GSD 外观轮廓图

注：外观轮廓图单位为mm。