

## 1.5A LED 内部开关驱动器

## 概述

TTP933是一种高效率，恒定电流，连续模式电感降压转换器，用于驱动要求恒定电流的高功率LED（单个或多个），仅有4个外部组件。

TTP933工作电压宽至5V和33V，外部可调输出提供高达1.5A电流。

TTP933是设计专用于PFM的控制器，转换效率高达97%。输出电流可以由一个外部电阻进行调整，并且DIM可以接受PWM波形控制，通过DIM引脚施加一个外部控制信号进行调光。

此外，为了保证系统的可靠性，TTP933是内置过温保护，LED开路短路保护，以保护系统不受损坏。

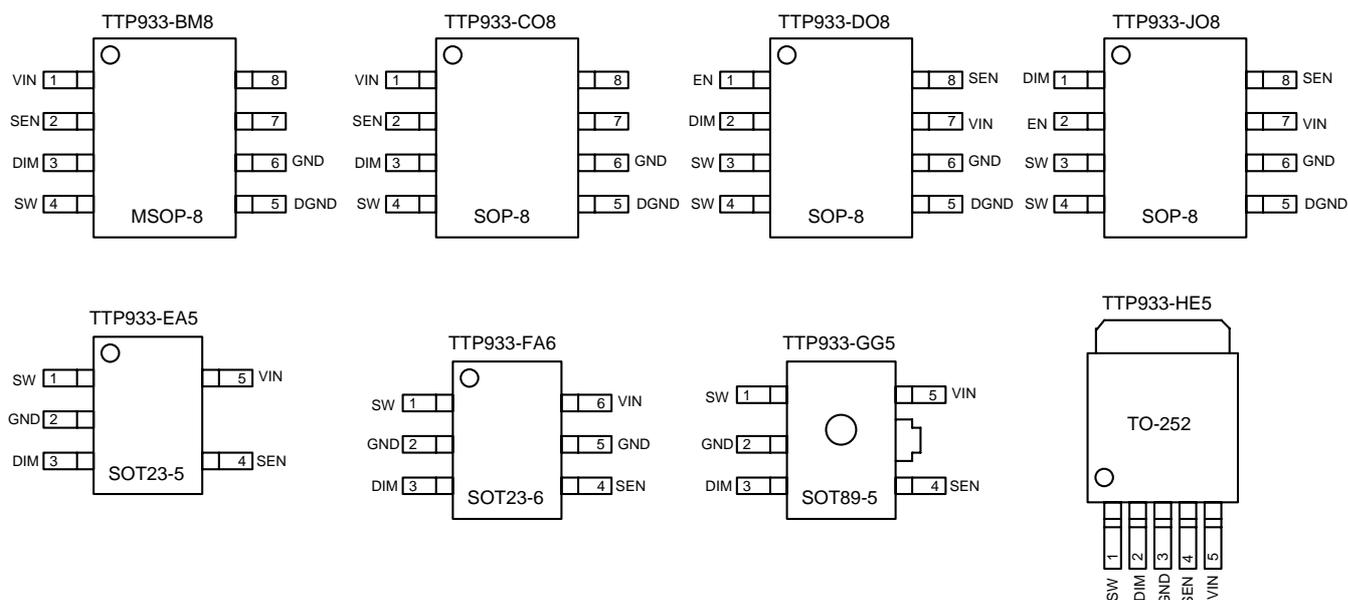
## 特性

- ◇ 1.5A的输出电流
- ◇ 宽输入电压范围：5V至33V
- ◇ 高效率（高达97%）
- ◇ 内置NDMOS电源开关
- ◇ 采用PWM单引脚调光控制
- ◇ 迟滞PFM，在轻负载时的提高效率
- ◇ 温度/软启动/ LED开路/短路检测保护
- ◇ 仅有4个外部组件
- ◇ 高达1MHz的开关频率
- ◇ 典型的3%的输出电流精度

## 应用范围

高功率LED照明  
汽车LED照明  
低电压照明工业  
LED后备照明  
恒流源

封装信息



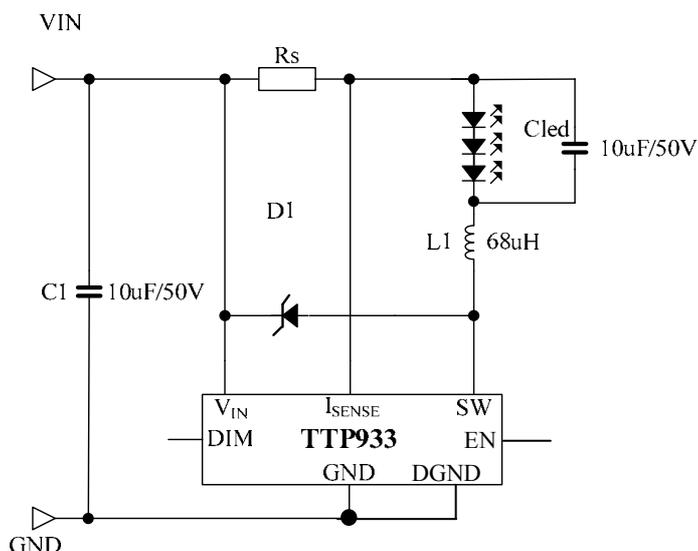
- TTP933-BM8: MSOP8 (with Thermal Pad)
- TTP933-CO8: SOP8 (with Thermal Pad)
- TTP933-DO8: SOP8 (with Thermal Pad)
- TTP933-EA5: SOT23-5
- TTP933-FA6: SOT23-6
- TTP933-GG5: SOT89-5
- TTP933-HE5: T0252-5
- TTP933-JO8: SOP8 (with Thermal Pad)

引脚说明

Pin Name	引脚说明
SW	内置驱动NDMOS开关漏极输出
GND	电源负
DGND	内置驱动NDMOS之源极
DIM	调光控制，带内置上拉
SEN	$I_{SENSE}$ 与VIN间连接电阻 $R_S$ ,用于定义标称平均输出电流
VIN	电源正
EN	使能控制，高电平或悬空：使能，低电平：关闭，带内置上拉

应用电路

Typical application circuit



极限参数

项目	标志	参数	单位
工作电压	V <sub>IN</sub>	0-33 (40V for 0.5 sec)	V
输出电流	I <sub>OUT</sub>	1.875	A
SW 引脚维持电压	V <sub>SW</sub>	-0.5~33 (40V for 0.5 sec)	V
功耗*	SOP8	PD	W
	MSOP8 (thermal Pad)		
	T0252		
	SOT23-6		
	SOT23-5		
	SOT89-5		
热阻	SOP8	R <sub>th(j-a)</sub>	/W
	MSOP8 (thermal Pad)		
	T0252		
	SOT23-6		
	SOT23-5		
	SOT89-5		
工作温度	Top	-40 - +85	
储存温度	T <sub>sto</sub>	-55 - +150	
结温	T <sub>j-MAX</sub>	150	

\*双面板PCB尺寸为22mm\*20mm

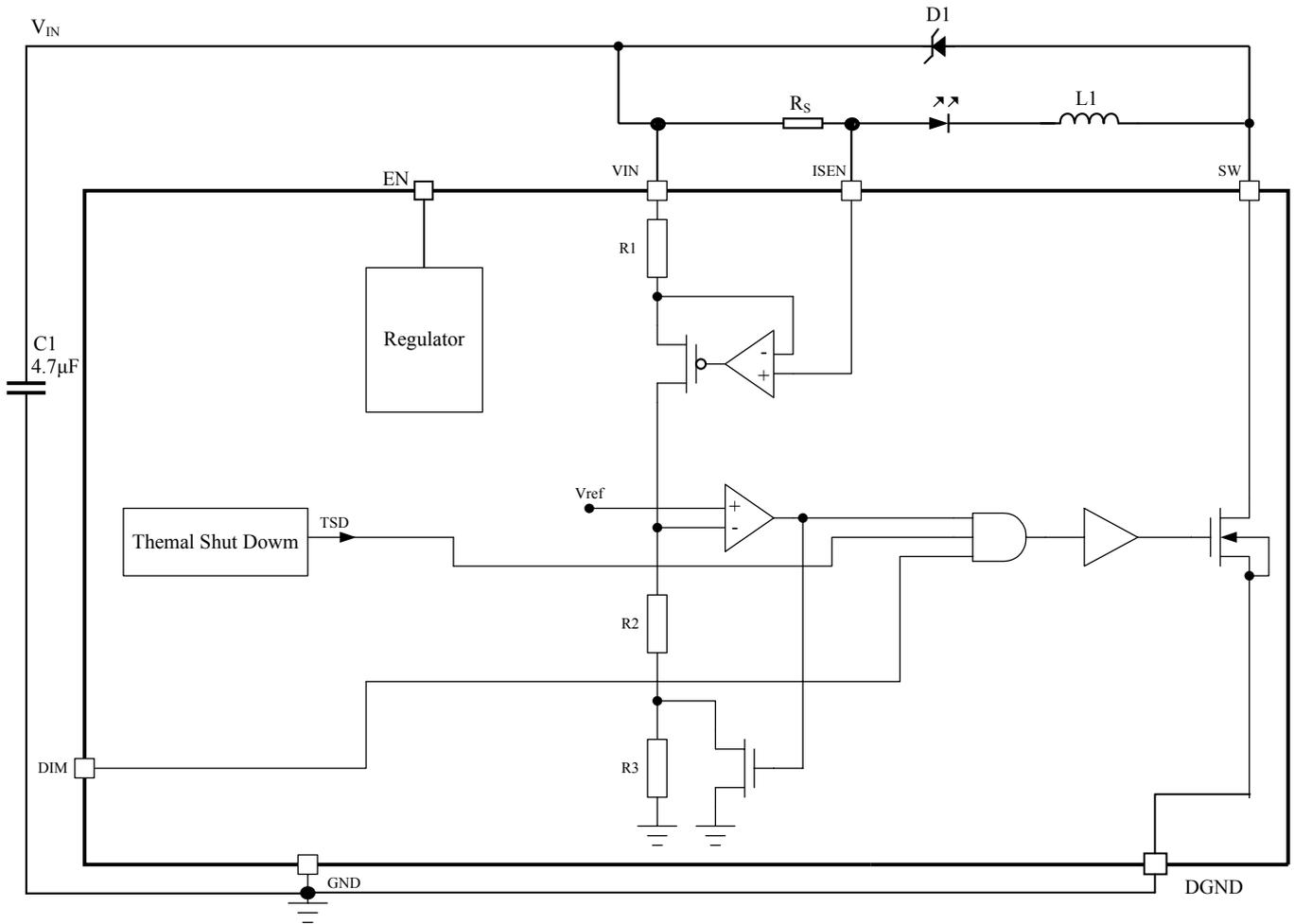
\*\*功耗取决于PCB布局

## 电气特性

测试条件：：  $V_{IN}=12V$ ,  $V_{OUT}=3.6V$ ,  $L1=68\mu H$ ,  $C_{IN}=C_{OUT}=10\mu F$ ,  $T_a=25$  ; 另有规定除外

项目	标志	条件	最小	典型	最大	单位
工作电压	$V_{IN}$		5	-	33	V
工作电流	$I_{IN}$	$V_{IN}=5V\sim 33V$	-	1	2	mA
掉电电流	$I_{OFF}$	$V_{IN}=5V\sim 33V$ , EN 引脚接地		50		$\mu A$
输出电流	$I_{OUT}$		-	-	1.5	A
输出电流精度	$I_{OUT}/I_{OUT}$	150mA $I_{OUT}$ 1A		$\pm 3$	$\pm 5$	%
转换效率		$V_{IN}=12V$ , $I_{OUT}=350mA$ , $V_{out}=10.8V$		97		%
SW 电压差	$V_{SW}$	$I_{OUT}=1A$		0.5		V
内部传送延迟时间	TPD		100	200	300	ns
输入电压	$V_{IH}$		3.5		5	V
	$V_{IL}$				0.5	V
传感器迟滞阈值	$V_{SENSEHYS}$			$\pm 15$	-	%
电流平均值检测电压门限	$V_{SENSE}$		95	100	105	mV
Switch 导通阻抗	$R_{DS(ON)}$	$V_{IN}=12V$ , $I_{OUT}=350mA$ , $V_{out}=10.8V$		0.33		
Switch 最小导通时间	$T_{ONmin}$		100	350	450	ns
Switch 最小截止时间	$T_{OFFmin}$		100	350	450	ns
推荐工作占空比范围	$D_{sw}$		0.2		0.8	
最大工作频率	$F_{reqMAX}$		40		1000	KHz
过温关闭保护	TSD		145	160	175	
热关断迟滞	TSD-HYS			20		
到DIM引脚施加PWM信号的占空比范围	DutyDIM	PWM 频率 = 1KHz	0.01		1	
输出电流的上升时间	$T_r$	$V_{OUT}=3.6V$ , $I_{OUT}=350mA$ , $f_{DIM}=1kHz$ , DutyDIM=50%		20		ns
输出电流下降时间	$T_f$	$V_{OUT}=3.6V$ , $I_{OUT}=350mA$ , $f_{DIM}=1kHz$ , DutyDIM=50%		20		ns

功能方块图



操作流程

方块图中，结合线圈（L1）和电流检测电阻（RS），形成了一个电流连续模式降压转换器。

操作流程（参见框图和图1 - 工作波形）

为更好地理解操作流程，先假设DIM引脚悬空，该引脚上的电压（VDIM）直接输入到比较器的（+）输入。

当电压VIN的初次上电时，在L1和RS的初始电流是零，电流检测电路有没有输出。

此时，比较器（-）输入为低电平，则它的输出是高的，经与门相和，开关SW引脚为低电平，电流通过RS，L1和LED(S)从VIN流向电源负，。由VIN和L1产生一个斜坡电压（VSENSE），在RS上反应电流的上升率。该电源电压VSENSE的变化经过内部电阻器R1输入到电流检测电路，并在内部R2和R3上，产生一个与电流成比例上升的电压，输入到比较器（-）输入端。当达到阈值电压（Vref）时，比较器输出切换到低电平，使与

门关闭。比较器的输出还驱动另一个NMOS开关，它绕过内部电阻器R3提供一个受控的滞后量。设置R3是定义值的15%的VADJ滞后。

当MN处于关闭状态，电流继续在L1的D1和LED (S) VIN流通。按电流衰减的速率，产生一个正向电压在LED (s) 和二极管上，逐渐下降的电压，输入到比较器，当该电压返回到VADJ，比较器输出切换为高。此后经输入比较器重复循环动作，斜坡限制在Vref的 ± 15%之间。

开关阈值

随着VADJ = VREF，R1，R2和R3的比率定义为平均VSENSE，开关阈值为100mV (ISENSE引脚和VIN)。平均输出电流由电压和RS决定：

$$I_{OUTnom} = 100mV / R_S$$

额定纹波电流为 ± 15mV/RS

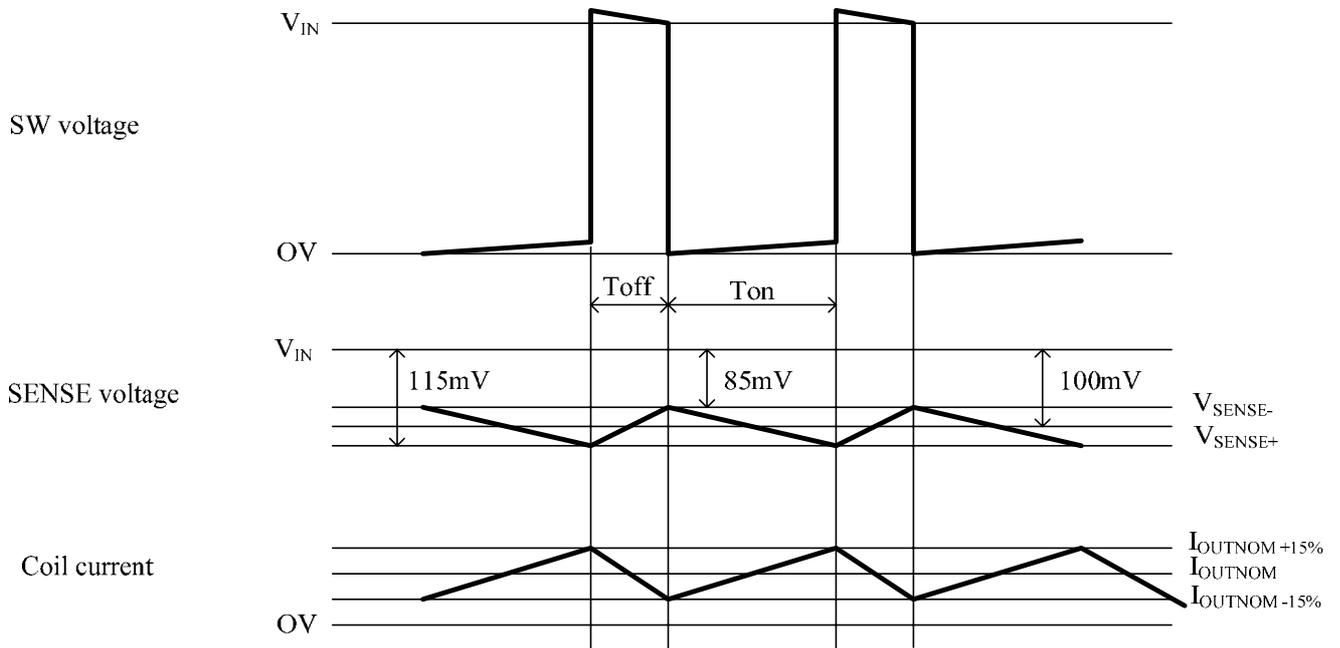
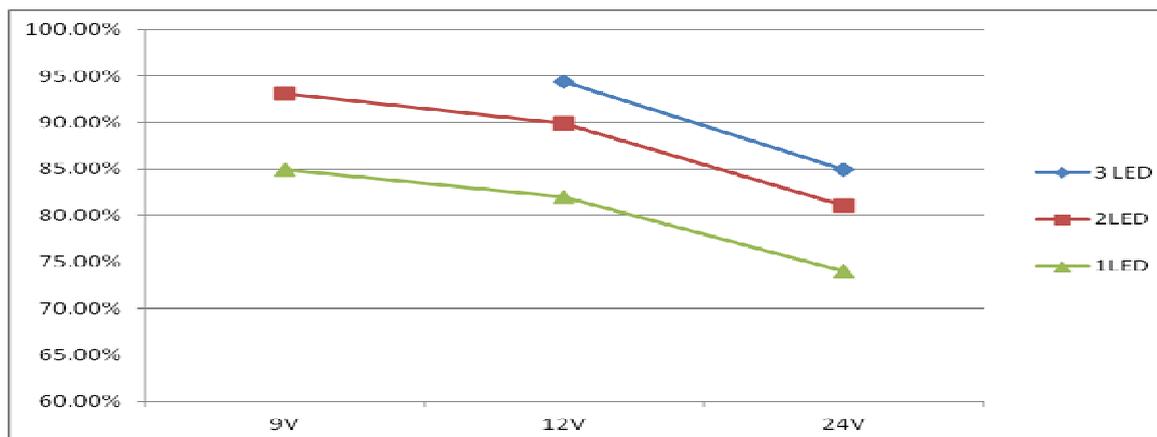


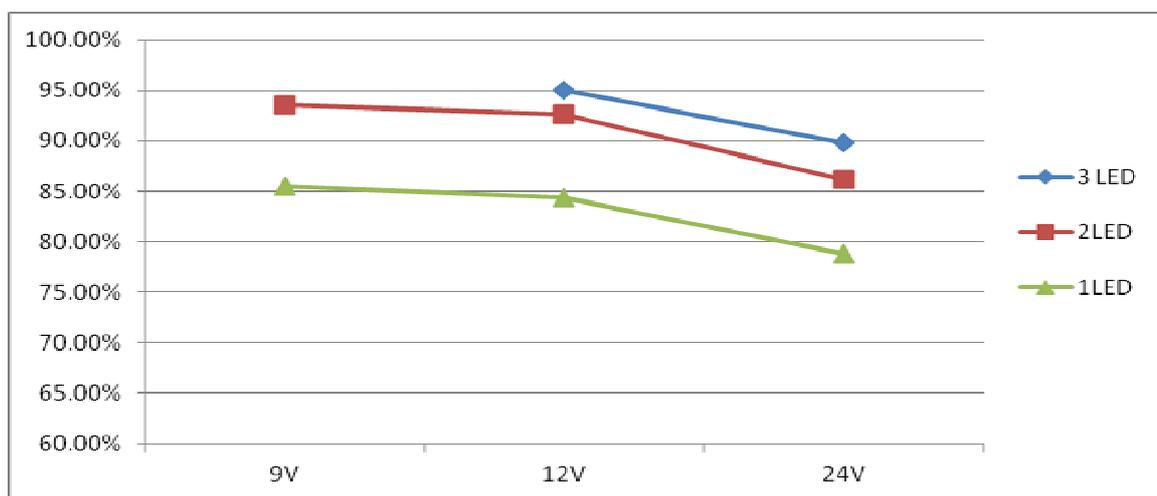
Figure 1-Operating waveforms

典型性能特性

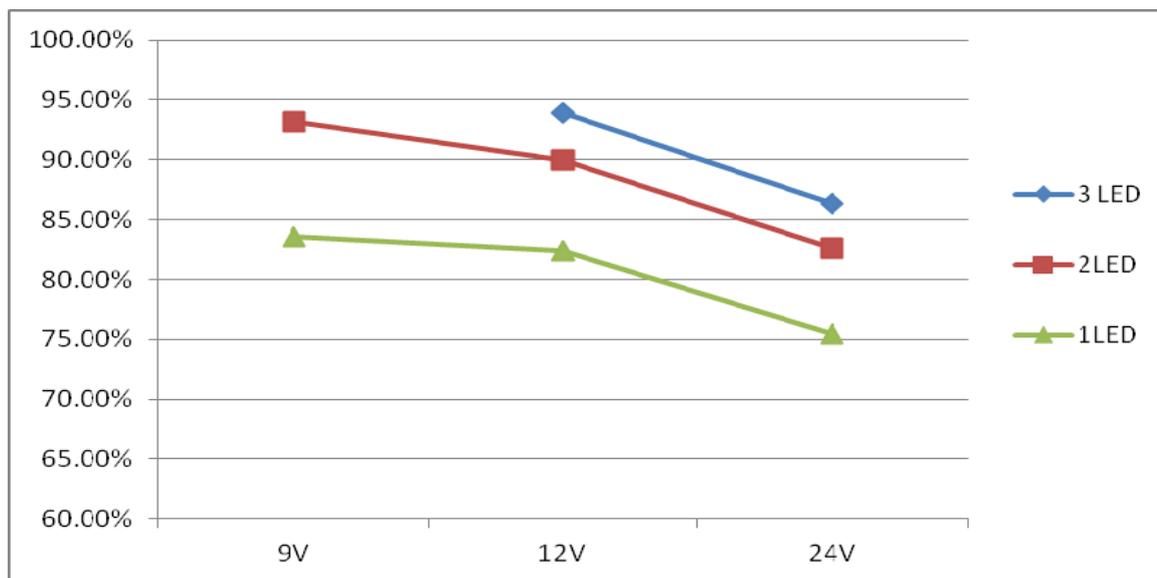
1. 效率和输入电压的关系(@LED 串接数量变化)



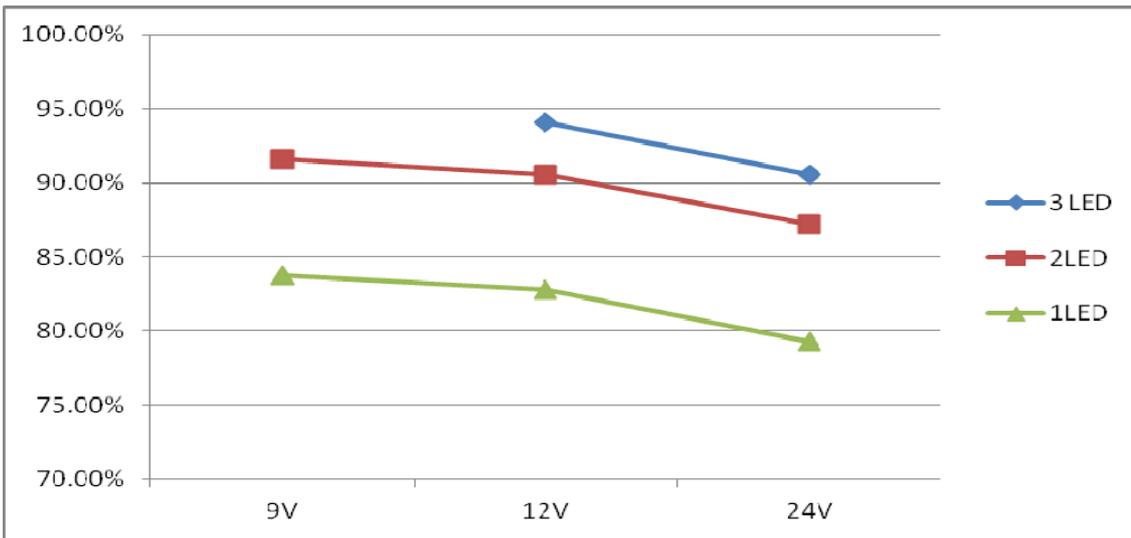
Efficiency vs. input voltage @L=22uH, I<sub>OUT</sub>=384mA



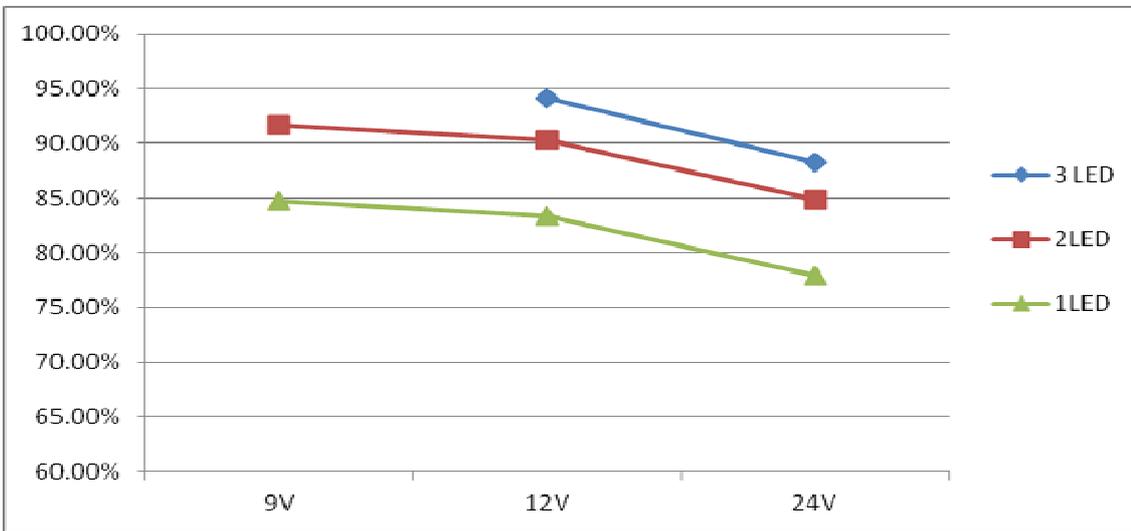
Efficiency vs. input voltage @L=68uH, I<sub>OUT</sub>=384mA



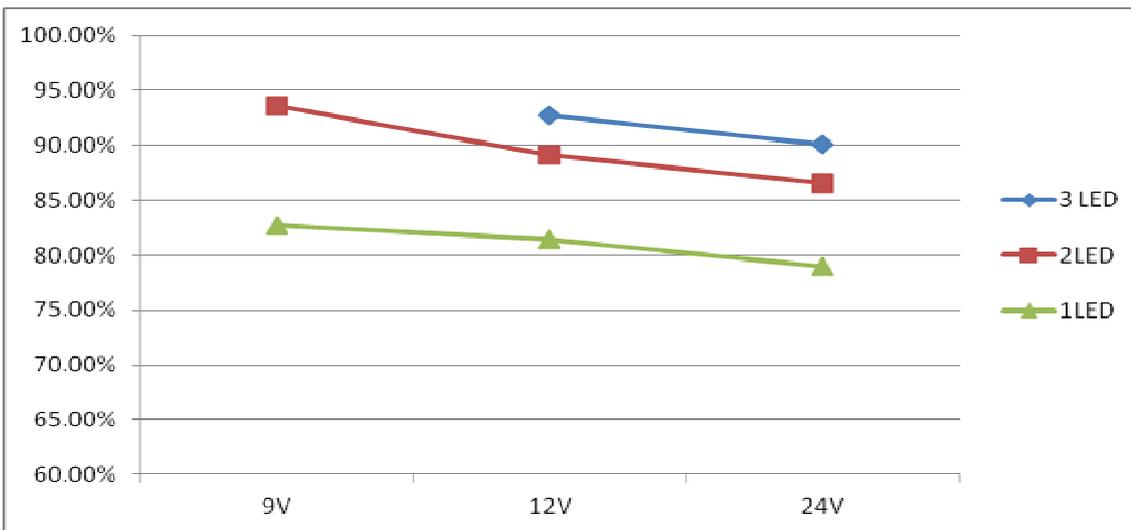
Efficiency vs. input voltage @L=22uH, I<sub>OUT</sub>=769mA



Efficiency vs. input voltage @L=68uH, I<sub>OUT</sub>=769mA

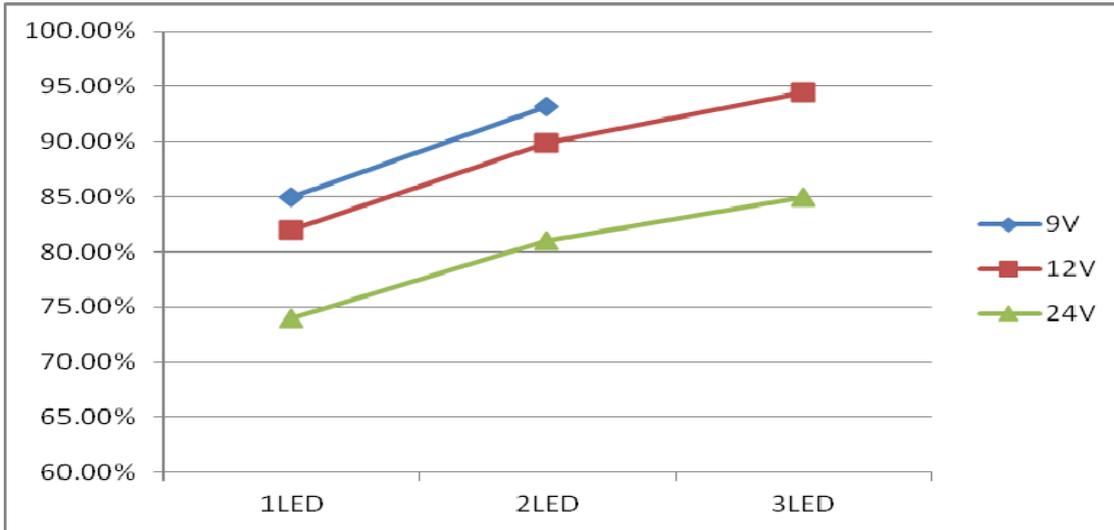


Efficiency vs. input voltage @L=22uH, I<sub>OUT</sub>=1000mA

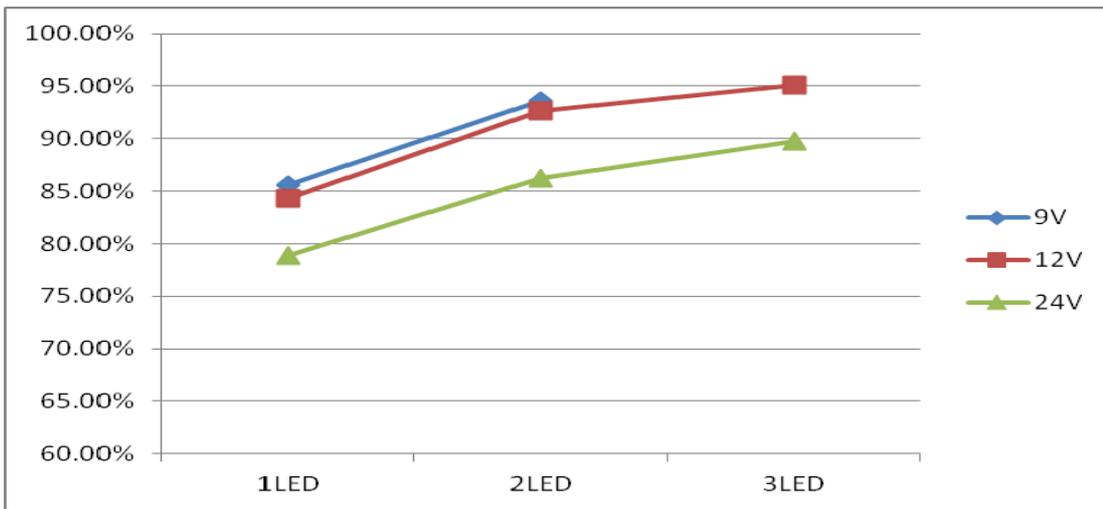


Efficiency vs. input voltage @L=68uH, I<sub>OUT</sub>=1000mA

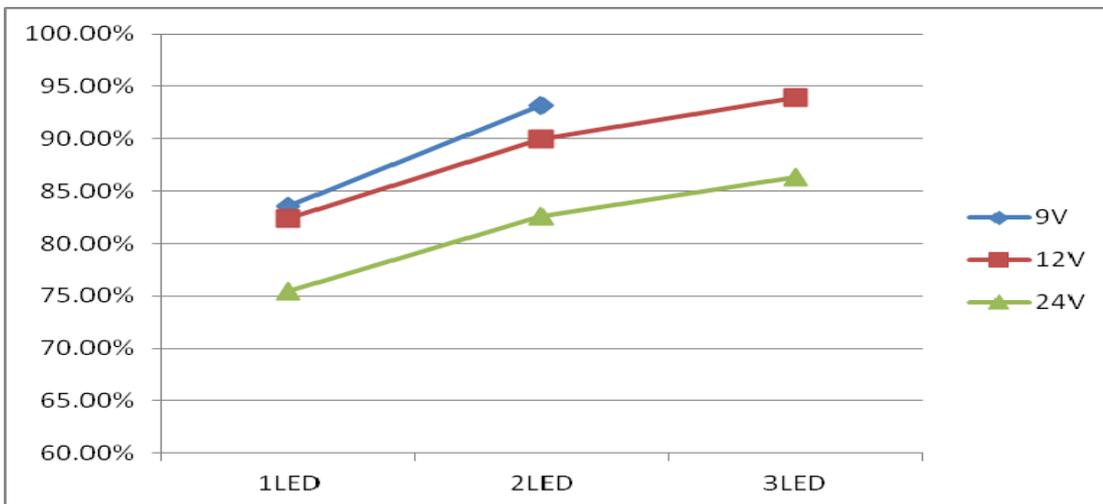
2. 效率和LED串接数量的关系(@输入电压变化)



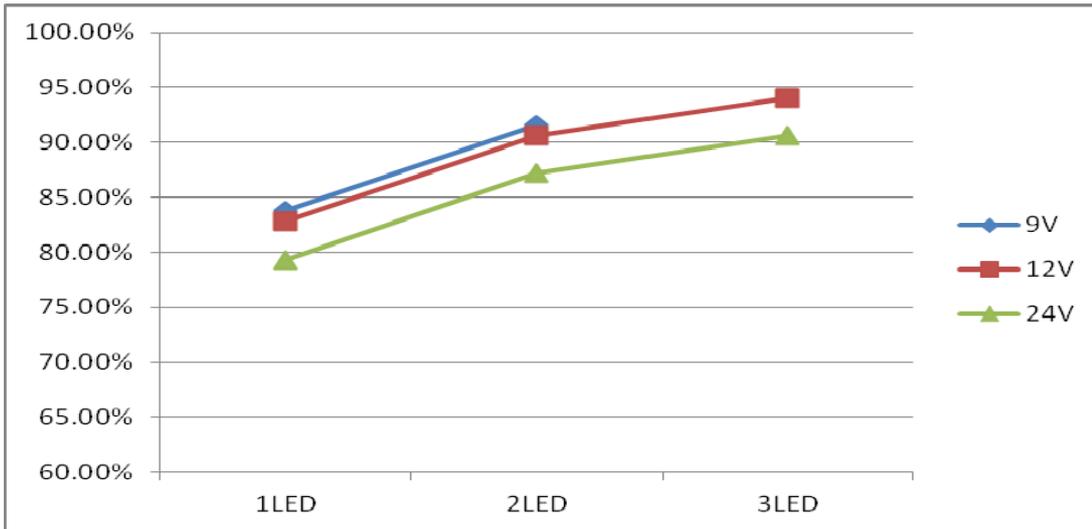
Efficiency vs. LED cascaded number @L=22uH, I<sub>OUT</sub>=384mA



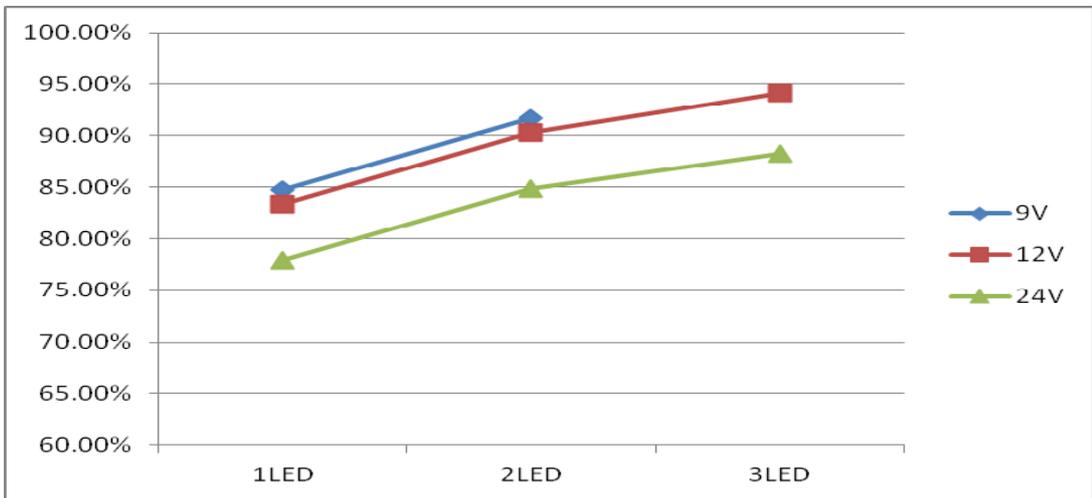
Efficiency vs. LED cascaded number @L=68uH, I<sub>OUT</sub>=384mA



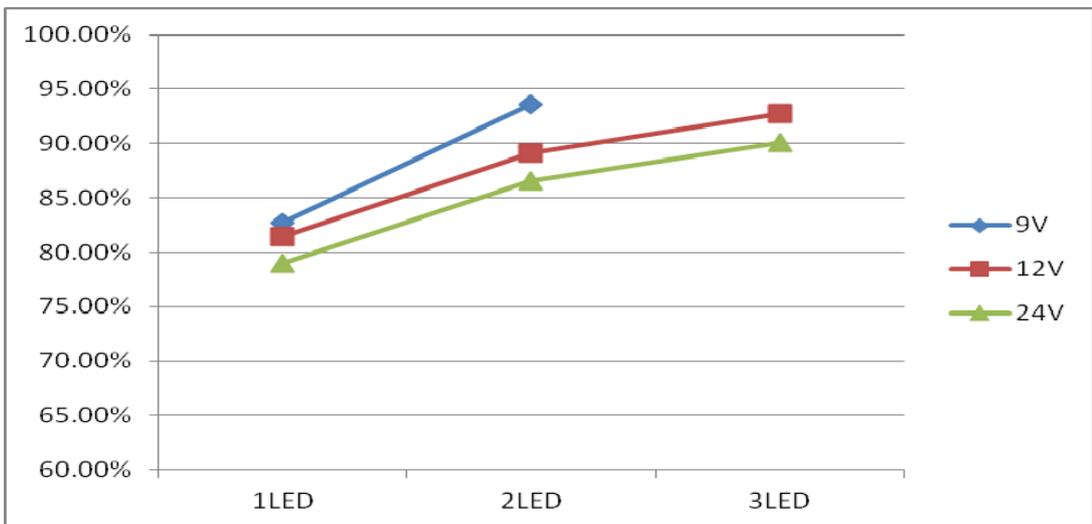
Efficiency vs. LED cascaded number @L=22uH, I<sub>OUT</sub>=769mA



Efficiency vs. LED cascaded number @L=68uH, I<sub>OUT</sub>=769Ma

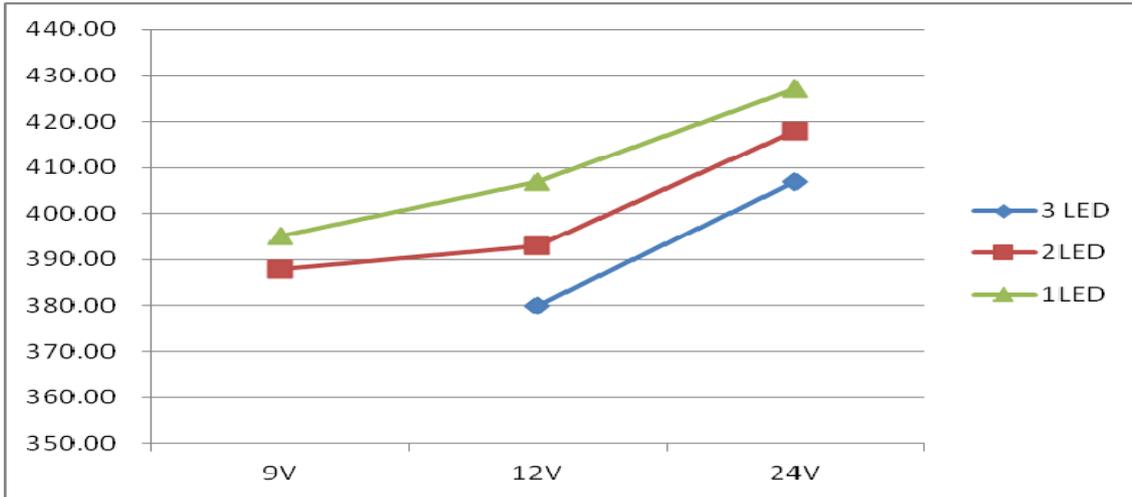


Efficiency vs. LED cascaded number @L=22uH, I<sub>OUT</sub>=1000mA

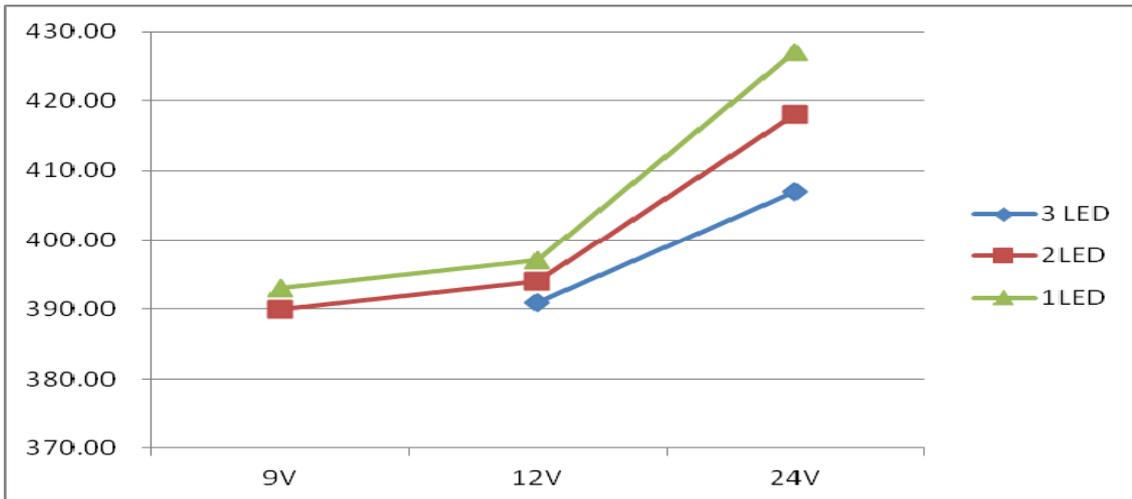


Efficiency vs. LED cascaded number @L=68uH, I<sub>OUT</sub>=1000mA

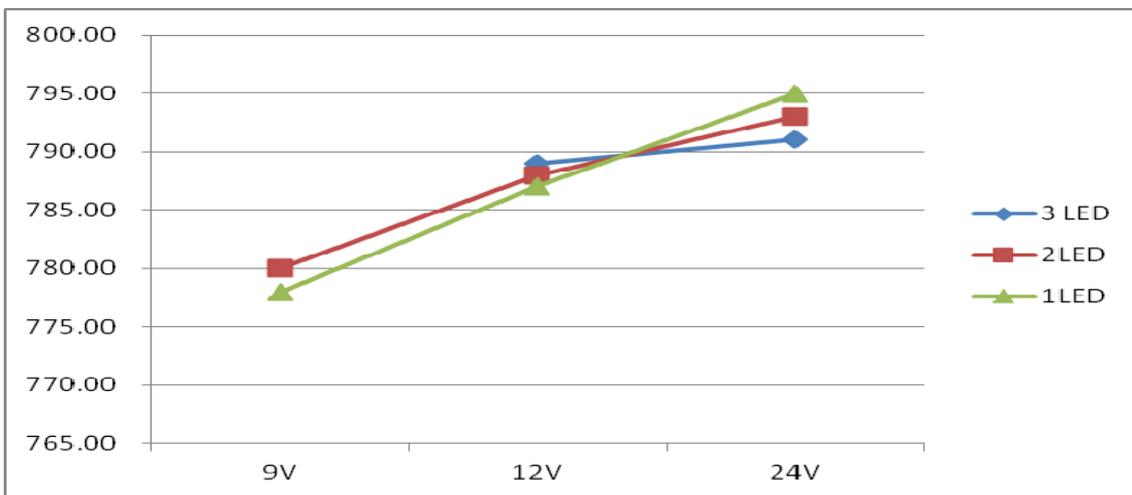
3. 输出电流和输入电压变化的关系(@LED 串接数量变化)



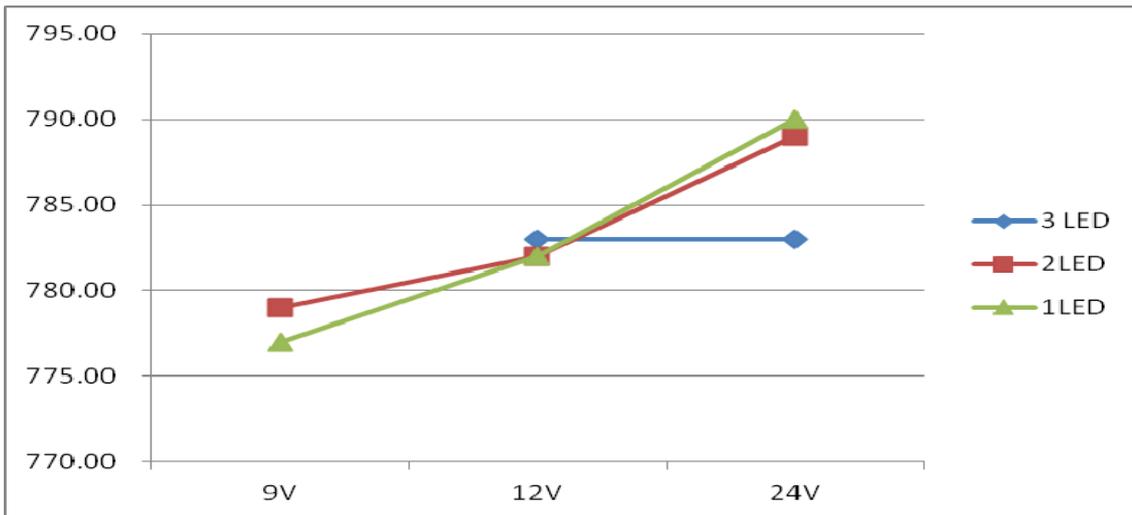
Output current vs. input voltage @L=22uH, I<sub>OUT</sub>=384mA



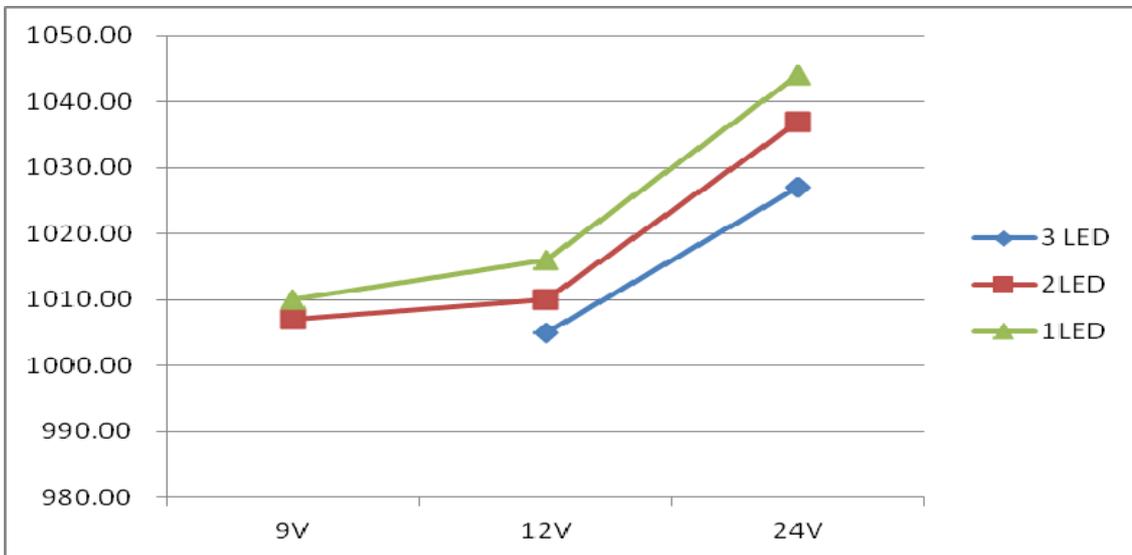
Output current vs. input voltage @L=68uH, I<sub>OUT</sub>=384mA



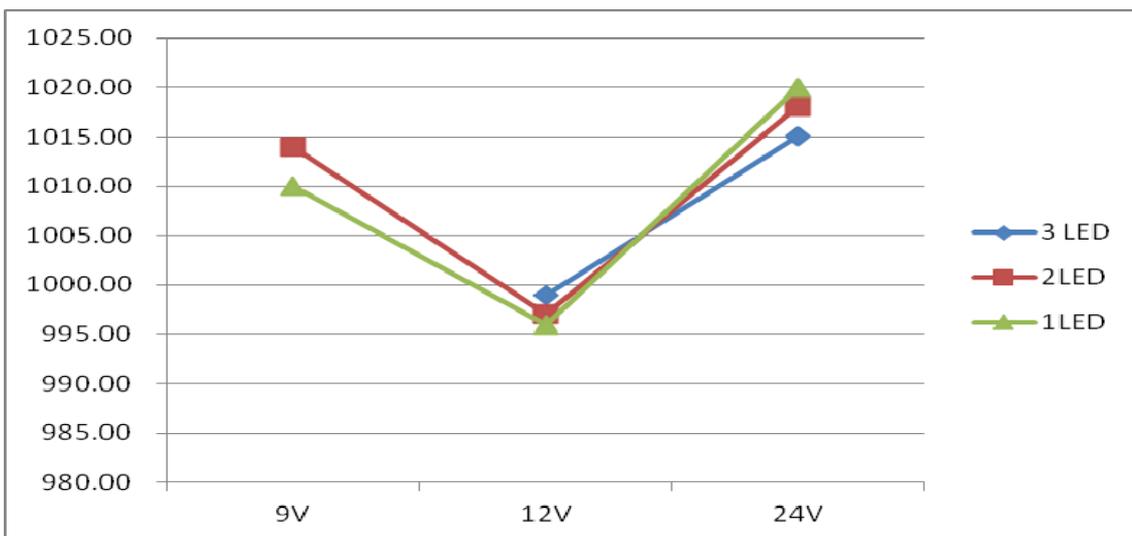
Output current vs. input voltage @L=22uH, I<sub>OUT</sub>=769mA



Output current vs. input voltage @L=68uH, I<sub>OUT</sub>=769mA

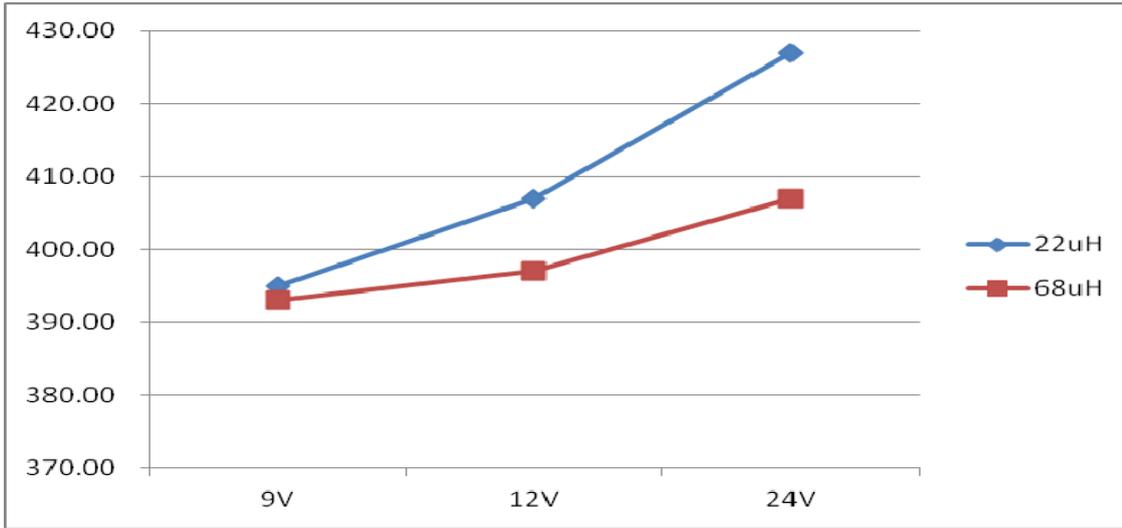


Output current vs. input voltage @L=22uH, I<sub>OUT</sub>=1000mA

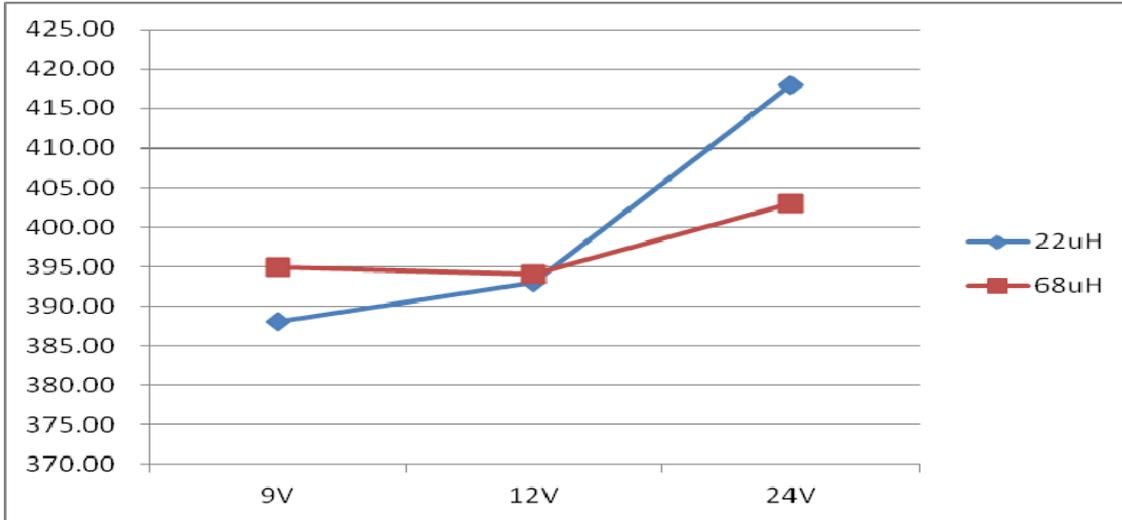


Output current vs. input voltage @L=68uH, I<sub>OUT</sub>=1000mA

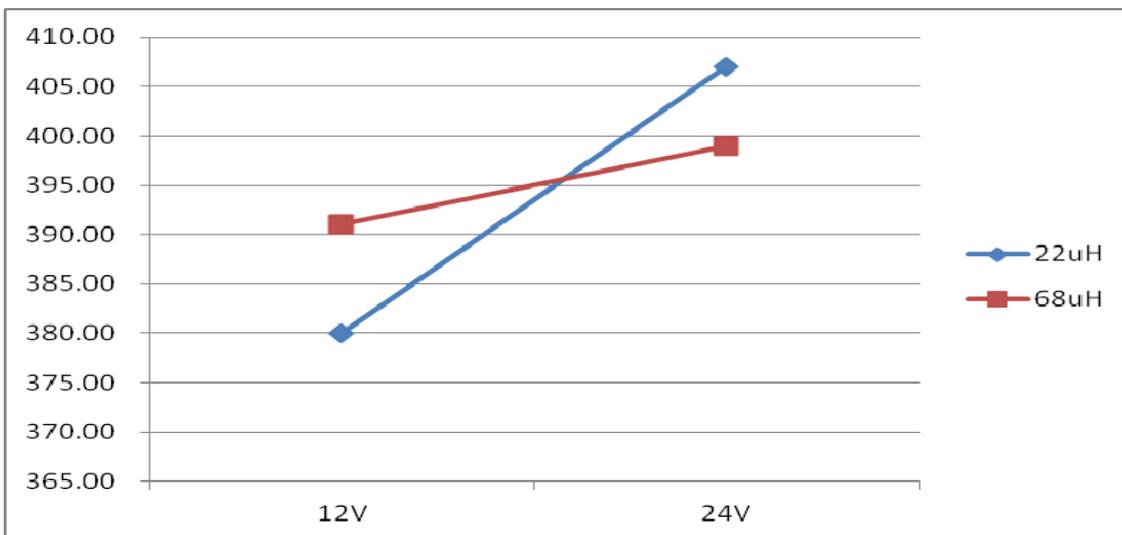
4. 输出电流和输入电压的关系(@电感值变化)



Output current vs. input voltage @1-LED in cascaded,  $I_{OUT}=384mA$

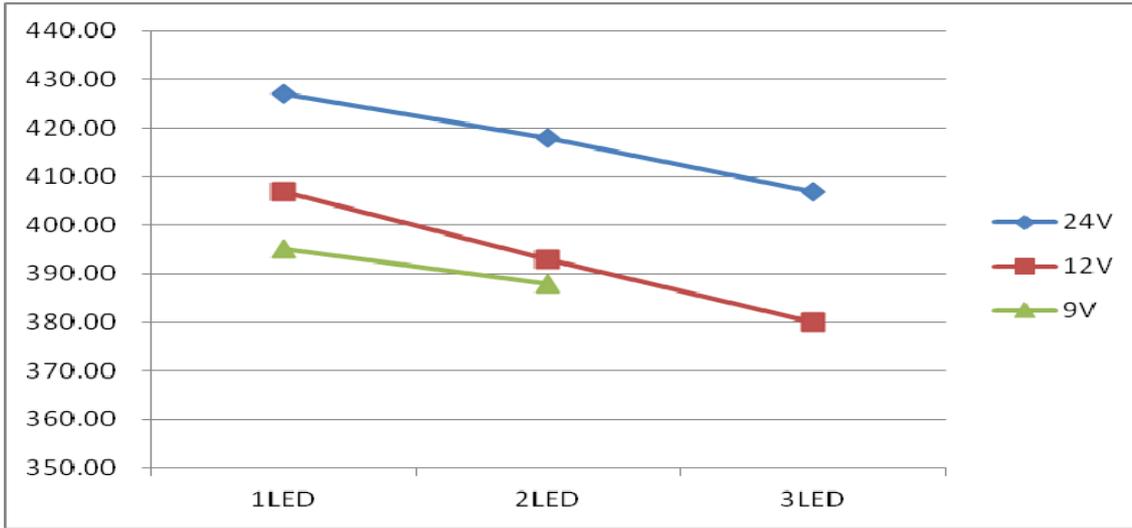


Output current vs. input voltage @2-LED in cascaded,  $I_{OUT}=384mA$

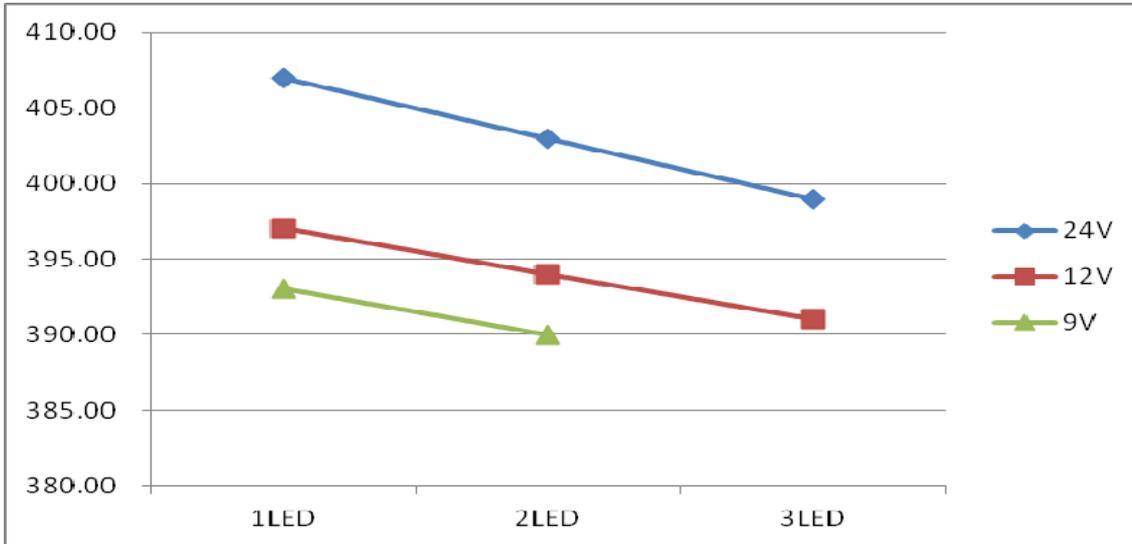


Output current vs. input voltage @3-LED in cascaded,  $I_{OUT}=384mA$

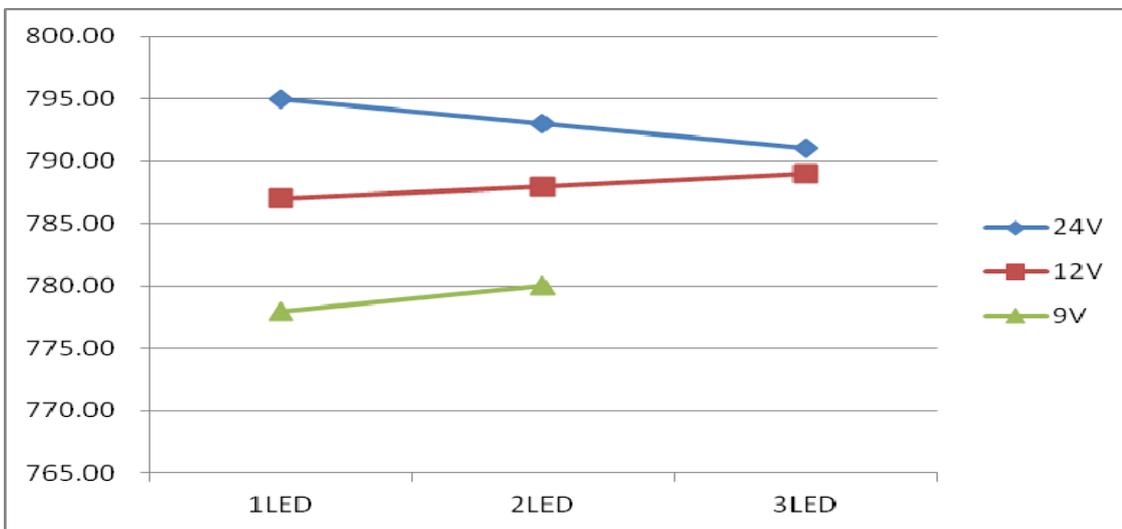
5. 输出电流和LED 串接数量关系(@输入电压变化)



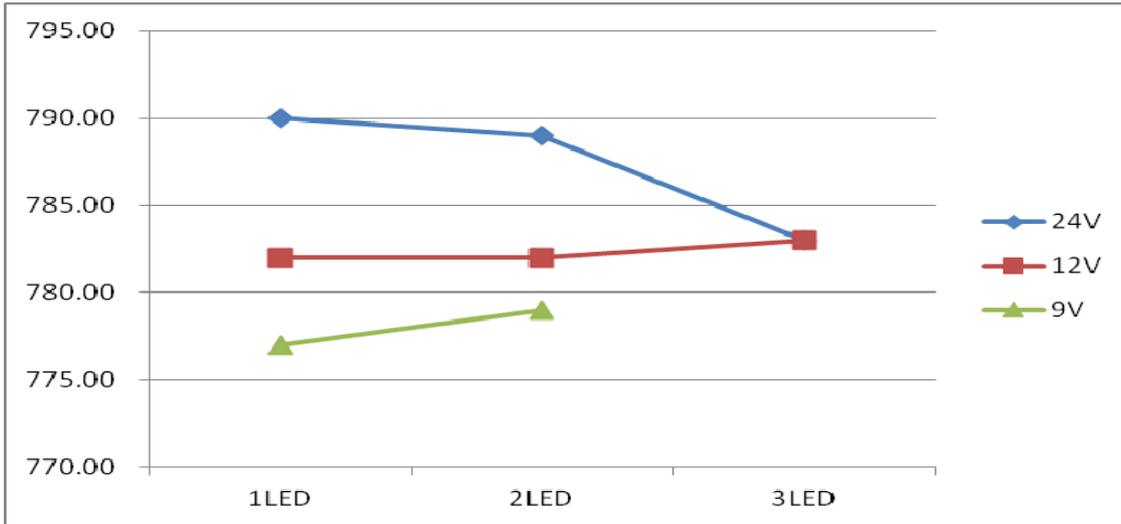
Output current vs. LED cascaded number @L=22uH, I<sub>OUT</sub>=384mA



Output current vs. LED cascaded number @L=68uH, I<sub>OUT</sub>=384mA

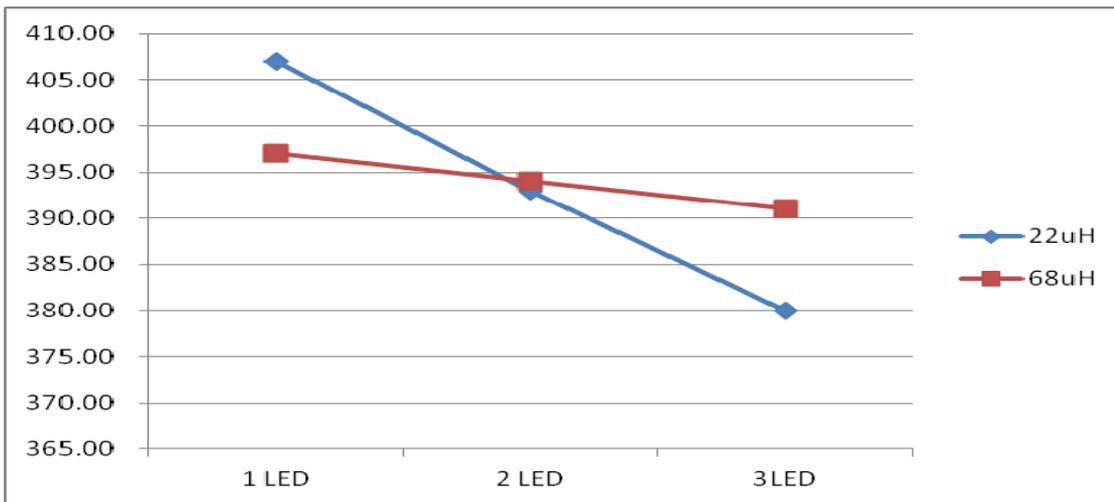


Output current vs. LED cascaded number @L=22uH, I<sub>OUT</sub>=769mA

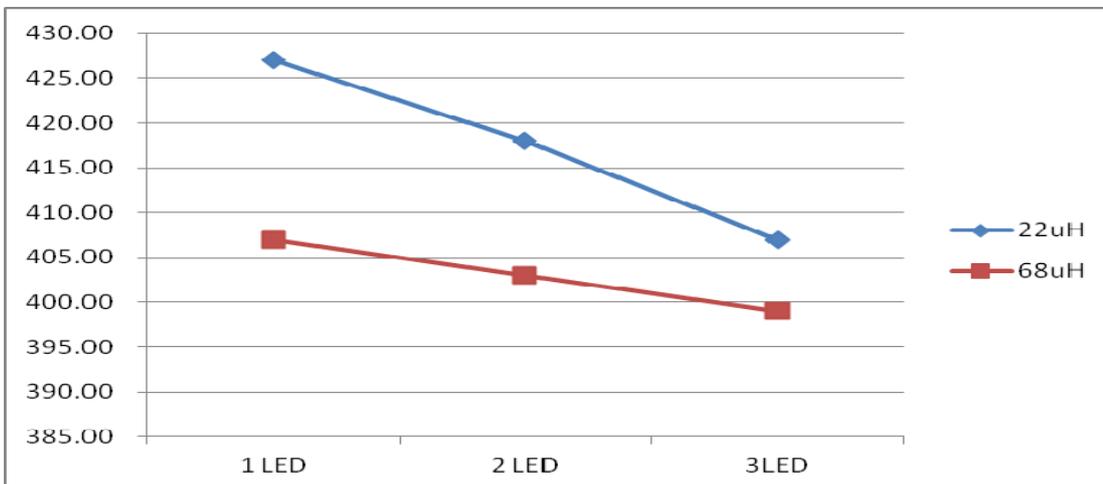


Output current vs. LED cascaded number @L=68uH, I<sub>OUT</sub>=769mA

6. 输出电流和LED串接数量关系(@电感值变化)

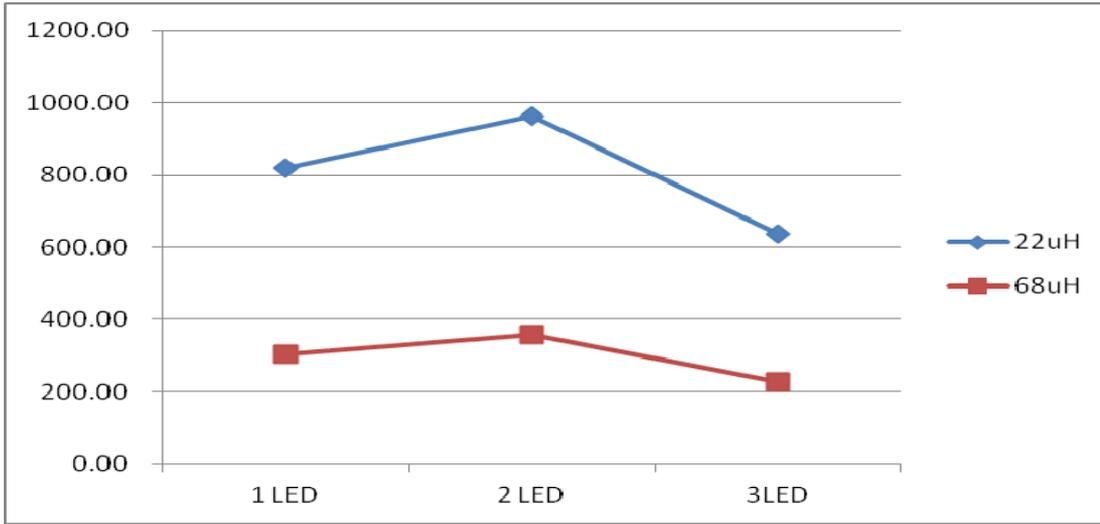


Output Current vs. LED Cascaded number @VIN=12V, I<sub>OUT</sub>=384mA

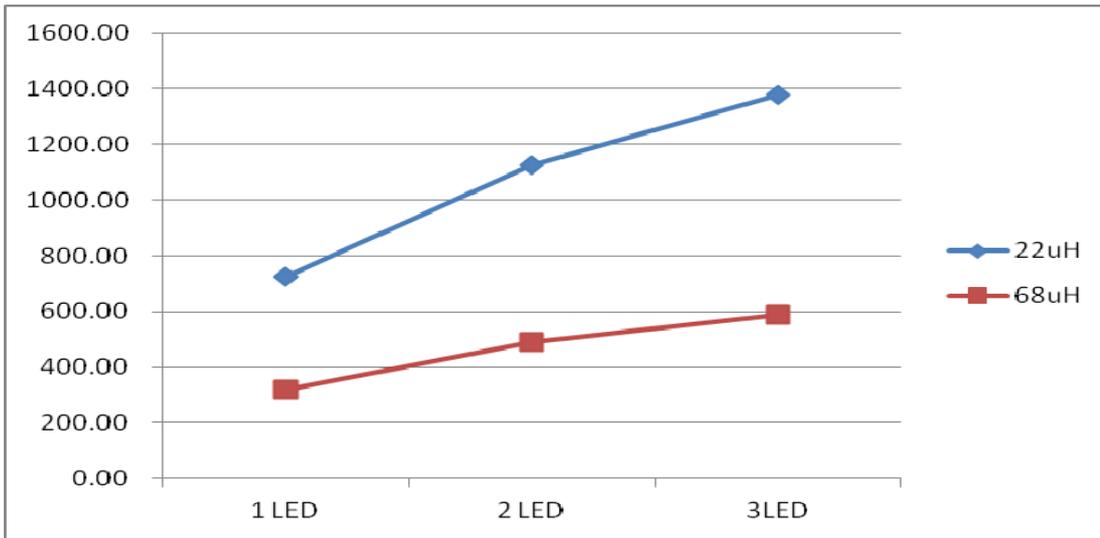


Output Current vs. LED Cascaded number @VIN=24V, I<sub>OUT</sub>=384mA

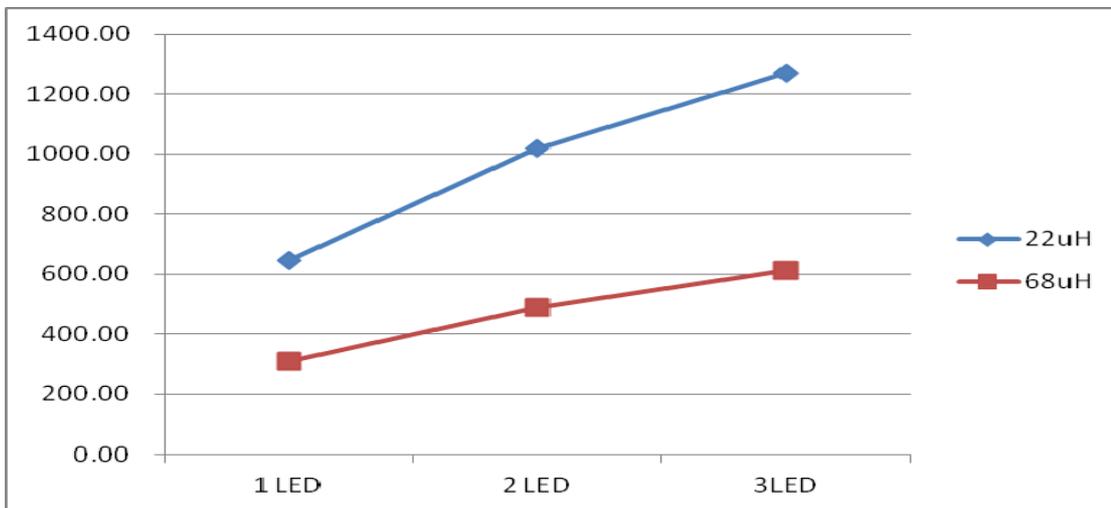
7. 开关频率和LED 串接数量关系(@电感值变化)



Switching Frequency vs. LED Cascaded Number @VIN=12V, IOUT=384mA

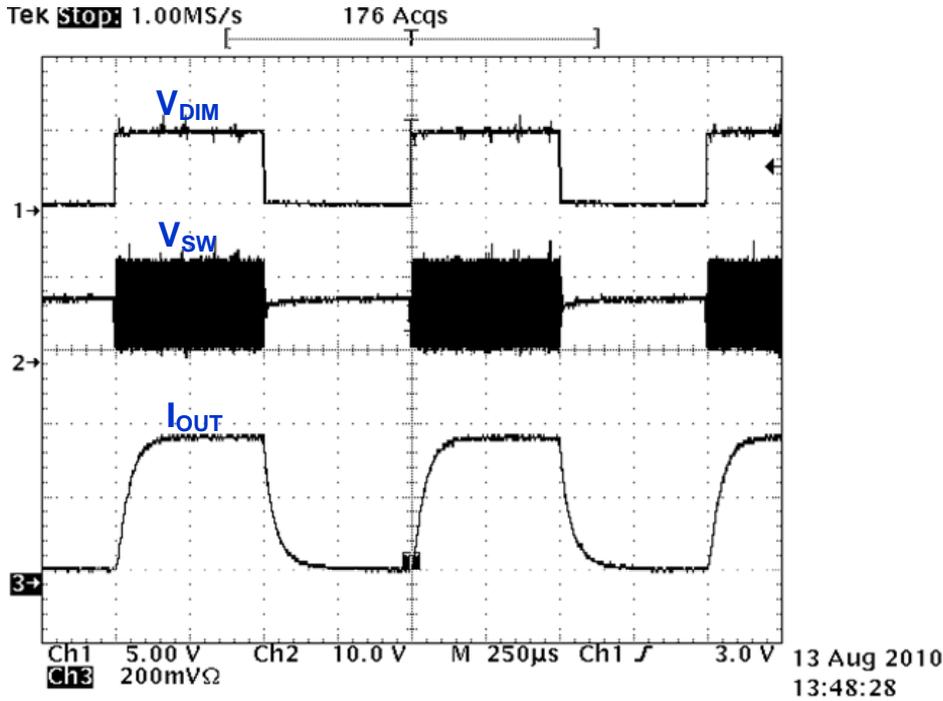


Switching Frequency vs. LED Cascaded Number @VIN=24V, IOUT=384mA

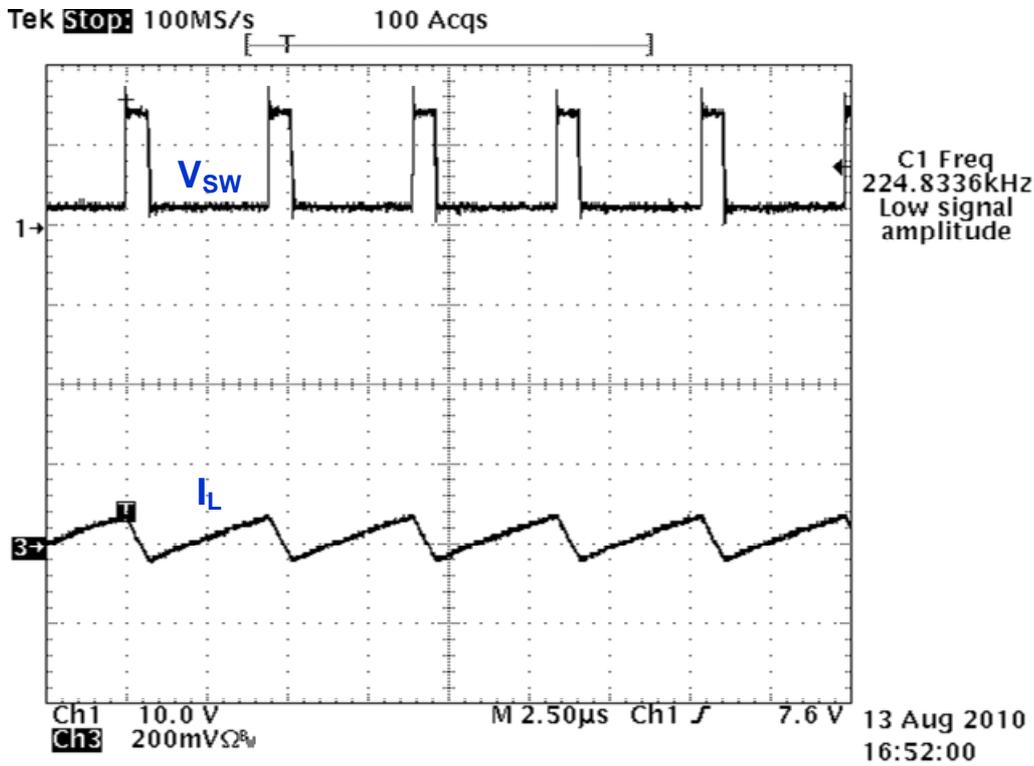


Switching Frequency vs. LED Cascaded Number @VIN=30V, IOUT=384mA

8. 调光和开关波形



Dimming waveform( $V_{IN}=12V$ ,  $R_{SEN}=0.27\ \Omega$ , 3-LED)



Switching waveform( $V_{IN}=12V$ ,  $R_{SEN}=0.27\ \Omega$ , 3-LED)

## 应用笔记

设定额定平均输出电流的外部电阻RS

额定平均输出电流的LED (s) 是由连接的VIN和输出之间的外部电流检测电阻 (RS) 决定，由下式给出：

$$I_{OUTnom} = 0.1/R_s \text{ [for } R_s \geq 0.1\Omega \text{ ]}$$

Nominal ripple current is  $\pm 15\text{mV}/R_s$

下表给出了几个优选值的额定平均输出电流值

就是第1页上所示的典型应用电路中的电流设定电阻 (RS) 的值：

RS( )	平均输出电流(mA)
0.1	1000
0.13	760
0.15	667

## 调光

脉冲宽度调制 (PWM) 信号的占空比可以加到DIM引脚，在逻辑低电平 (0.5V以下)，DIM将禁用和关闭内部MOSFET，LED端无电流。

含内部上拉电路，保证TTP933 DIM引脚悬空时是ON。

## 开路/短路LED保护

当任何LED是开路，输出电流将被关闭。

当任何LED短路，输出电流将被限制到其预设值。

## 过温保护

当超出结温范围。 TTP933将关闭输出。

## 最小输入电压。

最小输入电压为RSEN，DCR L1，RDS (ON) 内部MOS开关和LEDS VLED总正向电压的总和

$$V_{in} = V_{RS} + V_{LED} + V_{L1} + V_{SW} .$$

## 设计技巧：

开关频率。

为了获得更好的输出电流精度，开关频率应通过以下来确定最小的开/关时间周期。

当占空比大于0.5时：

$$F_{SW} = (1-D) / T_{OFF, MIN}$$

$$(D = V_{out} / V_{in}) \quad \text{或} \quad F_{SW} = D / T_{ON, MIN}$$

当占空比小于0.5：

$$F_{SW} = (1-D) / T_{OFF, MIN}, (D = V_{out} / V_{in}) \quad \text{或} \quad F_{SW} = D / T_{ON, MIN}$$

效率与开关频率是相关的（更好工作于较低频率），及要兼顾组件的尺寸/成本，和输出纹波电压，电流的振幅（在高频率时较小）。

较慢的开关频率，来自大的电感值。在许多应用中的电磁干扰，灵敏度限制了开关频率。可以范围从40kHz至1.0MHz的开关频率。

### LED的纹波电流

LED恒流驱动器，被设计来控制通过串联的LED电流，而不是它两端的电压。较高的LED纹波电流，允许使用更小的电感，较小的输出电容，甚至不使用输出电容。更高的LED纹波电流的优点，以尽量减少PCB尺寸并降低成本，因为没有输出电容。降低LED的纹波电流需要大的电感和输出电容。降低LED的纹波电流的优点是延长LED的使用寿命，并减少LED的热量。推荐使用的纹波电流是LED正常输出电流的5%至20%间。

### 电容的选择

应该使用较低ESR的电容用于电源退耦，该电容的ESR等效电阻会出现在电源回路上，降低整体效率。该旁路电容要提供比较高的峰值电流，可以平滑电源输入端的线圈电流纹波。

一般可以接受输入端最小值为4.7uF，且尽量靠近器件，但更高的容量将提高在低输入电压时的性能，尤其是在电压源的阻抗较高。输入电容应放在尽可能接近的IC。

为了获得最大的稳定性在温度和电压，建议使用的X7R，X5R或更高规格的电容器，Y5V电介质的电容器是不适合在此应用下做退耦，请不要使用。

## 电感器的选择

电感是由两个因素决定：开关频率和电感纹波电流  
计算电感L1，可以用下式进行：

$$L1 > (V_{IN} - V_{OUT} - V_{SEN} - (R_{ds(ON)} \times I_{OUT})) \times D / (f_{sw} \times \Delta I)$$

在电源电压较高时，建议使用较高的电感值，以尽量减少由于开关延时误差，造成纹波增加和效率较低。较高的值的电感，在电源电压范围内时，输出电流的变化也较小（见图表）。为降低回路阻抗，电感器的安装应尽可能靠近器件的SW和VIN引脚。

所选择的电感，饱和电流应高于峰值输出电流，和连续的额定电流大于平均输出电流。

电感值的选择，应保证在规定的电源电压和负载电流范围，占空比和开关“ON”/“OFF”时均正常。

## 开关导通时间

$$T_{on} = L \Delta I / (V_{IN} - V_{LED} - I_{avg} (R_S + r_L + R_{sw}))$$

$$T_{off} = L \Delta I / (V_{LED} + V_D + I_{avg} (R_S + r_L))$$

## 备注：

- L: 电感
- rL: 电感内阻
- RS: 采样电阻
- Iavg: 所需的LED的电流
- ΔI: 电感上纹波电流峰-峰值{设置为0.3 x Iavg}
- VIN: 电源电压
- VLED: LED端电压
- RSW: 开关管导通电压
- VD: 二极管在负载所需的电流时的正向电压

## 二极管选择

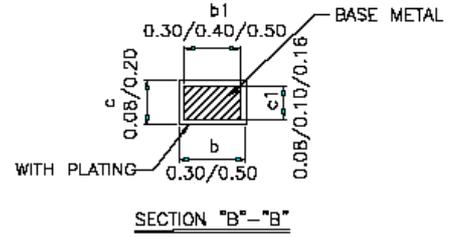
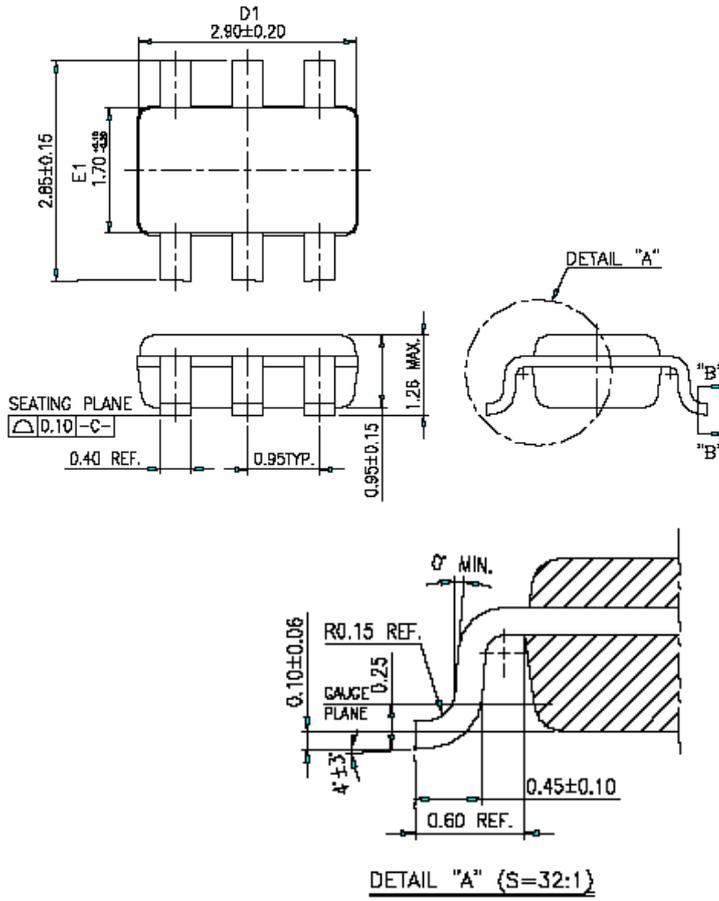
为了获得最大的效率和性能，整流器（D1）应该是一个快速的低电容肖特基二极管，在最大工作电压和温度警方有较低反向漏电流。

它们比硅二极管有更好的效率，由于有较低的正向电压和更低的恢复时间。比较重要是，所选择的零件的峰值额定电流要大于线圈峰值电流，以及电流额定值要高于最大输出负载电流

还有一个非常重要的考虑因素，就是温度在85 °C以上时，二极管的反向漏电流，高的漏电会增加整体的功耗，并且如果太靠近负载，可能会热失控，造成更高的正向电压和过冲的情形，由于在硅二极管的反向恢复时间会增加SW的输出上的峰值电压，如果一个硅二极管时，也应小心，以确保SW引脚上的电压纹波的总电压不超过规定的最大值。

封装信息

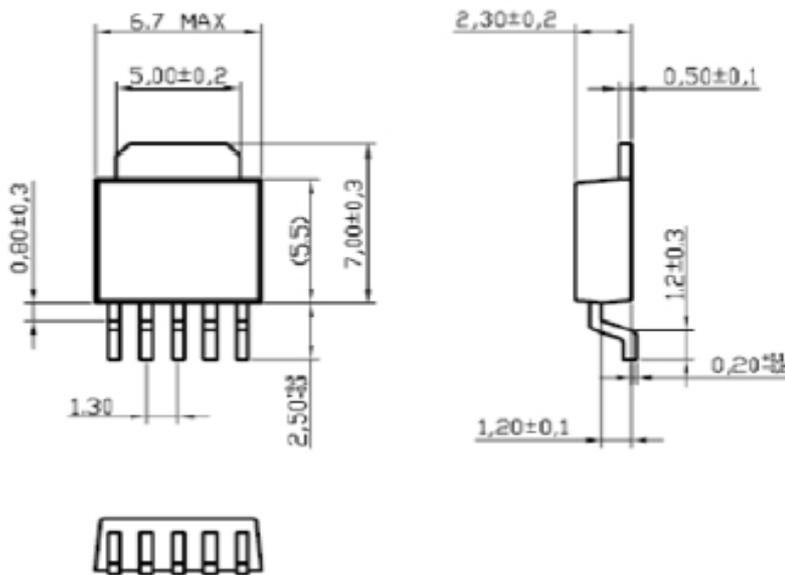
SOT23-6 (TTP933-FA6)



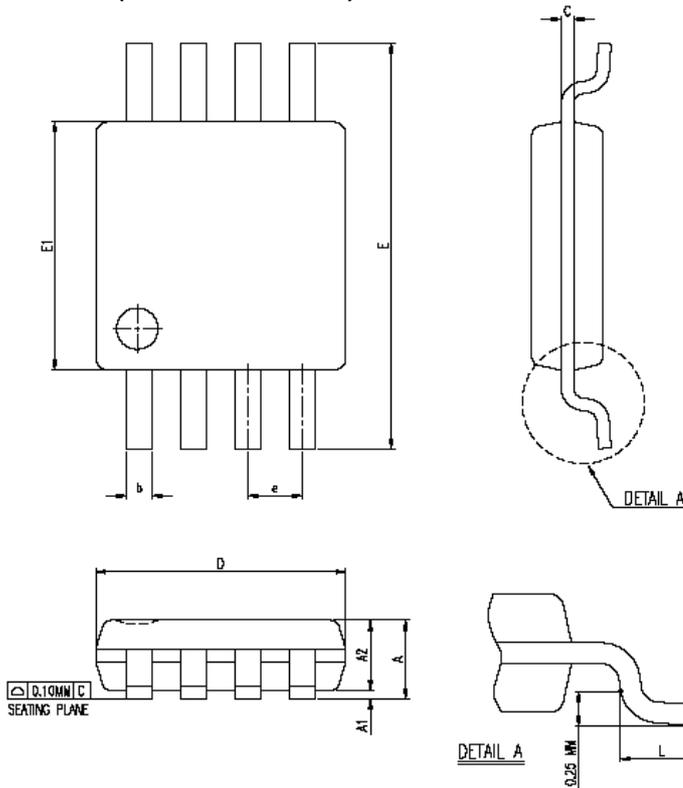
NOTES:

1. DIMENSION D1 & E1 DOES NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
2. COPLANARITY OF ALL LEADS SHALL BE (BEFORE TEST) 0.1 MAX. FROM THE SEATING PLANE. UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
3. GENERAL PHYSICAL OUTLINE SPEC IS REFER TO TMC'S FINAL VISUAL INSPECTION SPEC UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.

T0252-5 (TTP933-HE5)



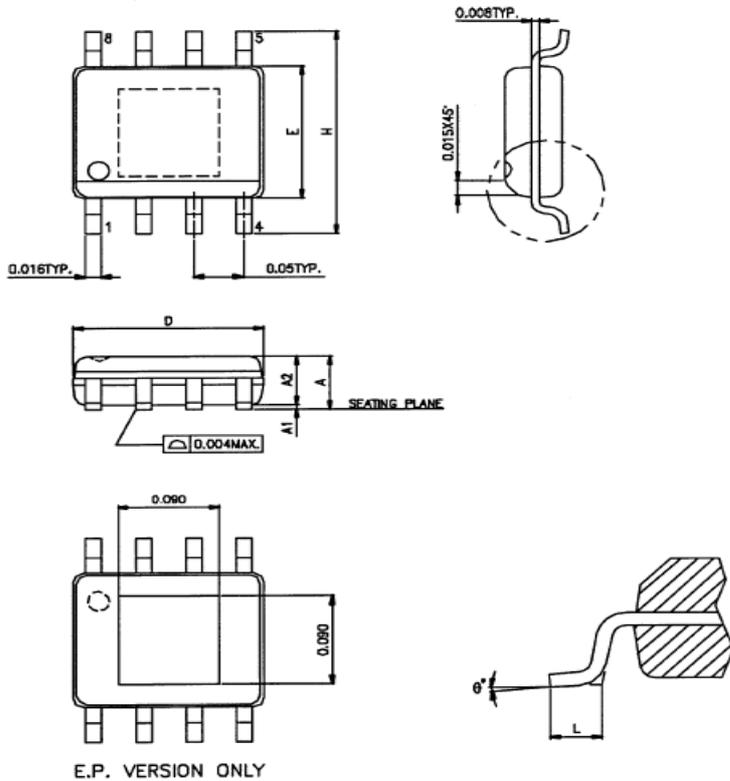
MSOP8 (TTP933-BM8)



SYMBOL	DIMENSION IN MM			DIMENSION IN INCH		
	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.
A	0.81	1.02	1.10	0.032	0.040	0.043
A1	0.05		0.15	0.002		0.006
A2	0.76	0.86	0.95	0.030	0.034	0.037
b	0.28	0.30	0.38	0.011	0.012	0.015
C	0.13	0.15	0.23	0.005	0.006	0.009
D	2.90	3.00	3.10	0.114	0.118	0.122
E	4.75	4.90	5.05	0.187	0.193	0.199
E1	2.90	3.00	3.10	0.114	0.118	0.122
e	0.65 BASIC			0.026 BASIC		
L	0.40	0.55	0.70	0.016	0.022	0.028
$\theta$	0°	3°	6°	0°	3°	6°
JEDEC						

\*NOTES : DIMENSION " D " DOES NOT INCLUDE MOLD PROTRUSIONS OR GATE BURRS.  
 MOLD PROTRUSIONS AND GATE BURRS SHALL NOT EXCEED 0.006 INCH (0.15 MM) PER SIDE .  
 DIMENSION " E1 " DOES NOT INCLUDE MOLD PROTRUSIONS MOLD PROTRUSIONS SHALL NOT EXCEED 0.010 INCH (0.25 MM) PER SIDE .

SOP8 (TTP933-C08, TTP933-D08, TTP933-J08)

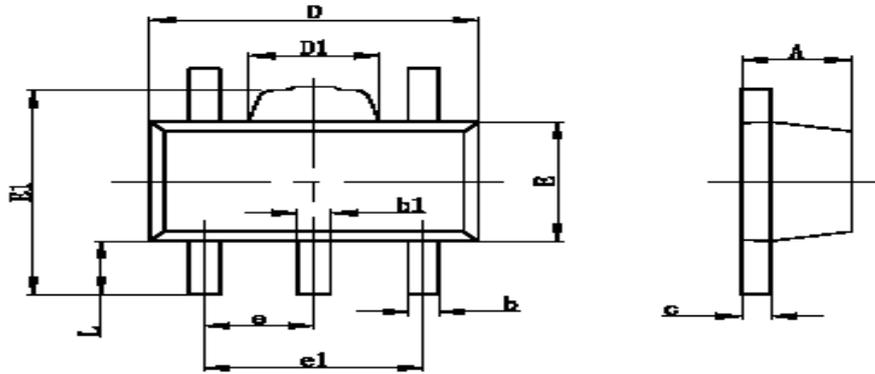


SYMBOLS	MIN.	MAX.
A	0.053	0.069
A1	0.004	0.010
A2	-	0.059
D	0.189	0.196
E	0.150	0.157
H	0.228	0.244
L	0.016	0.050
$\theta$	0	8

UNIT : INCH

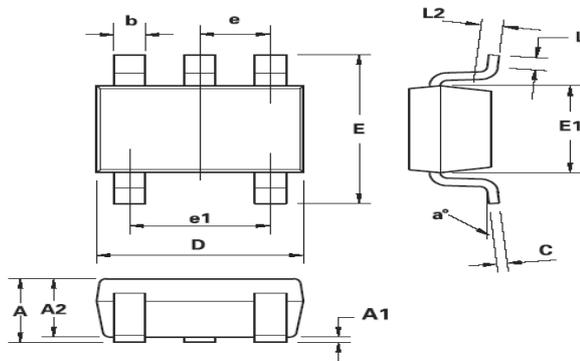
NOTES:  
 1. JEDEC OUTLINE : MS-012 AA / E.P. VERSION : N/A  
 2. DIMENSIONS "D" DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH, PROTRUSIONS OR GATE BURRS. MOLD FLASH, PROTRUSIONS AND GATE BURRS SHALL NOT EXCEED .15mm (.006in) PER SIDE.  
 3. DIMENSIONS "E" DOES NOT INCLUDE INTER-LEAD FLASH, OR PROTRUSIONS. INTER-LEAD FLASH AND PROTRUSIONS SHALL NOT EXCEED .25mm (.010in) PER SIDE.

SOT89-5 (TTP933-GG5)



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	1.400	1.600	0.055	0.063
b	0.320	0.520	0.013	0.020
b1	0.360	0.560	0.014	0.022
c	0.350	0.440	0.014	0.017
D	4.400	4.600	0.173	0.181
D1	1.400	1.800	0.055	0.071
E	2.300	2.600	0.091	0.102
E1	3.940	4.250	0.155	0.167
e	1.500TYP		0.060TYP	
e1	2.900	3.100	0.114	0.122
L	0.900	1.100	0.035	0.043

SOT23-5 (TTP933-EA5)



DIM	Millimeters		Inches	
	Min.	Max.	Min.	Max.
A	-	1.00	-	0.0393
A1	0.01	0.10	0.0003	0.0039
A2	0.84	0.90	0.0330	0.0354
b	0.30	0.45	0.0118	0.0177
c	0.12	0.20	0.0047	0.0078
D	2.90 BSC		0.114 BSC	
E	2.80 BSC		0.110 BSC	
E1	1.60 BSC		0.062 BSC	
e	0.95 BSC		0.0374 BSC	
e1	1.90 BSC		0.0748 BSC	
L	0.30	0.50	0.0118	0.0196
L2	0.25 BSC		0.010 BSC	
a°	4°	12°	4°	12°

## 订购信息

### 1. 封装型号

TTP933-BM8, TTP933-C08, TTP933-D08, TTP933-EA5, TTP933-FA6  
TTP933-GG5, TTP933-HE5, TTP933-J05.

### 2. 晶粒型号

TCP933

## 修订记录

2013/03/05 : 原始版本 V1.0

2013/05/02 : 修改封装信息 V1.1

2013/08/23 : 修改封装信息 V1.2