

## 概述

PT4115 是一款采用连续导通模式的电感式降压转换器，专门用来作为单串或多串 LED 驱动。由于采用的是 DCDC 开关降压式转换器架构，所以效率优于传统的线性驱动电源。可以工作在 6V~60V 宽范围输入电压条件下，最大能够支持 1.5A 的 LED 驱动电流，并提供调光控制引脚可以实现 LED 电流的动态调整。

PT4115 采用了高端电流检测电路，通过一个外部检测电阻来设置正常条件下的 LED 灯的平均工作电流大小，通过 DIM 调压管脚设置成 DC 电压或者是 PWM 脉冲的形式来实现宽范围的电流大小的调节功能。还可以通过给、拉低 DIM 脚的方式来关闭 LED，让芯片进入到低功耗待机模式，此低电平电压只需要小于等于 0.3V 即可。集成了用于开关控制的功率 MOSFET。

PT4115 采用了 SOT89-5L 的封装，散热性能优异。

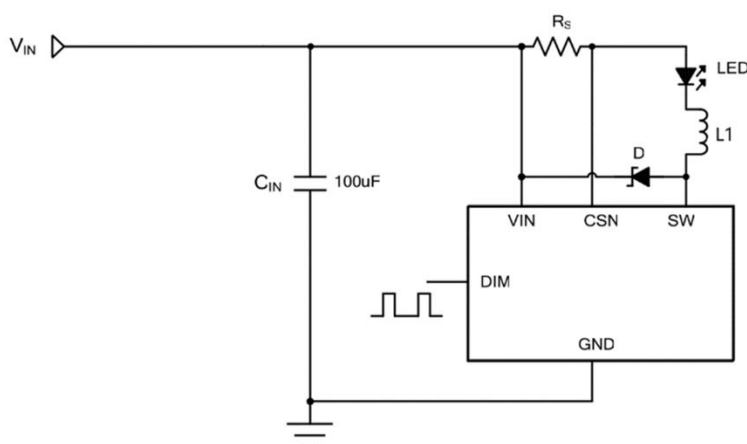
## 特性

- 外围电路简单
- 宽输入电压范围：6V~60V
- 高效率，最高可达 97%
- 最高 1.5A 的输入电流能力
- 一个引脚实现电路的开关和 LED 调光功能
- 最高 1MHz 的开关频率
- 电流精度典型值达到 $\pm 3\%$
- 具有电流检测电阻开路/短路保护功能
- 高端电流检测
- 可调的 LED 恒流电流
- 内置 OTP 过温调节和过热关断功能

## 应用

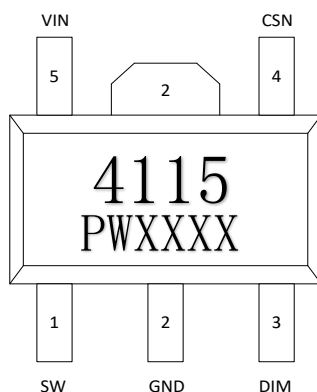
- 取代卤素灯的低压 LED 射灯
- 汽车照明
- 低压工业照明
- LED 背光
- 信号灯

## 典型应用原理图





## 引脚定义



XXXX=不固定，生产批次代码

## 引脚描述

PIN NO	SYMBOL	FUNCTION DESCRIPTION
1	SW	内置开关管的漏极
2	GND	芯片的地
3	DIM	多功能开/关和亮度控制引脚
4	CSN	电流采样引脚
5	VIN	芯片电源供电脚

## 绝对最大值

符号	参数说明	值	单位
VIN	输入电压	-0.3 ~ 60	V
SW	功率管的 Drain 端电压	-0.3 ~ 60	V
CSN	电流检测的输入，相对 VIN 的值	-6 ~ 0.3	V
DIM	调光输入电压	-0.3 ~ 6	V
I <sub>SW</sub>	开关输出电流	1.5	A
P <sub>D</sub>	最大功耗 SOT89-5L	1.2	W
θ <sub>JA</sub>	热阻 SOT89-5L	80	°C/W
T <sub>J</sub>	工作结温温度范围	-40~150	°C
T <sub>OPR</sub>	工作环境温度范围	-40~85	°C
T <sub>STG</sub>	存储温度范围	-55~150	°C
T <sub>SOLDER</sub>	回流焊温度	260°C, 10s	

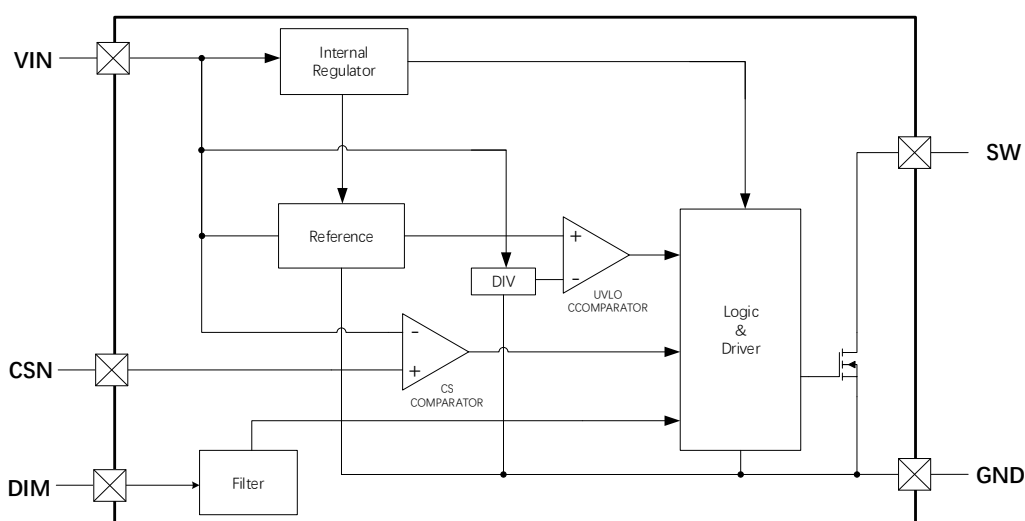
说明:

- 超过绝对最大值的范围可能会损坏芯片。推荐工作条件表示芯片在此范围内能够正常工作，但不保证满足电气参数中的范围限制。
- 最大允许的功耗会随着温度的升高而衰减，影响的因素有环境温度 Ta，热阻 θ<sub>JA</sub> 和结温 T<sub>J</sub>。最大功耗的计算公式为  $P_{D\text{MAX}} = (T_{J\text{MAX}} - T_A) / \theta_{JA}$ 。

## 推荐应用条件

符号	参数说明	最小值	典型值	最大值	单位
VIN	输入电压范围	6		50	V
T <sub>OPR</sub>	工作环境温度范围	0		85	°C

## 内部框图



## 功能描述

当 VIN 上电以后，Rs 电阻，灯串和电感上都没有电流，此时功率管处在关闭状态，电流检测电路的比较器会输出高，将功率管打开，这时候 VIN 到 GND 的电流通路被打开，Rs、灯串和电感上将流过电流，电流上升的斜率由 VIN 电压，灯串的电压和电感的感值 L 决定。此电流流过 Rs 电阻时，在电阻两端产生一个电压差，当  $(VIN - V_{CSN}) > V_{CSN} * (1 + V_{CSN\_hys})$  时，电流检测比较器的输出会输出低电平，从而将功率管关闭。接着，电流开始下降，下降的斜率由灯串电压和电感的感值决定，当  $(VIN - V_{CSN}) < V_{CSN} * (1 - V_{CSN\_hys})$  时，功率管再次打开，这意味着灯串上的平均电流由公式  $I_{OUTnom} = V_{CSN}/R_s$  来决定。

采用板载高侧电流检测的架构可以最小化外围元件的数量。保证电流的精度，Rs 需使用 1% 精度范围以内的高精度电阻，这样可以保证电流的恒流精度在 3% 以内。

DIM 调光控制可以采用 PWM 和 DC 电压两种方式。采用 PWM 调光，PWM 的低电平需小于 VDIM\_H，高电平需高于或等于 VDIM\_DC\_MAX，当 PWM 的脉冲为低时，功率管关闭，电流下降，当 PWM 的脉冲为高时，功率管打开，电流上升到最大电流，此时的平均电流由占空比决定， $I_{OUTavg} = I_{OUTnom} * D$ ， $D = PWM\_H / (PWM\_H + PWM\_T)$  (PWM 高电平持续时间 / PWM 周期)。

为了提高可靠性，芯片设置了 OTP (Over Temperature Protection) 过温保护功能和 OTA (Over Temperature Adjust) 过温调节功能。当达到 TADJ 以后，输出电流会随着芯片温度的上升而减小。通常电流减小后，温度会减缓上升甚至下降，所以正常工作条件下，芯片的温度在超过 TADJ 之后，会稳定在某一温度点上。如果出现一些外部环境因素造成的异常现象，导致即使电流很快降低，温度还是会继续升高，这时候如果温度达到 TSD，芯片会直接关闭输出电流，触发过温保护功能。



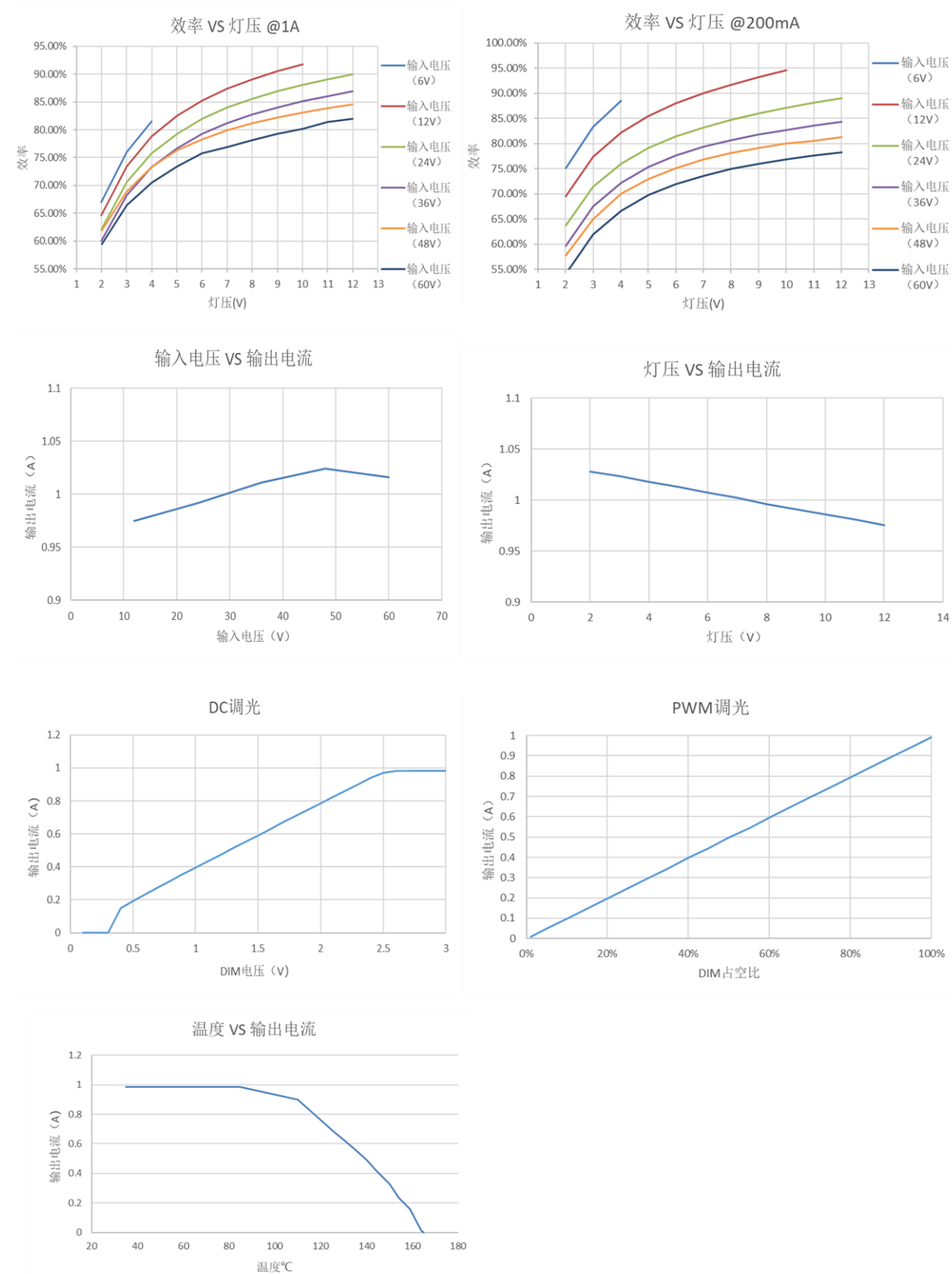
## 电气参数表

以下参数均在室温 25℃下测试，VIN=24V，除非另有说明

符号	描述	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
VIN	Input Voltage		6		60	V
VUVLO	Under voltage lock out	VIN rising		4.5		V
VUVLO_HYS	UVLO hysteresis	VIN falling		0.3		V
FSW	Max. Switching Frequency				1	MHz
VCSN	Mean current sense threshold voltage	VIN-VCSN	194	200	206	mV
VCSN_hys	Sense threshold hysteresis			±15		%
ICSN	CSN Pin Input Current	VIN-VCSN=50mV		8		μA
ISD	Shutdown supply current			100	160	μA
IOFF	Quiescent supply current with output off	No Switching		200	360	μA
VDIM	Internal supply voltage	DIM floating		5		V
VDIM_H	DIM input voltage High			0.3	0.37	V
VDIM_HYS	DIM input voltage hysteresis		20	50	80	mV
VDIM_DC	DC brightness control		0.5		2.5	V
FDIM_MIN	Min. DIM Frequency			0.1		kHz
FDIM_MAX	Max. DIM Frequency			20		kHz
RDIM	DIM pull up resistor to Internal supply voltage			200		KΩ
IDIM_L	DIM input leakage low	VDIM = 0		24		μA
RSW	SW On Resistance	VIN=6V ~ 60V		0.4		Ω
ISWmean	Continuous SW Current				1.5	A
IOUTAvg_Accuracy	Average Current Accuracy	@Rs Accuracy Class=1%			±3	%
ILEAK	SW Leakage Current			0.5	5	μA
TSD	Thermal Shutdown Threshold			170		°C
TSD_HYS	Thermal Shutdown hysteresis			20		°C
T <sub>ADJ</sub>	Thermal adjustable threshold			140		°C

## 典型性能曲线及波形

(如无特别说明, VIN=24V, 3LEDs, IOU=1A, 电感 L=47uH, TA=25°C)





## 应用说明

### 设置正常的平均输出电流

LED 灯串上流过的正常的平均输出电流由连接在 VIN 和 CSN 之间的检测电阻  $R_s$  来决定,  $I_{OUTNOM}=0.2/R_s$ , 条件是 DIM 脚是悬空的或者外部提供的电压高于 2.5V, 小于 5V。所以  $R_s$  实际上设置的是最大的平均输出电流, 通过 DIM 调光控制可以将输出电流调节到该电流以下。

### 外部直流电压调节输出电流

采用直流电压调光方式时, 当 DIM 上施加一个  $V_{DIM}$  的电压时, 平均输出电流可以通过公式计算,  $I_{OUT}=(0.2 \times V_{DIM})/(2.5 \times R_s)$  ( $0.5V \leq V_{DIM} \leq 2.5V$ ), 如果  $2.5V \leq V_{DIM} \leq 5V$ , 电流为 100%的  $I_{OUTNOM}$ 。

### 外部 PWM 脉冲调节输出电流

采用 PWM 调光时, 计算公式如下:

$$I_{OUT} = \frac{0.2 \times D}{R_s} \quad (0 \leq D \leq 100\%, 2.5V < V_{PULSE} < 5V),$$

$$I_{OUT} = \frac{0.2 \times D \times V_{PULSE}}{2.5 \times R_s} \quad (0 \leq D \leq 100\%, 0 < V_{PULSE} < 2.5V)$$

从公式可以看出, 采用 PWM 调光时, 当  $V_{PULSE}$  小于 2.5V 时 LED 灯串的亮度 (电流大小) 由占空比  $D$  的大小来决定, 此时如果要将电流变成最大值的 25%, 只需要将占空比设置成 25%即可。当  $V_{PULSE}$  大于 2.5V 时 LED 灯串的亮度 (电流大小) 由占空比  $D$  的大小和  $V_{PULSE}$  的大小共同来决定。为了防止肉眼可见的亮度变化, PWM 的频率需设置在 100Hz 以上, 此时人眼能感觉到的亮度由 PWM 为高的时间来决定。PWM 调光的好处是, 当灯串上流过电流时的电流始终是最大值而且恒定的, 因此不会给人一种 LED 灯的颜色变化的感觉, 仅仅是亮度上的变化。而采用直流电压模拟线性调光时, LED 灯上的电流大小是变化的, 会造成颜色上的变化。脉宽调制在提供精准的亮度控制的同时又能够保证颜色的纯净。PT4115 支持的最高调制频率为 20KHz。

### 软启动

在 DIM 脚上接一个对地电容可以实现额外的电流软启动功能, 其原理是电容会增加这个脚上的电压上升时间, 从而使得达到开启阈值门限的时间变长, 使的输出控制比较器的输入端电压上升斜率变慢, 从而实现输出缓慢打开的目的, 达到电流软启动的效果。

### 输入电容选型

选用 ESR 较低的陶瓷贴片电容作为输入电容是首选, 可以提高系统效率。输入电容的作用是给电感提供较高的峰值电流, 降低输入电压上的电流纹波。如果输入电源的位置离芯片很近时, 输入电容容值的要求最小是 10uF。输入电压越低时, 容值越大越好, 尤其是当输入电源的输出阻抗较大时。电容的耐压值必须高于输入电压的最高值, 而且输入电容离芯片越近越好。选用 X7R, X5R 或者更高温度和电压衰减等级的电容可以提高系统的稳定性和可靠性。Y5V 的电容温度稳定性和电压稳定性太差, 不推荐使用。



### 电感选型

电感的感值越小，DCR 越小，交流开关损耗也越低，但是一定工作频率下的纹波电流会越大，感值和工作频率需要取一个平衡值。通常选择的开关工作频率为 100KHz~500KHz，此时的感值选择可以根据下面的公式来计算：

$$L = \frac{\left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}\right) \times V_{OUT}}{0.3 \times I_{LED} \times F_{SW}},$$

开关频率越高，选取电感的 DCR 值越小越好。同时还要考虑电感的饱和电流要大于实际工作时的最高峰值电流。

### 输出电容选型

绝大多数应用时，输出电容是不需要的，但是如果需要降低 LED 灯串上的峰峰值纹波电流大小，可以在 LED 灯串旁边并联一个电容，这样可以将纹波电流降低到平均电流的 30%以下。2.2uF 的电容可以满足绝大数的应用条件，电容的容值越大，纹波电流越小。需要注意的是容值大了会影响到工作频率，降低系统效率，增加启动的时间，降低调光的最高频率，所以需要折中选取。

### 温度注意事项

如果环境温度比较高时，需要注意此时的最大工作电流不要让芯片超过其允许的最大功耗要求，否则会触发过温保护，达不到稳定工作状态。

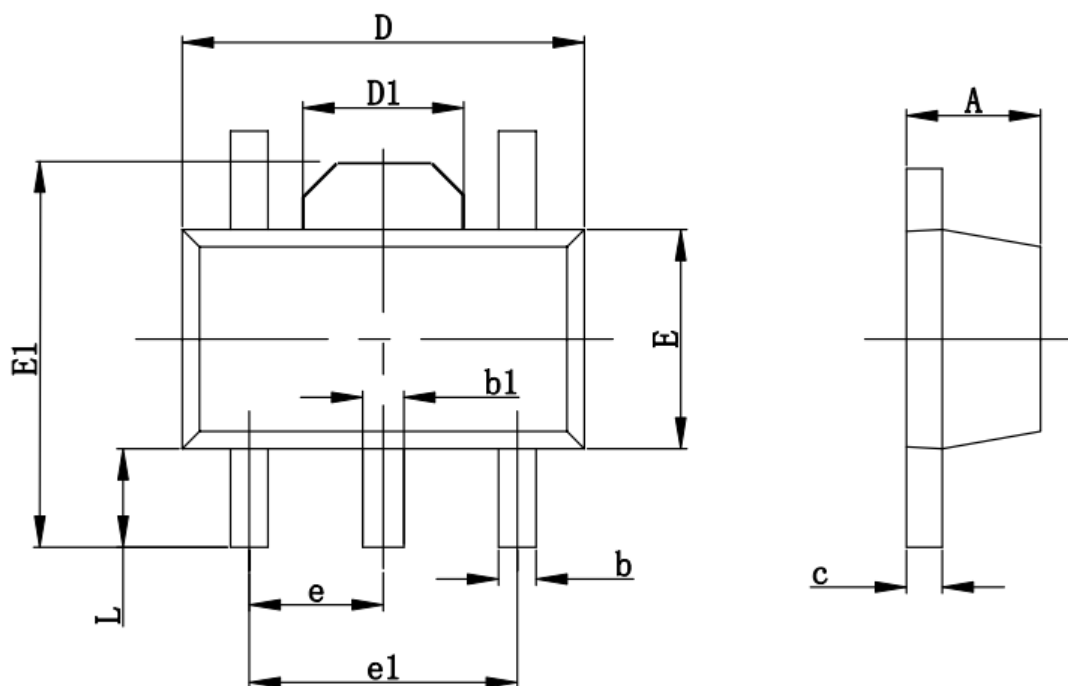
### 布图注意事项

在元器件摆放和走线时需要特别小心，尤其是 Rs 电阻必须要靠近 VIN 和 CSN 引脚，降低电流检测的误差。电流回路上的元器件比如输入电容，灯串，电感，肖特基二极管，芯片功率管的摆放和走线要遵循最短路径的原则。



## 封装

## SOT89-5L



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min.	Max.	Min.	Max.
A	1.400	1.600	0.055	0.063
b	0.350	0.520	0.013	0.020
b1	0.400	0.580	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	2.350	2.550	0.091	0.102
E1	3.940	4.250	0.155	0.167
e	1.500 TYP		0.060 TYP	
e1	2.900	3.100	0.114	0.122
L	0.900	1.100	0.035	0.043





### IMPORTANT NOTICE

Wuxi PWChip Semi Technology CO., LTD (PW) reserves the right to make corrections, modifications, enhancements, improvements, and other changes to its products and services at any time and to discontinue any products or services. Customers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete.

PW assumes no liability for applications assistance or customer product design. Customers are responsible for their products and applications using PW components.

PW products are not authorized for use in safety-critical applications (such as life support devices or systems) where a failure of the PW product would reasonably be expected to affect the safety or effectiveness of that devices or systems.

The information included herein is believed to be accurate and reliable. However, PW assumes no responsibility for its use; nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use.