

40V、1.2A 降压高亮度 LED 驱动器

概述

4115 是一款降压、恒流、高效率的高亮度 LED 驱动器。4115 特别适合宽输入电压和宽负载范围的应用，输入电压范围从 8V 到 30V，负载输出电压可从 3V 到 28V。通过外接电阻可以设定输出电流，输出电流可达 1.2A，且恒流精度高。

4115 只需很少的外接元件就可实现降压、恒流驱动功能，并可以通过 DIM 引脚实现 PWM 和线性调光功能，且当 $V_{DIM}=0V$ 时，整个芯片关断进入低功耗待机模式。另外，当 DIM 脚接 NTC 电阻到地可实现输出 LED 过温电流补偿功能。

由于采用滞环控制方式，4115 对负载瞬变具有非常快的响应速度，最高工作频率可达 1MHz。

4115 内置负载开路和负载短路保护功能，有效地保护恒流控制系统。

4115 采用 SOT89-5 和 SOT23-5 封装。

特点

最大输出电流：1.2A

宽输入电压范围：8V~40V

高电流精度：±5%

高效率：97%

负载开路和短路保护

PWM 和线性调光

滞环控制：无需补偿

最高工作频率：1MHz

内置过温电流补偿控制

DIM 脚接 NTC 电阻到地实现过温电流补偿

DIM 脚接电阻到地实现亮度调节

应用领域

建筑、安防、工业、环境照明

车灯、指示灯、应急灯、MR16 等

典型应用电路图

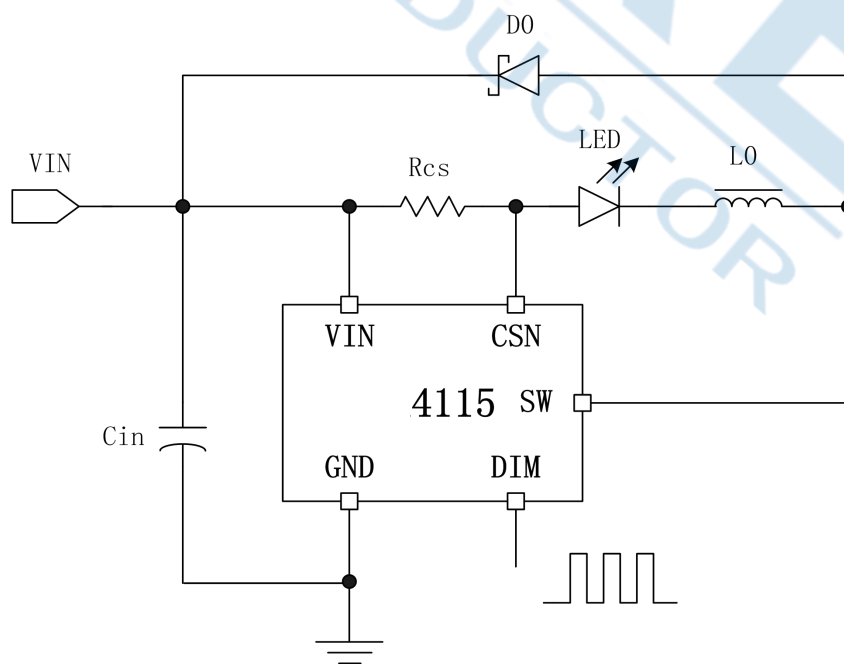
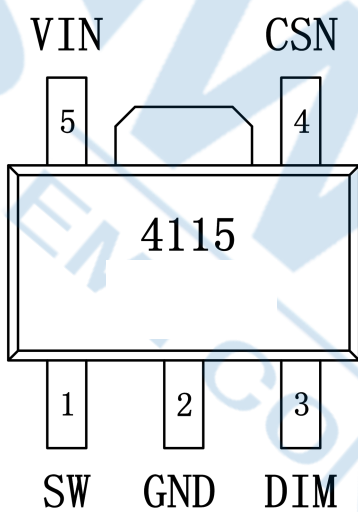
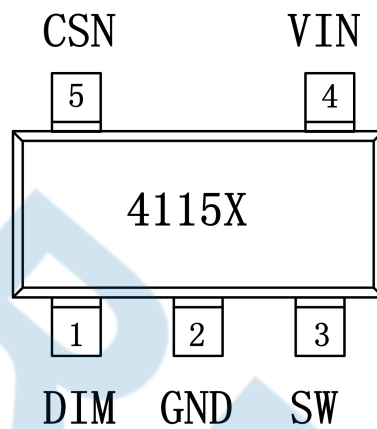


图 1： 4115 典型应用电路图

封装及管脚分配



SOT89-5



SOT23-5

管脚定义

管脚名称	封装和管脚号		管脚类型	描述
	SOT89-5	SOT23-5		
SW	1	3	输入	内置功率管漏极
GND	2	2	地	芯片输入地
DIM	3	1	输入	调光输入端
CSN	4	5	输入	电流检测端
VIN	5	4	电源	电源输入端

内部电路方框图

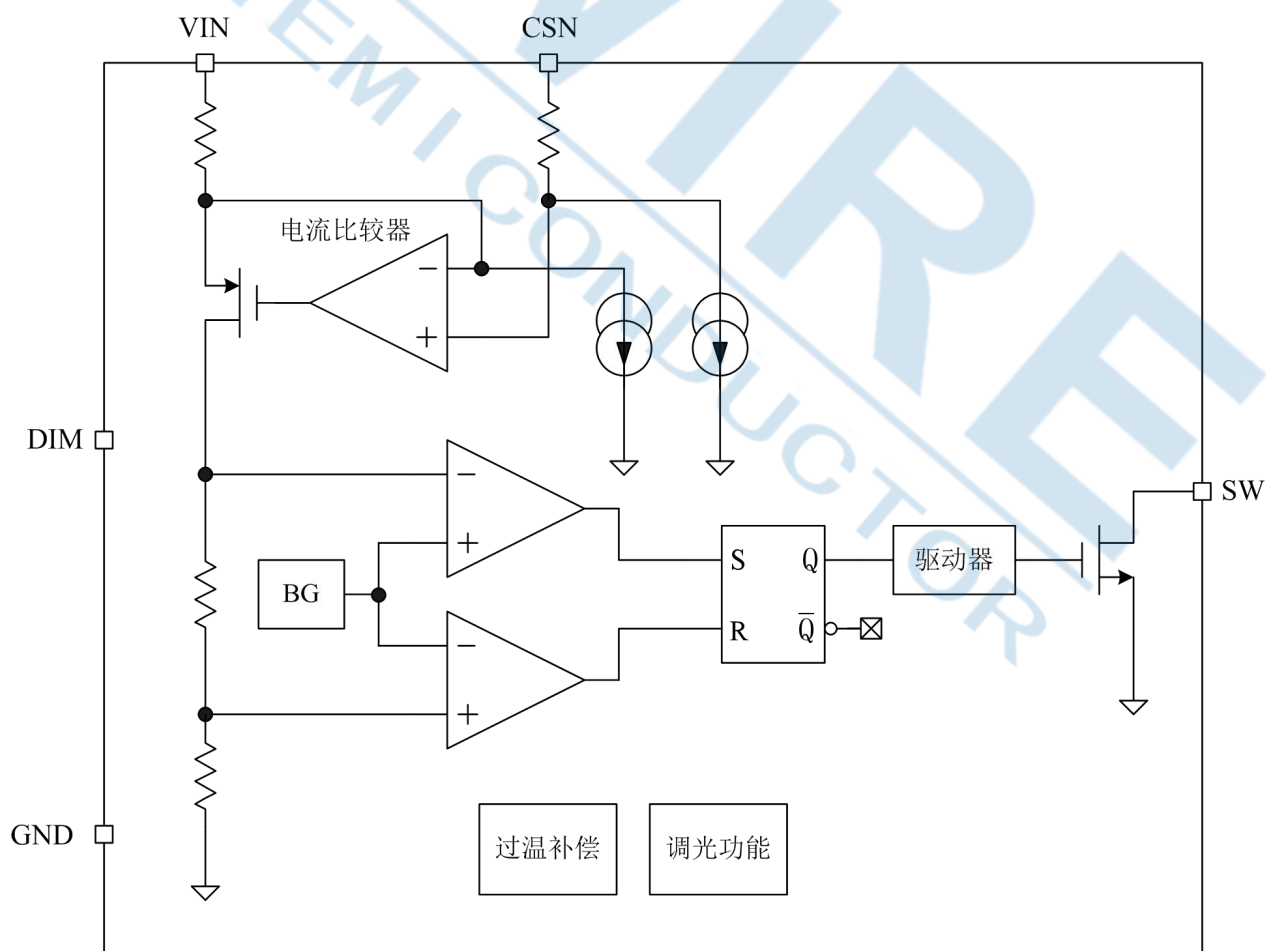


图 2: 4115 的内部电路方框图

40V、1.2A 降压高亮度 LED 驱动器

极限参数 (注 1)

参数	符 号	描述	最小值	最大值	单位
最大电压	V _{MAX}	VIN和CSN管脚的最大电压值		40	V
最大电流	I _{MAX}	SW管脚的极限电流		1.4	A
最大功耗	P _{SOT89-5}	SOT89-5 封装最大功耗 (注 2)		0.5	W
	P _{SOT23-5}	SOT23-5 封装最大功耗		0.25	W
温度	T _{OPR}	工作温度范围	-40	85	°C
	T _{STG}	存储温度范围	-40	120	°C
	T _{SD}	焊接温度范围 (焊接时间少于 30 秒)	230	240	°C
ESD	V _{ESD}	静电耐压值 (人体模式)		2000	V

注 1: 超过上表中规定的极限参数会导致器件永久性损坏; 而工作在以上极限条件下可能会影响器件的可靠性。

注 2: 封装底部的散热金属片必须和 PCB 板上的大片铜箔相连以利于散热。

40V、1.2A 降压高亮度 LED 驱动器

电特性

除非特别说明， $V_{IN}=12V$ ， $L_0=100\mu H$ ， $R_{CS}=0.2\Omega$ ， $T_A=25^\circ C$

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压						
输入电压	V _{IN}			30		V
欠压保护电压	V _{UVLO}	V _{IN} 从 8V开始下降，欠压保护后从V _{UVLO} 开始上升		6.7		V
欠压保持迟滞	V _{HYSUV}			0.5		V
电源电流						
电源待机电流	I _{IDD}	V _{DIM} < 0.3V		70		uA
电源工作电流	I _{IN}	SW悬空不接		130		uA
开关频率						
最大开关频率	F _{SW_MAX}				1	MHz
电流检测						
平均采用电压	V _{CS}	V _{IN} -V _{CS}		100		mV
采样电压迟滞	V _{CS_HYS}			+/-15		%
CSN脚输入电流	I _{CSN}			8		uA
功率开关						
SW导通电阻	R _{SW}			0.46		Ω
SW连续电流	I _{SW_C}				1.2	A
SW漏电流	I _{SW_L}			0.5	5	uA
SW端耐压	V _{SW}				40	V

40V、1.2A 降压高亮度 LED 驱动器

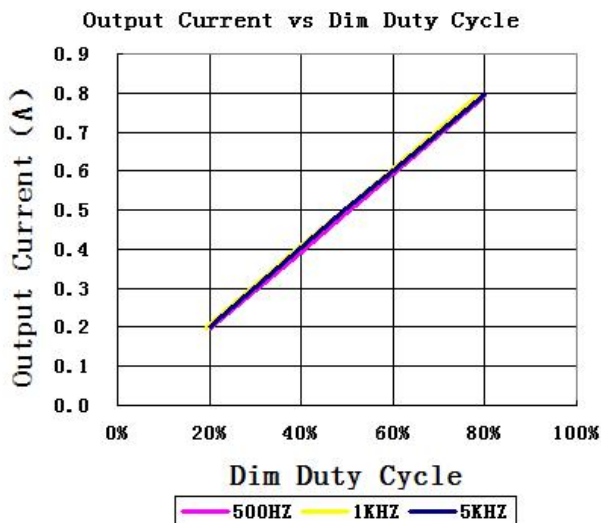
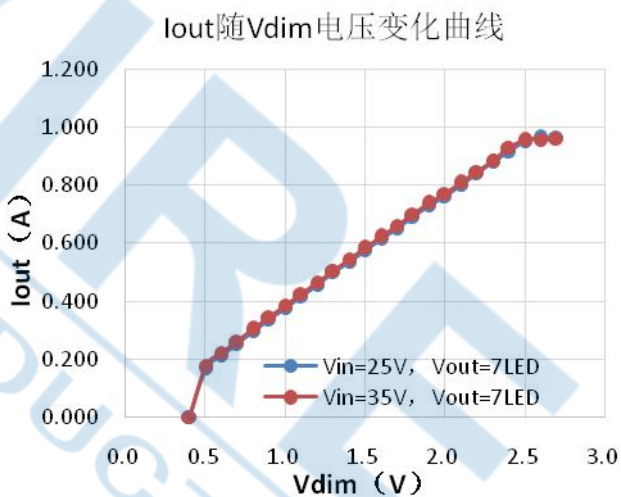
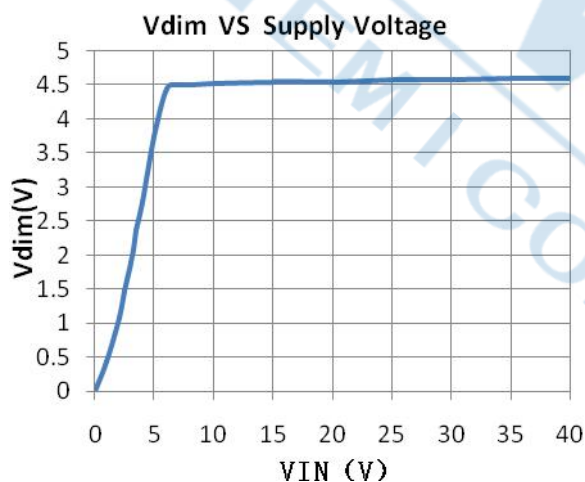
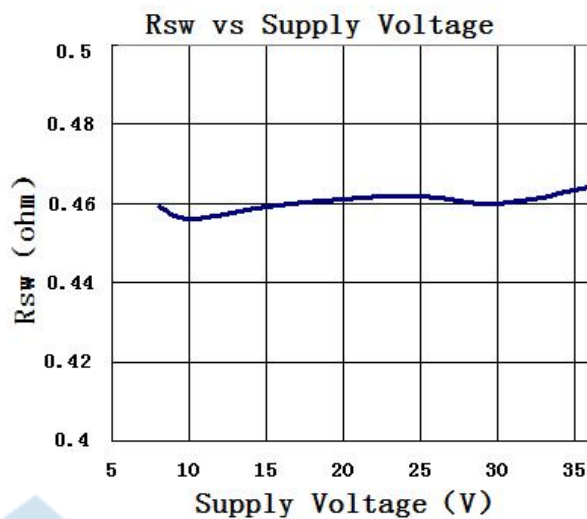
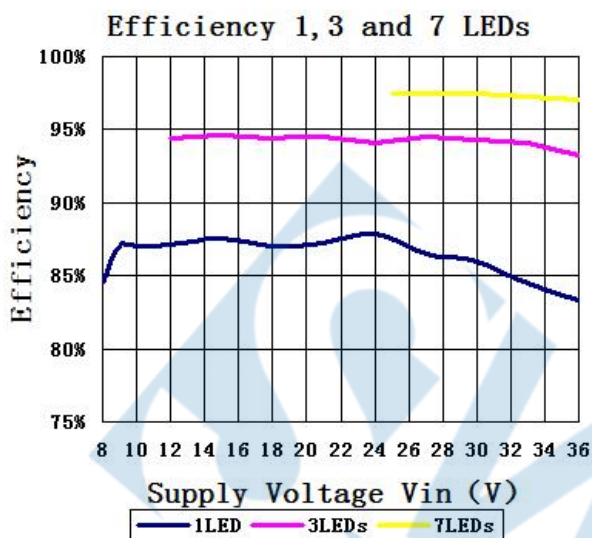
电特性 (接上一页)

除非特别说明, $V_{IN}=12V$, $L_0=100\mu H$, $R_{CS}=0.2\Omega$, $T_A=25^\circ C$

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
DIM输入						
内部电路电压	V_{DIM}	DIM悬空		5		V
DIM输入高电平	V_{DIM_H}			2.5		V
DIM输入低电平	V_{DIM_L}			0.3		V
模拟调光电压	V_{DIM_DC}		0.5		2.5	V
最大PWM调光频率	F_{DIM}	$F_{OSC}=500\text{ KHz}$			50	KHz
低频PWM调光 占空比范围	D_{PWM_LF}	$F_{DIM}=100\text{ Hz}$	0.02%		1	
		低频PWM调光比		5000: 1		
高频PWM调光 占空比范围	D_{PWM_HF}	$F_{DIM}=20\text{ KHz}$	4%		1	
		高频PWM调光比		25: 1		
DIM对内部工作电压 的上拉电阻	R_{DIM}			200		K Ω
过温补偿						
过温补偿点	T_{PROT}			130		$^\circ C$
电流补偿值	I_{PROT}	结温为 $150^\circ C$		$0.7 \cdot I_{NOM}$		

40V、1.2A 降压高亮度 LED 驱动器

典型曲线



应用指南

工作原理

4115 是一款降压、恒流、高效率的高亮度 LED 驱动器。芯片内部电路包括电流比较器、高/低端电压检测比较器、RS 触发器、驱动器、功率开关管、过温保护电路、参考电压电路 BG 和 LDO 电路等，如图 2 的内部电路方框图所示。其中，高/低端电压检测比较器、RS 触发器组成一个迟滞比较器；参考电压电路提供稳定的比较阈值电平，并且由于采用内部的修正技术，保证了输出电流的高精度和低温度漂移，输出电流精度达到 $\pm 5\%$ ；过温保护电路在芯片结温过高（ 130°C ）时自动降低输出电流，保护芯片和系统，从而使得电路能够安全地输出较大电流，提高了可靠性。

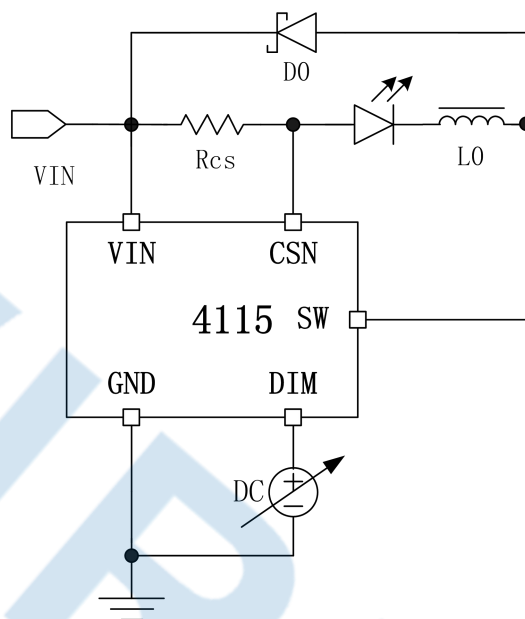
典型应用电路如图 1 所示，4115 和电感 L_0 、电流采样电阻 R_{CS} 形成一个自振荡的连续电感电流模式的降压型恒流 LED 控制电路。当 V_{IN} 上电时，电感 L_0 和电阻 R_{CS} 的初始电流为零，LED 的输出电流也为零。这时候，RS 触发器的输出为高电平，内部功率开关管导通，电流从 V_{IN} 通过电阻 R_{CS} 、LED 灯、电感 L_0 和内部功率开关管流到地，电流上升的斜率由 V_{IN} 、电感 L_0 和 LED 上的压降决定，电流在 R_{CS} 上产生一个电压差 ($V_{IN}-V_{CSN}$)，当 ($V_{IN}-V_{CSN}$) 大于 0.115V 时，RS 触发器的输出变为低电平，内部功率开关管关断，电流以不同的斜率流过电流采样电阻 R_{CS} 、LED 灯、电感 L_0 和肖特基二极管 D_0 ，当 ($V_{IN}-V_{CSN}$) 小于 0.085V 时，功率开关管重新打开。由上述可知，LED 上的平均电流为：

$$I_{LED} = \frac{0.085V + 0.115V}{2R_{CS}} = \frac{0.1V}{R_{CS}} \quad (1)$$

实际上， R_{CS} 是设定了 LED 的最大输出电流，通过 DIM 端，LED 实际输出电流能够调小到任意值。

通过直流电压实现模拟调光

DIM 端可以外加一个直流电压 V_{DIM} 调小 LED 输出电流，最大 LED 输出电流由 $(0.1/R_{CS})$ 设定，如图所示：



LED 平均电流计算公式：

$$I_{LED} = \frac{0.1 \times V_{DIM}}{2.5 \times R_{CS}} \quad (0.5V \leq V_{DIM} \leq 2.5V)$$

V_{DIM} 在 $(2.5V \leq V_{DIM} \leq 5V)$ 范围内 LED 保持 100% 电流 $I_{LED}=0.1/R_{CS}$ 。

通过 PWM 信号实现调光

LED 的最大平均电流由连接在 VIN 和 CSN 两端的电阻 R_{CS} 决定，通过在 DIM 管脚加入可变占空比的 PWM 信号可以调小输出电流以实现调光，计算方法如下所示：

$$I_{LED} = \frac{0.1 \times D}{R_{CS}}$$

$$(0 \leq D \leq 100\%, 2.5V < V_{PWM} < 5V)$$

如果高电平小于 2.5V ，则：

40V、1.2A 降压高亮度 LED 驱动器

开路保护

4115 具有内在开路保护功能，负载一旦开路，芯片的 SW 处于悬空状态，芯片将被设置于安全的低功率模式，因此 LED 负载开路时 LED 和芯片都是安全的。负载重新连接后进入正常的工作状态。

输入电容

在电源输入必须就近接一个低等效串联电阻（ESR）的旁路电容，ESR 越大，效率损失会变大。该旁路电容要能承受较大的峰值电流，并能使电源的输入电流平均，减小对输入电源的冲击。直流输入时，该旁路电容的最小值为 4.7uF，在交流输入或低电压输入，旁路电容需要 100uF 的钽电容或类似电容。该旁路电容尽可能靠近芯片的输入管脚。

为了保证在不同温度和工作电压下的稳定性，建议使用 X5R/X7R 的电容。

电感选取

4115 推荐使用的电感参数范围为 27uH ~ 100uH。电感的饱和电流必须要比输出电流高 30%到 50%。

LED 输出电流越小，建议采用的电感值越大。在电流能力满足要求的前提下，希望电感取得大一些，这样恒流的效果会更好一些。电感器在布板时请尽量靠近 VIN 和 SW，以避免寄生电阻所造成的效率损失。

二极管选取

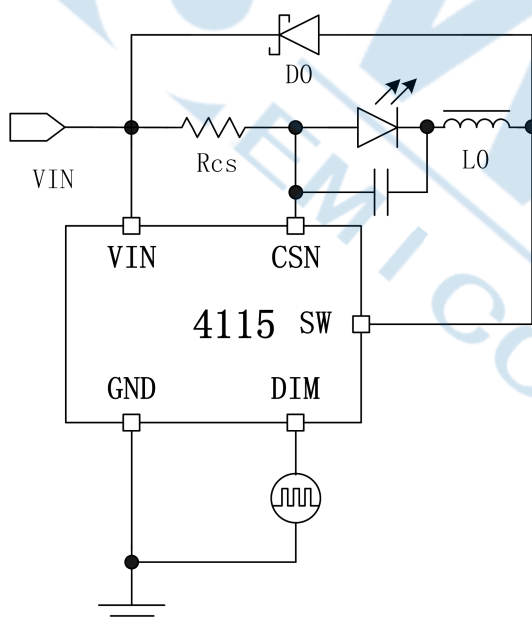
为了保证最大的效率以及性能，二极管（D0）应选择快速恢复、低正向压降、低寄生电容、低漏电的肖特基二极管，电流能力以及耐压视具体的应用而定，但应保持 30%的余量，有助于稳定可靠的工作。

另外值得注意的一点是应考虑温度高于 85℃时肖特基的反向漏电流。过高的漏电流会导致增加系统的功率耗散。AC12V 整流二极管（D0）一定要选用低压降的肖特

$$I_{LED} = \frac{V_{PWM} \times 0.1 \times D}{2.5 \times R_{CS}}$$

$$(0 \leq D \leq 100\%, 0.5V < V_{PWM} < 2.5V)$$

通过 PWM 调光，LED 的输出电流可以从 0%到 100%变化。LED 的亮度是由 PWM 信号的占空比决定的。例如 PWM 信号 25%占空比，LED 的平均电流为(0.1/R_{CS})的 25%。建议设置 PWM 调光频率在 100Hz 以上，以避免人的眼睛可以看到 LED 的闪烁。PWM 调光比模拟调光的优势在于不改变 LED 的色度。4115 调光频率最高可超过 20KHz。



关断模式

通过在 DIM 端接入 0.3V 以下的电压，实现系统关断，通常情况下，系统的静态电流保持在 160uA 以下。

软启动模式

通过在 DIM 接入一个外部电容，使得启动时 DIM 端电压缓慢上升，这样 LED 的电流也缓慢上升，从而实现软启动。

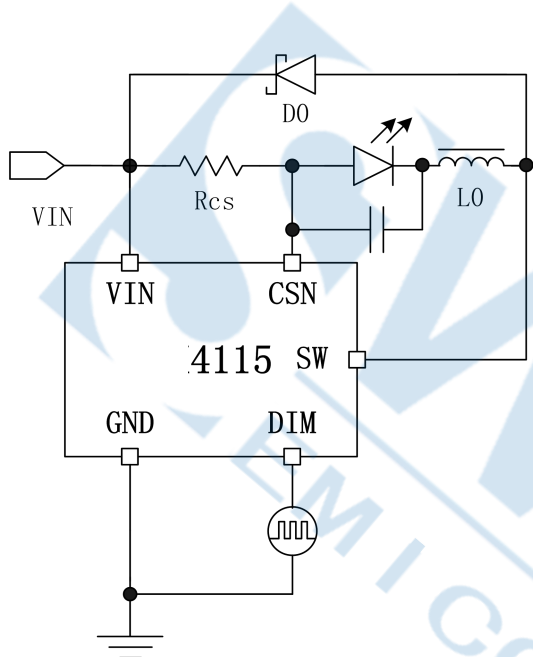
通常情况下，软启动时间和外接电容的关系大约为 0.8ms/nF。

40V、1.2A 降压高亮度 LED 驱动器

基二极管，以降低自身功率耗散。

降低输出纹波

如果需要减少输出电流纹波，一个最有效的方法即在 LED 的两端并联一个电容，连接方式如图所示：



1 μ F 的电容可以使输出纹波减少大约 1/3。适当的增大输出电容可以抑制更多的纹波。需要注意的是输出电容不会影响系统的工作频率和效率，但是会影响系统启动延时以及调光频率。

欠压保护模式

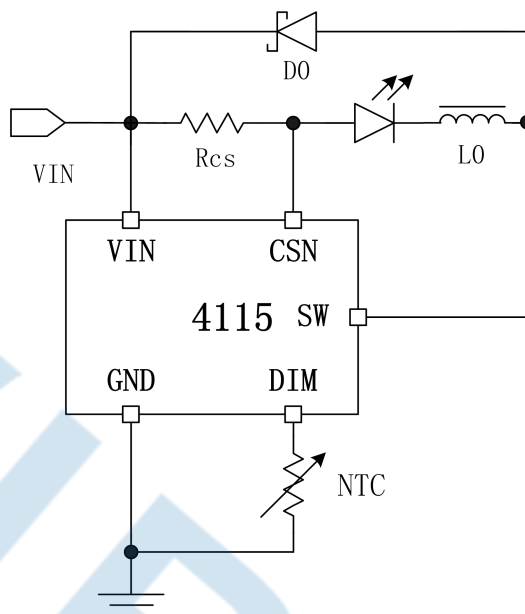
系统在输入电压低于 V_{UVLO} 时 IC 内部的功率开关管处于关断状态，直到输入电压高于 $(V_{UVLO} + 500mV)$ 系统才会正常启动。

负载电流的热补偿

4115 内部集成过温补偿功能，当芯片结温过高 ($130^{\circ}C$) 时自动降低输出电流，保护芯片和系统，从而使得电路能够安全地输出较大电流，提高了可靠性。

另外，如果需要在低于 $130^{\circ}C$ 做过温补偿功能，4115 还可以通过 DIM 管

脚外接热敏电阻 (NTC) 或者二极管 (负温度系数) 到 LED 附近，检测 LED 温度动态调节 LED 电流以保护 LED。随着温度升高，DIM 端电压降低，从而降低 LED 输出电流，实现系统的温度补偿。



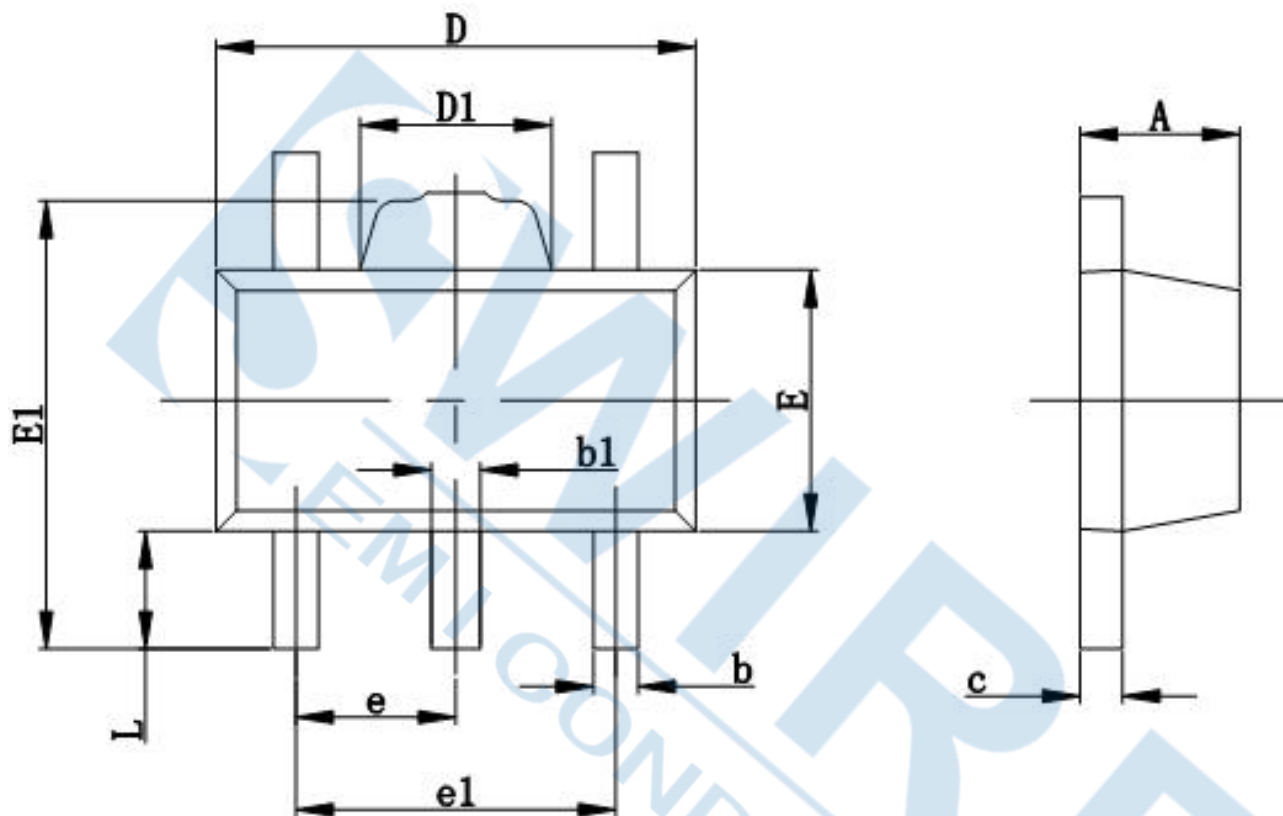
PCB 布板注意事项

合理的 PCB 布局对于最大程度保证系统稳定性以及低噪声来说很重要。使用多层 PCB 板是避免噪声干扰的一种很有效的办法。为了有效减小电流回路的噪声，输入旁路电容应当另行接地。PCB 铜箔与 4115 的散热 PAD 和 GND 的接触面积要尽可能大，以利散热。

SW 端处在快速开关的节点，所以 PCB 走线应当尽可能的短，另外芯片的 GND 端应保持尽量良好的接地。电感、电流采样电阻布板中，电感应当距离相应管脚尽可能的近一些，否则会影响整个系统的效率。另外一个需要注意的事项是尽量减小 R_{CS} 两端走线引起的寄生电阻，以保证采样电流的准确。

封装信息

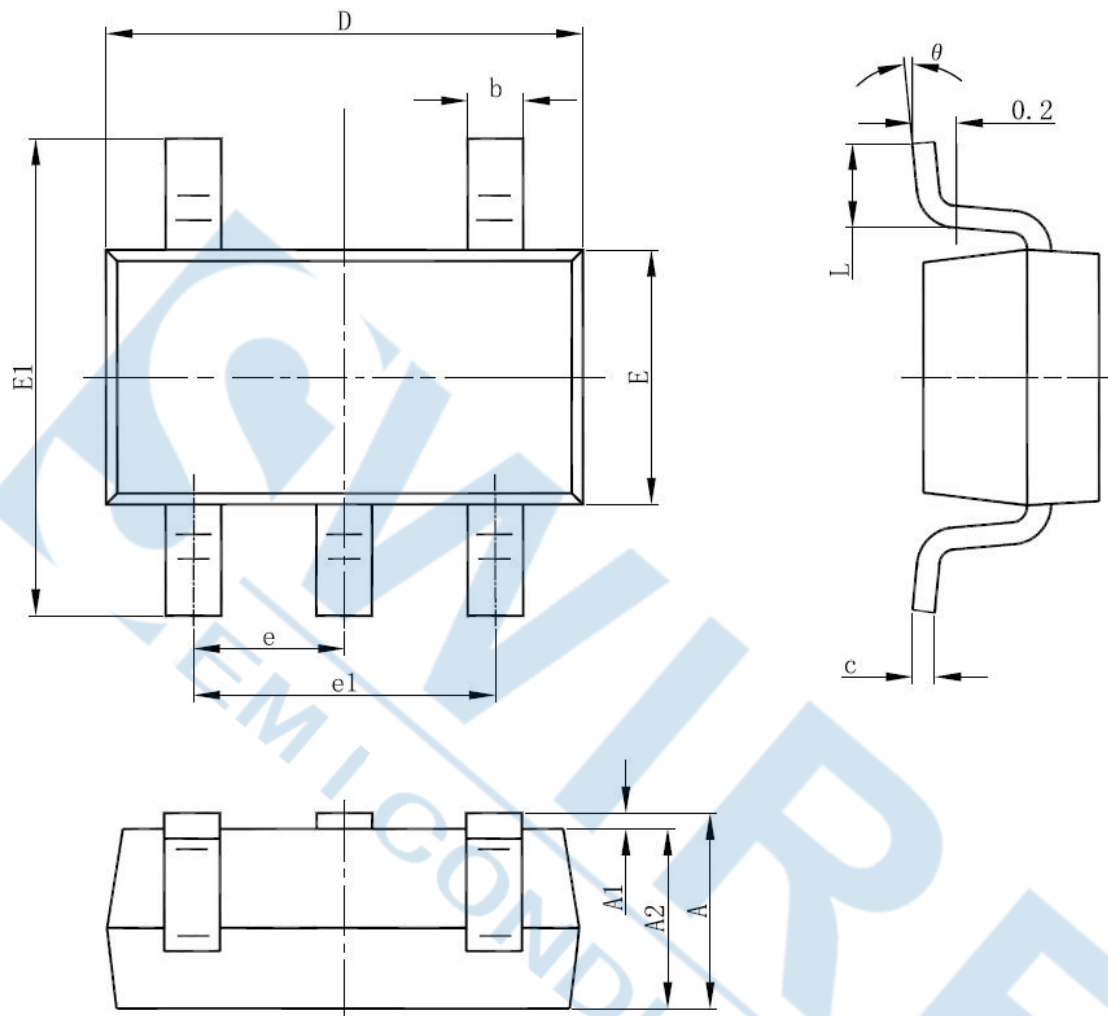
SOT89-5 封装尺寸图:



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

40V、1.2A 降压高亮度 LED 驱动器

SOT23-5 封装外形尺寸



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	1.050	1.250	0.041	0.049
A1	0.000	0.100	0.000	0.004
A2	1.050	1.150	0.041	0.045
b	0.300	0.500	0.012	0.020
c	0.100	0.200	0.004	0.008
D	2.820	3.020	0.111	0.119
E	1.500	1.700	0.059	0.067
E1	2.650	2.950	0.104	0.116
e	0.950(BSC)		0.037(BSC)	
e1	1.800	2.000	0.071	0.079
L	0.300	0.600	0.012	0.024
θ	0°	8°	0°	8°