

1.2A，降压式 LED 驱动电路

概述

HM4115为高效率、恒电流、降压型直流—直流转换器，仅需通过4个外接元件即可为大电流的LED照明提供稳定电流。HM4115的Hysteretic PFM模式能提升效率至96%，其输出电流可通过不同阻值的外接电阻来调整大小，且在DIM脚连接PWM信号进行调光控制。此外，内置的启动保护电路可限制电源打开时所产生的突变电流。HM4115的特色还包括一系列保护电路，包括欠压锁定保护(UVLO)、过热保护、LED开路与短路保护。HM4115目前提供四种封装，包括TO-252（HM4115T），SOT-26（HM4115MR）与 ESOP-8L（HM4115ES），SOT89-5（HM4115PR）。

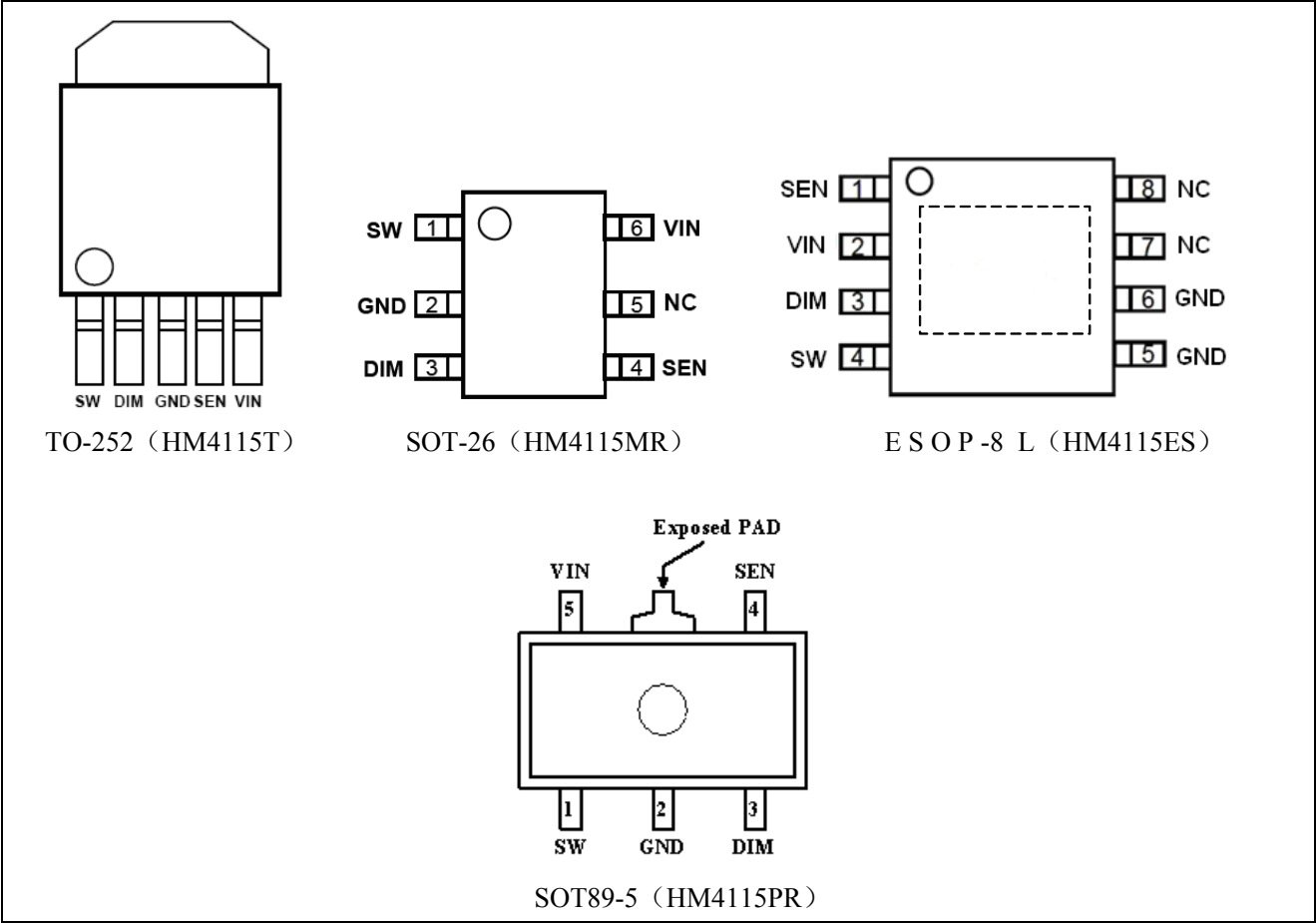
功能特点

- 最大1.2A输出恒流
- 输入电压12V、输出电流350mA、3颗LED时，效率可达96%
- 输入电压范围 6~36伏特
- 使用Hysteretic PFM提升轻载时转换效率
- 可调整的输出电流
- 内置0.45Ω低导通电阻的开关
- 全方位保护包括：过热保护、欠压锁定保护(Under Voltage LockOut ,UVLO)、启动保护(Start-Up)、LED开路与短路保护
- 仅需安装4个外部元件，可缩小PCB尺寸

应用

- 高功率LED照明应用
- 恒流照明源
- 招牌与户外装饰照明
- 车用LED照明

管脚排列图

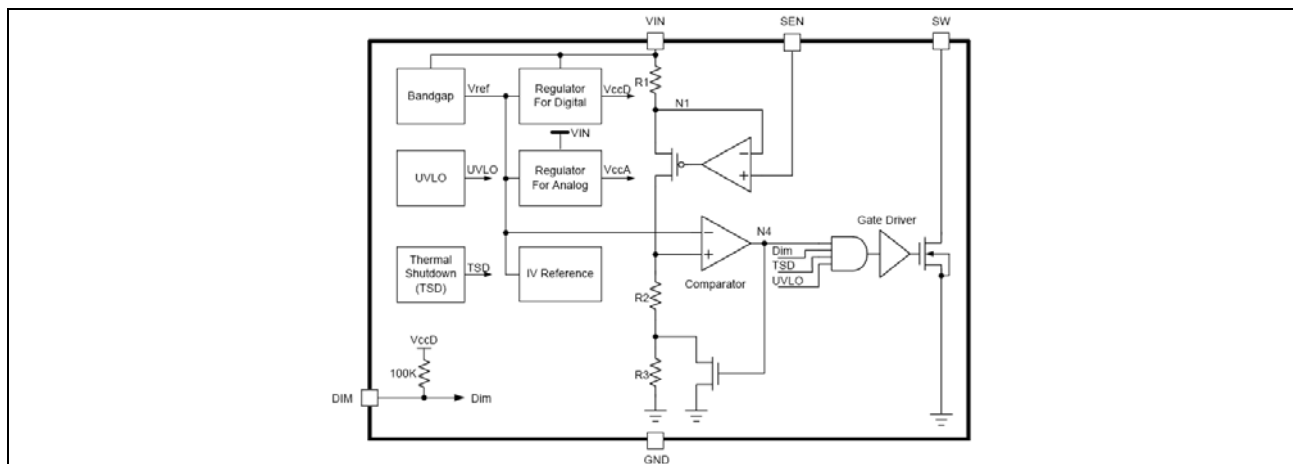


管脚说明

管脚名称	功能描述
GND	接地端
SW	开关输出端
DIM	调光控制端
SEN	输出电流感应端
VIN	电源电压端
NC	空接
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，热传导功能将可被改善。

功能框图



功能说明

HM4115为操作简单及高效率的降压转换器(buck converter)，可驱动最大1A的电流负载。HM4115以 Hysteretic PFM技术控制为基础，此技术可使IC在输入电压与负载电流发生变化时，操作频率保持相对的稳定工作。此技术不需回路补偿并具有快速负载暂态响应(load transient response)，以达到轻载时之最佳效率。

设定输出端电流

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

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

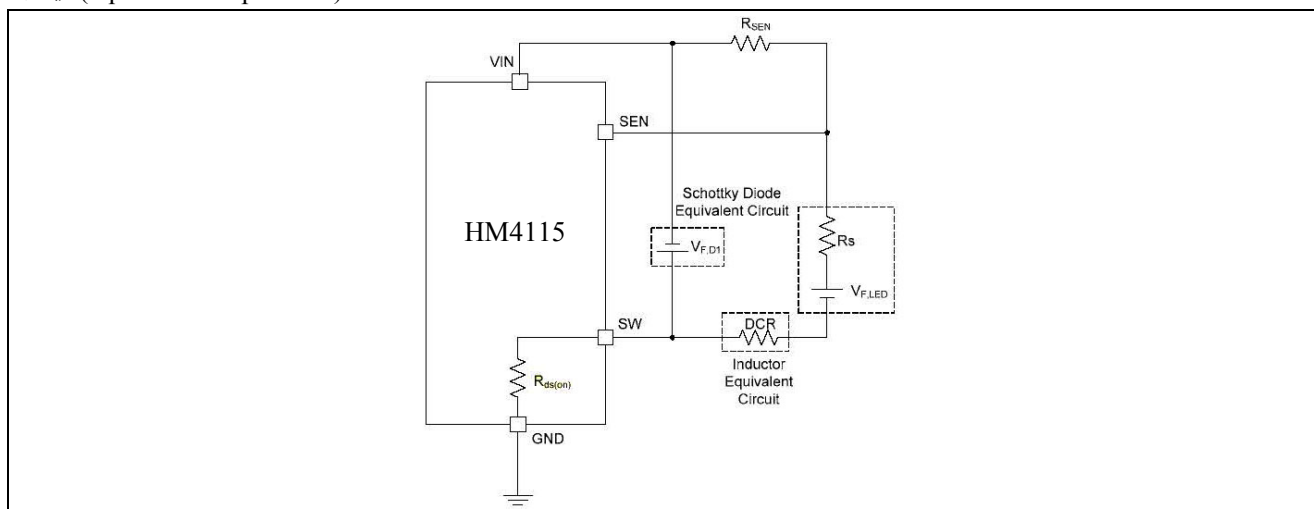
$$R_{SEN}=(V_{SEN}/I_{OUT})=(0.1V/I_{OUT});$$

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

R_{SEN} 为与SEN端相连的外接电阻阻值，而 V_{SEN} 为外接电阻的时电压。电流大小(当作为 R_{SEN} 时)在电阻值为 0.1Ω 时约为1000mA。

最小输入端电压与启动保护

最小输入端电压是包括落在 R_{SEN} 、 R_S 、 $L1$ 的DCR与内部MOSFET的 $R_{ds(on)}$ 上的压降，以及全部LED正向电压的总和所决定的值。LED的动态电阻(R_S)为线性正向电压斜率的反值，HM4115应用电路之等效输入阻抗(equivalent impedance)。



欠压锁定保护

当HM4115的VIN脚电压低于5.8伏特时，将会关闭输出电流；当VIN脚电压回到6伏特时，输出电流将再打开。

调光控制

LED的亮度可以通过连接至 HM4115 DIM脚的PWM讯号进行调光。当PWM讯号为Low时，HM4115内部MOSFET会关掉。HM4115内置的pull-up电路可确保DIM脚空接时保持开启状态，所以不需外挂pull-up电阻。需要注意的是DIM端在PWM调光时，VIH（High信号）需要保证大于等于1.5V，VIL（Low信号）需要保证小于等于0.5V。

LED开路保护机制

HM4115内建LED开路保护。当LED开路时，HM4115内部MOSFET会停止切换并将LED电流降至0mA。

LED短路保护机制

当LED短路时，其内部MOSFET会维持切换的动作，LED电流会维持在设定的电流值。

过热保护功能

当IC温度超过 $T_{x\text{临界值}}$ (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。这种关与开的转换状态属高频率动作，较不易察觉闪烁现象，由于电流平均值受到控制，因此IC可避免过热而损坏。

极限参数

特性		符号	范围	单位
电源电压		V _{IN}	0~40	V
输出端电流		I _{OUT}	1.2	A
DIM脚位的输出端最大耐压		V _{DIM}	40	V
SW脚位的输出端最大耐压		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℃)	TO-252	P _D	3.80	W
热阻值		R _{th(j-a)}	32.9	℃/W
消耗功率(在四层印刷电路板上, Ta=25℃)	SOT-26	P _D	0.51	W
热阻值		R _{th(j-a)}	244	℃/W
消耗功率(在四层印刷电路板上, Ta=25℃)	ESOP-8L	P _D	3.33	W
热阻值		R _{th(j-a)}	37.53	℃/W
消耗功率(在四层印刷电路板上, Ta=25℃)	SOT89-5	P _D	1.5	W
热阻值		R _{th(j-a)}	45	℃/W
接合点温度		T _{j,max}	150 ⁽¹⁾	℃
IC工作时的环境温度		T _{opr}	-40~+125	℃
IC储存时的环境温度		T _{stg}	-55~+150	℃

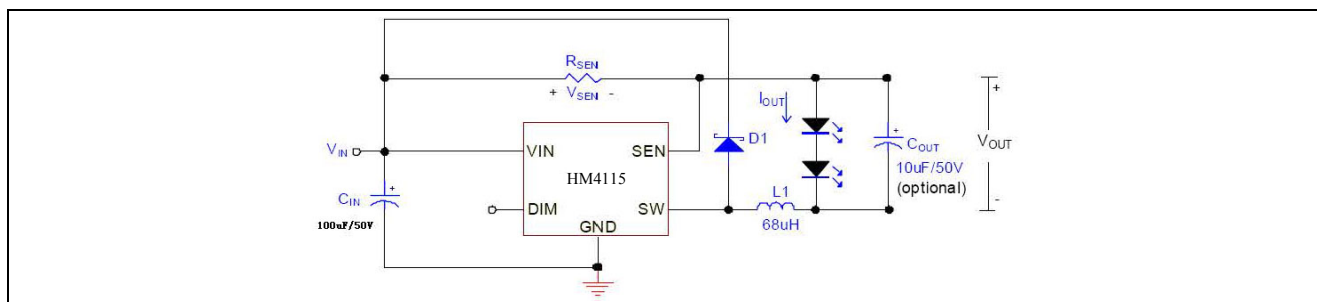
注：(1)此为最大限定范围值，并非IC工作时温度，越接近此最大范围值操作，IC的寿命越短、可靠度越低；超过此最大限定范围工作时，将会影响IC运作并造成毁损，因此建议的IC工作温度(T_{opr})在125°C以内。

电参数

 $V_{IN}=12V$ 、 $V_{OUT}=3.6V$ 、 $L1=68\mu H$ 、 $C_{IN}=C_{OUT}=10\mu F$ 、 $T_A=25^{\circ}C$;

特性		符号	条件	最小值	平均值	最大值	单位
电源电压		V_{IN}	-	6	-	36	V
静态电流		I_{IN}	$V_{IN}=6V\sim 36V$	-	1	2	mA
输出端电流		I_{OUT}	-	-	350	1200	mA
输出端电流精确度		dI_{OUT}/I_{OUT}	$350mA\leq I_{OUT}\leq 1200mA$,	-	± 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		-	$V_{IN}=12V$, $I_{OUT}=350mA$, $V_{OUT}=10.8V$	-	96		%
输入端 电压	高电平	V_{IH}	-	3.5	-	-	V
	低电平	V_{IL}	-	-	-	0.5	V
开关开启时之电阻		$R_{ds(on)}$	$V_{IN}=12V$	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}	$V_{IN}=10V$, $V1=1V$	95	100	105	mV
过热保护							
过热保护关闭值		T_{SD}	-	145	165	175	$^{\circ}C$
过热保护关闭迟滞范围 (Hysteresis)		T_{SD-HYS}	-	20	30	40	$^{\circ}C$
欠压锁定保(UVLO)							
UVLO电压		-	$T_A=-40\sim 85^{\circ}C$	5.4	5.8	6.1	V
UVLO迟滞范围		-	-	0.15	0.2	0.35	V
重新启动电压		-	-	5.55	6	6.45	V
调光控制							
工作在DIM脚的PWM信号 工作周期占空比范围		$Duty_{DIM}$	PWM频率: 100Hz~1kHz	1	-	100	%

参考应用线路图



*: 此电路仅供参考。

相关元件的选择

选择电感:

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

$$L1 > (V_{IN} - V_{OUT} - V_{SEN} - (R_{ds(on)} * I_{OUT})) * (D / (F_{sw} * \Delta I_L))$$

此处 $R_{ds(on)}$ 指 HM4115 内部 MOSFET 的导通电阻, 此值为在 $V_{IN}=12V$ 为 0.45 欧姆。

D 指 HM4115 工作周期, $D = V_{OUT} / V_{IN}$

F_{sw} 指 HM4115 切换频率

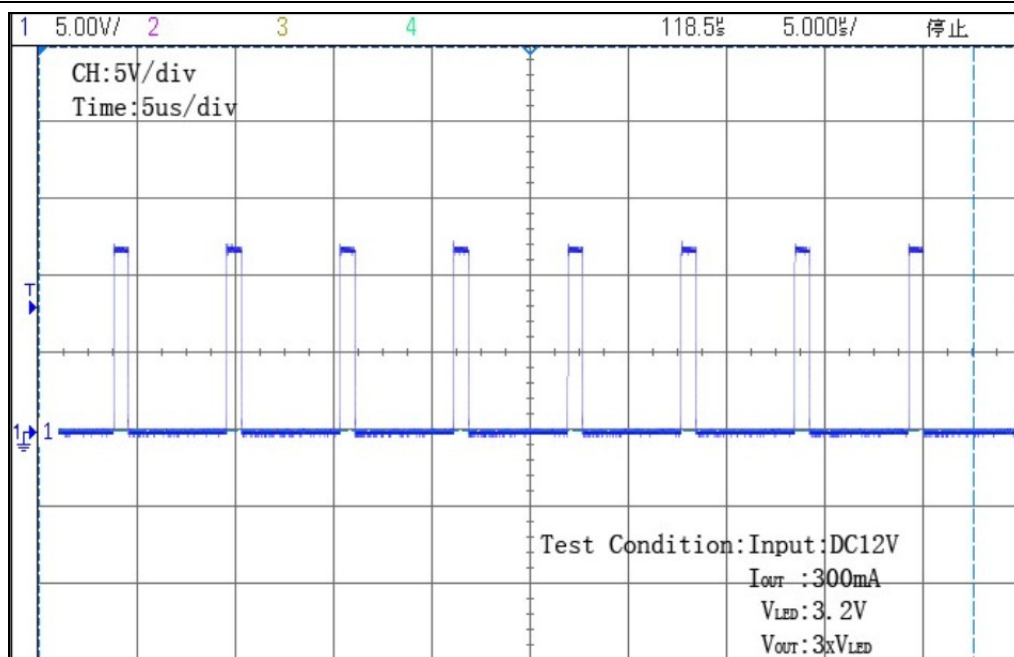
ΔI_L 指电感的纹波电流, $\Delta I_L = (1.15 * I_{OUT}) - (0.85 * I_{OUT}) = 0.3 * I_{OUT}$

HM4115 推荐使用的范围为 47uH~220uH, 电感值越大其输出电流恒流精度越好, 但是在相同体积情形下, 电感值越大的电感其饱和电流越小, 一般建议电感的饱和电流值是设定电流的 1.5 倍。建议采用锰锌 4000 磁芯。

推荐值如下

输出电流	饱和电流	电感值
800mA ~1200mA	>1.8A	33~47uH
400mA ~800mA	>1.2A	47~68uH
<400mA	>0.6A	68~100uH

电感的选择还应注意满足 HM4115 应用的最大工作频率的 SPEC 范围, 为了达到较好的输出电流精确度, 切换频率应当由 SW 波形的最小关闭时间决定, 举例 HM4115 的周期大于 0.5 时, 切换频率应由最小开关时间决定。因此当工作周期大于 0.5 时, HM4115 切换频率为: $F_{sw} = 1/T_s = 1/T_{OFF,min} / (1-D)$, 而当工作周期小于 0.5 时, 切换频率为: $F_{sw} = 1/T_s = 1/T_{ON,min} / D$ 。切换频率与效率 (低频的效率较好), 外部元件的大小/费用 (高频使用的元件较小/便宜), 以及输出电压纹波及电流的大小 (高频时电压纹波及电流较小) 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, HM4115 的切换频率范围 40kHz~1.0MHz。



SW 脚波形图

肖特基二极管:

HM4115 需要一个 Flywheel Diode 承载 MOSFET 关闭时通过电感的电流, 为了提升效率, 建议使用低导通压差及快速反应时间特征的 Schottky diode。在选用 Schottky diode 时有两个因素是必须考虑的, 一是其最大反向电压, 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。使用者应选择在高温时有较低漏电流的 Schottky diode。

输入电容:

建议在直流或交流输入时大于 100uF 电容, 可以使用钽质电容或陶瓷电容, 钽质电容的有单位电容值大且具有低等效串联阻抗 (ESR) 的特征。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, 因此客户有热插拔应用需求的话不建议使用陶瓷电容。设计者可根据不同的应用选择适当的材质。

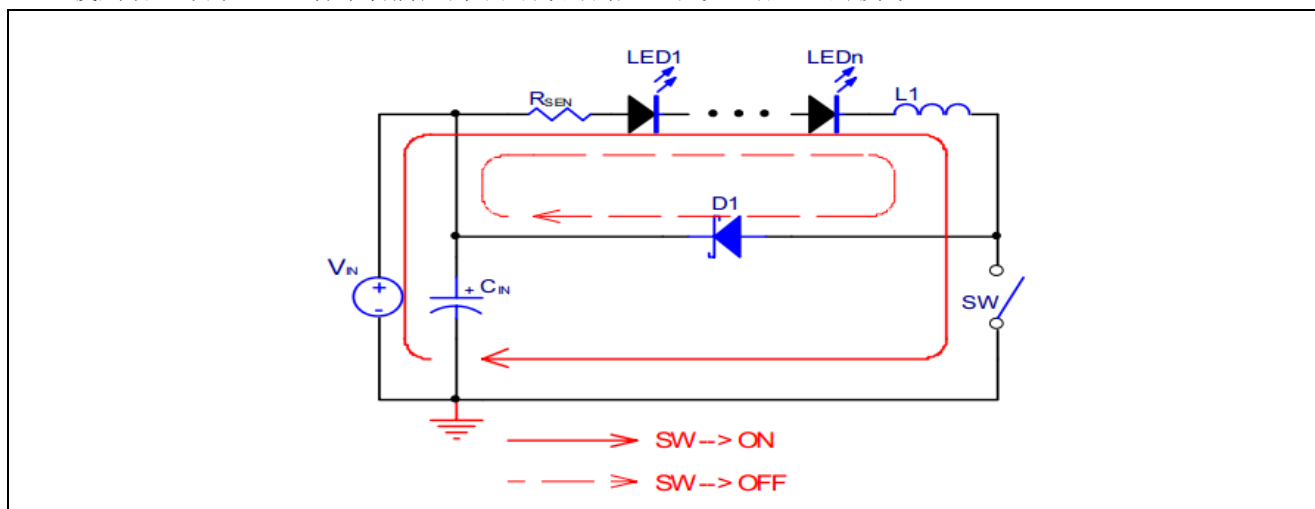
输出电容:

并联在 LED 旁的输出电容可降低输出 LED 的纹波电流, 容值越大 LED 纹波电流越小。建议选用值 4.7uF-10uF。

PCB 设计考虑:

为增加系统的效率和稳定性, PCB 设计时需考虑以下重点:

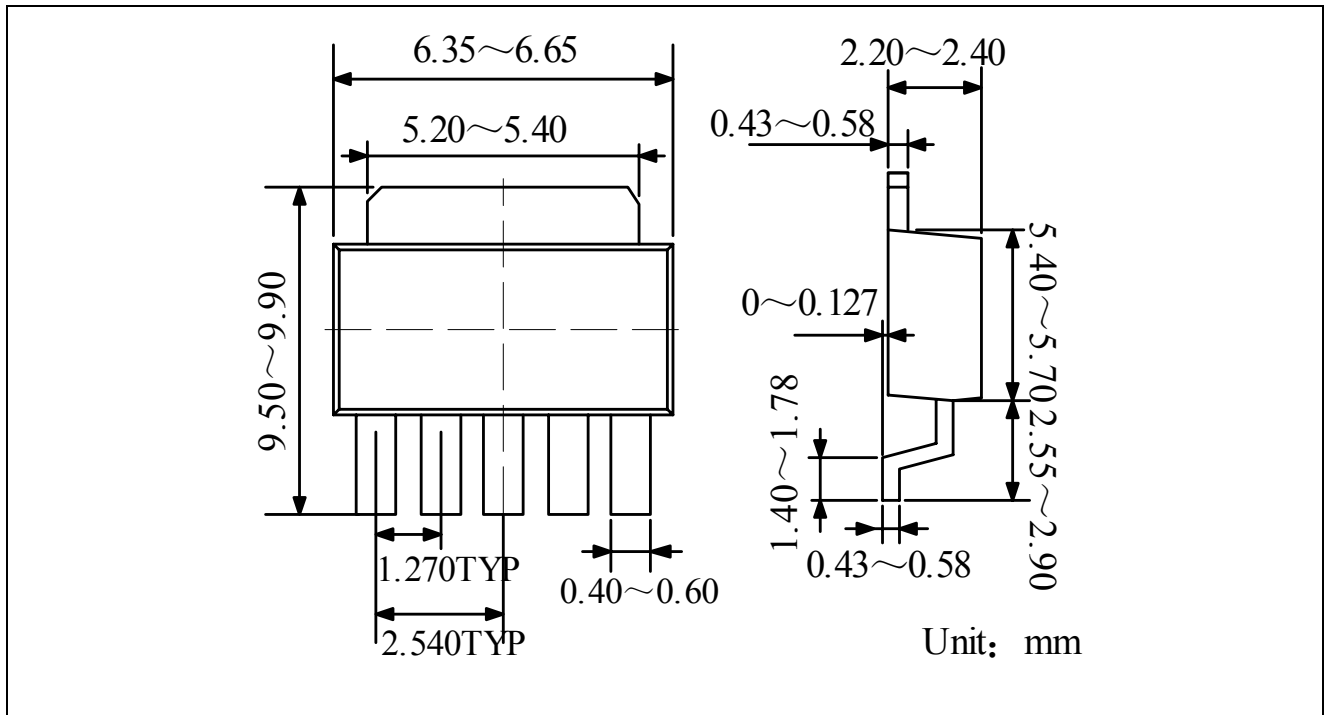
1. 接地层的完整有助于开关时的杂波干扰。
2. IC 的 GND 脚到输入与输出电容负端的距离需小于 5mm。
3. 为提升效率并减少输出纹波电压, 建议输出接地层并将 IC 的 GND 脚焊在接地层上。
4. 为提升系统稳定性, 建议将 IC 的散热片焊在接地平面上。
5. PCB 上的接地层请尽量放大, 以增加 IC 的散热能力。
6. 输入端电容与 IC 的 VIN 脚距离越近越好。
7. 为避免寄生效应, R_{SEN} 应置于距离 IC 的 VIN 与 SEN 脚越近越好。
8. 由 SW 脚, Schottky diode 与电感所构成的金属连线要宽, 回路要小, 以减小干扰。
9. 为消除布局拉线时产生的寄生干扰, 如寄生电容, 电感等, 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, 元件的摆置请参考下图, 以确保在 MOSFET 开启或关闭时电流方向一致。
11. 使用者必须小心 IC 各个管脚虚焊或冷焊的问题, 以免造成 IC 的损坏。



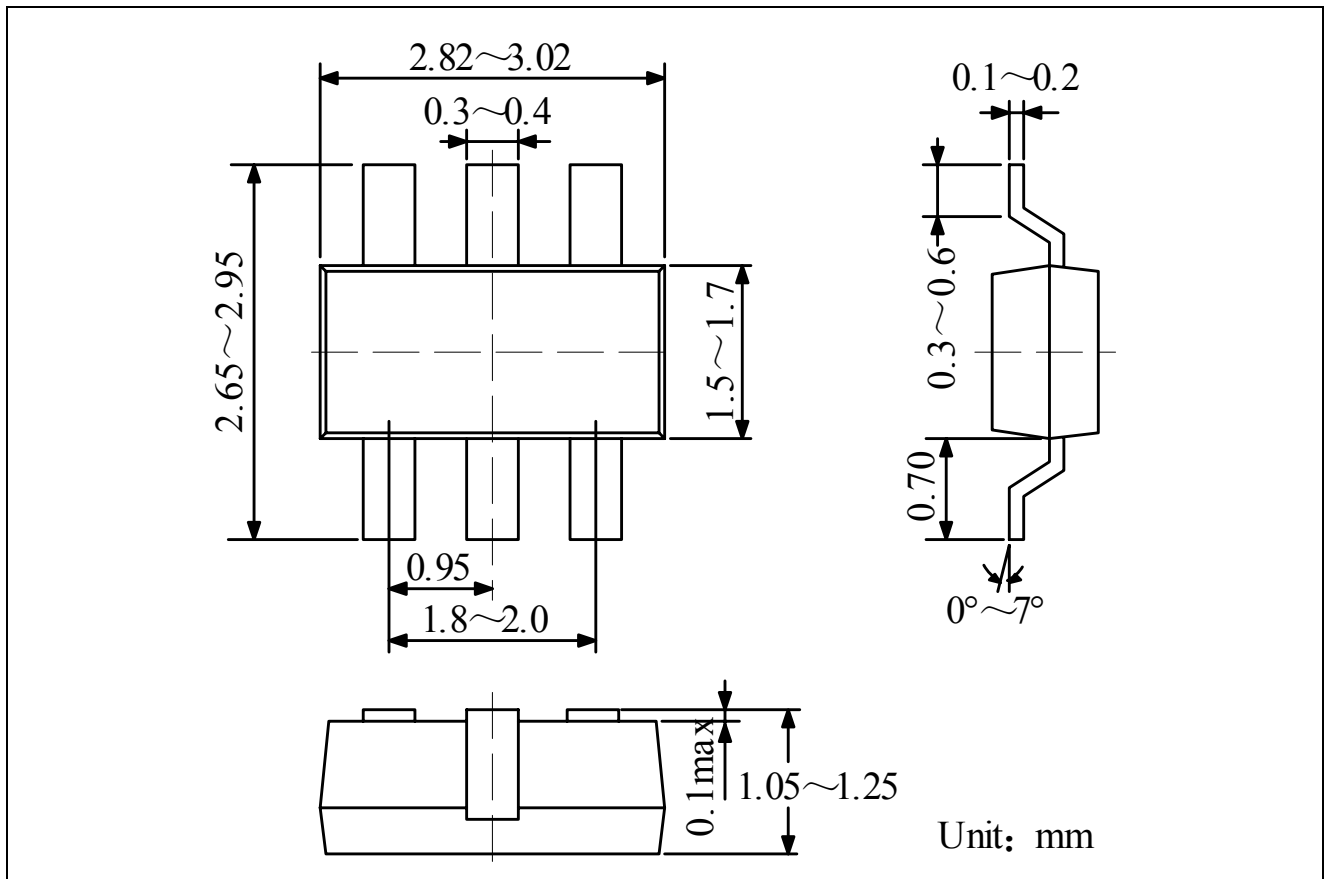
HM4115 的电流路径示意图

封装尺寸

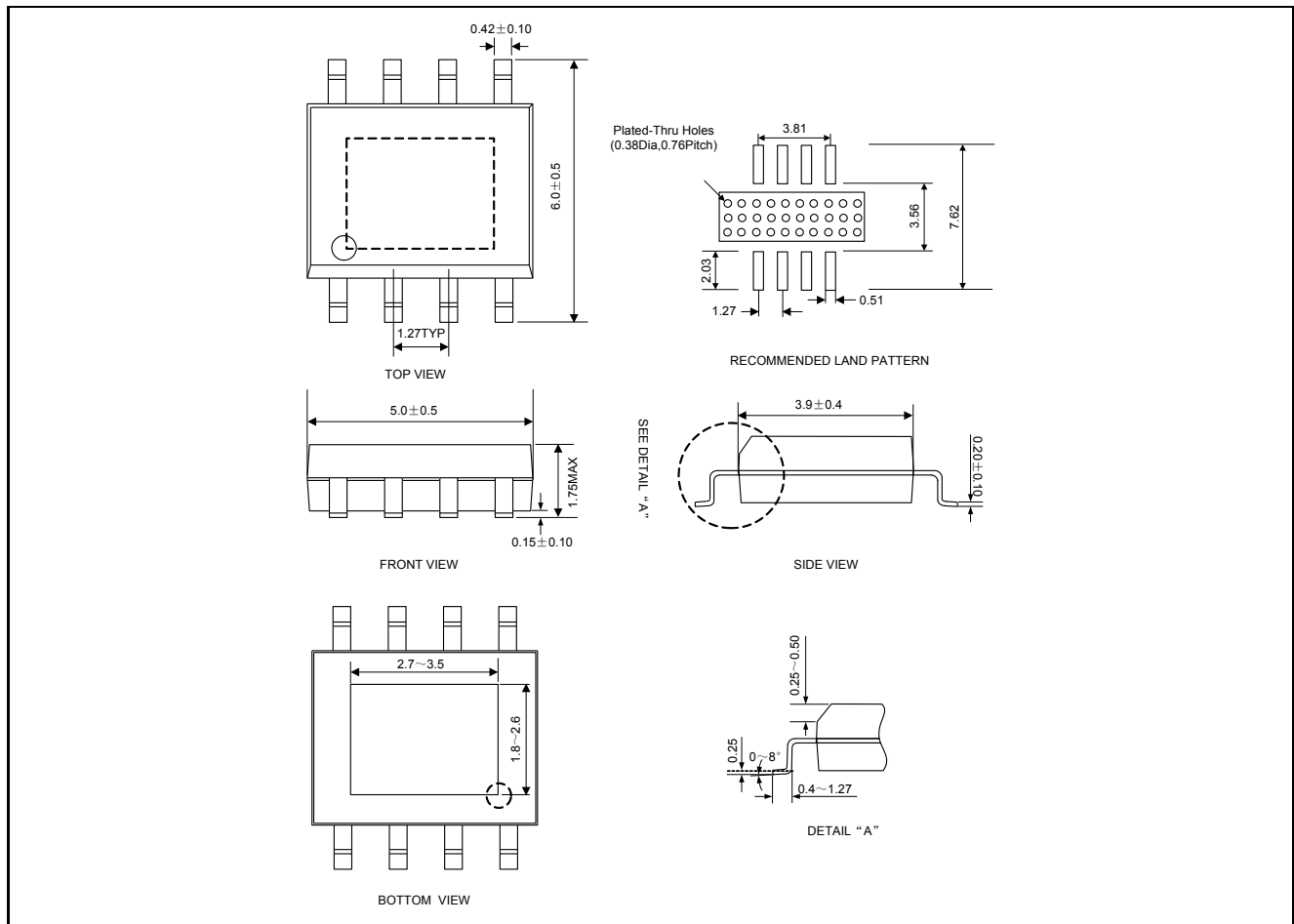
TO-252



SOT-26



ESOP-8L



SOT89-5

