1.2A 同步降压变换器

MD3102

MD3102 是一款采用恒频、电流模式结构的单片高效同步降压稳压器。该芯片有可调节版本。空载时电源电流为 40μA，降至小于 1μA 时关闭芯片。2.5V 至 5.5V 的输入电压范围使 MD3102 适用于单锂离子电池供电的应用。100%占空比提供低差操作，延长便携式系统的电池寿命。PWM/PFM 模式操作为噪声敏感应用提供非常低的输出纹波电压。开关频率内部设置为 1.5MHz，允许使用小型表面贴装电感器和电容。低输出电压很容易支持与 0.6V 反馈参考电压。MD3102 只需要最少数量的现成外部组件，并且可以在节省空间的 SOT23-5 封装中使用。

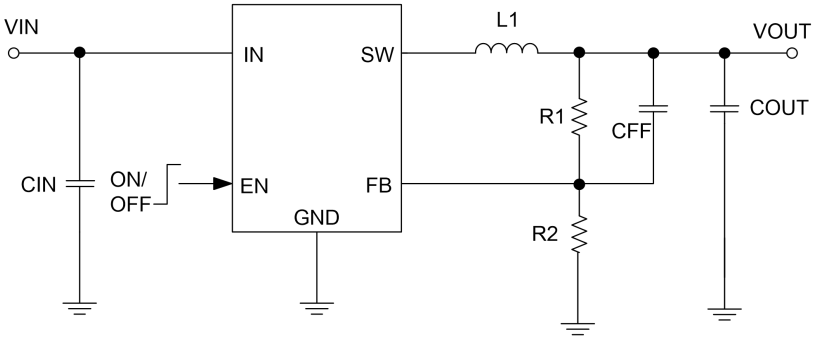
■ 特性：

- 2.5V 至 5.5V 输入电压范围
- 高效率：高达 96%
- 输出从 0.6V 可调
- 不需要肖特基二极管
- 过温保护
- 低静态电流：40μA
- 温度范围：-40℃~+85℃
- 1.2A 连续输出电流
- 1.5MHz 开关频率
- 内置短路保护
- 内置过电流限制
- 内置过压保护
- 轻载下高效率的 PFM 模式
- 内部软启动

■ 用途：

- 移动电话和智能电话
- 无线和 DSL 调制解调器
- 便携式仪表
- 数码相机和摄像机
- PC 卡

■ 典型应用电路:

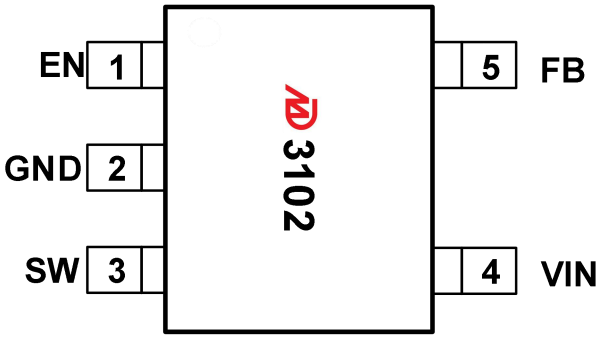


注意 上述连接图以及参数并不作为保证电路工作的依据。实际的应用电路请在进行充分的实测基础上设定参数。

■ 产品目录:

型号	丝印	封装类型	最小包装
MD3102	MD3102	SOT23-5	3000PCS/卷

■ 封装型式和管脚



管脚号	符号	功能说明
1	EN	芯片使能引脚。驱动 1.2V 以上的 EN 来开启部件。驱动 EN 低于 0.6V 关闭。不要让 EN 浮动。
2	GND	接地脚
3	SW	电源开关输出。它是连接电感器的交换节点。该引脚连接到内部 P-ch 和 N-ch MOSFET 开关的漏极。
4	VIN	电源输入。必须与地紧密解耦 10μF 或更高的陶瓷电容。
5	FB	输出电压反馈引脚。内部电阻分压器将输出电压与内部参考电压进行比较。

■ **ESD 指标：（除特殊注明以外：Ta=25℃）**

参数	描述	数值	单位
$V_{(ESD-HBM)}$	人体模型(HBM) ANSI/ESDA/JEDEC JS-001-2014 分类，等级：2	±2000	V
$V_{(ESD-CDM)}$	充电器件模式(CDM) ANSI/ESDA/JEDEC JS-002-2014 分类，等级：C0b	±200	V
$I_{LATCH-UP}$	JEDEC 标准 NO.78E 2016 年 4 月温度分类：I 类	±150	mA

■ 推荐工作条件

参数	最小值	最大值	单位
工作结温(1)	-40	125	℃
工作温度范围	-40	85	℃
输入电压 V_{IN}	2.5	5.5	V
输出电流	0	1.2	A

注(1):除另有规定外，所有限值均在室温(TA=25℃)下规定。所有室温限制都经过 100%生产测试。通过使用标准的统计质量控制(SQC)方法进行关联，确保了极端温度的所有限制。所有限制均用于计算平均出厂质量水平(AOQL)。

■ 热性能信息

参数	描述	数值	单位
$R_{\theta JA}$	结-环境热阻〔1〕〔2〕	180	℃/W
$R_{\theta JC(TOP)}$	结-外壳(顶部)热阻	130	℃/W
$R_{\theta JB}$	结-板热阻	45	℃/W
ψ_{JT}	结-顶的特征参数	35	℃/W
ψ_{JB}	结-板特征参数	45	℃/W

注(1)：封装热阻抗按 JESD 51-7 计算。
注(2)：热阻是在 4 层 JEDEC 板上模拟的。

■ 电气属性：

参数	最小值	最大值	单位
V_{IN} 电压	-0.3	6	V
EN 电压	-0.3	6	V
SW 电压	-0.3	V_{IN}+0.5V	V
FB 电压	-0.3	6	V
功耗(3)	内部限制		
工作结温 T_J	-40	150	C
储藏温度 T_{stg}	-55	150	℃
焊接温度(焊接 10 秒)		260	℃

注(1):超过这些额定值可能会损坏芯片。

注(2):本芯片不保证在其工作条件外正常工作。

注(3):最大允许功耗是最大结温 $T_{J(MAX)}$、结对环境热阻 $R_{\theta JA}$ 和环境温度 T_A 的函数。任意环境温度下的最大允许功耗计算公式为：$P_{D\,(MAX)}=(T_{J(MAX)}-T_A)/R_{\theta JA}$。超过最大允许功耗导致模具温度过高，调节器进入热停机状态。内部热关闭电路保护芯片免受永久性损坏。热关闭在 T_J=160℃时啮合(典型)，在 T_J=130℃时断开(典型)。

■ 电气参数(1)(2)

无特别说明情况下，V_{IN}=5V，T_A=25℃。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入电压		2.5		5.5	V
供电电流（静态）	V_{EN}=3.0V		40	80	μA
供电电流（关断）	V_{EN}=0 or EN=GND		0.1	1.0	μA
反馈电压		0.585	0.600	0.615	V
高侧开关导通电阻	I_{SW}=100mA		300		mΩ
低侧开关导通电阻	I_{SW}=-100mA		200		mΩ
开关电流上限		2			A
过压保护阈值			6		V
开关频率			1.5		MHz
EN 上升阈值		1.2			V
EN 下降阈值				0.6	V
EN 阈值滞后			100		mV
欠压锁定阈值	Wake up V_{IN} voltage		2.3	2.45	V
	Shutdown V_{IN} voltage	1.75	1.9		V
	Hysteresis V_{IN} voltage		400		mV
软启动			1		mS
热关断			160		C
热迟滞			30		℃

注(1)：MOSFET 导通电阻规格通过与晶圆级测量的相关性来保证。

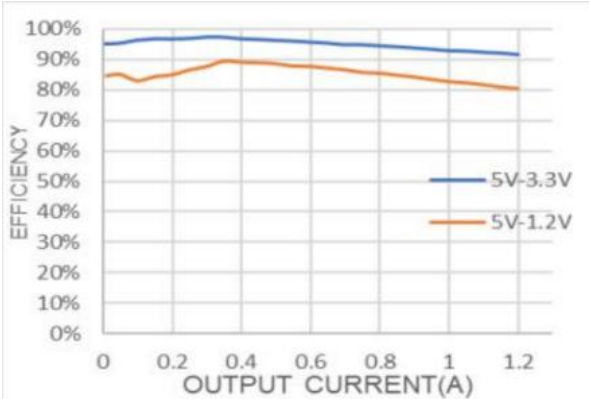
注(2)：通过与设计和特性分析的关联来保证热关规范。

■ 典型性能特征 (1) (2)

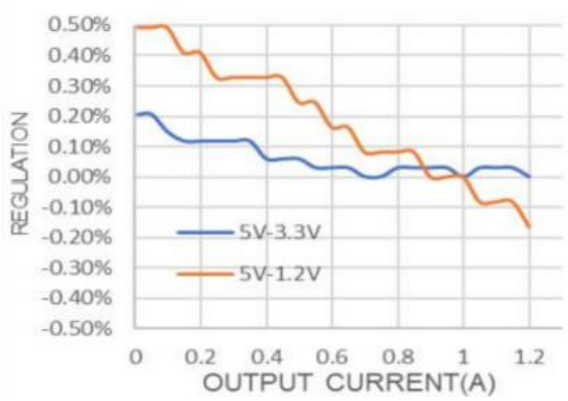
注(1)：性能波形是在评估板上测试的。

注(2)：V_{IN}=5V，V_{OUT}=3.3V，T_A=+25ºC，除非另有说明。

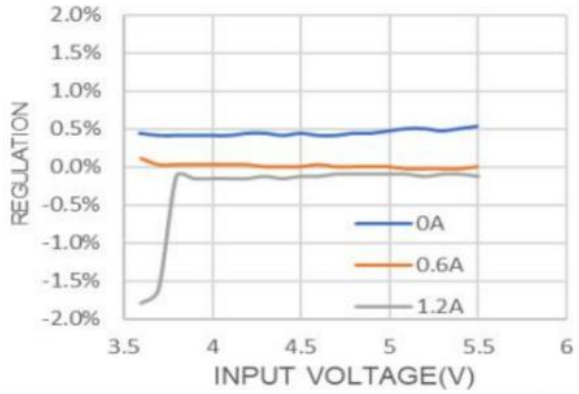
Efficiency vs Load Current
V_{OUT}=3.3V,1.2V



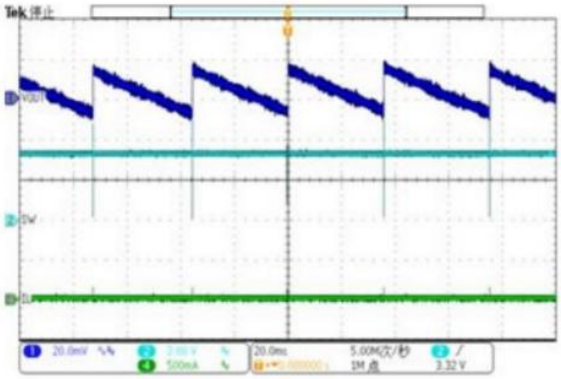
Load Regulation
V_{OUT}=3.3V,1.2V



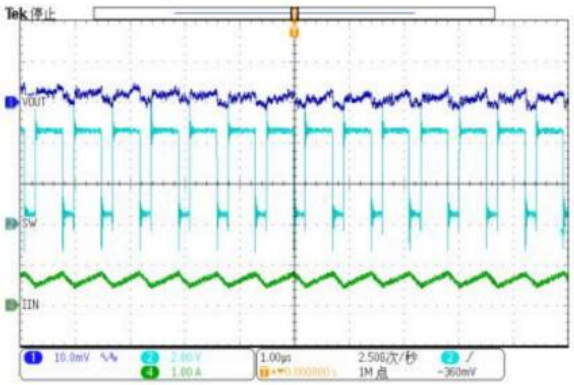
Line Regulation
V_{OUT}=3.3V



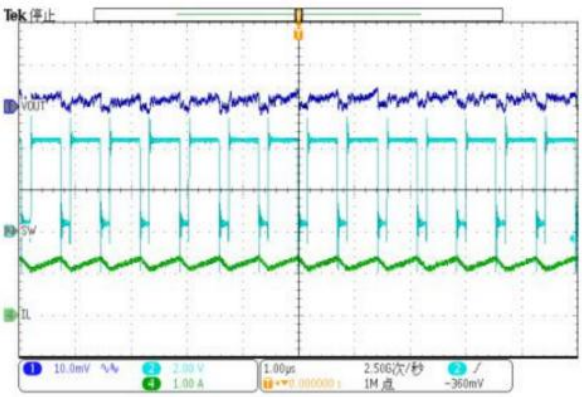
Output Ripple voltage
V_{IN}=5V,V_{OUT}=3.3V,I_{OUT}=0V



Output Ripple voltage
V_{IN}=5V,V_{OUT}=3.3V,I_{OUT}=0.6V



Output Ripple Voltage
V_{IN}=5V,V_{OUT}=3.3V,I_{OUT}=1.2V

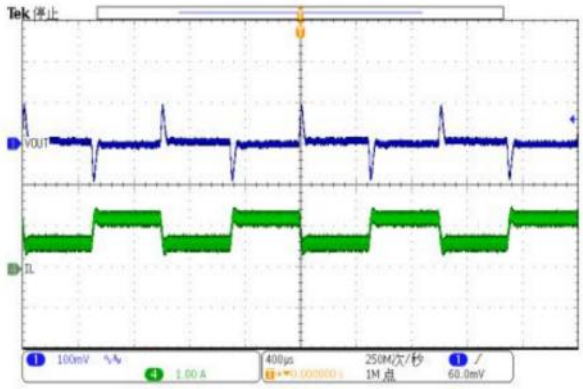


■ 典型性能特征 (1) (2)

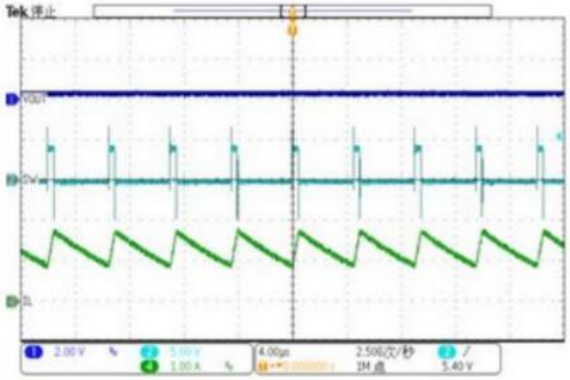
注(1)：性能波形是在评估板上测试的。

注(2)：V_{IN}=5V，V_{OUT}=3.3V，T_A=+25ºC，除非另有说明。

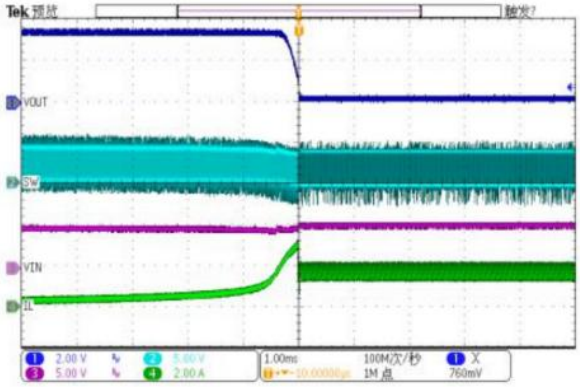
Loop Response
V_{IN}=5V,V_{OUT}=3.3V,I_{OUT}=0.6V-1.2V



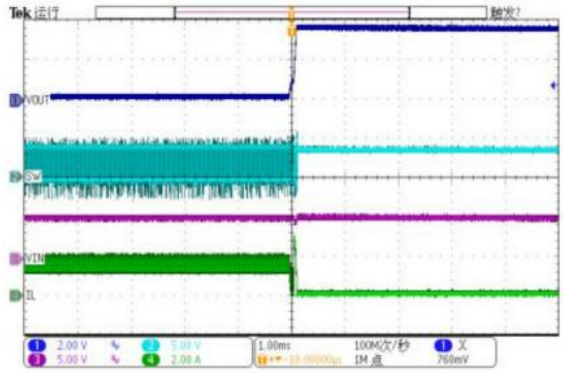
Output Short
V_{IN}=5V,V_{OUT}=3.3V



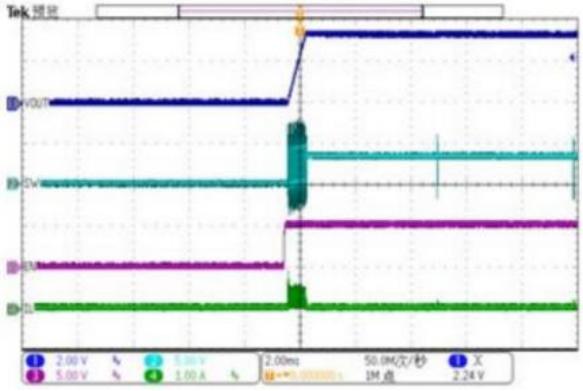
Short Circuit Entry
V_{IN}=5V,V_{OUT}=3.3V



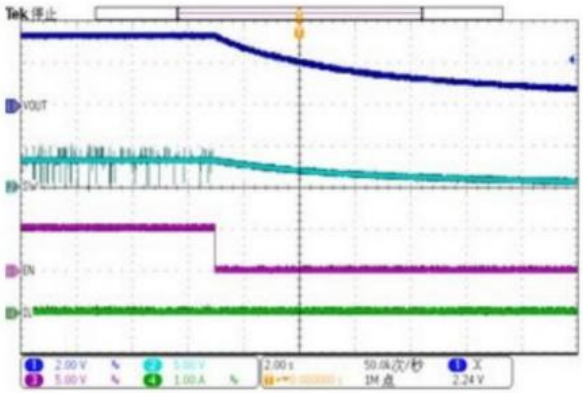
Short Circuit Recovery
V_{IN}=5V,V_{OUT}=3.3V



Enable Startup at No Load
V_{IN}=5V,V_{OUT}=3.3V



Enable Shutdown at No Load
V_{IN}=5V,V_{OUT}=3.3V

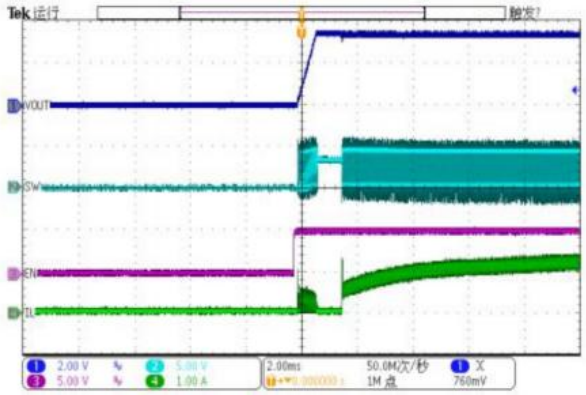


■ 典型性能特征 (1) (2)

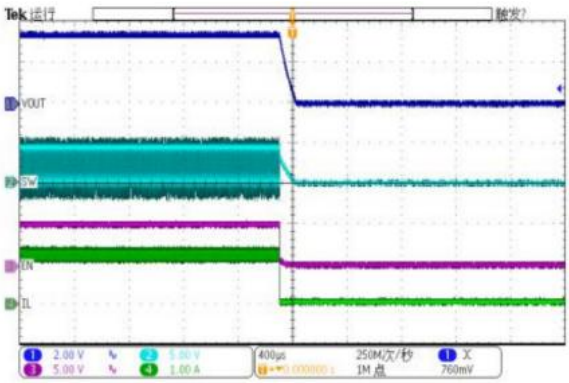
注(1)：性能波形是在评估板上测试的。

注(2)：V_{IN}=5V，V_{OUT}=3.3V，T_A=+25ºC，除非另有说明。

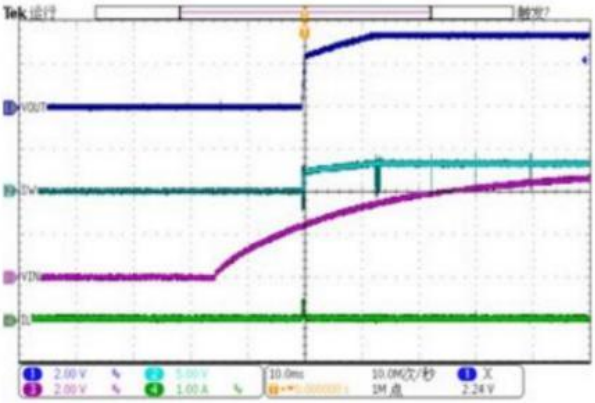
Enable Startup at Full Load
V_{IN}=5V,V_{OUT}=3.3V,I_{OUT}=1.2V



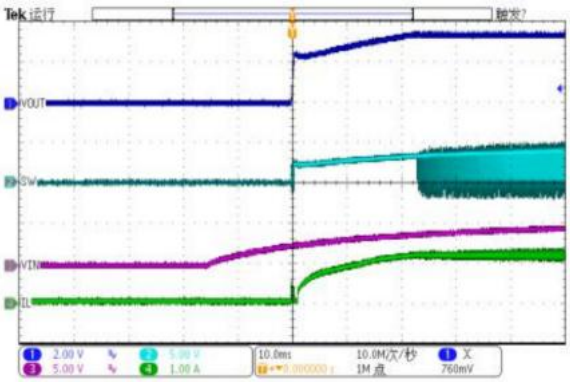
Enable Shutdown at Full Load
V_{IN}=5V,V_{OUT}=3.3V,I_{OUT}=1.2V



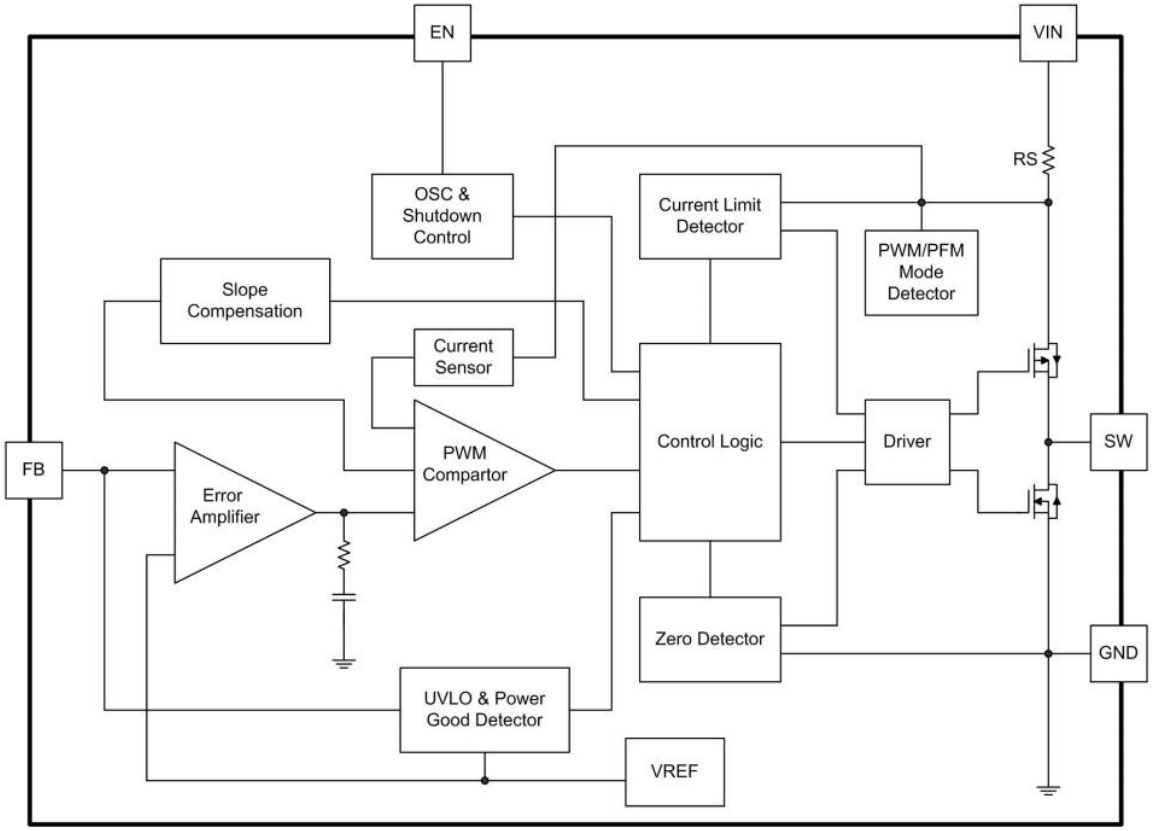
Power Up at No Load
V_{IN}=5V,V_{OUT}=3.3V,I_{OUT}=0V



Power Up at Full Load
V_{IN}=5V,V_{OUT}=3.3V,I_{OUT}=1.2V



■ 功能框图


EN
VIN
RS
OSC &
Shutdown
Control
Current Limit
Detector
PWM/PFM
Mode
Detector
Slope
Compensation
Current
Sensor
Control Logic
Driver
SW
FB
Error
Amplifier
PWM
Compartor
Zero Detector
GND
UVLO & Power
Good Detector
VREF

■ 功能描述

1.内部稳压器

MD3102 内部集成限流电阻 R=25Ω，V_{IPK}=0.3V，R_{CS} 与内部集电阻 R 并联。

MD3102 是一款电流模式降压 DC/DC 变换器，无需额外的外部补偿元件即可提供出色的瞬态响应。该器件包含一个内部低电阻高压功率 MOSFET，工作频率高达 1.5MHz，以确保紧凑，高效率的设计，具有出色的交流和直流性能。

2.误差放大器

误差放大器将 FB 引脚电压与内部 FB 基准电压(V_{FB})进行比较，并输出与两者之差成比例的电流。该输出电流然后用于内部补偿网络的充电或放电，该补偿网络用于控制功率 MOSFET 电流。优化后的内部补偿网络最大限度地减少了外部元件的数量，简化了控制回路的设计。

3.欠压闭锁(UVLO)

欠压锁定(UVLO)保护芯片在供电电压不足的情况下工作。UVLO 保护监控内部稳压电压。当电压低于 UVLO 阈值电压时，芯片关闭。当电压高于 UVLO 阈值电压时，芯片重新使能。

4.热关断

热关断防止芯片在极高的温度下工作。当温度超过 160℃时，整个芯片关断。当温度低于其下阈值(130℃)时，芯片再次启用。

5.内部软启动

软启动是为了防止在启动过程中变换器输出电压过冲。当芯片启动时，内部电路产生软启动电压(V_{SS})，从 0V 上升到 0.6V。当它低于内部参考(V_{REF})时，V_{SS} 覆盖 V_{REF}，因此误差放大器使用 V_{SS} 作为参考。当 V_{SS} 高于 V_{REF} 时，V_{REF} 重新获得控制权。VSS 时间内部为 1ms。

6.启动和关闭

如果 V_{IN} 和 EN 均高于相应的阈值，则芯片启动。参考模块首先启动，产生稳定的参考电压和电流，然后使能内部稳压器。稳压器为其余电路提供稳定的电源。三种情况可以关闭芯片：EN 低，V_{IN} 低和热关断。在关闭过程中，路径首先被阻塞以避免任何故障触发。然后将压差电压和内部供电轨拉下来。浮动驱动程序不受此关闭命令的约束。

■ 应用信息

1.设置输出电压

MD3102 需要一个输入电容、一个输出电容和一个电感。这些组件对芯片的性能至关重要。MD3102 采用内部补偿，不需要外部元件实现稳定运行。输出电压可通过电阻分压器编程。

$$V_{OUT} = V_{FB} \times \frac{R1+R2}{R2}$$

当调整 R2 的尺寸时，为了实现低电流消耗和可接受的噪声灵敏度，R2 使用 200kΩ的最大值。通过 R2 的大电流提高了噪声灵敏度和输出电压精度，但增加了电流消耗。

V_{OUT}(V)	R1(K2)	R2(K2)	L1(μH)	C_{IN}(μF)	C_{OUT}(μF)	C_{FF}(pF)Opt.
1.0	66.67	100	2.2	22	22×2	CFF Chapter
1.05	75.00	100	2.2	22	22×2	CFF Chapter
1.2	100.00	100	2.2	22	22×2	CFF Chapter
1.5	150.00	100	2.2	22	22×2	CFF Chapter
1.8	200.00	100	3.3	22	22×2	CFF Chapter
2.5	316.67	100	3.3	22	22×2	CFF Chapter
3.3	450.00	100	4.7	22	22×2	CFF Chapter

所有外部组件均为建议值，最终值基于应用程序测试结果。

2.选择电感

推荐的电感值显示在应用图中。在任何可预见的运行情况下，保证电感铁芯不饱和是很重要的。电感器的额定电流应能处理最大电感峰值电流：在检查不同制造商指定的不同饱和电流额定值时应小心。饱和电流额定值通常规定在 25℃，因此在应用的最高环境温度下的额定值应向制造商要求。电感值的计算公式为:

$$L = \frac{V_{OUT} \times (V_{IN} - V_{OUT})}{V_{IN} \times \Delta I_L \times F_{OSC}}$$

其中ΔIL 为电感纹波电流。选择电感纹波电流约为最大负载电流的 30%至 40%。最大电感峰值电流可估算为:

$$I_{L(MAX)} = I_{LOAD} + \frac{\Delta I_L}{2}$$

在 100mA 以下的轻载条件下，建议采用较大的电感来提高效率。电感越大，纹波电流和电压越小，但它们的物理尺寸越大，饱和电流越低，线性阻抗越高。因此，电感的选择应根据具体应用折衷。

3.选择输入电容

降压转换器的输入电流是不连续的，因此需要一个电容在保持直流输入电压的同时向降压转换器提供交流电流。为了获得更好的性能，使用陶瓷电容放置在尽可能靠近 V_{IN} 的地方，并建议使用 0.1μF 的输入电容过滤掉高频干扰。推荐使用 X5R 和 X7R 陶瓷介质的电容，因为它们在温度波动时很稳定。

电容的纹波电流额定值也必须大于转换器的最大输入纹波电流。输入纹波电流可用公式计算：

$$I_{CIN} = I_{OUT} \times \sqrt{\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \times (1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}})}$$

由上式可知，输入纹波电流在 $V_{IN}=2V_{OUT}$ 时达到最大值，其中 $I_{CIN} = \frac{I_{OUT}}{2}$。

为简化，选择有效值电流大于最大负载电流一半的输入电容。

输入电容值决定了变换器的输入电压纹波。如果系统有输入电压纹波要求，请选择符合规格的输入电容。输入电压纹波可用公式估计：

$$\Delta V_{IN} = \frac{I_{OUT}}{F_{OSC} \times C_{IN}} \times \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \times (1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}})$$

同理，当 $V_{IN}=2V_{OUT}$ 时，输入电压纹波达到最大值 $V_{IN} = \frac{1}{4} \times \frac{I_{OUT}}{F_{OSC} \times C_{IN}}$。

4.选择输出电容

需要一个输出电容来维持直流输出电压。输出电压纹波可由式估计：

$$\Delta V_{OUT} = \frac{V_{OUT}}{F_{OSC} \times L} \times (1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}) \times (R_{ESR} + \frac{1}{8 \times F_{OSC} \times C_{OUT}})$$

不同类型的电容之间存在一些差异。在陶瓷电容的情况下，开关频率处的阻抗由电容控制。输出电压纹波主要是由电容引起的。为简化起见，输出电压纹波可由式估计：

$$\Delta V_{OUT} = \frac{V_{OUT}}{8 \times F_{OSC}^2 \times L \times C_{OUT}} \times (1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}})$$

较大的输出电容可以获得较好的负载暂态响应，但在设计应用中也应考虑最大输出电容的限制。如果输出电容值过高，则软启动时输出电压达不到设计值，无法调节。最大输出电容值(C_{OUT_MAX})可以用公式近似限制：

$$C_{OUT_MAX} = (I_{LIM_AVG} - I_{OUT}) \times T_{SS} / V_{OUT}$$

其中，L_{LIM_AVG} 为软启动期间的平均启动电流，TSS 为软启动时间。另一方面，在选择这些部件时要特别注意。这些电容的直流偏置可能导致电容值低于推荐电容规格表中给出的最小值。

陶瓷电容的实际电容可以随温度变化。X7R 型电容的工作温度范围为-55℃至+125℃，其电容变化范围仅为±15%。电容类型 X5R 在-55℃至+85℃的降低温度范围内具有类似的容差。许多大于 1μF 的大值陶瓷电容都具有 Z5U 或 Y5V 的温度特性。当温度从 25℃变化到 85℃时，它们的电容会下降 50%以上。因此，在环境温度高于或低于 25℃的情况下，建议使用 X5R 或 X7R，而不是 Z5U 和 Y5V。

5.前馈电容（CFF）

MD3102 具有内部环路补偿，因此可选择添加 C_{FF}。具体来说，对于具体应用，如有必要，可根据情况考虑是否添加前馈电容。在反馈网络中使用前馈电容(C_{FF})是为了改善暂态响应或提高相裕度。为了优化前馈电容，首先要知道交叉频率。交叉频率(或转换器带宽)可以通过使用网络分析仪来确定。当得到未识别前馈电容的交叉频率时，前馈电容(C_{FF})的值可由下式计算：

$$C_{FF} = \frac{1}{2\pi \times F_{CROSS}} \times \sqrt{\frac{1}{R1} \times \left(\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2}\right)}$$

其中 F_{CROSS} 是交叉频率。

为了减小瞬态纹波，可以增大前馈电容值，将交叉频率推到更高的区域。虽然这可以改善瞬态响应，但也会减少相位裕度并导致更多振铃。另一方面，如果需要更大的相位裕度，可以减小前馈电容的值，将交叉频率推到更低的区域。

PCB 布局

PCB 布局对实现稳定运行非常重要。强烈建议复制 EVB 布局以获得最佳性能。如有需要更改，请参照以下指引。

1.保持开关电流路径短，尽量减少输入电容、高侧 MOSFET 和低侧 MOSFET 形成的环路面积。

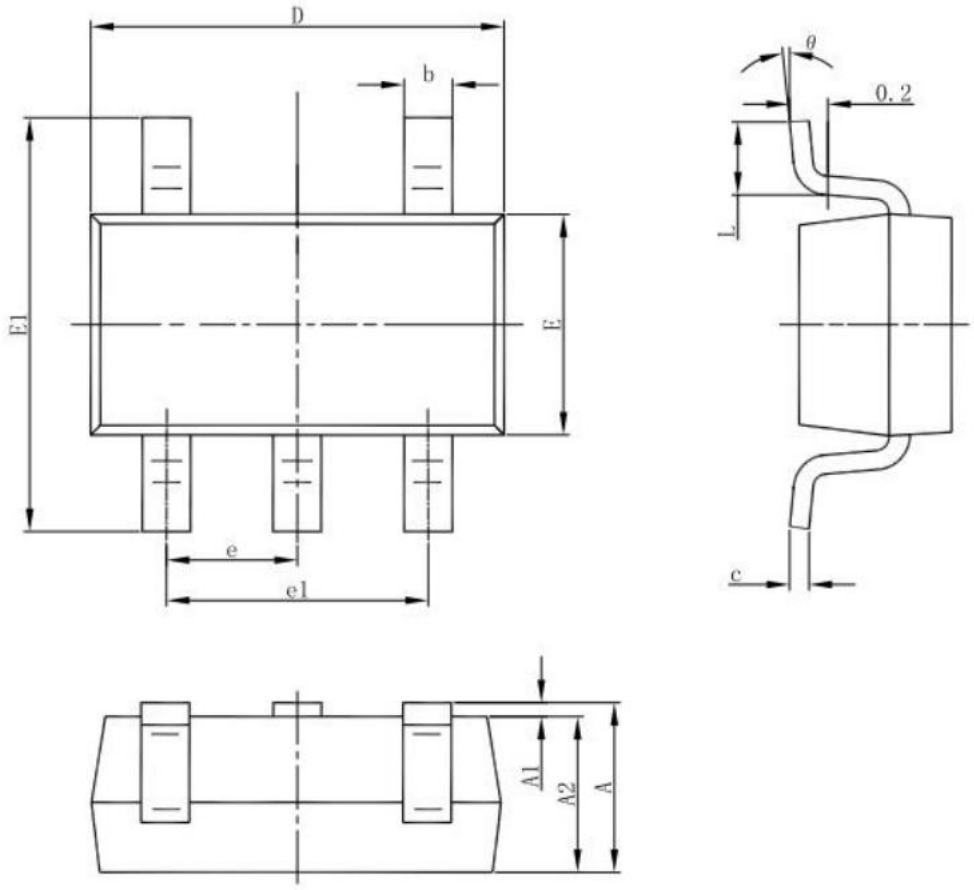
2.旁路陶瓷电容建议放置在 V_{IN} 引脚附近。

3.确保所有反馈连接都是短而直接的。将反馈电阻和补偿元件尽可能靠近芯片。

4.V_{OUT}，SW 远离敏感的模拟区域，如 FB。将 IN、SW、特别是 GND 分别连接到一个大的铜面积上冷却芯片，以提高散热性能和长期可靠性。

■ 应用信息

封装类型：SOT23-5



参数	尺寸（毫米）		尺寸（英寸）	
	最小	最大	最小	最大
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°