

超低功耗的 400mA 高效同步升压转换器

1 特性

- 超低静态功耗，典型工作电流 $1.5 \mu\text{A}$
- 超低工作电压到 0.9V ，宽范围输入工作电压 $0.7\text{V}-5.5\text{V}$
- 宽范围可调输出电压高达 5.5V
- 效率最高达 96%
- 输出电压精度 $\pm 2\%$
- 最大 400mA 输出电流
- 内部集成同步整流开关
- 输出真关断
- 过温保护
- 短路保护
- SOT23-6 封装

2 应用

- 一节、两节和三节碱性、镍镉或镍氢电池供电设备
- 单节锂电池供电设备
- TWS 充电仓

- 可穿戴设备
- 移动互联网设备 (MID)

3 简介

IP2501 是一款采用固定工作频率的高效升压转换器，主要针对采用单节、双节或三节碱性电池、镍镉电池或镍氢电池供电的产品或单节锂离子电池供电的设备或锂聚合物电池供电的产品提供了一款电源解决方案。为宽负载电流范围内保持高效率，在低负载电流条件下时，转换器退出固定开关模式，降低开关频率，IP2501 进入低输出功率省电模式，以在宽负载电流范围内保持高效率。通过外部反馈电阻，可宽范围的满足客户所需的电压要求。转换器停止工作期间将负载与电池完全断开，避免了需要一个外部 MOSFET 及其控制电路来断开输出输入并提供可靠的输出过载保护，确保过负载不会对电池带来损坏。转换器低于 $1.5 \mu\text{A}$ 低静态电流，保证关断时期的电池容量。

IP2501 采用 6 引脚薄型 SOT23-6 封装。

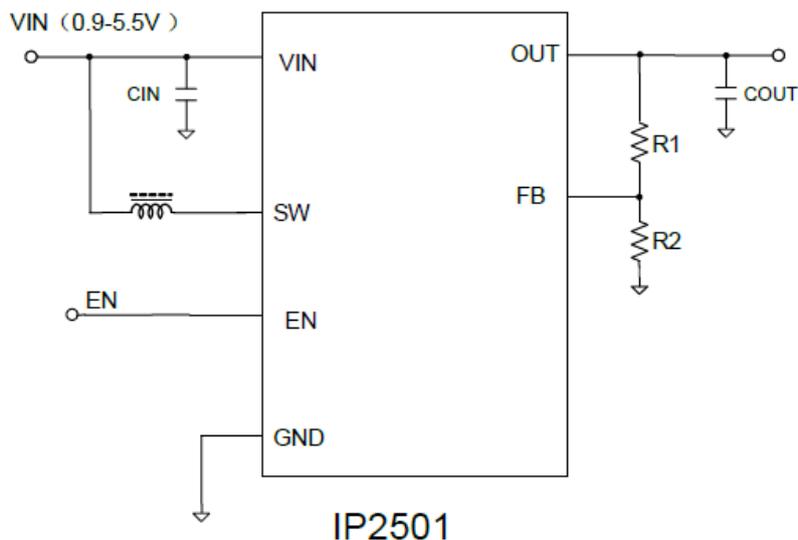
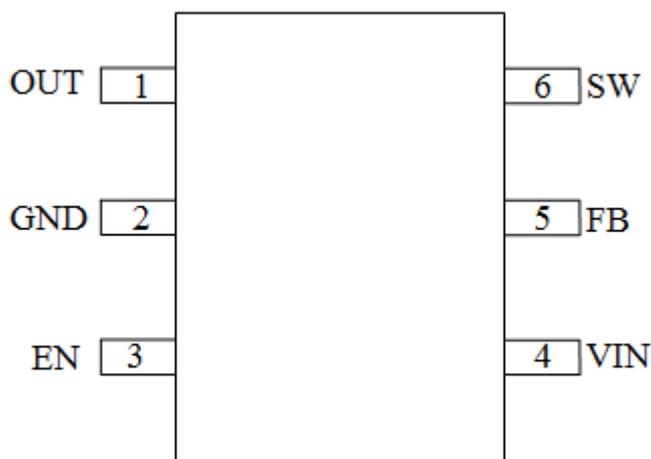


图 1 IP2501 简化应用原理图

4 引脚定义



SOT23-6

图 2 IP2501 引脚图

引脚编号	引脚名字	功能描述
1	OUT	升压转换器输出引脚
2	GND	地
3	EN	使能引脚，高电平使能
4	VIN	输入电源引脚
5	FB	输出反馈引脚
6	SW	开关节点，连接到电感

5 极限参数

参数	符号	值	单位
端口输入电压范围	VIN	-0.3 ~ 6.5	V
结温范围	T _J	-40 ~ 125	°C
存储温度范围	T _{stg}	-60 ~ 150	°C
热阻（结温到环境）	θ _{JA}	120	°C/W
人体模型（HBM）	ESD	2	KV

*高于绝对最大额定值部分所列数值的应力有可能对器件造成永久性的损害，在任何绝对最大额定值条件下暴露的时间过长都有可能影响器件的可靠性和使用寿命。

6 推荐工作条件

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位
输入电压	VIN	0.9	--	5.5	V
工作环境温度	T _A	-40	--	85	°C

*超出这些工作条件，器件工作特性不能保证。

7 电气特性

除特别说明，T_A=25°C，L=2.2uH，VIN=3.6V，C_{OUT}=10uF

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入输出特性						
电池工作电压	VIN		0.7	-	5.5	V
欠压保护阈值	VIN _{UVLO}	无负载	0.8	0.9	1.1	V
静态电流	I _{OUT_Q}	EN=1,无负载	-	1.5	3	uA
关机电流	I _{OUT_S}	EN=0	-	0.5	0.7	uA
启动电流限制	I _L	VIN>2.4V	-	1	1.2	A
输出电压精度	VOUT	T _A =25°C，VOUT=5V，PWM 模式	4.9	5	5.1	V
		T _A =25°C，VOUT=3.3V，PWM 模式	3.2	3.3	3.4	
输出电压范围	VOUT	EN=1	2.5	-	5.5	V
负载调整率	VOUT	VOUT=5V，VIN=3.6V,PWM 模式	-	0.4	2	%
线型调整率	VOUT	VOUT=5V，VIN:0.8V-5.5V，PWM 模式	-	0.2	2	%
短路打嗝时间	-	ON		2.2		ms
		OFF		60		
启动时间	VOUT	VOUT=5V，VIN=3.6V，EN 由低到高	0.2	0.5	0.8	ms
导通电阻						

上管导通电阻	$R_{DS(ON)}$	$V_{OUT}=5V$		180		$m\Omega$
下管导通电阻	$R_{DS(ON)}$	$V_{OUT}=5V$		180		$m\Omega$
逻辑信号						
EN 高电平输入电压	V_{EN-H}	$V_{IN}=1.2V$ to 5.5V	1.2	-	-	V
EN 低电平输入电压	V_{EN-L}	$V_{IN}=0.9V$ to 5.5V	-	-	0.4	V
EN 引脚电流	I_{EN}	EN=3.3V	-	0	0.1	μA
反馈电压	V_{FB}	$V_{IN}=0.9V$ to 5.5V	1.164	1.215	1.236	V
开关频率	F_{SW}		0.7	1	1.3	MHz
开关电流限制	I_{SW}			1		A
热关断						
热关断结温	T_{OTP}			150		$^{\circ}C$
热关断迟滞	ΔT_{OTP}			25		$^{\circ}C$

8 功能描述

系统框图

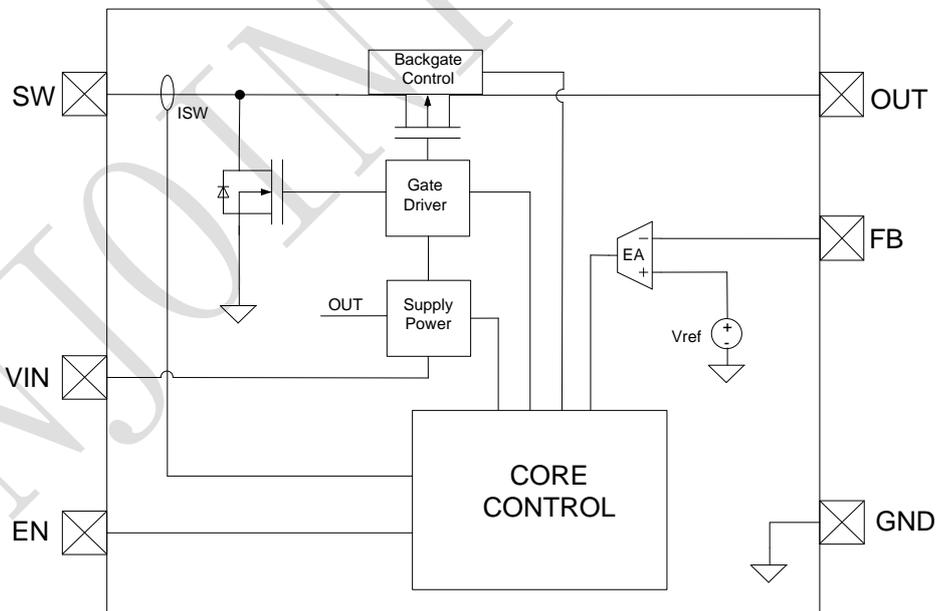


图 3 IP2501 内部系统框图

概述

IP2501 是一种高效的同步升压变换器，其静态电流低至 $1.5\mu A$ ，集成了低导通电阻开关 MOSFET 和同步整流 MOSFET。采用了固定频率的峰值电流模控制方式，检测 NMOS 开关的峰值电流，以限制流过开关和电

感的最大电流。芯片过温保护防止芯片过热，以防过度功耗。

同步整流及关断

IP2501 集成了 N 沟道和 P 沟道 MOSFET 管，实现同步整流。由于用低 $R_{DS(on)}$ PMOS 开关代替了常用的离散肖特基整流器，功率转换效率达到 90% 以上。在 IP2501 停止工作期间，特殊的衬底选择电路将负载从输入端断开，实现输入输出真关断。在转换器未启动时 (EN=0)，特殊的衬底选择电路可完全断开输入和输出电路。在设计中不添加其他部件，以确保电池与转换器输出断开，保证在关闭转换器期间电池不会漏电到输出。

超低功耗工作模式 (Burst Mode)

传统的变换器，即使在输出负载很小的情况下，定频 PWM 会带来开关损耗。在轻负荷时，这种损耗很突出，因此轻载效率很低。IP2501 能在两种不同模式下自动切换工作。轻载时，当电感电流为零时，自动进入 Burst Mode，提高效率。在省电模式下，转换器只在输出电压低于设定的阈值电压时工作，用一个或多个脉冲维持输出电压。在这种情况下，通过使设备在轻载期间进入省电模式来提高效率，空载静态电流可以低至 1.5uA。如果输出功率需求增加，当电感谷底电流大于零，转换器进入固定频率的 PWM 模式。

输出电压设置

输出电压的设置方式如下所示：

Vout=5V	出厂设置 (FB 浮空，通过内部反馈)
Vout=3.3V	出厂设置 (FB 浮空，通过内部反馈)
自定义 Vout	出厂设置 (FB 外部反馈，通过电阻调压)

如果 IP2501 在出厂设置中设置为外部反馈时，输出电压可以通过外部电阻分压器进行调节，如下电路图所示，其中输出电压可设定的值最大推荐为 5.5V。当外部反馈设定输出电压，建议 R2 为 150K 或更小，但注意用 R1 和 R2 设定输出电压时，会增加整体功耗。输出电压由下列公式设定：

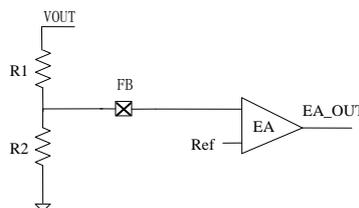


图 4 输出电压设定原理

$$V_{OUT} = \frac{R1 + R2}{R2} \times V_{Ref} \text{ (V)}$$

这里 $V_{Ref}=1.215V$ 。如果输入电压高于输出电压设定值时，输出电压会跟随输入电压变化，和输入电压维持 200mV 压差。

启动和关断

当 IP2501 启动时，内部的启动从预充电阶段开始。在预充电期间，整流开关打开，直到输出接近输入电压值。在此阶段，整流开关限流典型值为 1A，该电路也用于输出端短路条件下的输出限流。输出被预充电到输入电压后，切换到 boost 软启动，直到输出到设定值；如果有重负载，则电感峰值限流典型值 1A。启动时序如图 5，图 6 所示：其中 $T_A < 100\mu s$ 。EN 引脚内部为弱上拉，如果 EN 引脚浮空，芯片默认使能。

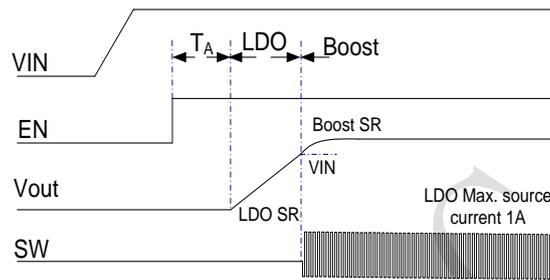


图 5 EN 启动时序

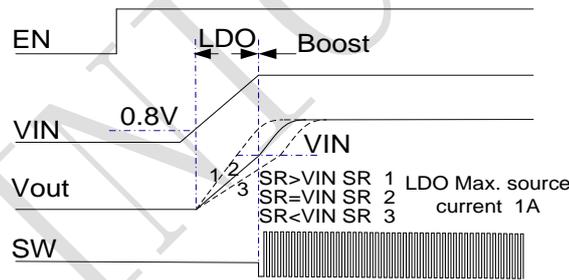


图 6 VIN 启动时序

IP2501 内部嵌入了输出电压泄放电路：当 EN 关断时，内部泄放电路开关打开，输出到地之间接入约为 100Ω 的电阻快速对输出放电(如图 7)；如果 VIN UVLO 关断，此时 EN 一直为高，内部泄放电路将不会工作(如图 8)。

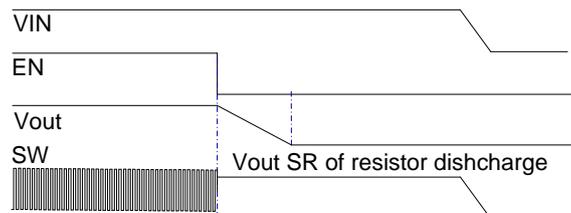


图 7 EN 关断，FB 悬空

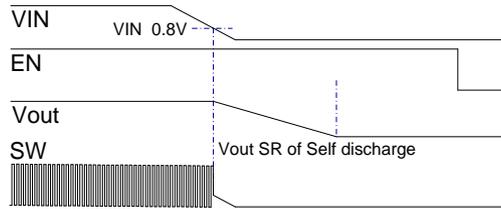


图 8 VIN UVLO, FB 悬空

保护

IP2501 集成输入欠压 (VIN UVLO), LDO 限流, 电感电流峰值限流, 输出过流短路和过温保护功能, 保证芯片在异常应用情况下不会损坏。

VIN 欠压保护 (VIN UVLO)

当转换器正常工作期间, 如果 VIN 电压高于 0.9V, 转换器自动启动, 如果 VIN 电压低于 0.7V, IP2501 关断输出。

过流和短路保护

IP2501 允许输出短路, 如果发生短路或过流故障, 当检测到的电感峰值电流达到限流阈值时, 转换器进入限流工作模式, 输出会随负载增加降低。当输出低于输入时, 关闭 NMOS, 设备进入最大 1A 电流的线性工作模式, 经过一段时间后 PMOS 关闭, 进入打嗝启动保护模式。如下图 9 所示。

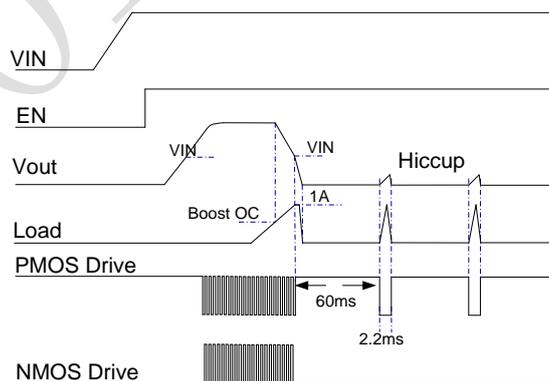
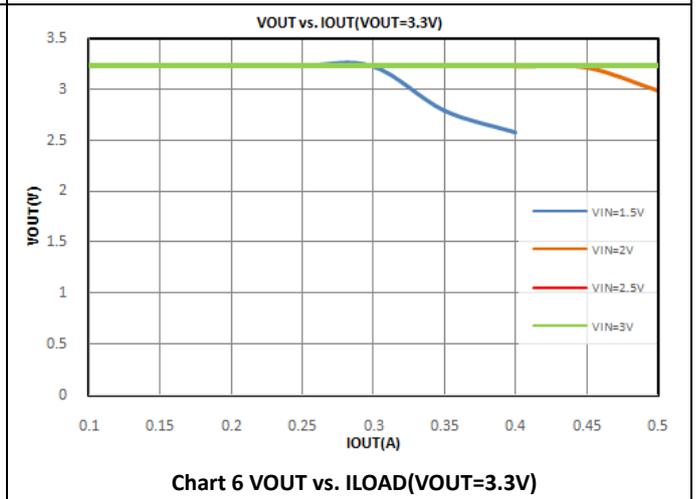
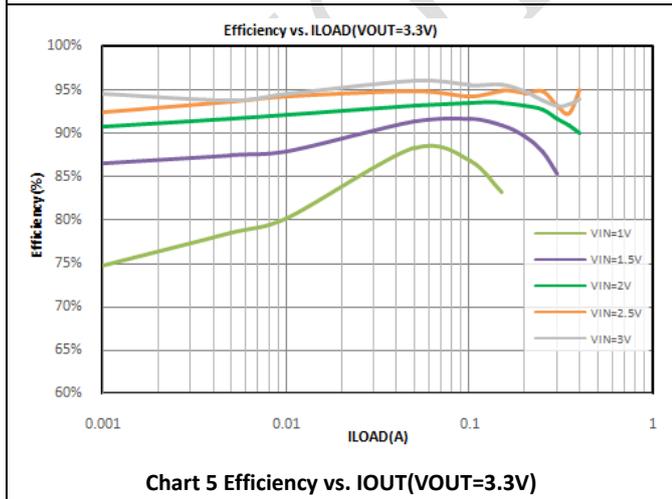
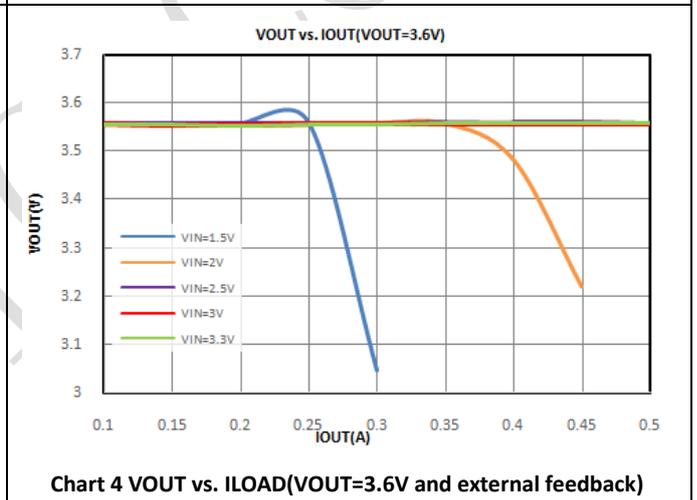
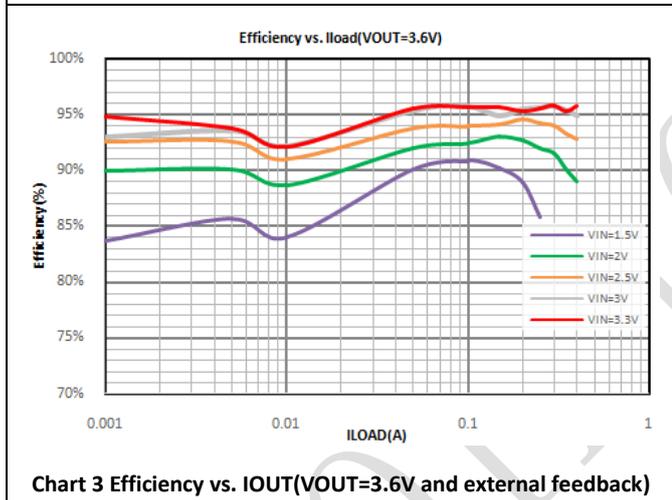
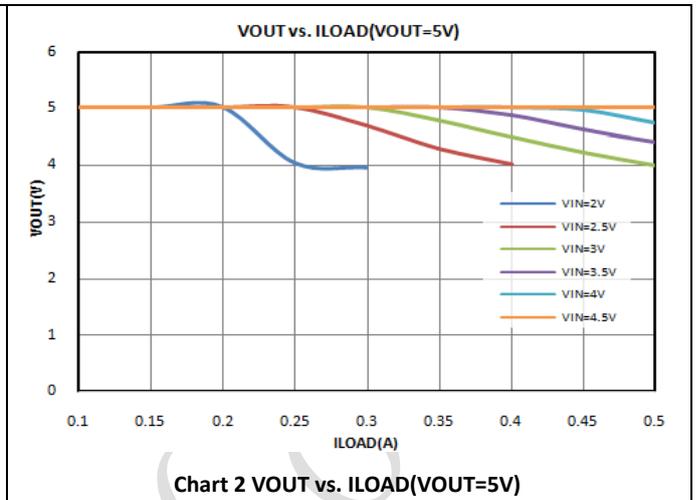
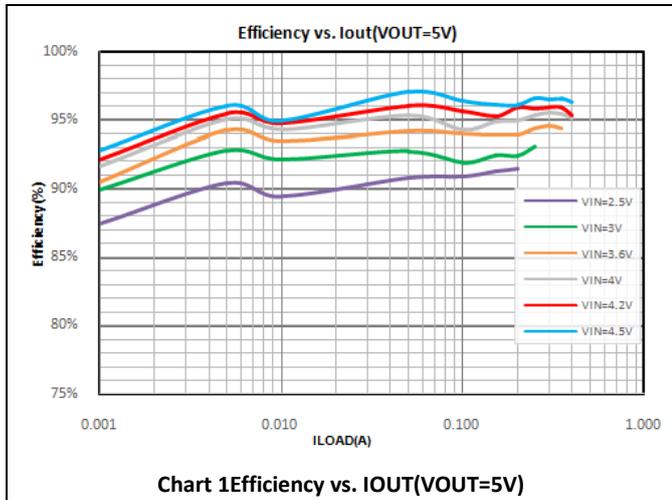


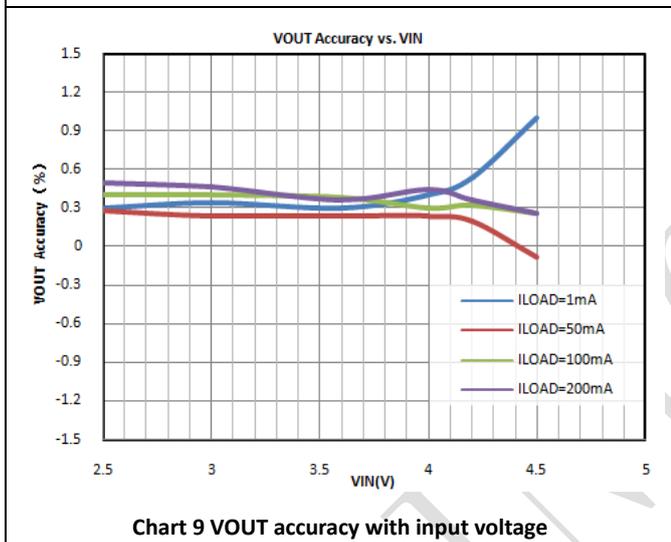
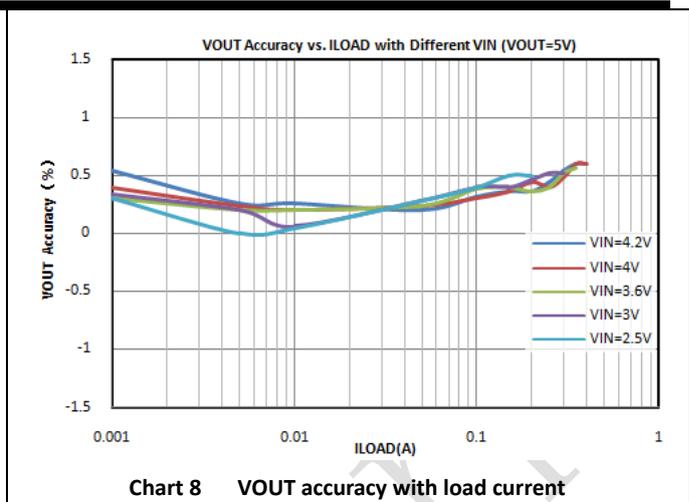
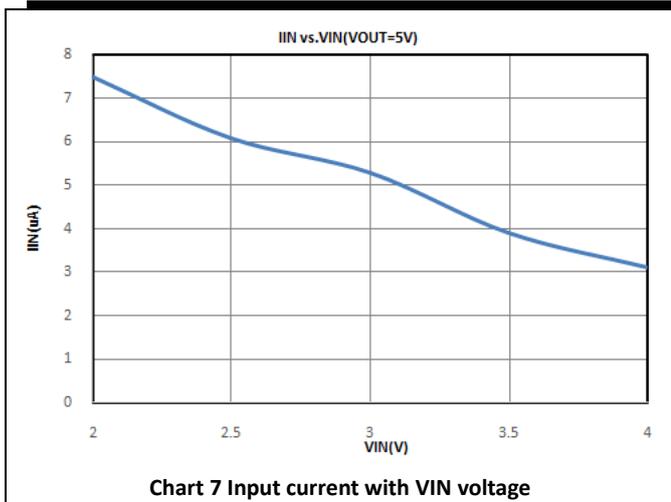
图 9 过流/短路打嗝运行

过温保护

当芯片结温超过过温保护阈值 150°C, 开关管和整流管会关断, 当芯片结温低于 125°C 时, 芯片自动重启。

9 应用特性





10 典型应用原理图

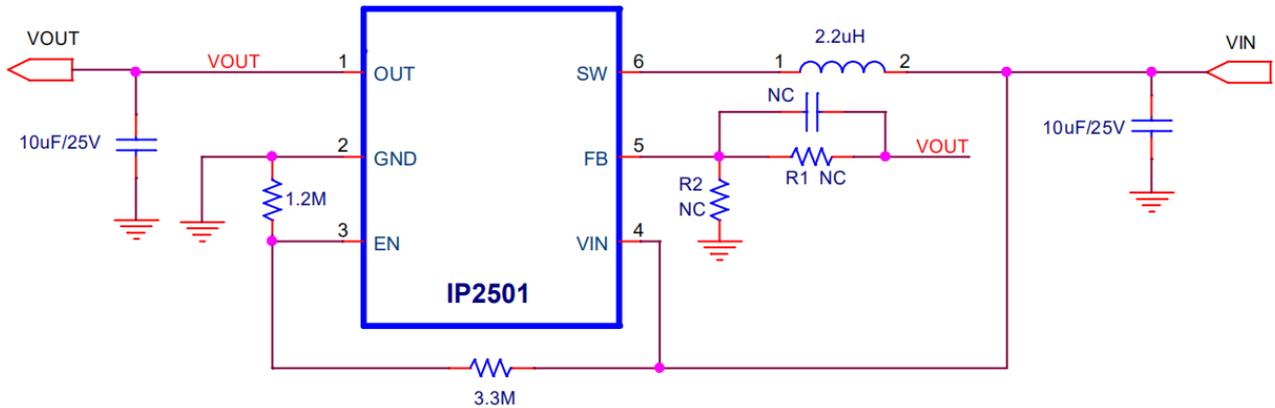


图 10 IP2501 典型应用原理图 (VOUT=5V, 无 MCU)

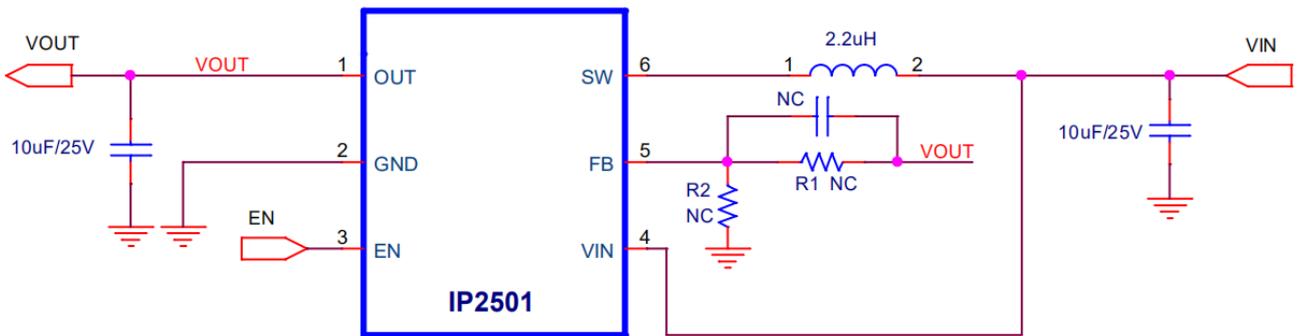


图 11 IP2501 典型应用原理图 (VOUT=5V, MCU 控制 EN 引脚)

11.LAYOUT 参考

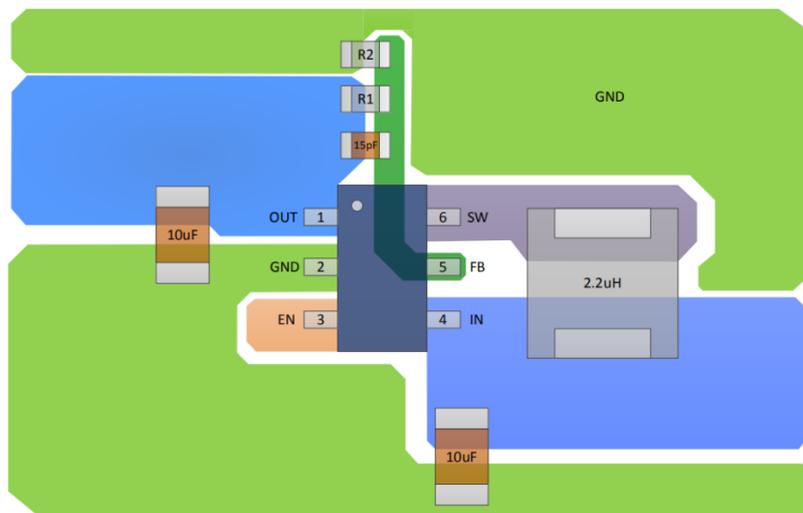


图 12 Layout 参考

备注：功率电感及滤波电容需尽量靠近芯片引脚，避免功率回路过大；功率引脚要保证足够面积的敷铜；如采用外部反馈，FB 引脚电路反馈走线避免过长且避开 SW 的噪声区域。

12 封装信息

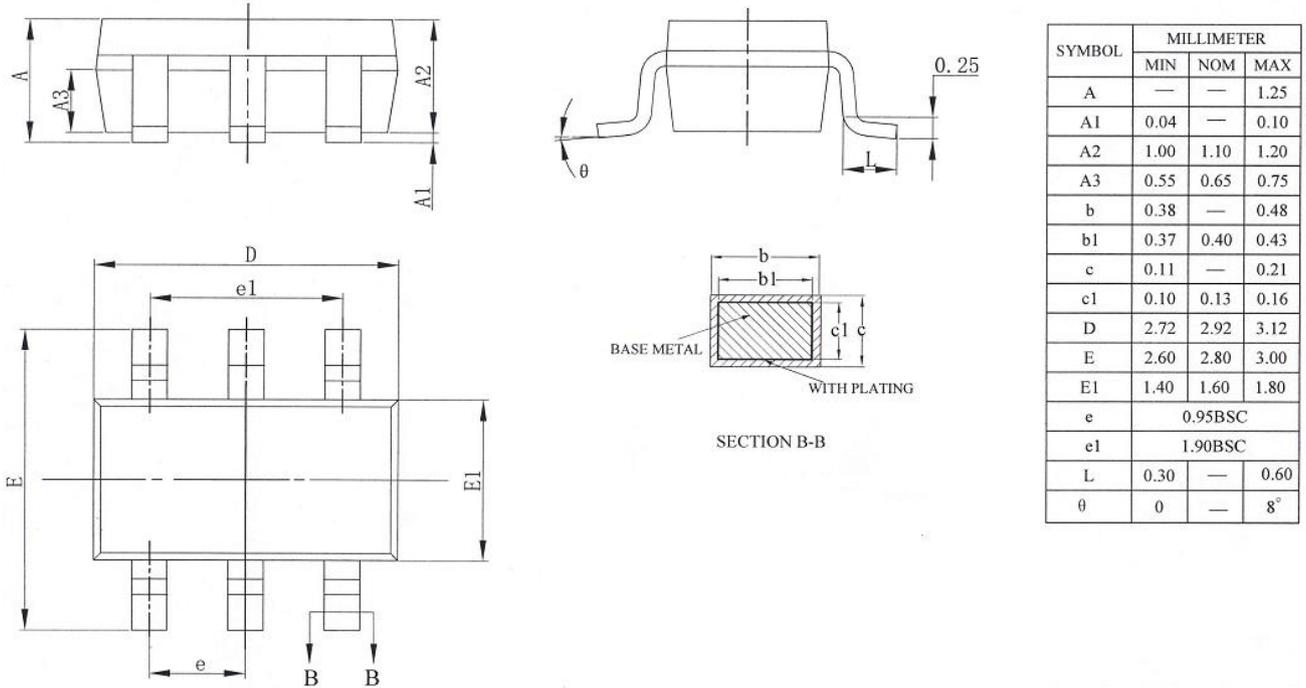
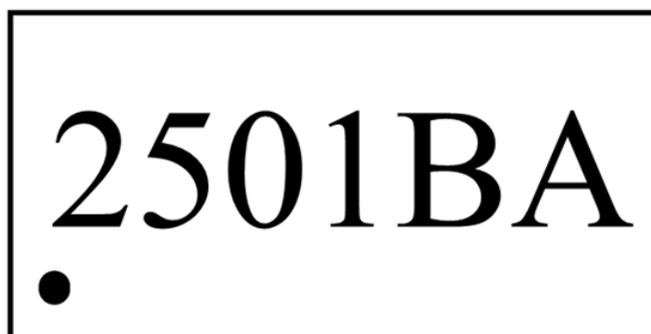


图 13 IP2501 SOT23-6 封装外形尺寸图

13 IC 丝印说明



说明:

- 1、2501BA --产品型号和版本号
- 2、● --Pin1脚位置标识

图 14 IP2501 IC 丝印说明

14 责任及版权声明

英集芯科技有限公司有权对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改，客户在下订单前应获取最新的相关信息，并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的销售条款与条件。

英集芯科技有限公司对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用英集芯的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险，客户应提供充分的设计与操作安全验证。

客户认可并同意，尽管任何应用相关信息或支持仍可能由英集芯提供，但他们将独力负责满足与其产品及其应用中使用英集芯产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意，他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识，可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在此类关键应用中使用任何英集芯产品而对英集芯及其代理造成的任何损失。

对于英集芯的产品手册或数据表，仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。英集芯对此类篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要服从额外的限制条件。

英集芯会不定期更新本文档内容，产品实际参数可能因型号或者其他事项不同有所差异，本文档不作为任何明示或暗示的担保或授权。

在转售英集芯产品时，如果对该产品参数的陈述与英集芯标明的参数相比存在差异或虚假成分，则会失去相关英集芯产品的所有明示或暗示授权，且这是不正当的、欺诈性商业行为。英集芯对任何此类虚假陈述均不承担任何责任或义务。