

Hi9002 降压恒压 BUCK 控制器

1. 特性

- 宽输入电压范围 4.5~48V
- 1A 最大输出电流
- 100ns 最小导通时间
- 2%~98%大范围占空比
- 输出陶瓷或电解电容环路同样稳定
- 工作频率 650K
- 轻载 PFM
- MOS 内阻: 420mΩ/220mΩ
- 短路打嗝保护模式
- 恒压精度 $\leq \pm 1.5\%$
- 输出电压从 0.8V 可调
- EN 使能
- 过温保护
- 封装: SOT23-6

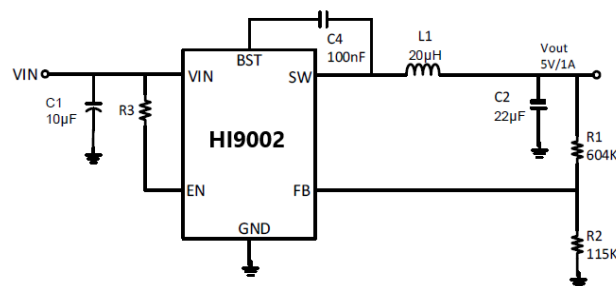
2. 应用领域

- 音响
- 工业应用
- 汽车

4. 芯片选型

型号	输出电流范围	驱动方式	封装形式	编带数量 (颗/盘)	最高耐压
Hi9002	$\leq 1A$	内置 MOS	SOT23-6	3000	50

5. 典型电路



3. 说明

Hi9002 是一款同步降压的 BUCK，内部集成了高，低功率场效应管。Hi9002 持续输出电流可达 1A，并具备快速响应电流模式控制。

宽 4.5V 到 48V 输入电压范围可适应各种功率降压应用。Hi9002 使用高占空比和低压差模式实现低功耗。

Hi9002 轻载降低开关频率减少开关损耗，实现宽负载范围内的高转换效率。Hi9002 内含多种保护功能、逐周期电流检测、短路打嗝保护，以及过热保护。Hi9002 为小体积的 SOT23-6 封装。



6. 管脚配置

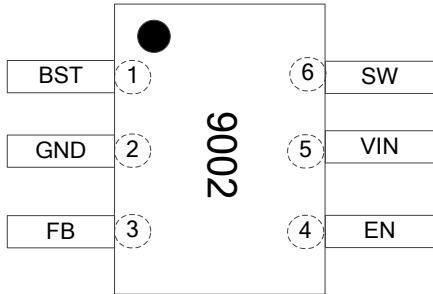


图 5.1 Hi9002 管脚图

编号	管脚名称	功能描述
1,	BST	自举电容
2	GND	芯片地
3	FB	输出电压采样反馈
4	EN	使能脚
5	VIN	供电输入
6	SW	内部上下 MOS 管半桥连接中点

7. 极限工作参数（注 1）

符号	说明	范围	单位
VIN	VIN 脚工作电压范围	-0.3~50	V
SW	SW 脚工作电压范围	-0.7(-5V in 10ns)~VIN+0.7	V
EN	EN 脚工作电压范围	50	V
BST	BST TO SW	-0.3~6	V
All Other Pins		-0.3~6	V
T _{STG}	存储温度	-55~150	°C
R _{θJA}	PN 结到环境的热阻	200	°C/W
T _J	结温	-40~150	°C
ESD	HBM 人体放电模式	2	KV

注 1: 最大输出功率受限于芯片结温，最大极限值是指超出该工作范围，芯片有可能损坏。在极限参数范围内工作，器件功能正常，但并不完全保证满足个别性能指标。



8. 电气特性

(除非特殊说明, 下列条件均为 $T_A=25^{\circ}\text{C}$)

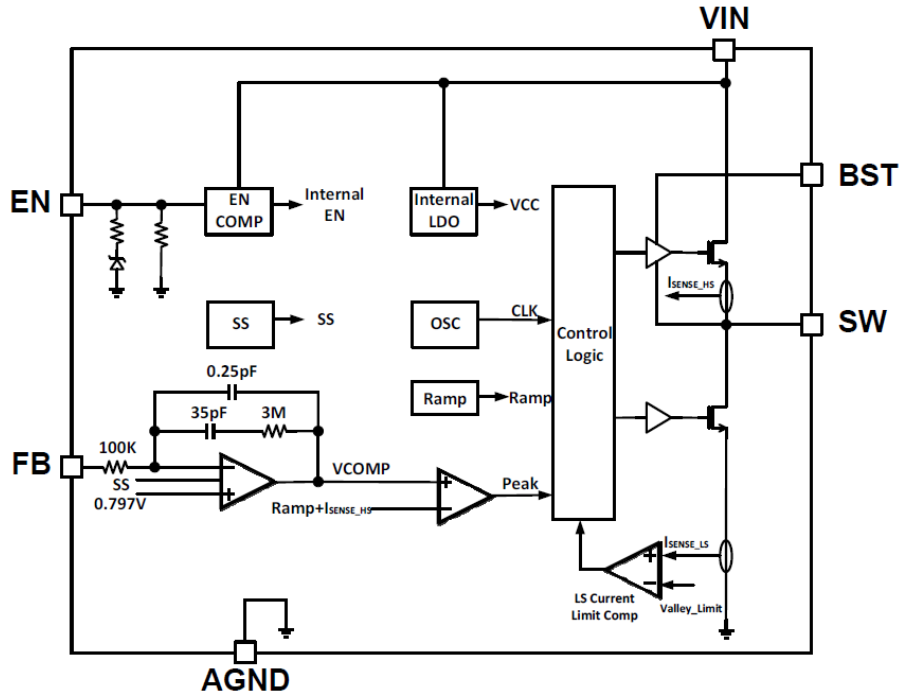
符号	说明	测试条件	范围			单位
			最小	典型	最大	
I_S	关断电流	$V_{EN} < 0.3V$ $V_{IN}=15V$		1	2	μA
I_Q	静态电流	空载, $V_{FB}=0.83V$		150	220	μA
V_{IN_UVR}	VIN 欠压上升阈值		4.15	4.3	4.45	V
V_{IN_UVF}	VIN 欠压下降阈值		3.85	4.05	4.25	V
$V_{IN_UV_hys}$	VIN 欠压迟滞			0.3		V
V_{FB}	反馈电压	$T_J = -40^{\circ}\text{C}$ to $+125^{\circ}\text{C}$	781	797	813	mV
		$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	785	797	809	mV
I_{LK_FB}	反馈电流	$V_{EN} = 1V$, $V_{FB} = 2V$			0.1	μA
V_{EN_R}	使能上升阈值	低到高	1.5	1.55	1.6	V
V_{EN_F}	使能下降阈值	高到低	1.1	1.22	1.3	V
V_{EN_Hys}	使能迟滞阈值			0.3		V
T_{SS}	软启动时间	V_{FB} from 10% to 90%	0.35	0.6	0.85	mS
F_{SW}	开关频率		-	650	-	KHz
T_{ON_MIN}	最小导通时间			100		nS
T_{ON_MAX}	最大导通时间			0.5		μS
T_{OFF_MIN}	最小关闭时间			92		nS
R_{ON_HS}	高侧开关导通电阻	$V_{BST} - V_{SW} = 5V$		420	840	m Ω
R_{ON_LS}	低侧开关导通电阻	$V_{IN} = 15V$		220	440	m Ω
LKG_{HS}	高侧开关漏电流	$V_{EN} = 0V$, $V_{SW} = 0V$	-		1	μA
LKG_{LS}	低侧开关漏电流	$V_{EN} = 0V$, $V_{SW} = 45V$			1	μA
I_{LIM_HS}	高侧开关最大电流			2		A
I_{LIM_LS}	低侧开关最大电流		0.9	1.1	1.3	A
T_{OTP_R}	过温保护	输出关闭	-	151	-	$^{\circ}\text{C}$
T_{OTP_Hys}	过温迟滞			21		$^{\circ}\text{C}$

备注:

- 对于未给定上下限值的参数, 本规范不保证其精度, 但其典型值合理反映了器件性能。
- 规格书的最小、最大参数范围由测试保证, 典型值由设计、测试或统计分析保证。

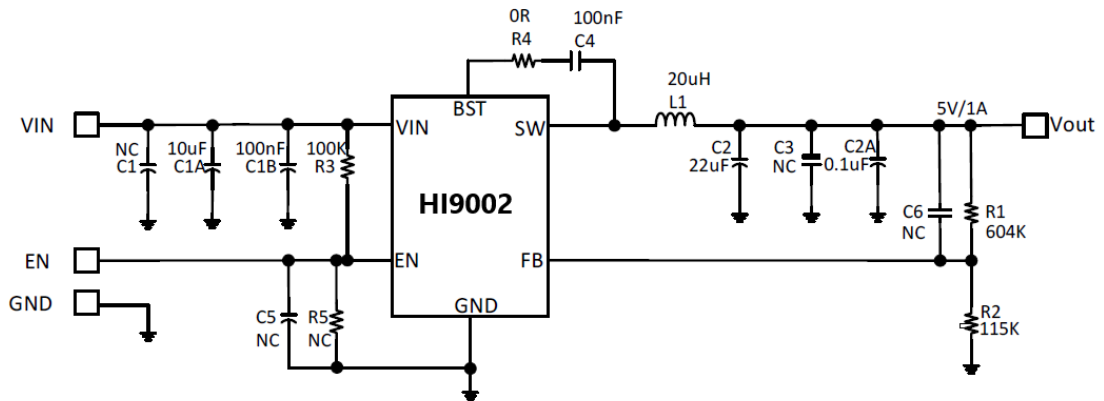


9. 结构框图

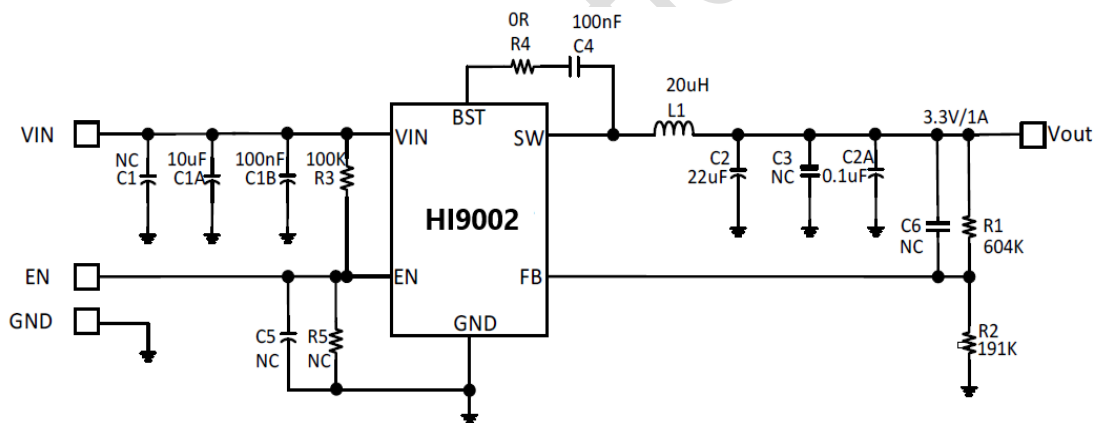


10. 应用电路

10.1. 典型应用电路



VIN=12V VOUT=5V/1A



VIN=12V VOUT=3.3V/1A



11. 功能描述

11.1. 脉宽调制(PWM)控制

在中高输出电流, Hi9002 工作在固定频率, 峰值电流控制模式调节输出电压。内部时钟启动脉宽调制 (PWM) 周期, 开启功率高侧 MOSFET (HS-FET)。HS-FET 持续导通, 直到其电流达到 COMP 电压 (VCOMP) 设定的值。高侧 HS-FET 关闭后, 低侧 MOSFET (LS-FET) 打开, 电感电流通过低侧 LS-FET 续流。为了避免上下管直通击穿, 插入一个死区时间以防止 HS-FET 和 LS-FET 同时打开。对于开关周期中的每一个开和关, HS-FET 的开和关具有一个最小 T_{on} 和 T_{off} 时间限制, 为了避免上下管直通损坏 MOS 和芯片必须在高侧 HS-FET 开关周期中设置最小 T_{on} 和 T_{off} , 设置死区时间避免直通。

为了防止电感器电流和输出电压失控, 当内部检测到 HS-FET 最小 T_{on} 时, 开关频率会折叠起来。当 PWM 信号变低时, HS-FET 关闭, 并在下一个周期开始前保持至少关闭 110ns。如果 HS-FET 中的电流在一个 PWM 周期内没有达到 comp 设置的电流值, HS-FET 保持最大 T_{on} 状态, 以避免上管关闭。

如果输入电压过高, 则 T_{on} 时间缩短, 接近最小通电时间。当占空比快接近 2% 时, Hi9002 将该 T_{on} 时间做为最小 T_{on} 同时增加 T_{off} 来调节输出电压, 使得输出纹波保持稳定良好。

轻载时 Hi9002 工作在 (PFM) 模式时, 自动降低开关频率以保持高效率, 电感电流几乎降到零。当电感电流到零时, 低侧驱动进入 tri-state (high-Z) 模式。输出电容通过 R1 和 R2 缓慢放电。当 VFB 降至参考电压以下时, HS-FET 打开。当输出电流很低时这种工作模式会大大提高器件效率。

11.2. 使能控制

使能 (EN) 是一个数字控制引脚, 当 EN 高电平时芯片工作, 当 EN 为悬空或低电平时芯片关闭。EN 在内部对地下拉 1.7M 电阻, 因此悬空 EN 时芯片关闭。当不用使能功能时 EN 直接和 VIN 短接。

11.3. 欠压锁定

欠压锁定 (UVLO) 是在供电不足时保护芯片。Hi9002 内部通过 UVLO 比较器监测输入电压。UVLO 上升阈值约 4.3V, 下降阈值约 4V。

11.4. 内部软启动

软启动 (SS) 防止转换器输出电压在启动过程中超调。当芯片启动时, 内部电路产生一个软启动电压 (VSS), 从 0V 上升到 1V。当 VSS 低于 REF 电压时, 以 VSS 为基准, 因此误差放大器使用 VSS 作为参考。当 VSS 超过 REF 电压, 误差放大器以 REF 电压为参考。VSS 时间在内部设置为 0.6ms。

当 Hi9002 输出电容很大启动时, 会触发 IC 限流, 从而限制输出升压速率。为避免在启动过程中误触发因大输出电容引发的打嗝保护, Hi9002 内部软启动时间会自动延长。

11.5. 大占空比模式

当 VIN 接近 VOUT 时, 达到最小 T_{off} 时间, 扩频电路将被触发, Hi9002 自动提高频率。Hi9002 支持高达 98% 的占空比。



11.6. 过流保护(OCP)和短路保护(SCP)

Hi9002 具有谷底限流控制和峰值限流控制两种功能。在低侧 LS-FET 开启期间, 监测电感电流。当检测到电感电流达到谷底电流极限时, LS-FET 触发极限比较器。系统进入过流保护 (OCP) 模式, 高侧 HS-FET 等待谷底限流消失后再重新开启。在 HS-FET 通电期间, 电感电流与峰值限流进行比较。如果峰值电流限制被触发, Ton 脉冲将立即终止。输出电压下降, 直到 VFB 低于欠压 (UV) 阈值 (通常低于参考值 50%)。一旦 UV 被触发, Hi9002 进入打嗝模式, 定期重新启动部件。在 OCP 过程中, 系统会以打嗝模式尝试从过流故障中恢复。在 hiccup 模式下, 芯片关闭输出, 一段时间后, 尝试再次软启动。如果软启动结束后过流状态仍然存在, 则系统重复此操作循环, 直到过流状态消除, 输出恢复到正常。OCP 是一种非门锁保护。

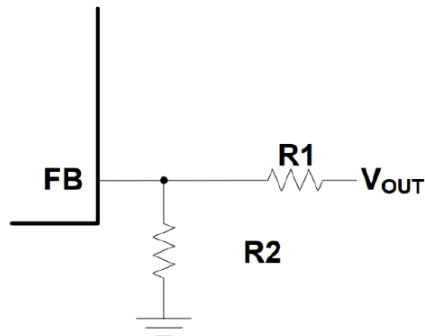
11.7. 过温保护

过温保护是防止芯片在极高的温度下工作。当芯片温度超过其上限阈值时, 整个芯片关闭。当温度低于其下限阈值时, 芯片将重新启动。

12. 应用说明

12.1. 设置输出电压

Hi9002 输出电压可以通过外部电阻设置。参考电压为 0.797V。电路及公式如下图所示:



$$V_{OUT} = V_{FB} (R_1 + R_2) / R_2$$



12.2. 电感选择

对于大多数应用，应使用额定电流至少高于最大负载电流 25% 的 $1\mu\text{H} \sim 47\mu\text{H}$ 电感。为了达到更高的效率，使用直流 DCR 电阻小的电感器。

电感值可由公式得到：

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

其中 ΔI_L 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%。最大电感峰值电流可由式计算得到：

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

表 1 列出了常用输出电压的关键零部件参考值。

表 1:通用输出电压的关键零部件参考值

V _{OUT} (V)	R1 (kΩ)	R2 (kΩ)	L (μH)	C _{OUT} (uF)
5	604	115	20	22
3.3	604	191	20	22

12.3. 选择输出电容

输出电容 (C2, C3) 维持直流输出电压纹波。使用陶瓷，钽或低 ESR 电解电容。为了达到最好的效果，使用低 ESR 电容来保持输出电压纹波低。输出电压纹波的估计公式为：

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

其中 L 为电感值， R_{ESR} 为输出电容的等效串联电阻 (ESR) 值。

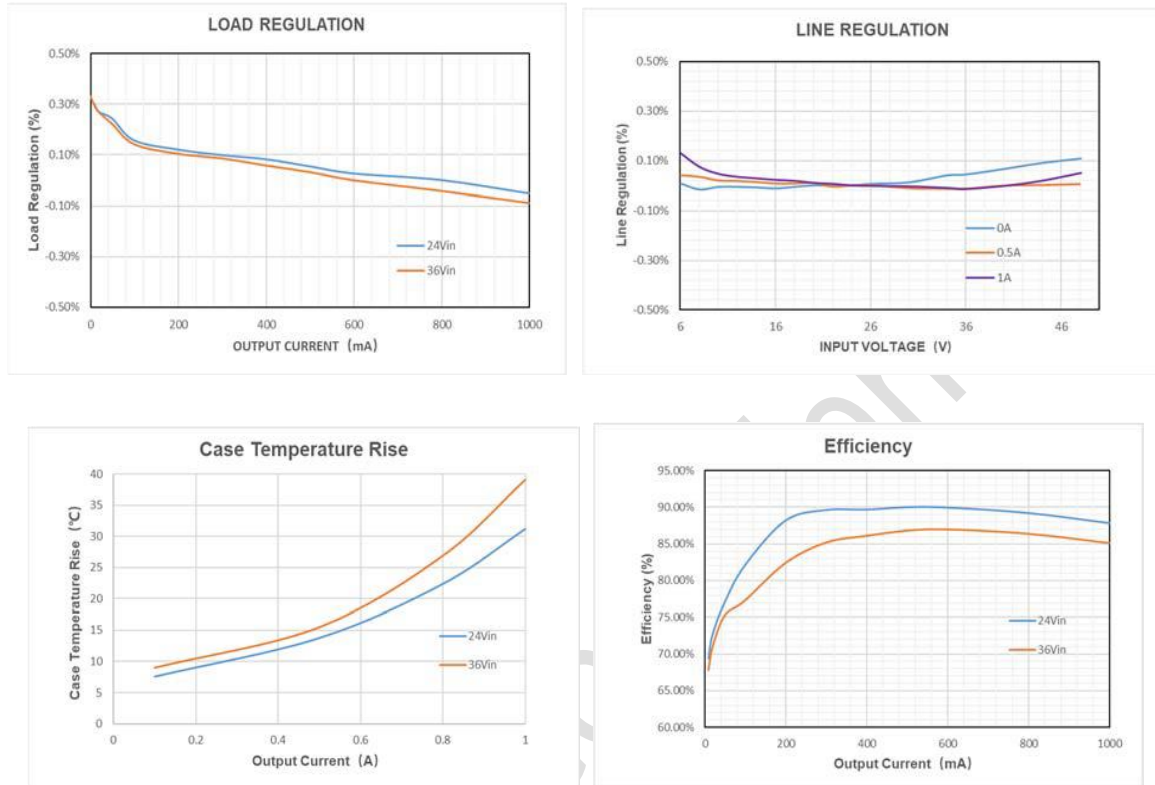
输出电容的特性也会影响调节系统的稳定性。



13. 典型特性曲线

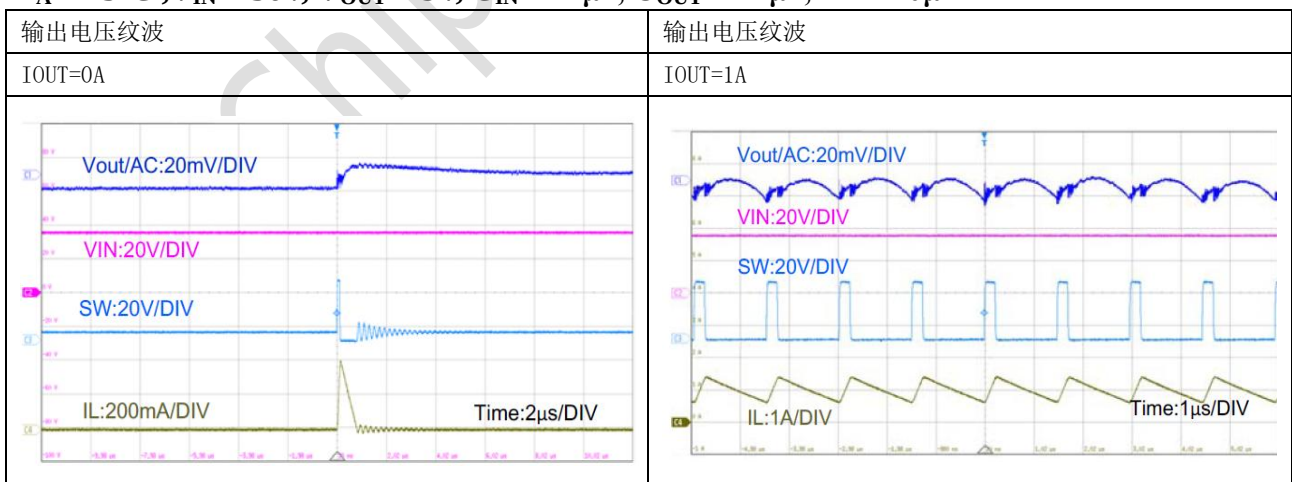
测试条件: $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{IN} = 36\text{V}$, $V_{OUT} = 5\text{V}$, $C_{IN} = 10\mu\text{F}$, $C_{OUT} = 22\mu\text{F}$, $L1 = 20\mu\text{H}$

典型曲线



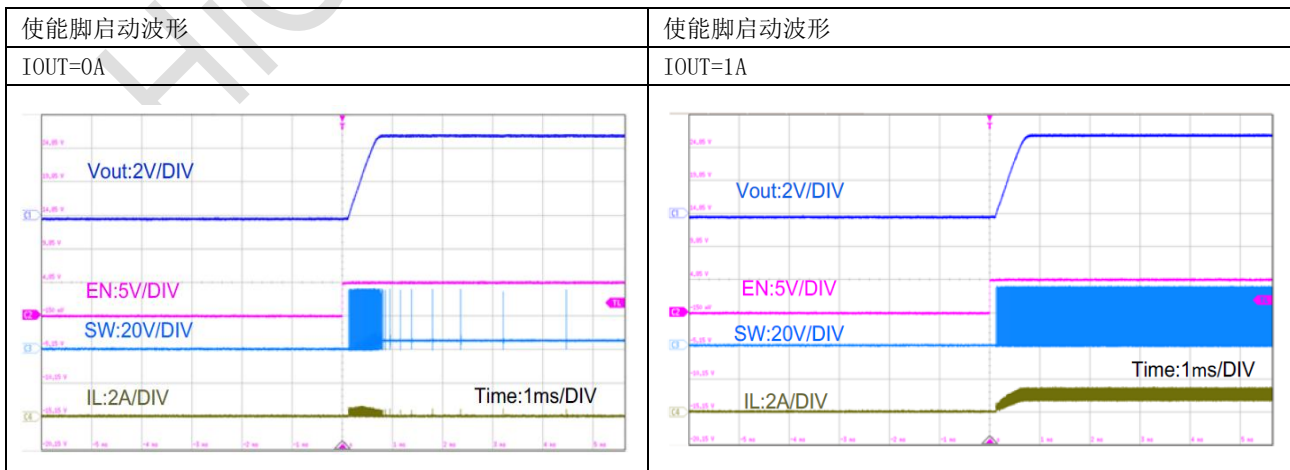
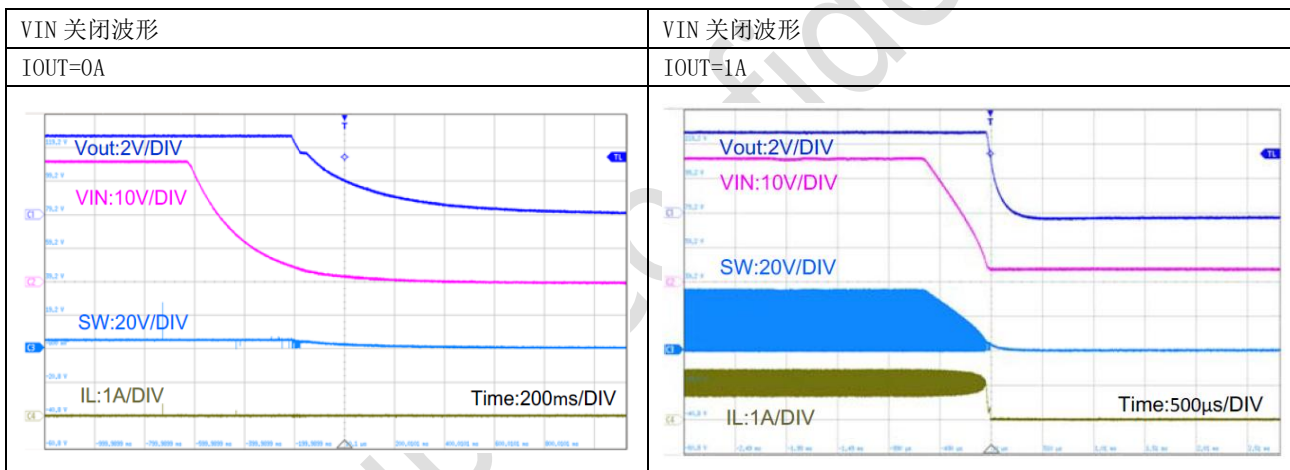
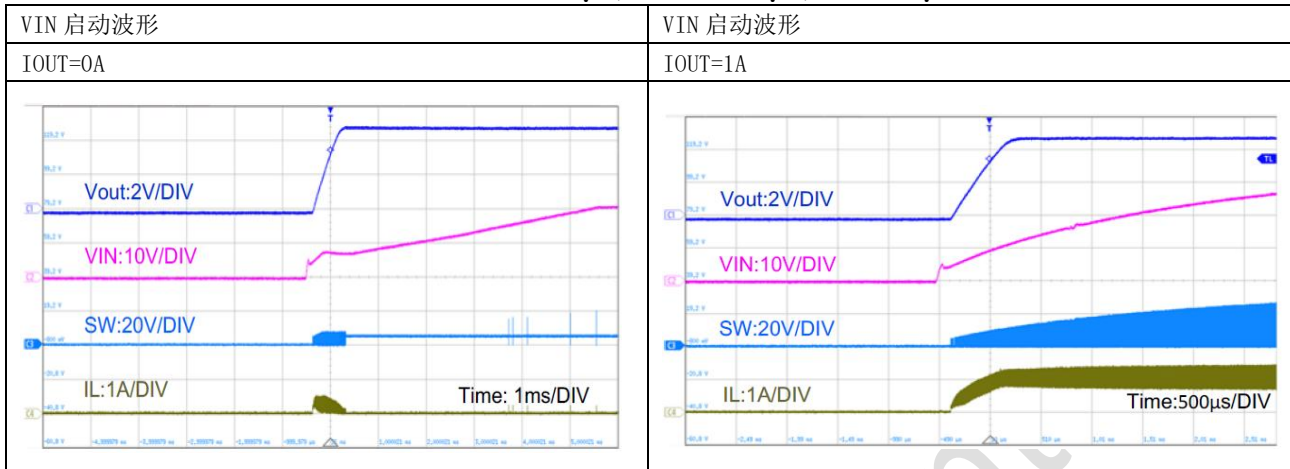
13.1. 稳态波形

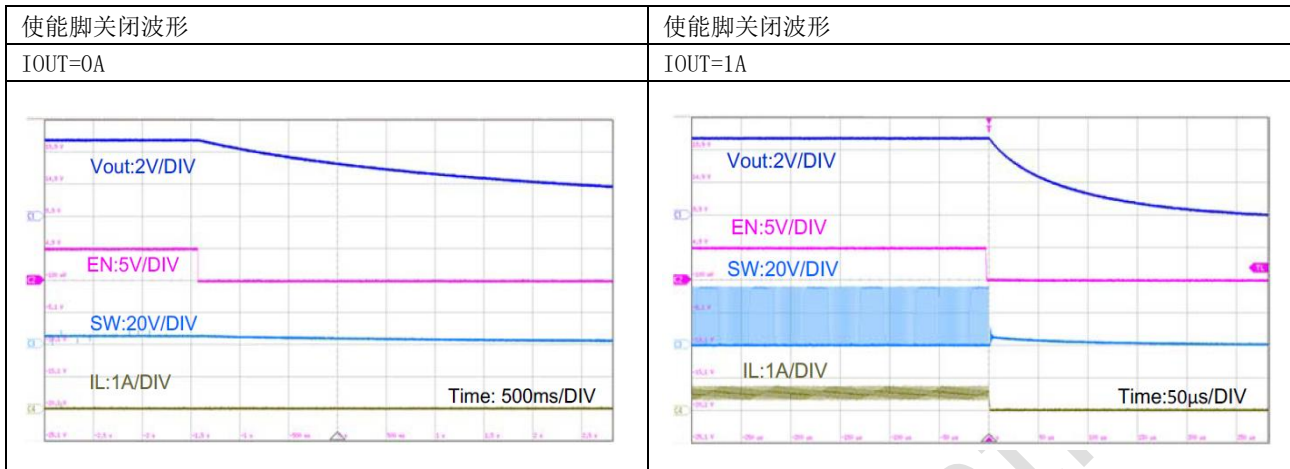
$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{IN} = 36\text{V}$, $V_{OUT} = 5\text{V}$, $C_{IN} = 22\mu\text{F}$, $C_{OUT} = 22\mu\text{F}$, $L1 = 20\mu\text{H}$



13.2. 开关机波形

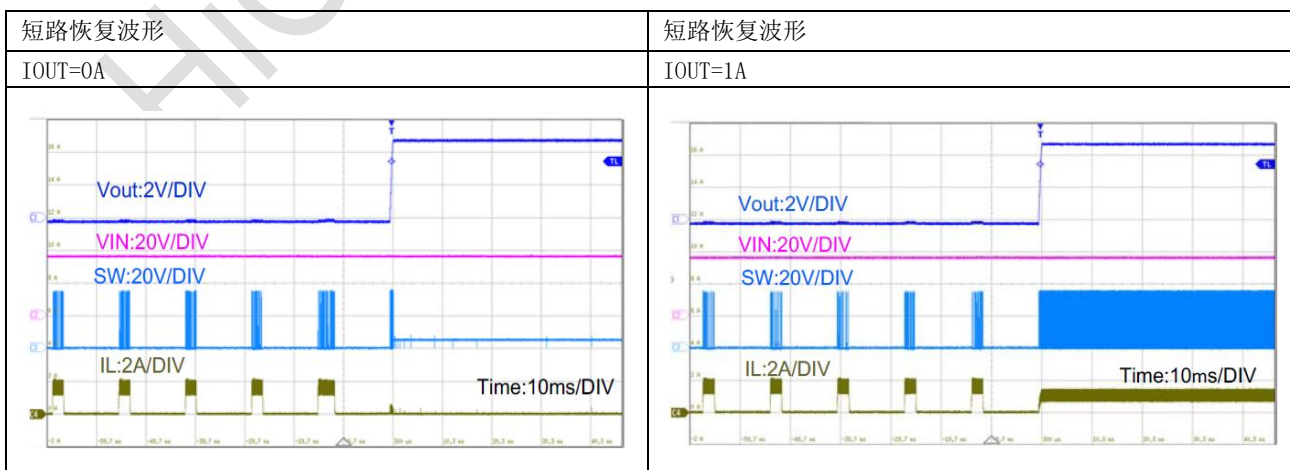
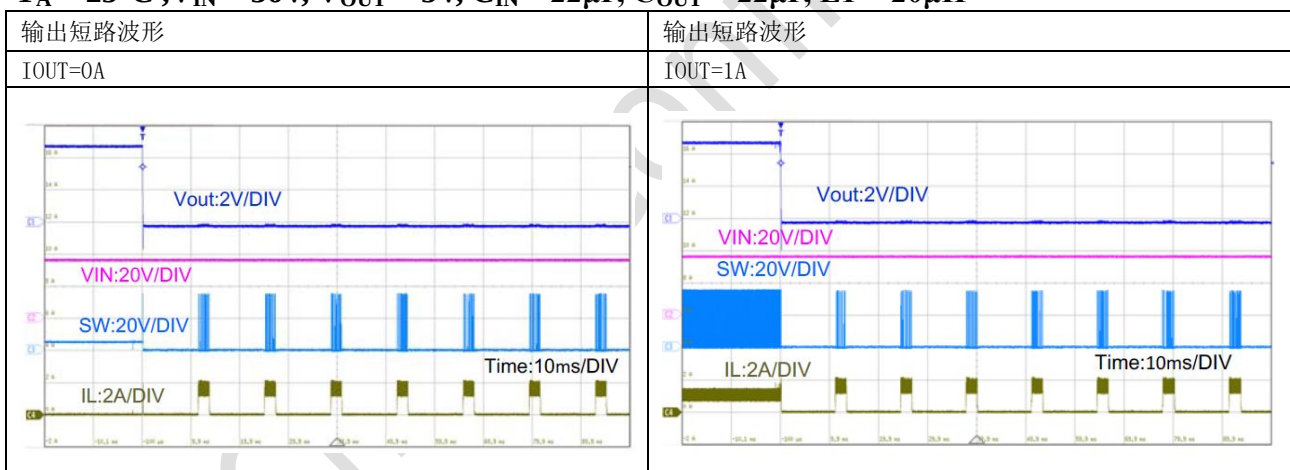
$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{IN} = 36\text{V}$, $V_{OUT} = 5\text{V}$, $C_{IN} = 22\mu\text{F}$, $C_{OUT} = 22\mu\text{F}$, $L1 = 20\mu\text{H}$





13.3. 输出短路波形

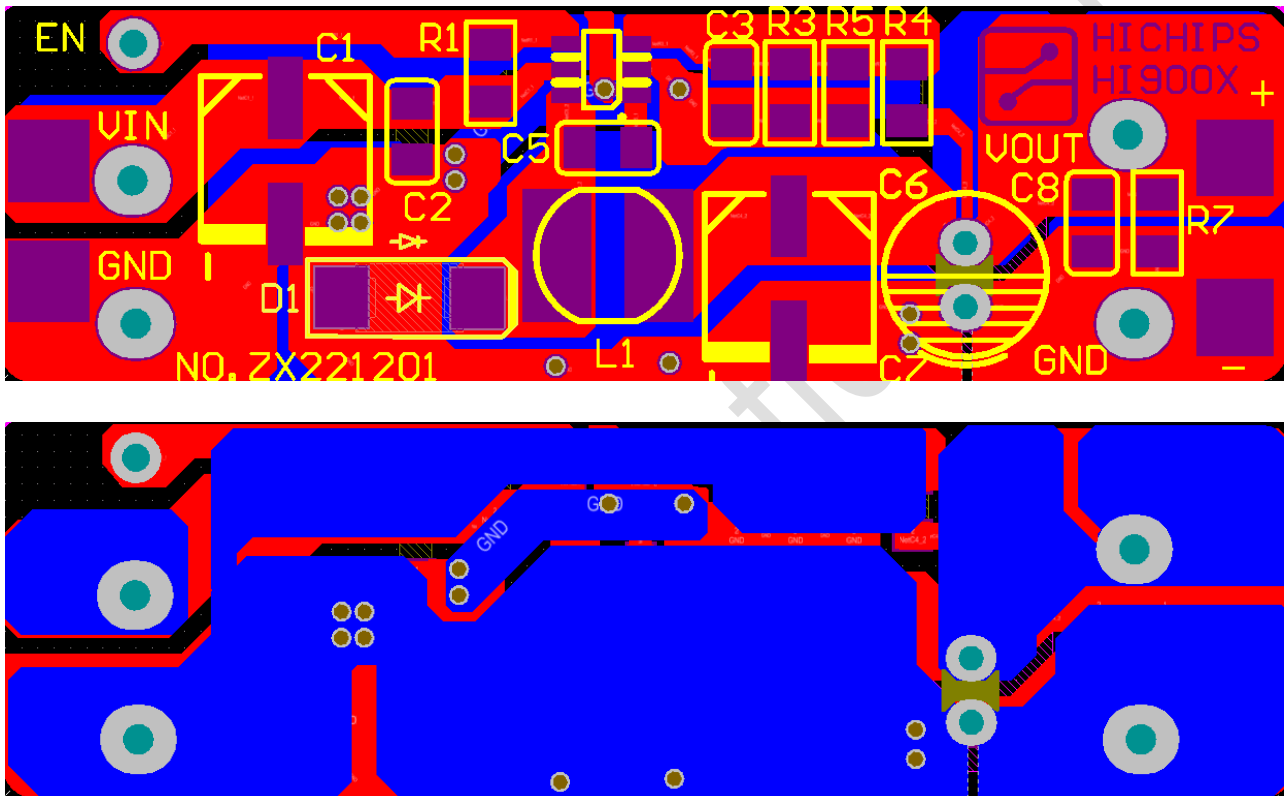
$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{IN} = 36\text{V}$, $V_{OUT} = 5\text{V}$, $C_{IN} = 22\mu\text{F}$, $C_{OUT} = 22\mu\text{F}$, $L1 = 20\mu\text{H}$



14. PCB 设计注意事项

开关电源的有合理布局对开关电源的稳定运行至关重要。对于高频开关转换器，布局设计不良可能会导致线路或负荷调节差和稳定的问。为获得最佳效果，请参考下图并遵循以下指导方针。

- 1.输入电容尽可能靠近VIN和GND。
- 2.将外部反馈电阻尽可能靠近FB。
- 3.保持开关节点(如SW、BST)远离反馈电路。
- 4.在裸露的铜箔处增加热通孔网格，以提高热导率。



15. 封装信息

