

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

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。

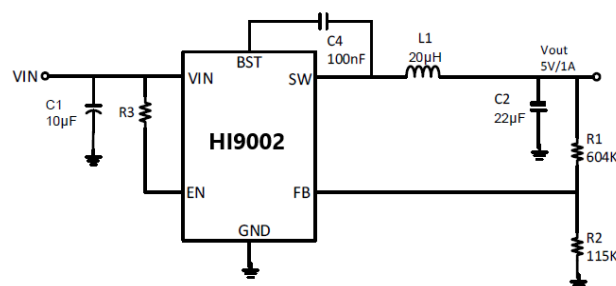
宽 4.5V 到 48V 输入电压范围可适应各种功率降压应用。Hi9002 使用高占空比和低压差模式实现低功耗。

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。

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



6. 管脚配置

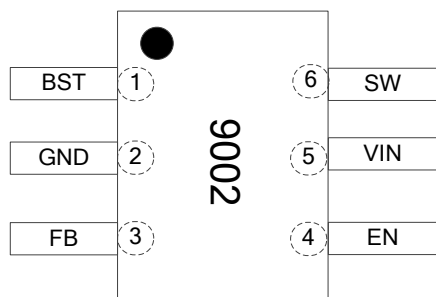


图 5.1 Hi9002 管脚图

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

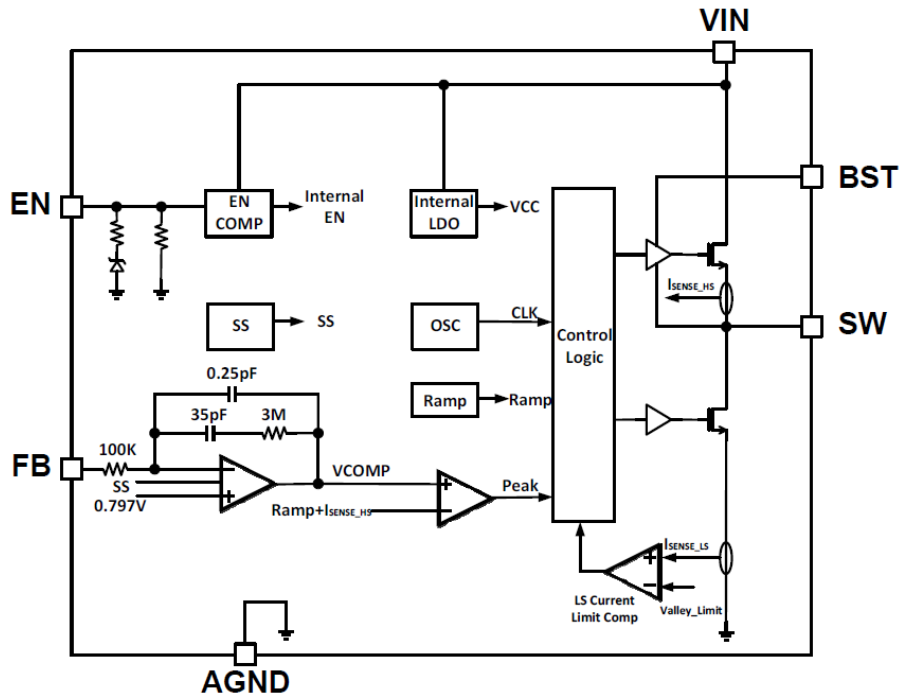
(除非特殊说明, 下列条件均为 $T_A=25^{\circ}\text{C}$)

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:

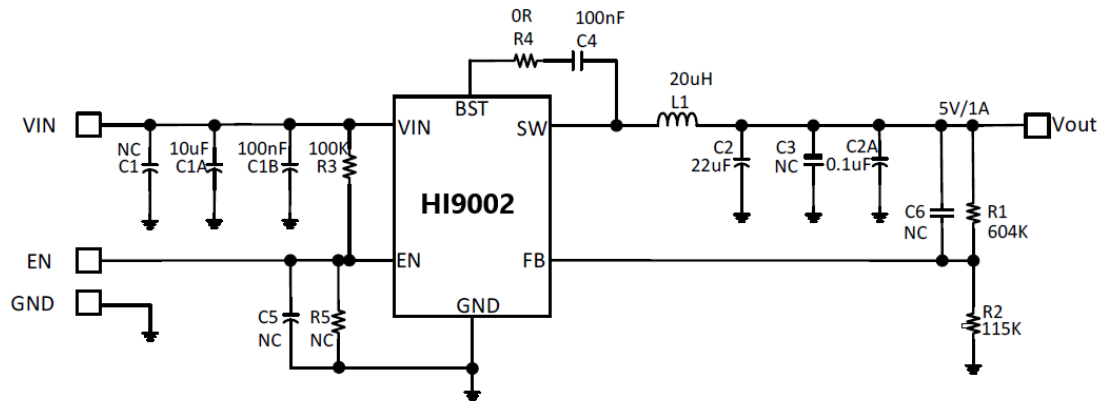
- 对于未给定上下限值的参数, 本规范不保证其精度, 但其典型值合理反映了器件性能。
- 规格书的最小、最大参数范围由测试保证, 典型值由设计、测试或统计分析保证。

9. 结构框图

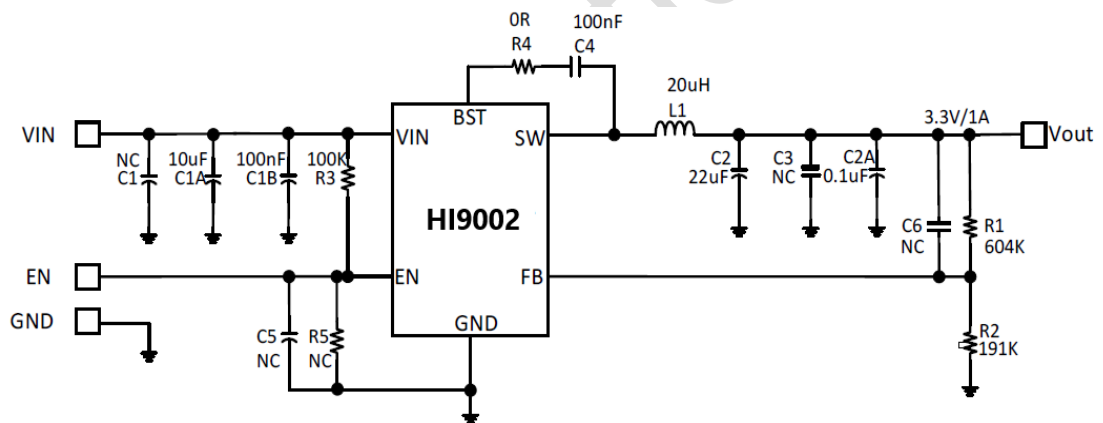


10. 应用电路

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。

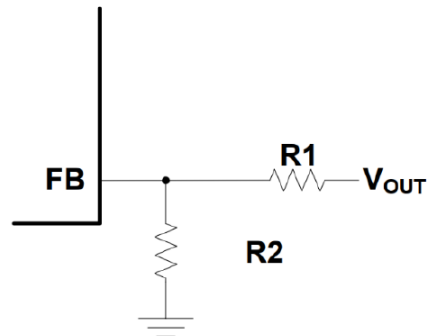
11.7. 过温保护

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：

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

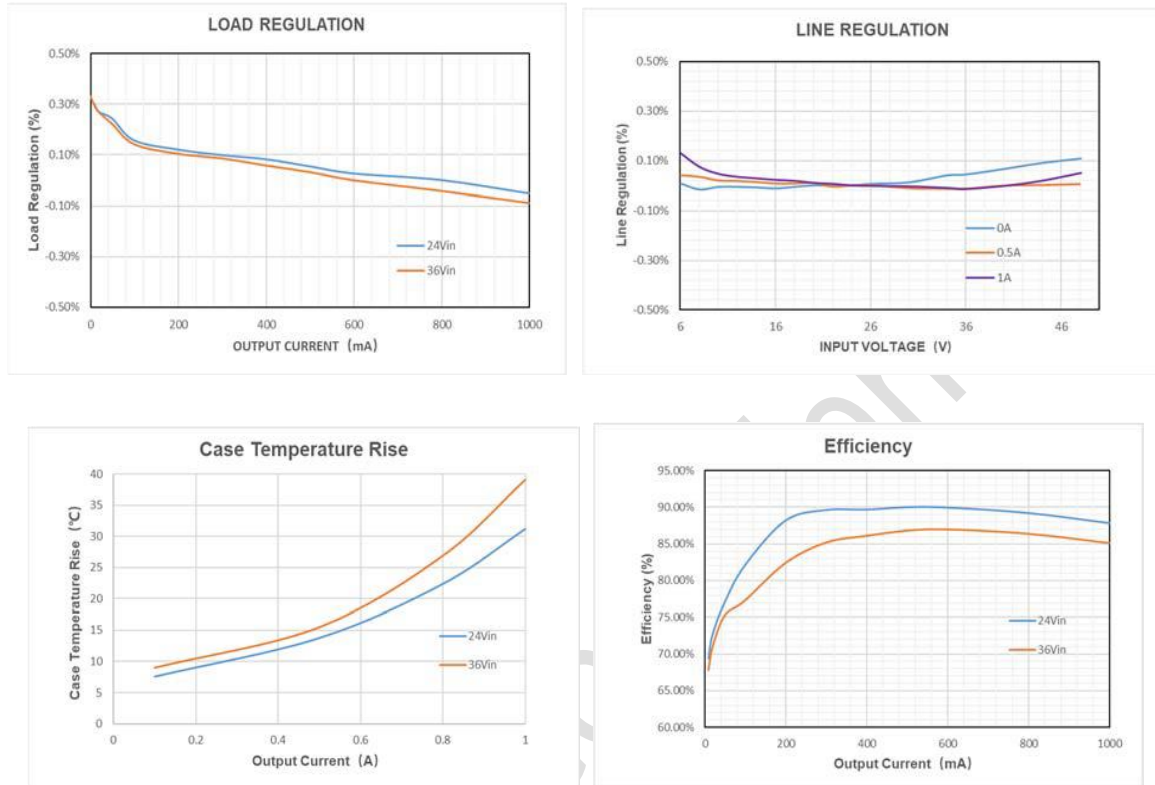
其中 L 为电感值， R_{ESR} 为输出电容的等效串联电阻 (ESR) 值。

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

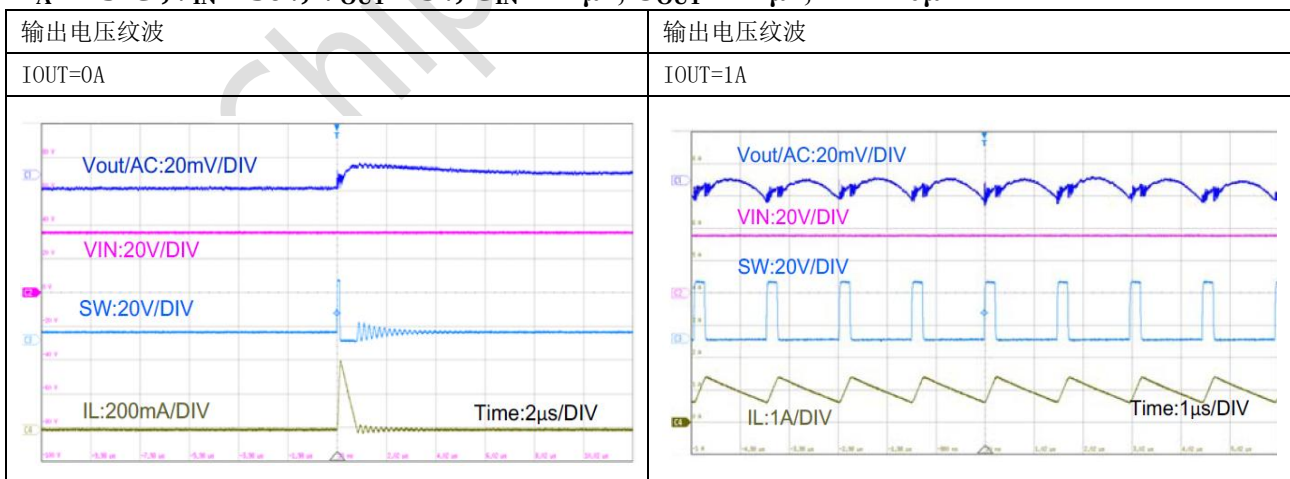
测试条件: $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{IN} = 36\text{V}$, $V_{OUT} = 5\text{V}$, $C_{IN} = 10\mu\text{F}$, $C_{OUT} = 22\mu\text{F}$, $L1 = 20\mu\text{H}$

典型曲线



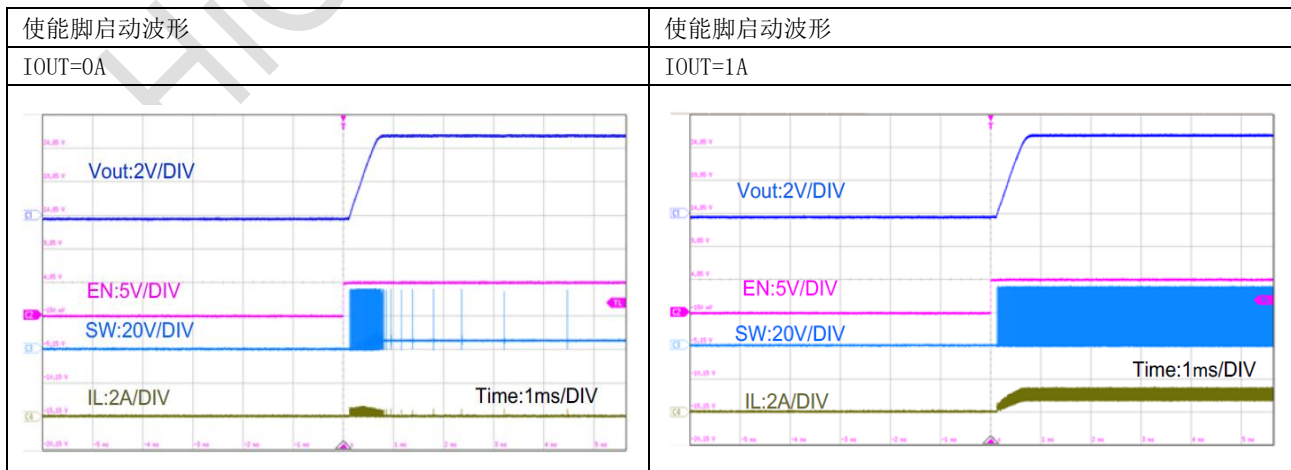
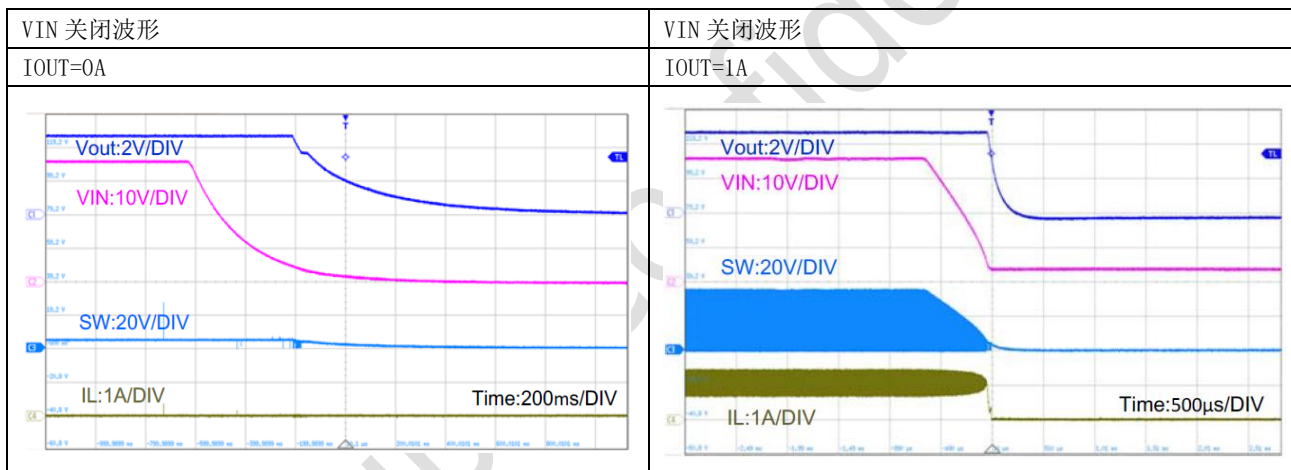
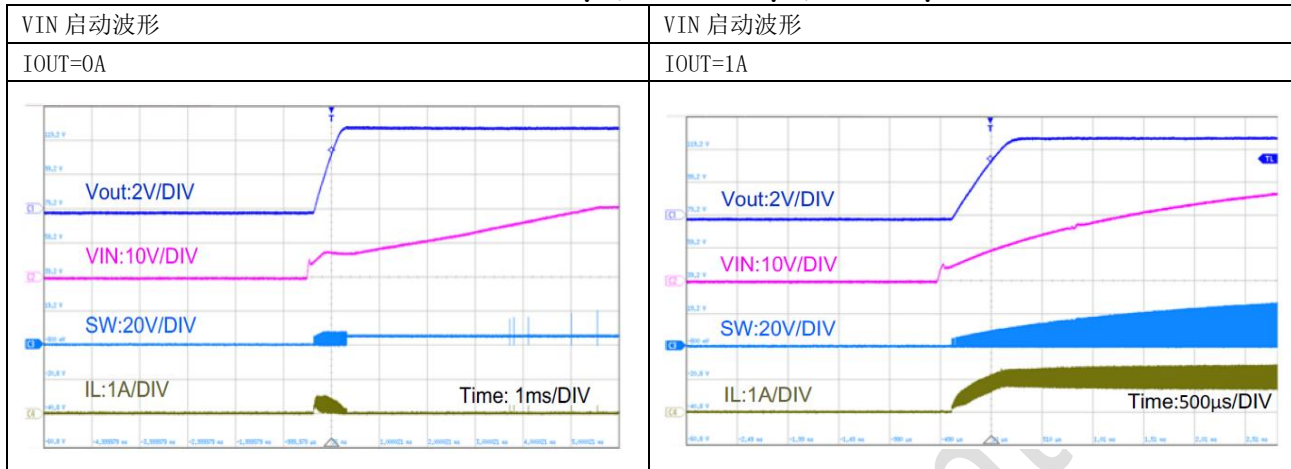
13.1. 稳态波形

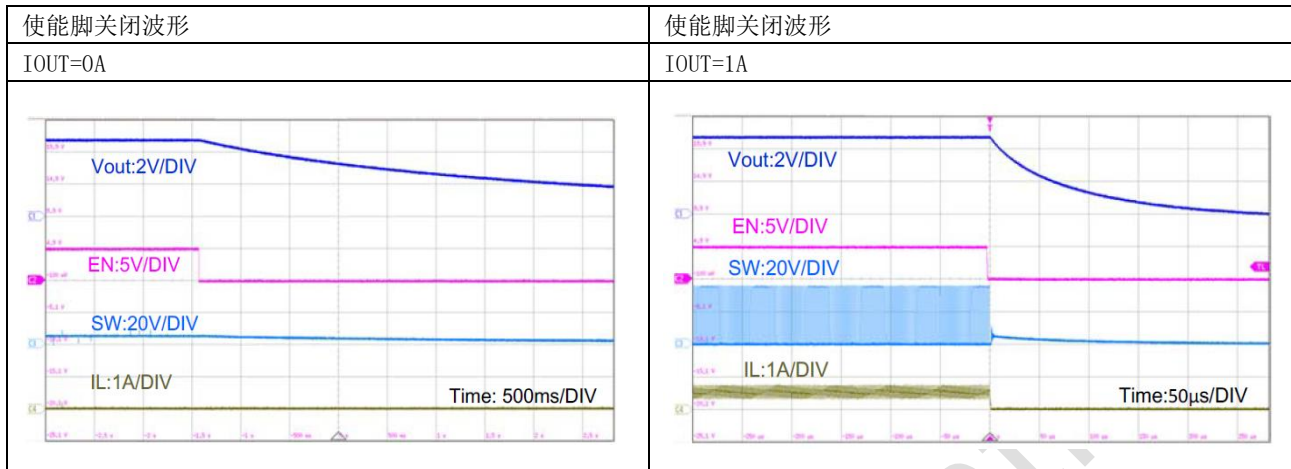
$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{IN} = 36\text{V}$, $V_{OUT} = 5\text{V}$, $C_{IN} = 22\mu\text{F}$, $C_{OUT} = 22\mu\text{F}$, $L1 = 20\mu\text{H}$



13.2. 开关机波形

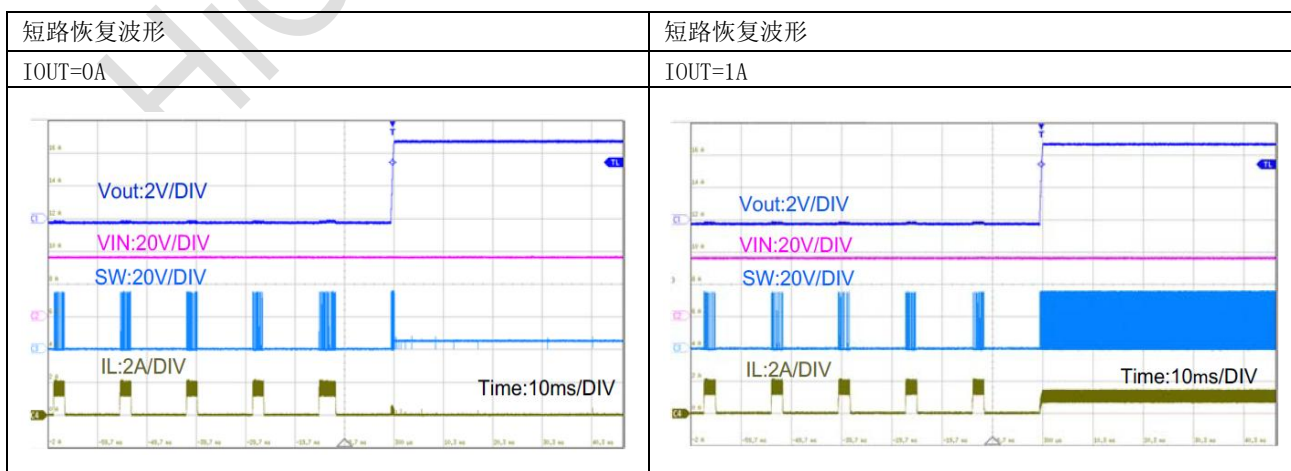
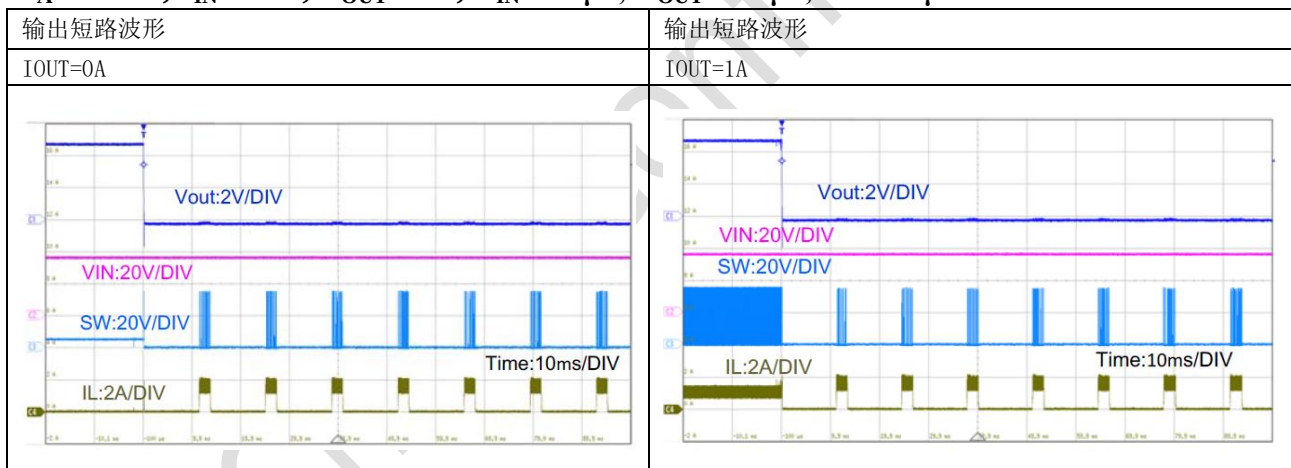
$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{IN} = 36\text{V}$, $V_{OUT} = 5\text{V}$, $C_{IN} = 22\mu\text{F}$, $C_{OUT} = 22\mu\text{F}$, $L1 = 20\mu\text{H}$





13.3. 输出短路波形

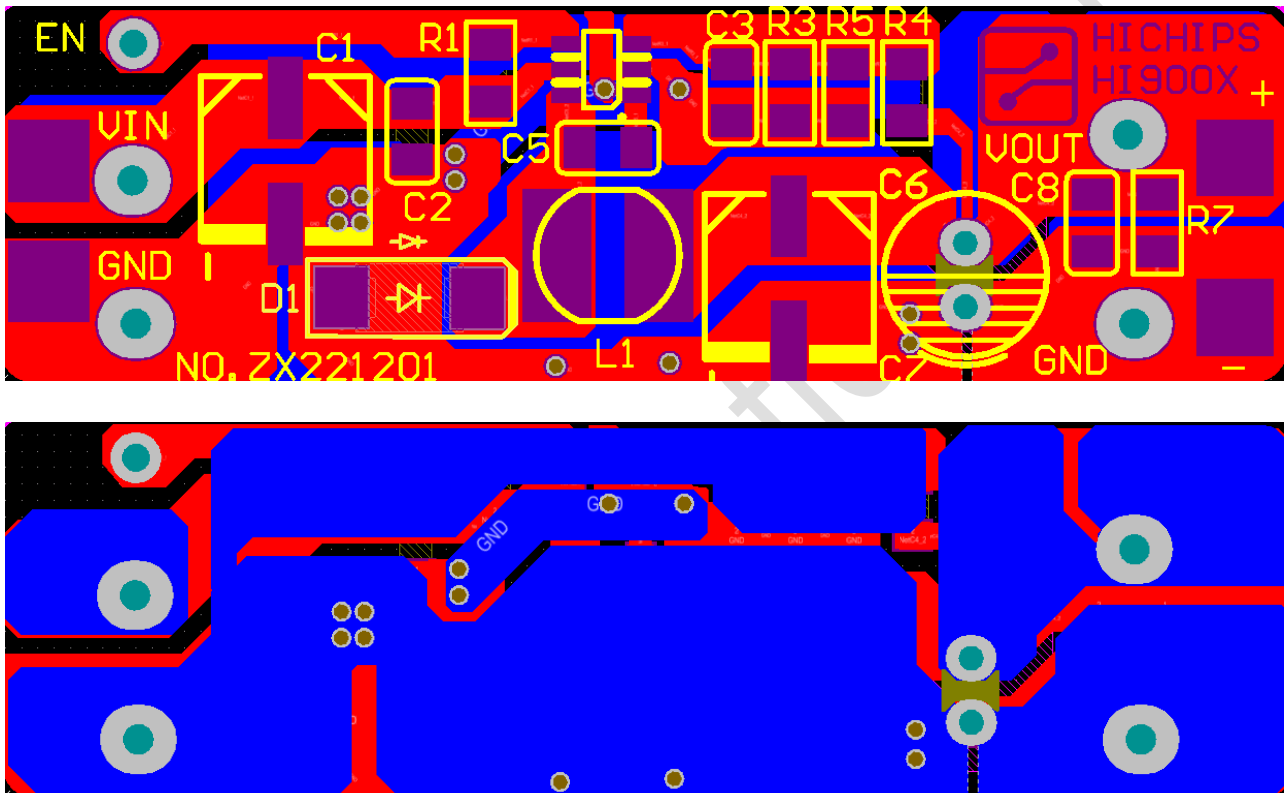
$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{IN} = 36\text{V}$, $V_{OUT} = 5\text{V}$, $C_{IN} = 22\mu\text{F}$, $C_{OUT} = 22\mu\text{F}$, $L1 = 20\mu\text{H}$



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

