

BST6021——4.5V-60V 输入， 2.1A 输出， 异步降压转换器

概述

BST6021 是 60V， 2.1A 降压型稳压器， 内部集成高边 MOSFET。

电流模式控制模式简化了外部补偿， 以及外围元件的选择。 空载时静态电流降低至 180 μ A。 当 EN 脚低电平 (<0.6V) 时， 芯片关断， 关断电流低至 5 μ A。

欠压锁定 (UVLO) 在内部设置为 3.9V， 使用 EN 脚可以增加阈值。 输出电压启动过程由 SS 脚来控制。 当输出电压在标称电压的 94%至 107%范围内， PWRGD 脚通过漏极开路的方式提供指示。

BST6021 提供 10pin 热增强型 EMSOP10 封装。

特性

- 输入电压范围： 4.5V~60V
- 高边 MOSFET 内阻： 200m Ω
- 180uA 静态工作电流
- 5uA 关断电流
- 开关频率可调
- 软起动可调节
- 输出欠压和过压 PG 指示
- 0.8V 内部基准电压
- 10-Pin EMSOP 封装
- 温度范围: $T_j = -40^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$

应用

- 12V、 24V 和 48V 工业和商业低功率系统
- AEC-Q100 认证， 汽车电子

典型应用电路

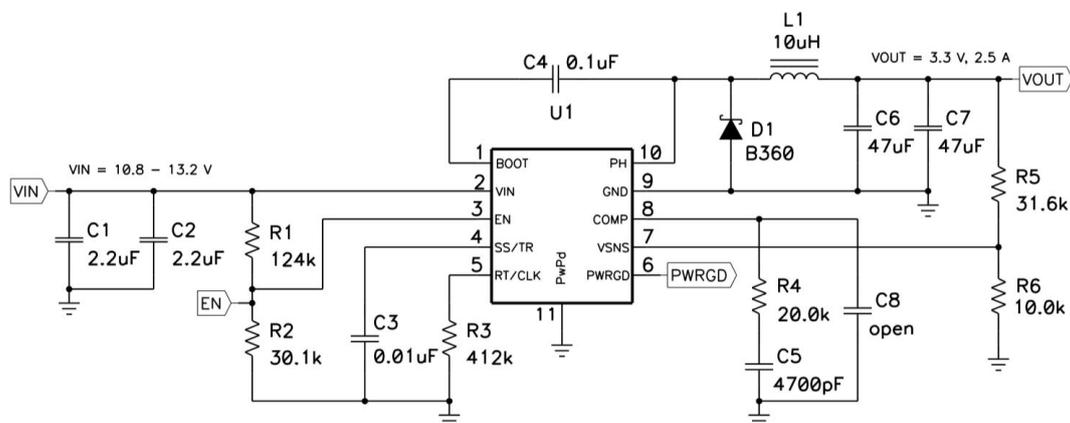


图 1 典型应用电路 (输出电压 3.3V)

引脚定义

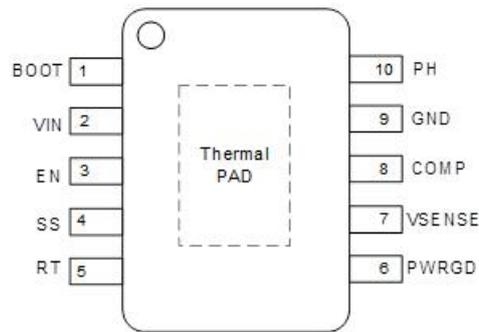


图 2 引脚定义图

表 1 引脚定义

引脚名称	引脚编号	引脚描述
BOOT	1	功率管驱动模块电源输入端。通过自举电容连接该管脚和管脚 PH。
VIN	2	芯片电源输入端。
EN	3	使能输入端。高有效，内置上拉电流，悬空或接高电平时芯片工作，接低电平芯片关断。
SS	4	软启动控制端，通过接一个到地电容来设置芯片启动时间，调节电容大小就可以设置芯片启动时间。
RT	5	工作频率设置端。接电阻到地，设置芯片工作频率。
PWRGD	6	开漏输出，通过外接上拉电阻到 5V/3.3V 电源，VOUT 电压正常后输出高电平
VSENSE	7	反馈输入端。通过电阻分压器连接到输出电容。
COMP	8	连接补偿输入端。调节环路稳定性的频率补偿，连接补偿 RC 网络到地。
GND	9	芯片地。
PH	10	开关输出端。功率 MOSFET 的源端，连接到续流二极管的阴极和电感。
裸露焊盘		连接到散热片区域和 GND。

原理框图

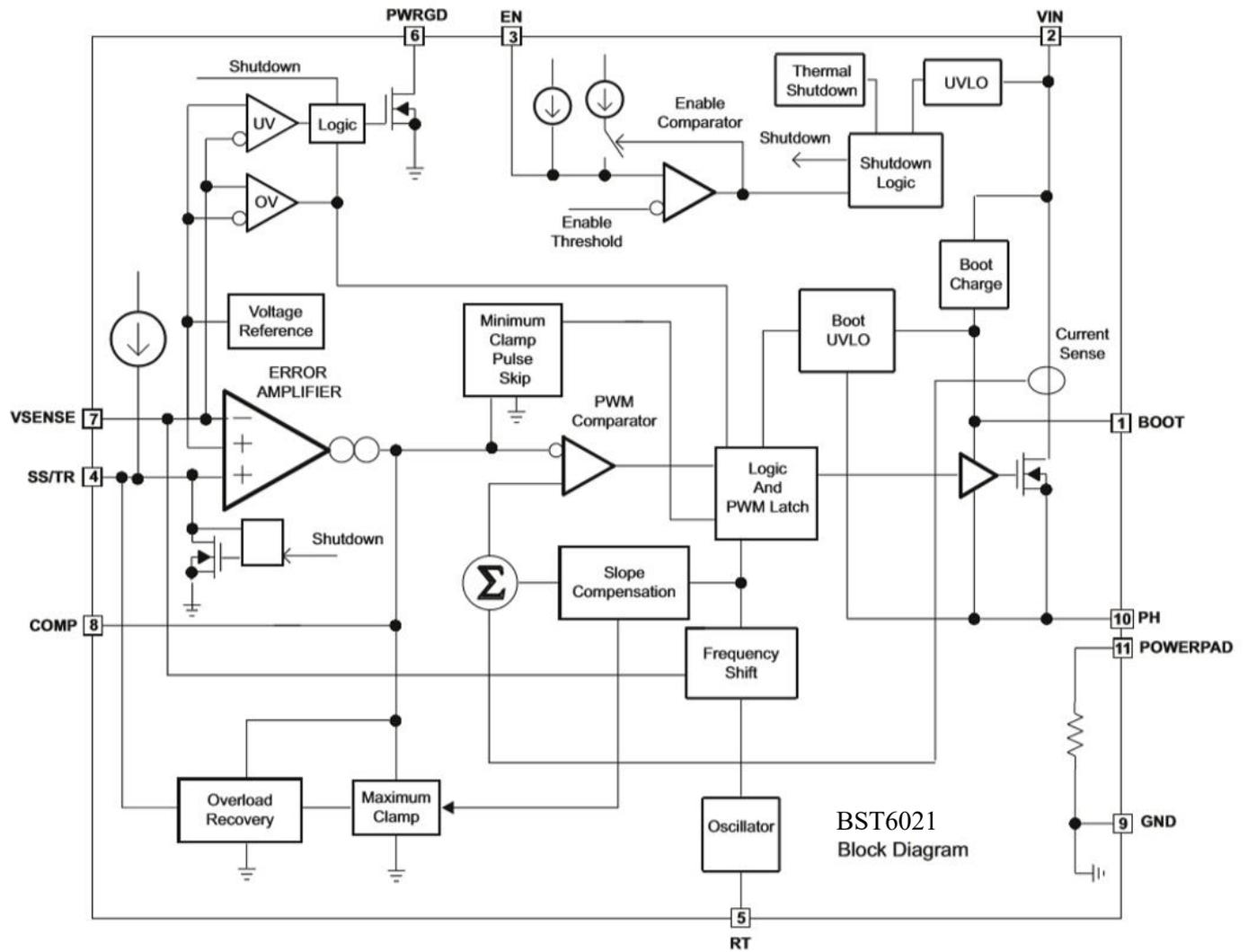


图 3 BST6021 内部模块框图

最大额定值^[1]

VIN, PH	-0.3V~60V
EN	-0.3V~7V
PWRGD	-0.3V~6V
RT, VSENSE, COMP, SS	-0.3V~5V
BOOT-PH	5V
封装热阻 ^[2]	
θ_{JA}	62.5°C/W
θ_{JcTop}	83°C/W
θ_{JcBot}	21°C/W
工作结温	150°C
引线温度（10s 焊接）	260°C
存储温度范围	-65°C~150°C
ESD ^[3]	
V_{ESD_HBM}	-2000V~+2000V
V_{ESD_CDM}	-500V~+500V

推荐工作条件^[4]

输入电压	4.5V~60V
输出电流	0A~2.1A
工作环境温度	-40°C~125°C

主要电气参数

($V_{IN}=4.5V\sim 60V$, $T_A=25^{\circ}C$, 除非另有说明。这些值由测试设计或统计相关性保证)

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入电压范围	V_{IN}		4.5		60	V
输入欠压阈值	V_{UVLO}	V_{IN} 电压上升		3.9		V
输入欠压迟滞	V_{UVLO_HYS}	V_{IN} 电压下降		0.21		V
静态电流	I_Q	$V_{IN} = 12V$, $V_{FB} = 0.9V$, PH 引脚悬空, $T_J = 25^{\circ}C$		180		μA
关断电流	I_{SHDN}	$V_{EN} = 0V$, $V_{IN} = 24V$, $T_J = 25^{\circ}C$		5		μA
反馈参考电压	V_{REF}		0.784	0.8	0.816	V
高边 MOSFET 内阻	$R_{DS(ON)}$	$V_{IN} = 12V$, (BST-PH) =5V		200		m Ω
电流限制阈值	I_{LIM}	$V_{IN} = 12V$, $T_J = 25^{\circ}C$	3.5	6		A
EN 上升阈值	$V_{EN.H}$			1.2		V
EN 下降阈值	$V_{EN.L}$			0.9		V
开关频率精度	F_{PH}	$R_T = 200k\Omega$	450	600	750	kHz
频率设定范围	$F_{PH.RNG}$		100		1700	kHz
软启动时间	T_{SS}			1		ms
SS 充电电流	I_{SS}	$V_{SS} = 0.4V$		2		μA
热关断温度	T_{SD}			175		$^{\circ}C$
热关断迟滞	$T_{SD.HYS}$			25		$^{\circ}C$

[1]超过额定最大范围的应力条件可能对芯片造成永久性损坏，在超过推荐工作条件外的应力条件下运行时，芯片功能无法得到保障。长时间暴露在额定最大应力条件下可能会影响芯片的可靠性。

[2] θ_{JA} 是在两层 PCB 板上， $T_A = 25^{\circ}C$ 的自然对流条件下测量的。

[3]ESD-HBM 依照 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 标准，ESD-CDM 依照 EIA-JEDEC JESD22-C101 标准。

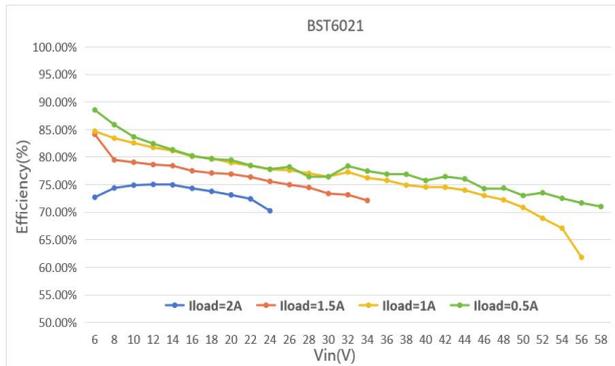
[4]本设备不能保证在其工作条件外正常工作。

典型特性

(典型应用电路, $T_A=25^{\circ}\text{C}$)

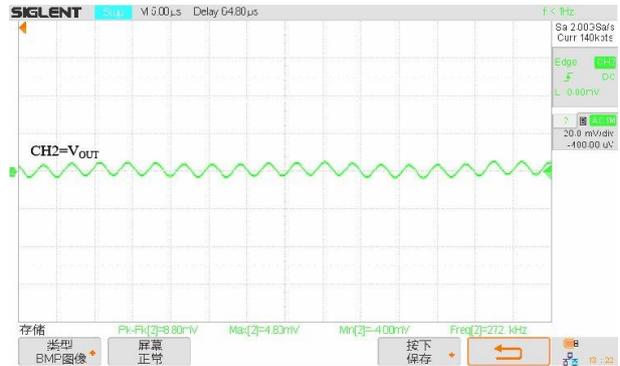
效率与负载电流

($L=10\mu\text{H}$; $V_{\text{OUT}}=3.3\text{V}$)



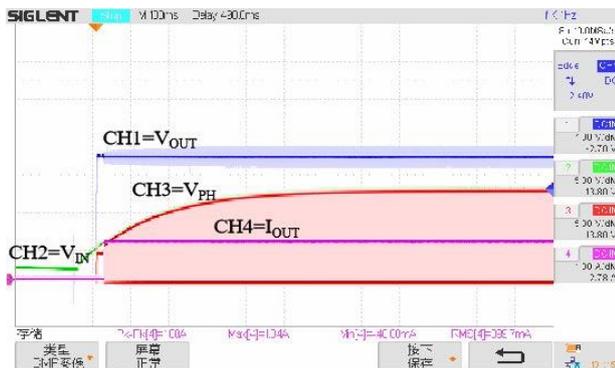
输出纹波

($V_{\text{IN}}=12\text{V}$; $V_{\text{OUT}}=3.3\text{V}$; $I_{\text{OUT}}=1\text{A}$)



电源启动

($V_{\text{IN}}=12\text{V}$; $V_{\text{OUT}}=3.3\text{V}$; $I_{\text{OUT}}=1\text{A}$)



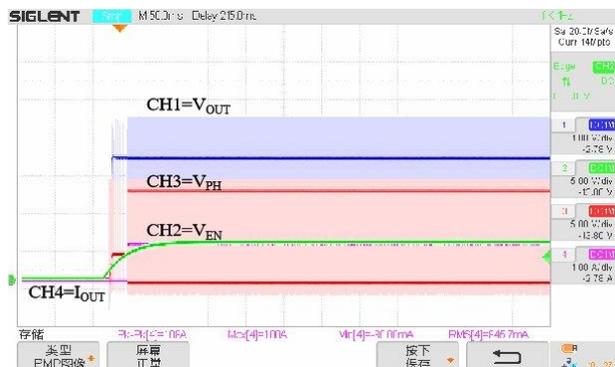
电源关断

($V_{\text{IN}}=12\text{V}$; $V_{\text{OUT}}=3.3\text{V}$; $I_{\text{OUT}}=1\text{A}$)



使能启动

($V_{\text{IN}}=12\text{V}$; $V_{\text{OUT}}=3.3\text{V}$; $I_{\text{OUT}}=1\text{A}$)



使能关断

($V_{\text{IN}}=12\text{V}$; $V_{\text{OUT}}=3.3\text{V}$; $I_{\text{OUT}}=1\text{A}$)



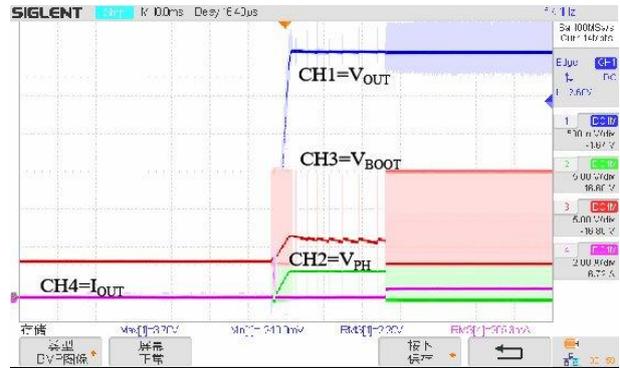
短路保护

($V_{IN}=12V$; $V_{OUT}=3.3V$; $I_{OUT}=0.5A\sim$ 短路)



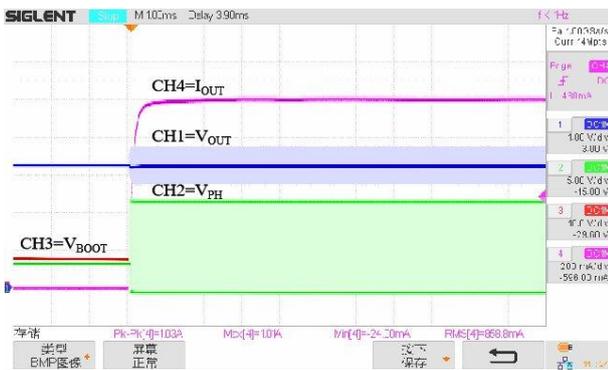
短路恢复

($V_{IN}=12V$; $V_{OUT}=3.3V$; I_{OUT} =短路 \sim 0.5A)



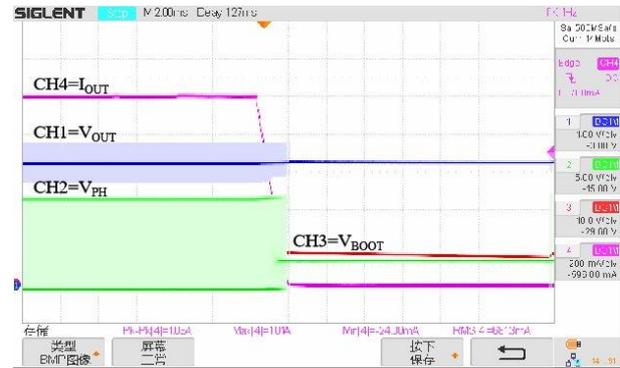
负载瞬态响应

($V_{IN}=12V$; $V_{OUT}=3.3V$; $I_{OUT}=0A\sim$ 1A)



负载瞬态响应

($V_{IN}=12V$; $V_{OUT}=3.3V$; $I_{OUT}=1A\sim$ 0A)



总体描述

BST6021 是一款耐压 60V，输出电流可达 2.1A 的降压调节器，内部集成一个高边 N 沟道 MOSFET。电路采用 PWM 和 PFM 混合调制方式，减少了输出电容并简化了外部频率补偿设计。在选择输出滤波器元件时，100kHz 至 1700kHz 的宽开关频率可实现效率和尺寸优化。通过调节 RT 引脚对地电阻的阻值，可以调节开关频率。

BST6021 的默认启动电压约为 4V。EN 脚具有一个内部上拉电流源，再通过两个外部电阻器，可用于调整输入电压欠压锁定（UVLO）阈值。此外，上拉电流提供了默认模式，当 EN 引脚浮空时，芯片仍将工作。芯片空载且无开关动作时的工作电流为 180 μ A。当芯片通过 EN 关断时，关断电流为 5 μ A。

集成的高边 MOSFET 内阻仅 200m Ω ，以实现高效率供电，能够向负载提供 2.1A 的连续电流。集成高边 MOSFET 的偏置由 BOOT 至 PH 引脚上的电容提供。该自举电容受高边 UVLO 电路监控，当自举电压低于预设阈值时，将关断高边 MOSFET。BST6021 可以在高占空比下工作，输出电压最低可以降低到 0.8V 参考电压值。

BST6021 内置电源良好指示比较器（PWRGD），当调节的输出电压小于额定输出电压 92%或大于 109%时，该比较器将给出指示。PWRGD 脚是一个漏极开路输出，当 VSENSE 引脚电压在额定输出电压的 94%到 107%之间时，该输出断开，在使用外部上拉电阻器时，可以输出为高电平。

BST6021 利用 OV 电源良好指示比较器，将过大的输出过冲（OV）瞬态降至最低。当 OV 比较器被激活时，高边 MOSFET 被关断并屏蔽，直到输出电压低于额定值 107%。

SS（软启动）引脚在上电期间，用于降低启动浪涌电流。一个小电容器被耦合到引脚，以调整软启动的时间。

此外，BST6021 将在过流发生时利用过流恢复电路对软启动电容放电。一旦排除故障条件，过流恢复电路将重新软启动，使调节器输出从故障电压恢复到额定调节电压。为了在启动和过流条件下控制电感电流，芯片内置的频率切换电路将降低开关频率。

应用信息

BST6021 芯片的集成度较高，基于该 DC/DC 降压转换器的应用电路相对简单，只需要为目标应用规格选择输入电容 C_{IN} 、输出电容 C_{OUT} 、电感 L、二极管 D、SS 引脚对地电容 C_3 和反馈电阻（ R_5 和 R_6 ）。

反馈电阻分压器 R₅ 和 R₆

选择 R₅ 和 R₆ 来设置适当的输出电压。为了最大限度地降低轻负载下的功耗，最好为 R₅ 和 R₆ 选择较大的电阻值，建议使用 1% 的公差或更高精度的分压电阻。BST6021 输出电压见如下公式：

$$V_{OUT} = 0.8V * \frac{R_5 + R_6}{R_6}$$

输入电容 C_{IN}

通过输入电容的纹波电流计算如下：

$$I_{CIN_RMS} = I_{OUT} * \sqrt{D(1-D)}$$

为了最大限度地减少噪声问题，建议使用典型的 X5R 或更高等级的陶瓷电容放置在非常靠近 VIN 和 GND 引脚的位置。应注意尽量减少 C_{IN} 和 VIN/GND 引脚形成的环路面积。在典型应用情况下，建议使用 2.2uF 以上的低 ESR 陶瓷电容。

输出电容 C_{OUT}

选择输出电容来处理输出纹波噪声要求。在选择该电容时，必须考虑稳态纹波和瞬态要求。为了获得最佳性能，建议使用容量大于 47μF 的 X5R 或更高等级的陶瓷电容器。

电感 L

选择电感有以下几个考虑因素：

(1) 选择电感以提供所需的纹波电流。建议选择纹波电流为最大平均输入电流的 40% 左右。电感的计算公式为：

$$L = \frac{V_{OUT}(1 - V_{OUT}/V_{IN, MAX})}{F_{PH} \times I_{OUT, MAX} \times 40\%}$$

其中 F_{PH} 是开关频率，I_{OUT, MAX} 是最大负载电流。

BST6021 对不同的纹波电流幅度具有很强的容忍度。因此，电感的最终选择可能会略微偏离计算值，而不会对性能产生重大影响。

(2) 电感的饱和电流额定值必须选择在满载条件下大于峰值电感电流：

$$I_{SAT, MIN} > I_{OUT, MAX} + \frac{V_{OUT}(1 - V_{OUT}/V_{IN, MAX})}{2 \times F_{PH} \times L}$$

(3) 电感的 DCR 和开关频率下的磁芯损耗必须足够低，才能达到所需的效率要求。最好选择 DCR < 50mΩ 的电感器，以实现良好的整体效率。

二极管 D

肖特基二极管具有正向压降低、反向恢复快的特点，是高效运行的良好选择。肖特基二极管反向击穿电压应高于输出电压。肖特基二极管的正向导通电流额定值必须大于满载条件下峰值电感电流值。

SS 对地电容 C₃

BST6021 有效地利用内部参考电压或 SS/TR 引脚电压的较低电压作为电源的参考电压，并相应地调节输出电压。SS 引脚上的对地电容设定了软启动时间。BST6021 的内部上拉电流源为 2μA，对外部软启动电容器充电。软启动时间（10%到 90%）的计算如下所示。参考电压（V_{REF}）为 0.8V，软启动电流（I_{SS}）为 2μA。软启动电容应保持小于 0.47μF 且大于 0.47nF。

$$C_{SS}(nF) = \frac{T_{SS}(ms) \times I_{SS}(\mu A)}{V_{REF} \times 0.8V}$$

此外，在正常工作期间，当 V_{IN UVLO} 超出、EN 引脚低于 1.25V 或发生热关断时，BST6021 将停止开关，SS 必须放电至 40mV。

VSENSE 电压将跟随 SS 引脚电压，保持 45mV 的偏差，直到达到内部参考电压的 85%。当 SS 电压大于内部参考电压的 85%时，有效系统参考电压从 SS 电压过渡到内部参考电压。SS 电压将线性上升，直到钳位在 1.7V。

外部自举电容

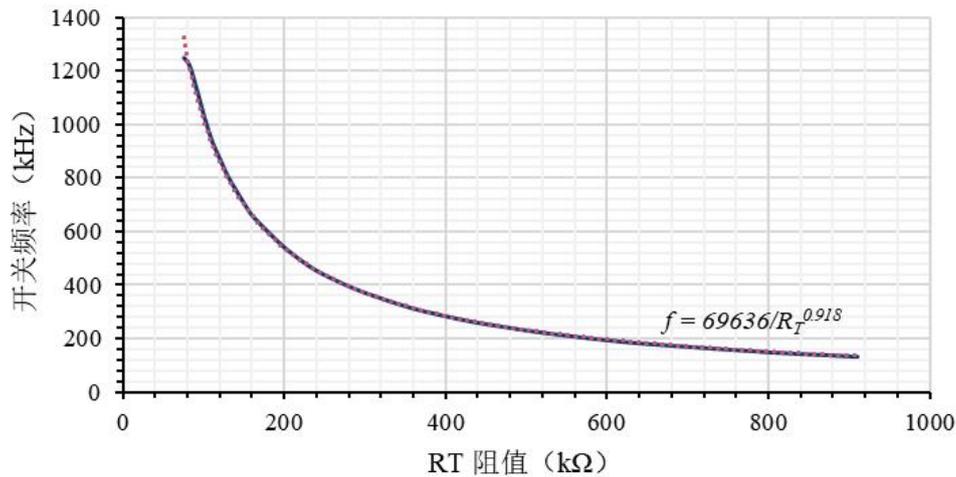
该电容为内部高边 MOSFET 提供栅极驱动电压。需要在 BOOT 引脚和 PH 引脚之间连接一个低 ESR 的小陶瓷电容，陶瓷电容的值应为 0.1μF。建议使用额定电压 10V 以上，X5R 或 X7R 级介质的陶瓷电容。

开关频率设置

从 RT 引脚连接一个电阻到 GND 以调节开关频率，开关频率从 100kHz 到 1.7MHz 可调。开关频率可由下式计算：

$$RT(k\Omega) = \frac{69636}{f_{PH}(kHz)^{0.918}}$$

下图给出了 RT 引脚对地电阻阻值和频率的对应关系，图示曲线基于芯片处于 PWM 模式的条件下给出。可通过上式设定开关频率，由于 BST6021 采用 PWM 和 PFM 混合调制方式，在轻载情况下，芯片使用 PFM 调制方式会改变振荡器的频率，因此建议在大负载电流、芯片完全工作于 PWM 模式的条件下，对芯片进行开关频率测试，以便检查所设定开关频率准确性。



软启动

BST6021 内置软启动功能，可控制输出电压的上升速率并限制芯片启动时的浪涌电流。

短路保护

BST6021 集成了打嗝模式的短路保护功能。当芯片输出电压 V_{OUT} 低于设定值的 25% 时，将启动短路保护模式，芯片将关断大约 20ms，然后重启，进入软启动周期。如果短路情况仍然存在，另一个关断和重启的“打嗝”循环将持续下去。

过温保护 (OTP)

BST6021 集成了过温保护 (OTP) 电路，以防止芯片过热损坏。由于功率耗散，当结温超过 175°C 时，芯片将关闭功率管开关；当结温下降约 25°C，芯片将自动恢复正常工作，并完成软启动。对于大功率连续工作情况，建议提供足够的散热，以使结温不超过 OTP 阈值。

Layout 布局

BST6021 的布局设计相对简单。为了获得最佳效率和最小噪声，我们应该将以下器件放置在芯片附近： C_{IN} ，L，D， R_5 和 R_6 。

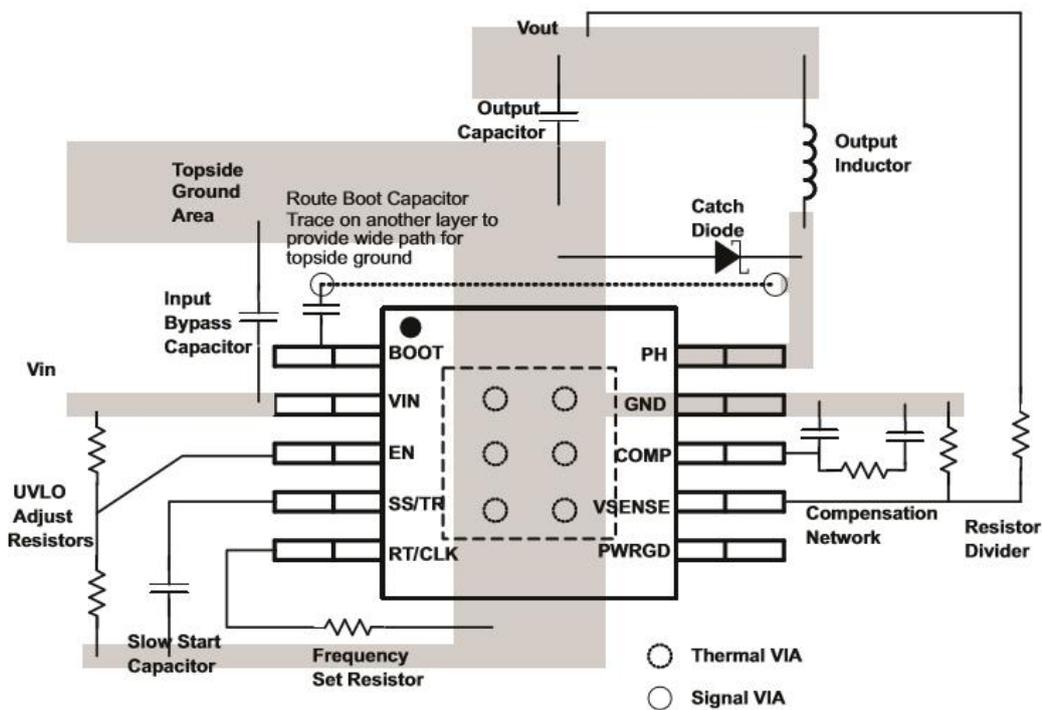
为了获得最佳的散热和噪声性能，我们希望将连接到 GND 引脚的 PCB 铜面积最大化。如果电路板空间允许，建议使用接地平面。

C_{IN} 必须靠近引脚 VIN 和 GND。必须使 C_{IN} 和 GND 形成的环路面积最小。

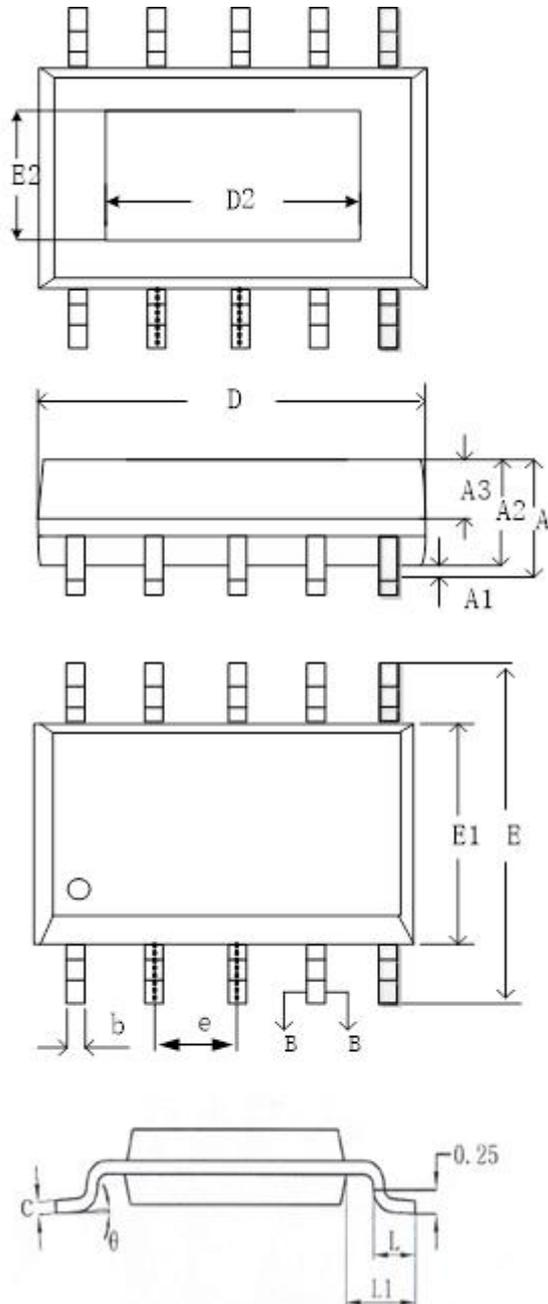
与 PH 引脚相关的 PCB 铜面积必须最小化，以避免潜在的噪声问题。

器件 R_5 和 R_6 以及连接到 FB 引脚的走线不能靠近 PCB 布局上的 PH 走线，以避免噪声问题。

如果与 EN 引脚连接的芯片在关断模式下具有高阻抗状态，并且 VIN 引脚直接连接到锂离子电池等电源，则需要在 EN 和 GND 引脚之间添加一个下拉的 $1M\Omega$ 电阻，以防止噪声在关断模式下错误地打开稳压器。



封装信息



SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	—	—	1.10
A1	0.05	—	0.15
A2	0.75	0.85	0.95
A3	0.30	0.35	0.40
b	0.18	—	0.26
b1	0.17	0.20	0.23
c	0.15	—	0.19
c1	0.14	0.15	0.16
D	2.90	3.00	3.10
E	4.70	4.90	5.10
E1	2.90	3.00	3.10
e	0.50 BSC		
L	0.40	—	0.70
L1	1.05 BSC		
⌀	0	—	8

Size (mm) L/F Size (mil)	D2	E2
71*71	1.80REF	1.55REF

EMSOP10 封装外形图

订购信息

型 号	封 装	最小包装
BST6021	EMSOP10	5k/盘