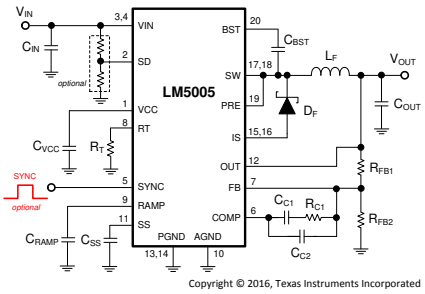
LM5005 具备宽输入电压范围的 75V、2.5A 降压开关稳压器

1 特性

- 高效率直流/直流降压转换器
  - 宽输入电压范围：7V 至 75V
  - 可调节的输出电压低至 1.225V
  - 输出电流：高达 2.5A
  - 结温范围：–40°C 至 125°C
- 集成 75V、160mΩ 降压 MOSFET
- 符合 EN55022 和 CISPR 22 EMI 标准
- 反馈电压精度：±1.5%
- 仿真的峰值电流模式控制
  - 超快速线路和负载瞬态响应
- 开关频率范围为 50kHz 至 500kHz
- 控制器或外设频率同步输入
- 低 V_{OUT} 时，PWM 最短导通时间为 80ns
- 单调启动至预偏置输出
- 内部高电压 VCC 辅助电源稳压器
- 连接至 VCC 的辅助偏置电源选项
- 具有跟踪功能的可配置软启动
- 精密待机及关断输入
  - 带磁滞的可编程输入 UVLO
- 远程关断及待机控制
- 逐周期过流保护
- VCC 和栅极驱动 UVLO 保护
- 具有迟滞功能的热关断保护
- 热增强型 20 引脚 HTSSOP 封装
- 使用 LM5005 和 WEBENCH® Power Designer 创建定制设计方案

2 应用

- 高效率负载点调节器
- 电信基础设施
- 工厂自动化和控制



典型应用电路

3 说明

LM5005 高压降压转换器具有使用最少的外部元件实现高效高压开关稳压器所需的全部功能。这款易于使用的转换器在 7V 至 75V 的输入电压范围内工作，可提供 2.5A 的最大输出电流。控制环路架构基于电流模式控制，使用仿真电流斜坡来实现高抗噪性。电流模式控制提供固有的线电压前馈、逐周期过流保护和简便的环路补偿。经仿真控制斜坡的使用减少了 PWM 电路的噪声敏感度，从而实现高输入电压应用中所必需的对极小占空比的可靠控制。

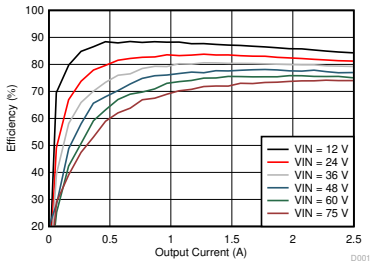
此器件具有 50kHz 至 500kHz 的电阻器可编程开关频率。为了降低 EMI，振荡器同步引脚允许多个 LM5005 稳压器自行同步或与外部时钟同步。其他保护特性包括可配置软启动、外部电源跟踪、具有自动恢复功能的热关断及远程关断功能。

LM5005 采用 20 引脚 HTSSOP 封装，该封装具有焊接到 PCB 上的外露焊盘，可实现低结至电路板热阻抗。使用 LM5005 并借助 WEBENCH® Power Designer 创建定制稳压器设计方案。

封装信息

器件型号	封装(1)	封装尺寸(2)
LM5005	PWP（HTSSOP，20）	6.50mm × 4.40mm

(1) 如需了解所有可用封装，请参阅数据表末尾的可订购产品附录。
(2) 封装尺寸（长 × 宽）为标称值，并包括引脚（如适用）。



典型效率 (V_{OUT} = 5 V)

本资源的原文使用英文撰写。 为方便起见，TI 提供了译文；由于翻译过程中可能使用了自动化工具，TI 不保证译文的准确性。 为确认准确性，请务必访问 ti.com 参考最新的英文版本（控制文档）。

内容

1 特性.... 1
2 应用.... 1
3 说明.... 1
4 引脚配置和功能.... 3
5 规格.... 5
5.1 绝对最大额定值.... 5
5.2 ESD 等级.... 5
5.3 建议运行条件.... 5
5.4 热性能信息.... 5
5.5 电气特性.... 6
5.6 开关特性.... 7
5.7 典型特性.... 7
6 详细说明.... 9
6.1 概述.... 9
6.2 功能方框图.... 9
6.3 特性说明.... 9
6.4 器件功能模式.... 14
7 应用和实施.... 15
7.1 应用信息.... 15
7.2 典型应用.... 16
7.3 电源相关建议.... 25
7.4 布局.... 26
8 器件和文档支持.... 30
8.1 第三方产品免责声明.... 30
8.2 器件支持.... 30
8.3 文档支持.... 30
8.4 接收文档更新通知.... 31
8.5 支持资源.... 31
8.6 商标.... 31
8.7 静电放电警告.... 31
8.8 术语表.... 31
9 修订历史记录.... 31
10 机械、封装和可订购信息.... 32

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

4 引脚配置和功能

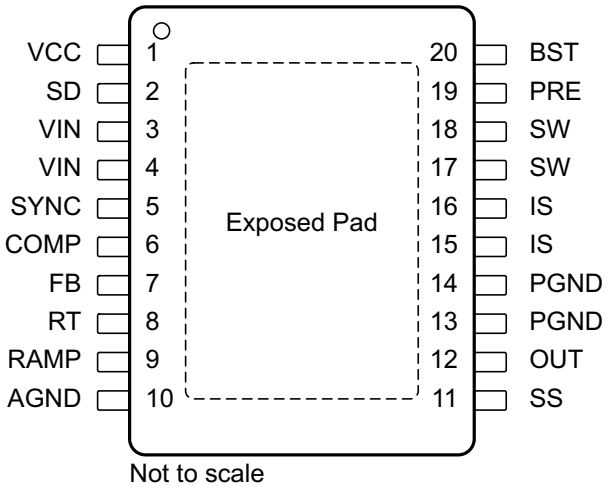


图 4-1. PWP 封装 20 引脚 HTSSOP 俯视图

表 4-1. 引脚功能

引脚		类型[(1)]	说明
名称	编号		
AGND	10	G	模拟地。稳压器控制功能的内部基准。
BST	20	P	自举电容器的升压输入。在 BST 和 SW 引脚间连接外部电容器。建议使用 22nF 陶瓷电容器。当 SW 节点电压较低时，在降压开关关断期间，电容器通过内部自举二极管从 VCC 充电。
COMP	6	O	内部误差放大器的输出、环路补偿网络应连接在该引脚和 FB 引脚之间。
EP	—	P	外露焊盘。器件底部暴露的金属焊盘。将此焊盘连接到 PCB 接地平面，以帮助散热。
FB	7	I	稳压输出的反馈信号。该引脚连接到内部误差放大器的反相输入端。调节阈值为 1.225V。
IS	15、16	P	电流检测。续流肖特基二极管的电流测量连接。内部检测电阻及采样保持电路在关断时间结束时检测二极管电流。该电流测量提供仿真电流斜坡的直流电平。
OUT	12	I	输出电压连接。直接连接至稳压输出电压。
PGND	13、14	G	电源地。集成前置开关及 IS 检测电阻的低侧基准。
PRE	19	P	自举电容器的预充电辅助。将此漏极开路输出连接到 SW 引脚，以在轻负载条件下或在启用 LM5005 之前，在可对输出进行预充电的应用中帮助对自举电容器充电。在降压开关的导通时间间隔之前，每个周期内一个内部预充电 MOSFET 会导通 250ns。
斜坡	9	I	斜坡控制信号。连接在 RAMP 和 AGND 引脚之间的外部电容器设置用于模拟峰值电流模式控制的斜坡斜率。建议电容范围为 50pF 至 2nF。
RT	8	I	内部振荡器频率设置输入。用一个连接在 RT 和 AGND 引脚之间的电阻器来设置内部振荡器。建议的开关频率范围为 50kHz 至 500kHz。
SD	2	I	关断或 UVLO 输入。如果 SD 引脚电压低于 0.7V，则稳压器处于低功耗状态。如果 SD 引脚电压介于 0.7V 至 1.225V 之间，则稳压器处于待机模式。如果 SD 引脚电压高于 1.225V，则稳压器会运行。外部分压器用于设置线路欠压关断阈值。如果 SD 引脚保持开路，则 5μA 上拉电流源会将稳压器完全配置为可正常运行。
SS	11	I	软启动。一个外部电容器及一个内部 10μA 电流源设置误差放大器基准上升的斜升速率。SS 引脚在待机、VCC UVLO 及热关断期间保持低电平。
SW	17、18	P	开关节点。内部降压开关的源极端子。将 SW 引脚连接到外部肖特基二极管和降压电感器。
SYNC	5	I/O	振荡器同步输入或输出。内部振荡器可以通过外部下拉设备与外部时钟同步。通过连接 SYNC 引脚，可以将多个 LM5005 稳压器一起同步。
VCC	1	I	偏置稳压器的输出。VCC 跟踪高达 9V 的 VIN。超过 9V 时，VCC 被调节至 7V。需要一个 0.1μF 至 1μF 陶瓷去耦电容器。可以在该引脚上施加外部电压（7.5V 至 14V），以降低内部功率耗散。

表 4-1. 引脚功能（续）

引脚		类型[(1)]	说明
名称	编号		
VIN	3、4	P	输入电源电压，标称工作范围：7V 至 75V。

(1) G = 地，I = 输入，O = 输出，P = 电源，I/O = 双向

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

5 规格

5.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）[(1) (2)]

		最小值	最大值	单位
VIN 至 GND			76	V
BST 至 GND			90	V
PRE 至 GND			76	V
SW 至 GND（稳定状态）		-1.5	76	V
BST 至 VCC			76	V
VCC 至 GND			14	V
BST 至 SW			14	V
OUT 至 GND		限制为 V_{VIN}		V
SD、SYNC、SS、FB 至 GND			7	V
贮存温度	T_{stg}	-65	150	°C

(1) 超出*绝对最大额定值*范围操作可能会导致器件永久损坏。*绝对最大额定值* 并不表示器件在这些条件下或在*建议的工作条件* 以外的任何其他条件下能够正常运行。如果超出 *建议运行条件* 但在 *绝对最大额定值* 范围内使用，器件可能不会完全正常运行，这可能影响器件的可靠性、功能和性能并缩短器件寿命。
(2) 如果需要军用/航天专用器件，请与德州仪器 (TI) 销售办事处/分销商联系以了解供货情况和技术规格。

5.2 ESD 等级

		值	单位
$V_{(ESD)}$ 静电放电[(3)]	人体放电模型 (HBM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 标准[(1)]	±2000	V
	充电器件模型 (CDM)，符合 JEDEC 规范 JESD22-C101[(2)]	±750	

(1) JEDEC 文档 JEP155 指出：500V HBM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。
(2) JEDEC 文档 JEP157 指出：250V CDM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。
(3) 人体放电模型是一个通过 1.5kΩ 电阻器对每个引脚放电的 100pF 电容器。

5.3 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）[(1)]

		最小值	最大值	单位
V_{IN}	输入电压	7	75	V
I_{OUT}	输出电流	0	2.5	A
T_J	工作结温	-40	125	°C

(1) *建议运行条件* 是器件预期可正常运行的条件。有关保证的规格和测试条件，请参阅*电气特性*。

5.4 热性能信息

热指标[(1)]		LM5005 PWP (HTSSOP) 20 引脚	单位
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	35.2	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	17.8	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	15.5	°C/W
ψ_{JT}	结至顶部特征参数	0.4	°C/W
ψ_{JB}	结至电路板特征参数	15.3	°C/W

热指标[1]		LM5005 PWP (HTSSOP) 20 引脚	单位
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳（底部）热阻	1.2	°C/W

(1) 有关新旧热指标的更多信息，请参阅*半导体和 IC 封装热指标*应用报告。

5.5 电气特性

典型值对应于 T_J = 25°C、V_{IN} = 48V、R_T = 32.4kΩ。除非另有说明，否则最小和最大限制适用于 -40°C 至 125°C 的结温范围。[1]

参数		测试条件	最小值[2]	典型值	最大值[2]	单位
启动稳压器						
V_{CC} 寄存器	V_{CC} 稳压器输出		6.85	7.15	7.45	V
	V_{CC} LDO 模式关闭			9		V
	V_{CC} 电流限值	V_{CC} = 0V，		25		mA
VCC 电源						
	V_{CC} UVLO 阈值	VCC 增加	5.03	5.35	5.67	V
	V_{CC} 欠压迟滞			0.25		V
	偏置电流 (Iin)	FB = 1.3V。		2	4.5	mA
	关断电流 (Iin)	SD = 0V。		48	85	μA
关断阈值						
	关断阈值		0.47	0.7	0.9	V
	关断迟滞			0.1		V
	待机阈值		1.17	1.225	1.28	V
	待机迟滞			0.1		V
	SD 上拉电流源			5		μA
开关特性						
	降压开关 Rds(on)			170	340	mΩ
	升压 UVLO			3.8		V
	升压 UVLO 迟滞			0.8		V
	预充电开关 Rds(on)			70		Ω
	预充电开关导通时间			265		ns
电流限值						
	逐周期电流限制延迟	RAMP = 2.5V。		75		ns
软启动						
	SS 拉电流		7	10	14	μA
振荡器						
	Frequency1		180	200	220	kHz
	Frequency2	R_T = 11kΩ.	425	485	545	kHz
	SYNC 源阻抗			11		kΩ
	SYNC 灌电流阻抗			110		Ω
	SYNC 阈值（下降）			1.4		V
	SYNC 频率	R_T = 11kΩ.	550			kHz
	SYNC 脉冲宽度最小值		15			ns
斜坡发生器						
	斜坡电流 1	V_{IN} = 60V，V_{OUT} = 10V。。	235	275	315	μA
	斜坡电流 1	V_{IN} = 36V，V_{OUT} = 10V。。	136	160	184	μA
	斜坡电流 2	V_{IN} = 10V，V_{OUT} = 10V。。	18	25	32	μA
PWM 比较器						

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

典型值对应于 T_J = 25°C、V_{IN} = 48V、R_T = 32.4kΩ。除非另有说明，否则最小和最大限制适用于 -40°C 至 125°C 的结温范围。(1)

参数		测试条件	最小值(2)	典型值	最大值(2)	单位
	强制关断时间		416	500	575	ns
	最短导通时间			80		ns
	COMP 至 PWM 比较器失调电压			0.7		V
误差放大器						
	反馈电压	Vfb = COMP.	1.207	1.225	1.243	μV
	FB 偏置电流			10		nA
	DC 增益			70		dB
	COMP 灌电流/拉电流		3			mA
	单位带宽增益积			3		MHz
二极管感应电阻						
D_{SENSE}				42		mΩ
热关断						
T_{SD}	热关断阈值			165		°C
T_{SD-HYS}	热关断迟滞			25		°C

(1) 根据环境温度（T_A，单位为 °C）和功率耗散（PD，单位为瓦特）计算结温（TJ，单位为 °C），如下所示：TJ = TA +(PD×R θ JA)，其中 R θ JA（以 °C/W 为单位）是节 5.4 中提供的封装热阻抗。

(2) 最小值和最大值限值在 25°C 下经过完整的生产测试。使用统计质量控制 (SQC) 方法通过相关性验证了工作温度范围内的限值。这些限值用于计算德州仪器 (TI) 平均出厂质量水平 (AOQL)。

5.6 开关特性

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
T_{ON-MIN}	最短可控 PWM 导通时间			80		ns
$T_{OFF-MIN}$	强制 PWM 关断时间			500		ns
T_{PRE}	预充电导通时间			275		ns

5.7 典型特性

除非另有说明，否则 V_{IN} = 48V 且 V_{OUT} = 5V（有关电路设计，请参阅*典型应用*）。

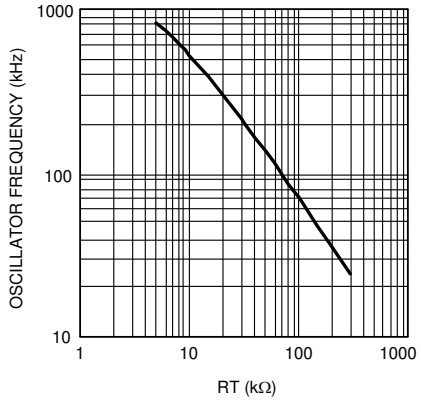
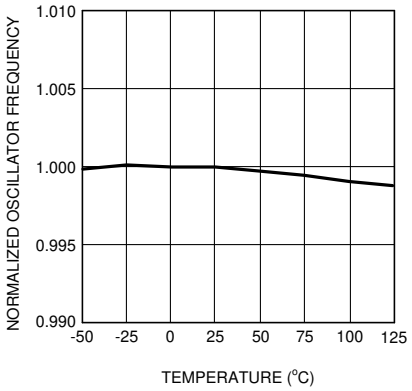


图 5-1. 振荡器频率与 R_T 间的关系



F_{OSC} = 200kHz

图 5-2. 振荡器频率与温度间的关系

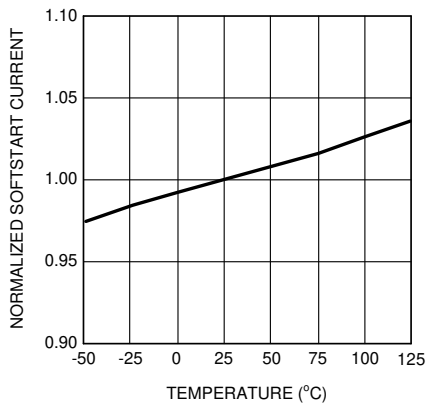
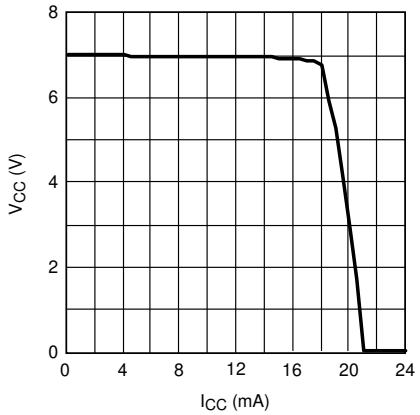
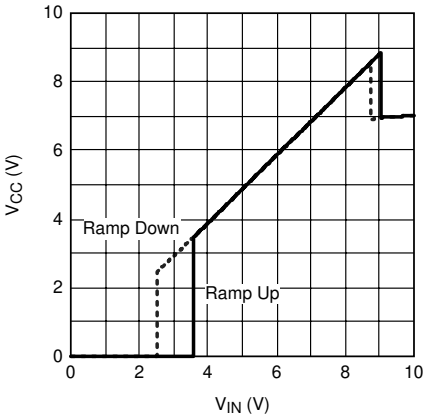


图 **5-3.** 软启动电流与温度间的关系



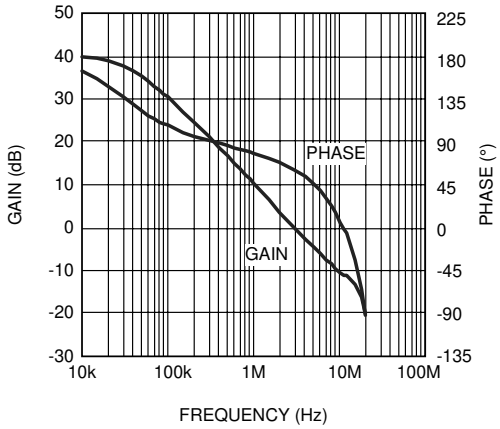
V_{IN} = 12V

图 **5-4.** V_{CC} 与 I_{CC} 间的关系



R_L = 7kΩ

图 **5-5.** V_{CC} 与 V_{IN} 间的关系



A_{VCL} = 101

图 **5-6.** 误差放大器增益与相位

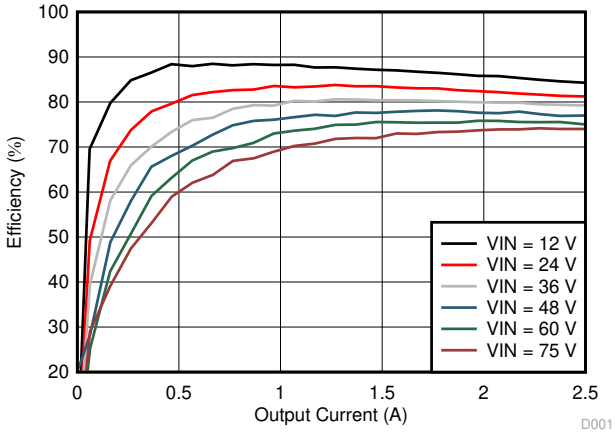


图 **5-7. LM5005** 电路板效率与 I_{OUT} 和 V_{IN} 间的关系

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

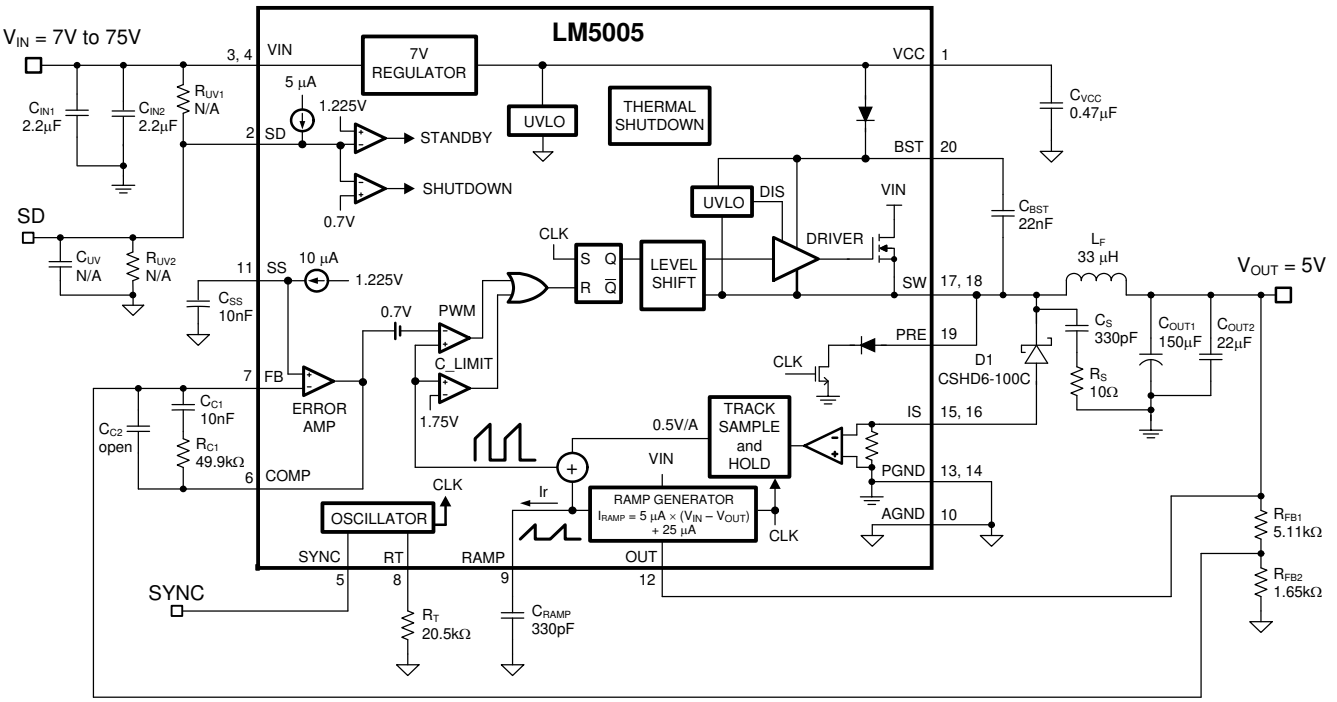
6 详细说明

6.1 概述

LM5005 高压开关稳压器具有使用最少的外部元件实现高效高压降压稳压器所需的全部功能。这款易于使用的稳压器集成了一个 75V N 沟道降压开关，具有 2.5A 的输出电流能力。此稳压器控制方法基于采用仿真电流斜坡的电流模式控制。峰值电流模式控制提供固有的线前馈、逐周期电流限制和简便的环路补偿。经仿真控制斜坡的使用减少了脉宽调制电路的噪声敏感度，从而实现高输入电压应用中所必需的对较小占空比的可靠处理。此器件具有 50kHz 至 500kHz 的用户可编程运行频率。振荡器同步引脚允许多个 LM5005 稳压器自行同步或与外部时钟同步。输出电压可设置成 1.225V 或更高。其他保护特性包括：逐周期电流限制、热关断和远程关断功能。该器件采用 20 引脚 HTSSOP 封装，并配有可帮助散热的裸露焊盘。

节 6.2 所示为 LM5005 的功能方框图和典型应用。在多种应用中使用 LM5005，可高效地从非稳压输入电压降至更低。此器件经过精心设计，适用于电信、工业及汽车电源总线电压范围。

6.2 功能方框图



Copyright © 2016, Texas Instruments Incorporated

6.3 特性说明

6.3.1 高压启动稳压器

LM5005 包含一个双模式内部高电压启动稳压器，该稳压器为 PWM 控制器和自举 MOSFET 栅极驱动器提供 VCC 偏置电源。将 VIN 引脚直接连接到输入电压，最高达 75V。对于低于 9V 的输入电压，低压降开关将 VCC 直接连接至 VIN。在此电源电压范围内，VCC 约等于 VIN。当输入电压大于 9V 时，低压降开关被禁用，VCC 稳压器被启用，以将 VCC 保持在约 7V。通过使用该双模稳压器可以实现 7V 至 75V 的宽工作范围。

VCC 稳压器的输出电流限制为 20mA。加电时，稳压器会向 VCC 引脚上所连电容器输送电流。当 VCC 引脚上的电压超过 VCC UVLO 阈值 6.3V 且 SD 引脚大于 1.225V 时，软启动序列开始。开关保持状态，直到 VCC 降至 5.3V 以下或 SD 引脚降至 1.125V 以下。

可在 VCC 引脚上施加辅助电源电压，以降低 IC 功率耗散。如果辅助电压大于 7.3V，内部稳压器将基本上关闭，从而降低 IC 功率耗散。VCC 稳压器串联导通晶体管包括一个 VCC 和 VIN 之间的二极管，该二极管在正常运行时不得正向偏置。因此，辅助 VCC 电压绝不能超过 VIN 电压。

在高压应用中请格外小心，确保 VIN 和 PRE 引脚电压不超过 76V 的绝对最大额定电压。在线路或负载瞬态期间，输入总线上超过*绝对最大额定值* 的电压振铃会损坏 IC。精细的 PC 板布局布线以及在 VIN 和 PGND 引脚附近使用优质输入旁路电容器都至关重要。有关更多详细信息，请参阅*布局指南*。

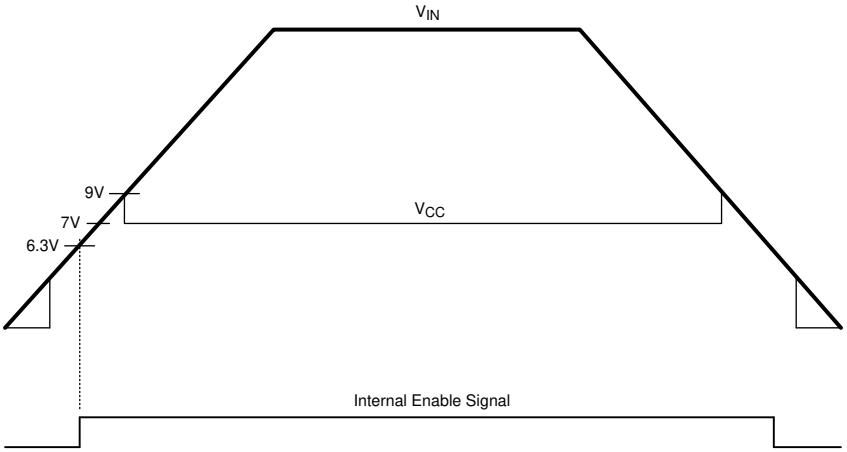


图 6-1. VIN 和 VCC 时序要求

6.3.2 关机和待机

LM5005 包含双电平关断 (SD) 电路。当 SD 引脚被拉至 0.7V 以下时，该器件处于低静态电流关断模式。当 SD 引脚电压大于 0.7V 但小于 1.225V 时，稳压器处于待机模式。在待机模式下，VCC 稳压器处于活动状态，但 MOSFET 开关被禁用。当 SD 引脚电压超过 1.225V 时，会启用开关并开始正常运行。如果 SD 引脚保持开路，内部 5μA 上拉电流源将稳压器配置为完全正常工作。

VIN 和 GND 之间的外部分压器可以用于设置稳压器的工作输入范围。分压器的设计需要确保当 VIN 在所需的工作范围内时，SD 引脚处的电压大于 1.225V。外部设定点分压器的计算应包含内部 5μA 上拉电流源。关断阈值及待机阈值都包含 0.1V 的迟滞。确定 SD 引脚上的电压永远不会超过 7V。使用外部分压器时，可能需要将 SD 引脚钳制在高输入电压条件下以限制电压。

6.3.3 振荡器和同步功能

LM5005 振荡器频率由连接在 RT 和 AGND 引脚之间的单个外部电阻器 R_T 设置。将 R_T 电阻器靠近 LM5005 RT 和 AGND 引脚放置。根据方程式 1 计算 R_T 的电阻，以设置所需的开关频率 F_{SW}。

$$R_T[k\Omega] = = \frac{7407}{F_{SW}[kHz]} - 4.3 \quad (1)$$

使用 SYNC 引脚将内部振荡器与外部时钟同步。确认外部时钟信号的频率*必须高于* R_T 电阻器设置的 LM5005 的自由运行频率。图 6-2 展示了具有开漏输出的时钟电路，这是推荐用于连接 SYNC 引脚的接口。确定时钟脉冲持续时间是否大于 15ns。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

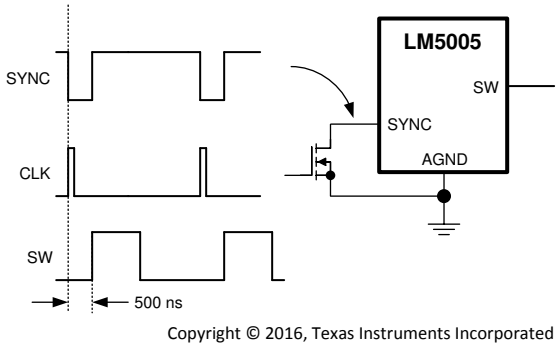


图 6-2. 外部时钟同步

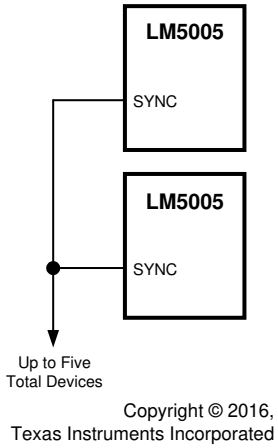


图 6-3. 多个 LM5005 稳压器的自同步

只需将 SYNC 引脚连接在一起，即可同步多个 LM5005 器件。在此配置中，所有器件与频率最高的器件同步。图 6-4 中的图显示了 LM5005 的 SYNC 输入和输出特性。内部振荡器电路通过强下拉和弱上拉反相器来驱动 SYNC 引脚。当 SYNC 引脚被内部振荡器或外部时钟拉至低电平时，振荡器的斜坡周期终止，新的振荡器周期开始。因此，如果多个 LM5005 IC 的 SYNC 引脚连接在一起，具有最高内部时钟频率的 IC 将首先把连接的 SYNC 引脚拉至低电平，并终止其他 IC 的振荡器斜坡周期。具有最高编程时钟频率的 LM5005 用作控制器，并控制具有较低振荡器频率的所有器件的开关频率。

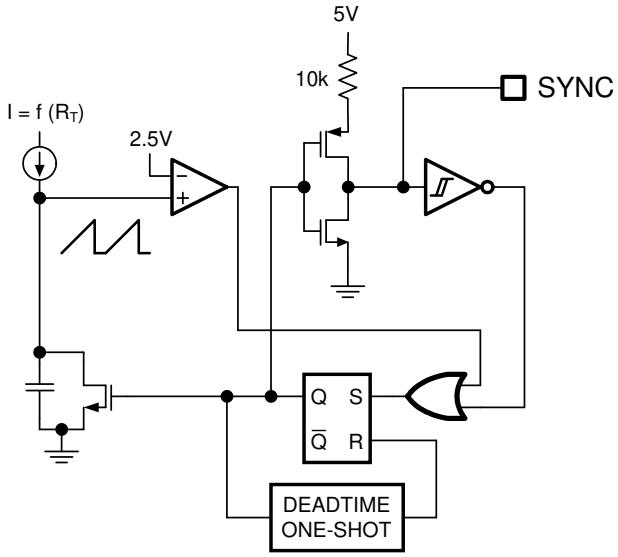


图 6-4. 简化的振荡器方框图及同步 I/O 电路

6.3.4 误差放大器和 PWM 比较器

内部高增益误差放大器产生与调节输出电压和 1.225V 内部精度参考之间的差成比例的误差信号。误差放大器的输出位于 COMP 引脚，允许用户将环路补偿元件（通常是 II 型网络）从 COMP 连接到 FB，如功能框图*功能框图*所示。该网络会在单位频率处形成一个极点、一个零点及一个降噪的高频极点。PWM 比较器将来自斜坡发生器的仿真电流检测信号同 COMP 引脚上的误差放大器输出电压进行比较。

6.3.5 斜坡发生器

脉宽调制器中用于电流模式控制的斜坡信号通常直接源自降压开关电流。此开关电流对应于输出电感器电流的正斜率部分。为 PWM 斜坡使用此信号可将控制环路传递函数简化为单极点响应，并提供固有的输入电压前馈补偿。使用降压开关电流信号进行 PWM 控制的缺点在于，由于电路寄生效应必须滤波或消隐，会产生较大的前沿

尖峰。此外，电流测量会引入明显的传播延迟。滤波、消隐时间及传播延迟限制了可实现的最小脉冲宽度。在输入电压与输出电压相比可能相对较大的应用中，需要控制小脉冲宽度和占空比才能进行调节。

LM5005 使用唯一的斜坡发生器，它实际上并不测量降压开关电流，而是重建电流信号。重建或仿真电感器电流可为 PWM 比较器提供斜坡信号，而没有前沿尖峰和测量或滤波延迟。电流重构由两个元件组成；采样保持直流电平及仿真电流斜坡。

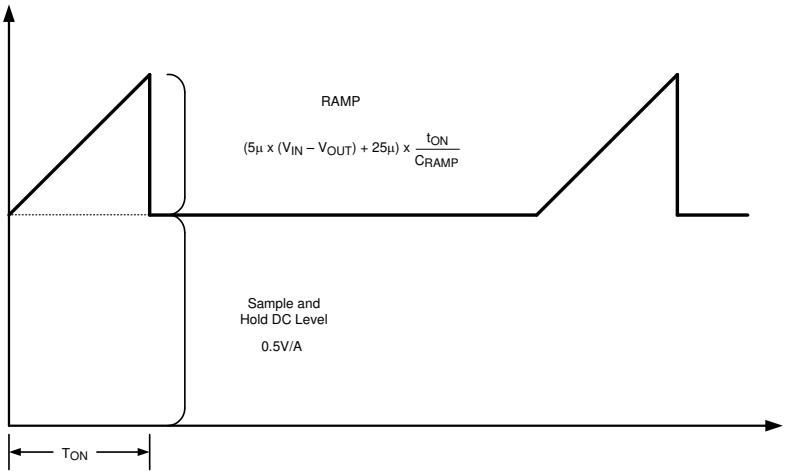


图 6-5. 仿真电流检测斜坡波形

图 6-5 中所示的采样和保持直流电平是通过测量续流肖特基二极管中的电流得出的。将续流二极管的阳极端子连接至 LM5005 的 IS 引脚。二极管电流流过 IS 和 PGND 引脚之间的内部电流检测电阻。在降压开关的下一个导通间隔开始之前，对检测电阻器上的电压电平进行采样并保持。二极管电流检测与采样保持可提供重建电流信号的直流电平。正斜率电感器电流斜坡由一个内部压控电流源以及一个连接在 RAMP 于 AGND 引脚之间的外部电容器进行仿真。模拟电感器电流的斜坡电流源是由方程式 2 给出的输入和输出电压的函数。

$$I_{RAMP} = 5\mu A \times [V_{IN} - V_{OUT}] + 25\mu A \tag{2}$$

RAMP 电容器的正确选择与否取决于所选的输出电感。使用方程式 3 选择 C_{RAMP} 的电感。

$$C_{RAMP} = L_F \times 10^{-5} \tag{3}$$

其中

- L_F 是以亨为单位的输出电感

使用该值，仿真电流斜坡的比例因子约等于直流电平采样保持的比例因子 (0.5V/A)。将 C_{RAMP} 电容器靠近 LM5005 RAMP 和 AGND 引脚放置。

如果占空比大于 50%，峰值电流模式控制电路会受到次谐波振荡的影响。次谐波振荡通常以观察开关节点电压波形的交替宽脉冲和窄脉冲为特征。向电流检测信号添加固定斜率电压斜坡（斜率补偿）可以防止此振荡。仿真电流源提供的失调电流 25µA 会向斜坡信号增加一些固定斜率。在某些高输出电压和高占空比应用中，可能需要额外的斜率。在这些应用中，可以在 VCC 和 RAMP 引脚之间添加一个上拉电阻器来增加斜坡斜率补偿。

对于 V_{OUT} > 7.5V 的情况，使用方程式 4 计算最佳斜率电流。

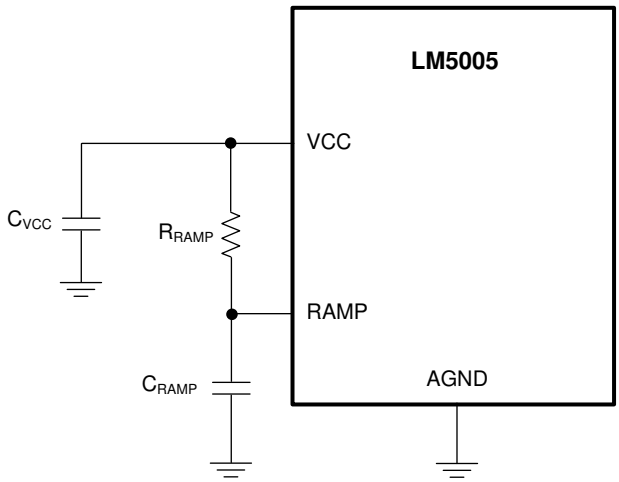
$$I_{OS} = V_{OUT} \times 5\mu A/V \tag{4}$$

例如 V_{OUT} = 10V 时，I_{OS} = 50µA。

使用方程式 5 在 RAMP 引脚与 VCC 之间安装一个电阻器。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

$$R_{RAMP} = \frac{V_{VCC}}{[I_{OS} - 25\mu A]} \quad (5)$$



Copyright © 2016, Texas Instruments Incorporated

图 6-6. 当 V_{OUT} > 7.5V 时，将外部斜坡电阻器连接到 VCC

6.3.6 电流限值

LM5005 包含独特的电流监测方案，用于控制和过流保护。正确设置后，仿真电流检测信号会提供一个与降压开关电流成正比的信号，比例因子为 0.5V/A。将仿真斜坡信号应用至电流限制比较器。如果仿真斜坡信号超过 1.75V (3.5A)，当前的周期将终止（逐周期电流限制）。在输出电感较小且输入电压较高的应用中，由于电流限制比较器的传播延迟，开关电流可能会过冲。如果必须发生过冲，二极管电流采样电路会检测降压开关关断期间电感器过大的电流。如果采样保持直流电平超过 1.75V 电流限制阈值，降压开关会被禁用并跳过脉冲，直到二极管电流采样电路检测到电感器电流已衰减到电流限制阈值以下。这种方法可防止由于传播延迟或电感器饱和而导致的电流失控条件，因为电感器电流在任何电流过冲后强制衰减。

6.3.7 软启动功能

软启动功能可防止首次加电时的浪涌电流影响 LM5005 稳压器和输入电源。输出电压软启动是通过在器件首次启用或上电时缓慢升高目标稳压电压来实现的。内部软启动电流源为 10μA，逐渐增加连接到 SS 引脚的外部软启动电容器上的电压。软启动电容器电压连接至误差放大器的非反相输入端。可使用限制或钳制 SS 引脚电压电平的外部电路来实现各种时序及跟踪方案。

如果检测到故障（包括过热、VCC UVLO 或停机），软启动电容器将放电。当故障条件不再存在时，新的软启动序列将开始。

6.3.8 MOSFET 栅极驱动器

LM5005 集成了一个 N 沟道高侧 MOSFET 和相关的浮动高压栅极驱动器。该栅极驱动器电路与一个内部自举二极管及一个外部自举电容器结合使用。TI 建议使用短迹线在 BST 和 SW 引脚之间连接一个 22nF 陶瓷电容器。在降压开关关断期间，SW 电压约为 –0.5V，自举电容器通过内部自举二极管从 VCC 充电。以高 PWM 占空比工作时，降压开关会强制每个周期关闭 500ns，以确认自举电容器重新充电。

在轻负载条件下或输出电压预充电时，在降压开关关断期间，SW 电压可能不会保持低电平。如果电感器电流降至零且 SW 电压上升，自举电容器可能无法具有足够电压来运行降压开关栅极驱动器。对于这些应用，将 PRE 引脚连接到 SW 引脚，以对自举电容器进行预充电。在新开关周期开始之前，连接在 PRE 引脚和 PGND 引脚之间的内部预充电 MOSFET 和二极管在每个周期导通 250ns。如果 SW 引脚处于正常负电压电平（连续导通模式），则没有电流流过预充电 MOSFET 和二极管。

6.4 器件功能模式

6.4.1 关断模式

SD 引脚为 LM5005 提供开关控制功能。当 V_{SD} 低于约 0.6V 时，器件处于关断模式。内部 LDO 和开关稳压器均关闭。V_{IN} = 48V 时，关断模式下的静态电流降至 60μA。LM5005 还采用 VCC 偏置电压轨欠压保护。如果 VCC 偏置电源电压低于 UV 阈值，稳压器将保持关闭状态。

6.4.2 待机模式

偏置电源子调节器的启用阈值低于调节器本身。当 V_{SD} 高于 0.6V 并且低于待机阈值（典型值为 1.225V）时，VCC 电源将导通并进行调节。在 V_{SD} 上升到待机阈值以上之前，开关动作和输出电压调节不会启用。

6.4.3 轻负载运行

LM5005 在轻负载下运行时可以保持高效率。每当负载电流降至小于峰峰值电感器纹波电流一半的水平时，器件就会进入不连续导通模式 (DCM)。使用方程式 6 计算临界传导边界。

$$I_{BOUNDARY} = \frac{\Delta I_L}{2} = \frac{V_{OUT} \times (1 - D)}{2 \times L_F \times F_{SW}} \tag{6}$$

当电感器电流达到零时，SW 节点变为高阻抗。由于降压电感器和 SW 节点处的寄生电容形成的 LC 振荡电路，谐振振铃会在 SW 处发生。在轻负载条件下（通常低于 100mA），可以在开关周期之间跳过几个脉冲，从而有效降低开关频率并进一步提高轻负载效率。

6.4.4 热关断保护

提供内部热关断电路，以在超过最大结温的情况下保护调节器。激活时，通常在 165°C 处激活时，稳压器会被强制进入低功耗复位状态，从而禁用输出驱动器和偏置稳压器。提供此功能是为了预防因器件意外过热而导致灾难性故障。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7 应用和实施

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 器件规格的范围，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客 户应负责确定器件是否适用于其应用。客户应验证并测试其设计，以确保系统功能。

7.1 应用信息

7.1.1 降低偏置功率耗散

LM5005 是一款具有宽输入电压范围的降压稳压器，最大输出电流为 2.5A。通常，在高输入电压下运行的降压稳压器会消耗大量偏置功率。VCC 稳压器必须将输入电压降到 7V 的标称 V_{CC} 水平。VCC 稳压器两端的大电压降意味着 LM5005 中的大功耗。有几种技术可以显著降低这种偏置稳压器的功率耗散。

图 7-1 和 图 7-2 描述了从输出电压偏置 IC 的两种方法。在每种情况下，内部 VCC 稳压器用于初始偏置 VCC 电压轨。输出电压建立后，VCC 处电压将升高到标称 7V 调节电平以上，这会有效地禁用内部 VCC 稳压器。VCC 引脚上的电压绝不能超出 14V。VCC 引脚的电压不得超过输入电压 V_{IN}。

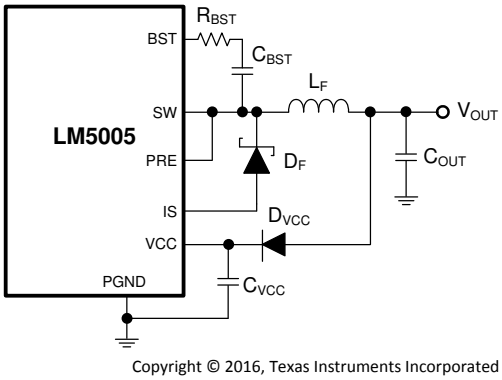


图 7-1. 8V < V_{OUT} < 14V 时来自输出电压的 VCC 偏置

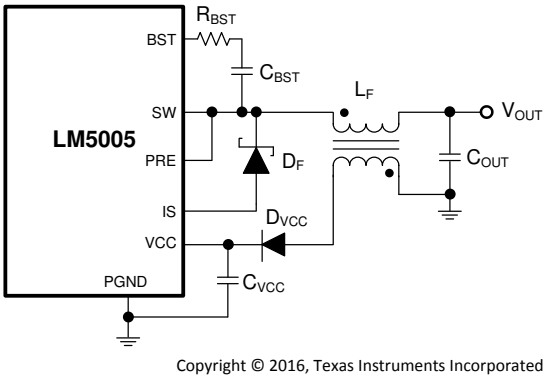
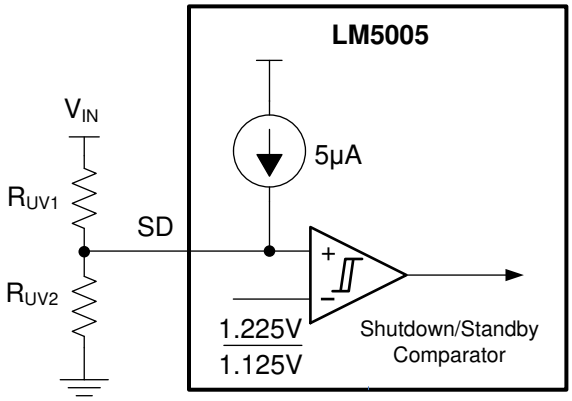


图 7-2. 使用降压电感器上的额外绕组的 VCC 偏置

鉴于在更高的 VCC 电压下提高了栅极驱动能力，请将 5Ω 至 10Ω 的电阻器 R_{BST} 与自举电容器串联使用，以降低功率 MOSFET 的导通速度，并减少 SW 节点电压过冲和振铃。

7.1.2 输入电压 UVLO 保护

SD 输入支持可调输入电压欠压锁定 (UVLO)，并具有滞后功能，可满足应用特定的上电和断电要求。SD 连接到基于比较器的输入，以具有 100mV 迟滞的 1.225V 带隙电压为基准。使用外部逻辑信号来驱动 SD 输入，从而开启和关闭输出，以及实现系统时序控制或保护。



Copyright © 2016, Texas Instruments Incorporated

图 7-3. 具有迟滞功能的可编程输入电压 UVLO

如果未使用 SD 引脚，则将该引脚保持为开路状态，因为该引脚由内部 5µA 电流源拉高。当 VCC 在其高于其 UVLO 阈值的有效工作范围内时，这允许 LM5005 自启动。然而，图 7-3 表明许多应用受益于使用电阻分压器 R_{UV1} 和 R_{UV2} 来建立精确的输入电压 UVLO 电平。

$V_{IN(on)}$ 用作输入电压导通阈值，$V_{IN(off)}$ 用作输入电压阈值。使用方程式 7 和方程式 8 选择 UVLO 电阻器。

$$R_{UV1} = \frac{V_{IN[off]} \times \frac{1.225V}{1.125V} - V_{IN[on]}}{5\mu A} \tag{7}$$

$$R_{UV2} = R_{UV1} \times \frac{1.225V}{V_{IN[on]} - 1.225V + 5\mu A \times R_{UV1}} \tag{8}$$

与 R_{UV2} 并联的可选电容器 C_{UV} 为分压器提供滤波。如果输入 UVLO 电平设置为低输入电压，则在输入电压工作范围的较高端可能会超过最大 SD 引脚电压 7V。在这种情况下，请在 SD 和 AGND 之间使用一个 6.2V 小型齐纳二极管钳位，以便绝不会超过最大 SD 工作电压。

7.2 典型应用

以下设计程序有助于 LM5005 的组件选择。也可以用 WEBENCH 设计工具完成全部设计。通过访问综合元件数据库，此在线工具使用迭代设计过程来创建优化的设计，允许用户使用各种设计选项进行实验。

图 7-4 中给出了输入电压范围为 7V 至 75V 的 5V、2.5A 稳压器的原理图。自由运行开关频率（其中 SYNC 引脚开路时）为 300kHz。在控制环路性能方面，目标环路交叉频率为 20kHz 并且相位裕度超出 55°。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

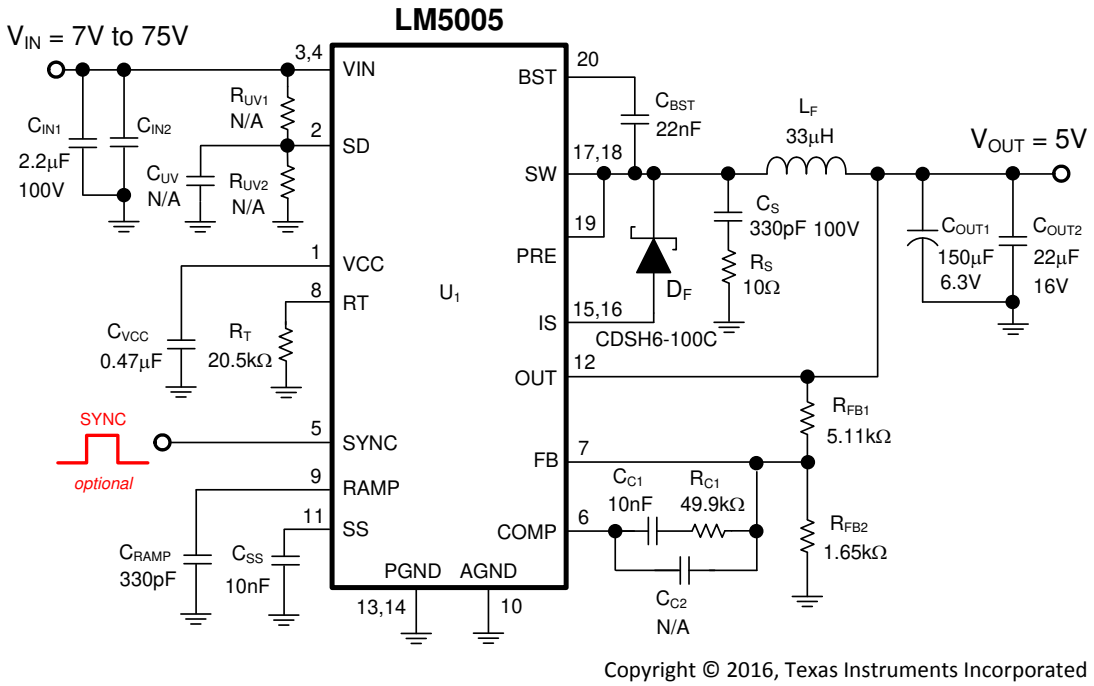


图 7-4. LM5005 电路原理图

7.2.1 设计要求

下面给出了使用 图 7-4 的典型应用设置生成功率级和补偿元件值的分步过程示例。

图 7-4 中显示的电路根据以下规格进行配置：

- V_{IN} = 7V 至 75V
- V_{OUT} = 5V
- $I_{OUT(max)}$ = 2.5A
- F_{SW} = 300kHz
- 对于 CCM 最小负载电流 = 250mA
- 线路调整< 1%
- 负载调整率 < 0.1%

表 7-1 列出了此设计的物料清单。

7.2.2 详细设计过程

7.2.2.1 使用 WEBENCH® 工具创建定制设计方案

点击此处，使用 **LM5005** 器件并借助 WEBENCH® Power Designer 创建定制设计方案。

1. 首先键入输入电压 (V_{IN})、输出电压 (V_{OUT}) 和输出电流 (I_{OUT}) 要求。
2. 使用优化器表盘，优化该设计的关键参数，如效率、占用空间和成本。
3. 将生成的设计与德州仪器 (TI) 其他可行的解决方案进行比较。

WEBENCH Power Designer 提供了定制原理图并罗列了实时价格和组件供货情况的物料清单。

在多数情况下，可执行以下操作：

- 运行电气仿真，观察重要波形以及电路性能
- 运行热性能仿真，了解电路板热性能
- 将定制原理图和布局方案以常用 CAD 格式导出
- 打印 PDF 格式的设计报告并与同事共享

有关 WEBENCH 工具的更多信息，请访问 www.ti.com/WEBENCH。

7.2.2.2 频率设置电阻器 (R_T)

电阻器 R_T 设置开关频率。通常，频率较高的应用较小，但损耗较高。在这个示例中，选择 300kHz 的开关频率作为小解决方案尺寸和高效率的合理折衷。300kHz 开关频率下的 R_T 电阻可以使用方程式 1 计算得出。

为 R_T 选择最接近的标准电阻值 20.5kΩ。

7.2.2.3 电感器 (L_F)

电感的制定依据包括：

- 开关频率
- 负载电流
- 电感纹波电流
- 最小输入电压指定为 $V_{IN(min)}$
- 最大输入电压指定为 $V_{IN(max)}$

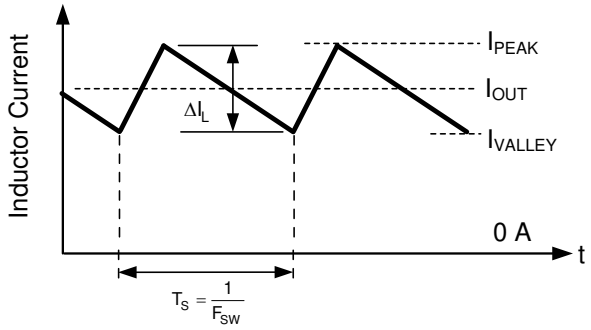


图 7-5. 电感器电流波形

为了使转换器在 CCM 下运行，请验证最大电感器纹波电流 ΔI_L 是否小于最小负载电流的两倍，即峰间电流为 0.5A。使用该纹波电流值，用方程式 9 计算电感。

$$L_F = \frac{V_{OUT} \times \left[V_{IN(max)} - V_{OUT}\right]}{\Delta I_L \times F_{SW} \times V_{IN(max)}} = \frac{5V \times [75V - 5V]}{0.5A \times 300kHz \times 75V} = 31\mu H \quad (9)$$

使用最接近的标准值 33μH。另一种方法是选择电感，该电感应使电感器纹波电流在标称输入电压下为额定满负载电流的 30% 至 50%。

请注意，电感器额定值必须达到电感器峰值电流（在图 7-5 中表示为 I_{PEAK}），以防止饱和。在正常负载条件下，峰值电感器电流对应于最大负载电流加上最大峰峰值纹波电流的一半。过载条件下峰值电感器电流限制为标称值 3.5A（最大值 4.25A）。该设计示例中所选电感器（请参阅表 7-1）具有保守的 6.2A 饱和电流额定值。该电感器制造商将饱和电流定义为电感在 20°C 下降低 30% 所需的电流。

7.2.2.4 斜坡电容器 (C_{RAMP})

选择电感器后，使用方程式 10 计算仿真斜坡电路所需的 C_{RAMP} 值。

$$C_{RAMP}[pF] = 10 \times L_F[\mu H] \quad (10)$$

当 L_F 为 33μH 时，建议的 C_{RAMP} 为 330pF。使用带 NP0 或 C0G 电介质的电容器。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7.2.2.5 输出电容器 (C_{OUT})

输出电容器对电感器纹波电流进行滤波，并为瞬态负载条件提供电荷源。使用 LM5005 及多种输出电容器来提供各种优势。通常使用陶瓷或聚合物电解型元件可获得出色性能。典型的权衡在于陶瓷电容器提供极低的 ESR 以降低输出纹波电压和噪声尖峰，而电解电容器在瞬态负载条件下以小体积提供大容量电容。

选择输出电容器时，需要考虑的两个性能特性是输出电压纹波和负载瞬态响应。使用方程式 11 估算输出电压纹波。

$$\Delta V_{OUT} = \Delta I_L \sqrt{R_{ESR}^2 + \left[\frac{1}{8 \times F_{SW} \times C_{OUT}}\right]^2} \tag{11}$$

其中

- ΔV_{OUT} = 峰值间输出电压纹波
- R_{ESR} = 输出电容器的有效串联电阻 (ESR)
- F_{SW} = 开关频率
- C_{OUT} = 有效输出电容

输出电压纹波的量因应用而不同。一般建议将输出纹波保持在额定输出电压的 1% 以下。

有时会首选电容器，因为电容器具有低 ESR。然而，根据电容器的封装和额定电压，电路中的有效电容会随着施加电压的增加而显著下降。输出电容器选择还将影响负载瞬态期间的输出压降。负载瞬态期间输出电压的峰值偏差取决于诸多因素。方程式 12 计算了忽略环路带宽的瞬态骤降近似值。

$$V_{DROOP} = \Delta I_{OUT-STEP} \times R_{ESR} + \frac{L_F \times \Delta I_{OUT-STEP}^2}{C_{OUT} \times [V_{IN} - V_{OUT}]} \tag{12}$$

其中

- C_{OUT} 为所需的最小输出电容
- L_F = 降压滤波器电感
- V_{DROOP} = 输出电压偏差，忽略环路带宽注意事项
- $\Delta I_{OUT-STEP}$ = 负载阶跃变化
- R_{ESR} = 输出电容器 ESR
- V_{IN} = 输入电压
- V_{OUT} = 输出电压设定点

根据对每个电容器的容差和电压系数的回顾，此处选择了一个具有 X7R 电介质和 1210 尺寸的 22μF、16V 陶瓷电容器以及 150μF、6.3V 聚合物电解电容器，以满足输出纹波规格。陶瓷电容器提供超低 ESR 以降低输出纹波电压和噪声尖峰，而电解质电容器在瞬态负载条件下以小体积提供大容量电容。

7.2.2.6 肖特基二极管 (D_F)

所有 LM5005 应用都需要肖特基型续流二极管。选择最大 V_{IN} 的二极管反向故障额定值，加上安全裕度。不建议使用超快二极管，这可能会因反向恢复电流瞬态而导致稳压器损坏。对于 LM5005 常见的高输入电压和低输出电压应用，肖特基二极管接近理想的反向恢复特性和低正向压降是特别重要的二极管特性。

反向恢复特性决定降压开关导通时电流浪涌在每个周期的持续时间。肖特基二极管的良性反向恢复特性可更大限度地减少每个周期导通期间降压开关中出现的峰值瞬时功率，并显著降低降压开关的相应开关损耗。

二极管的正向压降对转换效率具有重大影响，尤其是对于输出电压较低的应用。不同制造商提供的二极管额定 电流差异很大。最差的情况是假定短路负载条件。在这种情况下，二极管几乎连续传导输出电流。对于 LM5005，该电流可高达 3.5A。假设二极管两端的压降为 1V（最差情况下），则二极管最大功率耗散可高达 3.5W。对于该设计示例，选择了采用 DPAK 封装的 100V、6A 肖特基二极管。

7.2.2.7 输入电容器 (C_{IN})

调节器电源电压在开关频率下具有较大的源阻抗。需要高质量的输入电容器来限制 VIN 引脚上的纹波电压，同时在导通期间提供大部分开关电流。当降压开关导通时，流入 VIN 引脚的电流逐渐达到电感器电流波形的较低峰值，再逐渐达到峰值，然后在关断时降至零。导通期间流入 VIN 的平均电流为负载电流。必须根据 RMS 电流额定值及最小纹波电压选择输入电容。必要的纹波电流额定值的一个良好近似值为 方程式 13

$$I_{RMS} > I_{OUT} \div 2 \tag{13}$$

为输入滤波器选择拥有低 ESR 的陶瓷电容器。考虑到电容器容差和电压降额的影响，使用两个 2.2μF、100V 陶瓷电容器。如果预计阶跃输入电压瞬变接近 LM5005 的最大额定值，则需要评估 VIN 引脚 ID 上的振铃和可能的尖峰。如果预计阶跃输入电压瞬变接近 LM5005 的最大额定值，则可能需要额外的阻尼网络、缓冲电路或输入电压钳位。

7.2.2.8 VCC 电容器 (C_{VCC})

VCC 引脚上的电容器为 VCC 稳压器提供噪声滤波及稳定性。C_{VCC} 的建议值为 0.47μF，必须是额定电压至少为 16V 的 X7R 电介质低 ESR 陶瓷电容器。

7.2.2.9 自举电容器 (C_{BST})

BST 和 SW 引脚之间连接的自举电容器提供栅极电流，以便在导通时对降压开关栅极充电。C_{BST} 的建议值为 22nF。选择具备 X7R 电介质、额定电压至少为 16V 的低 ESR 陶瓷电容器。

7.2.2.10 软启动电容器 (C_{SS})

连接到 SS 引脚的电容器确定软启动时间，或基准电压和输出电压达到其最终调节值的时间。如果 t_{SS} 是所需的软启动时间，则使用方程式 14 计算软启动电容，或者更简单地使用方程式 15 计算软启动电容。

$$C_{SS} = \frac{t_{SS} \times I_{SS}}{V_{REF}} = \frac{t_{SS} \times 10\mu A}{1.225V} \tag{14}$$

$$C_{SS}[nF] = 8.16 \times t_{SS}[ms] \tag{15}$$

选择 10nF 的 C_{SS}，对应于该应用的 1.2ms 软启动时间。

7.2.2.11 反馈电阻器 (R_{FB1} 和 R_{FB2})

电阻器 R_{FB1} 和 R_{FB2} 用于建立输出电压设定点。根据为下反馈电阻 R_{FB2} 选择的值，通过方程式 16 计算上反馈电阻 R_{FB1}。

$$R_{FB1} = \frac{V_{OUT} - 1.225V}{1.225V} \times R_{FB2} \tag{16}$$

一般而言，R_{FB2} 的良好起点在 1kΩ 到 10kΩ 的范围内。为 R_{FB1} 选择 5.11kΩ 的电阻，为 R_{FB2} 选择 1.65kΩ 的电阻，以便为本设计示例实现 5V 输出设定点。

7.2.2.12 RC 缓冲器 (R_S 和 C_S)

跨功率二极管的缓冲器网络可以减少开关节点处的振铃和尖峰。过多的振铃和尖峰会导致运行不稳定，并将尖峰和噪声耦合到输出端。最终，超过 LM5005 或续流二极管额定值的过大尖峰会损坏器件。最好根据经验选择缓冲器的值。首先，确保缓冲器连接的引线长度较短。对于 LM5005 转换器的典型电流水平，2Ω 至 10Ω 的缓冲电阻 R_S 就足够了。增大缓冲电容器的值会导致阻尼更大但损耗更高。选择 C_S 的最小值，以在满负载下为 SW 电压波形提供足够的阻尼。有关更多详细信息，请参阅专为降低 EMI 而设计的 PCB 布局。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7.2.2.13 补偿元件（R_{C1}、C_{C1}、C_{C2}）

这些元件可配置误差放大器增益特性，以实现稳定的整体环路增益。电流模式控制的一个优势是能够仅通过两个反馈元件 R_{C1} 和 C_{C1} 闭合环路。总环路增益为调制器增益与误差放大器增益的乘积。LM5005 的直流调制器增益使用方程式 17 来计算。

$$GAIN_{MOD-DC} = G_{m[MOD]} \times R_{LOAD} = 2 \times R_{LOAD} \tag{17}$$

调制器的主低频极点由负载电阻 R_{LOAD} 和输出电容 C_{OUT} 决定。使用方程式 18 计算该极点的转角频率。

$$f_{p[MOD]} = \frac{1}{2\pi \times R_{LOAD} \times C_{OUT}} \tag{18}$$

对于 R_{LOAD} = 5Ω 且 C_{OUT} = 177μF，$f_{p(MOD)}$ = 180Hz

$$GAIN_{MOD-DC} = 2A/V \times 5\Omega = 10 = 20dB \tag{19}$$

对于此设计示例（R_{LOAD} = 5Ω 且 C_{OUT} = 177μF），图 7-6 展示了通过实验测得的调制器增益与频率特性间的关系。

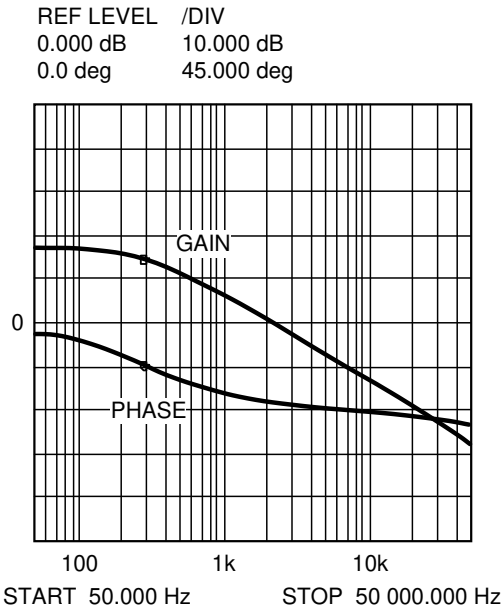


图 7-6. PWM 调制器增益和相位图

元件 R_{C1} 和 C_{C1} 将误差放大器配置为 II 型配置，其在原点处提供一个极点，并在以下条件下提供零点：

$$f_Z = 1 \div [2\pi R_{C1} C_{C1}] \tag{20}$$

误差放大器零点会抵消调制器极点，从而在环路增益的交叉频率处留下单极点响应。交叉频率处的单极点响应能够提供 90° 相位裕度，从而确保环路稳定。

在设计示例中，将目标环路带宽（交叉频率）选择为 20kHz。将补偿器的零频率 f_Z 设置为比目标交叉频率低一个数量级。这将 R_{C1} 和 C_{C1} 的乘积限制为使所需补偿网络零点频率小于 2kHz。增大 R_{C1}，同时按比例减小 C_{C1}，会增加误差放大器增益。相反，减小 R_{C1} 同时按比例增大 C_{C1}，会降低误差放大器增益。选择 49.9kΩ 的 R_{C1} 和 10nF 的 C_{C1}。这些值将补偿网络零点配置成 320Hz。频率大于 f_Z 时的补偿器增益为 R_{C1} / R_{FB1}，约为 20dB。

图 7-7 所示为补偿器波特图。如图 7-8 所示，整个环路被预测为调制器增益和补偿器增益的总和（单位为 dB）。

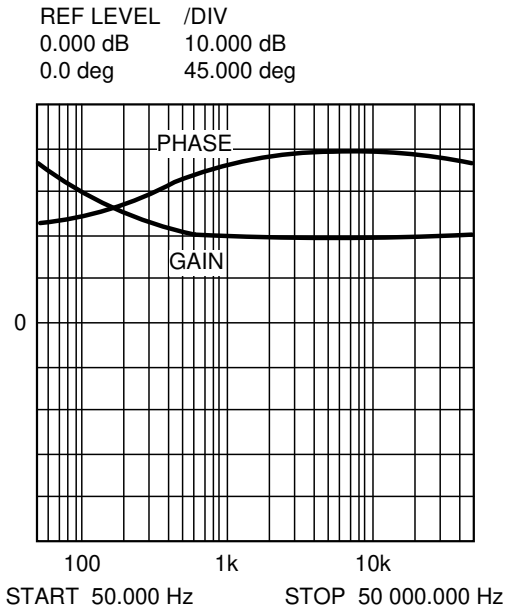


图 7-7. 补偿器增益和相位图

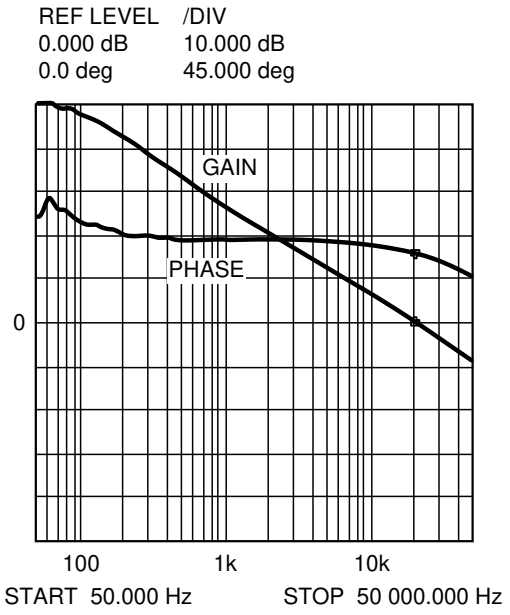


图 7-8. 总体环路增益与相位图

如果网络分析仪可用，测量调制器增益，并为所需的环路传递函数配置补偿器增益。如果没有网络分析器，请按照提供的指南设计误差放大器的补偿元件。执行阶跃负载瞬态测试，以验证可接受的性能。阶跃负载目标是具有阻尼响应的最小过冲。将电容器 C_{C2} 添加到补偿网络中，以降低误差放大器的噪声敏感性。确认 C_{C2} 的值足够小，因为添加该电容器会在补偿器传递函数中增加一个极点。确认该极点远超过环路交叉频率。C_{C2} 引入极点位置处的近似频率为方程式 21。

$$f_{p2} = f_Z \times C_{C1} \div C_{C2} \tag{21}$$

降低误差放大器噪声敏感性的另一种方法是在 COMP 及 AGND 之间连接一个电容器。使用此方法时，确定 C_{C2} 的电容不超过 100pF。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7.2.2.14 物料清单

表 7-1 列出了设计示例的物料清单。

表 7-1. LM5005 降压稳压器物料清单，V_{OUT} = 5V，I_{OUT} = 2.5A

参考位号	说明	供应商(1)	器件型号	数量
C_{IN1}、C_{IN2}	电容器，陶瓷，2.2μF，100V，X7R，1210	TDK	C3225X7R2A225M	2
C_{OUT1}	电容器，SP，150μF，6.3V，12mΩ	Panasonic	EEFHE0J151R	1
C_{OUT2}	电容器，陶瓷，22μF，16V，X7R，1210	TDK	C3225X7R1C226M	1
C_S	电容器，陶瓷，330pF，100V，0603	Kemet	C0603C331G1GAC	1
C_{C1}、C_{SS}	电容器，陶瓷，10nF，100V，0603	TDK	C1608X7R2A103K	2
C_{BST}	电容器，陶瓷，22nF，100V，0603	TDK	C1608X7R2A223K	1
C_{VCC}	电容器，陶瓷，0.47μF，16V，0604	TDK	C1608X7R1C474M	1
C_{RAMP}	电容器，陶瓷，330pF，100V，0603	Kemet	C0603C331G1GAC	1
D_F	二极管，100V，6A，肖特基，DPAK	Central Semi	CSHD6-100C	1
	二极管，100V，6A，肖特基（备选）	红外	6CWQ10FN	
L_F	电感器，33μH，I_{SAT} 6.22A，DCR 60mΩ	Coiltronics/Eaton	DR127-330-R	1
R_T	电阻器，20.5kΩ，0603	Vishay Dale	CRCW06032052F	1
R_{C1}	电阻器，49.9kΩ，0603	Vishay Dale	CRCW06034992F	1
R_{FB1}	电阻器，5.11kΩ，0603	Vishay Dale	CRCW06035111F	1
R_{FB2}	电阻器，1.65kΩ，0603	Vishay Dale	CRCW06031651F	1
R_S	电阻器，10Ω，1W，1206	Vishay Dale	CRCW1206100J	1
U_1	宽 VIN 稳压器，75V，2.5A	德州仪器 (TI)	LM5005	1

(1) 请参阅*第三方产品免责声明*。

7.2.3 应用曲线

图 7-9 至图 7-19 展示了转换器效率和性能波形。除非另有说明，否则所有波形都是在 V_{IN} = 48V 时采集的。

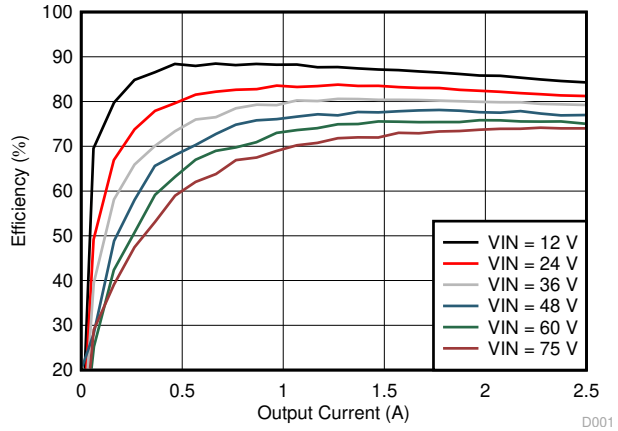


图 7-9. 典型效率与输入电压和输出电流的关系，5V 输出

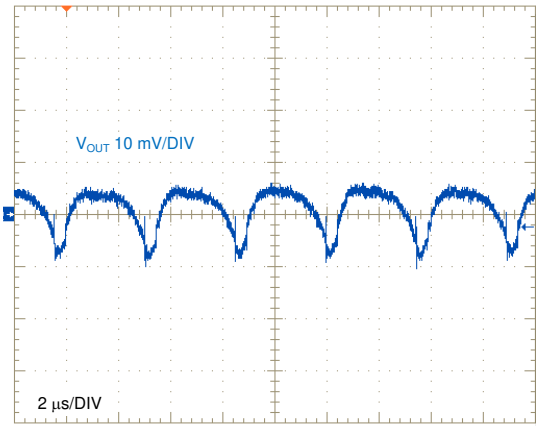


图 7-10. 输出电压纹波，2.5A 负载

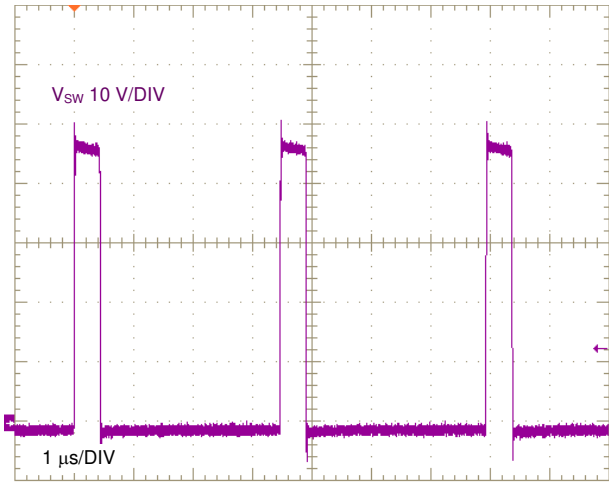


图 7-11. SW 节点电压，2.5A 负载

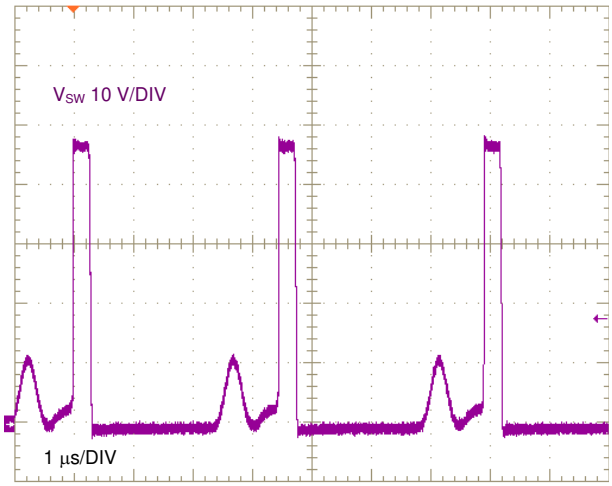


图 7-12. SW 节点电压，0.1A 负载

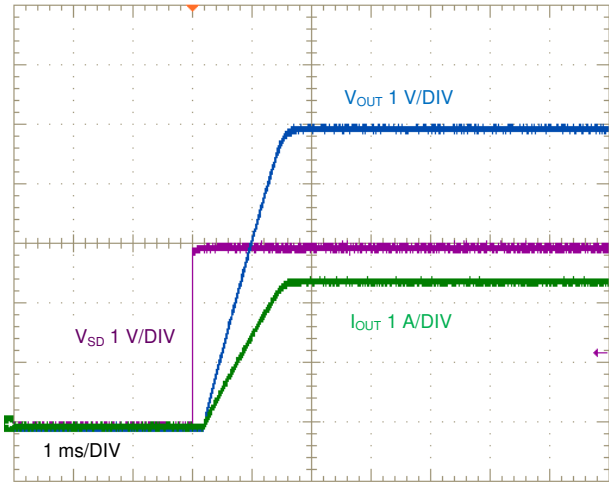


图 7-13. 通过 SD 引脚启动，2.5A 电阻负载

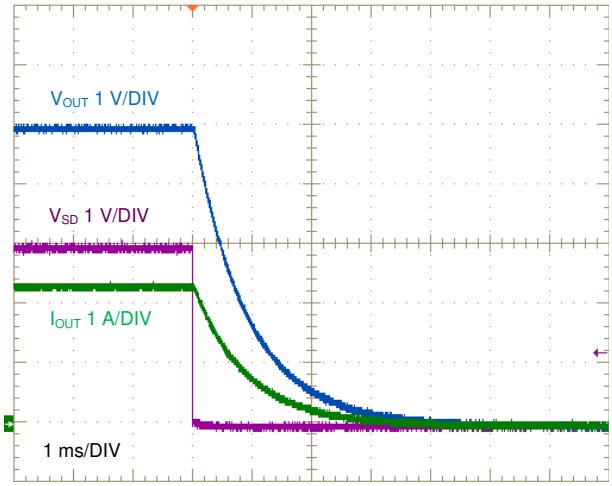


图 7-14. 通过 SD 引脚关断，2.5A 电阻负载

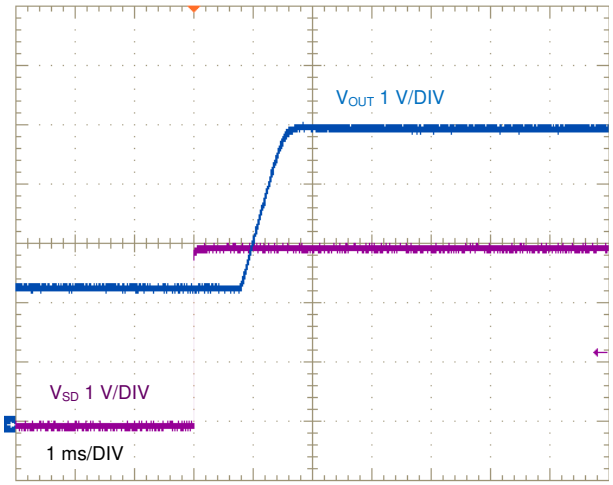


图 7-15. 通过 SD 引脚启动，预偏置输出

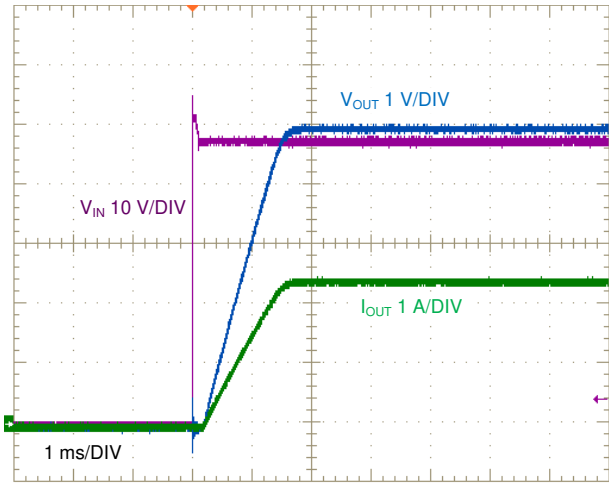


图 7-16. 通过施加 V_{IN}、2.5A 电阻负载来启动

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

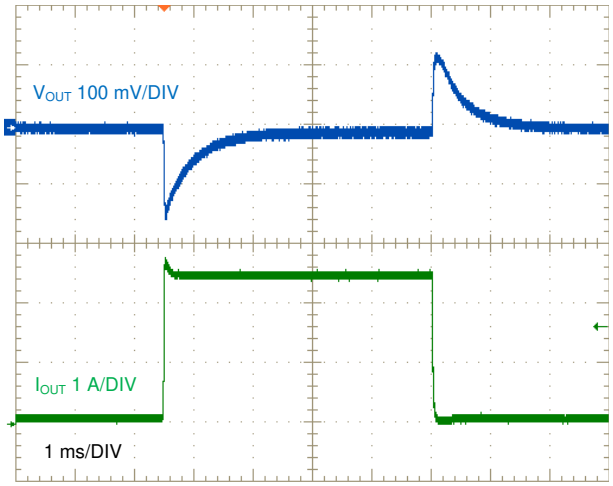


图 7-17. 负载瞬态响应，0.1A 至 2.5A 负载

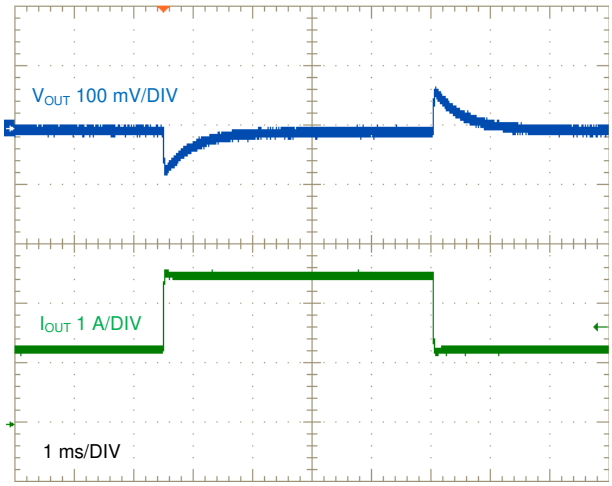


图 7-18. 负载瞬态响应，1.25A 至 2.5A 负载

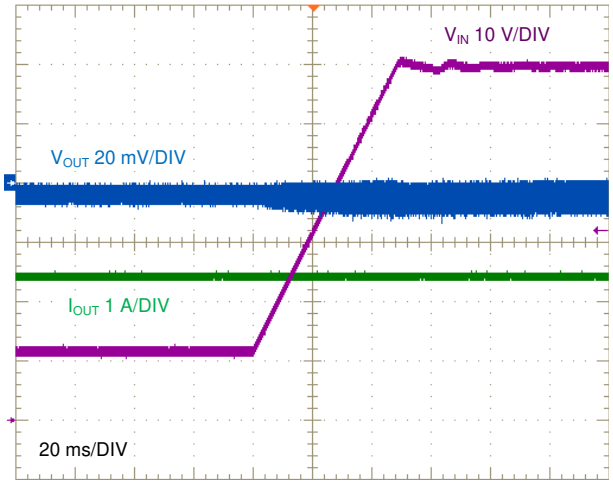


图 7-19. 线路瞬态，12V 至 60V，2.5A 负载

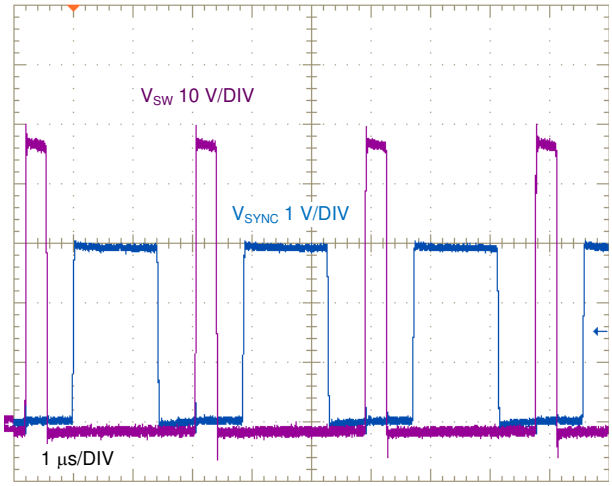


图 7-20. 350kHz 时 SYNC IN 运行

7.3 电源相关建议

LM5005 转换器设计为在 7V 和 75V 之间的宽输入电压范围内运行。输入电源的特性必须符合绝对最大额定值 和建议运行条件。此外，输入电源必须能够向满载稳压器提供所需的输入电流。可以使用方程式 22 来估算平均输入电流。

$$I_{IN} = \frac{V_{OUT} \times I_{OUT}}{V_{IN} \times \eta} \tag{22}$$

其中

- η 是效率

如果转换器通过长导线或具有大阻抗的 PCB 布线连接到输入电源，则需要特别谨慎才能实现稳定的性能。输入电缆的寄生电感和电阻可能会对转换器的运行造成不良影响。寄生电感与低 ESR 陶瓷输入电容相结合，构成一个欠阻尼谐振电路。每次进行输入电源的打开和关闭循环时，该电路都会导致 VIN 处出现过压瞬态。寄生电阻会在负载瞬变期间导致输入电压下降。如果稳压器的工作电压接近最小输入电压，则此下降可能导致错误的 UVLO 故障触发和系统复位。若要解决此类问题，最佳做法是缩短输入电源与稳压器之间的距离，并将铝或钽输入电容器与陶瓷电容器并联使用。电解电容器的中等 ESR 有助于抑制输入谐振电路并减少任何电压过冲。10µF 至 47µF 范围内的电容通常足以提供输入抑制，并有助于在大负载瞬变期间保持输入电压稳定。

稳压器的前面通常都会使用一个 EMI 输入滤波器，除非经过精心设计，否则该滤波器可能导致不稳定并产生上文所述的一些影响。 *"AN-2162 轻松解决直流/直流转换器的传导 EMI 问题" 用户指南* 提供了一些为任何开关稳压器设计输入滤波器时的实用建议。

7.4 布局

7.4.1 布局指南

PC 板布局是任何直流/直流转换器设计的重要和关键部分。任何开关转换器的性能都取决于 PCB 布局，同样也取决于元件选型。不良布局会导致开关转换器和周围电路性能下降：

- EMI
- 接地反弹
- 迹线导通损耗
- 散热问题

错误的信号可能会到达直流/直流转换器，从而可能导致不良稳压或不稳定。有多条路径传导高转换率电流或电压，这些电流或电压可能与杂散电感或寄生电容相互作用，从而产生噪声和 EMI 或降低电源性能。

用户可借助下面的指南设计一个 PCB，实现出色的功率转换和热性能，并更大限度地减小不必要的 EMI。

1. 在降压稳压器中，有两个关键的电流传导环路。第一个环路从输入电容器开始，到 LM5005 VIN 引脚，到 SW 引脚，到电感器，然后到负载。第二个环路从输出电容器返回端子开始，到 LM5005 PGND 引脚，到 IS 引脚，到续流二极管阳极，到电感器，然后到负载。尽可能地减小这两个环路的有效面积，以减少杂散电感，并更大限度地降低噪声和可能的运行不稳定情况。
2. 将输入电容器放置在靠近 LM5005 VIN 引脚及连接到 PGND 引脚的外露焊盘的位置。将电感器尽可能靠近 SW 引脚及输出电容器放置。如*用于降低 EMI 的 PCB 布局*中所述，放置有助于尽可能减小开关电流环路的面积并降低高电流路径的电阻损耗。一个很好的选择是在顶层使用接地平面来连接 PGND 引脚、器件的外露焊盘，以及输入和输出电容器的返回端子。有关更多详细信息，请参阅 *AN-1748 LM5005 评估板*用户指南中详细的电路板布局。
3. 更大限度地减小开关节点上的铜面积。使用宽布线将单个顶层平面上的两个 SW 引脚布线到电感器端子，以尽可能减少导通损耗。电感器可以放置在 PCB 相对于 LM5005 的底部，但要注意避免电感器磁场与敏感反馈或补偿布线发生任何耦合。
4. 在 PCB 的第二层上使用实心接地平面，尤其是在 LM5005 和功率级元件下方。该层充当噪声屏蔽层，也充当散热路径。
5. 使输入和输出电源总线连接尽可能宽且短，以减少转换器输入和输出的压降并提高效率。在顶部使用铜平面将多个 VIN 引脚和 PGND 引脚连接在一起。
6. 提供足够大的 PCB 面积，以实现适当的散热。如热设计中所述，使用足够的铜面积来提供与最大负载电流和环境温度相称的低 $R_{\theta JA}$。使用二盎司（不少于一盎司）的铜厚度制作 PCB 顶层和底层。使用矩阵式散热过孔将外露焊盘连接到 PCB 底层上的接地平面。如果 PCB 具有推荐的多个铜层，请将这些热通孔连接到内层散热接地平面。
7. 将检测迹线从 VOUT 调节点布放到反馈电阻器，使其远离 SW 引脚和电感器，避免因开关噪声而污染该反馈信号。当使用高电阻来设置输出电压时，这种布线最为重要。建议将反馈布线布置在与电感器和 SW 节点布线不同的层上，以便在检测布线与电感器或 SW 节点多边形之间存在接地平面，从而进一步消除反馈布线上的 EMI。
8. 如果负载处的电压精度很重要，请确认直接在负载端子处进行反馈电压感测。由此可校正 PCB 平面和布线中的压降，并提供出色的输出电压设定点精度和负载调节。将反馈电阻分压器放置在更靠近 FB 引脚的位置，而不是靠近负载，因为 FB 节点是误差放大器的输入，因此对噪声敏感。
9. COMP 也是对噪声敏感的节点。将补偿元件尽可能靠近 FB 和 COMP 引脚放置。
10. 将 R_T、C_{SS}、C_{RAMP} 和 C_{VCC} 的元件靠近各自的引脚放置。将所有信号元件接地回路连接直接连接至 LM5005 的 AGND 引脚。使用覆盖设备整个下侧的顶部铜区域，将 AGND 和 PGND 引脚连接在 LM5005 的暴露焊盘上。将此下侧铜区域内的几个通孔连接到 PCB 内部接地平面。
11. 有关其他重要指南，请参阅相关文档。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

7.4.1.1 专为降低 EMI 而设计的 PCB 布局

高转换速率电流边缘产生的辐射 EMI 与开关转换器中的脉动电流有关。脉冲电流路径覆盖的面积越大，产生的电磁辐射就越多。减小辐射 EMI 的关键是识别脉冲电流路径并尽可能地减小该路径覆盖的面积。

LM5005 功率级的重要高频开关电源环路（或热环路）在图 7-21 中以蓝色表示。降压转换器的拓扑结构意味着该环路中存在非常高的 di/dt 电流，在开关转换期间在外部连接的肖特基二极管和集成式高侧 MOSFET 之间进行电流换向。必须尽可能地减小此有效环路面积，同时确保有效眼图能够减少布局引起的寄生或杂散电感，这些寄生电感或杂散电感会导致过多的 SW 电压过冲和振铃、噪声以及接地反弹。

通常，MOSFET 开关行为及其对波形振铃、功率耗散、器件应力和 EMI 的后果与电源环路的寄生电感有关。因此，减小开关环路面积的累积优势包括：由于功率 MOSFET 电压和电流应力较低、可靠性和稳健性更高、输入电压瞬态裕度增加以及 EMI 滤波更容易（尤其是在高于 30MHz 的更具挑战性的高频频带中）。

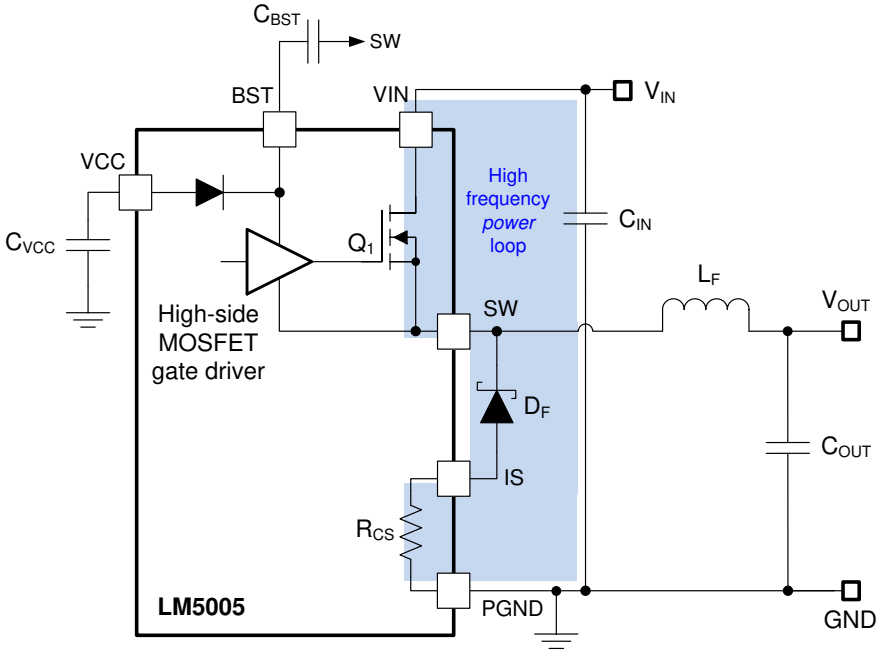


图 7-21. LM5005 功率级电路开关环路

在靠近输入端的位置放一个高频陶瓷旁路电容可为脉冲电流的高电流变化率组件提供基本路径。通过低电感的短布线将低 ESL 陶瓷旁路电容器放置于 VIN 和 PGND 引脚。确保连接 SW 和电感器的走线应尽可能短，并且宽度应足以承载负载电流而不会出现过热现象。为电流传导路径使用短而厚的走线或覆铜多边形（形状），以尽可能减小寄生电阻。将输出电容器放置在电感器的 VOUT 侧附近，并使用 GND 平面覆铜将返回连接布线回 PGND 引脚和 LM5005 的暴露焊盘。

7.4.1.2 热设计

与任何功率转换器件一样，LM5005 在运行时会消耗内部功率。这种功耗的影响是将 LM5005 的内部结温升高到环境温度以上。结温 (T_J) 是环境温度 (T_A)、功率损耗 (P_D) 以及器件和 PCB 组合的有效热阻 ($R_{\theta JA}$) 的函数。LM5005 的最大工作结温为 125°C，从而对最大器件功耗以及高环境温度下的负载电流设定了限制。方程式 23 和方程式 24 示出了这些参数之间的关系。

$$P_D = P_{OUT} \times \left[\frac{1-\eta}{\eta}\right] - V_F \times I_{OUT} \times [1-D] - {I_{OUT}}^2 \times R_{DCR} \times 1.5 \quad (23)$$

$$T_J = P_D \times \theta_{JA} + T_A \quad (24)$$

方程式 23 中电感器功率损耗的近似值包括磁芯损耗的 1.5 倍系数。此外，如果使用了缓冲器，则通过观察导通和关断开关转换时的电阻压降来估算功率损耗。

较高的环境温度和较大的 $R_{\theta JA}$ 值会降低最大可用输出电流。如果结温超过 165°C，LM5005 会循环进入和退出热关断。热关断可能是散热不足或功率耗散过大的迹象。通过在该板内使用更多散热过孔，更大的板或额外的散热层来改善 PCB 散热。

如*半导体和 IC 封装热指标 应用手册*中所述，热性能信息 部分中给出的值对于设计用途并非始终可用于估算应用的热性能。此表中报告的值是在实际应用中很少获得的一组特定条件下测量的。有效 $R_{\theta JA}$ 是一个关键参数，取决于许多因素（例如功率耗散、空气温度、PCB 面积、铜散热器面积、封装下的散热过孔数量、气流和相邻元件放置）。LM5005 的外露焊盘与 PGND 具有直接热连接。此焊盘必须直接焊接到 PCB 铜接地平面，以提供有效的散热器和适当的电气连接。使用文档支持中列出的文件作为优化热 PCB 设计和估计给定应用环境下的 $R_{\theta JA}$ 的指南。

7.4.1.3 接地平面设计

如前所述，建议使用一个内部 PCB 层作为实心接地平面。接地平面既为敏感电路和迹线提供屏蔽功能，也为控制电流提供静态基准电位。使用 LM5005 外露焊盘下面的一组过孔将 PGND 引脚连接到系统接地平面。另外将 PGND 引脚直接连接到输入和输出电容器的返回端子。PGND 网络包含开关频率下的噪声，可能会因负载电流的变化而抖动。PGND、VIN 和 SW 的电源迹线可以限制在接地平面的一侧。接地平面另一侧的噪声则小得多，因此非常适合放置一些敏感的模拟迹线。

7.4.2 布局示例

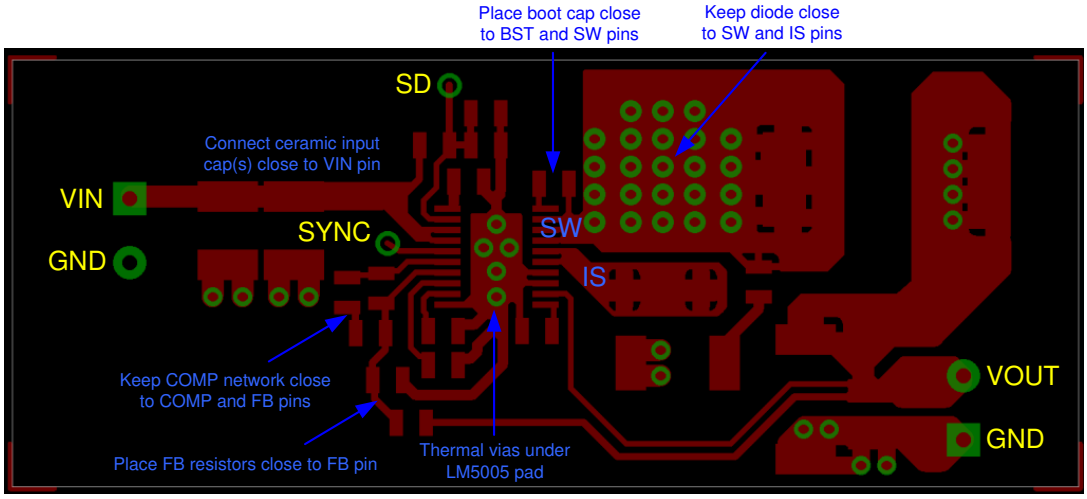


图 7-22. 组件侧

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

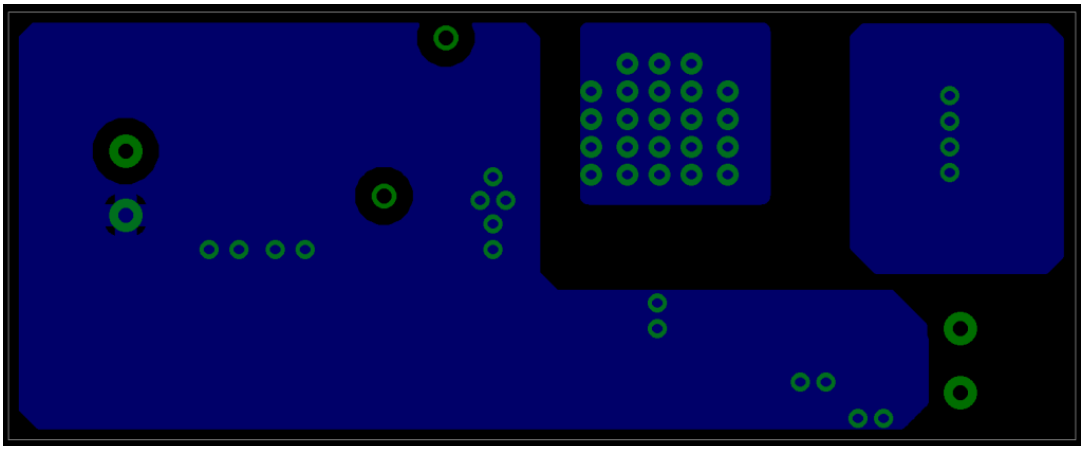


图 7-23. 焊接测（顶视图）

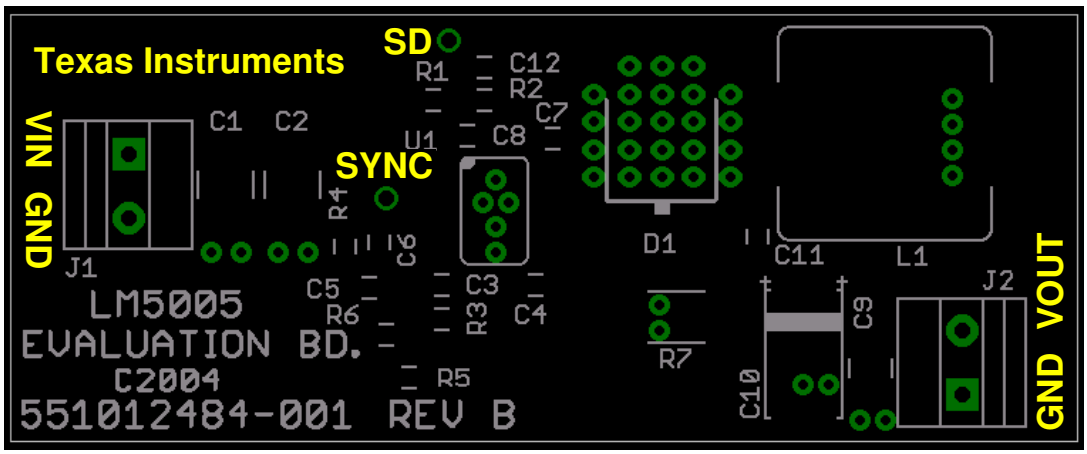


图 7-24. 丝印

8 器件和文档支持

8.1 第三方产品免责声明

TI 发布的与第三方产品或服务有关的信息，不能构成与此类产品或服务或保修的适用性有关的认可，不能构成此类产品或服务单独或与任何 TI 产品或服务一起的表示或认可。

8.2 器件支持

8.2.1 开发支持

相关开发支持请参阅以下资源：

- 有关 TI 的参考设计库，请访问 TI Designs
- 有关 TI 的 WEBENCH 设计环境，请访问 WEBENCH 设计中心

8.2.1.1 使用 WEBENCH® 工具创建定制设计方案

点击此处，使用 **LM5005** 器件并借助 WEBENCH® Power Designer 创建定制设计方案。

1. 首先键入输入电压 (V_{IN})、输出电压 (V_{OUT}) 和输出电流 (I_{OUT}) 要求。
2. 使用优化器表盘，优化该设计的关键参数，如效率、占用空间和成本。
3. 将生成的设计与德州仪器 (TI) 其他可行的解决方案进行比较。

WEBENCH Power Designer 提供了定制原理图并罗列了实时价格和组件供货情况的物料清单。

在多数情况下，可执行以下操作：

- 运行电气仿真，观察重要波形以及电路性能
- 运行热性能仿真，了解电路板热性能
- 将定制原理图和布局方案以常用 CAD 格式导出
- 打印 PDF 格式的设计报告并与同事共享

有关 WEBENCH 工具的更多信息，请访问 www.ti.com/WEBENCH。

8.3 文档支持

8.3.1 相关文档

请参阅以下相关文档：

- 德州仪器 (TI)，*AN-1748 LM5005 评估板* EVM 用户指南
- 德州仪器 (TI)，*适用于宽输入/输出电压差的降压稳压器拓扑* 营销白皮书
- 德州仪器 (TI)，*评估适用于成本驱动型严苛应用的宽 V_{IN}、低 EMI 同步降压电路* 营销白皮书
- 德州仪器 (TI)，*宽 V_{IN} 电源管理 IC 可简化设计、降低 BOM 成本和提高可靠性* 营销白皮书

8.3.1.1 PCB 布局资源

- 德州仪器 (TI)，*AN-1149 开关电源布局指南*应用手册
- 德州仪器 (TI)，*AN-1229 SIMPLE SWITCHER® PCB 布局指南* 应用手册
- 德州仪器 (TI)，*AN-2162：轻松解决直流-直流转换器的传导 EMI 问题* 应用手册
- 德州仪器 (TI)，*构建电源之布局注意事项* 研讨会
- 德州仪器 (TI)，*使用 LM4360x 与 LM4600x 简化低辐射 EMI 布局* 应用手册
- 德州仪器 (TI)，*通过更大程度降低电感寄生来降低降压转换器 EMI 和电压应力* 模拟设计期刊

8.3.1.2 热设计资源

- 德州仪器 (TI)，*AN-1520A 外露封装实现最佳热阻性的电路板布局布线指南* 应用手册
- 德州仪器 (TI)，*AN-2020 热设计：学会洞察先机，不做事后诸葛* 应用手册
- 德州仪器 (TI)，*PowerPAD™ 速成* 应用简报
- 德州仪器 (TI)，*PowerPAD™ 热增强型封装* 应用手册

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

- 德州仪器 (TI)，*半导体和 IC 封装热指标* 应用手册
- 德州仪器 (TI)，*通过 LM43603 和 LM43602 简化热设计* 应用手册
- 德州仪器 (TI)，*使用新的热指标* 应用手册

8.4 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 ti.com 上的器件产品文件夹。点击*通知* 进行注册，即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

8.5 支持资源

TI E2E™ 中文支持论坛是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的使用条款。

8.6 商标

PowerPAD™ and TI E2E™ are trademarks of Texas Instruments.
WEBENCH® and SIMPLE SWITCHER® are registered trademarks of Texas Instruments.
所有商标均为其各自所有者的财产。

8.7 静电放电警告

静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

8.8 术语表

TI 术语表	本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

9 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision E (November 2016) to Revision F (December 2025) **Page**

- 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式 1
- 将整个文档中的旧术语从主器件更改为控制器，并从从器件更改为外设 1
- 将 V_{CC} 电流限值从：20mA 更新为：25mA 6
- 将 V_{CC} UVLO 阈值从：6.35V 更新为：5.35V 6
- 将 V_{CC} 欠压迟滞从：1V 更新为：0.25V 6
- 添加了典型偏置电流 I_{IN} 电流信息 6
- 将偏置电流 I_{IN} 最大电流从：5mA 更新为：4.5mA 6
- 将典型关断工作电流从：60 µA 更新为：48 µA 6
- 将最大关断工作电流从：100 µA 更新为：85 µA 6
- 添加了预充电开关导通时间参数 6
- 将降压开关 Rds_on 从：160mΩ 更新为：170mΩ 6
- 将 BOOST UVLO 迟滞从：0.56V 更新为：0.8V 6
- 将逐周期电流限制延迟从：100nsec 更新为：75nsec 6

Changes from Revision D (March 2013) to Revision E (November 2016) **Page**

- 添加了 *ESD 等级* 表、*特性说明* 部分、*器件功能模式*、*应用和实现* 部分、*电源相关建议* 部分、*布局* 部分、*器件和文档支持* 部分以及*机械、封装和可订购信息* 部分 1
- 删除了*简化版应用原理图* 1
- 添加了*典型应用电路* 图像 1
- 将*热性能信息* 表中的结至环境 $R_{\theta JA}$ 值从：40 更改为 35.2 5
- 将*热性能信息* 表中的结至外壳 $R_{\theta JC (bot)}$ 值从：4 更改为 1.2 5
- 更改了*效率与 I_{OUT} 和 V_{IN} 间的关系* 图表 7
- 删除了 *V_{OUT} > 7.5V 时，R_{RAMP} 连接 V_{CC}* 11
- 添加了*当 VOUT > 7.5V 时，外部斜坡电阻器连接到 VCC* 图 11

10 机械、封装和可订购信息

以下页面包含机械、封装和可订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

Copyright © 2025 Texas Instruments Incorporated

PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package | Pins	Package qty | Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
LM5005MH/NOPB	Active	Production	HTSSOP (PWP) | 20	73 | TUBE	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	LM5005 MH
LM5005MH/NOPB.A	Active	Production	HTSSOP (PWP) | 20	73 | TUBE	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	LM5005 MH
LM5005MH/NOPB.B	Active	Production	HTSSOP (PWP) | 20	73 | TUBE	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	LM5005 MH
LM5005MHX/NOPB	Active	Production	HTSSOP (PWP) | 20	2500 | LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	LM5005 MH
LM5005MHX/NOPB.A	Active	Production	HTSSOP (PWP) | 20	2500 | LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	LM5005 MH
LM5005MHX/NOPB.B	Active	Production	HTSSOP (PWP) | 20	2500 | LARGE T&R	Yes	SN	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	LM5005 MH

(1) **Status:** For more details on status, see our product life cycle.

(2) **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

(3) **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the TI RoHS Statement for additional information and value definition.

(4) **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

(5) **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

(6) **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

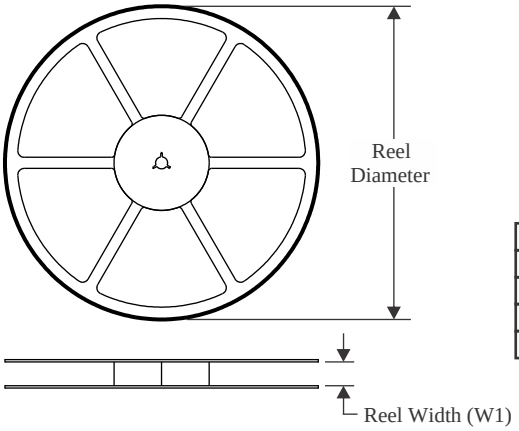
Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

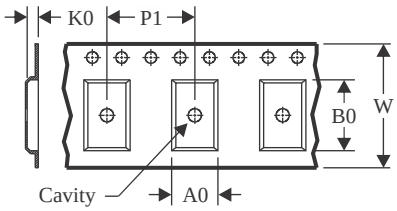
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

TAPE AND REEL INFORMATION

REEL DIMENSIONS

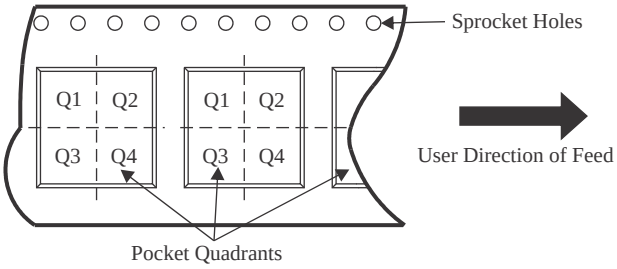


TAPE DIMENSIONS



A0	Dimension designed to accommodate the component width
B0	Dimension designed to accommodate the component length
K0	Dimension designed to accommodate the component thickness
W	Overall width of the carrier tape
P1	Pitch between successive cavity centers

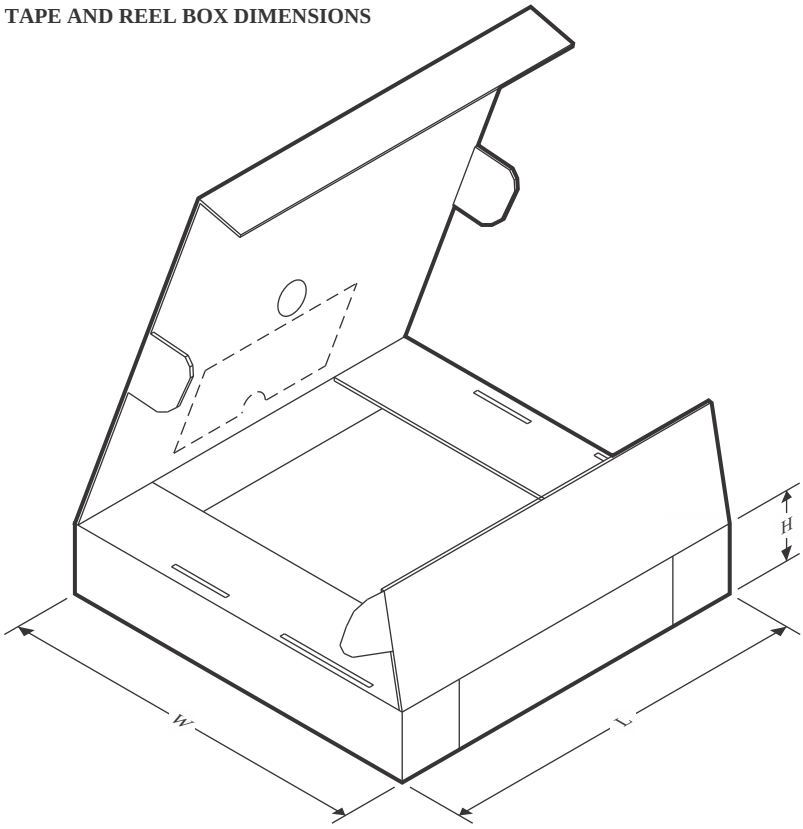
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
LM5005MHX/NOPB	HTSSOP	PWP	20	2500	330.0	16.4	6.95	7.0	1.4	8.0	16.0	Q1

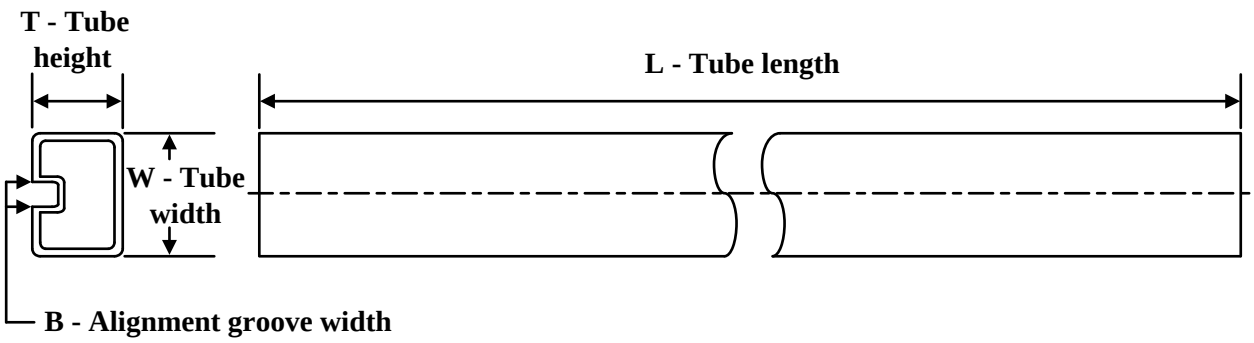
TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

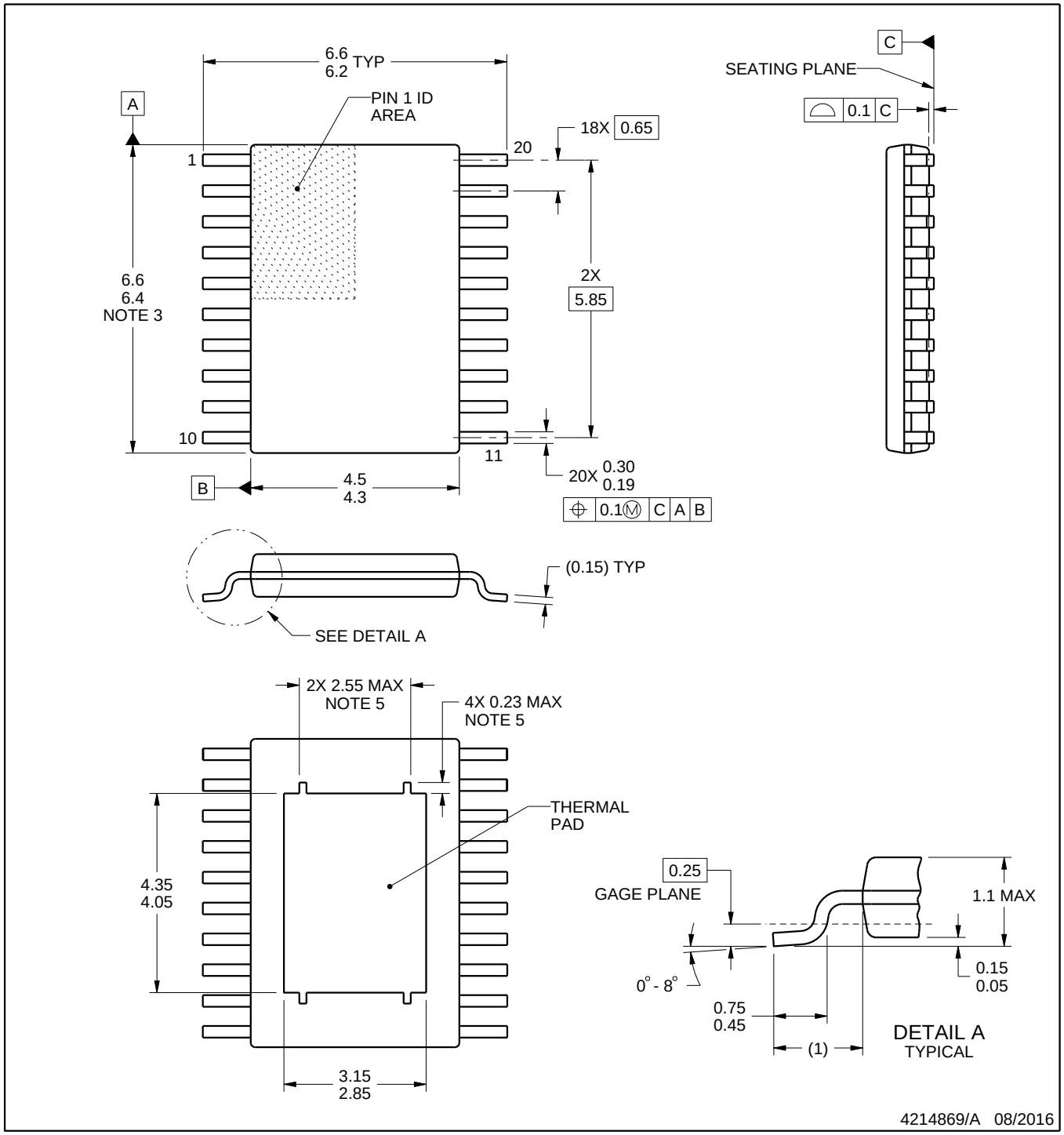
Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
LM5005MHX/NOPB	HTSSOP	PWP	20	2500	367.0	367.0	35.0

TUBE



*All dimensions are nominal

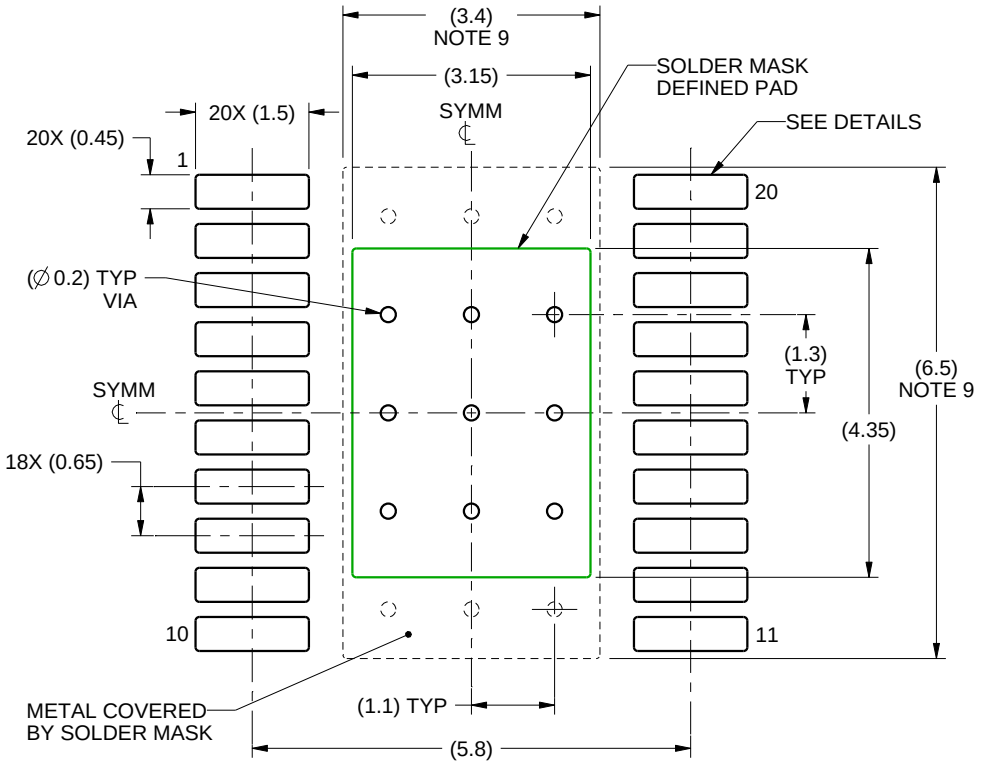
Device	Package Name	Package Type	Pins	SPQ	L (mm)	W (mm)	T (µm)	B (mm)
LM5005MH/NOPB	PWP	HTSSOP	20	73	495	8	2514.6	4.06
LM5005MH/NOPB.A	PWP	HTSSOP	20	73	495	8	2514.6	4.06
LM5005MH/NOPB.B	PWP	HTSSOP	20	73	495	8	2514.6	4.06



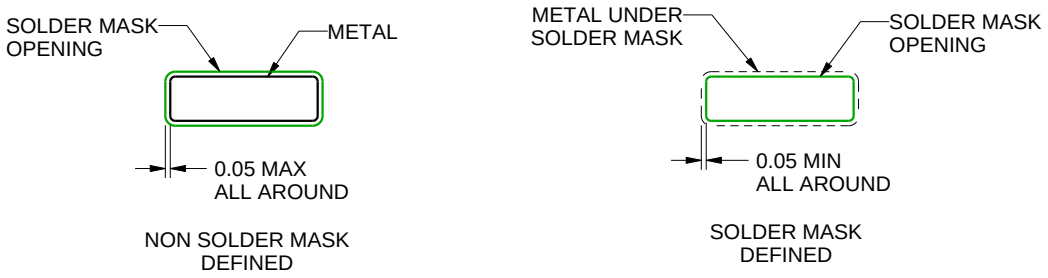
PowerPAD is a trademark of Texas Instruments.

NOTES:

1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.15 mm per side.
4. Reference JEDEC registration MO-153.
5. Features may differ or may not be present.



LAND PATTERN EXAMPLE
SCALE:10X

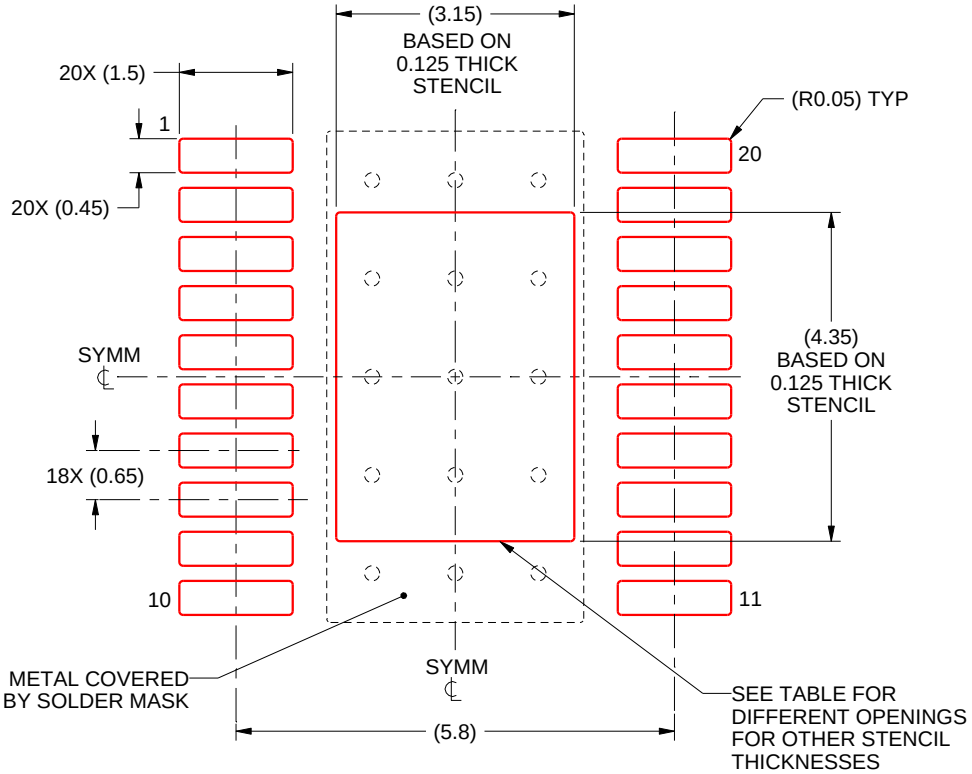


SOLDER MASK DETAILS
PADS 1-20

4214869/A 08/2016

NOTES: (continued)

6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.
8. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature numbers SLMA002 (www.ti.com/lit/slma002) and SLMA004 (www.ti.com/lit/slma004).
9. Size of metal pad may vary due to creepage requirement.



SOLDER PASTE EXAMPLE
EXPOSED PAD
100% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA
SCALE:10X

STENCIL THICKNESS	SOLDER STENCIL OPENING
0.1	3.52 X 4.86
0.125	3.15 X 4.35 (SHOWN)
0.15	2.88 X 3.97
0.175	2.66 X 3.68

4214869/A 08/2016

NOTES: (continued)

10. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
11. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做出任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 销售条款)、TI 通用质量指南 或 ti.com 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。 除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月