

LM21305 降压转换器评估模块用户指南



内容

1 LM21305 概述.....	2
2 典型应用电路.....	3
3 评估板原理图.....	4
4 评估板物料清单 (BOM).....	5
5 连接说明.....	5
6 跳线设置.....	6
7 其他设计示例.....	6
8 典型性能特性.....	7
9 元件选型.....	8
9.1 输入电容器.....	8
9.2 AVIN 滤波器.....	8
9.3 开关频率可选.....	9
9.4 电感器.....	9
9.5 输出电容器.....	9
9.6 补偿电路.....	10
10 PCB 布局.....	11
11 修订历史记录.....	13

商标

WEBENCH® is a registered trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 LM21305 概述

LM21305 是一款功能齐全的可调频率同步降压负载点稳压器，能够提供高达 5A 的连续输出电流。该器件经过优化，可在 3V 至 18V 的输入电压范围和 0.598V 至 5V 的输出电压范围内工作，因此适合各种应用。LM21305 为数字负载提供出色的输出电压精度以及出色的线路和负载瞬态响应。该器件通过外部电阻器的可编程开关频率提供灵活的系统配置，能够将开关频率与外部时钟同步。频率可设置为 300kHz 至 1.5MHz。该器件还提供以下功能：

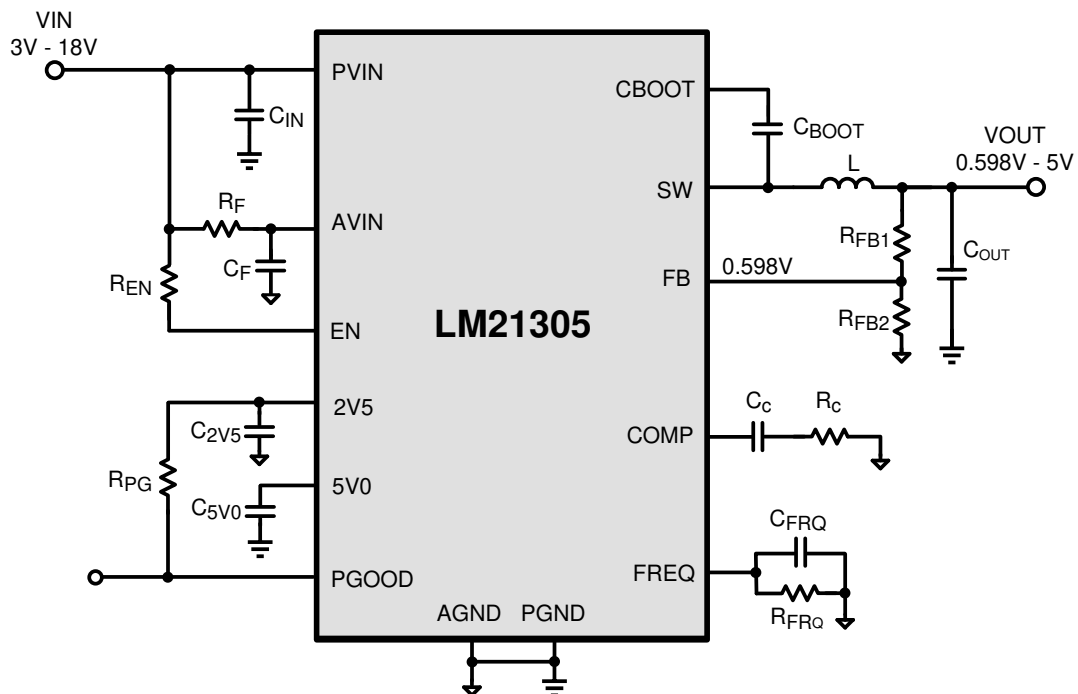
- 内部软启动可限制浪涌电流
- 预偏置和单调启动能力
- 逐周期电流限制
- 热关断

该器件具有内部过压保护 (OVP) 和过流保护 (OCP) 电路，可提高系统可靠性。精密使能引脚和欠压锁定 (UVLO) 支持对器件的开启进行严格的控制和定序。借助集成的电源正常状态电路，可实现故障检测和电源定序。

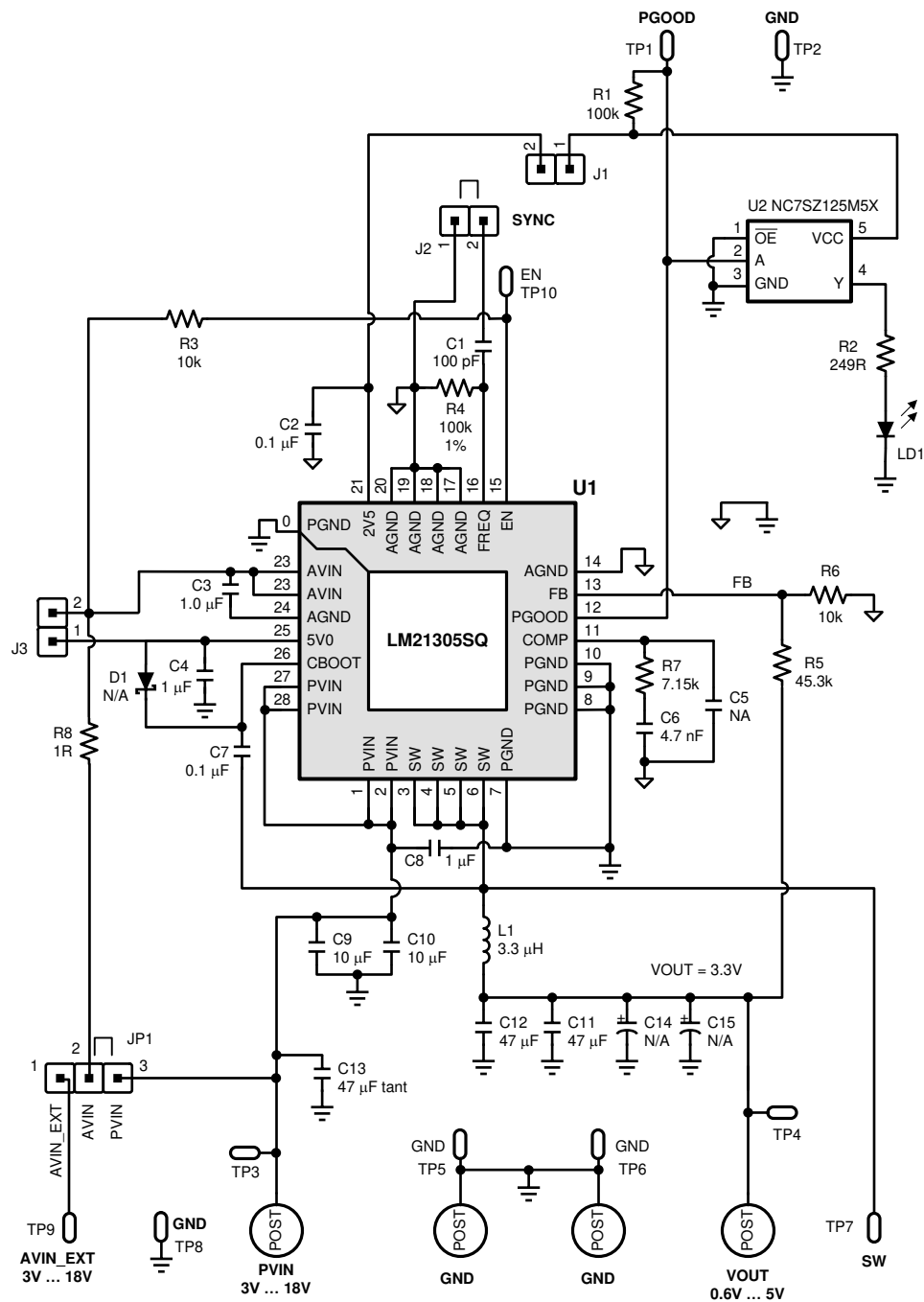
LM21305 采用带外露焊盘的 WQFN-28 封装，具有增强的热性能。LM21305 评估板可以随时在以下条件下运行：

参数	默认值	范围和选项
PVIN	12V	外部电源 5V 至 18V
AVIN	=PVIN	连接到 PVIN 或 JP1 选择的独立电源 (3V 至 18V)
VOUT	3.3V	0.598V 至 5V，通过更改 R5 和/或 R6
开关频率	500kHz	300kHz 至 1.5MHz，通过更改 R4
I _{OUT}		0 A 至 5 A
大小	2 英寸 × 1.5 英寸	
PCB 层数	4	

2 典型应用电路



3 评估板原理图



4 评估板物料清单 (BOM)

表 4-1. 电路板物料清单 (BOM)

元件	描述	制造商	制造商器件型号	封装
C1	陶瓷 100pF 25V NPO	AVX	06033A101KAT2A	0603
C2、C7	陶瓷, 0.1μF, 16V, X7R	TDK	C1608X7R1C104M	0603
C3、C4	陶瓷, 1.0μF, 25V, X7R	TDK	C1608X7R1E105M	0603
C5	不适用	不适用	不适用	不适用
C6	陶瓷 4.7nF 50V X7R	TDK	C1608X7R1H472J	0603
C8	陶瓷, 1.0μF, 25V, X7R	TDK	C3216X7R1E105K	1206
C9、C10	陶瓷, 10μF, 25V, X5R	TDK	C3225X5R1E106K	1210
C11、C12	陶瓷, 47μF, 10V, X5R	TDK	C3225X5R1A476M	1210
C13	TANT 47μF 25V	Kemet (基美)	T495X476K025ATE150	CASE D
C14、C15	不适用	不适用	不适用	不适用
D1	不适用	不适用	不适用	不适用
L1	3.3μH 9.0A SMD	Würth Electronics (伍尔特电子)	744314330	SMD
LD1	LED 绿色	CML	CMDA5CG7D1Z	0805
R3, R6	10kΩ 0603 1%	Yageo (国巨)	RC0603FR-710KL	0603
R2	249Ω 0603 1%	Yageo (国巨)	RC0603FR-07249RL	0603
R1、R4	100kΩ 0603 1%	Yageo (国巨)	RC0603FR-07100KL	0603
R5	45.3kΩ 0603 1%	Yageo (国巨)	RC0603FR-0745K3L	0603
R7	7.15kΩ 0603 1%	Yageo (国巨)	RC0603FR-077K15RL	0603
R8	1Ω 0603 1%	Yageo (国巨)	RC0603FR-071RL	0603
U1	LM21305 降压稳压器	德州仪器 (TI)	LM21305	WQFN-28
U2	IC BUFF NON-INV	Fairchild (仙童半导体)	NC7SZ125M5X	SOT 23-5

5 连接说明

端子丝印	说明
PVIN	在此端子与旁边的 GND 端子之间连接电源。该器件的额定电压为 3V 至 18V。绝对最大额定电压为 20V。
GND	GND 端子用于为旁边的电源和信号端子提供闭合返回路径。它们在电路板上连接在一起。
SW	SW 端子连接到功率级的开关节点。它可用于使用示波器监控开关节点波形。
VOOUT	VOOUT 端子连接到板上的输出电容, 并且应连接到负载。
AVIN_EXT	LM21305 评估板有助于通过选择 JP1 和连接到 AVIN_EXT 端子而使用单独的电源电压。大多数情况下, 5V 的 AVIN 电压将实现最佳效率。
EN	该端子连接到器件的 EN 引脚。EN 通过电路板上的 10kΩ 电阻上拉至 AVIN。也可以通过该端子进行外部控制。如果从外部驱动, 通常大于 1.2V 的电压将启用该器件。
PGOOD	该端子连接到器件的电源正常输出。从该引脚到 2V5 偏置轨有一个 100kΩ 的上拉电阻。

6 跳线设置

端子丝印	说明
JP1	设置 LM21305 的 AVIN。引脚 2 和 3 连接得到 AVIN = PVIN。引脚 1 和 2 连接得到 AVIN = AVIN_EXT。 默认值：引脚 2 和 3 连接。
J1	启用板载 LED、LD1。当 J1 导通时，如果 PGOOD 为高电平，LD1 将导通。当 J1 关闭时，用于驱动 LD1 的功率得以节省。 默认值：导通
J2	同步时钟输入。当 J2 导通时，C1 接地，开关频率由板载电阻 R4 设置。当 J2 关闭时，开关节点波形将同步到连接到 J2 的时钟源。 默认值：导通
J3	只能在 AVIN = 5V 时连接。当 AVIN 低于 5V，尤其是低于 3.3V 时，连接 J3 可以提高效率。 默认值：关闭 警告：如果 AVIN > 5.5V，连接 J3 可能会损坏器件。

7 其他设计示例

LM21305 旨在适用于各种应用。LM21305 的设计计算器工具可用于加速设计流程。此外，LM21305 通过德州仪器 (TI) WEBENCH® Power Designer 启用。为方便起见，这里给出了几个设计示例，下面仅列出需要修改的元件。设计示例如下：

- PVIN=12V
- $f_s = 500 \text{ kHz}$
- $I_{\text{OUT-MAX}} = 5\text{A}$
- $V_{\text{OUT}} = 1.2\text{V}$ 、 1.8V 、 2.5V 、 3.3V 和 5V

V_{OUT}	1.2V	1.8V	2.5V	3.3V	5V
C6	3300pF, 25V	3300pF, 25V	4700pF, 25V	4700pF, 25V	4700pF, 25V
L1	1.5μH, 10A	2.2μH, 10A	2.2μH, 10A	3.3μH, 10A	3.3μH, 10A
R5	10kΩ, 1%	20kΩ, 1%	31.6kΩ, 1%	45.3kΩ, 1%	73.2kΩ, 1%
R7	3.32kΩ, 1%	4.22kΩ, 1%	5.10kΩ, 1%	7.15kΩ, 1%	8.2kΩ, 1%

8 典型性能特性

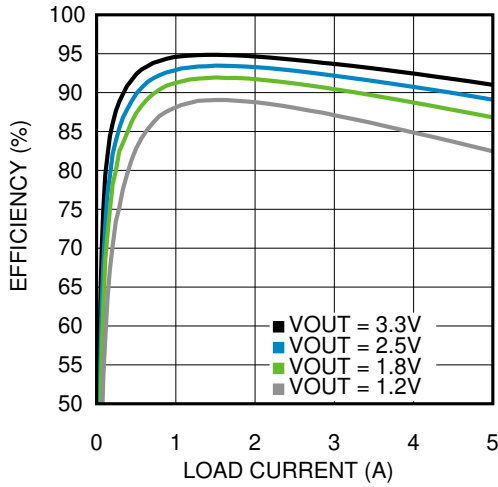


图 8-1. 效率 ($P_{VIN} = A_{VIN} = 5V$, $f_s = 500kHz$)

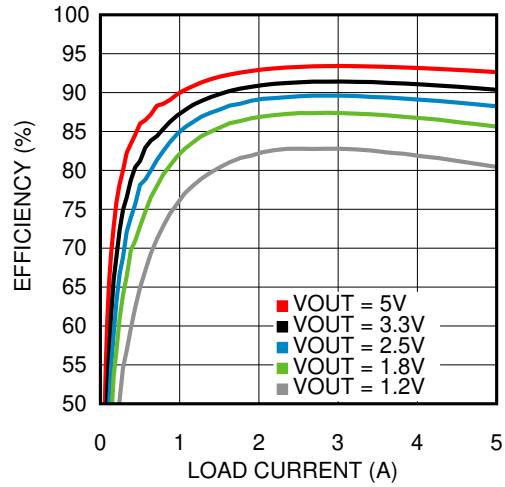


图 8-2. 效率 ($P_{VIN} = A_{VIN} = 12V$, $f_s = 500kHz$)

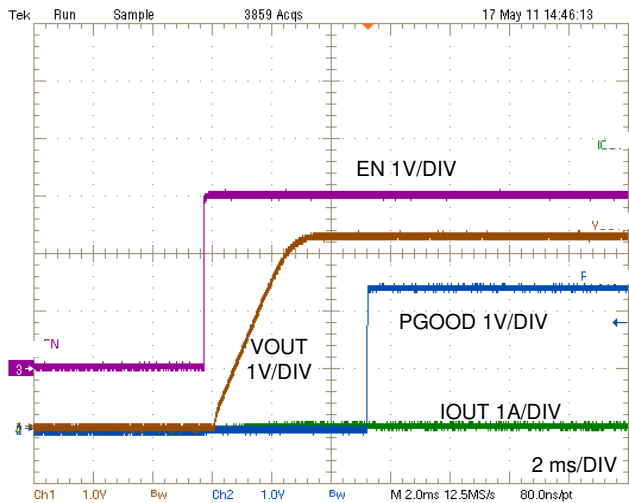


图 8-3. 启动, 无负载

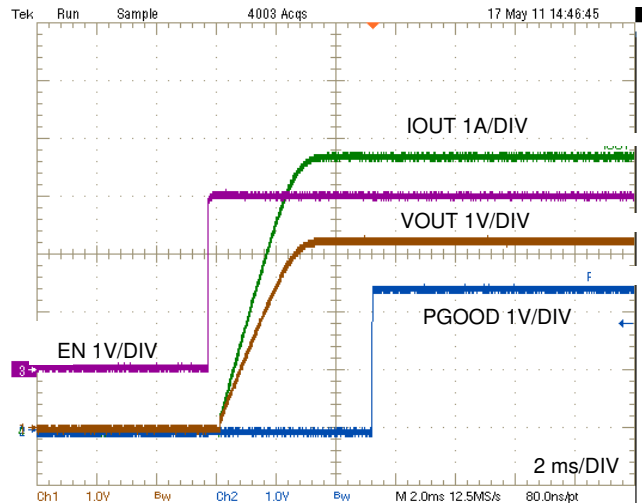


图 8-4. 启动, 5A 电阻负载

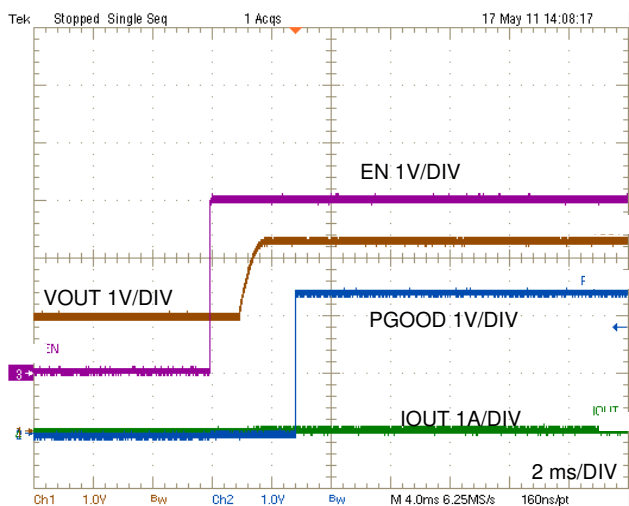


图 8-5. 启动, 预偏置负载

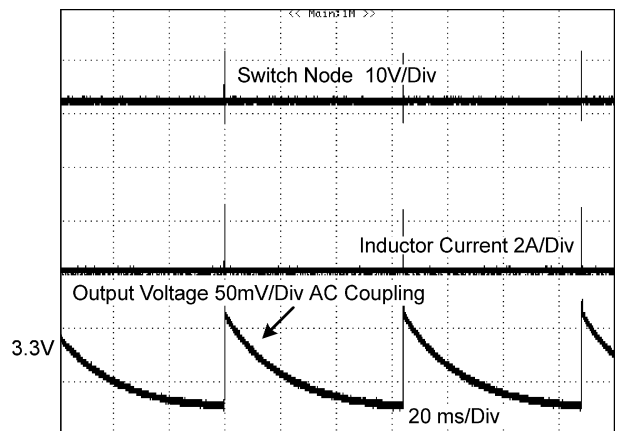


图 8-6. 无负载时的开关波形 (DCM 模式)

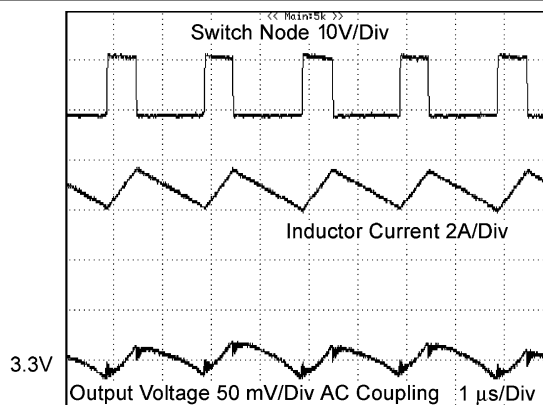


图 8-7. 5A 负载时的开关波形

9 元件选型

本节提供了选择外部元件以构建功能齐全的高效降压电源所需的简化设计程序。与任何直流/直流转换器一样，为了优化设计的效率、尺寸和性能，可以进行各方面的权衡。除非另有说明，所有公式均采用以下单位：

- 电流单位为安培 (A)
- 电容单位为法拉 (F)
- 电感单位为亨利 (H)
- 电压单位为伏特 (V)
- 频率单位为赫兹 (Hz)

更多详细信息，请参阅 LM21305 数据表。

9.1 输入电容器

PVIN 是开关功率级的电源电压。它是提供输出功率的电源。输入电容器提供由内部 MOSFET 的开关动作汲取的较大交流开关电流。降压转换器的输入电流是不连续的，因此输入电容提供了很大的纹波电流。输入电容的额定值必须能够处理该电流。为防止大电压瞬变，应使用尺寸适合最大 RMS 电流的低 ESR 输入电容器。最大 RMS 电流由下式给出：

$$I_{RMS_CIN} = I_{OUT} \sqrt{\frac{V_{OUT} (V_{PVIN} - V_{OUT})}{V_{PVIN}}} \quad (A) \quad (1)$$

输入电容的功耗由下式给出：

$$P_{D_CIN} = I_{RMS}^2 R_{ESR_CIN}$$

其中

- R_{ESR_CIN} 是输入电容器的 ESR。

该公式在 $PVIN = 2V_{OUT}$ 时具有最大值，其中 $I_{RMS} \cong I_{OUT} / 2$ 。这种简单的最坏情况通常用于设计，因为即使是明显的偏差也不能带来很多缓解。也可以将多个电容器并联以满足设计中的尺寸或高度要求。对于低输入电压应用，需要足够大的输入电容以尽可能减少负载电流变化期间的瞬态效应。为实现理想的高频去耦，还建议在 PVIN 和 PGND 引脚之间的 IC 附近放置 1μF 陶瓷旁路电容器。如需了解详细信息，请参阅 LM21305 数据表中的 PCB 布局建议部分。请注意，在电源线具有寄生串联电感时，该评估板使用电解电容器的 ESR 来抑制可能发生的任何振荡。

9.2 AVIN 滤波器

这在原理图中显示为 R_F 和 C_F 。电阻器 R_F 的大小实际上有限制，因为 AVIN 引脚会在启动期间吸收 60mA 的短脉冲电流，如果 R_F 太大，产生的电压降会触发 UVLO 比较器。对于评估板，将 1Ω 电阻器用于 R_F ，确保器件启用后不会触发 UVLO。推荐使用的 1μF C_F 电容器与 1Ω 电阻器耦合，可在 500kHz 开关频率下提供大约 10dB 的衰减。

9.3 开关频率可选

LM21305 支持各种开关频率：300 kHz 至 1.5 MHz。选择开关频率时通常要在效率和电路尺寸之间进行平衡。较低的开关频率通常意味着较低的开关损耗（包括栅极电荷损耗、转换损耗等），并且通常会实现更高的效率。但是，较高的开关频率允许使用较小的 LC 滤波器，以实现更加紧凑的设计。较低的电感还有助于瞬态响应（电感器电流的大信号转换速率更快）并降低与电感 DCR 相关的导通损耗。可实现高效率的理想开关频率需要根据具体情况确定。它与输入电压、输出电压、常见负载水平、外部元件选择和电路尺寸要求有关。如果工作条件可以触发 T_{ON-MIN} 和 $T_{OFF-MIN}$ ，开关频率选择会受限。可用于给定输入和输出电压的最大频率可通过下式求出：

$$f_{s-max} = \frac{V_{OUT}}{V_{PVIN-max}} \times \frac{1}{T_{ON-MIN}} \quad (2)$$

应使用以下公式计算电阻器 R_4 的阻值，以获得所需的工作频率：

$$f_s [\text{kHz}] = 31000 \times R^{-0.9} [\text{k}\Omega]$$

9.4 电感器

对 LM21305 应用中的电感器的一般建议是将峰-峰值纹波电流保持在最大直流负载电流 (5A) 的 20% 和 40% 之间，最好是 30%。电感器还应具有足够高的额定电流和尽可能小的 DCR。

峰-峰值电流纹波可以通过下式计算得出：

$$\Delta i_{LP-P} = \frac{(1-D) \times V_{OUT}}{f_s \times L} \quad (3)$$

电感和/或开关频率越低，电流纹波越大。一般来说，在输出电压固定的情况下， P_{VIN} 越高，电感电流纹波越大。如果 P_{VIN} 保持恒定，则电感电流纹波在 50% 占空比时最高。建议选择 L ，以便：

$$\frac{(1-D) \times V_{OUT}}{f_s \times 0.4 \times I_{L(MAX)}} \leq L \leq \frac{(1-D) \times V_{OUT}}{f_s \times 0.2 \times I_{L(MAX)}} \quad (4)$$

在确定电感器的额定值时，电感器能够处理最大负载电流和波纹电流。

$$I_{L(MAX)} = I_{LOAD(MAX)} + \Delta i_{L(MAX)} / 2$$

饱和电流高于过流保护限值的电感器是安全的选择。人们希望在开关电源中使用较小的电感，因为这通常意味着更快的瞬态响应、更小的 DCR 和更小的尺寸，从而实现更紧凑的设计。但是，过低的电感会产生过大的电感电流纹波，并且可能会在达到最大负载时错误地触发过流保护。这也会导致更多的传导损耗，因为在同一个直流回路中 RMS 电流会比有更低波纹电流的稍高。在相同输出电容下，电感电流纹波越大，输出电压纹波则越大。在峰值电流控制模式下，为了使峰值电流比较器具有足够的信噪比，不建议使用过小的电感电流波纹。

9.5 输出电容器

LM21305 旨在与多种 LC 输出滤波器搭配使用。通常希望使用尽可能小的输出电容来降低成本和缩小尺寸。应谨慎选择输出电容器 C_{OUT} ，因为它直接影响稳态输出电压纹波、环路稳定性以及负载瞬态期间的电压过冲或下冲。输出电压纹波由两部分组成：一部分与电感电流纹波经过输出电容的等效串联电阻 (ESR) 相关：

$$\Delta V_{OUT-ESR} = \Delta i_{LP-P} \times ESR$$

另一部分是电感电流纹波对输出电容充放电造成的：

$$\Delta V_{OUT-C} = \frac{\Delta i_{LP-P}}{8f_s C_{OUT}} \quad (5)$$

纹波中的两个分量并非同相的，因此实际峰-峰值纹波小于两个峰值之和：

$$\Delta V_{OUT} < \Delta i_{LP-P} \times \left(\frac{1}{8f_s C_{OUT}} + ESR \right) \quad (6)$$

输出电容通常受系统瞬态性能参数的限制，特别是系统要求带有在快速变化的大电流阶跃下保持电压稳定。为了在负载瞬态期间保持较小的过冲或下冲，需要较小的 ESR 和较大的电容。但这要以更高的成本和更大的尺寸为代价。显然，控制回路也应该快速运行才能减少压降。

建议使用一个或多个陶瓷电容器，因为它们 ESR 非常低，并且在高频下仍保持容性。电介质应为 X5R、X7R 或类似材料，以保持适当的公差。如果需要大电容，也可以使用其他类型的电容器，例如钽、POSCAP 和 OSCON。此类电容器的 ESR 零频率 $1 / (2 \pi ESR \times C)$ 低于陶瓷电容器。如果较低的 ESR 零频率接近交叉频率，则会影响控制回路。如果需要高开关频率和高交叉频率，有时更适合采用全陶瓷电容器设计。

9.6 补偿电路

LM21305 旨在在瞬态响应、音频敏感性和输出阻抗方面实现高性能，并且通常只需要一个电阻器 R_C 和电容器 C_{C1} 即可进行补偿。但是，根据功率级的不同，可能需要另一个电容器来创建高频极点，以抵消输出电容器 ESR。

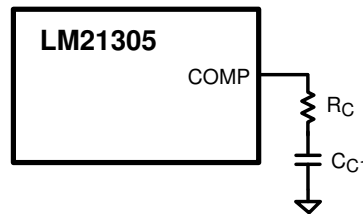


图 9-1. LM21305 补偿网络

若要选择补偿元件，首先应选择所需的交叉频率 f_c 。建议所选 f_c 等于或小于 $f_s/6$ 。下面给出了 R_C 和 C_{C1} 的简化流程，假设电容器 ESR 零点至少比 f_c 高三倍。补偿电阻可以通过以下公式求出：

$$R_C = \frac{1}{\text{Gain}_0} \times \frac{f_c}{f_p} = \frac{V_{OUT}}{V_{FB}} \times 302 \times f_c \times C_{OUT} \quad (7)$$

C_{C1} 不会影响交叉频率 f_c ，但会设置补偿器零点 f_{zcomp} 并影响环路的相位裕度。对于快速设计， $C_{C1} = 4.7\text{nF}$ 可在大多数 LM21305 应用中提供足够的性能。较大的 C_{C1} 电容可提供较高的相位裕度，但代价是瞬态响应建立时间更长。建议将补偿零点设置为不高于 $f_c/3$ 以确保足够的相位裕度，这意味着：

$$C_{C1} \geq \frac{3}{2\pi R_C f_c} \quad (8)$$

更多详情，请参阅 [LM21305 5A 可调节频率同步降压稳压器数据表 \(SNVS639\)](#)。

10 PCB 布局

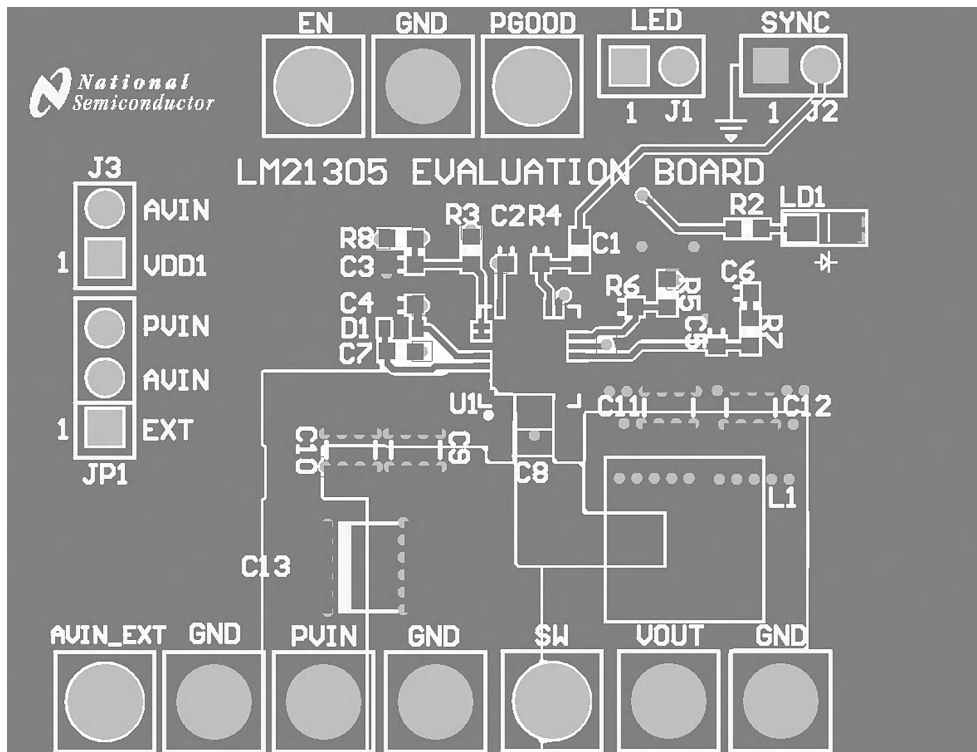


图 10-1. PCB 顶层

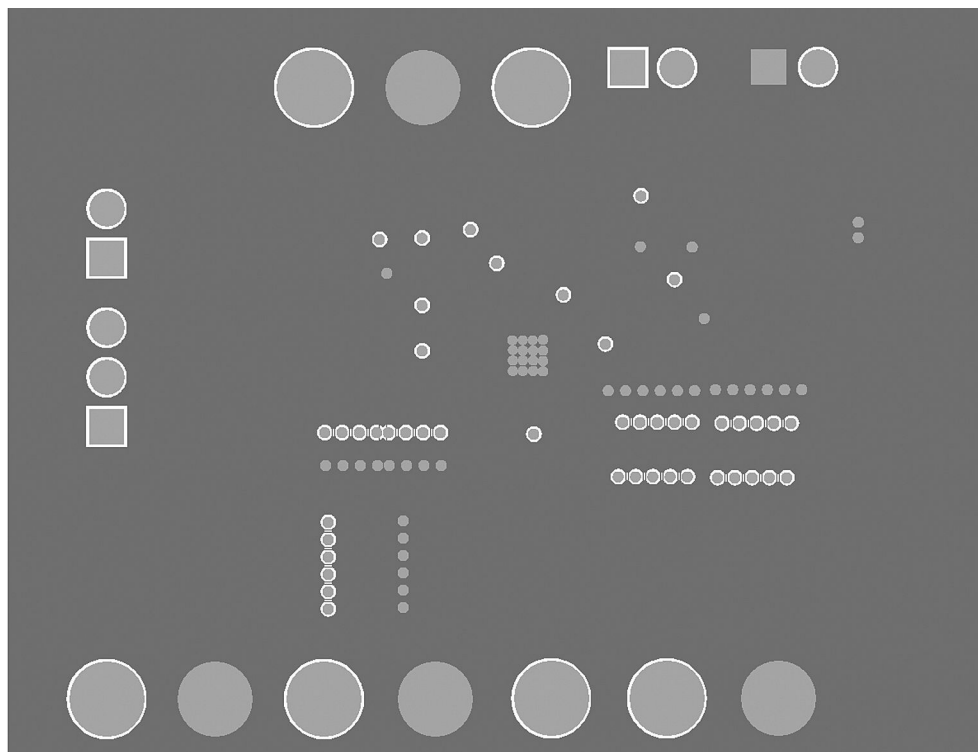


图 10-2. PCB 中间层 1

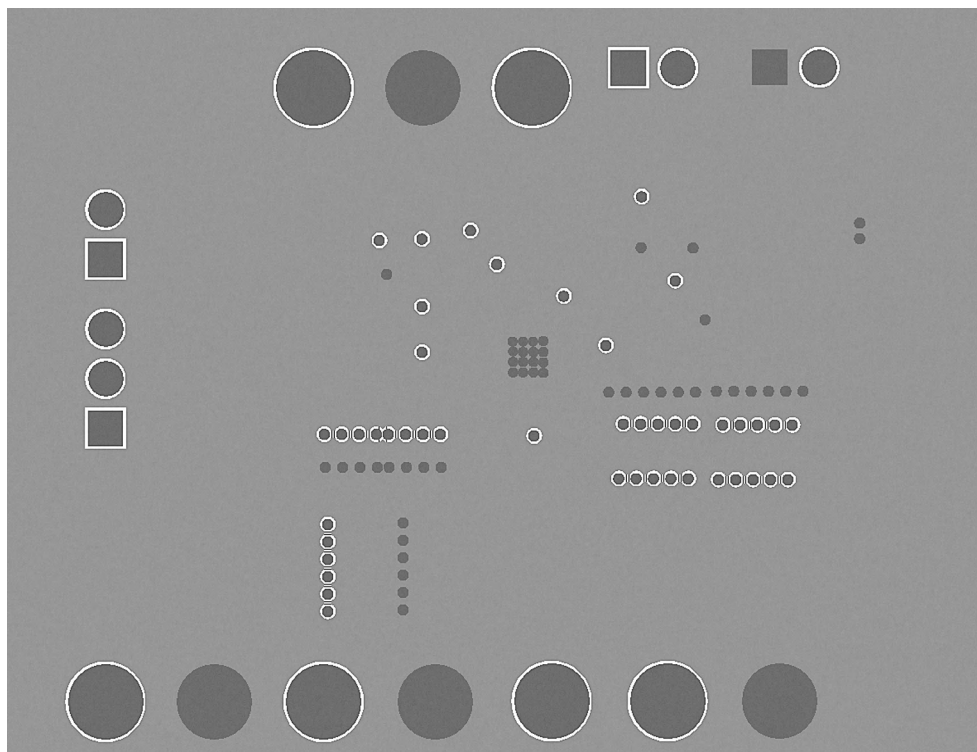


图 10-3. PCB 中间层 2

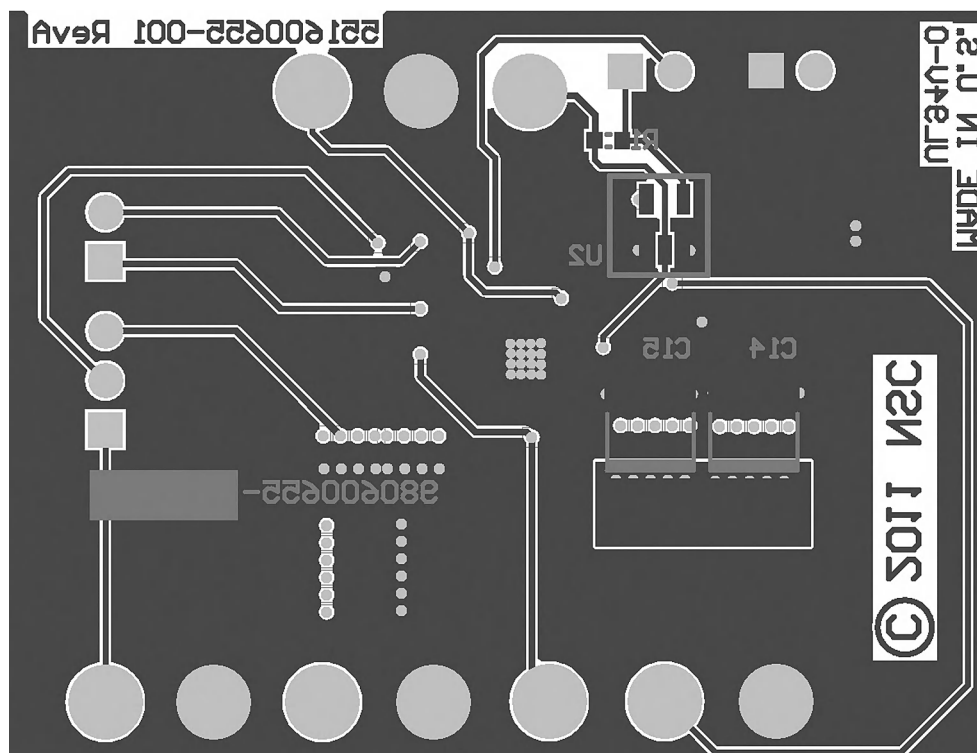


图 10-4. PCB 底层

11 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 C (May 2013) to Revision D (January 2022)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式。	2
• 更新了用户指南标题	2

重要声明和免责声明

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任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/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。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司