

User's Guide

CC35xxE 硬件集成



摘要

本文档提供了必要的 WLAN 和低功耗 *Bluetooth*® 硬件运行信息，协助进行系统设计。本文档概述了 TI CC35xxE 器件集成到最终产品 PCB 的过程。在基于 TI 芯片组设计您自己的系统时，建议逐步研究下面概述的指导原则。

内容

1 简介	2
1.1 概述.....	2
2 原理图注意事项 - CC35xxE IC	3
2.1 原理图参考设计.....	3
2.2 电源.....	5
2.3 时钟源.....	7
2.4 射频 (RF).....	9
2.5 数字接口.....	10
2.6 堆叠式 PSRAM 型号.....	13
3 布局注意事项 - CC35xxE IC	14
3.1 布局参考设计.....	14
3.2 IC 散热焊盘.....	17
3.3 射频 (RF).....	17
3.4 XTAL.....	20
3.5 电源.....	20
3.6 外部闪存布局.....	23

插图清单

图 2-1. CC350xE 参考原理图.....	3
图 2-2. CC355xE 参考原理图.....	4
图 2-3. CC35xxE 配置选项.....	7
图 2-4. BG 频带参考原理图.....	9
图 2-5. 双频带 RF 参考原理图.....	10
图 2-6. 天线分集参考原理图.....	10
图 2-7. CC35xxE 外部闪存建议.....	11
图 2-8. CC35xxE 与双天线共存.....	13
图 2-9. CC35xxE 与单天线共存.....	13
图 3-1. CC355xE 参考设计，顶层（第 1 层）.....	15
图 3-2. CC355xE 参考设计，接地（第 2 层）.....	16
图 3-3. 参考设计散热焊盘.....	17
图 3-4. CC355xE 参考设计 RF 路径.....	18
图 3-5. 进行 RF 布线测量的示例.....	19
图 3-6. 计算布线阻抗的示例.....	20
图 3-7. 来自 LP-EM-CC35X1 的 52MHz XTAL.....	20
图 3-8. CC35xxE 电源的参考布局.....	22
图 3-9. 电源层的参考布局（第 3 层）.....	23
图 3-10. CC35xxE 外部串行闪存.....	24

表格清单

表 1-1. CC35xxE 无线 MCU 器件比较.....	2
表 2-1. 物料清单.....	4

表 2-2. 所需器件电源.....	6
表 2-3. 外部快速时钟 XTAL 规格.....	8
表 2-4. 外部慢速时钟要求.....	8
表 3-1. 所有 CC35xxE EVM 中使用的堆叠 (从上到下)	19

商标

SimpleLink™ is a trademark of Texas Instruments.

Wi-Fi™ is a trademark of Wi-Fi Alliance.

Bluetooth® is a registered trademark of Bluetooth SIG, Inc.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

1.1 概述

SimpleLink™ Wi-Fi™ CC35xxE 系列器件兼具经济性和可靠性，使工程师能够放心地连接更多应用。CC35xxE 器件采用单芯片封装，集成了 Wi-Fi 6 和低功耗蓝牙 (BLE) 5.4。以下器件在同一封装系列内也具有引脚对引脚兼容性：

表 1-1. CC35xxE 无线 MCU 器件比较

器件	特性			
	WLAN 2.4GHz	低功耗蓝牙 5.4	WLAN 5GHz	扩展 PSRAM
CC3500ENJARSHR	✓			
CC3501ENJARSHR	✓	✓		
CC3501ESIARSHR	✓	✓		2MB
CC3501ETIARSHR	✓	✓		8MB
CC3550ENJARSHR	✓		✓	
CC3551ENJARSHR	✓	✓	✓	
CC3551ESIARSHR	✓	✓	✓	2MB
CC3551ETIARSHR	✓	✓	✓	8MB

本指南分步介绍了集成 CC35xxE 器件的硬件要求和建议。

2 原理图注意事项 - CC35xxE IC

CC35xxE SimpleLink™ Wi-Fi 6 和低功耗 Bluetooth® 无线 MCU 非常适合采用 RTOS 软件的成本敏感型嵌入式应用。CC35xxE 以较小的 PCB 封装尺寸和高度优化的物料清单为物联网 (IoT) 的嵌入式器件应用带来了 Wi-Fi 6 的效率。CC35xxE 将 Arm®Cortex®-M33 处理内核 160MHz、运行 WLAN/BLE 的 RF 内核以及各种外设组合在一起，专为共享 Wi-Fi 和低功耗蓝牙通信的单芯片实现而设计。

本节介绍了优化引擎区域原理图的最低要求。

2.1 原理图参考设计

建议尽可能遵循提供的 CC35xxE 参考设计和指导原则，从而实现器件特定的数据表中列出的 CC35xxE 功能以及通过认证。CC350xE 和 CC355xE 的推荐原理图设计可以在此处访问：

[LP-EM-CC35x1 参考设计文件](#)

CC350xE 及 CC355xE 的参考原理图如下所示。

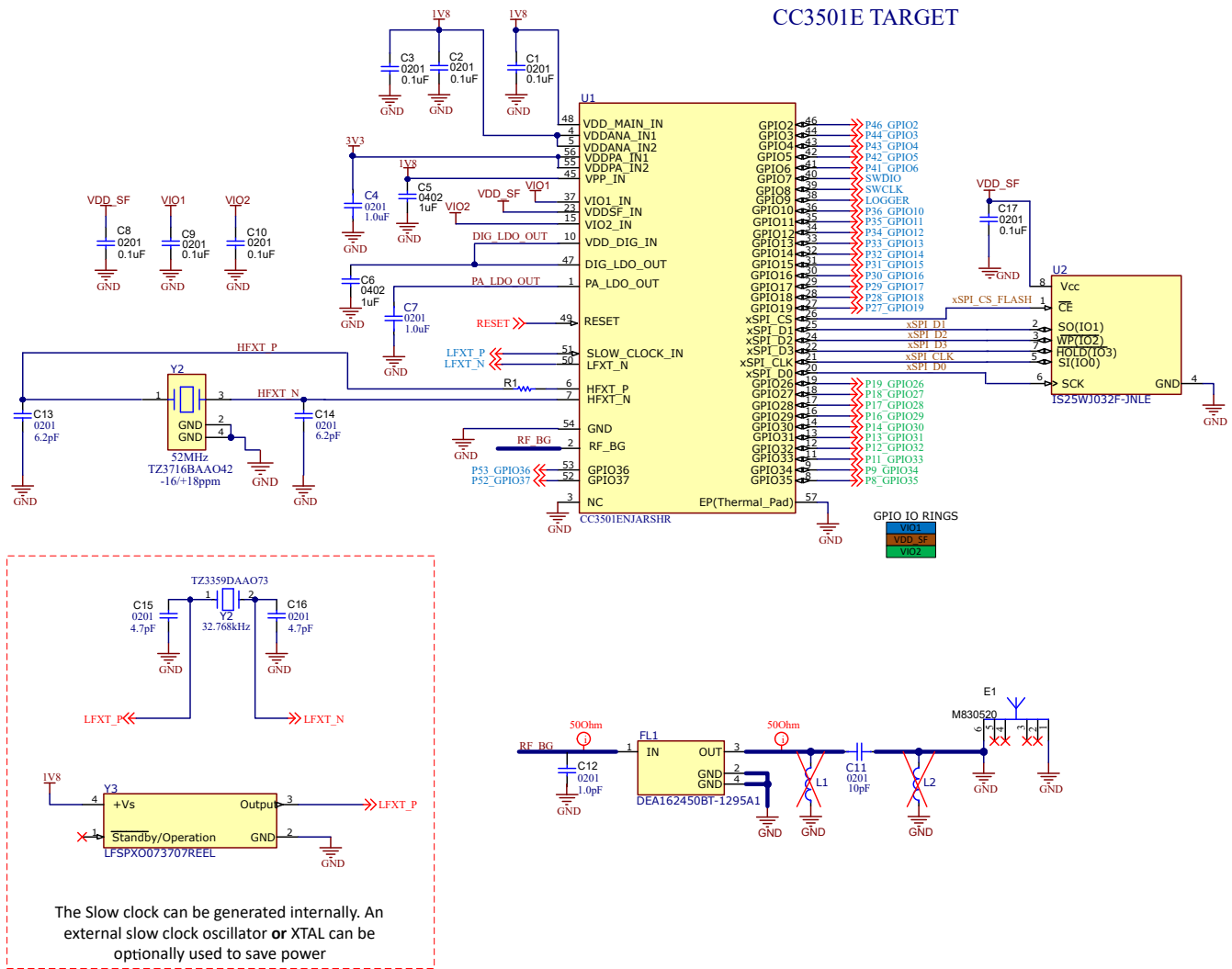


图 2-1. CC350xE 参考原理图

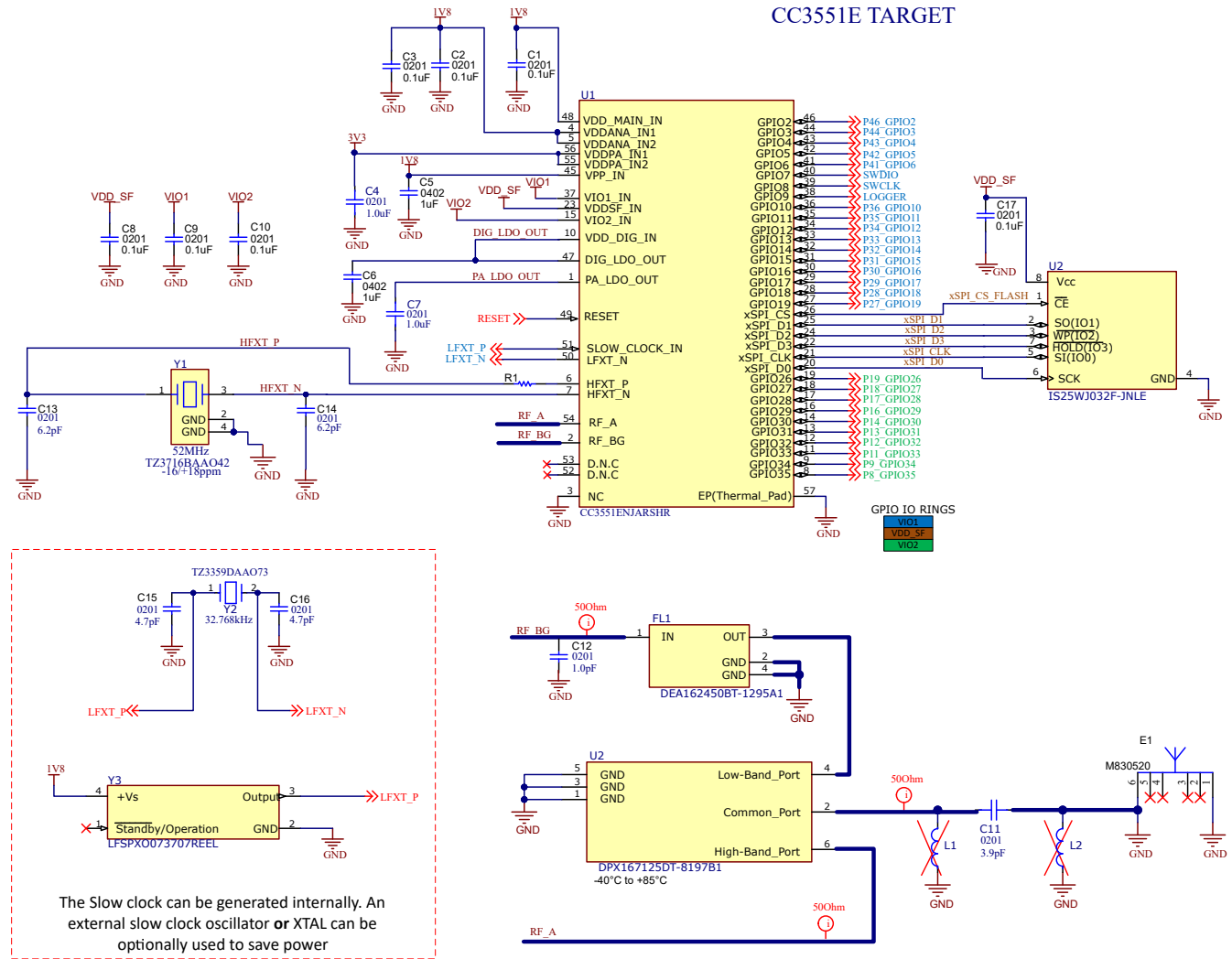


图 2-2. CC355xE 参考原理图

1. 建议使用 RF 屏蔽来获得最佳法规遵从性。

2. CC350xE 及 CC355xE 原理图之间的唯一区别是 CC355xE 中添加了支持 5GHz 的双工器 U2。有关原理图 RF 部分的更多信息，请参见节 2.4。

表 2-1. 物料清单

指示符	数量	值	器件型号	制造商	说明	封装参考
C1、C2、C3、 C8、C9、 C10、C17	7	0.1µF	GRM033C71A104KE14 D	Murata	电容，陶瓷，0.1 µF， 10V，+/-10%，X7S，0201	0201
C4、C7	2	1µF	GRM033D70J105ME01 D	Murata	通用片状多层陶瓷电容器， 0201，1.0 µF，X7T， +22%/-33%，20%，6.3V	0201
C5、C6	2	1µF	GRM155R70J105MA12 D	Murata	电容，陶瓷，1 µF，6.3V， +/-20%，X7R，0402	0402
C11	1	3.9pF	GRM0335C1E3R9BA01	Murata	通用片状多层陶瓷电容器， 0201，3.9pF，C0G	0201
C12	1	1.0pF	GRM0335C1E1R0CA01	Murata	通用片状多层陶瓷电容器， 0201，1.0pF，C0G，25V	0201

表 2-1. 物料清单 (续)

指示符	数量	值	器件型号	制造商	说明	封装参考
C13、C14	2	6.2pF	GRM0335C1E6R2BA01	Murata	电容, 陶瓷, 6.2pF, 25V, +/-2%, COG/NP0, 0201	0201
R1	1	150 Ω	RC0201FR-7D150RL	Yageo America	电阻, 150, 1%, 0.05W, 0201	0201
U1	1		CC3551ENJARSHR	德州仪器 (TI)	CC355x 2.4GHz SimpleLink™ Wi-Fi 6 和蓝牙低功耗无线 MCU	VQFN56
U2	1		DPX167125DT-8197B1	TDK	用于 2.4-2.5GHz W-LAN 和蓝牙/5-7GHz W-LAN 的多层双工器	SMD6
U3	1		IS25WJ032F-JNLE ²	ISSI	闪存 - NOR 内存 IC 32Mb SPI - 四通道 I/O, QPI, DTR 133MHz 6ns 8-SOP	SOIC8
Y1	1		TZ3716BAAO42	TAI-SAW TECHNOLOGY	晶体单元 SMD 2.0x1.6 52.0MHz	SMT_XTAL_2MM05_1MM65
FL1	1		DEA162450BT-1295A1	TDK	2.45GHz 中心频带通 RF 滤波器 (射频), 100MHz 带宽, 1.8dB 0603 (公制 1608), 3 PC 焊盘	SMT_FILTER_1MM60_0MM80
E1	1		M830520	Kyocera AVX	WLAN 天线 802.11, SMD	A 802.11, SMD 8x3mm
可选: Y2	1		TZ3359DAAO73	TAI-SAW TECHNOLOGY	晶体单元 1.6x1.0 音叉 32.768kHz	SMT2_1MM65_1MM05
可选: C15、C16	2	4.7pF	GRM0335C1H4R7BA01D	Murata	电容, 陶瓷, 4.7pF, 50V, +/-3%, COG/NP0, 0201	0201
可选: Y3	1		LFSPXO073707REEL ⁽¹⁾	IQD 频率产品	32.768kHz XO (标准) CMOS 振荡器 1.8V 启用/禁用 4-SMD, 无引线	SMT4_2MM0_1MM6

(1) 可在内部生成慢速时钟。与在内部提供慢速时钟相比, 可以选择使用外部慢速时钟, 从而降低能耗。

(2) CC35xxE 仅对不同的 1.8V 闪存类型提供动态支持。有关更多信息, 请参阅节 2.5.1.1

2.2 电源

器件上使用了多个电压电平, 以有效优化在不同功耗模式下运行的各种模块的功耗。根据设计重点 (功效或成本节省), 使用单独的电源允许用户使用直流/直流来提供 1.8V 或 LDO。外部电源如下所示:

- VDD_MAIN_IN、VDD_ANA_IN1、VDD_ANA_IN2、VPP : 1.8V
- VDDSF、V_{IO1}、V_{IO2} : 1.8V/3.3V
- V_{PA} : 3.3V

VIO 电源 (VIO1、VIO2、VDDSF) 为器件 GPIO 提供分离式电压轨。VIO 双电源 I/O 电源支持使用与主 VDDMAIN 电源轨不同的 I/O 电源轨。这使得应用能够以与主 VDDMAIN 电源电平不同的电压电平与其他系统元件连接。

VDDSF 电源仅为外部闪存 GPIO 的 IO 电源供电。VDDSF 分轨 I/O 电源 (独立于 VIO1 + VIO2) 允许使用与主 VDDMAIN 电源轨不同的 I/O 电源轨。这使得应用能够以与主 VDDMAIN 电源电平不同的电压电平与外部闪存连接。

备注

目前仅支持 1.8V 闪存。有关更多信息，请参阅节 2.5.1.1

有关电源引脚工作条件的详细信息，请参阅表 2-2。

表 2-2. 所需器件电源

引脚	信号	方向 (I/O)	所需电压 (典型值)
1	PA_LDO_OUT	O	不适用
47	DIG_LDO_OUT	O	不适用
48	VDD_MAIN_IN	I	1.8V
4	VDD_ANA_IN1	I	1.8V
5	VDD_ANA_IN2	I	1.8V
45	VPP_IN	I	1.8V
23	VDDSF	I	1.8V/3.3V
55	PA_LDO_IN	I	3.3V
56	PA_LDO_IN	I	3.3V
37	VIO1	I	1.8V/3.3V
15	VIO2	I	1.8V/3.3V

备注

对于 **CC35x1ES** 和 **CC35x1ET** 器件，VIO2 和 VDDSF 必须设置为 1.8V。

2.2.1 电源输入/输出要求

电源连接按关键性降序列出。按此顺序优先考虑旁路电容器的位置，从而更大限度地提高 RF 性能。

- PA_LDO_OUT (引脚 1) : 提供去耦电容器 (1.0uF)
- VDDA_IN1 (引脚 4) : 提供去耦电容器 (0.1uF)
- VDDA_IN2 (引脚 5) : 提供去耦电容器 (0.1uF)
- DIG_LDO_OUT (引脚 47) : 提供去耦电容器 (1.0uF)
- VPP_IN (引脚 45) : 提供去耦电容器 (1.0uF)。
- VDD_MAIN_IN (引脚 48) : 提供去耦电容器 (0.1uF)
- VDDPA (引脚 56) : 提供去耦电容器 (1.0uF)
- VDDSF_IN (引脚 23) : 提供去耦电容器 (0.1uF)
- VIO1_IN (引脚 37) : 提供去耦电容器 (0.1uF)
- VIO2_IN (引脚 15) : 提供去耦电容器 (0.1uF)

2.2.1.1 LDO 建议

有关 LDO 选择的建议如下：

- 最小拉电流 500mA。
- 噪声要求不超出 500uVrms

2.2.2 引导序列

为了使 CC35xxE 正常工作，应当遵循正确的启动序列。此引导顺序取决于您系统中 CC35xxE 器件的配置方式，具体有两种模式：

2.2.2.1 托管模式 (通过复位引脚上电)

CC35xxE 器件通过外部主机控制。在此配置中，应遵循以下启动序列：

通过复位引脚上电

通过将复位引脚取消置位，使器件解除复位。为使器件正常运行，请按如下所示执行建议的上电时序：

1. 在解除 nReset 之前，所有电源 (VDD_MAIN_IN、VDD_ANA_IN、V_{IO1}、V_{IO2}、VDDSF、V_{PA}) 必须可用。
2. 对于外部慢速时钟，在将 nReset 置为无效 (高电平) 之前确保时钟稳定。
3. 外部电源稳定后，nReset 引脚应保持低电平至少 10 μs。

2.2.2.2 独立模式 (电源高于阈值时上电)

CC35xxE 器件是系统中的主机，不受外部 MCU 控制。在此配置中，应遵循以下启动序列：

当电源高于阈值时上电

在此配置中，VDD_ANA_IN 引脚和复位引脚需要短接至 VDD_MAIN_IN 引脚。VDDSF 需要短接至 VDD_MAIN、V_{IO1} 或者 V_{IO2}。当 nRESET 短接至 VMAIN 电源时，CC35xxE 器件将识别电源何时稳定 (在建议的工作条件内)。但是，在启用器件之前，用户必须确保 VPA 电源处于建议的工作条件内：

- VDDMAIN/VIO/VDDSF 可用后 1ms
- 在 VDDMAIN 可用之前或之后

值得注意的是：

- 当 V_{IO1}、V_{IO2} 或 VDDSF 为 3.3V 时，务必确保在 VDDMAIN 达到 1.8V 后可在 <15ms 时提供 3.3V 电压。在 1.8V 电源来自 3.3V 电源的系统中，预计这是正常情况。
- 当从外部源驱动复位时，它可以独立于 V_{IO1} 电平通过 1.8V 或 3.3V IO 驱动。

图 2-3 展示了 CC35xxE 在两种配置下的顶层方框图

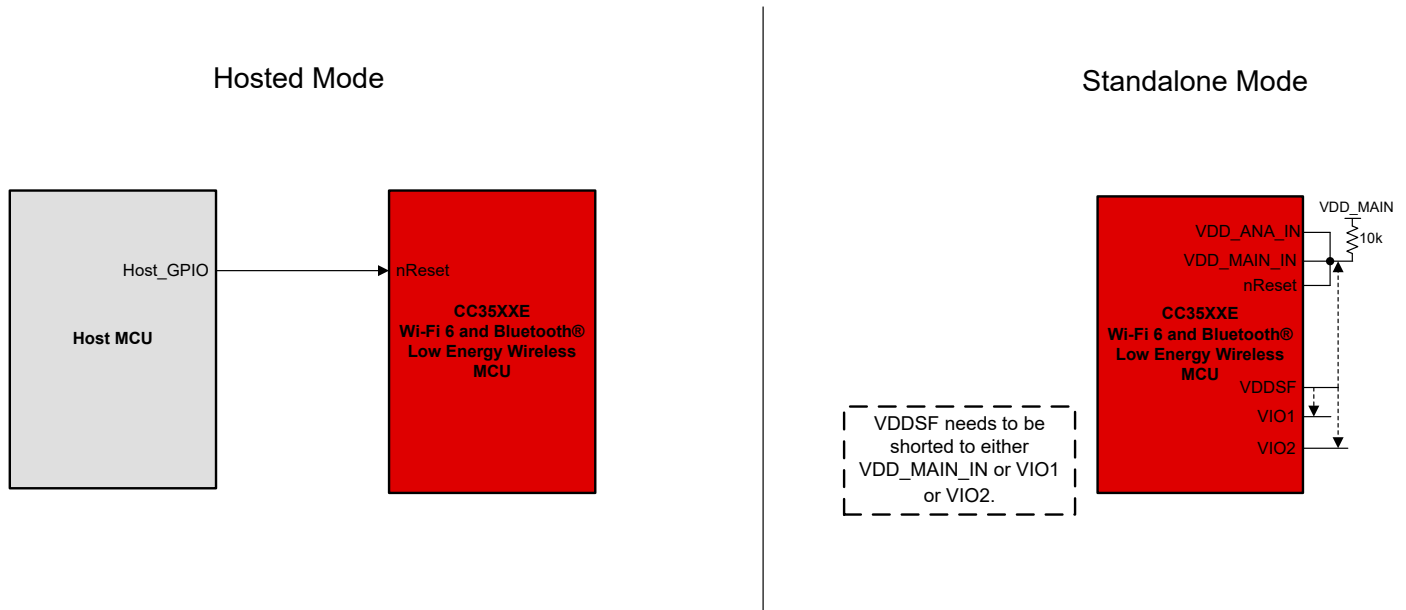


图 2-3. CC35xxE 配置选项

2.2.2.3 SOP 模式

Logger (引脚 38) 和 GPIO_37 (引脚 52) 信号被视为电源检测引脚。连接这些引脚时，请确保 GPIO_37 (引脚 52) 在加电期间保持在逻辑低电平，而 Logger (引脚 38) 在加电期间保持在逻辑高电平。如果未使用这些引脚，则不需要考虑，因为 CC35xxE 器件在内部配置了这些引脚。对于 CC3551E 用户，引脚 52 和引脚 53 为 “D.N.C”。不用考虑任何注意事项，因为 CC35xxE 器件在内部配置了这些引脚。

2.3 时钟源

CC35xxE 器件使用两个时钟来运行：

- 在 52MHz 下运行的快速时钟，用于 WLAN/BLE 和主 MCU 功能
- 在 32.768kHz 下运行的慢速时钟，用于低功耗模式

必须通过 XTAL 从外部生成快速时钟。慢速时钟可以由器件在内部生成，也可以由振荡器或 XTAL 在外部生成。

需要注意的是，时钟频率的偏差会体现为射频偏差。有关根据布局谨慎选择外部负载电容器 (C_L) 进行频率调整的更多信息，请参阅 [Simplelink 频率调优](#)。

2.3.1 快速时钟

CC35xxE 器件支持基于晶体的快速时钟 (XTAL)。使用适当的负载电容器和 $150\ \Omega$ 电阻器，在 HFXT_P 和 HFXT_M 引脚之间直接馈送晶体。请参阅以下设计要求：

1. 在靠近器件的 HFXT_P (引脚 6) 上且在 XTAL 之前提供 $150\ \Omega$ 电阻器。
2. XTAL 必须跨 HFXT_P (引脚 6) 和 HFXT_N (引脚 7) 连接。
3. 在 XTAL 的两个引脚上提供负载电容器 (6.2pF)。请注意，推荐的 6.2pF 负载电容器基于 TI 电路板布局布线。
4. 根据客户电路板布局布线，可能需要调整负载电容。

有关此主题的进一步指导，请参阅 [Simplelink 频率调优](#)。

快速时钟元件必须满足表 2-3 中所示的要求。

表 2-3. 外部快速时钟 XTAL 规格

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
支持的频率			52		MHz
频率精度	初始值 + 温度 + 老化			$\pm 25/\pm 20^{(2)}$	ppm
负载电容, C_L ⁽¹⁾		5		13	pF
等效串联电阻, ESR				40	Ω
驱动电平			100		μW

(1) 负载电容 $C_L = [C1 \cdot C2] / [C1 + C2] + C_p$ ，其中 $C1$ 、 $C2$ 分别是连接在 HFXT_P 和 HFXT_M 上的电容器， C_p 是寄生电容 (通常为 1pF 至 2pF)。例如，对于 $C1 = C2 = 6.2\text{pF}$ 且 $C_p = 2\text{pF}$ ，则 $C_L = 5\text{pF}$ 。

(2) 在采用 CC35xxE 器件的设计中选择 XTAL 时，频率精度要求为 $\pm 25\text{ppm}$ 。对于 CC355xE 器件，要求为 $\pm 20\text{ppm}$ 。

2.3.2 慢速时钟

慢速时钟由器件内部振荡器生成，但也可使用外部振荡器或 XTAL。

2.3.2.1 内部生成的慢速时钟

为了更大限度地减少外部元件，可通过内部振荡器生成慢速时钟。但是，此时钟的精度较低，并且可能导致 Wi-Fi 连接模式期间的电流消耗较高。对于这种情况，必须在系统配置文件 (SYSCONFIG) 中将 SLOW_CLK_IN 引脚设置为“内部”。

2.3.2.2 采用外部振荡器的慢速时钟

为了实现更优功耗，慢速时钟可以由振荡器、XTAL 在外部生成，也可以从系统中的其他地方获得。如果使用振荡器，外部源必须满足下面列出的要求。此时钟应馈送到 CC35xxE 引脚 Slow_CLK_IN/GPIO0，并且应在 nReset 取消置位并启用器件之前保持稳定。时钟信号逻辑高电平的电压应该与 VIO1 IO 环相同。

表 2-4. 外部慢速时钟要求

参数	说明	最小值	典型值	最大值	单位
输入慢时钟频率	方波		32.768		kHz
频率精度	初始值 + 温度 + 老化			± 250	ppm
输入占空比		30%	50%	70%	
T_r/T_f	上升和下降时间			100	ns
输入阻抗		1			$M\ \Omega$
输入电容				5	pF

2.3.2.3 采用外部晶体 (XTAL) 的慢速时钟

为了实现更优功耗，慢速时钟可以由振荡器、XTAL 在外部生成，也可以从系统中的其他地方获得。如果使用 XTAL，外部源必须满足下面列出的要求。晶体引脚应馈送到 CC35xxE 引脚 LFXT_P/GPIO0 和 LFXT_N/GPIO1。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
支持的频率			32.768		kHz
频率精度	初始值 + 温度 + 老化	-250		250	ppm
负载电容, C_L		3		12.5	pF
等效串联电阻, ESR				100	k Ω

2.4 射频 (RF)

对于 CC350xE 器件，需要为任何射频 (RF) 功能的单频 2.4GHz 路由 RF_BG (引脚 2)。对于 CC355xE 器件，额外的要求是布线 RF_A (引脚 54) 以支持双频带 5GHz。

在 RF_BG 走线上，1.0pF 电容器接地，在到达任何辐射或传导元件之前，需要在这条路径上放置一个带通滤波器 (BPF)。有关建议的 BPF，请参阅节 2.1。还建议在天线之前实现阻抗匹配网络 (例如 “PI” 或 “L” 网络)，以获得出色的 RF 性能。图 2-4 是仅针对单频带 2.4GHz (CC350xE) 进行设计时 RF 路径原理图设计的示例。在这种情况下，应该将引脚 54 接地以实现出色的降噪效果。

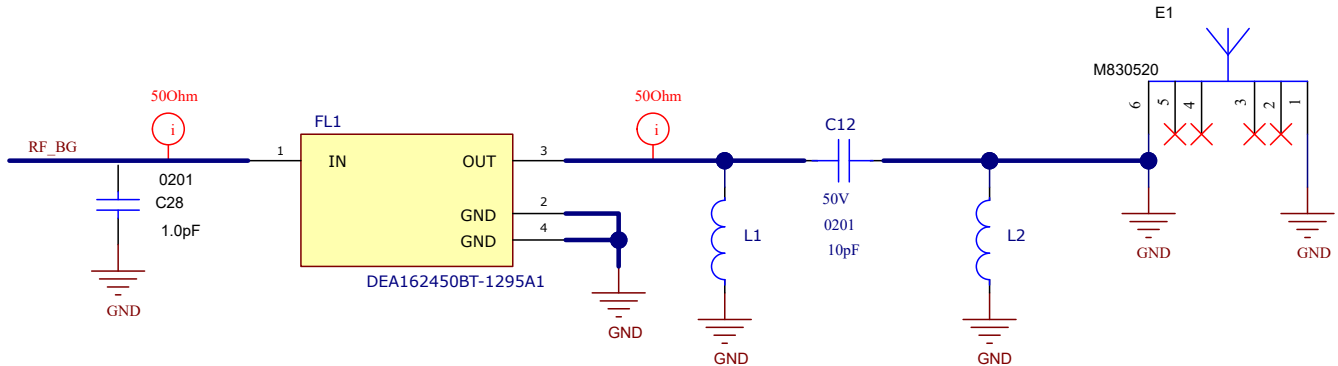


图 2-4. BG 频带参考原理图

使用 CC355xE 器件进行设计时，需要 RF_A 引脚 (引脚 54) 进行额外的布线，以启用具有 2.4GHz RF 频带的 5GHz RF。为了同时使用两个 RF 频段，需要一个双工器。RF_A 引脚应直接连接到双工器的高频段端口，而 RF_BG 引脚应通过 BPF (如前所述) 路由，然后连接到双工器的低频段端口。有关推荐的双工器，请参阅节 2.1。图 2-5 是为双频带 2.4GHz + 5GHz 设计时 RF 路径原理图设计的示例 (CC355xE)。

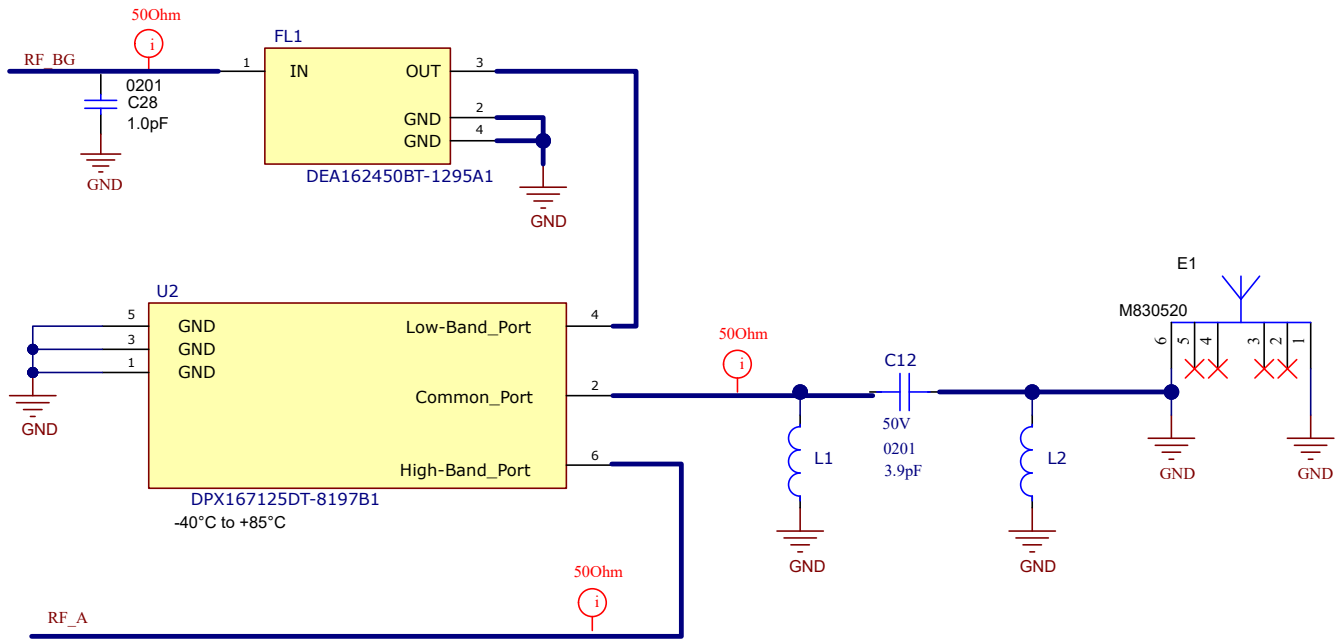


图 2-5. 双频带 RF 参考原理图

如果不遵循这些建议，可能会导致性能与数据表规格存在差异。

如果实施 RF 开关（用于利用天线分集），请确保将 RF 开关的输入设置为来自 CC35xxE 器件的最终滤波信号。具体而言，在使用 CC35xxE 设计双频带 RF 时，RF 开关的输入应路由至双工器的公共端口。当使用 CC35xxE 设计单频带 RF 使用时，RF 开关的输入应路由到 BPF 的输出。可以对 ANT_SEL 进行路由并将其用作开关信号。如图 2-6 所示，在设计单频带 (CC35xxE) 时，“RF_IN” 信号应连接到 BPF 的输出，并且在设计双频带 (CC35xxE) 时，应连接到双工器的公共端口。

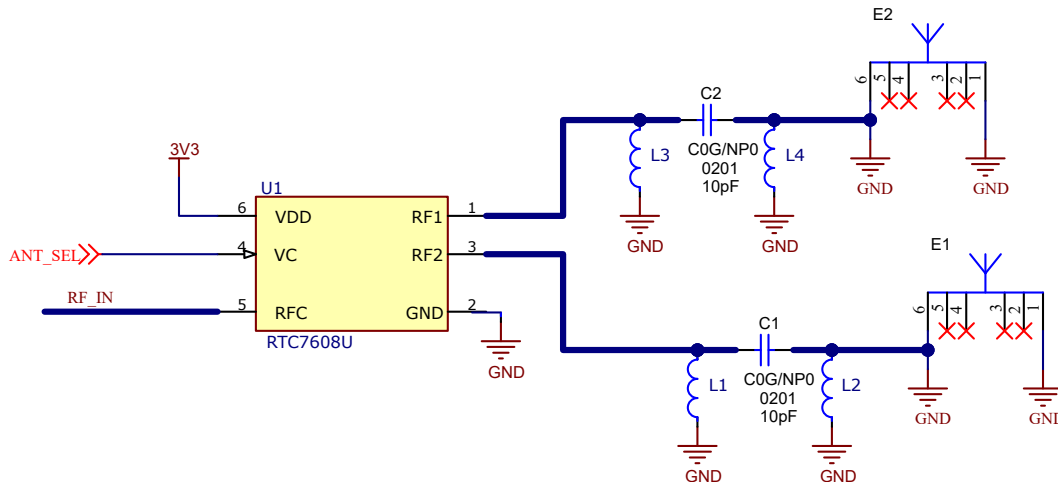


图 2-6. 天线分集参考原理图

2.5 数字接口

CC35xxE 上的所有 IO 信号都可在 1.8V 或 3.3V 电压下工作，具体由 VIO1 和 VIO2 决定。如果在系统中使用更高电压，请考虑使用电平转换器。

2.5.1 xSPI

xSPI 控制器是一个串行接口，允许在 CC35xxE 主机 MCU (M33) 和外部串行 NOR 闪存器件存储器之间的四条数据线路上进行通信。xSPI 支持允许在 4 条线路上进行通信的 QSPI 模式，。

xSPI 支持以下特性：

- XIP 模式选择及配置
- 错误/事件/状态报告
- 数据接口
 - 单次/突发递增
 - 单个未完成事务
 - 总线主器件
 - 仅直接存储器映射访问
- 外部闪存接口：
 - SDR
 - 80MHz
 - 四通道数据线路

2.5.1.1 外部串行闪存

外部闪存为器件提供可编程非易失性程序存储器。通过使用外部闪存，用户可以使用保存的网络特定数据，并且无需执行完整启动和“网络查找并加入”过程。

图 2-7 是从 LP-EM-CC35X1 设计文件中提取的样图。

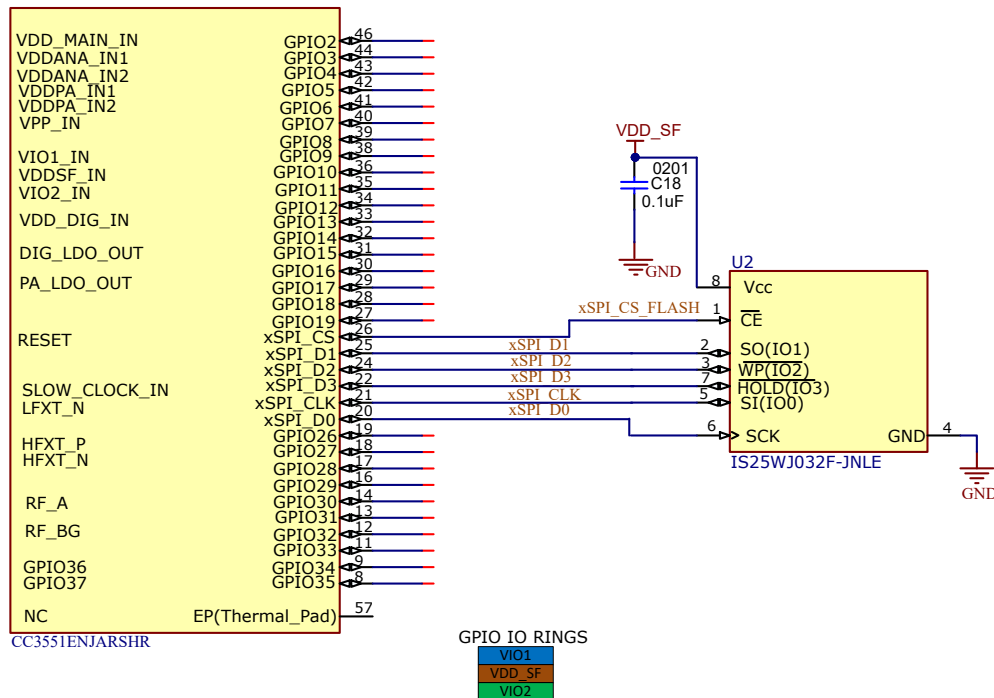


图 2-7. CC35xxE 外部闪存建议

CC35xxE 仅对不同的 1.8V 闪存类型提供动态支持。建议从我们专门的受支持闪存列表中选择一种闪存，该列表可在 SDK 发行说明中找到

2.5.2 串行线调试 (SWD)

CC35xxE 上的两个串行线路调试引脚包括 SWCLK (引脚 39) 和 SWDIO (引脚 40)。这些信号用于编程、激活、调试和非信令 RF 测试。这些信号应当路由到接头。

2.5.3 记录器

CC35xxE 记录器引脚 (引脚 38) 是用于存储 WLAN/BLE 无线电固件日志的输出跟踪器。这对于深入调试 CC35xxE 上运行的固件非常有用，并且 TI 提供了用于了解如何在 CC35xxE SDK 版本中读取这些日志的解析器

和文档。驱动程序中还有其他调试工具，除非通过 TI 进行深度调试，否则通常不需要固件日志。连接路由到接头的记录器引脚是不错的选择，可以在需要这些日志时获取。

2.5.4 兼容性

共存特性是一种方法，用于组织在相同频段运行的通信协议的无线数据包流量。CC35xxE 充当 Coex 主器件并与 Coex 辅助器件进行通信。CC35xxE 支持用于共存的三线数据包流量仲裁 (PTA) 接口：

- COEX_GRANT - 由 Coex 主器件控制的输入信号。表示 PTA 决策的响应。
- COEX_PRIORITY - 由 Coex 辅助器件控制的输出信号。表示请求信号的优先级。
- COEX_REQ - 由 Coex 辅助器件控制的输出信号。表示使用共享频段的请求。

请参阅产品数据表，了解用于共存的引脚多路复用选项。CC35xxE 上的这三个信号应路由至 Coex 辅助器件上的匹配共存引脚。默认情况下启用共存，并且可以在 INI 文件中配置为内部和外部。可以通过为每个器件使用一根天线（同时针对主器件和辅助器件）或两根天线来实施共存。图 2-8 和图 2-9 提供了使用共存特性的直观示例。

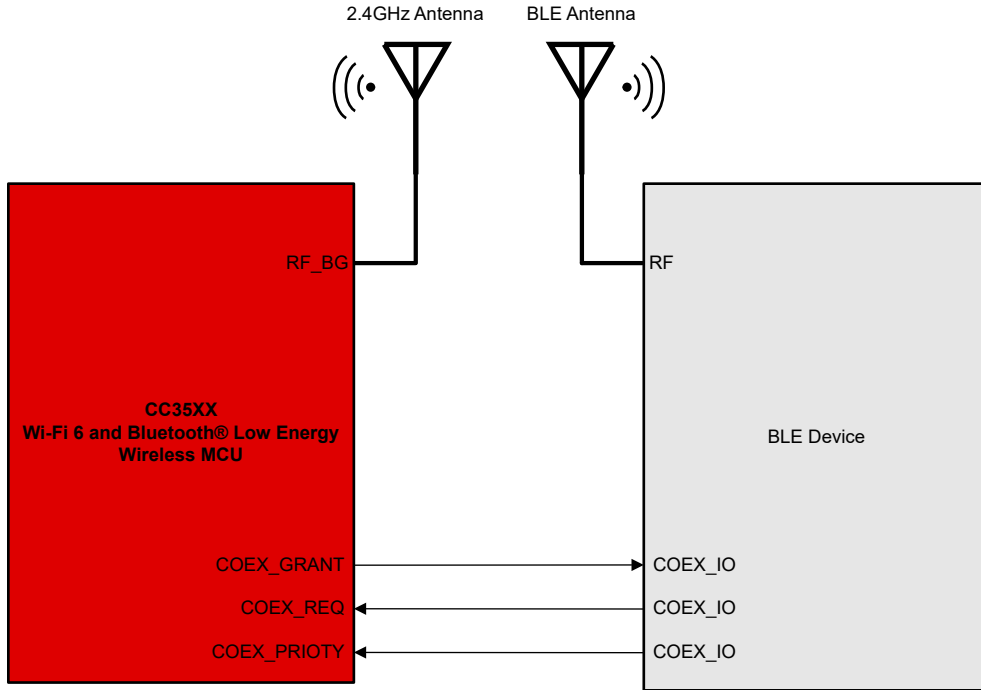


图 2-8. CC35xxE 与双天线共存

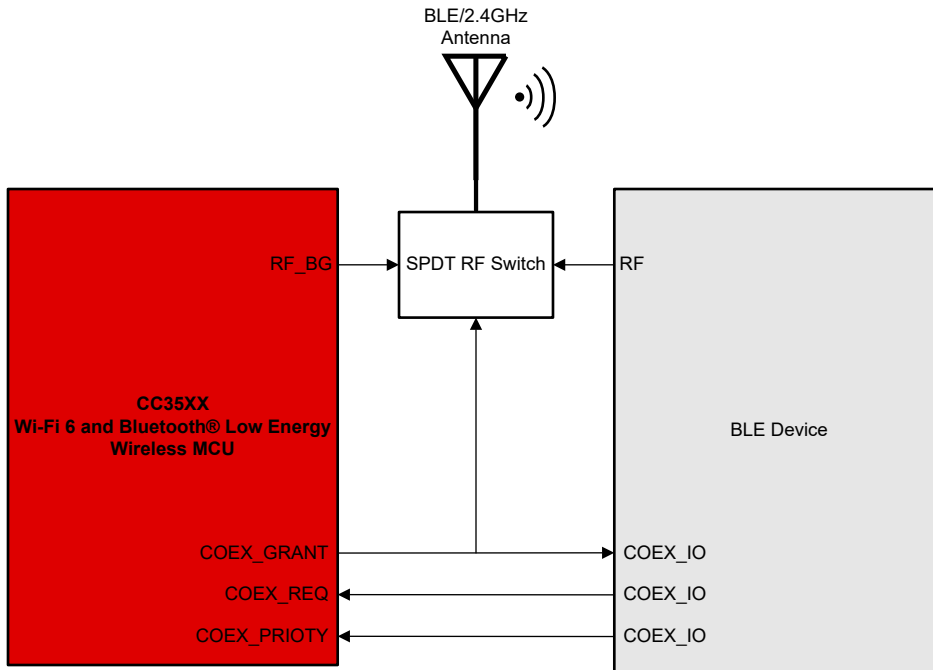


图 2-9. CC35xxE 与单天线共存

2.6 堆叠式 PSRAM 型号

堆叠式 PSRAM 型号 (CC35x1ES/RAM) 可为器件提供扩展 ET 存储器。支持 2MB 或者 8MB 的 PSRAM。

对于 **CC35x1ES** 和 **CC35x1ET** 器件，VIO2 和 VDDSF 必须设置为 1.8V。

3 布局注意事项 - CC35xxE IC

CC35xxE SimpleLink™ Wi-Fi 6 和低功耗 Bluetooth® 无线 MCU 非常适合采用 RTOS 软件的成本敏感型嵌入式应用。CC35xxE 以较小的 PCB 封装尺寸和高度优化的物料清单为物联网 (IoT) 的嵌入式器件应用带来了 Wi-Fi 6 的效率。CC35xxE 将 Arm®Cortex®-M33 处理内核 160MHz、运行 WLAN/BLE 的 RF 内核以及各种外设组合在一起，专为共享 Wi-Fi 和低功耗蓝牙通信的单芯片实现而设计。

本节介绍了优化引擎区域布局的最低要求。

3.1 布局参考设计

建议尽可能遵循提供的参考设计和指导原则，从而实现数据表中列出的 CC35xxE 功能以及通过无线电认证。在包括敏感 RF 元件和布线在内的引擎区域，这些布局指导原则尤其重要。

以下设计采用了本文档中给出的布局指导原则。请将以下资源作为参考源：

- [LP-EM-CC35x1 参考设计](#)

下图包括设计的顶层（第 1 层）和接地层（第 2 层）上的 CC35xxE 引擎区域。请注意，根据设计要求，参考设计中显示的引擎区域可以根据需要旋转。

备注

在继续进行任何涉及 CC35xxE 的硬件构建之前，建议提交设计（包括示意图和布局）以供审核。

3.1.1 参考设计 - CC35xxE 双频带布局

图 3-1 是从 LP-EM-CC35X1 设计文件中提取的样图。

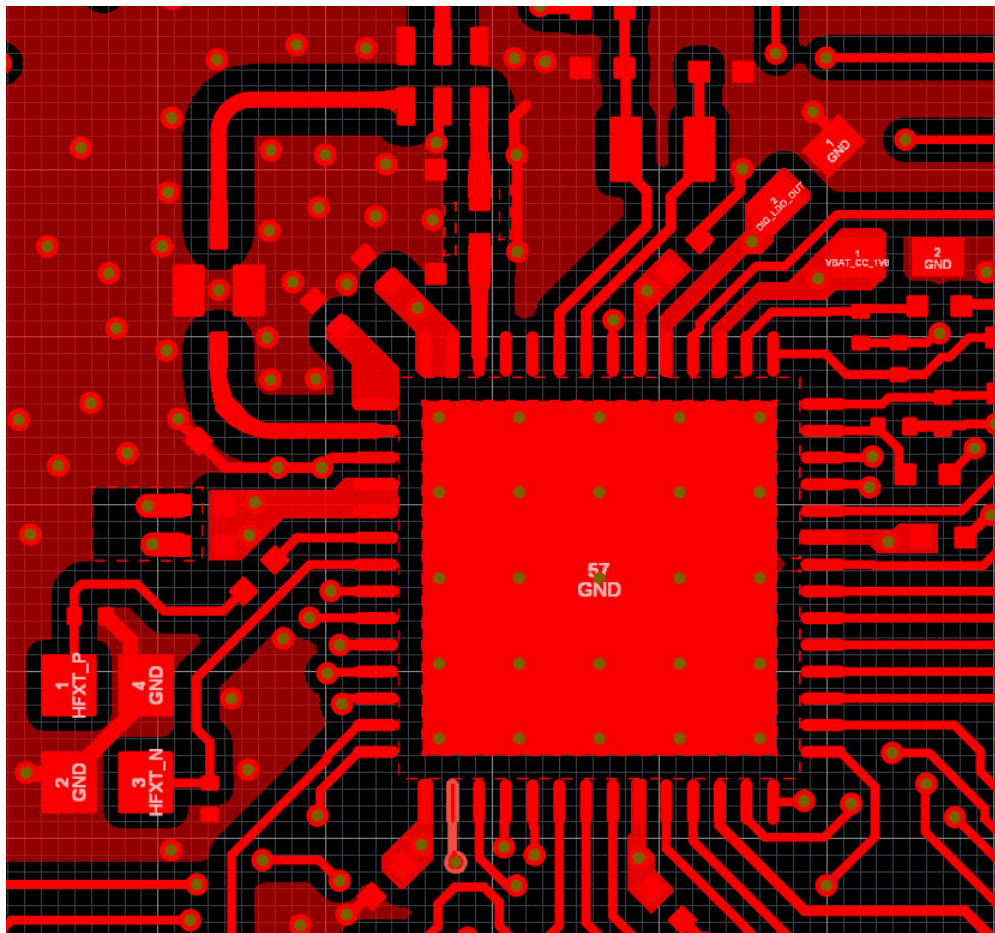


图 3-1. CC35xxE 参考设计，顶层 (第 1 层)

图 3-2 是从 LP-EM-CC35X1 设计文件中提取的样图。

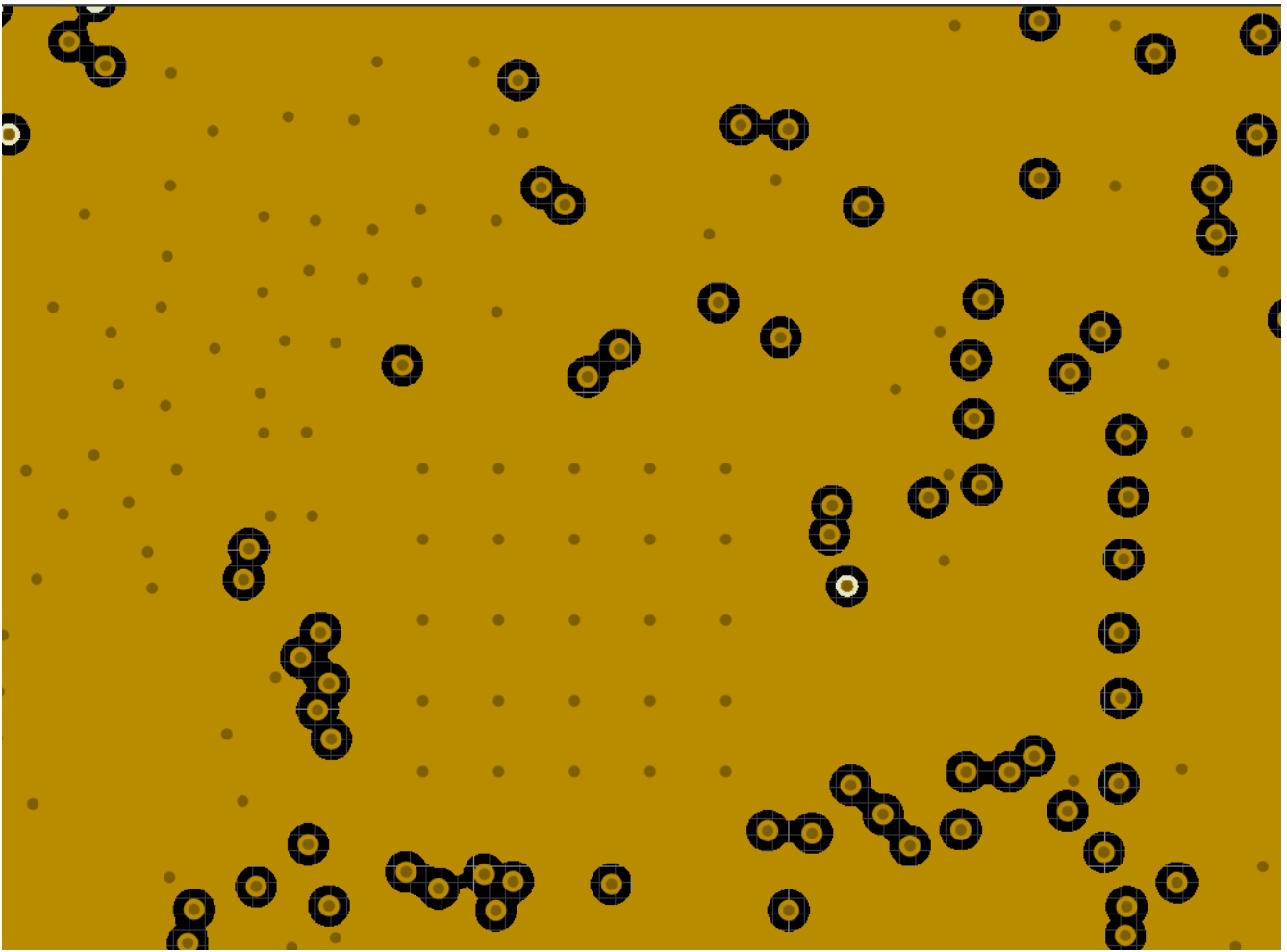


图 3-2. CC35xxE 参考设计，接地（第 2 层）

3.2 IC 散热焊盘

在 IC 下方，顶层应该有一个连续的接地平面，均匀分布着 25 个过孔，如图 3-3 中所示。这对于散热和优化 RF 性能非常重要。

图 3-3 是从 LP-EM-CC35X1 参考设计文件中提取的样图。

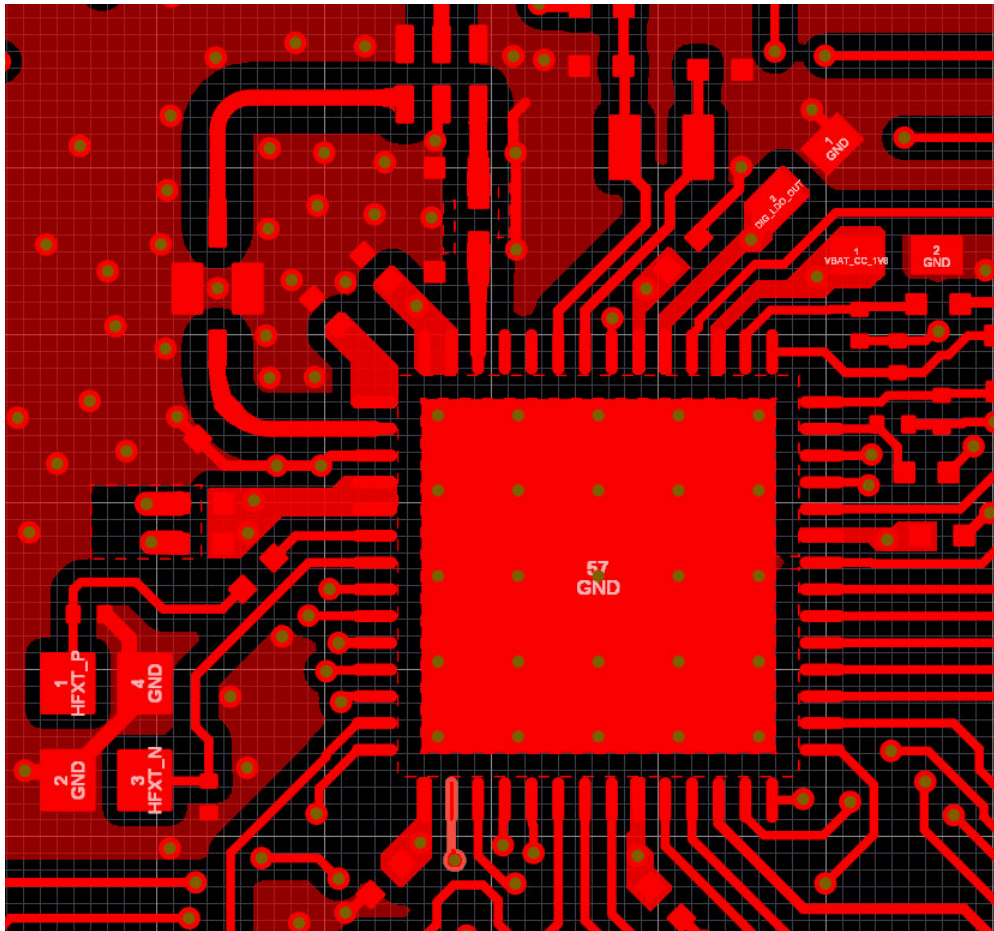


图 3-3. 参考设计散热焊盘

3.3 射频 (RF)

下图显示了 LP-EM-CC35x1 参考设计中出现的 RF 部分。为了达到峰值性能，设计布局的这个区域时必须特别小心。不良布局会导致输出功率、EVM、灵敏度和频谱屏蔽的性能下降。

图 3-4 是从 LP-EM-CC35x1 参考设计文件中提取的样图。在下图中，蓝色迹线是 RF_BG 迹线 (2.4GHz)，黄色迹线是 RF_A 迹线 (5GHz)，绿色迹线是连接到双工器公共端口 (应路由至天线) 的组合 RF 布线。

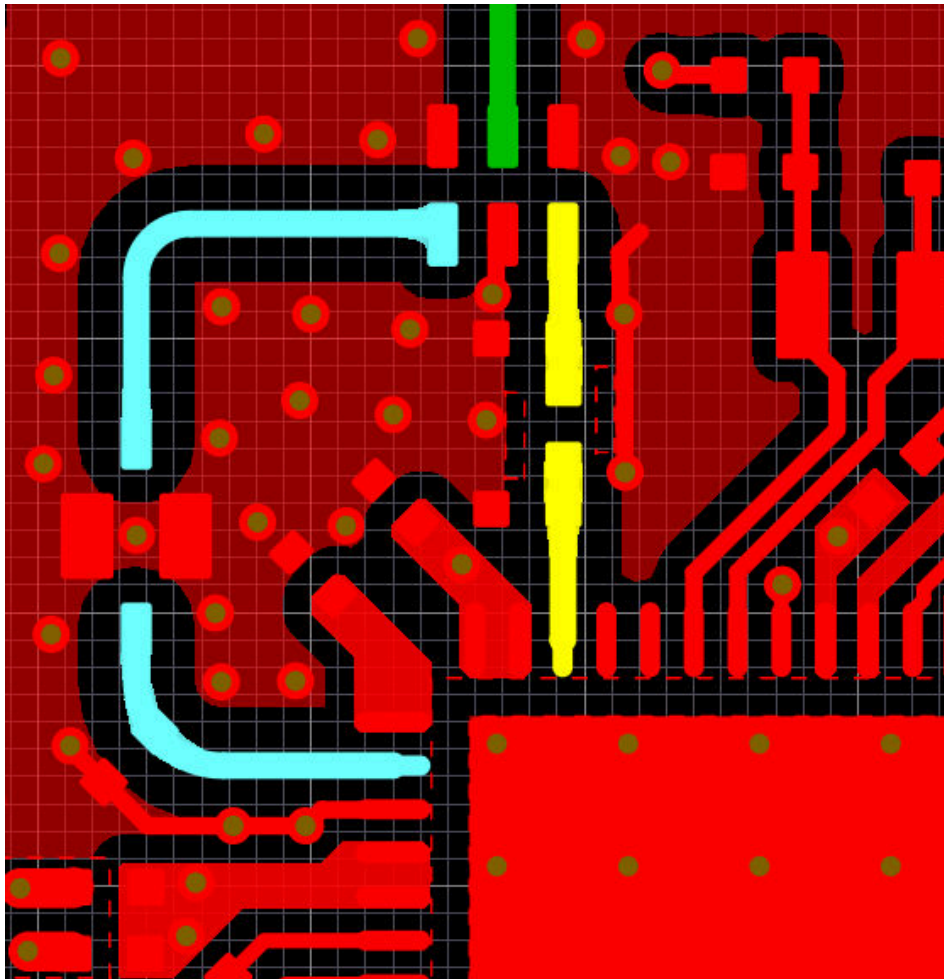


图 3-4. CC35xxE 参考设计 RF 路径

除了尽可能遵循参考设计，还请遵守下面所列的指导原则。

备注

除非另有说明，否则以下 RF 布局指南与 CC350xE 和 CC35xxE 的设计相关。

- RF 布线应具有恒定的 $50\ \Omega$ 特性阻抗。通过根据电介质、层堆叠、接地屏幕间距和布线厚度来匹配共面波导 (CPWG)，从而实现此阻抗。这些参数在整个布线长度上应保持一致。
- 整个 RF 布线只应位于 PCB 的顶层，并且紧挨着下面的层应是一个恒定的接地平面作为布线参考。
- RF 布线应尽可能干净、笔直，在天线之前，除了带通滤波器和匹配滤波器之外没有任何元件。这是为了避免不必要的元件与元件耦合。如果不能使用直 RF 布线，则可接受圆形曲线。
- RF 布线应尽可能与其他元件隔离来减少噪声。接地平面应环绕 RF 布线，且接地过孔拼接之间的距离应小于最小波长的 $1/8$ 。
- 带通滤波器应尽可能远离 RF_BG 引脚 (引脚 2) 以及引脚 4 和 5 上的 VDDA 去耦电容器 (在设计空间限制范围内) 。
- 在 RF_BG (引脚 2) 布线上，一个 1.0pF 接地电容器应放置在带通滤波器和 IC 引脚之间的中间。
- 应在带通滤波器 (BPF) 的两个接地焊盘之间放置一个接地过孔。应连接 BPF 两侧的接地平面，以便为整个区域启用一个公共接地平面。在 BPF 和 PA_LDO_OUT 去耦电容器 (引脚 1) 之间的接地平面中，应增加接地过孔拼接。
- RF 布线附近不应有高频信号布线或测试点。
- 仅 CC35xxE：双工器的放置方式使 RF_A 布线尽可能短 (将 RF_A 引脚 (引脚 54) 连接到双工器高端口的布线) 。布线时，RF_A 布线应比 RF_BG 布线具有更高布局优先级。

影响 RF 性能地另一个有效因素是堆叠。例如，表 3-1 包含 LP-EM-CC35X1 设计中使用的堆叠 (从上到下)。

表 3-1. 所有 CC35xxE EVM 中使用的堆叠 (从上到下)

层	名称	厚度	ϵ_r
	顶部阻焊层		
	顶部焊锡层	1.00mil	3.5
1	顶层	1.85mil	
	电介质 1	5.48mil	4.2
2	L02_GND	1.26mil	
	电介质 2	42.82mil	4.2
3	L03_PWR	1.26mil	
	电介质 3	5.48mil	4.2
4	底层	1.85mil	
	底部焊锡层	1.00mil	3.5
	底部阻焊层		

来自器件的 RF 信号使用 CPWG 结构路由到天线。此结构为滤波器间隙实现更大程度的隔离，为 RF 线路提供更好的屏蔽。为了实现 50 欧姆的阻抗，必须考虑堆叠和布线测量。图 3-5 和图 3-6 以 LP-EM-CC35X1 EVM 为例展示了计算布线阻抗的示例。

此图像来自 LP-EM-CC35X1 设计文件。

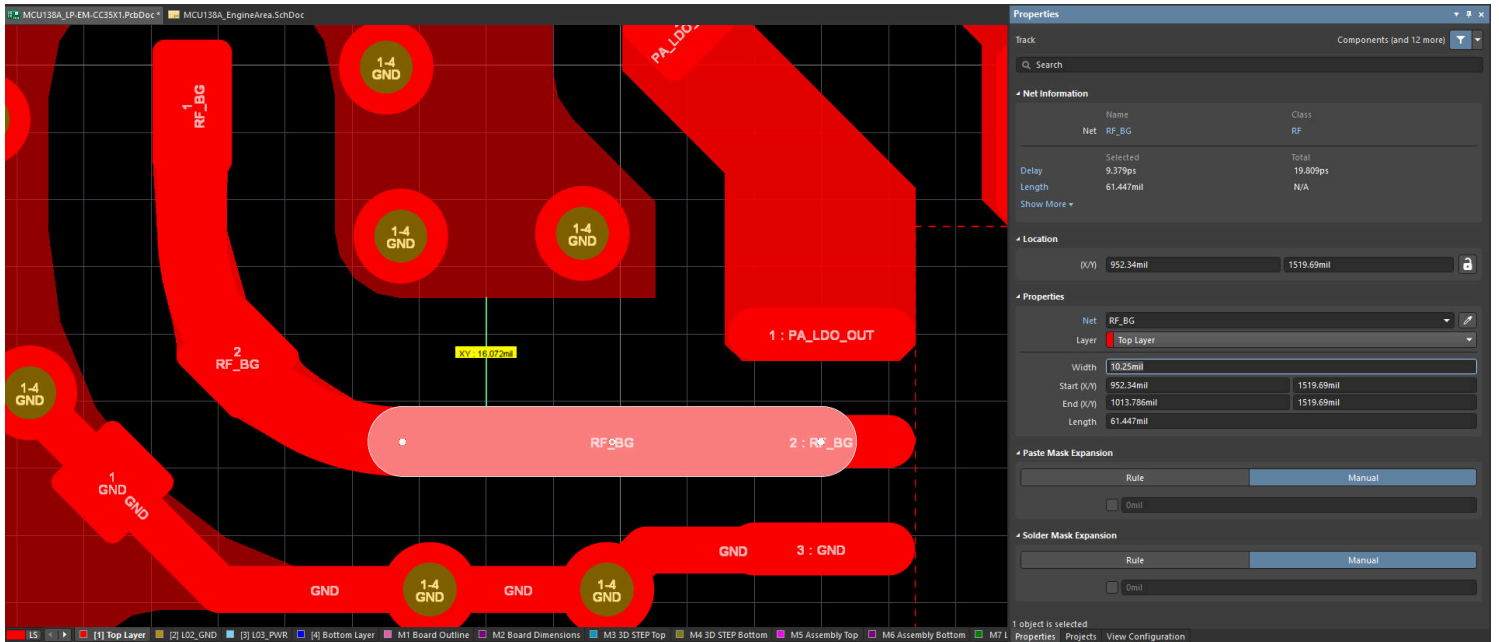


图 3-5. 进行 RF 布线测量的示例

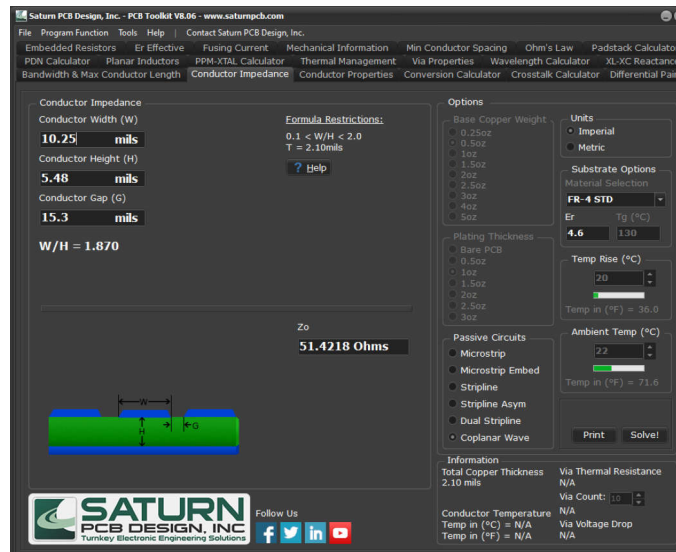


图 3-6. 计算布线阻抗的示例

3.4 XTAL

图 3-7 显示了 52MHz XTAL 的放置和布局及其与 CC35xxE IC 的连接。

图 3-7 是从 LP-EM-CC35X1 设计文件中提取的样图。

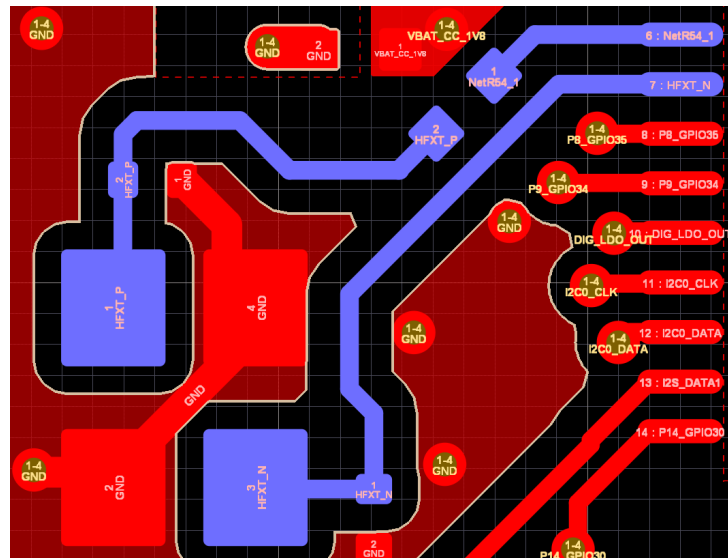


图 3-7. 来自 LP-EM-CC35X1 的 52MHz XTAL

集成 XTAL 时，请遵循以下准则：

- 将 XTAL 连接到 CC35xxE (XTAL_P 和 XTAL_M) 的布线应尽可能短且布线长度一致。
- 在 XTAL_P 引脚 (引脚 6) 上尽可能靠近 CC35xxE 的位置放置一个 150 Ω 电阻器。
- 两个负载电容器应与 XTAL 的边沿平行。
- 尽可能增加 XTAL 周围的接地过孔拼接，来实现出色的隔离性能。

3.5 电源

电源、接地布线和去耦电容器对于实现优化布局非常重要。因为去耦电容器会靠近器件和电源的 RF 引脚和布线，因此布线必须足够粗才能支持器件所需的电流。

- **PA_LDO_OUT** (引脚 1) : 建议将去耦电容器放置在靠近器件引脚的位置, 并使用足够粗的布线来实现到电容器的低阻抗路径。有关可视化表示, 请参阅图 3-8。
- **VDD_ANA_IN1** 和 **VDD_ANA_IN2** (引脚 4 和 5) : 去耦电容器的电源侧必须与一个带有两个电源过孔 (每个去耦电容器一个) 的多边形区域短接在一起。每个电容器的接地侧必须通过单独的过孔直接接地 (不要短接在一起), 并与顶层接地平面的其余部分隔离。
- 对于 1.8V 电源传输, 必须使用粗布线或电源平面来承载 **VDD_MAIN_IN**、**VDD_ANA_IN1**、**VDD_ANA_IN2** 和 **VPP_IN** 中所需的总电流消耗量。
- **VDD_DIG_IN** (引脚 10) 和 **DIG_LDO_OUT** (引脚 47) 必须在非顶层或接地层上短接在一起 (将其放置在层 3 或 4 上)。这样, 电源路径不能中断顶层 (第 1 层) 或连续接地层 (第 2 层) 上的 RF 布线。有关视觉参考, 请参阅图 3-9。去耦电容器应靠近引脚 47。
- **VDDSF** (引脚 23) 必须配置为 1.8V。必须使用粗布线或电源平面来承载所需电流消耗量。
- **VIO1** (引脚 37) 和 **VIO2** (引脚 15) 可配置为 1.8V 或者 3.3V。必须使用粗布线或电源平面来承载所需电流消耗量。
- 1.8V 路径必须位于器件周围的一层上, 不能是顶层或接地层 (将其放在第 3 层或第 4 层)。这样, 电源路径不能中断顶层 (第 1 层) 或连续接地层 (第 2 层) 上的 RF 布线。每个 1.8V 电源仅使用一个过孔, 1.8V 电源电流不得在器件下方流动。
- 对于 3.3V 电源传输, 必须使用粗布线或电源平面来承载 **PA_LDO_IN** 所需的电流消耗量。电源传输也必须置于一个非顶层或接地层的层上 (第 3 层或第 4 层)。
- **PA_LDO_IN** (引脚 55 和 56) : 这两个引脚必须与一个实心区域短接在一起。去耦电容器应靠近器件放置。如果可能, 使用两个过孔来提供 3.3V 电源轨。

图 3-8 是从 LP-EM-CC35X1 设计文件中提取的样图。

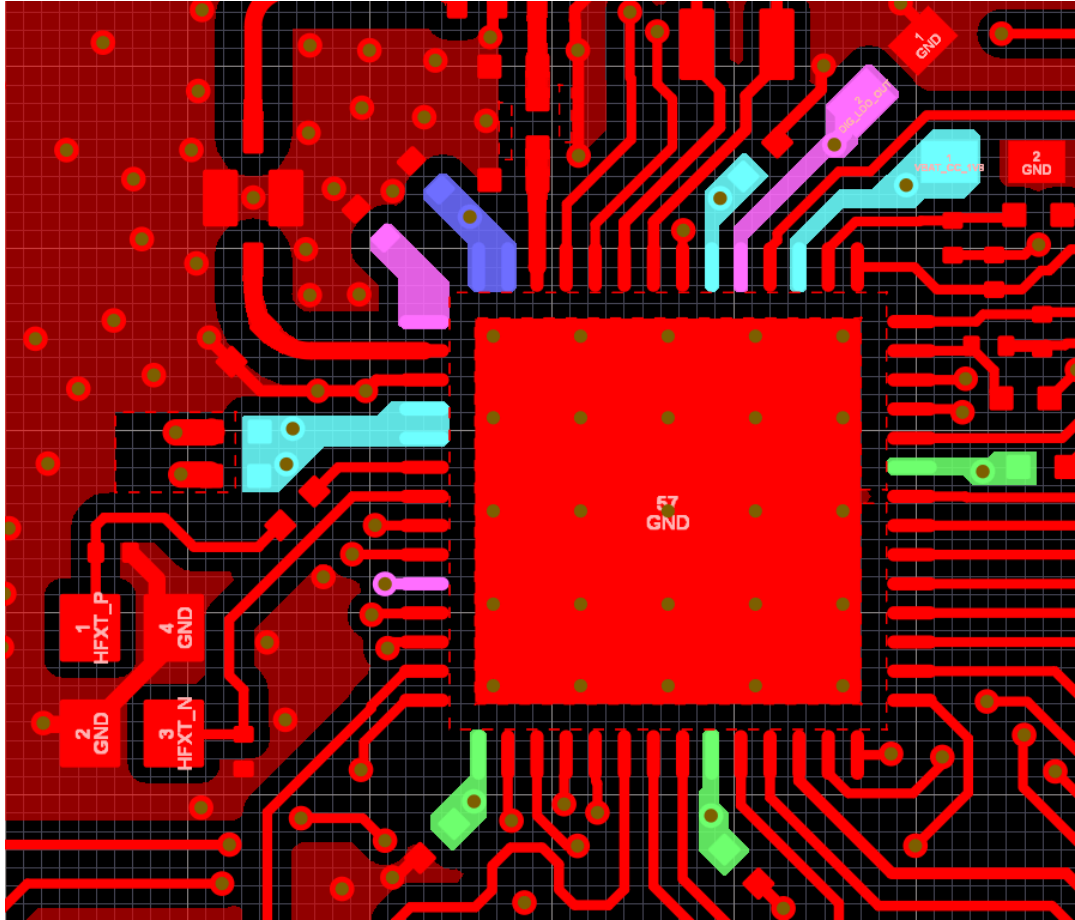


图 3-8. CC35xxE 电源的参考布局

图 3-9 是从 LP-EM-CC35X1 设计文件中提取的样图。

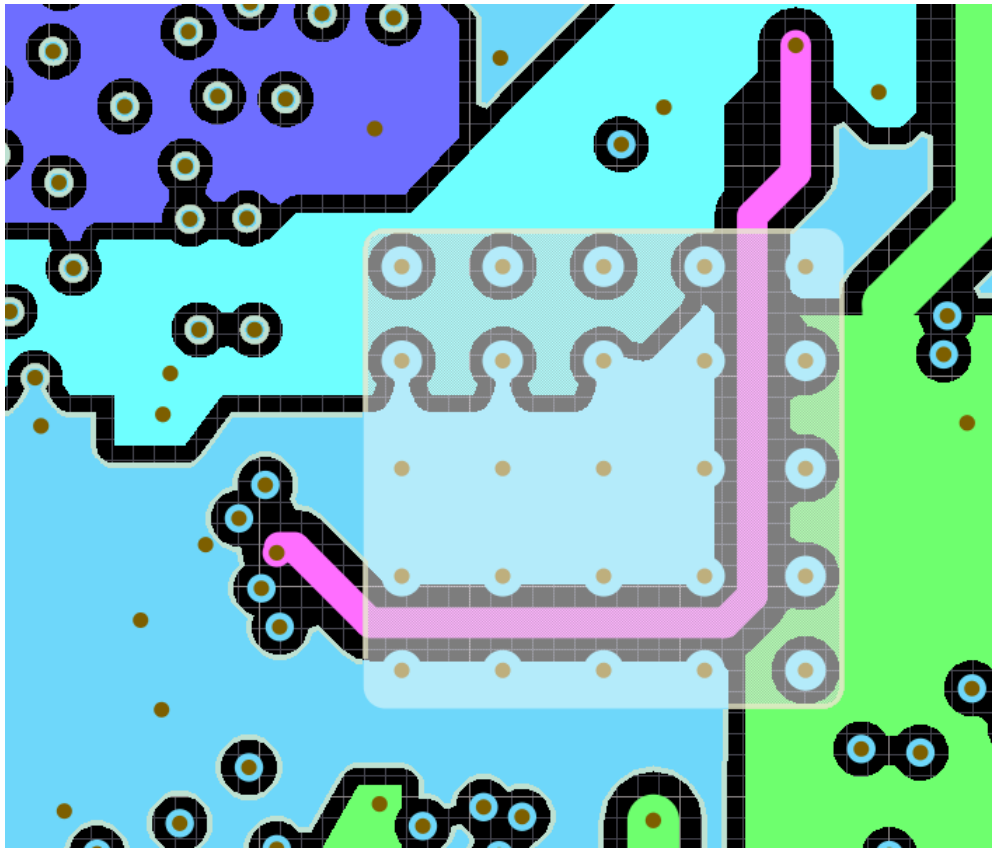


图 3-9. 电源层的参考布局 (第 3 层)

3.6 外部闪存布局

外部闪存为器件提供可编程非易失性程序存储器。支持高达 64MB 的闪存存储器。通过使用外部闪存，用户可以使用保存的网络特定数据，并且无需执行完整启动和“网络查找并加入”过程。CC35xxE 器件使用 xSPI 和外部闪存进行通信。

xSPI 线路包括 xSPI_CLK、xSPI_CS_FLASH、xSPI_D0、xSPI_D1、xSPI_D2 和 xSPI_D3。特别是 xSPI_CLK 信号非常敏感，应特别关注。为了确保实现可靠的 xSPI 通信，应考虑以下布局注意事项：

- 布线长度不应当超过 1000mil (25.4mm)
- 布线的长度必须在 100mil 容差范围内进行匹配，以便在所有布线上同时提供采样数据。

图 3-10 是从 LP-EM_CC35X1 设计文件中提取的样图。

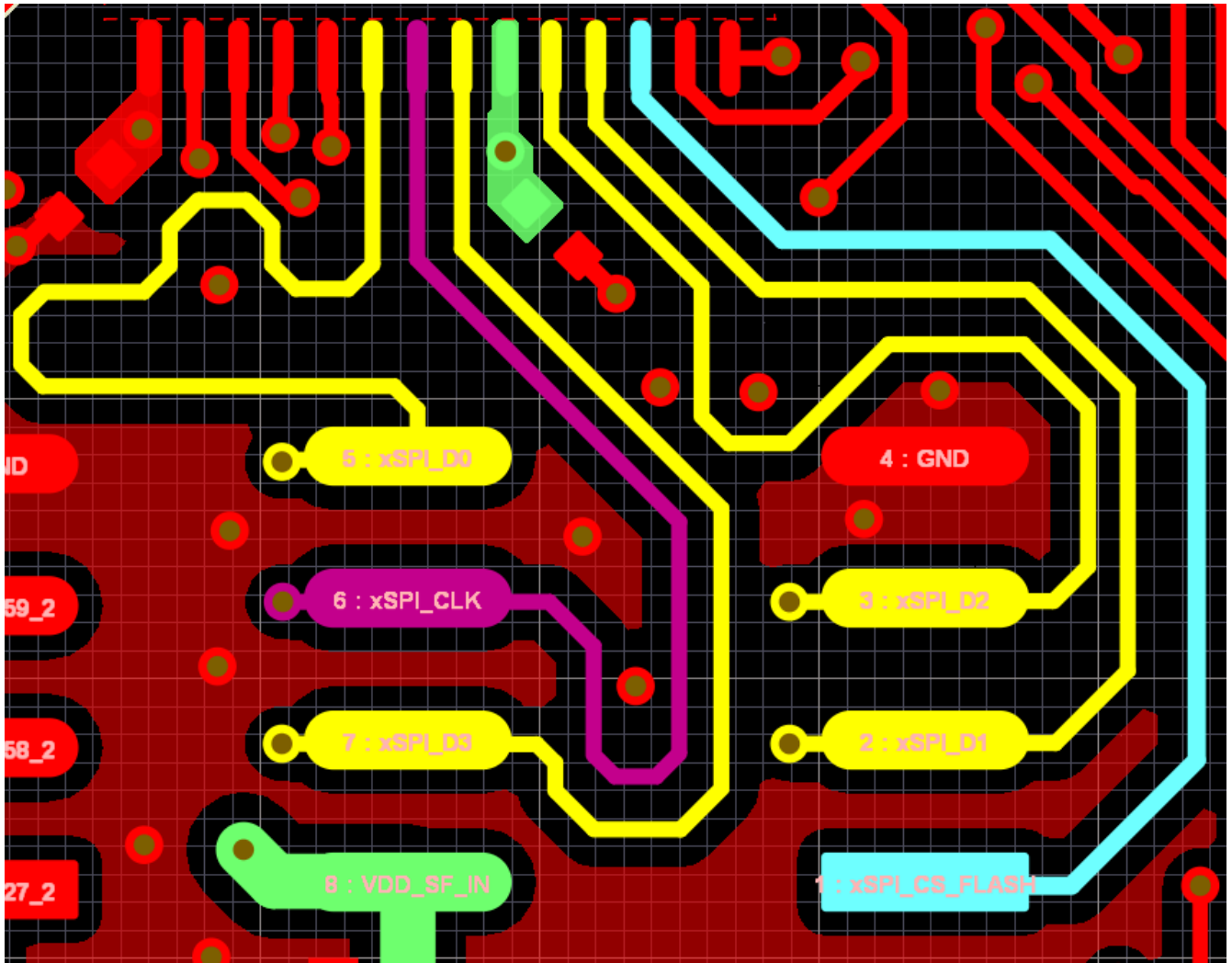


图 3-10. CC35xxE 外部串行闪存

STANDARD TERMS FOR EVALUATION MODULES

1. *Delivery:* TI delivers TI evaluation boards, kits, or modules, including any accompanying demonstration software, components, and/or documentation which may be provided together or separately (collectively, an "EVM" or "EVMs") to the User ("User") in accordance with the terms set forth herein. User's acceptance of the EVM is expressly subject to the following terms.
 - 1.1 EVMs are intended solely for product or software developers for use in a research and development setting to facilitate feasibility evaluation, experimentation, or scientific analysis of TI semiconductors products. EVMs have no direct function and are not finished products. EVMs shall not be directly or indirectly assembled as a part or subassembly in any finished product. For clarification, any software or software tools provided with the EVM ("Software") shall not be subject to the terms and conditions set forth herein but rather shall be subject to the applicable terms that accompany such Software
 - 1.2 EVMs are not intended for consumer or household use. EVMs may not be sold, sublicensed, leased, rented, loaned, assigned, or otherwise distributed for commercial purposes by Users, in whole or in part, or used in any finished product or production system.
2. *Limited Warranty and Related Remedies/Disclaimers:*
 - 2.1 These terms do not apply to Software. The warranty, if any, for Software is covered in the applicable Software License Agreement.
 - 2.2 TI warrants that the TI EVM will conform to TI's published specifications for ninety (90) days after the date TI delivers such EVM to User. Notwithstanding the foregoing, TI shall not be liable for a nonconforming EVM if (a) the nonconformity was caused by neglect, misuse or mistreatment by an entity other than TI, including improper installation or testing, or for any EVMs that have been altered or modified in any way by an entity other than TI, (b) the nonconformity resulted from User's design, specifications or instructions for such EVMs or improper system design, or (c) User has not paid on time. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary. TI does not test all parameters of each EVM. User's claims against TI under this Section 2 are void if User fails to notify TI of any apparent defects in the EVMs within ten (10) business days after delivery, or of any hidden defects with ten (10) business days after the defect has been detected.
 - 2.3 TI's sole liability shall be at its option to repair or replace EVMs that fail to conform to the warranty set forth above, or credit User's account for such EVM. TI's liability under this warranty shall be limited to EVMs that are returned during the warranty period to the address designated by TI and that are determined by TI not to conform to such warranty. If TI elects to repair or replace such EVM, TI shall have a reasonable time to repair such EVM or provide replacements. Repaired EVMs shall be warranted for the remainder of the original warranty period. Replaced EVMs shall be warranted for a new full ninety (90) day warranty period.

WARNING

Evaluation Kits are intended solely for use by technically qualified, professional electronics experts who are familiar with the dangers and application risks associated with handling electrical mechanical components, systems, and subsystems.

User shall operate the Evaluation Kit within TI's recommended guidelines and any applicable legal or environmental requirements as well as reasonable and customary safeguards. Failure to set up and/or operate the Evaluation Kit within TI's recommended guidelines may result in personal injury or death or property damage. Proper set up entails following TI's instructions for electrical ratings of interface circuits such as input, output and electrical loads.

NOTE:

EXPOSURE TO ELECTROSTATIC DISCHARGE (ESD) MAY CAUSE DEGRADATION OR FAILURE OF THE EVALUATION KIT; TI RECOMMENDS STORAGE OF THE EVALUATION KIT IN A PROTECTIVE ESD BAG.

3 Regulatory Notices:

3.1 United States

3.1.1 Notice applicable to EVMs not FCC-Approved:

FCC NOTICE: This kit is designed to allow product developers to evaluate electronic components, circuitry, or software associated with the kit to determine whether to incorporate such items in a finished product and software developers to write software applications for use with the end product. This kit is not a finished product and when assembled may not be resold or otherwise marketed unless all required FCC equipment authorizations are first obtained. Operation is subject to the condition that this product not cause harmful interference to licensed radio stations and that this product accept harmful interference. Unless the assembled kit is designed to operate under part 15, part 18 or part 95 of this chapter, the operator of the kit must operate under the authority of an FCC license holder or must secure an experimental authorization under part 5 of this chapter.

3.1.2 For EVMs annotated as FCC – FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION Part 15 Compliant:

CAUTION

This device complies with part 15 of the FCC Rules. Operation is subject to the following two conditions: (1) This device may not cause harmful interference, and (2) this device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation.

Changes or modifications not expressly approved by the party responsible for compliance could void the user's authority to operate the equipment.

FCC Interference Statement for Class A EVM devices

NOTE: This equipment has been tested and found to comply with the limits for a Class A digital device, pursuant to part 15 of the FCC Rules. These limits are designed to provide reasonable protection against harmful interference when the equipment is operated in a commercial environment. This equipment generates, uses, and can radiate radio frequency energy and, if not installed and used in accordance with the instruction manual, may cause harmful interference to radio communications. Operation of this equipment in a residential area is likely to cause harmful interference in which case the user will be required to correct the interference at his own expense.

FCC Interference Statement for Class B EVM devices

NOTE: This equipment has been tested and found to comply with the limits for a Class B digital device, pursuant to part 15 of the FCC Rules. These limits are designed to provide reasonable protection against harmful interference in a residential installation. This equipment generates, uses and can radiate radio frequency energy and, if not installed and used in accordance with the instructions, may cause harmful interference to radio communications. However, there is no guarantee that interference will not occur in a particular installation. If this equipment does cause harmful interference to radio or television reception, which can be determined by turning the equipment off and on, the user is encouraged to try to correct the interference by one or more of the following measures:

- Reorient or relocate the receiving antenna.
- Increase the separation between the equipment and receiver.
- Connect the equipment into an outlet on a circuit different from that to which the receiver is connected.
- Consult the dealer or an experienced radio/TV technician for help.

3.2 Canada

3.2.1 For EVMs issued with an Industry Canada Certificate of Conformance to RSS-210 or RSS-247

Concerning EVMs Including Radio Transmitters:

This device complies with Industry Canada license-exempt RSSs. Operation is subject to the following two conditions:

(1) this device may not cause interference, and (2) this device must accept any interference, including interference that may cause undesired operation of the device.

Concernant les EVMs avec appareils radio:

Le présent appareil est conforme aux CNR d'Industrie Canada applicables aux appareils radio exempts de licence. L'exploitation est autorisée aux deux conditions suivantes: (1) l'appareil ne doit pas produire de brouillage, et (2) l'utilisateur de l'appareil doit accepter tout brouillage radioélectrique subi, même si le brouillage est susceptible d'en compromettre le fonctionnement.

Concerning EVMs Including Detachable Antennas:

Under Industry Canada regulations, this radio transmitter may only operate using an antenna of a type and maximum (or lesser) gain approved for the transmitter by Industry Canada. To reduce potential radio interference to other users, the antenna type and its gain should be so chosen that the equivalent isotropically radiated power (e.i.r.p.) is not more than that necessary for successful communication. This radio transmitter has been approved by Industry Canada to operate with the antenna types listed in the user guide with the maximum permissible gain and required antenna impedance for each antenna type indicated. Antenna types not included in this list, having a gain greater than the maximum gain indicated for that type, are strictly prohibited for use with this device.

Concernant les EVMs avec antennes détachables

Conformément à la réglementation d'Industrie Canada, le présent émetteur radio peut fonctionner avec une antenne d'un type et d'un gain maximal (ou inférieur) approuvé pour l'émetteur par Industrie Canada. Dans le but de réduire les risques de brouillage radioélectrique à l'intention des autres utilisateurs, il faut choisir le type d'antenne et son gain de sorte que la puissance isotrope rayonnée équivalente (p.i.r.e.) ne dépasse pas l'intensité nécessaire à l'établissement d'une communication satisfaisante. Le présent émetteur radio a été approuvé par Industrie Canada pour fonctionner avec les types d'antenne énumérés dans le manuel d'usage et ayant un gain admissible maximal et l'impédance requise pour chaque type d'antenne. Les types d'antenne non inclus dans cette liste, ou dont le gain est supérieur au gain maximal indiqué, sont strictement interdits pour l'exploitation de l'émetteur.

3.3 Japan

3.3.1 *Notice for EVMs delivered in Japan:* Please see http://www.tij.co.jp/lstds/ti_ja/general/eStore/notice_01.page 日本国内に輸入される評価用キット、ボードについては、次のところをご覧ください。

<https://www.ti.com/ja-jp/legal/notice-for-evaluation-kits-delivered-in-japan.html>

3.3.2 *Notice for Users of EVMs Considered "Radio Frequency Products" in Japan:* EVMs entering Japan may not be certified by TI as conforming to Technical Regulations of Radio Law of Japan.

If User uses EVMs in Japan, not certified to Technical Regulations of Radio Law of Japan, User is required to follow the instructions set forth by Radio Law of Japan, which includes, but is not limited to, the instructions below with respect to EVMs (which for the avoidance of doubt are stated strictly for convenience and should be verified by User):

1. Use EVMs in a shielded room or any other test facility as defined in the notification #173 issued by Ministry of Internal Affairs and Communications on March 28, 2006, based on Sub-section 1.1 of Article 6 of the Ministry's Rule for Enforcement of Radio Law of Japan,
2. Use EVMs only after User obtains the license of Test Radio Station as provided in Radio Law of Japan with respect to EVMs, or
3. Use of EVMs only after User obtains the Technical Regulations Conformity Certification as provided in Radio Law of Japan with respect to EVMs. Also, do not transfer EVMs, unless User gives the same notice above to the transferee. Please note that if User does not follow the instructions above, User will be subject to penalties of Radio Law of Japan.

【無線電波を送信する製品の開発キットをお使いになる際の注意事項】 開発キットの中には技術基準適合証明を受けていないものがあります。技術適合証明を受けていないものご使用に際しては、電波法遵守のため、以下のいずれかの措置を取っていただく必要がありますのでご注意ください。

1. 電波法施行規則第6条第1項第1号に基づく平成18年3月28日総務省告示第173号で定められた電波暗室等の試験設備でご使用いただく。
2. 実験局の免許を取得後ご使用いただく。
3. 技術基準適合証明を取得後ご使用いただく。

なお、本製品は、上記の「ご使用にあたっての注意」を譲渡先、移転先に通知しない限り、譲渡、移転できないものとします。

上記を遵守頂けない場合は、電波法の罰則が適用される可能性があることをご留意ください。日本テキサス・イ

ンスツルメンツ株式会社

東京都新宿区西新宿 6 丁目 2 4 番 1 号

西新宿三井ビル

3.3.3 *Notice for EVMs for Power Line Communication:* Please see http://www.tij.co.jp/lstds/ti_ja/general/eStore/notice_02.page

電力線搬送波通信についての開発キットをお使いになる際の注意事項については、次のところをご覧ください。 <https://www.ti.com/ja-jp/legal/notice-for-evaluation-kits-for-power-line-communication.html>

3.4 European Union

3.4.1 *For EVMs subject to EU Directive 2014/30/EU (Electromagnetic Compatibility Directive):*

This is a class A product intended for use in environments other than domestic environments that are connected to a low-voltage power-supply network that supplies buildings used for domestic purposes. In a domestic environment this product may cause radio interference in which case the user may be required to take adequate measures.

-
4. *EVM Use Restrictions and Warnings:*
 - 4.1 EVMS ARE NOT FOR USE IN FUNCTIONAL SAFETY AND/OR SAFETY CRITICAL EVALUATIONS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO EVALUATIONS OF LIFE SUPPORT APPLICATIONS.
 - 4.2 User must read and apply the user guide and other available documentation provided by TI regarding the EVM prior to handling or using the EVM, including without limitation any warning or restriction notices. The notices contain important safety information related to, for example, temperatures and voltages.
 - 4.3 *Safety-Related Warnings and Restrictions:*
 - 4.3.1 User shall operate the EVM within TI's recommended specifications and environmental considerations stated in the user guide, other available documentation provided by TI, and any other applicable requirements and employ reasonable and customary safeguards. Exceeding the specified performance ratings and specifications (including but not limited to input and output voltage, current, power, and environmental ranges) for the EVM may cause personal injury or death, or property damage. If there are questions concerning performance ratings and specifications, User should contact a TI field representative prior to connecting interface electronics including input power and intended loads. Any loads applied outside of the specified output range may also result in unintended and/or inaccurate operation and/or possible permanent damage to the EVM and/or interface electronics. Please consult the EVM user guide prior to connecting any load to the EVM output. If there is uncertainty as to the load specification, please contact a TI field representative. During normal operation, even with the inputs and outputs kept within the specified allowable ranges, some circuit components may have elevated case temperatures. These components include but are not limited to linear regulators, switching transistors, pass transistors, current sense resistors, and heat sinks, which can be identified using the information in the associated documentation. When working with the EVM, please be aware that the EVM may become very warm.
 - 4.3.2 EVMs are intended solely for use by technically qualified, professional electronics experts who are familiar with the dangers and application risks associated with handling electrical mechanical components, systems, and subsystems. User assumes all responsibility and liability for proper and safe handling and use of the EVM by User or its employees, affiliates, contractors or designees. User assumes all responsibility and liability to ensure that any interfaces (electronic and/or mechanical) between the EVM and any human body are designed with suitable isolation and means to safely limit accessible leakage currents to minimize the risk of electrical shock hazard. User assumes all responsibility and liability for any improper or unsafe handling or use of the EVM by User or its employees, affiliates, contractors or designees.
 - 4.4 User assumes all responsibility and liability to determine whether the EVM is subject to any applicable international, federal, state, or local laws and regulations related to User's handling and use of the EVM and, if applicable, User assumes all responsibility and liability for compliance in all respects with such laws and regulations. User assumes all responsibility and liability for proper disposal and recycling of the EVM consistent with all applicable international, federal, state, and local requirements.
 5. *Accuracy of Information:* To the extent TI provides information on the availability and function of EVMs, TI attempts to be as accurate as possible. However, TI does not warrant the accuracy of EVM descriptions, EVM availability or other information on its websites as accurate, complete, reliable, current, or error-free.
 6. *Disclaimers:*
 - 6.1 EXCEPT AS SET FORTH ABOVE, EVMS AND ANY MATERIALS PROVIDED WITH THE EVM (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, REFERENCE DESIGNS AND THE DESIGN OF THE EVM ITSELF) ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS." TI DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING SUCH ITEMS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ANY EPIDEMIC FAILURE WARRANTY OR IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF ANY THIRD PARTY PATENTS, COPYRIGHTS, TRADE SECRETS OR OTHER INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.
 - 6.2 EXCEPT FOR THE LIMITED RIGHT TO USE THE EVM SET FORTH HEREIN, NOTHING IN THESE TERMS SHALL BE CONSTRUED AS GRANTING OR CONFERRING ANY RIGHTS BY LICENSE, PATENT, OR ANY OTHER INDUSTRIAL OR INTELLECTUAL PROPERTY RIGHT OF TI, ITS SUPPLIERS/LICENSORS OR ANY OTHER THIRD PARTY, TO USE THE EVM IN ANY FINISHED END-USER OR READY-TO-USE FINAL PRODUCT, OR FOR ANY INVENTION, DISCOVERY OR IMPROVEMENT, REGARDLESS OF WHEN MADE, CONCEIVED OR ACQUIRED.
 7. *USER'S INDEMNITY OBLIGATIONS AND REPRESENTATIONS.* USER WILL DEFEND, INDEMNIFY AND HOLD TI, ITS LICENSORS AND THEIR REPRESENTATIVES HARMLESS FROM AND AGAINST ANY AND ALL CLAIMS, DAMAGES, LOSSES, EXPENSES, COSTS AND LIABILITIES (COLLECTIVELY, "CLAIMS") ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH ANY HANDLING OR USE OF THE EVM THAT IS NOT IN ACCORDANCE WITH THESE TERMS. THIS OBLIGATION SHALL APPLY WHETHER CLAIMS ARISE UNDER STATUTE, REGULATION, OR THE LAW OF TORT, CONTRACT OR ANY OTHER LEGAL THEORY, AND EVEN IF THE EVM FAILS TO PERFORM AS DESCRIBED OR EXPECTED.
-

8. *Limitations on Damages and Liability:*

8.1 *General Limitations.* IN NO EVENT SHALL TI BE LIABLE FOR ANY SPECIAL, COLLATERAL, INDIRECT, PUNITIVE, INCIDENTAL, CONSEQUENTIAL, OR EXEMPLARY DAMAGES IN CONNECTION WITH OR ARISING OUT OF THESE TERMS OR THE USE OF THE EVMS , REGARDLESS OF WHETHER TI HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES. EXCLUDED DAMAGES INCLUDE, BUT ARE NOT LIMITED TO, COST OF REMOVAL OR REINSTALLATION, ANCILLARY COSTS TO THE PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES, RETESTING, OUTSIDE COMPUTER TIME, LABOR COSTS, LOSS OF GOODWILL, LOSS OF PROFITS, LOSS OF SAVINGS, LOSS OF USE, LOSS OF DATA, OR BUSINESS INTERRUPTION. NO CLAIM, SUIT OR ACTION SHALL BE BROUGHT AGAINST TI MORE THAN TWELVE (12) MONTHS AFTER THE EVENT THAT GAVE RISE TO THE CAUSE OF ACTION HAS OCCURRED.

8.2 *Specific Limitations.* IN NO EVENT SHALL TI'S AGGREGATE LIABILITY FROM ANY USE OF AN EVM PROVIDED HEREUNDER, INCLUDING FROM ANY WARRANTY, INDEMNITY OR OTHER OBLIGATION ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH THESE TERMS, , EXCEED THE TOTAL AMOUNT PAID TO TI BY USER FOR THE PARTICULAR EVM(S) AT ISSUE DURING THE PRIOR TWELVE (12) MONTHS WITH RESPECT TO WHICH LOSSES OR DAMAGES ARE CLAIMED. THE EXISTENCE OF MORE THAN ONE CLAIM SHALL NOT ENLARGE OR EXTEND THIS LIMIT.

9. *Return Policy.* Except as otherwise provided, TI does not offer any refunds, returns, or exchanges. Furthermore, no return of EVM(s) will be accepted if the package has been opened and no return of the EVM(s) will be accepted if they are damaged or otherwise not in a resalable condition. If User feels it has been incorrectly charged for the EVM(s) it ordered or that delivery violates the applicable order, User should contact TI. All refunds will be made in full within thirty (30) working days from the return of the components(s), excluding any postage or packaging costs.

10. *Governing Law:* These terms and conditions shall be governed by and interpreted in accordance with the laws of the State of Texas, without reference to conflict-of-laws principles. User agrees that non-exclusive jurisdiction for any dispute arising out of or relating to these terms and conditions lies within courts located in the State of Texas and consents to venue in Dallas County, Texas. Notwithstanding the foregoing, any judgment may be enforced in any United States or foreign court, and TI may seek injunctive relief in any United States or foreign court.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2023, Texas Instruments Incorporated

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