



Jessica Torres

## 摘要

射频系统的正常运行取决于精确的时钟。时钟频率偏差会造成射频偏差，这种偏差会导致射频性能下降、违反法规要求或导致系统发生故障。

若要实现精确的时钟，需要仔细选择晶体和外部负载电容器。本应用报告详细介绍了晶体规格、负载电容器选择建议、电路板布局指南、频率测量技术和晶体调谐技术。

## 内容

<b>1 晶体振荡器基础知识</b> .....	2
1.1 晶体振荡器模型.....	2
<b>2 晶体选型</b> .....	2
2.1 晶体的工作模式.....	2
2.2 温度容差.....	2
2.3 老化 (长期稳定性).....	2
2.4 晶体 ESR.....	2
2.5 频率精度.....	2
2.6 驱动电平.....	3
2.7 选择晶体.....	3
<b>3 晶体调谐</b> .....	5
3.1 晶体调谐的重要性.....	5
3.2 负载电容.....	6
3.3 使用 $C_L$ 进行晶体调谐.....	7
<b>4 测量快时钟 (高频) 的 ppm 误差</b> .....	8
4.1 针对 CC3x00 器件的设置.....	8
4.2 针对 CC3x20 和 CC3x35 器件的设置.....	8
4.3 测量 ppm 频率误差.....	10
<b>5 PCB 布局指南</b> .....	11
5.1 32.768kHz 晶体 (慢时钟).....	11
5.2 40MHz 晶体 (快时钟).....	12
<b>6 参考文献</b> .....	12

## 商标

SimpleLink™ and Internet-on-a chip™ are trademarks of Texas Instruments.

Wi-Fi® is a registered trademark of Wi-Fi Alliance.

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 晶体振荡器基础知识

为了便于您了解在为 CC3xxx 器件选择晶体时所面临的权衡因素，本节介绍了晶体和振荡器运行的基础知识。

节 2 介绍了晶体各方面的重要特性，以便于您选择合适的晶体。不过，为了更深入地了解在选择晶体时所面临的权衡因素，建议您了解晶体和振荡器运行的基础知识（请参阅 [1]）。

### 1.1 晶体振荡器模型

基于晶体的振荡器是通过将晶体放置在振荡器电路的反馈环路中形成的，该振荡器电路在环路周围提供足够的增益和相移以启动和维持稳定的振荡。图 1-1 所示为一个晶体的简化电气模型。

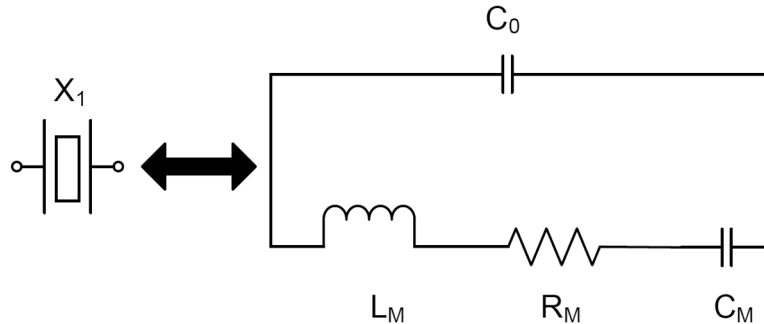


图 1-1. 晶体符号和电气模型

该模型具有 R-L-C 串联元件，被称为动态电阻 ( $R_m$ )、动态电感 ( $L_m$ ) 和动态电容 ( $C_m$ )。并联电容器  $C_0$  被称为并联电容，用于对封装电容进行建模。

## 2 晶体选型

若要为 CC31xx 和 CC32xx 器件选择合适的晶体，建议考虑以下因素：

- 晶体的工作模式
- 温度容差
- 老化（长期稳定性）
- 晶体 ESR
- 频率精度

### 2.1 晶体的工作模式

建议的晶体振荡工作模式是基本模式。这可以简化晶体所需的谐振电路。此外，基本晶体的等效串联电阻 (ESR) 通常低于三次泛音晶体。

### 2.2 温度容差

温度容差或频率稳定性是指在额定温度范围内相对于标称晶体频率的允许偏差。该偏差是通过 25°C 下的标称频率测得的。

### 2.3 老化（长期稳定性）

老化指晶体随着时间的推移经历的振荡频率的累积变化。过高的驱动水平、各种热效应、导线疲劳和摩擦磨损都可能使老化效应加剧。老化率以 ppm/年为单位。

### 2.4 晶体 ESR

等效串联电阻 (ESR) 为晶体在串联谐振频率条件下表现出的电阻。并联电容 ( $C_0$ ) 通常约为 1pF，并且  $C_L$  通常远大于  $C_0$ ，因此对于许多晶体而言 ESR 大约等于  $R_M$ ，有时 ESR 可近似表示为动态电阻。

### 2.5 频率精度

频率精度表示参考频率的最大偏差。晶体频率精度的总容差取决于多个因素：

- 生产容差 (*Tolinitial*)

- 温度容差 (*Toltemp*)
- 老化效应 (*Tolage*)
- 晶体因负载电容不匹配而产生的频率牵引 (*Tolpull*)

在选择晶体时，应考虑上述参数。公式 1 给出了晶体频率精度总容差。

$$Tol_{total} = Tol_{initial} + Tol_{temp} + Tol_{age} + Tol_{pull} \text{ (ppm)} \quad (1)$$

单位 ppm 是百万分率的缩写，用于描述频率的精度。ppm 是以 1/1000000 为单位表示整数的一部分的值 (100ppm = 0.01%)。总容差值以百万分率 (ppm) 为单位进行表示，可以在晶体制造商的晶体数据表中找到。

CC31XX 和 CC32XX 分别需要频率为 32.768kHz (±150ppm 精度) 和 40.0MHz (±25ppm 精度) 的晶体。节 2.7.1 提供了完整的晶体规格。

#### NOTE

频率牵引可能不会出现在晶体数据表中，可以通过计算得出。如需更多信息，请参阅 1。

## 2.6 驱动电平

晶体的最大驱动电平通常会在晶体的数据表中以  $\mu W$  为单位来指定。超过该值会导致晶体损坏或寿命缩短。总电容负载和 ESR 越高，驱动晶体所需的功耗就越大，因而振荡器的功耗会增加。

## 2.7 选择晶体

本节介绍了为 CC31xx 和 CC32xx 选择晶体时的一些重要注意事项。为特定应用选择晶体取决于以下三个因素：

- 尺寸 (封装面积和高度)
- 性能 (温度范围内的精度、寿命、功耗和启动时间)
- 成本

在选择晶体时，应考虑以下几点：

- 所选的晶体必须满足 CC31xx 和 CC32xx 数据表或规格中列出的要求。
  - ESR 不得超过 CC31xx 和 CC32xx 可驱动的值。
  - 容性负载 ( $C_L$ ) 和频率容差 (ppm) 必须满足所用标准 (例如 Wi-Fi®) 的相关规格。
- 选择晶体时的其他一些注意事项包括以下几点：
  - 若要改善启动时间性能并降低功耗，晶体必须具有以下特性：
    - 低容性负载，但更容易受到环境造成的频率变化的影响 ( $C_L$ )
    - 低动态电感 ( $L_M$ )
    - 低动态电阻 ( $R_M$ )

### 2.7.1 晶体规格

在选择晶体时，需要牢记器件数据表中所列的相应规格。表 2-1 和表 2-2 显示了仅适用于 2.4GHz Wi-Fi 的慢速和快速时钟的相应规格。

表 2-1. CC31xx 和 CC32xx RTC 晶体要求

特性	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
标称频率			32.768		kHz
频率精度	初始值 + 温度 + 老化			±150	ppm
晶体 ESR	32.768kHz			70	k $\Omega$

请注意，低频音叉晶体具有会随温度变化的谐振频率，其抛物线系数通常为  $(-0.04 \times 10e^6)^\circ C^2$ 。图 2-1 显示了一个相关示例，从中可以看出，40ppm 的精度仅在  $-10^\circ C$  至  $50^\circ C$  范围内得以保持。

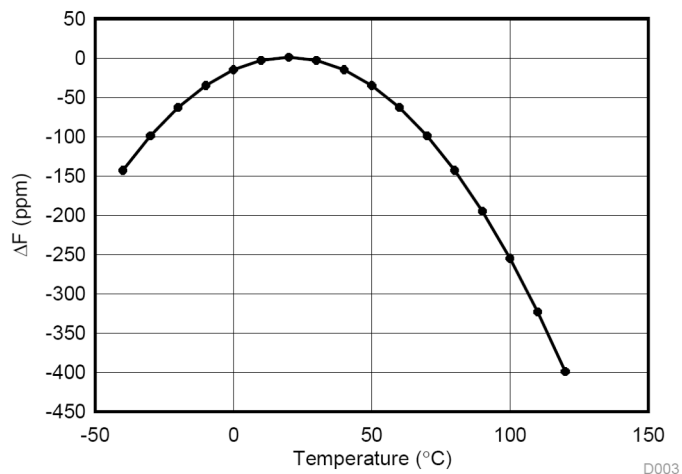


图 2-1. 32.768kHz 音叉晶体频率与温度间的关系曲线

表 2-2. 仅适用于 2.4GHz WLAN 的 CC31xx 和 CC32xx 快时钟晶体要求

特性	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
标称频率			40		MHz
生产容差 (初始容差)				±10	ppm
负载电容 (CL)			8		pF
温度稳定性				±10	ppm
老化	假设寿命为 5 年			±5	ppm
频率精度	初始值 + 温度 + 老化			±25	ppm
晶体 ESR	40MHz	40	50	60	Ω

表 2-3 显示了适用于 2.4GHz 和 5GHz Wi-Fi 的快时钟规格。

**表 2-3. 适用于 2.4GHz 和 5GHz WLAN 的 CC31xx 和 CC32xx 快时钟晶体要求**

特性	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
标称频率			40		MHz
生产容差				±5	ppm
负载电容 (CL)			8		pF
温度稳定性				±15	ppm
老化	假设寿命为 5 年			±3	ppm
频率精度	初始值 + 温度 + 老化			±20	ppm
晶体 ESR	40MHz			40	Ω

**NOTE**

在针对 5GHz 频率带宽使用 CC3135 或 CC3235 器件时，需要更高的精度，因此，晶体规格将与用于 2.4GHz 时不同。

**2.7.2 建议用于 CC31xx 和 CC32xx 的晶体**

表 2-4 和表 2-5 提供了建议用于 CC31xx 和 CC32xx 器件的晶体。

**表 2-4. 适用于 CC31xc 和 CC32xx 的 32.768kHz 晶体**

MnF	MPN	最大 ESR (kΩ)	CL [pF]	容差 [ppm]	温度容差 [ppm]	温度范围 [deg C]
Abracon Corporation	ABS07-32.768KHZ-9-T	70	9pf	±20ppm	±20ppm	-40°C ~ 85°C
Abracon Corporation	ABS07-32.768KHZ-T	70	12.5pF	±20ppm	±30ppm	-40°C ~ 85°C

**表 2-5. 适用于 CC31xx 和 CC32xx 的 40MHz 晶体**

MnF	MPN	ESR 最大值 [Ω]	CL [pF]	容差 [ppm]	温度容差 [ppm]	温度范围 [deg C]
Epson (爱普生)	Q24FA20H00396	40	8pF	±30ppm	±30ppm	-40°C 至 85°C
Abracon Corporation	ABM3-16.000MHZ-D2Y-T	40	18pF	±20ppm	±30ppm	-40°C 至 85°C

**3 晶体调谐**

根据 PCB 布线电容和在最终产品上使用的晶体，可能需要调节晶体上的并联电容器，以确保净电容负载与所需的值完全相同。

这些器件在运行时需要两个独立的时钟：

- 一个以 32.768kHz 的频率运行的慢时钟，用于 RTC。
- 一个以 40MHz 频率运行的快时钟，由器件用于内部处理器和 WLAN 子系统。

**3.1 晶体调谐的重要性**

802.11b/g WLAN 标准 (请参阅 [2]) 规定了最大频率误差应处于 ±25ppm 以内。除此之外，器件可能难以与多个接入点进行互操作。因此，应将 40MHz 晶体的频率误差限制在一个较小的值，并确保多个电路板上的平均频率误差约为 0ppm。

### 3.2 负载电容

负载电容 ( $C_L$ ) 指振荡器反馈环路中的净电容。合适的负载电容对于确保晶体的振荡频率处于预期范围内而言至关重要。负载电容等于在晶体引脚之间看到的电容值，包括在板上添加的并联电容器、PCB 布线寄生电容、元件焊盘电容、器件引脚电容等。

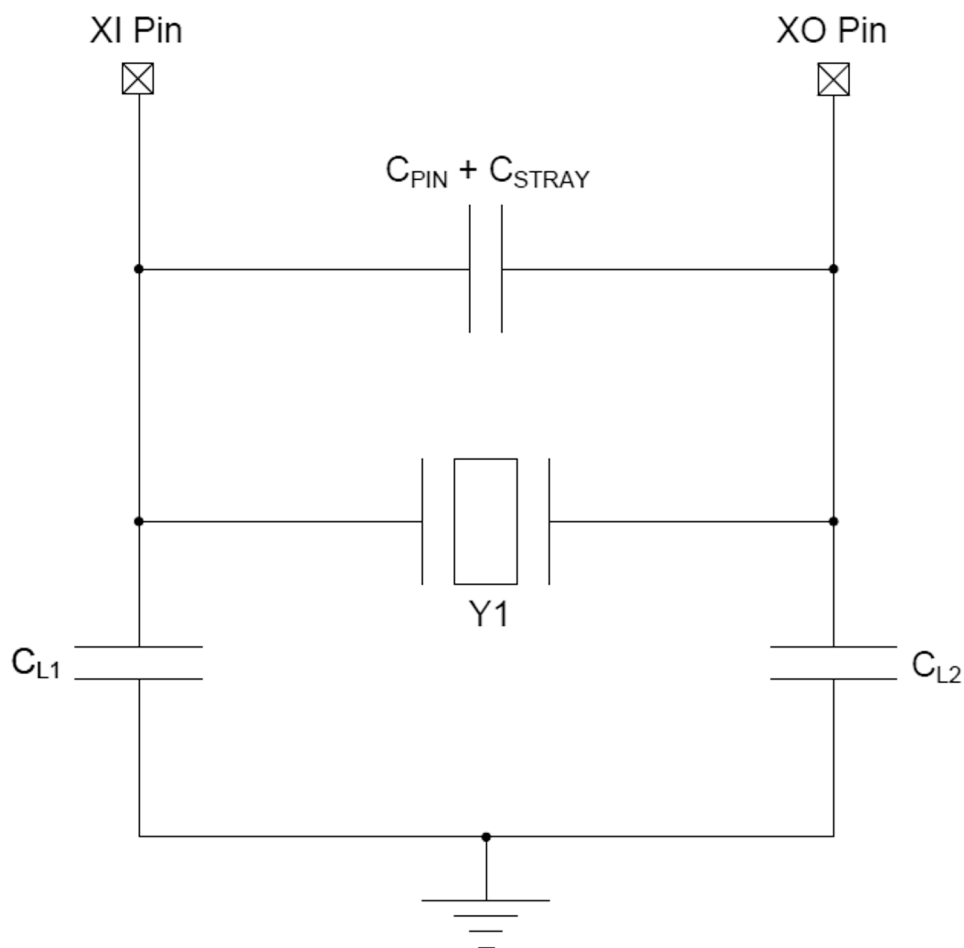


图 3-1. 简化的晶体等效负载电容电路

图 3-2 所示为典型的晶体振荡器电路和负载电容来源。总负载电容包括分立式负载电容器 ( $C_{L1}$  和  $C_{L2}$ )、器件引脚电容 ( $C_{PIN}$ ) 以及杂散电路板电容 ( $C_{STRAY}$ )。在为特定的电路板设计计算公式 2 中分立式电容器元件  $C_{L1}$  和  $C_{L2}$  的值时，务必考虑所有电容来源。

$$C_L = \frac{(C_{L1} \times C_{L2})}{(C_{L1} + C_{L2})} + C_{PIN} + C_{STRAY} \quad (2)$$

这些电容器与 PCB 和晶体端子中的任何寄生电容一同构成有助于设置晶体谐振频率的总负载电容 ( $C_L$ )。晶体数据表中提供了适用于晶体的理想负载电容  $C_L$ 。该总  $C_L$  通常由负载电容器与布局和封装的寄生电容构成。

下面介绍了具有不同  $C_L$  值的晶体的相对优势。较低  $C_L$  带来的劣势如下所示：

- $C_L$  小于 8pF 的晶体在较短的交货周期内更难买到。
- $C_L$  越小，频率对电路板电容的变化就越敏感。
- 减少  $C_L$  会导致射频相位噪声性能下降。

较低  $C_L$  带来的优势如下所示：

- 较低的  $C_L$  会导致启动时间显著增加。（启动时间以  $\mu\text{s}$  为单位）
- 较低的  $C_L$  会导致振幅控制环路响应时间变短。
- 较低的  $C_L$  使得采用小尺寸晶体（ $2.0 \times 1.6$  等）更加容易并使启动时间保持在等于或小于  $400 \mu\text{s}$ 。采用较小的晶体时，由于 LM 增加，启动时间性能会变差。

### 3.3 使用 $C_L$ 进行晶体调谐

若要实现指定的晶体频率，净电容负载应该与晶体的指定负载电容  $C_L$  完全匹配。如果晶体指定  $C_L = 8\text{pF}$ ，则晶体引脚上的每个电容器应为  $16\text{pF}$ （等于  $2 \times 8\text{pF}$ ），因为这些电容器将串联在一起。在该  $16\text{pF}$  电容中，电路板寄生电容占 2 至  $3\text{pF}$ 。因此，CC31xx/CC32xx 器件输入针对每个引脚具有 5 至  $6\text{pF}$  的电容。这需要在每个引脚上总共增加  $7\text{--}9\text{pF}$  的电容器。根据发送 (TX) 输出频率对  $C_L$  进行微调。

例如，在使用建议的晶体“Q24FA20H00396”时，对于指定的  $8\text{pF}$   $C_L$ ，只有当“XI 引脚”和“XO 引脚”之间的净电容精确到  $8\text{pF}$  时，该晶体才会精确地以  $40\text{MHz}$  的频率共振。

请注意，电容会随着温度的变化而偏离  $8\text{pF}$ ，因此频率误差也会发生变化。图 3-2 所示为表明了 ppm 误差随  $C_L$  的变化而变化的典型曲线图。

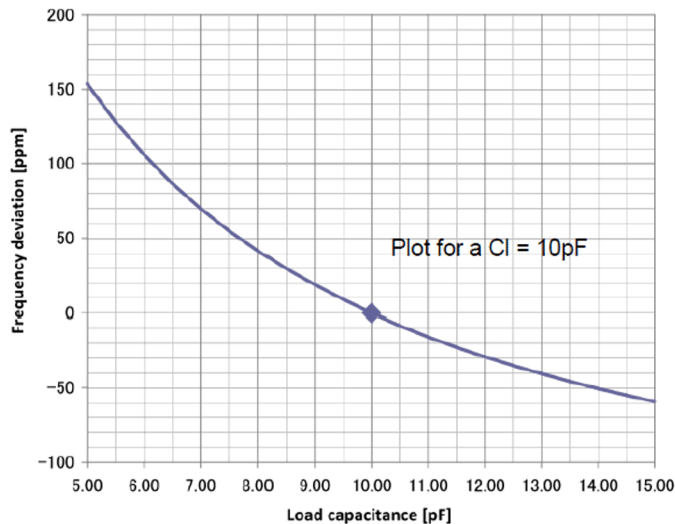


图 3-2. 频率误差与负载电容之间的关系

#### NOTE

切勿通过监控晶体本身来对晶体进行调谐。用示波器探头加载晶体会降低振荡频率。

## 4 测量快时钟 (高频) 的 ppm 误差

请勿直接测量晶体频率，因为对于测量 CC31xx 和 CC32xx 40MHz 快时钟而言，测量分辨率通常不足以计算数个 ppm 以内的频率偏差。必须使用涉及稳定基准的频谱分析仪或频率计数器来测量频率。正确的过程是先使用无线电工具发送信号，然后使用频谱分析仪评估频率。

上述的 SimpleLink™ Wi-Fi 无线电工具是一款基于 Microsoft Windows 的软件应用程序，具有图形用户界面，可用于在开发和认证期间进行射频评估以及 CC31xx 和 CC32xx 设计测试。通过手动将无线电设置为发送模式或接收模式，该工具可提供低级无线电测试功能。该工具还为硬件和软件版本检查提供器件信息。

### 4.1 针对 CC3x00 器件的设置

为了使无线电工具正常运行，需要使用正确的固件对器件进行刷写。有关如何将固件刷写到器件中的说明，请参阅 SimpleLink Wi-Fi CC3100、CC3200 UniFlash 用户指南 13。

对于 CC3100 和 CC3200 器件，请确保下载并安装适用于 CC3100 和 CC3200 的 SimpleLink Wi-Fi 无线电测试工具。有关安装过程的说明，请参阅 CC3x20、CC3x35 SimpleLink Wi-Fi 和 Internet-on-a chip™ 解决方案无线电工具 15。

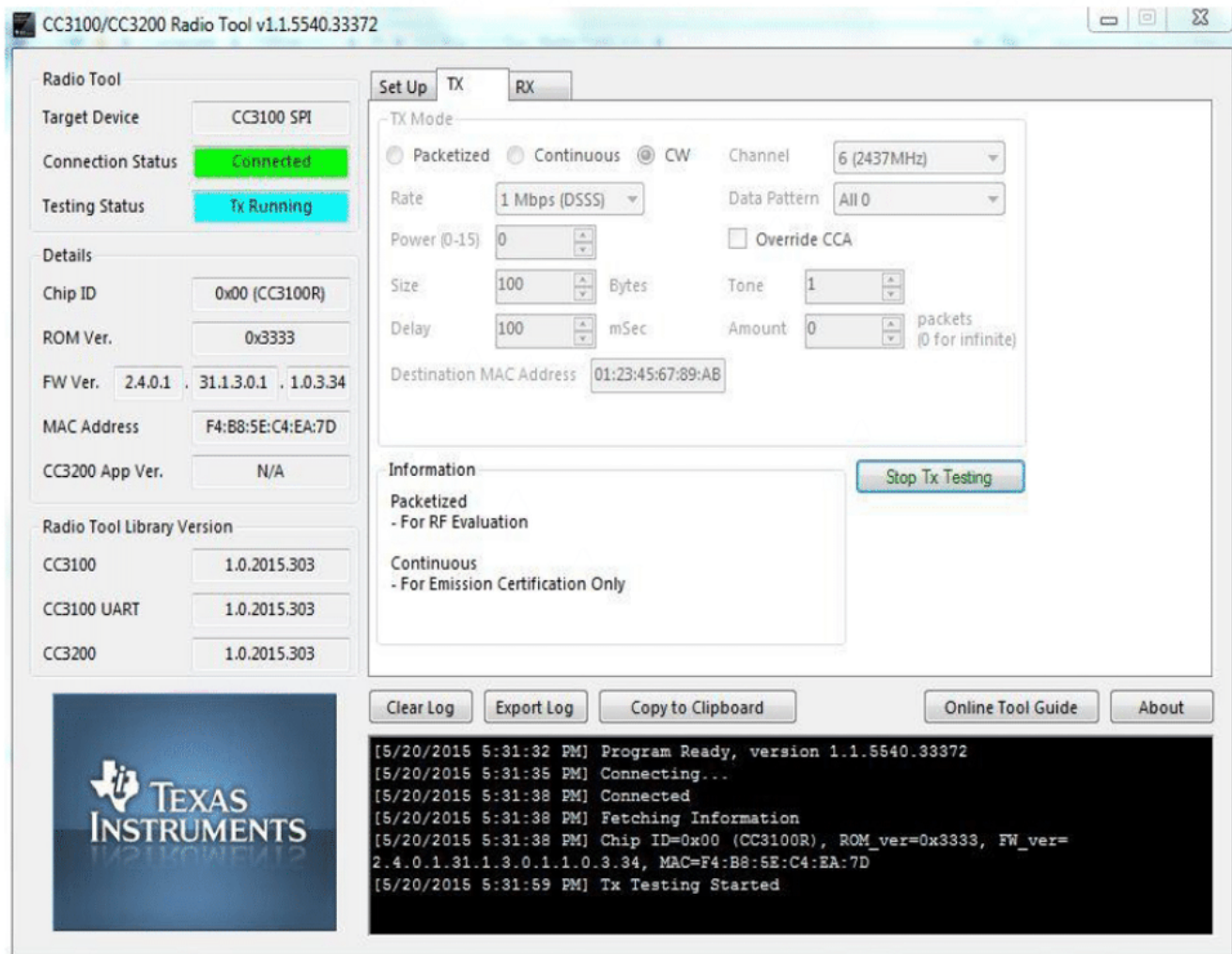


图 4-1. 针对 CC3x00 器件的设置

### 4.2 针对 CC3x20 和 CC3x35 器件的设置

为了使无线电工具正常运行，需要使用正确的固件对器件进行刷写。有关如何将固件刷写到器件中的说明，请参阅 SimpleLink Wi-Fi CC31xx、CC32xx UniFlash 用户指南 [14]。



对于 CC3x20 和 CC3x35 器件, 请确保下载并安装适用于 CC31xx 和 CC32xx 的 SimpleLink Wi-Fi 无线电测试工具。有关安装过程的说明, 请参阅 *CC3x20、CC3x35 SimpleLink Wi-Fi 和 Internet-on-a chip 解决方案无线电工具* [15]。

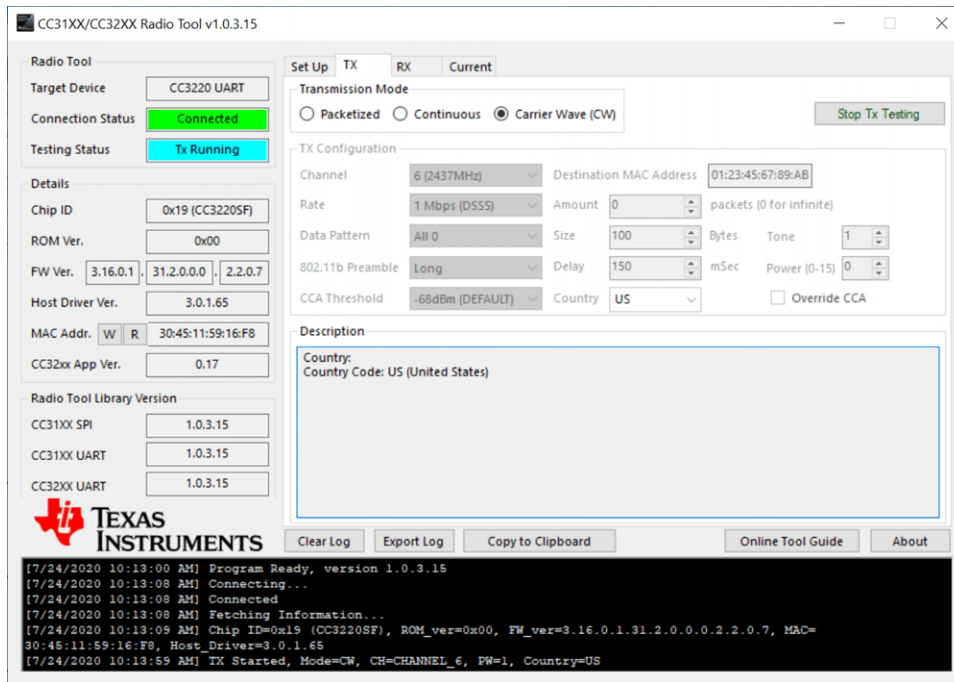


图 4-2. 针对 CC3x20 和 CC3x35 器件的设置

### 4.3 测量 ppm 频率误差

在对器件进行刷写并运行“RadioToolGUI.exe”后，使用无线电工具连接器件。在“TX”选项卡中选择“CW”模式并为“Tone”选择“1”，在点击“Start TX testing”之后，器件将发送一个未经调制的射频正弦波。该射频信号将以通道频率 + 312.5KHz 的频率进行传输。例如，在通道 6 上进行传输时，该正弦波的频率将为 2437.3125MHz。

使用频谱分析仪测量实际频率，其相对于预期频率的差值为频率误差。为了进行准确测量，应在频谱分析仪中设置一个小范围，例如 100KHz 和 100Hz 的 RBW。确保一段时间内的漂移最小。

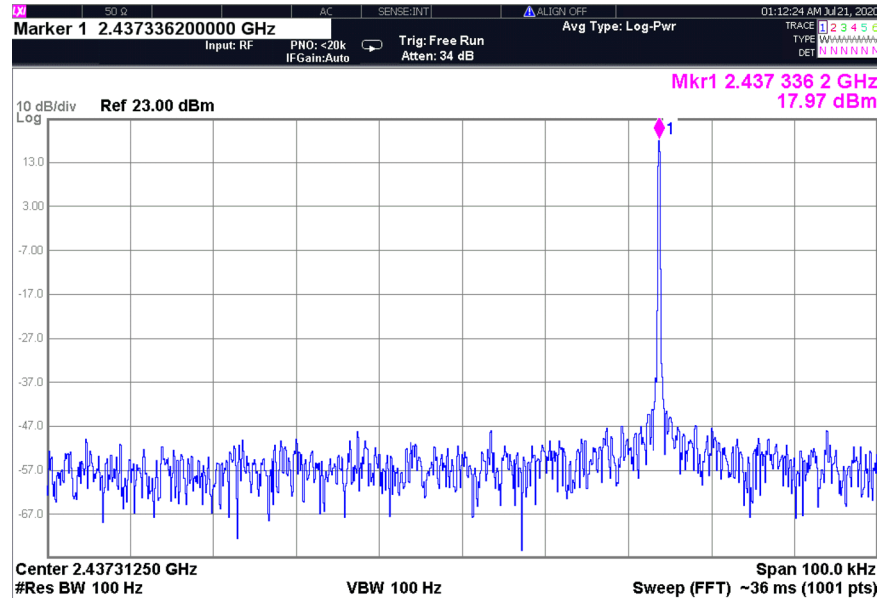


图 4-3. 使用频谱分析仪测量频率误差

图 4-3 显示了使用频谱分析仪测得标记 1 处的频率为 2437.3362MHz，而预期频率为 2437.3125MHz。

因此，频率误差为  $2437.3125\text{MHz} - 2437.3362\text{MHz} = -0.0237\text{MHz} = -23.7\text{KHz}$ 。

若要将该频率误差的单位转换为 ppm，请使用以下公式：

$$\left[ \frac{\text{Freq error}}{\text{expected frequency}} \right] \times 10^6 \quad (3)$$

示例 ppm 为： $[0.0237\text{MHz}/2437.3125\text{MHz}] \times 10^6 = -9.724\text{ppm}$ 。

利用这些知识来调节板载并联电容，以将频率误差降至尽可能低的值 (25°C)。正 ppm 误差 (较大的频率) 表示您需要增大电容，负 ppm 误差表示您需要减小电容。请注意，两个并联电容器实际上是串联在一起的。若要进行调整，可以为两个电容器选择不同的值。

## 5 PCB 布局指南

晶体的布局可以减少寄生电容，更重要的是，可以减少振荡器输入端上的噪声耦合。振荡器输入端的噪声可能会导致严重的副作用，例如时钟干扰、闪存损坏或系统崩溃，因为 CC31xx 和 CC32xx 器件依赖晶体振荡器作为系统快速和慢速时钟。

以下是有关晶体布局的一些一般性建议：

- 将晶体尽可能靠近器件放置，尽量缩短 PCB 走线长度。（这种放置方式可以减少串扰并尽量减少 EMI。）
- TI 建议在晶体下添加实心接地层。
- 确保没有高速数字信号靠近晶体，从而尽量减少振荡器的噪声交叉耦合。

图 5-1 所示为 CC32xx 参考设计布局的顶层。底层是实心接地层。更多详细信息，请参阅 [CC3235S/CC3235SF SimpleLink™ Wi-Fi® LaunchPad™ 设计文件](#)，并且请参阅 [12]。CC31xx 器件也可采用相同的晶体布局。

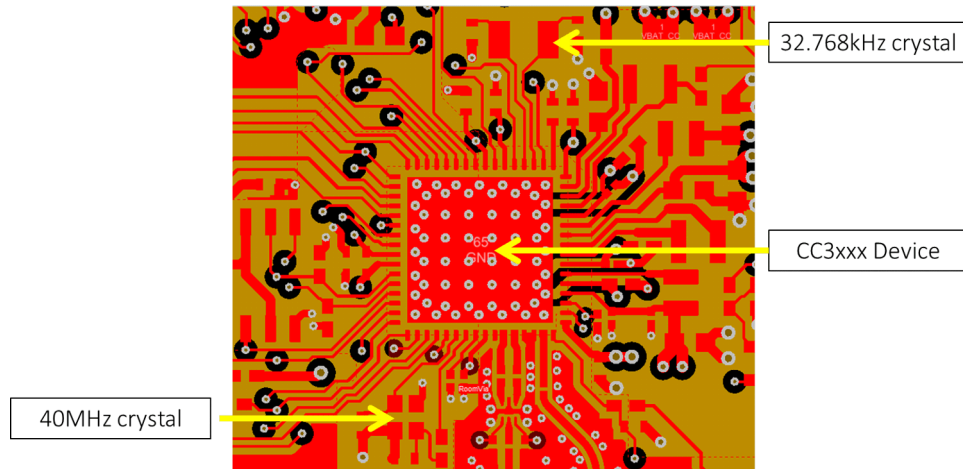


图 5-1. CC32xx EVM 的布局

### 5.1 32.768kHz 晶体 (慢时钟)

该晶体用作 RTC，可提供自由运行慢时钟。有关 32.768kHz 晶体振荡器的晶体要求，请参阅表 2-1。

以下是适用于慢时钟的 PCB 指南：

- 32.768kHz 晶体振荡器用作 RTC，因此应将其靠近 VQFN 封装放置。
- 确保根据电路板寄生电容调整负载电容，从而确保室温下的频率容差处于  $\pm 150\text{ppm}$  之内，如第 4 节所述。
- 第二层中布线通道下方的接地层是实心的，顶层中的这些布线周围应该有接地端，如图 5-1 所示。

## 5.2 40MHz 晶体 (快时钟)

40MHz 晶体用于产生快时钟，以支持用于 WLAN 的频率。有关 32.768kHz 晶体振荡器的晶体要求，请参阅表 3-1。以下是适用于慢时钟的 PCB 指南。

有关相应的晶体要求，请参阅表 2-2 和表 2-3。

- 应将 40MHz 晶体放置在靠近 QFN 封装的位置。
- 确保根据电路板寄生电容调整负载电容，从而确保室温下的频率容差处于  $\pm 10\text{ppm}$  之内，如节 3 所述。
- 晶体针对所有器件、整个温度范围和老化过程的总频率精度应为  $\pm 25\text{ppm}$ ，以符合 IEEE 802.11b/g WLAN 标准。
- 确保未在晶体布线附近排布高频线路，以避免任何相位噪声性能下降。

## 6 参考文献

1. 德州仪器 (TI) : [CC26xx 和 CC13xx 系列无线 MCU 的晶体振荡器和晶体选型](#)
2. IEEE Standard for Information technology—Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks—Specific requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," in IEEE Std 802.11-2016 (Revision of IEEE Std 802.11-2012), vol., no., pp. 2242, 14 Dec. 2016, doi: 10.1109/IEEESTD.2016.7786995.
3. 德州仪器 (TI) : [CC3100 和 CC3200 SimpleLink™ Wi-Fi® 以及物联网解决方案布局指南用户指南](#)
4. 德州仪器 (TI) : [CC3120 和 CC3220 SimpleLink™ Wi-Fi® 以及物联网解决方案布局指南](#)
5. 德州仪器 (TI) : [CC3x35 SimpleLink™ Wi-Fi® 和物联网解决方案布局指南](#)
6. 德州仪器 (TI) : [适用于 MCU 应用的 CC3100 SimpleLink™ Wi-Fi® 网络处理器、物联网解决方案数据表](#)
7. 德州仪器 (TI) : [CC3200 SimpleLink™ Wi-Fi® 和物联网解决方案 \(单芯片无线 MCU\) 数据表](#)
8. 德州仪器 (TI) : [适用于 MCU 应用的 CC3120 SimpleLink™ Wi-Fi® 无线网络处理器、物联网解决方案数据表](#)
9. 德州仪器 (TI) : [CC3220R、CC3220S 和 CC3220SF SimpleLink™ Wi-Fi® 单芯片无线 MCU 解决方案数据表](#)
10. 德州仪器 (TI) : [适用于 MCU 应用的 CC3100 SimpleLink™ Wi-Fi® 网络处理器、物联网解决方案数据表](#)
11. [CC3235S 和 CC3235SF SimpleLink™ Wi-Fi® 双频带单芯片解决方案数据表](#)
12. SimpleLink™ Wi-Fi 器件的硬件设计审查资料来源 :
13. 德州仪器 (TI) : [CC3100 SimpleLink Wi-Fi 无线网络解决方案 Booster Pack 设计文件](#)
14. 德州仪器 (TI) : [SimpleLink™ Wi-Fi® CC3100、CC3200 UniFlash 用户指南](#)
15. 德州仪器 (TI) : [CC3x20、CC3x35 SimpleLink™ Wi-Fi® 和 Internet-on-a chip™ 解决方案无线电工具用户指南](#)

更多特定于器件的 PCB 指南，请参阅以下文档之一 (取决于器件) :

1. 对于 CC3x00，请参阅 [CC3100 和 CC3200 SimpleLink™ Wi-Fi® 以及物联网解决方案布局指南用户指南](#)。
2. 对于 CC3x20，请参阅 [CC3120 和 CC3220 SimpleLink™ Wi-Fi® 以及物联网解决方案布局指南](#)。
3. 对于 CC3x35，请参阅 [CC3135 和 CC3235 SimpleLink™ Wi-Fi® 以及物联网解决方案布局指南用户指南](#)。

## 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