

如何将产品设计从 CC1310 移植到 CC1311 以及 345MHz/433MHz/915MHz 的多频段混合系统参考设计



Shuyang Zhong & Island Wei

摘要

由于 Flash 的增大，用户可以无需外扩 Flash，仅使用片上 Flash 对应用程序进行 OTA 升级，进一步降低 BOM。另外，如果客户对于传输距离具有更高的要求，在 CC1311 上 TI 还推出了 P 版本（功率增强版），其发射功率可以高达 + 20dBm。

本篇文章通过介绍适配 CC1311 的开发工具，讲述了如何将基于 CC1310 的项目移植到 CC1311 平台，并以 TI 15.4 协议栈中的 Collector 和 Sensor 示例工程为例进行实验。

本文的主要内容有：

1. 如何将产品设计从 CC1310 移植到 CC1311
2. 如何使用 CC1311/CC110L 组合实现 915MHz/433MHz/345MHz 的多功能系统

内容

1 如何将产品设计从 CC1310 移植到 CC1311	2
1.1 硬件移植	2
1.2 软件移植	2
2 如何使用 CC1311/CC110L 组合实现 915MHz/433MHz/345MHz 的多功能系统	5
2.1 方案介绍	5
2.2 射频拓扑设计建议以及 BOM	5
2.3 Layout 设计	7
2.4 测试结果	9
3 参考链接	11

1 如何将产品设计从 CC1310 移植到 CC1311

1.1 硬件移植

TI SimpleLink 家族为减轻客户的移植难度，在相同封装相同版本间芯片管脚兼容 (pin-to-pin)，也就是如果您的新产品从 CC1310 RGZ (7mm × 7mm) VQFN 升级为 CC1311R3 RGZ (7mm × 7mm) VQFN，无需更改 PCB 设计，仅需更改晶振。需要注意的是 CC1311P RGZ 虽然封装与 CC1310R RGZ 相同，但因为内部设计有 PA，所以 R 和 P 版本并非管脚兼容，需要重新画板。

CC1311 有两个版本，CC1311R3 和 CC1311P3。其中 CC1311R3 的 RGZ 封装 (7x7mm QFN) 与相同封装的 CC1310 是 pin to pin 兼容的。如果之前使用的是 RGZ 封装的 CC1310，可直接 pin to pin 移植到 CC1311R3，PCB 布板不需要做任何改动。

在外围电路方面，唯一的改动是高速晶振。CC1311 需要一颗 48MHz 的晶振提供系统时钟，而 CC1310 是 24MHz。

具体的硬件移植指南请参考《[Hardware Migration From CC1310 to CC1312R](#)》。文档名称中是 CC1312R 是因为 CC1312R 芯片同样与 CC1310 和 CC1311 兼容，因此可直接使用此文档作为从 CC1310 到 CC1311R 移植的指南。

如果选用了 CC1311P3 版本，由于 P 版本带有内置功率放大器的原因，所以它与 CC1310 不能直接进行 pin to pin 替换。P 版本的硬件设计可参考《[CC13xx/CC26xx Hardware Configuration and PCB Design Considerations](#)》文档。

1.2 软件移植

CC1310 与 CC1311 的软件总体架构是相同的，但在 SDK 的迭代过程中，还是产生了一些软件上的区别。这一节中我们首先从软件整体架构角度列举二者软件上的不同点，以方便开发者从整体上把握软件移植工作。下一章中我们将通过实例阐述具体的移植流程。

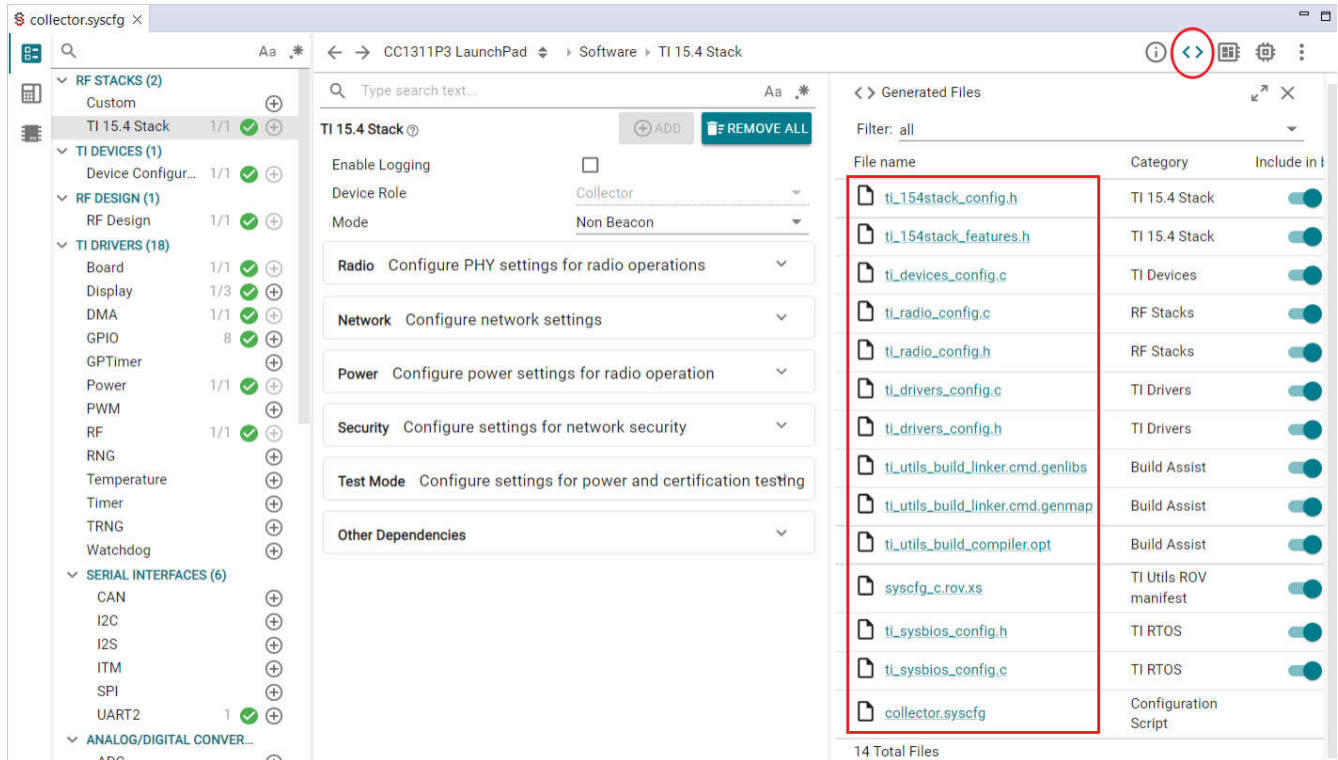
CC1310 与 CC1311 的软件主要有列区别：

- SysConfig
- TI-RTOS 版本
- 外设驱动 (包括 GPIO 和 UART)

1.2.1 System Configuration (SysConfig)

从 CC13x2 这一代芯片开始，SDK 中引入了图形化代码配置工具 SysConfig，来帮助生成芯片硬件相关、以及协议栈相关的部分代码。CC1311 的软件工程也基于 SysConfig 工具。而 CC1310 SDK 中仍使用传统的全代码方式。因此，从 CC1310 向 CC1311 进行移植时，需要了解哪些代码由 SysConfig 生成，并将这些代码转移到 SysConfig 配置中。

我们来看一下 CC1311 工程中由 SysConfig 生成的文件列表，通过它们来介绍 SysConfig 的作用。以 collector_LP_CC1311P3_tirtos7_ticlang 工程为例，在 CCS 中双击打开 collector.syscfg，点击右上角 Generated Files 图标，可以预览 SysConfig 生成的文件列表：



SysConfig 共生成 14 个文件，其中与用户软件相关的主要是.c 和.h 文件，其它文件是工程配置和调试文件。下面表格中汇总了 SysConfig 生成代码的作用，以及在 CC1310 工程中该部分代码对应的位置：

SysConfig 生成文件	代码作用	在 CC1310 工程中对文件
ti_154stack_config.h	TI15.4 协议栈配置	Application/subg/config.h
ti_154stack_features.h		Application/subg/features.h
ti_devices_config.c	芯片 CCFG 配置	ccfg.c
ti_radio_config.c	RF 物理层配置	Application/MAC/LowLevel/mac_settings.c
ti_radio_config.h		Application/MAC/LowLevel/mac_settings.h
ti_drivers_config.c	外设驱动配置	CC1310_LAUNCHXL.c
ti_drivers_config.h		CC1310_LAUNCHXL.h
ti_sysbios_config.c	TI-RTOS 配置	app.cfg
ti_sysbios_config.h		

更详细的移植步骤请参考 CC1311 SDK 文档中的 [SysConfig Migration](#) 部分。

1.2.2 TI-RTOS 移植到 TI-RTOS 7

CC1310 和 CC1311 的软件工程都依赖于 TI-RTOS 实时操作系统。从 CC1311 SDK 5.30 版本之后，TI-RTOS 的版本进行了升级，当前 CC1311 上使用的是 TI-RTOS 7，而 CC1310 上运行的是原来的 TI-RTOS，并未带有版本号命名。

相较 TI-RTOS，TI-RTOS 7 主要有如下升级：

- TI-RTOS 7 通过 SysConfig 生成配置代码
- TI-RTOS 7 不再依赖 XDS Tools 工具进行编译，提高了编译速度
- TI-RTOS 7 占用的 flash 和 RAM 更小
- TI-RTOS 7 提升了 debug 体验，可直接进入 kernel 函数中进行单步调试

更详细的更新内容可参考以下链接：

[\[FAQ\] Why use TI-RTOS7? - Sub-1 GHz forum - Sub-1 GHz - TI E2E support forums](#)

对于从 CC1310 升级的用户来说，最大的区别就是 TI-RTOS 7 的相关配置由 SysConfig 生成，取代了之前的 cfg 配置文件。SysConfig 相关的内容在 2.2.1 节中已有介绍。另外在 CC1311 SDK 中也提供了详细的 TI-RTOS 移植步骤：

TI-RTOS to TI-RTOS7 Migration

除此之外，例程中部分 RTOS 相关的 API 也发生了改变。CC1311 增加了一层 DPL (Driver Porting Layer) 来兼容不同的 RTOS 操作系统，并在例程中使用 DPL API 代替了原来的 TI-RTOS API。因此在移植时请注意以下 API 的变化：

- Clock 模块 API，包括 Clock_Struct 结构体、Clock_getTicks() 等，应替换为 ClockP_Struct 和 ClockP_getTicks()；
- util_timer.c 中的 API，如 Timer_start()、Timer_stop() 等，应替换为 UtilTimer_start() 和 UtilTimer_stop() 等。

关于 DPL API 的详细介绍请参考 [SimpleLink MCU SDK Driver API Reference](#) 文档的 Driver Porting Layer 部分。

1.2.3 外设驱动代码移植

CC1310 和 CC1311 的外设驱动都基于 TI Drivers API。在 TI Drivers 迭代过程中，部分驱动代码发生了变化，主要包括 GPIO 和 UART 两个部分。

1.2.3.1 PIN driver 移植到 GPIO driver

在 C1310 SDK 中，GPIO 驱动代码基于 PIN driver 和 GPIO driver，在 CC1311 SDK 中对这两部分驱动代码进行了整合，提供了一套更加规范的 GPIO driver (GPIO++ driver)。

CC1311 不再支持 PIN driver，因此 CC1310 中所有对 PIN driver 的调用需要进行移植。详细的移植步骤请参考 [GPIO++ Driver Porting Guide](#)。

1.2.3.2 UART driver 移植到 UART2 driver

C1311 SDK 中对 UART 驱动也进行了升级，从 UART driver 变为 UART2 driver。请注意此处命名中的 UART2 只是为了区分旧版本软件而进行的重新命名，与硬件中 UART 的编号并无关联。相比旧版 UART driver，UART2 driver 最大的提升是利用了 DMA 来进行 UART 收发，降低了收发时 CPU 的处理负担，从而提高了程序的整体效率。从 UART driver 到 UART2 driver 的移植步骤请参考 [UART to UART2 Porting Guide](#)。

2 如何使用 CC1311/CC110L 组合实现 915MHz/433MHz/345MHz 的多功能系统

2.1 方案介绍

现如今，在 Sub1G 组设备中，868MHz/915MHz 相对比 345MHz 更繁忙。当你设计网关并想与现有的著名设计兼容时，345MHz 在现有市场上占有一定份额，如 [Honeywell 5800 series](#), [2GIG](#), [Qolsys](#) 支持 OOK 调制器，并在与 SPDT 相同的射频路径下，切换一些上限以支持 433MHz。对于这种情况，我们建议使用 CC1311+CC110L 混合设计来满足这一要求。CC1311 和 CC110L 之间我们建议使用 SPI 接口，我们在数据表中有 [CC110L](#) 的所有文档，包括 SPI 接口的文档(第 5.5 章 4 线 SPI)。

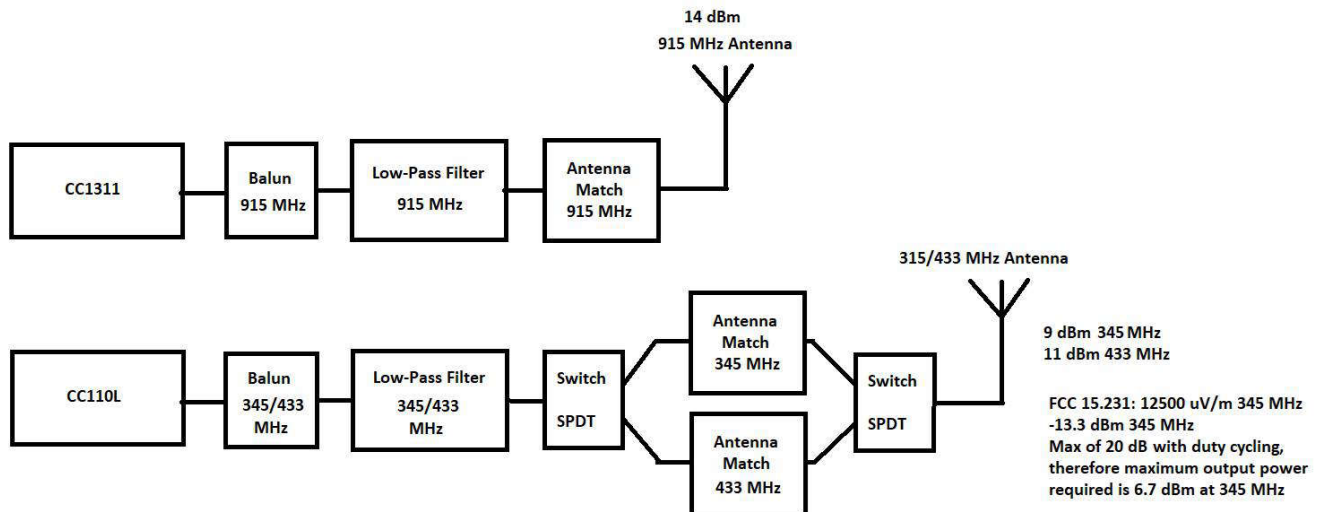
该混合系统的目标是在 868/915MHz 上使用 TI 15.4 协议栈，CC110L 支持 345MHz 上霍尼韦尔 5800 系列传感器的 OOK 调制，只有两个天线路径，并且应符合 FCC 的规定。

根据 FCC 15.231，在 345 MHz 时，最大输出功率为 12500 uV/m。这与 -13.3 dBm 相关，即使最大负载循环利用率为 +20 dB，这也使得最大输出功率为 +6.7 dBm，这对于非常短的数据包长度是允许的。根据 FCC 的规定，更长的数据包长度和输出功率将进一步降低。

CC110L 在 345 MHz 的输出功率为 +12 dBm，远大于 +6.7 dBm。由于在 345 MHz 和 433 MHz 双频工作才是关键，用户应该不需要 12/14 dBm 的输出功率。因此，345/433 MHz 天线必须有两个不同的天线匹配。根据 GND 平面的大小、天线尺寸和位置的不同，小型设备的天线带宽只能在 10-20 MHz 区域。因此，需要两个天线匹配才能覆盖 345 MHz 和 433 MHz。

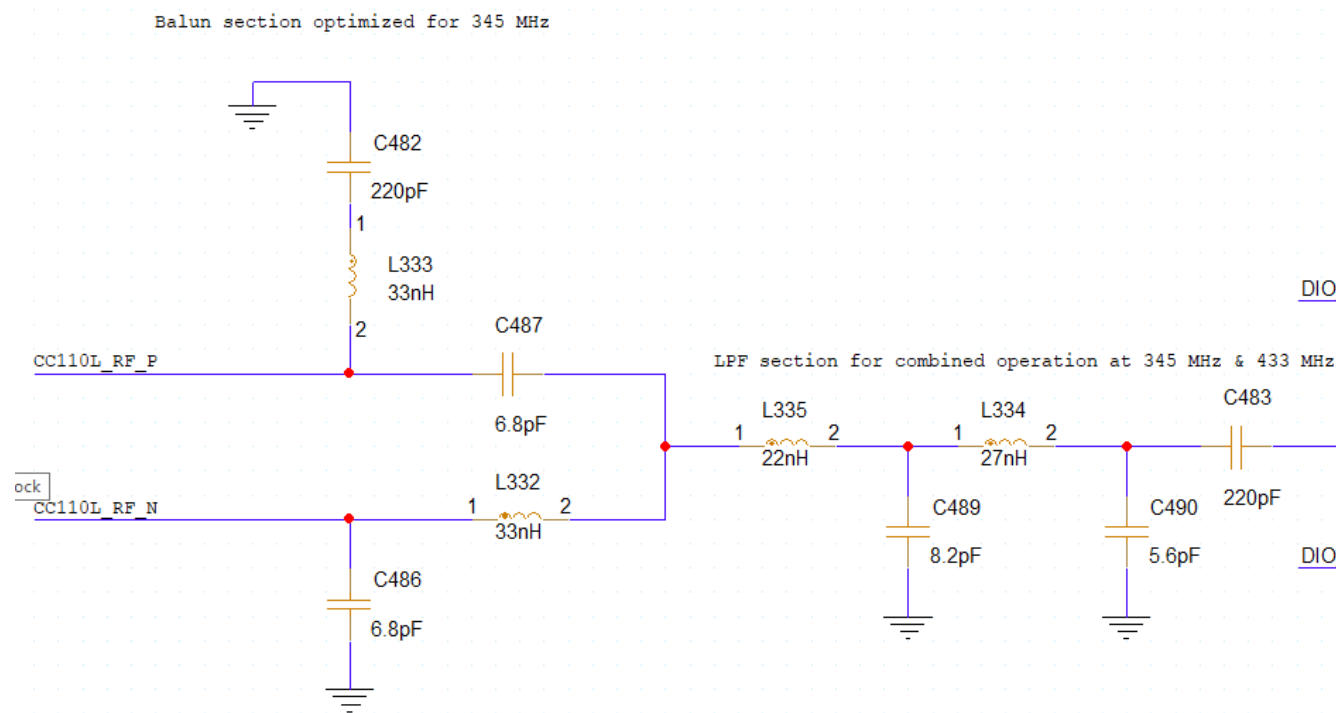
在 345MHz 和 433MHz 的最佳天线匹配下，使用一个物理天线将提供比单个天线更大的发射辐射输出功率。下面的框图只是使用 345 MHz 和 433 MHz 的一个天线，因为该天线在物理上会很大。也就是说，只使用一个天线 (345/433MHz) 而不是两个 345MHz 和 433MHz 的天线。如果可以使用两个天线来处理 345MHz 和 433MHz，那么只需要一个 SPDT 开关。

射频设计要求是在 14dBm 的最佳输出时为 345MHz，射频规格要求是 >10dBm 的 433MHz，我们建议采用以下拓扑：

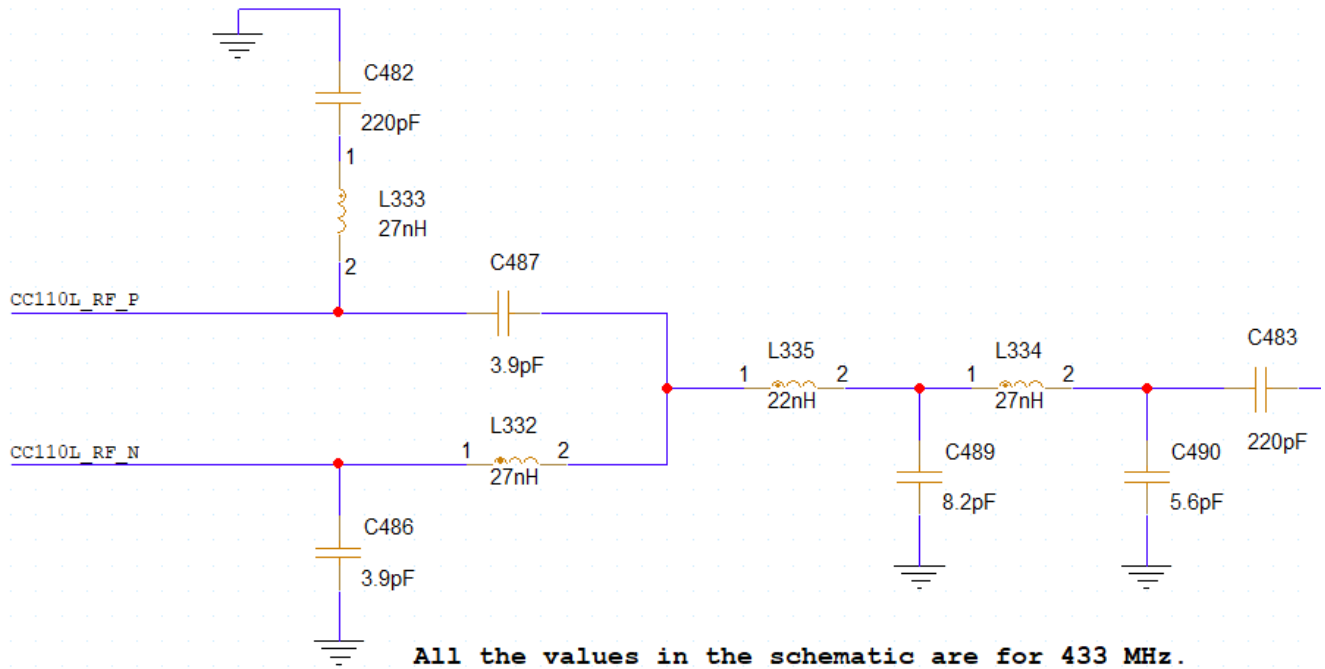


2.2 射频拓扑设计建议以及 BOM

BOM 主要为 345MHz 优化，但仍然需要在 433MHz 做些配置。



此 BOM 在 345 MHz 和 433 MHz 时允许 12 dBm。在 345 MHz 工作时，LPF 始终可以变得更清晰，但这将开始导致 433 MHz 时输出功率降低。如果您将为 345 MHz 也加上 LPF，那么 433 MHz 的输出功率将下降到约 8 dBm，但两个频段的谐波都将得到改善，特别是 345 MHz。

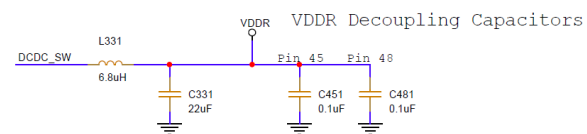
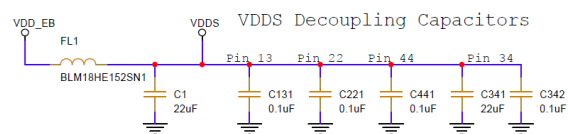


For 345 MHz, the following values shall be used:

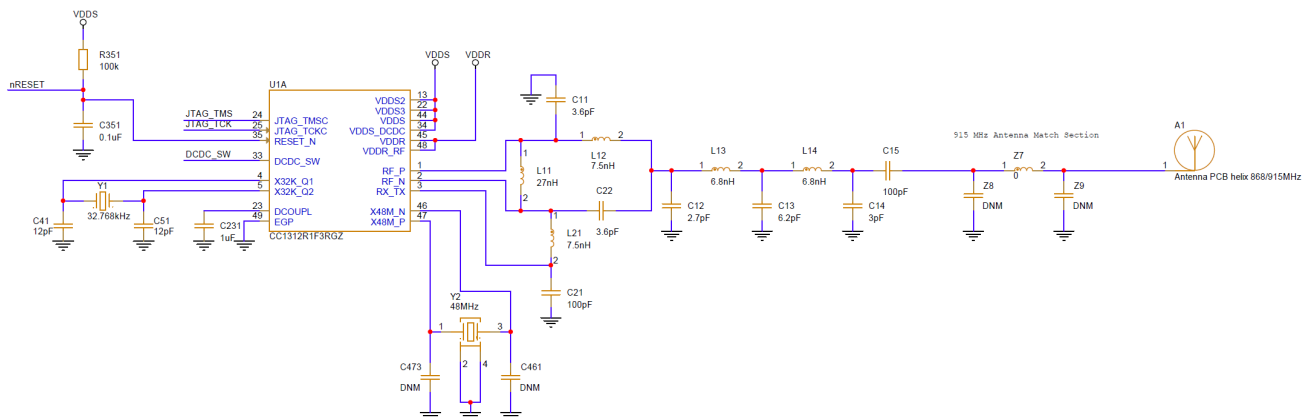
C486: 6.8 pF
C487: 6.8 pF
L332: 33 nH
L333: 33 nH
L335: 18 nH
C489: 12 pF
L334: 33 nH
C490: 6.8 pF

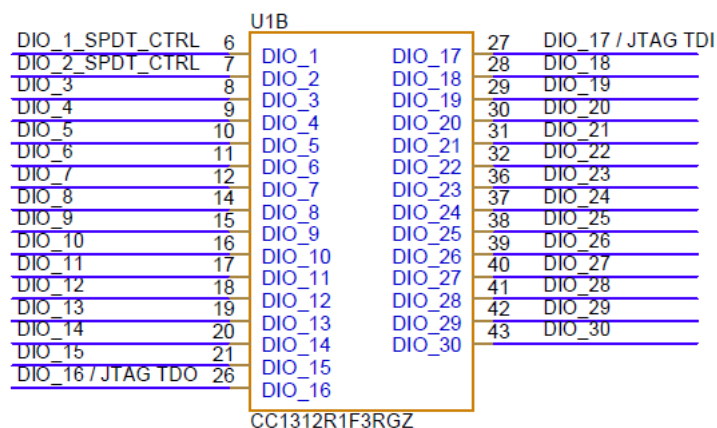
2.3 Layout 设计

2.3.1 CC1311 部分



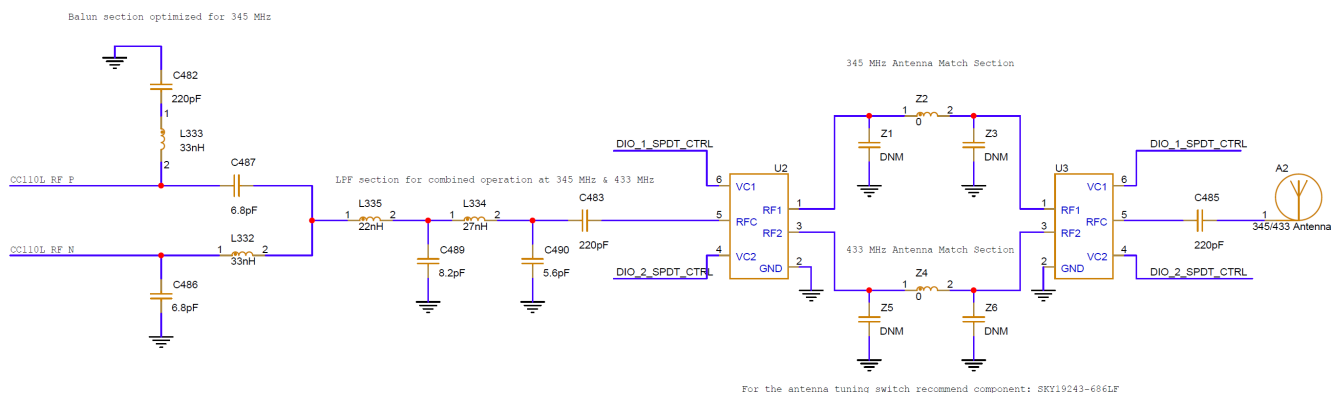
Place L331 and C331 close to pin 33.
Low inductance ground for C331





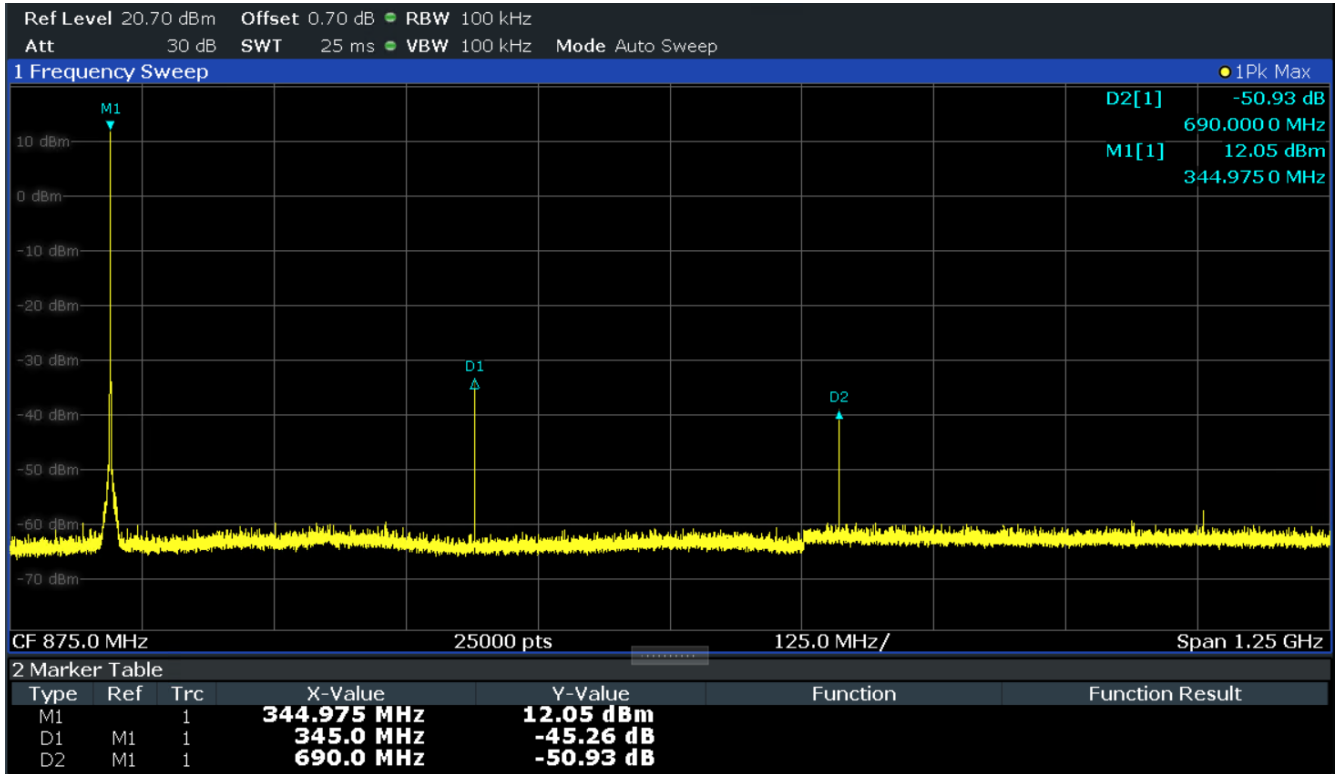
2.3.2 CC110L 部分

CC110L RF Front End for 345 MHz & 433 MHz Single Antenna

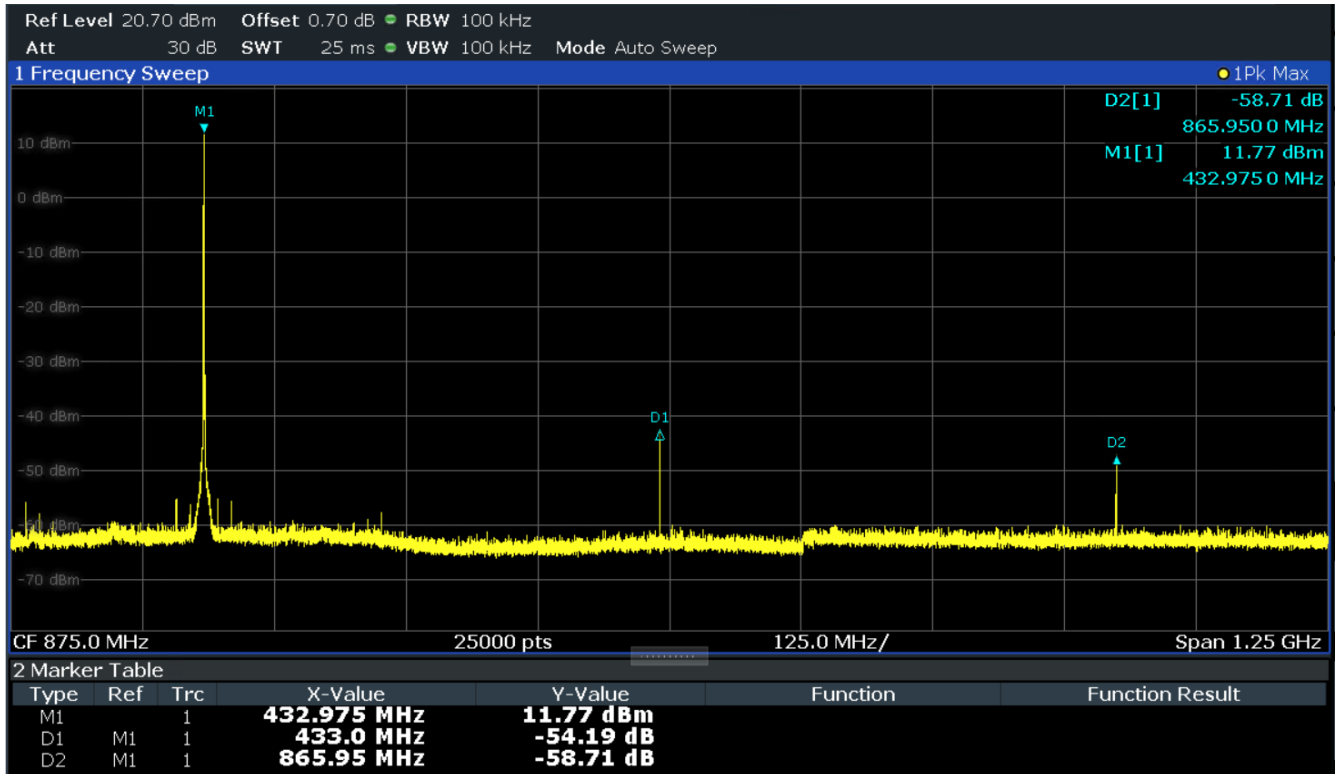


2.4 测试结果

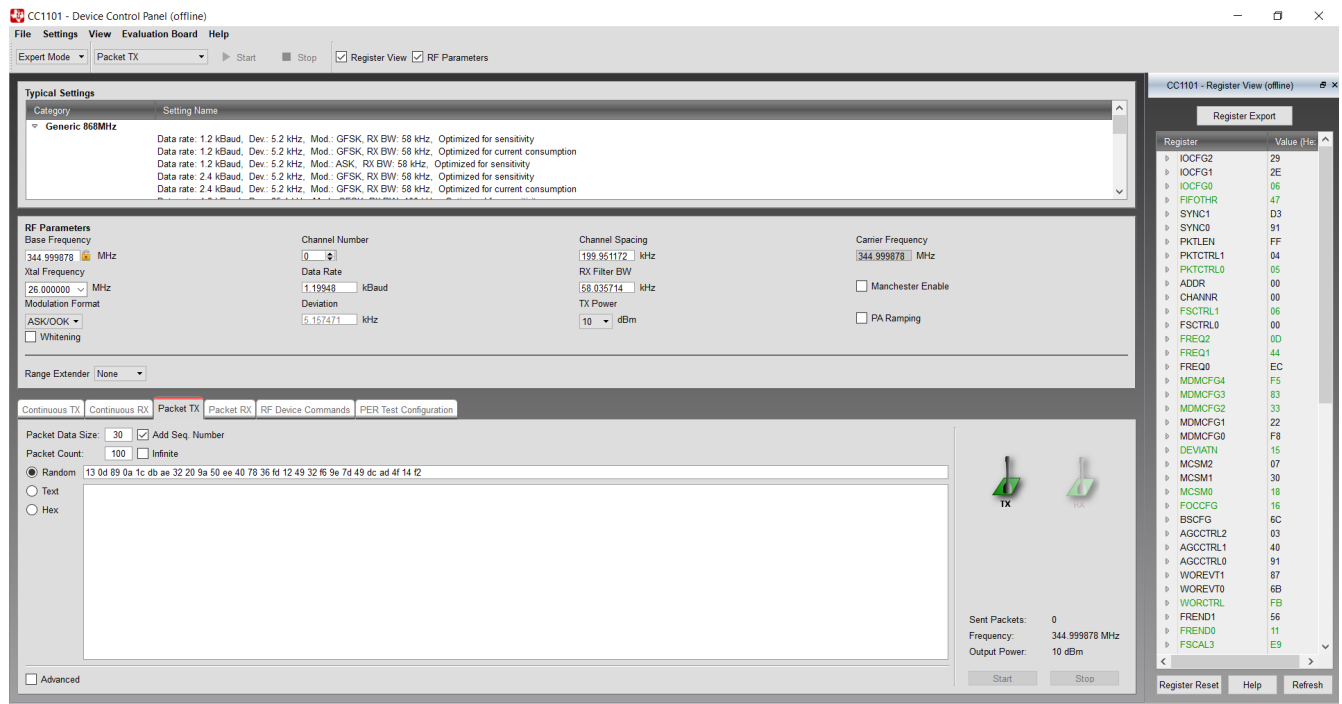
BALUN 部分 BOM 改变后的 345 MHz 波形；PA Setting = 0xC2 下 433 MHz 输出频率。



BALUN 部分 BOM 改变后的 345 MHz 波形；PA Setting = 0xC0 下 433 MHz 输出频率。

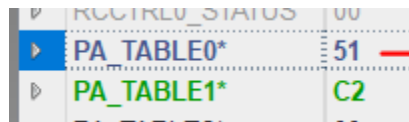


综上，PA 寄存器应该被设置为 0xC2。

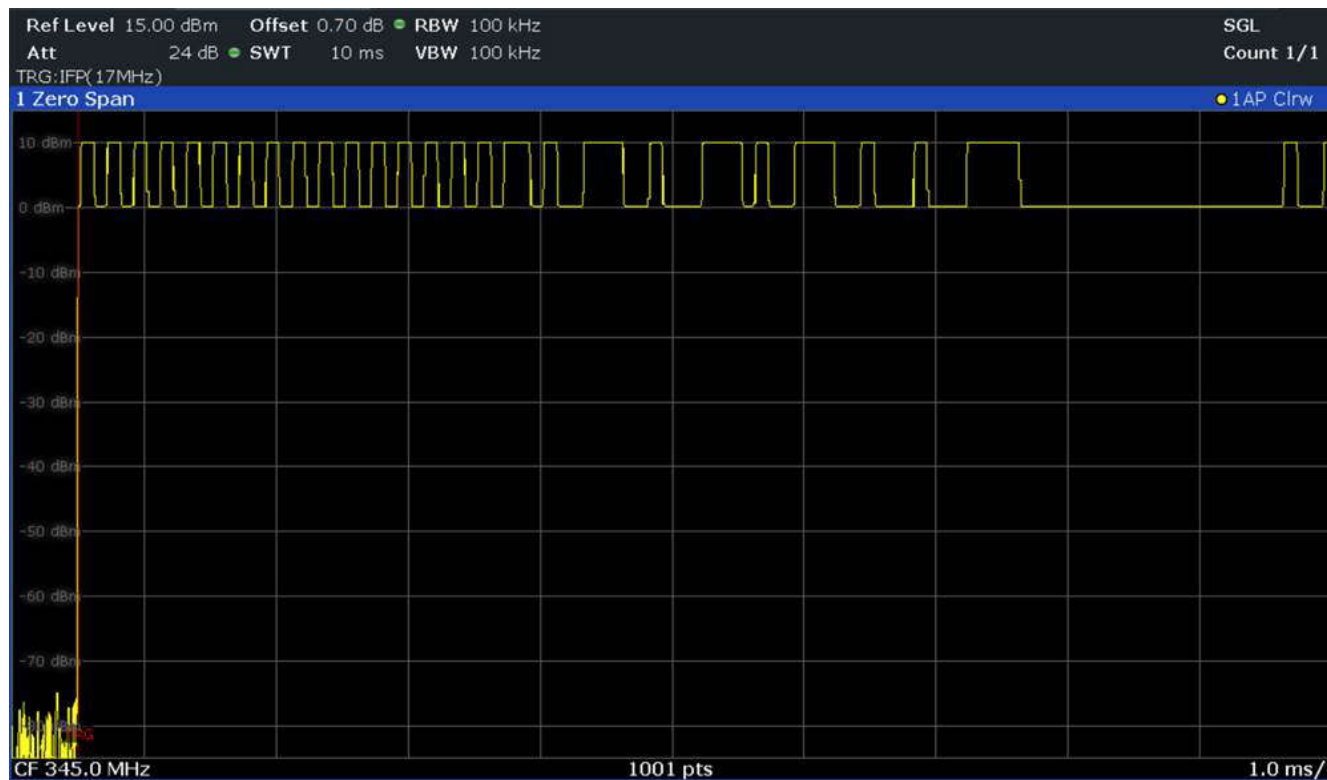


OOK 是 CC110L 支持的最简单的 ASK 调制形式。在这里，名称刚刚从 CC1101 的 ASK/OOK 更改为 CC110L 的 OOK。我们在实验室中测试将调制深度的振幅更改为 0.5。这应该只是改变 PA_TABLE0 寄存器。将其设置为 0x51，则 0 位的输出功率为 0 dBm。为了改变 0 位 PA_TABLE0 的功率，需要修改。默认情况下，设置为 0x00，即 PA 关闭。最终，我们在 345MHz 频段上得到了您建议的匹配条件 (OOK/1.2kbps/RXB 58kHz) 下的 -104.5dBm 的灵敏度 (1%BER)。

您可以使用 Smart RF Studio 对 CC110L 的调制进行配置，请阅读 [app note](#) 为 OOK 进行调整，在 Smart RF Studio 里默认的配置是为了 (G) FSK 并非为了 OOK。



下图是在该设计拓扑下 10kbps 的 ASK 调制的波形：



3 参考链接

- [CC1311R3](#)
- [CC1311P3](#)
- [CC110L](#)
- [Smart RF Studio 7](#)

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