

## CC13xx 的定制射频前端无源集成器件在 433MHz~510MHz 频段的应用

Albin Zhang

Wireless connectivity solution

### 摘要

德州仪器 (TI) CC1310 是一款面向 Sub-1G 频段应用的超低功耗无线 SoC; 是高度集成、真正的单芯片的解决方案, 包括了一颗高性能 RF core、ARM cortex-M3 处理器、传感器处理引擎、电源管理以及丰富的外设资源。

由于该芯片卓越的接收机灵敏度和带外通道选择抑制性能, 它可以应用于远距离, 大覆盖级别的应用。标准离散器件参考设计在一些超小型化产品中具有一定的局限性。

结合当前客户的小型化设计的需求, TI 和 Walsin 共同开发了一颗定制化集成无源器件 (IPC, Integrated Passive Component), 应用于 CC13xx 的射频前端, 支持 433MHz, 470~510MHz 的频段。此应用文档主要介绍了使用了这颗器件的参考设计、设计指南及测试结果。

这篇应用文档中的参考设计方案可以应用在小型化应用产品中。比如可穿戴、医疗等应用中发挥作用。

### 目录

<b>1</b>	<b>CC13xx 系列简介</b> .....	<b>3</b>
<b>1.1</b>	<b>CC13xx</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>IPC</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1</b>	<b>应用场景</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>参考设计</b> .....	<b>5</b>
<b>3.1</b>	<b>参考原理图</b> .....	<b>6</b>
<b>3.1.1</b>	<b>IPC 基本信息</b> .....	<b>6</b>
<b>3.1.2</b>	<b>原理图</b> .....	<b>6</b>
<b>3.1.3</b>	<b>Layout</b> .....	<b>7</b>
<b>3.1.4</b>	<b>Layout 设计要点</b> .....	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Walsin IPC 测试报告</b> .....	<b>9</b>
<b>4.1</b>	<b>TX 性能测试</b> .....	<b>10</b>
<b>4.2</b>	<b>RX 性能测试</b> .....	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>总结</b> .....	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>参考文档</b> .....	<b>11</b>

### 图表

<b>图表 1</b>	<b>CC1310 的系统框图</b> .....	<b>3</b>
<b>图表 2</b>	<b>CC1310 5XD IPC EM</b> .....	<b>4</b>
<b>图表 3</b>	<b>射频选项</b> .....	<b>5</b>

图表 4 离散器件参考设计.....	6
图表 5 IPC 封装.....	6
图表 6 IPC 参考原理图.....	7
图表 7 IPC 布板面积优化.....	7
图表 8 四层板 layout 参考设计.....	8
图表 9 Layout 的设计要点.....	9

### 表格

表格 1 IPC 参考板的发射功率和谐波.....	10
表格 2 离散器件参考设计的发射功率和谐波.....	10
表格 3 接收机灵敏度测试.....	11

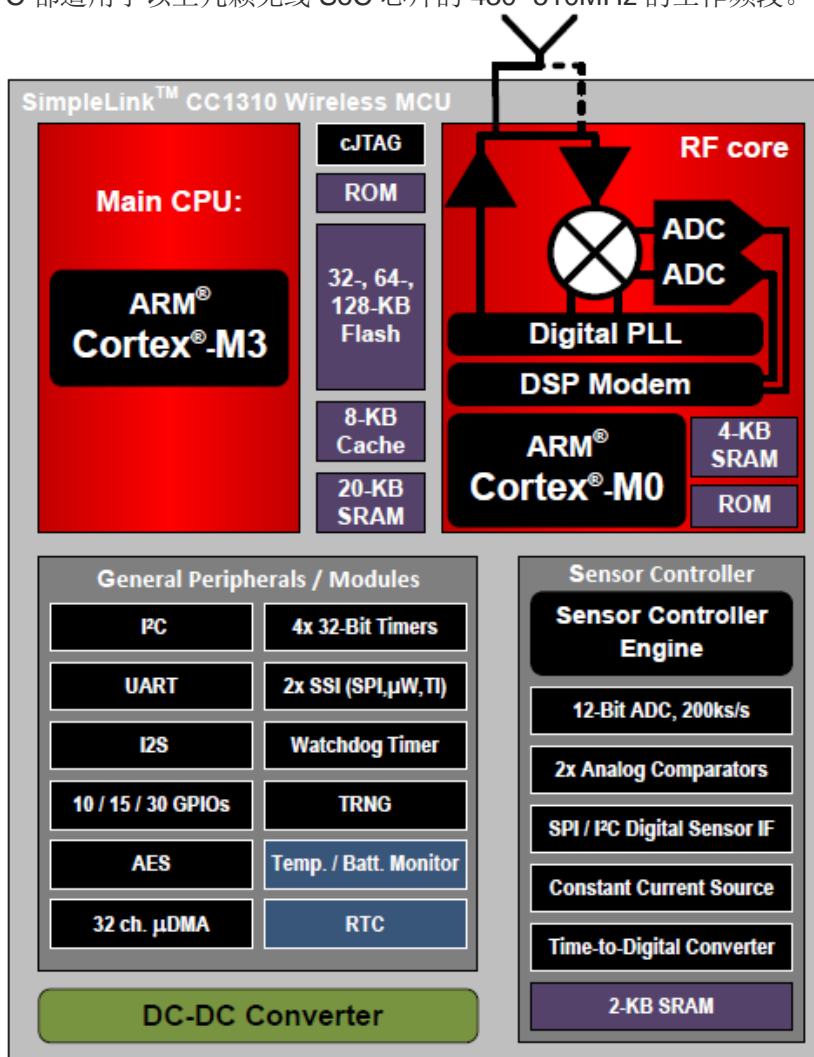
# 1 CC13xx 系列简介

## 1.1 CC13xx

德州仪器 (TI) CC13xx 是一系列面向 Sub-1G 频段应用的超低功耗无线 SoC；是高度集成、真正的单芯片的解决方案，包括了一颗高性能 RF core、ARM 处理器、传感器处理引擎、电源管理以及丰富的外设资源。CC1310 的系统框图如图表 1 所示。详细资料请参考产品规格书【1】。

该系列包含如下几颗代表芯片，CC1310 Sub-1G 芯片，CC1350 双频 Sub-1G/2.4G 芯片，以及 CC1312 和 CC1352 芯片。

本文所介绍的 IPC 都适用于以上几颗无线 SoC 芯片的 430~510MHz 的工作频段。



Copyright © 2016, Texas Instruments Incorporated

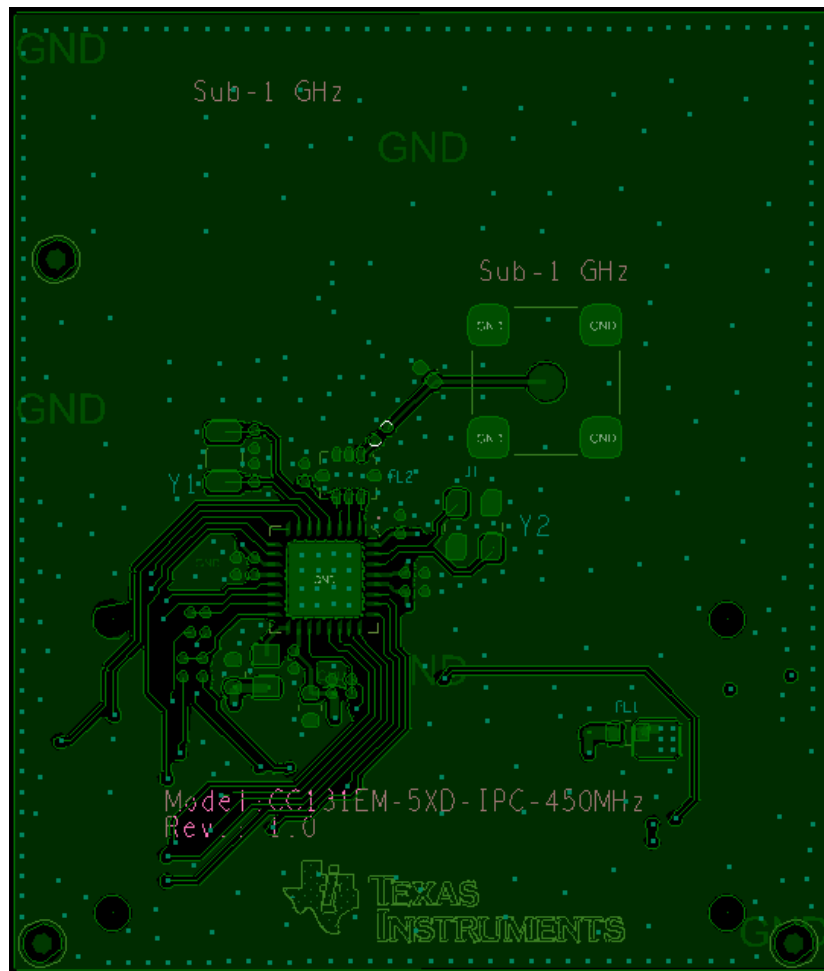
图表 1 CC1310 的系统框图

## 2 IPC

IPC是Integrated Passive Component，集成化无源器件。使用了这颗器件的CC13xx的参考设计，可以有效减少设计难度和PCB面积，也可增加射频前端的带外抑制能力。从目前的11个射频前端器件，减少为一个器件，可以同时提供Balun和低通滤波器的功能电路。

Walsin 【2】为TI的CC13xx开发的这颗定制化IPC采用了LTCC的技术，料号为RFBLN2520090YC3T10，封装尺寸为2520（2.5mm X 2.0mm），工作频段为430~510MHz，基本涵盖在中国发售的ISM频段的产品。

本文所提供的测试报告都是在如下图表 2 的开发板上测试得到的传导性能。芯片为5x5mm封装。该报告所提供的性能在其他封装（4X4mm、7X7mm）上同样适用，参考原理图及layout可复用。



图表 2 CC1310 5XD IPC EM

## 2.1 应用场景

如章节 3.1.3 Layout 中描述的，使用这个 IPC 的参考设计，可以让射频前端的尺寸从 34mm<sup>2</sup>减小到 10mm<sup>2</sup>。这样，可以大大增加 CC13xx 的应用范围场景。

比如说智能穿戴设备、医疗场景等。在这些场景中，传统的做法是使用 2.4GHz 频带的相关设计。高频段相比 Sub-1GHz，带来更小的天线设计。但是，2.4GHz 的频段，在穿透性和空间传播距离上都低于 Sub-1GHz 的频段，很多应用场景对 Sub-1GHz 的小型化设计提出了需求。

## 3 参考设计

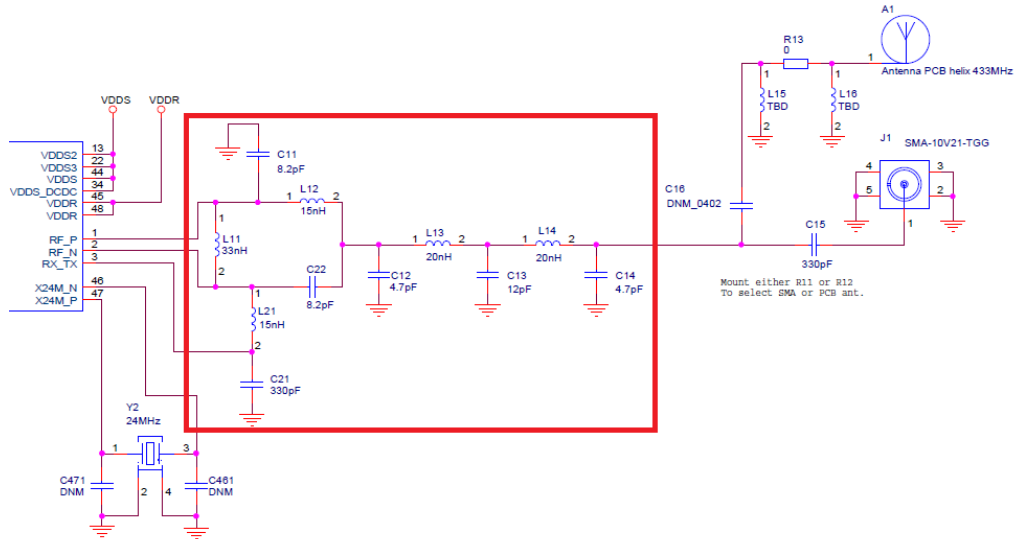
CC1310 根据不同的射频选项，可以实现尺寸和性能间的均衡，具体可以参考培训视频 <http://edu.21ic.com/lesson/1757>。参考文档为【3】。

这四个选项包括内部/外部-偏置、差分/单端-射频端口。这样可以吧射频性能分为如图表 3 所示的四个象限性能。

	External bias	Internal bias
Differential	<b>Pros</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Best RX performance</li> <li>• Best TX performance</li> </ul> <b>Cons</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Biggest footprint</li> <li>• Highest BOM cost</li> </ul>	<b>Pros</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Slightly smaller footprint</li> <li>• Slightly lower BOM</li> </ul> <b>Cons</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 dB lower sensitivity</li> </ul>
Single-ended	<b>Pros</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Small footprint</li> <li>• Lower BOM cost</li> </ul> <b>Cons</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 dB lower sensitivity</li> <li>• 3 dB lower output power</li> </ul>	<b>Pros</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Smallest footprint</li> <li>• Lowest BOM cost</li> </ul> <b>Cons</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 dB lower sensitivity</li> <li>• 3 dB lower output power</li> </ul>

图表 3 射频选项

在四个选项当中，外部偏置加差分电路达到的性能最好。离散器件参考设计【4】如图表 4 所示。IPC 所集成的就是图中红框部分。这颗 IPC 就是一个差分射频端口、外部偏置电路的等效电路，可以达到最佳性能。

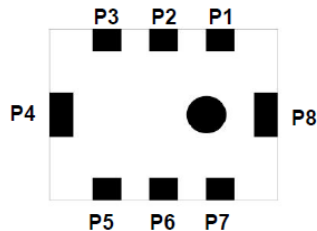


图表 4 离散器件参考设计

### 3.1 参考原理图

#### 3.1.1 IPC 基本信息

IPC 的封装如下图表 5，其中 P6 和 P7 是差分的射频接口，其差分阻抗是和 CC1310 相匹配的。P5 提供外部 Bias，内部集成电感等效电路，可以使接收机性能达到最优。P1 为天线接口，接口阻抗调试为 50ohm 单端接口。

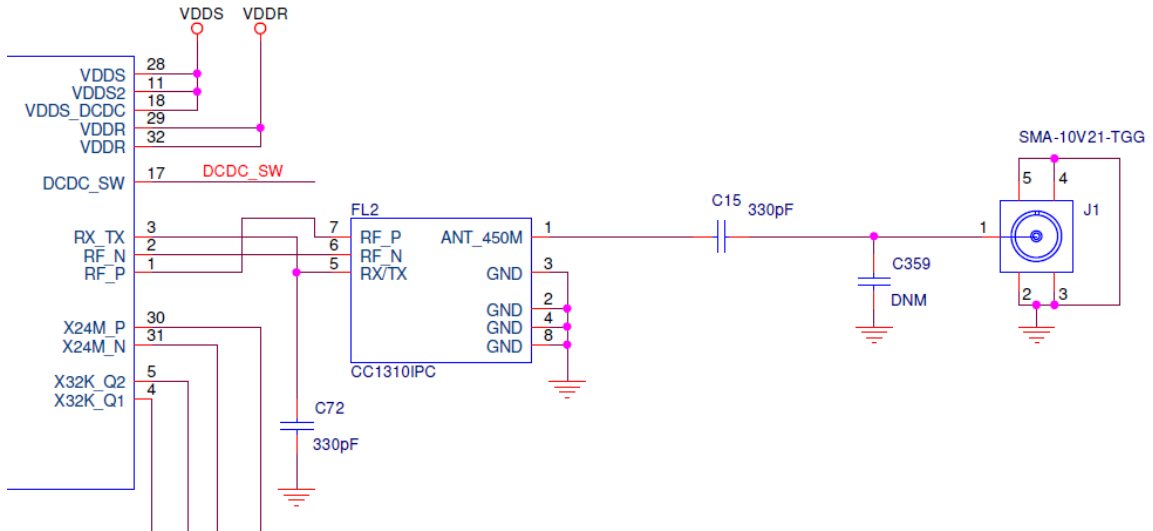


PIN	Connection	PIN	Connection
1	Unbalance port	5	DC Feed
2	GND	6	Balance port
3	NC	7	Balance port
4	GND	8	GND

图表 5 IPC 封装

#### 3.1.2 原理图

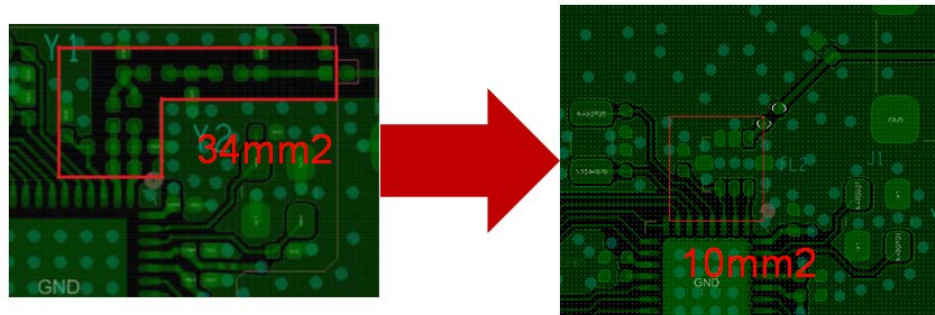
图表 6 为使用了 IPC 的 CC1310 的射频前端设计。PL2 就是集成化 IPC，提供了 Balun 和低通滤波的功能。C72 设计在离 RX\_TX 管脚附近，在有板级干扰的时候，提供滤波退偶功能。C15 是隔直耦合电容。本设计中预留了 C359，用于失配电路的匹配。本设计中没有使用板载天线，建议使用者在真正的设计中，自行添加预留天线匹配电路。



图表 6 IPC 参考原理图

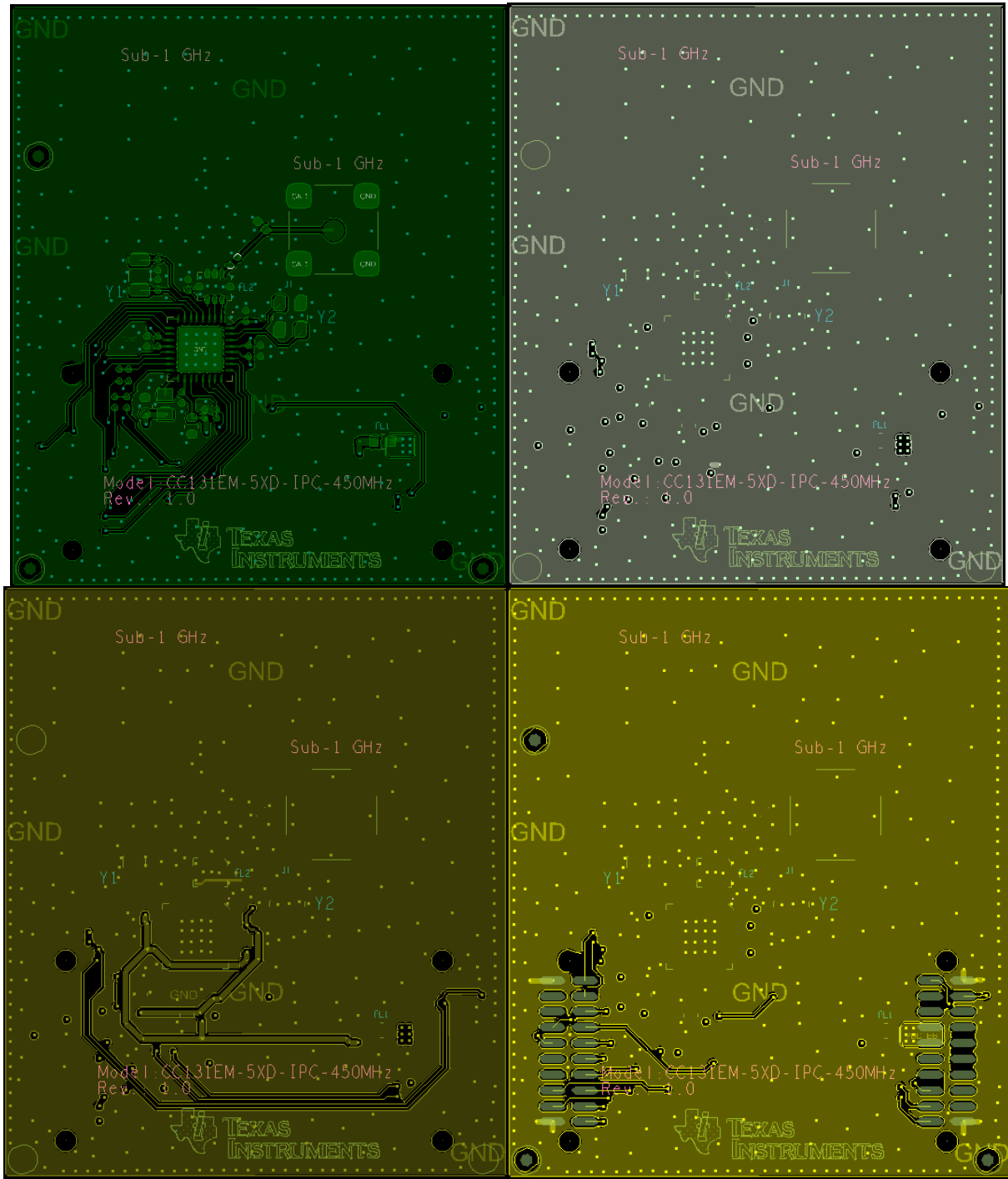
### 3.1.3 Layout

图表 7 为使用的 IPC 的参考设计和离散器件的尺寸的比较，使用了 IPC 的参考设计仅需要约 10mm<sup>2</sup>的面积。



图表 7 IPC 布板面积优化

参考设计图表 8，采用了四层板的叠层机构，对于射频部分，同样适用于两层板。（左上，top；右上，L2；左下，L3；右下，Bottom）



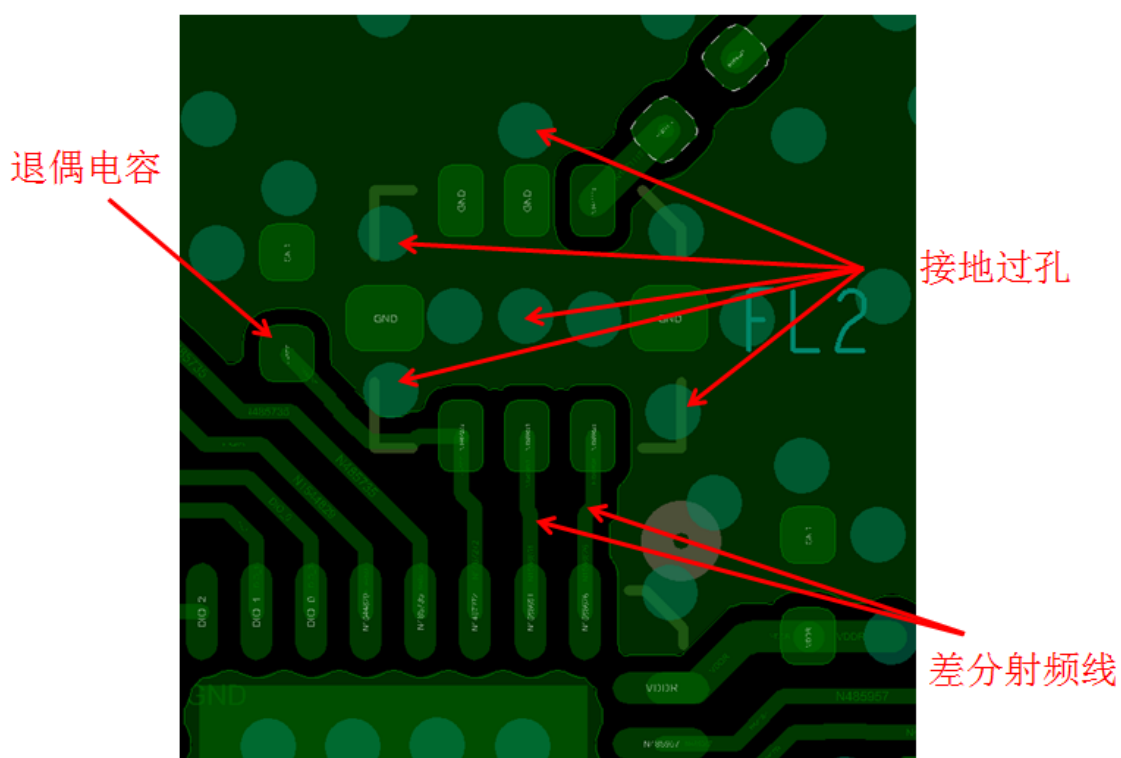
图表 8 四层板 layout 参考设计



### 3.1.4 Layout 设计要点

Layout 设计对于射频性能的影响非常大，TI 强烈建议使用者在完整复制该射频前端参考设计。图表 9 标注了了相关关键点的示意图。

1. IPC 和 CC1310 之间的差分线需要严格对称，长度需要和参考设计等长。
2. IPC 的天线端口为标准 50ohm 阻抗控制线接口。
3. IPC 周边接地过孔需要和主射频参考地接地牢固。
4. Bias 管脚的退偶电容要离相应管脚要近，并且接地过孔牢固。
5. 确保参考地平面完整并远离干扰。



图表 9 Layout 的设计要点

## 4 Walsin IPC 测试报告

如下的测试就是在参考设计 EM 板的 SMA 接口上测试的传导性能。上位机软件使用 SmartRF studio 7 来控制被测件发射和接收。

TX 性能测试仪器为频谱分析仪；接收性能测试仪器是信号发生器。

## 4.1 TX 性能测试

测试内容为带内发射功率和带外谐波抑制。

发射的参考信号为 15dBm 非调制载波（CW）。

Test Item	Frequency		WTC
TX P <sub>OUT</sub> ( dBm )	431MHz		13.738
	433MHz		13.767
	480MHz		13.809
	510MHz		13.736
	527MHz		13.552
Harmonics ( dBc )	433MHz	2f <sub>0</sub>	-60.03
		3f <sub>0</sub>	-60.49
	480MHz	2f <sub>0</sub>	-63.24
		3f <sub>0</sub>	-58.98
	510MHz	2f <sub>0</sub>	-67.14
		3f <sub>0</sub>	-57.66

表格 1 IPC 参考板的发射功率和谐波

Maximum output power	14.8	-42.8	-36.7
+10 dBm setting	10.1	-48.2	-57.1

表格 2 离散器件参考设计的发射功率和谐波

测试结果如表格 1 所示。表格 2 是离散器件参考设计的测试结果。从结果中我们可以看出，IPC 器件在改善了带外抑制的同时，也引入了带内插入损耗。所以，使用者在选择集中参数参考设计还是离散参数参考设计是，以上指标就是参考的标准之一。

## 4.2 RX 性能测试

如下是 IPC EM 的接收机灵敏度的对比。

Symbol rate: 50kbps

Modulation: 2-GFSK

Deviation: 25kHz

RXB: 98KHz

Frequency	433	470	490	510
Sensitivity (dBm)	-110.2	-109.8	-110.3	-109.9

表格 3 接收机灵敏度测试

从结果可以看出，IPC 的参考设计接收性能和离散器件的参考值（规格书：-110dBm）相当。

实验中观察了 RSSI 的 offset 补偿也和离散器件相当，实际软件调试可按标准规则补偿即可。

## 5 总结

这颗IPC和TI CC13xx系列Sub-1G解决方案共同提供给客户一套小尺寸、低成本、高性能的解决方案。做为TI离散参考设计的重要补充，可以满足客户对无线产品的需求。

## 6 参考文档

- 【1】 CC1310 规格书<http://www.ti.com/product/CC1310>
- 【2】 Walsin <http://www.passivecomponent.com/>
- 【3】 射频前端配置选项[http://processors.wiki.ti.com/index.php/CC13xx\\_frontend\\_configurations](http://processors.wiki.ti.com/index.php/CC13xx_frontend_configurations)
- 【4】 离散器件参考设计 <http://www.ti.com/lit/zip/swrc330>

## 有关 TI 设计信息和资源的重要通知

德州仪器 (TI) 公司提供的技术、应用或其他设计建议、服务或信息，包括但不限于与评估模块有关的参考设计和材料（总称“TI 资源”），旨在帮助设计人员开发整合了 TI 产品的应用；如果您（个人，或如果是代表贵公司，则为贵公司）以任何方式下载、访问或使用了任何特定的 TI 资源，即表示贵方同意仅为该等目标，按照本通知的条款进行使用。

TI 所提供的 TI 资源，并未扩大或以其他方式修改 TI 对 TI 产品的公开适用的质保及质保免责声明；也未导致 TI 承担任何额外的义务或责任。TI 有权对其 TI 资源进行纠正、增强、改进和其他修改。

您理解并同意，在设计应用时应自行实施独立的分析、评价和判断，且应全权负责并确保应用的安全性，以及您的应用（包括应用中使用的 TI 产品）应符合所有适用的法律法规及其他相关要求。就您的应用声明，您具备制订和实施下列保障措施所需的一切必要专业知识，能够 (1) 预见故障的危险后果，(2) 监视故障及其后果，以及 (3) 降低可能导致危险的故障几率并采取适当措施。您同意，在使用或分发包含 TI 产品的任何应用前，您将彻底测试该等应用和该等应用所用 TI 产品的功能而设计。除特定 TI 资源的公开文档中明确列出的测试外，TI 未进行任何其他测试。

您只有在为开发包含该等 TI 资源所列 TI 产品的应用时，才被授权使用、复制和修改任何相关单项 TI 资源。但并未依据禁止反言原则或其他法律授予您任何 TI 知识产权的任何其他明示或默示的许可，也未授予您 TI 或第三方的任何技术或知识产权的许可，该等许可包括但不限于任何专利权、版权、屏蔽作品权或与使用 TI 产品或服务的任何整合、机器制作、流程相关的其他知识产权。涉及或参考了第三方产品或服务的信息不构成使用此类产品或服务的许可或与其相关的保证或认可。使用 TI 资源可能需要您向第三方获得对该等第三方专利或其他知识产权的许可。

TI 资源系“按原样”提供。TI 兹免除对 TI 资源及其使用作出所有其他明确或默示的保证或陈述，包括但不限于对准确性或完整性、产权保证、无屡发故障保证，以及适销性、适合特定用途和不侵犯任何第三方知识产权的任何默认保证。

TI 不负责任何申索，包括但不限于因组合产品所致或与之有关的申索，也不为您辩护或赔偿，即使该等产品组合已列于 TI 资源或其他地方。对因 TI 资源或其使用引起或与之有关的任何实际的、直接的、特殊的、附带的、间接的、惩罚性的、偶发的、从属或惩戒性损害赔偿，不管 TI 是否获悉可能会产生上述损害赔偿，TI 概不负责。

您同意向 TI 及其代表全额赔偿因您不遵守本通知条款和条件而引起的任何损害、费用、损失和/或责任。

本通知适用于 TI 资源。另有其他条款适用于某些类型的材料、TI 产品和服务的使用和采购。这些条款包括但不限于适用于 TI 的半导体产品 (<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>)、[评估模块](http://www.ti.com/sc/docs/sampters.htm)和样品 (<http://www.ti.com/sc/docs/sampters.htm>) 的标准条款。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122  
Copyright © 2018 德州仪器半导体技术（上海）有限公司