

文档编号: AN1029

上海东软载波微电子有限公司

应用笔记

HW2171B Hardware Reference Design

修订历史

版本	修订日期	修改概要
V1.0	2018-08-09	初版
V1.1	2019-4-28	变更 Logo。

地 址：中国上海市龙漕路 299 号天华信息科技园 2A 楼 5 层

邮 编：200235

E-mail: support@essemi.com

电 话：+86-21-60910333

传 真：+86-21-60914991

网 址：http://www.essemi.com

版权所有©

上海东软载波微电子有限公司

本资料内容为上海东软载波微电子有限公司在现有数据资料基础上慎重且力求准确无误编制而成，本资料中所记载的实例以正确的使用方法和标准操作为前提，使用方在应用该等实例时请充分考虑外部诸条件，上海东软载波微电子有限公司不担保或确认该等实例在使用方的适用性、适当性或完整性，上海东软载波微电子有限公司亦不对使用方因使用本资料所有内容而可能或已经带来的风险或后果承担任何法律责任。基于使本资料的内容更加完善等原因，上海东软载波微电子有限公司保留未经预告的修改权。使用方如需获得最新的产品信息，请随时用上述联系方式与上海东软载波微电子有限公司联系。

内容目录

第 1 章	原理图参考设计	4
第 2 章	PCB 参考设计	6
2.1	单面板 PCB	6
2.2	双面板 PCB	7
第 3 章	制版工艺	8
第 4 章	发射辐射杂散测试	9
4.1	FCC 的发射辐射杂散测试认证规范说明	9
4.2	CE 的发射辐射杂散认证规范说明	9
4.3	HW2171B 单面板发射辐射杂散过认证实例	10
4.3.1	评估测试	10
4.3.2	FCC 认证测试	12
4.3.3	CE 认证测试	14

图目录

图 1-1	HW2171B EVB SCH	4
图 2-1	HW2171B 单面板 PCB	6
图 2-2	HW2171B 双面板 PCB	7
图 4-1	传导杂散测试	10
图 4-2	辐射杂散测试	11
图 4-5	过 FCC 认证的 RSE 测试结果	12
图 4-6	过 CE 认证的 RSE 测试结果	14

表目录

表 1-1	RF 匹配网络元件参数表	4
表 1-2	HW2171B EVB BOM	5
表 3-1	PCB 制版工艺参数	8
表 4-1	过 FCC 认证的 RSE 最大值	13
表 4-2	过 CE 认证的 RSE 最大值	14

第 1 章 原理图参考设计

HW2171B 是一款高集成度的 2.4GHz 无线 SOC 芯片，片上集成高性能、低功耗的 RF 收发器和 8 位 OTP 的 MCU。下面给出原理图参考设计。

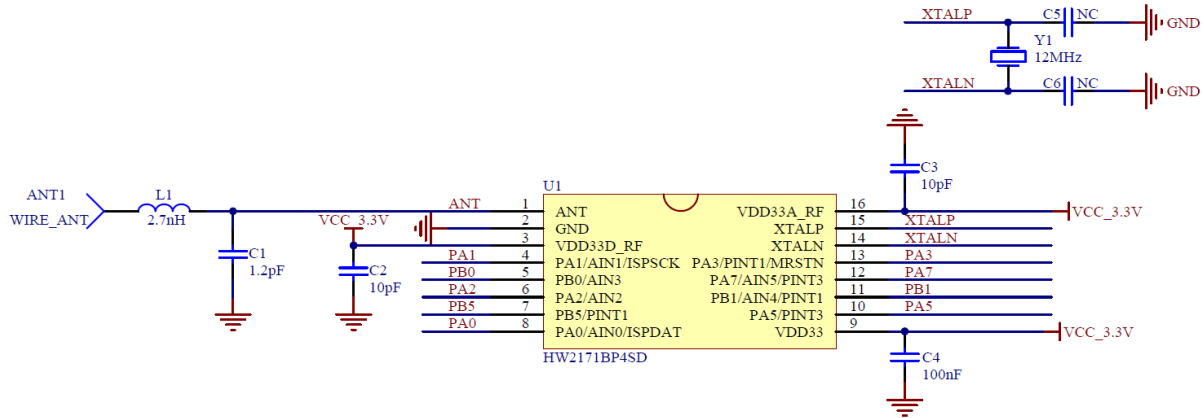


图 1-1 HW2171B EVB SCH

HW2171B 参考设计的电路系统主要由晶体振荡电路、射频匹配网络、电源去耦网络和数字 IO 四部分构成，外围只需要 6 个被动元器件就能组成完成的无线收发系统。

晶体振荡电路支持 12MHz、16MHz 无源晶振。根据应用需求的不同，晶振选取原则如下：晶振的频率公差（Frequency Tolerance）越小，收发两端之间的频率差越小，则远距离通信成功率将显著提高。因此远距离应用请尽量选用公差小的无源晶振，推荐使用公差±10ppm 的无源晶振。晶振两边的负载电容一般不需要连接，只有在一些对频率要求比较苛刻的应用，才需要增加电容进行微调。但需要注意的是，电容太大会导致晶振不振，由于不同厂家的晶振参数不同，所以具体取值要通过实际调试来确定。

射频前端匹配网络主要完成射频信号谐波抑制、天线端阻抗匹配等功能，该部分元器件选型对通信将产生较大影响，射频前端 L1 电感与 C1 电容请尽量选用高 Q 值的高频元器件。需要注意的是 RF 匹配参数，有两种方案，如下表所示：

方案	L1	C1	说明
电感方案	2.7nH	1.2pF	只可支持导线天线，发射功率大
电容方案	100pF	1.5pF	可支持导线和 PCB 天线，发射功率略小

表 1-1 RF 匹配网络元件参数表

HW2171B 有三组电源，分别是 VDD33A_RF、VDD33D_RF 和 VDD33，前两组属于 RF 部分电源，后一组属于 MCU 部分电源，三者芯片内部是不相连的，需要外部连接。电源的去耦电容可以滤除电源上的干扰信号。

另外，需要注意的是，PA3 只能做输入口，内部只有上拉电阻，没有下拉电阻。

下面给出参考设计的 BOM 表：

Part	Designator	Footprint	Description
1.2pF	C1	0603	COG, $\pm 0.25\text{pF}$
10pF	C2、C3	0603	COG, $\pm 0.25\text{pF}$
100nF	C4	0603	X7R, $\pm 10\%$
2.7nH	L1 ^注	0603	高频叠层电感, $\pm 0.3\text{nH}$
12MHz	Y1	—	直插无源晶振, $\pm 10\text{ppm}$
HW2171B	U1	SOP16	2.4G SOC 芯片
IDC8	XS1	DC12	2.54mm 双排针插座

表 1-2 HW2171B EVB BOM

注：(1) L1 取值为 2.7nH 的电感方案，只能用于非接地的导线天线，如果和有接地的 PCB 天线连接，则推荐使用电容方案。

第 2 章 PCB 参考设计

2.1 单面板PCB

HW2171B 的 PCB 即可采用双面板，也可以采用低成本的单面板。前者具有更好地性能，后者成本较低，但是性能稍有下降，而且对 PCB 的布局布线有较高的要求。下面给出单面板的参考设计。

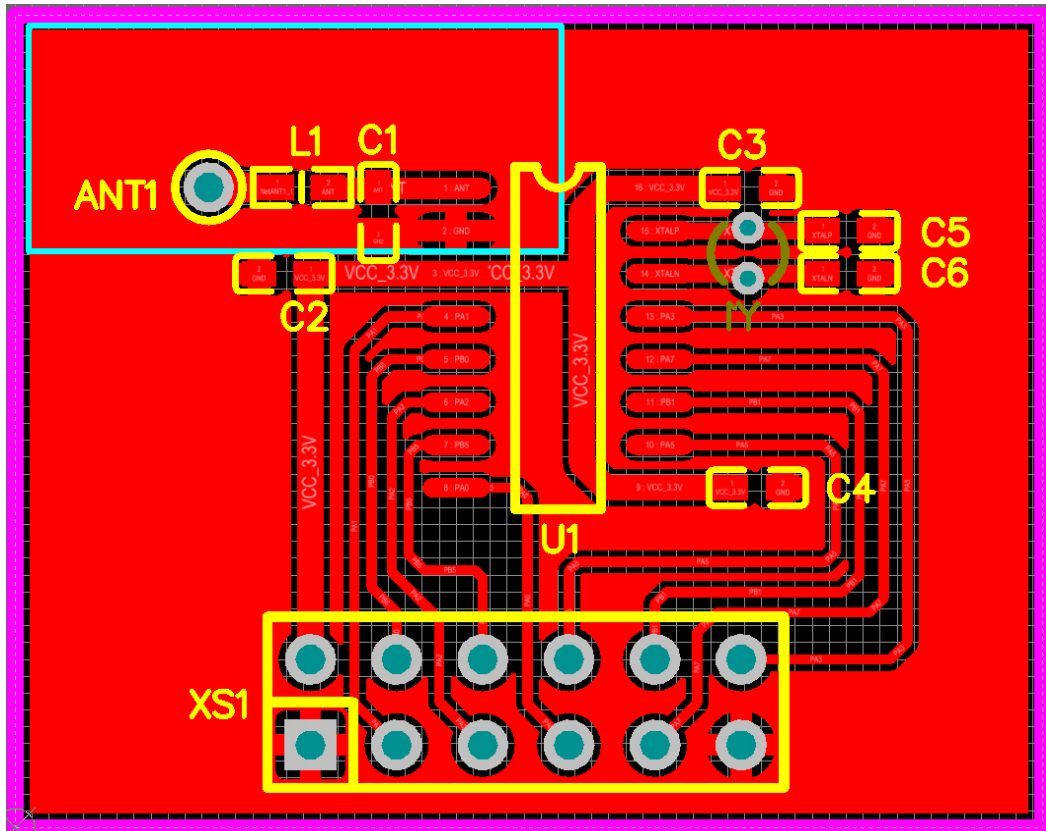


图 2-1 HW2171B 单面板 PCB

单面板 PCB 设计的设计注意事项：

- 1) 需要特别注意，射频元件 ANT1、L1 和 C1 之间的走线尽可能走直线，而且尽量短，建议顺着管脚方向，不要垂直管脚方向。芯片 ANT 脚（PIN1）的走线必须先经过 C1，再连接 L1。C1 电容要尽可能靠近芯片 ANT 脚（PIN1）和 GND 脚（PIN2）。
- 2) 由于单面板只有一层布线层，没有独立的地线层，所以应尽可能增大地平面的面积，尤其是芯片 GND 脚（PIN2）与射频电路之间的地平面。需要特别注意的是，射频地平面（蓝色框线区域）需要保持完整性，在此区域内只能铺地，禁止走线。
- 3) 数字和晶振电路尽量远离射频前端电路。
- 4) 滤波电容 C2、C3、C4 尽量靠近电源管脚。

2.2 双面板PCB

根据图 1-1 的典型应用参考设计 SCH 图，可以绘制出对应的 PCB 图。下面给出双面板的参考设计。

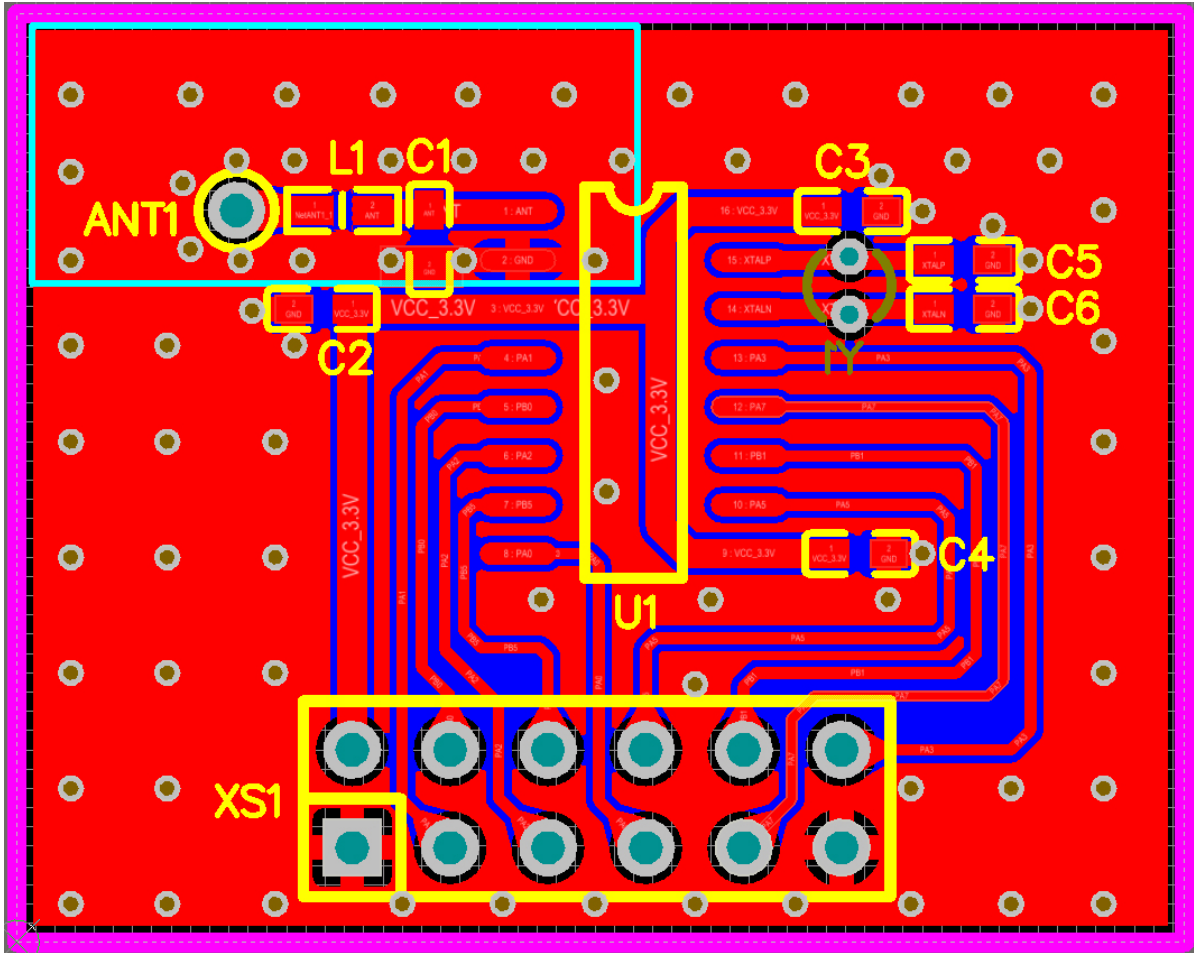


图 2-2 HW2171B 双面板 PCB

双面板 PCB 设计的设计注意事项：

- 1) 需要特别注意，射频元件 ANT1、L1 和 C1 之间的走线尽可能走直线，而且尽量短，建议顺着管脚方向，不要垂直管脚方向。芯片 ANT 脚（PIN1）走线必须先经过 C1，再连接 L1。C1 要尽可能靠近 1 脚和 2 脚。
- 2) 要保证射频电路下方为完整的地平面（蓝色框线区域），在此区域内的顶层和底层都禁止走线，只能铺地线，其面积也要尽可能大。另外，射频电路周围应该“包地”，并且放置一定数量的接地过孔，减小地平面的阻抗。若电源与数字部分需走底层，需考虑走线对地平面的分割应尽可能小，并且尽量远离射频电路。
- 3) 数字和晶振电路尽量远离射频前端电路。
- 4) 滤波电容 C2、C3、C4 尽量靠近电源管脚。

第 3 章 制版工艺

由于高频电路存在，在制版过程中需要考虑 PCB 工厂的阻抗控制参数。下面给出的是双面板的制版工艺参数。单面板由于少一层参考地，性能会有所下降，但依然建议按照下面的参数进行设计。

制版规格	参数
板材	FR4
板厚 ^注	1.0mm
电源走线	25mil 或 30mil
50 欧姆射频走线宽度 ^注	20mil
铜厚	1.4mil (1 盎司)
接地铺铜与射频走线的间距 ^注	5.3mil

表 3-1 PCB 制版工艺参数

注：为保证射频走线为 50 欧姆，可以根据不同板厚，按照如下参数进行调整。以下结果为 Si9000 仿真值，仅供参考。仿真假设 FR4 的介电常数为 4.3、绿油介电常数为 4.2，这些参数对仿真结果影响较大，具体参数请与 PCB 厂家确认后自行仿真。如果需要更加准确的结果，则需要 PCB 厂家进行阻抗测试。需要说明的是，由于一些 PCB 工厂工艺的限制，其安全线间距只能做到 6mil 以上，所以，这种情况下，可以把线间距定为 6mil 或 7mil，线宽在 20mil 以上。下面给出不同板厚的推荐参数。

(1) 若射频走线采用 20mil 线宽：

板厚为 1.0mm 时，接地铺铜与走线间距为 5.3mil

板厚为 1.2mm 时，接地铺铜与走线间距为 5.1mil

板厚为 1.6mm 时，接地铺铜与走线间距为 5mil

(3) 若射频走线采用 25mil 线宽：

板厚为 1.0mm 时，接地铺铜与走线间距为 6.3mil

板厚为 1.2mm 时，接地铺铜与走线间距为 6mil

板厚为 1.6mm 时，接地铺铜与走线间距为 5.7mil

(3) 若射频走线采用 30mil 线宽：

板厚为 1.0mm 时，接地铺铜与走线间距为 7.6mil

板厚为 1.2mm 时，接地铺铜与走线间距为 7.1mil

板厚为 1.6mm 时，接地铺铜与走线间距为 6.6mil

第4章 发射辐射杂散测试

4.1 FCC的发射辐射杂散测试认证规范说明

对于FCC认证，发射辐射杂散（以下简称RSE）测试的信号功率值可采用两种检波方式获取：峰值检波和平均值检波。所谓平均值检波，是指待测产品在正常发射数据时，测量其在单位时间内发射信号功率的平均值 $P_{Average}$ ，而峰值检波，是指待测产品在正常发射数据时，测量其发射信号突发(Burst)功率的最大值 P_{Peak} 。根据FCC认证标准，在空间辐射3米外的 P_{Peak} 值不能大于74dBuv/m， $P_{Average}$ 不能大于54dBuv/m。需要特别注意的是，根据FCC认证规范，产品应该在正常发射数据的模式下来进行测试，而不能用发送单载波信号来测试。由FCC认证规范可知， P_{Peak} 上限值和 $P_{Average}$ 上限值之差为20dB，然而对于实际产品，由于发送数据间隔不同，也就是发射机开启/关断时间的比值不同（即占空比不同），导致实际的 P_{Peak} 和 $P_{Average}$ 的差值并不是20dB。一般的，可以通过测量发射机开启、关断时间，根据以下公式进行估算：

$$P_{Average} = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}} P_{Peak}$$

其中， T_{ON} 为发射机开启时间， T_{OFF} 为发射机关断时间， $P_{Average}$ 为平均值功率， P_{Peak} 为峰值功率。例如，如果 $T_{ON} = 2 \text{ ms}$ ， $T_{OFF} = 0.5 \text{ ms}$ ，即开启、关断时间的占空比为4:1，则 $P_{Average} = 0.8 P_{Peak}$ 。

如上所述，我们可以理解，如果采用连续发射单载波，由于是以最高功率连续发送，则测量的 $P_{Average} \approx P_{Peak}$ ，此时通常会出现 P_{Peak} 值可以过认证，而 $P_{Average}$ 值过不了认证的现象。另外，如果在正常发送数据的情况下还出现 P_{Peak} 值可以过认证，而 $P_{Average}$ 值过不了认证的情况，则需要进一步降低均值功率 $P_{Average}$ ，其实现方法就是进一步减小发射机开启/关闭的占空比。例如，可以增加发送数据的时间间隔（增加发射机的关闭时间），或者减少发射数据时间（减小发射机开启时间）等。

4.2 CE的发射辐射杂散认证规范说明

对于CE认证，RSE测试只对功率信号的 P_{Peak} 值进行限定。根据CE认证规范，对于2.4G产品的RSE，要求其在空间辐射3米外的 P_{Peak} 峰值信号上限值为-30dBm。需要注意的是，CE和FCC对于RSE测试的信号强度单位是不同的，前者为dBm，后者为dBuv/m，需要进行换算才能比较。对于3米场，-30dBm的信号强度对应于65.2dBuv/m。也就是说，对于CE认证，RSE的 P_{Peak} 峰值功率上限值为65.2dBuv/m，相较于FCC的74dBuv/m，CE比FCC标准要严格一些。

4.3 HW2171B单面板发射辐射杂散过认证实例

下面给出基于HW2171B的单面板电感方案的发射辐射杂散过认证实例。

4.3.1 评估测试

为了提高发射辐射杂散过认证的通过率，在送认证实验室测试之前，可以先进行评估测试。评估测试包括传导杂散测试和近场辐射杂散测试。

4.3.1.1 传导杂散测试

传导测试方法：设置 HW2171B 在低、中、高信道的三个频点跳频，轮流发射数据，发射功率设置为最大发射功率。用射频同轴线连接 HW2171B 单面板和频谱分析仪。传导杂散的测试结果和辐射杂散的结果之间有一定的差异，尤其是二次谐波的传导杂散和辐射杂散相差较大，所以必须要预留足够的余度，否则无法通过认证。

下面给出传导杂散测试结果。

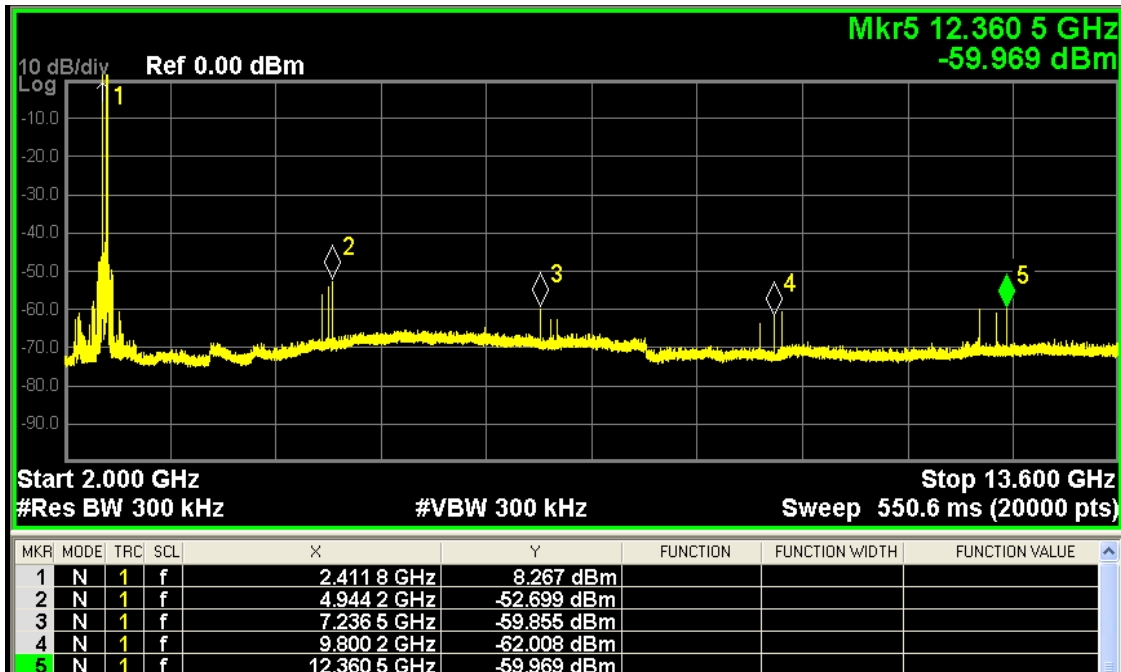


图 4-1 传导杂散测试

由上图可知，最容易 Fail 的二次谐波的传导杂散在-52dBm 以下，已足够低。

4.3.1.2 近场辐射杂散测试

近场辐射杂散测试方法：设置 HW2171B 在低、中、高信道的三个频点跳频，轮流发射数据，发射功率设置为最大发射功率。HW2171B 单面板焊接 3cm 长的导线天线。用连接频谱分析仪的近场测试线紧贴 HW2171B 单面板（主要是射频芯片和射频电路周围）上，改变方向反复扫描。近场辐射杂散的测试结果和认证实验室的测试结果比较接近，因此具有较好的参考作用。

小提示：简易的近场测试线可以制作，方法是用一根两头 SMA 接口的射频同轴线，一端保留 SMA 头，另一头剪掉 SMA，同时剥开最外层的塑料约 2cm 作为探头，并且剪掉屏蔽金属线层，只保留最里层的芯线和保护塑料。另外，可以在探头上包裹上绝缘材料，例如热缩管或者绝缘胶，避免屏蔽金属网露出来，影响测试结果。

下面给出近场辐射杂散测试结果。

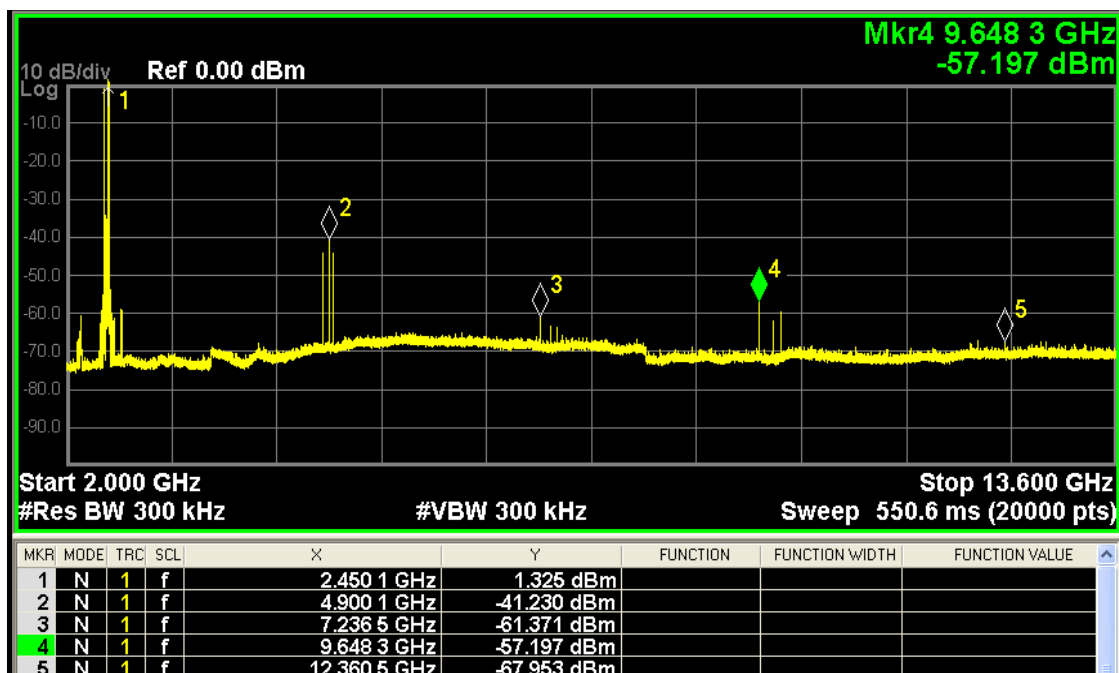


图 4-2 辐射杂散测试

由上图可知，虽然二次谐波的传导杂散在-52dBm 以下，但是辐射杂散却达到-41dBm 左右，说明二次谐波是容易辐射。相比之下，高次谐波的谐波辐射强度并不大。

4.3.2 FCC认证测试

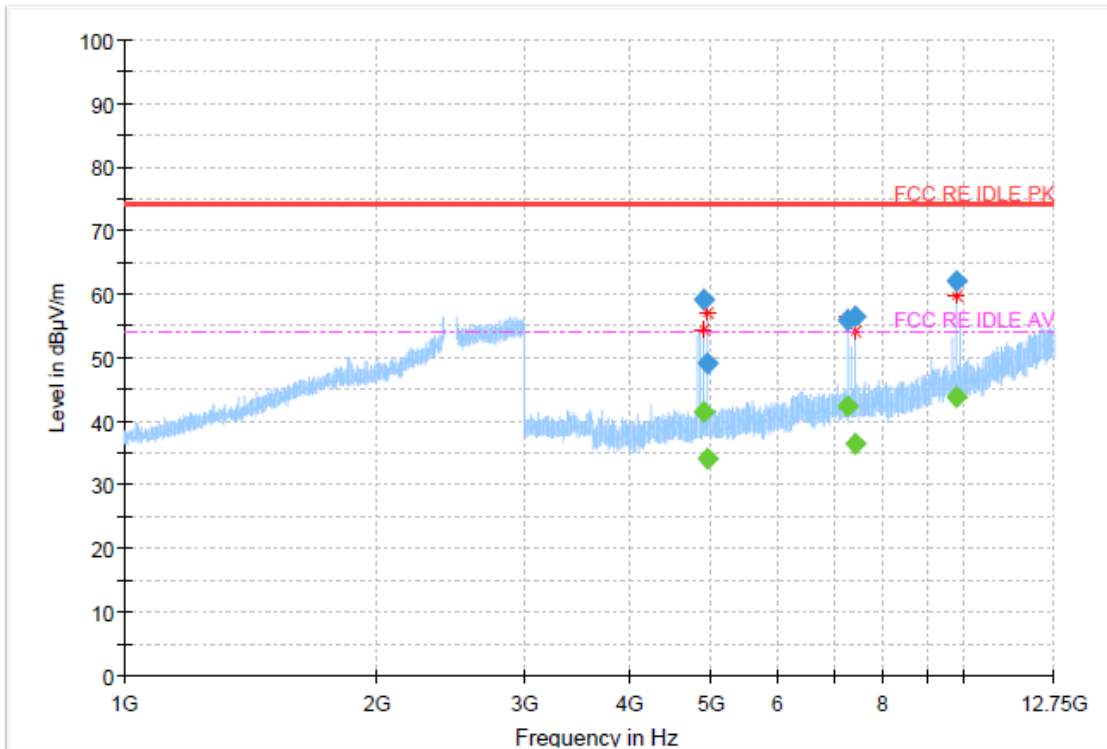
经过评估测试，如果测试结果余量足够大，就可以到认证实验室的微波暗室里进行认证测试。

测试对象：集成 HW2171B 单面板的无线遥控器整机，连接导线天线。

测试方法：用电池给遥控板供电，开机后让 HW2171B 处于正常发射数据模式。

测试条件：设置 HW2171 发射功率为最大功率，发射频率在低、中、高信道的三个频点之间不断切换连续发射数据。由于谐波中辐射最强的为二次和三次谐波，所以设置扫频范围从 1GHz 到 12.75GHz。

FCC 认证测试结果如下图所示。



Final Result

Frequency (MHz)	MaxPeak (dBµV/m)	Average (dBµV/m)	Limit (dBµV/m)	Margin (dB)	Meas. Time (ms)	Bandwidth (kHz)	Height (cm)	Pol	Azimuth (deg)	Corr. (dB)
4883.817733	---	41.44	54.00	12.56	100.0	1000.000	155.0	V	-8.0	0.0
4883.817733	59.21	---	74.00	14.79	100.0	1000.000	155.0	V	-8.0	0.0
4944.495933	---	34.22	54.00	19.78	100.0	1000.000	155.0	H	324.0	0.3
4944.495933	49.01	---	74.00	24.99	100.0	1000.000	155.0	H	324.0	0.3
7236.165533	56.00	---	74.00	18.00	100.0	1000.000	155.0	H	104.0	4.7
7236.165533	---	42.37	54.00	11.63	100.0	1000.000	155.0	H	104.0	4.7
7415.748600	---	36.55	54.00	17.45	100.0	1000.000	155.0	H	80.0	5.0
7415.748600	56.50	---	74.00	17.50	100.0	1000.000	155.0	H	80.0	5.0
9767.938800	62.08	---	74.00	11.92	100.0	1000.000	155.0	V	141.0	9.3
9767.938800	---	43.70	54.00	10.30	100.0	1000.000	155.0	V	141.0	9.3

图 4-3 过 FCC 认证的 RSE 测试结果

谐波次数	频率(MHz)	最大峰值(dB μ v/m)	平均值(dB μ v/m)	上限(dB μ v/m)	余量 (dB)
2	4883	59.21	—	74	14.79
	4883	—	41.44	54	12.56
3	7236	56.00	—	74	18.00
	7236	—	42.37	54	11.63
4	9767	62.08	—	74	11.92
	9767	—	43.70	54	10.30

表 4-1 过 FCC 认证的 RSE 最大值

由上表可知，余量最小也有 10 个 dB，可以满足 FCC 过认证要求。

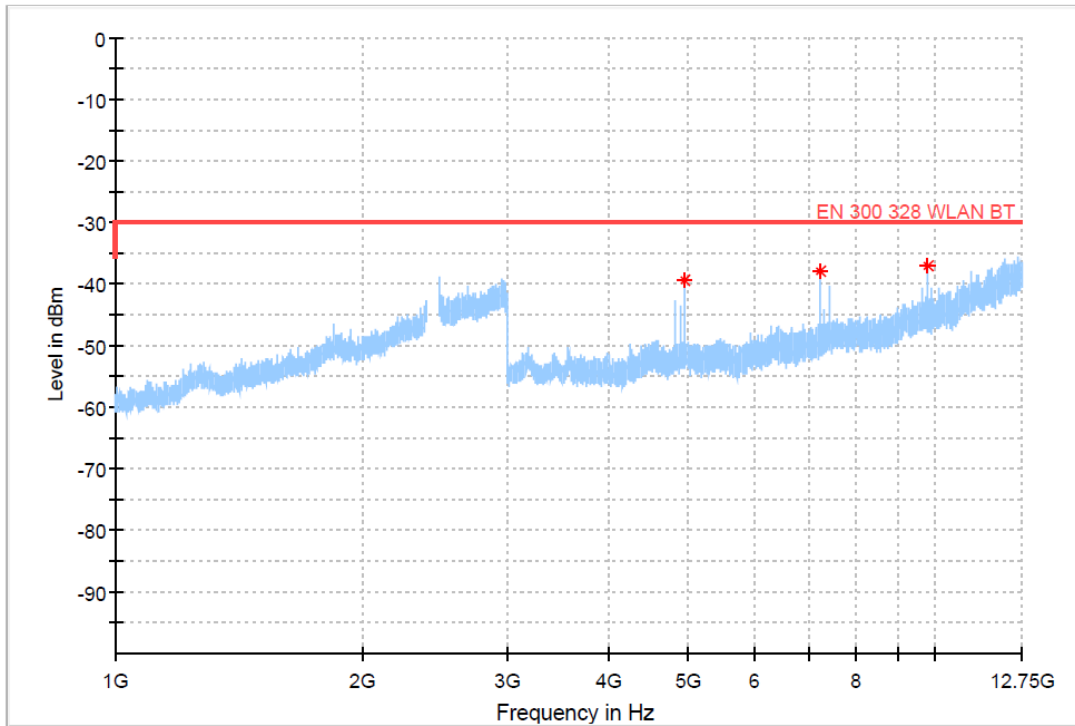
4.3.3 CE认证测试

测试对象：集成 HW2171B 单面板的无线遥控器整机，连接导线天线。

测试方法：用电池给遥控板供电，开机后让 HW2171B 处于正常发射数据模式。

测试条件：设置 HW2171 发射功率为最大功率，发射频率在低、中、高信道的三个频点之间不断切换连续发射数据。由于谐波中辐射最强的为二次和三次谐波，所以设置扫频范围从 1GHz 到 12.75GHz。

CE 认证测试结果如下图所示。



Critical Freqs

Frequency (MHz)	MaxPeak (dBm)	Limit (dBm)	Margin (dB)	Meas. Time (ms)	Bandwidth (kHz)	Height (cm)	Pol	Azimuth (deg)	Corr. (dB)
4944.500000	-39.47	-30.00	9.47	---	---	155.0	H	0.0	-96.3
7236.455357	-37.97	-30.00	7.97	---	---	155.0	H	90.0	-92.7
9768.187500	-36.94	-30.00	6.94	---	---	155.0	V	135.0	-88.2

图 4-4 过 CE 认证的 RSE 测试结果

根据上图的测试结果，选取 2 次、3 次、4 次谐波的最高值，列表如下：

谐波次数	频率(MHz)	最大峰值(dBm)	上限(dBm)	余量 (dB)
2	4944	-39.47	-30	9.47
3	7236	-37.97	-30	7.97
4	9768	-36.94	-30	6.94

表 4-2 过 CE 认证的 RSE 最大值

由上表可知，余量最小也有约 7dB，可以满足 CE 过认证要求。