



深圳市芯岭技术有限公司

版本号	V1.0
编写	唐坚雅
日期	2019.11.28

产品名称：2.4G与433MHZ PCB 天线设计指南



修订历史

版本	修订日期	修订人	描述
V1.0	2019-11-28		初始版本创建

Xinling



目录

1 印制板天线设计	2
1.1 印制板天线 layout 设计	2
1.2 Dongle 端的 PIFA 天线设计	3
1.3 遥控器控制板的中尺寸 PIFA 天线设计	4
1.4 无线鼠标板的单极天线设计	6
2 蓝牙天线设计	9
2.1 倒F型天线	9
2.2 曲流型天线	10
2.3 2.4G棒状天线	11
3 433MHZ天线设计	12

Xinling



天线的S11测试数据如图2所示，覆盖整个2.4G频段。



图2 Nano Dongle 天线S11

天线的增益仿真数据如图3所示，最大增益为-0.5dB。

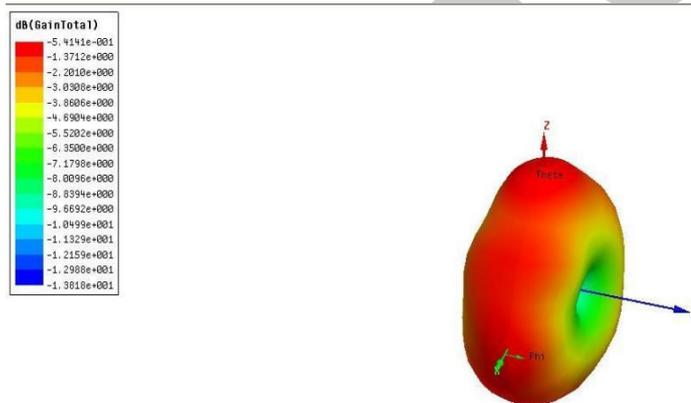


图3 Nano Dongle 增益和3D方向图（X轴为图1的左右方向，Y轴为图1的上下方向）

1.3 遥控器控制板的中尺寸PIFA天线设计

遥控器控制板的中尺寸PIFA天线尺寸如图4所示，PCB的厚度为1.0mm。

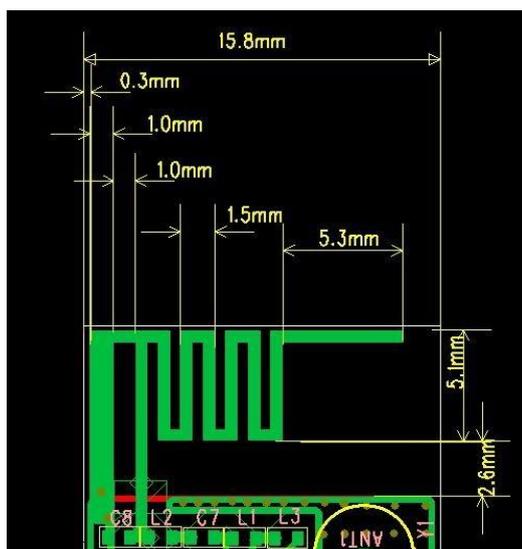


图4 Module 天线设计尺寸参考

天线的S11测试数据如图5所示，覆盖整个2.4G频段。

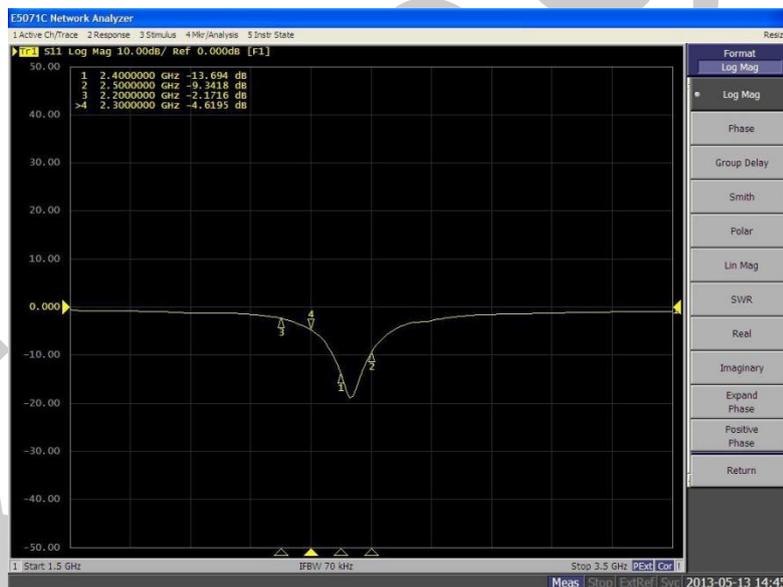


图5 Module 天线设计 S11

天线的增益仿真数据如图6所示，最大增益为0.9dB。



图6 Module 天线增益和3D方向图 (X轴为图4的左右方向, Y轴为图4的上下方向)

1.4 无线鼠标板的单极天线设计

无线鼠标板的单极天线, 增益较大, 走线灵活, 在有足够的PCB空间的情况下可以使用。在设计天线位置时, 天线放置在无线鼠标板的前部或者左前部, 减少右手握住鼠标的情况下手对辐射功率的吸收和衰减, 该天线也可以应用到遥控器上; 并且根据产品外形可以稍微更改天线的走线形状。参考尺寸如图7所示, PCB的厚度为1.6mm。

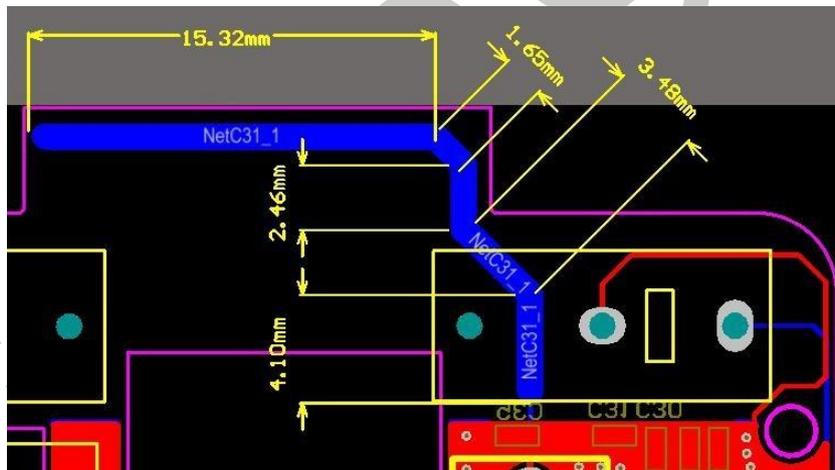


图7 Mouse 天线设计尺寸参考

天线的S11测试数据如图8所示, 覆盖整个2.4G频段。



图8 Mouse 单极子天线S11

天线的增益仿真数据如图9所示，最大增益为3.7dB。

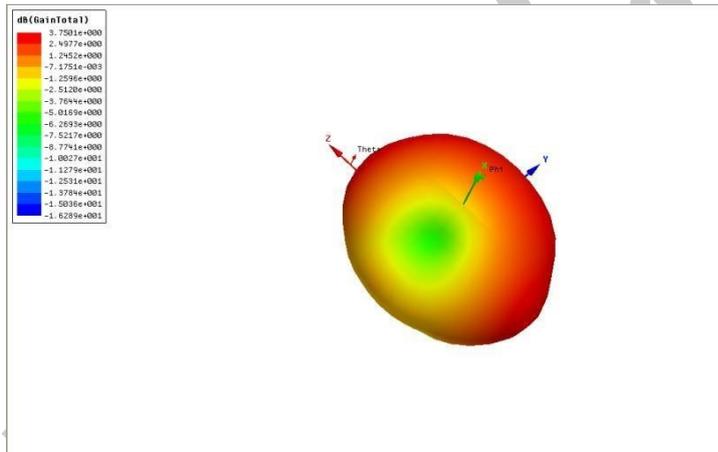


图9 Mouse天线增益和3D方向图 (X轴为图7的左右方向, Y轴为图7的上下方向)



2、蓝牙天线设计

目前最常见的蓝牙天线有偶极天线 (dipole antenna), 倒 F 型天线 (planar inverted F antenna)、曲流线型天线 (meander line antenna)、微小型陶瓷天线 (ceramic antenna)、液晶聚合体天线 (lcp) 和棒状天线 (2.4G 频率专用) 等。由于这些具有近似全向性的辐射场型以及结构简单、制作成本低的优点, 所以非常适合嵌入蓝牙技术装置使用。下面主要介绍 4 种天线的设计方法。

2.1、倒 F 型天线

倒 F 型天线是由于其结构与倒置的英文字母 F 相似而得名。如下图 10 所示。其中 $(L+H)$ 只有四分之一波长, 而且在其结构中已经包含有接触地金属面, 可以降低对模块中接地金属米难的敏感度, 所以非常适合用在蓝牙模块装置中。另外一方面, 由于倒 F 型天线只需要利用金属导体配合适当的馈线及天线短路到接地面的位置, 故其制作成本低, 而且可以直接与 pcb 电路板焊接在一起, 一体化设计。

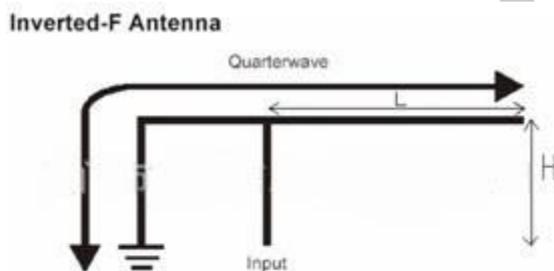


图 10 倒 F 型天线

倒 F 型天线的天线体可以为线状或者片状, 若以金属片制作则可以为 SMD (surface-mount device) 组件焊接在电路板上达到隐藏天线的目的。此时为了支撑金属片不与接地金属面产生短路, 通常会在金属片与接地面之间加入绝缘介质。当使用介电常数较高的绝缘材料还可以缩小蓝牙天线尺寸。图 11 给了倒 F 型天线的 pcb 设计封装参数。作为板载天线的一种, 倒 F 型天线设计成本低但是增加了一定的体积, 但是实际应用中是最常见的一种。

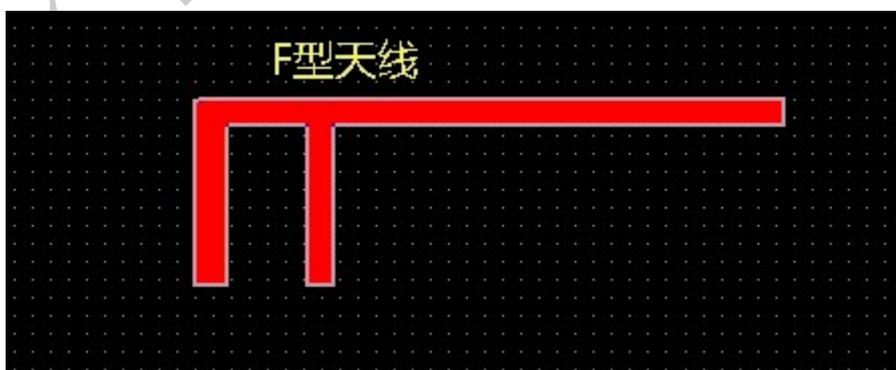


图 11 倒 F 型天线



倒 F 型天线是 $1/4$ 波长天线，除去其天线接入点外，其外轮廓为 L 形状。图 2 中蓝牙天线接入点与蓝牙芯片的天线引脚相连接，外轮廓 L 型短边接地，天线接入点介于地和天线开放端之间。板载 F 型天线一般放在 pcb 顶层，铺地一般放在顶层并位于天线附近，但天线周围务必不能放置地，周围应是净空区。图 12 给了倒 F 型天线在 PROTEL 中制作成板载天线的应用示范：

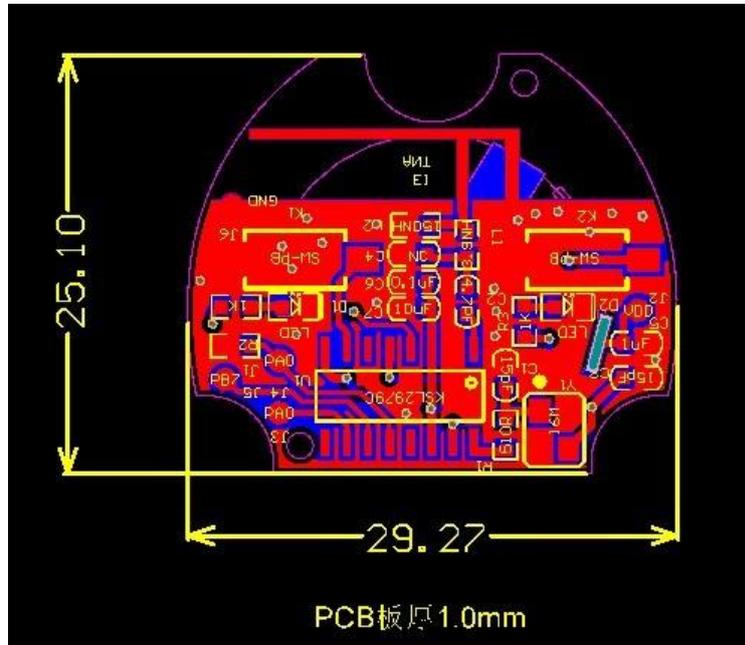


图 12 倒 F 型天线在 PROTEL 中制作成板载天线的应用示范

2.2、曲流型天线

曲流型天线的长度比较难确定。长度一般比四分之一波长稍长，其长度由其几何拓扑空间及敷地区决定。曲流型天线一般是 PCB 封装，即板载天线。和倒 F 型一样一般放在 PCB 顶层，铺地一般放在顶层位于天线附近，但天线周围务必不能放置地，周围应是净空区。其 PCB 封装尺寸见下图 13。

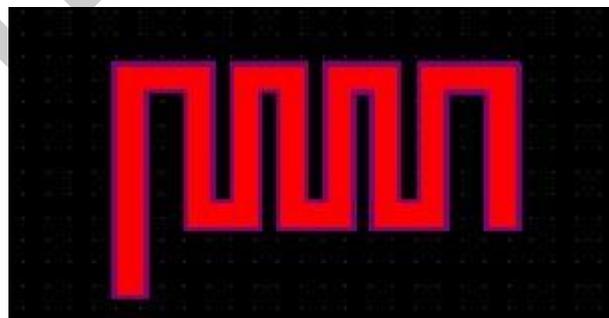


图 13 曲流型天线

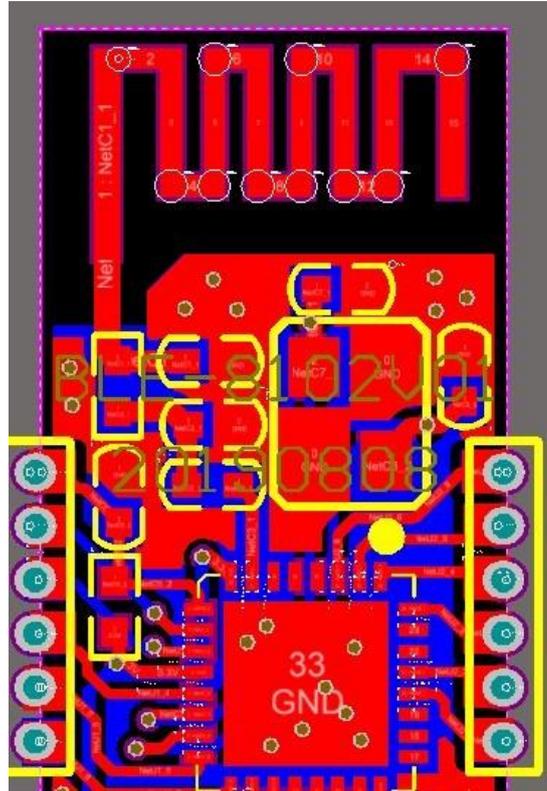
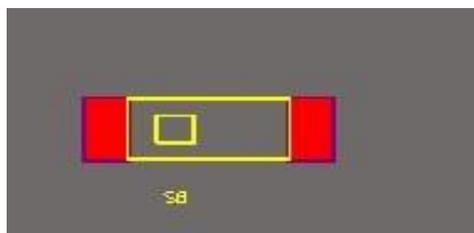


图 14 曲流型天线在 PROTEL 中制作成板载天线的应用示范

2.3、陶瓷天线

陶瓷天线是另外一种适合于蓝牙装置使用的小型化天线。陶瓷天线的种类分为块状陶瓷天线和多层陶瓷天线。块状天线是使用高温将整块陶瓷体一次烧结完成后再将天线的金属部分印在陶瓷块的表面上。多层天线烧制采用低温共烧的方式讲多层陶瓷迭压对位后再以高温烧结，所以天线的金属导体可以根据设计需要印在每一层陶瓷介质层上，如此一来可以有效缩小天线尺寸，并能达到隐藏天线目的。由于陶瓷本身介电常数较 pcb 电路板高，所以使用陶瓷天线能有效缩小天线尺寸，在介电损耗方面，陶瓷介质也比 pcb 电路板的介电损失小，所以非常适合低耗电率的的蓝牙模块中使用。陶瓷天线尺寸一般 1210 封装相当，效果要强于板载天线。使用亦比较方便，一般有 ANT 接入脚和地脚，在 pcb 设计时，天线周围要净空就可以了，特别注意不能敷铜。

参考设计见下图 15。



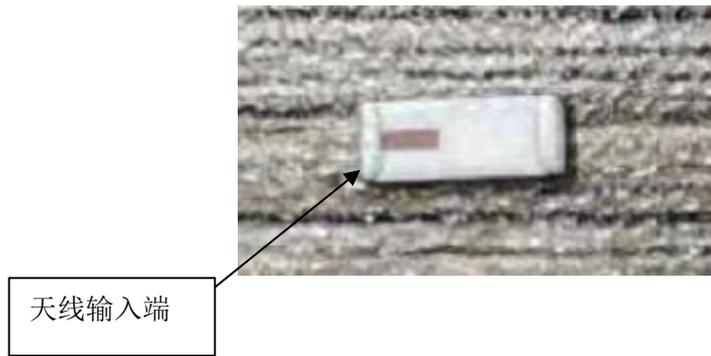


图 15 陶瓷天线

2.4、2.4G 棒状天线

2.4G 棒状蓝牙天线。该天线体积大，但传输距离要强于其他天线，天线座周围为净空区。

便携式蓝牙设备的天线应该是全向性的。设计优良的蓝牙天线将会有助于实现这个目标。由于蓝牙 ISM 频段其工作波长较短，对于传输截止或者传输路径中的障碍物或者导体所造成的能量损耗相对较高，故应考虑有墙壁，金属外壳甚至人体等电磁波障碍物的存在，所以蓝牙天线的增益也不能太小，同样的网络接入点的蓝牙天线由于需要在不考虑使用位置和方向的时候都能顺利的利用蓝牙来作短距离的传输，所以其天线增益势必要比便携式设备高许多。另外从产品应用角度来看，天线对于周围接地金属面十分敏感，象电路板上的接地面或者是电路板上防止静电用的屏蔽金属片都会严重影响到天线辐射特性。由上面所述可知，若要确保蓝牙天线良好的工作特性以进一步提高蓝牙产品的传输质量，就必须要在设计电路的时候就将蓝牙天线的设计以及产品使用环境一并考虑，这样才可以增强后期产品应用的可靠性和稳定性。

RF 走线，在附近的铺地要相隔三倍以上的距离会好些：

(1) 天线的信号（频率大于 400MHz 以上），容易受到衰减，如果天线走线与附近的地太近的话，就会产生寄生电容，（天线与附近地之间的电容），同时走线上会存在寄生电感，这样寄生电感与寄生电容组成了 LC 的低通滤波，对高频的衰减很大。

(2) 寄生电容对高频信号的上升沿与下降沿起到延缓作用。

(3) 对微带线与带状线来说，特征阻抗与板层的厚度，线宽，过孔，板材的介电常数相关。

(4) 板材的对高频信号的衰减也很关键（正切角斜率）。

(5) 过孔会产生寄生电感（远远大于走线上的寄生电感），对于高频信号，是非常大的衰减（电感是通低频阻高频）。所以走 RF 线时，不要有过孔。

3、433MHZ 天线设计

- 天线需要严格按照我们提供的参考设计
- 周围的外壳不能是密封金属壳体，靠近天线部分需要是塑料材质（也不能有含金属颗粒涂料的喷涂）
- 天线要远离输出级（特别当输出级为 classD 时更要注意）和扬声器的磁钢（如果近距离有



扬声器,尽可能使用防磁扬声器).

- 天线距离其他导体的距离至少要大于 15mm,并尽量靠近外壳
- RF 部分的走线要有完整的参考地,并按照 50 欧姆走线
- 可以考虑使用 RF 电缆引,使用专用的 PCB 放置天线
- 天线和音频前级以及 MIC 的走线要尽可能远离,防止 RF 干扰音频
- 音频的差分走线要尽可能平行等长,两线中间不要放置地线.
- 射频走线不能从模组下穿过,因为模组的 bottom 一般是一个 gnd 层如果射频线走主的 top 层 又从模组下走,那么与模组 bottom 的 gnd 距离很近,对信号影响很大.另外 RF 走线过孔也对信号有影响,要尽量避免。
- 天线区域不能有元器件或者其他走线。
- S 型天线走线,线间距为线宽的 3 倍(比如线宽为 $W=0.8\text{mm}$ 间距为 2.4mm)



图 16 433 接收天线参考



图 17 433 发射天线

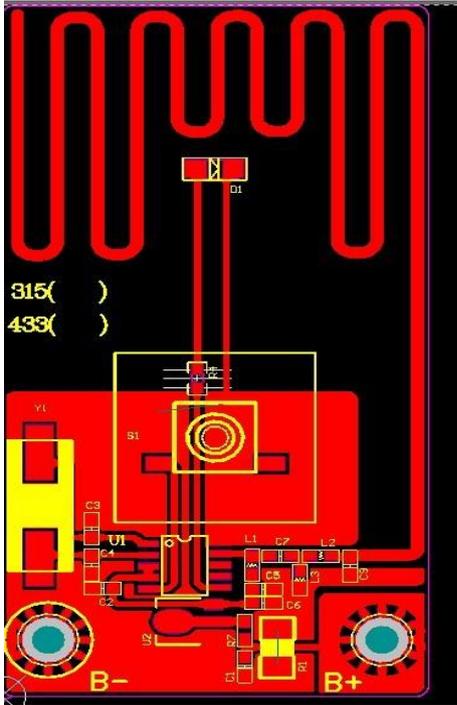


图 18 433 发射天线参考

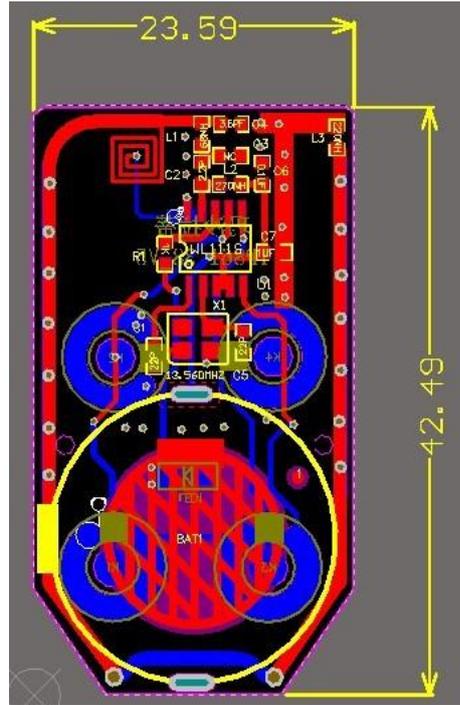


图 19 433 发射天线参考