



Perfect Wireless Experience  
完美无线体验

---

# FIBOCOM RF Antenna 应用设计说明

文档版本：V1.0.6

更新日期：2018.05.22



适用型号

序号	产品型号	说明
1	适用于 FIBOCOM 所有模块和解决方案	NA

FIBOCOM  
Confidential

## 版权声明

版权所有©2015 深圳市广和通无线股份有限公司。保留一切权利。

非经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本文档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

## 注意

由于产品版本升级或其他原因，本文档内容会不定期进行更新。除非另有约定，本文档仅作为使用指导，本文档中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。

## 商标申明



为深圳市广和通无线股份有限公司的注册商标，由所有人拥有。

## 版本记录

文档版本	更新日期	说明
V1.0.0	2013-07-31	初始版本
V1.0.1	2014-12-26	公司名称变更，更新为“深圳市广和通无线股份有限公司”
V1.0.2	2015-08-24	更新公司 logo
V1.0.3	2015-12-05	增加 LTE 部分
V1.0.4	2018-01-31	增加北斗频率及 GNSS 电路以及 CDMA/EVDO 相关指标
V1.0.5	2018-03-16	增加 CDMA/EVDO 频段及相关指标
V1.0.6	2018-05-22	更新图 2-1，更新章节 3.2.2 描述；格式标准化

# 目录

<b>1</b>	<b>射频接口</b>	<b>5</b>
1.1	射频接口简介	5
1.2	工作频段	5
1.2.1	天线频段	5
1.3	天线指标要求	7
<b>2</b>	<b>射频 PCB 设计</b>	<b>8</b>
2.1	走线原则	8
2.2	阻抗设计	9
2.2.1	3W 原则	9
2.2.2	两层板阻抗设计	9
2.2.3	四层板阻抗设计	12
<b>3</b>	<b>主天线设计</b>	<b>13</b>
3.1	外置天线	13
3.2	GNSS 天线	13
3.2.1	无源天线设计原则	13
3.2.2	有源天线设计原则	14
3.3	内置天线	14
3.3.1	内置天线设计原则	14
3.3.2	内置天线分类	14
3.3.3	内置天线其它设计	18
<b>4</b>	<b>内置天线整体设计常见问题</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>分集天线设计</b>	<b>20</b>
<b>6</b>	<b>天线测试简介</b>	<b>21</b>
6.1	无源测试简介	21
6.2	有源测试简介	21
6.2.1	TRP	22
6.2.2	TIS	22
6.2.3	SAR	23
6.2.4	TRP 和 SAR 的制约关系	23

# 1 射频接口

## 1.1 射频接口简介

Fibocom 通讯模块的射频接口有两种结构类型：

- 1) 模块自带 RF 连接器，可以直接连 RF Cable 线到天线。
- 2) 模块仅带 RF 天线焊盘，需要做射频信号线的 PCB 设计后再连接到天线。

从功能上分类，主要包含主天线和分集天线。

- 1) 主天线：GSM/WCDMA/TD-SCDMA/LTE/CDMA/EVDO 收发信号天线。
- 2) 分集天线：WCDMA/LTE 分集接收天线，此天线仅有接收功能，没有发射功能。

## 1.2 工作频段

### 1.2.1 天线频段

Operating Band	Description	Mode	Tx (MHz)	Rx (MHz)
Band 1	IMT 2100MHz	LTE FDD/WCDMA	1920 - 1980	2110 - 2170
Band 2	PCS 1900MHz	LTE FDD/WCDMA/GSM/CDMA/EVDO	1850 - 1910	1930 - 1990
Band 3	DCS 1800MHz	LTE FDD/GSM	1710 - 1785	1805 - 1880
Band 4	AWS 1700MHz	LTE FDD/WCDMA	1710 - 1755	2110 - 2155
Band 5	CLR 850MHz	LTE FDD/WCDMA/GSM/CDMA/EVDO	824 - 849	869 - 894
Band 6	UMTS 800MHz	WCDMA	830 - 840	875 - 885
Band 7	IMT-E 2600Mhz	LTE FDD	2500 - 2570	2620 - 2690
Band 8	E-GSM 900MHz	LTE FDD/WCDMA/GSM	880 - 915	925 - 960
Band 9	UMTS 1700MHz	LTE FDD	1749.9 -1784.9	1844.9 -1879.9
Band 12	700MHz	LTE FDD	698 - 716	728 - 746

Operating Band	Description	Mode	Tx (MHz)	Rx (MHz)
Band 13	USMH Block C	LTE FDD	777 - 787	746 - 756
Band 17	LSMH Blocks B/C	LTE FDD	704 - 716	734 - 746
Band 18	Japan Lower 800Mhz	LTE FDD	815 - 830	860 - 875
Band 19	Japan Upper 800Mhz	LTE FDD	830 - 845	875 - 890
Band 20	EUDD 800MHz	LTE FDD	832 - 862	791 - 821
Band 25	1900MHz	LTE FDD	1850 - 1915	1930 - 1995
Band 26	ECLR 850MHz	LTE FDD	814 - 849	859 - 894
Band 28	700MHz	LTE FDD	703 - 748	758 - 803
Band 29	LSMH blocks D/E	LTE FDD	N/A	716 - 728
Band 34	IMT 2100MHz	TD-SCDMA	2010 - 2025	
Band 38	IMT-E 2600MHz	LTE TDD	2570 - 2620	
Band 39	TDD 1900MHz	LTE TDD/TD-SCDMA	1880 - 1920	
Band 40	IMT 2300MHz	LTE TDD	2300 - 2400	
Band 41	BRS/EBS 2500MHz	LTE TDD	2496 - 2690	
GPS L1			1575.42±1.023	
GLONASS L1			1602.5625±4	
Beidou			1561.098±2.046	



**注意:**

具体频段请参考模块硬件手册

## 1.3 天线指标要求

- (1) 天线效率：推荐>40%
- (2) S11 or VSWR：推荐 S11<-10dB，VSWR<2: 1
- (3) 极化：线极化，分集天线推荐使用与主天线不同的极化方向
- (4) 天线辐射方向：Omni-directional（全向性）
- (5) 增益：天线增益≤2.5dBi
- (6) 带宽：符合相应的国标或者国际标准即可
- (7) TRP/TIS

TRP (Total Radiated Power):

- W850/W900/W1900/W2100>19dBm
- GSM850>28dBm
- GSM900>28dBm
- DCS1800>25dBm
- PCS1900>25dBm
- LTE FDD TDD ALL Band >19dBm
- TD-SCDMA ALL Band >19dBm
- CDMA/EVDO>19dBm

TIS (Total Isotropic Sensitivity):

- W850/W900<-102dBm
- W1700/W1900/W2100<-103dBm
- GSM850<-102dBm
- GSM900<-102dBm
- DCS1800/PCS1900<-102dBm
- LTE FDD TDD ALL Band <-93dBm (10MHz Bandwidth)
- TD-SCDMA ALL Band <-104dBm
- CDMA/EVDO<-102dBm

## 2 射频 PCB 设计

### 2.1 走线原则

对于自身没有连接器的模块，需要通过 RF 走线和天线馈点或者连接器连接，所以 RF 线推荐走微带线，越短越好，差损控制在 0.2dB 以内，并且阻抗控制在  $50\ \Omega$ 。

在模块和天线连接器（或馈点）之间预留一个  $\pi$  型电路（两个并行器件接地脚要直接接到主地）供天线调试。

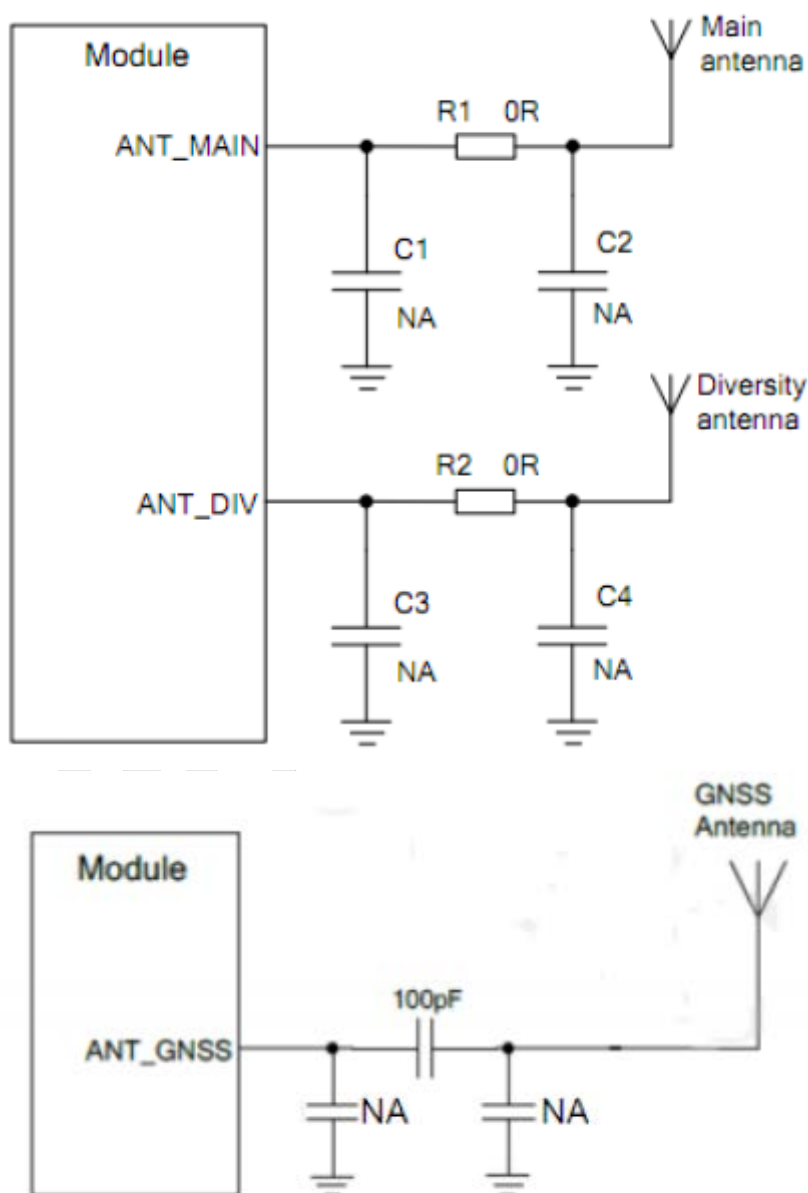


图 2-1  $\pi$  型电路图

本文件版权属深圳市广和通无线股份有限公司所有，未经批准，不得复制。



在 PCB 走线时，此信号走线控制  $50\Omega$ 。产品的射频性能与此走线密切相关。在 PCB 板上影响此走线阻抗的因素如下：

- 走线的宽度和厚度
- 介质介电常数和厚度
- 焊盘的厚度
- 与地线的距离
- 附近的走线

## 2.2 阻抗设计

两个天线接口的 RF 信号线阻抗都需要控制  $50\Omega$ 。

在实际应用中根据 PCB 的其他参数如参考层厚度、层数和叠层等都会影响到 RF 的走线方式，不同的情况参考 GND 层不一样，走线差距也将很大。

### 2.2.1 3W 原则

多层板设计天线 RF 信号在 PCB 上走线时，首先考虑的是满足基本的“3W 原则”。

为了减少线间串扰，应保证线间距足够大，如果线中心距不少于 3 倍线宽时，则可保持 70% 的线间电场不互相干扰，称为“3W 原则”。

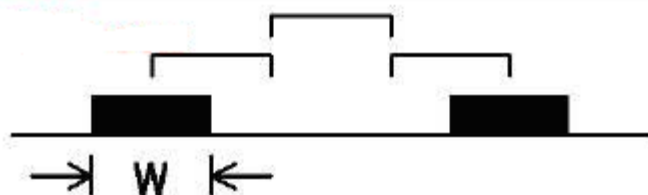


图 2-2 3W 原则示意图

### 2.2.2 两层板阻抗设计

因为大部分客户多有用双面板进行设计，所以针对两层板典型的 1.6mm，1.0mm 厚度 PCB 设计做实例说明：

案例一：PCB 板厚 1.6mm

图 2-3 中白色走线为 RF 的  $50\Omega$  阻抗控制线。考虑到 PCB 板厚的影响，要完全符合 3W 原则很难实现，既要保证  $50\Omega$  走线，又要确保其不对周围器件产生的影响，所以在天线周边建议客户不要放其他元器件，并且 PCB 上的走线尽可能远离 RF 部分。

经过我们大量实际验证，以下设计可以保证 RF 阻抗控制在 50Ω 左右，并且受到影响最小：

RF 线宽 43mil，离旁边的地（蓝色）的距离是 8mil，射频走线的正下方是 RF 线参考层，通常为完整的地（红色）。RF 线四周需要完整的地保护，并且沿着走线方向尽量多打地孔。在射频走线及其参考地周围，不建议有其他任何走线或器件。如下图 2-3：

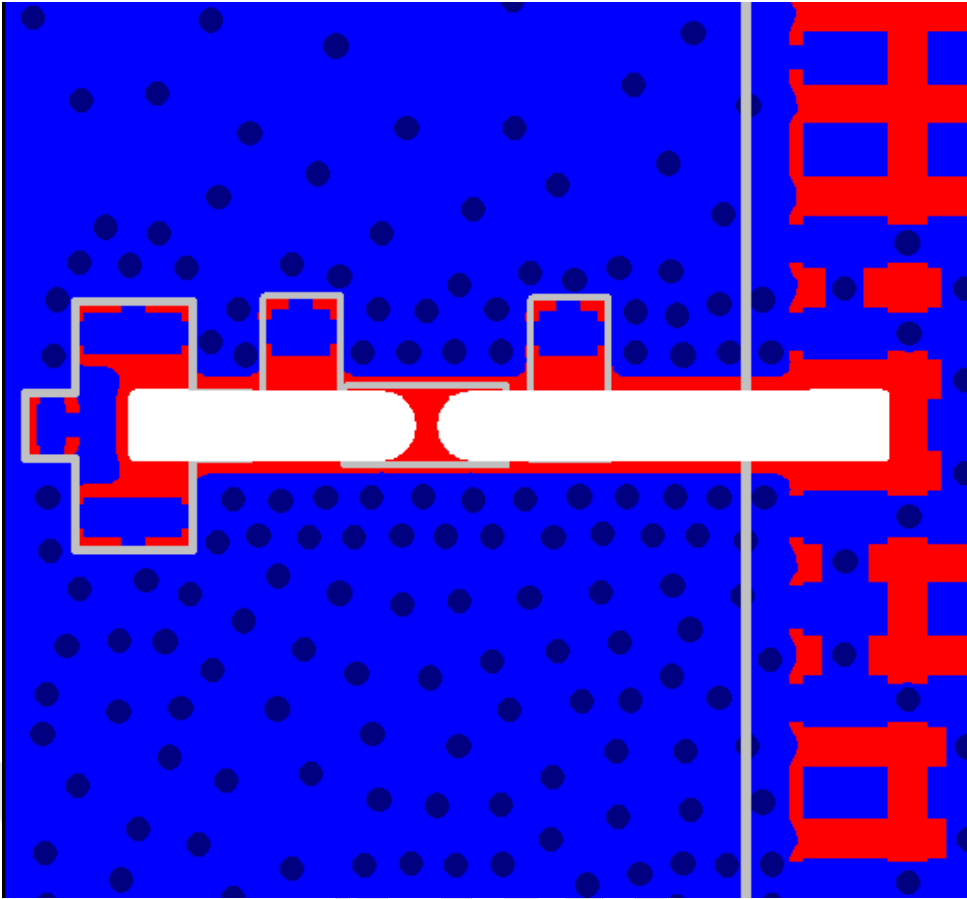


图 2-3 50Ω 阻抗线示意图

50Ω 阻抗的理论计算：

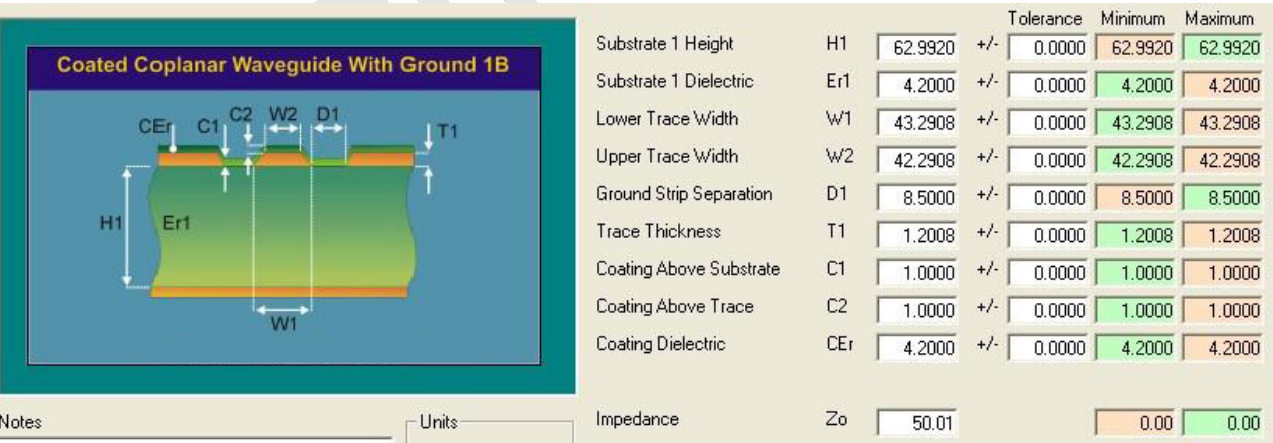


图 2-4 阻抗计算工具示意图（单位 mil）

Er1, T1, C1, C2, CEr 参数一般由 PCB 板厂确认，每个 PCB 板厂的工艺和材质有略微差异，需要和 PCB 板厂确认。H1 为 PCB 厚度，W1 为线宽，D1 为线到旁边 GND 的距离。实际生产中要考虑误差。

案例二 PCB 板厚 1.0mm

PCB 板厚 1.0mm 时，RF 在 PCB 上线宽是 35mil，线到旁边的 GND 的间距是 8mil。

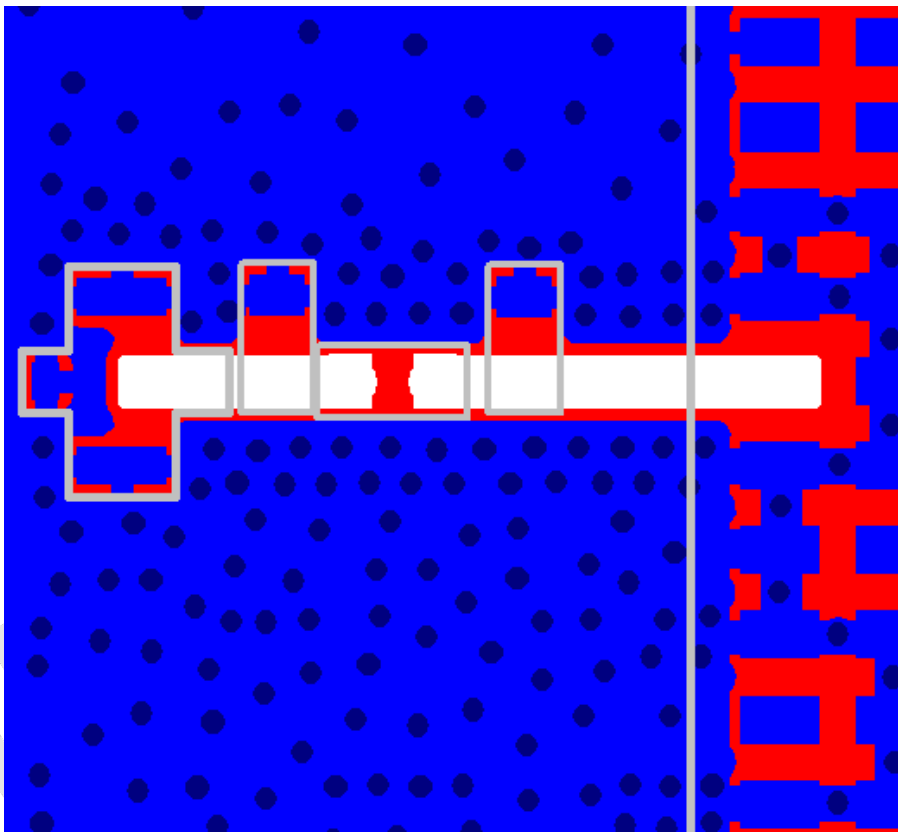


图 2-5 RF 走线示意图

50Ω 阻抗的理论计算：



图 2-6 阻抗计算工具示意图

本文件版权属深圳市广和通无线股份有限公司所有，未经批准，不得复制。

2.2.3 四层板阻抗设计

四层板，板厚 1.0mm，RF 线走在表层 Lay1，参考 Lay2（GND 层）。

不同 PCB 板厂的叠层会有不同，以图 2-7 的 4 层板的叠层为例：

4层(1+2+1)叠层图示						Finished Thicknes		Material
				S/M				
1				Cu	25	um		0.33OZ + Plating
				Prepreg	65	um		PP 1080
2				Cu	25	um		0.5OZ + Plating
				Core	508	um		0.540mm(H/H OZ)
3				Cu	25	um		0.5OZ + Plating
				Prepreg	65	um		PP 1080
4				Cu	25	um		0.33OZ + Plating
				S/M				
Total					800	um		
Tolerance					±100	um		

图 2-7 4 层板叠层厚度示意图

Lay 1 到 Lay 2 的厚度是 65um，RF 走线 4mil，RF 到两边 GND 的距离大于 3 倍的 RF 线宽。

Lay 1 蓝色，红色是 Lay 2 层，高亮部分是 RF 线。

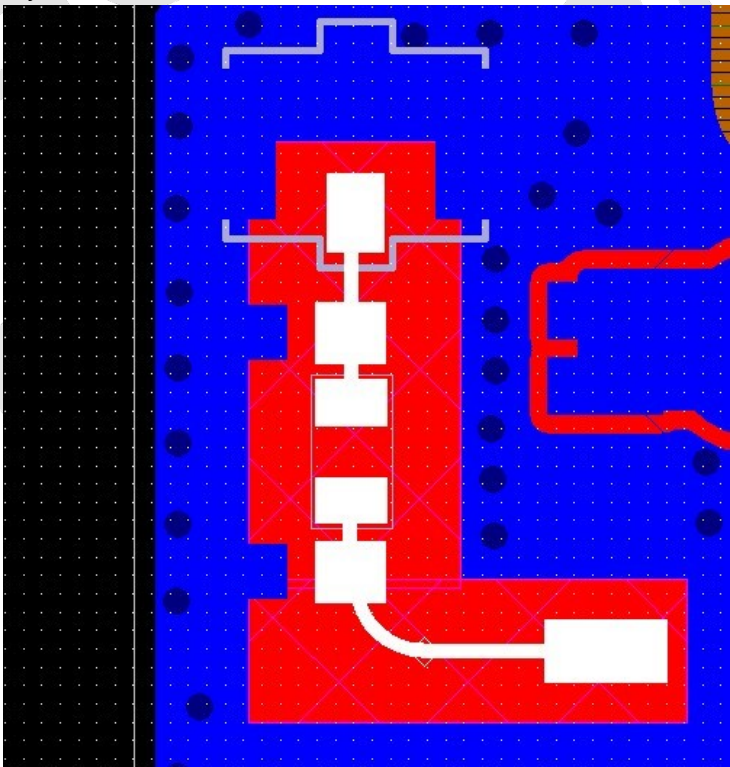


图 2-8 RF 走线示意图

50Ω 阻抗的理论计算：  
D1 的值在大于 3 倍的 W1 以后，对阻抗的影响就很微弱。



图 2-9 四层板阻 TOP 层走线抗计算示意图

### 3 主天线设计

#### 3.1 外置天线

外置天线设计比较简单，天线空间大，性能容易保证。此种天线多为 SMA 接口。



图 3-1 外置天线类型

#### 3.2 GNSS 天线

##### 3.2.1 无源天线设计原则

需要避免天线周围有干扰源，尽量放在板子四个角落，远离 GSM、WIFI、BT 天线；不需要直流偏置电压。



### 3.2.2 有源天线设计原则

有源天线集成了低噪声放大器，天线集成的低噪声放大器需要供电。有的模块型号支持直接供电，通过 GNSS\_ANT 给有源天线供电；有的模块型号，不支持给有源天线供电，则需要外部电源提供所需电压。有源天线还必须远离任何噪声源，以具备良好的性能；有源天线尽量放在板子四个角落，远离 GSM、WIFI、BT 天线；

用外部电源供电时，RF 信号必须通过一个 100nH 电感和外部电源相连，不能直接连接，这样可以防止电源噪声进入天线。

## 3.3 内置天线

### 3.3.1 内置天线设计原则

- 布局
  - 1) 天线应尽量布置在产品结构的边角。
  - 2) 天线附近避免安置金属元件。
  - 3) 屏蔽件尽量规整一体，切勿使用长条形状孔槽。
  - 4) 含金属结构的元件，如喇叭、振子、摄像头基板等金属要尽量接地。
  - 5) 避免试用长度较长的 FPC，如必须使用，最好两面加接地屏蔽层。
- 布线
  - 1) 在关联 RF 的布线时要注意转弯处运用圆弧处理，做好铺地隔离和特性阻抗。
  - 2) RF 地要合理设计，PCB 板和地的边缘要打“地墙”，从 RF 模块引出的天线需做成微带线。
  - 3) 天线 RF 馈点焊盘采用圆角矩形盘，尺寸为 2mm x 3mm，焊盘含周边 $\geq 0.8\text{mm}$ 的面积下 PCB 所有层不铺铜。
  - 4) 双馈点时 RF 与地焊盘的中心距应在 4~5mm 之间。

### 3.3.2 内置天线分类

内置天线一般分为三种：PIFA 天线，IFA 和单极天线（monopole）。内置天线有可能会在产品内部形成干扰等潜在问题，在设计中就有较多的要求。

PIFA，IFA 和 MONOPOLE 天线简单区别如下图：

天线类别	天线投影下方	天线馈源	天线体积	电性能	SAR
PIFA	有地	2	大	很好	低
MONOPOLE	无地	1	小	好	稍高
IFA	有地	2	中	较好	中

本文件版权属深圳市广和通无线股份有限公司所有，未经批准，不得复制。

### 3.3.2.1 PIFA（皮法）天线

#### 1. 天线结构

天线与主板有两个馈点，一个是模块输出，另一个是 RF 地。天线的位置建议在整机顶部。信号点和接地点之间的距离最少保持在 4-5mm。

信号点和接地点可以不放在一起，接地点可以多放置几个，便于天线设计时可以更多的调整选择。

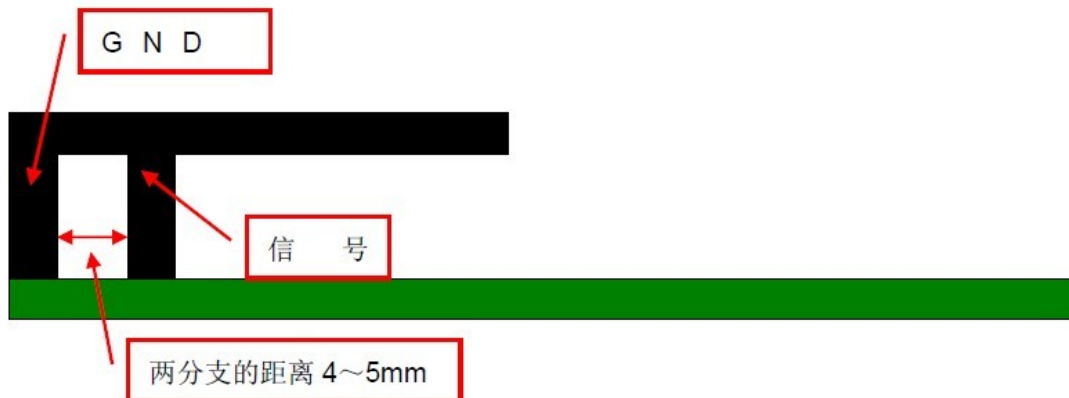


图 3-2 PIFA 天线信号点和接地点放置

#### 2. 主板

天线投影区域内有完整的铺地，同时不要在天线侧安排元器件。PCB 板的长度建议在 90-110mm，天线性能在 105mm 板长的性能较好。

#### 3. PIFA 天线的几种结构方式

##### a. 支架式

天线由塑胶支架和金属片（辐射体）组成。金属片与塑胶支架采用热熔方式固定。塑胶常用 BS 或 PC 材料，金属常用铍铜、磷铜、不锈钢片。也可用 FPC，但主板上要加两个 PIN，这两项的成本稍高。

##### b. 贴附式

直接将金属片（辐射体）贴附在整机背壳上。

#### 4. PIFA 天线的馈点

馈点要大于 2mm\*3mm，尽量放置在整机的 PCB 板的边缘，采用圆形最好，其次为圆角方形。馈点焊盘和地之间应 $\geq 1\text{mm}$ 。

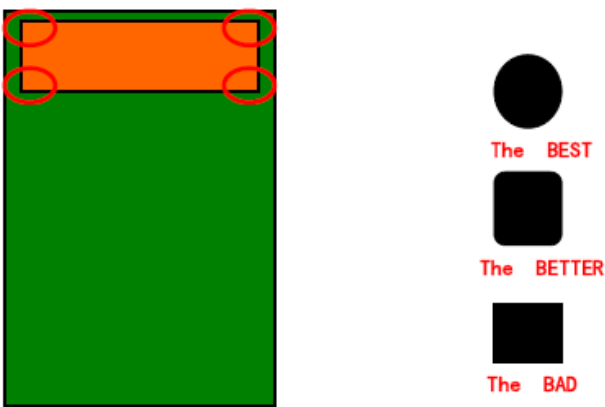


图 3-3 焊盘设计要求

5. PIFA 天线对高度和面积的要求:

工作频段	高度	面积
GSM/DCS	>6mm	>15mm x 40mm
GSM/DCS/PCS	>6.5mm	>17mm x 40mm
GSM850/GSM900/DCS1800/PCS1900	>8mm	>20mm x 45mm



注意:

WCDMA/LTE/TD-SCDMA 天线设计可参考 GSM 天线面积要求。

### 3.3.2.2 MONOPOLE（单极）天线

1. 天线结构

天线与主板有一个馈点，是模块输出点。天线的位置建议在整机顶部。

2. Monopole 天线设计图如下:

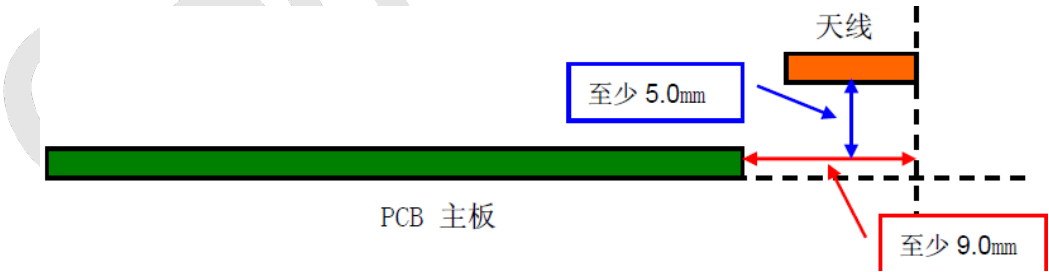


图 3-4 天线摆放位置

3. 天线投影区域不能有铺地，或无 PCB，同时不要在天线侧安排元器件。



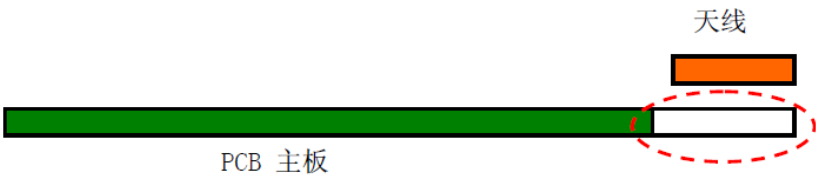


图 3-5 天线投影区域要求

PCB 板的长度建议在 80-100mm。天线性能在 95mm 的板长性能较好。

4. 天线的几种结构方式

与 PIFA 天线相同，有支架式和贴附式。

5. Monopole 天线的馈点

Monopole 天线馈点和 PIFA 要求基本一致。

6. Monopole 天线对高度和面积的要求：

工作频段	高度	面积
GSM/DCS	>5 mm	>35mm x 7mm
GSM/DCS/PCS	>6mm	>35mm x 8mm
GSM850/GSM900/DCS1800/PCS1900	>6mm	>40 mm x 10mm



注意：

CDMA/EVDO/WCDMA/LTE/TD-SCDMA 天线设计可参考 GSM 天线面积要求。

3.3.2.3 IFA 天线

IFA 天线更多具有 MONOPOLE 天线的特性，但又兼有 PIFA 天线的一些特点，具有两个馈点分支，天线下面可以有部分地平面存在，它的优点是改善了 MONOPOLE 天线的不稳定性， 天线空间介于 MONOPOLE 和 PIFA 之间。



图 3-6 信号点和地的位置

天线空间要求:  $\text{MONOPOLE} < \text{IFA} < \text{PIFA}$ , 其他要求根据 PIFA 和 MONOPOLE 各自要求为准。

### 3.3.3 内置天线其它设计

#### 3.3.3.1 Speaker 的处理

Speaker 上串联磁珠, 磁缸接地, 以降低其对 RF 的影响。

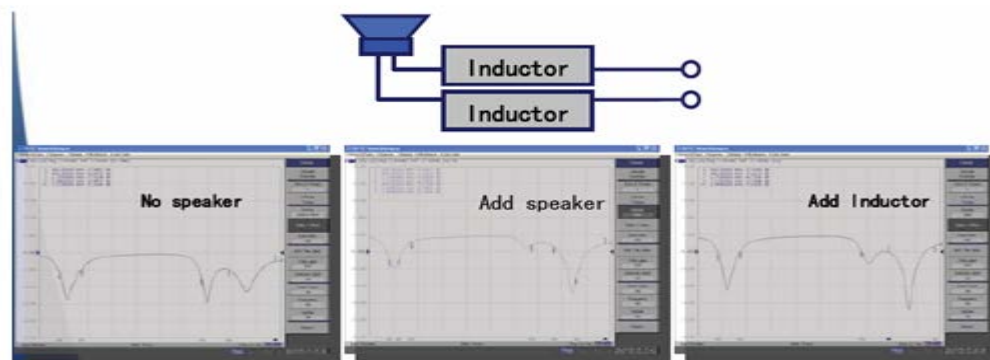


图 3-7 驻波改善

#### 3.3.3.2 金属结构件的处理

整机的所有金属结构件必须正确、可靠的进行接地处理, 电路部分尽量做到相应的屏蔽。

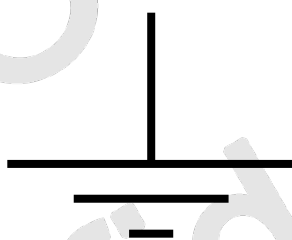


图 3-8 金属器件接地

#### 3.3.3.3 电池的处理

电池要尽可能远离天线:

Monopole 天线: 电池离天线  $\geq 5\text{mm}$

PIFA 天线: 电池离天线  $\geq 3\text{mm}$

电池连接器不要放在天线正对位置。

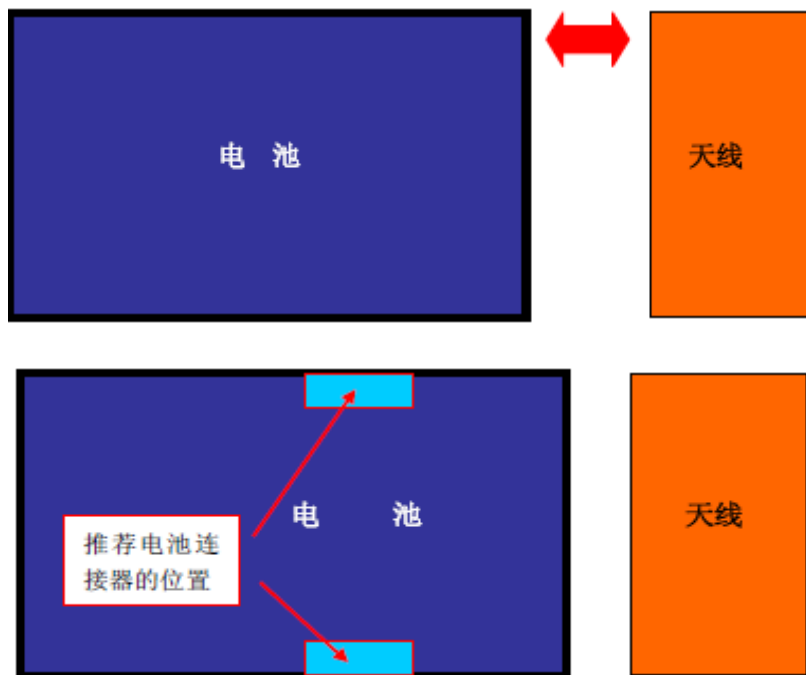


图 3-9 电池设计

### 3.3.3.4 天线区域大器件位置

天线周围尽量避免放大尺寸金属器件如：振子、SPEAKER、RECEIVER 等较大金属结构的元件。它们对天线的性能有很大的负面影响。天线同侧后盖上不用导电漆喷涂，谨慎使用电镀装饰。



图 3-10 大器件位置摆放

## 4 内置天线整体设计常见问题

影响发射性能的问题点：

- 1) 天线灵敏度偏低  
如果模块传导测试满足指标，天线辐射功率达到要求，则灵敏度偏低原因为主板设计问题。
- 2) 机壳：由于整机内置天线对其附近的介质较敏感，因此外壳的设计和天线性能有密切关系。
- 3) Speaker 等设计布局不合理，影响到天线性能。
- 4) 电池设计布局不合理，影响到天线性能。

影响接收性能的问题点：

- 1) LCD、LDO、DC/DC 等电路设计不合理，影响耦合灵敏度。
- 2) 19.2MHz ,26MHz ,38.4MHz 等系统的 VCXO 或者 TXVCO 的谐波影响到整机的接收性能。
- 3) SIM 卡时钟引起耦合灵敏度偏低。
- 4) FPC 排线布局不合理，影响到整机的接收性能。

影响 EMC 性能的问题点：

- 1) FPC 排线布局不合理，影响到整机的 EMC 性能。
- 2) 天线的空间辐射被主板的金属元件耦合吸收后产生一定量的二次辐射，频率与金属件的尺寸关联。因此要求此类元件有良好的接地，消除或降低二次辐射。

## 5 分集天线设计

- 分集接收技术是一项主要的抗衰落技术，它可以大大提高多径衰落信道下的传输可靠性，其本质就是采用两种或两种以上不同方法接收同一信号以克服衰落，提高系统的接收性能。
- Fibocom 部分产品支持分集接收功能。若需要使用分集接收功能，则需增加分集天线。
- 分集天线的设计方法和主天线一致，其效率指标允许降低 3dB。
- 主天线与分集天线的隔离度要求大于 12dB。
- 主天线和分集天线的极化方向不能相同。

## 6 天线测试简介

### 6.1 无源测试简介

设备：网络分析仪，微波暗室。

无源测试侧重从整机天线的增益、效率、方向图等天线的辐射参数方面考察整机的辐射性能。无源测试虽然考虑了整机环境(比如天线周围器件、开盖和闭盖)对天线性能的影响，但无源测试数据无法准确体现天线与整机配合之后最终的辐射发射功率和接收灵敏度。

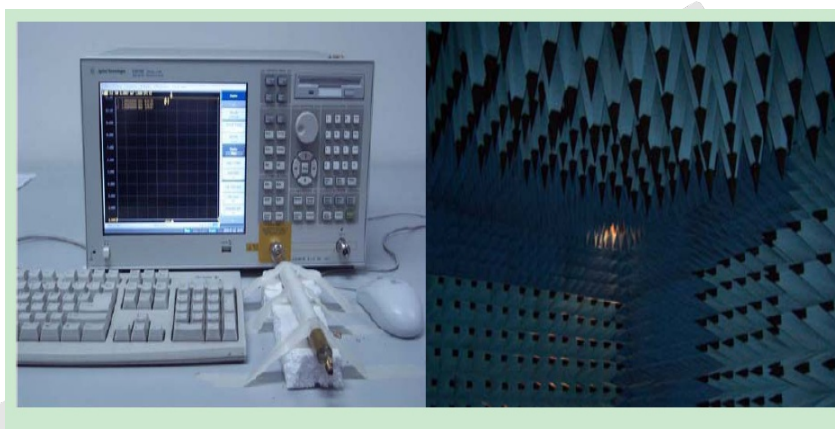


图 6-1 无源测试环境

### 6.2 有源测试简介

设备：综测仪器，频谱分析仪，微波暗室，SAR 测试仪

主要测试：TRP、TIS、SAR、方向性。

天线系统由整机来确定，天线只是其中的一个重要部件。整机的天线性能必须通过有源测试结果来给出结论。

有源测试侧重从发射功率和接收灵敏度方面考察整机的辐射性能。有源测试是在特定的微波暗室中测试整机在三维空间各个方向的发射功率和接收灵敏度，更能直接地反映整机的辐射性能。

相关标准请参考：3GPP TS 34.114, CTIA(Cellular Telecommunication and Internet Association)制定的 OTA(Over The Air)标准。

## 6.2.1 TRP

TRP(Total Radiated Power): 通过对整个辐射球面的发射功率进行面积分并取平均值。它反映整机的发射功率情况，跟整机在传导情况下的发射功率和天线辐射性能有关。

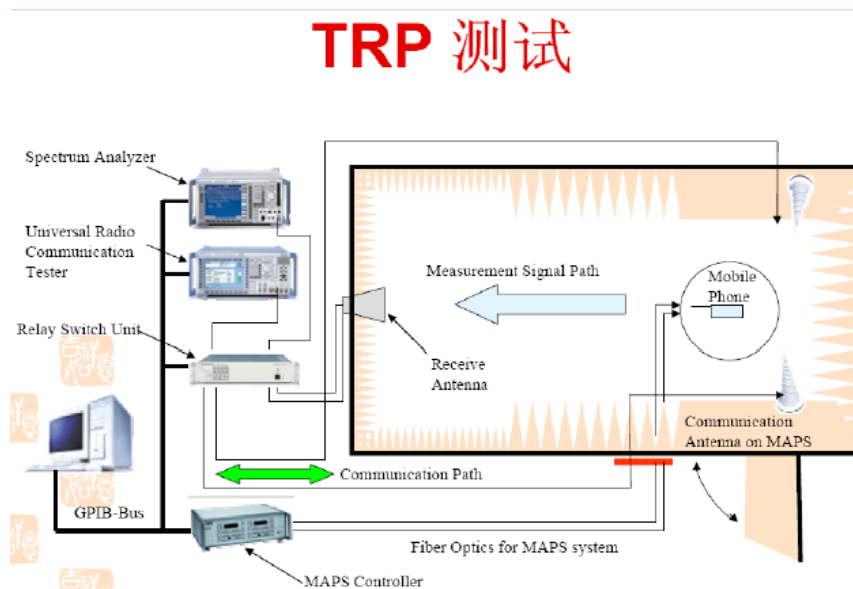


图 6-2 TRP 测试环境

## 6.2.2 TIS

TIS(Total Isotropic Sensitivity): 反映在整个辐射球面整机接收灵敏度的情况。它反映整机的接收情况，跟传导灵敏度和天线的辐射性能有关。

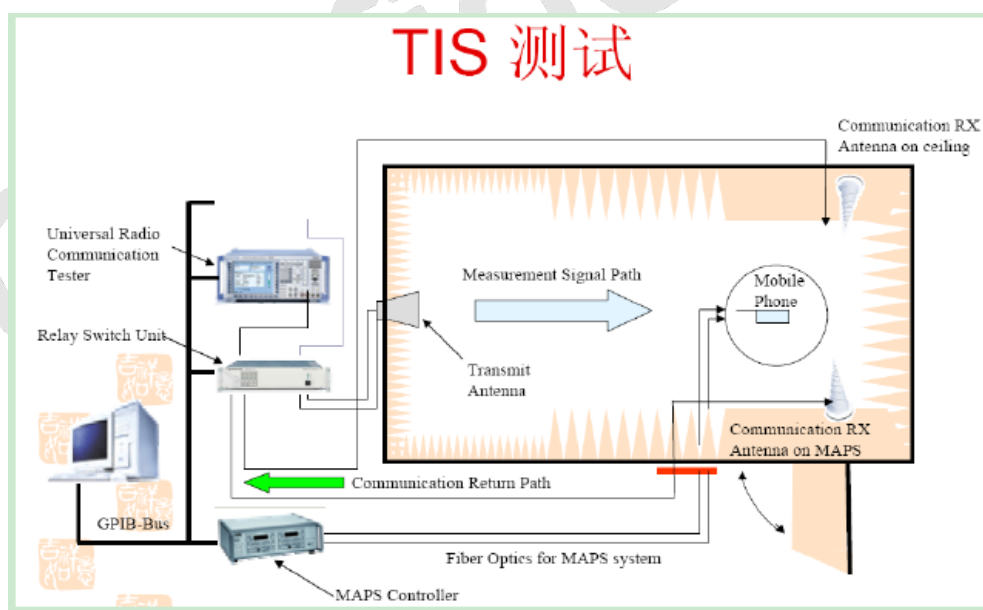


图 6-3 TIS 测试环境



### 6.2.3 SAR

SAR 即英语“Specific Absorption Rate”的缩写，意为电磁波吸收比值或比吸收率。是无线产品之电磁波能量吸收比值，其定义为：在外电磁场的作用下，人体内将产生感应电磁场。

说明：SAR 主要是针对移动通信手持或佩戴类产品进行要求。



图 6-4 SAR 测试环境

### 6.2.4 TRP 和 SAR 的制约关系

TRP 反映的是天线远场的辐射性能，而 SAR (Specific Absorption Rate) 反映是天线的近场辐射性能。对于 OTA 中的 TRP 指标，一般是要求 TRP 较大，这样从 PA 出来进入天线的功率才被有效辐射，无线接口的连接性才较好。SAR 测试中，则要求 TRP 数值比较小，这样被人脑吸收的功率才比较小，保证能通过 SAR 测试标准。因此，TRP 指标与 SAR 指标是一对相互矛盾的指标，在天线设计中如何保证两个指标都达到相关的标准，满足设计需要，在天线设计之初就需要考虑。

解决措施：

#### 1) 选用合适的天线形式

如内置天线中的 Monopole 具有效率高但 SAR 也高的特点，因此在使用之前就应该对此有所认识，即 Monopole 和人脑的耦合效应较强。PIFA 天线综合性能较好，由于其靠近人脑的一侧被 PCB 的地遮挡，其高频频段在人脑方向比最大辐射方向有 5-6dB 的衰减，因此 PIFA 天线的 SAR 值比较低，是内置天线中比较理想的天线形式。

2) 在天线的设计之初需考虑 SAR 问题，主要在结构上进行设计，结合整机的结构选用合适形式的天线，保证天线性能的同时还满足通过 SAR 指标，比如采取将天线放置于 PCB 的底部等措施。对于外置式的螺旋天线，一般应注意天线与人脑之间的距离，保证满足 SAR 测试的需要。

3) 在设计后期发现 SAR 测试超标，可通过调低天线性能的方式解决，如使用损耗稍大的材料等方法，需要与天线厂家配合进行。

4) 更改天线走线方式，调整方向图等措施。

5) 在标准允许的情况下，降低 PA 的输出功率。

以上方法是在满足 SAR 和 TRP 测试需要的情况下，取得两者的平衡。

本文件版权属深圳市广和通无线股份有限公司所有，未经批准，不得复制。