Fibocom 广和通

完 美 无 线 体 验

L716 V3T 系列

硬件指南

V1.0

版权声明

版权所有©2022 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

Fibocom 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。

联系方式

公司网址： https://www.fibocom.com/

总部地址：深圳市南山区西丽街道西丽社区打石一路深圳国际创新谷六栋 A 座 10-14 层

总机：+86 755-26733555

目录

适用型号 3
修订记录 4
1 概述 5
1.1 产品介绍 5
1.2 主要特性 5
1.3 系统架构 6
1.4 工作模式 7
2 技术指标 9
2.1 物理指标 9
2.2 射频指标 10
2.3 功耗指标 12
2.4 电气指标 15
2.5 使用环境 15
2.6 可靠性指标* 15
2.7 ESD 指标* 16
3 管脚 18
3.1 管脚属性 18
3.2 管脚分布 19
3.3 管脚详情 20
4 电路设计 25
4.1 电源接口 25
4.1.1 电源输入 25
4.1.2 电源输出 26
4.2 控制接口 27
4.2.1 开机 27
4.2.2 关机 28
4.2.3 复位 29
4.3 工作模式 30
4.3.1 飞行模式 30
4.3.2 休眠模式 31
4.4 基带接口 32

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

4.4.1 USB2.0 32
4.4.2 UART 33
4.4.3 SPI* 34
4.4.4 I2C* 34
4.4.5 SDIO* 35
4.4.6 RMII* 36
4.4.7 PCM* 37
4.4.8 SIM 卡 37
4.4.9 ADC* 41
4.4.10 状态指示* 42
4.5 射频接口 43
4.5.1 天线简介 43
4.5.2 阻抗 44
4.5.2.1 设计原则 44
4.5.2.2 多层板案例 46
4.5.2.3 常见问题 50
4.5.3 分集天线 50
4.5.4 天线测试 51
4.5.4.1 无源测试 51
4.5.4.2 有源测试 51
5 包装运输 55
5.1 包装 55
5.2 存储 58

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

适用型号

序号	适用型号	说明
1	L716-CN-10	V3T 平台、CAT4、128Mb FLASH、CN 频段
2	L716-EU-10	V3T 平台、CAT4、128Mb FLASH、EU 频段

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

修订记录

V1.0（2022-2-15）	初始版本

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

1 概述

1.1 产品介绍

L716 系列产品基于中兴微 V3T 平台，支持 LTE/WCDMA/GSM 网络制式，是一款高度集成的无线通信模块，可以广泛应用于安防监控、电力、工业路由、CPE 和 MIFI 场景。

产品外观如下：



图 1. TOP 视图

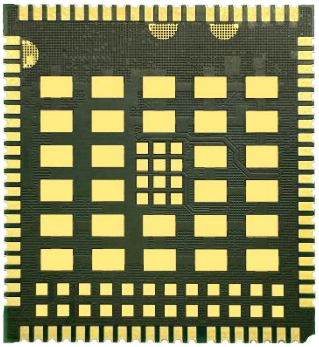


图 2. Bottom 视图

1.2 主要特性

产品硬件提供如下特性：

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

表 1. 基带特性

类别	描述
存储空间	模块内置 128Mb NOR FLASH 和 256Mb DDR
功能接口	USB2.0×1 I2C×1 SPI×1 ADCx2 UART×2
外设接口	RMII×1 SDIO×2，SD1 只支持 2.8V SD 卡 SIM×1，支持 1.8V 和 3V 卡 PCMx1

表 2. 射频特性

类别	描述
天线接口	主集天线×1 分集天线×1

1.3 系统架构

L716 系列产品的硬件由以下几方面构成：

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

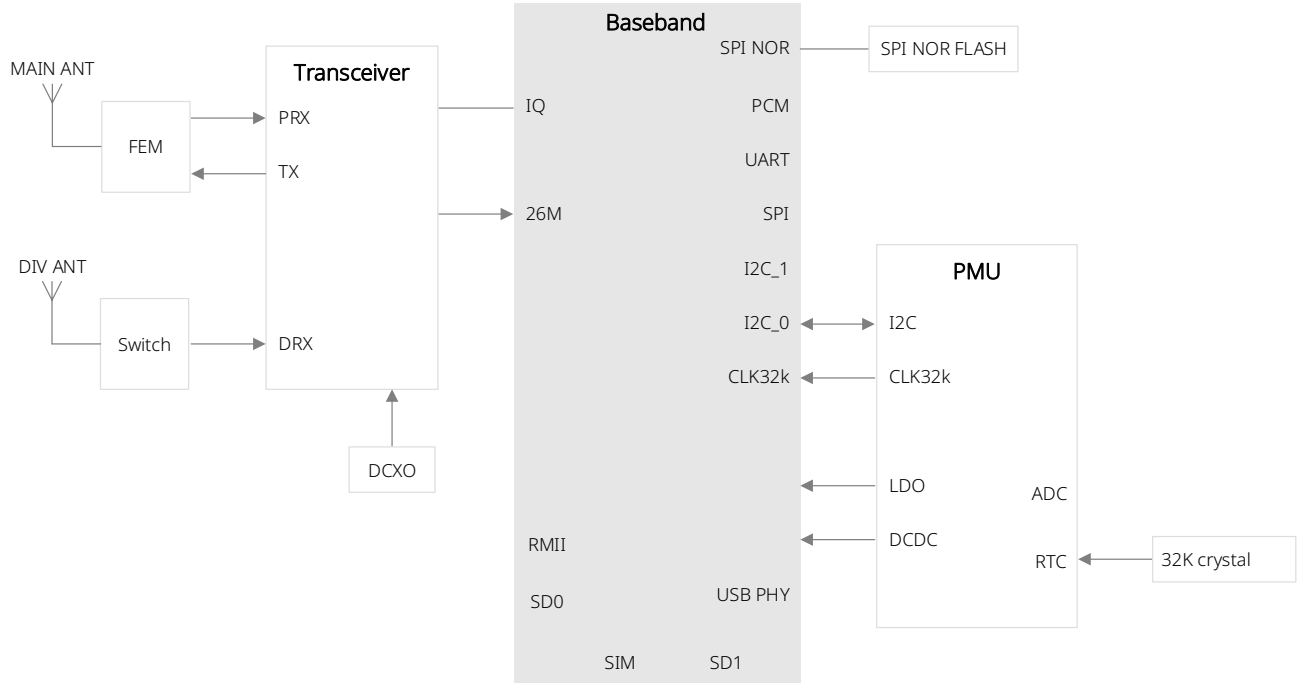


图 3. 硬件框图

模块的主要硬件功能包含了基带和射频功能。

基带部分：

- RTC
- Power Supply
- Application interface
- SPI NOR Flash

射频部分：

- RF Transceiver
- Antenna

1.4 工作模式

模块提供了如下几种工作模式。

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

表 3. 工作模式

工作模式	描述
待机模式	模块上电开机，可以通过串口进行 AT 指令操作。已经注册上网络，无业务处理，随时可以通讯，这是模块开机后的默认工作模式。
业务模式	模块开机上电，注网成功后进行业务传输。可以通过串口进行 AT 指令操作，模块再进行数据传输。当传输结束，模块返回待机模式。
休眠模式	模块处于浅睡眠状态，模块网络处于连接状态，可接受寻呼消息。在此模式下模块可切换至待机模式。
飞行模式	关闭模块的无线通讯功能。

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

2 技术指标

2.1 物理指标

表 4. 封装形式

指标	描述
重量	约 4g
封装	LCC+LGA 共 144 个引脚
外观尺寸	32mm × 29mm × 2.4mm
结构尺寸	参见下图

结构尺寸如下所示：

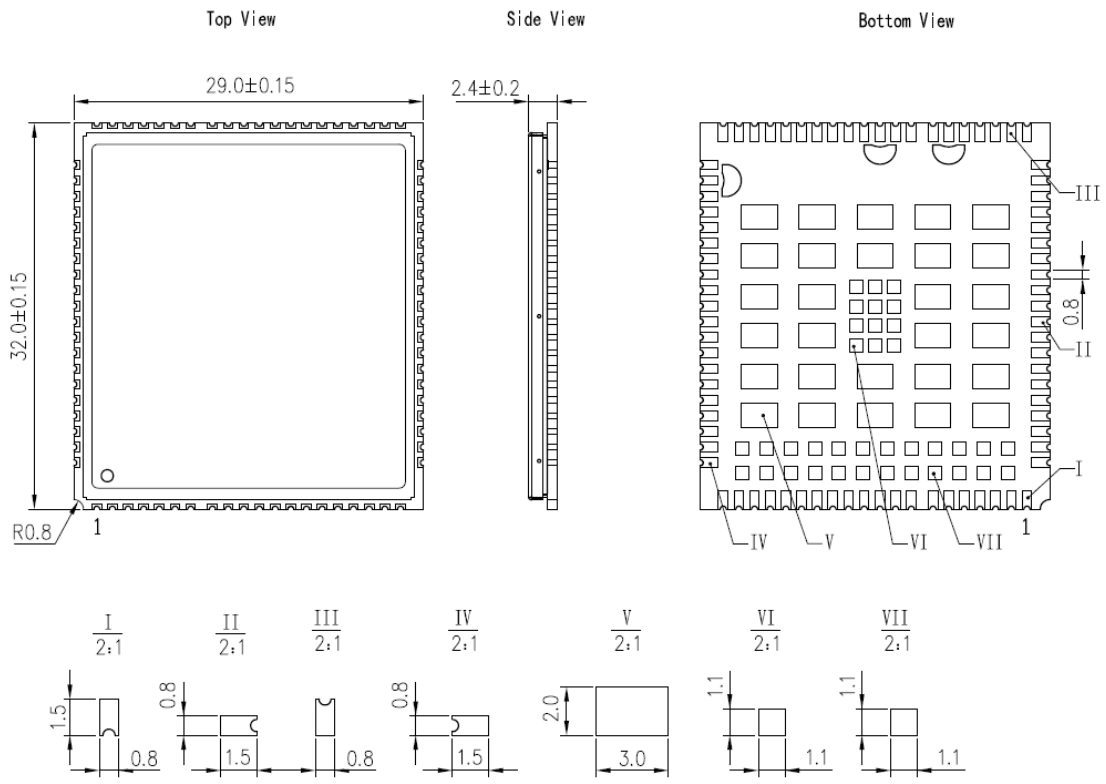


图 4. 结构尺寸 TOP 视图、SIDE 视图和 BOTTOM 视图（单位：mm）

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

2.2 射频指标

表 5. 射频指标简介

指标		描述
LTE 制式	工作频段	LTE FDD：B1/3/5/7/8/20/28 LTE TDD：B34/38/39/40/41(Band 41 full band)
	调制方式	上行：QPSK/16QAM 下行：QPSK/16QAM/64QAM
	发射功率	23±2.7dBm
	接收灵敏度	双天线
	峰值速率	LTE FDD：150Mbps DL/50Mbps UL (Cat 4) LTE TDD：130Mbps DL/30.5Mbps UL (Cat 4)
WCDMA 制式	工作频段	WCDMA：B1/5/8
	发射功率	23±2.7dBm
	接收灵敏度	双天线
	峰值速率	DC-HSDPA+：42Mbps DL (Cat 24)/HSUPA：5.76Mbps UL (Cat 6)
GSM 制式	工作频段	GSM：900/1800MHz
	发射功率	GSM 900：33±2dBm GSM 1800：30±2dBm
	接收灵敏度	单天线
	峰值速率	GPRS：85.6kbps DL/85.6kbps UL (multi-slot class 12) EDGE(E-GPRS)： 236.8kbps DL/236.8kbps UL (multi-slot class 12)

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

表 6. 各频段发射功率

制式	频段	发射功率（dBm）	说明
GSM	DCS 1800	29.5±2	- -
	GSM 850	32.5±2	- -
	GSM 900	32.5±2	- -
WCDMA	Band 1	23.5±2	- -
	Band 5	23.5±2	- -
	Band 8	23.5±2	- -
LTE FDD	Band 1	23±2	10MHz Bandwidth，1 RB
	Band 3	23±2	10MHz Bandwidth，1 RB
	Band 5	23±2	10MHz Bandwidth，1 RB
	Band 7	23±2	10MHz Bandwidth，1 RB
	Band 8	23±2	10MHz Bandwidth，1 RB
	Band 20	23±2	10MHz Bandwidth，1 RB
	Band 28	23±2	10MHz Bandwidth，1 RB
LTE TDD	Band 34	23±2	10MHz Bandwidth，1 RB
	Band 38	23±2	10MHz Bandwidth，1 RB
	Band 39	23±2	10MHz Bandwidth，1 RB
	Band 40	23±2	10MHz Bandwidth，1 RB
	Band 41	23±2	10MHz Bandwidth，1 RB

表 7. 各频段接收灵敏度

制式	频段	灵敏度（dBm）	说明
GSM	GSM 850	-108	Ber < 2.43%
	GSM 900	-108	Ber < 2.43%
	DCS 1800	-106	Ber < 2.43%
WCDMA	Band 1	-109	Ber < 0.1%

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

制式	频段	灵敏度（dBm）	说明
	Band 5	-109	Ber < 0.1%
	Band 8	-109.5	Ber < 0.1%
LTE FDD	Band 1	-100.5	10MHz Bandwidth
	Band 3	-100.5	10MHz Bandwidth
	Band 5	-99.5	10MHz Bandwidth
	Band 7	TBD	10MHz Bandwidth
	Band 8	-101	10MHz Bandwidth
	Band 20	TBD	10MHz Bandwidth
	Band 28	TBD	10MHz Bandwidth
LTE TDD	Band 34	-99	10MHz Bandwidth
	Band 38	-99	10MHz Bandwidth
	Band 39	-101	10MHz Bandwidth
	Band 40	-99.5	10MHz Bandwidth
	Band 41	-98.5	10MHz Bandwidth

上表的灵敏度是采用主集和分集双天线测试的结果，如果只使用主集（不带分集）则 LTE 各频段灵敏度会相应地降低约 3dbm。

2.3 功耗指标

表 8. 模块功耗

参数	制式	测试条件（VBAT=3.8V）	功耗（mA）
I_{off}	关机漏电流	模块开机后关机	0.007
I_{sleep}	飞行睡眠	- -	1.5
	GSM	MFRMS 2 (USB Sleep)	TBD

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

参数	制式	测试条件（VBAT=3.8V）	功耗（mA）
		MFRMS 5 (USB Sleep)	TBD
		MFRMS 9 (USB Sleep)	TBD
	WCDMA	DRX=6 (USB Sleep)	TBD
		DRX=7 (USB Sleep)	TBD
		DRX=8 (USB Sleep)	TBD
		DRX=9 (USB Sleep)	TBD
	LTE FDD	Paging cycle #64 frames (USB Sleep)	TBD
		Paging cycle #128 frames (USB Sleep)	TBD
		Paging cycle #256 frames (USB Sleep)	TBD
	LTE TDD	Paging cycle #64 frames (USB Sleep)	TBD
		Paging cycle #128 frames (USB Sleep)	TBD
		Paging cycle #256 frames (USB Sleep)	TBD
I_{IDLE}	GSM	MFRMS=5 (USB sleep)	≤3
		MFRMS=5 (USB wakeup)	≤3
	WCDMA	DRX=8 Paging cycle #256 frames (USB sleep)	≤3
		DRX=8 Paging cycle #256 frames (USB wakeup)	≤3
	LTE FDD	DRX=8 Paging cycle #256 frames (USB sleep)	≤5
		DRX=8 Paging cycle #256 frames (USB wakeup)	≤5
	LTE TDD	DRX=8 Paging cycle #256 frames (USB sleep)	≤5
		DRX=8 Paging cycle #256 frames (USB wakeup)	≤5
$I_{GSM-RMS}$	GSM	EGSM900 PCL5	≤260
		DCS1800 PCL0	≤200
		GSM850 PCL5	≤260
$I_{GPRS-RMS}$ CS4	GPRS	GPRS Data transfer GSM900; PCL=5; 1Rx/4Tx	≤600
		GPRS Data transfer GSM8500; PCL=5; 1Rx/4Tx	≤600
		GPRS Data transfer DCS1800; PCL=0; 1Rx/4Tx	≤400

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

参数	制式	测试条件（VBAT=3.8V）	功耗（mA）
$I_{EGPRS-RMS}$ MCS9	EDGE	EDGE Data transfer GSM900; PCL=8; 1Rx/4Tx	≤600
		EDGE Data transfer GSM850; PCL=8; 1Rx/4Tx	≤500
		EDGE Data transfer DCS1800; PCL=2; 1Rx/4Tx	≤500
$I_{WCDMA-RMS}$	WCDMA	WCDMA Data transfer Band 1 @+23.5dBm	680
		WCDMA Data transfer Band 5 @+23.5dBm	650
		WCDMA Data transfer Band 8 @+23.5dBm	650
$I_{LTE-RMS}$	LTE FDD	LTE FDD Data transfer Band 1 @+23dBm	750
		LTE FDD Data transfer Band 3 @+23dBm	750
		LTE FDD Data transfer Band 5 @+23dBm	700
		LTE FDD Data transfer Band 7 @+23dBm	750
		LTE FDD Data transfer Band 8 @+23dBm	650
		LTE FDD Data transfer Band 20 @+23dBm	650
		LTE FDD Data transfer Band 28 @+23dBm	700
	LTE FDD	LTE TDD Data transfer Band 34 @+23dBm	390
		LTE TDD Data transfer Band 38 @+23dBm	430
		LTE TDD Data transfer Band 39 @+23dBm	390
		LTE TDD Data transfer Band 40 @+23dBm	430
		LTE TDD Data transfer Band 41 @+23dBm	430

以上功耗数据为实测平均值，浮动范围在 10%以内均属正常

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

2.4 电气指标

表 9. 电气指标

指标		最小值	典型值	最大值	单位
供电电压	电池供电	3.3	3.8	4.4	V
	RMII IO 供电	3.15	3.3	3.465	V
逻辑电平	数字输入高电平	1.17	- -	1.98	V
	数字输入低电平	-0.3	- -	0.63	V
	数字输出高电平	1.35	- -	- -	V
	数字输出低电平	- -	- -	0.45	V

2.5 使用环境

表 10. 环境指标

指标		描述
温度	工作温度： -30°C~+75°C	模块在此温度范围内可以正常工作，并且相关性能满足 3GPP 标准要求。
	扩展温度： -40°C~+85°C	模块在此温度范围内可以正常工作，基带射频功能正常，个别射频指标可能会超出 3GPP 标准，当温度恢复到模块正常工作范围时，各项指标仍会符合 3GPP 标准。

在扩展工作温度范围内，可能某些 RF 指标超标，应用终端在环境恶劣条件下应考虑温控措施。同时建议模块应用终端在一定温度条件下储存，超出此温度范围模块可能不能正常工作或者损坏。

2.6 可靠性指标*

可靠性测试按工业级可靠性测试，以下为标准测试项目和测试条件。

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

表 11. 工业级可靠性测试

试验项目	测试条件
快速温变	85/-40℃，15℃/min，500C
正弦振动	5-500Hz，3G
盐雾测试	中性盐雾，24H
温度冲击	85/-40℃，500C
交变测试	25-70℃，93%，24H，14C
随机振动	5-500Hz，4Grms
机械冲击	100G，11ms
高温启动	85℃，72H
低温启动	-40℃，72H
Corner 测试	HT/HH/HV→HT/LH/HV→LT/HV→HT/HH/LV→HT/LH/LV →LT/LV
电源偏移	Umin Oper(3min)/Umax Oper(3min)，1000 C；
高温高湿老化	85℃，85%rh，1000H

2.7 ESD 指标*

模块属于静电敏感器件，抵抗静电的能力比较弱。对于静电敏感器件必须严格地遵照静电预防处理措施，在整个加工、传递、组装与操作过程，都必须要有适当的静电预防处理措施。

模块的 ESD 允许的放电范围如下（温度：25℃，相对湿度：40 %）：

表 12. ESD 指标

测试点	空气放电(kV)	接触放电(kV)
天线地	±15KV	±8
天线芯	±15KV	±8

Copyright © Fibocom Wireless Inc.



数据基于 ADP-L716-CN-10 开发板测试。

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

3 管脚

3.1 管脚属性

以下属性被用于描述管脚。

表 13. 管脚属性

属性	含义
编号	管脚的编号
名称	管脚的名称
I/O	表明管脚信号的方向。 • PI：电源输入 • PO：电源输出 • DI：数字输入 • DO：数字输出 • DIO：数字输入输出 • AI：模拟输入 • AO：模拟输出 • AIO：模拟输入输出 • OD：漏极开路 • G：接地
电压	表明端口所处的电源域。
描述	管脚的详细含义，以及不使用时的处理。

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

3.2 管脚分布

L716 产品采用了 LCC+LGA 封装，共 144 个管脚，包括 80 个 LCC 管脚、64 个 LGA 管脚。管脚的分布如下所示：

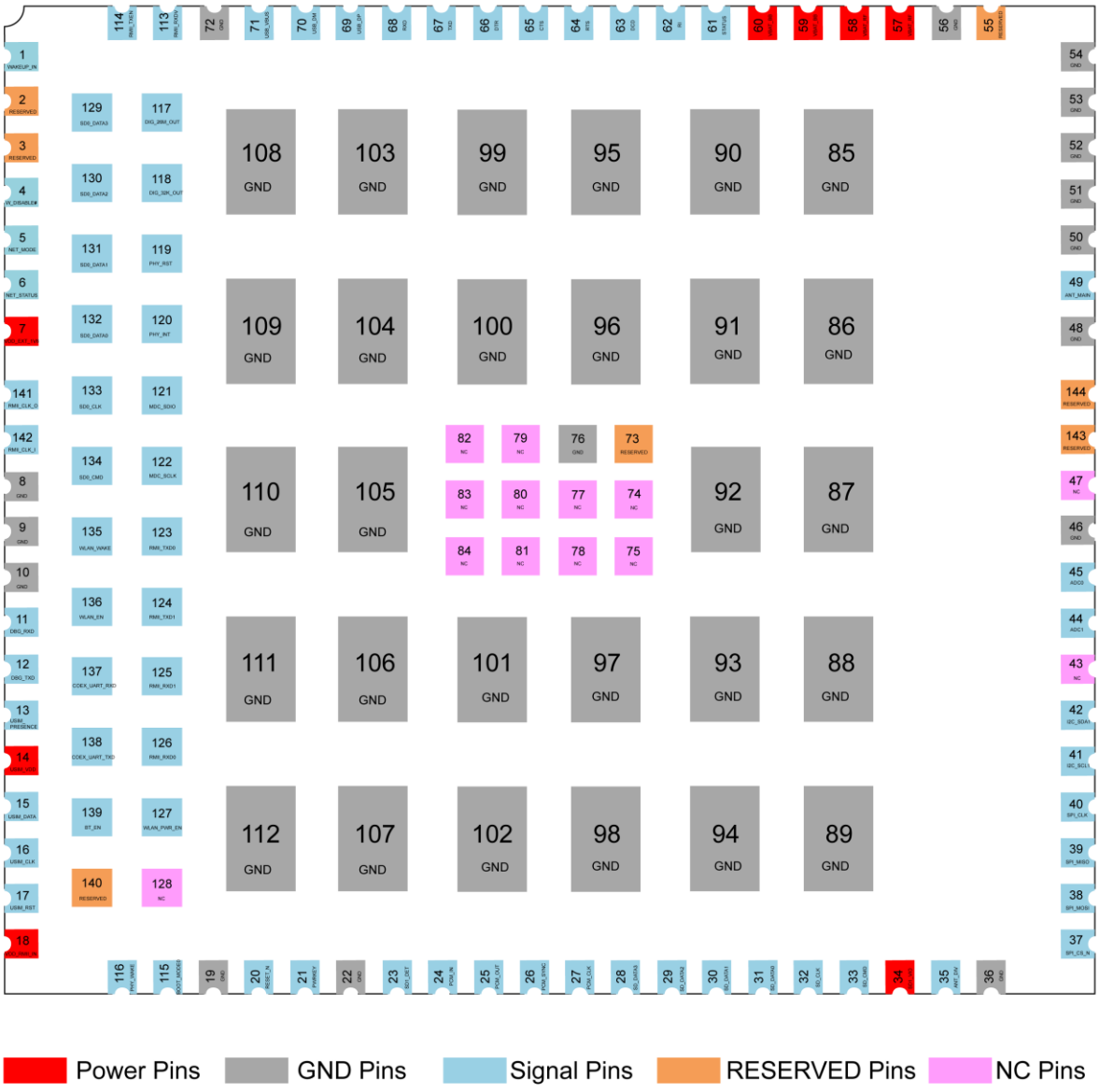


图 5. 引脚分布

3.3 管脚详情

“*”表示正在开发中。

表 14. 模块引脚定义

引脚号	引脚名	I/O	电源域	引脚描述
1	WAKEUP_IN	DI	1.8V	外部设备唤醒模块，默认低电平有效，软件可配置
2	RESERVED	- -	- -	预留
3	RESERVED	- -	- -	预留
4	W_DISABLE#	DI	1.8V	模块飞行模式控制，默认上拉，低电平可使模块进入飞行模式
5	NET_MODE	DO	1.8V	模块网络状态指示（默认）
6	NET_STATUS *	DO	1.8V	模块网络状态指示
7	VDD_EXT_1V8	PO	1.8V	模块数字电平 1.8V 输出，80mA
8~10	GND	G	- -	地
11	DBG_RXD	DI	1.8V	调试串口接收
12	DBG_TXD	DO	1.8V	调试串口发送
13	USIM_PRESENCE	DI	1.8V	(U)SIM 卡热插拔检测，默认高电平有效
14	USIM_VDD	PO	1.8V/3V	(U)SIM 电源，模块自动识别 1.8V 或 3.0V (U)SIM 卡
15	USIM_DATA	IO	1.8V/3V	(U)SIM 数据信号线，需外部上拉
16	USIM_CLK	O	1.8V/3V	(U)SIM 时钟信号线
17	USIM_RST	O	1.8V/3V	(U)SIM 复位信号线
18	VDD_RMII_IN *	PI	3.3V	RMII IO 电源输入
19	GND	G	- -	地
20	RESET_N	DI	1.8V	模块复位信号，低电平有效，不需要外部上拉

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

引脚号	引脚名	I/O	电源域	引脚描述
21	PWRKEY	DI	3V	模块开机/关机，低电平有效，不需要外部上拉
22	GND	G	- -	地
23	SD_INS_DET	DI	1.8V	SD 插入检测，默认低电平有效
24	PCM_IN *	DI	1.8V	PCM 数据输入
25	PCM_OUT *	DO	1.8V	PCM 数据输出
26	PCM_SYNC *	DIO	1.8V	PCM 同步信号
27	PCM_CLK *	DIO	1.8V	PCM 时钟信号
28	SD1_DATA3	DIO	2.8V	SD 卡数据信号 3
29	SD1_DATA2	DIO	2.8V	SD 卡数据信号 2
30	SD1_DATA1	DIO	2.8V	SD 卡数据信号 1
31	SD1_DATA0	DIO	2.8V	SD 卡数据信号 0
32	SD1_CLK	DO	2.8V	SD 卡时钟信号
33	SD1_CMD	DIO	2.8V	SD 卡控制信号
34	SD1_VIO	PO	2.8V	SD 卡 IO 口电源，非 SD 卡供电电源，供电能力 100mA
35	ANT_DIV	AI	- -	分集天线
36	GND	G	- -	地
37	SPI_CS_N *	DO	1.8V	SPI 片选信号
38	SPI_MOSI *	DO	1.8V	SPI 主设备数据输出，从设备数据输入
39	SPI_MISO *	DI	1.8V	SPI 主设备数据输入，从设备数据输出
40	SPI_CLK *	DO	1.8V	SPI 时钟信号
41	I2C_SCL *	DO	1.8V	I^2C 时钟信号（模块内部已上拉）
42	I2C_SDA *	DIO	1.8V	I^2C 数据信号（模块内部已上拉）
43	NC	- -	- -	- -
44	ADC1	AI	0~5V	模数转换 1（建议串联 1K 电阻防静电）
45	ADC0	AI	0~5V	模数转换 0（建议串联 1K 电阻防静电）

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

引脚号	引脚名	I/O	电源域	引脚描述
46	GND	G	- -	地
47	NC	- -	- -	- -
48	GND	G	- -	地
49	ANT_MAIN	AIO	- -	主天线
50~54	GND	G	- -	地
55	RESERVED	- -	- -	预留
56	GND	G	- -	地
57	VBAT_RF	PI	3.3V~4.4V	射频电源输入
58	VBAT_RF	PI	3.3V~4.4V	射频电源输入
59	VBAT_BB	PI	3.3V~4.4V	基带电源输入
60	VBAT_BB	PI	3.3V~4.4V	基带电源输入
61	STATUS *	DO	1.8V	模块网络状态指示
62	RI *	DO	1.8V	振铃提示，模块唤醒上位机，默认高电平，当有电话、短信、数据到达模块时，输出 1 秒低脉冲
63	DCD *	DO	1.8V	载波检测
64	RTS	DO	1.8V	主串口发送请求
65	CTS	DI	1.8V	主串口清除发送
66	DTR *	DI	1.8V	准备就绪
67	TXD	DO	1.8V	主串口发送数据
68	RXD	DI	1.8V	主串口接收数据
69	USB_DP	DIO	- -	USB 差分数据信号+
70	USB_DM	DIO	- -	USB 差分数据信号-
71	USB_VBUS *	DI	- -	USB 插入检测
72	GND	G	- -	地
73	RESERVED	- -	- -	预留

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

引脚号	引脚名	I/O	电源域	引脚描述
74~75	NC	- -	- -	- -
76	GND	G	- -	地
77~84	NC	- -	- -	- -
85~112	GND	G	- -	地
113	PHY_RST *	DO	3.3V	PHY 重启
114	PHY_INT *	DO	3.3V	PHY 中断
115	USB_BOOT	DI	1.8V	预留强制下载功能，高电平有效
116	PHY_WAKE *	DO	3.3V	PHY 唤醒
117	DIG_26M_OUT	DO	1.8V	26M 时钟输出
118	DIG_32K_OUT	DO	1.8V	32.768K 时钟输出
119	MDC_SCLK *	DO	3.3V	管理数据时钟
120	MDC_SDIO *	DIO	3.3V	管理数据输入/输出
121	RMII_TXEN *	DO	3.3V	RMII 发送使能
122	RMII_RXDV *	DI	3.3V	RMII 接收数据有效
123	RMII_TXD0 *	DO	3.3V	RMII 发送数据 0
124	RMII_TXD1 *	DO	3.3V	RMII 发送数据 1
125	RMII_RXD1 *	DI	3.3V	RMII 接收数据 1
126	RMII_RXD0 *	DI	3.3V	RMII 接收数据 0
127	WLAN_PWR_EN *	DO	1.8V	WLAN 电源使能
128	NC	- -	- -	- -
129	SD0_DATA3 *	DIO	1.8V	SDIO 数据线 3
130	SD0_DATA2 *	DIO	1.8V	SDIO 数据线 2
131	SD0_DATA1 *	DIO	1.8V	SDIO 数据线 1
132	SD0_DATA0 *	DIO	1.8V	SDIO 数据线 0
133	SD0_CLK *	DO	1.8V	SDIO 时钟线
134	SD0_CMD *	DO	1.8V	SDIO 控制线

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

引脚号	引脚名	I/O	电源域	引脚描述
135	WLAN_WAKE *	DO	1.8V	WLAN 唤醒
136	WLAN_EN *	DO	1.8V	WLAN 使能
137	COEX_UART_RXD *	DI	1.8V	共存串口接收
138	COEX_UART_TXD *	DO	1.8V	共存串口发送
139	BT_EN *	DO	1.8V	BT 使能
140	RESERVED	- -	- -	预留
141	RMII_CLK_O *	DO	3.3V	25M/50M 时钟输出给 PHY 或 MAC
142	RMII_CLK_I *	DI	3.3V	50M 时钟输入为 MAC
143~144	RESERVED	- -	- -	预留

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

4 电路设计

4.1 电源接口

4.1.1 电源输入

背景信息

模块电源的性能，如负载能力、纹波的大小等都会直接影响模块正常工作时的性能和稳定性。若供电能力不足，电源电压瞬间跌落，模块可能会出现掉电关机或重启等异常现象。

电源供电限制如下所示。

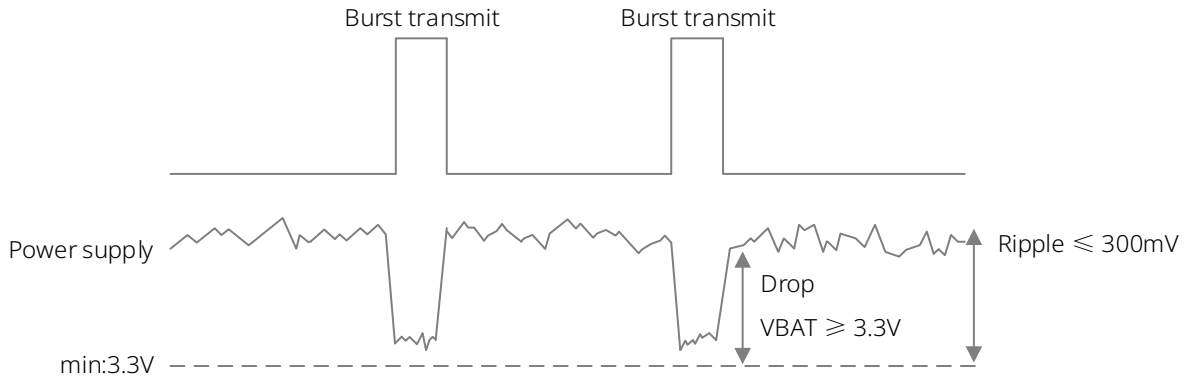


图 6. 电源供电限制

电源的纹波要低于 300mV，线路 ESR（等效串联电阻）<150mΩ。当模块工作时需要确保直流供电电源电压不低于最小电压。

原理图设计

假设 VBAT 为模块的电源管脚。

参考设计如图所示：

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

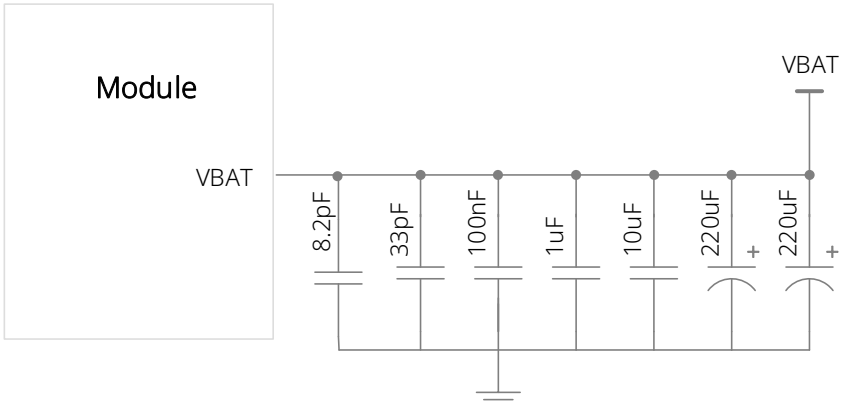


图 7. 电源参考设计

设计说明：

表 15. 设计说明

设计考虑	方式	推荐参数
减少模块工作时的电源波动	稳压电容	采用低 ESR 电容，220uF x 2； LDO 或者 DC 供电要求不小于 440uF 电容； 电池供电可适当降低至 100～220uF 电容。
滤除时钟以及数字信号产生的干扰	滤波电容	10uF、1uF 和 100nF
消除高低中频射频干扰	去耦电容	33pF 和 8.2pF

VBAT 供电建议预留 TVS 管的位置，推荐型号：SMBJ15A。

PCB 设计

为减小 VBAT 走线的等效阻抗，要求外部供电到 VBAT 的走线尽量短且足够宽（建议 VBAT 应该按照至少 2mm/2A 的走线宽度，以确保提供足够的供电能力），小容值电容靠近模块摆放，电源部分的地平面尽量完整。

4.1.2 电源输出

模块电源输出接口如下表所示。

表 16. 模块电源接口

引脚号	引脚名	I/O	引脚描述	DC 参数

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

				最小值(V)	典型值(V)	最大值(V)
7	VDD_EXT_1V8	PO	数字 1.8V 电平，80mA	1.62	1.8	1.98
14	USIM_VDD	PO	SIM 卡电源，50mA	1.71/2.85	1.8/3	1.89/3.15
34	VDD_SDIO	PO	SD 卡 IO 电源，100mA	2.7	2.85	3

4.2 控制接口

4.2.1 开机

原理图设计

模块开机时序如下所示：

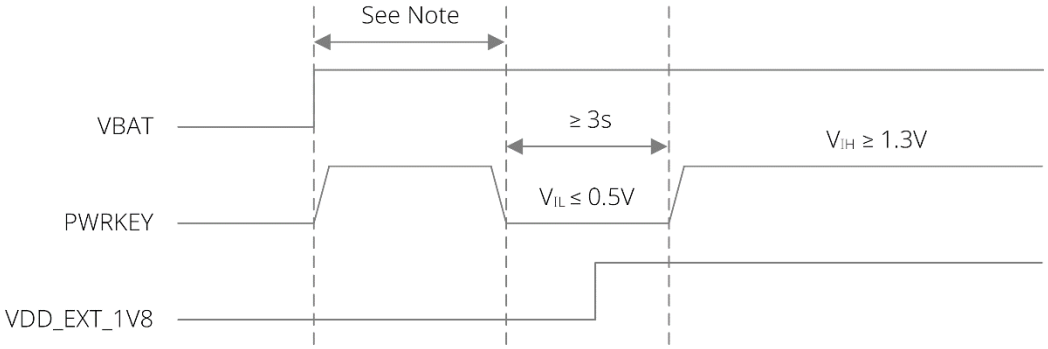


图 8. 开机时序

在拉低 PWRKEY 管脚之前，需保证供电电压 VBAT 稳定。建议从 VBAT 上电到拉低 PWRKEY 管脚之间的时间间隔不少于 30ms，拉低 PWRKEY 管脚的时间持续至少 3s *。

一种方式是使用 OC/OD 驱动电路来控制 PWRKEY 管脚。参考电路如下所示：

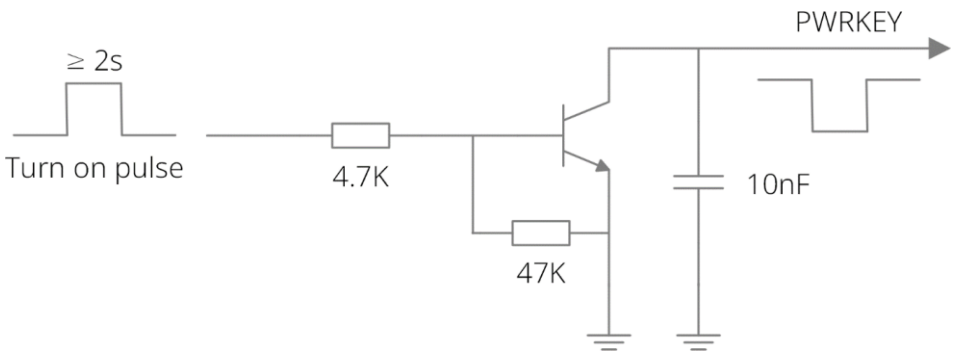


图 9. OC/OD 驱动参考电路

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

另一种方式是直接通过一个按钮开关，按钮附近需放置一个 TVS（推荐：ESD9X5VL-2/TR）用于 ESD 保护。

参考电路如下所示：

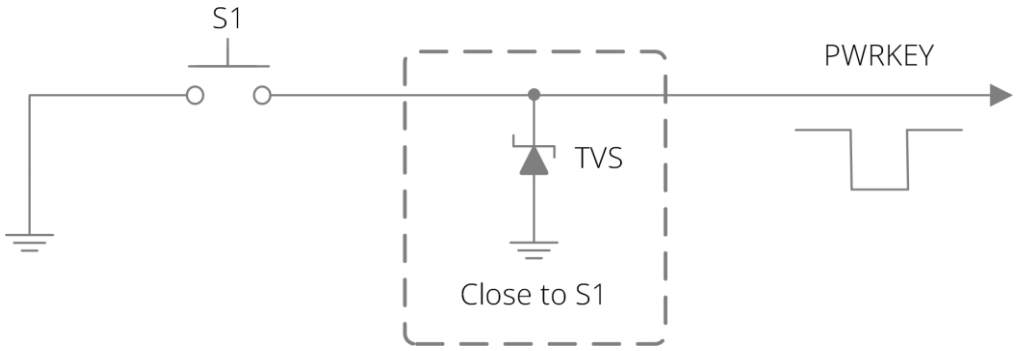


图 10. 按钮控制参考电路

若需要模块上电自动开机，可将 PWRKEY 管脚串联 0R 电阻接地。

AT 命令关机时，不适用于自动开机。

4.2.2 关机

背景信息

关机方式分成以下几种：

- 低电压关机：供电电压低于额定最小工作电压时，模块会关机。此时模块没有进行正常的关机流程，没有走从基站注销的流程。
- 硬件关机：拉低 PWRKEY 管脚至少 2.5 秒实现关机
- 软件关机：通过 AT+CPWROFF 关机，仅适用非主控模块。

当模块正常工作时，不要立即切断模块电源，以避免损坏模块内部的 Flash，造成数据丢失。强烈建议先通过正常的方式关机后，再断开电源。

软件关机时，在关机命令执行后不要拉低 PWRKEY 管脚，否则模块完成关机后，会自动再次开机。

硬件关机时序如下：

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

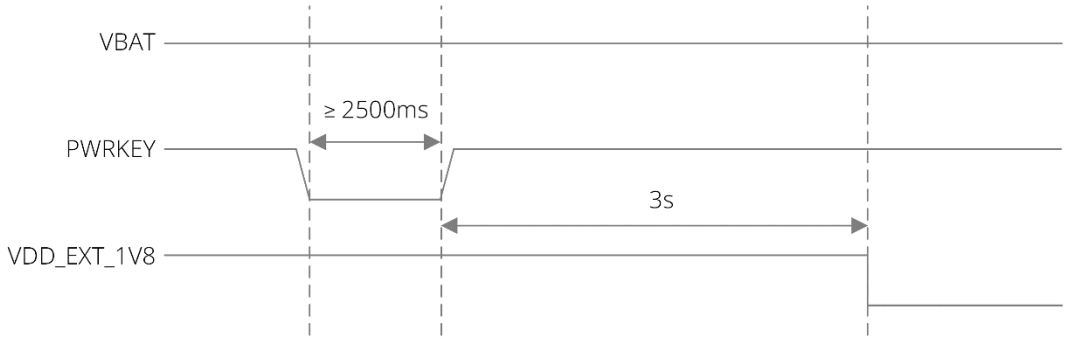


图 11. 硬件关机时序

推荐释放 PWRKEY 信号后至少间隔 6 秒进行下一次开机触发，这段间隔时间预留给模块执行关机及与模块接口相连电路的电源释放。

4.2.3 复位

背景信息

当模块需要恢复初始状态时，可以通过复位实现。

模块复位方式硬件复位和软件复位两种方式：

- 硬件复位。

  硬件复位控制时序如下：

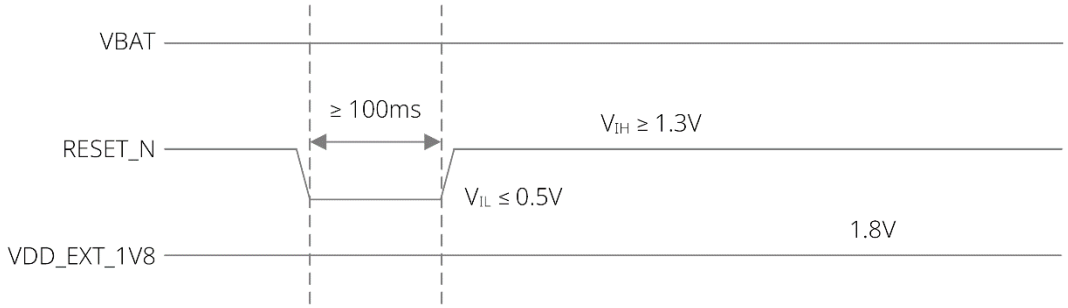


图 12. 硬件复位控制时序

将 RESET_N 置为低电平，并保持至少 100ms，然后释放。与开关机控制电路类似，复位参考电路如下所示，可使用 OC/OD 驱动电路或按钮控制 RESET_N 管脚。

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

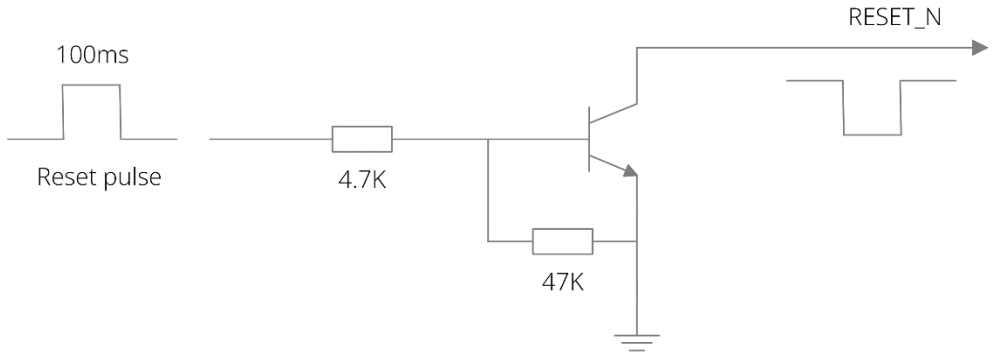


图 13. OC/OD 驱动复位参考电路

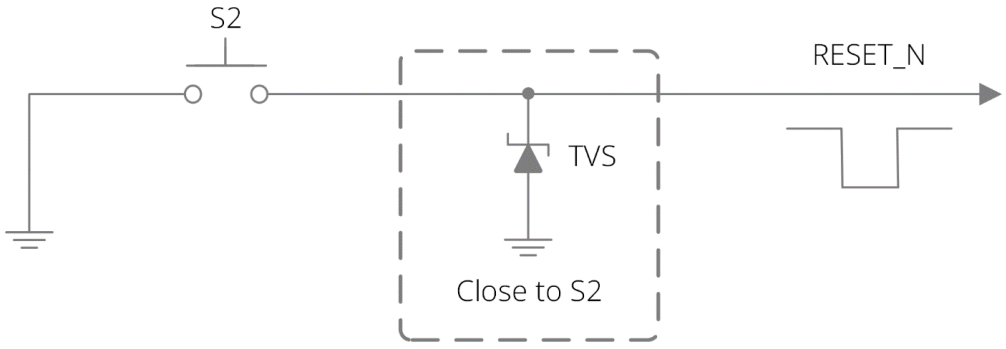


图 14. 按钮控制位参考电路

复位信号是敏感信号，建议在靠近模块端增加去抖电容（不超过 10nF）。

- 软件复位

  AT+CFUN=15

PCB 设计

RESET_N 为敏感信号，PCB 布局时应远离射频干扰。

PCB 走线需要包地保护，不得靠近 PCB 边缘走线，以避免模块因 ESD 问题而复位。

4.3 工作模式

4.3.1 飞行模式

背景信息

当需要关闭无线信号的发射和接收，以免信号的发射和接收对周边产生干扰时，可以启用飞行模式。进入

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

飞行模式后，射频功能被关闭。

进入模式

- 硬件控制：

  发送 AT+GTFMODE=1 打开飞行模式控制功能

  拉高或悬空 W_DISABLE#管脚（默认为上拉）模块为正常模式，拉低该管脚，模块进入飞行模式

- 软件控制：

  执行 AT+CFUN=4，进入飞行模式。

退出模式

- 硬件控制

  拉高管脚为正常模式。

- 软件控制

  执行 AT+CFUN=1，退出飞行模式。

4.3.2 休眠模式

背景信息

休眠模式也叫低功耗模式，为了将电池的损耗降到最低，在模块空闲时，使其进入到休眠模式，以此达到省电的目的。休眠模式下的模块可以被唤醒到正常工作模式。

进入模式

模块通过 AT 命令和 WAKEUP_IN 信号控制休眠和唤醒。

- 硬件控制

  发送 AT+GTLPMMODE=1,x 设置使用 WAKEUP_IN 进行休眠和唤醒的有效电平，重启模块指令生效。

  x=0：电平唤醒，拉低 WAKEUP_IN 唤醒，高电平休眠。

  x=1：电平唤醒，拉高 WAKEUP_IN 唤醒，低电平休眠。

- 软件控制

  ATS24 命令使模块睡眠，唤醒保持时间取决于命令 ats24 = [<value>]中的</value>。发送 AT 命令：ats24=2，模块将在 2s 后进入休眠模式，模块掉电后设置不保存。

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

系统支持自动休眠，由待机状态进入休眠状态的时间可以通过软件配置。

通过主串口发送 AT 指令即可唤醒模块。

4.4 基带接口

4.4.1 USB2.0

背景信息

USB 是 Universal Serial Bus（通用串行总线）的缩写，是一个外部总线标准，用于规范电脑与外部设备的连接和通讯。是应用在 PC 领域的接口技术。USB 一般用于调试使用，或用于软件升级。

原理图设计

- 接口电路设计如下：

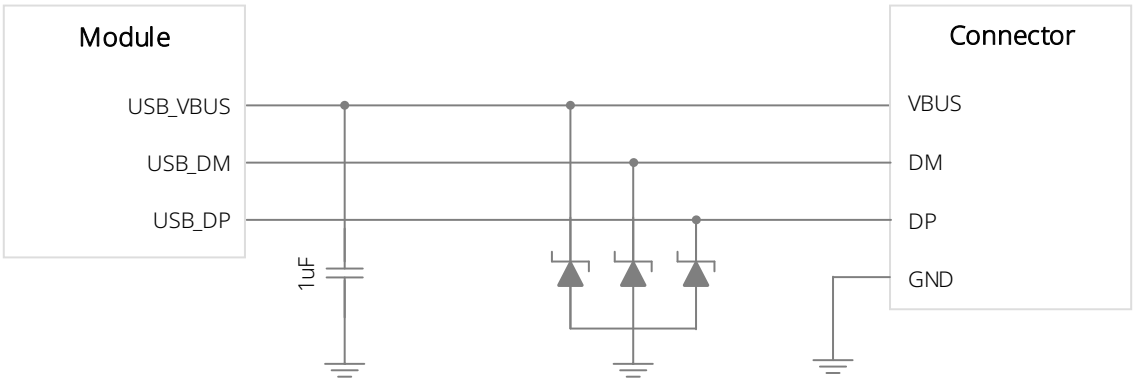


图 15. 接口电路设计

PCB 设计

USB_DP 和 USB_DM 为高速差分信号线，要求等长、平行，避免直角走线。走线长度线差控制在≤ 2mm，差分阻抗控制在 90Ω±15%。

不要在晶振、振荡器、磁性装置和射频信号下面走 USB 线，建议走内层差分线且上下左右包地。

USB 的 ESD 防护器件尽量靠近 USB 接口放置。ESD 防护选型需要特别注意，其寄生电容不得超过 1pF，推荐使用 0.5pF 容值 TVS。

USB2.0 差分信号线布在离地层最近的信号层。

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

4.4.2 UART

背景信息

UART 是通用异步收发传输器（Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)。它把并行输入信号转化成串行输出信号。UART 一般用来与 PC 进行通信，包括与监控调试器和其它器件，如 EEPROM 通信。 对于通信速率较高的模块，在与 PC 或其他设备进行数传或 AT 通讯时首选 USB3.0 数据接口，外设 UART 仅作为外设驱动接口。

原理图设计

模块有主串口、调试串口和共存串口*三组串口，主串口波特率最高支持 921600bps，最低支持 300bps，默认波特率为 115200bps，主串口用于数据传输或 AT 命令传送。调试串口供调试使用，支持波特率为 115200bps。另外，模块预留一组共存串口。

模块的串口电平为 1.8V，若客户主机系统电平为 3.3V 或者其他，需在模块和主机的串口连接中增加电平转换器，下图为串口电平转换电路和转换芯片的参考电路设计。

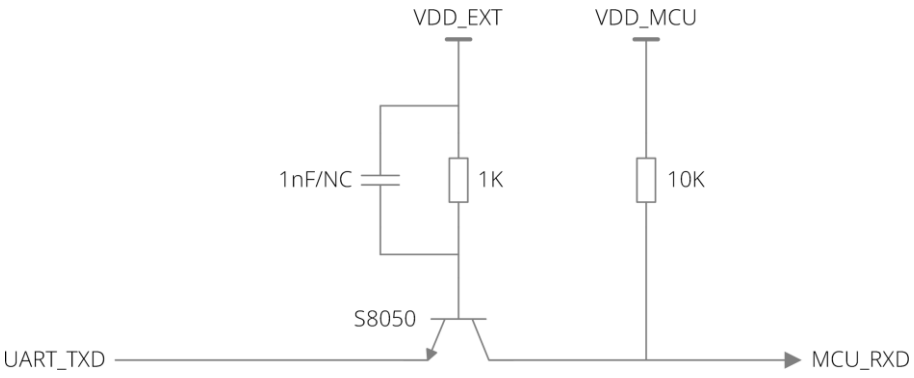


图 16. UART_TXD 电平转换参考电路

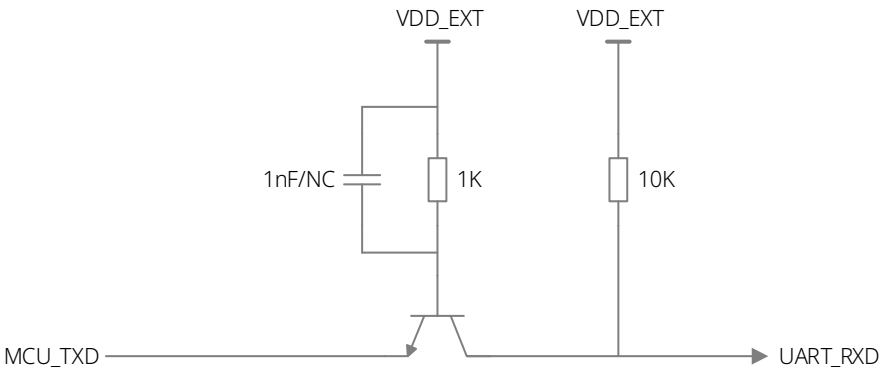


图 17. UART_RXD 电平转换参考电路

UART_CTS 和 UART_RTS 电平转换电路同 UART_RXD 和 UART_TXD。

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

下图为使用电平转换芯片的参考电路设计：

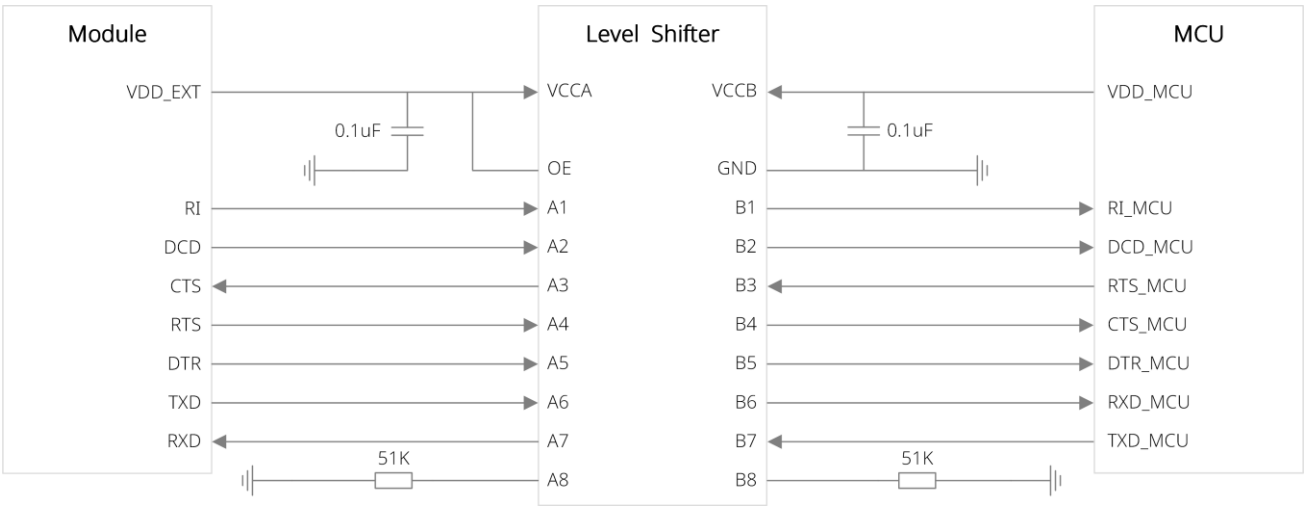


图 18. 电平转换芯片参考电路

4.4.3 SPI*

模块提供一组通用 SPI 接口，可与支持 SSP 标准的设备进行通信。模块实现 APB 并行数据与 SSP 串行数据之间的转换，提供 Master 和 Slave 两种工作模式，支持 Motorola 的 SPI，TI 的 TISSP，Silicion Labs 的 ISI-SPI 三种数据格式。特性如下：

- 符合 AMBA 规范的 APB 从器件
- ISI-SPI 只支持 Master
- 支持中断方式
- 主模式最高支持 52MHz，从模式最高支持 26MHz

4.4.4 I2C*

背景信息

I2C 总线是一种简单、双向二线制同步串行总线。它只需要一根数据线和一根时钟线即可在连接于总线上的器件之间传送信息。主要使用在系统内多个集成电路(IC)间的通讯。

原理图设计

在模块内部 I2C 接口已接上拉电阻到 1.8V 电源域，外部无需上拉。 当 I2C 通路上挂载多路外设时，请保证每个外设地址的唯一性。支持标准速率 100Kbps、快速模式 400Kbps 和高速模式 3.4Mbps 的通信速率。

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

4.4.5 SDIO*

背景信息

模块提供两组 SDIO 接口，支持 SDIO 3.0 协议。其中，SD1 推荐使用 2.8V SD 卡，不支持 1.8V SD 卡。SD0 只支持 master 模式，常用于连接外围 WIFI 设备。

原理图设计

SD1 参考电路设计如下图：

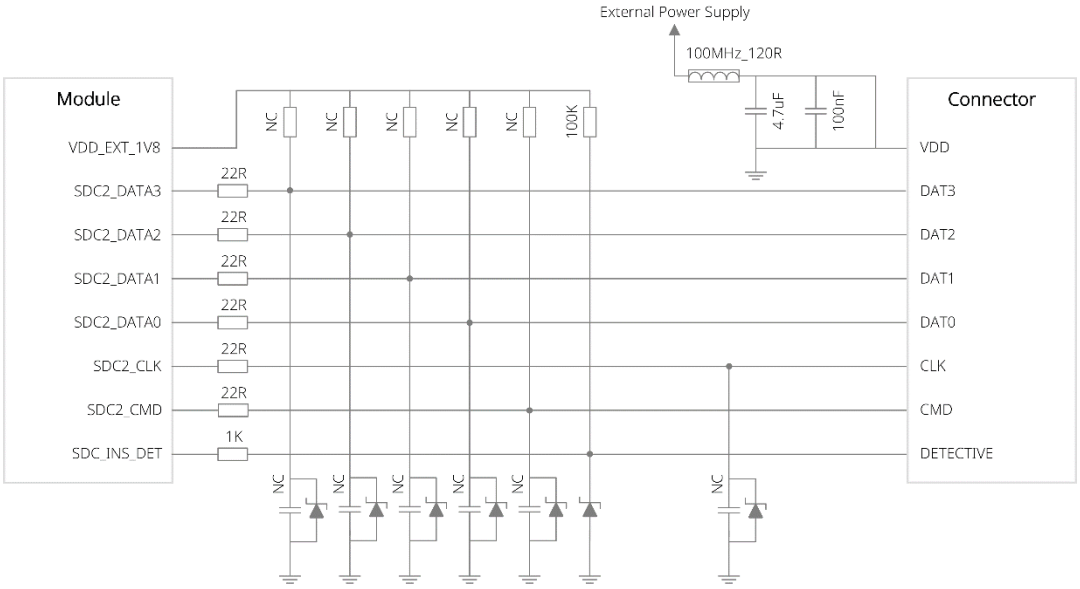


图 19. SD1 参考电路设计

SD0 参考电路设计如下图：

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

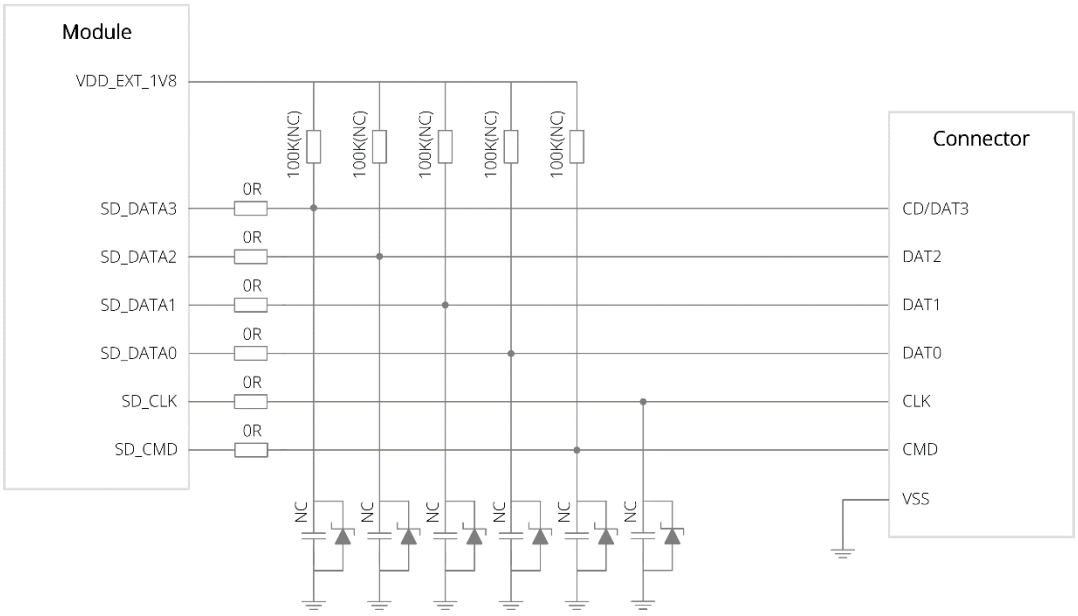


图 20. SD0 参考电路设计 2

PCB 设计

SD 卡电路设计需要满足 EMC 标准及 ESD 要求，同时需要提高抗干扰能力，确保 SD 卡能够稳定的工作。在设计中需要严格遵守以下几点：

- 信号线走线长度控制在≤50mm，因为模块内部走线长度 40mm，建议 SD 卡座布局尽量靠近模组 SD 信号管脚放置，走线长度≤10mm；时钟信号与数据信号走线长度差控制在≤1mm。
- SD 信号要做立体包地，并且远离 RF 天线、DCDC 电源、时钟信号线等强干扰源。
- SD 信号要有完整的参考地，数据线控制阻抗 50Ω（±10%）。
- 建议在模块和 SD 卡座之间串电阻，并预留旁路电容，有干扰和静电问题时可以通过调电容和电阻提高信号质量。
- SD 信号线上负载电容总和 ＜40pF。

4.4.6 RMII*

模块提供 RMII 接口实现普通百兆网卡全双工通信的功能，百兆以太网使用以太网所规定的技术规范，如 CSMA/CD 协议、以太网帧、全双工、流量控制以及 IEEE802.3 标准中所定义的管理对象等。特性如下：

- 支持 IEEE 802.3-适应 10/100Mbps RMII 接口，使用 RMII 接口 Ethernet PHY 进行通信。
- 支持全双工/半双工的工作模式。
- 支持传输通道流控操作；

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

- 可选的 MDIO Master 接口，实现对 PHY 设备的配置和管理功能；

上电时序

上电时序要求 VDD_EXT_1V8（7pin）先上电，20us 后 VDD_RMII_IN（18pin）再上电。或同时上电，但上电过程中始终保持 VDD_RMII_IN - VDD_EXT_1V8 < 1.8V

PCB 设计

RMII_TXD0/TXD1/TXEN/CLK_O 建议同组走线，组内走线等长控制在±2mm 以内；RMII_RXD0/RXD1/RXDV/CLK_I 建议同组走线，组内走线等长控制在±2mm 以内；MDC_SCLK/SDIO 建议同组走线，组内走线等长控制在±2mm 以内；

4.4.7 PCM*

背景信息

模块提供一组数字音频接口 PCM，使用 I2S 时序来进行 PCM 语音/音频数据传输，实现语音/音频数据采集和回放。PCM 采用国内主流的欧洲 E1 标准，16/32bit linear 格式的编码。 PCM_SYNC 是 8kHz 短脉冲（488nS）。模块做主，支持 PCM 从机。

原理图设计

参考电路如下：

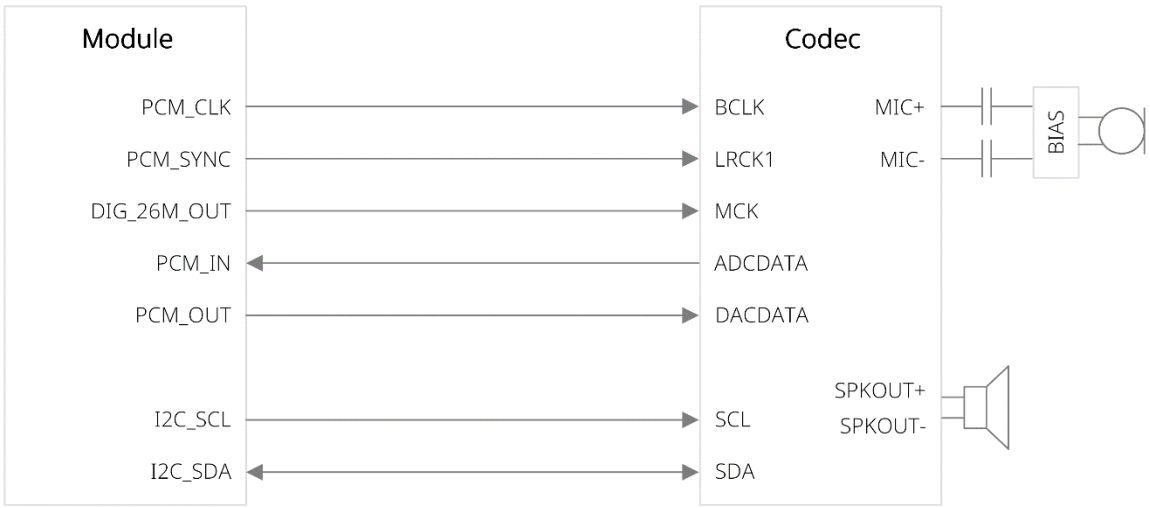


图 21. I2S 参考电路

4.4.8 SIM 卡

背景信息

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

模块只有插入 SIM 卡后，才能入网使用。支持 1.8V 和 3V SIM 卡，USIM_DATA 模块内部未上拉，需要外部上拉。

原理图设计

分为以下场景：

- 带检测信号：支持检测 SIM 卡的插入和拔出，分为常开式卡座和常闭式卡座两种。一般配合热插拔功能一起使用。推荐使用带热插拔检测功能的(U)SIM 卡座。
- 不带检测信号：不支持检测 SIM 卡的插入和拔出。

常闭式 SIM 卡座，参考如下设计：

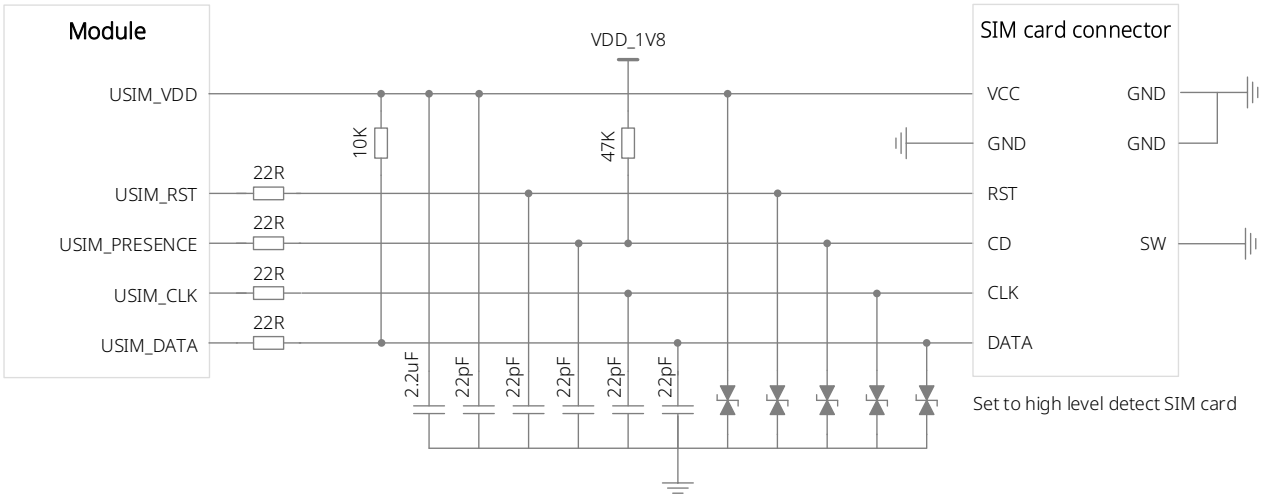


图 22. 常闭式 SIM 卡座

常闭式 SIM 卡座原理说明如下：

- SIM 卡拔出，CD 和 SW 短路，USIM_PRESENCE 为低电平；
- SIM 卡插入，CD 和 SW 开路，USIM_PRESENCE 为高电平。

常开式 SIM 卡座，参考如下设计：

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

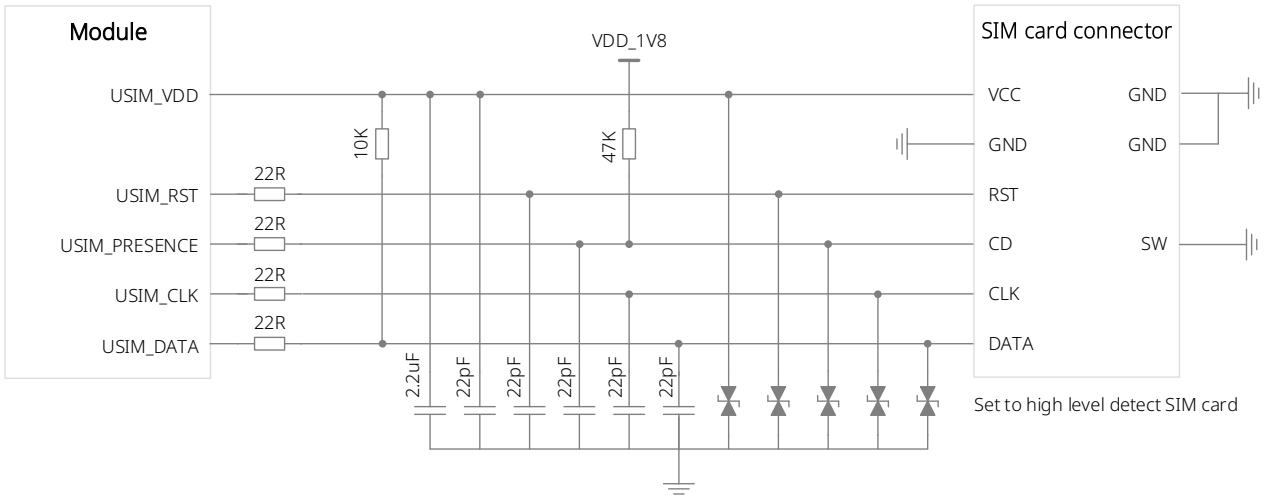


图 23. 常开式 SIM 卡座

常开式 SIM 卡座原理说明如下：

- SIM 卡拔出，CD 和 SW 开路，USIM_PRESENCE 为高电平；
- SIM 卡插入，CD 和 SW 短路，USIM_PRESENCE 为低电平。

不带检测信号 SIM 卡座，参考如下设计：

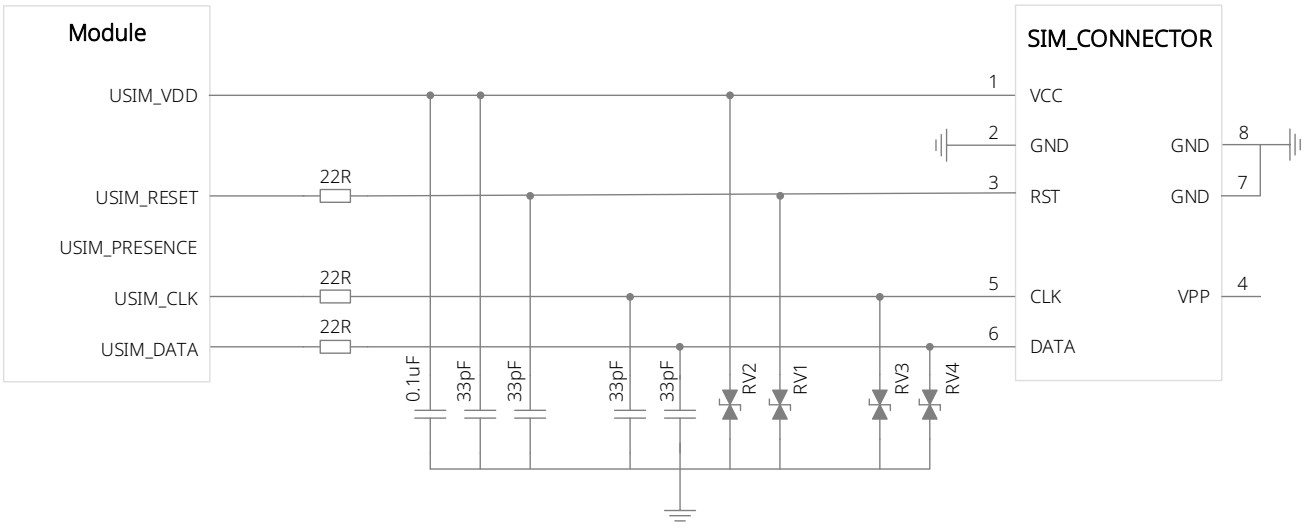


图 24. 不带检测信号 SIM 卡座

模块 USIM_PRESENCE 管脚悬空即可，同时通过 AT 指令关闭热插拔功能。

PCB 设计

布局要点：

- SIM 信号线需要预留电容滤波，预防 GSM 高频信号的干扰。

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

- SIM 卡及走线必须远离 EMI 干扰源，比如电源电路、射频电路、天线和高速数字信号电路等。
- SIM 部分的 ESD 器件需要靠近 SIM 卡座接口。
- 天线馈线等引伸出去后应注意，避开电源部分器件，以及避免和天线铜箔平行从而引入干扰造成 SIM 卡异常掉卡。
- SIM 卡信号线的滤波电容和 ESD 器件靠近 SIM 卡座放置，ESD 器件等效电容请选择小于 33pF 电容。

走线要点：

- 为了减少 EMC 问题，SIM 信号线走线尽可能的避开射频线，电源线，时钟线，高速数据线等强干扰源。
- SIM 信号线的相邻层不要走信号线；若走线，则有 EMI 风险，把其他走线和 SIM 信号线设计成正交垂直，可降低风险。
- 保证整个 PCB 环境的地连通性和完整性，SIM_GND 的连通性和完整性。最近路径连接到干净的系统地。为了避免互相干扰，SIM_CLK 和 SIM_DATA 信号在走线中分开，最好分别做包地处理。避免相互 干扰。如难以做到，则至少需要将 SIM 信号作为一组包地保护；
- SIM 信号线尽可能走内层。
- 采用带金属屏蔽外壳的 SIM 卡座，从而提高抗干扰能力。
- 为了保证信号完整性，模块到 SIM 卡的走线长度不要超过 100mm。过长的走线会降低信号质量。

热插拔

模块支持 SIM 卡状态检测功能，通过检测 SIM 卡座的 USIM_PRESENCE 管脚状态来判定 SIM 卡插入和拔出，从而支持 SIM 卡热插拔功能。注意：模块正常工作状态下，如果未启动 SIM 卡热插拔功能就取出 SIM 卡 ，有可能对 SIM 卡和模块造成损坏。

SIM 卡热插拔功能默认开启，还可通过“AT+MSMPD=0”命令配置关闭：

- 当 USIM_PRESENCE 为高电平，模块检测到 SIM 卡插入则会执行 SIM 卡初始化程序，读取到 SIM 卡信息后模块会进行网络的注册。
- 当 USIM_PRESENCE 为低电平，模块判定 SIM 卡拔出，则不读取 SIM 卡。



USIM_PRESENCE 默认高电平有效，可通过“AT+GTSET”命令切换为低电平有效 *

射频干扰处理

在实际使用中，射频干扰是 SIM 卡异常的常见现象。其原因和措施有：

- 天线耦合干扰

  原因：

  - 天线大功率发射时直接对 SIM 信号的干扰；
  - 天线大功率发射时耦合到地上，使整个系统的稳定性降低，间接干扰到 SIM 信号。

  措施：

  - 适当调整 SIM 信号上的滤波电容值。
  - 更换长天线，远离 SIM 卡部分。
  - 通过屏蔽方式，隔离干扰信号，保护 SIM 卡。
  - 加强系统的地设计，特别加强 SIM 卡、模块和系统主地的连通性。
  - PCB 各层的地接一定要充分，尽量多打地孔，增加系统的 EMC 能力。
  - 天线 RF 信号耦合到 GND，从而对 GND 造成干扰，可以优化 SIM 信号上滤波电容和 ESD 器件容值，必要时可以去掉滤波电容等器件，避免从 GND 信号引入的干扰。

- PCB 传导串扰

  原因：

  - 客户主板上的其他信号线通过 PCB 走线串扰到 SIM 信号上。
  - 被天线干扰的信号线通过 PCB 走线串扰到 SIM 信号上。
  - 电源的大幅度的波动通过 PCB 串扰到 SIM 信号上。

  措施：

  - 适当调整 SIM 信号上的滤波电容值。
  - 需要确定干扰源，并针对性改板。

4.4.9 ADC*

背景信息

模数转换器 (ADC) 将模拟信号转换为数字值，以便在处理和控制系统中使用。可用于电压检测等外围电路。

原理图设计

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

模块提供两路 9 位 ADC 接口，先发送 AT+MMAD="0"或"1"选择通道，然后发送 AT+MMAD?可以读取该通道的电压值，ADC 电压范围 0~5V。使用 ADC 功能时，建议串联 1KΩ 电阻，增强静电防护。

使用 AT 命令"AT+CBC"可以查询当前 VBAT 电压值。

PCB 设计

建议 ADC 在布线时做包地处理，这样可以提高 ADC 电压测量准确度。

4.4.10 状态指示*

背景信息

网络状态指示接口用来驱动状态指示灯，描述模块的网络状态如下：

表 15. 网络指示灯工作状态

模式	网络指示引脚电平状态	描述
1	快闪（600ms 高电平/600ms 低电平）	未插入 SIM 卡 注册网络中(T<15s) 注网失败
2	慢闪（3000ms 高电平/75ms 低电平）	待机
3	速闪（75ms 高电平/75ms 低电平）	数据链接建立
4	低电平	语音通话
5	高电平	休眠状态

原理图设计

网络状态指示灯参考电路如下图：

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

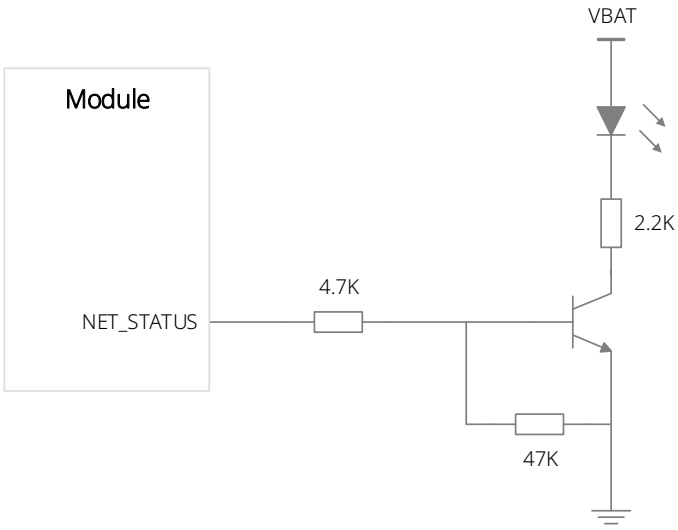


图 25. 网络状态指示灯参考电路

请注意预留 4.7K 和 47K 的位置进行分压，以确保在开机、复位和唤醒等场景下，三极管 V_{BE} 的电压小于三极管的开启电压，避免 LED 工作造成功耗增加。 当需要 LED 工作的时候，V_{BE} 的电压大于三极管的开启电压。

4.5 射频接口

4.5.1 天线简介

天线接口

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。

天线分类

按照收发功能，主要包含以下几种：

- 主集天线：负责射频信号的发送和接收，分为内置和外置天线。
- 分集天线：一般只负责接收信号而不发送，用以获取分集增益。

天线是一个敏感器件，容易受到外部环境的影响。例如天线位置，占用空间大小以及周围的接地等情况均可能影响天线性能。此外，连接天线的射频电缆，固定天线的位置也会影响天线性能。

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

4.5.2 阻抗

4.5.2.1 设计原则

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 50Ω。

一般情况下，射频信号线的阻抗由材料的介电常数、走线宽度（W)、对地间隙（S)、以及参考地平面的高度（H）决定。PCB 特性阻抗的控制通常采用微带线与共面波导两种方式。为了体现设计原则，下面几幅图展示了阻抗线控制为 50Ω 时微带线以及共面波导的结构设计。

- 微带线完整结构

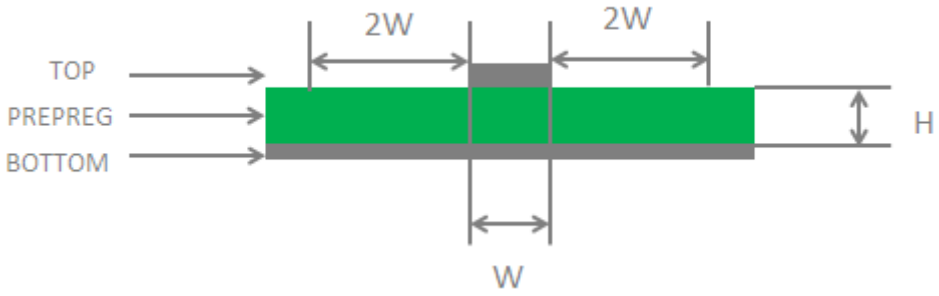


图 26. 两层 PCB 微带线结构

- 共面波导完整结构

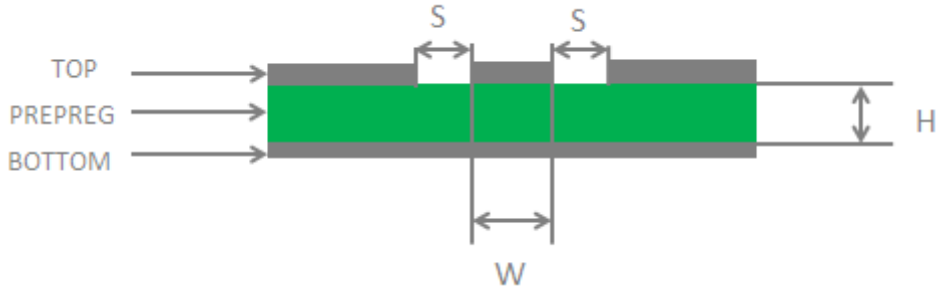


图 27. 两层 PCB 共面波导结构

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

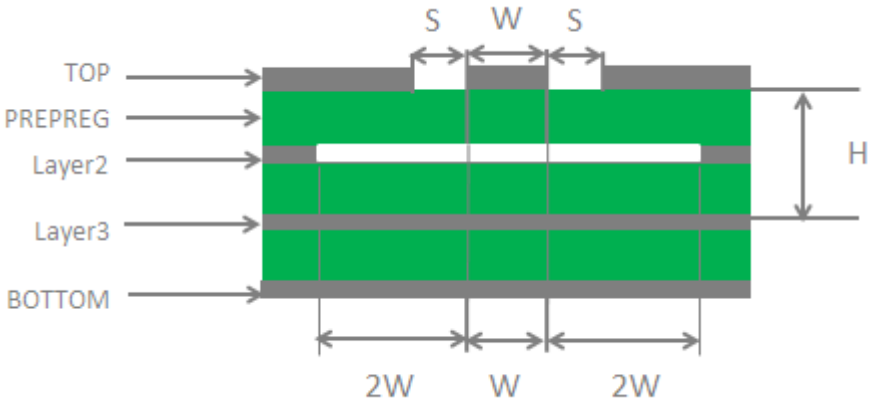


图 28. 四层 PCB 共面波导结构（参考地 layer3）

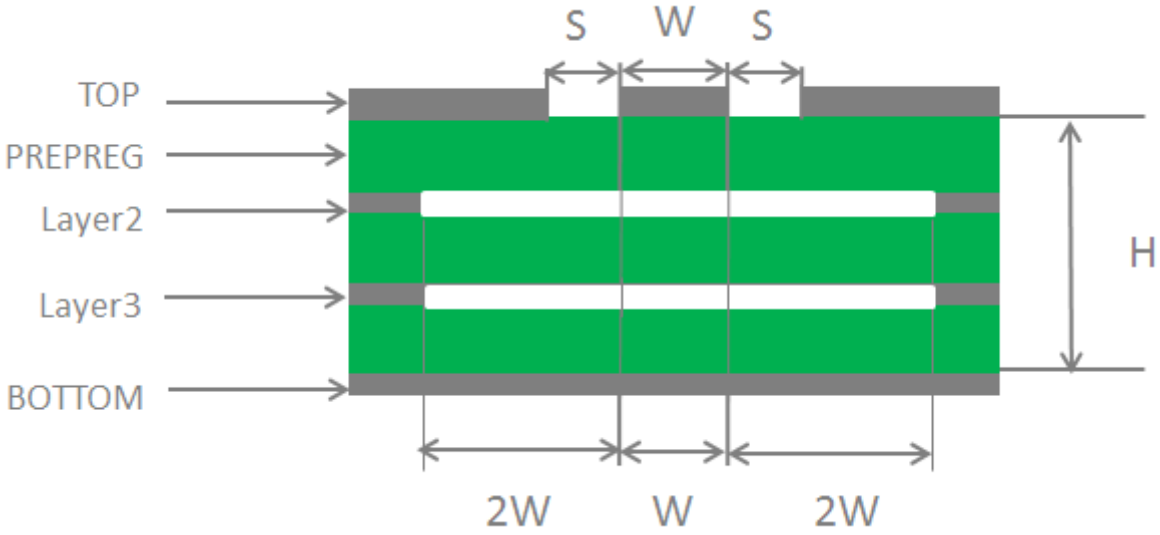


图 29. 四层 PCB 共面波导结构（参考地 layer4）

在射频天线接口的电路设计中，为了确保射频信号的良好性能与可靠性，在电路设计中建议遵循以下设计原则：

- 应使用阻抗模拟计算工具对射频信号线进行精确的 50Ω 阻抗控制。
- 与射频管脚相邻的 GND 管脚不做热焊盘，要与地充分接触。
- 射频管脚到 RF 连接器之间的距离应尽量短；同时避免直角走线，建议的走线夹角为 135°。
- 连接器件封装建立时要注意，信号脚离地要保持一定距离。
- 射频信号线参考的地平面应完整；在信号线和参考地周边增加一定量的地孔可以帮助提升射频性 能；地孔和信号线之间的距离应至少为 2 倍线宽（2×W）。
- TVS 管等效电容需小于 0.5pF。

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

在模块和天线连接器（或馈点）之间预留一个 π 型电路（两个并行器件接地脚要直接接到主地）供天线调试。两个并联器件直接跨接在 RF 走线上，不得拉出分支。

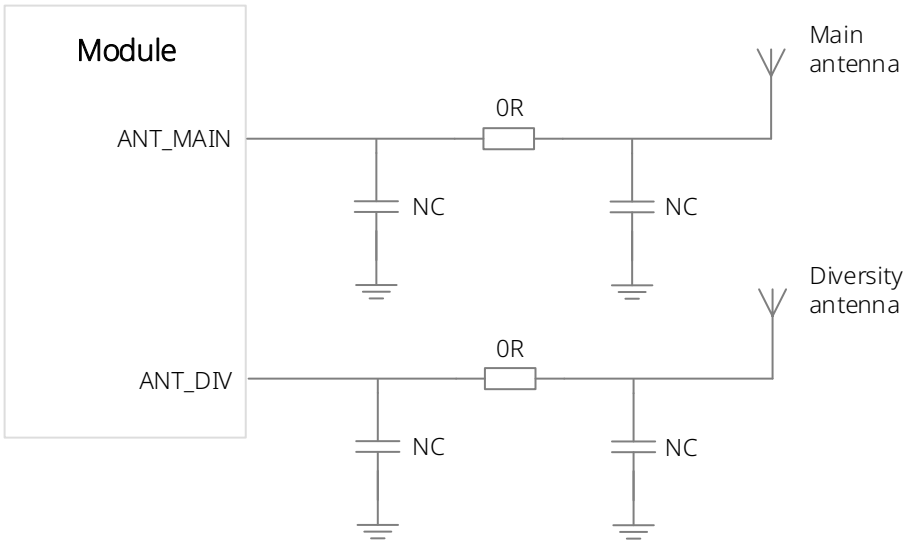


图 30. 天线接口外围电路

4.5.2.2 多层板案例

在多层板设计中，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”。

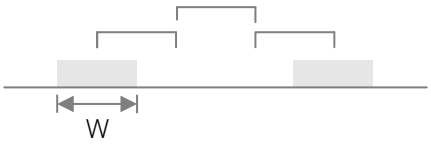


图 31. 3W 原则

4.5.2.2.1 两层板

如果客户用双面板进行设计，以下针对两层板典型的 1.6mm，1.0mm 厚度 PCB 设计做实例。

案例一：PCB 板厚 1.6mm

下图白色走线为 RF 的 50Ω 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 50Ω 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：

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

- 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：

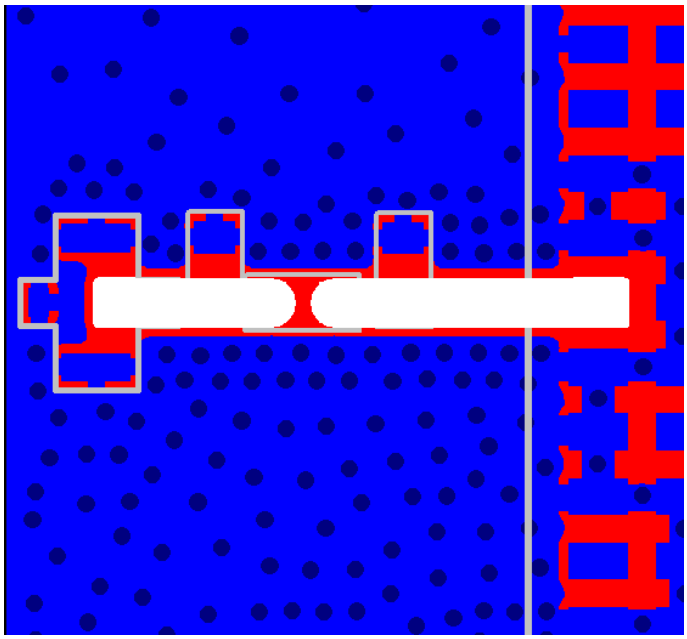


图 32. 50Ω 阻抗线示意

50Ω 阻抗的理论计算：

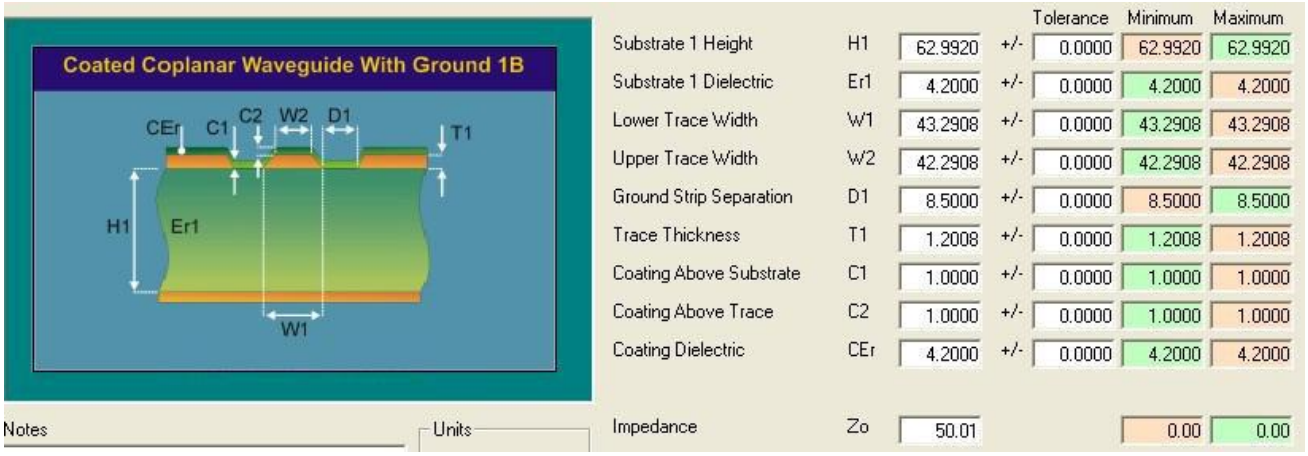


图 33. 阻抗计算工具示意

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。

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

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。

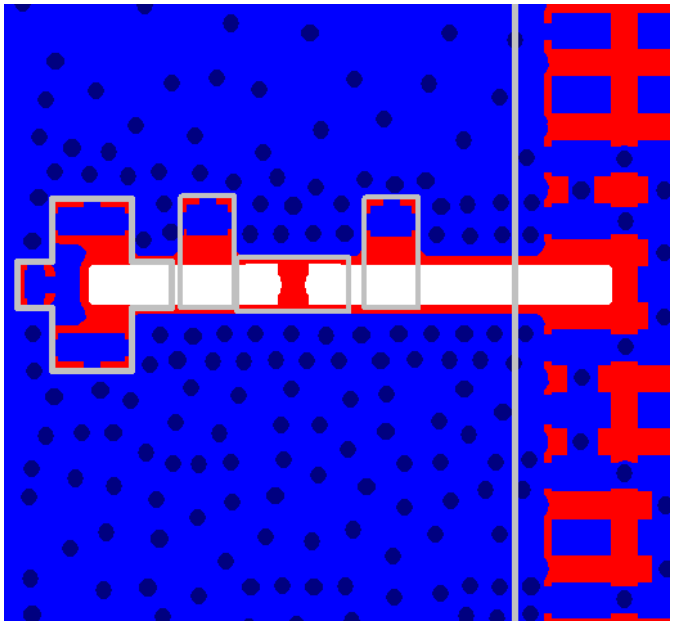


图 34. RF 走线

50Ω 阻抗的理论计算：



图 35. 阻抗计算工具示意

4.5.2.2.2 四层板

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，以下图 4 层板的叠层为例：

Copyright © Fibocom Wireless Inc.



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 36. 4 层板叠层厚度

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。

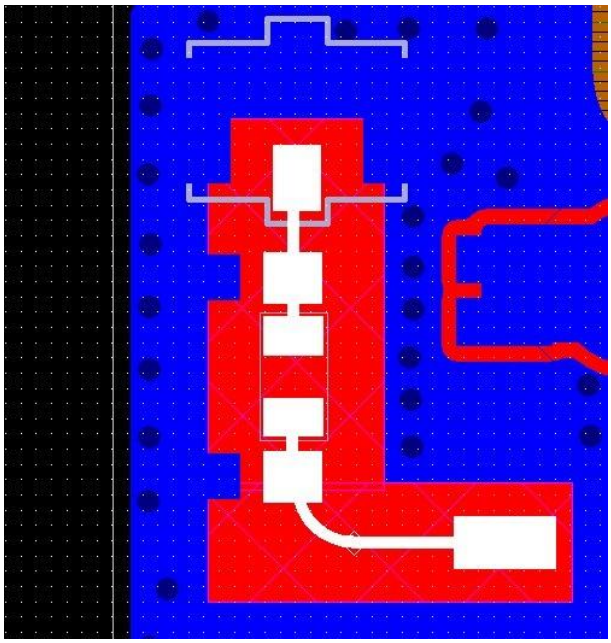


图 37. 射频 PCB 走线

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。

Copyright © Fibocom Wireless Inc.



图 38. 四层板 TOP 层走线阻抗计算示意

4.5.2.3 常见问题

1. 哪些方面影响发射性能?

- 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。
- Speaker 等设计布局不合理，影响到天线性能。
- 电池设计布局不合理，影响到天线性能。

2. 哪些方面影响接收性能?

- 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。
- LCD、LDO、DC/DC 等电路设计不合理，影响耦合灵敏度。
- 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。
- SIM 卡时钟引起耦合灵敏度偏低。
- FPC 排线布局不合理，影响到整机的接收性能。

3. 哪些方面影响 EMC 性能?

- FPC 排线布局不合理，影响到整机的 EMC 性能。
- 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。

4.5.3 分集天线

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。

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

建议客户根据各模块天线端口的天线要求匹配设计对应的天线。

分集、MIMO 天线的设计方法和主天线一致，建议分集及 MIMO 天线效率低于主天线不超过 3dB。

各天线的隔离度要求大于 25dB，天线相关系数数<0.5。隔离度大并不代表相关系数好，客户需要对着两个指标单独做评估，天线隔离度和相关系数一般取决于：天线之间的距离、天线类型、天线方向性等。

4.5.4 天线测试

4.5.4.1 无源测试

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（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 39. 网络分析仪、微波暗室

4.5.4.2 有源测试

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。

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

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。

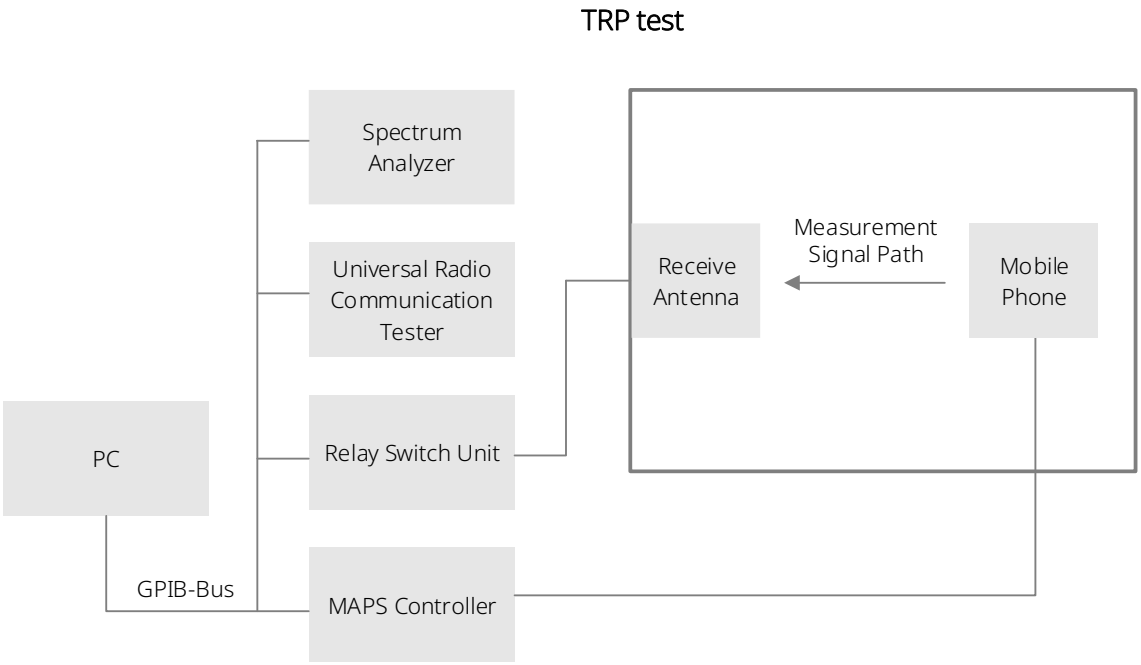


图 40. TRP 测试

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。

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

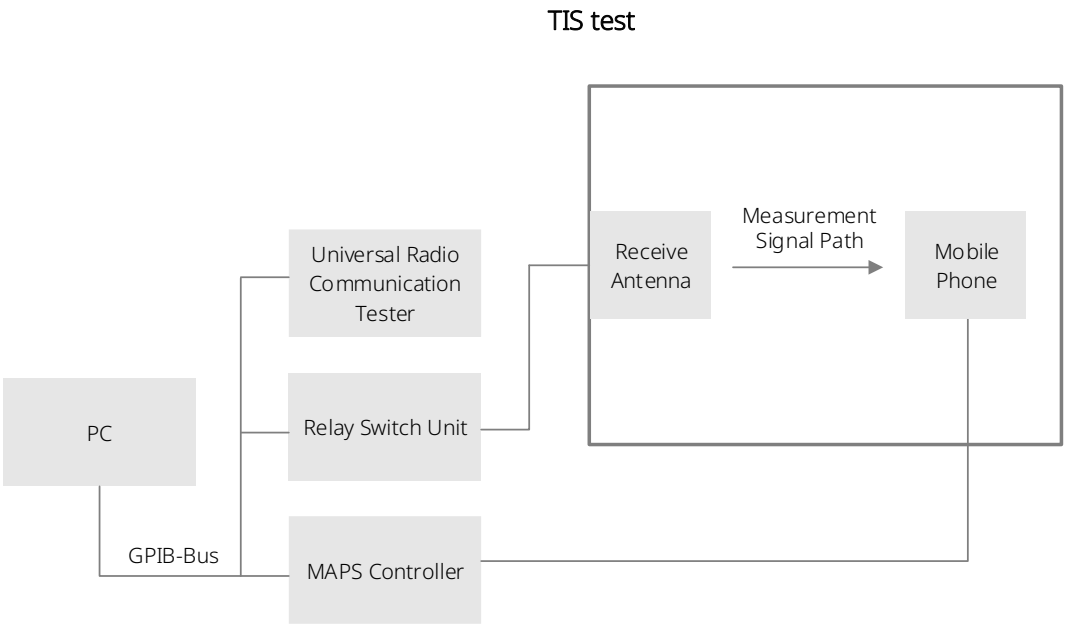


图 41. TIS 测试

SAR

SAR 即全称“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。

SAR 主要是针对移动通信手持或佩戴类产品进行要求。



图 42. SAR 测试

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

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。

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

5 包装运输

5.1 包装

模块采用卷带包装，对模块的存储、运输及使用起了最大限度的保护作用。请仔细阅读包装相关使用指导，避免损坏产品。

产品包装分成三层：

- 外包装

  硬质卡通箱

- 真空包装

  防静电密封真空袋

- 内包装

  卷带包装

> 模块为精密电子产品，如果未采取正确的静电防护措施，可能会对模块造成永久的损坏。
>
> 模块为潮湿敏感性器件，请注意避免由于产品受潮而造成永久损坏。

每卷装 20pcs，每盒装 5 卷，每箱装 5 盒。

包装流程

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

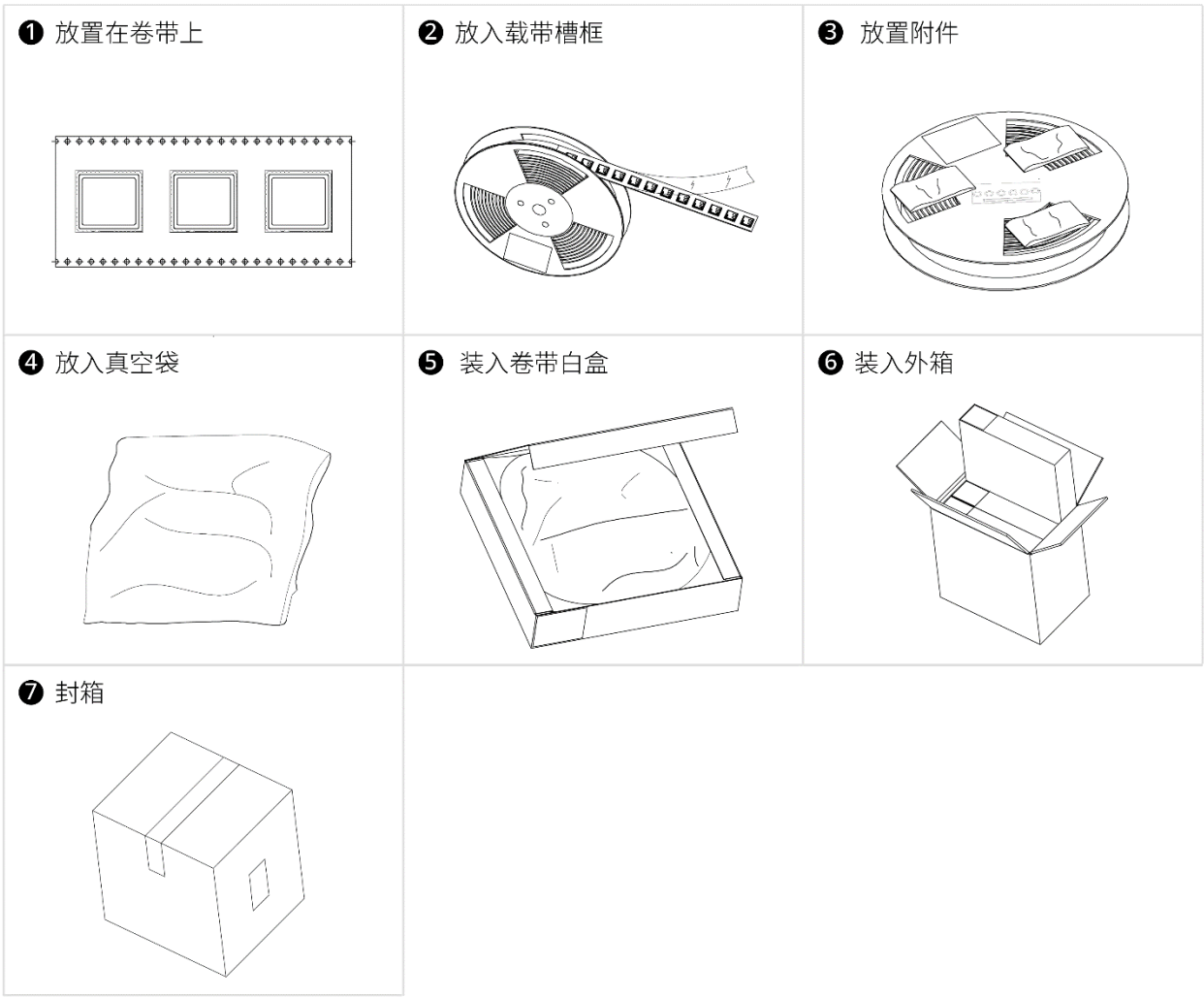


图 43. 卷带包装流程

说明：

1. 单个模块产品按指定方向保持一致依次放入载带槽框中，封好热封膜；

2. 放置好指定数量的模块卷装如图所示；

3. 抽真空前在卷带上方放置 3 包干燥剂，一张湿度卡，并贴好载带标签；

4. 整体入一真空袋，抽真空；

5. 抽好真空的静电袋入卷带白盒，单个白盒只放入一个静电袋，扣好白盒，粘贴好标签；

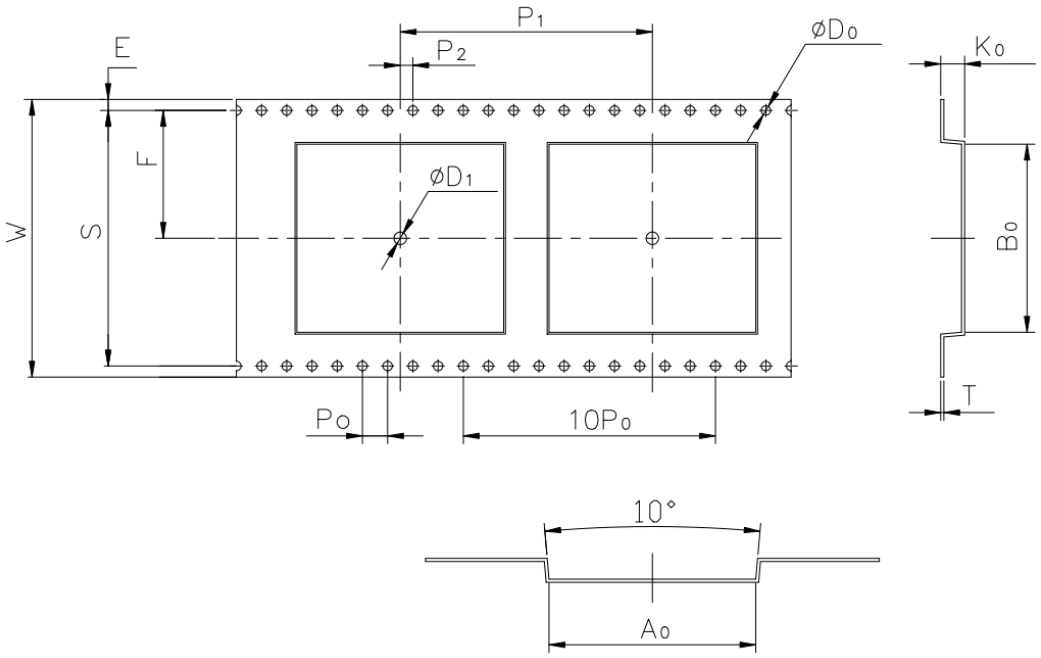
6. 封好外箱底部，4PCS 白盒按图示方式入外箱；

7. 工字型封好外箱顶部，在侧面矩形框内粘贴一张外箱标签，外箱上下各粘贴一张封箱标签。

卷带尺寸

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

- 卷带尺寸：



ITEM	A0	B0	K0	P0	P1	P2	T
DIM	32.8±0.1	29.8±0.1	3.8±0.1	4.0±0.1	40.0±0.1	2.0±0.15	0.5±0.05
ITEM	E	F	D0	D1	W	10P0	S
DIM	1.75±0.1	20.2±0.3	$1.50^{+0.10}_{-0.00}$	0.0	$44.0^{+0.30}_{-0.10}$	40.0±0.2	40.4±0.1

图 44. 载带尺寸

- 卷盘尺寸：

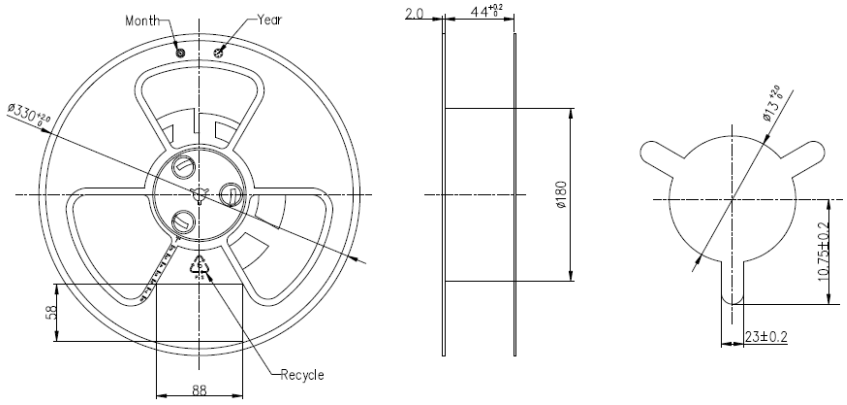


图 45. 卷盘尺寸

Copyright © Fibocom Wireless Inc.

5.2 存储

存储条件（推荐）：温度 23±5℃，相对湿度 RH 35%~70%。

存储期限（密封真空包装）：在推荐存储条件下，保存期为 12 个月。

Copyright © Fibocom Wireless Inc.