



T5-E1 模组硬件设计

文档版本: 20250626

[查看在线版本](#)

目录

1. 产品简介	2
1.1. 模组外观	2
1.2. 模组引脚	3
2. 接口说明	13
2.1. UART	13
2.2. USB	15
2.3. SPI	16
2.4. QSPI	17
2.5. I2C	17
2.6. I2S	18
2.7. SDIO	19
2.8. Camera	20
2.9. RGB565	22
2.10. 以太网	23
2.11. Touch	24
2.12. Speaker	26
2.13. MIC	26
2.14. 模组电源相关	27
2.15. 模组引脚相关	27
2.16. 模组上电时序	28
2.17. 低功耗设计	28
3. 射频相关测试	31
3.1. 天线	31
3.2. 天线净空说明	31
4. 封装信息	34
4.1. 机械尺寸和背面焊盘尺寸	34
4.2. PCB 封装 (SMT)	36

本文为 T5-E1 模组 使用者提供了产品硬件信息和设计开发参考。通过本文，您可以对该模组有整体认识，对产品的技术参数有明确了解，进而帮助您完成相关功能类产品或设备的应用开发。

1. 产品简介

T5-E1-IPEX 是一个高度集成的单天线单频段 2.4 GHz Wi-Fi 6 (IEEE 802.11b/g/n/ax) 和蓝牙 5.4 低功耗 (Low Energy) 双模 IoT 模组。T5-E1-IPEX 采用多外设封装和超低功耗芯片工艺，为 IP 摄像机、HMI 应用、智能锁和其他先进的物联网应用提供高集成度、高效安全性和最低功耗的产品使用环境。

T5-E1 模组内嵌 ARMv8-M Star (M33F) 处理器，主频高达 480MHz，集成 8MB Flash，16MB PSRAM，640KB Share SRAM 和 64KB ROM。支持 USB、UART、SDIO、SPI、I2C、I2S 和 ADC 等接口，支持外接显示屏、摄像头、麦克风、喇叭和 MicroSD 卡等设备。

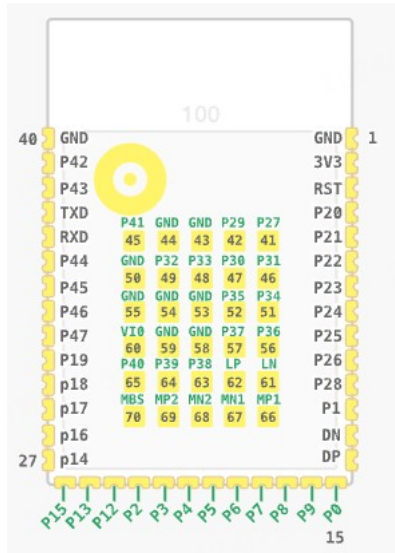
1.1. 模组外观



1.2. 模组引脚

T5-E1 模组共有 70 个引脚，其中 40 个为 LCC 引脚，另外 30 个为 LGA 引脚。

模组 I/O 序号与模组丝印 I/O 名称对应关系：



序号	名称	I/O 类型	功能
1	GND	P	电源参考地
2	3V3	P	电源引脚
3	RST	I	低电平复位，高电平有效（内部已拉高处理）
4	P20	I/O	<ul style="list-style-type: none"> GPIO20 I2C0_SCL SWCLK RGB_R6 I8080_D9 SEG10
5	P21	I/O	<ul style="list-style-type: none"> I2C0_SDA SWDIO ADC6 RGB_R5 I8080_D8 SEG9

序号	名称	I/O 类型	功能
6	P22	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • CLK26M • ADC5 • QSPI0_SCK • RGB_R4 • I8080_CSX • SEG8
7	P23	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • ADC3 • QSPI0_CS • RGB_R3 • I8080_RESET • SEG7
8	P24	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • LPO_CLK • PWMG0_PWM4 • ADC2 • QSPI0_IO0 • RGB_G7 • I8080_RSX • SEG6
9	P25	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • IRDA • ADC1 • QSPI0_IO1 • RGB_G6 • I8080_WRX • SEG5
10	P26	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • QSPI0_IO2 • RGB_G5 • I8080_RDX • SEG4

序号	名称	I/O 类型	功能
11	P28	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • I2S_MCLK • ADC4 • TOUCH2 • CLK_AUXS_CIS • SEG18
12	P1	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • UART1_RX • I2C1_SDA • SWDIO • SC_CLK • ADC13 • LIN_RXD
13	DN	I/O	USB D-
14	DP	I/O	USB D+
15	P0	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • UART1_TX • I2C1_SCL • SWCLK • SC_IO • ADC12 • LIN_TXD
16	P9	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • I2S0_DOUT • DMIC_DAT • 32K_XI
17	P8	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • I2S0_DIN • DMIC_CLK • ADC10 • 32K_XO
18	P7	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • I2S0_SYNC • QSPI1_IO3
19	P6	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • I2S0_SCK • QSPI1_IO2

序号	名称	I/O 类型	功能
20	P5	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • SPI1_MISO • SDIO_DATA1 • COM7 • QSPI1_IO1 • SEG31
21	P4	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • SPI1_MOSI • SDIO_DATA0 • COM6 • QSPI1_IO0 • SEG30
22	P3	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • SPI1_CSN • SDIO_CMD • SC_VCC • QSPI1_CS
23	P2	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • SPI1_SCK • SDIO_CLK • SC_RSTN • LIN_SLEEP • QSPI1_SCK
24	P12	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • UART0_RTS • TOUCH0 • ADC14
25	P13	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • UART0_CTS • TOUCH1 • ADC15
26	P15	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • SDIO_CMD • SPI0_CSN • I2C1_SDA • RGB_DISP • I8080_D14 • SEG15

序号	名称	I/O 类型	功能
27	P14	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • SDIO_CLK • SPI0_SCK • I2C1_SCL • RGB_DCLK • I8080_D15 • SEG16
28	P16	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • SDIO_DATA0 • SPI0_MOSI • RGB_DE • I8080_D13 • SEG14
29	P17	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • SDIO_DATA1 • SPI0_MISO • RGB_HSYNC • I8080_D12 • SEG13
30	P18	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • SDIO_DATA2 • PWMG0_PWM0 • RGB_VSYNC • I8080_D11 • SEG12
31	P19	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • SDIO_DATA3 • RGB_R7 • I8080_D10 • SEG11
32	P47	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • SPI0_MISO • ENET_MDC • TOUCH15 • RGB_B3 • I8080_D0 • COM0 • I2S2_DOUT

序号	名称	I/O 类型	功能
33	P46	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • CAN_STBY • SPI0_MOSI • ENET_PHY_INT • TOUCH14 • RGB_B4 • I8080_D1 • COM1 • I2S2_DIN
34	P45	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • CAN_RX • SPI0_CSN • RGB_B5 • I8080_D2 • COM2 • I2S2_SYNC
35	P44	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • CAN_TX • SPI0_SCK • RGB_B6 • I8080_D3 • COM3 • I2S2_SCK
36	RXD	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • DL_UART_RX • SDIO_DATA2 • CLK_AUXS_CIS • UART0_RX • 模组烧录授权用户串口
37	TXD	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • DL_UART_TX • UART0_TX • SDIO_DATA3 • 模组烧录授权用户串口

序号	名称	I/O 类型	功能
38	P43	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • I2C1_SDA • I2S1_DOUT • SC_VCC • RGB_B7 • I8080_D4 • SEG0
39	P42	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • I2C1_SCL • I2S1_DIN • LIN_SLEEP • SC_RSTN • RGB_G2 • I8080_D5 • SEG1
40	GND	P	电源参考地
41	P27	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • CIS_MCLK • CLK_AUXS_CIS • ENET_PHY_INT • QSPI0_IO3 • SEG17
42	P29	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • CIS_PCLK • ENET_MDC • TOUCH3 • SEG19
43	GND	P	电源参考地
44	GND	P	电源参考地
45	P41	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • UART2_TX • I2S1_SYNC • LIN_TXD • SC_IO • RGB_G3 • I8080_D6 • SEG2

序号	名称	I/O 类型	功能
46	P31	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • CIS_VSYNC • UART2_TX • LIN_TXD • TOUCH5 • SC_IO • SEG21
47	P30	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • CIS_HSYNC • UART2_RX • LIN_RXD • TOUCH4 • SC_CLK • SEG20
48	P33	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • CIS_PXD1 • ENET_RXD0 • TOUCH7 • SEG23
49	P32	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • CIS_PXD0 • PWMG1_PWM0 • ENET_MDIO • TOUCH6 • SC_RSTN • SEG22
50	GND	P	电源参考地
51	P34	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • CIS_PXD2 • PWMG1_PWM2 • ENET_RXD1 • TOUCH8 • SPI0_CSN • SEG24

序号	名称	I/O 类型	功能
52	P35	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • CIS_PXD3 • ENET_RXDV • TOUCH9 • SPI0_MOSI • SEG25
53	GND	P	电源参考地
54	GND	P	电源参考地
55	GND	P	电源参考地
56	P36	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • CIS_PXD4 • PWMG1_PWM4 • ENET_TXD0 • TOUCH10 • SPI0_MISO • SEG26
57	P37	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • CIS_PXD5 • ENET_TXD1 • TOUCH11 • SEG27
58	GND	P	电源参考地
59	GND	P	电源参考地
60	VIO	AO	GPIO LDO output
61	LN	AO	Audio left channel negative output
62	LP	AO	Audio left channel positive output
63	P38	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • CIS_PXD6 • I2C1_SCL • ENET_TXEN • TOUCH12 • COM4 • SEG28

序号	名称	I/O 类型	功能
64	P39	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • CIS_PXD7 • I2C1_SDA • ENET_REF_CLK • TOUCH13 • COM5 • SEG29
65	P40	I/O	<ul style="list-style-type: none"> • UART2_RX • I2S1_SCK • LIN_RXD • SC_CLK • RGB_G4 • I8080_D7 • SEG3
66	MP1	AO	Microphone 1 positive input
67	MN1	AO	Microphone 1 negative input
68	MN2	AO	Microphone 2 negative input
69	MP2	AO	Microphone 2 positive input
70	MBS	AO	Microphone bias output

i

- ADC 口输入电平最大值为 1.1V，外部分压电阻建议使用 MΩ 级别，同时靠近 ADC 口放置对地 100nF 电容滤波。
- P 表示电源引脚。
- I/O 表示输入输出引脚。
- AI 表示模拟信号输入引脚。
- AO 表示模拟信号输出引脚。

2. 接口说明

2.1. UART

2.1.1. 管脚描述

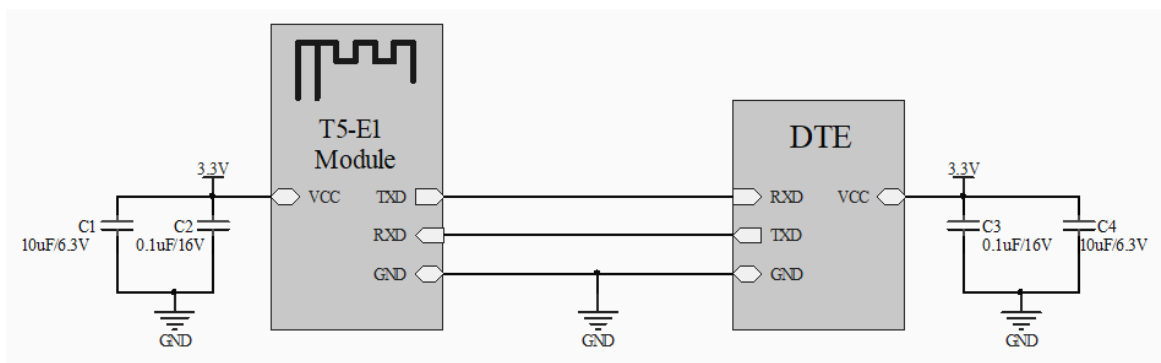
本模组提供 3 路 UART 接口：

- 串口 0：可用于 MCU 对接，使用涂鸦通用对接协议，其默认波特率为 115200 bps。
- 串口 1：普通串口，用于外设扩展。
- 串口 2：普通串口，用于外设扩展。

管脚号	信号名称	功能描述
36	DL_UART_RX	串口 0，可做下载口，接收数据
37	DL_UART_TX	串口 0，可做下载口，发送数据
12	UART1_RX	串口 1 接收数据
15	UART1_TX	串口 1 发送数据
45	UART2_TX	串口 2 发送数据
65	UART2_RX	串口 2 接收数据

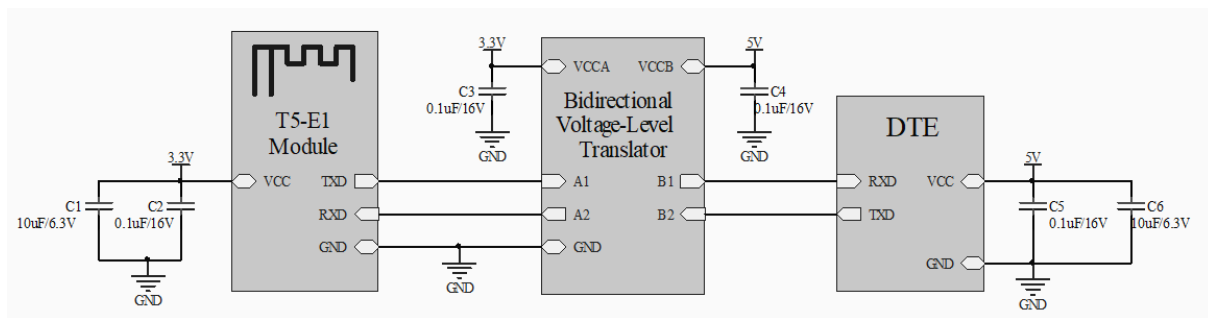
2.1.2. 模组与 MCU 串口通信

- 模组与 3.3V MCU 配合处理模式



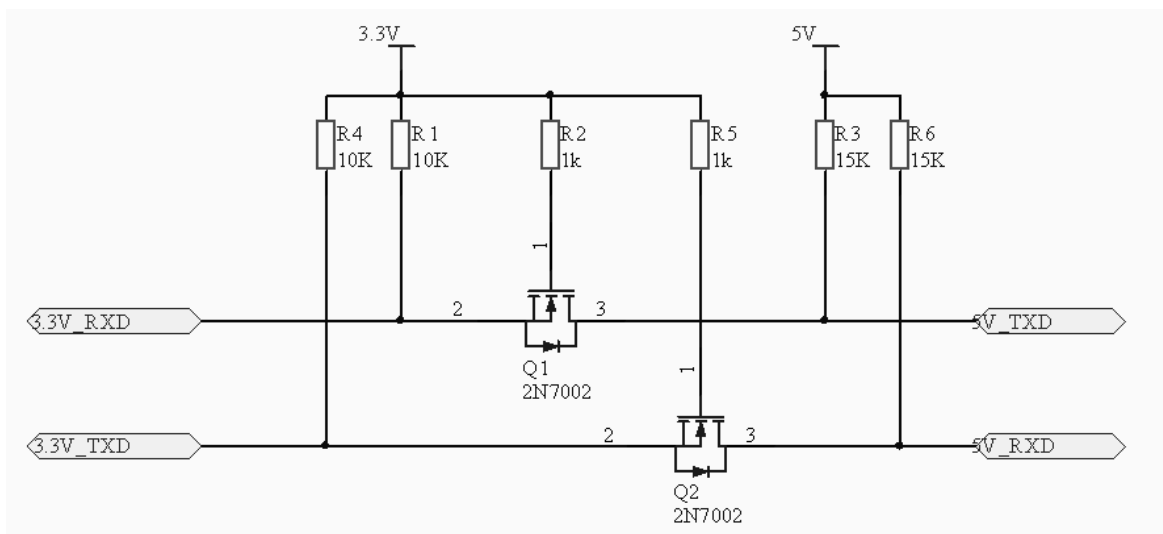
- 模组与 5V MCU 配合处理模式

下图中，电平转换器可以通过双向电平转换芯片实现，也可通过 MOS 管或三极管电路实现。

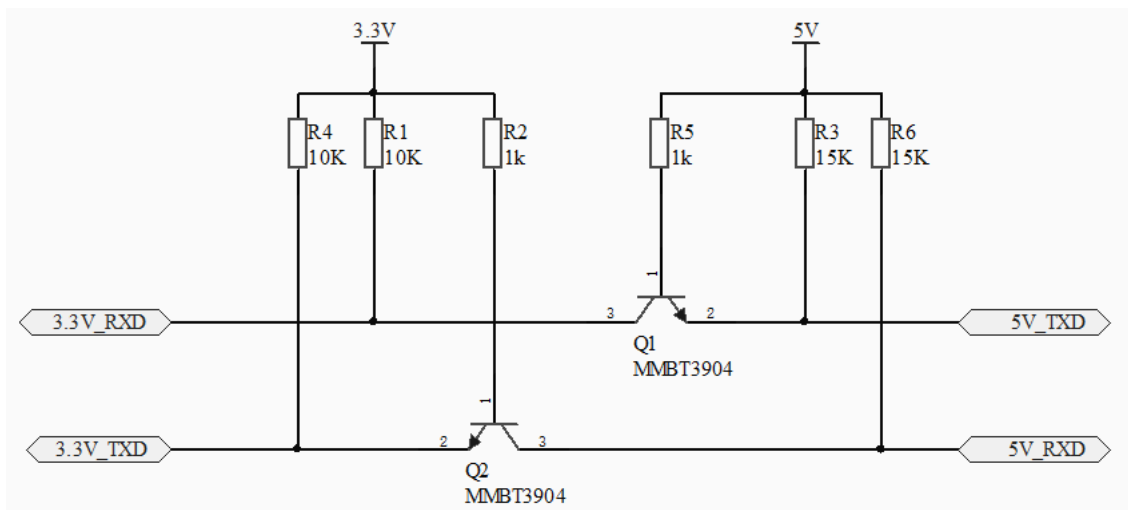


2.1.3. 电平转换电路参考

- NMOS 管转换电路参考，本示例利用 NMOS 管和内嵌的体二极管实现数据的双向通信。



- NPN 三极管转换电路参考，本示例利用 NPN 三极管实现数据的单向通信。



i

串口 1、2 与串口 0 的连接方式相同，参考上图。

2.1.4. 电路设计要求

串口走线需尽量短，周围包地处理，远离射频和周期性信号线。

2.2. USB

2.2.1. 管脚描述

本模组具有 USB2.0 接口。

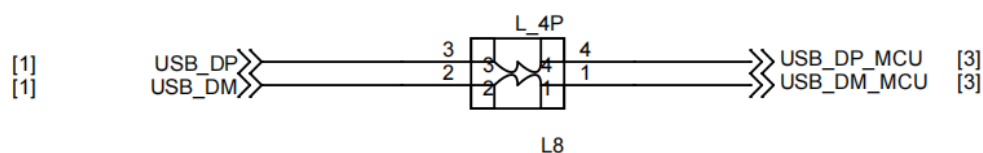
i

建议预留 USB 接口，供烧录升级和调试使用。

管脚号	信号名称	功能描述
13	USB_DN	USB 差分数据 DN，支持模组 下载校准
14	USB_DP	USB 差分数据 DP，支持模组 下载校准

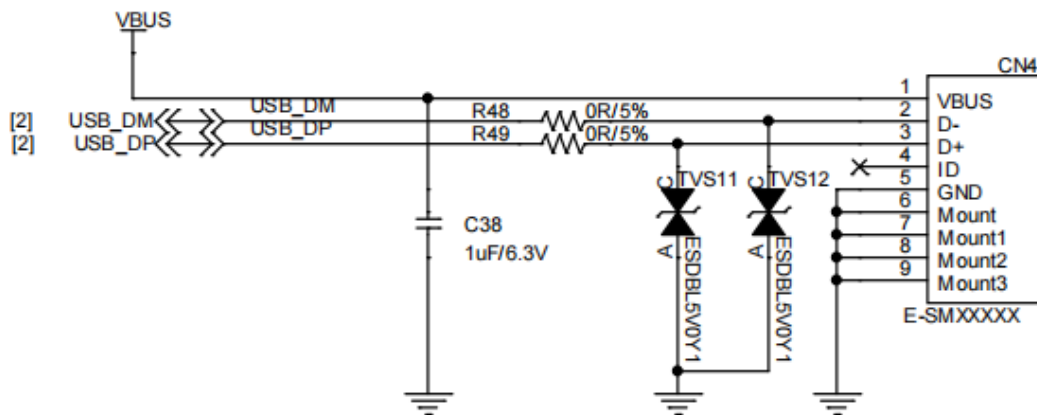
2.2.2. 接口应用

- MCU 对接



- Micro-USB 连接器

MICRO USB



2.2.3. 电路设计要求

- USB 走线周围需要包地处理，走 90 欧姆的阻抗差分线，保持平行等长。
- USB 走线远离电源、射频及其他敏感信号，建议内层差分走线且上下左右立体包地。
- MCU 与模组间串联一个共模电感，防止 USB 信号产生 EMI 干扰。
- 外接 Micro-USB 接口时，USB 的 TVS 管应尽量靠近 USB 接口，寄生容值 < 2 pF。

2.3. SPI

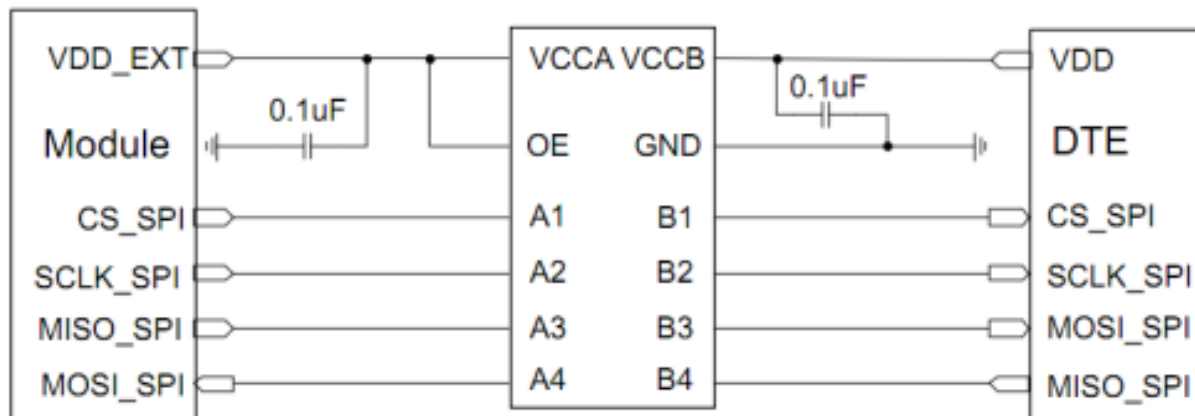
T5-E1 有两组 SPI 接口，管脚描述：

管脚号	信号名称	功能描述
26	SPI0_CSN	GPIO15, SPI0 片选信号
28	SPI0_MOSI	GPIO16, SPI0 主输出、从输入
29	SPI0_MISO	GPIO17, SPI0 主输入、从输出
27	SPI0_SCK	GPIO14, SPI0 接口时钟信号
22	SPI1_CSN	GPIO3, SPI1 片选信号
21	SPI1_MOSI	GPIO4, SPI1 主输出、从输入
20	SPI1_MISO	GPIO5, SPI1 主输入、从输出
23	SPI1_SCK	GPIO2, SPI1 接口时钟信号

2.3.1. SPI 接口电气特性及接口应用

本模块的 SPI 接口电平为 3.3V。若您的 MCU 系统电平为 5V，则需在模块和 MCU 之间增加电平转换器。推荐使用一个支持 SPI 数据速率的电平转换器。

参考电路如下图所示：



2.4. QSPI

T5-E1 有两组 QSPI 接口，管脚描述：

管脚号	信号名称	功能描述
6	QSPI0_SCK	GPIO22, QSPI0 时钟信号
7	QSPI0_CS	GPIO23, QSPI0 使能信号
8	QSPI0_IO0	GPIO24, QSPI0 数据位 0
9	QSPI0_IO1	GPIO25, QSPI0 数据位 1
10	QSPI0_IO2	GPIO26, QSPI0 数据位 2
41	QSPI0_IO3	GPIO27, QSPI0 数据位 3
18	QSPI1_IO3	GPIO7, QSPI1 数据位 3
19	QSPI1_IO2	GPIO6, QSPI1 数据位 2
20	QSPI1_IO1	GPIO5, QSPI1 数据位 1
21	QSPI1_IO0	GPIO4, QSPI1 数据位 0
22	QSPI1_CS	GPIO3, QSPI1 使能信号
23	QSPI1_SCK	GPIO2, QSPI1 时钟信号

2.5. I2C

T5-E1 有两组 I2C 接口，管脚描述如下：

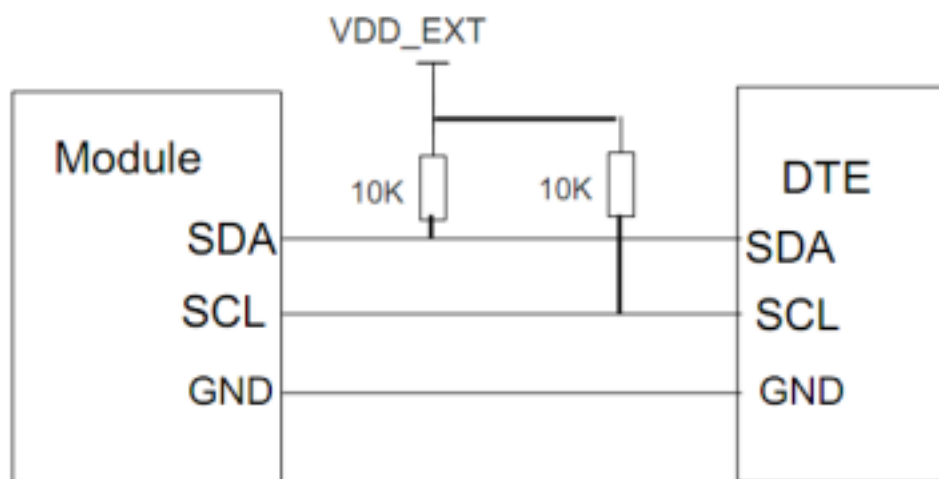
管脚号	信号名称	功能描述
4	I2C0_SCL	GPIO20, I2C0 时钟信号

管脚号	信号名称	功能描述
5	I2C0_SDA	GPIO21, I2C0 数据信号
15	I2C1_SCL	GPIO0, I2C1 时钟信号
12	I2C1_SDA	GPIO1, I2C1 数据信号

I2C 是一种 IC 之间通信的两线总线。两条信号线，即串行数据（SDA）的和串行时钟（SCL），在连接的设备之间传送信息。每个设备靠唯一的地址来识别，既可作为发送器，也可作为接收器。

2.5.1. 接口应用

I2C 总线必须在设备端进行上拉。



2.6. I2S

T5-E1 有 3 组 I2S 接口，管脚描述如下：

管脚号	信号名称	功能描述
11	I2S_MCLK	GPIO28, 主时钟信号
16	I2S0_DOUT	GPIO9, I2S0 输出信号
17	I2S0_DIN	GPIO8, I2S0 输入信号
18	I2S0_SYNC	GPIO7, I2S0 同步信号
19	I2S0_SCK	GPIO6, I2S0 时钟信号
32	I2S2_DOUT	GPIO47, I2S2 输出信号
33	I2S2_DIN	GPIO46, I2S2 输入信号
34	I2S2_SYNC	GPIO45, I2S2 同步信号
35	I2S2_SCK	GPIO44, I2S2 时钟信号
38	I2S1_DOUT	GPIO43, I2S1 输出信号

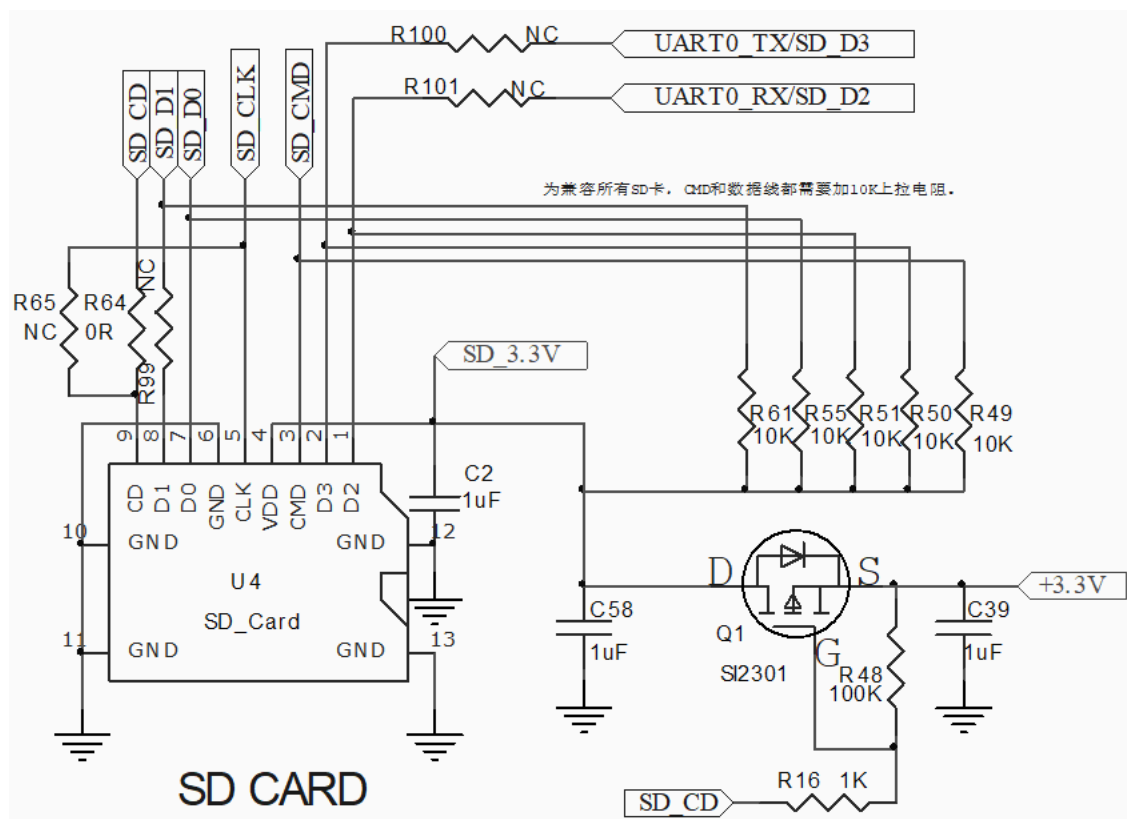
管脚号	信号名称	功能描述
39	I2S1_DIN	GPIO42, I2S1 输入信号
45	I2S1_SYNC	GPIO41, I2S1 同步信号
65	I2S1_SCK	GPIO40, I2S1 时钟信号

2.7. SDIO

T5-E1 有 1 组 SDIO 接口，管脚描述如下：

管脚号	信号名称	功能描述
20/29	SDIO_DATA1	GPIO5/GPIO17, SDIO 数据位 1
21/28	SDIO_DATA0	GPIO4/GPIO16, SDIO 数据位 0
22/26	SDIO_CMD	GPIO3/GPIO15, SDIO 命令
23/27	SDIO_CLK	GPIO2/GPIO14, SDIO 时钟
36/30	SDIO_DATA2	UART0_RX/GPIO18, SDIO 数据位 2
37/31	SDIO_DATA3	UART0_TX/GPIO19, SDIO 数据位 3

2.7.1. 接口应用



2.7.2. 电路设计要求

- SD_CLK 和 SD 信号线上可以预留串联 22 ohm 电阻，用于解决射频干扰问题。
- SD 信号线上预留 0201 33 pF 对地电容位置，用于解决射频干扰问题。
- SD_DATA[0:3] 和 SD_CMD 预留上拉电阻，增加总线稳定性。
- SD_CLK 信号单根包地，长度越短越好，控制在 2500 mil 以内，最好在 2000 mil 以内。SD 信号整体包地，避免邻层信号平行。
- SD_CLK ， SD_DATA[0:3] 和 SD_CMD 走线需做等长处理，相差小于 1 mm，总长度不超过 50 mm。
- 为确保 ESD 性能，靠近 SD 卡座位置 3V3， SD_CLK ， SD_DATA[0:3] 和 SD_CMD 预留增加 ESD 管，寄生电容低于 15 pF，走线要求先经过 ESD 器件再到模组。

2.8. Camera

2.8.1. 管脚描述

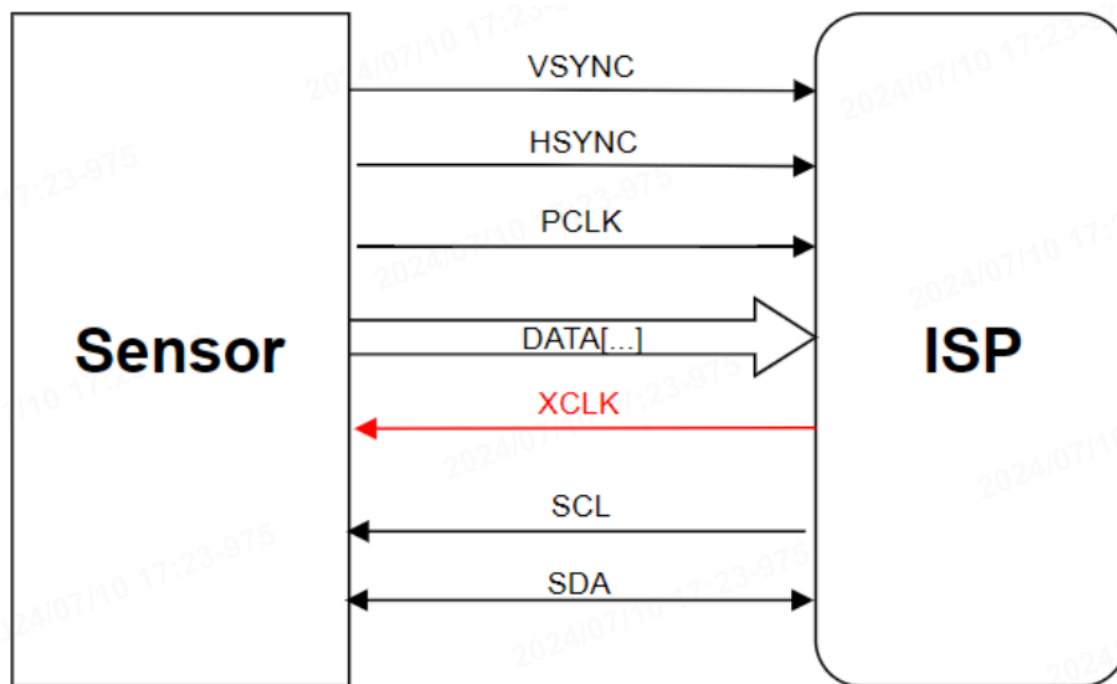
管脚号	信号名称	功能描述
-----	------	------

管脚号	信号名称	功能描述
41	CIS_MCLK	GPIO27, 输出给 Sensor 的驱动时钟
42	CIS_PCLK	GPIO29, 像素时钟
46	CIS_VSYNC	GPIO31, 帧同步信号
47	CIS_HSYNC	GPIO30, 行同步信号
48	CIS_PXD1	GPIO33, 像素数据, 数据位 1
49	CIS_PXD0	GPIO32, 像素数据, 数据位 0
51	CIS_PXD2	GPIO34, 像素数据, 数据位 2
52	CIS_PXD3	GPIO35, 像素数据, 数据位 3
56	CIS_PXD4	GPIO36, 像素数据, 数据位 4
57	CIS_PXD5	GPIO37, 像素数据, 数据位 5
63	CIS_PXD6	GPIO38, 像素数据, 数据位 6
64	CIS_PXD7	GPIO39, 像素数据, 数据位 7

i

DVP 需要一组 I2C 接口来配置 Sensor。

2.8.2. 接口应用



2.9. RGB565

2.9.1. 管脚描述

管脚号	信号名称	功能描述
31	RGB_R7	GPIO19, RGB 红色分量数据位 7
4	RGB_R6	GPIO20, RGB 红色分量数据位 6
5	RGB_R5	GPIO21, RGB 红色分量数据位 5
6	RGB_R4	GPIO22, RGB 红色分量数据位 4
7	RGB_R3	GPIO23, RGB 红色分量数据位 3
8	RGB_G7	GPIO24, RGB 绿色分量数据位 7
9	RGB_G6	GPIO25, RGB 绿色分量数据位 6

10	RGB_G5	GPIO26, RGB 绿色分量数据位 5
65	RGB_G4	GPIO40, RGB 绿色分量数据位 4
45	RGB_G3	GPIO41, RGB 绿色分量数据位 3
39	RGB_G2	GPIO42, RGB 绿色分量数据位 2
38	RGB_B7	GPIO43, RGB 蓝色分量数据位 7
35	RGB_B6	GPIO44, RGB 蓝色分量数据位 6
34	RGB_B5	GPIO45, RGB 蓝色分量数据位 5
33	RGB_B4	GPIO46, RGB 蓝色分量数据位 4
32	RGB_B3	GPIO47, RGB 蓝色分量数据位 3
27	RGB_DCLK	GPIO14, 时钟信号
26	RGB_DISP	GPIO15, 显示开/关
29	RGB_HSYNC	GPIO17, 行同步信号
30	RGB_VSYNC	GPIO18, 场同步信号
28	RGB_DE	GPIO16, 数据使能信号

2.10. 以太网

2.10.1. 管脚描述

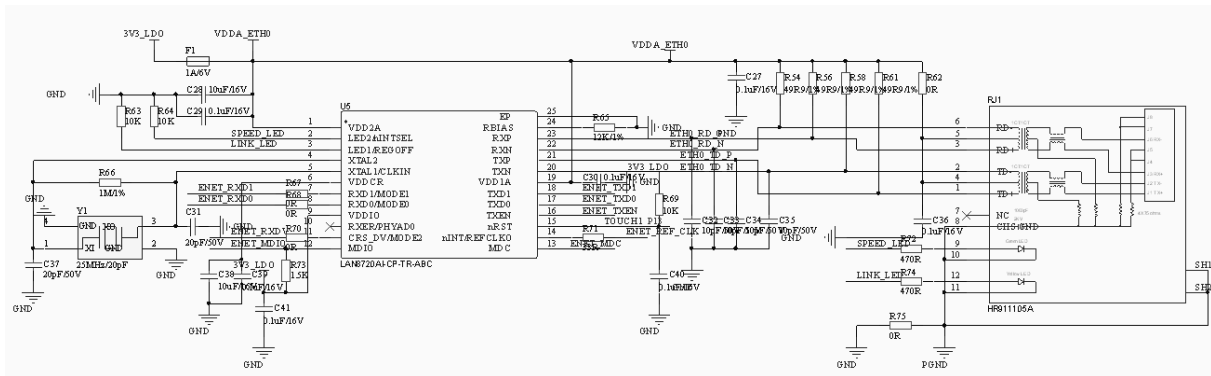
管脚号	信号名称	功能描述
41	ENET_PHY_INT	GPIO27, 中断信号
42	ENET_MDC	GPIO29, 总线时钟信号
48	ENET_RXD0	GPIO33, 数据接收信号, 比特位 0
49	ENET_MDIO	GPIO32, 输入输出数据信号
51	ENET_RXD1	GPIO34, 数据接收信号, 比特位 1

52	ENET_RXDV	GPIO35, 接收数据有效信号
56	ENET_TXD0	GPIO36, 数据发送信号, 比特 0
57	ENET_TXD1	GPIO37, 数据发送信号, 比特 1
63	ENET_TXEN	GPIO38, 发送使能信号
64	ENET_REF_CLK	GPIO39, 参考时钟信号

虽然下面引脚也可复用, 但是考虑到 RGB 一般必用, 所以不推荐, 隐藏。

| 32 | ENET_MDC | GPIO47, 总线时钟信号 || 33 | ENET_PHY_INT | GPIO46, 中断信号 |

2.10.2. 接口应用



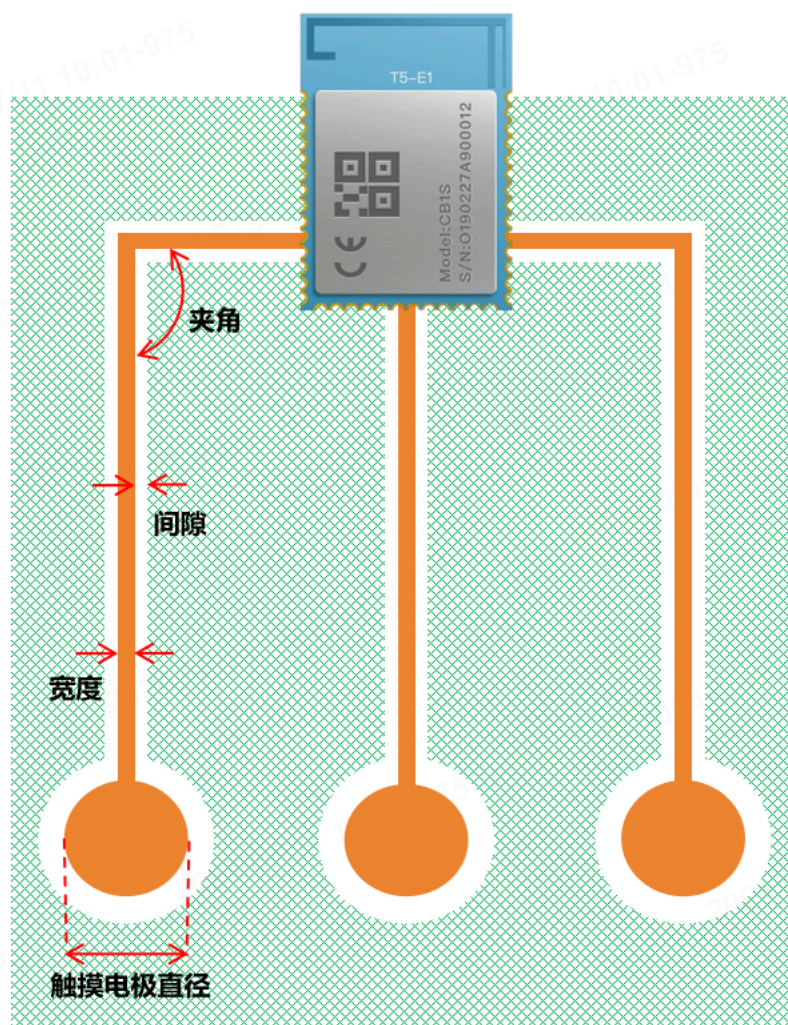
2.11. Touch

T5-E1 模组提供 16 个电容式传感 GPIO, 管脚描述如下:

管脚号	信号名称	功能描述
11	P28	TOUCH2
24	P12	TOUCH0
25	P13	TOUCH1
32	P47	TOUCH15
33	P46	TOUCH14
42	P29	TOUCH3
46	P31	TOUCH5
47	P30	TOUCH4
48	P33	TOUCH7
49	P32	TOUCH6
51	P34	TOUCH8
52	P35	TOUCH9

56	P36	TOUCH10
57	P37	TOUCH11
63	P38	TOUCH12
64	P39	TOUCH13

- 使用 TOUCH 功能时，建议靠近模组侧预留串联电阻，用于减小线上的耦合噪声和干扰，也可加强 ESD 保护。该阻值建议 470 Ω 到 2 k Ω ，推荐 510 Ω 。具体值还需根据产品实际测试效果而定。
- 走线尽量短而细，要求长度小于 300 mm，宽度不大于 0.18 mm，走线夹角大于等于 90°。不同触摸通道之间的间距尽量远，且要远离例如 RF、I2C、SPI、高速信号线等。
- 触摸电极和走线周围用栅格地围绕，走线离地间隙范围 0.5 mm 到 1 mm。
- 触摸电极直径范围 8 mm 到 15 mm。

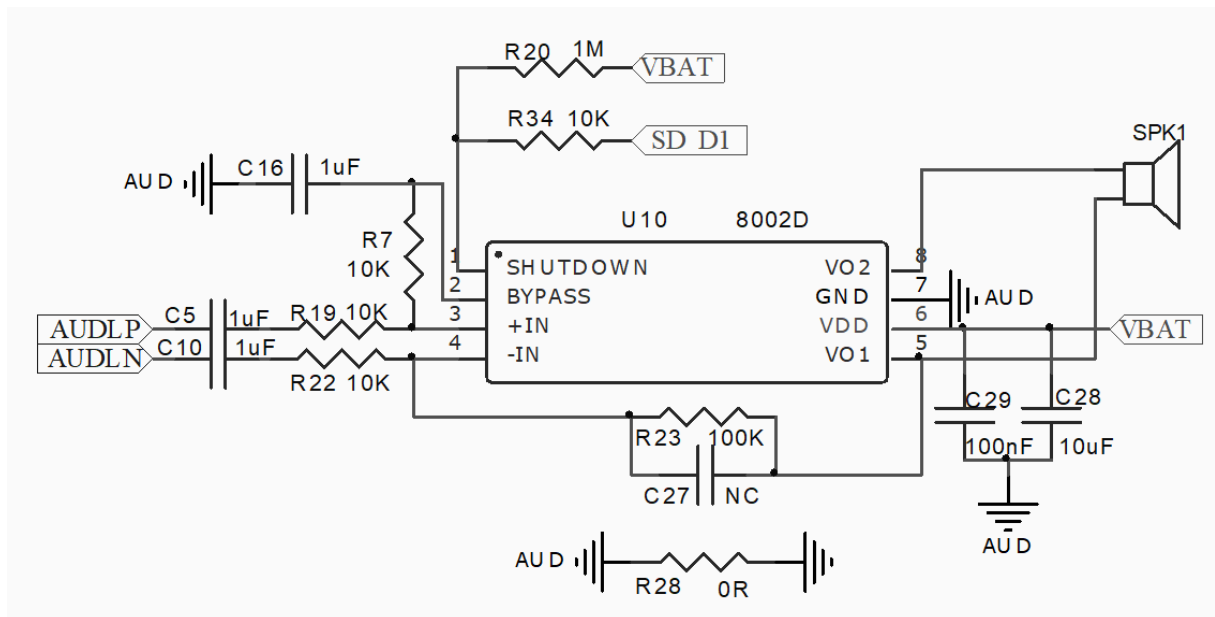


2.12. Speaker

2.12.1. 管脚描述

管脚号	信号名称	功能描述
61	LN	AUDL_N , 语音负极输出
62	LP	AUDL_P , 语音正极输出

2.12.2. 接口应用

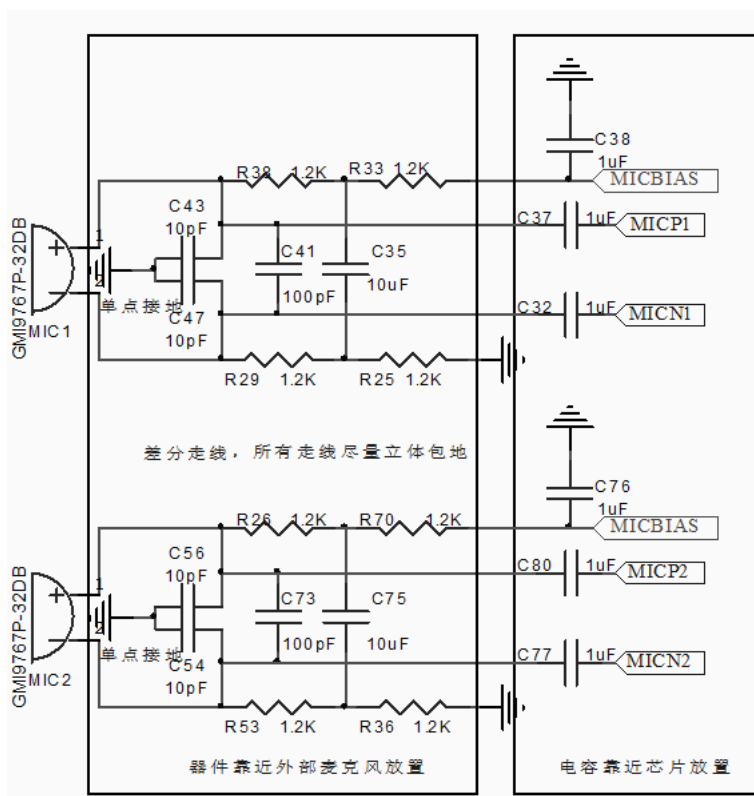


2.13. MIC

2.13.1. 管脚描述

管脚号	信号名称	功能描述
66	MP1	MIC1_P , 麦克风 1 正极输入
67	MN1	MIC1_N , 麦克风 1 负极输入
68	MN2	MIC2_N , 麦克风 2 负极输入
69	MP2	MIC2_P , 麦克风 2 正极输入
70	MBS	MICBIAS , 麦克风偏置电压

2.13.2. 接口应用



i

如果只用一路 MIC，必须用 MIC1。

2.14. 模组电源相关

- T5-E1 工作电压：2.0-3.6V，典型值 3.3V。建议给模组 3.3V 的供电电流大于输入的最大电流值，且外部滤波电容总容量大于 10 μ F。
- 模组电源引脚的滤波电容 C1 和 C2 尽量靠近电源引脚放置。

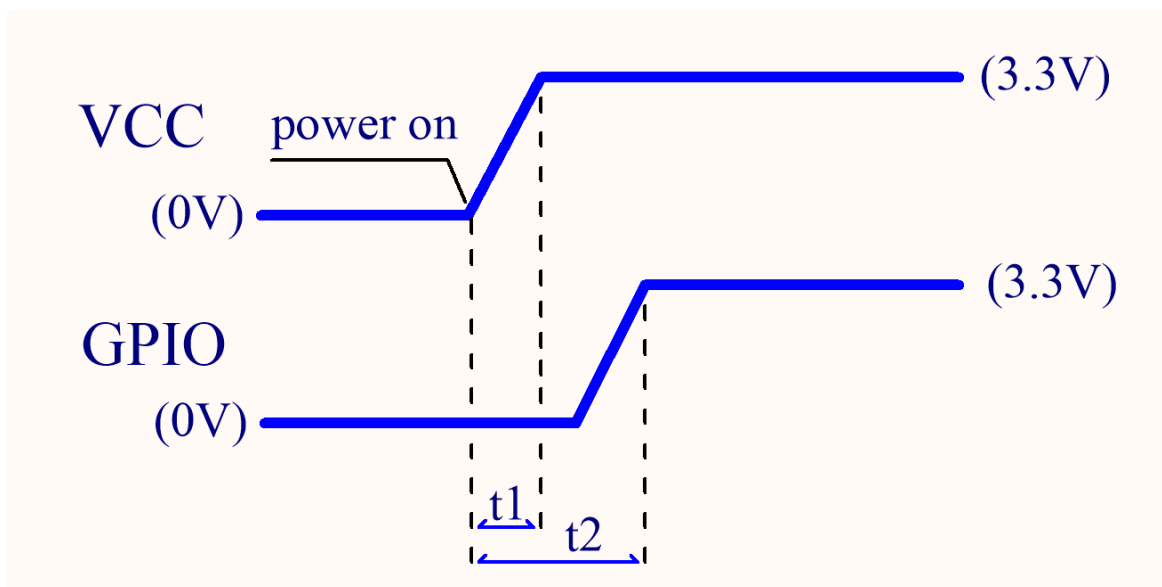
2.15. 模组引脚相关

- 模组启动瞬间 5ms 内（程序加载启动前），I/O 存在不可控高电平。如果应用有影响，建议增加 4.7K 下拉电阻。
- 模组的 RST 引脚是硬件复位引脚，在模组内部已经配置弱上拉，不使用可做悬空处理。如果模组配过网，不能通过该引脚清除配网信息。
- 模组的 TX1 引脚是模式选择脚，上电前拉低进入测试固件，悬空或拉高进入应用固件。正常使用时，这是日志打印口。

- 其他未使用引脚都可做悬空处理。
- 具体的引脚信息，可参考对应的模组规格书。

2.16. 模组上电时序

- 每次上电时，模组 GPIO 口引脚的高电平电压的建立时间 t_2 ，必须大于或等于模组电源引脚的电压的建立时间 t_1 。如下图：

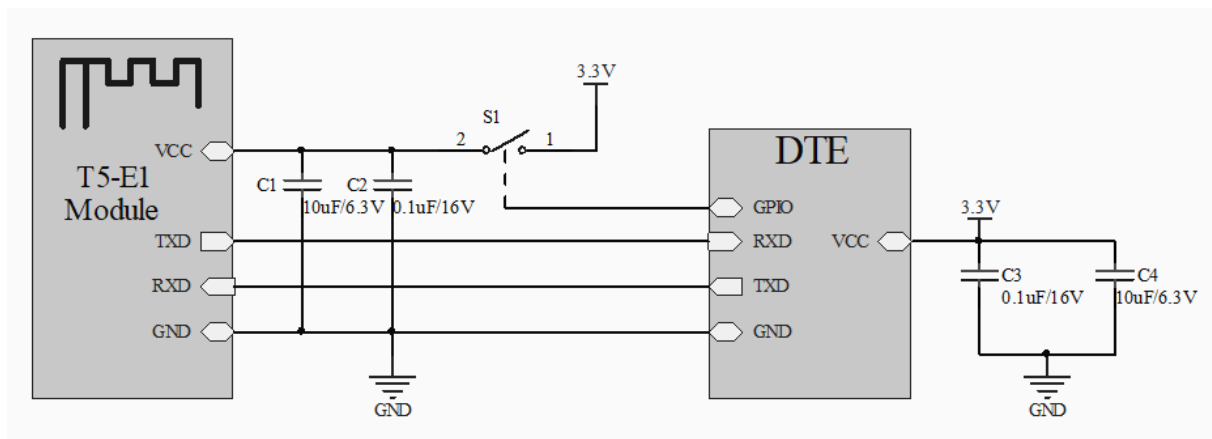


- 如果模组 GPIO 引脚高电平电压的建立时间 t_2 ，小于模组电源引脚电压的建立时间 t_1 ，可能会引起模组无法启动。
- 能够让模组恢复到正常状态的方式：通过对模组的硬件复位引脚（RST）拉低 1 ms 后，再拉高，实现模组重启。
- 不能让模组恢复到正常状态的方式：通过反复对模组电源引脚的通电断电。

2.17. 低功耗设计

2.17.1. 方式一：电源引脚通断电

该方式通过对模组电源引脚通断电的控制，实现整机低功耗。



- **原理：**如图所示，MCU 通过 GPIO 口控制开关器件 S1，实现对模组的通断电操作。
- 当数据需要上报时，GPIO 口控制开关器件 S1 导通，此时模组上电并建立串口通信连接，然后 MCU 通过模组将数据同步到云端和 App。
- 当数据上报完成后，GPIO 口控制开关器件 S1 断开，此时模组断电并处于无功耗状态。
- **缺点：**
 1. 当开关器件 S1 处在断开状态时，模组是处在断电状态的，模组的 TXD 引脚与 RXD 引脚和 MCU 的 RXD 引脚与 TXD 引脚仍处在常连接状态。
 2. 这时电源通过 MCU 的 UART 引脚流经模组的 UART 引脚，会电流倒灌到模组的 VCC 引脚。
 3. 模组的 TXD 引脚和 RXD 引脚电平还处于高电平，电流倒灌会造成模组功耗增加。
 4. 等下次 S1 导通至模组上电时，模组的 TXD 引脚和 RXD 引脚高电平的建立时间早于模组的电源引脚电压建立时间，造成模组死机。
- **解决办法 1：**硬件不做变更，MCU 软件实现优化。当 MCU 检测到数据上报云端和 App 的任务完成后，MCU 程序还需要按以下步骤操作。
 1. 先将 MCU 的 TXD 和 RXD 引脚设置为普通 I/O 口，且是开漏状态（Open-drain）或弱下拉状态。
 2. 再通过 GPIO 口控制 S1 断开，此时模组断电。
 3. 等下次需要上报数据时，MCU 先通过 GPIO 将 S1 导通，此时模组上电。
 4. MCU 再将 TXD 和 RXD 配置为 UART 功能，建立通信，上报数据。

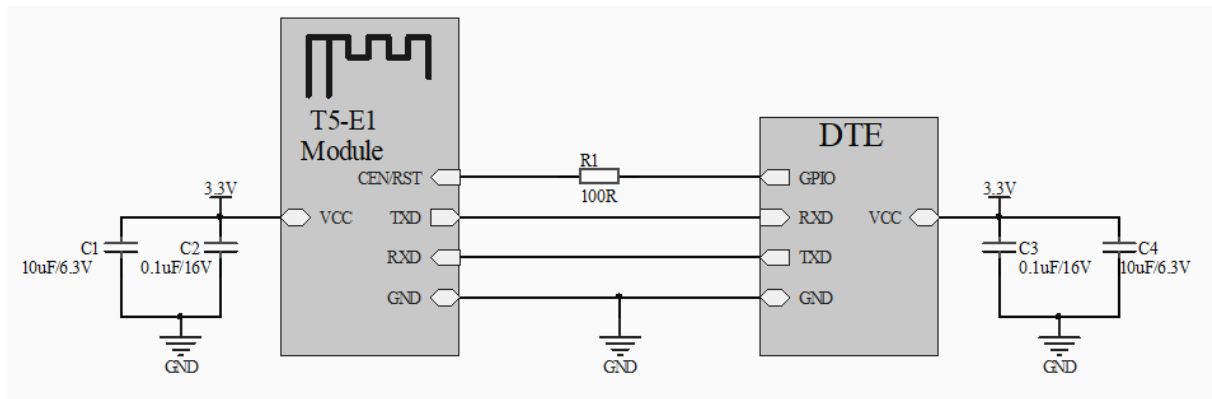


该方案不适用于 MCU 的串口引脚不能被配置为开漏状态，或弱下拉状态的情况。如果串口链路有上拉电阻，则上拉电阻的一端需要连接到模组的 VCC 引脚上，或去掉上拉电阻。

- **解决办法 2:** MCU 软件不做变更，硬件上增加电平转换电路。电平转换电路可参考前文 [电平转换电路参考](#)，然后参考 [模组与 MCU 串口通信](#) 中的 3.3V MCU 示意图，将电平转换电路嵌入到串口链路上。

2.17.2. 方式二：降低模组闲置时的功耗

通过对模组 RST 引脚拉低，降低模组不工作时的功耗来实现整机低功耗。



- **原理:** 如图所示，MCU 通过 GPIO 口控制模组的 RST 引脚，实现对模组的通断电操作。
- 当数据需要上报时，GPIO 口输出高电平，模组上电，串口通信建立连接，MCU 通过模组将数据同步到云端和 App。
- 当数据上报完成后，GPIO 口输出低电平，模组处在复位状态，模组低功耗。
- **缺点:** 模组 RST 引脚内部有 10K 上拉电阻，当模组处在复位状态时，模组的输入电流仍有 330 μ A。

3. 射频相关测试

由于天线对周围器件和外壳的距离比较敏感，因此建议完成整机测试后，进行相关射频（RF）的测试，来验证产品 RF 的性能。下表列出了可验证的项目及指标。

测试项目	测试指标
室内环境拉距	$\geq 50\text{m}$
室外空旷环境拉距	$\geq 75\text{m}$
整机信令模式 TRP（测试模式为 11B 11Mbps）	$\geq 10\text{ dBm}$
整机 TIS（测试模式为 11B 11Mbps）	$\leq -83\text{ dBm}$

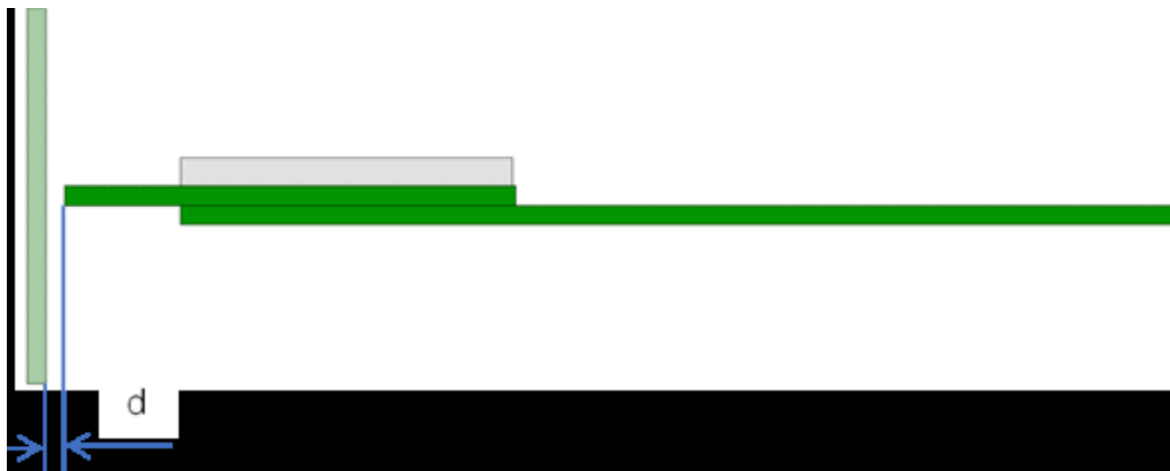
i

- 整机信令模式 TRP 和 整机 TIS 测试项需要借助天线厂家或认证机构的暗室进行测试。
- 以上测试项目适用于大部分 Wi-Fi 产品，但可能不适用于一些特殊产品。

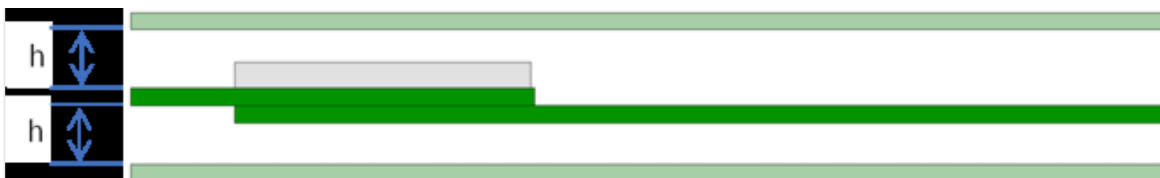
3.1. 天线

3.2. 天线净空说明

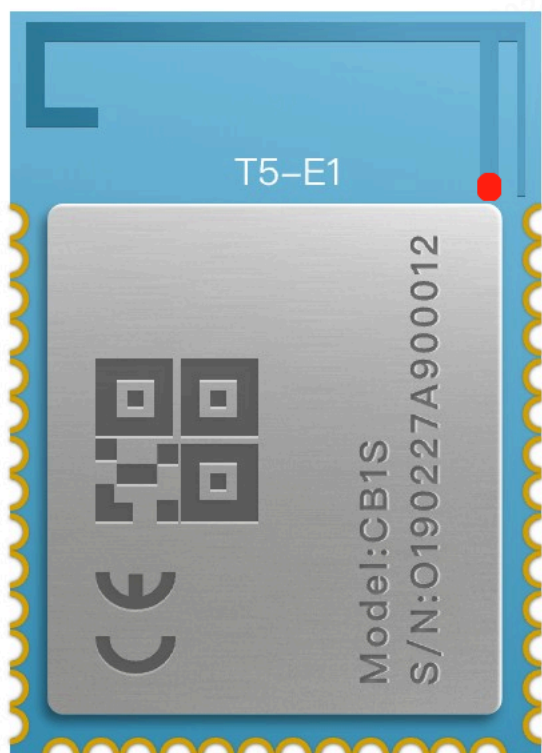
- 天线辐射方向外壳不可使用金属材质，或在塑料壳体表面使用含有金属成分的喷漆和镀层。天线周围避免使用金属螺丝、金属铆钉或其他金属器件，以免影响天线的辐射。建议模组天线部分和其他金属件距离至少在 15 mm 以上。
- 顶盖到天线的距离会影响天线的性能，外壳距离天线越远，性能影响越小。

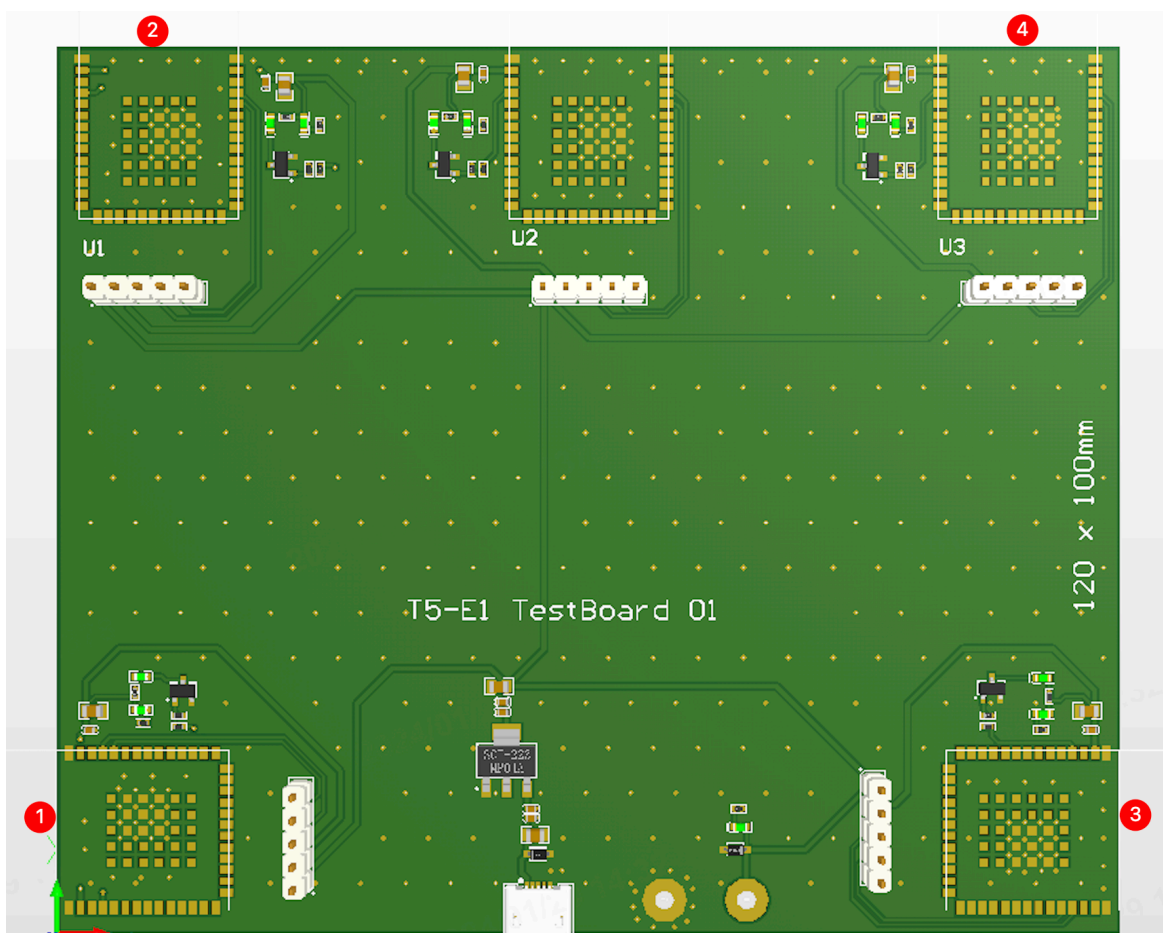
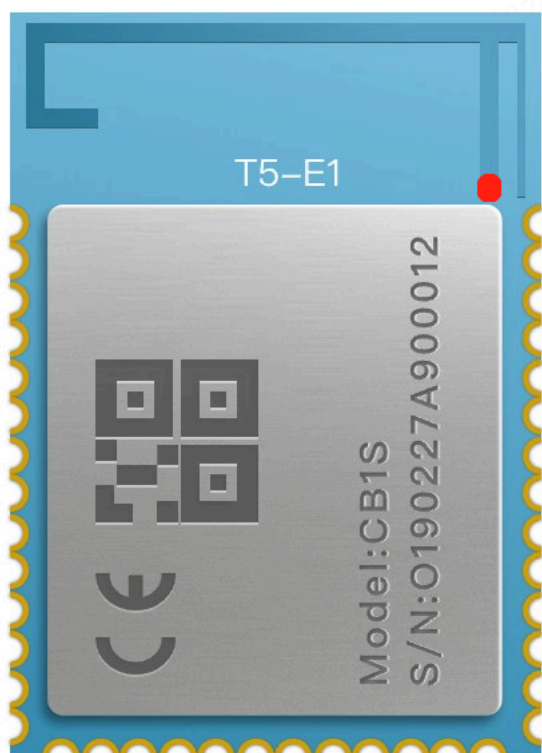


- 上下壳到天线的距离会影响天线的性能，上下壳距离天线越远，性能影响越小。



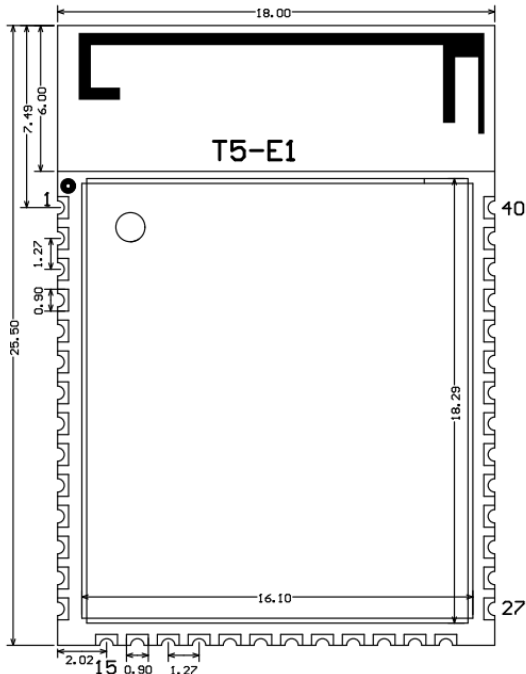
- 模组尽量远离喇叭、电源开关、摄像头、HDMI、USB 等其他高速信号设备，避免引起干扰。
- 天线附近避免金属遮挡，如有同频信号干扰，需充分评估，保证隔离度。
- 根据 T5-E1 模组的天线形态，模组在使用时候，可以选择 **位置 3** 或者 **位置 4（最优位置）**，即天线馈点位置尽量靠近板边。下图红点标记的位置即 T5-E1 天线馈点位置。



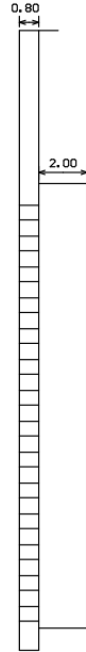


4. 封装信息

4.1. 机械尺寸和背面焊盘尺寸



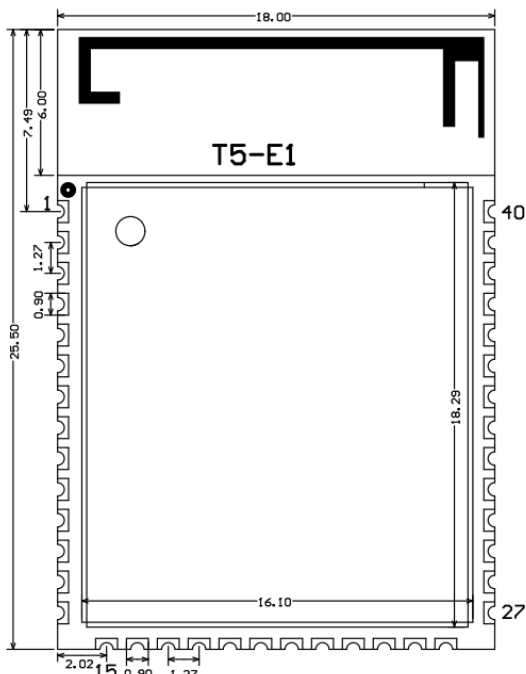
Top View



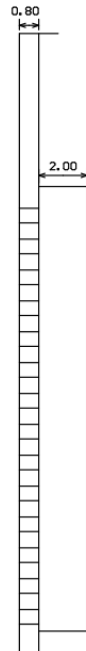
Side View

单位: mm
 模组外形公差: $\pm 0.35\text{mm}$
 板厚公差: $\pm 0.1\text{mm}$
 屏蔽盖高度公差: $\pm 0.05\text{mm}$

Unit: mm
 Module form factor tolerance: $\pm 0.35\text{mm}$
 PCB thickness tolerance: $\pm 0.1\text{mm}$
 Shield cover height tolerance: $\pm 0.05\text{mm}$



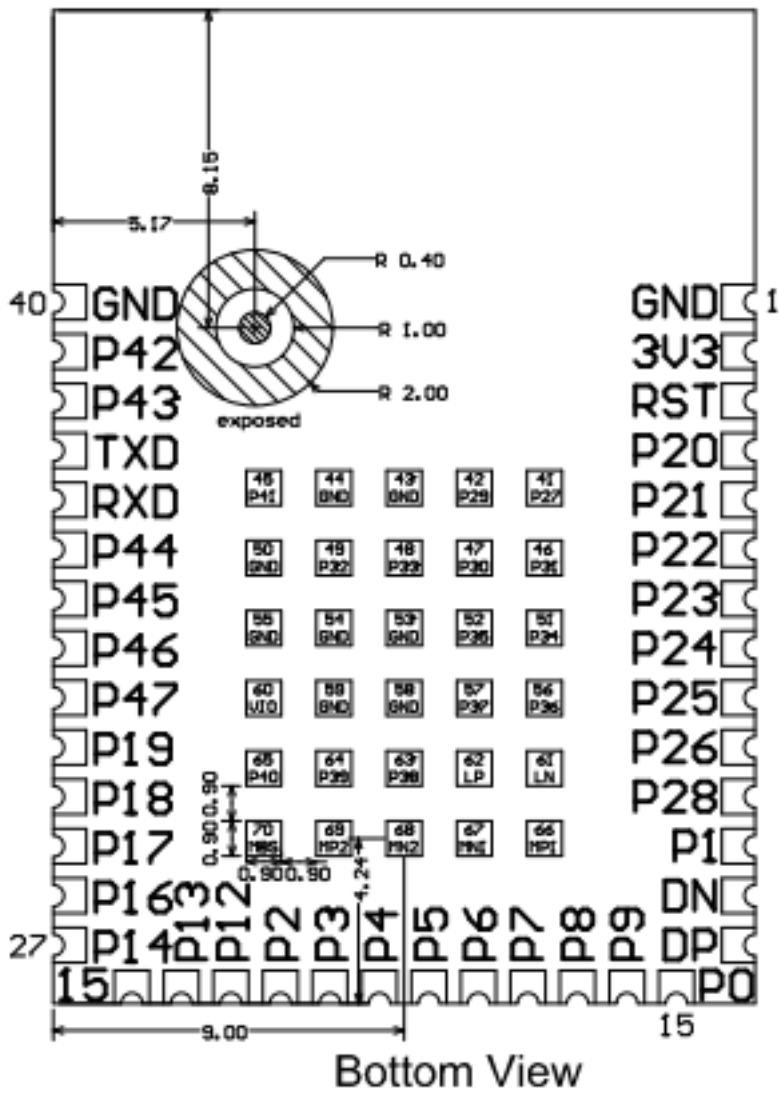
Top View



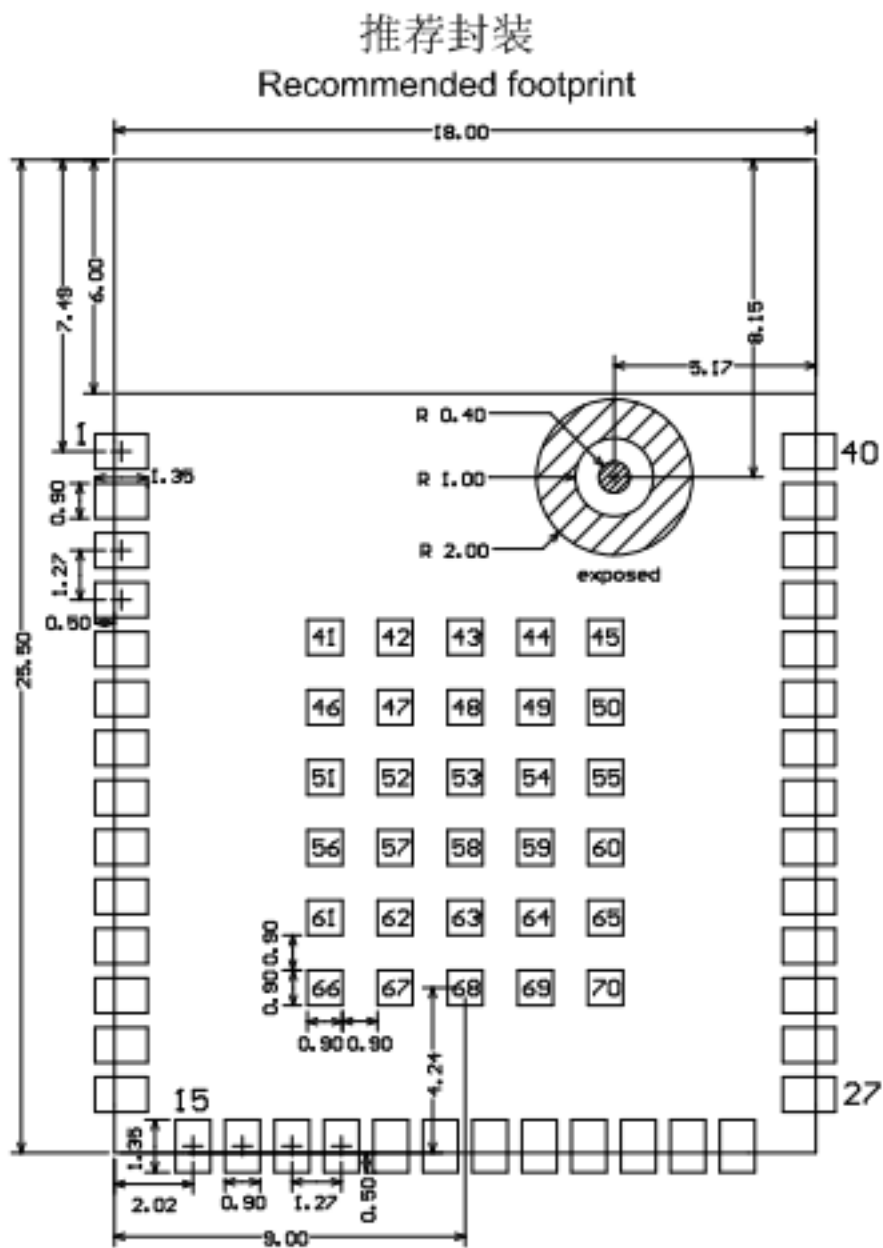
Side View

单位: mm
 模组外形公差: $\pm 0.35\text{mm}$
 板厚公差: $\pm 0.1\text{mm}$
 屏蔽盖高度公差: $\pm 0.05\text{mm}$

Unit: mm
 Module form factor tolerance: $\pm 0.35\text{mm}$
 PCB thickness tolerance: $\pm 0.1\text{mm}$
 Shield cover height tolerance: $\pm 0.05\text{mm}$



4.2. PCB 封装 (SMT)



i

模组长宽公差 $\pm 0.35\text{mm}$ ，高度公差 $\pm 0.15\text{mm}$ 。PCB 板厚公差 $\pm 0.1\text{mm}$ 。