

SinoMCU_2.4G

应用笔记 V1.0

2022/03/25

**sino**mcu
晟矽微电子**广东晟矽微电子有限公司**

Guangdong SinoMCU Microelectronics Co., Ltd.

声明

为了更好地服务于市场和客户，我司技术市场部特为客户编写此应用笔记，同时提供相应的软件、DEMO 板的文件和实物等。

应用笔记、软件、DEMO 板等仅供客户作为开发、生产的参考和验证，不作为量产的依据。如客户直接使用该应用笔记、软件、DEMO 板进行量产，若出现技术、质量问题，概由客户自行承担。如在使用过程中，出现问题时，我司在能力范围内给予相应的技术支持。

与此同时，本应用笔记难免会出现错别字、别字及表达不透彻之处，或者个别表达错误或不准确的地方，请大家指出，敬请谅解！

转载时，请注明出处，谢谢合作。

目录

产品简介篇	5
一、 2.4G 产品介绍	5
MC2410 和 MC3100 的对比	5
二、 SOC 产品介绍	6
1、 产品参数	6
2、 产品引脚排列、内部通讯接口	7
三、 开发相关	8
1、 仿真	8
2、 烧录	8
系统应用篇	10
一、 硬件	10
1、 典型原理图	10
2、 天线 PCB 设计规范	11
3、 典型外围规格	11
1) 天线类型	11
2) 天线外围	11
3) 晶振外围	11
4) 退耦电容	12
4、 仿真环境搭建	12
5) MC2410 模块	12
1) 仿真转接板	12
2) MC2413 最小系统调试板	13
5、 烧录工具	13
二、 软件	14
1、 名词解释	14
1) SPI	14
2) SyncWord	14
3) PKT	15
4) 对码	15
5) 跳频	16
2、 DemoCode 部分	16
6) 功能介绍	16
7) 测试方法	16
8) DemoCode 部分定义说明	17
9) DemoCode 部分函数说明	18
10) 常用寄存器说明	19
3、 基本流程	20
1) 状态机框图	20
2) 发射接收流程图	20
4、 250K 模式操作说明	22
三、 开发说明	23

1、 通讯的基本条件	23
1) RF 初始化	23
2) 频道相同	23
3) SyncWord	23
4) 发射、接收流程	23
5) 传输速率保持一致	23
6) 工作电压范围: 1.9V-3.6V	23
7) 芯片外围	23
2、 仿真调试注意事项	23
8) 仿真工作电压	23
9) 仿真环境要求	24
10) 仿真板的使用注意事项	24
11) 仿真时 SPI 通讯注意事项	24
12) 仿真时发射时间查看	24
13) 芯片配置中 Fcpu 与工作电压的关系	24
14) I/O 口驱动模式配置	25
15) 芯片配置中的兼容模式选择	25
16) 软件堆栈注意事项	25
17) 软件开漏口注意事项	25
18) 软件时基注意事项	25
19) 软件 WDT 使用注意事项	26
20) 函数 TX_RX_DataLength 使用说明	26
21) 软件发射操作流程	26
22) 软件 PKT 判断	27
23) 软件多发多收操作	27
24) 软件函数执行时间计算	27
25) 软件复位操作	27
26) 软件复位操作	27
3、 芯片烧写注意事项	27
1) 软件复位操作	27
2) 滚动码、对码 ID 的设置	27
3) 烧写芯片配置	30
4、 DirectMode 使用说明	30
5、 资料提供	34
1) RF 资料包	34
四、 辅助工具	35
1、 逻辑分析仪	35
2、 WIFI 分析仪	36

产品简介篇

一、2. 4G 产品介绍

参数 \ 型号	MC3090	MC3100	MC2410
传输速率	1M	1M、250K	1M、250K
最大发射功率	3dBm	8.33dBm	8dBm
接收灵敏度	-87dBm@1M	-95dBm@250K -90dBm@1M	-94dBm@250K -89dBm@1M
工作电压	1.9V~3.6V	1.9V~3.6V	1.9V~3.6V
TX 电流(@0dBm)	18.5mA	19mA	18mA
RX 电流	16.5mA	18mA	16mA
IDLE 电流	0.7mA	1mA	0.7mA
Sleep 电流	2uA	2uA	1uA
通讯方式	3/4 SPI、IIC	3/4 SPI、IIC	3/4 SPI
调制方式	GFSK	GFSK	GFSK
封装形式	SOP16,SOP8	SOP16,SOP8	SOP16, ESOP8

MC2410 和 MC3100 的对比

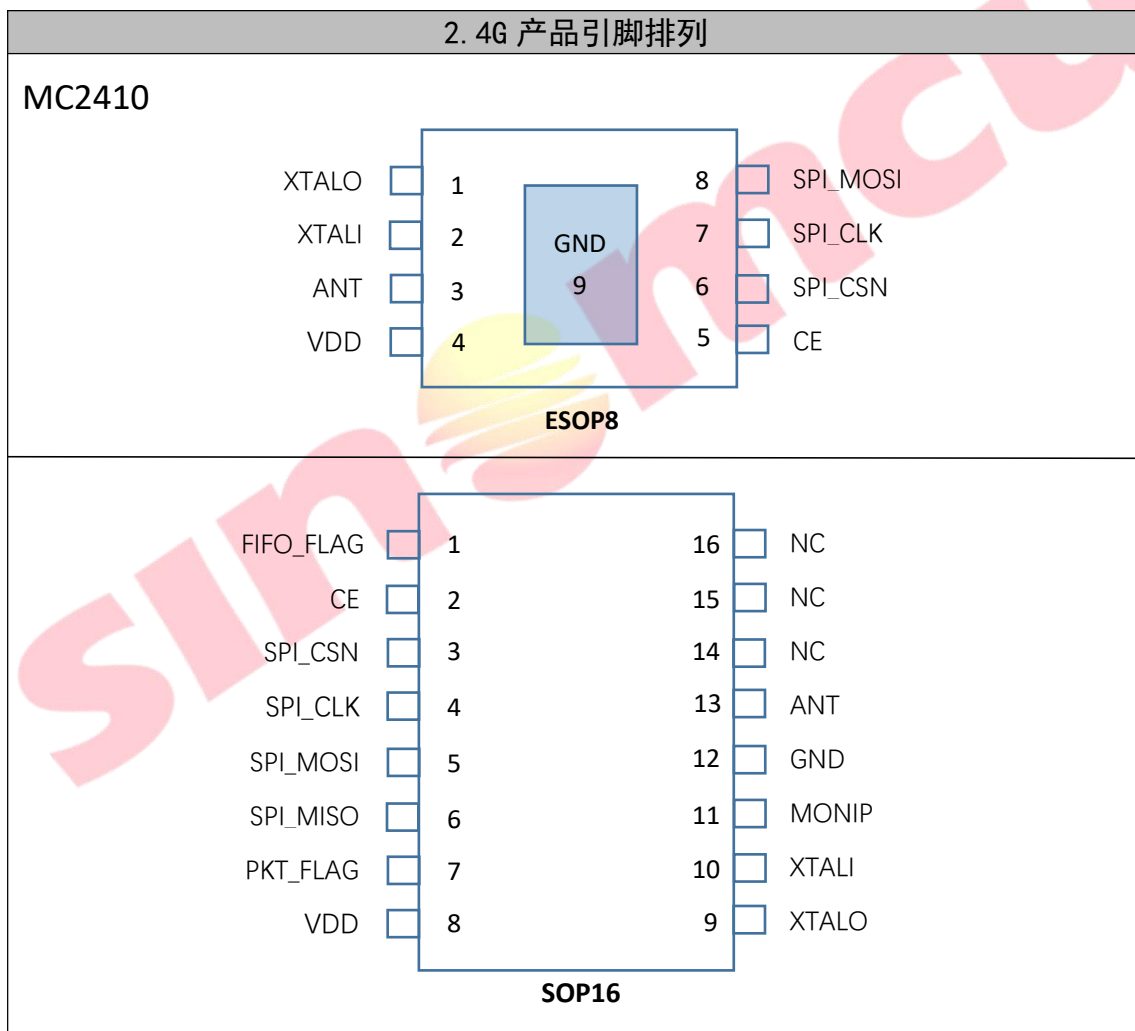
- 1、MC2410 是 MC3100 的升级版。直观效果为：相同情况下，MC2410 的距离比 MC3100 的远。
- 2、MC2410 是单端天线脚，匹配电路不同，外部不加射频匹配器件也可以达到较远通讯距离。
- 3、可以省去晶振匹配电容。
- 4、布板适应性更好。
- 5、ESD 和 EFT 性能有提升。

二、SOC 产品介绍

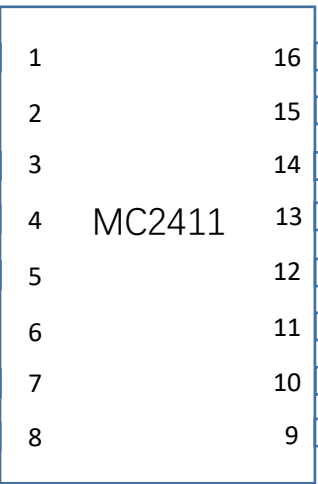
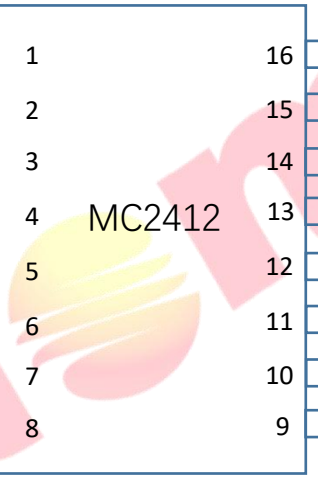
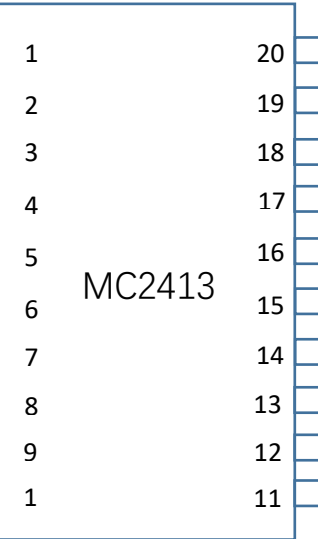
1、产品参数

RF	MCU	SOC	封装	IO (个)	PWM (路)	AD (个)	堆栈 (级)	RAM (bytes)	ROM
MC2410	MC30P6060	MC2411	SOP16	8	3	\	5	49	1K\O TP
	MC32P7311	MC2412	SSOP20	10	3	6	8	256	2K\O TP
	MC32F7062	MC2413	SSOP20	14	5	11	8	256	4K\FI ash

注: MCU 用户手册下载地址: www.sinomcu.com 晟矽官网



2、产品引脚排列、内部通讯接口

SOC 产品引脚排列		
MC2411A0K		
ANT <input type="checkbox"/> 1 GND <input type="checkbox"/> 2 P17 <input type="checkbox"/> 3 P16 <input type="checkbox"/> 4 MCU_VDD <input type="checkbox"/> 5 P15 <input type="checkbox"/> 6 P14 <input type="checkbox"/> 7 P13 <input type="checkbox"/> 8	 <p style="text-align: center;">MC2411</p> <p style="text-align: center;">SOP16</p>	16 <input type="checkbox"/> XTALI 15 <input type="checkbox"/> XTALO 14 <input type="checkbox"/> RF_VDD 13 <input type="checkbox"/> PKT 12 <input type="checkbox"/> GND 11 <input type="checkbox"/> P10 10 <input type="checkbox"/> P11 9 <input type="checkbox"/> P12
CE --- P00 CSN - P01 CLK -- P02 MOS - P03		
MC2412A0K		
ANT <input type="checkbox"/> 1 GND <input type="checkbox"/> 2 RF_VDD <input type="checkbox"/> 3 P00 <input type="checkbox"/> 4 P17 <input type="checkbox"/> 5 MCU_VDD <input type="checkbox"/> 6 P14 <input type="checkbox"/> 7 P15 <input type="checkbox"/> 8	 <p style="text-align: center;">MC2412</p> <p style="text-align: center;">SOP16</p>	16 <input type="checkbox"/> XTALI 15 <input type="checkbox"/> XTALO 14 <input type="checkbox"/> P02/PKT 13 <input type="checkbox"/> P04 12 <input type="checkbox"/> P11 11 <input type="checkbox"/> P12 10 <input type="checkbox"/> P13 9 <input type="checkbox"/> P16
CE --- P01 CSN - P10 CLK -- P05 MOS - P03 PKT -- P02		
MC2413A0Y		
ANT <input type="checkbox"/> 1 GND <input type="checkbox"/> 2 RF_VDD <input type="checkbox"/> 3 P15 <input type="checkbox"/> 4 P16 <input type="checkbox"/> 5 P17 <input type="checkbox"/> 6 P21 <input type="checkbox"/> 7 P20 <input type="checkbox"/> 8 MCU_VDD <input type="checkbox"/> 9 P10 <input type="checkbox"/> 1	 <p style="text-align: center;">MC2413</p> <p style="text-align: center;">SSOP20</p>	20 <input type="checkbox"/> XTALI 19 <input type="checkbox"/> XTALO 18 <input type="checkbox"/> P03/PK 17 <input type="checkbox"/> P02 16 <input type="checkbox"/> P01 15 <input type="checkbox"/> P04 14 <input type="checkbox"/> P05 13 <input type="checkbox"/> P12 12 <input type="checkbox"/> P06 11 <input type="checkbox"/> P11
CE --- P07 CSN - P13 CLK -- P14 MOS - P00 PKT -- P03		

三、开发相关

1、仿真

如下表，仿真时建立对应型号的工程和选择对应的 EV 小板。

型号	仿真板	工程型号	仿真软件
MC2411	MC30P6080EV 小板	MC30P6080	WinScope IDE
MC2412	MC32P7311EV 小板	MC32P7311	
MC2413	MC32F7062EV 小板 MC2413 最小系统板	MC32F7062	

注：仿真教程查看地址：www.sinomcu.com 晟矽官网

2、烧录

如下表，烧录时选择对应的烧写小板和软件。

型号	烧写小板	烧写软件
MC2411	MC2411 烧写小板	EZPro100
MC2412	MC2412 烧写小板	
MC2413	MC2413 烧写小板	EZPro100 WinScope IDE

注：烧录教程查看地址：www.sinomcu.com 晟矽官网

四、重点

1、工作电压

仿真和成品的 MC3090、MC3100、SOC 芯片工作电压范围必须为 1.9V-3.6V，超范围使用会导致模块不确定性损坏。

2、兼容性

脚位：一般情况，脚位不兼容，即使脚位兼容，芯片外围网络也不能完全兼容。

通讯：一般情况，通讯不兼容。每家定义的数据包格式不同，晟矽 2.4G 产品可以和个别厂家通讯，但要牺牲部分性能。

功能：功能上的兼容是相对容易做到的，除了基本功能，还需要注意功耗、距离等。

3、数据的传递与使用

2.4G 模块的功能是数据传递，内部没有 RAM、ROM 和 ID 等。SOC 产品是将 MCU 和 2.4G 芯片放在一起。数据如何传递和使用，是 MCU 控制 2.4G 模块实现的。

4、不良品

不良品包括烧写不良和上板不良。

烧写不良可只提供芯片。

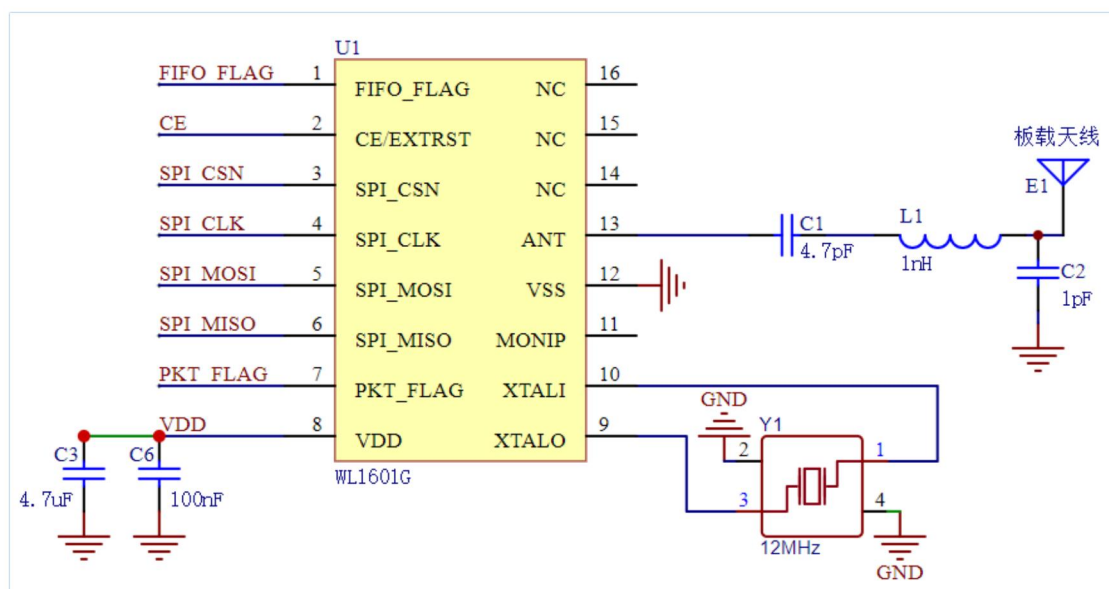
上板不良需提供至少 2 套完整板和尽可能多的芯片。上板不良不一定是芯片损坏，需结合整体应用。

系统应用篇

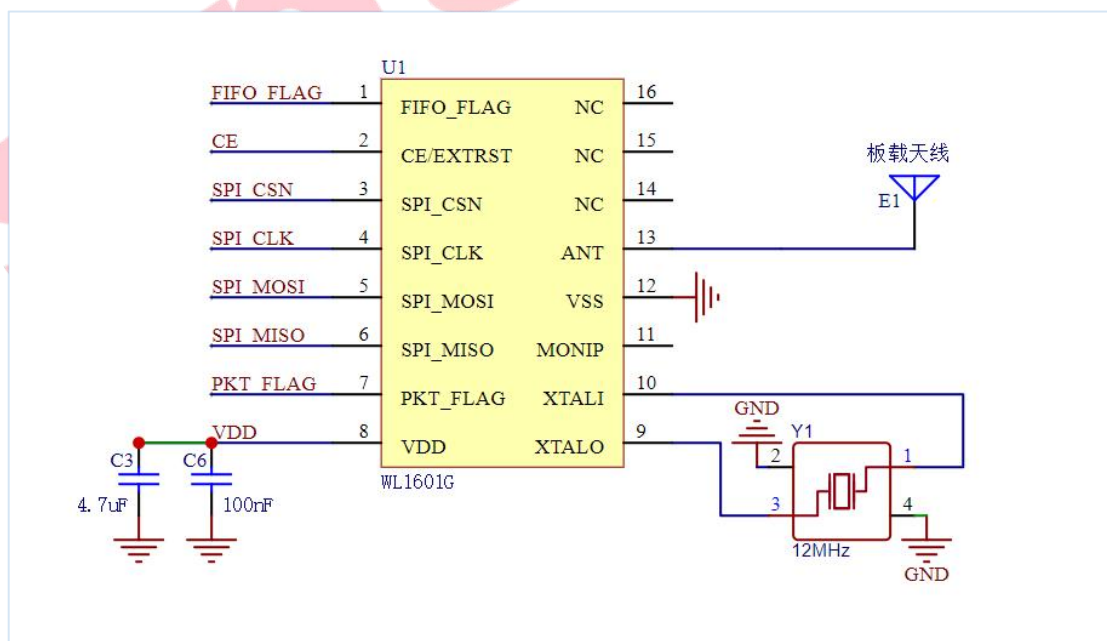
一、硬件

1、典型原理图

①过安规版本

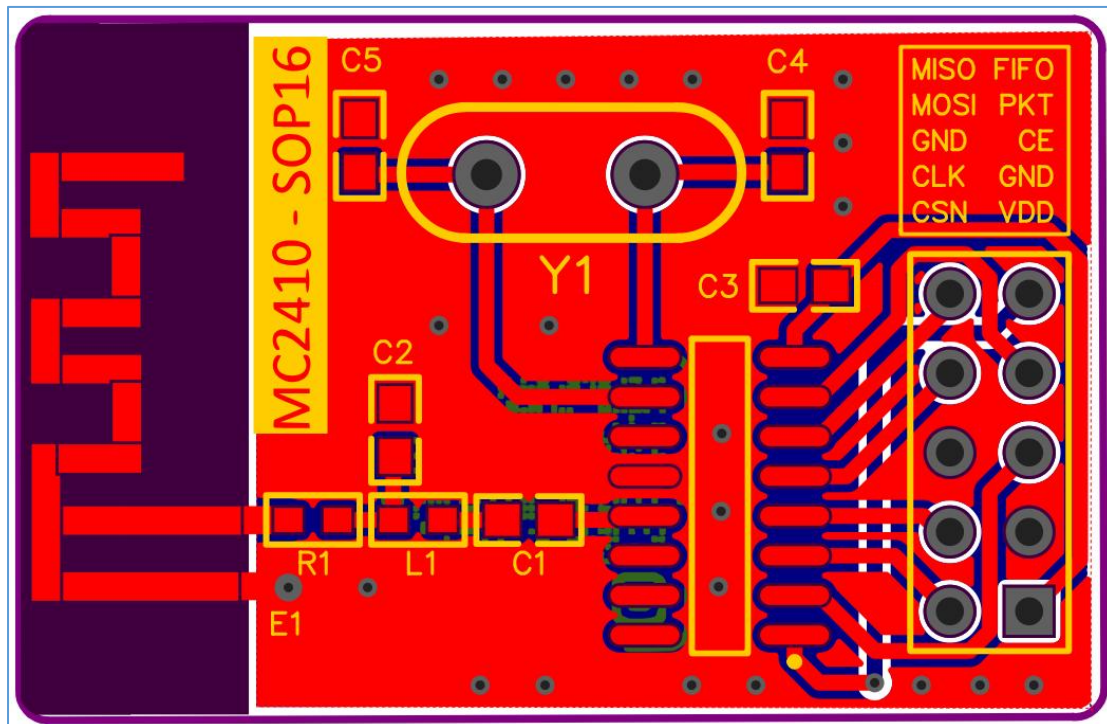


②不过安规版本



注: C3、C6 是电源退耦电容, 系统电源稳定的情况下可以省去。

2、天线 PCB 设计规范



3、典型外围规格

1) 天线类型

①导线天线，PCB 空间不足时选用，导线长度建议为 30-33mm，线径不可太细。注意导线天线顶端要做绝缘处理，以防接触高压。

②板载天线，PCB 空间充足时可选用，建议使用“Hardware”文件夹中“Ant_IC_Footprint”中的天线，不建议使用其他的。

2) 天线外围

①电感规格：2.2nH， ± 0.2 nH，封装推荐 0603。

②电容 C1 规格：4.7pF， ± 0.2 PF，50V，封装推荐 0603。

③电容 C2 规格：1pF， ± 0.2 PF，50V，封装推荐 0603。

3) 晶振外围

①晶振规格：12M， $< \pm 50$ ppm，ESR $< 60\Omega$ 。封装无要求。

②芯片内置晶振匹配电容，适用于市面上大部分品牌的晶振，如使用中发生晶振频偏较大等一些偏差问题，可以增加外部匹配电容。

③外部匹配电容规格：36pF， $\pm 5\%$ pF，50V，封装推荐 0603。

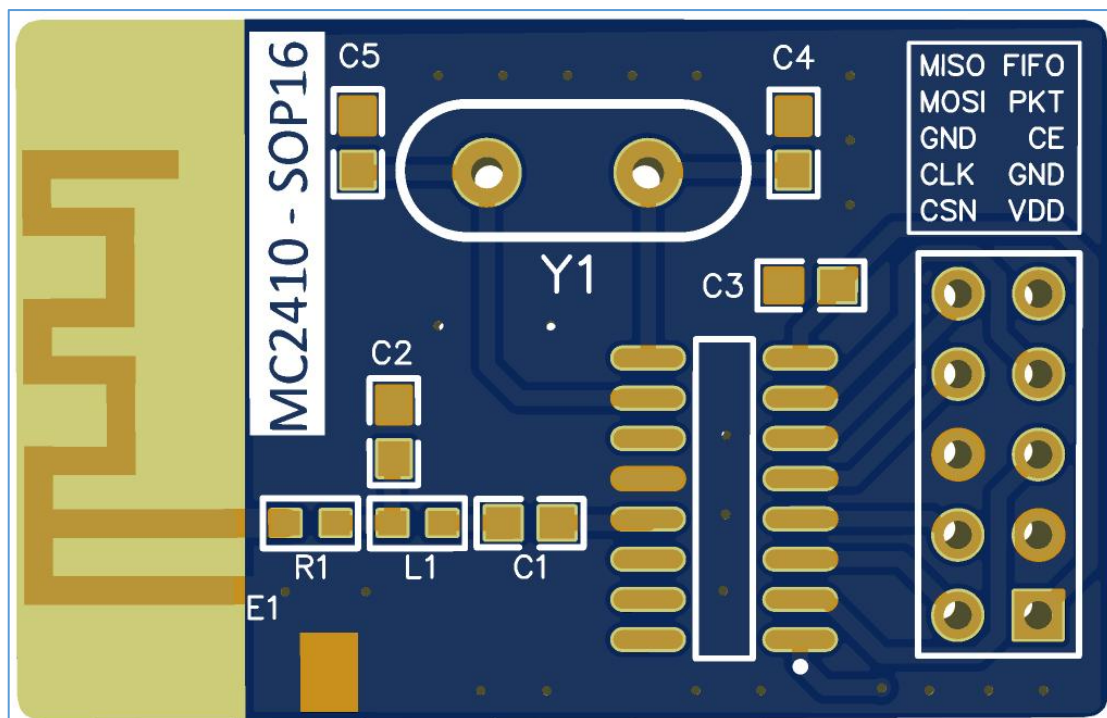
4) 退耦电容

①电容 C3 规格: 4.7uF, $\pm 5\%$ PF, 50V, 封装推荐 0603。

②电容 C6 规格: 0.1uF, $\pm 5\%$ PF, 50V, 封装推荐 0603。

4、仿真环境搭建

5) MC2410 模块



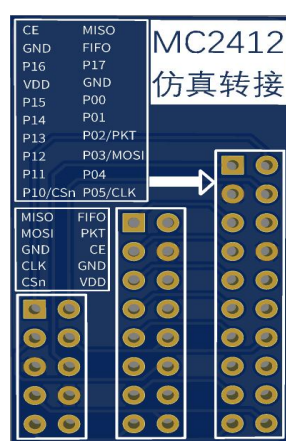
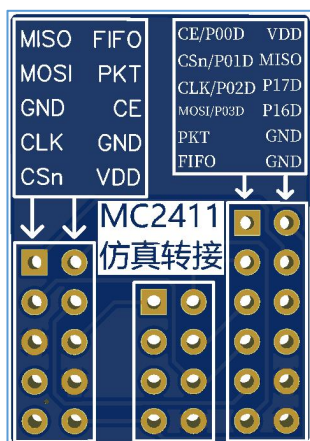
注 1: 目前暂不提供 ESOP8 的模块, 可用 SOP16 模块代替。

注 2: SOC 产品只提供 MC2413 模块, MC2411、MC2412 不提供, 可用 MCU+MC2410 模块代替。

使用方法: ①连接 VDD、GND、CSn、CLK、MOSI。多出来的 PKT、MISO、FIFO 可作为辅助调试端口。

②插到仿真转接板上使用。

1) 仿真转接板



二、软件

1、名词解释

1) SPI

MC2410 支持 3 线和 4 线 SPI;

4 线 SPI 为默认的方式, 包括 CS 你、CLK、MOSI、MISO。

3 线 SPI 是在 4 线 SPI 的基础上去掉 MISO、由 MOSI 代替。

使用 3 线 SPI 时: ①在所有操作之前, Reg94=0x80。②读操作时, 在第一个 CLK 之前, 把 MCU 的 MOSI_IO 端口方向设置为输入, 操作指令必须放在最底层 (Demo Code) 中的 SPI_ReadBit_Deal 中。③读操作完成, CSn 拉高之后, 把 MCU 的 MOSI_IO 端口方向设置为输出。

无论使用 4 线 SPI 或 3 线 SPI, 应配置 CKPHA=0。MC2410 默认 CKPHA=1, 切换成 CKPHA=0 之前, 要先使用默认 CKPHA=1 格式写 Reg30[7]=0, 然后再切换 CKPHA=0, 之后就可以按照 CKPHA=0 的格式进行读写寄存器。如果芯片复位, 则需要重复上述操作重新配置。

注: CKPHA=0, 为 CLK 上升沿采样; CKPHA=1, 为 CLK 下降沿采样。

2) SyncWord

发射端和接收端的 SyncWord 长度、值、容错位必须按照规则配置, 否则不能通讯或距离不达标。

相关寄存器	说明	发射端和接收端是否相同
Reg64[4:3]	SyncWord 长度	是
Reg72-Reg79	1M 时, SyncWord 值	是
Reg81[5:0]	1M 时, SyncWord 容错位	是
Reg106	250K 时, SyncWord 容错位	是
Reg108-Reg111	250K 时, SyncWord 值	否 按照“按位取反再高低位翻转”配置

注(@1M): Reg64[4:3]设置为“01”时, 为 Reg72、73、78、79 有效。

① Reg64[4:3]和 Reg81[5:0]对应配置如下表:

Reg64[4:3]	Reg81[5:0]
11(64bits)推荐使用	7
10(48bits)推荐一般	5
01(32bits)推荐一般	3
00(16bits)不推荐使用	1

注(@250K): Reg64[4:3]必须为 01, 即长度固定为 4bytes。

② 按位取反再高低位翻转: 发射端的 Reg108[7]取反后等于接收端 Reg111[0], 发射端的 Reg108[7]取反后等于接收端 Reg111[1], 依次类推。

③ Reg106 的值除以 4 后用 32 减后的得到的值即为容错位, 如 Reg106 建议值为 0x68, 相当于容错位为 6。具体取值可根据实际通讯情况下的噪声调整, 取值范围推荐 0x60-0x80。

④ 1M 和 250K 共同的注意事项:

注 1: SyncWord 的值使用无规律的数据串, 禁止设置为 0x00 或者 0xFF。

注 2: 不同产品的 SyncWord 值应有分别, 还需超出 Reg81/Reg106 容错位数, 以防不同产品之间出现通讯的情况。SyncWord 值是否合理, 可以使用 DEMO 程序验证。

注 3: 只需在初始化时写入, 不建议将滚动码 ID 写入 SyncWord 值。

3) PKT

① TX 使能之后 PKT 为低, 发射成功 PKT 为高; RX 使能之后 PKT 为低, 收到数据 PKT 为高, 收到的数据不一定为正确数据。

② 有 2 种判断方式, 第一种是直接判断 PKT_Flag 脚; 第二种是读取 Reg97[6]内容。

4) 对码

① 对码属于功能, MCU 控制 MC2410 实现。

② 原理为发射端和接收端通过对码的方式, 存储对方的 ID, 正常操作时, 先判断是否为对方的 ID, 然后再执行动作。一般对码方式有三种:

a. 单端记忆, 即发射和接收只有一端存储另一端的 ID;

b. 双端记忆, 即发射和接收均存储对方 ID;

c. 实时对码, 即在 (b) 的基础上, 增加正常操作过程中, 发送对码命令, 用于其中一端掉电再上电不需要对码过程。

5) 跳频

① 跳频属于功能，MCU 控制 MC2410 实现。

② 在更换频道之前，必须先进入 Idle 模式，通过 Reg15[6:0]设置频道，最后使能发射或者接收。

③ 跳频的目的是为了通讯不受环境干扰，保持稳定可靠的距离。

2、DemoCode 部分

注 1: 该部分结合资料包种的“Software”文件夹查看。

注 2: SOC 产品均使用 3 线 SPI, 4 线 SPI 单独创建了文件夹。

6) 功能介绍

发射端和接收端以传输速率为 1Mbps, 4ms 为时基, 发射和接收以 500ms 为周期进行切换, 发射成功之后, 发射灯亮, 500ms 定时到了之后, 发射灯灭, 并转成接收模式; 接收到正确数据之后, 接收灯亮, 500ms 定时到了之后, 接收灯灭, 并转成发射模式。

7) 测试方法

测试 DEMO 时, 需手动修改发射和接收的周期, 使发射端的时基*2=接收端的时基, 发射端的周期*2=接收端的周期, 即修改 TNms_Value。现象为: 发射端的发射灯周期性亮灭, 接收灯不是周期性亮灭; 接收端的发射灯和接收灯均周期性亮灭。

SOC 产品在仿真时, 使用“仿真器+仿真小板+仿真转接小板+2.4G 模块”, “仿真转接小板”可以用杜邦线代替。

引脚定义	说明 (根据实际应用配置, 更改 IO 初始化)
RF_PKT	PKT 判断脚, 输入。 无此引脚时, 判断 Reg97[6]。可删
RF_CE	MC2410 的使能、复位脚。 等于“1”, 使能; 等于“0”, 复位
RF_CLK	SPI_CLK 控制脚, 输出
RF_CSn	SPI_CSn 控制脚, 输出, 初始化为输出 1
RF_MOSI	SPI_MOSI 控制脚, 输出, 4 线 SPI 使用
RF_MISO	SPI_MISO 控制脚, 输入, 4 线 SPI 使用
RF_MOSI_MISO	SPI_MOSI 控制脚, 输出输入, 3 线 SPI
RF_MOSI_MISO_DDR	控制 SPI_MOSI 的 IO 方向, 3 线 SPI 使用 根据 RF_MOSI_MISO 状态, 对应配置
RF_MOSI_Input	给“RF_MOSI_MISO_DDR”赋值 需结合用户手册查看方向寄存器
RF_MOSI_Output	

8) DemoCode 部分定义说明

变量定义	说明
Delay_100us_Num_Temp	立即数 100us 延时用, 根据 Fcpu 更改 影响初始化之前的复位时间和唤醒时间
RX_DataLengthMax_Value	立即数 接收端数据包最大长度 (包含), 根据发射包长度配置 程序只发时, 可删除
SyncWord_Data1	立即数 SyncWord 数据内容, 不可为 0x00 或 0xFF 一般不用, 可删除
SyncWord_Data2	
SyncWord_Data3	
SyncWord_Data4	
SyncWord_Addr1	立即数 SyncWord 地址, 结合 Reg64 使用 一般不用, 可删除
SyncWord_Addr2	
SyncWord_Addr3	
SyncWord_Addr4	
TX_RX_DataLength	发射/接收数据长度, 共用变量 汇编中, 数据包数据定义紧跟在该变量之后 注意 RAM 存储位置和长度会影响间接寻址方式
TX_RX_Data1	数据包数据 根据应用增加或减少 汇编中, 定义位置在“TX_RX_DataLength”下面, 不可放置其他位置
TX_RX_Data1	
TX_RX_Data1	
TX_RX_Data1	
TNms_Value	立即数 根据对应定时器配置赋值, 设定中断时间 (时基)
RF_InitIndex	寄存器初始化时, 查表累加变量 结合“RF_InitTab”使用 汇编初始化结束后, 可复用
RF_ChannelValue	注意数据不能超范围: 00-80 固定频道时, 可删除
RF_RegAddr	寄存器地址
RF_RegData	寄存器数据
RF_Init_RegData_Temp	寄存器数据缓存 初始化结束后, 可复用
RF_RegData_Temp	寄存器数据缓存
SPI_BUF	读、写 SPI 的中间变量, 传数据使用
SPI_Cyc_Cnt	读、写 SPI 的循环计数变量
TX_RX_DataLength_Temp	发射/接收数据长度, 共用缓存变量
Delay_100us_Num1-2	100us 延时变量
RF_ReadFIFOError_Flag	接收读 FIFO 数据错误标志位 为“0”时, 没有错误; 为“1”时, 有错误 出错原因: CRC 错误、超数据长度范围
SPI_CKPHA_Flag	0: CKPHA=1 1: CKPHA=0

9) DemoCode 部分函数说明

下表为 DEMO 程序中 2.4G 函数部分的说明及堆栈。其中红色字体，应根据实际应用更改。

DEMO 程序中，寄存器地址为十进制，数据为十六进制。

堆栈级数为调用的最深级数。

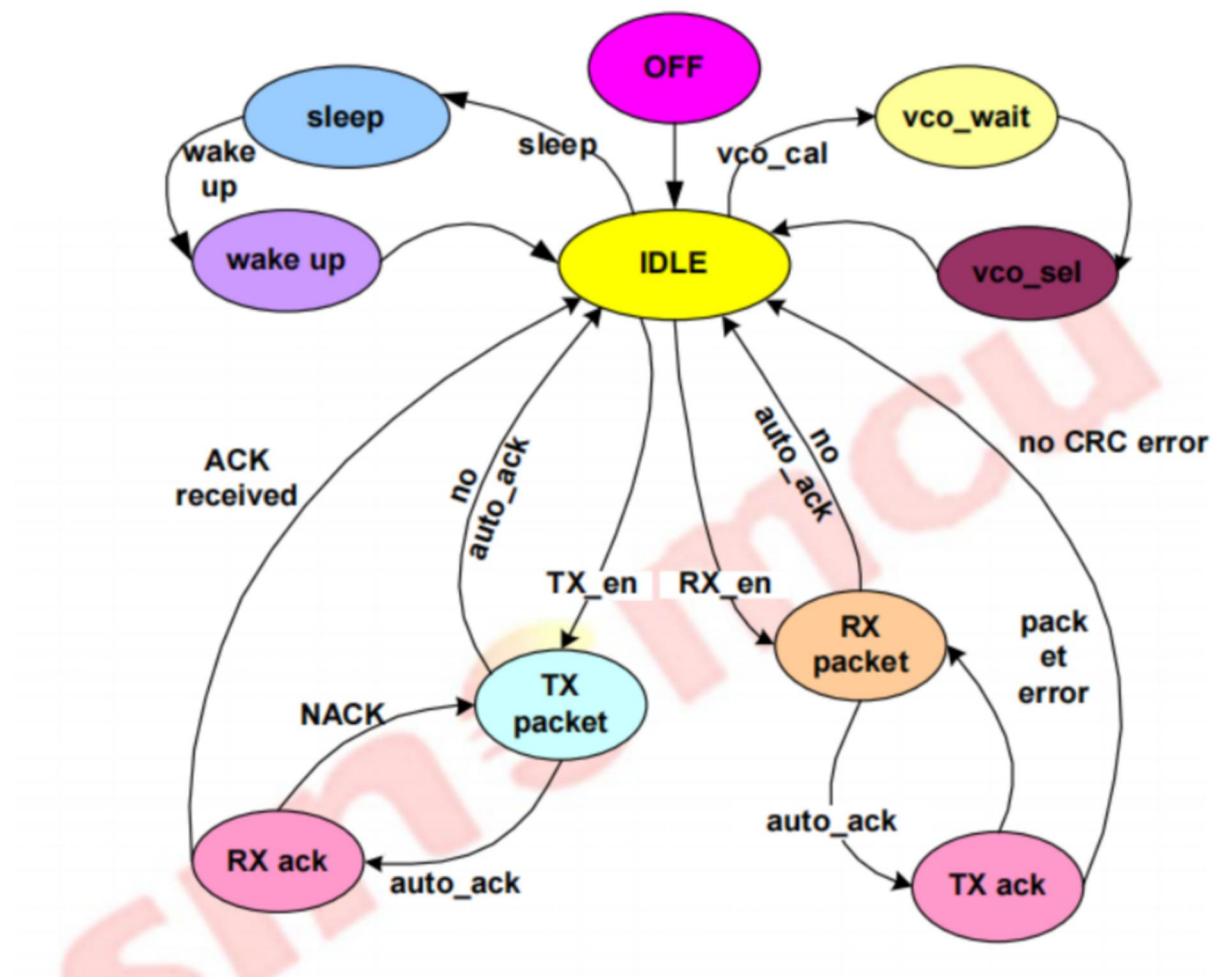
2.4G 函数	说明	堆栈级数
RF_InitTab	寄存器初始化数组，除了 Reg72-79，其余不可随意更改，收发保持一致 Reg04[0xC2], Reg17[0x3A], Reg18[0x0C], Reg34[0x08], Reg35[0x08], Reg45[0x00], Reg52[0x1A], Reg53[0x40], Reg64[0x78], Reg80[0xF8], Reg81[0x47] reg65 选择编码方式和 FEC (发送设备需要与接收设备设置相同的值) reg64、reg81 设置数据帧格式，reg72、73、74、75、76、77、78、79 设置 syncword (发送设备需要与接收设备设置相同的值)	1
RF_Init_Deal	初始化函数，延时（大于 2mS）等待芯片稳定，Reg30[0x00]配置 SPI_CKPHA=0，Reg94[0x80]配置 3 线 SPI（合封产品默认 3 线 SPI） RF_InitTab 配置完寄存器推荐值后，退出前 Reg46[0x09]结束初始化	3
RF_TX_Deal	设置频道，使能发射，只收时，可删除	3
RF_TX_PKT_Deal	发射时，读 Reg97[bit6]，判断 PKT，PKT 置一之后退出 接收时应该循环判断 PKT，只发时，可删除	3
RF_Idle_Deal	进入 Idle 模式，只发/收时，不做休眠时，可删除	3
RF_Sleep_Deal	进入睡眠模式，只发/收时，不做休眠时，可删除	3
RF_Wakeup_Deal	唤醒，注意“Delay_100us_Num_Temp”是否修改，至少保证 CSn 拉低时 间为 2ms，只发/收时，不做休眠时，可删除	2
RF_WriteFIFO_Deal	写 FIFO 数据，只收时，可删除	2
RF_ResetWriteFIFO_Deal	清 FIFO 写指针，只发/收时，可删除	3
RF_ReadFIFO_Deal	读 FIFO 数据，只发时，可删除 ①先判断 CRC 是否正确； ②正确之后，读取 FIFO 第一个数据，并判断， 是否大于 0 且小于等于“RX_DataLengthMax_Value”； ③正确之后，读取剩余 FIFO 数据，存在对应的 RAM 中； ④如果有一项不正确，“RF_ReadFIFOError_Flag”置一。	3
RF_ResetReadFIFO_Deal	清 FIFO 读指针，只发/收时，可删除	3
SPI_WriteReg_Deal	写数据到寄存器，先写地址，再写数据	2
SPI_WriteBit_Deal	按位写	1
SPI_ReadReg_Deal	读寄存器中的数据，先写地址，再读数据	2
SPI_ReadBit_Deal	按位读	1
Delay_100us_Deal	100us 延时	1
RF_SetSyncWord_Deal	配置 SyncWord，根据 Reg64,可添加或减少变量 不建议使用，可删除	3

10) 常用寄存器说明

寄存器[Reg]	说明
14、15	发射、接收使能；通讯频道；Idle 模式，最常用
18[7:4]	发射功率，根据发射功率表格调整，一般在初始化时配置
30[7]	SPI_CKPHA 配置，“1” CLK 下降沿采样；“0” CLK 上升沿采样
46	初始化的时候，只写不读
64[7:0]	数据包结构中 Preamble、SyncWord、Trailer 长度 一般在初始化时配置
70[6]	进入 Sleep 模式
72-79	传输速率为 1M 时，SyncWord 内容值 根据 Reg64 配置 不能是 0x00 和 0xFF，不同产品应有区分 一般在初始化时配置
81[5:0]	SyncWord 容错位位数设置 根据 Reg64[4:3]设置 一般在初始化和更改 Reg64[4:3]时配置
82[5]	数据包中，传输数据的第一个字节，代表传输数据长度或者只是数据 一般在初始化时配置或默认
94[7]	使能 3 线 SPI，默认为 4 线 SPI 一般在初始化之前和初始化失败之后重新配置
96[7]	CRC 错误标志位 在 CRC 开启（默认开启），收到 PKT 之后，先判断该位为 0 的情况下，再读数据。为 1，则说明数据不对，收到的数据无意义 PKT 置高后先判断此位
97[6]	PKT 判断标志位 发射、接收使能，PKT 为低； 发射成功、
100	读写 FIFO 数据的接口 CRC 正确，收到的数据长度在范围之内时使用
104[7]	清 FIFO 写指针 写 FIFO 之前清
105[7]	清 FIFO 读指针 读 FIFO 之前清
108-111	传输速率为 250K 时，SyncWord 内容值

3、基本流程

1) 状态机框图



2) 发射接收流程图

以 DEMO 程序为例，绘制发射、接收流程图。

说明：

①读 FIFO 时，判断 CRC 及数据长度已在底层函数处理，主程序只判断标志位。

②发射和接收切换时，应先进入 Idle。因发射成功之后，自动进入 Idle，所以由发射切换成接收时，等待 PKT 置一之后，不需要调用 Idle 函数。

③第一次“发射/接收状态判断”为发射，所以接收状态之前未“清 FIFO”和“设置频道并使能接收”。

sino**mcu**

4、250K 模式操作说明

初次进入 250K 传输速率：初始化寄存器之后，传输速率默认 1M，先进入 Idle，若发射使用 250K 传输速率，调用“RF_TX_250K_Deal”，接收使用 250K 传输速率，调用“RF_RX_250K_Deal”。

退出 250K 传输速率：先进入 Idle，然后配置 Reg107=0x11。同时，根据需求配置 Reg64，DEMO 程序建议值为 Reg64=0x78。

说明，使能发射和接收，仍需调用“RF_TX_Deal”和“RF_RX_Deal”

sino MCU

三、开发说明

1、通讯的基本条件

1) RF 初始化

按照用户手册“寄存器初始推荐值”配置，不可随意更改。
初始化配置只需每次上电、复位后配置。

2) 频道相同

配置 Reg15[6-0]。

3) SyncWord

按照“名词解释-SyncWord”配置。

4) 发射、接收流程

按照“常用流程图-发射、接收流程图”。

5) 传输速率保持一致

MC2410 支持 250K 和 1M。

6) 工作电压范围：1.9V-3.6V

仿真和成品的 MC2410、SOC 芯片工作电压范围必须为 1.9V-3.6V。

7) 芯片外围

根据“系统应用篇--典型外围规格”选择外围。

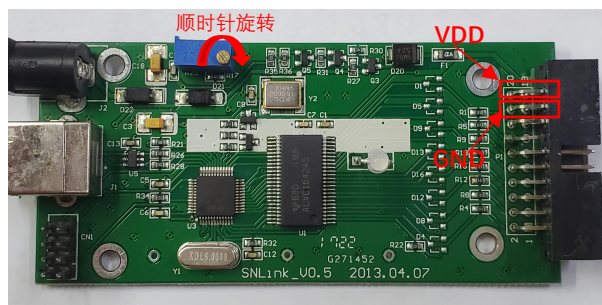
2、仿真调试注意事项

1) 仿真工作电压

使用仿真器仿真时，需调节仿真器的输出电压（3V）。

v0.7 仿真器：IDE 主界面→工具→仿真系统选项→仿真器电压选择→选择 3V→确定；

V0.5 仿真器：短接背面 U6_3 和 U2_3，调节正面电位器直到输出 3V；

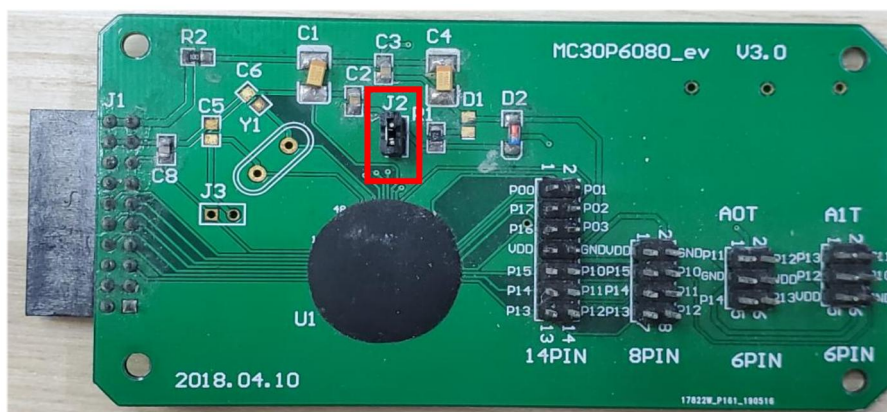


2) 仿真环境要求

受限于仿真软件的功能，调试过程，可以使用两台电脑进行仿真调试。

3) 仿真板的使用注意事项

部分仿真小板上的 VDD 需要手动短接之后才能给 2.4G 模块供电，如果没有短接，初始化部分是失败的。下图红框为 MC30P6080EV 仿真小板的 VDD 短接位置。



4) 仿真时 SPI 通讯注意事项

MCU 和 2.4G 模块使用杜邦线连接时，杜邦线的长度不可超过 5cm，否则可能出现 SPI 通讯不成功。也可以在模块上的 CLK 和 GND 中间接 15pF 电容。

推荐使用“仿真转接小板”。

5) 仿真时发射时间查看

查看发射时间最快的方式是用示波器看 PKT 脚的波形。注意，1M 和 250K 发射时间不一样。

6) 芯片配置中 Fcpu 与工作电压的关系

Fcpu 的选择应根据应用及芯片电气特性选择。

如 MC2412Fcpu=8M 时,工作电压范围是 3.8V-5.5V, 但 2.4G 的最高工作电压是 3.6V, 所以 Fcpu 不能等于 8M, 只能选择 0-4M。

7) I/O 口驱动模式配置

MC2411, 在芯片配置中选择“正常驱动”

MC2412, 在程序中配置寄存器 DRVCR[7]=1。

8) 芯片配置中的兼容模式选择

MC2410 仿真 Option 选项中的兼容性, 使用汇编时选择“义隆”, 使用 C 时选择“菲林”

同时, 需注意其他的一些问题, 见下表。

功能	兼容义隆模式	兼容菲林模式
复位地址	000H	存储空间最后地址
P1 口键盘中断允许位	有键盘中断功能, 无允许位	有键盘中断功能且有允许位
P03 口内部下拉电阻	无	有
外部中断触发沿	下降沿	上升沿或下降沿
指令操作 GIE	只能用 BSET/BCLR 指令	无指令限制
PC 高位缓存器 PCLATH	无	有
指令操作 PCL	ADDRA 指令: PC={PC[9:0]+ALU[7:0]}; 其它指令: PC={PC[9:8], ALU[7:0]}; (ALU 运算结果)	PC={PCLATH[1:0], ALU[7:0]}; (ALU 运算结果)

9) 软件堆栈注意事项

在调用 2.4G 底层函数时, 需注意堆栈是否溢出, 中断默认占一层堆栈, 堆栈级数在用户手册中有说明。

10) 软件开漏口注意事项

MC2411 有 P13D 一个开漏口, MC2412 有两个开漏口, P00D 和 P13D。

11) 软件时基注意事项

推荐使用“时间片轮询法”, 即主程序循环以一定的时基进行。

对于发射和接收有 2 种时基处理方法。

① 发射端的时基=接收端的时基, 一般不推荐。

■ 理想时序, 如下图:



■ 极端情况，如下图：



② 发射端的时基*2=接收端的时基，推荐使用。

■ 理想时序，如下图：



12) 软件 WDT 使用注意事项

- ① MCU 的 WDT 时钟有 $\pm 50\%$ 的偏差。
- ② 注意 WDT 计数器是上电开始计时，应在配置之前清狗。
- ③ 2.4G 初始化之前使能 WDT，需在初始化中添加清狗操作。
- ④ 建议在 2.4G 初始化之后再使能 WDT，主程序中清狗。

13) 函数 TX_RX_DataLength 使用说明

- ① RAM 的起始地址。应保证数据长度足够多，并在更改数据长度时，对应 修改 RAM 的起始地址，不可超出芯片 RAM 地址范围；
- ② 程序中有：TX_RX_DataLength+1，TX_RX_DataLength+2 等，代表的含义是 RAM 区地址 +1，+2 等。可以直接定义变量名为 TX_RX_DataLength1，TX_RX_DataLength2 等
- ③ 寻址问题。结合“TX_RX_DataLength”地址位置选择寻址模式。

14) 软件发射操作流程

发射一次的流程：①清 FIFO；②写 FIFO；③使能发射；④等待 PKT。

发送数据是否改变	发送时间长短	发送流程	优点
否	短	①→②→③→④→③→④→③→④	更多的时间处于发射状态
	长	①→②→③→④→①→②→③→④	/
是	/	①→②→③→④→①→②→③→④	/

15) 软件 PKT 判断

发射时的基本要求: 第一次发送成功之后, 才能进行第二次发射。可以在使能发射之后, 等待 PKT 置一, 也可以使能发射之后, 先处理逻辑部分, 第二次使能发射之前检查 PKT 是否置一;

接收时的基本要求: 接收状态下, 主程序循环时, 不需要每次循环均使能接收, 在 PKT 置一之后, 会自动退出接收状态, 此时可以重新进入接收。

16) 软件多发多收操作

“多”一方面指单个时基内, 多余的时间用来发射或接收。另一方面指发送一个数据包的次数在满足功能要求的情况下, 尽可能多发; 接收一个数据包, 满足功能要求的情况下, 延时足够的时间使接收收到数据。

17) 软件函数执行时间计算

2.4G 底层函数均占用了一部分时间, 在时间安排紧凑的情况下, 要将 2.4G 底层函数执行时间算进去。

18) 软件复位操作

这里的复位是指仿真软件界面的复位按键。执行复位之后, 为确保工作状态正确, 需要将仿真器重新上电, 或者短接一下 2.4G 模块上的 CE 脚。

19) 软件复位操作

这里的复位是指仿真软件界面的复位按键。执行复位之后, 为确保工作状态正确, 需要将仿真器重新上电, 或者短接一下 2.4G 模块上的 CE 脚。

3、芯片烧写注意事项

1) 软件复位操作

推荐使用烧写小板烧写。跳线烧写时, 烧录器 VDD 只可连接 MCU_VDD。

2) 滚动码、对码 ID 的设置

自身 ID 存储的位置在 MCU 的 ROM 区, 而不在 RAM 区和 2.4G 芯片中。接收到的对方 ID 存储在 MCU 的 RAM 区。

通过烧写滚动码的方式, 按照设定的数据和步进值烧写到 MCU 对应的 ROM 区, 然后程序再读取对应地址的数据, 之后进行写 FIFO、使能发射等操作。

起始地址“0x00”，中断地址“0x08”，一般使用 0x01-0x07 存储和读取自身 ID。这时，滚动码配置选项基本是不需要改动的。如果不是在这一部分定义，需注意修改滚动码配置的地址。

程序读取对应地址的数据、地址位置查找和设置的方法如下：

① 汇编中常用方法：下面是先定义起始地址“0x00”，在中断地址“0x08”之前，定义了 3 个返回立即数，每个立即数即为默认 ID。

```

    org      0x00
    goto     Start

ID1_Tab:
    retai    0xFF
ID2_Tab:
    retai    0xFF
ID3_Tab:
    retai    0xFF

    org      08h
    goto     All_Int
  
```

下图是仿真工程“Output”文件夹里的 lst 文件，该文件可以查看每个立即数对应的地址，注意地址是：0x01、0x02、0x03，而不是从 0x00 开始。

Address	Hex	Op1	Op2	Op3	Op4	Op5	Op6
000000	a18b	goto	0x18b			org	0x00
						goto	Start
						ID1_Tab:	
000001	3bff	retai	0xff			retai	0xFF
000002	3bff	retai	0xff			ID2_Tab:	retai 0xFF
000003	3bff	retai	0xff			ID3_Tab:	retai 0xFF
						retai	0xFF
						org	08h
000008	a17f	goto	0x17f			goto	All_Int

下图是使用时的调用，利用 ACC 传递，并赋值给对应的 RAM 变量。

```

    movai    4
    movra    TX_RX_DataLength

    call     ID1_Tab
    movra    TX_RX_DataLength+1

    call     ID2_Tab
    movra    TX_RX_DataLength+2

    call     ID3_Tab
    movra    TX_RX_DataLength+3
  
```

② C 中常用方法：定义地址及默认值，如下图。

```

/*****
; 需要对码功能时使用，烧录时对应地址烧滚码作为ID
; *****/
const uchar __at 0x3f0 ID_Tab[3] = {0xFF,0xFF,0xFF};
  
```

“Output”文件夹 lst 文件，如下图。

				ID_MC2412_Cdemo_0	code	0x03F0
				_ID_Tab		
0003f0	00ff	dw	0xff	dw 0xff		
0003f1	00ff	dw	0xff	dw 0xff		
0003f2	00ff	dw	0xff	dw 0xff		

调用时写法，如下图。

```
TX_RX_DataLength[0] = 4;
TX_RX_DataLength[1] = ID_Tab[0];
TX_RX_DataLength[2] = ID_Tab[1];
TX_RX_DataLength[3] = ID_Tab[2];
```

③ 烧写软件配置滚动码步骤：“选择芯片”→“芯片型号”→“芯片配置”→“打开”相应的 S19 文件→“滚动码设置已 Off”→“使能滚动码 ID”→按照程序配置选择字节长度、滚码 ID 存储地址、填写滚码 ID 初始值。



确定下载，并下载成功之后，烧录器 LCD 会有“ID”显示，如下图。每烧一颗芯片，ID 号会自动按照步进值累加。



④ 验证滚动码是否烧录正确：Option 选项选择不加密，烧 2 颗已配置好滚动码的芯片。分别读取，并保存成 S19 文件，使用对比软件对比 2 个 S19 文件。

⑤ 特别注意：程序 ID 默认值推荐写 0xFF，以防烧录时忘记添加滚动码。一旦忘记，可使用特殊版的烧写软件重复烧写芯片。

⑥ 特别注意：ID 可以放置在数据包中，不建议放置在 SyncWord 中。

- ⑦ 特别注意：程序更改需确定滚动码位置是否改变。
- ⑧ 特别注意：多台烧录器同时烧写时，每台烧录器应正确设置 ID 初始值。

3) 烧写芯片配置

- ① 仿真和烧写的 Option 配置应保持一致；
- ② 上电时间 PWRT 不可选择 140us，否则，有可能导致死机；
- ③ 复位电压 LVR 配置，需根据用户手册“工作电压”和 Fcpu 来配置，且不可不选。

4、DirectMode 使用说明

DirectMode 即载波模式，可通过频谱仪和信号发生器看 RF 的发射功率、接收灵敏度、工作频率。步骤如下：

- ① RF 初始化，寄存器配置详见用户手册“寄存器初始推荐值”。
- ② 按下表写入，使 2.4G 进入或退出测试模式。进入前、退出前、退出后，均需要先进入 Idle 工作状态。

Register (十进制)	进入测试模式时写入值 (十六进制)	退出测试模式时写入值 (十六进制)
01	F9	E9
65	01	00
68	B0	30
22	83	03

- ③ 上述配置完成后，应进行后续频率设置和收发使能。
- ④ 写 Reg14/15 设定频道。在 DirectMode 下，频率的设置与正常模式不同，请参考下表。

工作频率	REG14	REG15
2400	00	4B
2401	02	4B
2402	04	4B
2403	06	4B
2404	08	4B
2405	0A	4B
2406	0C	4B
2407	0E	4B
2408	10	4B
2409	12	4B
2410	14	4B
2411	16	4B
2412	18	4B
2413	1A	4B

2414	1C	4B
2415	1E	4B
2416	20	4B
2417	22	4B
2418	24	4B
2419	26	4B
2420	28	4B
2421	2A	4B
2422	2C	4B
2423	2E	4B
2424	30	4B
2425	32	4B
2426	34	4B
2427	36	4B
2428	38	4B
2429	3A	4B
2430	3C	4B
2421	3E	4B
2432	00	4C
2433	02	4C
2434	04	4C
2435	06	4C
2436	08	4C
2437	0A	4C
2438	0C	4C
2439	0E	4C
2440	10	4C
2441	12	4C
2442	14	4C
2443	16	4C
2444	18	4C
2445	1A	4C
2446	1C	4C
2447	1E	4C
2448	20	4C
2449	22	4C
2450	24	4C
2451	26	4C
2452	28	4C
2453	2A	4C
2454	2C	4C
2455	2E	4C
2456	30	4C
2457	32	4C

2458	34	4C
2459	36	4C
2460	38	4C
2461	3A	4C
2462	3C	4C
2463	3E	4C
2464	00	4D
2465	02	4D
2466	04	4D
2467	06	4D
2468	08	4D
2469	0A	4D
2470	0C	4D
2471	0E	4D
2472	10	4D
2473	12	4D
2474	14	4D
2475	16	4D
2476	18	4D
2477	1A	4D
2478	1C	4D
2479	1E	4D
2480	20	4D
2481	22	4D
2482	24	4D
2483	26	4D
2484	28	4D
2485	2A	4D
2486	2C	4D
2487	2E	4D
2488	30	4D
2489	32	4D
2490	34	4D
2491	36	4D
2492	38	4D
2493	3A	4D
2494	3C	4D
2495	3E	4D
2496	00	4E
2497	02	4E
2498	04	4E
2499	06	4E
2500	08	4E
2501	0A	4E

2502	0C	4E
2503	0E	4E
2504	10	4E
2505	12	4E
2506	14	4E
2507	16	4E
2508	18	4E
2509	1A	4E
2510	1C	4E
2511	1E	4E
2512	20	4E
2513	22	4E
2514	24	4E
2515	26	4E
2516	28	4E
2517	2A	4E
2518	2C	4E
2519	2E	4E
2520	30	4E
2521	32	4E
2522	34	4E
2523	36	4E
2524	38	4E
2525	3A	4E
2526	3C	4E
2527	3E	4E
2528	00	4F
2529	02	4F

注:

① 上表仅写出了指定频率的对应值,在实际操作中,仍需写发射、或接收使能位,才能使 MC2410 进入该频率的载波模式。发射使能位为 Reg14bit0,接收使能位为 Reg15bit7。

如: 工作频率 2402,测试模式的 TX: Reg14=0x05, Reg15=0x4B。RX: Reg14=0x04, Reg15=0xCB。

② 更换频率时,请先清除收发使能。

5、资料提供

4) RF 资料包

- ① “Hardware”, 2.4G、SOC 产品、天线、封装的 PCB 文件。
- ② “Software”, SOC 产品的正常模式和 DirectMode 的汇编和 C 例程。
- ③ “用户手册”, 2.4G 和 SOC 产品的用户手册。

sino**mcu**

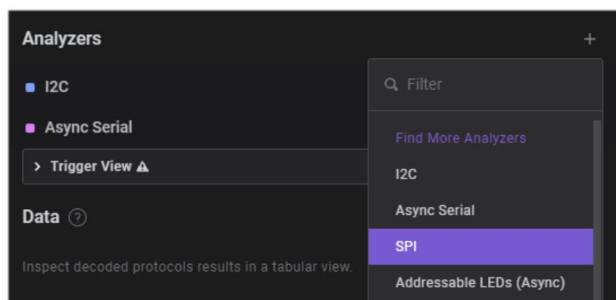
四、辅助工具

1、逻辑分析仪

抓取 SPI 数据的工具很多，比较常用的是逻辑分析仪。

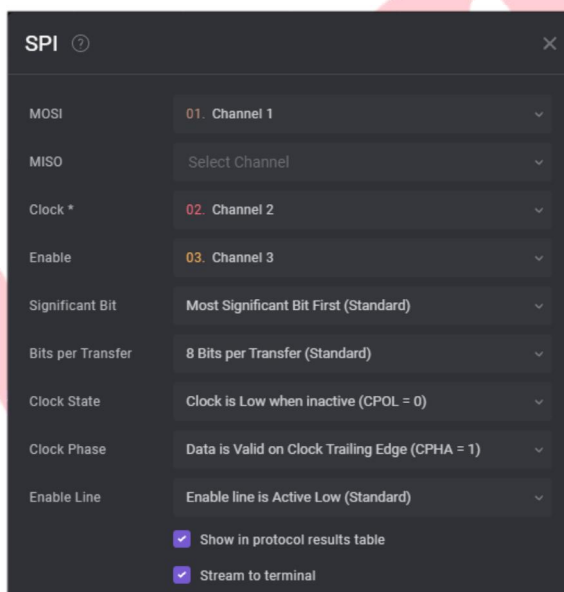
使用步骤：①连接模块 IO 和逻辑分析仪接口；

②打开“Saleae Logic”软件，Analyzers→SPI；

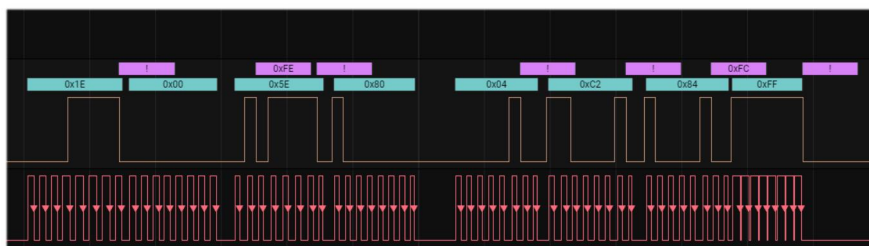


③SPI 配置，其中 CPHA 按照 Reg30[7]配置，Reg30[7]=1 时，CPHA=1；

Reg30[7]=0 时，CPHA=0。



④采样，可设置触发；

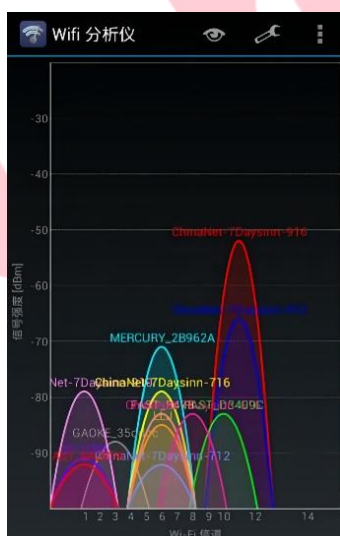


⑤查看数据。

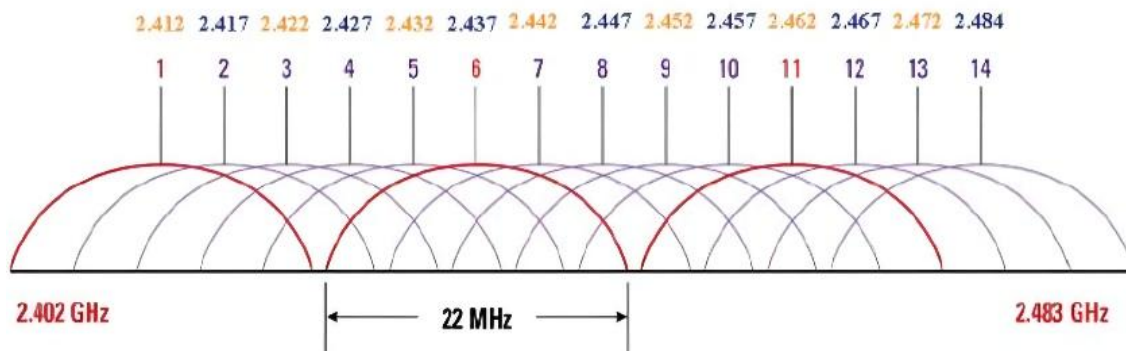
Type	Start	Duration	mosi
enable	1.079417 ms	83 ns	
result	1.083917 ms	142.083 μ s	0x1E
result	1.238417 ms	132.083 μ s	0x00
disable	1.378417 ms	83 ns	
enable	1.384417 ms	83 ns	
result	1.398417 ms	133.583 μ s	0x5E
result	1.549917 ms	121.083 μ s	0x80
disable	1.672333 ms	83 ns	
enable	1.720333 ms	83 ns	
result	1.734333 ms	123.583 μ s	0x04
result	1.875833 ms	126.083 μ s	0xC2
disable	2.003333 ms	83 ns	
enable	2.006833 ms	83 ns	
result	2.024333 ms	123.583 μ s	0x84
result	2.154833 ms	104.583 μ s	0xFF
disable	2.261833 ms	83 ns	
enable	4.8825 ms	83 ns	

2、WIFI 分析仪

安卓手机可下载“WIFI 分析仪”APP，通过此 APP 查看当前环境对 RF 的干扰程度。



WIFI 总共有 14 个信道，这些信道对应的频道：



版本修订记录

版本号	修订日期	修订内容
V1.0	2022-03-25	新建

sino**mcu**