



# M512H-WS73

IEEE 802.11b/g/n/ax  
+ Ble 5.2+Slc1.0 组合模组



版本: V1.1  
发布时间: 2025.04.18



修改记录:

版本号	修改记录	日期	作者
V1.0	第一次发布	2025-01-21	Amy
V1.1	变更产品 LOGO	2025-04-18	Amy



## 目录

1. 概述 .....	4
1.1 特点 .....	4
1.1.1 基本功能 .....	4
1.1.2 Wi-Fi 关键功能 .....	4
1.1.3 蓝牙关键功能 .....	4
1.1.4 SLE 关键功能 .....	4
1.2 应用领域 .....	5
1.3 描述 .....	5
1.4 方框图 .....	5
2. 引脚定义及特性 .....	6
2.1 模块引脚定义 .....	6
2.2 管脚描述 .....	6
3. 电气特性, 可靠性, 射频特性 .....	7
3.1 一般特性 .....	7
3.2 温度范围 .....	7
3.3 射频特性 .....	8
3.3.1 Wi-Fi 接收参数 .....	8
3.3.2 Wi-Fi 发射参数 .....	9
3.3.3 BLE 射频参数 .....	10
3.3.4 SLE 射频参数 .....	10
3.4 直流特性 .....	11
3.4.1 绝对最大额定值 .....	11
3.4.2 极限工作条件、推荐工作条件和环境 .....	11
3.5 功率序列 .....	11
4. 参考设计和建议 .....	13
4.1 参考应用电路 .....	13
4.2 注意事项 .....	13
5. 封装尺寸 .....	14
6. 包装信息 .....	15
7. 存储和生产 .....	15
7.1 存储 .....	15
7.2 生产焊接 .....	16



## 1. 概述

### 1.1 特点

#### 1.1.1 基本功能

- 高性能 32bit 微处理器，最大工作频率 240MHz
- 内嵌 SRAM、ROM
- 1 个 SDIO Slave 接口，1 个 UART 接口
- 电源电压输入范围：3V~3.6V，典型值：3.3V；IO 电源电压支持 1.8V 和 3.3V，电压输入范围：1.71V~3.6V
- 封装：12mm×12mm×2.5mm
- 工作温度：-40℃~+85℃

#### 1.1.2 Wi-Fi 关键功能

- 1×1 2.4GHz 频段 (ch1~ch14) Wi-Fi Station
- PHY 支持 IEEE 802.11b/g/n/ax；MAC 支持 IEEE802.11 d/e/i/k/v/w
- 支持 802.11n 20MHz/40MHz 频宽，支持 802.11ax 20MHz 频宽
- 支持最大速率：150Mbps@HT40 MCS7，114.7Mbps@HE20 MCS9
- 内置 PA 和 LNA，集成 TX/RX Switch、Balun 等
- 支持 STA、AP 和 P2P 形态，作为 AP 时最大支持 8 个 STA 接入
- 支持 STA+AP 共存，支持 STA+P2P 共存
- 支持 A-MPDU、A-MSDU
- 支持 Block-ACK
- 支持 QoS，满足不同业务服务质量需求
- 支持 WPA/WPA2/WPA3 personal、WPS2.0
- 支持 RF 自校准方案
- 支持 STBC 和 LDPC

#### 1.1.3 蓝牙关键功能

- 低功耗蓝牙 Bluetooth Low Energy (BLE)
- 支持 BLE 4.0/4.1/4.2/5.0/5.1/5.2
- 速率支持 125Kbps、500Kbps、1Mbps、2Mbps
- 支持 Class 1
- 支持高功率 20dBm
- 支持 BLE Mesh，支持 BLE 网关

#### 1.1.4 SLE 关键功能

- 星闪低功耗接入技术 Sparklink Low Energy (SLE)
- 支持 SLE 1.0
- 支持 SLE 1MHz/2MHz，最大空口速率 4Mbps
- 支持 Polar 信道编码
- 支持 SLE 网关



## 1.2 应用领域

- 平板电脑
- OTT 盒子
- 智能音箱

## 1.3 描述

M512H-WS73 是一款高度集成 2.4GHz Wi-Fi、BLE 和 SLE 的 Combo 模组方案，集成 IEEE 802.11b/g/n/ax 基带和 RF 电路；支持 802.11n 20MHz/40MHz 频宽，支持 802.11ax 20MHz 频宽，提供最大 150Mbps 物理层速率和更远的覆盖距离。

M512H-WS73 Wi-Fi 基带实现正交频分多址（OFDMA）技术，正交频分复用（OFDM）技术，并向下兼容直接序列扩频（DSSS）、补码键控（CCK）技术，支持 IEEE 802.11b/g/n 协议的各种数据速率，支持 IEEE 802.11ax 协议 MCS0~MCS9 速率。

M512H-WS73 支持 BLE 1MHz/2MHz 频宽，支持 BLE 4.0/4.1/4.2/5.0/5.1/5.2 协议，支持 BLE Mesh 和 BLE 网关功能，最大空口速率 2Mbps。

M512H-WS73 支持 SLE 1MHz/2MHz 频宽，支持 SLE1.0 协议，支持 SLE 网关功能，最大空口速率 4Mbps。

M512H-WS73 模组集成高性能 32bit 微处理器和安全处理引擎；提供 UART 和 GPIO 接口，同时支持高速 SDIO2.0 接口，最高时钟可达 50MHz；芯片作为从机，通过 SDIO 接口搭载到主机 MCU 运行。

M512H-WS73 支持 OpenHarmony、FreeRTOS、Huawei LiteOS、Android 和 Linux 系统，提供更开放的开发环境及更快捷系统运行环境。

M512H-WS73 芯片适用于消费类 IP Camera、行车记录仪、低端智能电视、扫地机器人、无人机等物联网智能终端领域。

## 1.4 方框图

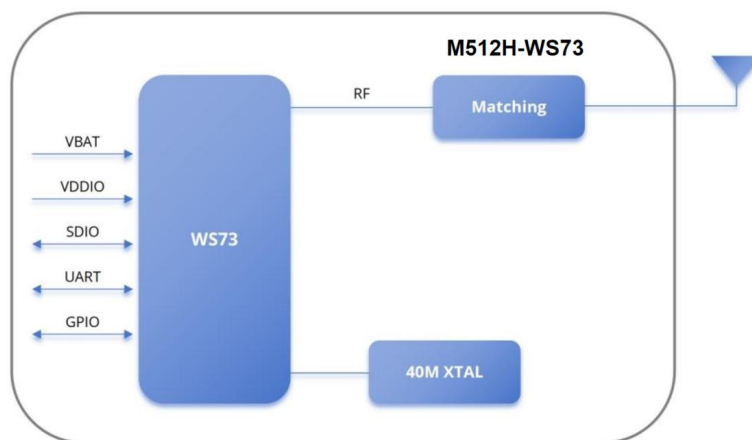


图 1: M512H-WS73 方框图



## 2. 引脚定义及特性

### 2.1 模块引脚定义

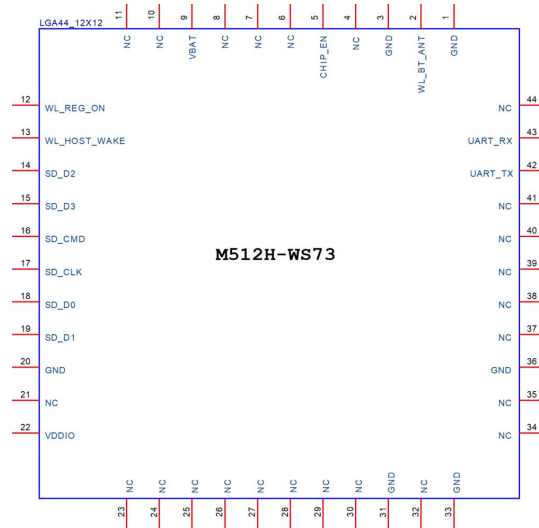


图 2: M512H-WS73 模组 Pin 脚定义图

### 2.2 管脚描述

Pin	名称	I/O	描述	Pin	名称	I/O	描述
1	GND	GND	Ground	23	NC	悬空	NC
2	WL_BT_ANT	RF	WLAN/BT/SLE RF TX/RX Port	24	NC	悬空	NC
3	GND	GND	Ground	25	NC	悬空	NC
4	NC	悬空	NC	26	NC	悬空	NC
5	CHIP_EN	I	芯片 POWER_ON 管脚。 PMU 上电使能管脚（跟随 VDDIO 电平）。 0: 下电； 1: 上电。	27	NC	悬空	NC
6	NC	悬空	NC	28	NC	悬空	NC
7	NC	悬空	NC	29	NC	悬空	NC
8	NC	悬空	NC	30	NC	悬空	NC
9	VBAT	VCC	3.3V 电源输入	31	GND	GND	Ground
10	NC	悬空	NC	32	NC	悬空	NC
11	NC	悬空	NC	33	GND	GND	Ground
12	WL_REG_ON	I	芯片 POWER_ON 管脚。 PMU 上电使能管脚（跟随 VDDIO 电平）。 0: 下电； 1: 上电。	34	NC	悬空	NC
13	WL_HOST_WAKE	I/O	芯片 GPIO_10, 与 HOST 芯片直连用于 WiFi 唤醒 HOST	35	NC	悬空	NC
14	SD_D2	I/O	SDIO 数据线 2	36	GND	GND	Ground
15	SD_D3	I/O	SDIO 数据线 3	37	NC	悬空	NC
16	SD_CMD	I/O	SDIO 命令输入脚	38	NC	悬空	NC
17	SD_CLK	I	SDIO 时钟信号脚	39	NC	悬空	NC
18	SD_D0	I/O	SDIO 数据线 0	40	NC	悬空	NC
19	SD_D1	I/O	SDIO 数据线 1	41	NC	悬空	NC
20	GND	GND	Ground	42	UART_TX	O	UART_TXD, 数据发送, 通信串口
21	NC	悬空	NC	43	UART_RX	I	UART_RXD, 数据接收, 通信串口
22	VDDIO	P	IO 电源输入	44	NC	悬空	NC



### 3. 电气特性，可靠性，射频特性

注意：下表中的绝对最大额定值显示了该设备可能发生永久性物理损伤的电压水平，即使该设备只短暂地超过了这些限制。

#### 3.1 一般特性

类别	描述
封装	L*W*H :12.0mm (±0.2mm)*12.0mm (±0.2mm)*2.5mm (±0.2mm)
芯片	WS73
无线支持	IEEE 802.11b/g/n/ax+BLE 5.2+SLE1.0
调制类型	CCK, OFDM (16 QAM/64 QAM/256 QAM),GFSK
工作频段	2400~2500MHz
通讯界面	SDIO
数据安全	WPA/WPA2/WPA3 personal
TX 功率	2.4G: 11b 11M:20±2dBm 11b 11M:20±2dBm 11g 6M:19±2dBm 11g 54M:16±2dBm 11n HT20 MCS0:19±2dBm 11n HT20 MCS7:15±2dBm 11n HT40 MCS0:19±2dBm 11n HT40 MCS7:15±2dBm  11ax HE20 mcs0: 19±2dBm 11ax HE20 mcs9: 14±2dBm
Rx 灵敏度	2.4G: 11b 11M:-88dBm@8% PER 11g 54M: -75dBm@10% PER 11n HT20 MCS7: -73dBm@10% PER 11n HT40 MCS7: -70dBm@10% PER 11ax HT20 MCS9: -69dBm@10% PER
速率	802.11b [11,5.5,2 and 1Mbps] 802.11g [54,48,36,24,18,12,9&6Mbps] 802.11n HT20: 72Mbps@HT20 MCS7 802.11n HT40: 150Mbps@HT40 MCS7 802.11ax HT20: 114.7Mbps@HE20 MCS9
频率误差	<±20 ppm
储存湿度	保持在 60%以下
天线	外置
操作系统	OpenHarmony, FreeRTOS、 Huawei LiteOS、 Android , Linux
工作电压	VBAT: 3.0V~3.6V VDDIO: 1.71V~3.6V

#### 3.2 温度范围

类别	描述
工作温度	-40℃~+85℃
储存温度	-40℃~+125℃



### 3.3 射频特性

所有测量都是在标称电压、室温和传导端口（而不是天线）的条件下进行的。

#### 3.3.1 Wi-Fi 接收参数

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
<b>接收输入频率</b>						
2.4GHz	802.11b/g/n/ax 模式	2400	-	2500	MHz	
<b>接收器灵敏度</b>						
802.11b	1Mbps	FER<8%	-	-	-82	dBm
	2Mbps		-	-	-80	dBm
	5.5Mbps		-	-	-78	dBm
	11Mbps		-	-	-76	dBm
802.11g	6Mbps	PER<10%	-	-	-82	dBm
	9Mbps		-	-	-81	dBm
	12Mbps		-	-	-79	dBm
	18Mbps		-	-	-77	dBm
	24Mbps		-	-	-74	dBm
	36Mbps		-	-	-70	dBm
	48Mbps		-	-	-66	dBm
	54Mbps		-	-	-65	dBm
802.11n (HT20)	MCS0.	PER<10%	-	-	-82	dBm
	MCS1.		-	-	-79	dBm
	MCS2		-	-	-77	dBm
	MCS3.		-	-	-74	dBm
	MCS4.		-	-	-70	dBm
	MCS5.		-	-	-66	dBm
	MCS6.		-	-	-65	dBm
	MCS7.		-	-	-64	dBm
802.11n (HT40)	MCS0.	PER<10%	-	-	-79	dBm
	MCS1.		-	-	-77	dBm
	MCS2		-	-	-74	dBm
	MCS3.		-	-	-71	dBm
	MCS4.		-	-	-67	dBm
	MCS5.		-	-	-63	dBm
	MCS6.		-	-	-62	dBm
	MCS7.		-	-	-61	dBm
802.11ax (HE20)	MCS0.	PER<10%	-	-	-82	dBm
	MCS1.		-	-	-79	dBm
	MCS2		-	-	-77	dBm
	MCS3.		-	-	-74	dBm
	MCS4.		-	-	-70	dBm
	MCS5.		-	-	-66	dBm
	MCS6.		-	-	-65	dBm
	MCS7.		-	-	-64	dBm
	MCS8.		-	-	-59	dBm
	MCS9.		-	-	-57	dBm
<b>最大输入电平</b>						
802.11b	FER<8%	-10	-	-	dBm	
802.11g	FER<10%	-20	-	-	dBm	
802.11n	FER<10%	-30	-	-	dBm	
802.11ax	FER<10%	-20	-	-	dBm	



3.3.2 Wi-Fi 发射参数

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>接收输入频率</b>					
802.11b/g/n/ax	2.4GHz	2400	-	2500	MHz
<b>发射功率</b>					
802.11b	11Mbps	18	20	22	dBm
802.11g	54Mbps	14	16	18	dBm
802.11n	HT20, MCS7	13	15	17	dBm
	HT40, MCS7	13	15	17	dBm
802.11ax	HE20, MCS9	12	14	16	dBm
<b>频谱模版</b>					
802.11b	$f_c - 22\text{MHz} < f < f_c - 11\text{MHz} \& f_c + 11\text{MHz} < f < f_c + 22\text{MHz}$	-	-	-30	dBr
	$f_c - 55\text{MHz} < f < f_c - 22\text{MHz} \& f_c + 22\text{MHz} < f < f_c + 55\text{MHz}$	-	-	-50	dBr
802.11g	$f_c \pm 9\text{MHz}$	-	-	0	dBr
	$f_c \pm 11\text{MHz}$	-	-	-20	dBr
	$f_c \pm 20\text{MHz}$	-	-	-28	dBr
	$f_c \pm 30\text{MHz}$	-	-	-40	dBr
802.11n	$f_c \pm 9\text{MHz}$	-	-	0	dBr
	$f_c \pm 11\text{MHz}$	-	-	-20	dBr
	$f_c \pm 20\text{MHz}$	-	-	-28	dBr
	$f_c \pm 30\text{MHz}$	-	-	-45	dBr
802.11ax (HE20)	$f_c \pm 9.75\text{MHz}$	-	-	0	dBr
	$f_c \pm 10.5\text{MHz}$	-	-	-20	dBr
	$f_c \pm 20\text{MHz}$	-	-	-28	dBr
	$f_c \pm 30\text{MHz}$	-	-	-40	dBr
<b>中心频率容差</b>					
802.11b		-20	-	+20	pmm
802.11g/n/ax		-20	-	+20	pmm
<b>EVM(误差矢量幅度)*</b>					
802.11b	1Mbps	-	-	35	%
	2Mbps	-	-	35	%
	5.5Mbps	-	-	35	%
	11Mbps	-	-	35	%
802.11g	6Mbps	-	-	-5	%
	9Mbps	-	-	-8	dB
	12Mbps	-	-	-10	dB
	18Mbps	-	-	-13	dB
	24Mbps	-	-	-16	dB
	36Mbps	-	-	-19	dB
	48Mbps	-	-	-22	dB
	54Mbps	-	-	-25	dB
802.11n	MCS0.	-	-	-5	dB
	MCS1.	-	-	-10	dB
	MCS2	-	-	-13	dB
	MCS3.	-	-	-16	dB
	MCS4.	-	-	-19	dB
	MCS5.	-	-	-22	dB
	MCS6.	-	-	-25	dB
	MCS7.	-	-	-28	dB
802.11ax	MCS0.	-	-	-5	dB
	MCS1.	-	-	-10	dB
	MCS2	-	-	-13	dB
	MCS3.	-	-	-16	dB
	MCS4.	-	-	-19	dB
	MCS5.	-	-	-22	dB
	MCS6.	-	-	-25	dB
	MCS7.	-	-	-27	dB
	MCS8.	-	-	-30	dB
MCS9.	-	-	-32	dB	



### 3.3.3 BLE 射频参数

类别		描述			
类型	BLE 5.2				
频率范围	2402 MHz ~ 2480 MHz				
信道数	0-39 信道				
通讯界面	SDIO				
调制方式	GFSK				
PHY Rate	125Kbps 、 500Kbps 、 1Mbps 、 2Mbps				
参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
频率范围		2402	-	2480	MHz
RX 灵敏度	1 Mbps	-	-70	-	dBm
	2 Mbps	-	-70	-	dBm
频偏		-24	5	24	KHz
输出功率	BLE/1M	-	-	20	dBm
	BLE/2M	-	-	20	dBm
Delta F1 Avg	BLE/GFSK 1M	225~275			KHz
	BLE/GFSK 2M	450~550			KHz
Delta F2 Avg	BLE/GFSK 1M	>185 KHz			KHz
	BLE/GFSK 2M	>370 KHz			KHz
Delta F2 Avg / Delta F1 Avg	BLE/GFSK	> 0.8			
频率误差	<±10ppm				

### 3.3.4 SLE 射频参数

类别		描述			
类型	SLE 1.0				
频率范围	2402 MHz ~ 2480 MHz				
信道数	0-39 信道				
通讯界面	SDIO				
调制方式	GFSK ,QPSK,8PSK				
PHY Rate	S LE(1Mbps)、 S LE(2Mbps)				
参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
频率范围		2402	-	2480	MHz
RX 灵敏度	2 Mbps/GFSK	-	-70	-	dBm
	4 Mbps/GFSK	-	-67	-	dBm
	1 Mbps/QPSK	-	-72	-	dBm
	2 Mbps/QPSK	-	-69	-	dBm
	4 Mbps/QPSK	-	-67	-	dBm
频偏		-150	5	150	KHz
输出功率	SLE/GFSK	-	-	20	dBm
	SLE/QPSK	-	-	14	dBm
Delta F1 Avg	SLE/GFSK 2M	450~550			KHz
	SLE/GFSK 4M	900~1100			KHz
Delta F2 Avg	SLE/GFSK 2M	>185 KHz			KHz
	SLE/GFSK 4M	>740 KHz			KHz
Delta F2 Avg / Delta F1 Avg	SLE/GFSK 2M & 4M	> 0.8			
频率误差	<±10ppm				



### 3.4 直流特性

#### 3.4.1 绝对最大额定值

额定值	符号	最大值	单位
VBAT 供电电压	VBAT	3.6	V
VDDIO 供电电压	VDDIO	3.6	V

#### 3.4.2 极限工作条件、推荐工作条件和环境

参数	符号	工作条件			单位
		最小值	典型值	最大值	
VBAT 供电电压	VBAT	3.0	3.3	3.6	V
VDDIO 供电电压	VDDIO(=1.8V)	1.71	1.8	1.89	V
	VDDIO(=3.3V)	3.0	3.3	3.6	V
其他输入/输出引脚					
For VDDIO = 1.8V:					
输入高电平	$V_{IH}$	$0.65 \times VDDIO$	-	2.28	V
输入低电平	$V_{IL}$	-0.3	-	$0.35 \times VDDIO$	V
输出高电平	$V_{OH}$	$0.75 \times VDDIO$	-	-	V
输出低电平	$V_{OL}$	-	-	$0.25 \times VDDIO$	V
For VDDIO = 3.3V:					
输入高电平	$V_{IH}$	2.0	-	$VDDIO + 0.3$	V
输入低电平	$V_{IL}$	-0.3	-	0.8	V
输出高电平	$V_{OH}$	$VDDIO - 0.2$	-	-	V
输出低电平	$V_{OL}$	-	-	0.2	V

### 3.5 功率序列

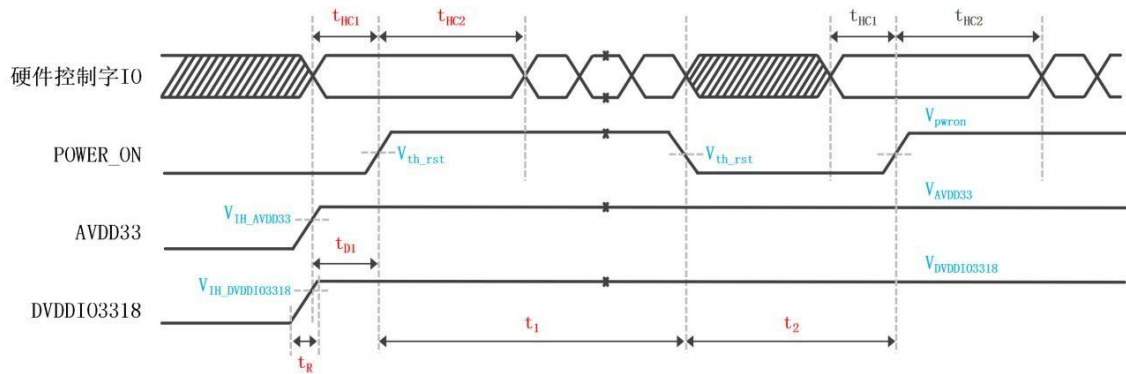


图 3: 上电时序图

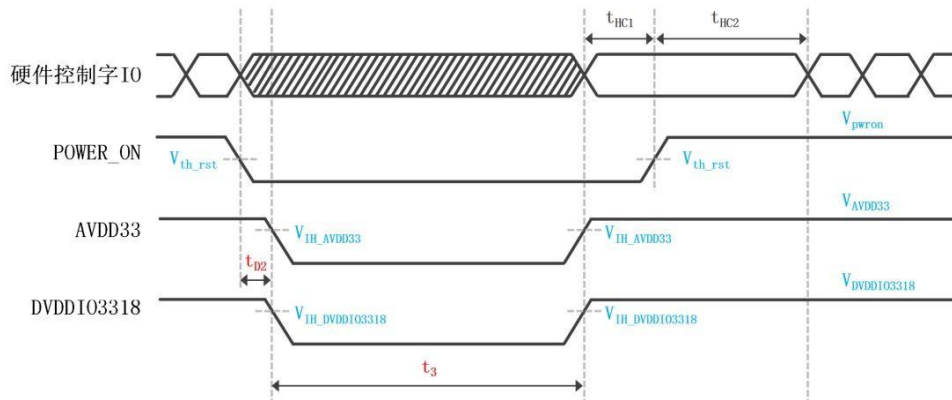


图 4: 下电时序图

参数说明

参数	描述	说明	最小值	最大值	单位
时间参数说明					
$t_i$	上电后, POWER_ON 的高电平持续时间	-	20	-	ms
$t_2$	睡眠后, 唤醒的间隔时间(AVDD33 和 DVDDIO3318 为高电平时, POWER_ON 拉低后再次拉高的间隔时间)	推荐间隔至少 20ms	5	-	ms
$t_3$	下电后, 再次上电的间隔时间	-	50	-	ms
$t_{D1}$	上电时, POWER_ON 相对 AVDD33 和 DVDDIO3318 的延时时间	取 AVDD33 和 DVDDIO3318 的最晚拉高时间	1	-	ms
$t_{D2}$	下电时, POWER_ON 相对 AVDD33 和 DVDDIO3318 的提前时间	外接主控 HOST 控制场景下, 要求 POWER_ON 下电不晚于 DVDDIO3318 和 AV DD33	0	-	ms
$t_{HC1}$	上电时, 硬件配置字 IO 相对 POWER_ON 的建立时间	-	1	-	ms
$t_{HC2}$	上电时, 硬件配置字 IO 相对 POWER_ON 的保持时间	-	10	-	ms
$t_R$	AVDD33 和 DVDDIO3318 的上升沿时间	-	1	10	ms
电压参数说明					
$V_{th\_rst}$	POWER_ON 的上升/下降沿阈值电平	-	1.4	1.4	V
$V_{IH\_AVDD33}$	AVDD33 的上升/下降沿阈值电平	-	2.3	2.3	V
$V_{IH\_DVDDIO3318}$	DVDDIO3318 的上升/下降沿阈值电平	-	0.8* VDVDDIO	0.8* VDVDDIO	V
$V_{pwron}$	POWER_ON 的高电平	-	1.6	-	V
$V_{AVDD33}$	AVDD33 的高电平	-	3.3	3.3	V
$V_{DVDDIO3318}$	DVDDIO3318 的高电平	-	3.3/1.8	3.3/1.8	V



## 4. 参考设计和建议

### 4.1 参考应用电路

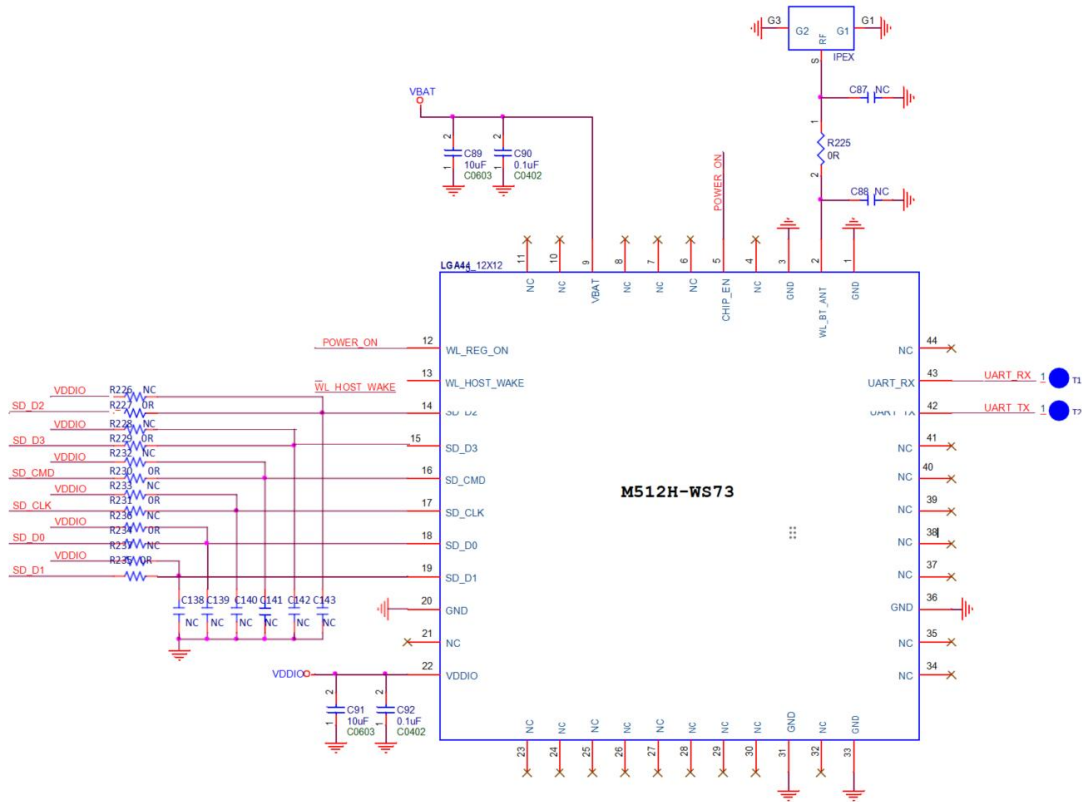


图 5: M512H-WS73 模组参考应用电路

### 4.2 注意事项

- 连接到模块 RF 天线焊盘的 RF 走线须使用微带线或者其他类型的 RF 走线，阻抗须控制在 50 欧姆左右，2 层板采用共面波导设计，走线两边包地多打地孔。
- RF 匹配滤波电路的  $\pi$  型匹配电路的电容需要单点接地，不能直接在 TOP 层接地。
- RF 远离晶体，参考值 >5mm，晶体 XOUT 与 RF 的隔离度优于 -55dB。
- RF 走线的 S11 参数需要优于 -15dB。
- RF 远离时钟线、电源线、DDR 和 CPU 等强干扰源。
- 射频走线参考地保证完整，不允许有交叉、换层。若需要换层，换层孔周围打一圈地孔，形成类同轴结构。
- RF connector、滤波电容电感等大焊盘器件，射频信号对应的 PIN 邻层地需挖空（2 层板除外），避免寄生电容效应射频信号耦合到地。
- 在靠近天线的地方预留  $\Pi$  型匹配电路，两颗电容默认不贴片，电阻默认贴 0 欧姆，待天线厂调试好天线以后再贴上实际调试的匹配电路。



## 5. 封装尺寸

模块封装尺寸

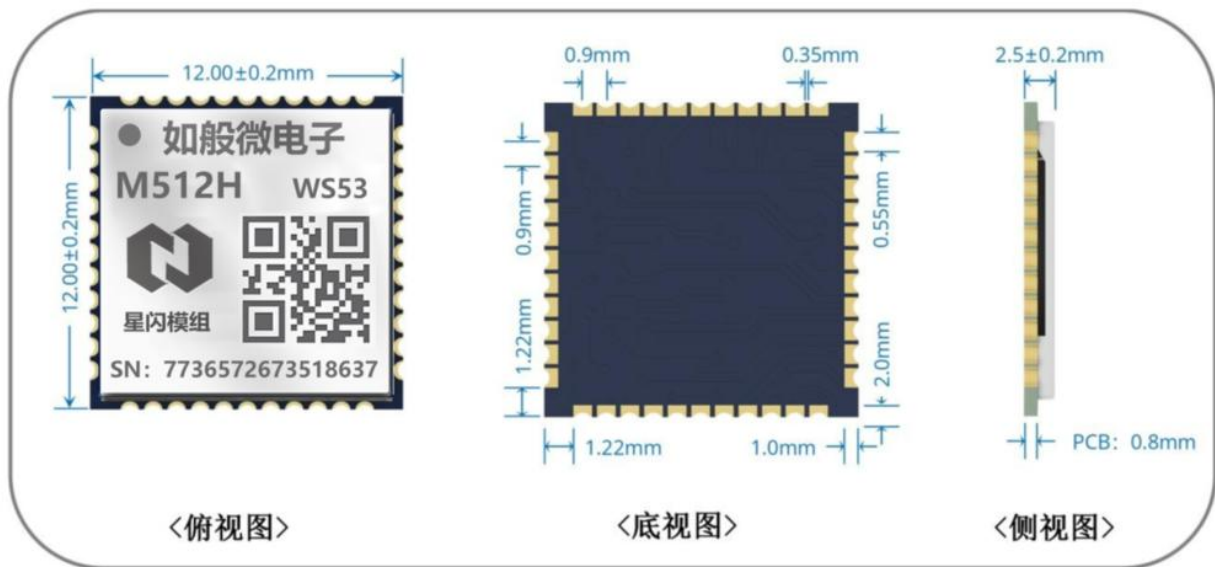


图 6: M512H-WS53 模组封装尺寸图



## 6. 包装信息

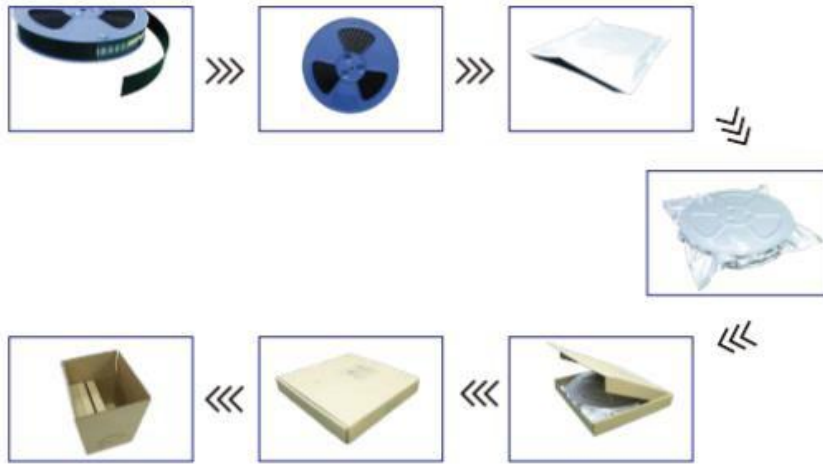


图 7：M512H-WS73 模组包装信息

型号	MOQ (PCS)	装运包装	每卷的模块数量	每箱卷数
M512H-WS73	7200	载带包装	1200	6

## 7. 存储和生产

### 7.1 存储

M512H-WS73以真空密封袋的形式出货。模块的存储需遵循如下条件：

环境温度低于40摄氏度，空气湿度小于90%情况下，模块可在真空密封袋中存放12个月。

当真空密封袋打开后，若满足以下条件，模块可直接进行回流焊或其它高温流程：

- ◆ 模块环境温度低于30摄氏度，空气湿度小于60%，工厂在72小时以内完成贴片。
  - ◆ 空气湿度小于10%
- 若模块处于如下条件，需要在贴片前进行烘烤：
- ◆ 当环境温度为23摄氏度（允许上下5摄氏度的波动）时，湿度指示卡显示湿度大于10%
  - ◆ 当真空密封袋打开后，模块环境温度低于30摄氏度，空气湿度小于60%，但工厂未能在72小时以内完成贴片
  - ◆ 当真空密封袋打开后，模块存储空气湿度大于10%

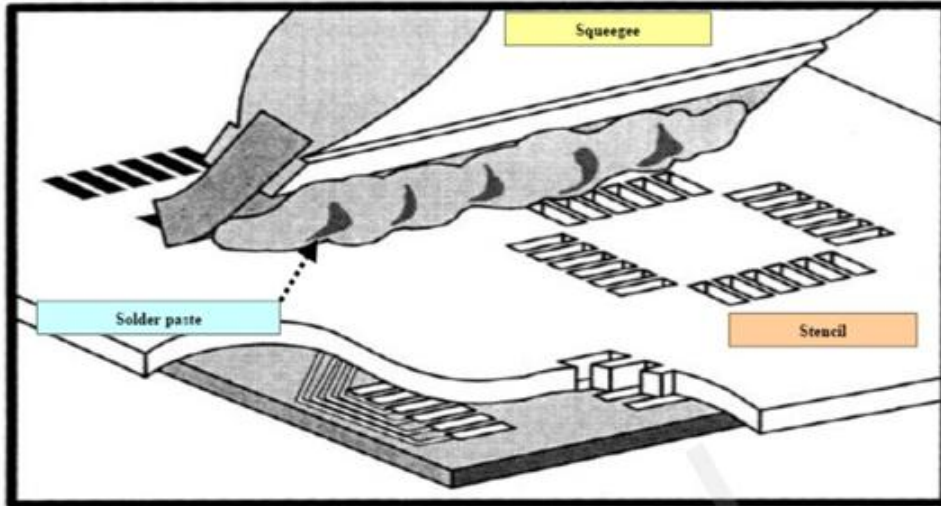
如果模块需要烘烤，请在 125 摄氏度下（允许上下 5 摄氏度的波动）烘烤 48 小时。

注意：模块的包装无法承受如此高温，在模块烘烤之前，请移除模块包装。如果只需要短时间的烘烤，请参考 IPC/JEDECJ-STD-033 规范。



## 7.2 生产焊接

用印刷刮板在网板上印刷锡膏，使锡膏通过网板开口漏印到 PCB 上，印刷刮板力度需调整合适，为保证模块印膏质量，M512H-WS73 模块焊盘部分对应的钢网厚度应为 0.2mm。



为避免模块反复受热损伤，建议客户 PCB 板第一面完成回流焊后再贴模块。参考 IPC/JEDEC 标准，过炉次数： $\leq 2$ ，推荐的炉温曲线图如下图所示：

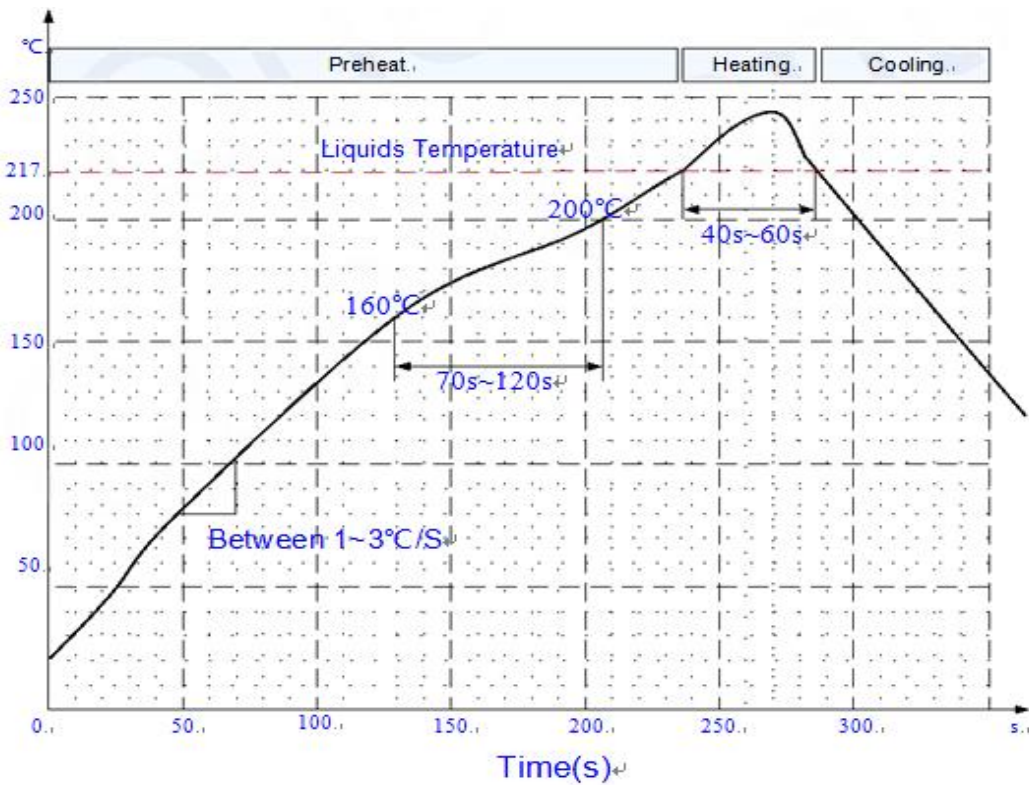


图 8：炉温曲线